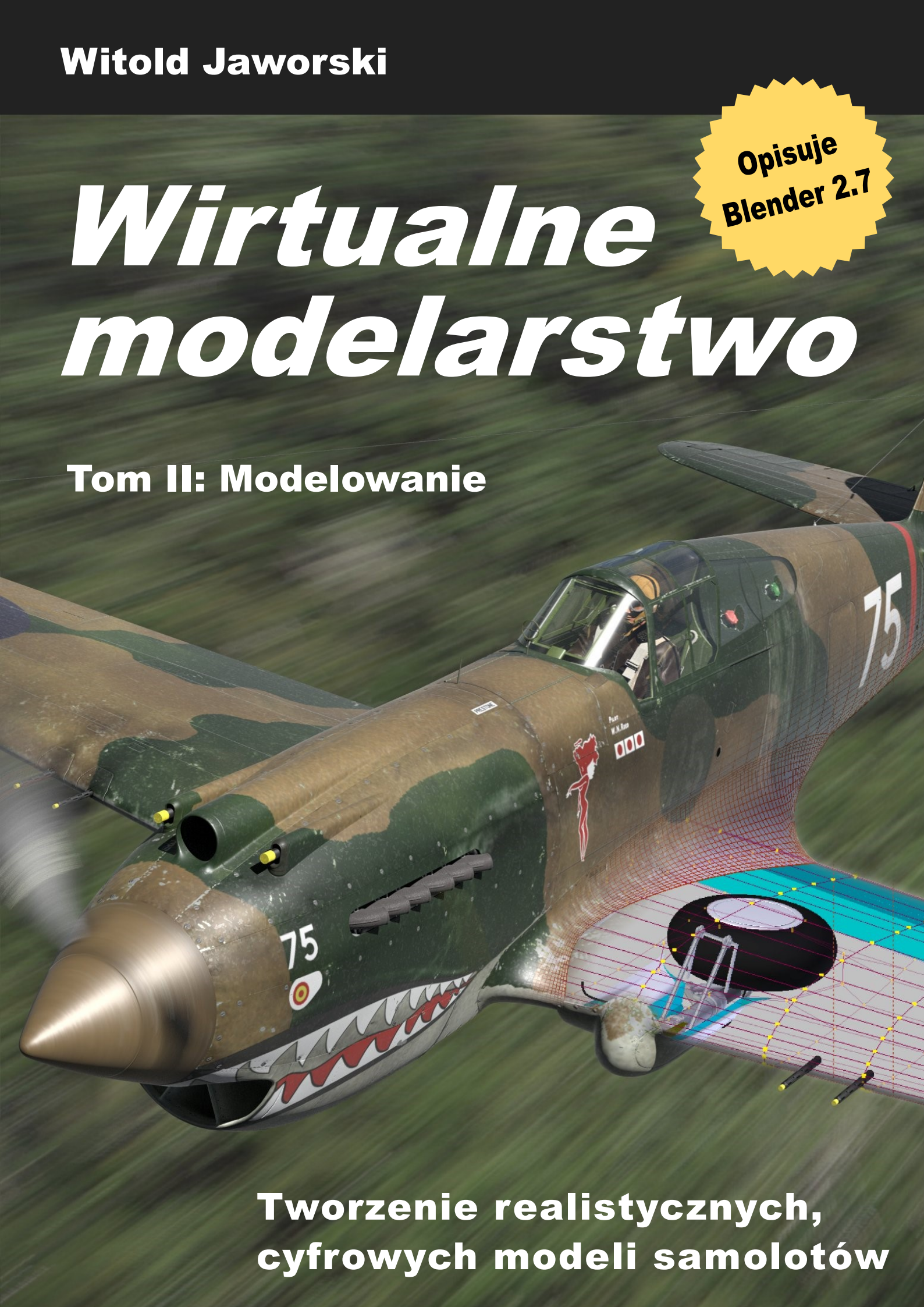
Witold Jaworski

Opisuje Blender 2.7

Wirtualne modelarstwo

Tom II: Modelowanie



Tworzenie realistycznych, cyfrowych modeli samolotów

Wirtualne modelarstwo

Mojej żonie

Ta książka powstała dzięki jej wyrozumiałości

Witold Jaworski

Wirtualne modelarstwo

Tworzenie realistycznych, cyfrowych modeli samolotów

Wydanie trzecie

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

wjaworski@samoloty3d.pl
http://www.samoloty3d.pl

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.0 License.

W szczególności, publikowanie przekładu tej książki na inne języki wymaga pisemnej zgody Autora.

Niniejsza książka może być kopiowana i rozpowszechniana na następujących warunkach:

- Każda kopia powinna zawierać informację o Autorze (copyright);
- Nie wolno używać tej książki do celów komercyjnych;
- Nie wolno zmieniać tekstu ani przekształcać w jakikolwiek sposób układu tej publikacji;

ISBN: 978-83-936992-5-4

Ta książka jest dostępna w formatach: **PDF**, **EPUB** (3.0), **MOBI** (KF8). Użyj matrycy format/platforma z http://samoloty3d.pl/formats-000_p.xml aby lepiej poznać właściwości każdego z nich na najpopularniejszych tabletach i komputerach. Odpowiedni plik w każdym z tych formatów możesz pobrać ze strony tego projektu: http://samoloty3d.pl/wm-000_p.xml.

Ilustracja na poprzedniej stronie:
Para P-40B z 47 Pursuit Squadron USAAC, której udało się wystartować 7 grudnia 1941r do walki z japońskim nalotem na Pearl Harbor. Pilotują je porucznicy: Kenneth Taylor (samolot z nr „316”) i George Welch (samolot z nr „160”).
47 PS był w tym czasie oddelegowany na ćwiczenia strzeleckie w ustronny, północny zakątek wyspy Oahu, na polowe lądowisko Haleiwa. To obszar nie był blokowany przez japońskie samoloty. (Pearl Harbor leżało na przeciwnym brzegu wyspy). Pas startowy biegł wzdłuż brzegu morza. Tak ta para samolotów mogła wyglądać zaraz po starcie. Fotografia tła przypomina autentyczny fragment brzegu w pobliżu lotniska Haleiwa.

SPIS TREŚCI

Po co ta książka została napisana? 8
Co zawiera ta publikacja? 10
Konwencje zapisu 11
Jak czytać tę książkę? 12
Budowa modelu 17
Rozdział 1. Przygotowanie „warsztatu pracy” 18
1.1 Instalacja Blendera 19
Rozdział 2. Blender – pierwsze kroki 22
2.1 Układ ekranu 23
2.2 Okno widoku (*3D View*) – zmiana projekcji 36
2.3 Okno widoku (*3D View*) – kamery, selekcja 47
2.4 Okno widoku (*3D View*) – przesuwanie i obrót obiektu 51
2.5 Okno właściwości (*Properties*) – obsługa i przykład użycia 60
Rozdział 3. Formowanie samolotu 70
3.1 Przygotowanie pliku Blendera 71
3.2 Kołpak śmigła 74
3.3 Łopaty śmigła 81
3.4 Skrzydło — kształt podstawowy 92
3.5 Końcówka skrzydła 101
3.6 Lotka 110
3.7 Skrzydło - kształt ostateczny 119
3.8 Usterzenie poziome 124
3.9 Usterzenie pionowe 135
3.10 Kadłub — część główna 142
3.11 Osłona silnika 153
3.12 Osłona chłodnicy cieczy 163
3.13 Szczegóły osłony silnika 169
3.14 Osłona kabiny pilota — część tylna 179
3.15 Osłona kabiny pilota — część przednia 189
3.16 Kabina — ściany wewnętrzne 201
3.17 Osłony podwozia głównego 207
3.18 Oprofilowania połączenia kadłuba i usterzenia 218
3.19 Oprofilowanie połączenia kadłuba i płata 223
3.20 Szczegóły na spodzie samolotu 231
3.21 Uporządkowanie modelu 242
Szczegóły obsługi programów 251
Rozdział 4. Blender — ogólne 252
4.1 Instalacja 253
4.2 Otwieranie pliku 256
4.3 Zapisanie pliku 259
4.4 Ustawienie środowiska pracy 261
4.5 Pliki konfiguracji Blendera 268
4.6 Kopia bezpieczeństwa i odtwarzanie 270
4.7 Kursor 3D — ustalanie położenia 272
4.8 Ustalenie tła widoku (planów samolotu) 275
4.9 Układ ekranu (*Screen layout*) — zarządzanie 283
4.10 Instalacja i usuwanie dodatków (*add-ons*) 285

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

4.11 Sceny — zarządzanie ... 287
4.12 Obsługa listy ... 288
Rozdział 5. Blender — edytor obiektów (Object Mode) ... 290
5.1 Włączenie trybu obiektów (*Object Mode*) ... 291
5.2 Rysowanie okręgu (*Circle*) ... 292
5.3 Rysowanie kwadratu (*Plane*) ... 295
5.4 Rysowanie walca (*Cylinder*) ... 296
5.5 Wstawienie pustego obiektu (*Empty*) ... 298
5.6 Wstawienie kamery (*Camera*) ... 299
5.7 Skalowanie (*Scale*) ... 300
5.8 Powielanie obiektu (*Duplicate*) ... 302
5.9 Nadanie obiektowi nazwy ... 304
5.10 Przypisanie do hierarchii (*Parent*) ... 306
5.11 Wyznaczenie krawędzi przecięcia dwóch powłok ... 308
5.12 Scalanie obiektów (*Join*) ... 312
5.13 Zmiana położenia środka obiektu (*Set Origin*) ... 314
5.14 Chwilowe ukrycie obiektu (*Hide Selected*) ... 315
5.15 Wyrównanie widoku do orientacji obiektu (*Align View to Selected*) ... 316
5.16 Przypisanie obiektu do warstwy ... 317
5.17 Przypisanie materiału do obiektu ... 318
5.18 Dokładne umieszczanie obiektów w zadanym miejscu ... 319
5.19 Alternatywne metody selekcji obiektów ... 322
Rozdział 6. Blender — edytor siatki (Edit Mode) ... 324
6.1 Pojęcia podstawowe ... 325
6.2 Włączenie trybu edycji (*Edit Mode*) ... 326
6.3 Zaznaczanie elementów siatki ... 327
6.4 Przesunięcie (*Grab/Move*) ... 332
6.5 Skalowanie (*Scale*) ... 334
6.6 Obrót (*Rotate*) ... 337
6.7 Wytłaczanie (*Extrude*) ... 339
6.8 Wygładzanie siatki (*Subdivision Surface*) ... 341
6.9 Scalanie wierzchołków (*Remove Doubles*) ... 344
6.10 Nacinanie krawędzi na siatce (*Knife*) ... 345
6.11 Kopiowanie wierzchołków (*Duplicate*) ... 347
6.12 Podział krawędzi (*Subdivide*) ... 348
6.13 Przesuwanie linii wierzchołków (*Edge Slide*) ... 349
6.14 Przesuwanie wierzchołków po krawędziach (*Vertex Slide*) ... 350
6.15 Wstawienie nowej linii wierzchołków (*Loop Cut*) ... 351
6.16 Zmiana ostrości krawędzi (*Edge Crease*) ... 353
6.17 Usuwanie linii wierzchołków ... 355
6.18 Usuwanie wierzchołków ... 356
6.19 Usuwanie krawędzi ... 357
6.20 Usuwanie ścian ... 358
6.21 Tworzenie nowej ściany ... 359
6.22 Tworzenie nowej krawędzi ... 361
6.23 Scalanie ścian siatki ... 362
6.24 Wydzielenie fragmentu siatki w nowy obiekt (*Separate*) ... 363
6.25 Lustrzane odbicie siatki (*Mirror*) ... 365
6.26 Odsunięcie (*Shrink/Fatten*) ... 367

6.27 Dopasowanie widoku do zaznaczonych elementów siatki (*Align View to Selected*) 370
6.28 Eliminowanie z siatki n-gonów 371
6.29 Dopasowanie wręgi do kadłuba 372
6.30 Wykonanie zaokrąglonego narożnika 374
6.31 Pogrubienie (*Solidify*) 377
6.32 Przypisanie materiału do siatki 378
6.33 Sterowanie zwrotem wektorów normalnych (*Normal*) 381
6.34 Sterowanie kierunkiem normalnych wzdłuż krawędzi siatki 383
Rozdział 7. Blender — pozostałe 388
7.1 Zdefiniowanie nowego materiału (dla Blender Renderer) 389
Dodatki 391
Rozdział 8. Dodatkowe wyjaśnienia 392
8.1 Struktura danych modelu i sceny w Blenderze 393
8.2 Powierzchnie podziałowe (modyfikator *Subdivision Surface*) 399
8.3 Kształt profili lotniczych (metody odwzorowania) 416
Skorowidz 422
Słownik 443
Bibliografia 444

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Po co ta książka została napisana?

Bo zawsze chciałem stworzyć model samolotu w komputerze. A gdy już to zrobiłem — stwierdziłem, że to dobra zabawa, i że warto tym doświadczeniem podzielić się z innymi.

Dawno temu byłem zwykłym modelarzem i robiłem redukcyjne modele samolotów. To hobby dość specyficzne. Ślęczymy miesiącami nad naszym dziełem, starając się nanieść na kawałek materiału maleńkie nity, złącza blach, czy drobne detale tablic przyrządów. Sądzę, że postronnym obserwatorom zajęcia wędkarzy wydadzą w porównaniu z modelarzami mniej męczące, choć podobnie monotonne. W dodatku, zamiast tworzyć ładne, błyszczące miniaturki, nanosimy na ich powierzchnię (o zgrozo!) zabrudzenia i przetarcia, jakie powstawały podczas intensywnego używania. Szpecimy je, aby wyglądały jak rzeczywiste, zużyte i gdzieniegdzie pordzewiałe maszyny. Całą naszą nagrodą jest pokazanie naszych dzieł komuś, kto potrafi docenić ich finezję. Zdarza się to raz na jakiś czas. Mówiąc szczerze, dziwnym trafem są to zazwyczaj inni modelarze. A może ukrytą nagrodą jest możliwość nawiązania dyskusji na tak ezoteryczne tematy, jak wyższość Spitfire'a IX nad FW 190 A4? Albo paląca kwestia, jak był pomalowany P-40, na którym Witold Urbanowicz latał nad Chinami w 1943r?

Otóż chciałbym teraz zaoferować kolegom modelarzom (i nielicznych koleżankom – jakoś tak się te proporcje układają) zupełnie nowy materiał i narzędzia. Zamiast własnego, czasami nieco pobrudzonego aerografem biurka — okno na inny świat, w głębi ekranu.
Jest tu niezwykle plastyczny materiał, który można "wytłaczać" w dowolne powłoki, bez obawy że go zabraknie. Są tu farby, dla których można dokładnie ustalić odcień i zasady nakładania. Jest tu możliwa do osiągnięcia dokładność, której nie uzyskasz nigdzie indziej, ani w skali 1:24, ani w 1:18. Tu, gdy stwierdzisz, że okapotowanie silnika samolotu, który zrobiłeś rok temu, powinno mieć inny kształt, zawsze możesz ten błąd poprawić. I to nie raz! Tu nigdy Twój model nie obrośnie kurzem. Nie będziesz wysłuchiwał narzekań domowników na to, że nie ma już gdzie zmieścić Twojej kolekcji. Możesz tu powielić swoje dzieło – choćby po to, by odwzorować je w kilku różnych wersjach malowania. I możesz przesłać swój model innym hobbystom, takim jak Ty, bez obawy że coś się z nim stanie podczas transportu. Z obiektów, które w ten sposób stworzysz, można szybko budować całe sceny.
Jedyne, do czego trzeba się przyzwyczaić, to to, że niczego w tym świecie nie można dotknąć. Możesz tylko patrzeć, i łapać wszystko myszką. Przynajmniej na obecnym etapie rozwoju technologii, urządzenia dotykowe (ang. *haptic devices*) są nadal drogie i prymitywne. Za to możemy obserwować szybki rozwój drukarek 3D. Przypuszczam że za dwa — trzy lata będziemy mogli na nich „drukować" np. dokładne części modeli.

Ten świat wirtualnego modelarstwa stał niepostrzeżenie dostępny. W istocie każdy komputer, kupiony po 2005r, to silna stacja graficzna, o której w latach 90-tych można było tylko pomarzyć. Około 15 lat temu „ruszył z miejsca" nowy model matematyczny, służący do odwzorowania powierzchni. Mam na myśli powierzchnie podziałowe (ang. *subdivision surfaces*). Pozwoliły stworzyć Shreka i dziesiątki innych postaci z filmów animowanych za pomocą komputera. Ten nowy model matematyczny skierował do lamusa powierzchnie NURBS, wykorzystywane od lat 70-tych. Powierzchnie podziałowe pozwalają łatwo uzyskiwać naprawdę złożone kształty. W miarę dobrze radzą sobie ze zmorą NURBS – otworami i wycięciami.
Co więcej – odpowiednie programy, które potrafią to wszystko wykorzystać, stały się dostępne za darmo! Stworzyły je dziesiątki programistów *Open Source*. Ludzie ci chcą pokazać, że stać ich co najmniej na to samo, co twórców najlepszych programów komercyjnych. I to zaczęło im się udawać! Być może, trochę w tym zdrowej ambicji („ja to zrobię lepiej!"), oraz innego rytmu powstawania takich produktów. Podczas pracy nad nimi nie ma, typowego dla komercyjnych projektów pośpiechu, związanego z napiętymi terminami. (A pośpiech rodzi błędy). W efekcie pracy odpowiednio dużej grupy entuzjastów powstaje dobry, stabilny program.

Podsumowując – kupując do domu komputer do gier, kupiłeś wszystko, co potrzeba do wejścia w świat wirtualnego modelarstwa. Nie będę oszukiwał, że nie ma tu tego, co jest nieodłączną cechą pracy każdego modelarza:

wielotygodniowego wysiłku. Mam jednak nadzieję, że ta książka ułatwi Ci, drogi Czytelniku, jak najszybsze osiągnięcie pożądanych rezultatów. Potem możesz pójść dalej i zrobić to samo jeszcze lepiej, niż tu proponuję. Przeczytanie dalszych stron, oszczędzi Ci dużo czasu i – niekiedy – frustracji. Ta ostatnia bywa nieodłącznym składnikiem pracy z „tą głupią maszyną” – komputerem. Postaram się nie zanudzać i pokazywać dużo obrazków, więc mam nadzieję, że "Wirtualne modelarstwo" Cię zainteresuje.

Witold Jaworski

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Co zawiera ta publikacja?

„Wirtualne Modelarstwo” uczy „od zera”, jak tworzyć takie modele samolotów, jak pokazany na okładce. Aby szybciej udostępniać Czytelnikom uaktualnione fragmenty tej książki, zdecydowałem się stworzyć i opublikować wyciągi z jej tekstu, związane z określoną dziedziną. Są to: „Tom I: Przygotowania”, „Tom II: Modelowanie”, „Tom III: Materiały i tekstury”, oraz „Tom IV: Detale i renderowanie”. Przebieg pracy prezentuję na przykładzie modelu myśliwca Curtiss P-40B. Maszyna ta zawiera klasyczne rozwiązania, stosowane w większości samolotów tego okresu. Z całym rozmysłem nie wybrałem Spitfire, Mustanga, Thunerbolta, Focke-Wulfa czy Messerschmita. Nie chciałem zabierać Ci przyjemności samodzielnego odwzorowania tych słynnych samolotów.

- Możesz tworzyć model każdego myśliwca z okresu II wojny światowej[1], czytając jednocześnie kolejne rozdziały z tej książki. To wcale nie musi być P-40. Wszystkie te samoloty wykonuje się podobnie. W trakcie pracy na pewno zetkniesz się ze wszystkimi zagadnieniami, które są tu opisane.

Ta książka ma służyć zarówno tym, którzy dopiero zaczynają swoją przygodę „w 3D”, jak i tym, którzy mają już w tej dziedzinie pewne doświadczenie. W związku z tym zdecydowałem się ją podzielić na dwie części:

- część pierwsza ("Budowa modelu") to tekst podstawowy, który koncentruje się na tym, **co** trzeba zrobić;
- część druga ("Szczegóły obsługi programów") to szczegółowe opisy, **jak** posłużyć się odpowiednim programem, by osiągnąć efekt, pokazany w części pierwszej.

Cały tekst ma dużo stron, z czego "Szczegóły obsługi programów" zajmują ok. 40%. Układ tej części przypomina tekst systemu pomocy (*Help*) do programu. To krótkie (na jedną lub dwie strony), nie zawierające więcej niż kilka ilustracji, opisy pojedynczych poleceń.
Dzieląc materiał na część podstawową i „szczegółową”, starałem się uniknąć niepotrzebnych, wydłużających niezmiernie tekst, wskazówek w rodzaju "kliknij tu, a potem naciśnij tamto". W odpowiednich miejscach części pierwszej umieściłem odnośniki do części drugiej. Jeżeli nie znasz programu, o którym akurat piszę, korzystaj z tych odnośników i czytaj umieszczone w nich informacje szczegółowe[2]. Przygotowałem je tak, abyś nauczył się posługiwać wszystkimi narzędziami "od zera", w trakcie czytania głównego tekstu. Gdy już będziesz wiedział, **jak** zrobić to, co opisuję — po prostu przestaniesz do nich zaglądać.

Książka zawiera jeszcze jedną część: "Dodatki". To materiały, które mogą być ciekawe dla co dociekliwszych Czytelników. Tematyka "Dodatków" przypomina trochę "groch z kapustą": od pewnych zagadnień optyki (deformacja obrazu na fotografii), do odwzorowania profili lotniczych. A oprócz tego: metody zaawansowanej weryfikacja rysunków samolotu (na poziomie tworzenia planów modelarskich), oraz szczegółowy opis właściwości powierzchni podziałowych. Nie musisz do „Dodatków” zaglądać, choć sądzę, że niektórzy mogą w tych materiałach znaleźć dla siebie coś interesującego.

[1] No, może tych z silnikami rzędowymi. Nie opisałem tu, jak modelować widoczne z zewnątrz elementy chłodzonych powietrzem silników gwiazdowych — cylindry, popychacze, karter, przewody. Może w kolejnym wydaniu książki podjąłbym się modelu P-36?

[2] Zakładam, że korzystanie z części drugiej będzie zawsze wyrywkowe. Stąd większość z zagadnień, które tam się znajdują, jest omówione bez dalszych odnośników. Takie podejście powoduje, że np. opis skalowania w edytorze siatki Blendera jest niemal dosłowną kopią opisu z edytora obiektów. Różnią się tylko ilustracjami i paroma zdaniami. Po prostu nie wiem, który z tych tematów otworzysz jako pierwszy, a w każdym chciałbym dostarczyć pełną informację.

Konwencje zapisu

Wskazówki dotyczące klawiatury i myszki oparłem na założeniu, że masz standardowe:

- klawiaturę — w normalnym układzie amerykańskim, 102 klawisze (dodam także parę uwag o klawiaturze notebooka, bo sam na takiej pracuję);
- myszkę — wyposażoną w dwa przyciski i kółko przewijania (które daje się także naciskać: wtedy działa jak trzeci, środkowy przycisk).

Wywołanie polecenia programu będę zaznaczał następująco:

Menu→Polecenie	- taki zapis oznacza wywołanie z menu „Menu” polecenia „Polecenie”. W przypadku bardziej zagnieżdżonych menu może wystąpić więcej strzałek!
Panel:Przycisk	- taki zapis oznacza naciśnięcie w oknie dialogowym lub panelu "Panel" przycisku „Przycisk”. Czasami mogę także w ten sposób napisać o przełączniku lub liście rozwijalnej. ("Panel" to pojęcie związane z ekranem Blendera, wyjaśnienia — patrz na str. 60)

Naciśnięcie klawisza na klawiaturze:

Alt-K	- myślnik pomiędzy znakami klawiszy oznacza jednoczesne naciśnięcie obydwu klawiszy na klawiaturze. W tym przykładzie trzymając wciśnięty Alt, naciskasz K;
G, X	- przecinek pomiędzy znakami klawiszy oznacza, że je naciskasz (i zwalniasz!) po kolei. W tym przykładzie najpierw G, a potem X (tak, jak gdybyś chciał napisać wyraz „gx”).

Naciśnięcie klawisza myszki:

LPM	- lewy przycisk myszy
PPM	- prawy przycisk myszy
SPM	- środkowy przycisk myszy (**naciśnięte** kółko przewijania)
KM	- kółko przewijania (pełni tę rolę, gdy jest **obracane**)

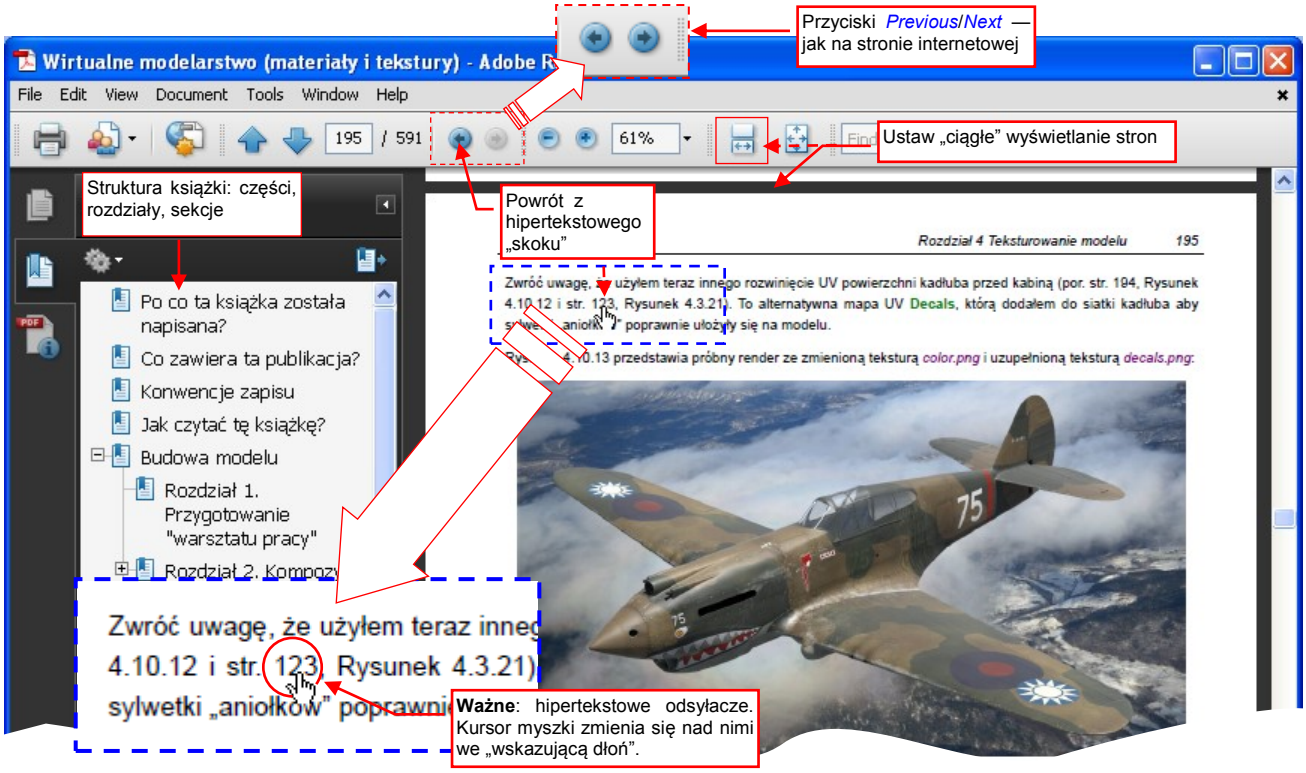
Na koniec — „w kwestii formalnej”: jak mam się do Ciebie zwracać? Zazwyczaj w poradnikach używa się formy bezosobowej („teraz należy zrobić”). To jednak, mówiąc szczerze, czyni czytany tekst mniej zrozumiałym. Aby ta książka była jak najbardziej czytelna, zwracam się do Czytelnika w krótkiej, drugiej osobie („teraz zrób”). Czasami używam także osoby pierwszej („teraz zrobiłem”, „teraz zrobimy”). Tak jest mi łatwiej[1].

[1] Podczas pracy nad modelem traktowałem nas — czyli Ciebie, drogi Czytelniku, i siebie, piszącego te słowa — jako jeden zespół. Może trochę wyimaginowany, ale w jakiś sposób prawdziwy. Przecież pisząc tę książkę ja także wiele się uczyłem, bo wiedziałem, że każde zagadnienie mam Ci porządnie przedstawić!

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jak czytać tę książkę?

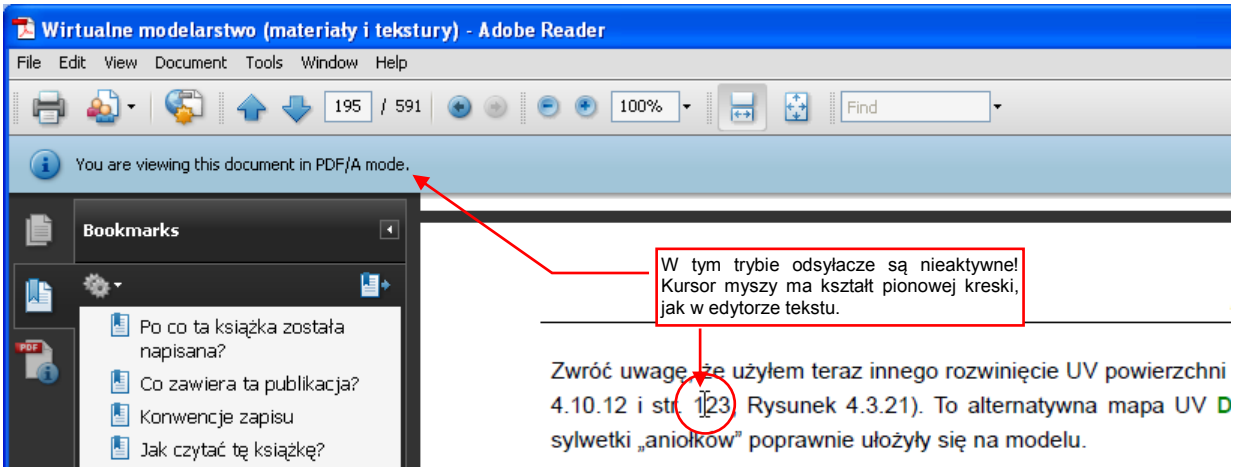
Starając się, by ta publikacja elektroniczna była bardziej czytelna niż typowe „papierowe” poradniki, przeniosłem tu większość szczegółowych opisów z głównego tekstu do podrozdziałów. W ich miejscu pozostawiłem odsyłacze („linki”, takie same jak w systemach podpowiedzi czy stronach internetowych). Aby nie „zaśmiecać” tekstu nie wyróżniałem specjalnie w tych miejsc kolorem lub podkreśleniem. Możesz je jednak rozpoznać na podstawie kontekstu („por. str. …”) a także po zmianie kształtu kursor myszki na „wskazującą dłoń” (Rysunek 1.1.1):



Rysunek 1.1.1 Czytanie książki w przeglądarce (Adobe Reader)

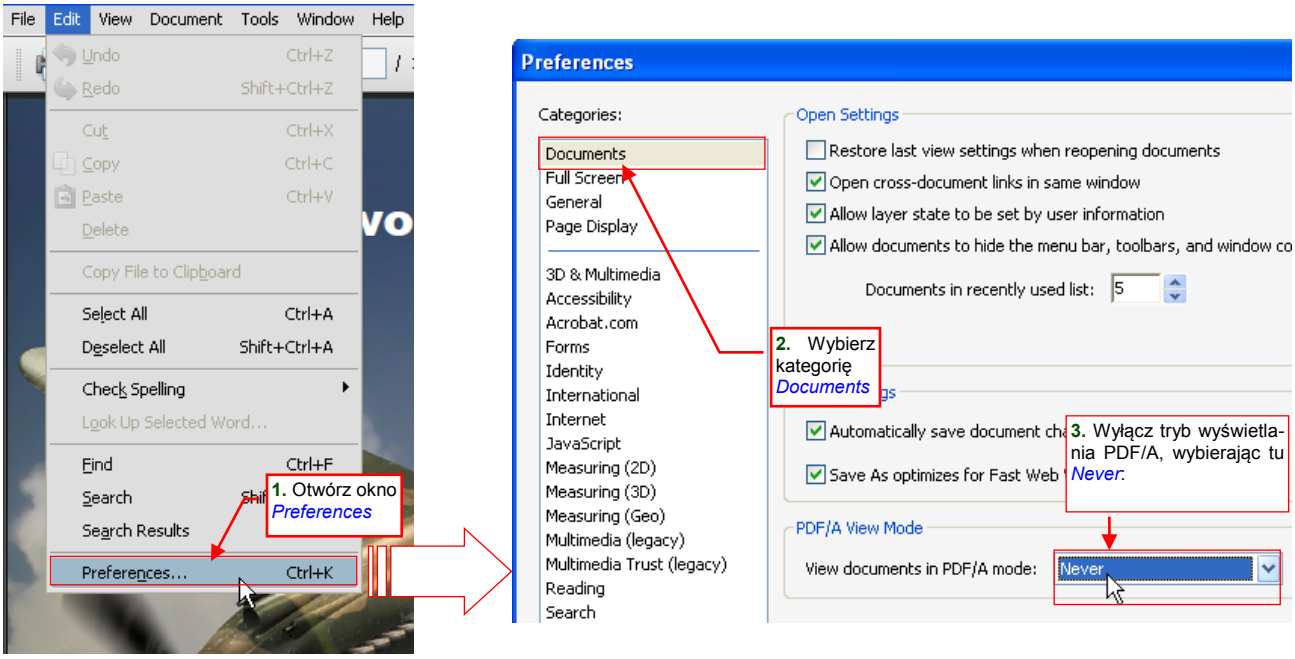
Gdy klikniesz w taki skrót, przejdziesz na stronę, na którą odsyła Cię tekst. Aby powrócić w poprzednie miejsce książki, wykorzystaj przycisk *Previous* umieszczony u góry ekranu (Rysunek 1.1.1). Działają tak samo, jak w przeglądarce internetowej. Aby podział stron nie stanowił przeszkody w czytaniu, możesz dodatkowo przełączyć wyświetlanie w tryb „ciągły” (Rysunek 1.1.1). Wydaje mi się, że tak wygodniej jest czytać „online”.

Aby ten dokument PDF można było poprawnie odczytać na różnych urządzeniach, jest zapisany w standardzie PDF/A. Jeżeli przeglądasz go za pomocą popularnego programu **Adobe Reader**, zwróć uwagę że domyślnie wszystkie hipertekstowe odsyłacze są w nim wyłączone (Rysunek 1.1.2):



Rysunek 1.1.2 Nieaktywne odsyłacze w trybie PDF/A (Adobe Reader)

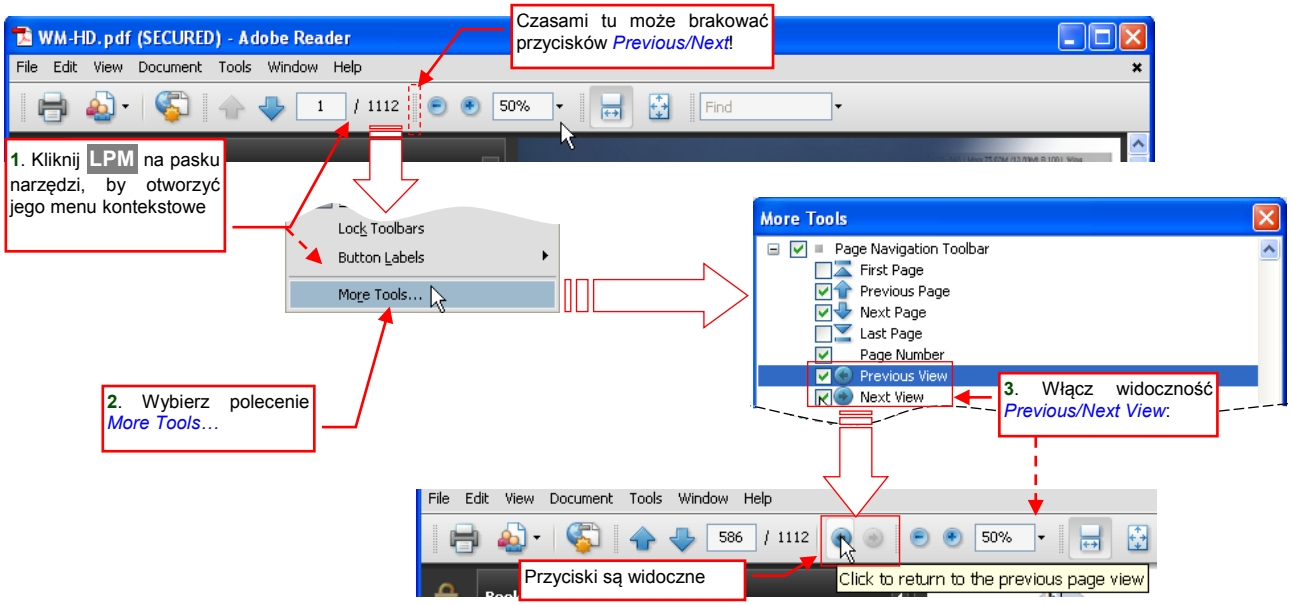
Aby uaktywnić hipertekstowe odsyłacze w dokumencie PDF/A, musisz zmienić pewien domyślny szczegół w konfiguracji **Adobe Reader** (Rysunek 1.1.3):



Rysunek 1.1.3 Uaktywnienie wewnętrznych odsyłaczy dla dokumentów PDF/A (Adobe Reader, wersja 9.0)

Z menu ***Edit*** otwórz okno dialogowe ***Preferences***. Z listy kategorii wybierz ***Documents***. Spowoduje to pojawienie się po prawej stronie okna kontrolek, jak na ilustracji (Rysunek 1.1.3). Wyłącz tryb *PDF/A View Mode* wybierając ***Never*** z jego listy rozwijalnej.

Kolejne wersje **Adobe Reader** mogą się od siebie różnić. Na przykład pasek narzędzi może się pojawić u dołu ekranu (jak to się przydarzyło wersji 8.0). Co więcej, w domyślnej konfiguracji przyciski *Previous/Next*, przydatne podczas posługiwania się odsyłaczami, mogą być ukryte (Rysunek 1.1.4):

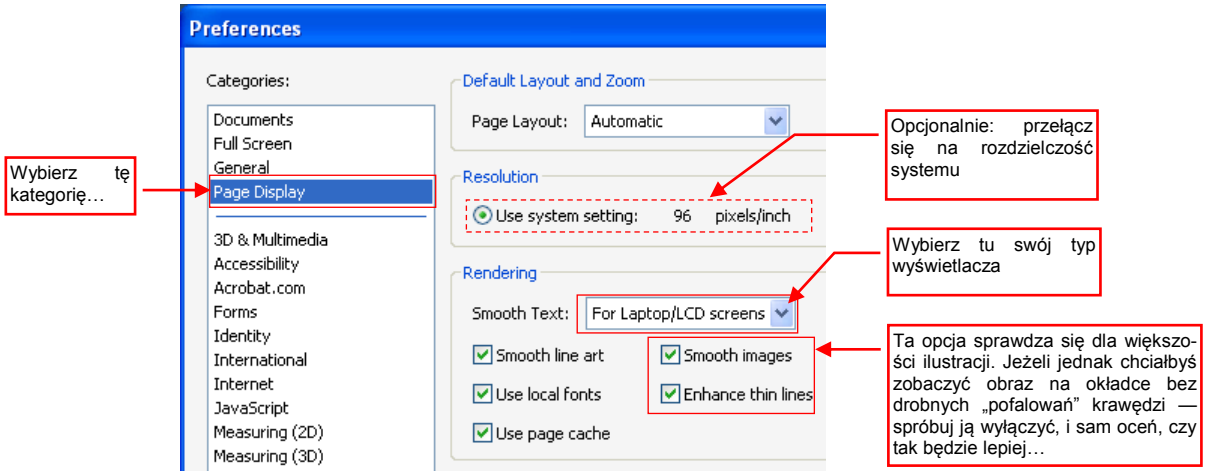


Rysunek 1.1.4 Dodanie do paska narzędzi przycisków *Previous/Next* (Adobe Reader, wersja 9.0)

Choć zawsze można użyć skrótów klawiszowych (*Previous*: Alt-←, *Next*: Alt - →) , to jakoś raźniej jest mieć te przyciski „pod ręką”. Kliknij LPM na pasku narzędzi, i z menu kontekstowego wywołaj polecenie *More Tools…*. Znajdź i zaznacz w oknie ***More Tools*** polecenia ***Previous View*** i ***Next View*** (Rysunek 1.1.4).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W tej książce bardzo ważne są ilustracje — wypełniają prawie każdą stronę. (Właściwie to można ten poradnik określić jako „półkomiks”). Niestety, takie obrazy istotnie zwiększają rozmiar pliku PDF. Aby nie był zbyt duży, musiałem poddać ilustracje kompresji, która pogarsza ich jakość. To, co widzisz, to wynik kompromisu pomiędzy rozmiarem publikacji a ostrością detali obrazów. W przypadku przeglądarki **Adobe Reader** chciałbym zasugerować przestawienie paru parametrów, które mogą poprawić dokładność wyświetlania ilustracji. Nie są to ustawienia domyślne, więc powinieneś je teraz zmienić tak, jak pokazuje to Rysunek 1.1.5:



Rysunek 1.1.5 Parametry programu Adobe Reader (wersji 9.0)**, odpowiednie dla ilustracji w tej książce**

Z listy kategorii okna *Preferences* wybierz ***Page Display***. Spowoduje to pojawienie się po prawej stronie okna kontrolek, jak na ilustracji. W sekcji *Resolution* przełącz się na opcję ***Use system settings***. (Domyślnie jest wybrana ta druga — a to może pogarszać jakość wyświetlania obrazów. W razie czego nie przejmuj się, jeżeli zobaczysz przy ustawieniach systemowych inną liczbę pikseli/cal niż ta, którą pokazuje Rysunek 1.1.5 — to zależy od tego, jak sobie ustawiłeś rozmiar tekstów w systemie Windows).

Oprócz tego, możesz zmienić jeszcze dwa, mniej istotne ustawienia. Pierwsze z nich to metoda wygładzania tekstu (lista rozwijalna ***Smooth Text***). Acrobat ma domyślnie wybrany tryb *Monitor*. Zapewne używasz jakiegoś „cienkiego” ekranu LCD — wtedy warto ją zmienić na ***For Laptop/LCD screens***. I wreszcie przełączniki ***Smooth images*** i ***Enhance thin lines***. W większości przypadków lepiej jest, gdy pozostaną włączone (ustawienie domyślne). Jeżeli jednak samolot na okładce tej książki ma lekko pofalowane krawędzie skrzydeł, to możesz spróbować wyłączyć wygładzanie obrazów. Sam oceń, czy bez tej opcji wygląda lepiej, czy nie.

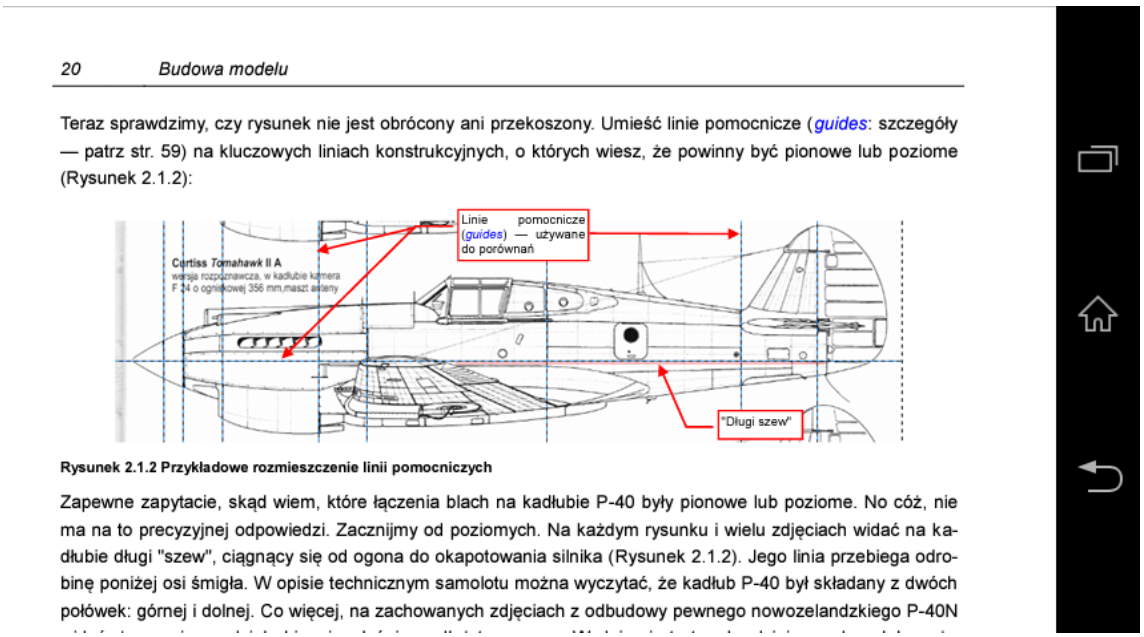
* * *

Zawsze możesz wydrukować egzemplarz „Wirtualnego modelarstwa” dla swoich potrzeb[1]. Możesz go także nie drukować i czytać wprost z ekranu podczas pracy nad modelem. Oszczędzisz w tym przypadku trochę papieru — zawsze to o skrawek lasu więcej. Co więcej, możesz wtedy korzystać z hipertekstowych odsyłaczy i widzieć ilustracje w pełnym kolorze. Oczywiście, jeżeli wolisz częste kartkowanie prawdziwego papieru — drukuj całość. Nawet jeżeli Twoja drukarka obsługuje wydruk dwustronny, zużyjesz całą ryzę A4! Zapewniam, że nie było to moim celem ☺.

* * *

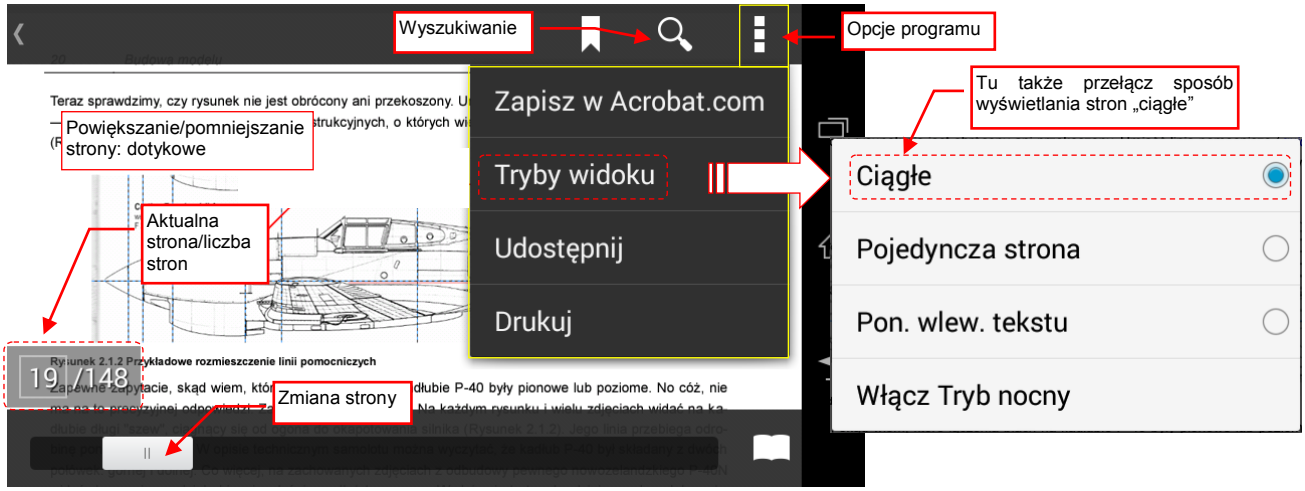
[1] Nie chciałem w tej elektronicznej książce rezygnować z kolorowych ilustracji. W związku z tym wiele z nich na wydruku wydaje się być mało kontrastowa. Aby temu w jakimś stopniu zaradzić, na niektórych ilustracjach zmieniałem kolory odnośników (na ciemniejsze lub jaśniejsze). Dzięki temu na wydruku są w miarę czytelne.

„Wirtualne modelarstwo” jest także dostępne w innych popularnych formatach książek elektronicznych: **EPUB** i **MOBI**. Jednak dla tabletów z systemem **Android** najlepszym formatem tej książki jest **PDF** (w tej postaci jest dostępna w Google Play)[1]. A jako program do czytania polecam tu także **Adobe Reader** (Rysunek 1.1.6):



Rysunek 1.1.6 Zawartość książki w systemie Android **(**Adobe Reader **wersja 11**)

W stosunku do wersji z komputerów PC, ten **Adobe Reader** ma uproszczony interfejs użytkownika i minimalną liczbę opcji (Rysunek 1.1.7):



Rysunek 1.1.7 Interfejs użytkownika programu Adobe Reader **(**Android**)**

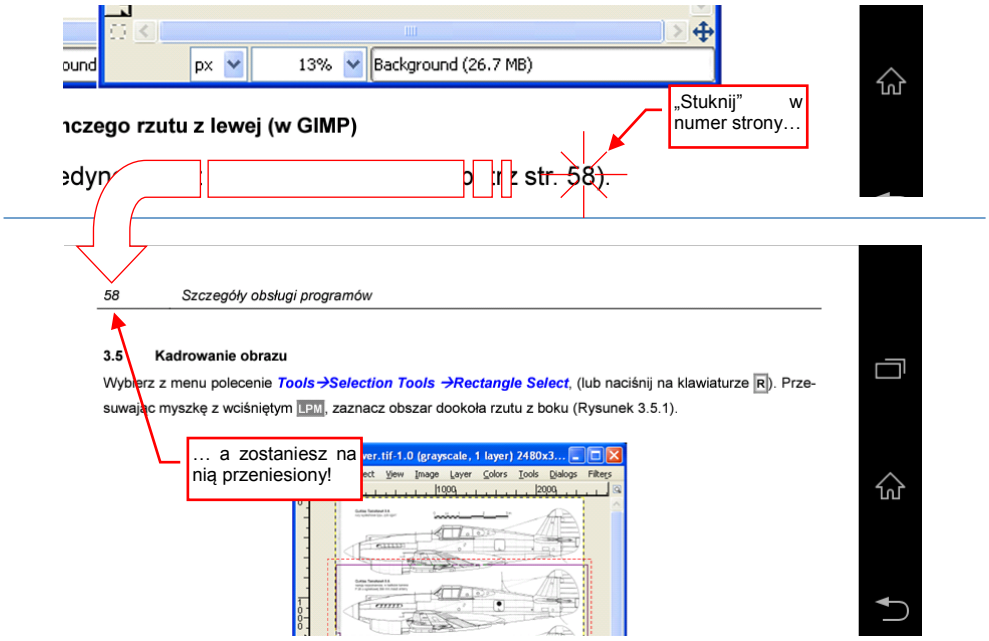
Na szczęście nadal można tu ustawić ciągłe wyświetlanie stron (***Tryb widoku→Ciągłe***, por. Rysunek 1.1.7). Ta opcja przydaje się szczególnie właśnie na takich urządzeniach jak tablety!

---

[1] Pliki **MOBI** to format Amazon.com. **EPUB** to otwarty format, w zasadzie obsługiwany przez większość czytników. Właśnie: w zasadzie. Gdy szukałem rozwiązania które bym mógł zarekomendować dla tabletów z systemem **Android**, sprawdziłem chyba wszystkie darmowe czytniki książek elektronicznych które znalazłem w Google Play. Żaden nie wyświetlał poprawnie zawartości pliku *.epub z tą książką. Dlaczego? Dla **EPUB** typowym układem jest tzw. „tekst ciągły” (ang. *flowable text*), w którym paragrafy dynamicznie dopasowują się do dostępnego obszaru ekranu (tak jak zawartość stron w przeglądarce internetowej). W „Wirtualnym modelarstwie” występują ilustracje z dużą ilością objaśnień. Tę książkę czyta się wygodnie gdy rozmiar tektu w tych objaśnieniach jest taki sam w całym w „ciągłym” tekście. Aby uzyskać ten efekt, musiałem dynamicznie dopasowywać szerokość ilustracji do ekranu czytnika. I choć stosuję w tym celu udokumentowane metody (style) ze specyfikacji **EPUB 3.0**, to okazuje się że wiele czytników, zwłaszcza te dla systemu **Android**, nie radzi sobie z tym efektem. W tej sytuacji zdecydowałem się ograniczyć zastosowanie formatu **EPUB** tylko do **IPad** (z dostarczanym przez Apple Store popularnym czytnikiem **iBooks**) i PC. (Nie chcę dostarczać czegoś, co może nie działać poprawnie na innych urządzeniach).

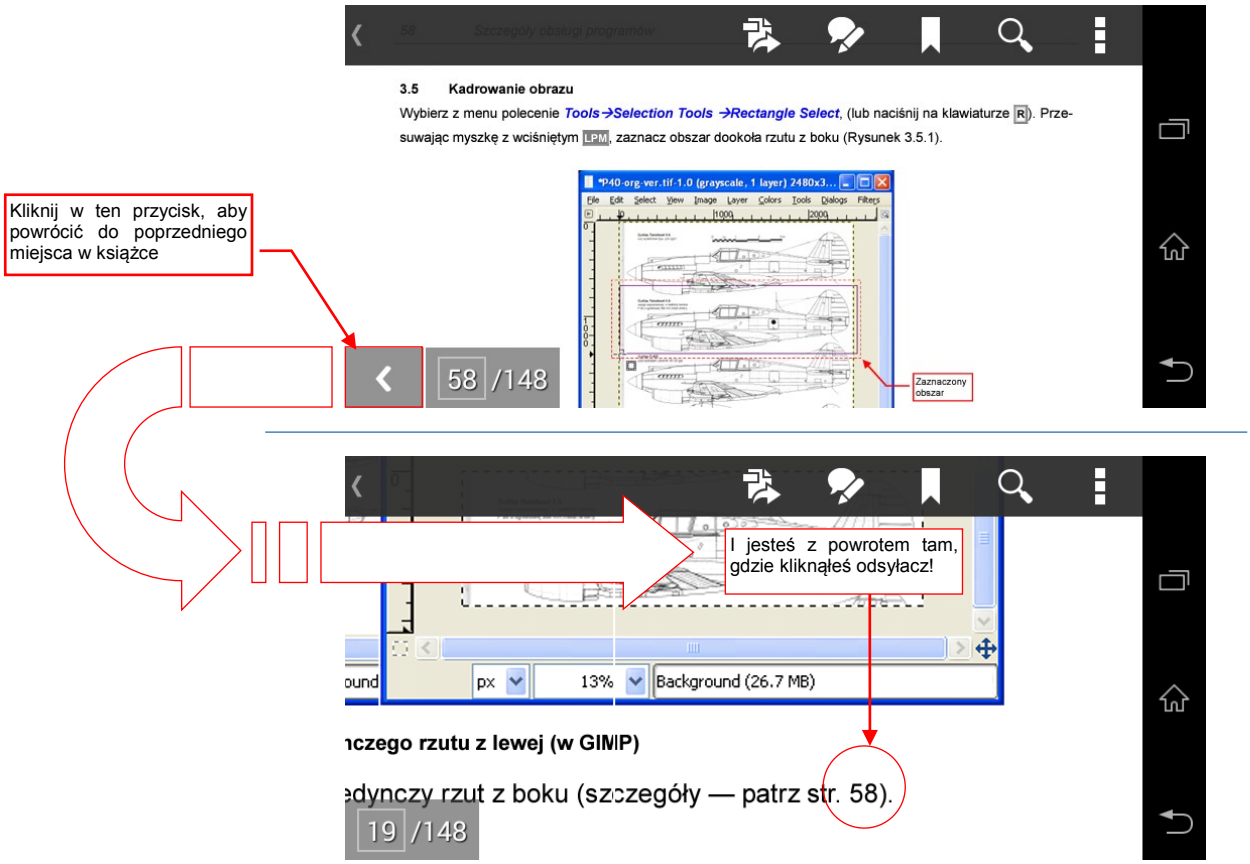
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W tym **Adobe Reader** także możesz korzystać z hipertekstowych odsyłaczy. Niestety, urządzenia z systemem **Android** mają ekrany dotykowe, więc nie ma tu kursora który zmienia kształt ponad takim połączeniem. Wystarczy jednak pamiętać że takim odsyłaczem jest każda referencja do numeru strony, ilustracji lub rozdziału. Po prostu kliknij w odpowiedni tekst (Rysunek 1.1.8):



Rysunek 1.1.8 Korzystanie z hipertekstowych odsyłaczy

Aby powrócić z takiego „skoku” w poprzednie położenie w tekście książki, skorzystaj z przycisku „<”, który pojawi się z prawej (przy numerze strony — Rysunek 1.1.9):



Rysunek 1.1.9 Powrót do poprzedniego miejsca

- **Adobe Reader** dla iOS (**IPad**) nie ma przycisku „<”, co czyni go praktycznie bezużytecznym dla tej książki.

Budowa modelu

W tej części stworzymy model P-40B. Zakładam, że dla wielu Czytelników będzie to wprowadzenie w świat grafiki komputerowej. Nie znaczy to jednak, że nasz samolot będzie jakiś uproszczony! (Choć, przyznam, gdy zaczynałem pisanie tej książki, chciałem parę zagadnień pominąć). Wykonamy go „w pełnej wersji”: z chowanym podwoziem i większością detali kabiny pilota. W trakcie pracy postaram się przekazać Wam całą wiedzę, jaką do tej pory na ten temat zgromadziłem.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rozdział 1. Przygotowanie „warsztatu pracy”

W tym rozdziale omówimy pokrótce instalację oprogramowania, z którego będziemy korzystać. W tym tomie to:

- **Blender**: program podstawowy;

To oprogramowanie jest udostępniane w zasadach licencji GPL. Oznacza to m.in., że nie można pobierać za nie żadnych opłat. (Oczywiście, jeżeli masz gest, a program Ci się bardzo spodoba, możesz wspomóc twórców dotacją — ale na zasadzie zupełnej dobrowolności. Szczegółowy opis, jak to zrobić, znajdziesz na stronie internetowej każdego z tych projektów.)

Przypuszczam, że większość czytelników tej książki używa komputera z Windows. Podczas opisu instalacji koncentruję się wyłącznie na tym środowisku. Sam go używam. Nie mam żadnych doświadczeń z Linuksem, ani z Mac OS, więc nie będę pisał o instalacjach, których nie wykonałem. Jeżeli używasz systemów innych niż Windows — poszukaj wskazówek na stronach tych programów (ich adresy są w kolejnych sekcjach rozdziału).

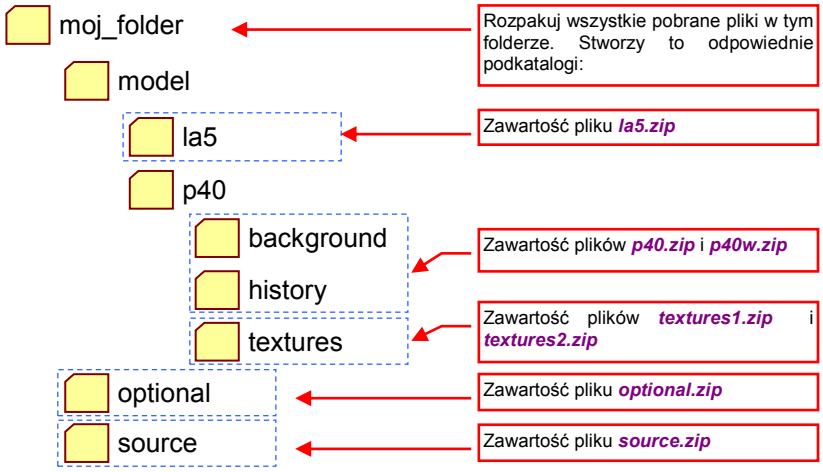
Przygotowałem także trochę materiałów dodatkowych, i udostępniłem je jako spakowane pliki *zip*:

- Pliki towarzyszące tej książce możesz pobrać ze strony: **http://samoloty3d.pl/wm3_p.xml**. Utrzymuję tam ich aktualne wersje[1].

Następujące pliki są ważną częścią tej książki:

- ***source.zip***: zawiera skrypty Pythona, plany P-40B, udostępnione przez producenta fragmenty rysunków technicznych (P-40E), i inne pomocnicze materiały;
- ***la5.zip***: Zawiera model, który wykorzystuje Rozdział 2;
- ***p40.zip***, ***p40w.zip***: Zawierają historię zmian (pliki **.blend*) modelu P-40, oraz kilka obrazów tła, wykorzystanych w tej książce. Każdej sekcji tej książki odpowiada plik ze spakowanego folderu *history*;

Rozpakuj wszystkie pobrane pliki **.zip* do tego samego folderu. W trakcie ich rozpakowania stworzą odpowiednie podkatalogii (pliki nie wymienione powyżej należą do innych części tej publikacji):

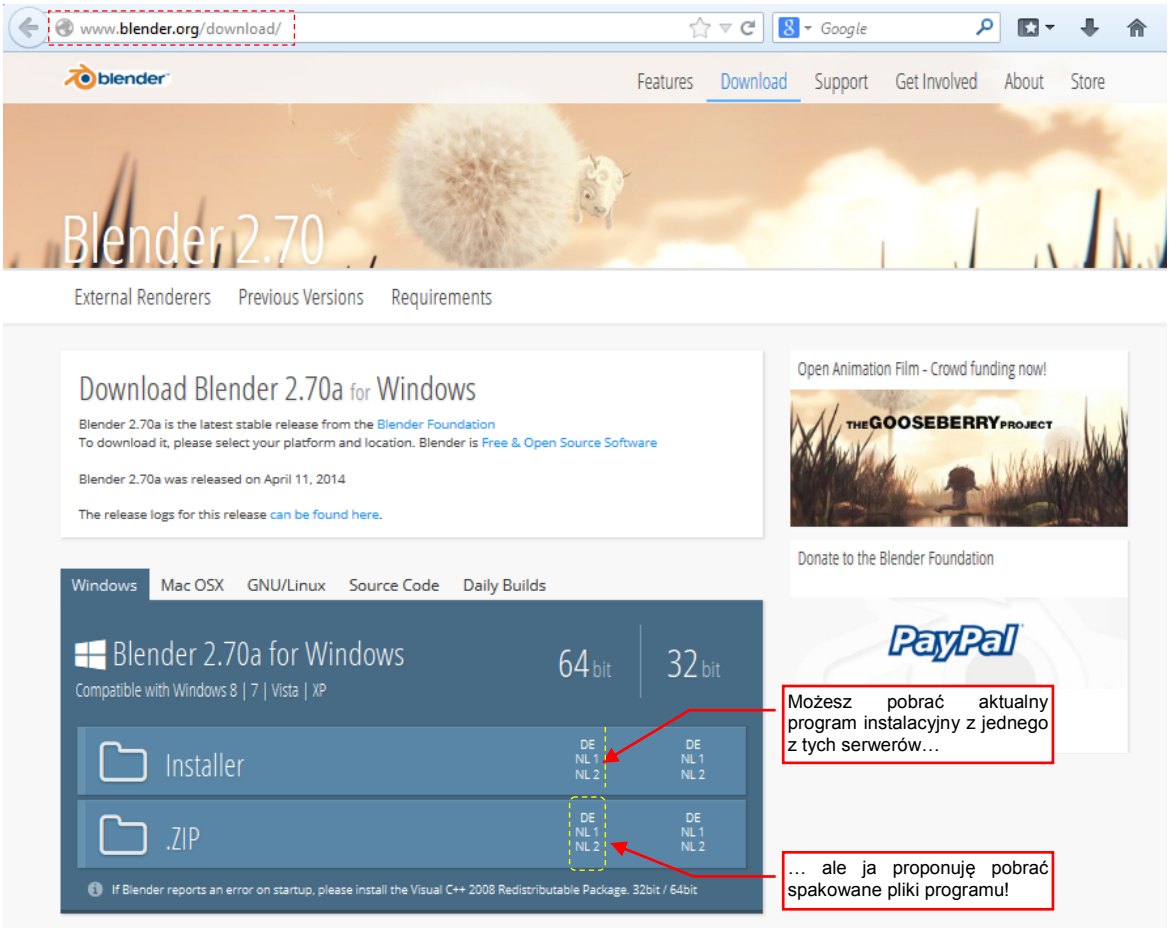


[1] Na tej stronie znajdziesz także odpowiedzi na najczęstsze pytania zadawane przez Czytelników, oraz informacje o zmianach w opisywanym oprogramowaniu, jakie się pojawiły po publikacji tej książki.

1.1 Instalacja Blendera

Ta książka opisuje Blendera w wersji **2.7**. Jednak wszystkie poprzednie wersje tego programu także można instalować w sposób opisany poniżej.

Najpierw pobierz pliki programu ze strony Fundacji Blendera: — *http://www.blender.org*. Pliki do pobrania są obecnie dostępne pod adresem: *http://www.blender.org/download/* (Rysunek 1.1.1). Za jakiś czas (trzy, cztery lata) może to się trochę zmienić przy okazji kolejnej przebudowy tego portalu, więc w razie czego zacznij od strony głównej[1].



Rysunek 1.1.1 Strona, z której możesz pobrać pliki Blendera

Pod wskazanym adresem znajdziesz skróty do wersji programu skompilowanych dla różnych systemów operacyjnych (Windows, Linux, Max OSX, …). Na ilustracji widać, że wybrałem wersję dla Windows, 64 bity. Zdecydowanie doradzam użycie 64-bitową wersję Blendera[2]. Wersja 32-bitowa jest przeznaczona dla tych, którzy ze względu na 32-bitowy system operacyjny (XP, Vista) nie mogą użyć innej.

Jak pokazuje Rysunek 1.1.1, każda z wersji dla Windows jest udostępniona w dwóch postaciach: programu instalacyjnego i spakowanego pliku **.zip*.

[1] Można tam znaleźć także odsyłacz do wcześniejszych wersji programu. Wspominam o tym, gdyż być może będziesz czytał te słowa już po opublikowaniu nowszych wersji. Do pracy z „WM” zalecam wersję 2.7, do której dostosowałem to wydanie (trzecie) tej książki.

[2] W wersji 64-bit dla program ma do dyspozycji więcej pamięci RAM, co pozwala mu na wykorzystanie tekstury o rozmiarach większych niż 4000x4000 pikseli. Ta właściwość może być bardzo przydatna, gdy będziesz chciał dokładniej odwzorować powierzchnię modelu. W tej książce największa tekstura, jakiej użyjemy, będzie miała rozmiar 4096x4096 pikseli. Gdybyś jednak zaczął eksperymentować z generowaniem bardzo dużego obrazu — o bokach dłuższych niż 6 tys. pikseli, z teksturami o rozmiarach 8192x8192px — to wersja 32-bitowa zakończy generację z błędem, a wersja 64-bitowa wykona tę operację poprawnie, do końca. (Obraz o bokach 6000 x 4000px, przy rozdzielczości 300 dpi, odpowiada rozmiarem większemu arkuszowi papieru — takiemu o rozmiarach 50x34 cm)

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jeżeli jesteś bardzo przyzwyczajony do programów instalacyjnych Windows, pobierz go i uruchom. Po wskazaniu folderu, w którym należy umieścić Blendera, będziesz miał po chwili zainstalowany program.

Ja jednak należę do ludzi, którzy wolą dokładnie wiedzieć, co się dzieje z ich komputerem[1]. Rzecz w tym, że Blender prawie „nie dotyka" reszty systemu. Dlatego najlepszym (jak uważam) sposobem instalacji Blendera jest rozpakowanie pliku **.zip*. W ten sposób po prostu wiesz dokładnie, co robisz. Wystarczy:

1. pobrać ze strony BF plik **.zip* (Rysunek 1.1.1), zawierający spakowany folder z jego plikami;
2. rozpakować zawartość tego pliku na lokalny dysk, np. jako folder *C:\Program Files\Blender*;
3. dodać skrót do *C:\Program Files\Blender\blender.exe* na pulpit i/lub do menu *Start*;
4. opcjonalnie: skojarzyć rozszerzenie **.blend* z tym programem (np. przy okazji otwierania przykładowego pliku);

Jeżeli masz jakiekolwiek wątpliwości co do przebiegu tej nieskomplikowanej procedury, na str. 253 znajdziesz szczegółowy opis, jak to robię.

Gdy już używasz Blendera, i chcesz wgrać nową wersję — nie musisz wcale po raz kolejny uruchamiać programu instalacyjnego. (Choć, oczywiście, możesz to zrobić). Moja metoda na uaktualnienie do nowej wersji polega na:

1. zmianie nazwy aktualnego folderu *Blender* na „*Blender-XX.X*", gdzie XX.X to numer starej wersji. Na przykład: przed wgraniem wersji 2.70a zmieniłem nazwę dotychczasowego folderu z *Blender* na *Blender-2.69*;
2. pobraniu ze strony BF pliku **.zip* z nową wersją Blendera;
3. rozpakowaniu plików Blendera do folderu o takiej samej nazwie, jaką zmieniliśmy w pkt 1 (*Blender*).

(W ten sposób wszystkie skróty do Blendera w menu Start i skojarzenie rozszerzenia plików **.blend* samoczynnie przechodzą na nową wersję — nie musisz niczego więcej zmieniać).

Przy pierwszym uruchomieniu Blender sam zaproponuje mi przeniesienie konfiguracji ze starej wersji (Rysunek 1.1.2) — wystarczy nie przeoczyć tego momentu i kliknąć przycisk ***Copy Previous Settings***:

Rysunek 1.1.2 Okno powitalne (*splash screen*) przy pierwszym uruchomieniu nowej wersji Blendera

[1] Dzięki temu przez lata używam tej samej instalacji Windows – nigdy nie musiałem ich instalować na nowo! I nawet z upływem czasu nie spowalniają swojego działania, jak to nieraz widziałem na komputerach innych użytkowników…

Dzięki zachowywaniu poprzednich wersji Blendera w folderze o zmienionej nazwie, możesz zawsze z niej skorzystać. Wystarczy uruchomić plik *blender.exe* z jej katalogu.

- Możesz mieć na swoim komputerze równocześnie używać wielu różnych wersji Blendera. Wystarczy, że każda z nich znajduje się w innym katalogu.

- Do poprawnego działania Blender nie potrzebuje żadnej instalacji Pythona. (Możesz o niej napotkać w wzmianki w Internecie. Interpreter Pythona był opcjonalnym dodatkiem do jego wcześniejszych wersji — np. 2.4). Blender od wersji 2.5 korzysta z własnego, wbudowanego interpretera tego języka. Jest on używany np. w obsłudze interfejsu użytkownika (okienek, przycisków, i menu programu).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rozdział 2. Blender – pierwsze kroki

W tym rozdziale zapoznasz się z Blenderem. Złamałem tu zasadę, przyjętą w tej książce[1], i opisuję, jak się nim posługiwać. Zrobiłem tak, gdyż pojęcia i polecenia przedstawione w tym rozdziale są niezbędne do płynnej pracy w Blenderze. Są to podstawy, które będziesz później wykorzystywał na każdym kroku. Nawet nie zauważysz, jak szybko je zapamiętasz.

Aby gdzieś dojść, trzeba wykonać pierwszy krok. Niektórzy mówią, że ten pierwszy jest najtrudniejszy. Na forach internetowych często czytuję głosy „chciałbym się pobawić Blenderem, ale przy pierwszej próbie dałem sobie spokój". Ja też chciałem się nim pobawić. I szybko się wciągnąłem.
Myślę, że mit o tym, że jest to program trudny, wyolbrzymiają ci, którzy chcieliby się nauczyć wszystkiego od razu. Moi drodzy, tak się nie da. Czasami trzeba ciężko westchnąć i siąść, i przeczytać.[2] Na razie nie wymyślono takich pigułek, jak w Matrix-ie – aby połknąć całą książkę i od razu wiedzieć wszystko. Dokonywałem kiedyś studiów porównawczych interfejsu użytkownika różnych systemów 3D. Mogę uczciwie powiedzieć, że Blender ma naprawdę fajny, spójny interfejs. Tyle, że trochę niekonwencjonalny. Zresztą w wersji 2.5 został przepisany od nowa, przez co stał się łatwiejszy. W dalszych sekcjach powolutku wyjaśnię, jakie są te konwencje ekranów Blendera. Gdy je poznasz, przekonasz się, że jest to nie tak trudna do opanowania całość. Wyrabia dobre nawyki – pracy z komputerem „na dwie ręce" (lewa na klawiaturze, prawa na myszce).

Większość tej nauki przeprowadzimy na modelu myśliwca Ła-5. Otworzysz ten plik, obejrzysz jego zawartość, nauczysz się podstawowych metod edycji (transformacji) obiektów. Zrobimy to, przestawiając i obracając kamerę tej sceny. (Tak! Podobnie jak w prawdziwym studio fotograficznym, mamy tu kamery!). W sumie – po przeczytaniu tego rozdziału będziesz już umiał „pozować" model. Na koniec rozdziału wygenerujesz finalną scenę z tym samolotem. (O takim obrazie będę często mówił, że jest *wyrenderowany*[3].)

- W tym rozdziale będziemy wykorzystywać materiały z plików *source.zip* i *la5.zip*, towarzyszących tej książce (adres, z którego można je pobrać, znajdziesz na. str. 18)

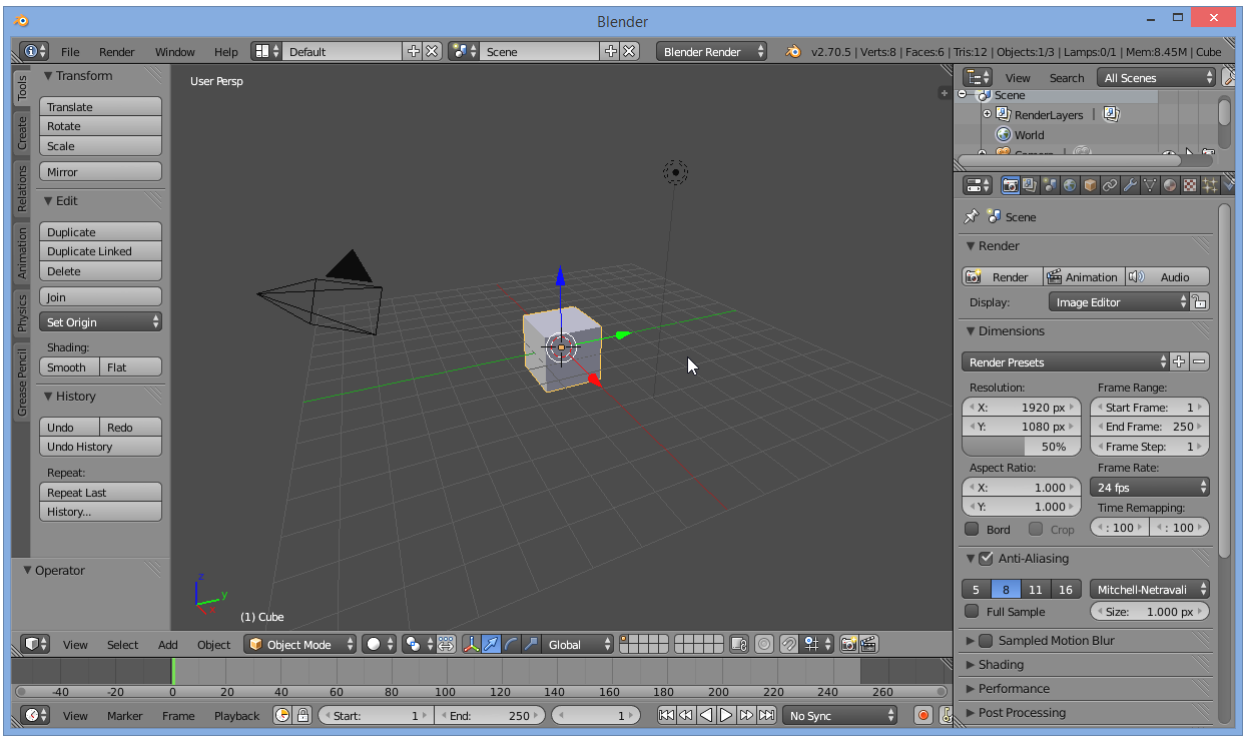
[1] Założenie jest takie, że w pierwszej części książki opisuję, co należy zrobić, a w drugiej („Szczegóły obsługi programów") — jak.

[2] Kiedyś prowadziłem test ze znajomości oprogramowania biurowego. Każdy z uczestników najpierw deklarował, na ile zna np. obsługę edytora tekstu. Nikt w tej ocenie nie schodził poniżej 80%. Potem otrzymywał zadanie adekwatne do deklarowanej wiedzy. Nieliczni wykazali się znajomością funkcji programu lepszą niż 50%. Dlaczego więc takie programy uchodzą za łatwe do nauki? Bo setki, o ile nie tysiące programistów przez dekadę szlifowało ich interfejs użytkownika. To „szlifowanie" miało na celu osiągnięcie dość specyficznego profilu nauki. Absolutnie podstawowe czynności musiały być tak łatwe do wykonania, aby mogły je opanować zupełnie początkujący pracownik biura. (W większości przypadków niespecjalnie lotny w sprawach komputerowych). Pozostałe funkcje – to już domena nielicznych wtajemniczonych. Tych, którym chciało się zagłębić w tak ezoteryczne i trudne do zrozumienia dzieła, jak samouczki z serii „dla opornych". Profil nauki Blendera jest inny – równo pod górkę, bez nadmiernych ułatwień na wstępie. Nie ma tu jednak wielkiej przepaści pomiędzy pierwszym krokiem, a następnymi.

[3] Operację generowania ostatecznego obrazu polega w Blenderze na naciśnięciu „bardzo ważnego przycisku" o angielskiej nazwie *Render*. Potem się czeka na wytworzenie ostatecznego rezultatu. Program dokonuje w tym czasie mnóstwa obliczeń – m.in. odblasków i cieni, więc to może trwać dłuższą chwilę. Ten proces będę nazywał *renderowaniem*, i odmieniał zgodnie z regułami polskiej gramatyki. Wiem, że było wiele prób znalezienia dla tej operacji polskiego określenia, ale jakoś żadna się nie przyjęła. Skoro już w naszej historii znieśliśmy przejścia *interface*→interfejs, czy *manager*→menedżer, to czas przywitać „renderowanie" w słowniku potocznej polszczyzny!

2.1 Układ ekranu

Rysunek 2.1.1 pokazuje, jak wygląda Twój ekran, gdy po raz pierwszy uruchomisz Blender:



Rysunek 2.1.1 Blender – domyślny wygląd programu

Nie wygląda jak typowa aplikacja Windows, prawda? Przyznam się: gdy miałem zacząć pracować z tą przepisaną od nowa wersją 2.5, to po pierwszym uruchomieniu przez 15 minut siedziałem i po prostu gapiłem się w ekran. Tak wszystko na nim „przemeblowano", że był dla mnie zupełnie nowy! Nie ruszałem nawet myszką — nie byłem pewien, jak zacząć. Stało się tak, choć przez cztery lata pracowałem w kolejnych wersjach Blendera 2.4, i wcześniej nawet trochę zaglądałem do wersji testowych 2.5. Jednak po tych pierwszych 15 minutach kontemplacji zacząłem od powtórki najprostszych czynności, zajrzenia do kilku samouczków — i jakoś poszło. Mam nadzieję, że pamięć o tym „drugim początku" pomoże mi lepiej napisać to wprowadzenie.

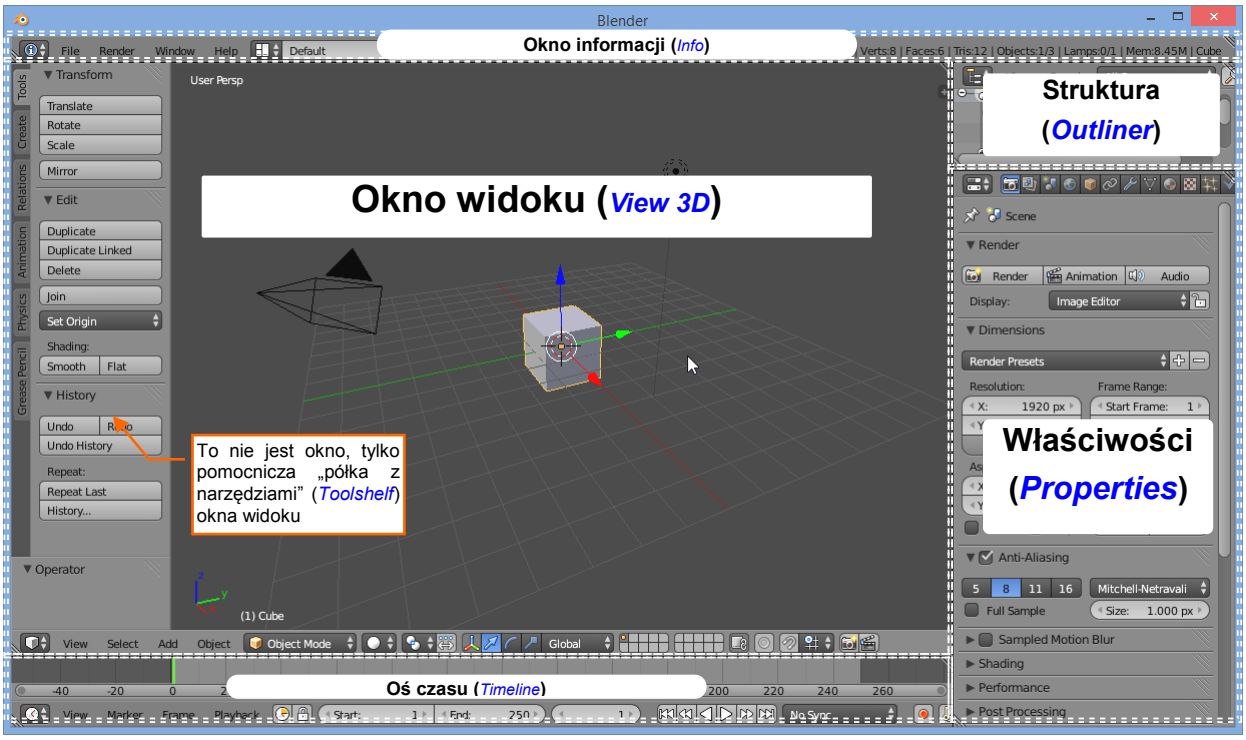
Rozmieszczenie elementów na ekranie Blendera 2.5 lepiej pasuje do nowszych monitorów o proporcji 8x5. (Poprzednie wersje dobrze pasowały do monitorów o starych proporcjach — 4x3). Blender jest napisany dla kilku systemów operacyjnych: Linux, Mac OS, Windows. W każdym z nich wygląda i działa w identyczny sposób[1]. Siłą rzeczy ten program ma specyficzny styl, który go wyróżnia. Jest to przemyślany interfejs użytkownika. Zacznijmy od omówienia jego podstawowych założeń.

---

[1] Jak osiągnięto taką zgodność? Otóż w każdym z tych systemów jest dostępny pewien zestaw procedur, które mogą być użyte przez programy do tworzenia realistycznych, trójwymiarowych obrazów. Taki zestaw programiści nazywają „biblioteką". Biblioteki te są implementacją standardu, noszącego nazwę OpenGL. OpenGL został opracowany na początku lat dziewięćdziesiątych, początkowo dla stacji graficznych *Silicon Graphics*. Wtedy to były prawdziwe „rakiety", ze sprzętowymi akceleratorami grafiki — obiekt westchnień wszelkich fanów grafiki komputerowej, o odpowiednio wysokiej cenie. (Przodek Blendera — program Traces — był napisany dla takich stacji). Niedługo potem zamieniony w standard OpenGL zaczął być wykorzystywany w wielu aplikacjach CAD, CAM, GIS, ...
W połowie lat dziewięćdziesiątych umieszczono go nawet w systemie Windows. (Mimo że ich producent – Microsoft – już w tym czasie promował konkurencyjny produkt w postaci biblioteki DirectX). Blender „od zawsze" wykorzystywał do rysowania zawartości swoich scen właśnie OpenGL. Co ciekawe, jego twórcy wpadli w pewnym momencie na pomysł, aby tych samych poleceń, za pomocą których tworzyli trójwymiarowe modele, użyć także do rysowania w dwóch wymiarach. W efekcie cały interfejs użytkownika Blender jest rysowany za pomocą OpenGL. Dzięki temu większa część kodu nie zależy od zastosowanego systemu operacyjnego. Przy okazji uzyskano stosunkowo niewielki rozmiar programu (nie musi korzystać z rozbudowanych, standardowych bibliotek „okienek", takich jak wxWidgets, Qt, albo GTK+). Innym ciekawym rezultatem takiego rysowania „wektorowego" jest możliwość płynnej zmiany rozmiaru elementów interfejsu użytkownika.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

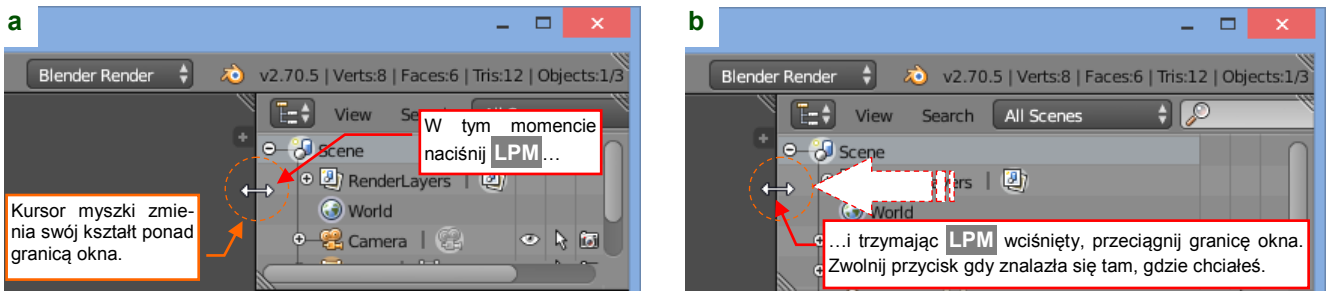
Ekran Blendera jest podzielony na prostokątne obszary. Nazywane są oknami (ang. *window*, a czasami także ”obszarem”: *area*)[1]. W odróżnieniu od typowych systemów „okienkowych”, okna Blendera nigdy się na siebie nie „nakładają". Osobiście uważam to za zaletę, a nie wadę. W edytorach nakładające się okienka dobrze wyglądają jedynie na materiałach reklamowych. Gdy przychodzi do realnej pracy nad projektem, każdy ustawia je sobie tak, aby widzieć wszystkie naraz. Na domyślnym ekranie Blendera widzisz pięć okien[2] (Rysunek 2.1.2):



Rysunek 2.1.2 Blender – obszary okien

- **Okno widoku** (***View 3D***): pokazuje trójwymiarową „scenę”, a na niej model (tutaj: sześcian);
- **Okno struktury** (***Outliner***): struktura sceny, przedstawiona w postaci symbolicznej;
- **Okno właściwości** (***Properties***): obszar na wszelkie przyciski, pola numeryczne, przełączniki, za pomocą których zmieniamy właściwości elementów sceny;
- **Okno informacyjne** (***Info***): menu główne programu oraz miejsce na komunikaty (np. o błędach).
- **Okno osi czasu** (***Timeline***) (***Timeline***): potrzebne do animacji;

Granicę każdego z okien Blendera można „złapać” myszką i przesunąć (Rysunek 2.1.3):

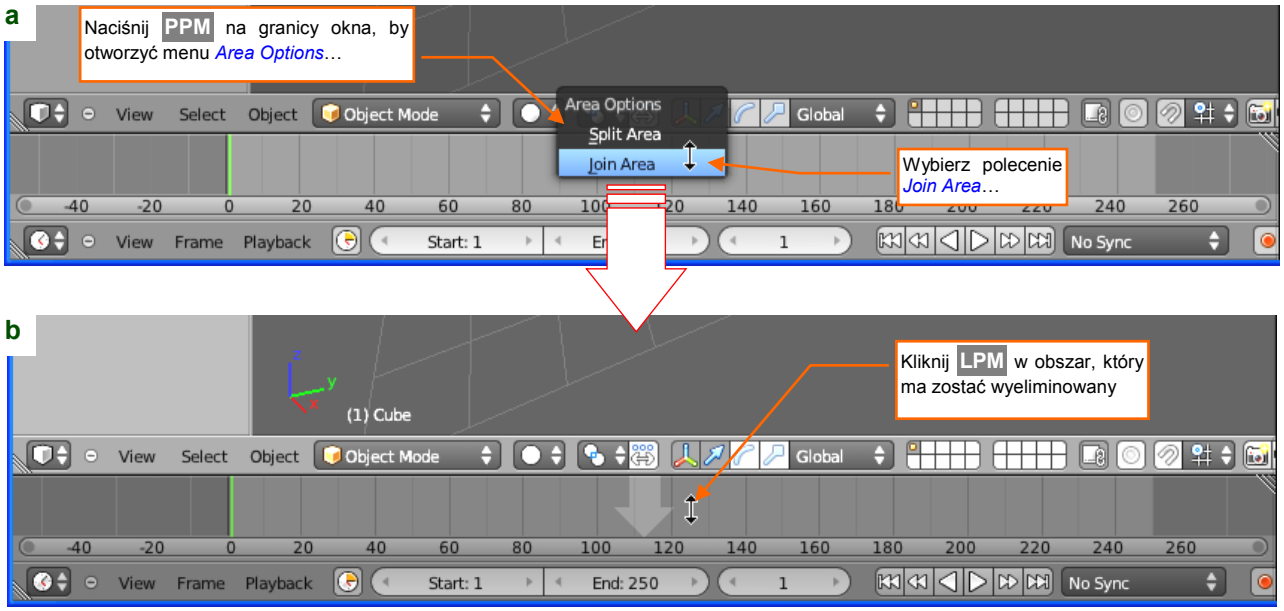


Rysunek 2.1.3 Przesuwanie granic okien Blendera

[1] Wiem, że mało przypominają okna znane z klasycznych środowisk „okienkowych”. Jednak ta nazwa przeważa w dokumentacji na http://wiki.blender.org i różnych innych materiałach pomocniczych. Wraz z wprowadzeniem Blendera 2.5 w anglojęzycznej dokumentacji próbowano użyć terminu *region*, albo *area*, ale jakoś się nie przyjęły. To, co zawiera okno, nazywane jest czasem edytorem (*editor*).

[2] W książce używam ich angielskich nazw jak nazw własnych, używając określeń „w oknie *Info*”, lub podobnych. Zdecydowałem się ich nie tłumaczyć, podobnie jak nazw poleceń z menu. (Sądzę, że będziesz najprawdopodobniej używać Blendera w wersji anglojęzycznej).

Usuńmy z ekranu niepotrzebne nam obecnie okno *Timeline*. Można je wyeliminować, łącząc z jednym z sąsiednich obszarów. Umieść kursor na krawędzi okna, która ma zniknąć, i naciśnij PPM. Spowoduje to otwarcie menu *Area Options*, z którego wybieramy polecenie ***Join Areas*** (Rysunek 2.1.4a) :

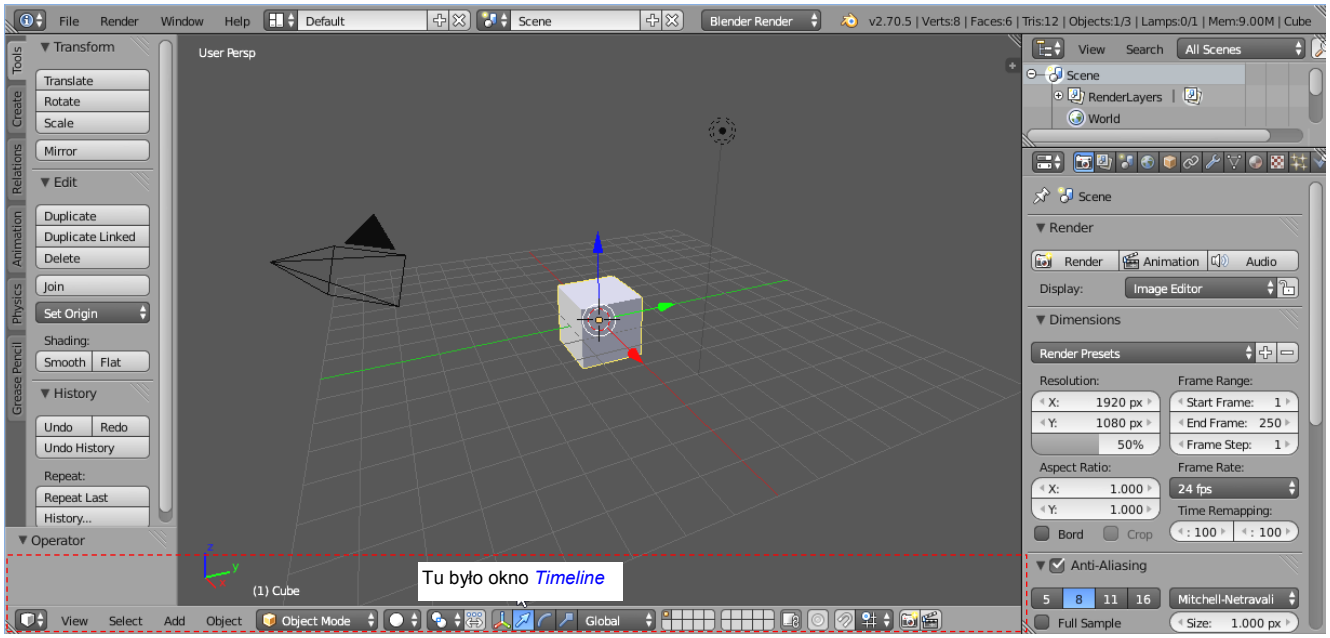


Rysunek 2.1.4 Scalanie okien na ekranie Blendera

Po wybraniu tego polecenia Blender na bieżąco pokazuje za pomocą strzałki okno, które zostanie wyeliminowane (Rysunek 2.1.4b). Jest to zawsze okno w którym znajduje się kursor myszki.

- Okno Blendera, znajdujące się pod kursorem myszy, nazywamy **oknem aktywnym**. (Spośród innych okien jest sygnalizowane odrobinę jaśniejszym nagłówkiem, ale nie widać tego na ilustracjach).

Kliknięcie LPM kończy operację — powinieneś uzyskać taki ekran, jaki pokazuje Rysunek 2.1.5:

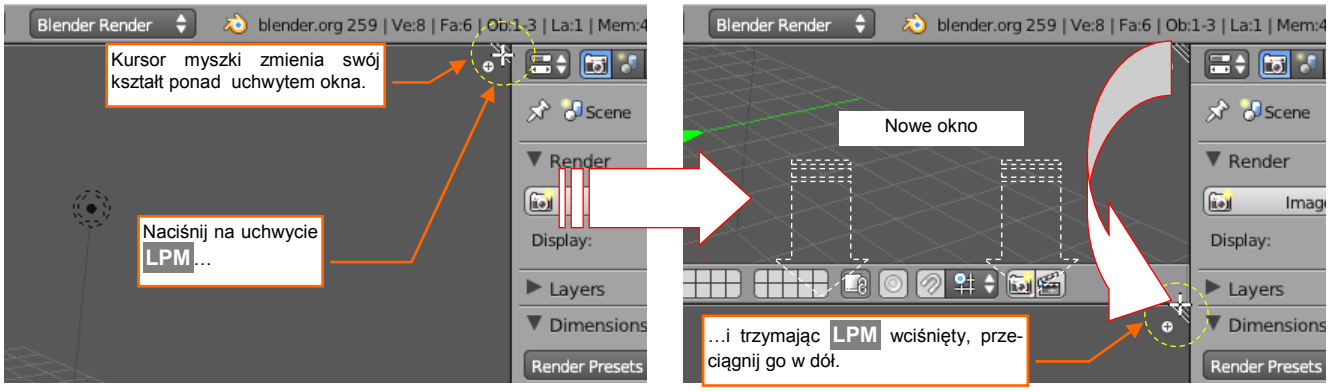


Rysunek 2.1.5 Ekran po scaleniu okna *Timeline* z oknem *3D View*

- Dopóki nie wykonasz końcowego kliknięcia, zawsze możesz przerwać łączenie okien naciskając Esc. (W Blenderze naciśnięcie tego klawisza zawsze oznacza rezygnację z aktualnie wykonywanego polecenia).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Analogicznie, do podziału okna możesz użyć polecenia ***Area Options→Split Area***. Można to także zrobić w inny sposób — wykorzystując uchwyt, umieszczony w lewym górnym i prawym dolnym narożniku każdego okna. Wygląda jak „karbowany” trójkąt (Rysunek 2.1.6):

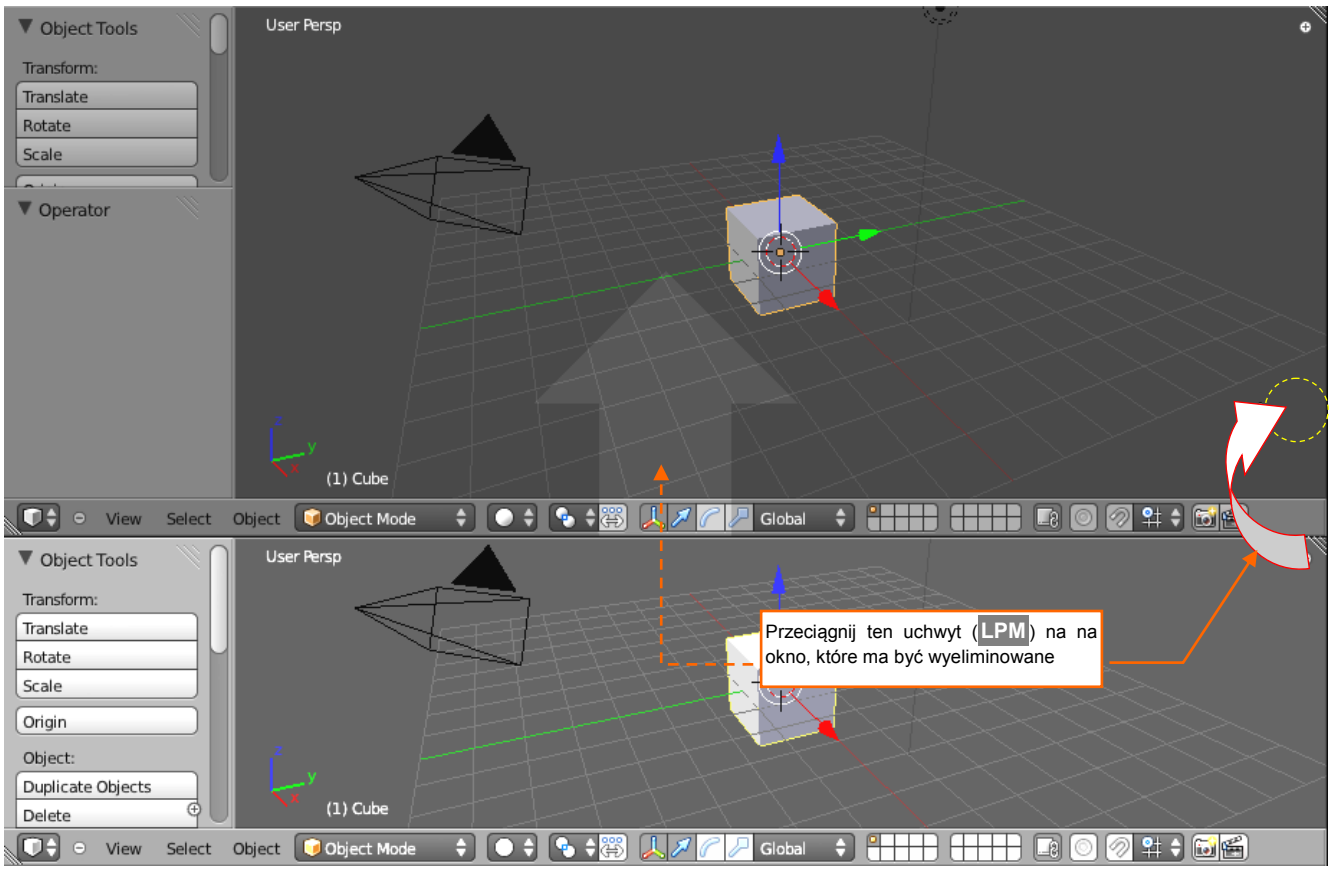


Rysunek 2.1.6 Podział okna Blendera za pomocą uchwytu

„Złap” myszką (LPM) za uchwyt okna i przesuń go do wnętrza obszaru. Gdy przesuniesz go bardziej pionowo — przeciągniesz w dół poziomą granicę nowego okna (Rysunek 2.1.6). Gdy zrobisz to bardziej poziomo — podzielisz okno w pionie.

- Nowe okno, uzyskane w wyniku podziału, jest zawsze dokładną kopią okna dzielonego

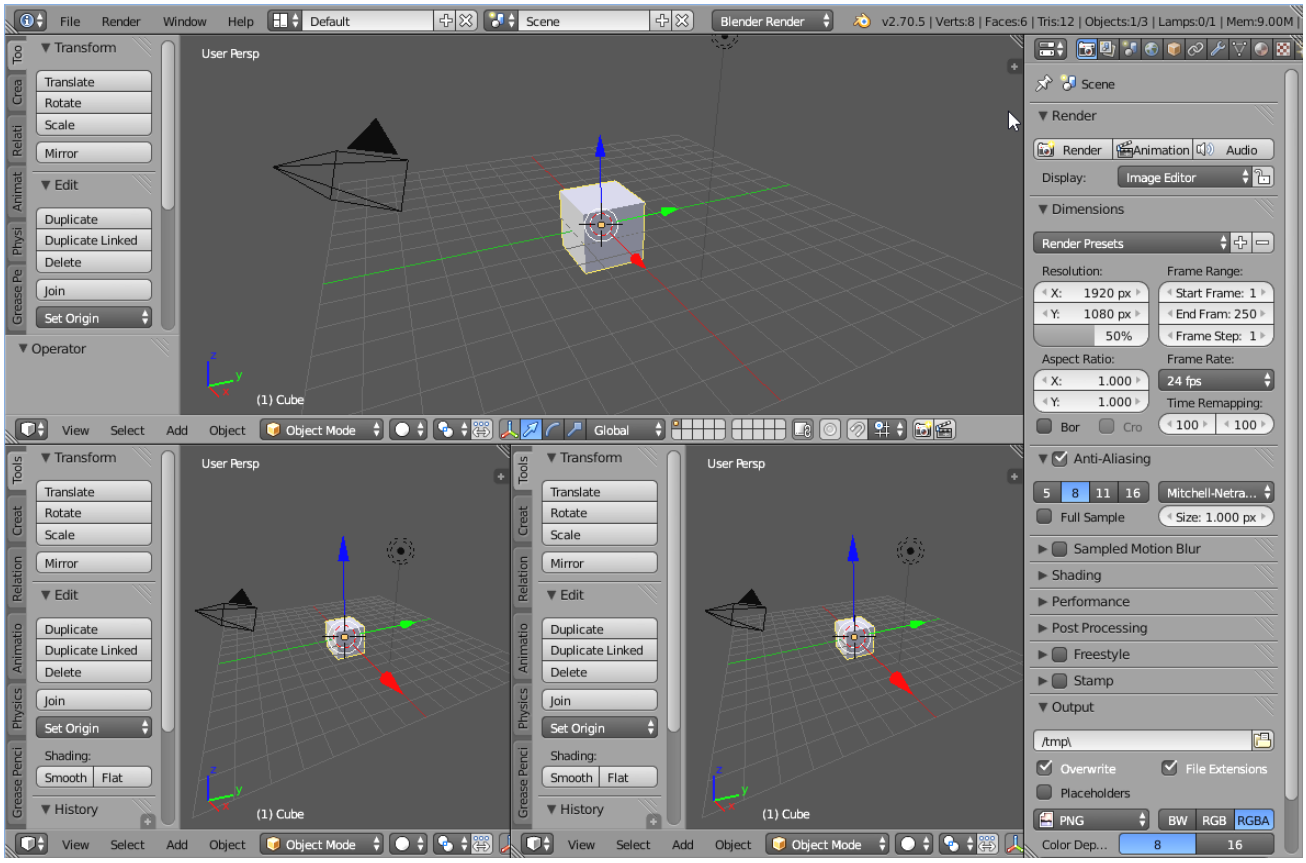
Uchwyt może także służyć do łączenia okien. Wystarczy go przeciągnąć na obszar, który ma zostać wyeliminowany (Rysunek 2.1.7):



Rysunek 2.1.7 Łączenie okien za pomocą uchwytu

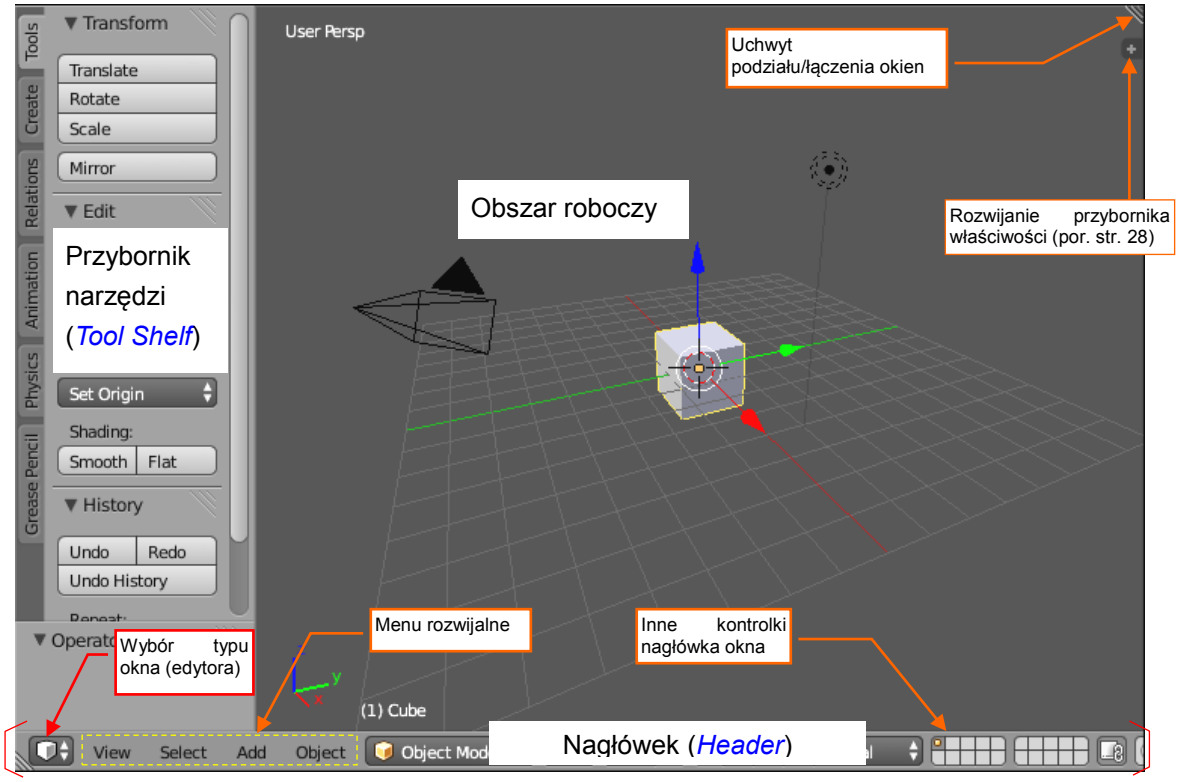
Blender zaznacza takie okno odpowiednią strzałką (Rysunek 2.1.7). Wystarczy zwolnić LPM, by wskazane okno uległo scaleniu.

W ramach ćwiczenia spróbuj za pomocą podziałów uzyskać taki układ ekranu, jaki pokazuje Rysunek 2.1.8:



Rysunek 2.1.8 Zmieniony układ okien Blendera

Zajmijmy się teraz podstawowymi elementami wnętrza pojedynczego okna (Rysunek 2.1.9):

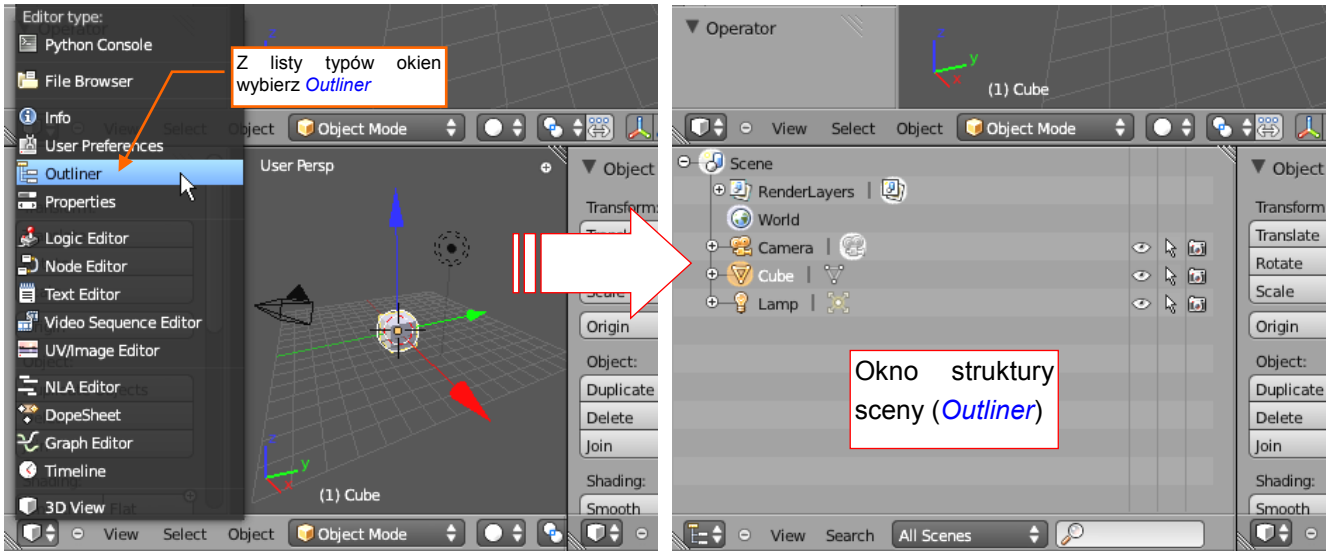


Rysunek 2.1.9 Elementy okna Blendera

Każde okno Blendera ma nagłówek. Na ilustracji umieszczony jest akurat nie u góry, jak sugerowałby jego nazwa, a u dołu. Nagłówek zawiera menu rozwijalne i inne pomocnicze kontrolki.

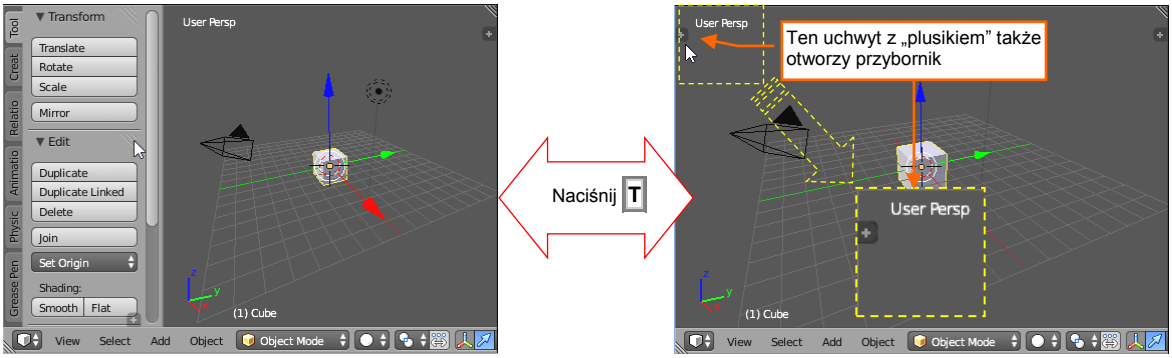
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Z lewej strony nagłówka okna znajduje się lista rozwijalna, z której można wybrać typu edytora. Wybierasz z niej to, co ma być aktualnie wyświetlane. Na przykład — struktura sceny w oknie *Outliner* (Rysunek 2.1.10):



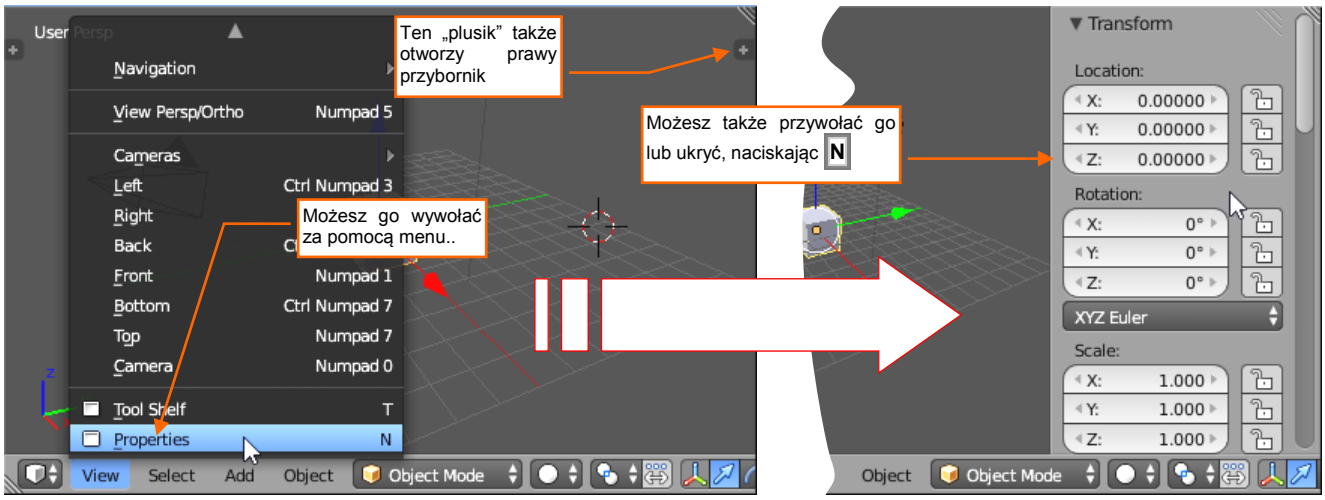
Rysunek 2.1.10 Zmiana typu (zawartości) okna

Kilka typów edytorów Blendera (*3D View*, *UV/Image Editor*, *Text Editor*) ma także „wysuwany przybornik", z narzędziami, umieszczony z lewej strony okna. Można go przywołać poleceniem menu (***View→Tool Shelf***), ale o wiele łatwiej jest po prostu nacisnąć na klawiaturze przycisk T (Rysunek 2.1.11):



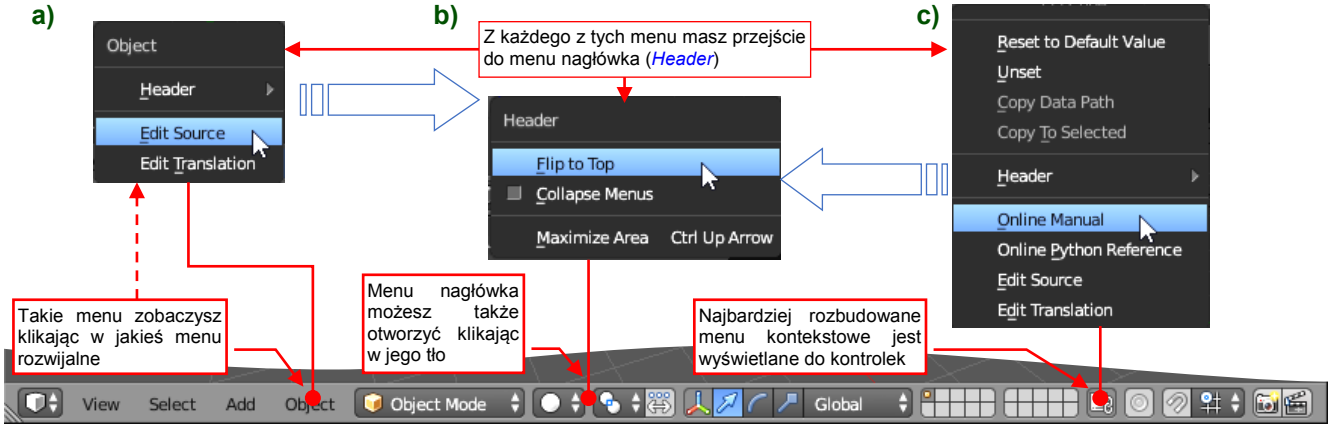
Rysunek 2.1.11 Ukrywanie i wysuwanie przybornika z narzędziami (*Tool Shelf*) za pomocą klawiatury

W podobny sposób możesz wyświetlać/chować umieszczony z prawej strony przybornik właściwości (*Properties*, np. obiektu lub widoku): za pomocą klawisza N, lub polecenia z menu (Rysunek 2.1.12):



Rysunek 2.1.12 Przybornik z właściwościami — różne metody „wysunięcia" i ukrycia.

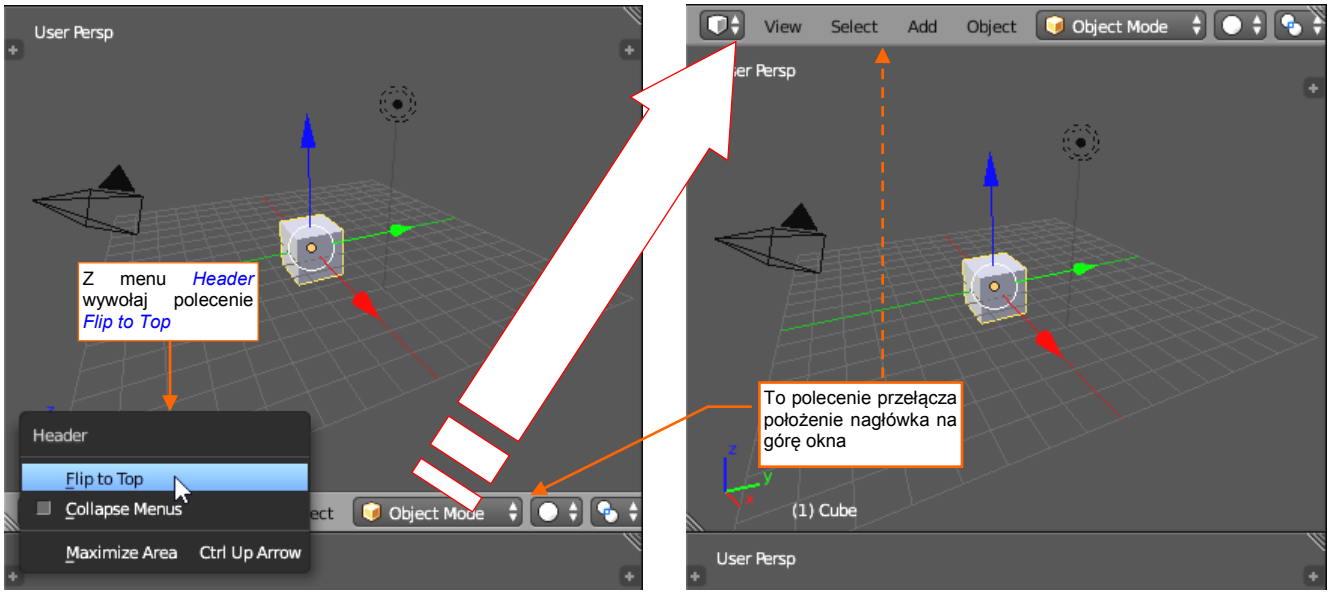
Gdy kursor myszki znajduje się ponad nagłówkiem okna, kliknij PPM, by otworzyć menu kontekstowe. W zależności od tego w co kliknąłeś, Blender otworzy mniejsze lub większe menu (Rysunek 2.1.13):



Rysunek 2.1.13 Różne menu kontekstowe kontrolek Blendera

Najwięcej poleceń znajduje się na menu kontekstowym kontrolki (Rysunek 2.1.13c). Polecenie *Reset to Default Value* może być czasami przydatne, gdy nie wiesz jaka jest ta wartość domyślna. Polecenie *Online Manual* otwiera odpowiedni fragment instrukcji Blendera (artykuł z *wiki.blender.org*), o ile oczywiście masz w tym momencie dostęp do Internetu. Polecenia *Edit Source* i *Edit Translation* są przydatne tylko dla programistów lub tłumaczy programu. Krótsza wersja tego menu (Rysunek 2.1.13a) pojawi się, gdy klikniesz PPM w jedno z menu rozwijalnych. W każdym z tych menu znajdziesz przejście do menu *Header*, sterującego nagłówkiem okna (Rysunek 2.1.13b). Choć w menu a) i c) występuje jako submenu, Blender otwiera je od razu gdy klikniesz PPM gdzieś na „tle" nagłówka okna, omijając wszystkie kontrolki.

Polecenia z menu *Header* są przydatne przy modyfikowaniu układu ekranu. Jeżeli wywołasz polecenie ***Header→Flip to Top***, nagłówek okna zostanie wyświetlony u góry (Rysunek 2.1.14):

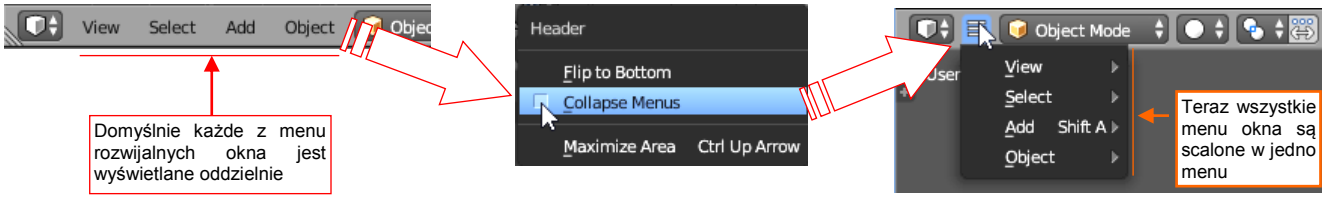


Rysunek 2.1.14 Przesunięcie nagłówka na górę okna

Po przeniesieniu nagłówka do góry okna Blender zmienia jego menu *Header*. Zastępuje w nim polecenie *Flip to Top* poleceniem ***Flip to Bottom***. Gdy je wywołasz, nagłówek znajdzie się z powrotem na dole.

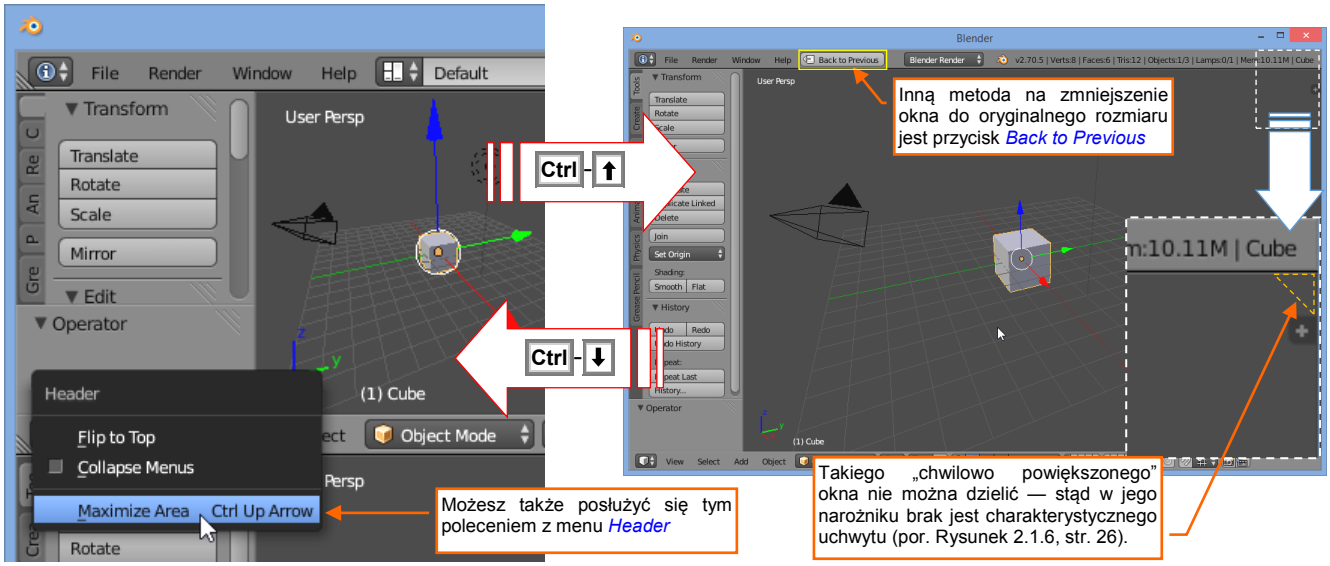
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Od wersji 2.70 w menu *Header* znalazł się także przełącznik *Collapse Menus*. Gdy go włączysz, menu rozwijalne zostanie „ściśnięte” (Rysunek 2.1.15). Może to być przydatne dla węższych okien:



Rysunek 2.1.15 „Zwijanie” menu okna

Kolejne polecenie z menu *Header* — ***Maximize Area*** — służy do rozciągnięcia aktywnego okna na cały ekran Blendera. Wygodniej jest jednak to zrobić za pomocą skrótu klawiatury: Ctrl-↑ (Rysunek 2.1.16):



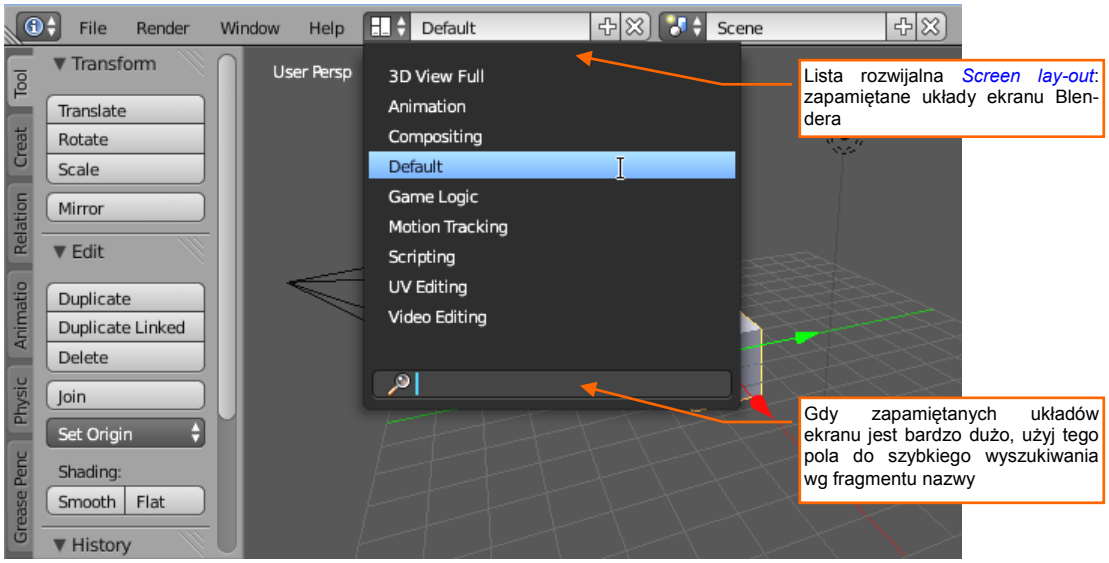
Rysunek 2.1.16 Przełączanie rozmiaru okna: na cały ekran i z powrotem

Operację odwrotną — zmniejszenie okna do oryginalnego miejsca na ekranie — uzyskasz naciskając Ctrl-↓ (albo wywołując polecenie *Header→Tile Area* — ale po co tyle klikać?).

Zwróć uwagę, że do tej pory poznaliśmy trzy skróty klawiaturowe Blendera: T, N, i Ctrl-↓ / ↑. Każdemu z nich podałem także odpowiednie polecenie z menu. Która droga wywołania jest lepsza: wybór z menu czy skrót z klawiatury? Skróty są oczywiście szybsze. Jednak nie warto uczyć się każdego z nich, bo każda ludzka głowa ma skończoną pojemność. (Wiele poradników Blendera koncentruje się właśnie na skrótach. Sądzę, że przez to właśnie program ma opinię trudnego do opanowania). Rzadziej używane polecenia łatwiej jest wybierać z menu. (Bo wystarczy wtedy pamiętać "mniej więcej", gdzie to polecenie się znajduje). Gdy zauważysz, że niektórych komend używasz bardzo często — zwróć uwagę na prawą stronę ich menu. Jeżeli polecenie ma swój skrót klawiaturowy — jest tam wyświetlany. Opisując ten program, zawsze będę się starał określić, gdzie i w jakim menu jest dostępne omawiane polecenie. W przypadku częściej używanych operacji podam także ich skróty[1].

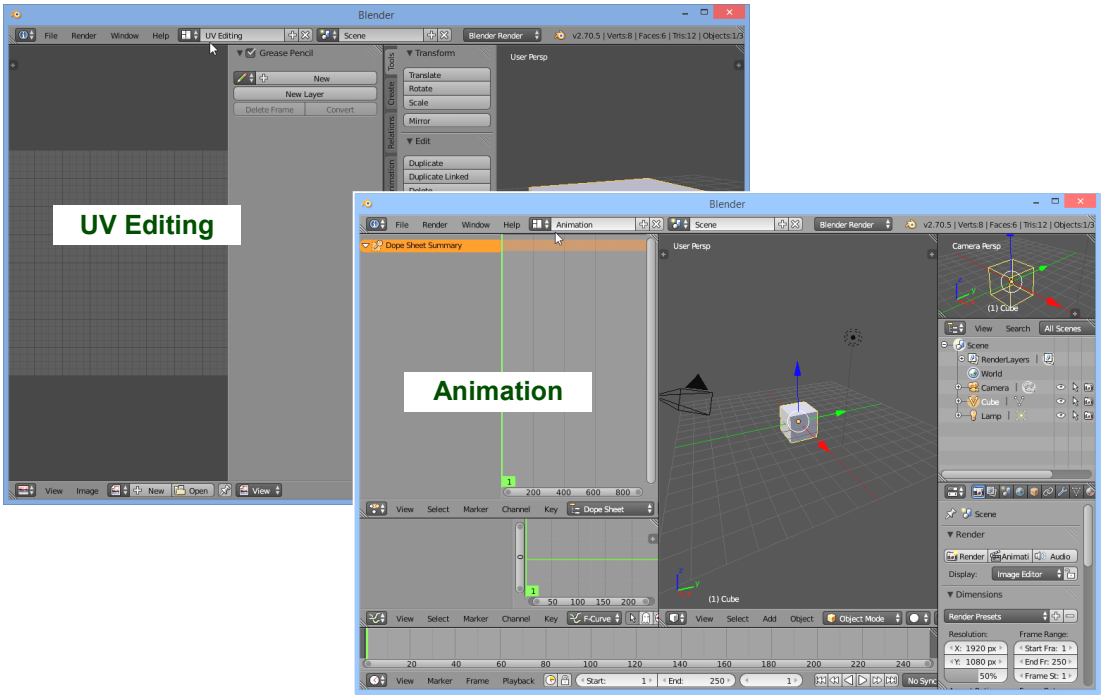
[1] Gorąco polecam wprawianie się w stosowaniu skrótów. Pamiętam, że w jakimś podręczniku o projektowaniu interfejsów użytkownika autor narzekał, że dzisiejsze rozwiązania są projektowane dla „Napoleonów”. Dlaczego tak to nazwał? Pamiętacie może ulubioną postawę tego człowieka? Jedną ręką coś robi – pokazuje, grozi, pisze. (Tak był utrwalany na dziesiątkach obrazów). A druga? Tkwi bezczynnie zatknięta za płaszcz. Zbyt często interfejs programów komputerowych jest projektowany, jak gdyby użytkownik miał tylko jedną rękę — tę, w której trzyma myszkę. Druga leży bezczynnie gdzieś z boku. Programiści bardzo często zapominają, że człowiek ma dwie ręce. Jakby tę drugą jakoś „zatrudnić”, to robota poszłaby o wiele sprawniej. Na przykład — czy wiecie, jaką wydajność w edycji tekstów ma człowiek, który jednocześnie pisze jedną ręką na klawiaturze, a drugą — zaznacza tekst myszką? Skróty klawiatury Blendera pozwalają osiągnąć podobny efekt w modelowaniu. Warto je stosować, aby „grać na obie ręce” z komputerem. Co najmniej warto mieć opanowane skróty stosowane do zmiany bieżącego widoku oraz przy edycji siatek (ta operacja pochłania najwięcej czasu).

W Blenderze masz dostępnych wiele różnych układów ekranu, abyś nie musiał za każdym razem mozolnie przestawiać granic okien. Służy do tego lista ***Screen lay-out***, umieszczona w nagłówku okna *Info* (Rysunek 2.1.17):



Rysunek 2.1.17 Wybór jednego z zapamiętanych układów ekranu

To, co zmienialiśmy do tej pory, to układ zapamiętywany pod nazwą **Default**. Będziesz go używał przez większość czasu pracy nad modelem. Układy **UV Editing** i **Animation** przydadzą się później. Przyjrzyj się oknom każdego z tych zestawów (Rysunek 2.1.18):

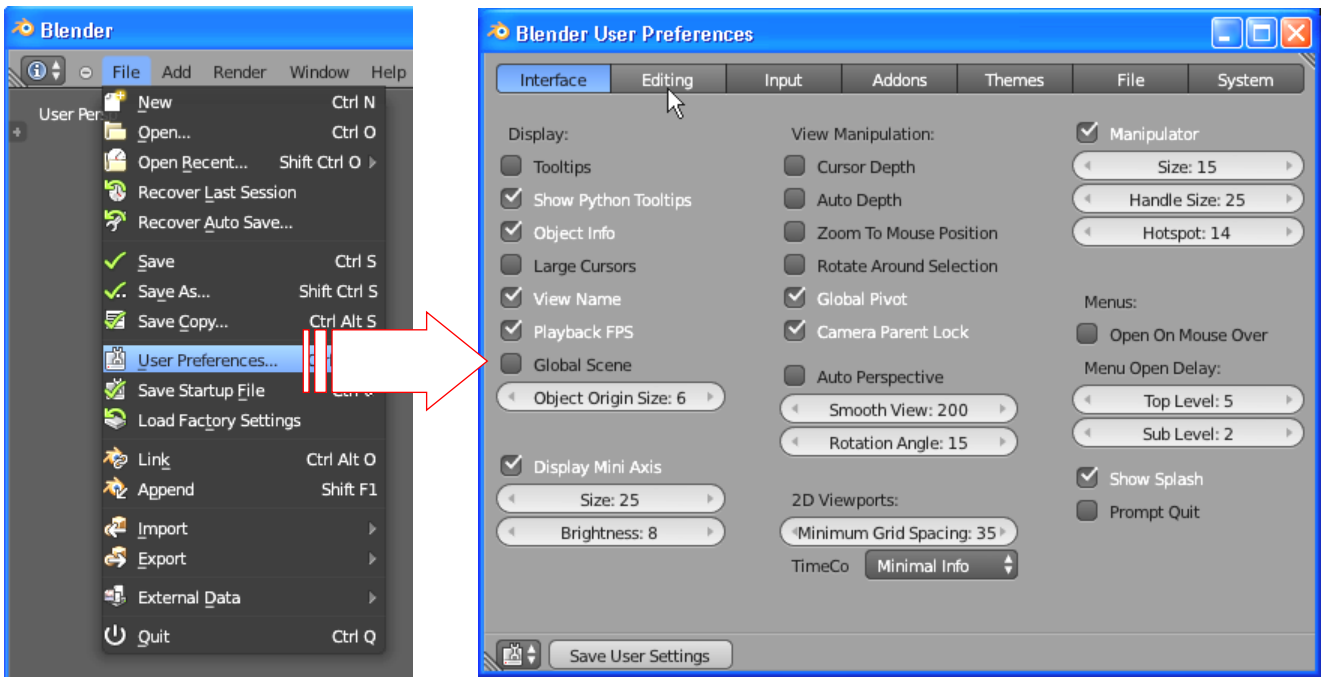


Rysunek 2.1.18 Inne, predefiniowane układy ekranów: UV Editing **i** Animation

Oczywiście, to tylko propozycja autorów programu. Możesz je kompletnie pozmieniać. Kontrolka ***Screen lay-out*** pozwala użytkownikowi tworzyć kolejne układy ekranu — służy do tego przycisk ⊞, umieszczony z prawej strony listy. Tuż obok znajduje się przycisk ⊠, którym możesz usunąć (wymazać z rysunku) aktualny układ ekranów. Więcej na temat tej kontrolki i zarządzania układami ekranów znajdziesz na str. 283.

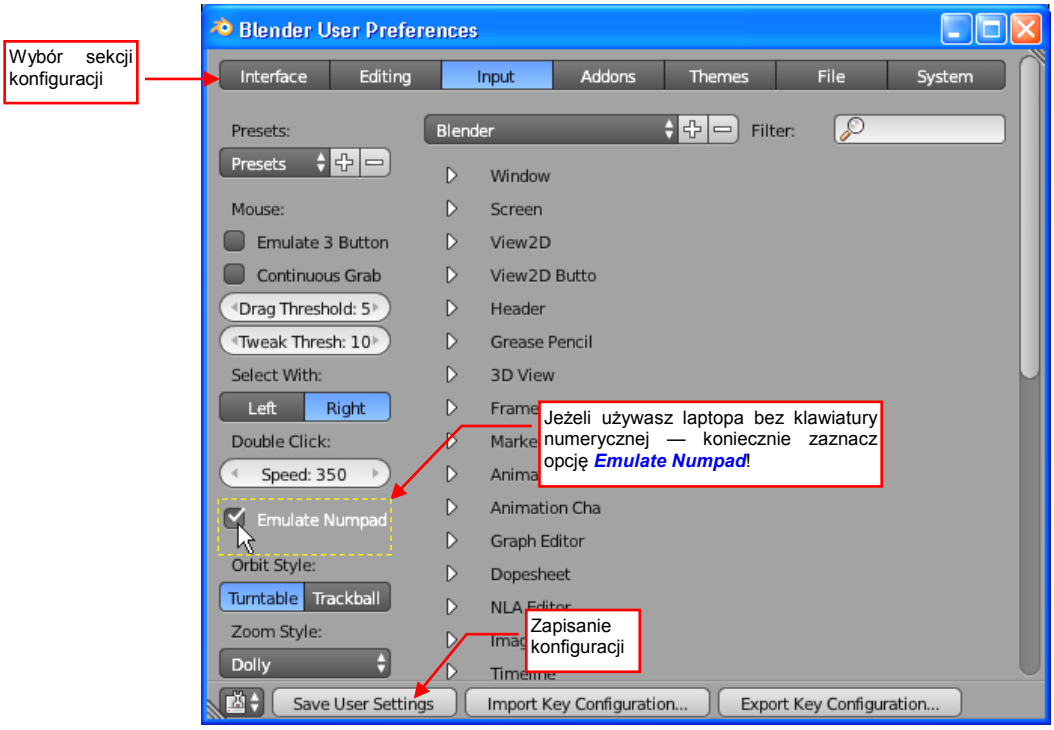
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Edytor konfiguracji programu — ***User Preferences*** — możesz otworzyć w każdym z jego okien, bo jest dostępny na liście, tuż powyżej edytora *Outliner* (por. str. 28, Rysunek 2.1.10). Ja jednak wolę je wywoływać z poleceniem z głównego menu Blendera (***File→User Preferences…*** — Rysunek 2.1.19):



Rysunek 2.1.19 Wywołanie okna konfiguracji programu

U góry okna konfiguracji Blendera można się przełączyć na odpowiednią sekcję (***Interface***, ***Editing***, ***Input***…) (Rysunek 2.1.20):



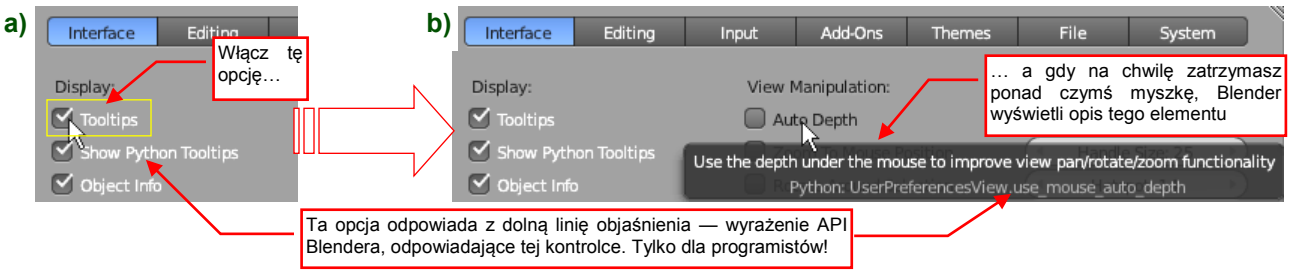
Rysunek 2.1.20 Okno konfiguracji (*User Preferences*)

Szczegółowe omówienie, co warto przestawić w tej konfiguracji znajdziesz na str. 261. Tutaj chciałbym tylko zasygnalizować opcję, która będzie potrzebna już w następnej sekcji. Jeżeli używasz laptopa, który nie ma klawiatury numerycznej — koniecznie w sekcji ***Input*** zaznacz opcję ***Emulate Numpad***, jak to pokazuje Rysunek 2.1.20. Następnie zapisz tę zmianę przyciskiem ***Save User Settings***, umieszczonym u dołu, w nagłówku okna.

Począwszy od wersji 2.66[1] Blender przechowuje konfigurację w specjalnym pliku o nazwie *userpref.blend*. Ten plik znajduje się w specjalnym folderze z konfiguracją Blendera, w katalogu użytkownika.

- Więcej na temat tego, jakie ustawienia co Blender przechowuje w każdym rysunku, a co tylko w pliku konfiguracji, i gdzie dokładnie ten plik jest przechowywany, znajdziesz na str. 261.

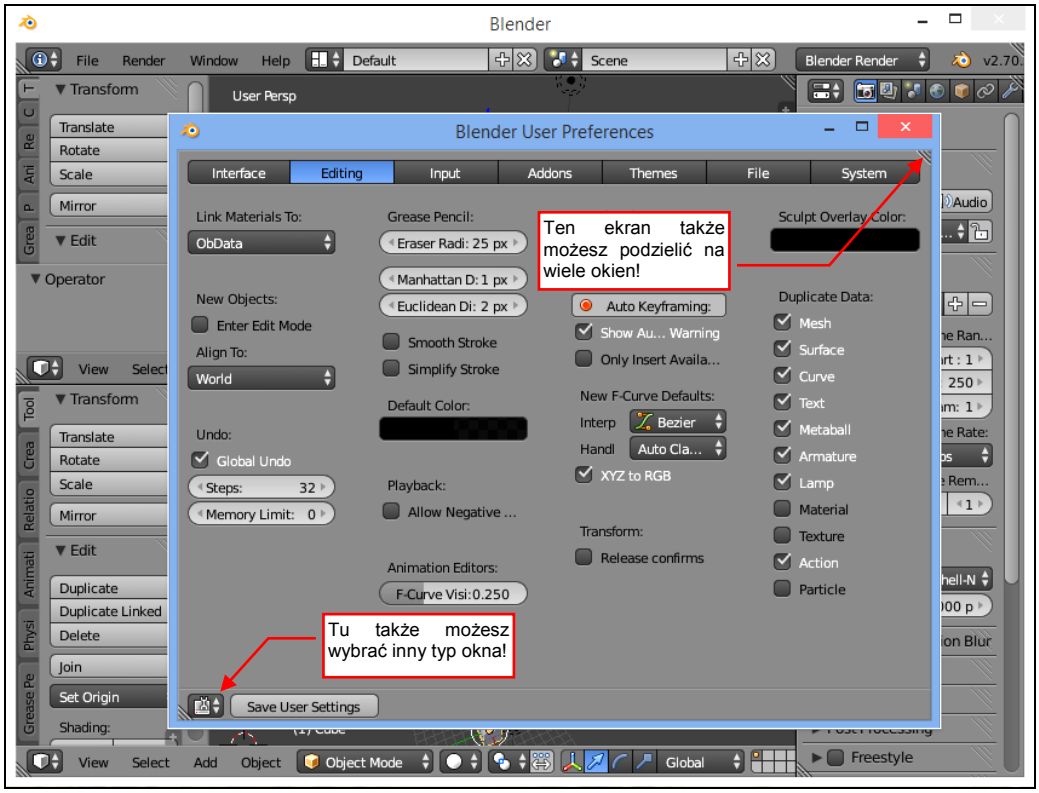
Inną ciekawą właściwością Blendera są krótkie podpowiedzi, pojawiające się przy każdym elemencie ekranu. (Aby się tak się działo, w sekcji ***Interface*** musi być włączona opcja ***Tooltips*** — Rysunek 2.1.21a). Wystarczy wtedy zatrzymać kursor nieco dłużej ponad czymś, czego nie znamy — i zobaczymy podpowiedź (Rysunek 2.1.21b):



Rysunek 2.1.21 Podpowiedzi do każdej kontrolki, widocznej na ekranie

Dolna linia podpowiedzi jest zapisana czymś, co nie jest zrozumiałe dla zwykłego użytkownika: to nazwy tzw. właściwości klas — rzecz tylko dla programistów! Jeżeli ta informacja nie jest Ci potrzebna, możesz wyłączyć opcję ***Show Python Tooltips*** (Rysunek 2.1.21a), a znikną.

A swoją drogą — zwróciłeś uwagę, że teraz na monitorze masz dwa ekrany Blendera (Rysunek 2.1.22)?:

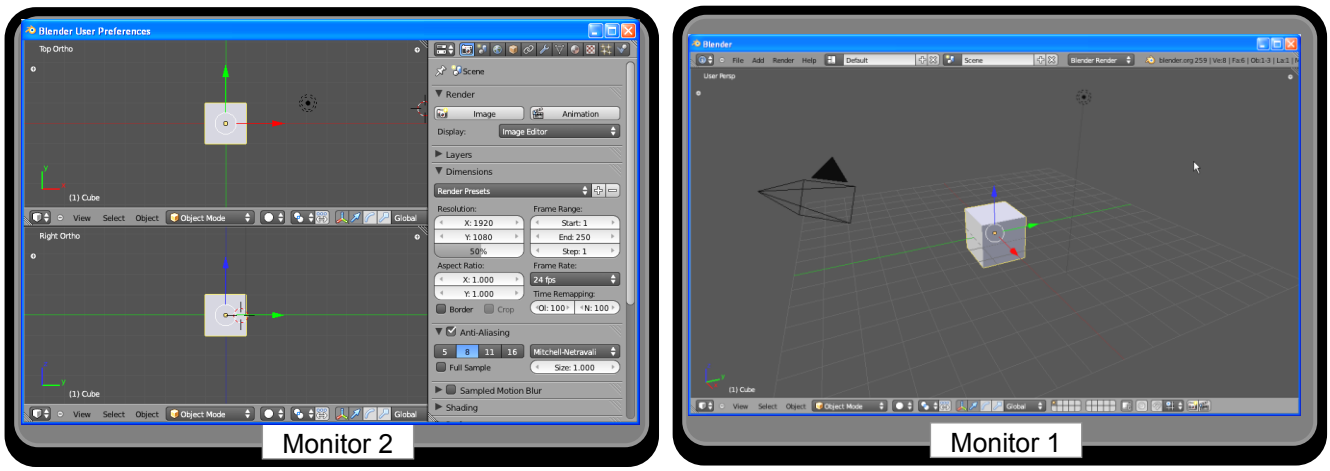


Rysunek 2.1.22 Dwa ekrany Blendera

[1] Wszystkie wcześniejsze wersje Blendera przechowywały konfigurację w tzw. pliku startowym (*startup.blend*). Ten plik zawierał także domyślną scenę, pokazywaną po otwarciu programu (czyli to, co pokazuje Rysunek 2.1.1).

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Ten drugi ekran ma takie same właściwości jak pierwszy — możesz zmienić w nim typ edytora (np. na *3D View*), możesz go także podzielić na kilka okien. Jeżeli Twój komputer ma dwa monitory, pracujące w trybie tzw. „rozszerzonego pulpitu”[1] — możesz na nich rozmieścić ekrany Blendera. Każdy z tych ekranów będzie na bieżąco pokazywał ten sam model (Rysunek 2.1.23):



Rysunek 2.1.23 Jeden z możliwych układów ekranów przy pracy na dwóch monitorach

W praktyce zwiększa to co najmniej dwukrotnie dostępną przestrzeń ekranu, znacznie poprawiając komfort pracy.

- Inna metoda otworzenia drugiego ekranu Blendera: W oknie *3D View*, menu ***View***, jest polecenie kopiujące je w nowe okno: ***Duplicate Area into New Window***.

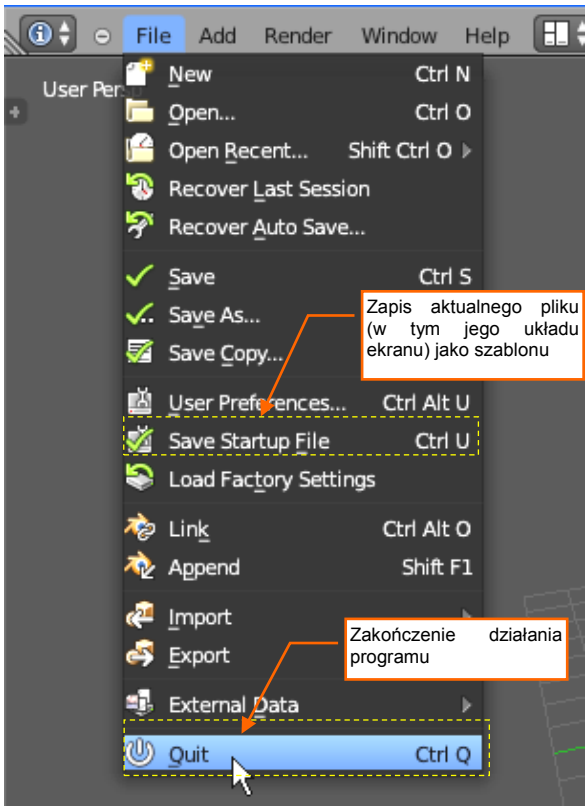
Dla porządku, na końcu tego wprowadzenia podaję jak zamknąć program.

Tak, dobrze się domyślasz: jak każdą aplikację Windows, Blender można zakończyć klikając przycisk ☒ w prawym górnym narożniku jego okna. Można to także zrobić inaczej: wybierając z menu polecenie ***File→Quit*** (Rysunek 2.1.24), lub naciskając na klawiaturze skrót **Ctrl**-**Q**.

- Po wybraniu polecenia ***Quit*** Blender **nie ostrzega** użytkownika, że aktualny plik zawiera nie zapisane zmiany!

Być może takie zachowanie polecenia *Quit* wynika z faktu, że w istocie zapisuje ono aktualny stan do specjalnego pliku, który możesz odtworzyć poleceniem *File→Recover Last Session*. Za to gdy włączysz odpowiednią opcję konfiguracji (por. str. 262), Blender będzie wyświetlał odpowiednie ostrzeżenie podczas zamykania jego okna przyciskiem ☒.

Zwróć także uwagę, że w menu ***File*** masz polecenie zapisujące aktualny plik jako „startowy” (***Save Startup File***). A gdybyś już sam nie wiedział, co pozmieniałeś w konfiguracji, zawsze możesz skorzystać z polecenia ***Load Factory***



Rysunek 2.1.24 Kończenie pracy z programem

[1] Większość laptopów ma ten tryb — można do nich podłączyć dodatkowo monitor zewnętrzny

Settings.

Podsumowanie

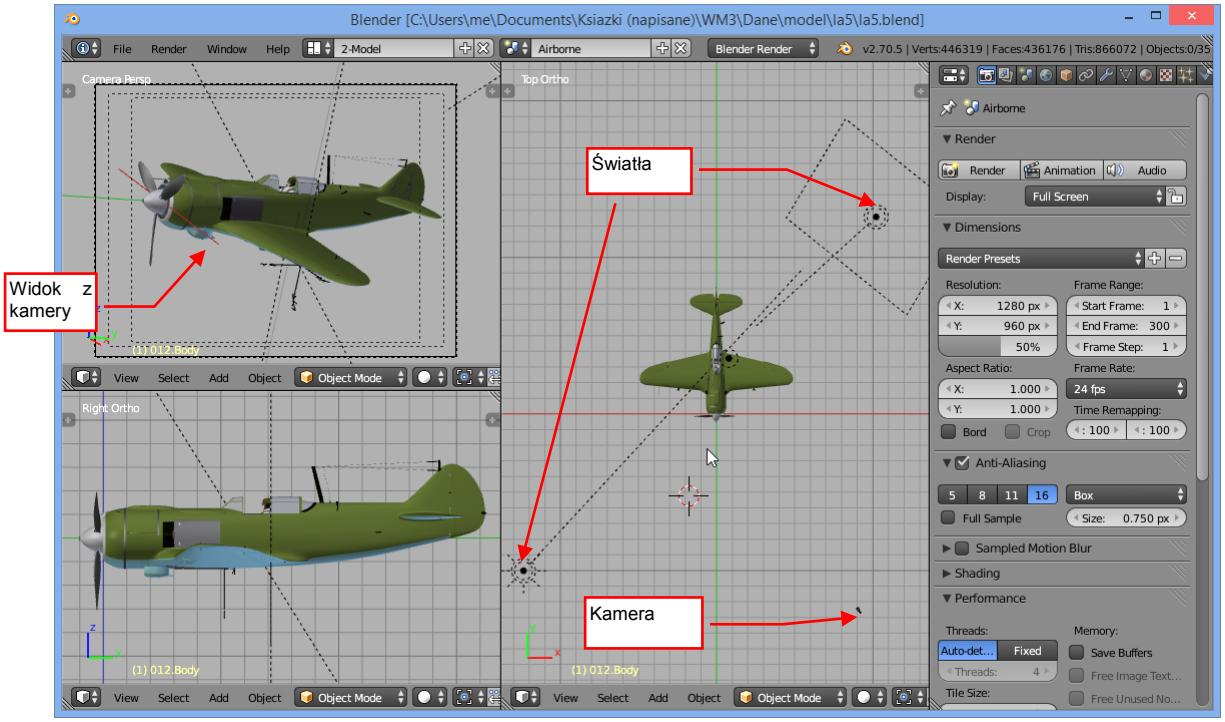
- Interfejs użytkownika Blendera różni się od innych aplikacji Windows. Jednak „inny” nie znaczy wcale „gorszy” — sam się o tym przekonasz;
- Ekran Blendera jest podzielony na obszary (ang. *area*, używane jest także określenie „okna”). Każdy z nich może zawierać jeden z kilkunastu typów dostępnych edytorów. W Blenderze możesz przesuwać granice tych okien (por. str. 24), ale nie można ich na siebie nałożyć;
- Okna Blendera można dzielić i łączyć (wtedy eliminujesz jedno z nich). Możesz użyć do tych operacji poleceń z menu kontekstowego *Area Options* (str. 25). Ten sam efekt możesz uzyskać przesuwając uchwyty, umieszczone w lewym dolnym i prawym górnym narożniku każdego obszaru (str. 26);
- Każde okno Blendera ma nagłówek i obszar roboczy, a niektóre z nich — umieszczone po bokach przyborniki (str. 27);
- Pomocnicze okna przyborników można „wsuwać” i „wysuwać” z boków ekranu klawiszami T (narzędzia) i N (właściwości). Jeżeli nie pamiętasz tych skrótów, możesz posłużyć się poleceniami z menu *View* (str. 28);
- Aby zmienić typ edytora (zawartość okna), należy użyć menu rozwijalnego, umieszczonego zawsze z lewej strony nagłówka (str. 28);
- Blender posiada wiele gotowych układów ekranu, odpowiednich do różnych etapów prac nad modelem czy animacją (str. 31). Każdy z tych układów możesz zmodyfikować. Możesz także stworzyć własny układ;
- **Oknem aktywnym** nazywamy w Blenderze okno, w którym obecnie znajduje się kursor myszki (por. str. 25).
- Aktywne okno można powiększyć na cały ekran skrótem klawiatury Ctrl-↑; Powtórne naciśnięcie tych klawiszy powoduje powrót do oryginalnego układu ekranu (str. 30);
- Okna Blendera mogą być wyświetlane na wielu ekranach. Gdy masz do dyspozycji dwa monitory, możesz wykorzystać ich całą powierzchnię (str. 34). Większa przestrzeń ekranu bardzo ułatwia pracę!
- Okno konfiguracji programu najwygodniej jest otworzyć poleceniem ***File→User Preferences*** (str. 32).
- Aby zachować zmiany w konfiguracji na stałe (tzn. tak, by obowiązywały przy następnym uruchomieniu programu), należy użyć przycisku ***User Preferences:Save User Settings*** (str. 33). Blender przechowuje swoją konfigurację w specjalnym pliku o nazwie *userpref.blend*. (Więcej na ten temat — patrz str. 261);
- Podczas zamykania programu poleceniem ***File→Quit*** Blender nie ostrzega użytkownika, że aktualny plik posiada nie zapisane zmiany. Zamiast tego zapisuje jego aktualny stan do tymczasowego pliku, którego zawartość można otworzyć poleceniem ***File→Recover Last Session*** (str. 34). Zwróć jednak uwagę, że możesz w ten sposób odtworzyć tylko stan z końca ostatniej (*Last*) sesji, którą zamknąłeś poleceniem *Quit*!

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

2.2 Okno widoku (*3D View*) – zmiana projekcji

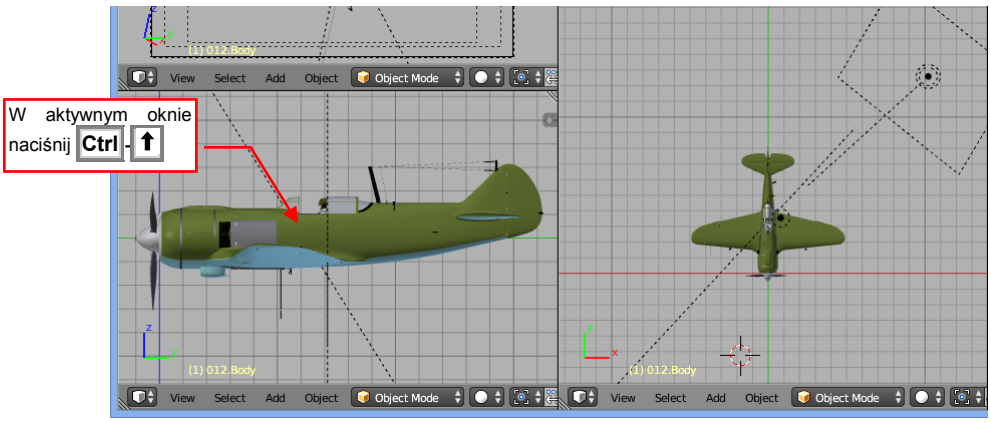
Jak długo można podziwiać na ekranie domyślne „pudełko” Blendera, przewijające się przez ilustracje w poprzedniej sekcji? Wczytajmy jakiś bardziej interesujący model!

Najpierw otwórz (***File→Open*** — szczegóły znajdziesz na. str. 256) spakowany w *source.zip* (por. str. 18) plik *source\config\startup.blend* z konfiguracją Blendera, którą przygotowałem dla tej książki. Aby ją zapisać, w oknie ***User Preferences*** naciśnij przycisk ***Save User Settings***, a potem wywołaj ***File→Save Startup File*** (szczegóły — str. 261). Zmienisz w ten sposób m.in. kolorystykę ekranu na taką, jaką wykorzystuję w dalszym tekście. Następnie otwórz rysunek *model\la5\la5.blend*. (Znajdziesz go w pliku *la5.zip*, towarzyszącym tej książce). Rysunek 2.2.1 pokazuje, jak powinien wyglądać rezultat. Tym Ła-5F posłużymy w dalszej części tego rozdziału, byś mógł pracować na jakimś prawdziwym modelu.



Rysunek 2.2.1 Załadowany plik z modelem myśliwca Ła-5F (nowa kolorystyka ekranu pochodzi z pliku *startup.blend*)

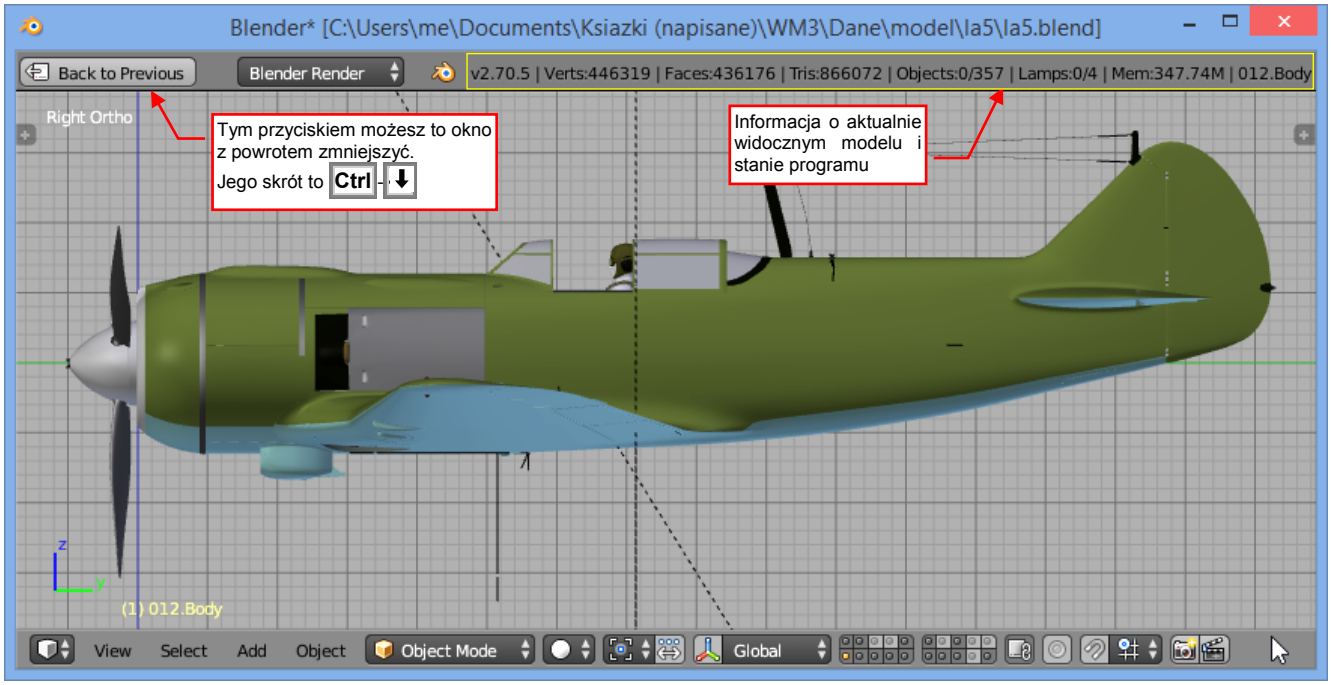
Mamy wczytany model, czas pomówić o tym, jak obejrzeć go dokładniej. Zaczniemy od szybkiego powiększenia jednego z okien (Rysunek 2.2.2):



Rysunek 2.2.2 Wywołanie powiększenia aktywnego okna

Pamiętasz z poprzedniej sekcji? Ustaw kursor myszy wewnątrz jednego z okien *3D View* (Rysunek 2.2.2). Naciśnij kombinację klawiszy Ctrl - ↑. Spowoduje to rozciągnięcie aktywnego okna na cały ekran. (Wolę to polecenie przypomnieć, bo będziesz je często wykorzystywał — podczas modelownia ekranu zawsze brakuje!).

Teraz zobaczysz model o wiele dokładniej (Rysunek 2.2.3):



Rysunek 2.2.3 Powiększone okno aktywne

Naciśnięcie Ctrl-↓ (albo przycisku ***Back to Previous*** w nagłówku okna *Info*) powoduje pomniejszenie okna do poprzedniego rozmiaru. Pozostańmy jednak na razie z tym powiększonym widokiem z boku.

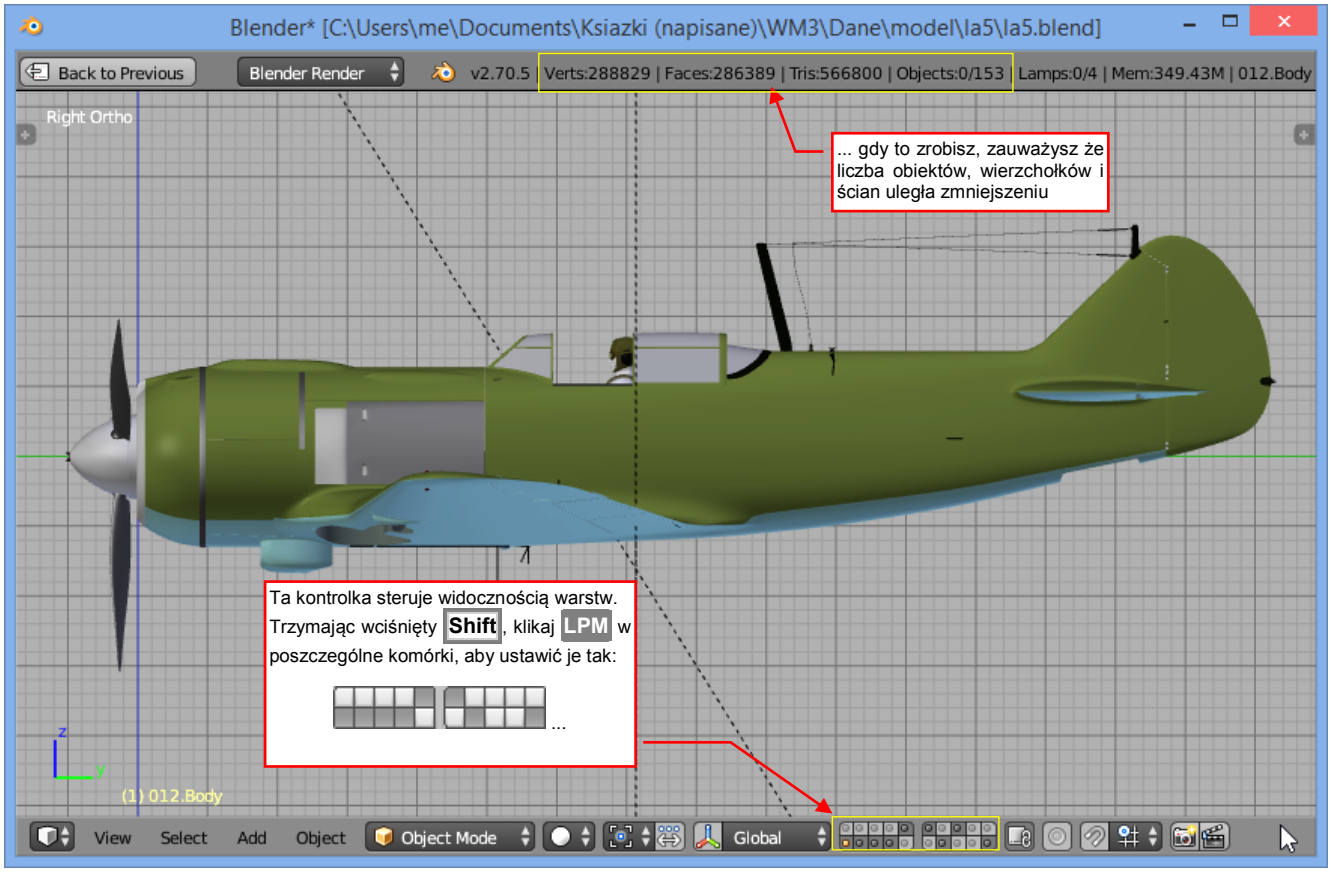
Załadowany model składa się z wielu niewielkich ścian. Można to odczytać na informacji o stanie, w prawej części nagłówka okna *Info* (Rysunek 2.2.3). Te informacje widać teraz lepiej, gdyż w trybie powiększenia pojedynczego okna znikają listy układów ekranu i scen (porównaj: Rysunek 2.2.3 i Rysunek 2.2.1). Co oznaczają dokładnie skróty i liczby, wyświetlone na ekranie? Już wyjaśniam:

- ***v2.70.5***: to numer wersji Blendera (w tym przypadku: Blender 2.70, edycja 5);
- ***Verts***: liczba wierzchołków (*vertices*), użytych w modelu widocznym w aktywnym oknie widoku. Ten samolot składa się z 446 319 wierzchołków. Jest to stosunkowo duży model;
- ***Faces***: liczba elementarnych ścian, użytych w modelu widocznym w aktywnym oknie widoku. Załadowany samolot składa się z 436 176 ścian;
- ***Tris***: liczba elementarnych trójkątów, użytych w ścianach modelu. Zazwyczaj każda elementarna czworokątna ściana (*face*) składa się z dwóch elementarnych trójkątów. Jeżeli elementarna ściana ma więcej niż 4 boki (zdarzają się takie) wówczas jest zbudowana z więcej niż 2 trójkatów;
- ***Objects***: liczba wybranych obiektów, oraz (po kresce) wszystkich widocznych obiektów. W przypadku tego samolotu jest ich aktualnie 357, przy czym żaden nie jest wybrany („0”);
- ***Lamps***: liczba „lamp” (źródeł światła) — wybranych/aktualnie widocznych na scenie;
- ***Mem***: ilość użytej przez program ciągłej pamięci RAM[1]. W tym przypadku – nieco ponad 347 MB. Na pewno ta wartość powinna być mniejsza od rozmiaru pamięci RAM fizycznie dostępnej na Twoim komputerze. Jeżeli używasz 32-bitowej wersji Blendera, musisz pamiętać o innym ograniczeniu: w systemie Windows 32-bitowa aplikacja może co najwyżej uzyskać dostęp do 1.3 GB RAM, niezależnie od tego jaka ilość jest zainstalowana. W innych systemach (Linux, OSX) wygląda to podobnie. Właśnie aby takie ograniczenia przezwyciężyć powstały systemy i aplikacje 64-bitowe;
- ***012.Body***: nazwa tzw. aktywnego obiektu (por. str. 48, Rysunek 2.3.3);

[1] Dla niewtajemniczonych: pamięć RAM to nazwa pamięci "ulotnej", której zawartość znika wraz z wyłączeniem komputera. Nie myl jej np. z pojemnością Twoich dysków twardych!

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Obawiam się, że Blender z tym modelem Ła-5 może wolno odświeżać okna widoku na komputerach wielu z Czytelników. Aby temu zaradzić, proponuję ukryć niektóre warstwy, jak pokazuje to Rysunek 2.2.4:



Rysunek 2.2.4 "Odchudzony" widok La-5 - część obiektów jest na niewidocznych warstwach

Klikając LPM w „komórki” kontrolki obsługi warstw (p. Rysunek 2.2.4), włączamy lub wyłączamy ich widoczność (jasne = niewidoczne). Koniecznie rób to trzymając wciśnięty klawisz Shift. Jeżeli o tym zapomnisz, kliknięcie w jakąś warstwę wyłączy widoczność wszystkich pozostałych[1].

Co to właściwie są warstwy (*layers*) w takim programie jak Blender? Ich nazwa pochodzi z systemów 2D. Spotkałeś je już w Gimpie (np. w Tomie I). W programach 3D warstwy straciły swoją analogię do powierzchni, które można nakładać jedna na drugą[2]. Pozostały w roli grup obiektów, które można szybko ukryć lub pokazać. Stosuję je bardzo często, umieszczając na różnych warstwach różne elementy samolotu. Zazwyczaj podczas formowania nowego fragmentu pracuję na jednej – dwóch warstwach, na których mam wszystko, co potrzebne. Na przykład – modelując owiewkę pomiędzy skrzydłem i kadłubem, mam włączone tylko 3 warstwy: skrzydła, kadłuba, i samej owiewki. (Czyli to, co zmieniam, i to, do czego mam się dopasować).

Blender oferuje nam do wykorzystania 20 warstw. Traktuj je jak „segregatory”, w które możesz wkładać obiekty tak, jak Ci wygodnie (a jak – opiszę dalej na str. 242)[3].

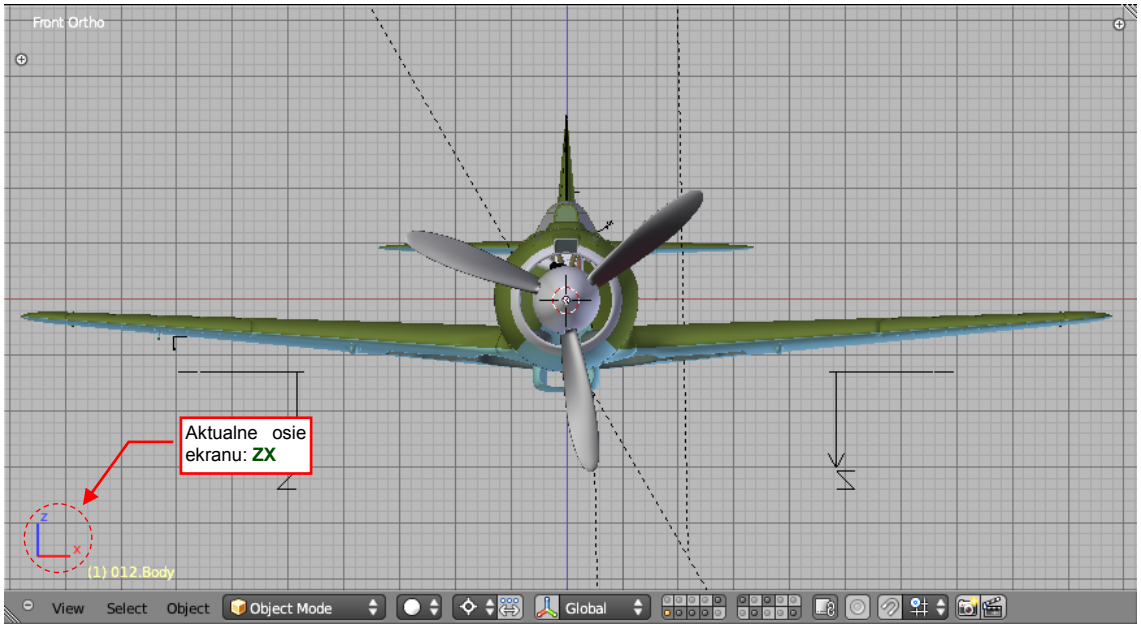
---

[1] W takim przypadku wywołaj polecenie *Undo* — Ctrl-Z, lub ***Object→Undo***. To przywróci stan warstw sprzed feralnego kliknięcia!

[2] W trójwymiarowej przestrzeni trudno mówić o warstwach, no chyba że jesteś w stanie wyobrazić sobie je w czwartym wymiarze. W takim przypadku gratuluję i zazdroszczę ☺!

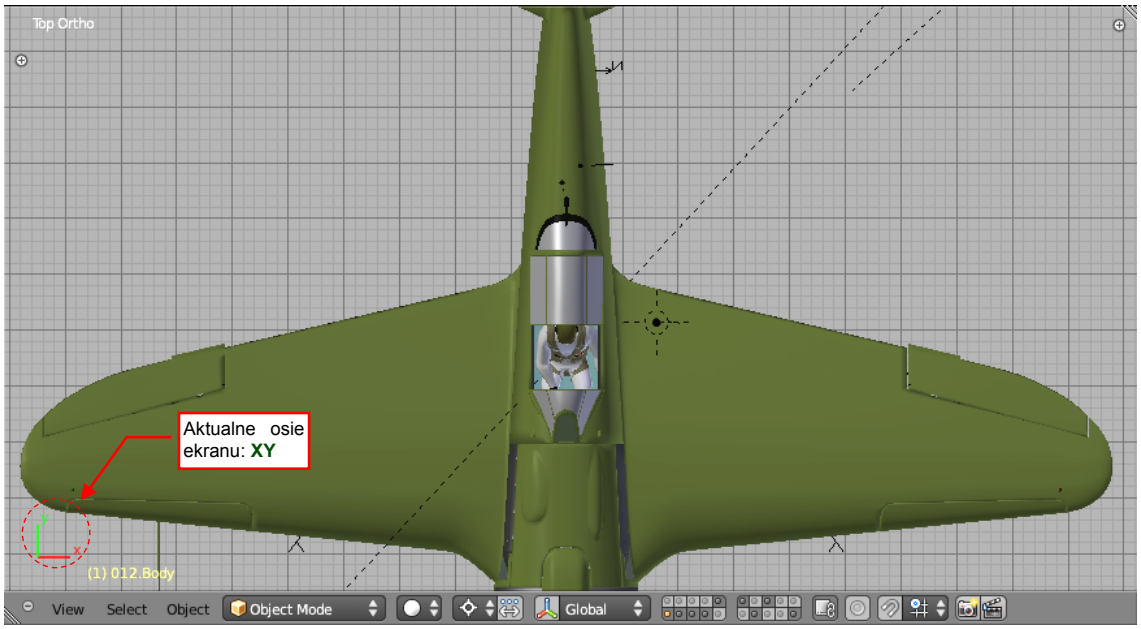
[3] Szczerze mówiąc, pod koniec tworzenia tak złożonego modelu jak Ła-5, liczba 20 warstw była nieco zbyt mała. Udało się mi jednak, koniec końców, „upchnąć” w te 20 „szufladek” wszystkie elementy, w miarę uporządkowany sposób. Szczegółowy opis struktury modelu Ła-5, w tym także warstw, znajdziesz na *http://www.samoloty3d.pl/downloads-la5-intro_p.xml.*

Czas pooglądać nasz model z różnych stron. Naciśnij klawisz numeryczny 1 (lub wybierz z menu polecenie: ***View→Front***). Zobaczysz samolot z przodu (Rysunek 2.2.5):



Rysunek 2.2.5 Widok z przodu (ZX) - efekt naciśnięcia klawisza 1

Gdy naciśniesz na klawiaturze numerycznej klawisz 3 (z menu: ***View→Left***) — zobaczysz widok z lewej (**ZY** — Rysunek 2.2.4). Gdy naciśniesz klawisz numeryczny 7 (z menu: ***View→Top***) — zobaczysz widok z góry (**XY** — Rysunek 2.2.6):



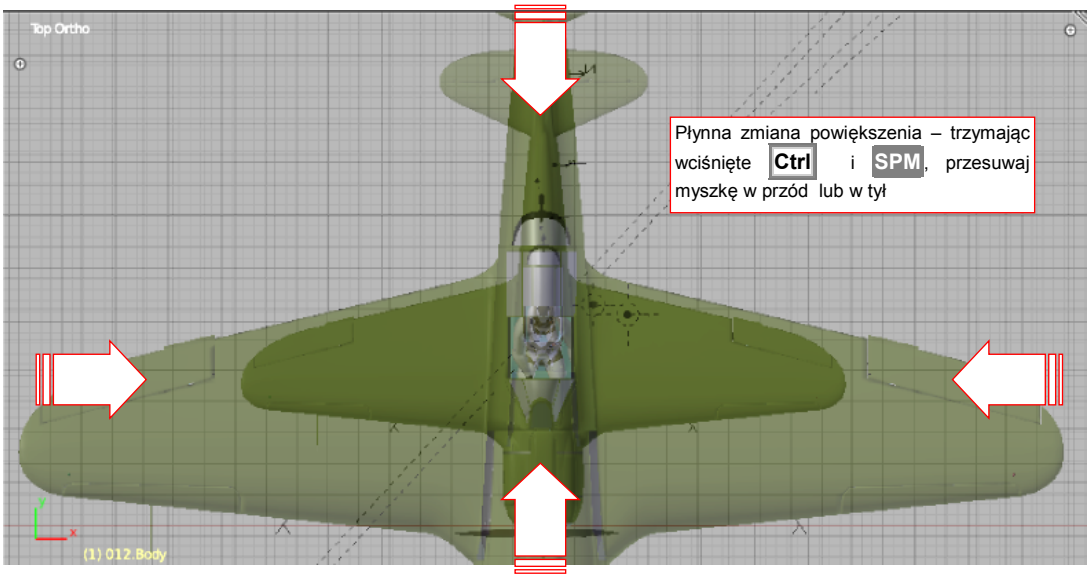
Rysunek 2.2.6 Widok z góry (XY) - efekt naciśnięcia klawisza 7

Aby zobaczyć model ze strony przeciwnej (prawej, spodu, tyłu) użyj tych samych klawiszy skrótów, ale dodatkowo trzymaj wciśnięty Ctrl:

- widok z prawej: Ctrl-3 (***View→Right***);
- widok z dołu: Ctrl-7 (***View→Bottom***);
- widok z tyłu: Ctrl-1 (***View→Rear***);

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rysunek 2.2.6 nie obejmuje całego samolotu. Aby zmienić powiększenie, naciśnij dwa – trzy razy na klawiaturze numerycznej przycisk [-] (***View→Navigation→Zoom In***) :

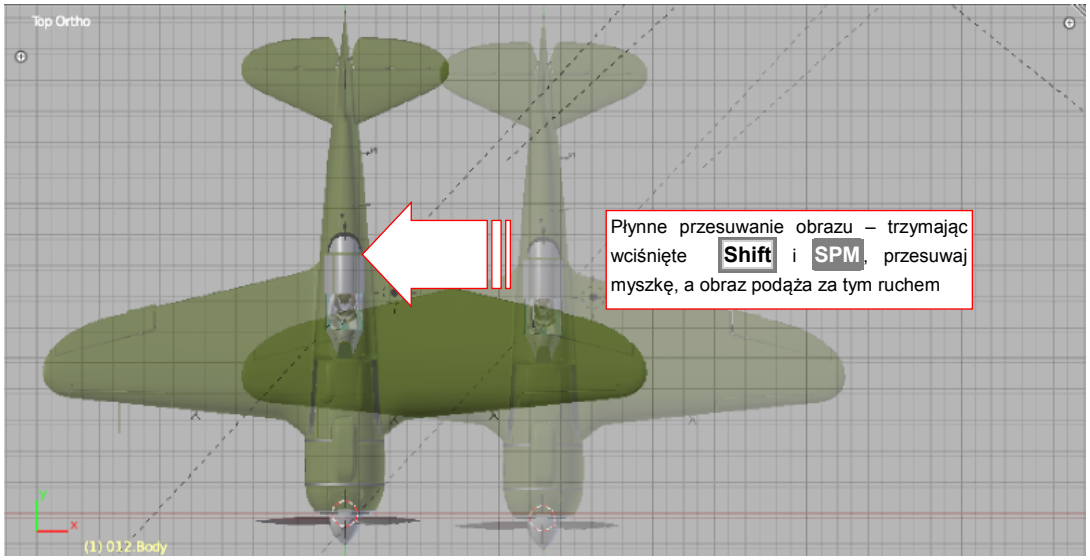


Rysunek 2.2.7 Zmiana powiększenia

Analogicznie, naciśnięcie klawisza [+] (***View→View Navigation→Zoom Out***) powiększa obraz. Naciśnięcie [Home] – przełącza na takie powiększenie, że na ekranie widoczne są wszystkie obiekty.

Powiększenie można także zmieniać za pomocą myszki. Zgrubnie (skokowo) — obracając kółko [KM]. (Odpowiada to dokładnie naciśnięciom klawiszy [+]/[-]). Dokładnie (płynnie) — trzymając wciśnięte: klawisz [Ctrl] i [SPM] przesuwaj myszkę do góry lub do dołu.

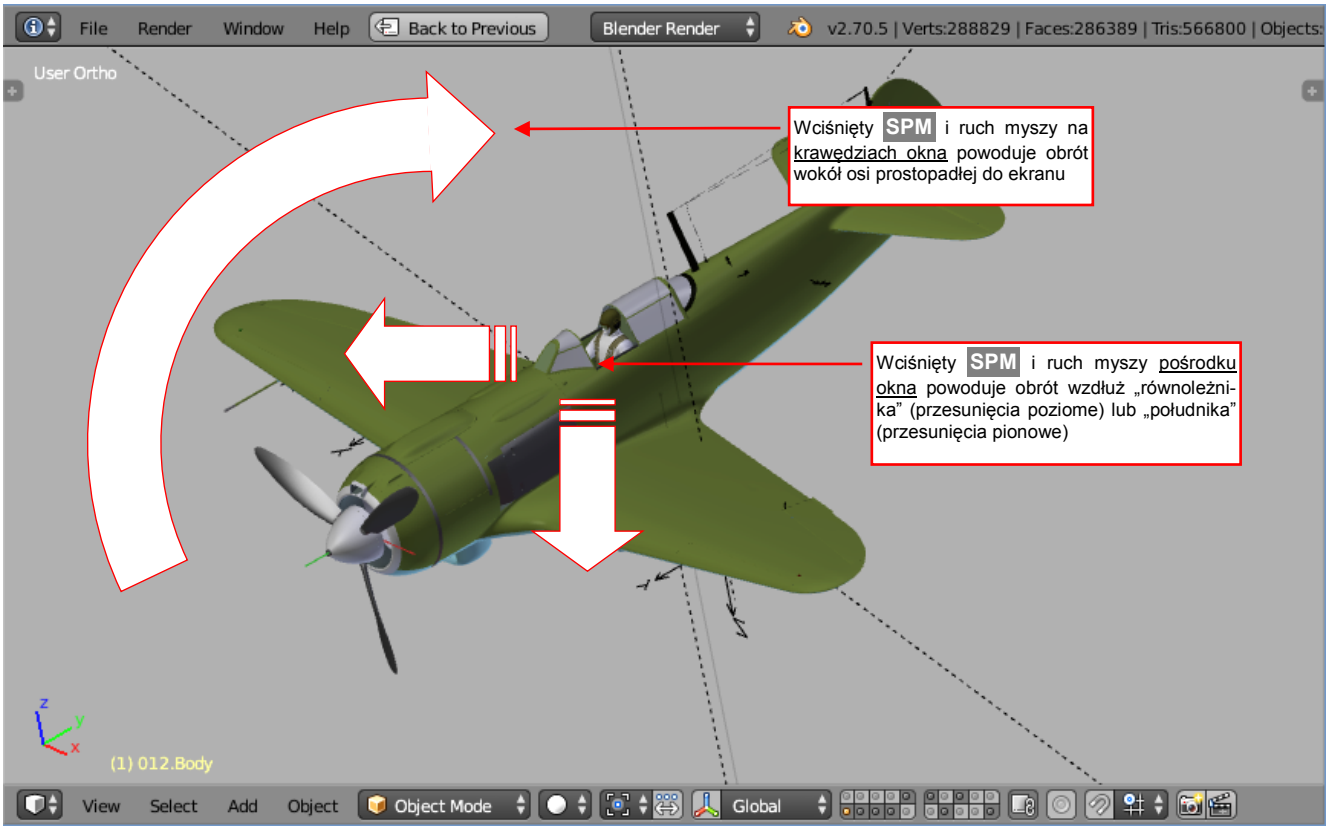
A jak przesunąć widok w bok? Zgrubnie – klawisze [Ctrl]-[8] lub [Ctrl]-[2] (góra lub dół), [Ctrl]-[4] lub [Ctrl]-[6] (lewo lub prawo). To można zapamiętać – zwróć uwagę, że na klawiaturze numerycznej klawisze [8], [6], [2] i [4] mają nawet narysowane odpowiednie strzałki! Mówiąc jednak szczerze — zawsze używam tego celu myszki. Trzymając wciśnięty klawisz [Shift] i [SPM] przesuwam myszką, a ekran podąża za tym ruchem[1] (Rysunek 2.2.8):



Rysunek 2.2.8 Przesuwanie obrazu

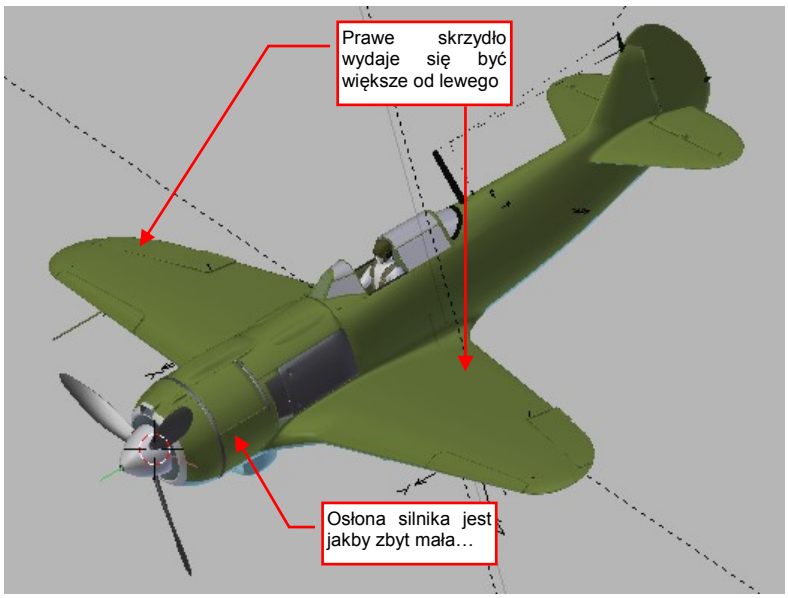
[1] Jeszcze inną metodą jest „skok" do wskazanego punktu. Tym punktem może być tzw. kursor 3D (patrz str. 55, 272), na którego możesz wycelować ekran poleceniem ***View→Align View→Center View to Cursor*** ([Alt]-[Home]).

Wreszcie – obracanie. Naciskamy SPM i przesuwamy myszkę w oknie *3D View*. Model zaczyna się obracać. Popatrz na Rysunek 2.2.9 – narysowałem tam zasady, obowiązujące przy obrotach:



Rysunek 2.2.9 Obracanie widoku — różne osie obrotu w zależności od położenia kursora myszy

W Blenderze rodzaj obrotu widoku zależy od miejsca, w którym znajduje się kursor myszy. Gdy przesuwasz go po obszarach bliskich krawędzi okna — wywołuje to obrót wokół osi prostopadłej do płaszczyzny ekranu. Gdy przesuwasz kursor w centrum okna — następuje obrót po wyimaginowanej kuli, w środku której znajduje się aktywny obiekt. Przesunięcie poziome powoduje wzdłuż jej „równoleżnika", a przesuniecie pionowe — wzdłuż „południka".



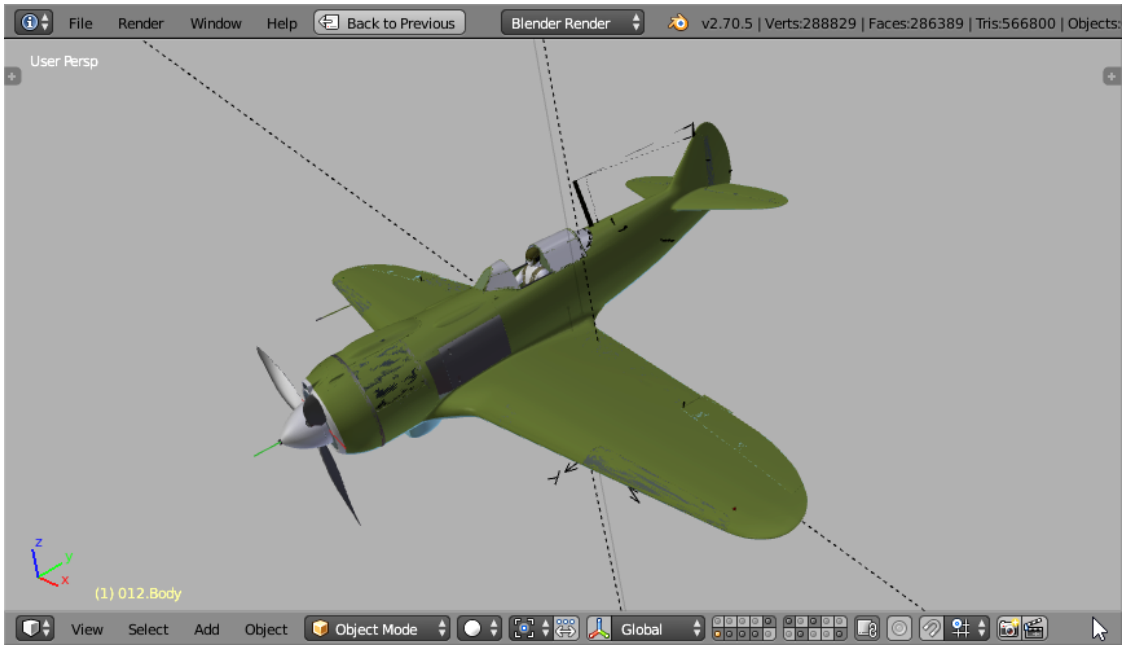
Rysunek 2.2.10 „Dysproporcje" widoku aksonometrycznego

Brzmi to trochę skomplikowanie, ale proponuję potrenować obroty przez chwilę lub dwie, aby „wyczuć" jak to działa. W praktyce obrót co chwilę przeplata się przesunięciem obrazu (Shift–SPM, patrz Rysunek 2.2.8), gdyż zdarza się, że obracany model „ucieka" z pola widzenia.

Popatrzmy krytycznie na Rysunek 2.2.10. Czy ten samolot jest proporcjonalny? Bliższe skrzydło wydaje się być mniejsze od dalszego... Nic dziwnego, oglądamy widok w projekcji aksonometrycznej! (To taka projekcja, gdzie dwie równoległe linie w przestrzeni są także równoległe).

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

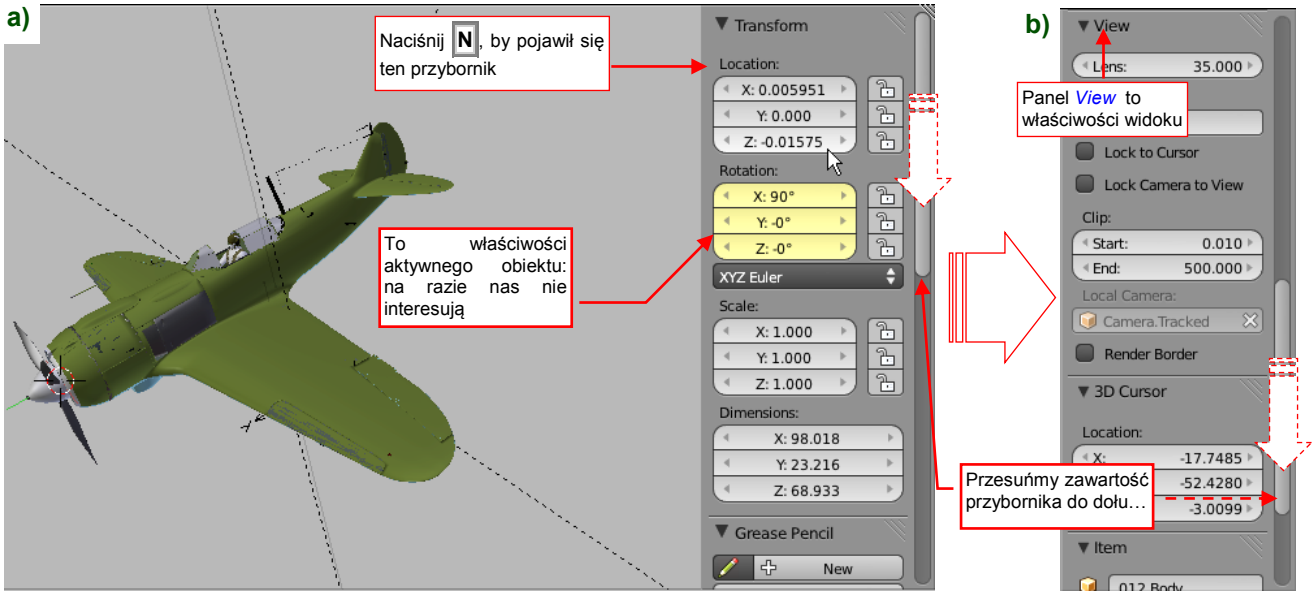
Fotografie przyzwyczaiły nas do projekcji perspektywicznej — więc włączmy ją. Naciśnij klawisz 5 (***View→Persp/Ortho*** — Rysunek 2.2.11):



Rysunek 2.2.11 Włączona perspektywa - silny efekt "rybiego oka"

Uff, wygląda na to, że zniekształcenie perspektywiczne jest zbyt silne (Rysunek 2.2.11) – tak wygląda samolot przez obiektyw baaardzo szerokokątny! Czy można coś z tym zrobić?

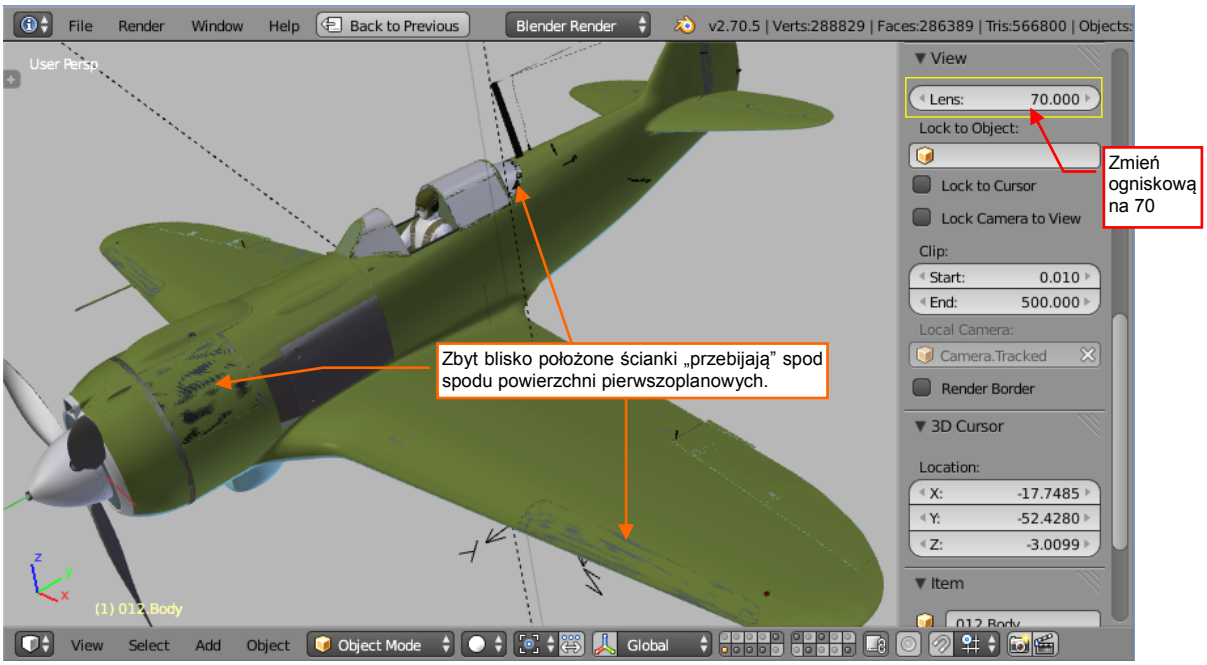
Oczywiście! Naciśnij N lub wybierz polecenie ***View→Properties***, by otworzyć przybornik po prawej stronie okna (Rysunek 2.2.12a). Jeżeli kontrolki w tym oknie wydają się Ci jakieś dziwne – zerknij na str. 64, tam są opisane.



Rysunek 2.2.12 Przybornik *Properties* i jego panel *View*

U góry przybornika znajduje się obecnie sekcja (panel) *Transform*, z właściwościami tzw. aktywnego obiektu (o tym, co to jest „obiekt aktywny" dowiesz się w następnej sekcji). To nie jest to, czego w tej chwili potrzebujemy. Poniżej są jednak inne, niewidoczne w tej chwili kontrolki. Przesuń suwak przybornika tak, by zobaczyć niewidoczną przy otwarciu panel ***View*** (Rysunek 2.2.12b). (W razie potrzeby możesz zmienić kolejność paneli w przyborniku, na przykład tak, by *View* wyświetlała się jako pierwsza — por. str. 61).

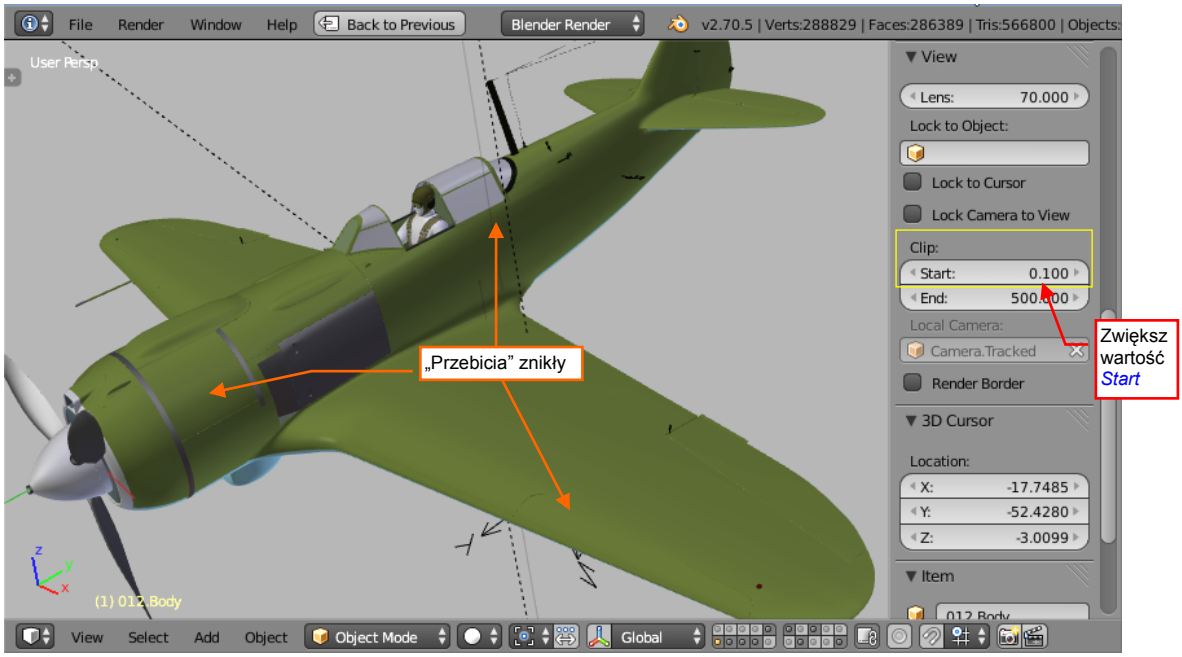
W panelu *View* widzisz właściwości projekcji widoku. Zmień jego wartość ***Lens*** (ogniskowa) z 35 jednostek do ***70***. (Pole *Lens* to pole numeryczne – w razie wątpliwości, jak się nim posługiwać zerknij na str. 66). Widać zmianę, tylko że teraz samolot stał się zbyt bliski, i ekran obejmuje tylko jego fragment. Oddalmy się trochę – klawiszem - lub obrotem KM. Ostateczny efekt pokazuje Rysunek 2.2.13:



Rysunek 2.2.13 Widok perspektywiczny — skorygowana ogniskowa

Na powierzchni modelu pojawiły się „przebicia” powierzchni wewnętrznych, które w realnym świecie leżałyby 1-2mm poniżej. (To grubość blachy lub sklejki poszycia). Nie było ich widać w projekcji aksonometrycznej, a także znikają przy zbliżaniu się kamery do obiektu. Są jednak bardzo brzydkie. Jak się ich pozbyć?

Okazuje się, że wystarczy w zmienić inną właściwość na panelu *View*: zwiększ ***Clip:Start*** np. na 0.1, aby te wszystkie przebicia zniknęły (Rysunek 2.2.14):



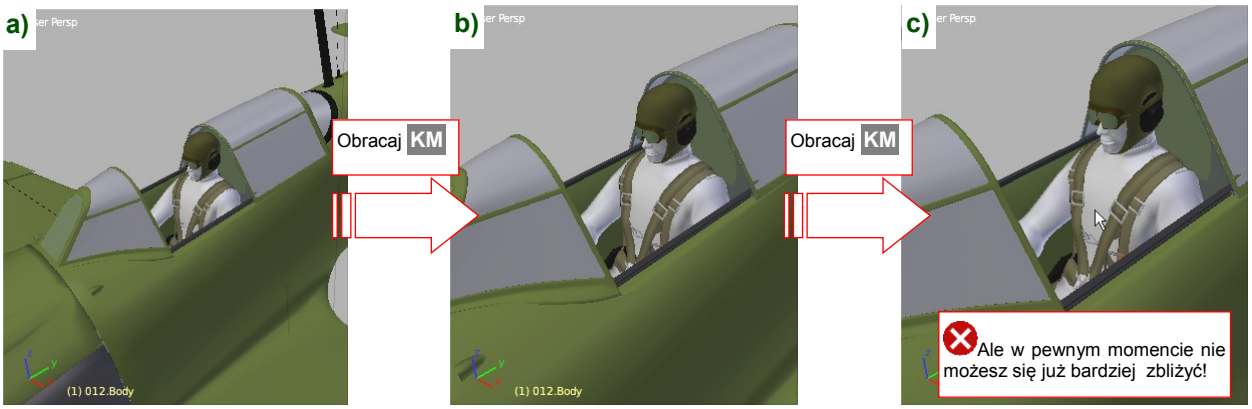
Rysunek 2.2.14 Widok perspektywiczny — zwiększona wartość *Clip:Start*

(Poprzednio była wpisana wartość *Clip:Start* była dziesięć razy mniejsza — por. Rysunek 2.2.13).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jeżeli chciałbyś z powrotem przełączyć się na projekcję aksonometryczną – naciśnij jeszcze raz 5 (ten przycisk działa jak przełącznik). Możesz także wybrać z menu: ***View→Persp/Ortho***.

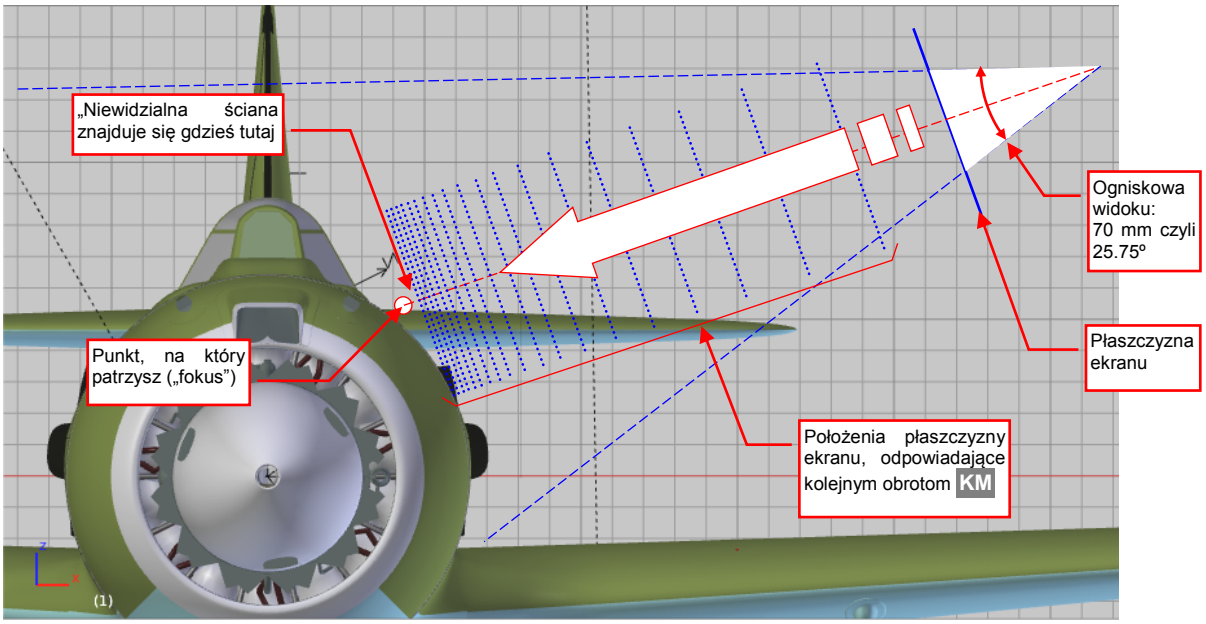
W widoku perspektywicznym możesz się spotkać ze zjawiskiem, które nazywam „niewidzialną ścianą”. Aby przekonać się o czym mówię, spróbuj np. powiększyć fragment zawierający kabinę pilota (Rysunek 2.2.15):



Rysunek 2.2.15 Efekt „niewidzialnej ściany” podczas powiększania w widoku perspektywicznym

Ustaw ten fragment w środku okna *3D View* i zacznij obracać do przodu KM (Rysunek 2.2.15a). Początkowo będziesz miał wrażenie jakbyś zbliżał się szybko do modelu. Stopniowo jednak ruch staje się coraz bardziej powolny. Ostatecznie osiągniesz takie zbliżenie, w którym mimo dalszego obracania KM nic już się nie będzie zmieniać (Rysunek 2.2.15c). W dodatku w tym powiększeniu przestało także działać przesuwanie obrazu na boki (Shift-SPM)!

Co to za dziwny efekt? No cóż, widok w projekcji perspektywicznej koncentruje się na swoim „fouksie” — punkcie umieszczonym w pewnej odległości od płaszczyzny ekranu. Powiększenie w widoku perspektywicznym oznacza zmniejszenie odległości od tego punktu (Rysunek 2.2.16):



Rysunek 2.2.16 Przyczyny blokady powiększania w widoku prespektywicznym

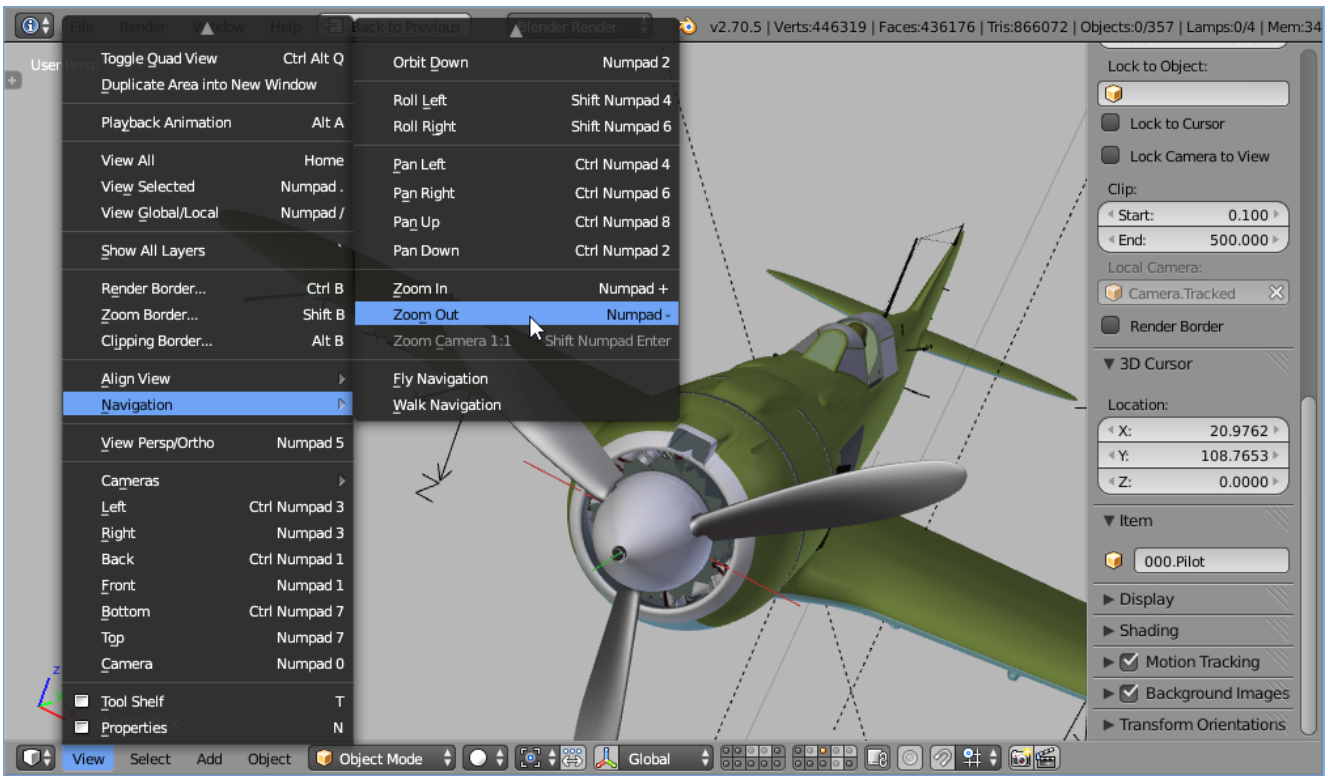
Gdy obrócisz KM do przodu (lub naciśniesz + na klawiaturze numerycznej) Blender zmniejsza odległość obserwatora od fokusa o $^1/_6$ aktualnego dystansu. Oznacza to, że im bliżej jesteś tego punktu, tym wolniej będziesz się poruszał, aż wreszcie utkniesz w odległości bliskiej zera. I to właśnie pokazuje Rysunek 2.2.15. Niestety, w Blenderze nie masz bezpośredniej możliwości przesunięcia fokusa w nowe miejsce!

Na szczęście możemy przesunąć fokus w sposób pośredni. Gdy napotkasz podczas powiększania „niewidzialną ścianę”, cofnij się trochę (tzn. zmniejsz powiększenie) tak, by zwiększyć z powrotem bieżącą odległość od fokusa. Gdy stwierdzisz, że znów możesz wygodnie przesuwać ekranem do góry i na boki, naciśnij Shift-F (***View→Navigation→Walk Navigation*** — Rysunek 2.2.17a):

Rysunek 2.2.17 Wykorzystanie polecenia *Walk Navigation* do przesunięcia kamery wraz z fokusem

W tym trybie możesz poruszać się po scenie Blendera jak w grach: klawiszem W do przodu, S do tyłu, A w lewo, D w prawo, a myszką zmieniasz kierunek w którym patrzysz. W centrum ekranu pojawią niewielki „celownik”. Aby zbliżyć się do obiektu w kierunku prostopadłym do ekranu, trzymaj wciśnięty klawisz W. (Aby przyśpieszyć ruch, możesz kilka razy obrócić KM do przodu). Gdy zbliżysz się już na tyle, ile potrzeba — kliknij LPM, by zakończyć tę operację (potwierdzić zmianę projekcji). Jeżeli coś pójdzie nie tak — zawsze możesz nacisnąć Esc, by z niej zrezygnować. Polecenie *Walk Navigation* przesuwa widok wraz z fokusem, dzięki czemu jest najszybszą metodą pokonania efektu „niewidzialnej ściany”. (Dlatego przed jego wywołaniem musisz się trochę cofnąć — by dysponować odpowiednim dystansem po zakończeniu operacji).

Wszystkie omówione w tej sekcji polecenia znajdziesz w submenu ***View→Navigation*** okna widoku. Jeżeli początkowo nie będziesz pamiętał jakiegoś klawisza skrótu — użyj go jak podpowiedzi (Rysunek 2.2.18):



Rysunek 2.2.18 Menu *View* okna widoku

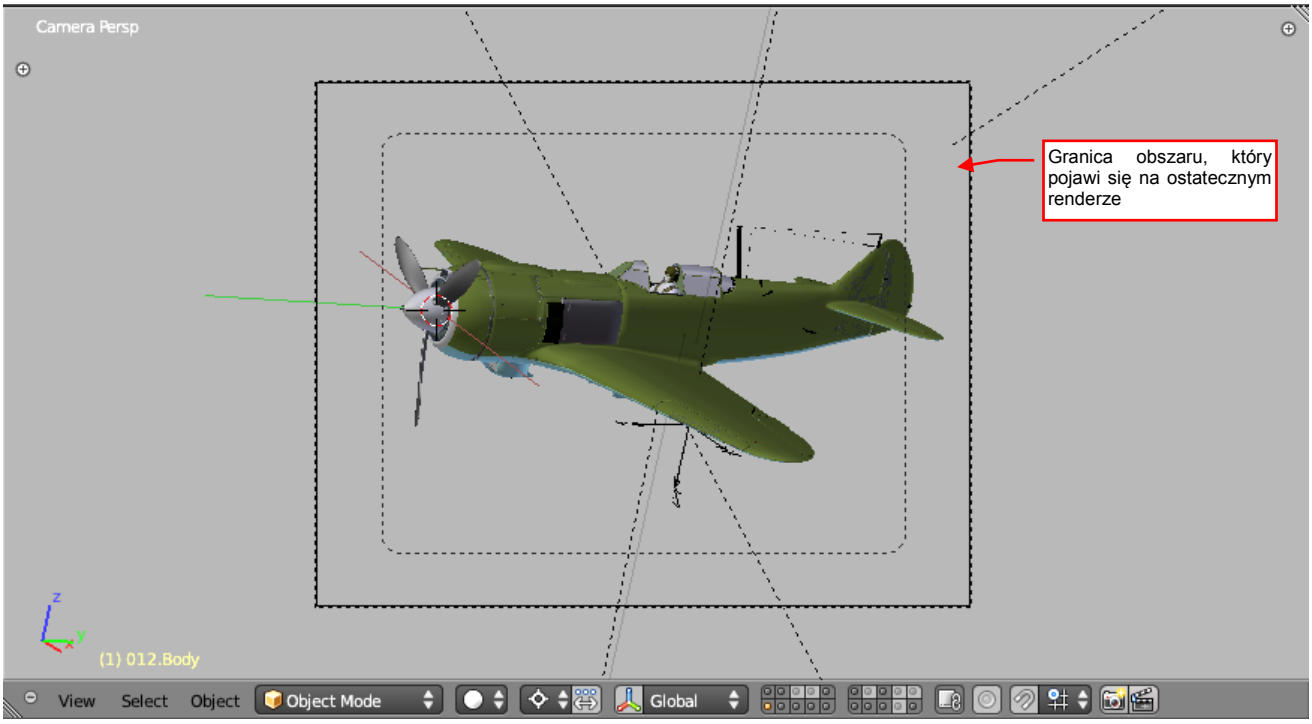
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Podsumowanie

- Duży model jest podzielony pomiędzy różne *warstwy*. Zmieniając widoczność warstw, możesz wybierać te elementy, z którymi chcesz w tym momencie pracować (str. 38);
- Do szybkiego przywołanie podstawowych widoków ortogonalnych służą klawisze: 1 (przód), 3 (bok), 7 (góra). Aby zobaczyć obiekt z kierunku przeciwnego – należy dodatkowo nacisnąć Ctrl. Czyli: Ctrl-1 (tył), Ctrl-3 (prawy bok), Ctrl-7 (dół) (str. 39)
- Obrót wokół modelu: przesunięcie myszki z wciśniętym przyciskiem środkowym SPM (str. 41)
- Przesuwanie ekranu: przesunięcie myszki z wciśniętym SPM i Shift (str. 40);
- Powiększenie lub pomniejszenie: przesunięcie myszki do góry lub dołu z wciśniętym SPM i Ctrl (str. 40);
- Przełączenie pomiędzy widokiem perspektywicznym i aksonometrycznym: 5 (str. 42);
- Parametry widoku (np. ogniskową) możesz zmieniać w przyborniku *Properties* (N), panel *View* (str. 43);
- Podczas powiększania fragmentu modelu w trybie perspektywicznym możesz natknąć się na efekt „niewidzialnej ściany” (str. 44). Aby go przezwyciężyć, użyj do powiększenia obrazu polecenia ***Fly Navigation*** (Shift-F, str. 45).

2.3 Okno widoku (*3D View*) – kamery, selekcja

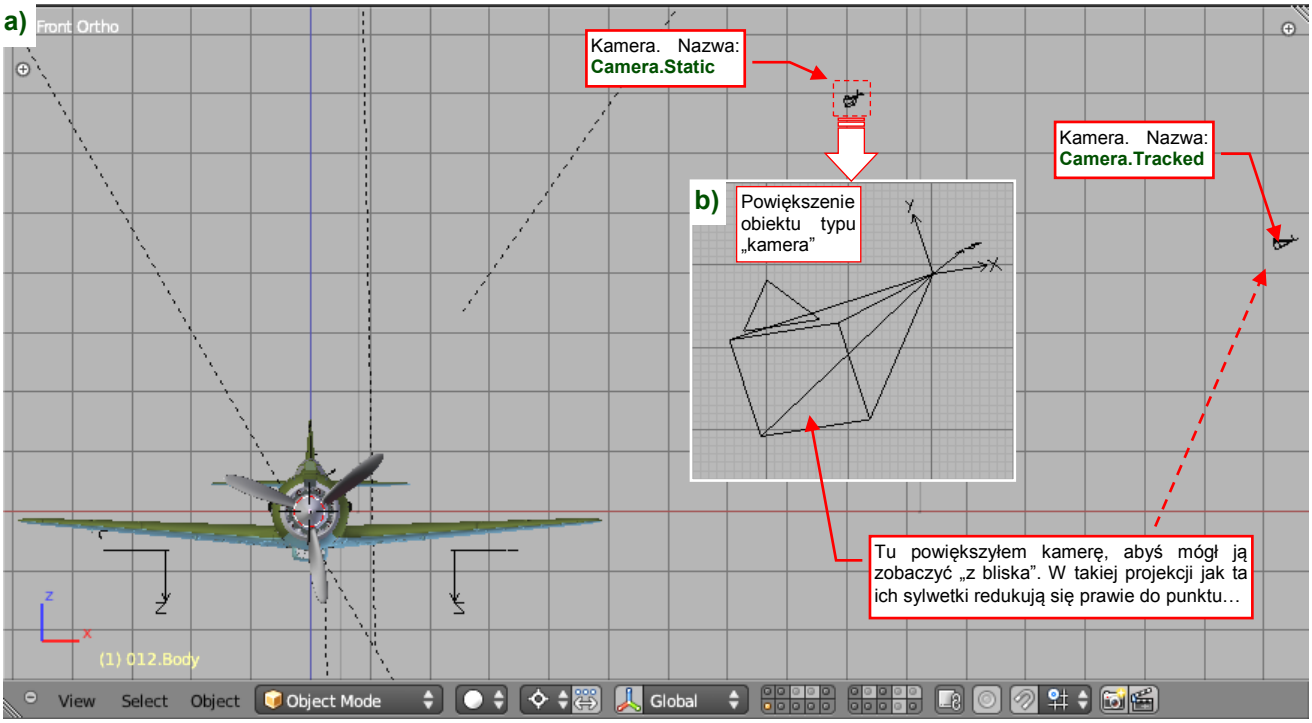
W poprzednim paragrafie nie powiedzieliśmy jeszcze wszystkiego o możliwych sposobach oglądania modelu. Aby się o tym przekonać, naciśnij klawisz 0 (***View→Camera***):



Rysunek 2.3.1 Widok z kamery

To, co widzimy powyżej (Rysunek 2.3.1), to widok z kamery. Jest to projekcja, jaką Blender użyje do stworzenia ostatecznego obrazka lub animacji.

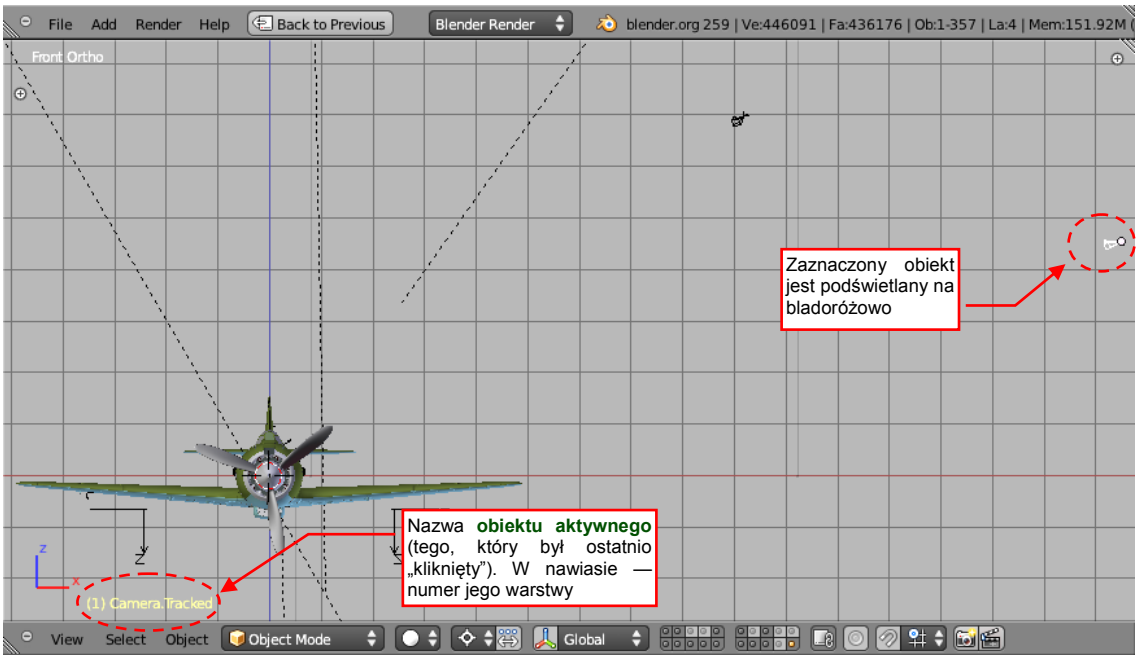
A co to są same kamery? To pewien rodzaj obiektu, który możesz wstawić w scenę. W tej umieściłem dwie kamery. Naciśnij 1 i zmień nieco powiększenie, aby je zobaczyć (Rysunek 2.3.2):



Rysunek 2.3.2 Dwie kamery w scenie z Ła-5

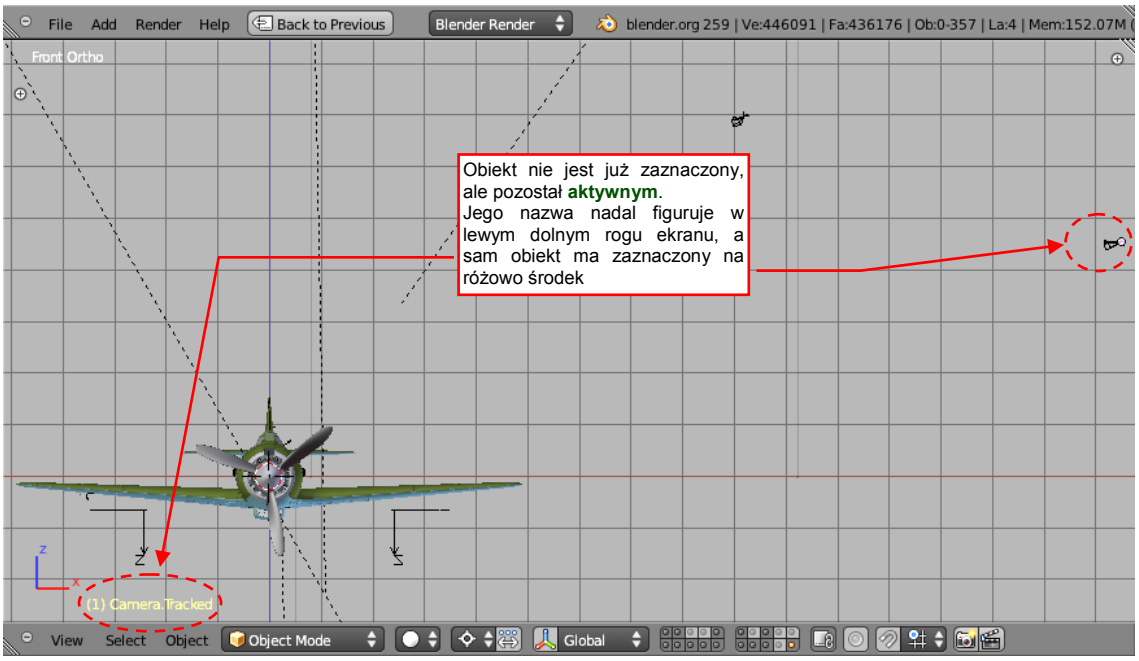
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Kamery można przesuwać — zupełnie tak, jak w rzeczywistym studio. Nim do tego przejdziemy (str. 51), nauczymy się zaznaczać obiekty. Od tego zaczyna się w Blenderze każda operacja. Kliknij w prawą kamerę PPM. Powinna się podświetlić (Rysunek 2.3.3):



Rysunek 2.3.3 Zaznaczony obiekt – kamera

Zaznaczony obiekt zmienił kolor na bladoróżowy. Tak właśnie w Blenderze zaznacza się pojedynczy element. Jednocześnie w lewym dolnym narożniku okna została wyświetlona jego nazwa. Ta nazwa jest nazwą aktualnego **obiektu aktywnego**. Obiekt aktywny to obiekt, który ostatnio został zaznaczony przez kliknięcie myszką. Naciśnij teraz A (***Select→Select/Deselect All***), aby wyłączyć selekcję. (To polecenie „czyści" listę wybranych obiektów, gdy coś jest wybrane, lub zaznacza wszystko, gdy nic nie było zaznaczone). Zwróć uwagę, że nazwa obiektu aktywnego pozostanie na ekranie (Rysunek 2.3.4):



Rysunek 2.3.4 Ten sam obiekt wciąż aktywny - mimo, że wyłączyliśmy zaznaczenie

Zawsze warto zwracać uwagę, jaki jest aktualny obiekt aktywny. Zobaczysz później, że Blender zawsze traktuje taki obiekt w sposób szczególny.

Aby po kolei dołączać obiekty do grupy wybranych, wystarczy podczas klikania PPM trzymać wciśnięty klawisz Shift. Aby lepiej „wyczuć”, jak to działa, proponuję, abyś wykonał kilka szybkich doświadczeń.

Zacznij od sytuacji, gdy nic nie jest zaznaczone. Trzymaj wciśnięty klawisz Shift i wykonuj po kolei operacje, które wylicza Tabela 2.3.1. (Przypisania nazw do kamer znajdziesz na str. 47, Rysunek 2.3.2). :

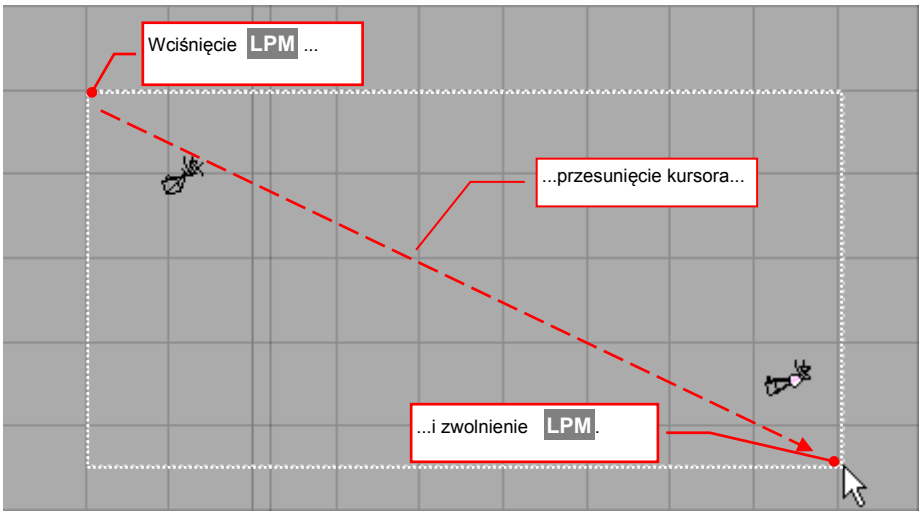
Trzymając wciśnięty Shift:	Rezultat	
	Obiekty wybrane i ich kolory	Obiekt aktywny
Kliknij PPM w obiekt **Camera.Static**	**Camera.Static** (bladoróżowy)	**Camera.Static**
Kliknij PPM w obiekt **Camera.Tracked**	**Camera.Static** (różowy) **Camera.Tracked** (bladoróżowy)	**Camera.Tracked**
Kliknij PPM w obiekt **Camera.Static**	**Camera.Static** (bladoróżowy) **Camera.Tracked** (różowy)	**Camera.Static**
Kliknij PPM w obiekt **Camera.Static**	**Camera.Tracked** (różowy)	**Camera.Static**

Tabela 2.3.1 Obiekty wybrane a obiekt aktywny - kilka doświadczeń z operacjami grupowymi

Nie będę pokazywał rezultatów operacji, jakie podaje Tabela 2.3.1, na oddzielnych ilustracjach. To ułomność poligrafii, że nie pokazuje delikatnej różnicy pomiędzy dwoma barwami zaznaczeń: bladoróżową (obiekt aktywny) i różową (pozostałe obiekty wybrane). Wnioski z wykonanego doświadczenia:

- Modyfikator w postaci klawisza Shift służy nie tylko do włączania, ale i wyłączania obiektu spośród wyboru. (Gdy klikniesz w obiekt powtórnie, stanie się obiektem aktywnym, a gdy klikniesz jeszcze raz – przestanie być wybranym);
- Obiekt aktywny nie musi być w ogóle obiektem wybranym (patrz Tabela 2.3.1, ostatni wiersz);

Możliwe jest także zaznaczanie grupy obiektów obszarem prostokątnym. Naciśnij na klawiaturze klawisz B (***Select→Border Select***). Przy kursorze myszy pojawią się dwie kreskowane linie. Przesuń kursor w miejsce, gdzie chciałbyś umieścić jeden z narożników obszaru. Naciśnij lewy klawisz myszki LPM, i nie zwalniaj. Na ekranie pojawi się prostokątny obszar (por. Rysunek 2.3.5). Nieruchomy narożnik tego obszaru jest w miejscu, w którym wcisnąłeś LPM. Ruchomy narożnik podąża za ruchem myszki. Gdy ustawisz właściwy obszar, zwolnij LPM. Zaznaczeniu ulegają wszystkie obiekty, które znalazły się wewnątrz obszaru, lub przecięły jego krawędź. Zaznaczenie obszarem nie zmienia aktualnego obiektu aktywnego.

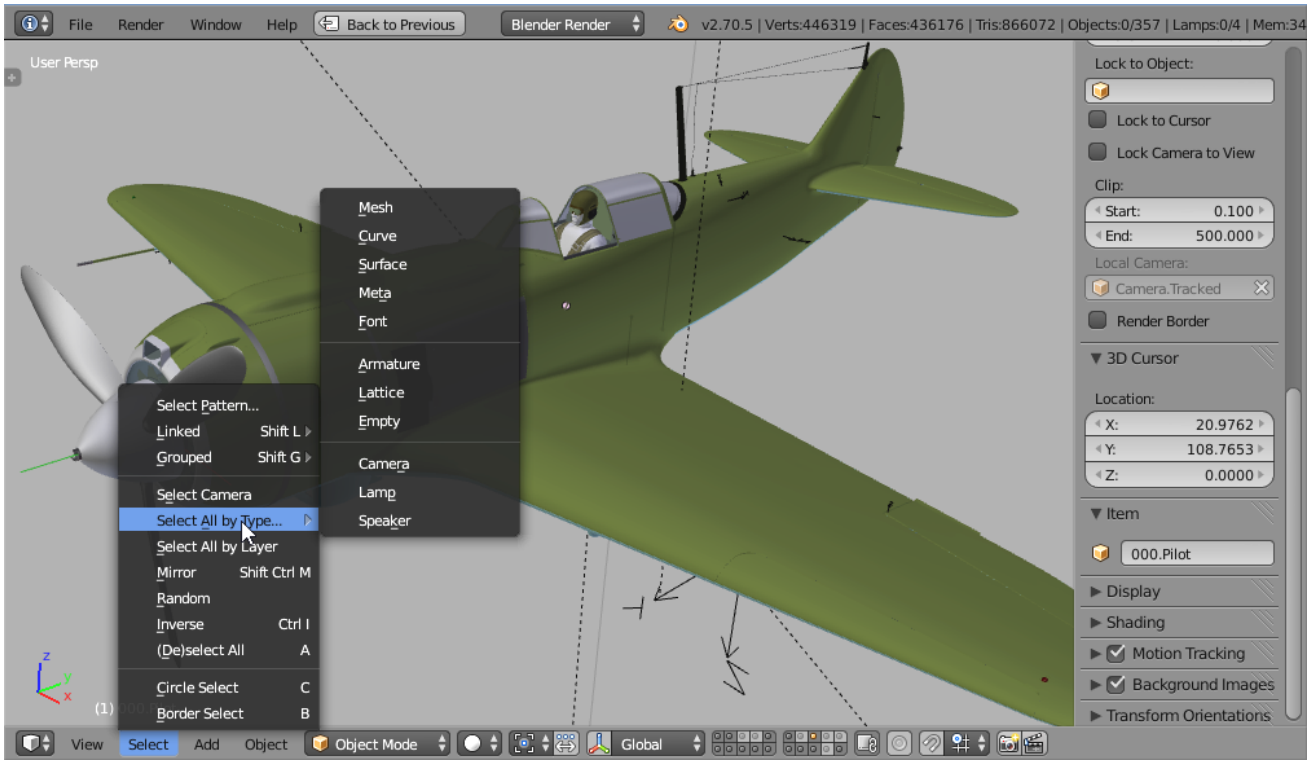


Rysunek 2.3.5 Zaznaczenie obszarem (*Border Select*)

Aby wykluczyć z zaznaczenia objęte obszarem przedmioty, po naciśnięciu B użyj SPM (zamiast LPM).

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Menu selekcji zawiera jeszcze kilka innych możliwości wyboru, m. in. wybór wg warstw, lub typu obiektu (Rysunek 2.3.6):



Rysunek 2.3.6 Przykład innych możliwości wyboru, dostępnych z menu *Select*.

- Na str. 322 znajdziesz opis kilku innych przydatnych metod selekcji obiektów.

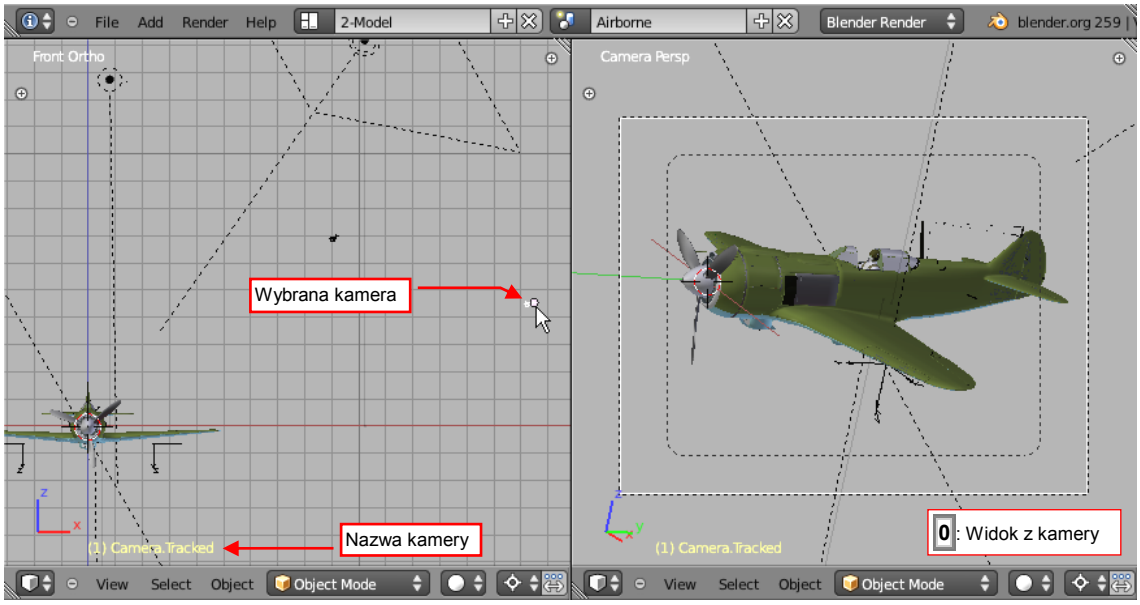
Podsumowanie

- Aby zobaczyć podgląd widoku z kamery – naciśnij klawisz **0** (*View→Camera*) (str. 47);
- Zaznaczanie obiektu – kliknięcie **PPM**. Z wciśniętym dodatkowo **Shift** – dołącza obiekt do wybranych poprzednio (str. 48);
- Zaznaczanie grupy obiektów prostokątnym obszarem – naciśnij **B** (lub *Select→Border Select*). Potem wciśnij **LPM** w jednym narożniku i przeciągnij kursor z wciśniętym **LPM** do przeciwległego narożnika obszaru. Wykluczenie z zaznaczenia prostokątnym obszarem — zaczynasz tak samo (**B**), tylko zamiast **LPM** używasz **SPM** (str. 49);
- Blender wyróżnia, oprócz zaznaczenia, obiekt ostatnio „kliknięty” **PPM**. Taki obiekt jest nazywany **aktywnym**, a jego nazwa pojawia się w lewym dolnym narożniku okna (str. 48);

2.4 Okno widoku (*3D View*) – przesuwanie i obrót obiektu

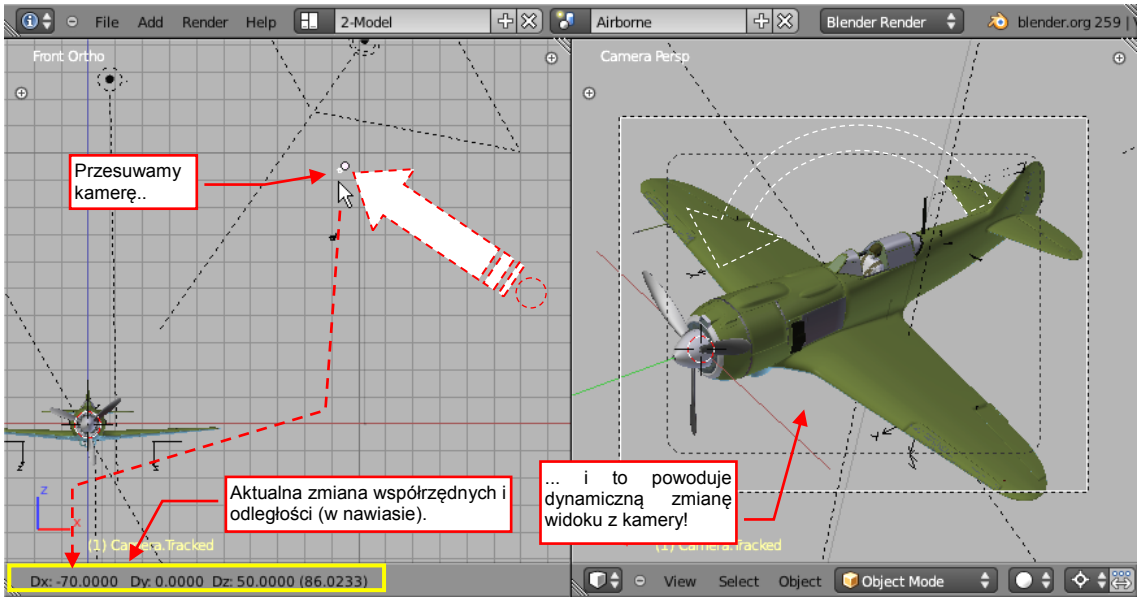
Zaczniemy od przesunięcia kamery (to też obiekt). Wcześniej jednak:

- upewnij się, że po zaznaczaniu kamery, w lewym dolnym narożniku okna pojawiła się nazwa *Camera.Tracked*. Jest to kamera, którą przesuniemy;
- naciśnij Ctrl – ↓ (***Area Options→Tile Window***), by powrócić do układu wielu okien. W jednym z nich ustaw widok kamery, a w drugim – widok z przodu (por. Rysunek 2.4.1). W ten sposób będziemy w stanie obserwować obraz z kamery:



Rysunek 2.4.1 Proponowany układ ekranu

Naciśnij klawisz G (*Object→Transform→Grab/Move*). Od tej chwili każdy ruch myszką powoduje przemieszczenie kamery. Zwróć uwagę, że zmienia się także projekcja w oknie kamery (Rysunek 2.4.2):



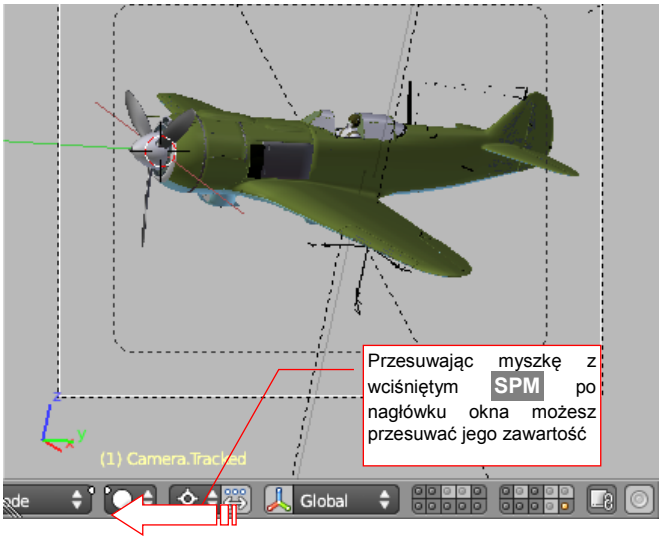
Rysunek 2.4.2 Przemieszczanie obiektu

Podczas przesuwania Blender pokazuje w nagłówku aktywnego okna zmianę współrzędnych **X**,**Y**,**Z**, oraz zmianę odległości (w nawiasie) od oryginalnego położenia obiektu. Kliknięciem LPM kończysz tę operację, zatwierdzając nowe położenie. (W razie czego: naciśnięcie Esc także ją kończy, anulując przesunięcie).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jak to się stało, że podczas przesuwania kamera nie straciła samolotu z centrum widzenia? Otóż ten obiekt ma włączony tryb „śledzenia” (ang. *track*). W dalszej części tej książki opiszę, jak tworzyć takie powiązanie. Teraz chciałbym zademonstrować, co właściwe śledzi kamera.

Abym mógł pokazać ten obiekt, musimy wyłączyć pewne warstwy, i włączyć inne. Ale gdzie się podziała kontrolka z warstwami? Każde z okienek widoków jest na tyle wąskie, że ukryła się gdzieś za krawędzią ekranu (por. Rysunek 2.4.1)!
Mały sekret: w Blenderze możesz przesuwać zawartość nagłówków okien, jak gdyby były płaskim rysunkiem. Ustaw kursor ponad tym, który chcesz przesunąć, i wciśnij SPM. Trzymając wciśnięty klawisz, przesuwaj kursor. Widzisz, że cały nagłówek się porusza? Przesuń go w lewo, abyśmy zobaczyli kontrolkę z warstwami (Rysunek 2.4.3).



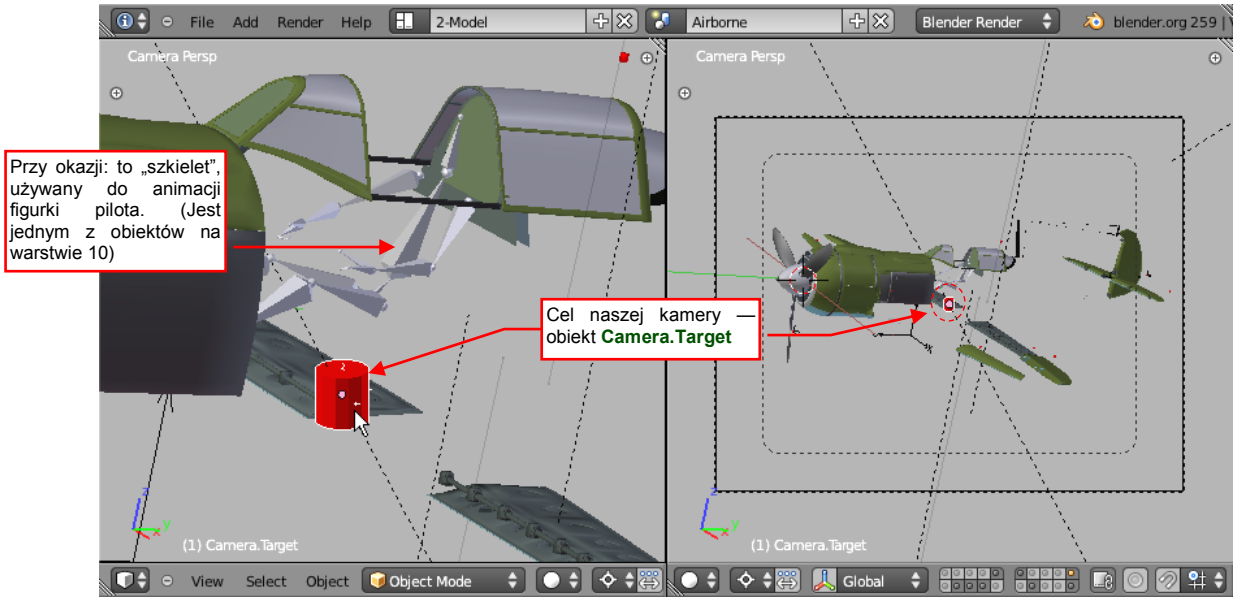
Rysunek 2.4.3 Przesuwanie nagłówka okna

Teraz wyłącz warstwę **11** i włącz **10**. Ach, prawda, muszę wprowadzić pojęcie numeracji warstw! Aby w dalszym tekście nie tłumaczyć długo i zawile, o jaką warstwę chodzi, na potrzeby tej książki przypisałem warstwom numery:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Rysunek 2.4.4 Numeracja warstw – konwencja przyjęta na potrzeby tej książki

Tak więc wyłączenie warstwy 11 i włączenie 10 oznacza uzyskanie dla tego modelu następującego układu: . Wraz z warstwą 11 została ukryta środkowa i tylna część kadłuba, oraz skrzydła. Warstwa 10 jest jedną z dwóch warstw zawierających obiekty „sterujące”, nie przeznaczone do pokazywania na ostatecznym obrazie. (Drugą taką warstwą w tym modelu jest warstwa 9). Teraz miejsce niewidocznych skrzydeł na naszym modelu wyznaczają sloty, klapy i lotki, a usterzenia – stery kierunku i wysokości (Rysunek 2.4.5):

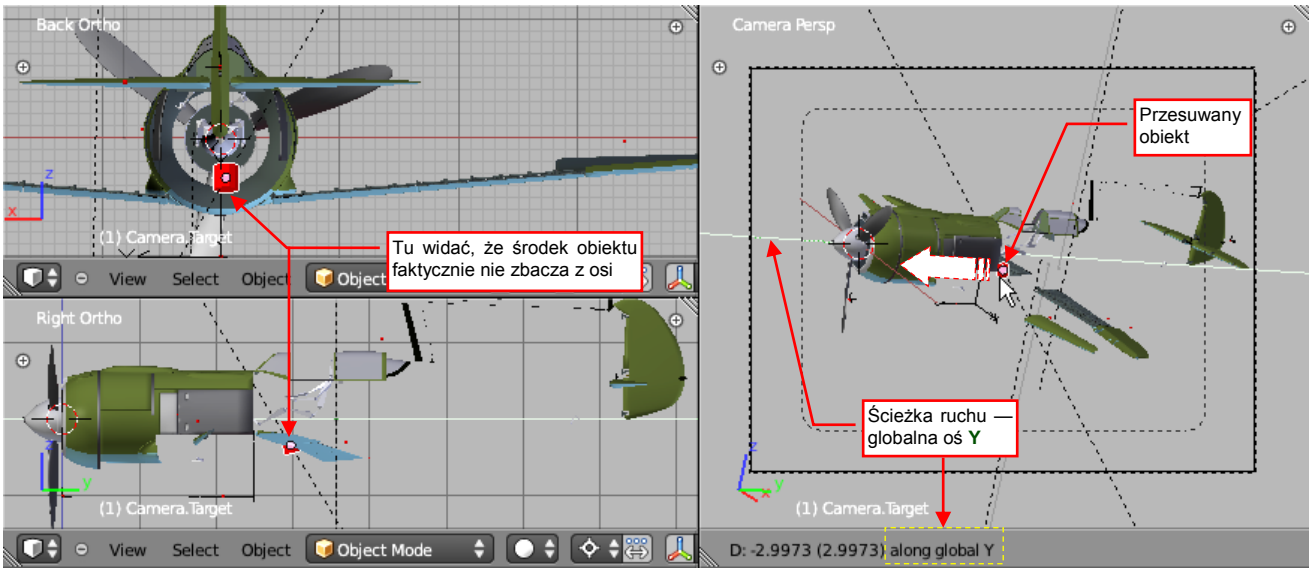


Rysunek 2.4.5 Obiekt Camera.Target **- cel naszej kamery**

Gdzieś w okolicy kabiny pilota znajduje się stosunkowo duży, czerwony walec. Nazywa się **Camera.Target**. Zaznacz go (por. Rysunek 2.4.5).

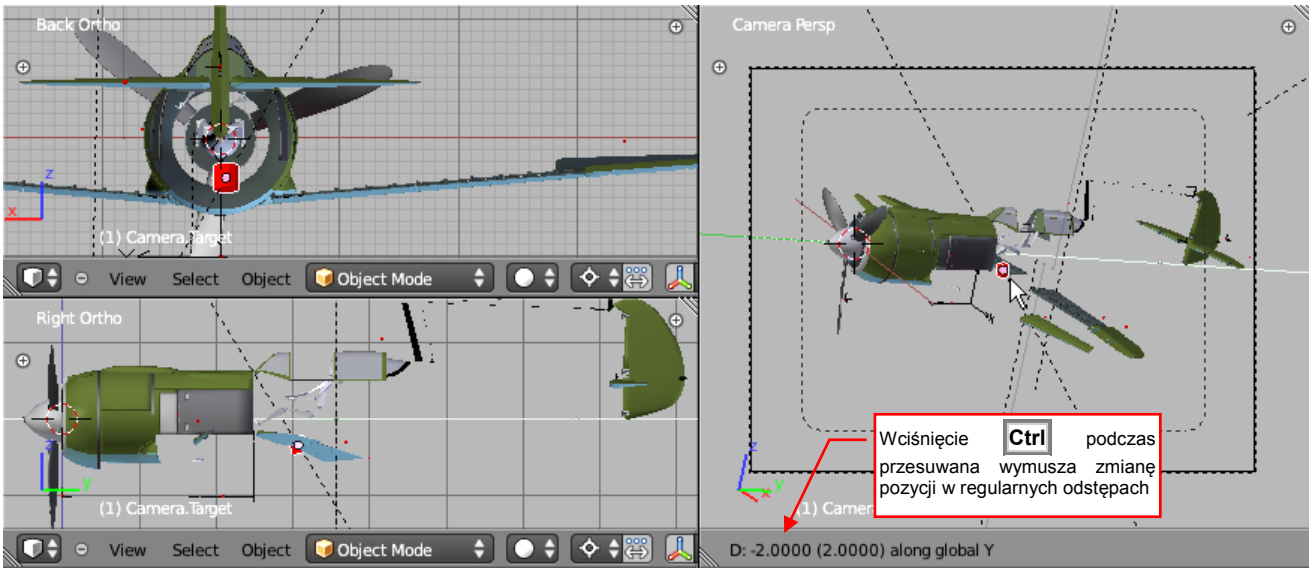
Powiedzmy, że chcielibyśmy, aby punkt, na który „patrzy” kamera znajdował się w okolicy silnika, a nie kabiny pilota. W tym celu należy przesunąć obiekt **Camera.Target** wzdłuż osi **Y**. Jest to możliwe w każdym widoku, nawet perspektywicznym (jak widok z kamery).

Naciśnij znów klawisz G, aby rozpocząć przesuwanie. Zaraz potem naciśnij Y – oznacza to, że ograniczamy przesunięcie tylko do tej osi. Oś **Y** stała się biała, i zmienił się tekst u dołu okna – pokazuje wyłącznie zmianę odległości wzdłuż tej osi. Teraz, wraz z każdym przesunięciem myszki, obiekt „jeździ” po osi **Y** jak po drucie (Rysunek 2.4.6).



Rysunek 2.4.6 Przesuwanie obiektu wzdłuż osi Y

Jak widać, kamera przez cały czas „trzyma” **Camera.Target** w centrum obrazu. Nie kończ jeszcze przesunięcia. Pokażę teraz inny efekt: w czasie ruchu myszki naciśnij, i trzymaj wciśnięty, klawisz Ctrl. Wykonaj stosunkowo daleki ruch. Zobaczysz, że przesunięcie następuje teraz skokowo, co 10 jednostek (Rysunek 2.4.7):



Rysunek 2.4.7 Przesunięcie skokowe (wciśnięty klawisz Ctrl)

- Warto zapamiętać: klawisz Ctrl podczas każdej transformacji (przesunięcia, obrotu, zmiany skali) wymusza skokowe zmiany, o jakieś „zaokrąglone” wartości.

(To, że pokazuję działanie klawisza Ctrl akurat na przesuwaniu wzdłuż osi **Y** to przypadek. Możesz go używać w każdej transformacji).

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

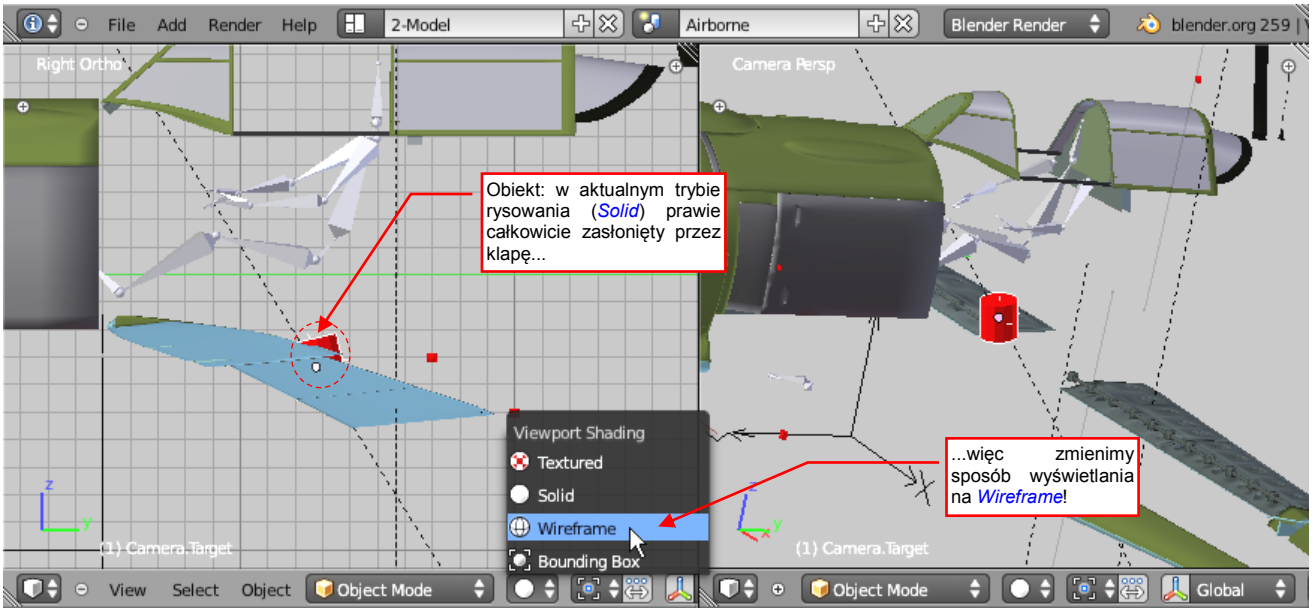
Dlaczego rozmiar „skoku” dla przesunięcia w oknie kamery wynosił akurat 10 jednostek? To zależy od dwóch czynników: aktualnego powiększenia, oraz projekcji. Przerwij aktualne przesunięcie (Esc) i zacznij je jeszcze raz, ale w oknie z widokiem z boku (lewe dolne - por. Rysunek 2.4.7). Gdy będziesz trzymał wciśnięty klawisz Ctrl, obiekt będzie się przemieszczał co 5 jednostek — dwa razy mniej, niż w przypadku widoku perspektywicznego. To jakaś ogólna zasada — w oknach z projekcją „prostopadłą” (z góry, z boku, z przodu..), te odległości są najmniejsze. Wynoszą mniej więcej tyle, ile odległości pomiędzy węzłami pomocniczej siatki, którą widać na ekranie. Gdy powiększymy obraz, siatka robi się coraz gęstsza. Odpowiednio maleje skok, jaki uzyskujemy w czasie przesunięć z klawiszem Ctrl — z 5 jednostek do 1.

A teraz inny efekt: podczas przesuwania obiektu trzymaj wciśnięty klawisz Shift. Co się dzieje? Ten sam ruch myszki wywołuje mniejsze przesunięcia!

- Warto zapamiętać: klawisz Shift podczas każdej transformacji (przesunięcia, obrotu, zmiany skali) zwiększa „przełożenie” ruchu myszki. (Większe ruchy myszką odpowiadają mniejszym przesunięciom na ekranie). Ułatwia to dokładniejsze ustalanie końcowej pozycji

A gdy wciśniesz jednocześnie Ctrl i Shift? Uzyskujemy nadal skokowe przesunięcia, ale o jednostki o rząd mniejsze. W widoku perspektywicznym kamery przesunięcie z samym Ctrl zmieniało położenie obiektu co 10 jednostek, a z wciśniętym Shift-Ctrl – co 1 jednostkę.

Obrót obiektu chciałbym pokazać w oknie z widokiem z boku. Tylko jest mały problem – obracany obiekt jest zasłonięty przez klapę. Powiedzmy, że nie chcę wyłączać widoczności warstwy, która zawiera ten element, bo przestałbym widzieć zarys skrzydła. Zamiast tego zmienię sposób rysowania zawartości tego okna na liniowy (ang. *wireframe*). Służy do tego lista rozwijalna ***Viewport Shading*** w nagłówku każdego okna *3D View* (Rysunek 2.4.8):

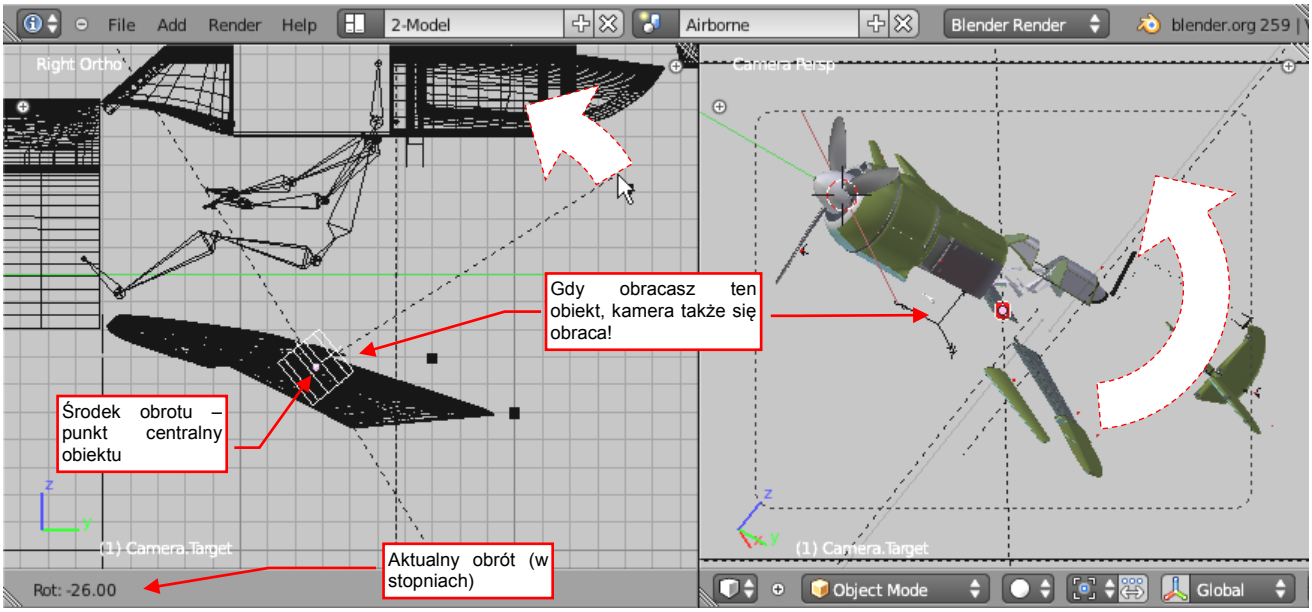


Rysunek 2.4.8 Wybór sposobu rysowania (*Viewport shading*) zawartości okna

Rysunek 2.4.9 pokazuje, jak wygląda rezultat przełączenia. Jak widać, sposób rysowania można ustalać niezależnie dla każdego okna. (Pozostałe są nadal w trybie *Solid*).

W praktyce tryby *Solid* i *Wireframe* wykorzystuje się najczęściej. O trzecim sposobie cieniowania (*Textured*) opowiem przy okazji pracy z teksturami.

Jak się obraca obiekt? Bardzo podobnie do przesuwania: naciskasz klawisz R (***Object→Transform→Rotate***), i zaczynasz obrót (Rysunek 2.4.9):



Rysunek 2.4.9 Obrót (dookoła środka aktywnego obiektu)

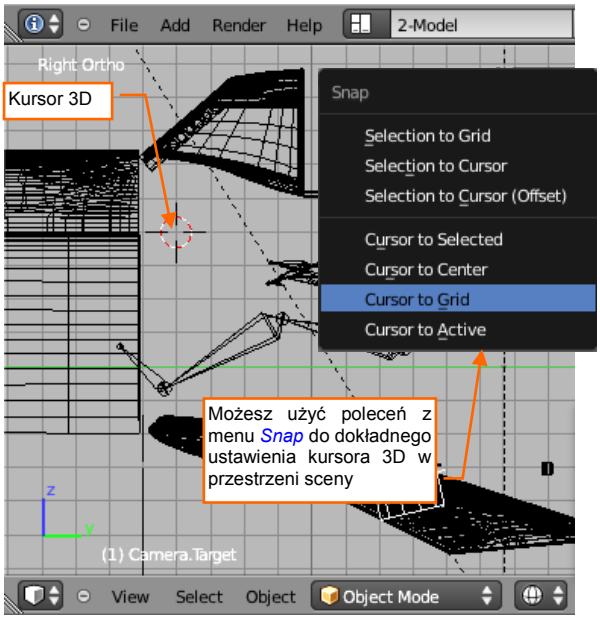
Domyślną płaszczyzną obrotu jest aktualna płaszczyzna ekranu. Możesz także dokonywać obrotu wokół wybranych osi **X, Y**, **Z**, naciskając jedną z tych klawiszy klawiatury. Podobnie jak w przypadku przesunięcia, nagłówek okna pokazuje aktualny kąt obrotu.

Wraz z obrotem **Camera.Target**, obraca się kamera (patrz okno po prawej). Wynika to z faktu, że kamera ma włączone "śledzenie" tego obiektu, więc orientacja osi **Z** kamery także podąża za orientacją **Camera.Target**.

Podczas obrotu można także stosować klawisze Shift (dokładny obrót, o ułamki stopnia), Ctrl (obrót co 5 stopni), Shift-Ctrl (obrót co 1 stopień).

Jeżeli chcesz użyć innego środka transformacji niż środek obiektu, musisz się posłużyć tzw. „kursorem 3D” (*3D cursor*).

Wiesz zapewne, jak działa w każdym edytorze tekstów mrugający znak „karetki” (*caret*). Pokazuje, w którym miejscu będzie teraz wstawiony tekst, gdybyś zaczął go pisać. Tę koncepcję przeniesiono w trzy wymiary. W Blenderze istnieje taki specjalny punkt, który możesz umieścić w dowolnym miejscu w przestrzeni. Nazywa się także kursorem (ale, dla odróżnienia, „3D”). Pokazuje, gdzie zostałby umieszczony nowy obiekt, gdybyś go chciał w tym momencie stworzyć. Może także służyć jako punkt odniesienia w takich operacjach jak obrót czy skalowanie.



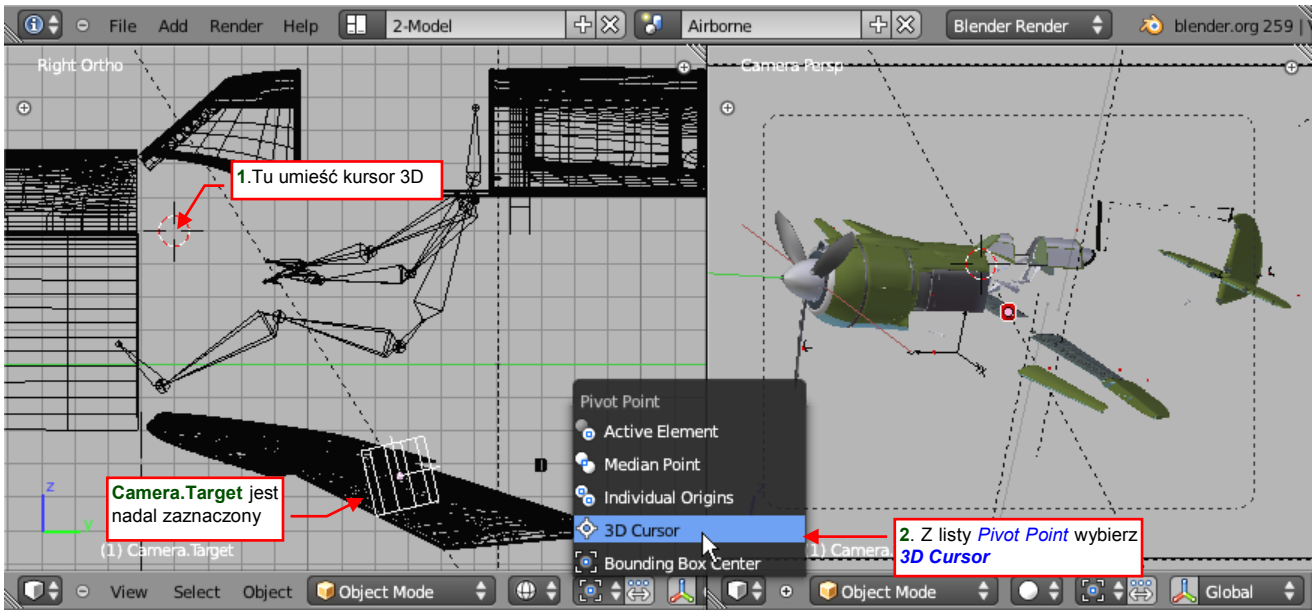
Rysunek 2.4.10 *Kursor 3D* i menu kontekstowe *Snap*

Kursor 3D jest rysowany jako niewielki krzyż, otoczony czerwono-białym okręgiem (Rysunek 2.4.10). Możesz go umieścić w dowolnym miejscu, klikając w tym punkcie LMB. Można zmusić go, aby przesunął się do najbliższego punktu siatki – w tym celu naciśnij Shift-S (***Object to Snap***) i z menu kontekstowego, które się pojawi, wybierz opcję ***Cursor to Grid*** (Rysunek 2.4.10). (Ten drugi krok – wybór pozycji z menu – możesz to zrobić lewą ręką, naciskając na klawiaturze klawisz 6. Jest to numer pozycji *Cursor to Grid* w menu *Snap*)

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Aby wykonać obrót **Camera.Target** wokół dowolnego punktu przestrzeni, umieść w tym miejscu (kliknięcie LPM) kursor 3D. (Często musisz wskazać jego położenie na dwóch rzutach. Przydaje się tu także możliwość "skoku do węzła siatki").

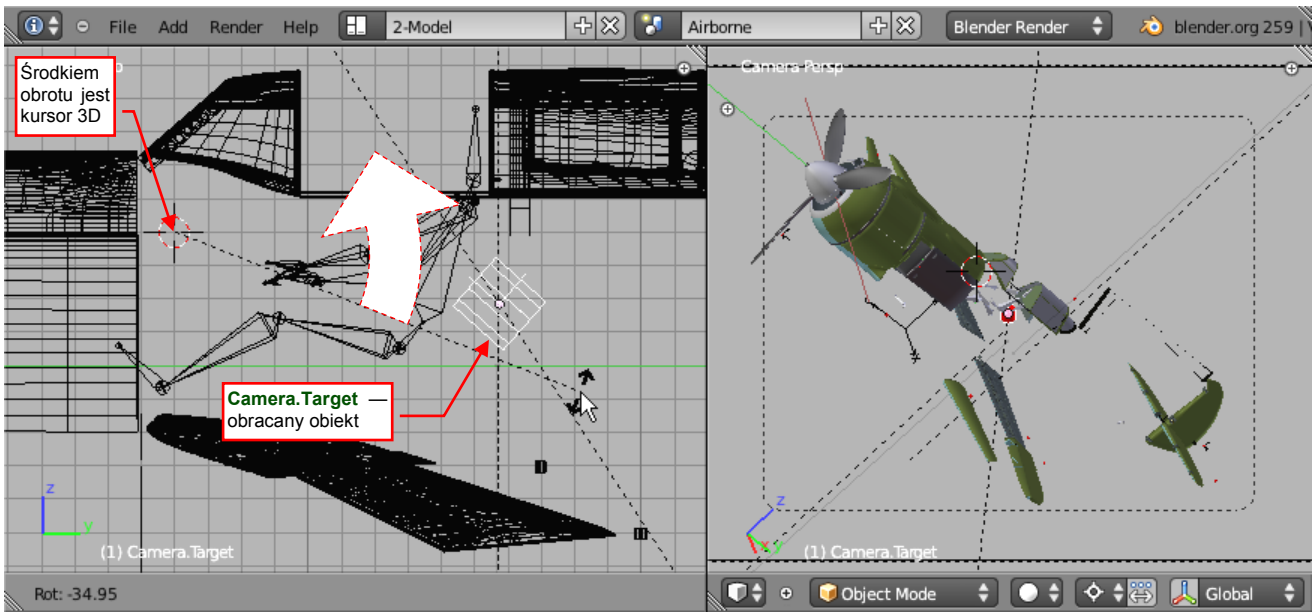
Następnie przełącz Blender w tryb, który wykorzystuje kursor jako punkt odniesienia dla wywoływanych transformacji. Służy do tego lista rozwijalna ***Pivot***, umieszczona w nagłówku okna *3D View* (Rysunek 2.4.11). Wybierz z niej pozycję ***3D Cursor*** (lub . z klawiatury):



Rysunek 2.4.11 Zmiana trybu odniesienia transformacji — na kursor sceny

Upewnij się także, że obiekt **Camera.Target** jest nadal zaznaczony.

Reszta przebiega tak samo, jak poprzednio – naciśnij R i zacznij obracać obiekt (Rysunek 2.4.12):

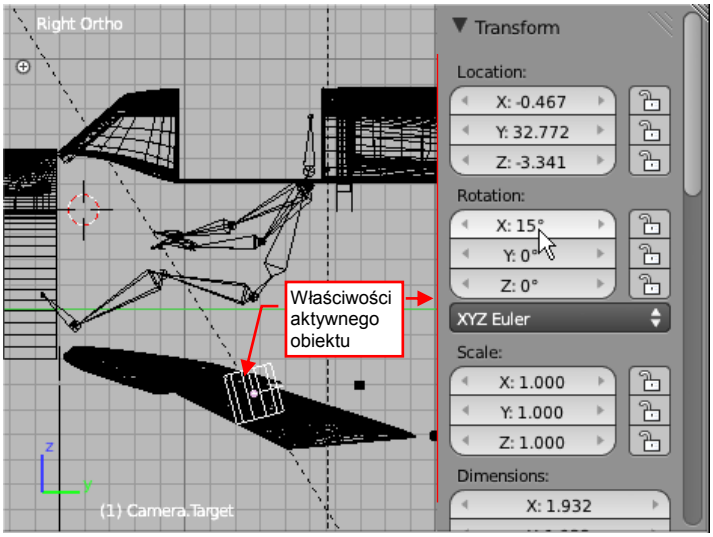


Rysunek 2.4.12 Obrót obiektu dookoła kursora 3D

Po zakończeniu operacji przestaw menu *Pivot Point* z powrotem na opcję *Bounding Box Center* (,). Alternatywnie możesz się przełączyć na tryb *Individual Centers* (Ctrl-.).

Ostatniej z trzech podstawowych operacji — skalowania — nie będę tu szczegółowo opisywał. Starałem się do tej pory omawiać każdy temat w ten sposób, abyś mógł, Czytelniku, zdobytą wiedzę zaraz wykorzystać. Na przykład za pomocą obrotu obiektu **Camera.Target** i zmiany położenia **Camera.Tracked** możesz zaaranżować do renderowania zupełnie nowy widok modelu Ła-5. (Renderowania pokażę w następnej sekcji). Jak na złość, nie znalazłem, w tym momencie i w tym rysunku, żadnego „użytecznego" zastosowania dla zmiany skali. W skrócie wspomnę tylko, że zmiana rozmiaru obiektu przebiega bardzo podobnie do obrotu. Tak samo ważny jest wybór punktu odniesienia: środka obiektu lub kursora 3D. Skalowanie wywołujemy poprzez naciśnięcie klawisza S (***Object→Transform→Scale***). Więcej na temat tego polecenia znajdziesz w opisie szczegółów, na str. 300.

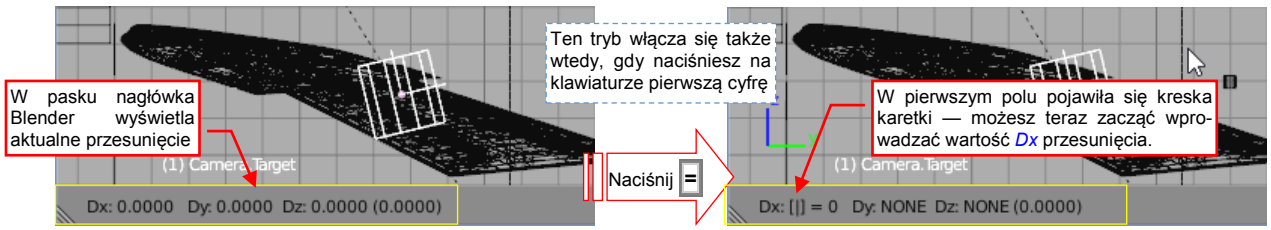
Do tej pory określaliśmy wektor przesunięcia czy kąt obrotu „interaktywnie" — za pomocą myszki. Jeżeli chcesz po prostu wpisać dokładną wartość numeryczną transformacji obiektu, naciśnij klawisz N, by otworzyć prawy przybornik okna (***View→Properties***). W panelu *Transform* (Rysunek 2.4.12) znajdziesz numeryczne wartości położenia (*Location*), obrotu (*Rotation*) i skali (*Scale*) aktywnego obiektu. Gdybyś w tej chwili zaczął go obracać za pomocą myszki, wartości, Blender „na bieżąco" uaktualniałby wartości w przyborniku. To działa także na odwrót: gdy wpiszesz w jedno z pól panelu *Transform* nową wartość, to efekt od razu zobaczysz na scenie.



Rysunek 2.4.13 Właściwości (*Properties*) aktywnego obiektu

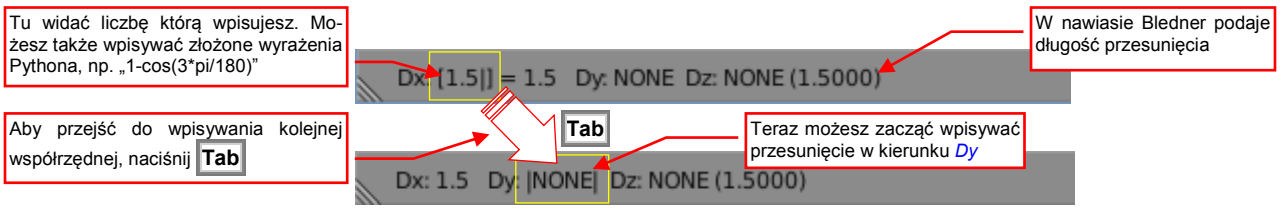
Zwróć uwagę, że przy każdym z pól transformacji znajduje się ikona „kłódki" ( ). Jeżeli zostanie wciśnięta — współrzędna z tego pola jest wyłączona ze zmian podczas jakichkolwiek przekształceń. To się może przydać, aby np. przeskalować obiekt wyłącznie w płaszczyźnie **XZ** – wystarczy zablokować ***Scale:Y***. Gdy potem wywołasz operację zmianę skali we wszystkich kierunkach jednocześnie (S) – kierunek **Y** pozostanie niezmienny.

W trakcie transformacji (obrotu, przesunięcia, zmiany skali…) można także wprowadzić dokładne wartości przesunięć za pomocą klawiatury. Wystarczy po wywołaniu transformacji nacisnąć klawisz = (Rysunek 2.4.14):



Rysunek 2.4.14 Przełączenie w tryb ręcznego wpisywanie wartości transformacji

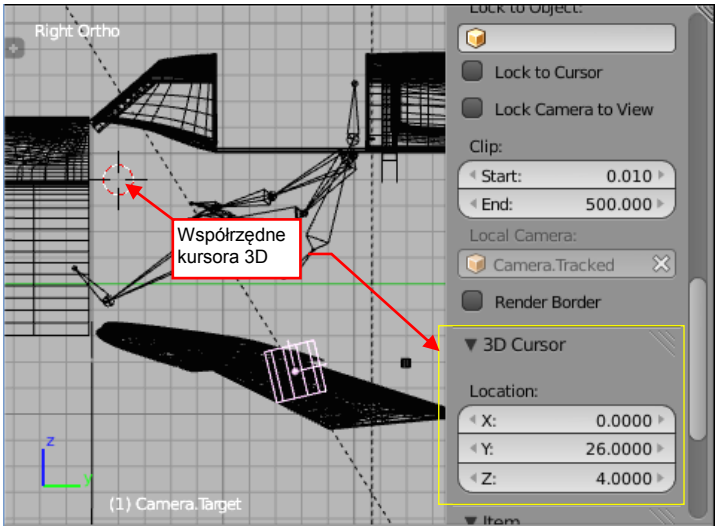
Przełącza to Blendera w tryb, w którym w miejscu pierwszej współrzędnej pojawia się linia karetki — i możesz wpisać nową wartość z klawiatury). Aby przejść do następnego pola, naciśnij Tab (Rysunek 2.4.15b). Aby zaakceptować wprowadzone zmiany naciśnij Enter, a aby z nich zrezygnować — Esc.



Rysunek 2.4.15 Wpisywanie dokładnych wartości przesunięć

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

W przyborniku ***Properties*** możesz także sprawdzić lub wpisać dokładne współrzędne kursora 3D. Wystarczy że przesuniesz jego zawartość nieco w górę, by odsłonić panel ***3D Cursor***. Nowe wartości położenia kursora możesz wpisać w sekcję ***Location*** (Rysunek 2.4.16):



Rysunek 2.4.16 Właściwości widoku: położenie kursora 3D

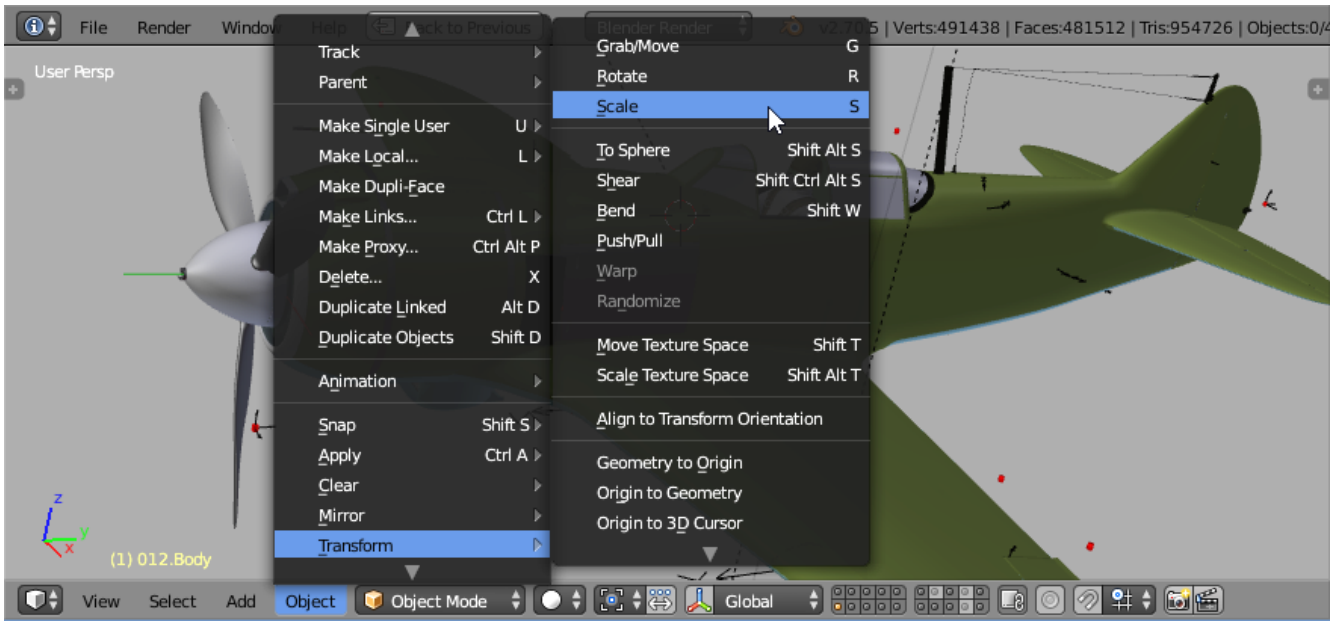
Po tylu operacjach edycji warto powiedzieć, co zrobić gdy się pomyliliśmy i chcemy wycofać dokonane zmiany. Jak większość edytorów, Blender umożliwia wielokrotne wycofanie (*Undo*) i powtórzenia (*Redo*) ostatnio wykonanych poleceń. Są to operacje na tyle ważne, że ich skróty od razu umieszczę w ramkach, aby w krytycznej chwili zaraz wpadły Ci w oko:

- Operacja ***Undo*** – wycofanie ostatniego polecenia: naciśnij Ctrl-Z (albo wybierz z menu polecenie ***Object→Undo***).

- Operacja ***Redo*** – wycofanie wycofania ostatniego polecenia: naciśnij Ctrl-Shift-Z (albo wybierz z menu polecenie ***Object→Redo***)

Trochę wyprzedzając kolejność wprowadzania zagadnień przyjętą w tej książce, wspomnę że menu *Object* jest dostępne w *3D View* tylko w tzw. trybie obiektu (*Object Mode*). W innych trybach, (np. edycji siatki pojedynczego obiektu — *Edit Mode*), jego miejsce zajmują inne menu (np. *Mesh*). W każdym z nich są dostępne polecenia *Undo* i *Redo*. Wydaje mi się jednak, że te dwa skróty lepiej jest zapamiętać. W innych oknach, np. *UV/Edit Image* takich poleceń nie ma ani w menu *Image*, ani żadnym innym. Tam polecenia *Undo* i *Redo* są jednak nadal dostępne — poprzez podane powyżej kombinacje klawiszy klawiatury.

Na skalowaniu zakończymy omawianie podstawowych transformacji w Blenderze. Jest ich oczywiście o wiele więcej – jak sam się możesz przekonać, otwierając menu *Object*. (Rysunek 2.4.17):



Rysunek 2.4.17 Menu transformacji obiektu

Nie przerażaj się rozmiarem tego menu. Wielu z tych poleceń nie będziesz używał, a te, które są potrzebne, omówię powoli w dalszych rozdziałach tej książki.

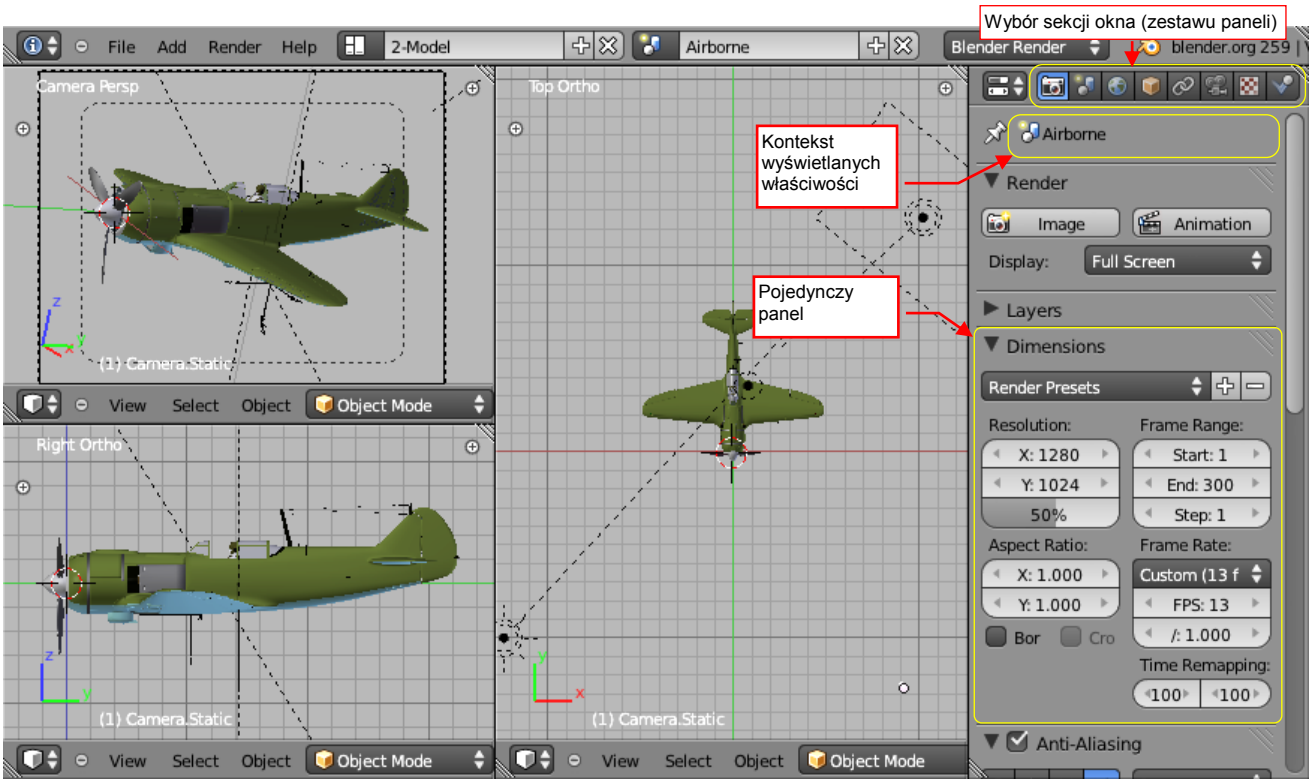
Podsumowanie

- Przesuwanie obiektu – klawisz G (*Grab/Move* — str. 51);
- Obrót obiektu – klawisz R (*Rotate* — str. 55, 56);
- Skalowanie obiektu – klawisz S (*Scale* — str. 57);
- Wciśnięcie Ctrl podczas transformacji włącza zmiany skokowe, o zaokrąglone wartości (str. 53);
- Wciśnięcie Shift podczas transformacji włącza zmiany dokładne, ułatwiając końcowe ustalanie pozycji (str. 54);
- Wszystkie transformacje można ograniczać do pojedynczej osi, naciskając w ich trakcie X, Y, lub Z (str. 53);
- Przełączanie punktu odniesienia (wykorzystywany podczas obrotu i skalowania): . = *3D Cursor*, , = *Bounding Box* (str. 56)
- Rezygnacja z aktualnie wykonywanego polecenia – klawisz Esc (str. 51, 54)
- Wycofanie ostatniego polecenia – Ctrl-Z (*Undo* — str. 58).
- Odtworzenie wycofanego polecenia – Shift-Ctrl-Z (*Redo* — str. 58);

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

2.5 Okno właściwości (*Properties*) – obsługa i przykład użycia

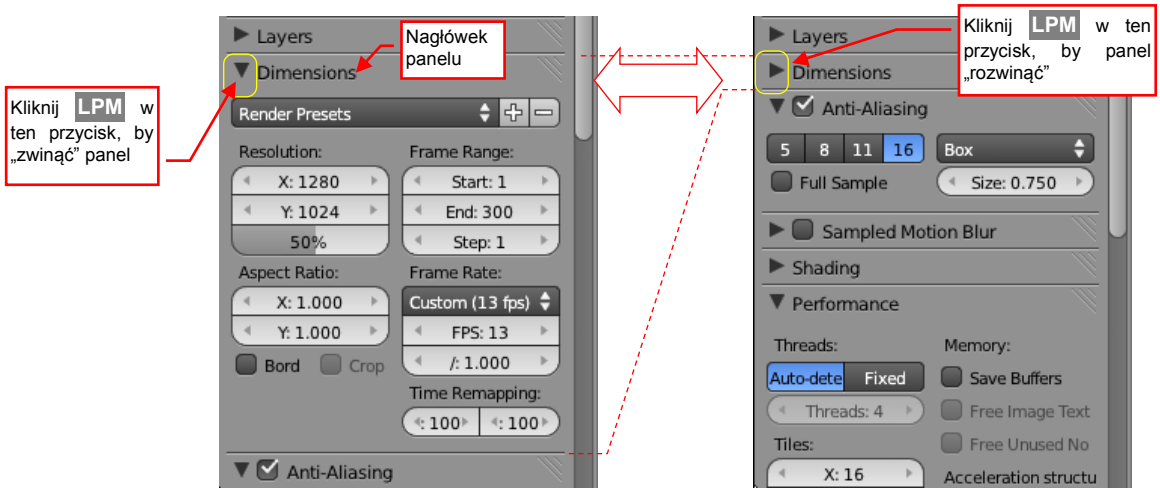
Na koniec tego rozdziału chciałbym pokazać, jak otrzymać produkt końcowy – wyrenderowany obraz modelu Ła-5. W tym celu trzeba będzie coś kliknąć i coś przestawić w oknie właściwości (*Properties*). To okno jest domyślnie umieszczone z prawej strony ekranu Blendera (Rysunek 2.5.1):



Rysunek 2.5.1 Elementy okna właściwości (*Properties*)

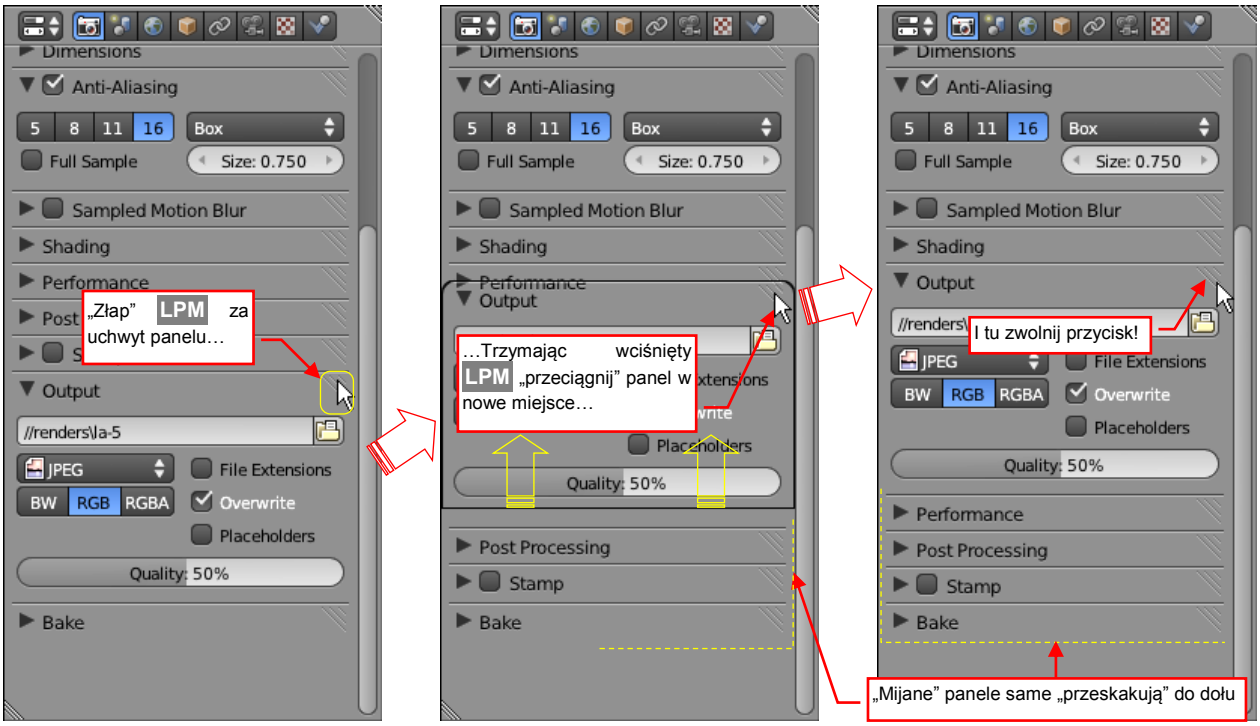
W tym oknie są wyeksponowane wewnętrzne właściwości sceny, modelu, pojedynczej części, materiału, tekstury... Na pierwszy rzut oka roi się w niej od kontrolek. Zacznę więc od wyjaśnienia jego wewnętrznej struktury i sposobu obsługi. W nagłówku okna znajduje się pole wyboru sekcji (zestawu paneli). Poniżej widać tzw. kontekst — czyli rzecz, której dotyczą wyświetlane właściwości. (W przykładzie, który pokazuje Rysunek 2.5.1, jest to aktualna scena, o nazwie **Airborne**). Poniżej są umieszczone ***panele***, grupujące kontrolki związane z jakimś zagadnieniem (*Render*, *Layers, Dimensions*, … — Rysunek 2.5.1).

Każda panel ma nagłówek. Jest w nim wyświetlana nazwa panelu. Z lewej strony nazwy umieszczono przycisk umożliwiający zwijanie i rozwijanie (Rysunek 2.5.2):



Rysunek 2.5.2 Obsługa panelu — zwijanie i rozwijanie

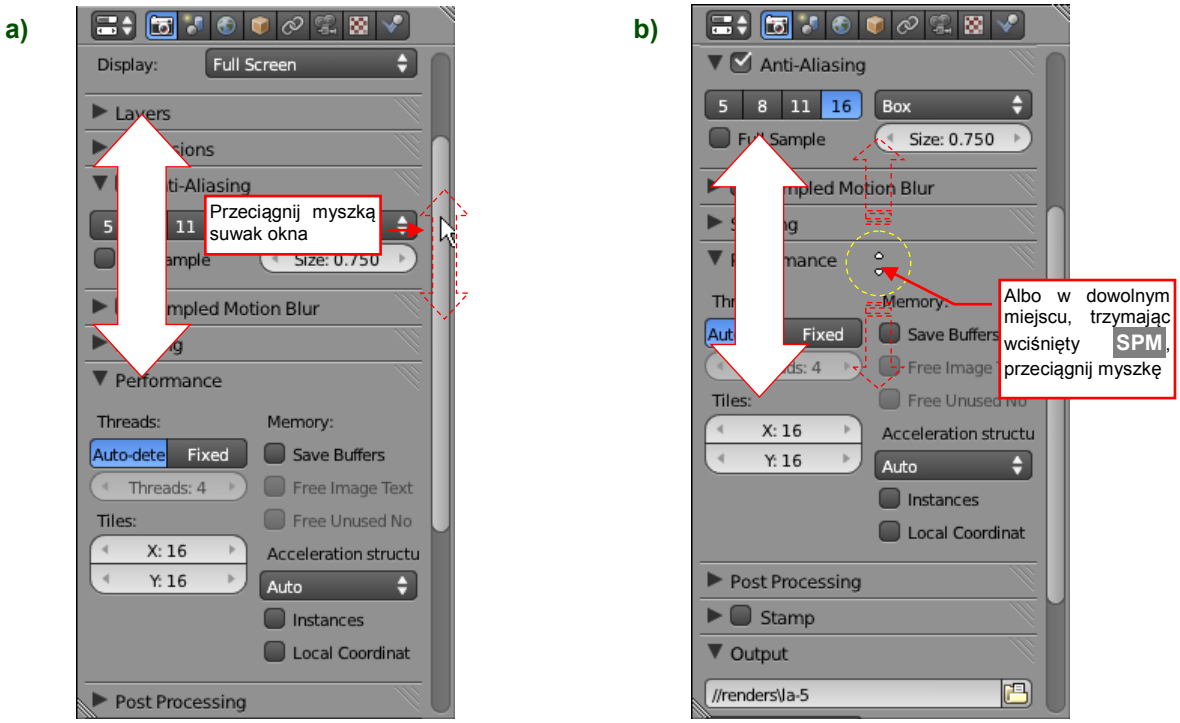
Po prawej stronie nagłówka panelu znajduje się „uchwyt” . Możesz go „złapać” LPM i przesunąć panel w nowe miejsce (Rysunek 2.5.5):



Rysunek 2.5.3 Obsługa panelu — przesuwanie

Pozycje wszystkich paneli (i w ogóle — cały stan interfejsu użytkownika) jest zachowywany w pliku Blendera. (Gdy otworzysz plik, wszystko na ekranie Blendera będzie wyglądać dokładnie tak, jak w momencie wywołania polecenia *File→Save*. To bardzo wygodne)

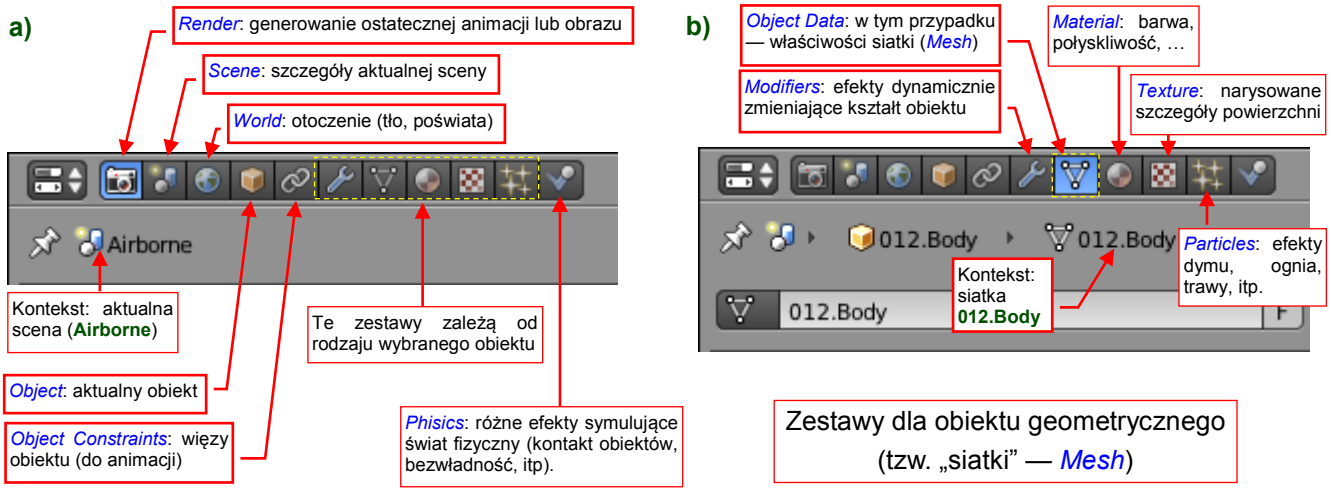
Często panele wybranej sekcji nie mieszczą się na ekranie. Wtedy musisz przesuwać zawartość okna *Properties*. Możesz to zrobić używając suwaka (Rysunek 2.5.4a), umieszczonego przy krawędzi okna, lub po prostu przesuwając myszkę z wciśniętym SPM (Rysunek 2.5.4b):



Rysunek 2.5.4 Okno *Properties* — dwie metody przesuwanie zawartości

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

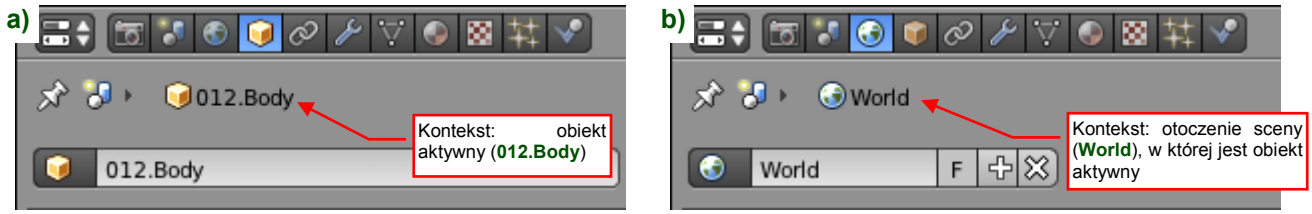
Blender posiada tak dużo różnorodnych paneli, że korzystanie z nich wszystkich jednocześnie jest właściwie niemożliwe. (Za dużo byłoby przewijania w górę i w dół okna). Na szczęście nawet nie ma takiej potrzeby. Innych kontrolek potrzebujesz przy modelowania geometrii, innych do pracy nad materiałami i oświetleniem, a jeszcze innych – do renderowania ostatecznego rezultatu: pojedynczego obrazu lub animacji. Dlatego panele w oknie *Properties* są podzielone na kilkanaście zestawów (sekcji), odpowiadających typowym operacjom. Przełączanie się pomiędzy zestawami odbywa się za pomocą przycisków z ikonami umieszczonych w nagłówku okna (Rysunek 2.5.5):



Rysunek 2.5.5 Typowe zestawy paneli okna *Properties*

Rysunek 2.5.5 przedstawia najczęściej występujący układ sekcji. Tak wygląda nagłówek okna *Properties* dla typowego obiektu „geometrycznego”, z których buduje się modele. Rysunek 2.5.5a) podaje krótki opis zestawów, które zawsze są w nagłówku okna *Properties*, niezależnie od rodzaju aktywnego obiektu. To pięć pierwszych sekcji z lewej: *Render*, *Scene*, *Word*, *Object*, *Object Constraints*, i jedna z prawej: *Phisics*. Rysunek 2.5.5b) wylicza sekcje wyświetlane dla obiektu zawierającego tzw. „siatkę” (*mesh*) — czyli jakieś ściany, krawędzie, wierzchołki.

Przy okazji — zwróć uwagę, że Rysunek 2.5.5a) pokazuje inny kontekst (scenę o nazwie **Airborne**) niż Rysunek 2.5.5b). Dzieje się tak, mimo że na scenie aktywnym obiektem był przez cały czas kadłub samolotu (obiekt **012.Body**). Spróbuj wybrać jeszcze inne sekcje, a zauważysz dalsze różnice (Rysunek 2.5.6):

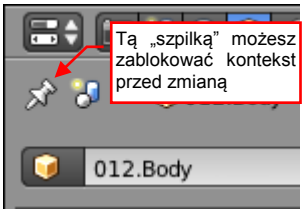


Rysunek 2.5.6 Wyświetlany kontekst zależy od wybranej sekcji

Gdy przełączysz się na zestaw *Object*, Blender wyświetli jako kontekst aktywny obiekt (Rysunek 2.5.6a) — tym razem już bez siatki (por. Rysunek 2.5.5b). Gdy wybierzesz sekcję *World*, w polu kontekstu pojawi się definicja otoczenia w którym znajduje się obiekt aktywny. Z tego samego powodu po wybraniu sekcji *Render* w kontekście pojawia się już tylko scena, w której znajduje się wybrany obiekt (por. z Rysunek 2.5.5a).

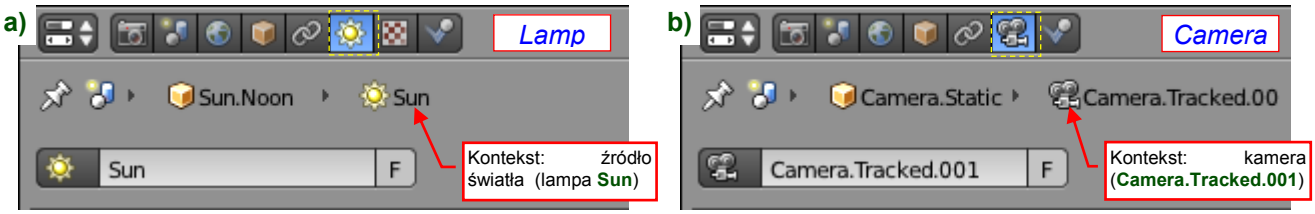
- Wyświetlany tuż pod nagłówkiem okna *Properties* kontekst zawsze wskazuje przedmiot, którego właściwości są udostępnione w panelach poniżej.

Jeżeli nie chcesz, by kontekst zmieniał się wraz ze zmianą aktualnego obiektu aktywnego, można go “przypiąć” do nagłówka umieszczoną z boku “szpilką” (Rysunek 2.5.7). W nagłówku okna pozostaną wówczas wyłącznie te sekcje, które dotyczą tego “przypiętego” kontekstu.



Rysunek 2.5.7 Przypinanie

W Blenderze istnieją także inne rodzaje obiektów, które nie przechowują siatek: np. źródła światła (*Lamp*), albo kamery. Rysunek 2.5.8a) przedstawia sekcje, które są wyświetlane dla obiektów typu *Lamp*, a Rysunek 2.5.8b) — dla obiektów typu *Camera*:



Rysunek 2.5.8 Warianty zestawów dla różnych typów *Object Data*

Jak widać, w sekcji *Object Data*, która dla siatek miała ikonę „trójkąta" (por. Rysunek 2.5.5b), dla źródła światła jest „słoneczko" (Rysunek 2.5.8a). Ikona kamery mówi sama za siebie Rysunek 2.5.8b). Zauważ, że ani kamery, ani lampy, nie mogą mieć przypisanych sekcji cząsteczek (*Particles*) ani materiałów (*Material*), a kamery nie mają także sekcji tekstur (bo nie jest to im do niczego potrzebne).

Tabela 2.5.1 podaje zestawienie zestawów jakich przyjdzie nam używać w dalszych rozdziałach tej książki:

Zestaw	Opis
Render	Obsługa tworzenia ostatecznego obrazu lub animacji (renderowania). Na koniec tej sekcji pokażę, o co chodzi.
Scene	Właściwości sceny, np. wybór aktywnej kamery, ustawienie jakiejś drugiej sceny w charakterze tła. Jeden z dodatków do „pozowania" samolotu (wysuwanie u chowanie podwozia, ruchy sterów, itp.), który będziemy używać (*Handle Panel*) umieszcza swoje panele w tej sekcji.
World	Sterowanie parametrami otoczenia sceny (np. kolor i/lub obraz tła, światło rozproszone, itp.)
Object	Właściwości obiektu: aktualne położenie, orientacja, nazwa, i inne (np. warstwy, na których się znajduje).
Object Constraints	Zarządzanie ewentualnymi ograniczeniami obiektu. (Na przykład — kamera **Camera.Tracked** jest zawsze jest skierowana na model Ła-5, bo ma przypisane ograniczenie *Track To*. To ograniczenie zawsze kieruje wybraną oś kamery na obiekt **Camera.Target**).
Modifiers	Sekcja wyświetlana tylko dla obiektów „geometrycznych" — czyli zawierających siatki (*mesh*). Pozwala w sposób „odwracalny" wzbogacić siatkę o dodatkowe efekty, np. wygładzania powierzchni (powierzchniami podziałowymi Catmull-Clarka), albo wygiąć ją wzdłuż wskazanej krzywej.
, , , … ***Object Data***	Właściwości „zawartości" obiektu: siatki (obiekt typu *Mesh*), albo źródła światła (*Lamp*), albo kamery (*Camera*), albo jeszcze innych typów obiektów (np. linii krzywej — *Curve*).
Material	Ustalanie ogólnych właściwości materiału obiektu (kolor i połyskliwość powierzchni, przejrzystość, rzucanie cieni, i wiele innych aspektów)
Texture	Zarządzanie teksturami. Są to obrazy rastrowe, za pomocą których odwzorowane są drobne nierówności powierzchni (łączenia blach poszycia, nity). Służą także do lokalnych zmiany właściwości materiału — np. koloru (kamuflaż samolotu, zabrudzenia), czy nawet przejrzystości (odwzorowują drobne otwory).
Particles	Z tej sekcji skorzystamy pod koniec książki do zamodelowania trawy lotniska, na którym postawimy nasz model.

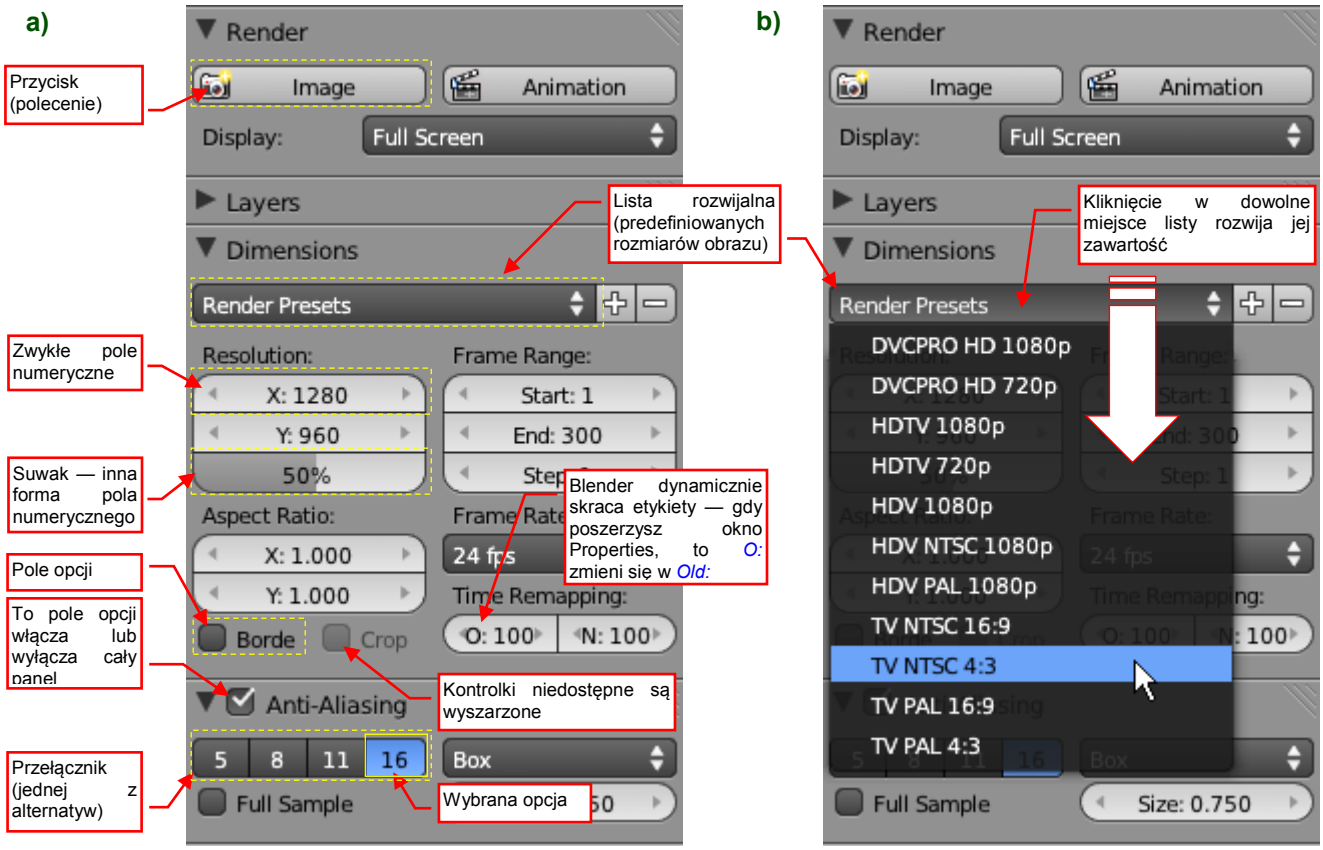
Tabela 2.5.1 Zestawienie wybranych zestawów i podzestawów paneli

Jeżeli takie pojęcia jak „materiał" czy „tekstura" są dla Ciebie dalej abstrakcyjne — nie przejmuj się, wyjaśnię to w dalszych rozdziałach. Tabela 2.5.1 została tutaj umieszczona, abyś wiedział, co należy wybrać, gdy napiszę: „w oknie właściwości przełącz się na zestaw *Material*".

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Wybacz, jeżeli dotychczasowe wprowadzenie było trochę przydługie. Chciałem przybliżyć szczegóły posługiwania się systemem paneli i ich zestawów. W istocie wygenerowanie ostatecznego obrazu lub animacji w Blender możne się sprowadzić do naciśnięcia pojedynczego przycisku. (Za chwilę podam, który to jest). Nim to jednak zrobię, omówię kilka opcji, określających postać obrazu, jaki uzyskamy. Przy tej okazji wyjaśnię pokrótce nietypowe szczegóły kontrolek Blendera.

Przełącz się na zestaw ***Render***. Rysunek 2.5.9 przedstawia podstawowe rodzaje kontrolek, wykorzystywanych przez GUI Blendera na przykładzie paneli z tej sekcji:



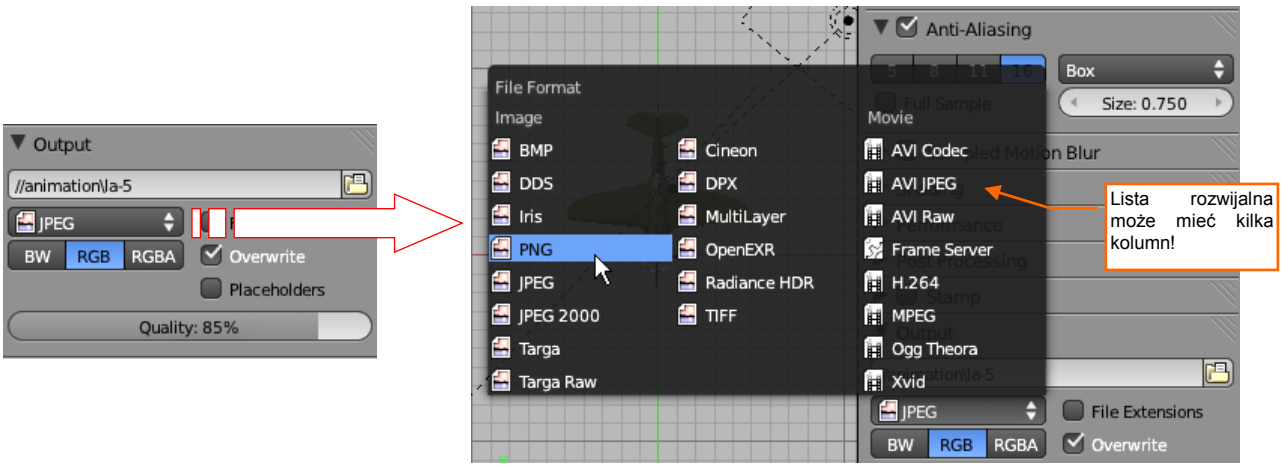
Rysunek 2.5.9 Podstawowe rodzaje kontrolek Blendera

Przyciski (*operation buttons*), umieszczone w panelach, służą do wywołania jakiegoś polecenia (jak np. *Render:Image* lub *Render:Animation*). Tak w ogóle to w oryginalnej terminologii Blendera każda kontrolka jest określana jako jakiegoś rodzaju „przycisk” (*button*). To tradycja, której początki giną w mrokach historii programu. Pewnie dlatego indywidualne etykiety są tu umieszczane wewnątrz list, pól numerycznych, czy przełączników (por. Rysunek 2.5.9a). Trzeba się do tej konwencji przyzwyczaić. Wyłamują się z niej tylko pola opcji (wszędzie indziej określane jako *checkbox*, ale tutaj — jako *toggle button*). To jest jednak stosunkowo świeża modyfikacja, które pojawiła się w wersji 2.5 (we wcześniejszych wersjach tę rolę pełniły przyciski o dwóch stanach: „wciśnięty” i „zwolniony”). Obecne pola opcji są dla nowego użytkownika bardziej czytelne, bo nawiązują do konwencji używanej w popularnych systemach okienkowych.

Tuż pod nagłówkiem panelu *Dimensions* jest umieszczona lista rozwijalna (*menu button*) o nazwie *Render Presets*. Możesz w nią kliknąć (oczywiście LPM) i wybrać jeden z typowych wymiarów obrazu lub animacji (Rysunek 2.5.9b)[1]. Na innych panelach widzisz jeszcze kilka innych list rozwijalnych, służących np. do wyboru jednej z możliwych opcji (np. lista *Render:Display*). Gdy nazwy alternatywnych opcji są krótkie, zamiast listy może być użyty przełącznik (*radio button*) — taki, jak w panelu *Anti-Aliasing* (Rysunek 2.5.9).

[1] Uwaga: gdy wybierzesz z listy *Render Presets* jakąś pozycję, zmianie ulegnie cała zawartość panelu *Dimensions*. Blender podstawi jako *Resolution*, *Aspect Ratio*, *Frame Range*, *Frame Rate* wartości odpowiednie dla wybranego ustawienia. Wykorzystując umieszczony z lewej strony tej listy przycisk [+] możesz dopisać do tej listy pod jakąś nazwą aktualne ustawienia panelu. Ja jednak z tego nie korzystałem.

Czasami lista rozwijalna może mieć kilka kolumn. Pokażę to na przykładzie innej listy. Przesuń panele sekcji *Render* nieco do góry, abyś mógł zobaczyć umieszczony na jej końcu panel ***Output***. Znajduje się na nim lista rozwijalna, w której możesz ustalić domyślny format zapisu wyrenderowanego obrazu (Rysunek 2.5.10):

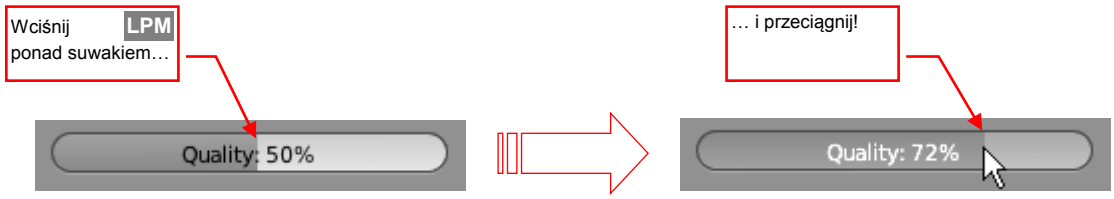


Rysunek 2.5.10 Wybór domyślnego formatu pliku obrazu/animacji — inna postać listy rozwijanej

- Format, ustalony w tym miejscu, dotyczy nie tylko obrazu renderowanego. Nawet zwykły „zrzut" aktualnego ekranu Blendera (Ctrl-F3) jest zapisywany w postaci ustalonej właśnie w tym polu!

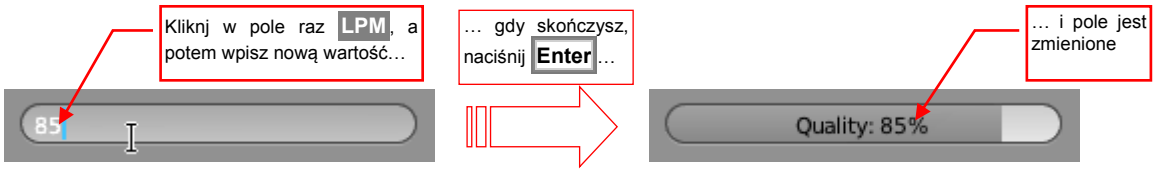
Gdy wybierzemy jako format zapisu ***Jpeg***, warto sprawdzić wartość w polu numerycznym ***Quality*** (Rysunek 2.5.10). Format *Jpeg* jest jednym z tzw. formatów degradujących (jakość obrazu) za cenę mniejszego rozmiaru. Za pomocą wartości *Quality* (wyrażonej w procentach) można sterować kompromisem pomiędzy rozmiarem a jakością. Jeżeli *Quality* = 100%, to żadna degradacja nie zachodzi (każdy piksel obrazu jest pamiętany oddzielnie). Takie pliki będą miały oczywiście największy rozmiar. Osobiście radzę ustalić wartość *Quality* do 85% – daje to jeszcze nie za duży plik, i w miarę dobrą jakość rezultatu.

A jak to wpisać? Zapewne dla większości Czytelników jest to oczywiste, ale opiszę tu to w paru słowach. Być może przy okazji dowiesz się jakiegoś przydatnego szczegółu.
Pole *Output:Quality* jest tzw. „suwakiem" (*slider*) , czyli polem o ustalonym zakresie dopuszczalnych wartości (w tym przypadku to 0% i 100%). Blender wypełnia suwak dwoma barwami, przy czym granica tych kolorów odpowiada aktualnej wartości kontrolki. Wartość suwaka możesz zmienić, przesuwając ponad nim myszką z wciśniętym LPM (Rysunek 2.5.11):



Rysunek 2.5.11 Zmiana wartości pola numerycznego za pomocą myszki

Jeżeli tylko raz klikniesz w pole numeryczne LPM (lub naciśniesz na nim Enter), przełączysz je w stan edycji, w którym możesz po prostu wpisać dokładną wartość (Rysunek 2.5.12):

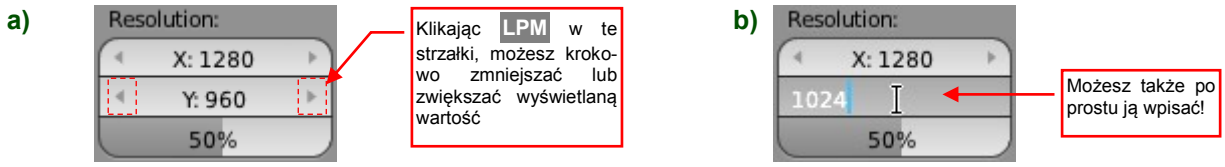


Rysunek 2.5.12 Zmiana wartości pola numerycznego poprzez wpisanie

Co ciekawe – można tu także wpisać wyrażenie arytmetyczne: np. „100/3", a nawet coś z nawiasami! To działa jak kalkulator, podstawiając wynik operacji jako nową wartość pola numerycznego.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Częściej spotykaną postacią pola numerycznego jest wersja „ze strzałkami” . Takie pole może nie mieć ograniczeń na wpisywane wartości. W sekcji ***Dimensions:Resolution*** możesz znaleźć zespół trzech pól numerycznych, sterujących rozmiarem renderowanego obrazu. Dwa górne — ***X*** i ***Y*** — są polami „ze strzałkami”, określającymi szerokość i wysokość rezultatu (w pikselach)[1] (Rysunek 2.5.13):

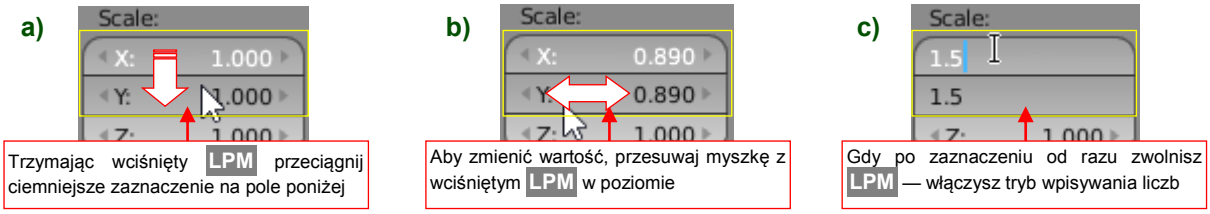


Rysunek 2.5.13 Dwie metody zmiany wartości zwykłego pola numerycznego

Klikając LPM w „strzałki”, umieszczone po lewej i prawej stronie pola, możesz zmniejszać i zwiększać wyświetlaną wartość (Rysunek 2.5.13a). Każde kliknięcie oznacza zmianę o ustaloną „krok” (w tym przypadku — o 1 piksel). To dobre dla jakiś małych poprawek, ale jeżeli to pole ma zawierać zupełnie inną wartość — najlepiej ją bezpośrednio wpisać (jak to pokazuje Rysunek 2.5.13b i Rysunek 2.5.12).

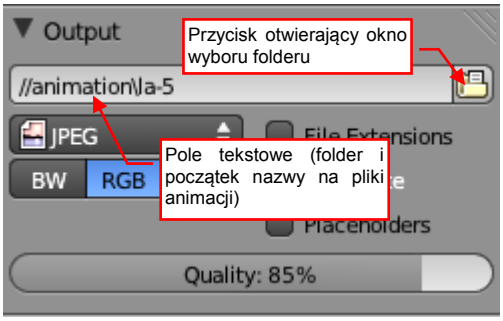
- Naciśnięcie Esc podczas edycji wartości (w sytuacji, jaką pokazuje Rysunek 2.5.13b) oznacza rezygnację ze zmiany.

Każdym polem numerycznym możesz się posługiwać jak suwakiem — przeciągając ponad jego obszarem myszką z wciśniętym LPM (por. Rysunek 2.5.11). Jeżeli będziesz dodatkowo trzymał wciśnięty klawisz Ctrl, wyświetlana wartość będzie się zmieniać o zaokrąglone wartości. To podobna konwencja jak podczas przesuwania obiektów — por. str. 53, Rysunek 2.4.7. Za pomocą myszki możesz take zaznaczyć i zmieniać wartości powiązanych pól (takich, które są umieszczone jedno nad drugim: Rysunek 2.5.15):



Rysunek 2.5.14 Jednoczesna zmiana dwóch powiązanych pól numerycznych

Wróćmy jeszcze na chwilę do panelu *Render:Output*, gdyż zawiera jeszcze jeden rodzaj kontrolki: pole tekstowe (Rysunek 2.5.15).
W pole tekstowe wpisujesz nową wartość tak samo jak to robisz w polu numerycznym — klikasz LPM, wpisujesz, a na koniec naciskasz Enter. Podczas wpisywania są dostępne typowe operacje na tekście: możesz zaznaczyć i usunąć fragment, możesz także go skopiować (Ctrl-C) lub wkleić (Ctrl-V) ze schowka.



Rysunek 2.5.15 Wyspecjalizowane pole tekstowe — wybór pliku lub folder

Zauważ, że pole w tym przykładzie, jest przykładem kontrolki „wyspecjalizowanej” do wybierania ścieżek do plików. Z prawej strony ma niewielką ikonę otwartego folderu. Gdy klikniesz w nią, na ekranie pojawi się okno wyboru plików (podobne do opisanego na str. 256). Możesz w nim wskazać odpowiednią ścieżkę. Oczywiście, możesz także wprost wpisać całą ścieżkę w to pole. Zwróć uwagę, że domyślnie zaczyna się ono od podwójnego ukośnika: „//”. To tak zwany „znacznik ścieżki względnej” (*Relative path*). Czytając

[1] Umieszczony poniżej suwak pozwala uzyskiwać mniejsze wersje obrazów. Jest to kontrolka ułatwiająca testowanie. Im większy rozmiar obrazu wynikowego, tym dłużej się generuje. Dlatego zazwyczaj graficy tworzą w trakcie pracy robocze kopie, o rozmiarach 50% lub 75% wielkości nominalnej, by za każdą próbą nie tracić czasu, przewidzianego raczej na finalny rendering.

ten wpis, Blender zastępuje „//” odpowiednią ścieżką początkową – zazwyczaj miejscem, gdzie znajduje się aktualny plik z rysunkiem. Dzięki temu można przesuwać folder z rysunkiem i wszystkimi plikami towarzyszącymi z jednego miejsca na dysku na drugie. Przy konsekwentnym stosowaniu znacznika „//” na początku ścieżek nie ma niebezpieczeństwa, że Blender nie będzie mógł czegoś znaleźć po takim przeniesieniu.

Myślę, że na tym zakończymy nasze wprowadzenie do okna *Properties* i kontrolek Blendera. (Niektóre panele z okna *Properties* zawierają jeszcze jeden rodzaj formantu: listy. Jednak obsługę takiej złożonej kontrolki GUI zdecydowałem się opisać w oddzielnej sekcji, na stronie 288). Przy okazji zmieniliśmy w panelu *Output* domyślny format zapisu obrazu na *Jpeg* (por. str. 65, Rysunek 2.5.10). Zwiększyliśmy także w panelu *Dimensions* wysokość renderowanego obrazu, na 1024 px (por. str. 66, Rysunek 2.5.13). Czy zwróciłeś uwagę, że od razu zmieniło to proporcje okna kamery, wyświetlanej w jednym z widoków 3D?

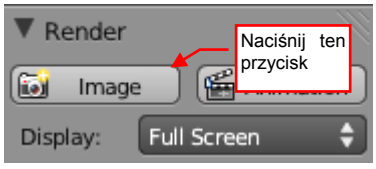
- W Blenderze nie ma prawie wcale przycisków „OK.”, czy „Akceptuj”. Wszystko, co ustawisz za pomocą jakiejkolwiek kontrolki w oknie przycisków lub przybornikach, natychmiast jest odwzorowane na scenie.

Ta „natychmiastowość” efektu jest w zasadzie bardzo wygodna. Bazuje na założeniu, że czas odświeżenia ekranu (wszystkich okien Blendera!) jest bardzo krótki. Gorzej, gdy Twój komputer nie ma żadnego specjalnego akceleratora grafiki. Gdy w trzech różnych oknach 3D masz wyświetlone kilkaset tysięcy ścian takiego modelu jak ten Ła-5, i zaczynasz przesuwać myszką jakiś suwak, możesz zauważyć jego „opór” — wyświetlane w kontrolce wartości nie będą się zmieniać natychmiast. Dzieje się tak dlatego, że każda zmiana tej kontrolki wymaga ponownego narysowania modelu w każdym z okien programu! To nie jest jakaś wielka niedogodność, ale można zmniejszyć takie opóźnienia pracując tylko na warstwach, które są w danym momencie potrzebne (por. str. 38, Rysunek 2.2.4).

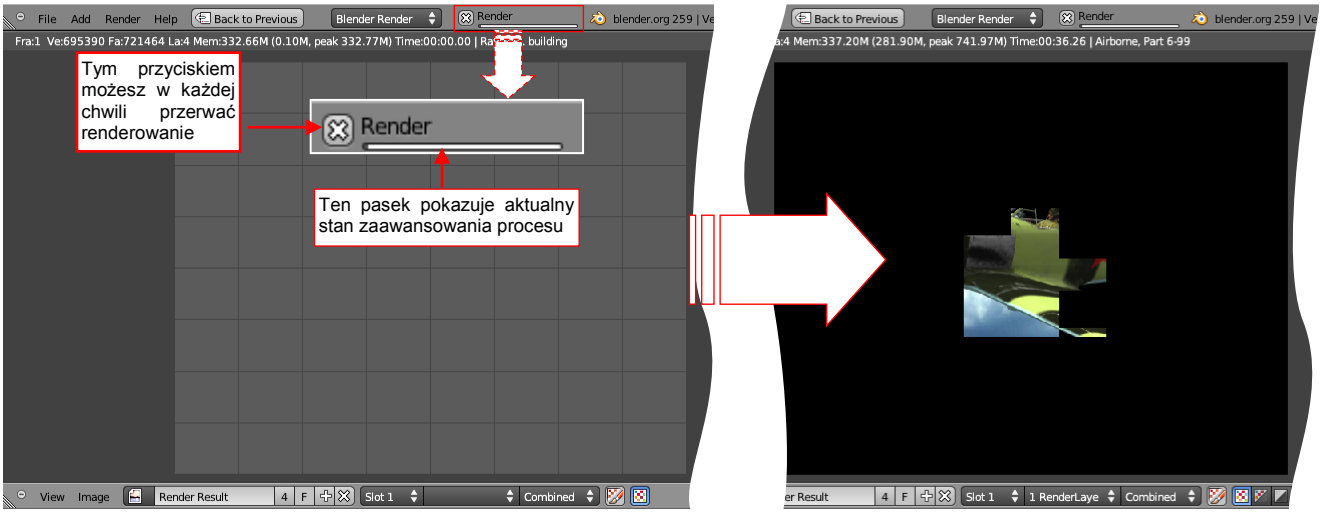
Ustawienia w sekcji *Render* poprawiliśmy, by wygenerować obraz tego modelu Ła-5. Nim jednak naciśniesz ostateczny przycisk, upewnij się, że w oknie widoku są włączone co najmniej następujące warstwy: . (Jeżeli zapomnisz włączyć warstwy nr 11, nie zobaczysz ani skrzydeł, ani kadłuba.)

- Blender renderuje się zawsze tylko to, co jest na widocznych warstwach

Wreszcie – zróbmy to! Naciśnij ten duży przycisk ***Render:Image*** (Rysunek 2.5.16). Możesz także nacisnąć skrót tego polecenia: klawisz F12. Blender wyświetli wówczas na całym ekranie nowe okno, typu *UV/Image Editor*. (Tak działa, gdy masz ustawione *Render:Display* na *Full Screen* — por. Rysunek 2.5.16. W razie czego sprawdź, jak działają pozostałe możliwości z tej listy!). Na początku pole obrazu jest zupełnie czarne, potem coś zaczyna się na nim pojawiać (Rysunek 2.5.17):



Rysunek 2.5.16 Uruchomienie renderowania obrazu modelu



Rysunek 2.5.17 Okno *UV/Image Editor* w trakcie renderowania

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

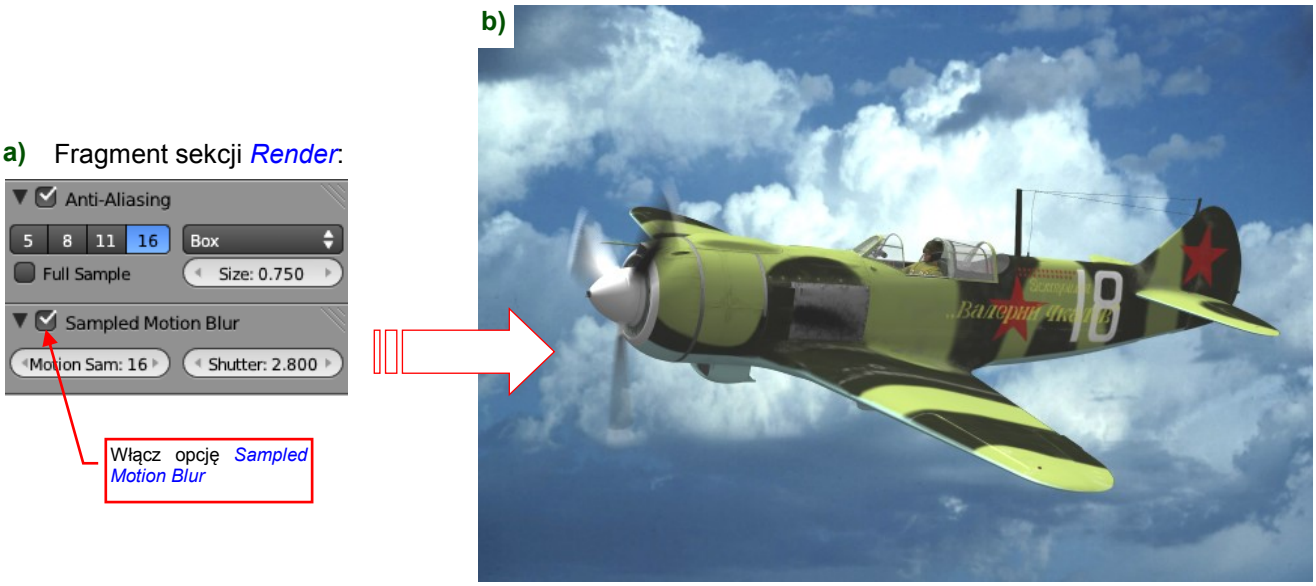
Blender generuje obraz w tle (a dokładniej rzecz biorąc: jest obliczany w oddzielnych wątkach programu). Dzięki temu ekran nadal reaguje na polecenia użytkownika. Na przykład — możesz w dowolnym momencie przerwać ten proces, korzystając z przycisku umieszczonego u góry ekranu, w nagłówku okna *Info* (Rysunek 2.5.17).

Ostatecznie powinieneś uzyskać taki rezultat, jaki przedstawia Rysunek 2.5.18:

Rysunek 2.5.18 Okno obrazu po zakończeniu renderowania

Aby zapisać uzyskany obraz na dysku – naciśnij F3 (lub wybierz z menu polecenie *Image→Save a Copy*). Spowoduje to otwarcie okna wyboru pliku. Możesz tam ustalić, pod jaką nazwą i gdzie obraz będzie zachowany. (W tym oknie możesz także zmienić domyślny format zapisu na inny — na przykład z ***Jpeg*** na ***PNG***).

Gdybyś chciał uzyskać efekt rozmycia ruchu wirujących łopat śmigła — włącz w sekcji *Render* panel ***Motion Blur*** (Rysunek 2.5.19a), po czym ponownie uruchom renderowanie i uzbrój się w cierpliwość:



Rysunek 2.5.19 Ten sam obraz, ale z rozmytymi łopatami wirującego śmigła

Dlaczego piszę o cierpliwości? Bo w przypadku tego modelu efekt rozmycia ruchu został uzyskany najprostszą, lecz najbardziej kosztowną obliczeniowo metodą: *Sampled Motion Blur*. W tym trybie Blender tworzy tyle oddzielnych obrazów modelu, ile jest wpisane polu *Sampled Motion Blur:Motion Samples* (w tym przypadku to 16 — por. Rysunek 2.5.19a). Każdy z nich odpowiada kolejnej klatce (*frame*) animacji. Potem rezultat jest łączony, i powstaje efekt rozmycia.
Jeżeli pojedynczy obraz, taki jaki pokazuje Rysunek 2.5.18, generował się na moim komputerze przez 34s, to po włączeniu *Sampled Motion Blur* będzie generowany 16 x 34s, czyli 9 minut. Ten czas wydłuży się proporcjonalnie do liczby pikseli (tzn. powierzchni) obrazu, gdy ustawię jego większe rozmiary. Bardziej optymalne czasowo metody uzyskania rozmycia ruchu dla wirującego śmigła opisałem w rozdziale o kompozycji, pod koniec książki (por. Tom IV).

Podsumowanie

- Kontrolki w oknie właściwości są pogrupowane w tematyczne „zasobniki” – panele (str. 60);
- Panele są pogrupowane w zestawy (sekcje), odpowiednie dla różnych etapów pracy nad sceną lub animacją (str. 60, 63);
- Przełącznik, umieszczony w nagłówku okna *Properties*, pozwala na szybki wybór odpowiedniego zestawu. (str. 60, 62);
- Okno *Properties* dobiera wyświetlany w nagłówku zestaw paneli do aktualnego kontekstu (obiektu aktywnego) (str. 62)
- Zawartość okna *Properties* można swobodnie przesuwać w górę i w dół (str. 61). Dzięki temu każda sekcja może zawierać więcej paneli, niż te które są widoczne na ekranie;
- Panele okna przycisków można przesuwać (tzn. zmieniać kolejność w zestawie — str. 61) i zwijać „w pasek” (str. 60). Te ustawienia są zapamiętywane przy zapisaniu pliku rysunku;
- Poznałeś podstawowe kontrolki Blendera, takie jak przycisk (*operation button* – str. 64), lista rozwijalna (*menu button* — str. 64, 65), pole opcji (*checkbox* albo *toggle button* — str. 64), przełącznik (*radio button* — str. 64) oraz pole numeryczne (*numeric button* — str. 65, 66) i tekstowe (*text button* — str. 66);
- Wszystko co zmienisz w oknie *Properties* jest natychmiast widoczne na modelu lub scenie. Stąd w Blenderze prawie w ogóle nie spotyka się przycisków *OK*. lub *Accept*, znanych Ci z okien dialogowych innych programów;
- Aby wygenerować ostateczny obraz sceny, należy nacisnąć przycisk *Render:Image* (str. 67);
- Rezultat renderowania można zapisać do pliku na dysku poleceniem *Image→Save* (skrót: F3 — str. 68);
- Efekty specjalne, jak rozmycie ruchu, wydłużają czas renderowania (str. 68);

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rozdział 3. Formowanie samolotu

W tym rozdziale zaczynamy "regularną" pracę z Blenderem. Z własnego doświadczenia radziłbym zapisywać stan pracy, osiągnięty na koniec każdego dnia, do oddzielnego pliku. (Więcej na ten temat znajdziesz na str. 259).

Na wszelki wypadek zapoznaj się także ze sposobem odzyskiwania danych — na str. 270. (Choć na tym etapie nie spodziewam się żadnych kłopotów z Blenderem — to naprawdę stabilny program)

Pierwsze sekcje tego rozdziału będą bardzo szczegółowo opisywać poszczególne kroki w formowaniu coraz bardziej złożonych elementów. Chcę w ten sposób zaznajomić Czytelników, którzy to robią po raz pierwszy, z typowymi sposobami pracy z siatkami Blendera. Zaczniemy więc od nieskomplikowanej bryły obrotowej — kołpaka śmigła. Potem do tego dodamy coś bardziej skomplikowanego — łopatę (śmigła, oczywiście). Następnie zajmiemy się formowaniem płata. Skrzydło ma w zasadzie obrys (w rzucie z góry) trapezu, któremu zaokrąglono końcówkę. Końcówka płata w P-40 jest dość trudna do prawidłowego uformowania[1], więc omówiłem ją w oddzielnej sekcji. Stosuję tam m.in. odcinanie powierzchni inną powierzchnią (stworzyłem specjalny dodatek Blendera, który do tego służy). Sądzę, że po ukończeniu skrzydła będziesz już dobrze znał większość "tricków" pozwalających uzyskać w Blenderze taki kształt, jaki jest potrzebny. Stateczniki to właściwie powtórzenie w uproszczonej wersji formowania płata, więc nie poświęcam im wiele miejsca. Potem uformujemy najbardziej złożony element — kadłub.

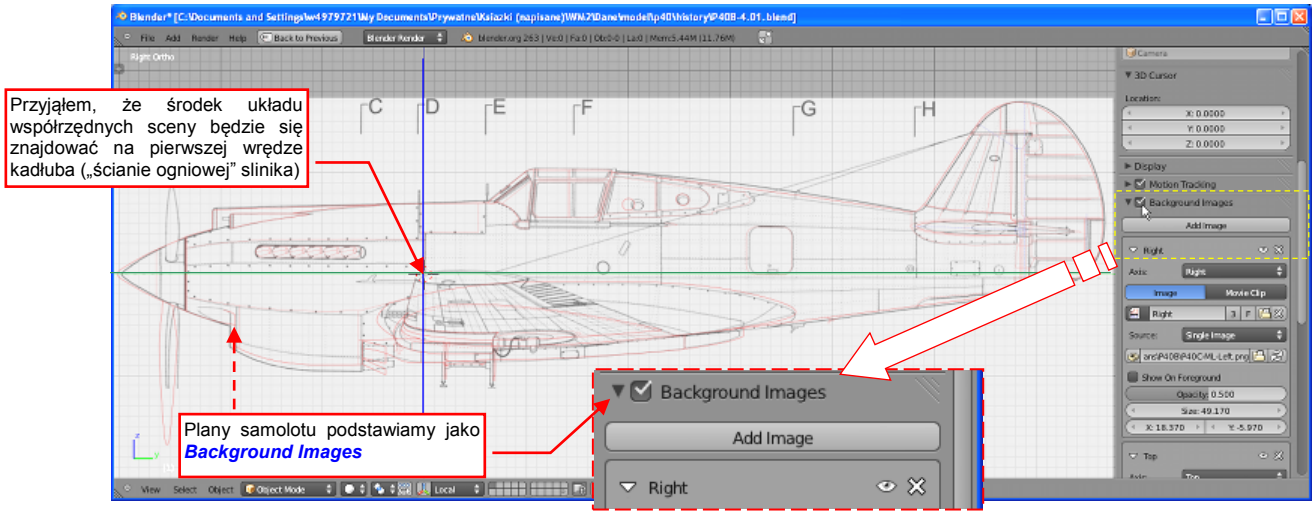
- W tym rozdziale będziemy wykorzystywać materiały z towarzyszącego tej książce pliku *source.zip*. Rysunki **.blend*, odpowiadające rezultatom poszczególnych sekcji rozdziału znajdziesz w pliku *p40.zip*. (Po rozpakowaniu tego pliku — w jego folderze *model\p40\history*. Adres internetowy, z którego można je pobrać, znajdziesz na. str. 18).

Nazwa każdego z towarzyszących temu rozdziałowi plików **.blend* składa się z przedrostka „P40B-„ i numeru sekcji, której dotyczy. (Np. plik z rezultatem sekcji 3.1 nosi nazwę *P40B-4.01.blend*, a z rezultatem sekcji 3.2 — *P40B-4.02.blend*). Aby podstawić jakieś rysunki referencyjne i nie naruszyć praw innych autorów, w plikach *P40B-*.blend* używam własnych planów P-40, które opracowałem w 2011r. Te rysunki powstały na podstawie ukończonego w Blenderze P-40, więc w pewnych miejscach mogą nie być zgodne z prezentowanym kształtem siatki samolotu. To dlatego, że model tworzyłem w oparciu o zmodyfikowane (por. Tom I) plany Jacka Jackiewicza i Mariusza Łukasika, które przedstawiam na ilustracjach. Czasami te rysunki także zawierały błędy, co opisuję w poszczególnych sekcjach tego rozdziału. Plany, podstawione pod modelem w opublikowanych plikach przedstawiają zawsze ostateczny kształt, po wszystkich poprawkach — i stąd różnice.

[1] Jest zadarta do góry, jakby ucięto płat pod dużym kątem, a potem zaokrąglono brzegi i uwypuklono dolną powierzchnię. Podobne zakończenie miały płaty *F4U Corsair* i *P-38*. Jeśli pominiemy eliptyczne skrzydło *Spitfire*, to inne samoloty z tego okresu mają prostsze kształty końcówek.

3.1 Przygotowanie pliku Blendera

Skonfiguruj środowisko Blendera tak, jak jest to podane na str. 261. Do odtworzenia geometrii samolotu, wykorzystamy rysunki przygotowane we wcześniejszych rozdziałach. Na początek scal wszystkie okna *3D View* w jedno. Wykorzystując panel ***Background Images*** z przybornika *Properties* umieść w tle widoku plany samolotu[1] (Rysunek 3.1.1):



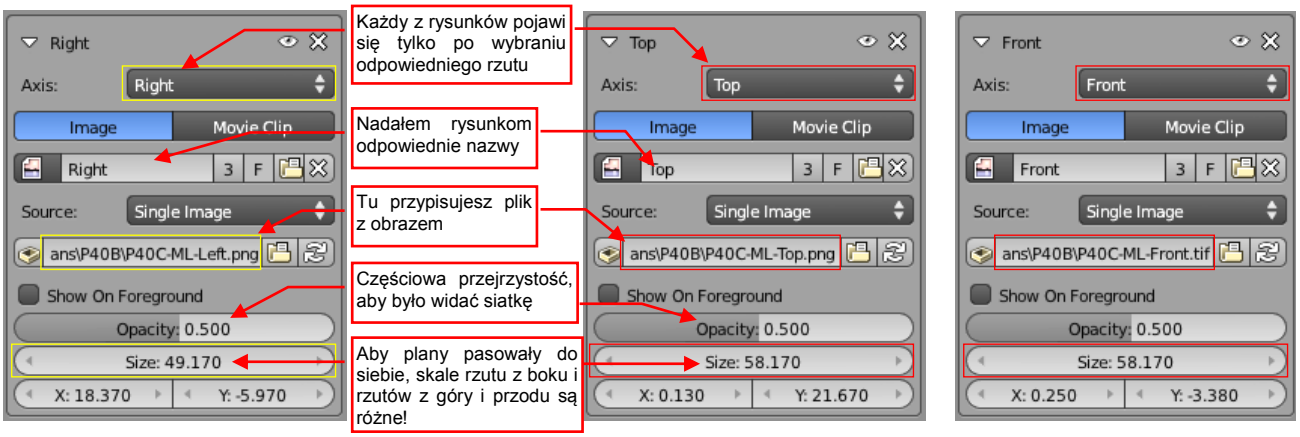
Rysunek 3.1.1 Ustawianie planów samolotu w tle okna *3D View*

Podczas wstawiania rysunków tła, musisz zdecydować, jaką długość "w świecie rzeczywistym" ma reprezentować 1 jednostka długości w Blenderze.

- Przyjąłem, że 1 jednostka Blendera odpowiada 10 cm na prawdziwym samolocie.

Dlaczego akurat taka skala? Obraz tła w Blenderze można maksymalnie powiększyć do prostokąta, w którym dłuższy bok ma rozmiar 500 jednostek. To za mało, by dla 10-metrowego samolotu zastosować np. skalę 1 jednostka = 1cm. (Obraz tła musiałby mieć wtedy rozmiar dwa razy większy, niż dopuszcza Blender: 1000 jednostek)[2]. Szczegółowy opis ustawiania rysunków z planami w oknach *3D View* znajdziesz na str. 275.

Rysunek 3.1.2 przedstawia szczegóły ustawień trzech podstawowych rzutów naszego P-40:



Rysunek 3.1.2 Przykład ustawienia podstawowych rzutów samolotu w panelu *Background Images*

[1] Jeżeli nie posiadasz własnych (tzn. zeskanowanych) planów samolotu, możesz wykorzystać te, które dołączyłem do materiałów towarzyszących tej książce. Znajdziesz je w podfolderach katalogu *source\plans* (por. str. str. 18);

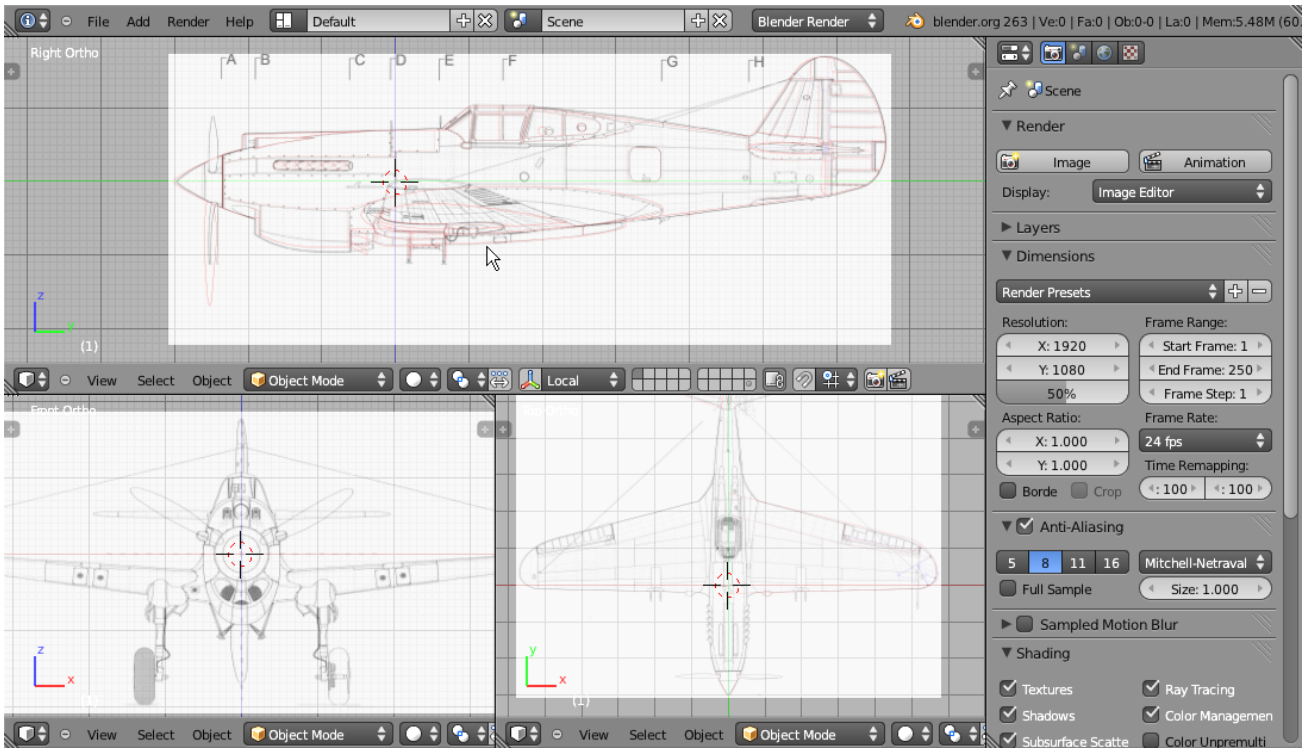
[2] Pomysł użycia w charakterze jednostki cali także zarzuciłem — jednostki Blendera są dziesiętne, a wszelkie wymiary P-40 były wyrażane w calach i stopach (cal to $^1/_{12}$ stopy). W dodatku, przynajmniej w latach 40-tych, w USA, ułamki cala wyrażano na rysunkach technicznych nie jako ułamki dziesiętne, lecz zwykłe: $^1/_4$, $^9/_{16}$, ... Musieli mieć chyba specjalne podziałki na swoich linijkach, by się w tym połapać!

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Zwróć uwagę że każdy z obrazów jest przypisany do odpowiedniej osi (*Axis*— Rysunek 3.1.2). Dzięki temu ustawieniu rzut z boku będzie się podstawiał tylko wtedy, gdy naciśniesz 3, rzut z góry — 7, a rzut z przodu — 1. Uważam, że tak jest wygodniej, bo w ten sposób plany nie przeszkadzają w oglądaniu modelu w rzucie perspektywicznym.

Obrazy, podstawione na wszystkich rzutach, muszą być umieszczone w przestrzeni w sposób spójny. Jaki punkt przyjąć jako środek sceny (punkt o współrzędnych 0,0,0)?. Z osią **Y** nie ma problemu — leży w osi śmigła (kadłuba). W jakim jednak punkcie kadłuba umieścić "bazową" płaszczyznę **XZ**? To zależy od konstrukcji modelowanego samolotu. W przypadku innych samolotów często jako powierzchnię bazową przyjmowałem płaszczyznę podstawy kołpaka śmigła. Dla tej konstrukcji wolę jednak ustalić "bazę" w takim miejscu kadłuba, które nie ulegało zmianie pomiędzy kolejnymi wersjami. (Nosy P-40 uległy zmianie trzy razy, a licząc to z P-36 — aż pięć). Proponuję ustawić rysunki tak, by punkt (0,0,0) sceny leżał na pierwszej wręgdze kadłuba (Rysunek 3.1.1). Na rysunkach fabrycznych widać, że ta płaszczyzna była także wykorzystana jako baza do wymiarowania płata (i leżał na niej przedni dźwigar skrzydła). W obszarze za wręgą, w której umieściłem środek układu współrzędnych, zmiana kształtu kadłuba zaszła tylko dwa razy. (Mam na myśli przebudowę górnej części kadłuba w P-40D i wydłużenie ogona w P-40L). Kształt skrzydeł P-36/P-40, i kształt usterzenia poziomego, oraz ich wzajemne położenie, nie uległo zmianie przez całą historię konstrukcji[1].

Gdy uzgodniłeś położenie planów we wzorcowym oknie *3D View*, możesz je podzielić na trzy lub cztery okna (Rysunek 3.1.3):

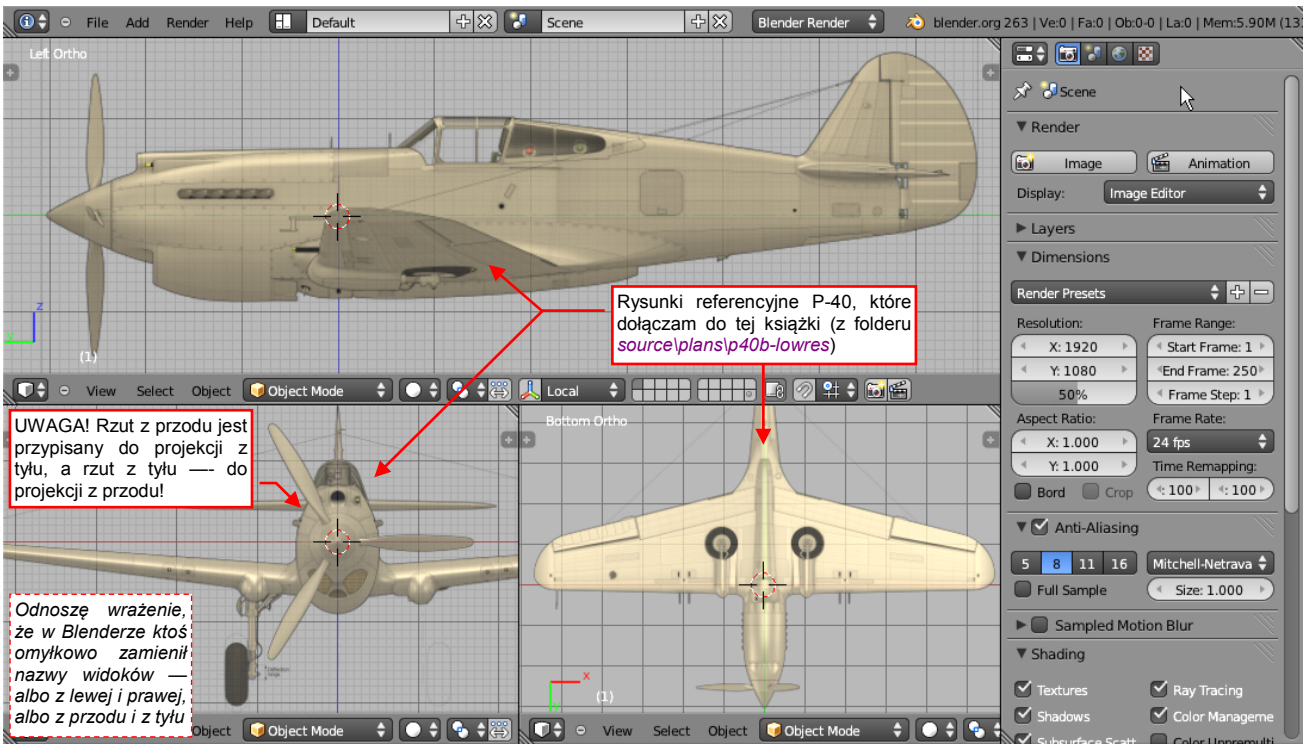


Rysunek 3.1.3 Przykład ustawienia podstawowych rzutów samolotu

To układ ekranu w którym będziemy formować nasz model. Każde ze „sklonowanych” w ten sposób okien dziedziczy po pierwowzorze przypisane obrazy tła. Dzięki temu w po wybraniu odpowiedniej projekcji — z boku, z przodu lub z góry — w każdym widoku 3D podstawi Ci się odpowiedni rysunek referencyjny.

[1] Skrzydła P-36 różniły się od skrzydeł P-40 innymi osłonami podwozia. P-40 miał także większe koła podwozia głównego. (Do tego stopnia, że trzeba było lokalnie wygiąć tylny dźwigar, który w P-36 był prosty). W P-40 zmieniono szczegóły wyważenia aerodynamicznego lotek i sterów, jednak zewnętrzny obrys skrzydeł i usterzenia pozostał niezmienny. (Nowe wyważenie, wraz ze zmienionym przełożeniem sił z drążka sterowego, pozwoliło uzyskać „lżejsze” w porównaniu z P-36 stery przy większych prędkościach lotu. Zaowocowało to bardzo dobrą zwrotnością, dzięki której myśliwiec Curtissa potrafił „kręcić” beczki niemal tak szybko jak fenomenalny pod tym względem Focke-Wulf 190).

Niestety, nie mogłem do tej publikacji dołączyć oryginalnych rysunków, których użyłem do budowy modelu (bo byłoby to naruszenie praw ich Autorów). Zamiast tego opracowałem własne plany, które zobaczysz w przykładowych plikach **.blend*, towarzyszących każdej z sekcji tego rozdziału (Rysunek 3.1.4):



Rysunek 3.1.4 Zawartość pliku *P40B-4.01.blend*, towarzyszącego tej książce

Te obrazy to rendery ukończonego modelu P-40B, wykonane z wykorzystaniem specjalnej „kamery ortogonalnej" i cieniowania „z konturem", jak dla kreskówek. W chwili obecnej to chyba jedyne rysunki P-40 stworzone na podstawie trójwymiarowego modelu. Dzięki tej technice uzyskałem na nich wysoką zgodność pomiędzy poszczególnymi rzutami samolotu, która jest praktycznie niemożliwa do osiągnięcia na planach kreślonych metodami tradycyjnymi.

- Przykładowe pliki **.blend* dla tego i następnych rozdziałów znajdziesz w folderze *model\p40\history* (por. str. 18). Nazwa każdego z nich składa się z przedrostka „P40B-„ i numer sekcji, której dotyczy. (Np. plik dla tej sekcji nosi nazwę *P40B-4.01.blend*, a dla następnej — *P40B-4.02.blend*).

- Choć w przykładowych danych wykorzystuję moje rysunki, to na ilustracjach w tej książce pokazuję oryginalne plany (których przygotowanie opisuje Tom I). Sądzę, że w ten sposób lepiej zaprezentuję typowe niezgodności, z jakimi możesz się zetknąć podczas pracy ze zwykłymi (tzn. zeskanowanymi) rysunkami referencyjnymi!

Podsumowanie

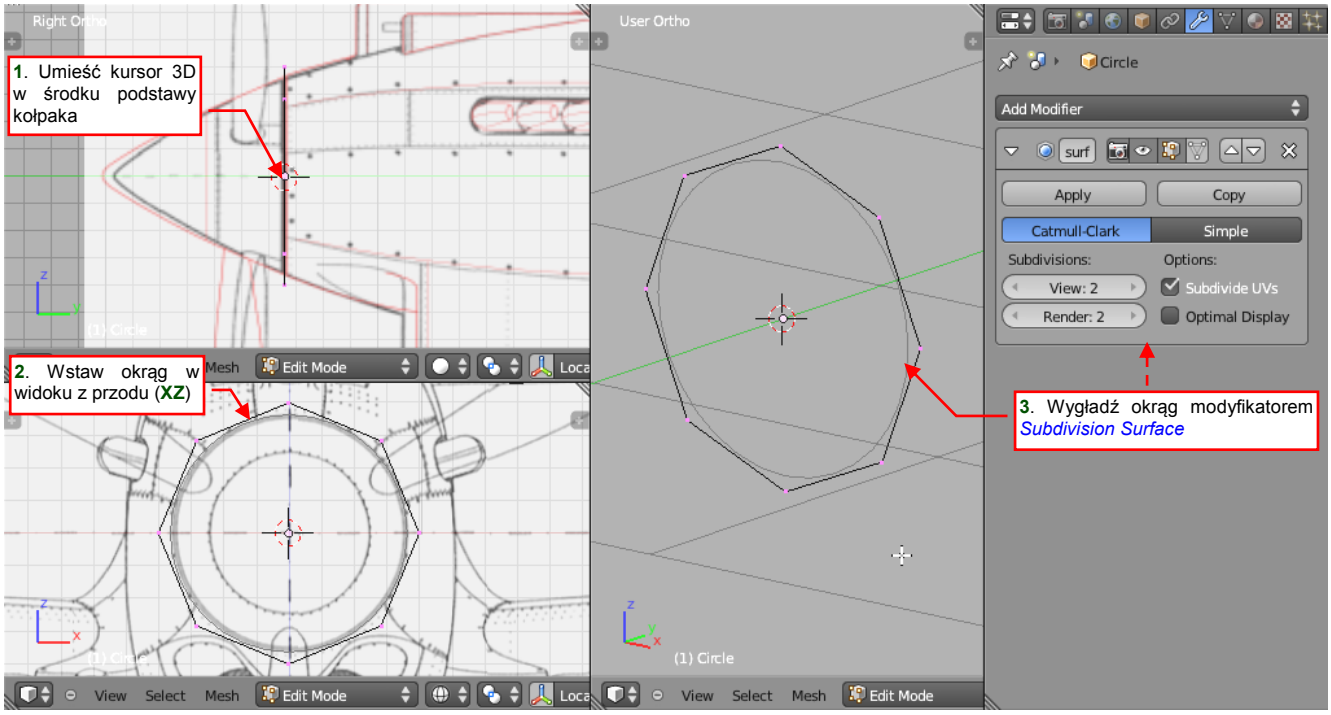
- Na poczatku określić „skalę" modelu — tzn przelicznik rzeczywistych wymiarów samolotu na Jednostkę Blendera. Dla samolotów jednosilnikowych proponuję przyjąć że 1 Jednostka = 10 cm (str. 71);
- W Blenderze możesz podstawić rysunki referencyjne samolotu jako tło okna *3D View*. Służy do tego panel ***Background Image***, umieszczona w panelu właściwości takiego okna (str. 71). Takie rysunki znacznie ułatwiają modelowanie;
- Najlepiej przypisać wszystkie rysunki referencyjne do poszczególnych osi pojedynczego okna *3D View*. Każdy obraz z rzutem samolotu trzeba dopasować do pozostałych obrazów i do założonego rozmiaru sceny. Po uzgodnieniu można powielić takie okno w 3 lub 4 obszary (str. 72);
- Każdej sekcji tego rozdziału towarzyszy przykładowy plik Blendera (o nazwie *P40B-<nr sekcji>.blend*);

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

3.2 Kołpak śmigła

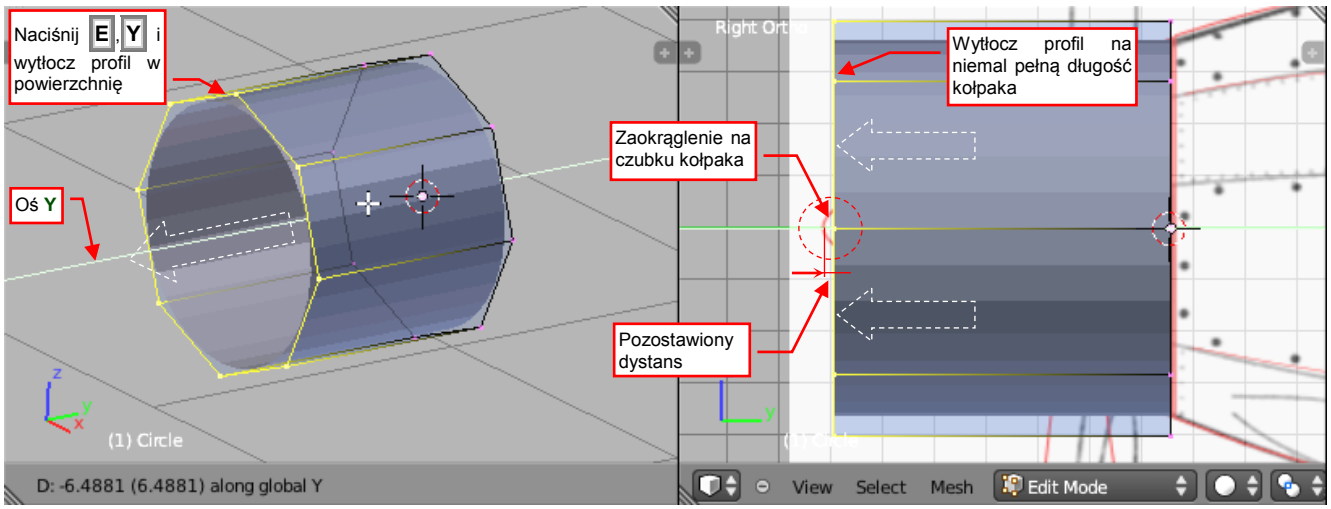
Modelowanie zaczniemy od kołpaka śmigła. Specjalnie wybrałem na początek tak nieskomplikowany kształt. Opiszę jego formowanie trochę dokładniej, abyś, jeżeli jest to Twoja pierwsza praca w Blenderze, miał okazję poznać podstawowe techniki kształtowania powierzchni. Obowiązkowo korzystaj w takim przypadku z odsyłaczy do szczegółowych opisów czynności!

Kołpak śmigła zacznij od umieszczenia kursora 3D tam, gdzie ma się znaleźć środek jego podstawy (jak — str. 272). (Pamiętaj, że to miejsce stanie się środkiem nowo utworzonego obiektu). Następnie, w rzucie z przodu, utwórz okrąg o promieniu nieco większym od podstawy kołpaka (można użyć polecenia *Add→Mesh→Circle*, ale lepiej to zrobić tak, jak opisałem na str. 292). Liczba wierzchołków nie musi być zbyt duża — uważam że po wygładzeniu modyfikatorem *Subdivision Surface* 8 krawędzi zupełnie dobrze odwzoruje okrąg. Rysunek 3.2.1 pokazuje, jak powinien wyglądać efekt tych dwóch czynności:



Rysunek 3.2.1 Początkowy okrąg, z którego powstanie kołpak śmigła

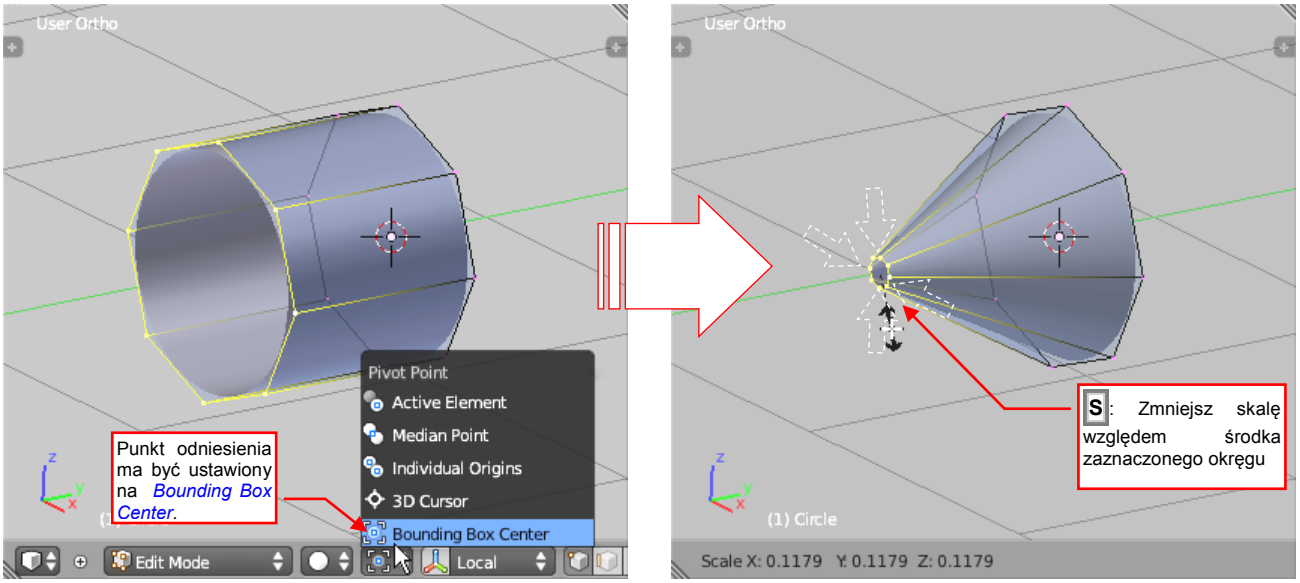
Przełącz się w *Edit Mode* (Tab) i wytłocz utworzony okrąg na całą długość kołpaka wzdłuż osi **Y** (E,Y lub *Mesh→Extrude* — str. 339). Zatrzymaj się przed jego czubkiem. Rysunek 3.2.2 pokazuje przebieg operacji:



Rysunek 3.2.2 Wytłoczenie (*Extrude*) okręgu w powierzchnię

Po wytłoczeniu warto poprawić metodę cieniowania, aby powierzchnia wydawała się doskonale gładka (*Mesh→Faces→Shade Smooth*, patrz str. 342) .

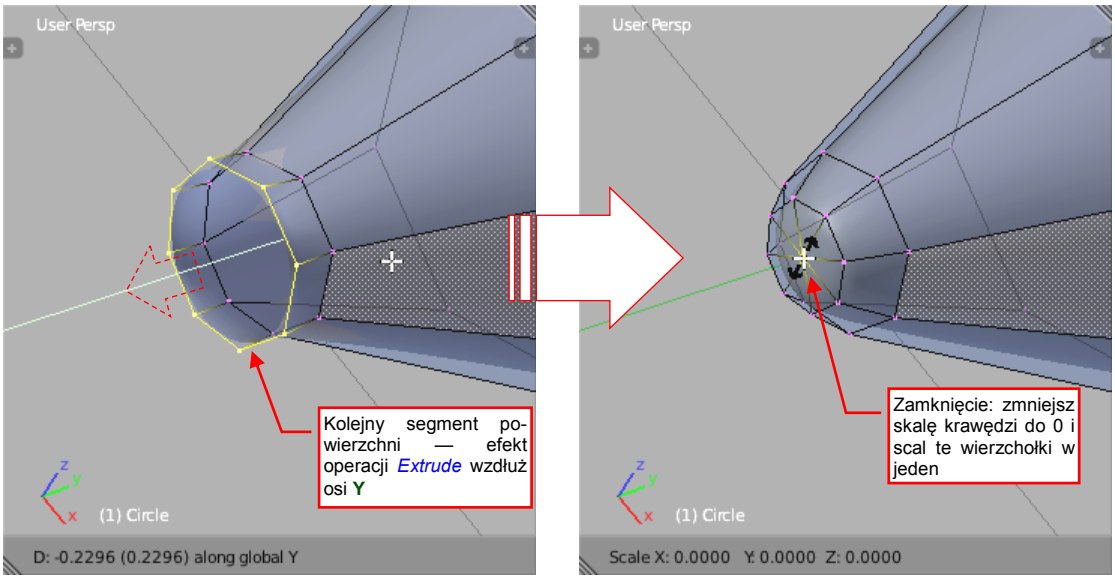
Ustaw tryb środka transformacji na *Bounding Box Center* (, Rysunek 3.2.3) . Następnie zaznacz przednią krawędź powierzchni. i zdecydowanie zmniejsz ją poprzez zmianę skali (S, albo *Mesh→Transform→Scale* — str. 334) . Rysunek 3.2.3 pokazuje przebieg operacji:



Rysunek 3.2.3 Uformowanie zarysów kształtu kołpaka

Rozmiar końca stożka dobierz tak, by był zbliżony do zaokrąglenia końcówki kołpaka (skorzystaj z rysunków widocznych na rzucie z boku).

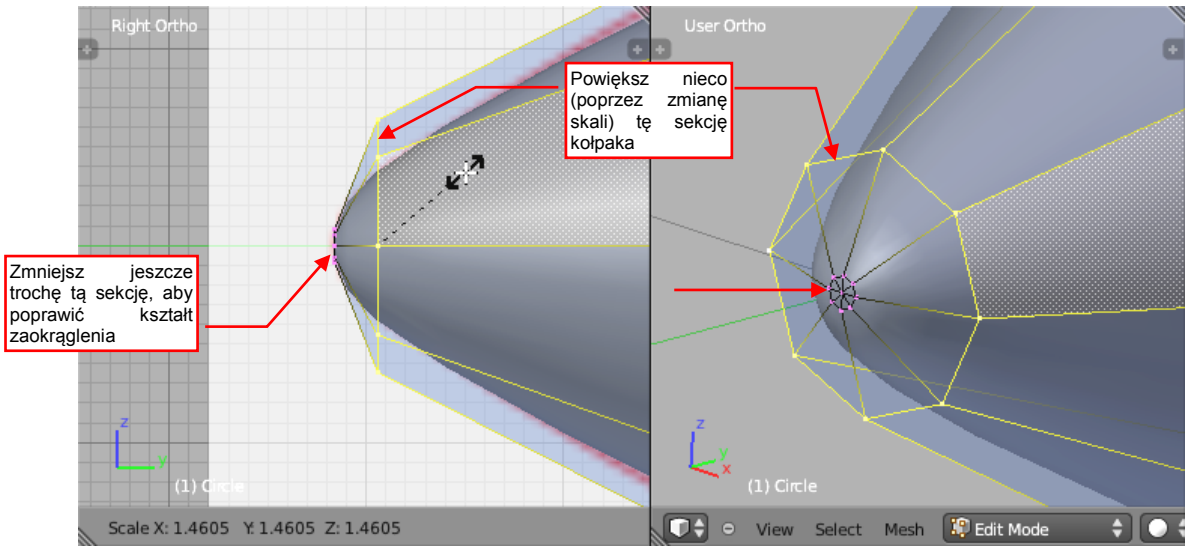
Zaokrąglenie noska formujemy poprzez "wytłoczenie" (str. 339) z końcówki powierzchni jej kolejnego segmentu (Rysunek 3.2.4). Przesuń nową krawędź do przodu o promień nosa kołpaka. Zmniejsz ją (poprzez zmianę skali) do mniejszej średnicy. Aby zamknąć siatkę, wygeneruj jeszcze jedną krawędź, poprzez kolejne wytłoczenie. Potem jej nie przesuwaj, tylko "zsuń" wszystkie wierzchołki (poprzez zmianę skali do 0) w jeden punkt. Zamień je w pojedynczy wierzchołek poprzez scalenie (*Mesh→Vertices→Remove Doubles*, str. 344) . Rysunek 3.2.4 pokazuje rezultat tej operacji:



Rysunek 3.2.4 Formowanie zaokrąglonego noska

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

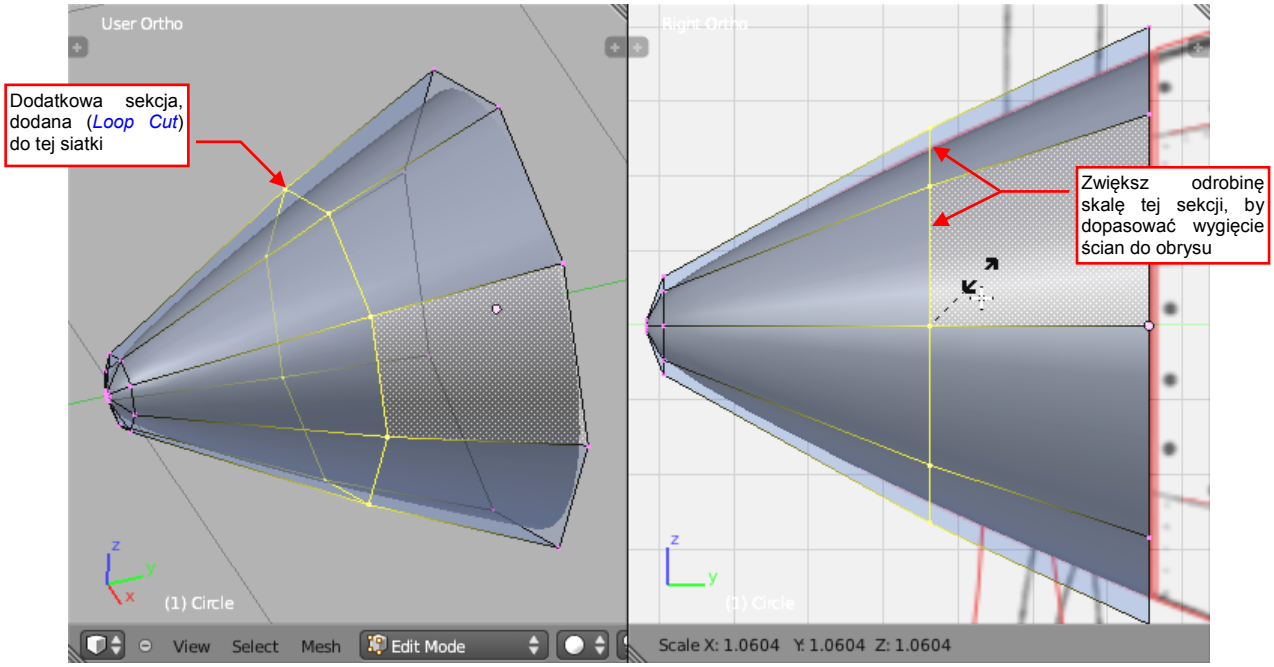
Zaokrąglenie, jakie uzyskaliśmy, warto jeszcze zestawić z rzutem z boku (sylwetką narysowaną czerwoną linią — poprawialiśmy plany w tym miejscu). W przypadku naszej siatki konieczne okazało się dodatkowe zmniejszenie ostatniej (nie licząc końcowego wierzchołka) sekcji (Rysunek 3.2.5):



Rysunek 3.2.5 Dopasowywanie zaokrąglenia do zadanego obrysu

Zwróć uwagę, że ostatnia sekcja i wierzchołek zamykający cały stożek leżą na tej samej płaszczyźnie. Taką "tarczkę" najlepiej jest umieszczać jako zakończenie wszelkich kulistych zaokrągleń.

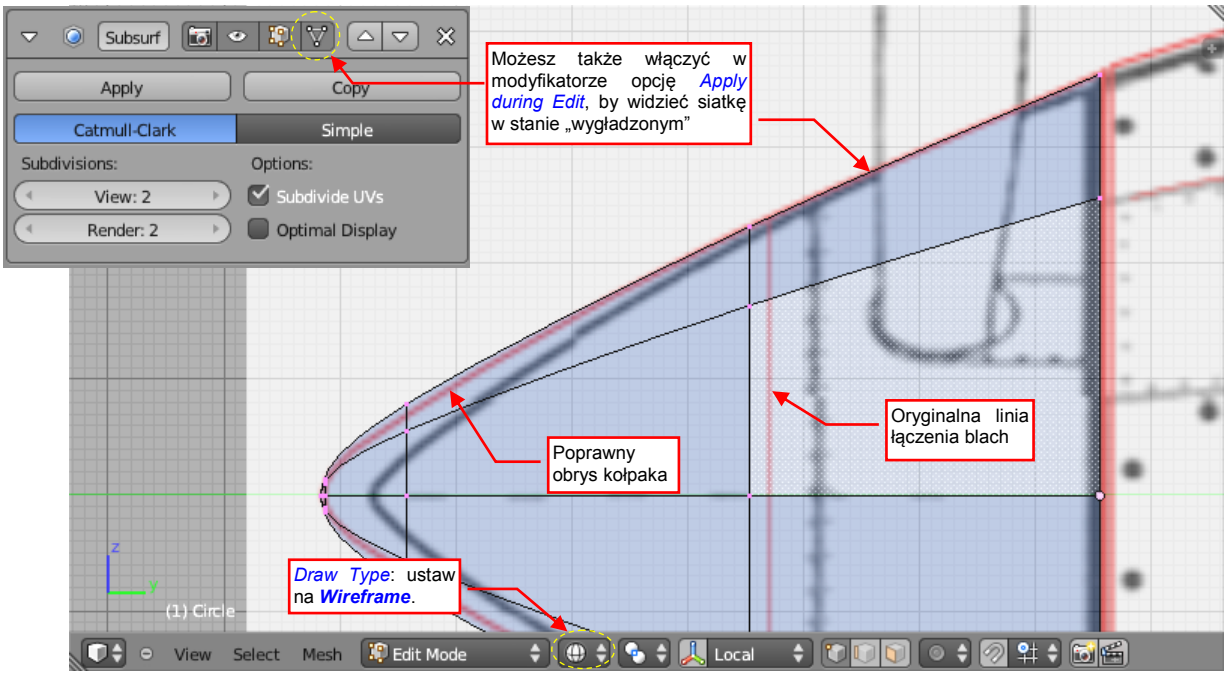
Gdy uporządkowaliśmy końcówkę stożka, warto poprawić także ściany boczne. Wstaw mniej więcej pośrodku nową sekcję (tzn. nowy rząd wierzchołków — poleceniem *Loop Cut*, por. str. 351) . Po wstawieniu zwiększ odrobinę jej średnicę poprzez zmianę skali, by dopasować wygięcie ścian stożka do obrysu widocznego na planach (Rysunek 3.2.6):



Rysunek 3.2.6 Lekkie wygięcie ścian kołpaka — poprzez dodatkową linię siatki

Czas przejść do ostatniej fazy formowania kształtu — dokładnego uzgodnienia z planami. Najłatwiej jest to robić po przełączeniu sposobu reprezentacji (*Draw Type*) siatek z *Solid* na *Wireframe* (por. str. 54). Dodatkowo można także włączyć w modyfikatorze *Subsurf* opcję *Apply during Edit* (por. Rysunek 3.2.7).

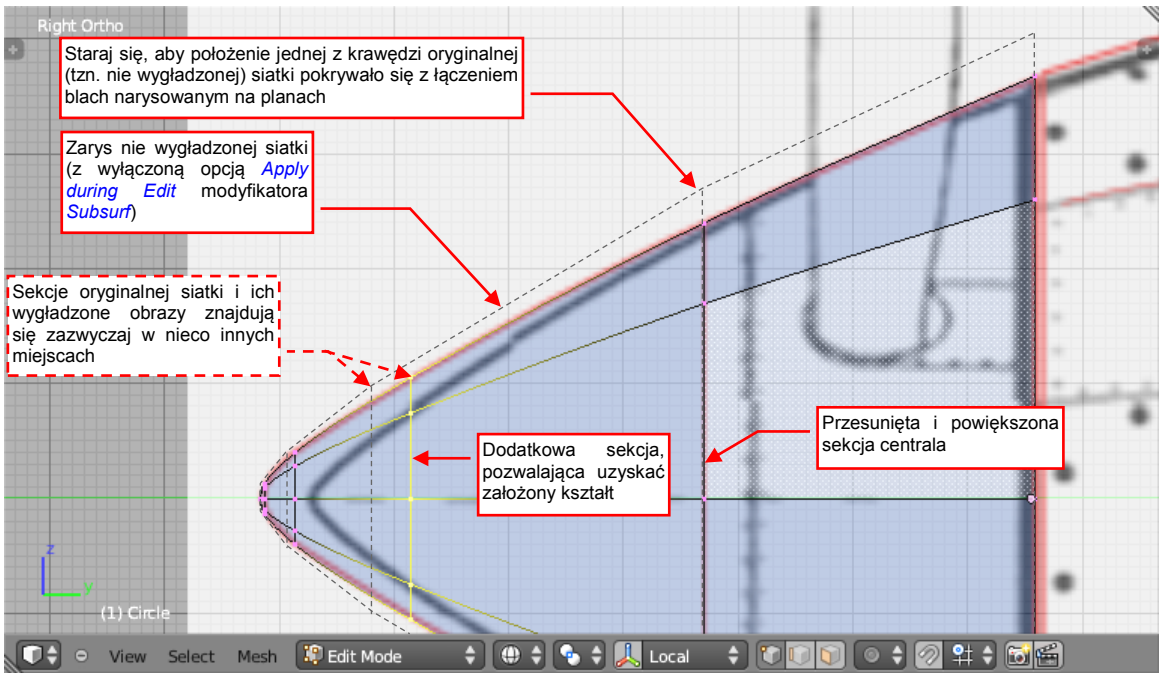
Rysunek 3.2.7 przedstawia siatkę kołpaka w trybie *Wireframe*, nałożoną na rzut z boku.



Rysunek 3.2.7 Wstępne porównanie z obrysem na planach (czerwona linia)

Jak widać, zarys siatki wymaga drobnych korekt, w celu uzgodnienia z kształtem na rysunku. Pierwsza modyfikacja jest jednak związana z przystosowaniem do późniejszej pracy. Dopóki nie jest to zbyt kłopotliwe, warto by linie siatki znajdowały się w miejscu, gdy przebiegało łączenie blach na prawdziwym samolocie. W związku z tym przesunąłem (poleceniem ***Edge Slide*** — por. str. 349) centralną sekcję w takie miejsce, narysowane na planach.

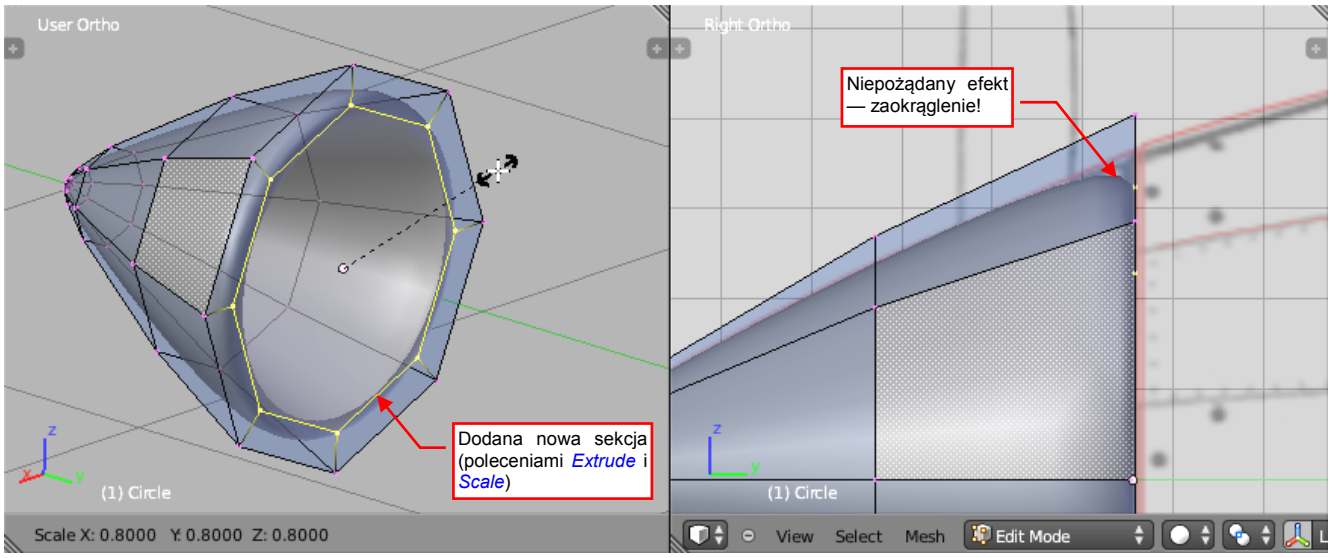
Następnie próbowałem skorygować obrys nosa kołpaka poprzez zmianę średnicy (poleceniem *Scale*) i przesuwanie (*Edge Slide*) jego przednich sekcji. Ostatecznie jednak do uzyskania założonego kształtu trzeba było dodać do tej siatki (*Loop Cut*) jeszcze jeden rząd wierzchołków (Rysunek 3.2.8):



Rysunek 3.2.8 Ostateczne dopasowanie siatki do zadanego obrysu

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

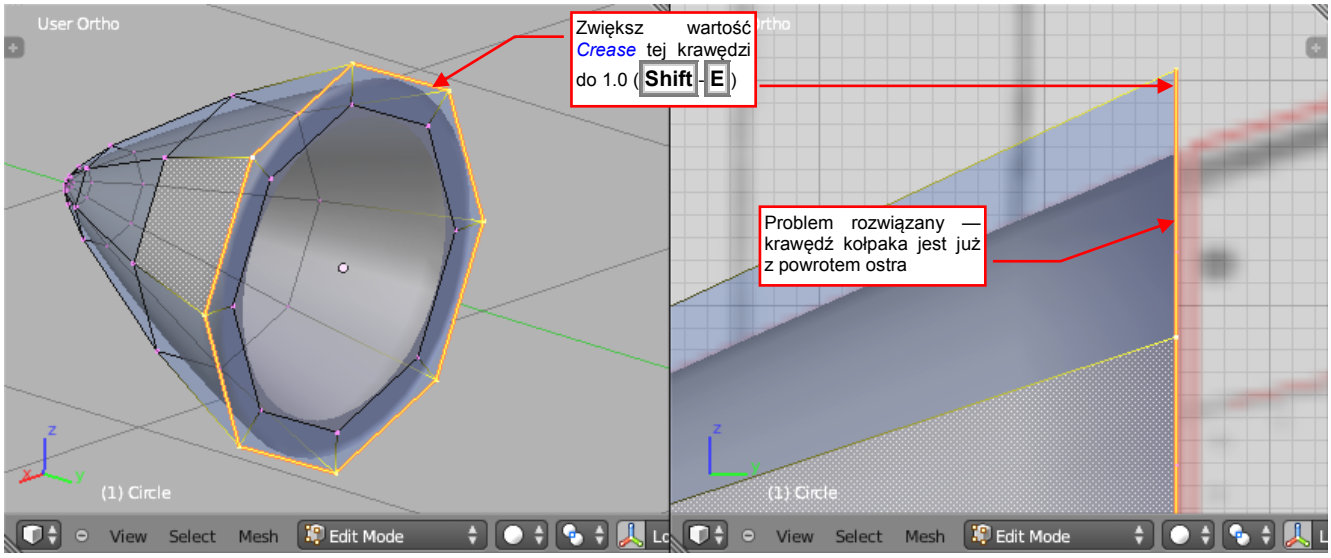
Gdy kształt obiektu jest już zgodny z planami, pozostał do utworzenia ostatni szczegół: zamknięcie podstawy tego kołpaka. W prawdziwej konstrukcji było umieszczone w tym miejscu okrągłe żebro. Nie będziemy go teraz dokładnie modelować (zresztą — brak jest jakichkolwiek zdjęć tego elementu, więc nie wiadomo, jak wyglądał). Zadowolimy się prostym "wytłoczeniem" kolejnej sekcji z dotychczasowej podstawy stożka (Rysunek 3.2.9). Krawędź, dodaną w wyniku wytłoczenia, nie przesuwaj, tylko zmniejsz (poprzez zmianę skali).



Rysunek 3.2.9 Wstawienie dodatkowej powierzchni u podstawy stożka

W rezultacie wydłużenia siatki podstawowej o dodatkową sekcję, krawędź podstawy stożka uległa zaokrągleniu (Rysunek 3.2.9). Pamiętaj, powierzchnia podziałowa stara się wygładzić każdą nierówność[1]!

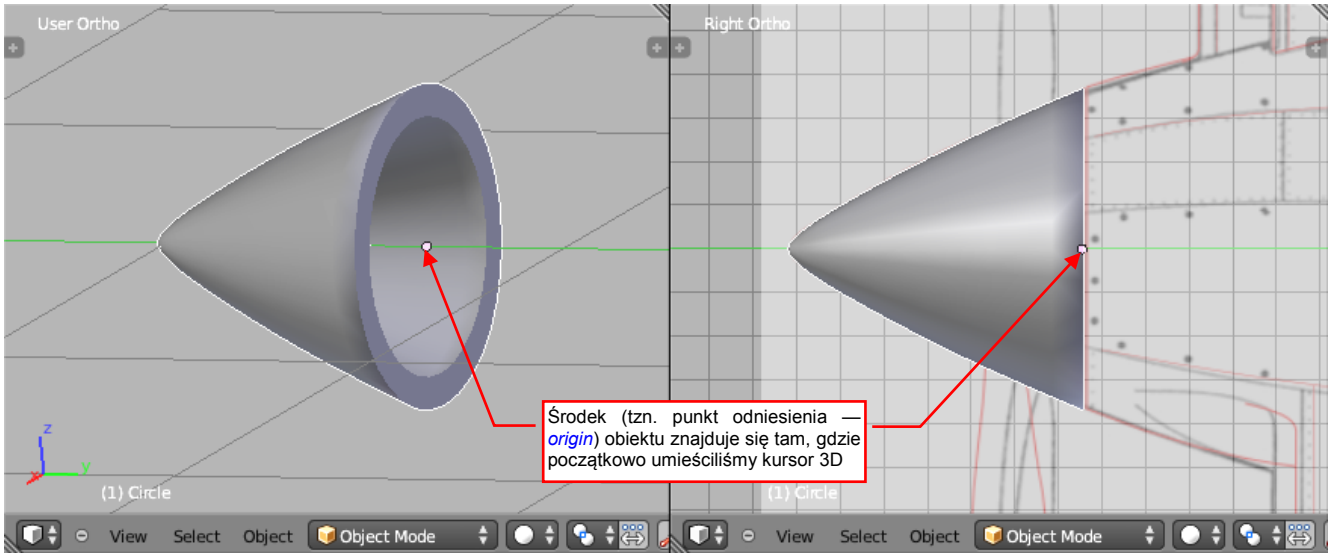
W P-40 krawędź podstawy kołpaka była ostra, więc musisz ją "przywołać do porządku". Zmień ostrość krawędzi, którą pokazuje Rysunek 3.2.10, z 0.0 do 1.0 (*Mesh→Edges→Edge Crease* — patrz str. 353). Wraz ze zmianą sposobu cieniowania ścian podstawy na „płaski" (*Mesh→Faces→Shade Flat*) bryła uzyska właściwy kształt (Rysunek 3.2.10):



Rysunek 3.2.10 Usunięcie niepożądanego zaokrąglenia krawędzi kołpaka

[1] Czasami możesz ten efekt zachować celowo, gdy potrzebujesz odtworzyć zaokrąglenie w rzeczywistej konstrukcji. Możesz także uzyskać zaokrąglenia o profilu okrągłym (przynajmniej w przybliżeniu). Wystarczy się postarać, by kolejne sekcje po obydwu stronach zaokrąglanej krawędzi, były równo od niej oddalone. Rysunek 3.2.9 pokazuje sytuację, gdy nowo dodana sekcja (ta z prawej) jest o wiele bliżej krawędzi podstawy stożka, niż sekcja z przeciwnej strony. To spowodowało, że zaokrąglenie ma kształt wyciągniętej elipsy lub też paraboli.

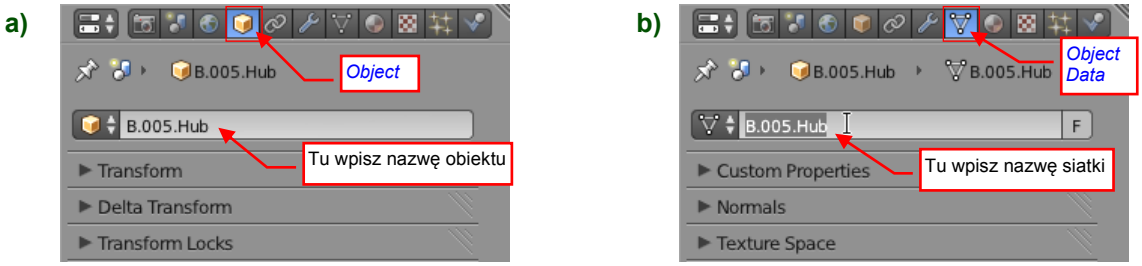
Rysunek 3.2.11 pokazuje efekt — uformowany kołpak śmigła. Nie będziemy wycinać w tej siatce otworów na łopaty. Zrobimy to w o wiele łatwiejszy sposób później, za pomocą tekstury (por. Tom III).



Rysunek 3.2.11 Uformowany kołpak

- Zwróć uwagę na dziwne cienie, które pojawiły się wzdłuż ostrej krawędzi. Aby je zlikwidować, włącz we właściwościach tej siatki opcję ***Auto Smooth*** (na panelu *Normals*) lub dodaj kolejny modyfikator o nazwie ***Edge Split***. Więcej na ten temat znajdziesz na str. 383.

Na koniec pozostało nadać nowej części nazwę. W oknie *Properties* wpisz identyczną nazwę w kontekście obiektu (Rysunek 3.2.12a) i jego siatki (Rysunek 3.2.12b):



Rysunek 3.2.12 Nadanie nazwy obiektowi i jego siatce

Zgodnie z przyjętymi dla tego modelu regułami (patrz str. 304), nadałem kołpakowi nazwę **B.005.Hub**.

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.02.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- Model samolotu formujemy z siatek wygładzonych za pomocą powierzchni podziałowych *Catmulla-Clarka* (*Subdivison Surfaces*);
- Metoda formowania, którą przedstawiam w tej książce, polega na osiągnięciu zamierzonego kształtu poprzez koleje deformacje prostej siatki początkowej. Uważam, że ta droga jest wygodniejsza i bardziej elastyczna, od formowania "wszystkiego od razu" opartą na krzywych NURBS. (Ten tradycyjny sposób, oparty o powierzchnie NURBS, jest często preferowany przez użytkowników którzy wcześniej mieli co czynienia z systemami CAD). Siatki uzyskane poprzez stopniową deformację zawierają mniej błędów — gdyż znasz ich wszelkie "ukryte zakamarki";
- Ostateczny kształt obiektu uzyskujemy poprzez dodawanie i formowanie kolejnych linii wierzchołków siatki. Dodawanie odbywa się poprzez wytłoczenie nowych krawędzi (*Extrude* — str. 74) lub wstawienianie w środek siatki nowych sekcji (*Loop Cut* — str. 76). Dalsze zmiany kształtu powierzchni realizuje się prze-

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

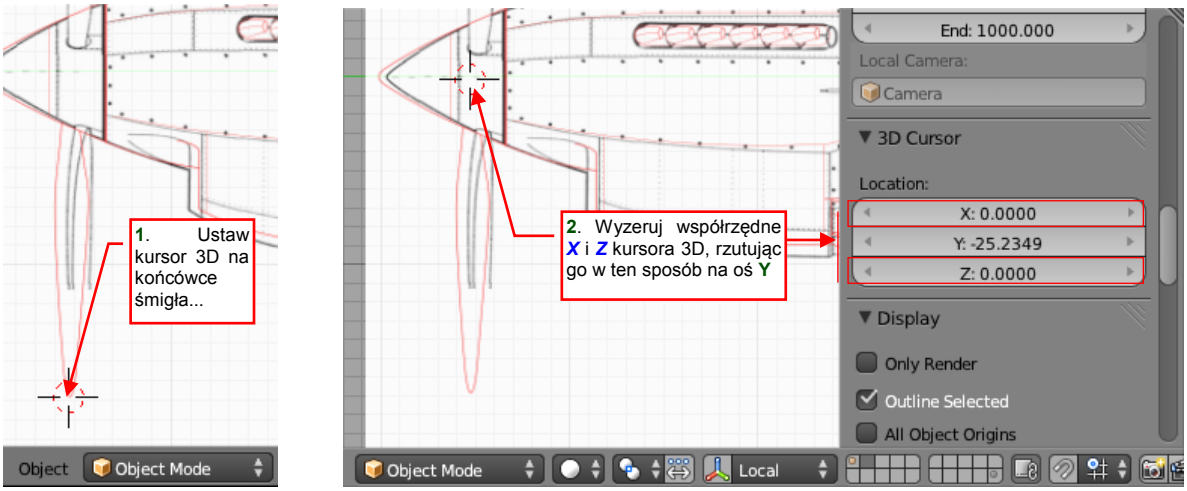
kształcając poszczególne linie wierzchołków — zazwyczaj za pomocą przesunięcia lub zmiany skali. (W następnej sekcji pokażę jeszcze: obrót i przesunięcie);

- Mimo wygładzenia powierzchniami podziałowymi, wybrane krawędzie mogą pozostać ostre, jeżeli zwiększymy wartość ich współczynnika *Crease* (str. 78). Będzie to potrzebne, bo nawet opływowe kształty samolotów mają mnóstwo ostrych krawędzi;
- Każdy obiekt i jego siatka musi mieć unikalny identyfikator — nazwę. Proponuję stosować tu regułę:
  <przedrostek>.<numer kolejny>.<nazwa opisowa>[.strona (P lub L) albo numer kolejny],
  np. **B.005.Hub** (szczegóły — str. 304);

3.3 Łopaty śmigła

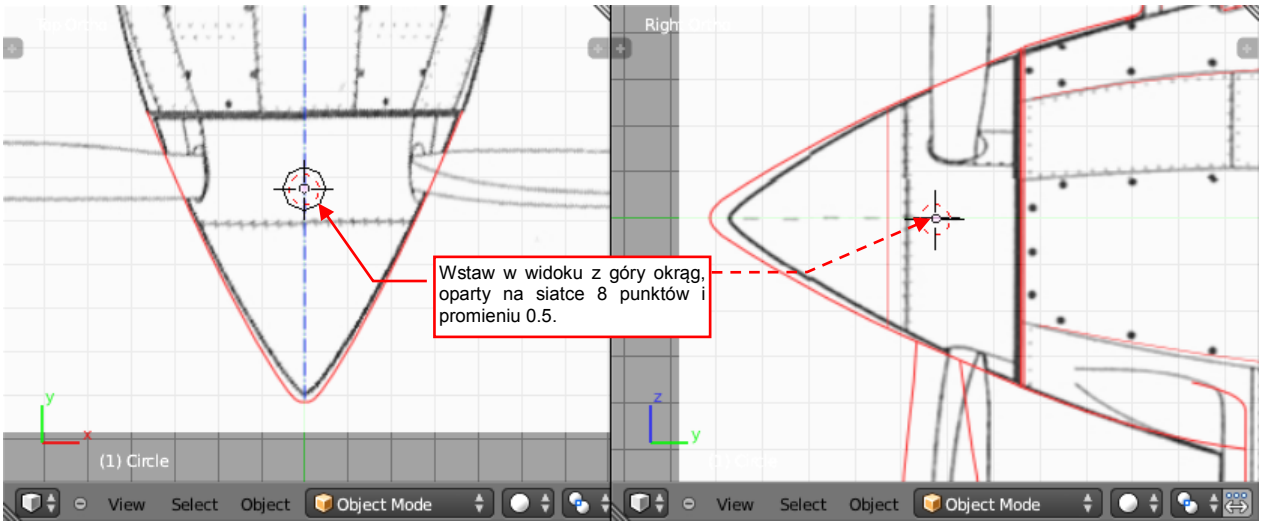
Zacznijmy od ukształtowania pojedynczej łopaty śmigła. Będzie skierowana w dół, wzdłuż osi **Z**. Następnie powielimy ten obiekt dwa razy, tworząc zespół trzech łopat. Podobnie jak w przypadku kołpaka, na podstawie zdjęć naniosłem na plany zmodyfikowane kształt i położenie śmigła. Wśród fotografii wyszukałem ujęcie, w którym łopata była ustawiona (przynajmniej w przybliżeniu) prostopadle do obiektywu. Jej obrys naniosłem na rzut z przodu. Obrys łopaty w rzucie z boku, oraz określenie położenia jej osi względem kołpaka pochodzi ze zdjęcia z boku[1].

Zmień widoczną warstwę z **1** na **2** (p. str. 52). Ustaw kursor 3D w miejscu, które odpowiada końcówce łopaty. Następnie w przyborniku *Properties* wyzeruj współrzędne kursora: ***X*** i ***Z*** (w ten sposób najłatwiej jest rzutować kursor na odpowiednie miejsce na osi **Y** — Rysunek 3.3.1) :



Rysunek 3.3.1 Ustalenie środka łopaty śmigła — poprzez wyzerowanie wybranych wspł.

Po ustaleniu pozycji kursora 3D wstaw w scenę początek łopaty — okrąg o promieniu 0.5 jednostki. Wystarczy, jeżeli będzie miał 8 wierzchołków. Okrąg wstaw w rzucie z góry (Rysunek 3.3.2), a potem wygładź modyfikatorem *Subdivision Surface* (por. str. 293):



Rysunek 3.3.2 Wstawienie początkowego okręgu

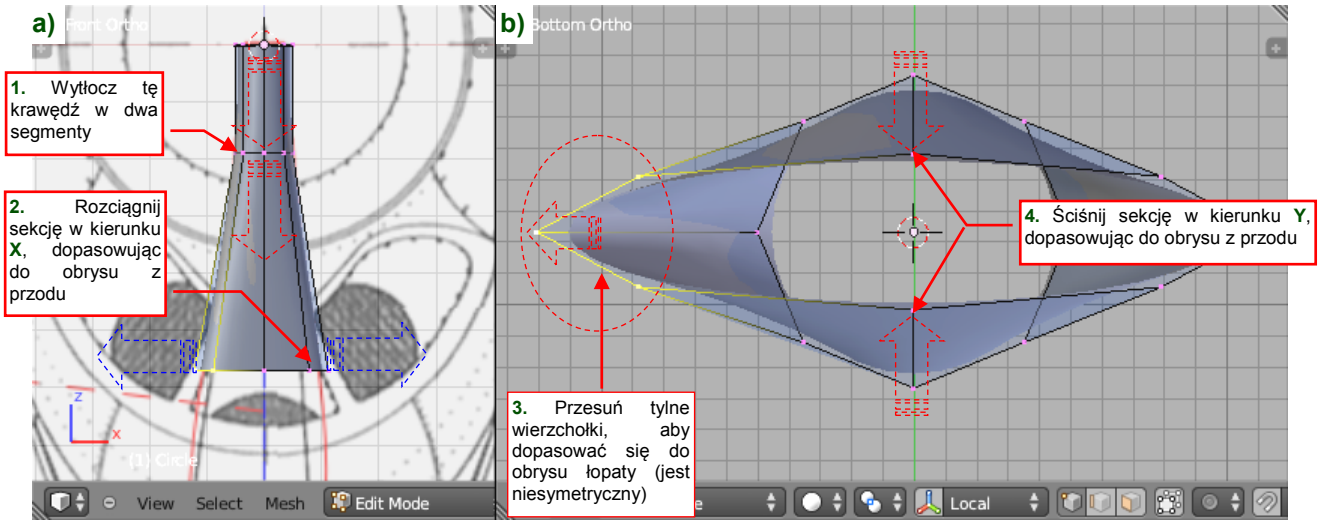
[1] Śmigło jest bardzo skomplikowanym kształtem, traktowanym "po macoszemu" przez twórców planów modelarskich. Z dokładniejszymi rysunkami tego elementu, podającymi kolejne przekroje i kąty skręcenia, spotkałem się tylko na planach samolotów Ła-5 i MiG-3. Pochodziły z bardzo starych numerów miesięcznika "*Modelist Konstruktor*", wydawanych jeszcze w latach 80-tych, w ówczesnym ZSRR.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Przejdź do *Edit Mode* i wytłocz (E — *Extrude*) okrąg w dół osi **Z**, na odległość 2 jedn. Potem wytłocz kolejną krawędź wzdłuż osi **Z**, na odległość ok. 4 jednostek, tworząc następny segment łopaty (Rysunek 3.3.3a). Następnie:

- rozciągnij ostatnią sekcję (poprzez zmianę skali) w kierunku **X** tak, by jej prawa krawędź pokryła się z prawą krawędzią łopaty w tym miejscu rysunku (Rysunek 3.3.3a);
- spłaszcz tę sekcję w kierunku **Y**, tak by osiągnęła 30% szerokości (Rysunek 3.3.3b);
- przesuń trzy wierzchołki (G — por. str. 332) z lewej, by dopasować rozmiar tej sekcji do lewej krawędzi obrysu łopaty śmigła (Rysunek 3.3.3).

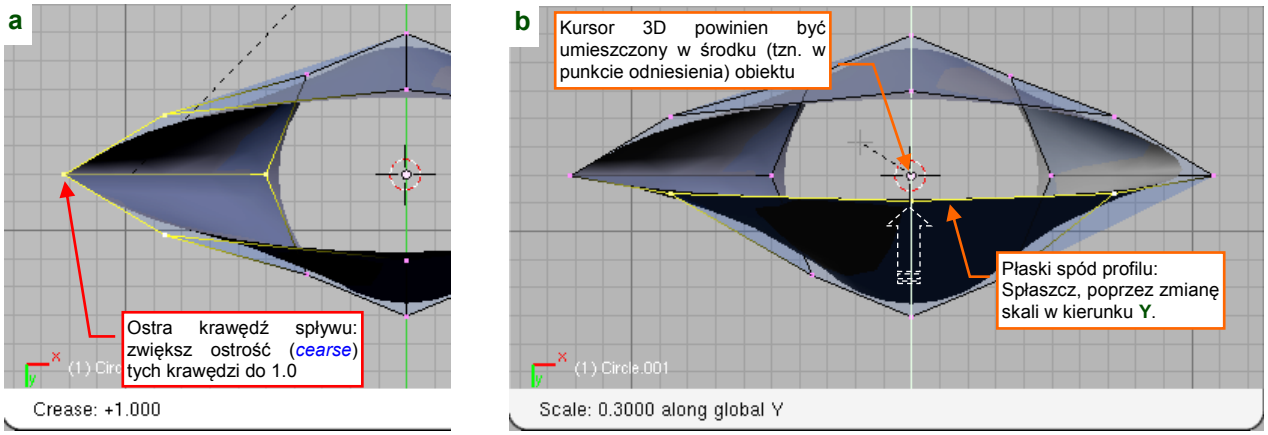
Powinieneś uzyskać niesymetryczny kształt, przypominający końcówkę odkurzacza (Rysunek 3.3.3):



Rysunek 3.3.3 Początek formowania łopaty — pierwszy przekrój poprzeczny (nie licząc osi).

Teraz przekształcimy kształt sekcji w coś, co będzie przypominać gruby profil lotniczy. W tym celu:

- zaznacz krawędzie wychodzące z punktu, który na profilu jest ostrym wierzchołkiem (Rysunek 3.3.4a), i zwiększ ich ostrość (Shift-E) do 1.0;
- zaznacz trzy dolne wierzchołki sekcji i spłaszcz je za pomocą zmiany skali (Rysunek 3.3.4b);



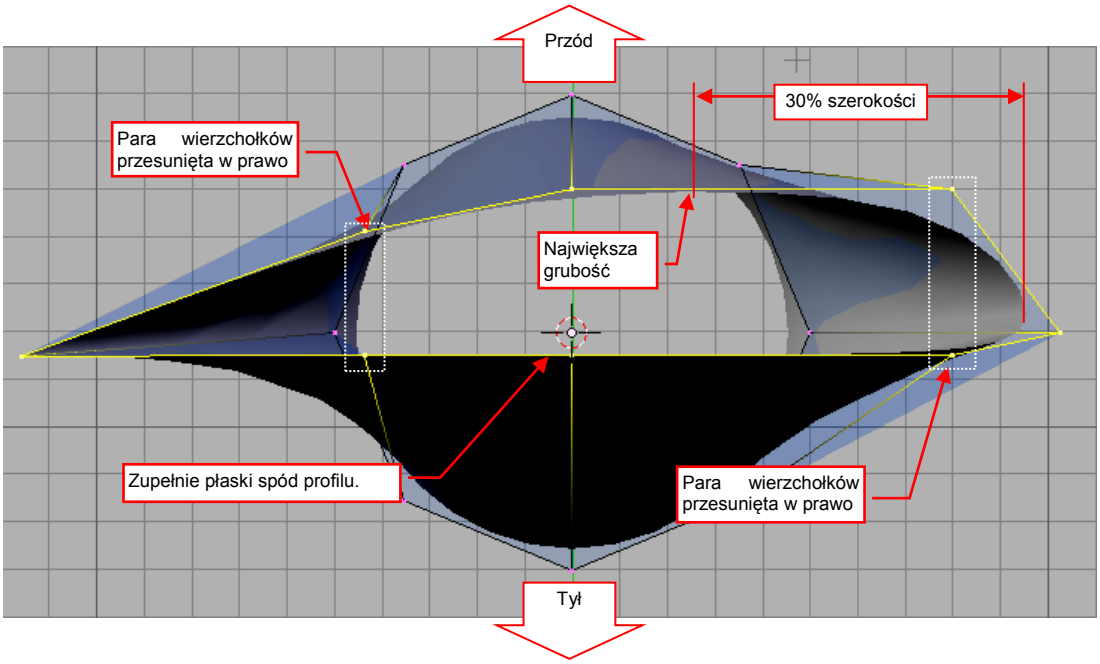
Rysunek 3.3.4 Przekształcanie elipsy w profil lotniczy

Nie wiem, jaki profil miało śmigło P-40. Zakładam, że był to, najczęściej spotykany w śmigłach, profil płasko - wypukły. (Tylna powierzchnia łopaty z takim profilem jest płaska)[1].

[1] Takie profile są najczęściej stosowane w śmigłach, gdyż posiadają wyraźną płaszczyznę, względem której można określić kąt skręcenia łopaty. Śmigło ma na tyle skomplikowany kształt — skręconego, eliptycznego płata — że jego dokładne zamodelowanie jest trudne. Profil płasko-wypukły daje szansę warsztatowi wykonawczemu na dokładniejsze rozmieszczenie przekrojów wzdłuż osi podłużnej łopaty. Czasami można jednak spotkać profil wklęsło - wypukły (np. w śmigle Heinkel He-111)

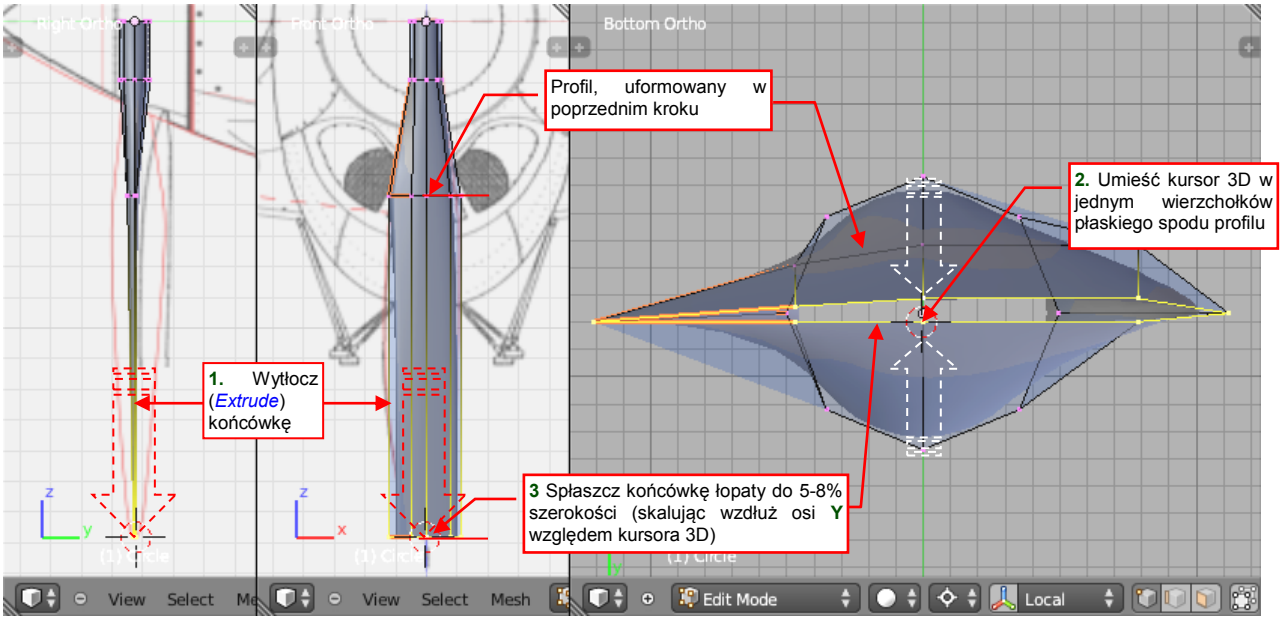
Rysunek 3.3.5 pokazuje ostateczny kształt przekroju łopaty śmigła. To profil, jaki występuje w okolicach 30% promienia (mierząc od osi obrotu). Możesz ten zarys traktować jako wzór dla innych śmigieł, których dokładna geometria nie jest Ci znana. Spód profilu tworzy linię prostą. Punkt, w którym przekrój jest najgrubszy, znajduje się w odległości ok. 30% od krawędzi natarcia.

Ostateczny kształt uzyskałem za pomocą kilku przesunięć wierzchołków siatki. Przesunięcia w kierunku **X** wykonałem parami — razem wierzchołki: górny i dolny[1]. Przedni, górny wierzchołek przesunąłem do góry (wzdłuż osi **Y**), aby przemieścić największe wybrzuszenie przekroju z 50% do 30% szerokości łopaty.



Rysunek 3.3.5 Uformowany profil przekroju łopaty

Wytłocz tak przygotowany profil do końca łopaty. Jej grubość wzdłuż osi **Z** powinna się szybko zmniejszać. Spłaszcz więc profil końcówki (poprzez zmianę skali w kierunku **Y**) do 5-8% jej szerokości (Rysunek 3.3.6):

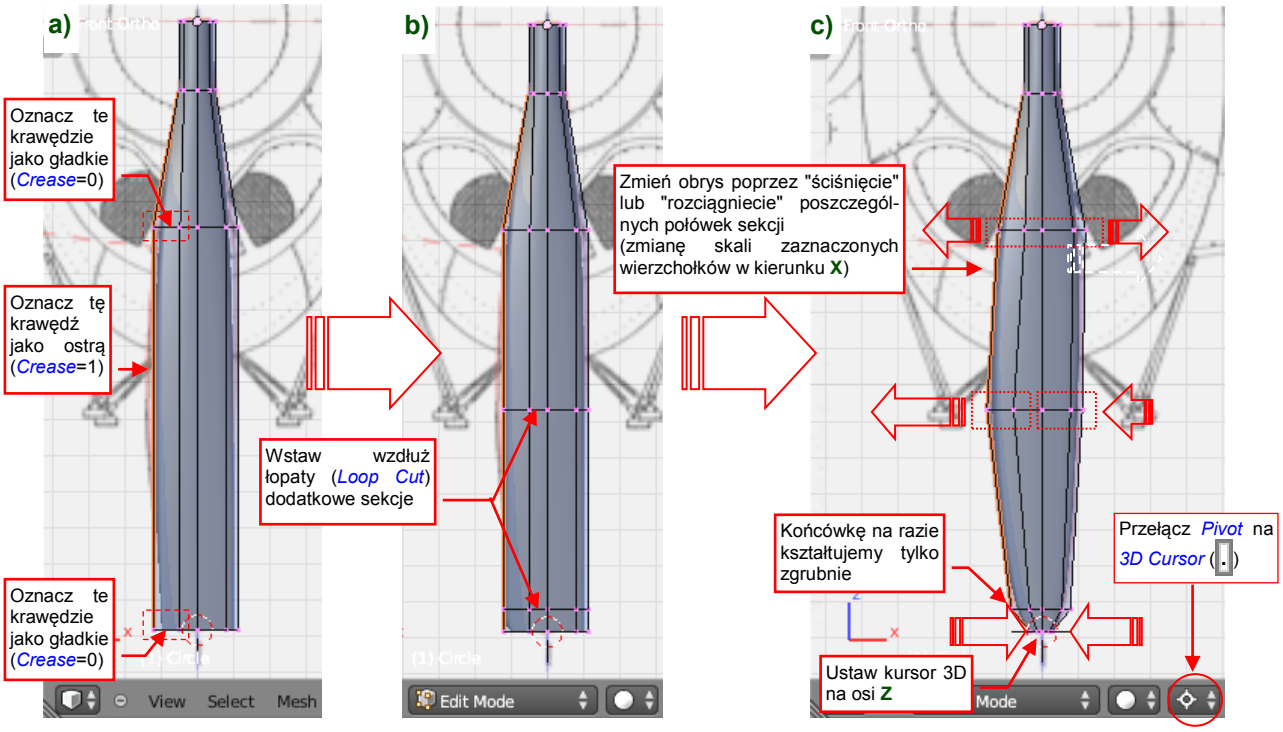


Rysunek 3.3.6 Wytłoczenie łopaty śmigła

[1] Przesuwanie takimi parami nie jest konieczne. Przydaje się jednak bardzo podczas dalszych przekształceń — np. bez tego nie wyjdzie uformowanie końcówki płata metodą, którą pokazuję na następnych stronach tej książki.

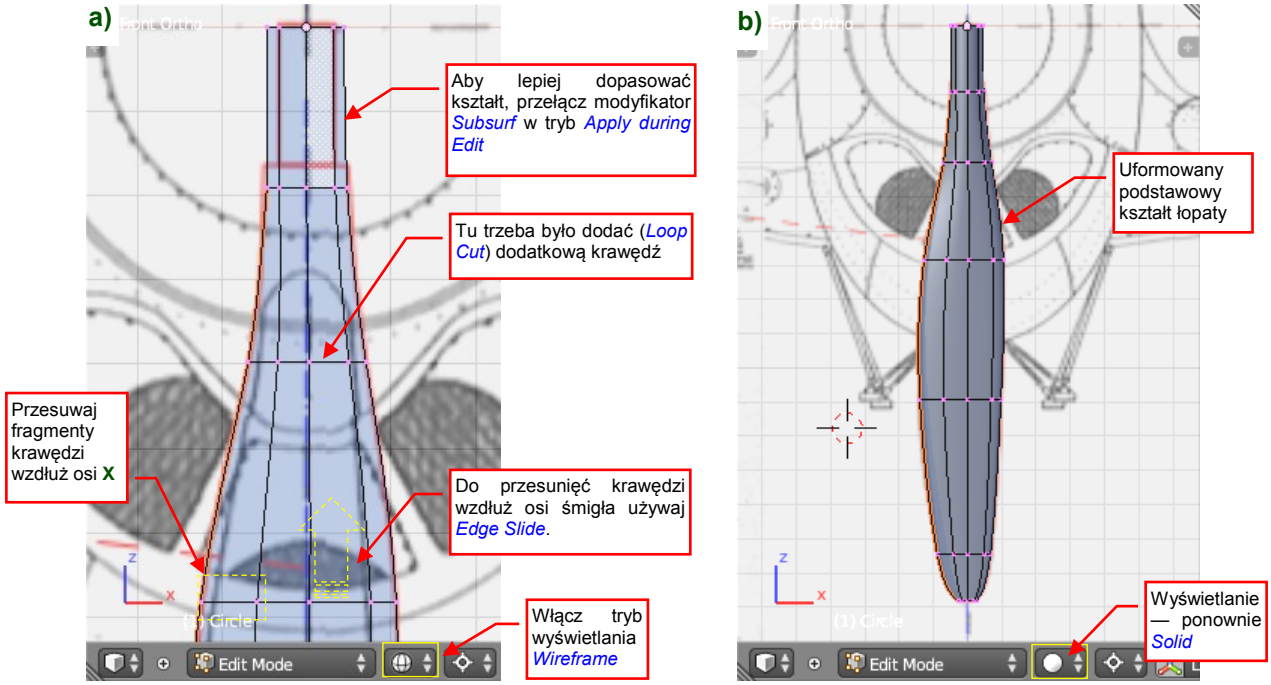
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Po rozciągnięciu profili łopaty na pełną długość, skoryguj oznaczenia ostrych krawędzi (Rysunek 3.3.7a) Należy zwiększyć wartość *Crease* dla krawędzi spływu do 1.0 i zmniejszyć ją dla końcowych krawędzi profili (por. Rysunek 3.3.4a, str. 82 — nie jest w tym miejscu już potrzebna). Następnie wstaw w tę siatkę dwie dodatkowe sekcje (Rysunek 3.3.7b). Potem zacznij dopasowywać kształt łopaty do obrysu na planach. Najłatwiej to robić zmieniając skalę w kierunku **X** połówek poszczególnych sekcji łopaty (Rysunek 3.3.7c). Punktem odniesienia skalowania musi być koniecznie kursor 3D, umieszczony na osi **Z**! (Przełącz *Pivot* na *3D Cursor* — Rysunek 3.3.7c) . Dodatkowo niektóre sekcje można także nieco przesuwać wzdłuż osi **Z**.



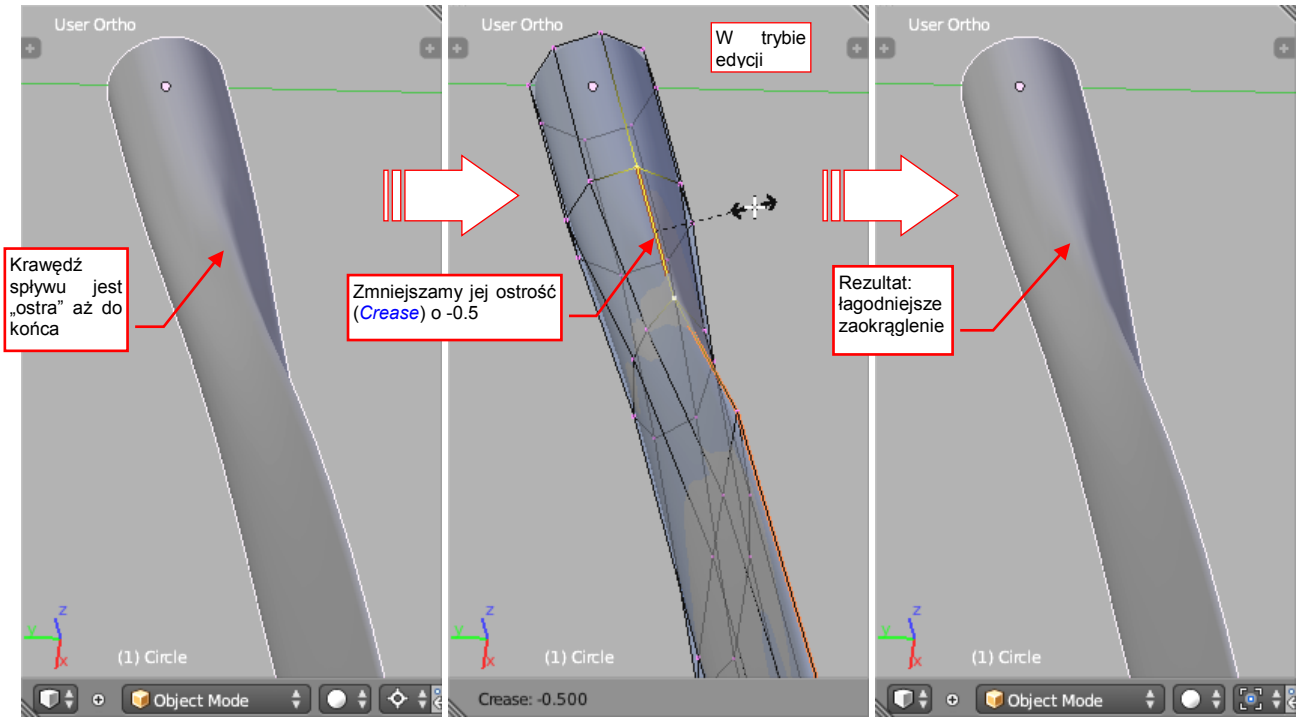
Rysunek 3.3.7 Kształtowanie obrysu łopaty z przodu

Dalsze formowanie najwygodniej jest przeprowadzić w trybie wyświetlania *Wireframe*. Dodatkowo można także włączyć opcję *Apply during Edit* w panelu modyfikatora *Subdivison Surface* (por. str. 77). W tym trybie dobrze widać kontur, do którego mamy dopasować krawędzie siatki (Rysunek 3.3.8a):



Rysunek 3.3.8 Szczegóły kształtowania obrysu łopaty

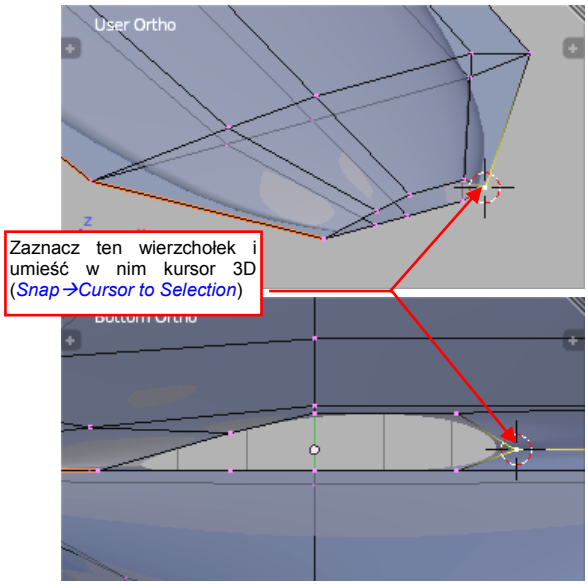
Obiekt zaczyna już przypominać swój pierwowzór. Gdy obejrzysz go ze wszystkich stron, znajdziesz miejsca, gdzie są potrzebne drobne korekty. Popatrz, na przykład, na początek krawędzi spływu (Rysunek 3.3.9). W naszym modelu krawędź spływu zachowuje ostrość niemal do końca — do osi obrotu. W oryginalnym samolocie przy kołpaku śmigła rozchodziła się bardziej płynnie, przechodząc w coraz większy promień krzywizny. Należy to poprawić, poprzez zmianę ostrości (*crease*) jednej z krawędzi siatki:



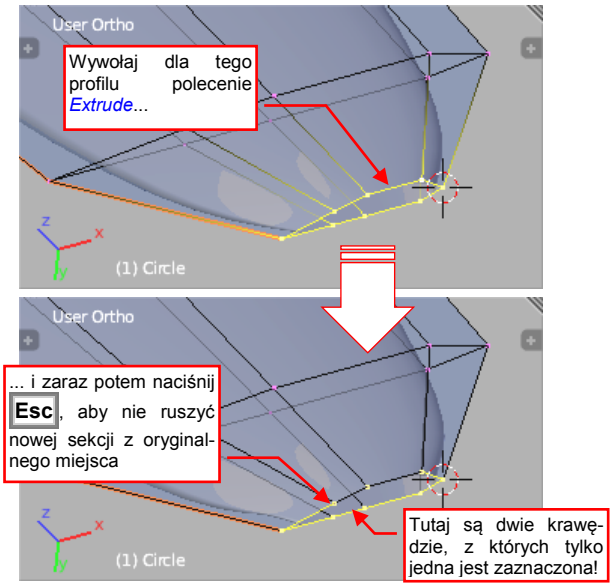
Rysunek 3.3.9 Zaokrąglanie początku krawędzi spływu łopaty śmigła

Pora na uformowanie zaokrąglonej końcówki. Metod uzyskania takiego kształtu jest wiele, tu zaproponuję jedną z nich. Uważam, że jest dobra, gdyż nie wymaga dodania zbyt dużej liczby nowych wierzchołków.

Zaczynamy od umieszczenia punktu odniesienia — kursora 3D — w nosku profilu końcówki (Rysunek 3.3.10). Następnie wytłocz końcówkę w nową sekcję. Tym razem jednak nie przesuwaj nowego rzędu wierzchołków w jakieś inne położenie: zaraz po wytłoczeniu naciśnij **Esc** (Rysunek 3.3.11):



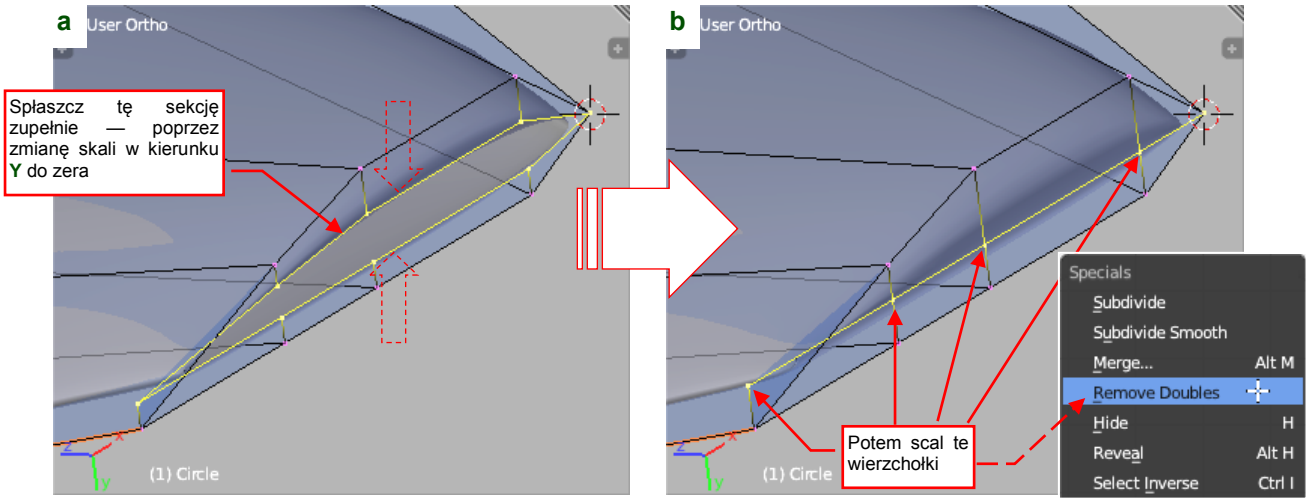
Rysunek 3.3.10 Ustawienie kursora 3D w nosku profilu końcówki łopaty



Rysunek 3.3.11 Dodanie nowej sekcji — wytłoczenie i pozostawienie jej w tym samym miejscu

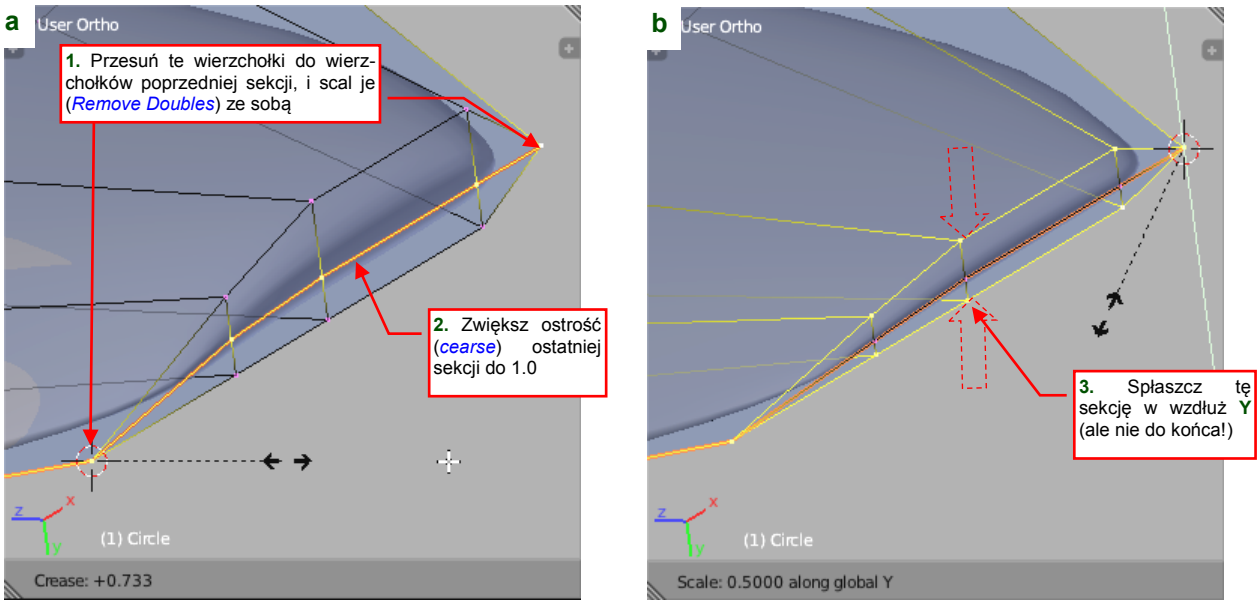
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Zaraz potem (nowa sekcja jest nadal zaznaczona) włącz zmianę skali w kierunku **Y** (S,Y) względem kursora 3D, i zmniejsz grubość końcowej sekcji do zera (Rysunek 3.3.12a):



Rysunek 3.3.12 Przekształcenie ostatniej sekcji z pętli w pojedynczą linię

W tej chwili w każdym miejscu "ściśniętej" linii znajdują się dwa wierzchołki. Scalmy je ze sobą (W, *Remove Doubles* — Rysunek 3.3.12b) .



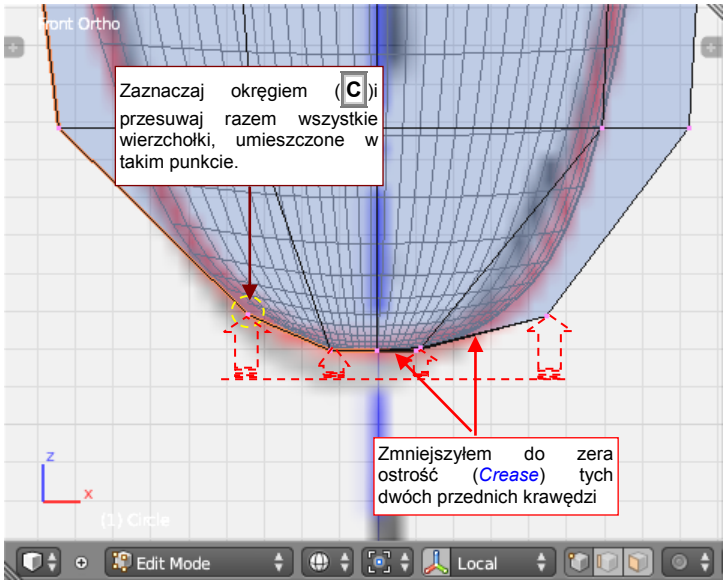
Rysunek 3.3.13 Kształtowanie sekcji końcówki łopaty — c.d.

W ten sposób przekształciliśmy ostatnią sekcję z "pętli" w pojedynczą "linię" wierzchołków. Następnie:

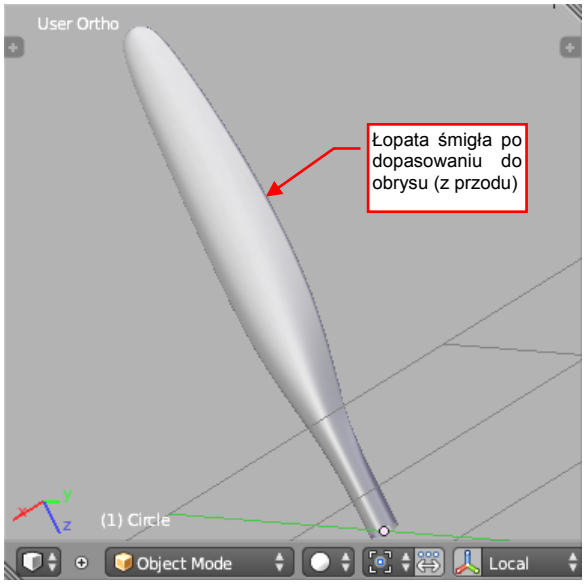
- Przesuń końce krańcowej linii tak, by znalazły się w tym samym miejscu, co końce poprzedniej sekcji (Rysunek 3.3.13a);
- Scal te wierzchołki (*Remove Doubles*), aby krańcowa linia stała się przedłużeniem krawędzi natarcia i krawędzi spływu;
- Zwiększ ostrość (*crease*) tej linii do 1.0 (Rysunek 3.3.13a);
- Zmniejsz grubość poprzedniej sekcji, aby zmniejszyć promień zaokrąglenia końcówki (Rysunek 3.3.13b).

Zamknęliśmy w ten sposób siatkę łopaty śmigła, uzyskując na końcu odpowiednią grubość.

Pozostaje tylko poprzesuwać odpowiednie grupy wierzchołków w rzucie z przodu, by dopasować się do obrysu z planów (Rysunek 3.3.14):



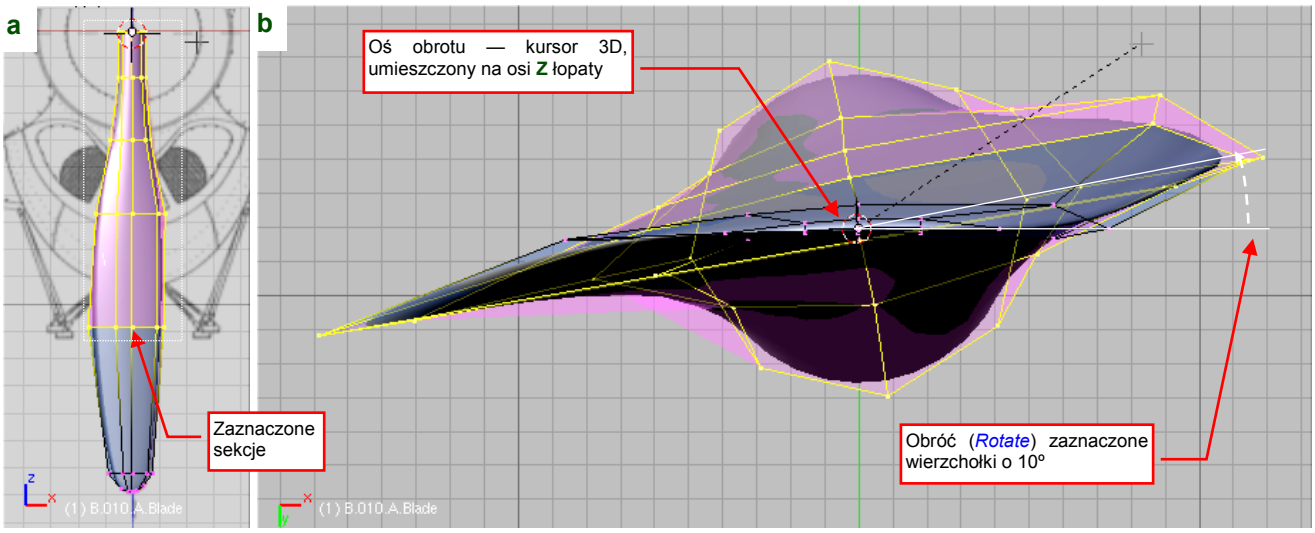
Rysunek 3.3.14 Zaokrąglanie końcówki łopaty.



Rysunek 3.3.15 Uformowana łopata śmigła.

Na tym etapie uzyskaliśmy już właściwie uformowaną łopatę śmigła (Rysunek 3.3.15).

Teraz skręcimy ją wzdłuż osi **Z** . Końcówkę łopaty pozostawimy nie skręconą — to będzie nasza "baza". Całkowity kąt skręcenia łopaty śmigła — od końca do nasady — to zazwyczaj 30-40º. Rośnie w miarę równomiernie wzdłuż osi **Z**, choć nieco szybciej w pobliżu osi obrotu śmigła. Zwróć uwagę na położenie kolejnych sekcji na naszej łopacie: taże są bliżej siebie przy osi obrotu. (Zazwyczaj uzyskasz takie taki układ krawędzi dla łopaty o typowym kształcie). Dzięki temu można łatwo uzyskać efekt narastającego skręcenia metodą kolejnych obrotów o stały kąt. Na początek zaznacz prawie wszystkie sekcje poza końcówką (Rysunek 3.3.16a):



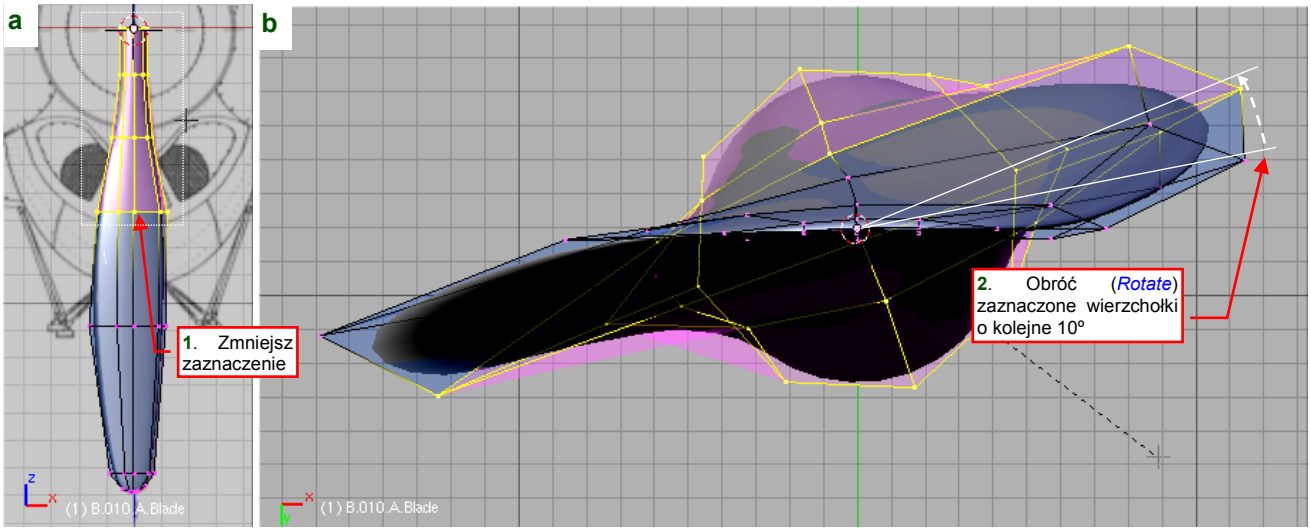
Rysunek 3.3.16 Skręcanie łopaty śmigła — początek

Ustaw jako środek tej transformacji (*Pivot*) kursor 3D, umieszczony w środku łopaty[1]. Następnie obróć (**R**, szczegóły — str. 337) zaznaczone sekcje o 10º (Rysunek 3.3.16b).

[1] Najszybciej możesz go tam umieścić przełączając się w *Object Mode*, wybierając z menu *Snap* (**Shift**-**S**) polecenie *Cursor to Selection* i z powrotem przełączając się w *Edit Mode*.

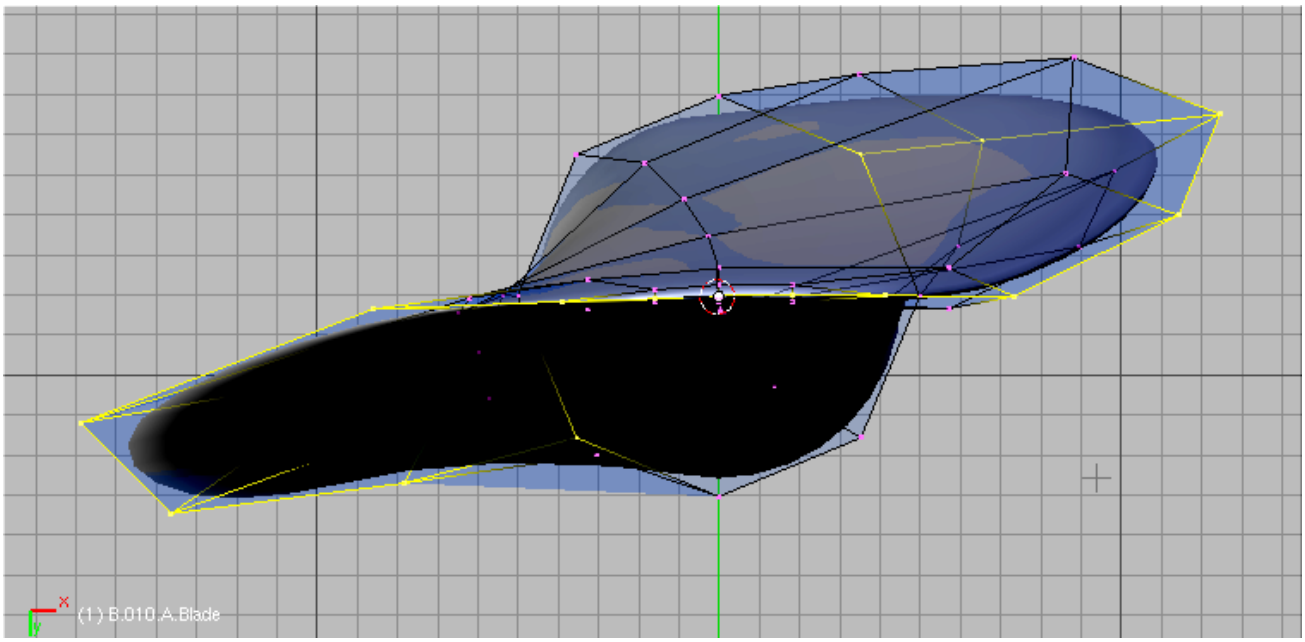
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Teraz wyklucz z zaznaczenia krańcową sekcję (Rysunek 3.3.17a), i powtórnie wykonaj obrót zaznaczenia o kolejne 10º (Rysunek 3.3.17b):



Rysunek 3.3.17 Skręcanie łopaty śmigła — następny krok

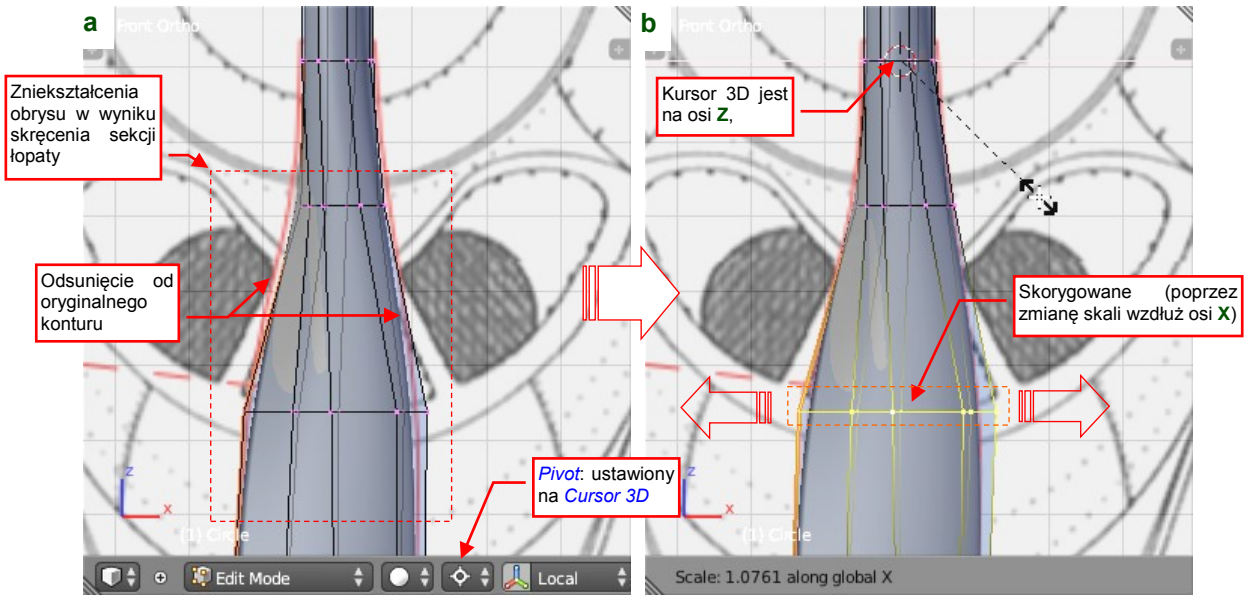
Powtarzaj tę operację, za każdym razem zmniejszając obszar selekcji o kolejną sekcję. Rysunek 3.3.18 pokazuje ostateczny efekt skręcenia (osiągnięty po obróceniu ostatniej sekcji)



Rysunek 3.3.18 Ostateczny efekt skręcenia łopaty śmigła

Skręcenie łopaty nie spowodowało zaburzeń w większej części obrysu łopaty z przodu. Problemy tego typu wystąpią w pobliżu nasady śmigła, gdzie kat obrotu sekcji jest już duży (waha się pomiędzy 30 i 45º). To spowodowało pewne zmiany w obrysie łopaty, która przestała pasować do planów (Rysunek 3.3.19a).

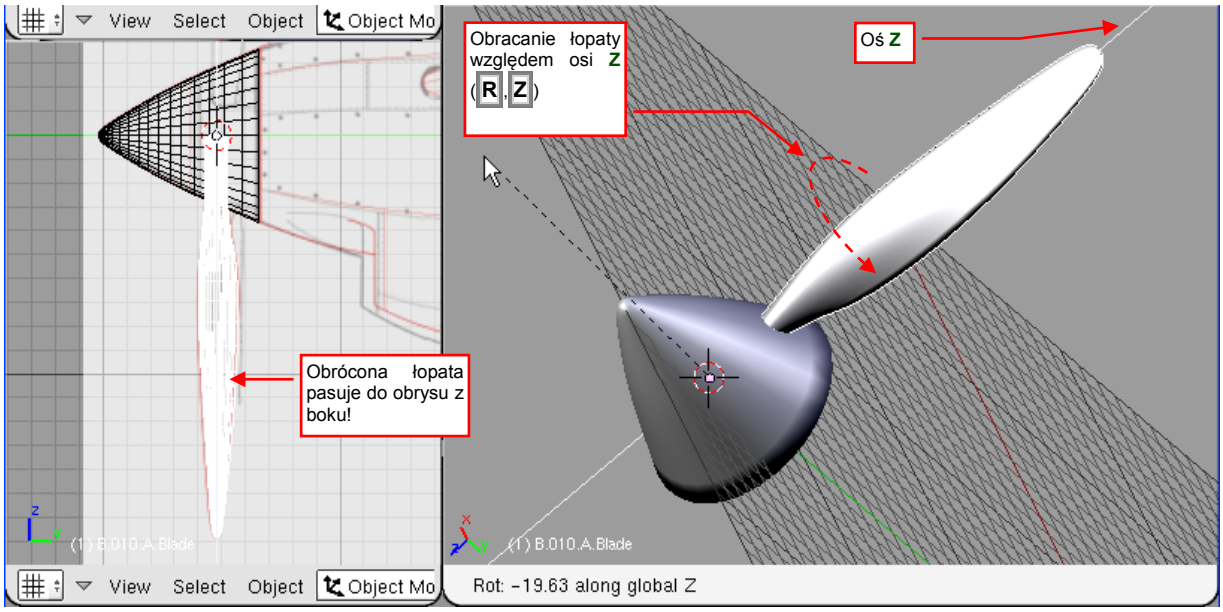
Najprościej jest to poprawić, zmieniając wzdłuż osi **X** skalę sekcji, które znajdują się w tym obszarze (Rysunek 3.3.19b). Podczas skalowania punktem odniesienia musi być oczywiście kursor 3D (*Pivot*: *3DCursor*). Aby nie naruszyć osi łopaty, upewnij się wcześniej, że nadal znajduje się osi **Z**. Takie skalowanie wzdłuż jednej osi zmienia kształt i kąt pochylenia modyfikowanych profili łopaty, ale są to bardzo nieznaczne różnice. W praktyce trudno nawet je zauważyć.



Rysunek 3.3.19 Poprawianie obrysu w miejscu, gdzie łopata wyraźnie zmieniła kształt (w wyniku skręcenia)

Pierwsza łopata śmigła jest gotowa! Przełącz się z trybu edycji w tryb obiektu (*Object Mode*, Tab). Włącz dodatkowo widoczność warstwy **1**, na której umieściliśmy kołpak śmigła, aby zobaczyć rezultat.

P-40 miał śmigło o zmiennym skoku. Oznacza to, że podczas lotu łopata mogła się obracać wokół osi **Z**[1]. W jakim zakresie kątów? Na pewno była bardziej skręcona — na razie kąt natarcia końcówki wynosi 0º. W niektórych źródłach można się doczytać, że w użytym w P-40 śmigle *Curtiss Electric* kąt zaklinowania łopaty można było zmieniać od 24 do 49º. Obróćmy więc nasz obiekt o 24º wokół osi **Z** (R, Z) — w "położenie startowe" (Rysunek 3.3.20):

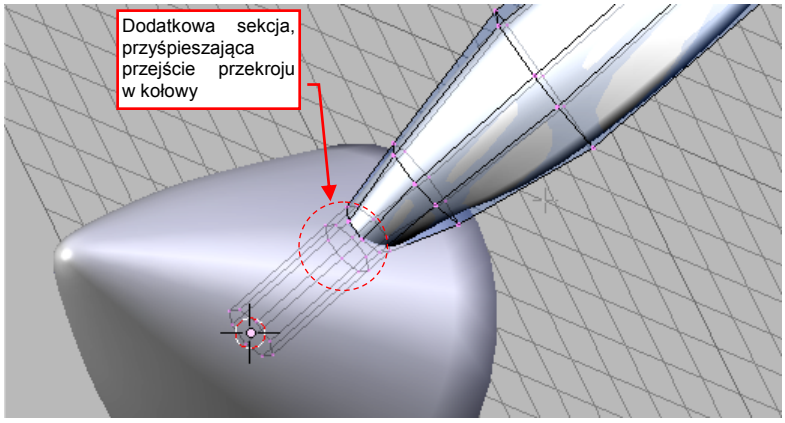


Rysunek 3.3.20 Ustawianie kąta natarcia łopaty

[1] Tylko w ten sposób można przynajmniej zbliżyć śmigło do optymalnych warunków pracy. Podczas startu łopaty są ustawione pod niewielkim kątem w stosunku do płaszczyzny obrotu śmigła (mały skok). Podczas lotu z prędkością maksymalną łopaty są ustawione pod największym kątem (duży skok). (Śmigło działa najbardziej wydajnie, gdy powietrze opływa jego łopaty pod katem kilku stopni. Kąt natarcia łopaty śmigła zależy od prędkości samolotu i liczby obrotów silnika, stąd zmiana kąta jej zaklinowania w różnych warunkach lotu).

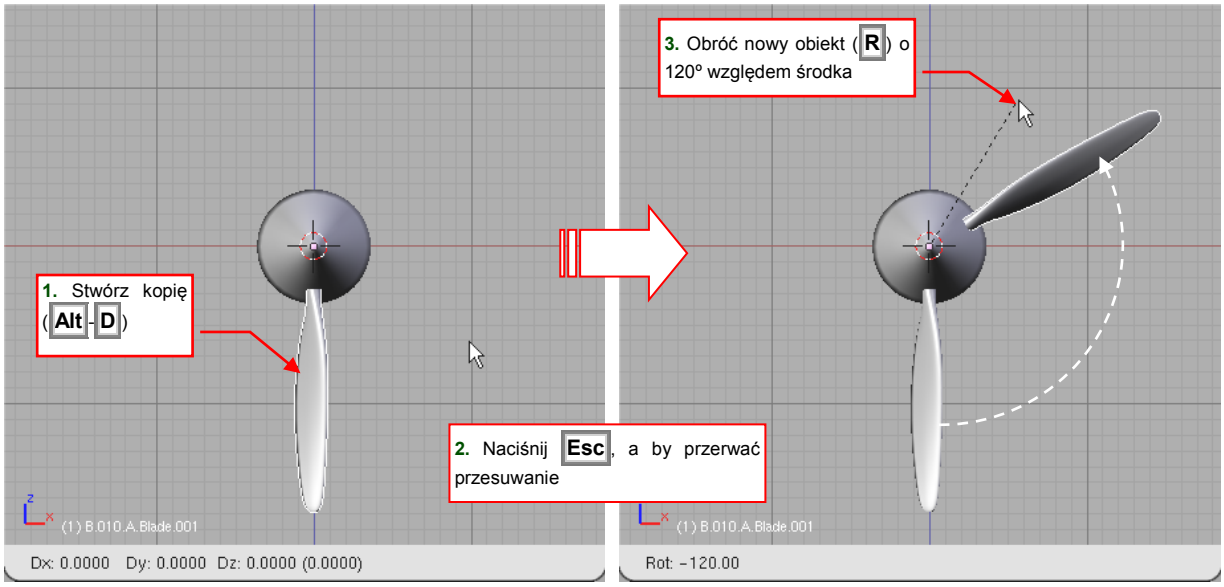
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jak zwykle po wykonaniu jakiegoś detalu warto go obejrzeć z różnych stron. W wyniku porównań ze zdjęciami, stwierdziłem że łopata śmigła w P-40B/C miała, w okolicy kołpaka śmigła, przekrój niemal okrągły. Musiałem więc dodać (*Loop Cut*) dodatkową sekcję tuż za dotychczasową. W ten sposób przyśpieszyłem w tym miejscu przejście kształtu z "profilu lotniczego" w okrąg (Rysunek 3.3.21).



Rysunek 3.3.21 Drobne poprawki u podstawy

Czas nazwać nasz obiekt — niech to będzie **B.010.A.Blade**. Litera "A" w nazwie wynika stąd, że śmigło miało trzy łopaty: rozróżnimy je literami **A**, **B**, **C**. Siatka będzie się nazywać **B.010.Blade** (bez „A”,”B”,”C”) bo drugą i trzecią łopatę stworzymy kopie powiązane (Alt-D: *Duplicate Linked* — str. 302) obiektu A (Rysunek 3.3.22):



Rysunek 3.3.22 Powielanie łopaty śmigła

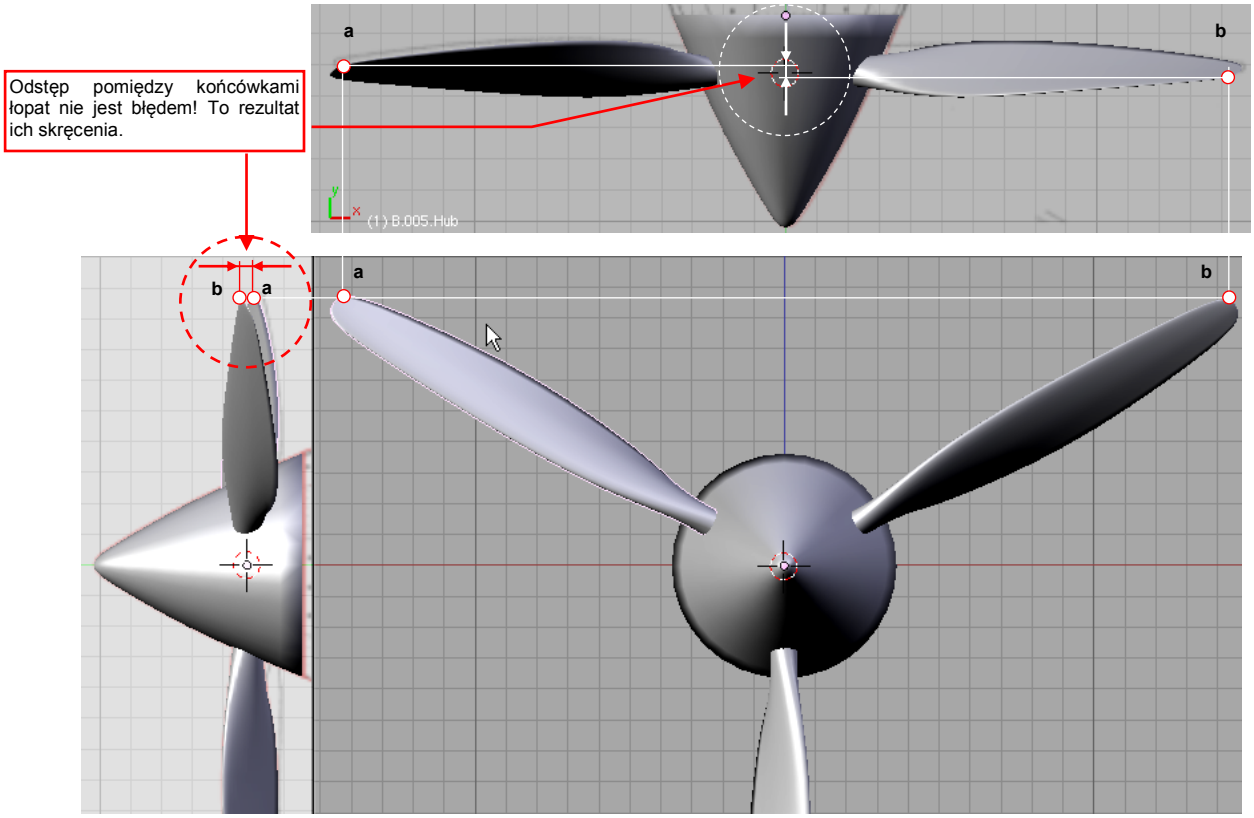
Nowo stworzony obiekt obracamy (względem kursora 3D, umieszczonego w osi śmigła) o 120º. Nadaj mu nazwę **B.010.B.Blade**. Podobnie utwórz trzecią łopatę — **B.010.C.Blade**.

Każda z łopat jest połączoną kopią pierwowzoru (tzn. wykorzystuje tę samą siatkę). Dzięki temu zmiana kształtu jednej z nich zmieni natychmiast kształt pozostałych. Jeżeli jesteś ciekaw, dlaczego — patrz "Struktura danych modelu i sceny w Blenderze", str. 393. Pewnym mankamentem takiego "klonowania" jest brak możliwości przypisania każdej z łopat indywidualnych tekstur czy współrzędnych UV. Na ostatecznym renderingu będą musiały wyglądać identycznie[1].

Od razu po stworzeniu nowego elementu, należy wskazać mu jego miejsce w hierarchii części. Przypisz wszystkie trzy łopaty do kołpaka (Ctrl-P: *Make Parent* — str. 306) .

[1] Jeżeli to Ci przeszkadza — zawsze możesz "odłączyć" taki obiekt od pierwowzoru. Wystarczy utworzyć lokalną kopię siatki (np. poleceniem ***Object→Make Single User→Object & Data***)

Na zakończenie warto wspomnieć o zaskakującym (przynajmniej dla mnie) efekcie geometrycznym. Na wszystkich rzutach z boku samolotów, jakie widziałem, jedna z łopat śmigła zawsze zasłaniała drugą. Gdy po raz pierwszy stworzyłem trójłopatowe śmigło w Blenderze, i obejrzałem je w widoku z boku (jak Rysunek 3.3.23), byłem zaskoczony, że łopaty nie do końca się zasłaniają. Czy to miałoby znaczyć, że się gdzieś pomyliłem?



Rysunek 3.3.23 Zaskakujący efekt geometryczny — odsunięcie końcówek łopat!

Sprawdziłem wówczas wszystkie kąty skręcenia, położenia, środki — i nic! Potem zacząłem dokładnie analizować sprawę. Rysunek 3.3.23 pokazuje rezultat tej analizy — jest to zupełnie poprawny efekt skręcenia łopat śmigła. Nie występuje tylko wtedy, gdy skok śmigła jest równy zeru. Wygląda na to, że nikt z autorów planów modelarskich nie uświadomił sobie wcześniej, że trójłopatowe śmigło w rzucie z boku właśnie tak wygląda!

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.03.blend* (por. str. 18).

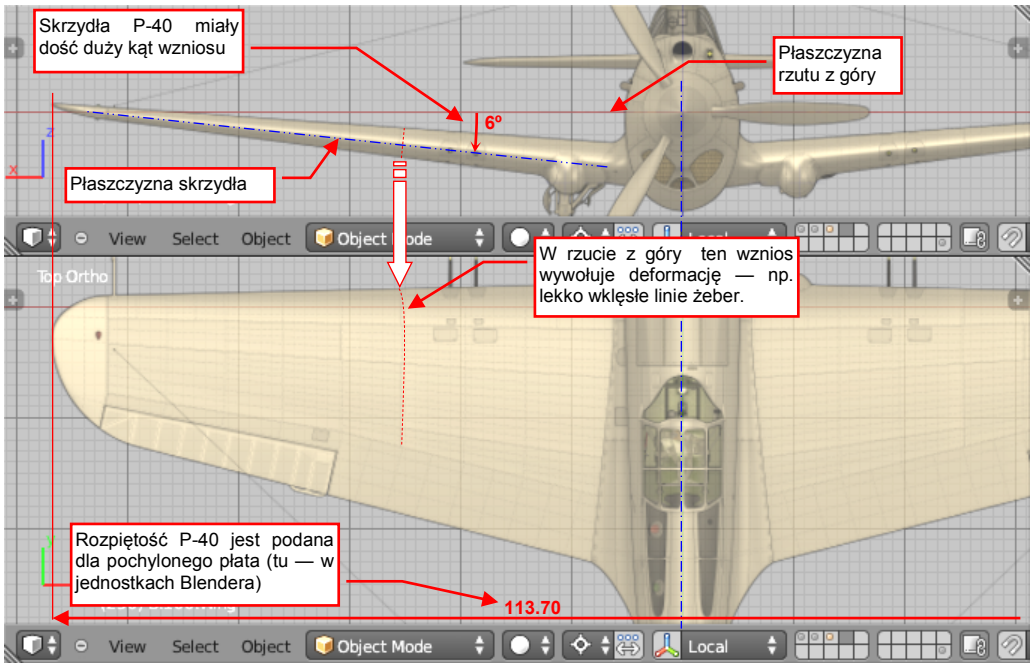
Podsumowanie

- Nawet najbardziej skomplikowane kształty — jak łopata śmigła — można uzyskać drogą stopniowego przekształcania bardzo prostego kształtu "wyjściowego".
- Na razie poznałeś dwie metody dodawania nowych wierzchołków: na krawędzi siatki — wytłaczanie (*Extrude* — str. 83). W środku siatki — wstawianie (*Loop Cut*. — str. 84).
- Podstawowymi metodami edycji wierzchołków są: przesunięcie (*Grab* — str. 82), zmiana skali (*Scale* — str. 86), obrót (*Rotate* — str. 87). Dodatkowo często stosuję zmianę ostrości krawędzi (*crease*), oraz scalanie (*Remove Doubles*).
- Elementy, których kształt się powtarza (jak łopata śmigła) opłaca się tworzyć jako kopie powiązane (*Duplicate Linked* — str. 90). W ten sposób łatwiej będzie w przyszłości modyfikować ich kształt, gdyż zmiana jednej powoduje zmianę pozostałych.
- Ważnym elementem formowania modelu jest tworzenie hierarchii obiektów, poprzez przypisanie nowo utworzonego obiektu do obiektu nadrzędnego (*Parent*) (str. 90).
- Końcówki łopat śmigła w rzucie z boku mogą się nie pokrywać — i to nie jest błąd (str. 91).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

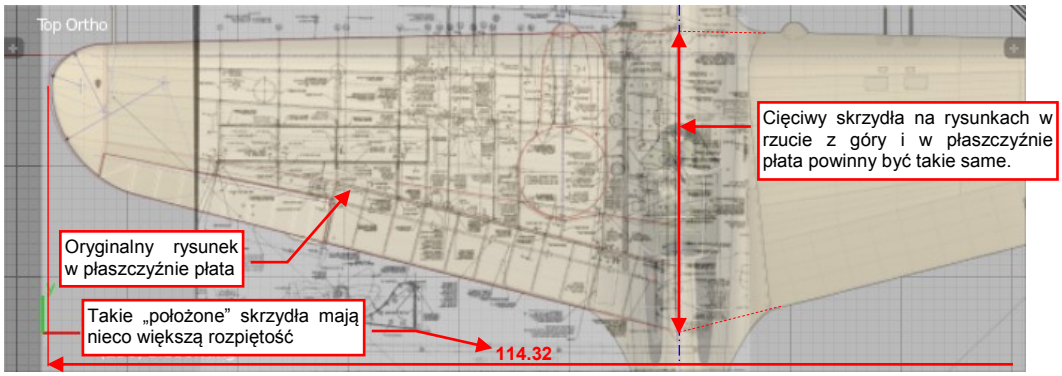
3.4 Skrzydło — kształt podstawowy

Nim rozpoczniesz formować skrzydło, warto sprawdzić jaki jest jego wznios w rzucie z przodu. Kąt wzniosu skrzydeł naszego P-40 był stosunkowo duży i wynosił 6º (Rysunek 3.4.1):



Rysunek 3.4.1 Wpływ kąta wzniosu na deformację skrzydła w rzucie z góry

Tak duży wznios powoduje widoczne deformacje skrzydła w rzucie z góry. Dlatego do formowania siatki przygotowałem dodatkowy rysunek skrzydła bez wzniosu („położonego płasko" na płaszczyźnie **XY**). Opracowałem go w oparciu o dostępną dokumentację fabryczną (Rysunek 3.4.2):



Rysunek 3.4.2 Przygotowanie roboczego rysunku skrzydła

Oczywiście, jeżeli nie dysponujesz oryginalnymi rysunkami, można uzyskać taki rzut np. rozciągając w poziomie oryginalny rzut płata o *1/cos(kąta wzniosu)*. Zazwyczaj autorzy planów nie odwzorowują w rzucie z góry delikatnego wygięcia linii żeber, co tym przypadku zdecydowanie ułatwia w sprawę.
W każdym razie takie „położone" skrzydło i skrzydło na rzucie z góry powinny mieć taką samą cięciwę (por. Rysunek 3.4.2 — pomijam tu wpływ ewentualnego kąta natarcia).

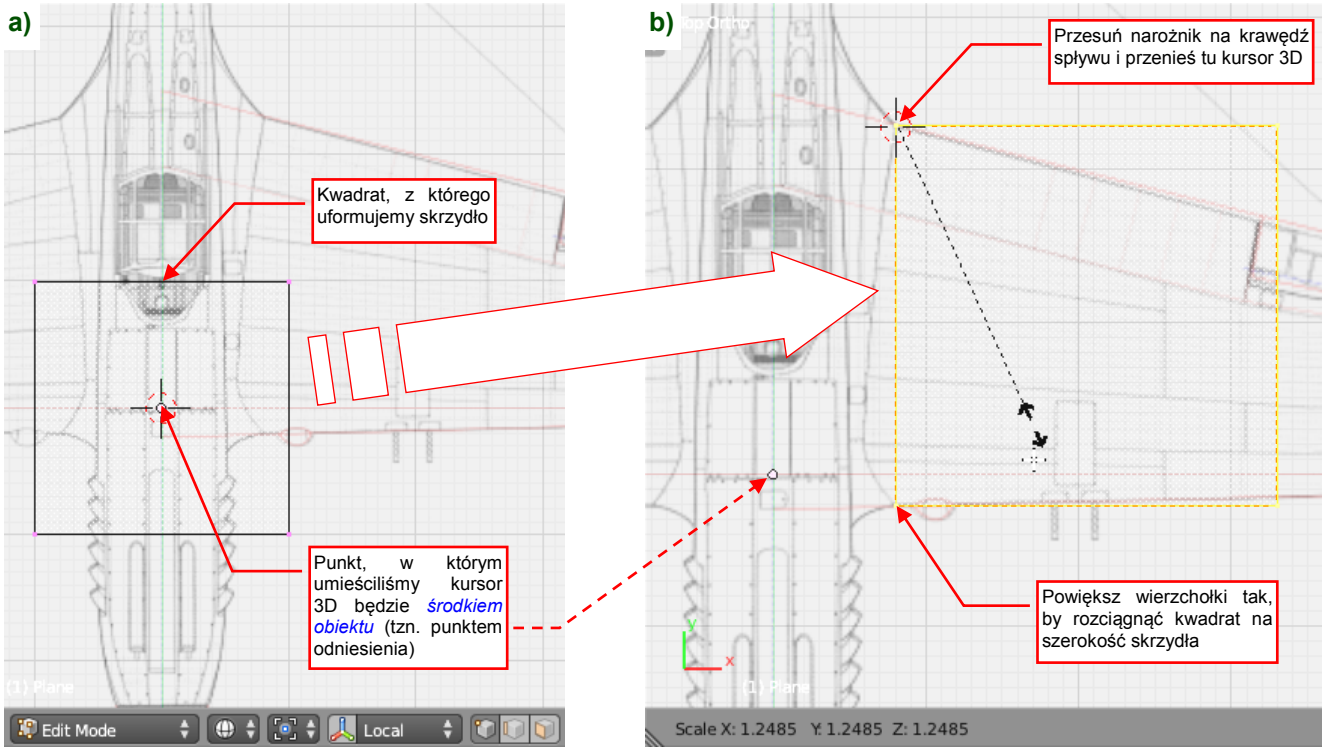
W przypadku P-40 wykorzystanie pomocniczego rysunku skrzydła jest niezbędne do poprawnego wykonania modelu, gdyż deformacja w rzucie z góry jest dość znaczna (Rysunek 3.4.3).

Rysunek 3.4.3 Różnice pomiędzy widokami: roboczym i z góry

Taki pomocniczy rysunek jest dołączony do tej książki, jako plik *source\plans\p40b-highres\wing.png* (por. str. 18). W przykładach pokazanych na ilustracjach w dalszych sekcjach książki wykorzystuję jednak jako referencję inny obraz, który uzyskałem w wyniku nieznacznego rozciągnięcia płatów z planów Jacka Jackiewicza.

Skrzydło można by w zasadzie uformować w sposób podobny do tego, który zastosowaliśmy do stworzenia łopaty śmigła. Zaczniemy od stworzenia profilu początkowego, który później wytłoczymy (*Extrude*) w podstawowy kształt płata — trapez. Zazwyczaj w opisach konstrukcji samolotu można znaleźć szczegółowe informacje, jaki profil lotniczy został w niej zastosowany. W przypadku P-40 był to: NACA-2215 u nasady i NACA-2209 na końcówkach. Obrys NACA-2215 centropłata naniosłem na plany (por. Tom I). NACA-2209 to w istocie "spłaszczony" o 40% NACA-2215 (więcej na ten temat znajdziesz na str. 416, w dodatku "Kształt profili lotniczych (metody odwzorowania)", a o rodzinie profili NACA — na str. 418).

Kształt profilu płata można odwzorować za pomocą linii podziałowej, opartej na siatce złożonej z niewielu (nawet kilkunastu) punktów. Czy należy się koncentrować na uzyskaniu siatki o jak najmniejszej liczbie wierzchołków? Można do tego dążyć. Tylko, mimo pozorów, taki efekt nie będzie najwygodniejszy na dalszych etapach pracy. Najlepiej jest, gdy jak najwięcej linii siatki skrzydła pokrywa się z głównymi liniami konstrukcyjnymi, widocznymi na planach. To ułatwi w przyszłości rysowanie tekstury nierówności (z paneli i nitów), a także wykonywanie otworów — lotek, klap, czy podwozia. Formowanie płata zaczniemy więc od narysowania płaskiego, "testowego" trapezu, który pozwoli nam "przymierzyć" położenie wierzchołków wzdłuż profilu płata.
Sądzę, że najlepszym miejscem na środek (punkt odniesienia) płata będzie punkt o współrzędnych **X**=0, **Y**=0[1]. Umieść tam kursor 3D. Następnie wstaw w tym punkcie, w rzucie z góry, kwadrat (***Add→Mesh→Plane*** — str. 295). Przełącz się w tryb edycji (Rysunek 3.4.4a) i powiększ go do szerokości skrzydła (Rysunek 3.4.4b):



Rysunek 3.4.4 Początek formowania płata — kwadrat

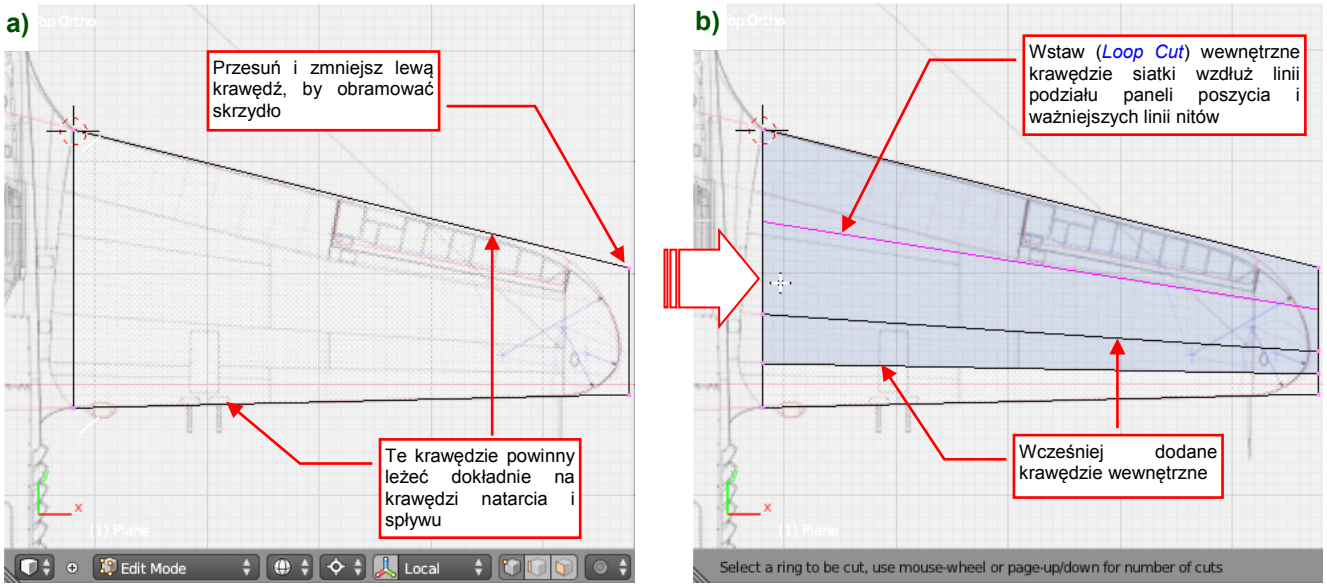
Najpierw przesuń kwadrat ponad płat, aby jego lewy górny narożnik znalazł się na krawędzi spływu. Zrób to w *Edit Mode* (aby środek obiektu ma pozostać w tym samym miejscu). Umieść tam kursor 3D (zaznacz tylko ten wierzchołek, a następnie wywołaj **Shift**-**S**, *Cursor to Selected*). Potem powiększ (*Scale*) cały kwadrat tak, by jeden z jego boków stał się cięciwą płata w pobliżu kadłuba (Rysunek 3.4.4b).

[1] W końcu od początku to planowaliśmy — por. wybór punktu "bazowego" na str. 71.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Następnie:

- przesuń prawy boku kwadratu do końca rozpiętości płata (tzn. w kierunku **X**, w prawo);
- przesuń jego wierzchołki w pionie (wzdłuż osi **Y**) tak, by przekształcić ten kwadrat w trapez, którego górna i dolna krawędź pokrywają się się z krawędziami płata (Rysunek 3.4.5a);



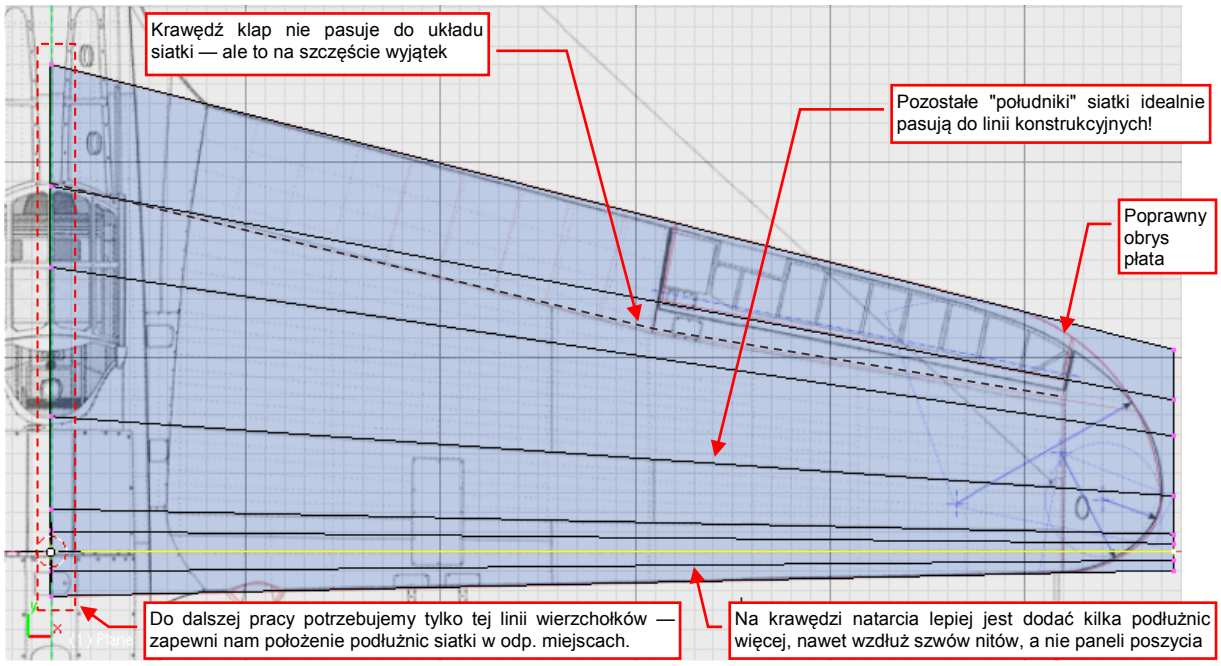
Rysunek 3.4.5 Nanoszenie linii, odpowiadających podłużnicom płata

Wstaw (za pomocą polecenia *Loop Cut*) dodatkowe krwędzie wewnątrz trapezu. Umieść je wszędzie tam, gdzie na planach są narysowane istotne linie konstrukcyjne. Rysunek 3.4.5b) pokazuje pierwsze z nich.

Potem:

- dosuń lewy bok trapezu do osi kadłuba (ustw kursor 3D w punkcie **0,0,0**, przełącz *Pivot Point* na *3D Cursor*, zaznacz wierzchołki lewej krawędzi i zmniejsz ich skalę do 0 w kierunku osi **X**);
- zwiększ jego rozmiar w kierunku **Y** tak, by po tej zmianie uzgodnić górną i dolną krawędź trapezu z krawędziami płata;

Rysunek 3.4.6 pokazuje efekt tych operacji:

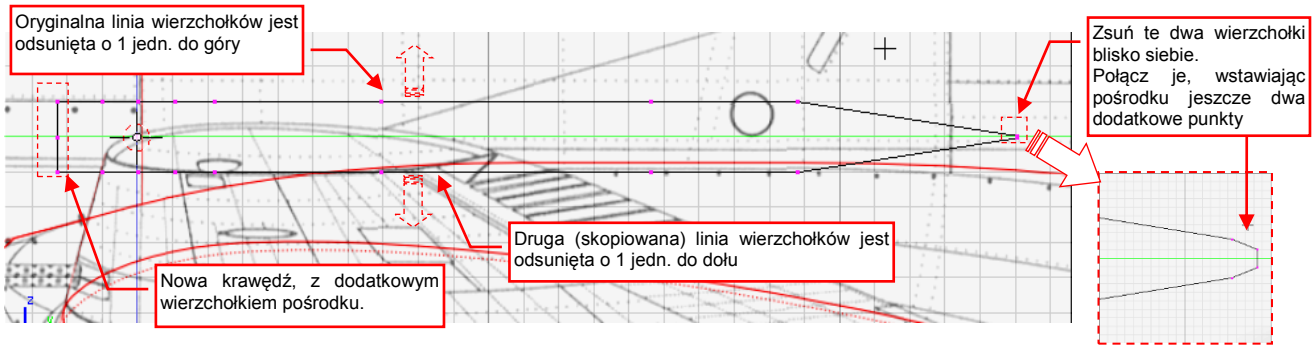


Rysunek 3.4.6 Trapez "testowy" — w celu dopasowania się do układu podłużnic płata

Wierzchołki, połączone liniami siatki, są umieszczone w tej samej proporcji (% cięciwy płata) na obydwu krańcach trapezu. Rysunek 3.4.6 pokazuje, że te "południki" niemal idealnie pasują do odpowiednich linii konstrukcyjnych. Ten efekt nie jest przypadkowy. Każdy inny kierunek na wypukłej powierzchni płata nie jest linią prostą. Podłużnica, która nie biegnie w kierunku "południkowym" jest w prawdziwym samolocie o wiele trudniejsza do wykonania. Co prawda tam, gdzie wypukłość płata jest niewielka — w pobliżu krawędzi spływu — mogą się zdarzyć podłużnice biegnące w innym kierunku. Rysunek 3.4.6 pokazuje, że w P-40 były to krawędzie klap.

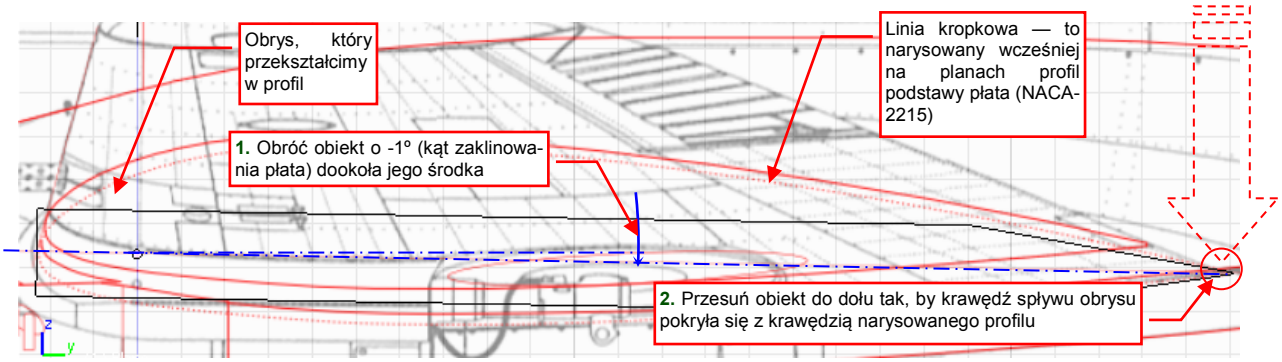
Jedynym elementem stworzonego trapezu, którego potrzebujemy do dalszej pracy, jest linia biegnąca wzdłuż postawy płata (Rysunek 3.4.6). Przekształcimy ją w profil poczatkowy. Usuń wszystkie pozostałe wierzchołki siatki, by pozostały z niej tylko krawędzie leżące na osi samolotu. Jako rysunek referencyjny rzutu z boku załaduj *source\plans\p40b-highres\Left (gear).png*. Następnie:

- przesuń tę linię wierzchołków o jedną jednostkę do góry;
- skopiuj wierzchołki pozostawionej linii w nową linię (Shift-D, ***Mesh→Duplicate***, str. 347) , i przesuń o 2 jednostki do dołu (by każda z linii leżała po przeciwnych stronach środka obiektu — Rysunek 3.4.7);
- połącz obydwa krańce tych linii krawędziami (F, ***Mesh→Edges→Make Edge/Face***, str. 361) ;
- podziel te nowo utworzone krawędzie za pomocą dodatkowych wierzchołków (W, ***Mesh→Edges→Subdivide***, str. 348): jednego na przedniej i dwóch na tylnej krawędzi;



Rysunek 3.4.7 Obrys, przygotowany do przekształcenia w profil

Rysunek 3.4.7 przedstawia obrys, który powinieneś przygotować . Przednia krawędź ma wierzchołek dokładnie w połowie długości, czyli dla **Z** = 0. Powstanie z niego linia krawędzi natarcia. Tylne połączenie obrysów: górnego i dolnego, składa się aż z 4 wierzchołków. Powstanie z nich krawędź spływu. Te cztery wierzchołki ustaw tak, jak na ilustracji — ich wysokość nie powinna przekroczyć 0.05 jednostki Blendera (czyli 5 mm na "prawdziwym" samolocie). Po włączeniu wygładzenia powierzchni, utworzą zaokrąglenie o promieniu ok. 0.03 jednostek Blendera (czyli 3 mm na "prawdziwym" samolocie)[1].



Rysunek 3.4.8 Ustawienie obrysu w pozycji właściwej dla płata

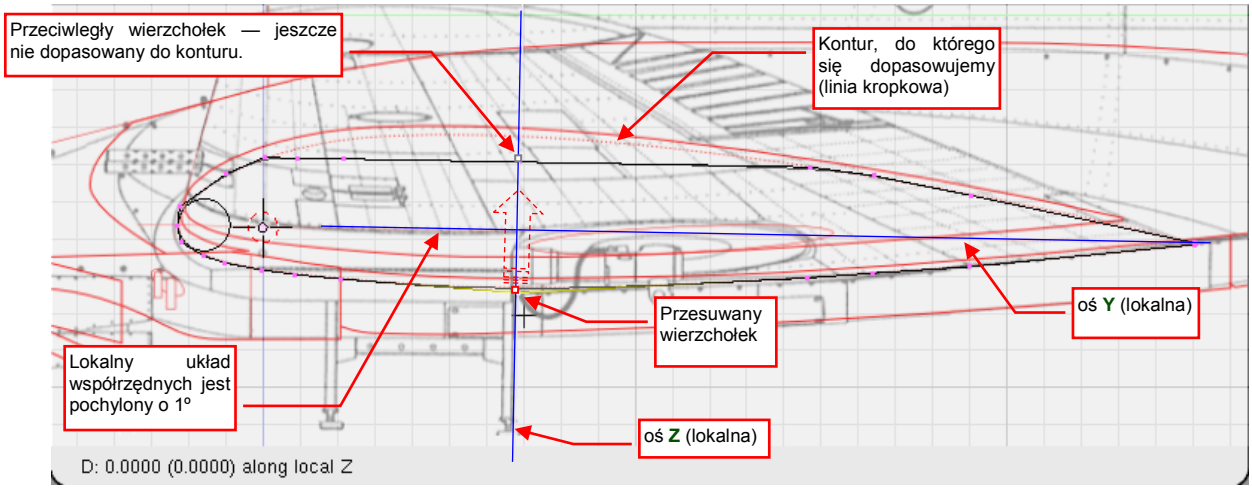
Teraz przekształcimy obrys w poprawny profil płata. Przełącz się w tryb obiektu (*Object Mode*). Obróć obrys wokół osi **X** o -1°. Następnie przesuń go do dołu, aby znalazł się w osi płata (Rysunek 3.4.8).

[1] Krawędź spływu nie jest nigdy idealnie ostra — z przyczyn technologicznych jest albo zaokrąglona niewielkim promieniem, albo "ścięta" na jakąś niewielką grubość (rzędy kilku milimetrów)

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Najłatwiej jest to zrobić, ustawiając krawędź spływu w punkcie, gdzie na planach jest krawędź spływu profilu centropłata (Rysunek 3.4.8).

Przełącz się z powrotem w tryb edycji (*Edit Mode*). Włącz wygładzenie linii (dodając modyfikator *Subdivision Surface*) i ustaw jego poziom (*Subdivisions*) na 2. Włącz tryb wyświetlania *Wireframe* (Z), by oprócz linii siatki, zobaczyć na ekranie także cienką, wygładzony kontur efektywnego kształtu. Spróbuj najpierw odwzorować profil płata, przesuwając tylko istniejące wierzchołki. Nie zmieniaj ich pozycji względem cięciwy profilu (lokalnej osi **Y**), gdyż pod tym względem zostały już "ustawione". Możesz je jedynie przesuwać wzdłuż lokalnej osi **Z** (kombinacja G,Z,Z — Rysunek 3.4.9):

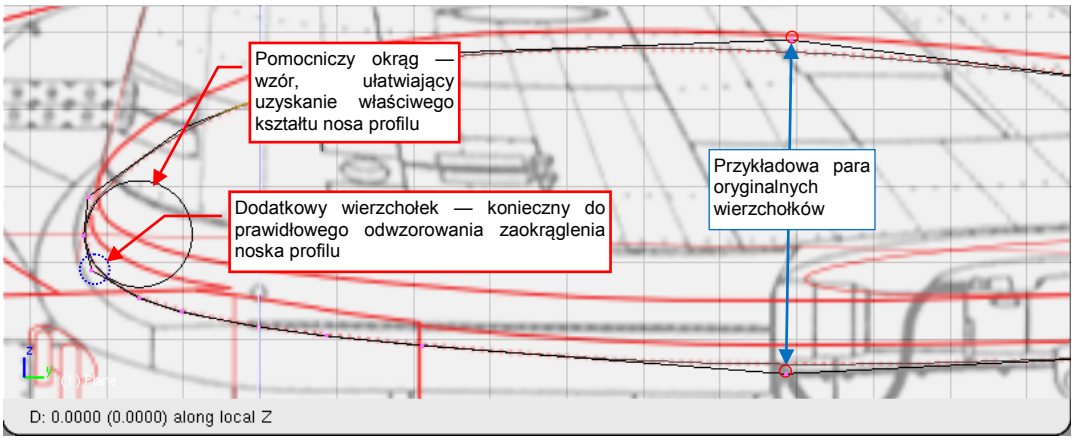


Rysunek 3.4.9 Formowanie profilu — przesuwanie wierzchołka wzdłuż lokalnej osi Z

Czasami do uzyskania ostatecznego kształtu okaże się konieczne dodanie do obrysu dodatkowego wierzchołka. Najłatwiej to zrobić poprzez podział odpowiedniej krawędzi (*Subdivide*). Te dodatkowe wierzchołki nie mają odwzorować żadnej konkretnej linii konstrukcyjnej. Możesz więc je swobodnie przesuwać, zarówno wzdłuż lokalnej osi **Z**, jak i osi **Y**.

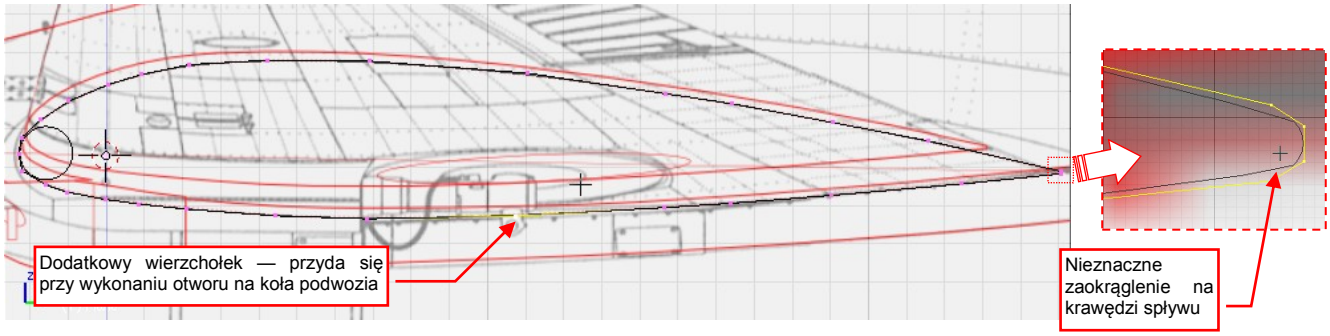
- Oryginalne wierzchołki, które możesz tylko przesuwać w kierunku **Z**, poznasz po tym, że występują "parami". Każdemu takiemu wierzchołkowi na dolnym obrysie profilu odpowiada wierzchołek na górnym obrysie profilu. Obydwa leżą w tym samym miejscu lokalnej osi **Y** (Rysunek 3.4.9).

Rysunek 3.4.10 przedstawia fragment obrysu profilu płata, w trakcie dopasowywania do zadanego konturu. Jako pomoc w uzyskaniu odpowiedniego kształtu, umieściłem w nosie profilu pomocniczy okrąg (usunę go, gdy skończę). Podczas formowania okazało się, że niezbędne jest dodanie dodatkowego wierzchołka, pokazanego na ilustracji.



Rysunek 3.4.10 Formowanie nosa profilu — przykład wstawienia dodatkowego wierzchołka

Ustawiając kolejne wierzchołki od krawędzi natarcia do krawędzi spływu profilu, szybko dopasujesz obrys do założonego konturu (Rysunek 3.4.11) :



Rysunek 3.4.11 Uformowany profil płata

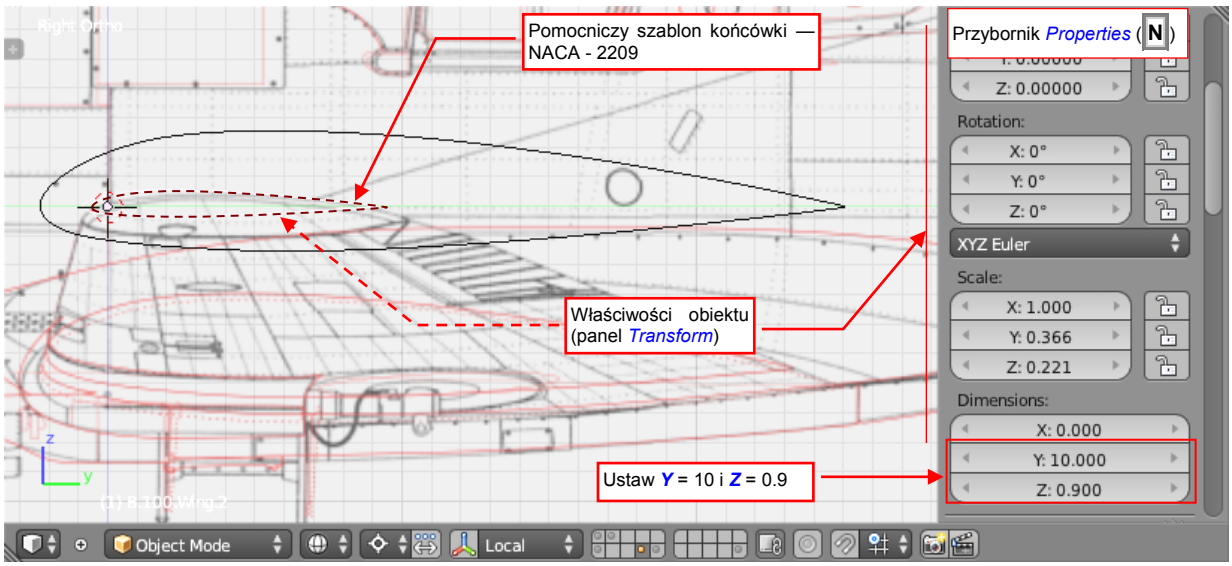
W tym przykładzie udało nam się odwzorować dokładnie profil płata za pomocą 32 wierzchołków. To dość typowy rezultat.

Większość dalszych prac będzie nam łatwiej wykonywać, gdy płat nie będzie pochylony o -1º. W związku z tym przełącz się w *Object Mode* i zmień kąt pochylenia na 0º. Przesuń ten obiekt z powrotem do środka układu współrzędnych. To ułatwi odczyt współrzędnych góry i dołu płata (jedne będą dodatnie, a drugie — ujemne). Dalsze przekształcenia siatki będą wykonywane w oparciu o rzut z góry i z przodu. Dopiero po ostatecznym uformowaniu umieścimy płat w docelowym miejscu konstrukcji i tam go "zaklinujemy" pod katem -1º.

Zgodnie z dokumentacją, profilem końcówki płata był NACA-2209. Ten symbol oznacza taki sam kształt, jak NACA-2215, tylko "spłaszczony" o 40%. Podczas ustalania grubości płata przyda nam się jakiś dokładny wzór, aby sprawdzić, czy osiągnęliśmy właściwą grubość. Na plany nie ma w tym przypadku co liczyć — rzuty z przodu zazwyczaj pokazują grubość płata niepoprawnie. Zresztą, nawet gdyby autor starał się być dokładny, to powinien narysować kształt skrzydła pochylonego o 1º. Zróbmy więc nasz własny wzorzec grubości skrzydła. Będzie to kopia obrysu, który właśnie ukończyliśmy:

- skopiuj (**Shift**-**D**) profil podstawy w nowy obiekt;
- otwórz przybornik *Properties* (**N**) i w panelu *Transform* zmień jego rozmiar (***Dimensions***): w kierunku *Y* do 10.0, a *Z* — do 0.9 (w ten sposób uzyskujemy profil końcówki o grubości 9%: NACA-2209).

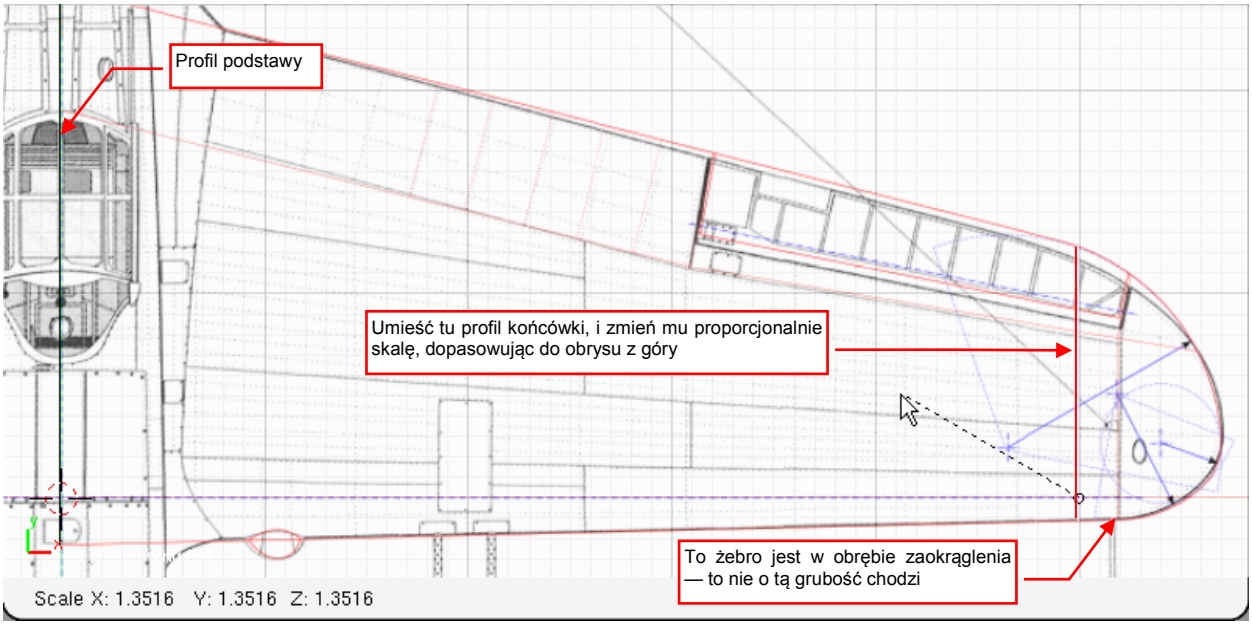
Rysunek 3.4.12 pokazuje, jak na tym etapie powinien wyglądać nowy profil:



Rysunek 3.4.12 Pomocniczy wzorzec profilu końcówki płata

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

O jakim konkretnie miejscu myślał autor opisu technicznego P-40, pisząc że grubość profilu na końcu płata wynosiła 9%? Proponuję założyć, że chodzi tu o ostatnie żebro przed obszarem zaokrąglonej końcówki. Przesuń wzorzec końcówki w to miejsce (współrzędne **Y** i **Z** środka mają pozostać = 0,0). Następnie powiększ cały obiekt — we wszystkich kierunkach, względem środka obiektu — aby dopasować krańce profilu do obrysu płata. Najprościej to zrobić poprzez zmianę skali (S — Rysunek 3.4.13, por także str. 300):

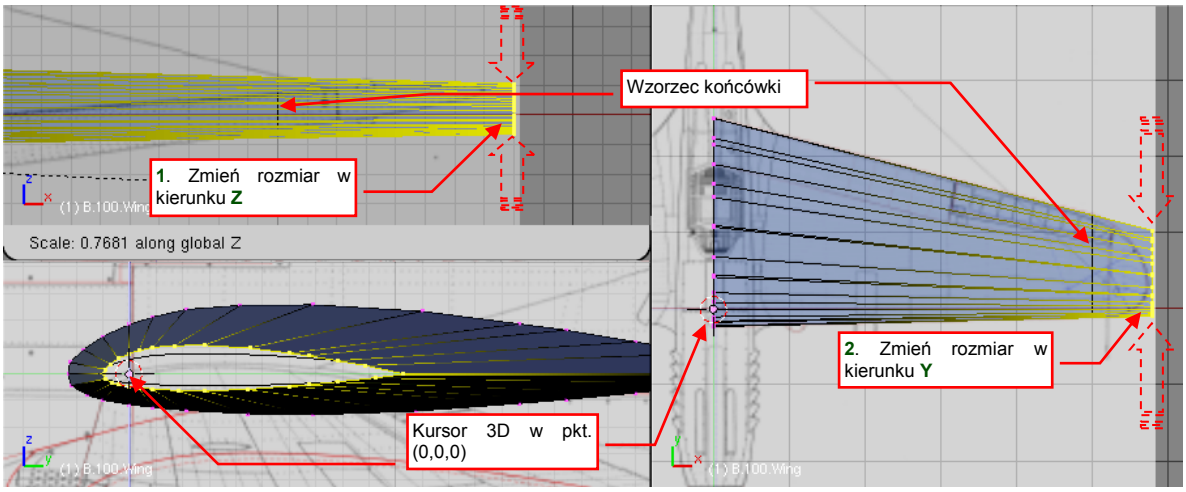


Rysunek 3.4.13 Ustalenie położenia i rozmiaru wzorca końcówki

- Dzięki proporcjonalnemu powiększeniu profilu we wszystkich kierunkach, masz pewność, że jego grubość względna nadal wynosi 9%.

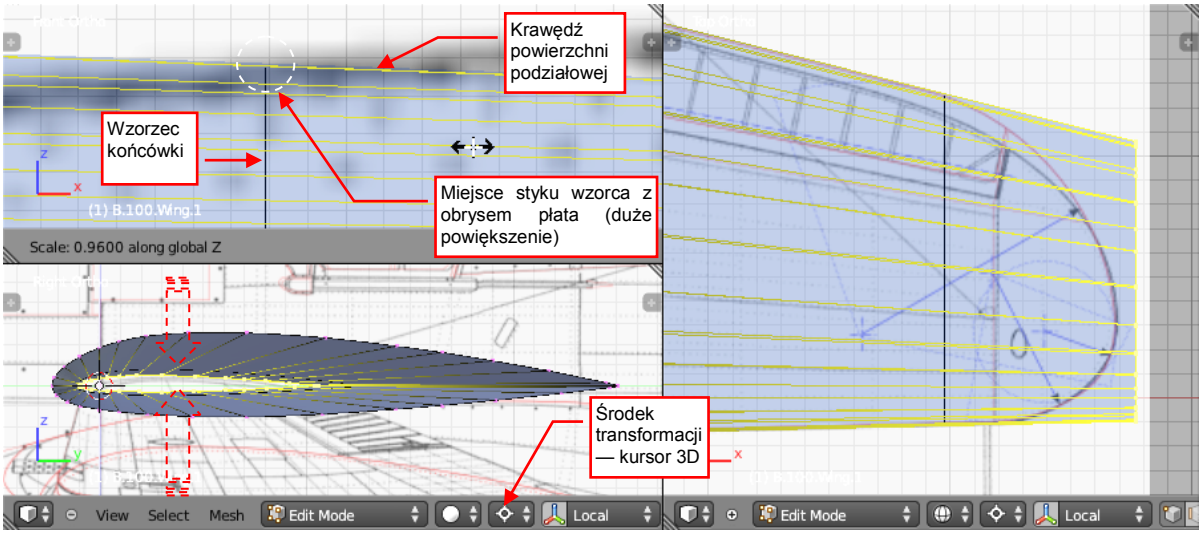
Stwórz podstawowy obrys skrzydła, wytłaczając profil centropłata wzdłuż osi **X** (E,X). Sekcję końcową pozostaw nieco poza konturem skrzydła, przedstawionym na planach (Rysunek 3.4.14). (Ten nadmiar zostanie usunięty przy okazji odcinania końcówek płata).

Następnie upewnij się, że kursor 3D jest w środku układu współrzędnych (Rysunek 3.4.14). Zmniejsz skalę końcówki w kierunku **Y** tak, by pasowała do konturu płata w rzucie z góry. Potem zacznij zmieniać skalę końcówki w kierunku osi **Z**. W rzucie z przodu obserwuj położenie końców szablonu i linii siatki:



Rysunek 3.4.14 Wytłoczenie (*Extrude*) podstawowego kształtu płata

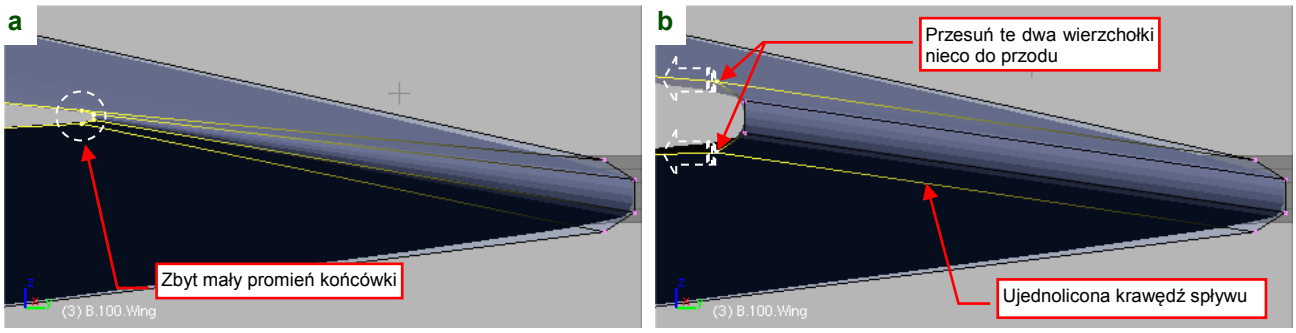
Dochodzenie do właściwej grubości końcówki można wykonać stopniowo, w kilku krokach. Podczas ostatniej fazy śledź jedną z końcówek wzorca w możliwie dużym powiększeniu (Rysunek 3.4.15). Aby lepiej widzieć kontur siatki i profilu końcówki, włącz w modyfikatorze *Subsurf* skrzydła opcję *Apply during Edit* (por. str. 77). W połączeniu z trybem wyświetlania *Wireframe* (**z**) pozwoli to precyzyjnie dopasować skalę w rzucie z przodu.



Rysunek 3.4.15 Dopasowanie grubości końcówki płata do zadanego wzorca

Ten etap formowania skrzydła jest zakończony, gdy powierzchnia płata pokryje się z tymczasowym 9% profilem, który umieściliśmy przy końcówce. Gdy to osiągniesz, usuń ten pomocniczy obiekt. Wykonał już swoje zadanie, i nie jest nam dłużej potrzebny.

Pozostało uporządkować jeszcze sprawę kształtu krawędzi spływu. Obróć aktualną projekcję i ustaw ją tak, by krawędź spływu stała się niemal prostopadła do płaszczyzny widoku. Zobaczysz wówczas to, co pokazuje Rysunek 3.4.16a: promień zaokrąglenia na końcówce jest kilka razy mniejszy od analogicznego zaokrąglenia u nasady płata. Technologicznie jest to niemożliwe — krawędź spływu jest zazwyczaj uformowana przez wygięcie blachy pokrycia, z jakimś stałym promieniem. Powiększ wszystkie cztery punkty końcówki względem ich naturalnego środka (*Pivot*: *Bounding Box Center*) w kierunku osi **Z**. Dodatkowo przesuń odrobinę dwa zewnętrzne wierzchołki do przodu wzdłuż osi **Y**. Utworzą w ten sposób identyczny obrys, jak na początkowym profilu skrzydła (Rysunek 3.4.16b):

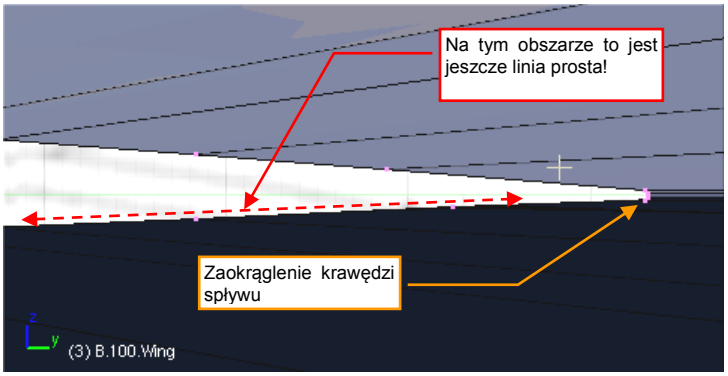


Rysunek 3.4.16 Ujednolicenie promienia na krawędzi spływu

W efekcie uzyskałeś wzdłuż krawędzi spływu stały promień zaokrąglenia — w realnym samolocie miałby średnicę ok. 3mm. To bardzo mały promień - nie jestem pewien, czy można aż tak zagiąć blachę pokrycia (zazwyczaj ok. 1mm grubości) bez ryzyka pęknięcia duralu. Mimo ogromnej liczby zdjęć konstrukcji nie byłem w stanie określić, czy krawędź spływu była uzyskana poprzez zagięcie, czy też znitowanie górnej i dolnej powłoki płata. Zresztą nawet taką "kanciastą", znitowaną krawędź często poddaje się oszlifowaniu, uzyskując koniec końców zaokrąglenie.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Czy powiększenie promienia krawędzi spływu bardzo zaburzyło profil tylnej części końcówki? Gdy zmniejszysz nieco powiększenie, zobaczysz że na szczęście nic takiego się nie stało (Rysunek 3.4.17). Tylna, dolna krawędź przekroju płata z lekko wypukłej linii stała się linią prostą — ot, i wszystko:



Rysunek 3.4.17 Rozmiar zaokrąglenia końcówki — ujęcie, pozwalające ocenić skalę.

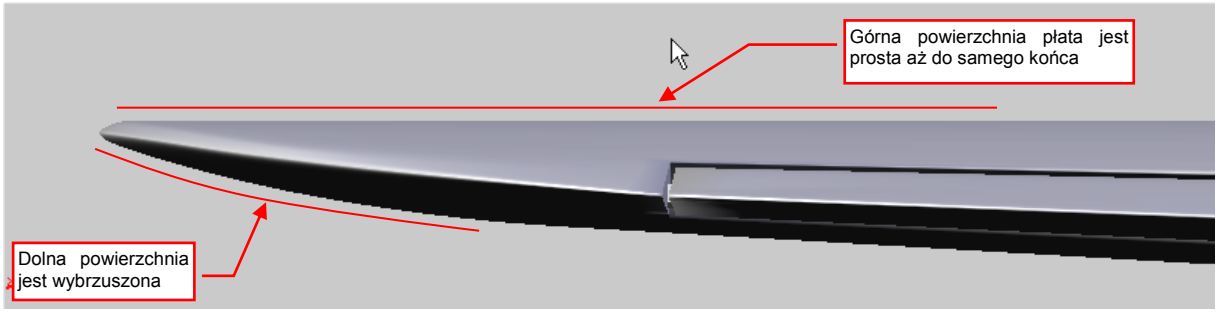
- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.04.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- Jeżeli skrzydła modelowanego samolotu mają wznios większy niż 2-3º, przygotuj dla nich odrębny rysunek referencyjny. Możesz go stworzyć z rysunków fabrycznych (o ile je masz), lub rozciągając wzdłuż rozpiętości o odpowiedni współczynnik (*1/cos(kąt wzniosu)*) oryginalne plany (str. 92);
- Warto się postarać, by jak najwięcej linii siatki skrzydła — "żeber" i "podłużnic" — pokrywało się krawędziami paneli i liniami nitów, widocznymi na planach. To ułatwi w przyszłości przygotowanie tekstur, odwzorowujących te detale.
- Zaczęliśmy się od "testowego", płaskiego obrysu skrzydła. Posłużył nam do podjęcia decyzji o rozłożeniu wierzchołków wzdłuż profilu płata (str. 94). Efektem tej "przymiarki" było przygotowanie odpowiedniego rozkładu podłużnic dla siatki skrzydła.
- Właściwe formowanie skrzydła zaczynamy od uformowania profilu jego podstawy (zazwyczaj podstawa płata leży w osi samolotu). Profil to linia zamknięta, wygładzona modyfikatorem *Subsurf*. Podczas kształtowania tej linii dodajemy do jej obrysu dodatkowe wierzchołki, aby uzyskać odpowiedni kształt krzywej (por. str. 97).
- Po stworzeniu profilu podstawy płata należy przygotować profil końcówki (str. 97)
- Podstawowy kształt płata — trapez — uzyskujemy poprzez wytłoczenie (*Extrude*) profilu podstawy, rozciągając go na całą rozpiętość skrzydła. Potem dopasowujemy koniec (poprzez zmianę skali) do zadanych rozmiarów profilu końcówki (str. 98).
- Na krawędzi spływu skrzydła lepiej pozostawić małe, "technologiczne" zaokrąglenie. Powinno mieć promień rzędu milimetrów (wyrażając to w jednostkach rzeczywistego samolotu).
- Do powielenia wierzchołków służy polecenia *Duplicate* (Shift-D, str. 95). Powielane są także zaznaczone krawędzie i ściany.
- Podczas pracy z linią wierzchołków przydatne są operacje: stworzenia nowej krawędzi (F, *Make Edge*, str. 95), wstawienia nowego wierzchołka (W, *Subdivide* odpowiedniej krawędzi — str. 96).

3.5 Końcówka skrzydła

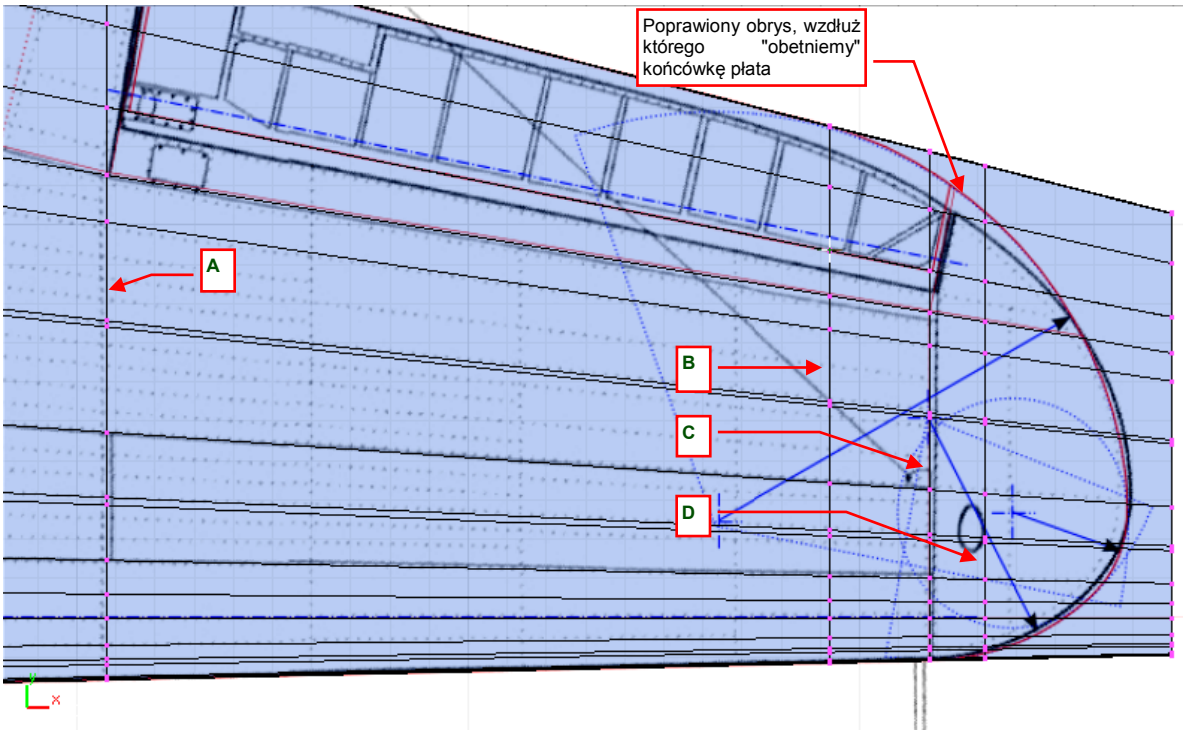
Końcówki płata P-40 nie da się uformować tak łatwo, jak końcówki łopaty śmigła. Po pierwsze, jest o wiele większa. Drobne nieścisłości kształtu, które "uchodzą" w przypadku małej końcówki łopaty, tu stałyby się zbyt widoczne. Po drugie, końcówka płata P-40 jest lekko wygięta do góry. Zrobiono to jednak w taki sposób, że linia górnej powierzchni płata pozostaje prosta (Rysunek 3.5.1):



Rysunek 3.5.1 Specyficzny, wygięty do góry kształt końcówki płata P-40

Przyjrzałem się temu fragmentowi na wielu zdjęciach. Doszedłem do wniosku, że najbezpieczniej będzie uzyskać ten obrys poprzez odcięcie nadmiaru siatki, tak, by górna krawędź płata pozostała nie zdeformowana. Potem wygnę dolną krawędź końcówki do góry, tworząc w rzucie z przodu charakterystyczne, lekkie wybrzuszenie.

Nim odetniemy końcówkę, nanieśmy na ten obszar siatki kilka dodatkowych sekcji ("żeber") — za pomocą polecenia *Loop Cut* (Rysunek 3.5.2):



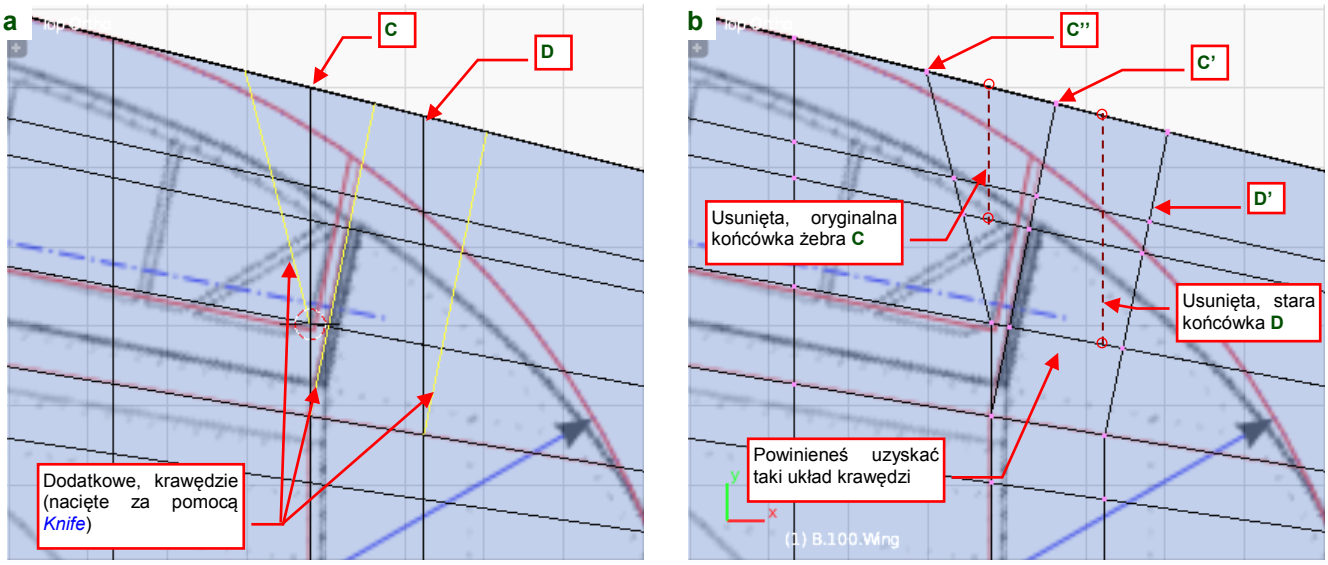
Rysunek 3.5.2 Dodatkowe sekcje, dodane do siatki płata

Sekcję **A** naniosłem z myślą o przyszłości — przyda się przy formowaniu lotki, a **B** — tam, gdzie się zaczynają zaokrąglenia. Sekcję **C** wstawiłem u podstawy końcówki płata, a **D** — tam, gdzie się później przyda do kształtowania obrysu.

Patrząc na ten rzut z góry nie dziw się, że widzisz dwie linie obrysu końcówki. Czarna linia pochodzi z oryginalnych planów, które okazały się niedokładne (por. Tom I). Ten drugi obrys w kolorze czerwonym — to moja poprawka, do której będziemy dopasowywać końcówkę.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

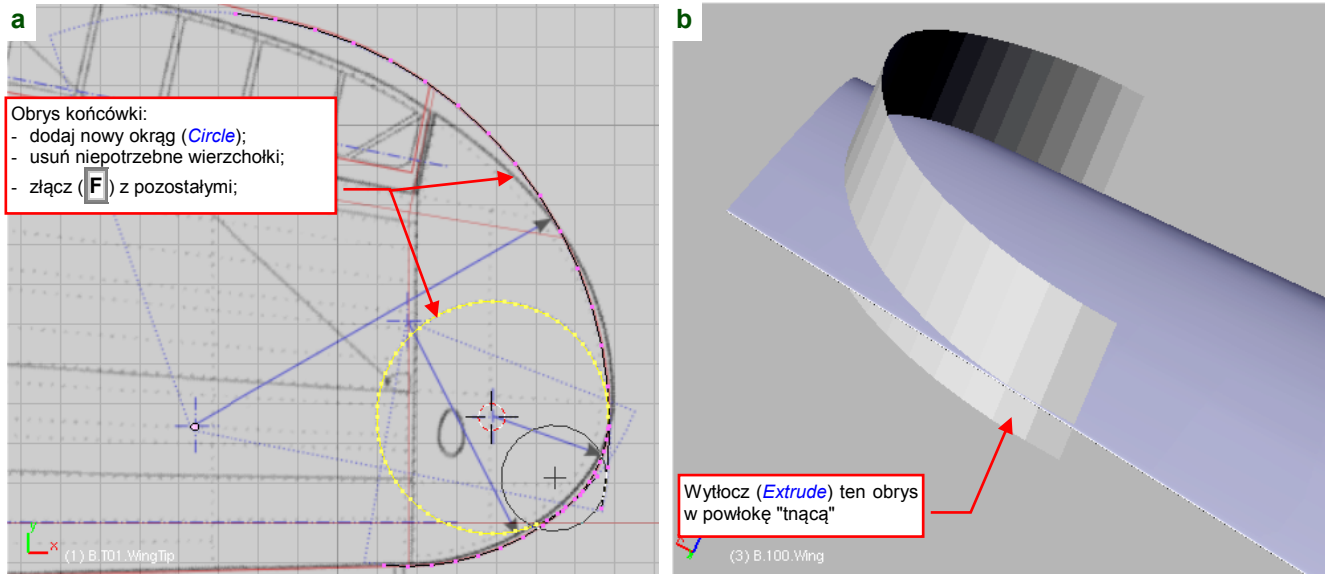
W ramach dalszych przygotowań krawędź spływu zmodyfikujemy końcówki tych żeber, by stworzyć na niej jeszcze jeden punkt, i rozłożyć pozostałe punkty bardziej równomiernie. (Inaczej trudno byłoby uzyskać odpowiedni kształt konturu płata). Utwórz przy sekcjach **C** i **D** trzy dodatkowe, lokalne linie wierzchołków — poprzez nacięcie (Shift-K, *Knife* — str. 345). Wszystkie powinny być równoległe do widocznej na planie krawędzi lotki (Rysunek 3.5.3a):



Rysunek 3.5.3 Pochylenie żeber w tylnej części skrzydła

Potem zaznacz i usuń (X, *Delete→Limited Dissolve*, str. 355) końcówki oryginalnych sekcji **D** i **C**, aby włączyć w nie nowe krawędzie (Rysunek 3.5.3b). Zwróć uwagę, że żadna z tych modyfikacji nie zmieniła kształtu górnej powierzchni płata!

Teraz przygotuj pomocniczy "nóż" do odcięcia końcówki. Siatkę tego obiektu utwórz poprzez złożenie fragmentów kilku okręgów (o środkach jak na planach) (Rysunek 3.5.4a):

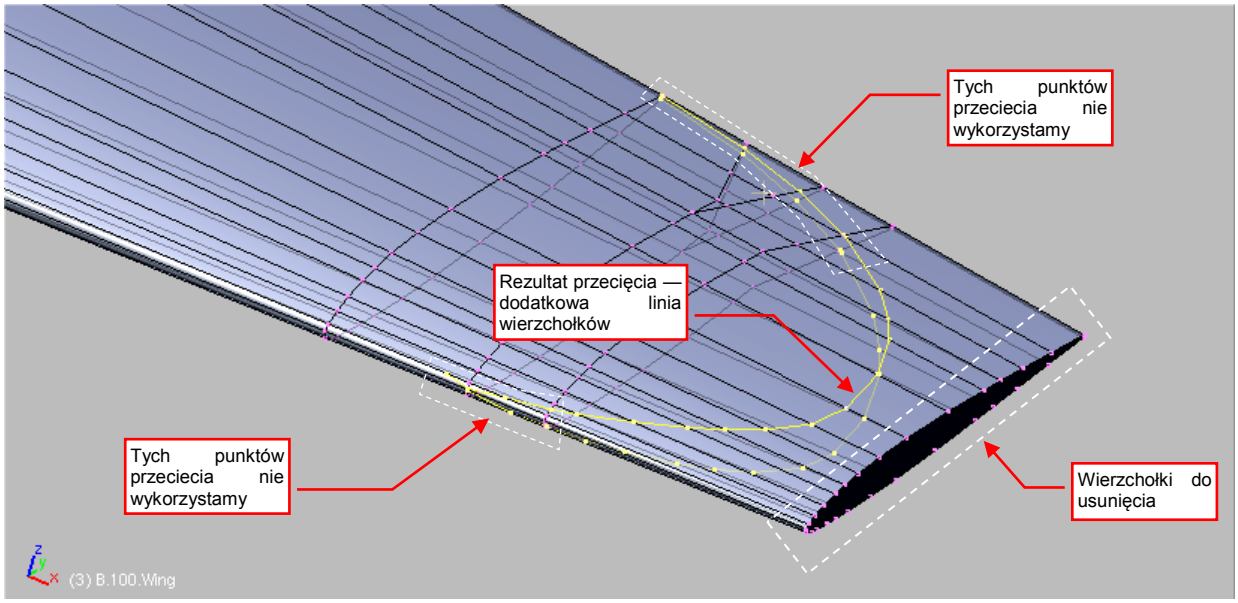


Rysunek 3.5.4 Przygotowanie obiektu odcinającego końcówkę płata

Uzyskaną linię wytłocz (*Extrude*). Obiekt umieść w odpowiednim położeniu (Rysunek 3.5.4b).

Krawędź przecięcia powierzchni płata z tą pomocniczą powłoką uzyskamy za pomocą dodatku do Blendera o nazwie *Intersection*. Jest dostarczony wraz z tą książką (*source\scripts\addons\object_intersection.py* — por. str. 18). Powinieneś go znaleźć w sekcji *Addons: Object* (por. str. 264) i aktywować.

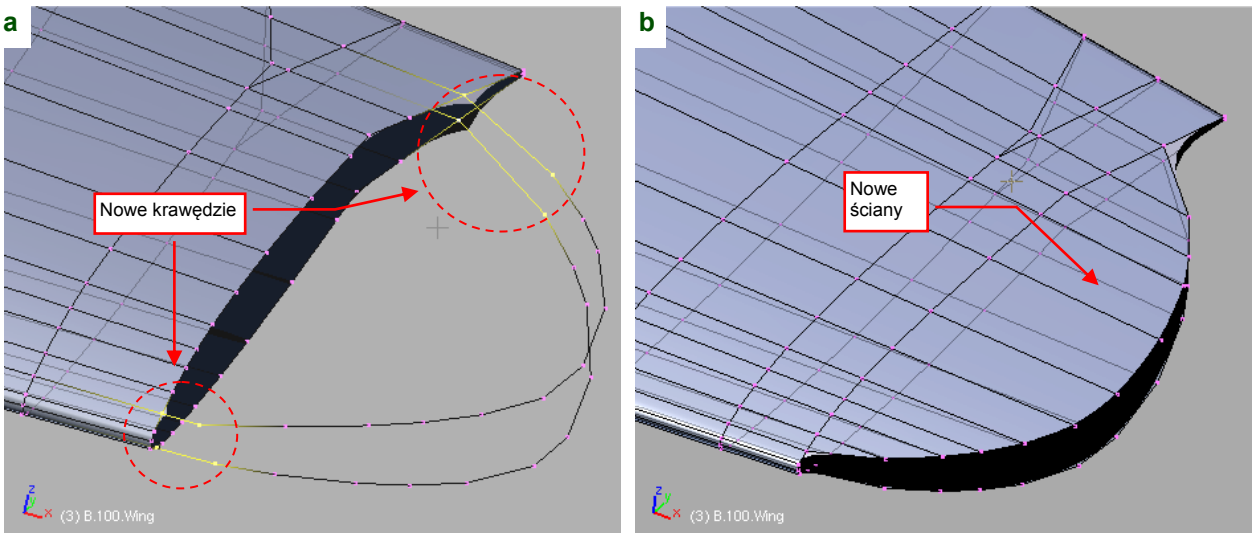
Krawędź przenikania pomocniczego obiektu z powierzchnią płata wyznaczymy używając polecenia ***Intersection*** (z menu *Specials* — por. str. 308). Opcje skryptu ustaw tak, by uzyskać wyłącznie punkty przecięcia z krawędzi skrzydła (Rysunek 3.5.5):



Rysunek 3.5.5 Rezultat przecięcia - nowa krawędź

Po wyznaczeniu krawędzi przecięcia, możesz już usunąć obiekt, którego użyliśmy jako "noża". Uzyskana krawędź nie należy na razie do żadnej ściany siatki skrzydła. Aby ją do niej włączyć:

1. Zaznacz i usuń ostatnią sekcję płata (Rysunek 3.5.5);
2. Usuń także niepotrzebne, krańcowe wierzchołki z linii przecięcia (Rysunek 3.5.5);
3. Złącz linię przecięcia z odpowiednimi podłużnicami skrzydła za pomocą czterech nowych krawędzi (Rysunek 3.5.6a)
4. Utwórz z poszczególnych wierzchołków nowe ściany (zaznaczając po trzy lub cztery i naciskając F — str. 359). Wkomponuj w ten sposób krawędź w płat (Rysunek 3.5.6b);



Rysunek 3.5.6 Scalenie nowej krawędzi z resztą siatki

Rysunek 3.5.6b) przedstawia efekt operacji. Mówiąc szczerze, wtyczkę *Intersection* napisałem, ponieważ nigdy nie lubiłem efektów operacji *Boolean* w Blenderze. Zawsze lepiej mieć pełną kontrolę nad siatką, i nadać jej dokładnie taki układ wierzchołków, jaki sobie życzymy.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

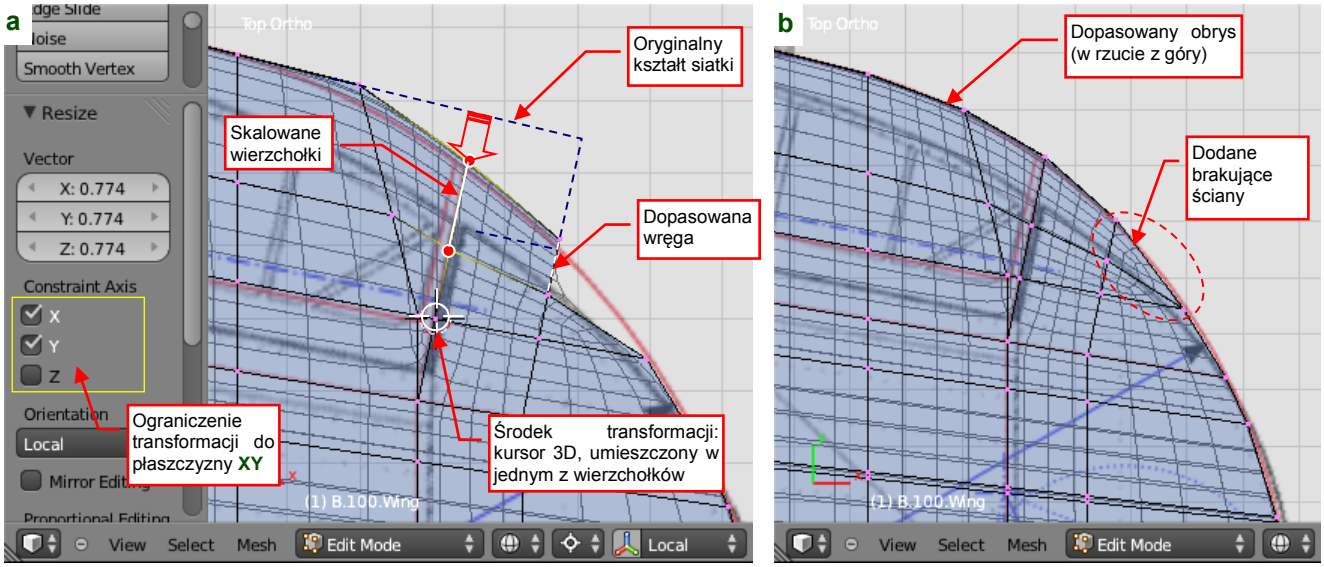
Teraz dopasujemy krawędź spływu końcówki do obrysu w rzucie z góry. Zaczniemy od dwóch nie naruszonych sekcji z oryginalnej siatki. Należy przemieścić ostatnie wierzchołki tych żeber tak, by znalazły się tylko odrobinę poza obrysem (Rysunek 3.5.7a).

Pamiętaj, że każdy z węzłów siatki, widoczny w rzucie z góry, to dwa wierzchołki — na górnej i dolnej powierzchni płata. Zaznaczaj je więc jako grupę, np. używając C (*Circle select* — por. str. 329). Należy przesunąć je tak, by wygięcie siatki było płynne. Wierzchołki po przesunięciu powinny leżeć na tej samej linii żebra, tylko bliżej środka. Można to zrobić poprzez przesunięcie (G) — zaznaczając oddzielnie każdy z węzłów. To najbardziej oczywista, ale trudniejsza droga (trudno zachować dokładną współliniowość z linią żebra). Znam szybszą metodę:

- umieść w pierwszym z wierzchołków linii żebra, który nie jest przesuwany, kursor 3D (zaznacz go, a następnie wywołaj Shift-S, *Cursor to Selected*);
- zaznacz wierzchołki końcówki żebra, które mają być przesunięte (por. Rysunek 3.5.7a);
- przełącz aktualny środek transformacji (*Pivot Point*) na *3D Cursor*;
- zmień skalę zaznaczonych wierzchołków by znalazły się w nowym miejscu. (Po wywołaniu polecenia *Resize* klawiszem S, naciśnij Shift-Z aby zablokować zmiany wzdłuż osi **Z**). Rezultat powinien wyglądać tak jak to pokazuje Rysunek 3.5.7a);

- Szczegóły tej metody „przesuwania poprzez skalowanie” i ograniczenia zmiany skali do płaszczyzny znajdziesz na str. 335.

Tą metodą dopasuj po kolei każde z żeber (zacznij od zewnętrznego). Rysunek 3.5.7b) pokazuje rezultat, który powinieneś osiągnąć:



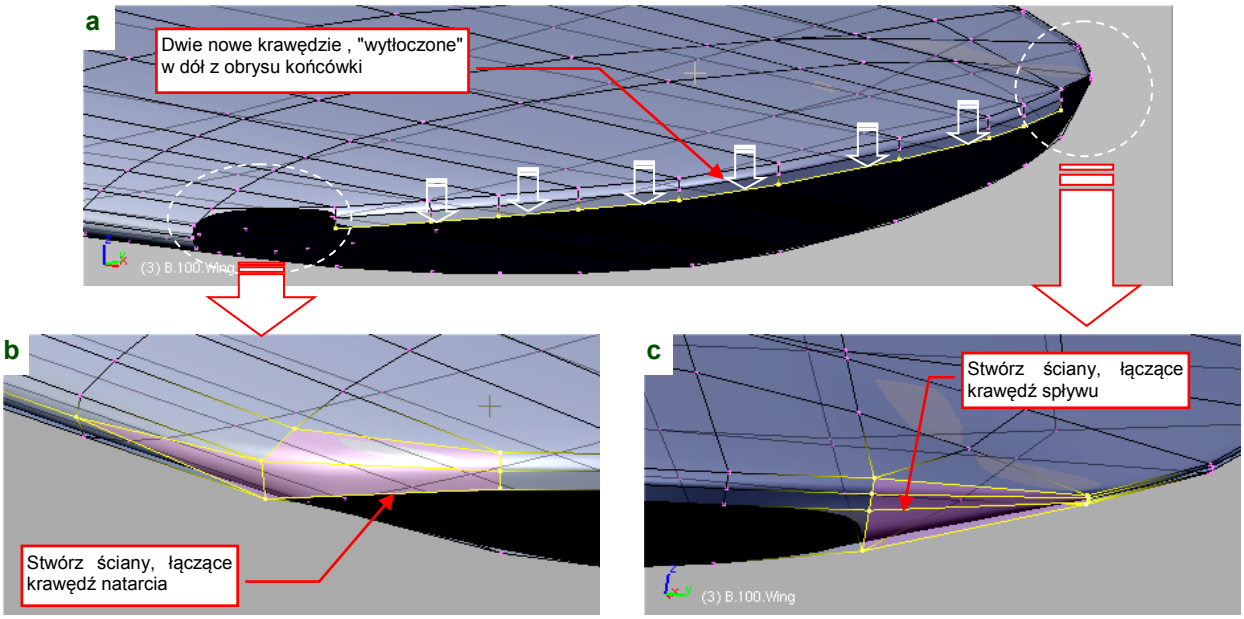
Rysunek 3.5.7 Dopasowanie tylnej krawędzi końcówki do obrysu w rzucie z góry

Potem pozostają doszlifowanie szczegółów (Rysunek 3.5.7b):

- stwórz dwie brakujące, trójkątne ściany (na górnej i dolnej powierzchni płata);
- poprzesuwaj wierzchołki krawędzi spływu tak, by dokładnie dopasować obrys wygładzonej siatki do rysunku;

- Pamiętaj, że krawędź spływu każdego żebra to cztery leżące blisko siebie wierzchołki! Zaznaczaj je jako grupę i razem poddawaj każdej transformacji.

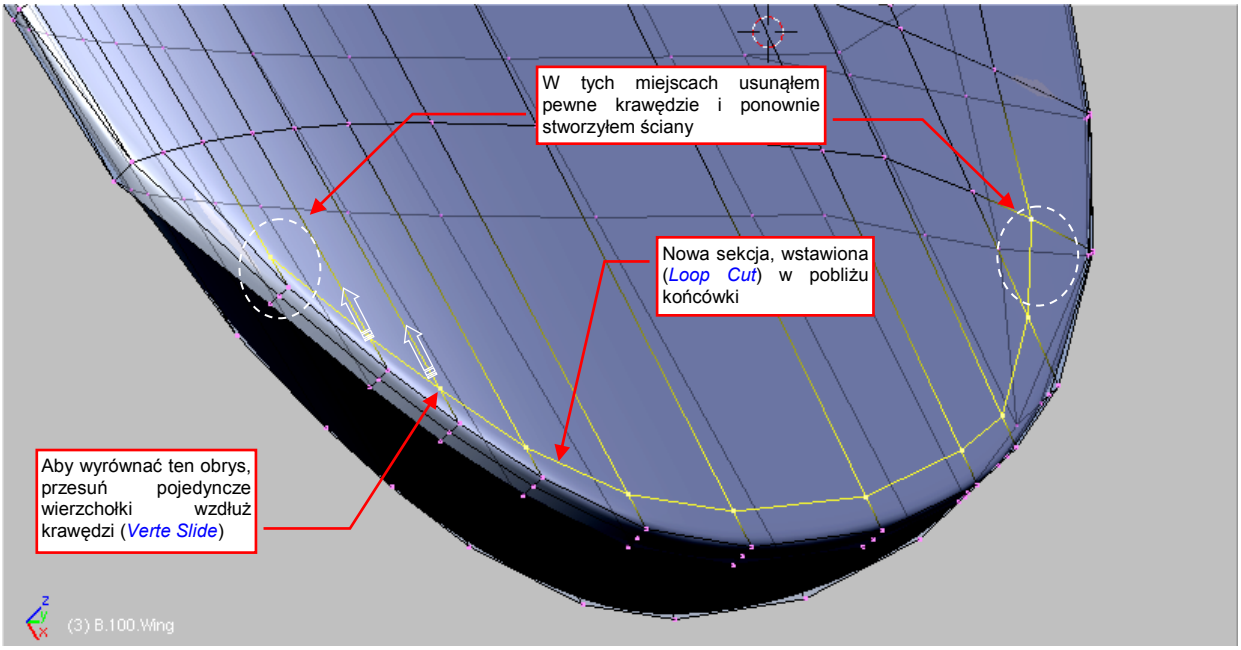
Czas dodać ściany, z których (w rzucie z przodu) za chwilę powstanie zaokrąglenie końcówki płata. Zaokrąglenie to było niewielkie — miało promień rzędu centymetra. Stwórz dwie nowe krawędzie wytłaczając (*Extrude*) krawędź końca płata do dołu, wzdłuż osi **Z**. Zachowaj niewielką odległość pomiędzy tymi liniami — około 0.1 jednostki Blendera (Rysunek 3.5.8a):



Rysunek 3.5.8 Łączenie krawędzi — natarcia i spływu

Z przodu i z tyłu pozostały w siatce luki, które aż się proszą o uzupełnienie. Utwórz w tych miejscach nowe ściany (Rysunek 3.5.8b, c).

Dodaj teraz do górnej powierzchni płata nową sekcję (Rysunek 3.5.9). Użyj w tym celu polecenia ***Loop Cut***, by nie zmienić kształtu górnej powierzchni skrzydła. Nową sekcję umieść w pobliżu końcówki — będzie wyznaczała granicę zaokrąglenia. Aby wyrównać jej odległość od końcówki, przesuń trochę jej krańcowe wierzchołki (**Shift**-**V** — *Vertex Slide*, p. str. 350):

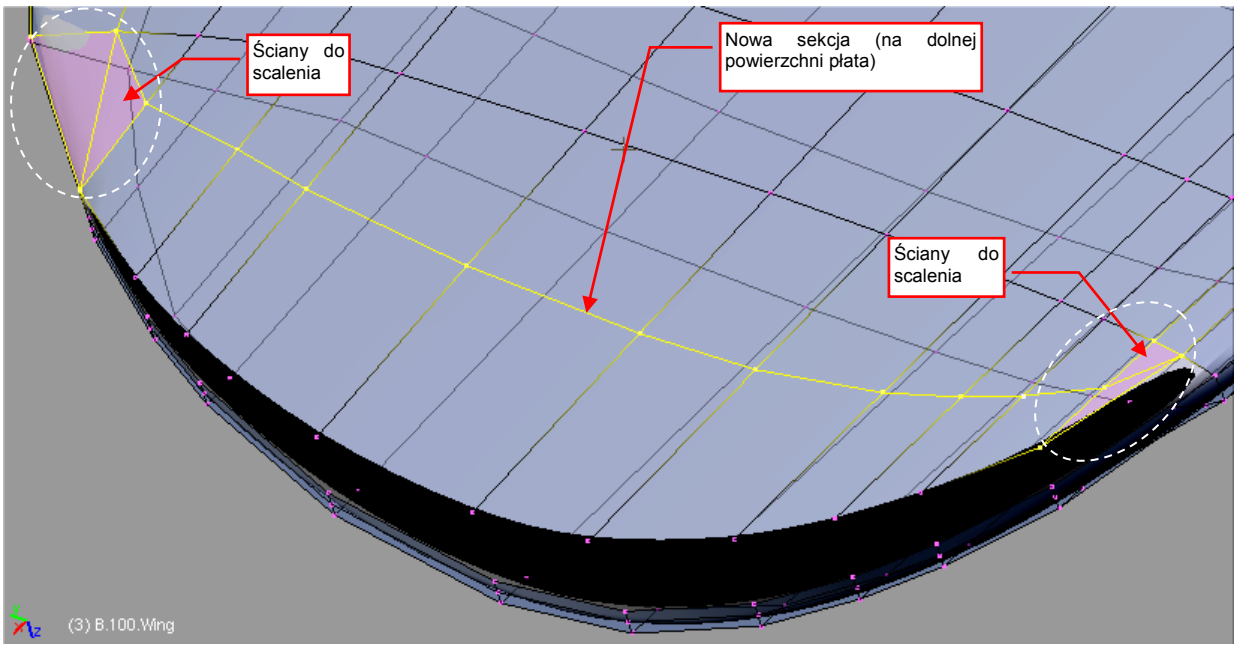


Rysunek 3.5.9 Dodatkowa sekcja na powierzchni górnej

Rysunek 3.5.9 pokazuje linię po scaleniu trójkątnych ścian w okolicach jej końcówek (**Alt**-**J** — *Tris to Quads*, p. str. 362). Dzięki tej operacji ta sekcja jest połączona z "podłużnicami".

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

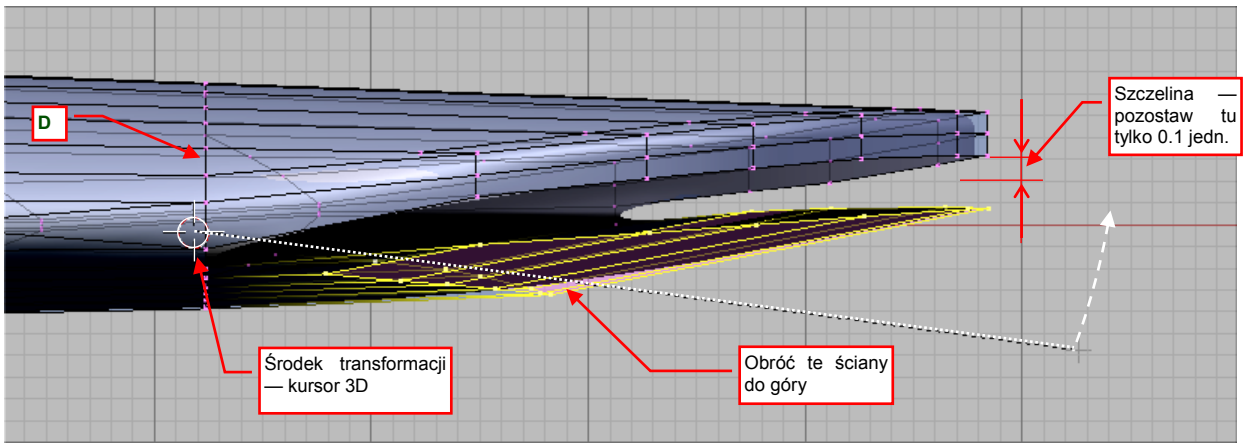
Podobną operację wykonamy także na dolnej powierzchni: wstaw nową sekcję za pomocą polecenia ***Loop Cut***. Uzyskaną linię umieść jednak w połowie odległości pomiędzy sąsiednimi sekcjami — posłuży nam do sterowania wygięciem tej powłoki (Rysunek 3.5.10):



Rysunek 3.5.10 Dodatkowa sekcja na powierzchni dolnej

Tak, jak w przypadku sekcji z powierzchni górnej, scal trójkątne ściany na jej końcach w czworokąty (Alt-J, p. str. 362) . Usuniemy w ten sposób z siatki wierzchołki, z których wychodzą więcej niż 4 krawędzie. (Takie punkty zazwyczaj odrobinę zaburzają kształt wygiętej powłoki podziałowej).

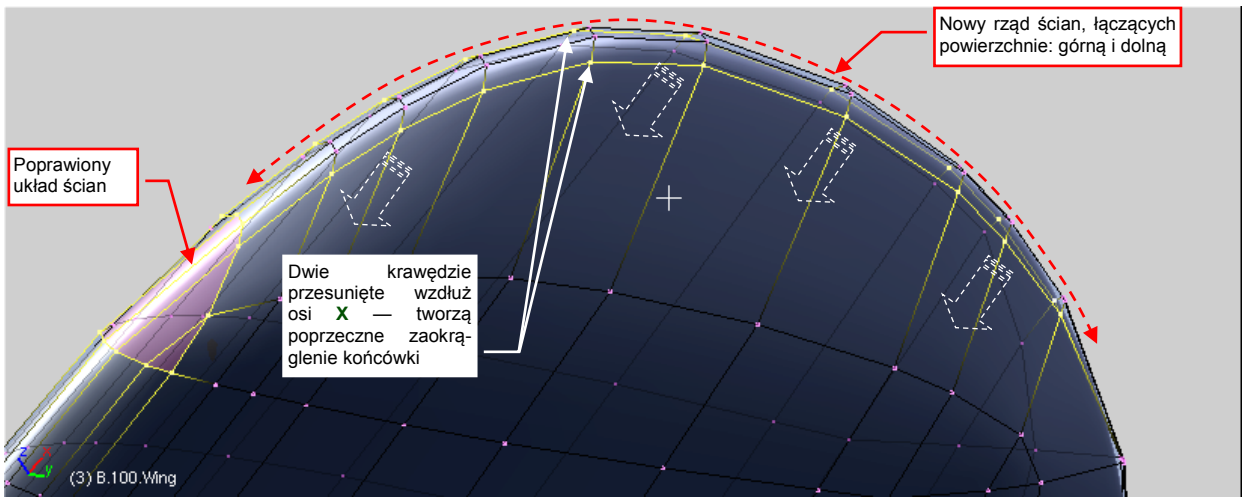
Powoli zbliżamy się do uzyskania ostatecznego kształtu. Teraz wygniemy dolną powierzchnię końcówki, zbliżając ją do górnej. Przełącz się na rzut z przodu (**ZX**). Umieść kursor 3D na krawędzi natarcia (Rysunek 3.5.11). Obróć wokół tego punktu taki "pas" ścian dolnej powierzchni, jak ten podświetlony na ilustracji poniżej (Rysunek 3.5.11):



Rysunek 3.5.11 Wyginanie powierzchni dolnej (poprzez obrót wybranych sekcji)

(W tym rzucie wygląda to trochę jak zamykanie szczęk krokodyla). Najpierw obróć obydwie zaznaczone krawędzi o kilka stopni (2º - 3º), potem samą końcówkę o kolejnych 10-12º. Nie "domykaj" jej jednak do końca — pozostaw pomiędzy górną i dolną krawędzią odstęp rzędu 0.1 jednostki Blendera.

Szczelinę, która pozostała, wypełnij rzędem nowych ścian, zamykając w ten sposób siatkę (Rysunek 3.5.12). Teraz możemy przesunąć wzdłuż osi **X** górną i dolną krawędź obrysu (nie więcej niż o 0.1 - 0.2 jedn.) (Rysunek 3.5.12). Uzyskamy w ten sposób zaokrąglenie krawędzi płata.

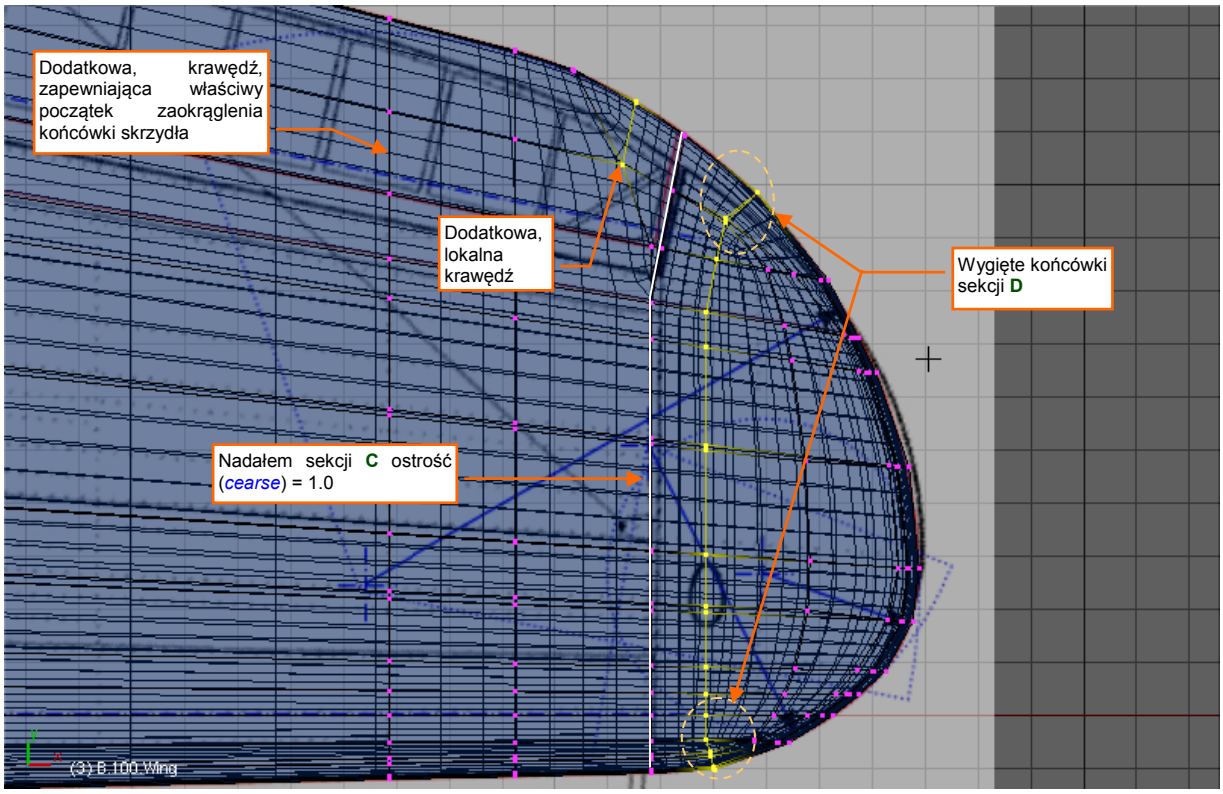


Rysunek 3.5.12 Ostateczne domknięcie końcówki rzędem ścian wzdłuż obwodu

Przy okazji zdecydowałem się usunąć trójkątną ścianę z krawędzi natarcia. Po przemyśleniu udało mi się dobrać w tym miejscu układ ścian czworokątnych (Rysunek 3.5.12).

Pozostało dokonać ostatnich dopasowań do obrysu z góry (Rysunek 3.5.13). W ich trakcie:

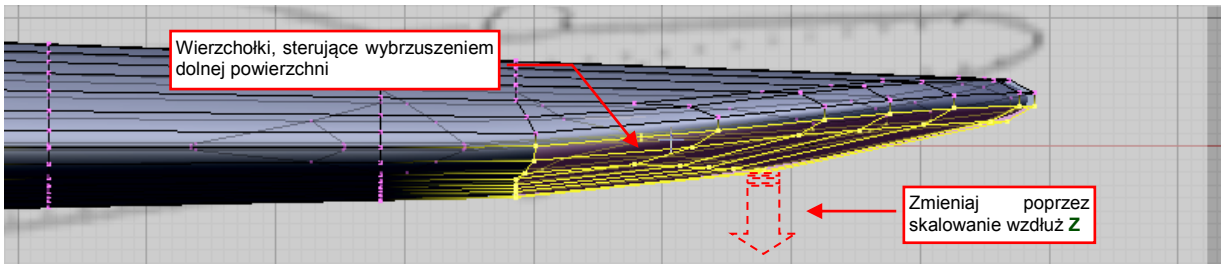
- oznaczyłem całą sekcję **C**, biegnącą jako podstawa końcówki, jako "ostrą" (*crease* = 1.0). W ten sposób wszelkie zmiany końcówki nie zmienią kształtu reszty skrzydła;
- wygiąłem końce sekcji **D**, aby uzyskać lepsze dopasowanie do konturu płata, przedstawionego na planach (uzyskać punkt sterujący w odpowiednim miejscu);
- dodałem małą krawędź na krawędzi spływu lotki. (W wyniku wyostrzenia krawędzi **C** potrzebny był dodatkowy punkt sterujący wzdłuż otworu lotki, aby dopasować znów powierzchnię do obrysu płata);



Rysunek 3.5.13 Ostateczne dopasowanie krawędzi końcówki do obrysu z góry

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

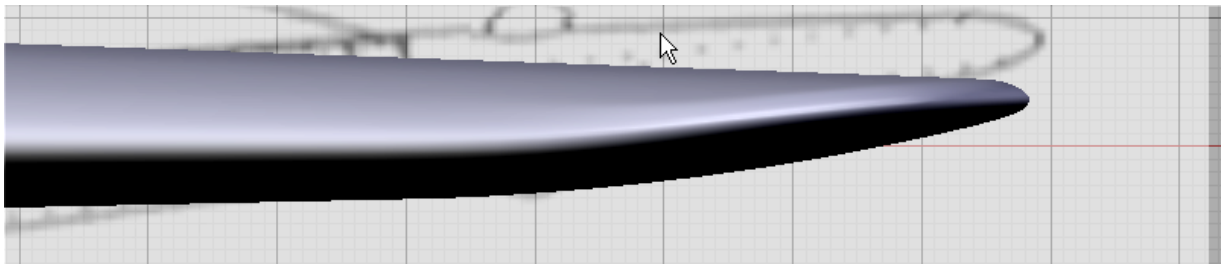
Wybrzuszeniem dolnej powierzchni końcówki można sterować za pomocą skalowania (wzdłuż osi **Z**) krawędzi, pokazanych na ilustracji (Rysunek 3.5.14):



Rysunek 3.5.14 Możliwe kształtu wybrzuszenia powierzchni dolnej

Na koniec obejrzyj ze wszystkich stron uzyskany kształt. Nie sugeruj się tu planami samolotu, bo akurat w tym miejscu są błędne. Porównuj raczej ten fragment ze zdjęciami.

Rysunek 3.5.15 przedstawia ostateczny efekt — końcówkę w widoku przodu:



Rysunek 3.5.15 Rezultat — uformowana końcówka (widok z przodu)

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.05.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

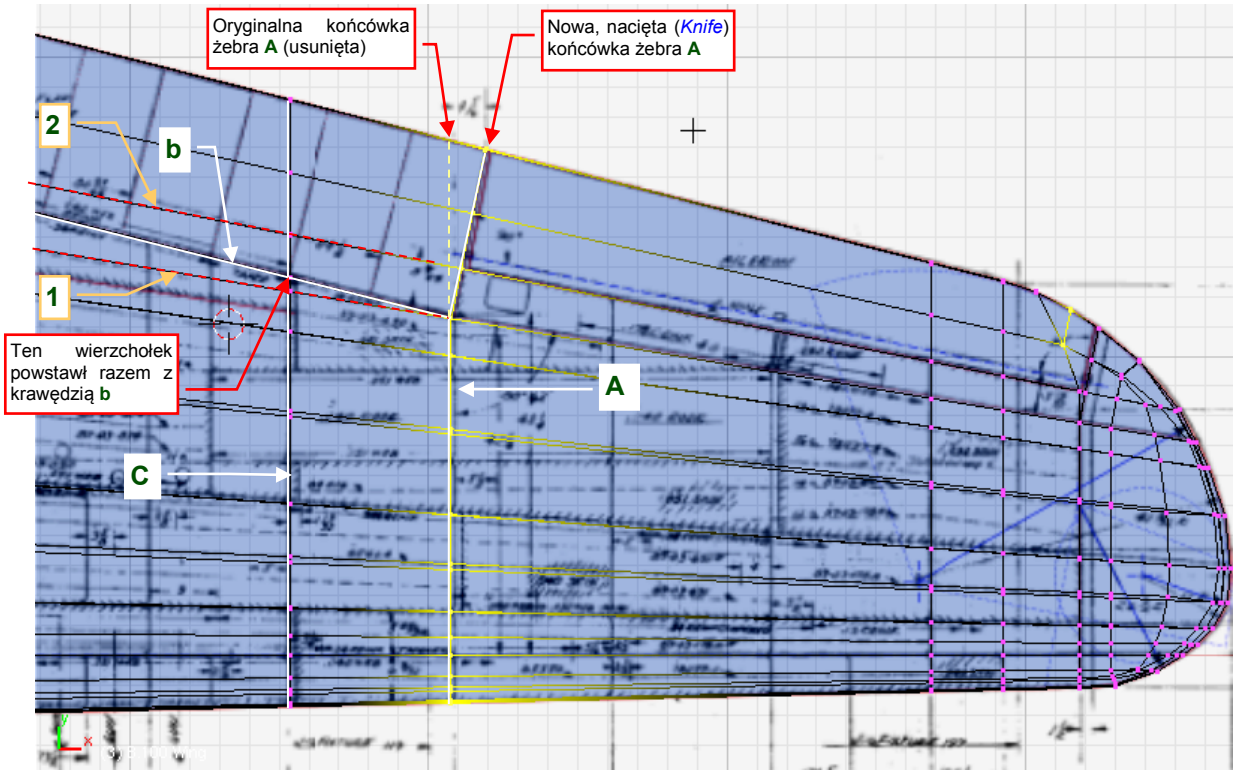
- Końcówka płata P-40 jest dość trudna do uformowania, ponieważ jej górna powierzchnia jest prostą kontynuacją górnej powierzchni. Większość zakończeń skrzydeł w innych samolotach ma mniej skomplikowany kształt.
- Zawsze należy umieścić nowe sekcje siatki ("żebra") tam, gdzie znajdują się ważne miejsca konstrukcji. (Ważne zarówno pod względem budowy płatowca — np. krawędź lotki, jak i geometrycznym — np. początek zaokrąglenia). Czasami także dodajemy żebro dla uzyskania równomiernego rozkładu wierzchołków wzdłuż krzywizny (str. 101).
- Niektóre krawędzie (sekcje) siatki mogą być lokalne (tzn. istnieć tylko na obszarze kilku sąsiednich ścian). Niezastąpionym narzędziem do ich tworzenia jest *Knife* (**Shift**-**K**, str. 102). Często "przy okazji" usuwamy fragmenty innych sekcji (*Erase→Edgeloop*).
- Zasadniczy kształt końcówki uzyskaliśmy przez odcięcie części siatki pomocniczym obiektem o kształcie założonego obrysu (str. 102). Wykonane to zostało w trzech krokach. Najpierw wyznaczyliśmy krawędź przecięcia za pomocą skryptu *Intersection* (str. 103). Potem usunęliśmy niepotrzebne wierzchołki (*Delete→Vertices*). Na koniec połączyliśmy krawędź przecięcia z resztą siatki, tworząc nowe ściany (**F**, *Make Face* — str. 103)
- Ostateczne "zamknięcie" siatki końcówki nastąpiło w wyniku dosunięciu kilku dolnych sekcji do górnych (str. 106) i uzupełnieniu brakujących ścian.
- Podczas pracy z siatką w dużym zakresie używaliśmy ograniczenia transformacji (przesunięcia, skalowania) do pojedynczej osi **X**, **Y**, **Z**. Taka technika pozwala "pracować w przestrzeni" bez konieczności ciągłego korzystania z rzutów z góry, przodu czy boku.
- Zwróć uwagę, że można bezpiecznie podzielić kształtowanie powierzchni podziałowych na oddzielne płaszczyzny. Najpierw uformowaliśmy obrys z góry końcówki (płaszczyzna **XY**). Potem ukształtowaliśmy ten sam element w rzucie z przodu (**ZX**). Kształt w rzucie z góry, nie ulegał żadnej zmianie, dopóki przesuwaliśmy wierzchołki obrysu wyłącznie wzdłuż osi **Z**. To żaden przypadek, tylko reguła, której znajomość może Ci bardzo ułatwić modelowanie (szczegóły — str. 414).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

3.6 Lotka

Lotkę warto wydzielić z płata jako oddzielny obiekt. Dlaczego? Po pierwsze — zazwyczaj jest w ruchu. Model będzie wyglądać bardziej realistycznie z nieco poruszonymi lotkami. Po drugie — w samolotach opracowanych w po roku 1930 (a do nich zalicza się P-40) stosowane były tzw. lotki szczelinowe. Ich nazwa wzięła się od dużej szczeliny pomiędzy krawędzią lotki i płatem[1]. Szczelina lotki ma dość znaczne rozmiary na dolnej powierzchni płata, i pominięcie jej w modelowaniu byłoby poważną niedokładnością. Na pewno to zbyt duża "dziura", aby ją zbyć w uproszczony sposób, np. linią na teksturze.
Już prędzej można byłoby w ten sposób uprościć inny element mechanizacji płata — klapy[2]. Aby można było je dodać w ramach uszczegóławiania modelu umieszczę na siatce dodatkową krawędź, biegnącą wzdłuż ich osi.

Przygotowując lotkę, dodamy do siatki płata dwie następne sekcje, pełniące rolę żeber, i jedną podłużnicę (Rysunek 3.6.1):



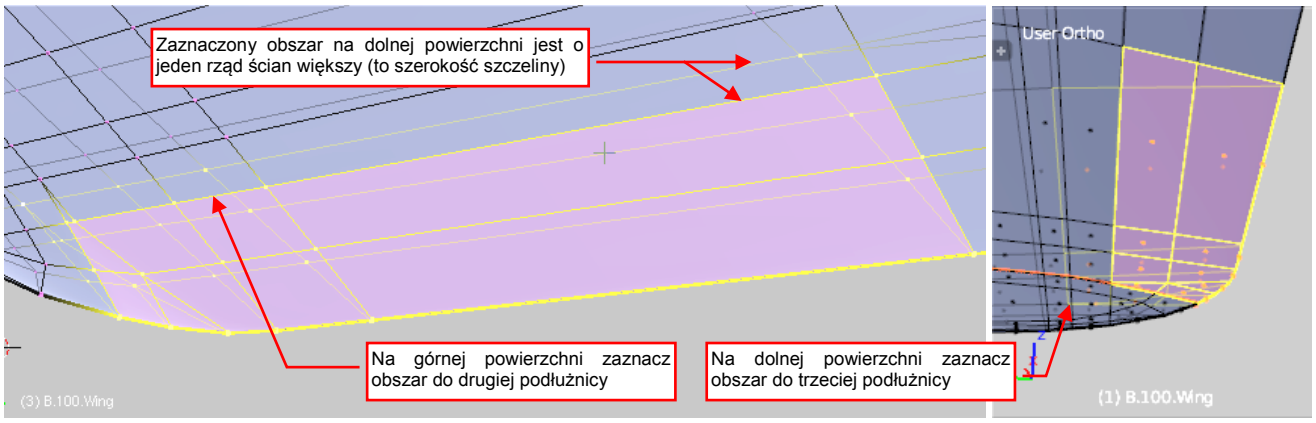
Rysunek 3.6.1 Dodatkowe sekcje, związane z przygotowaniem lotki

Żebro **A** już istnieje (utworzone w poprzedniej sekcji — p. str. 101, Rysunek 3.5.2). Wstaw teraz (*Loop Cut*) żebro **C** — tylko po to, aby następne żebra wstawiane od strony osi samolotu były proste. Przy końcówce żebra **A** natnij (*Knife*) dodatkową, pochyloną krawędź lotki. Na koniec usuń prostą końcówkę żebra **A** (por. Rysunek 3.6.1) — tak jak to zrobiliśmy poprzednio, na str. 102. Istnieją już także podłużnice **1**, **2**, biegnące wzdłuż dolnej i górnej krawędzi lotki. Krawędź klap (krawędź **b**) to przekątna pomiędzy tymi podłużnicami (por. Rysunek 3.6.1). Zaznacz dwa przeciwległe wierzchołki pomiędzy podłużnicą **1** i żebrem **A** oraz podłużnicą **2** i żebrem początkowym na dolnej powierzchni skrzydła. Połącz je poleceniem ***Vertex Connect*** (J). Powstawnie w ten sposób nowa krawędź **b**. (Przy okazji Blender wstawi nowy wierzchołek we wręgę **C** — por. str. 361).

[1] Ta szczelina jest najszersza na dolnej powierzchni skrzydła. W pewnych warunkach lotu (podczas lądowania lub ostrego zakrętu) pełni rolę "dyszy", nadmuchującej powietrze na górną krawędź płata. Takie rozwiązanie bardzo poprawia skuteczność sterowania samolotem.

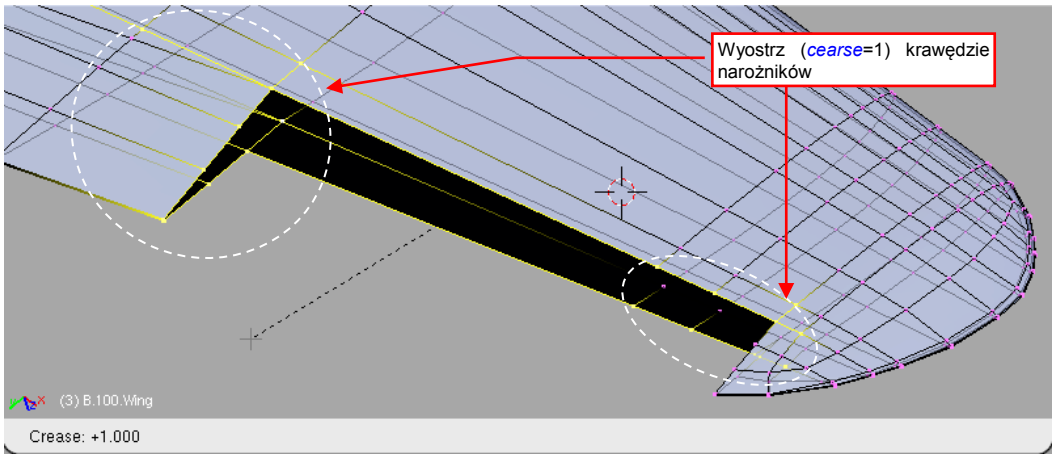
[2] P-40 miał tzw. klapy krokodylowe. Konstrukcyjnie są to płaskie płyty (fragmenty dolnej powierzchni skrzydła) odchylane przy starcie i lądowaniu. Po otwarciu we wnętrzu klapy krokodylowej widać masę żeber i popychacze. Ich uformowanie w 3D wymaga dużo pracy. Jeżeli nie zamierzasz robić ujęcia P-40 podczas startu i lądowania — nie ma potrzeby wydzielenia z naszego modelu realistycznych klap. W razie czego zawsze możesz je dodać później. W tym celu pozostaw w siatce skrzydła dodatkową krawędź, biegnącą wzdłuż ich osi.

Teraz zaznacz obszar siatki, zajmowany przez lotkę (Rysunek 3.6.2). (Zwróć uwagę, że na dolnej powierzchni jest to "o podłużnicę" więcej, niż na górnej):



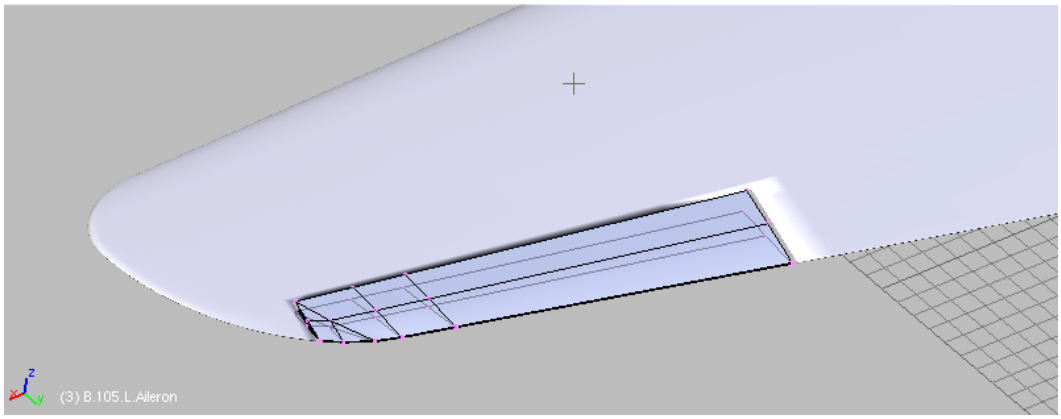
Rysunek 3.6.2 Obszar lotki — do wydzielenia w nowy obiekt

Zaznaczony obszar wydziel w nowy obiekt (P, ***Separate*** — szczegóły na str. 363). W efekcie w płacie powstanie "otwór po lotce". Wyostrz (*crease* = 1.0) krawędzie na jego narożnikach, aby nabrały właściwego wyglądu (Rysunek 3.6.3):



Rysunek 3.6.3 Skrzydło po wydzieleniu lotki — "wyostrzenie" (*crease*) narożników

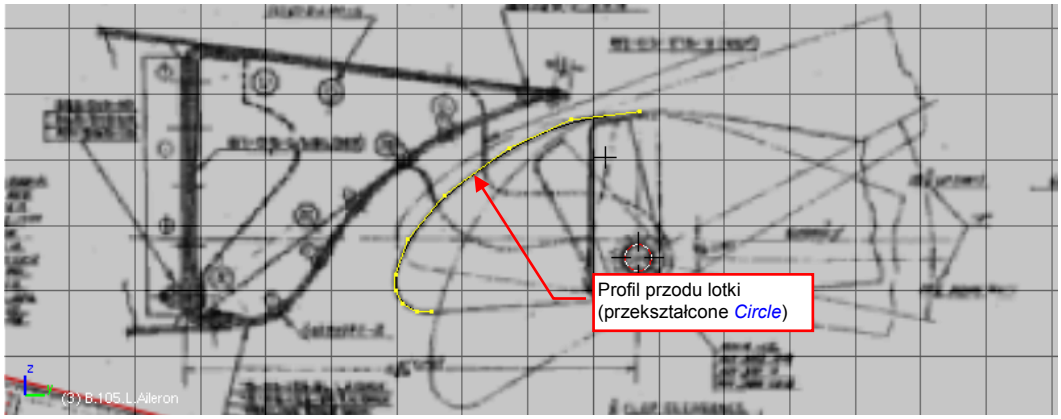
Fragment, który znikł z siatki skrzydła, stał się nowym obiektem (Rysunek 3.6.4), o nazwie **B.100.L.Wing.001**. Znajduje się nadal w tym samym miejscu. Zaznacz go i czym prędzej zmień jego nazwę na odpowiednią dla lewej lotki: **B.105.L.Aileron** (jak i dlaczego— str. 304).



Rysunek 3.6.4 Lotka, po oddzieleniu od skrzydła

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

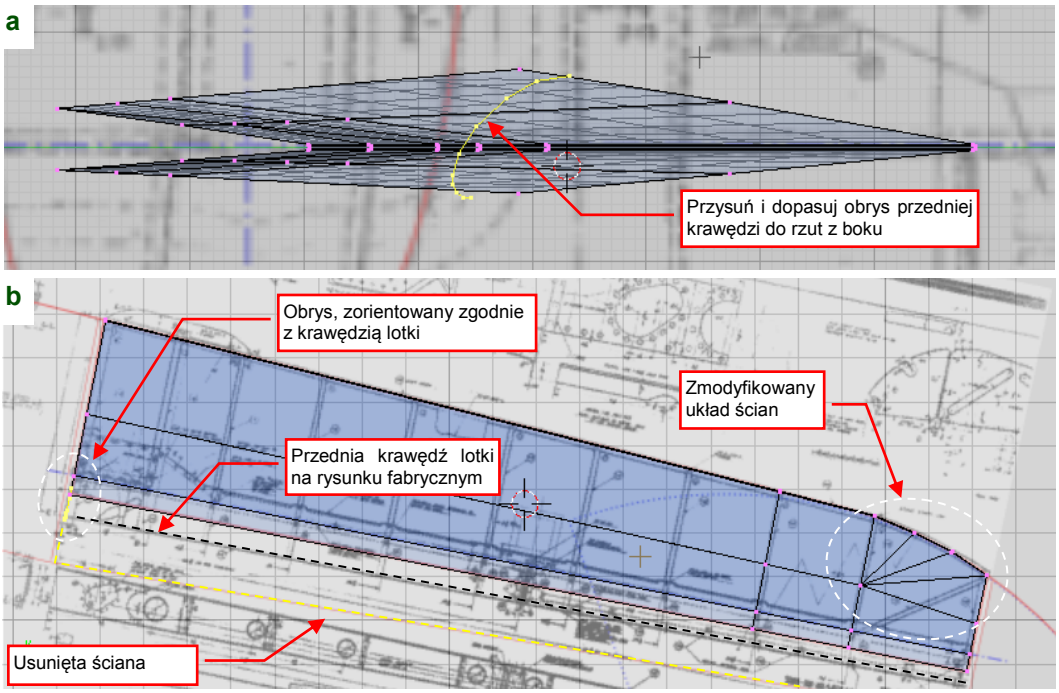
Na razie siatka lotki wygląda jak „uchylony zeszyt” (por. Rysunek 3.6.6a). Dodajmy do niej krawędź natarcia. Szczegóły tego fragmentu znajdziesz na obrazie *source\plans\highres\wing.png* (plik *source.zip* — por. str. 18). Wykorzystaliśmy w nim fragment oryginalnych rysunków konstrukcyjnych skrzydła (*source\blueprints\P-40E-Wing-Details.png*). W rzucie z dołu (**Bottom**) ponad krawędzią spływu modelu znajdziesz szczegółowy rysunek przekroju poprzecznego lotki i współpracującego z nią fragmentu płata. Traktując go jako wzór, stwórz linię profilu przedniej krawędzi lotki (Rysunek 3.6.5):



Rysunek 3.6.5 Przygotowanie profilu krawędzi natarcia lotki (rysunek w orientacji naturalnej)

Blender nie ma specjalnego polecenia do rysowania dowolnych linii. Możesz jednak łatwo "obejść" to ograniczenie, wstawiając w tym miejscu nowy okrąg (*Circle*) , złożony z dziesięciu wierzchołków. Potem go "rozerwij", usuwając jedną krawędź, poprzesuwaj w odpowiednie miejsce wierzchołki — i profil gotowy (Rysunek 3.6.5).

Z siatki lotki usuń najbardziej wysuniętą do przodu dolną krawędź (Rysunek 3.6.6b) (to miejsce m. in. zajmie szczelina). Następnie dosuń do jej wewnętrznego krańca przygotowany profil, i odpowiednio przeskaluj, dopasowując rozmiarem do reszty siatki (Rysunek 3.6.6a). Zorientuj go tak, by leżał w płaszczyźnie ostatniego żebra lotki, i aby dotykał jej przedniej krawędzi (Rysunek 3.6.6b):



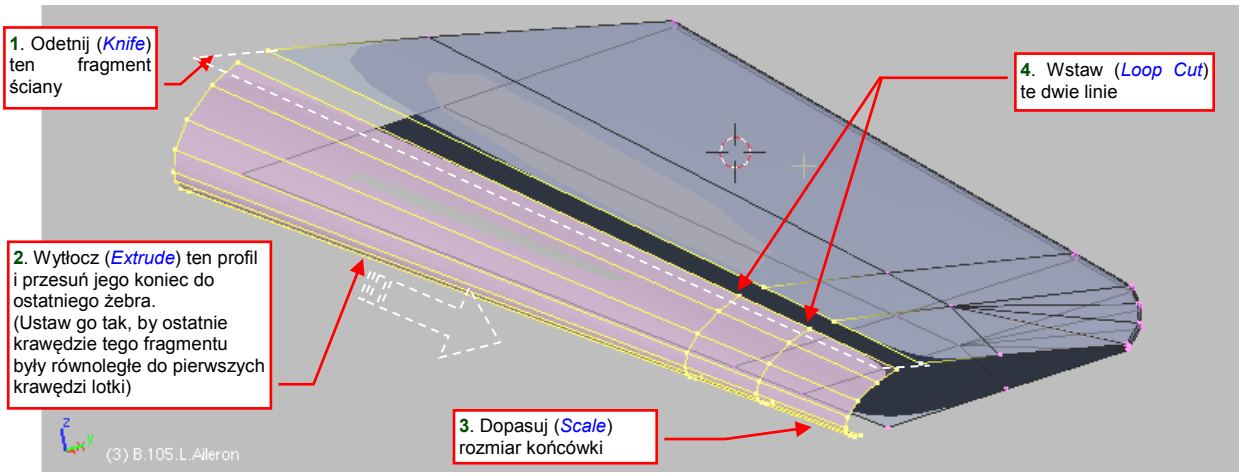
Rysunek 3.6.6 Ustawienie obrysu przodu lotki na wewnętrznej krawędzi

Podczas operacji przedstawianej przez Rysunek 3.6.6 wykorzystałem jako obraz referencyjny kolejny fragment oryginalnej dokumentacji fabrycznej. Znajdziesz go w pliku *source\plans\highres\aileron.png* (z *source.zip* — por. str. 18). Jest przygotowany do wstawienia na miejsce obrazu dla rzutu **Bottom**.

Zwróć także uwagę, że poprawiłem nieco układ ścian na końcówce lotki (Rysunek 3.6.6b). Usunąłem jeden wierzchołek i utworzyłem w tym miejscu nowe, trójkątne ściany. W ten sposób z krawędzią natarcia styka się czworokąt, a nie trójkąt (por. Rysunek 3.6.4).

Takie czworokątne ściany są w tym miejscu potrzebne, gdyż teraz odetniemy (*Knife*) ich przednie części (Rysunek 3.6.7, krok **1**). W ten sposób przygotowaliśmy tylną powierzchnię lotki do połączenia.

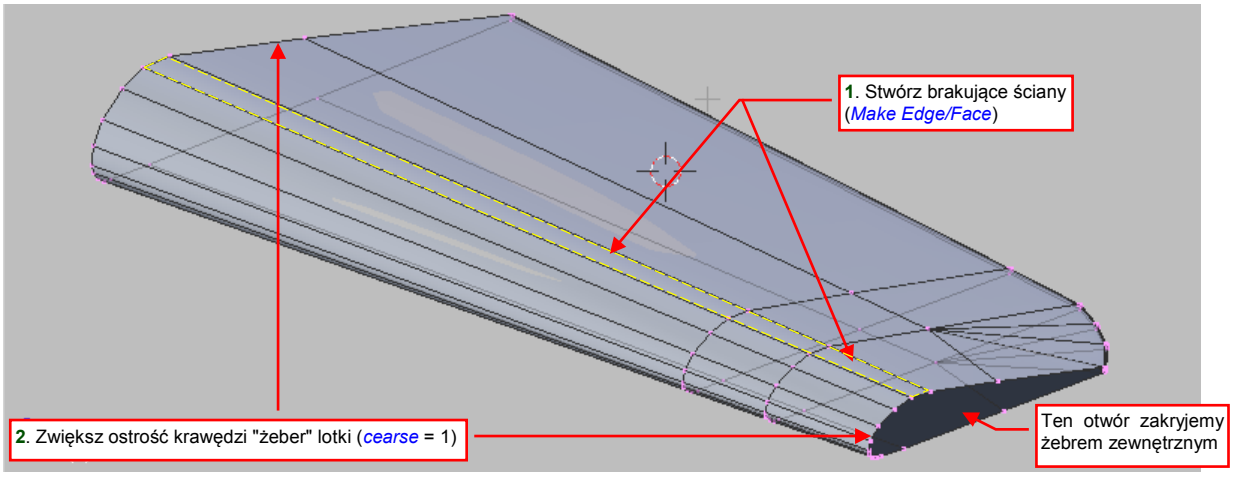
Teraz wytłocz (*Extrude*) profil wzdłuż lotki. Po wytłoczeniu zmniejsz (*Scale*) jego końcówkę, aby dopasować ją do rozmiaru lotki (Rysunek 3.6.7, kroki **2**,**3**) .



Rysunek 3.6.7 "Wytłoczenie" (*Extrude*) przedniej powierzchni lotki

Na koniec wstaw (*Loop Cut*) w nowo powstałe ściany dwie dodatkowe sekcje. Umieść je tak, by były przedłużeniem dwóch linii wierzchołków biegnących przez tylną część siatki (Rysunek 3.6.7, krok **4**).

Po takim przygotowaniu przedniej i tylnej krawędzi lotki nie pozostaje nic innego, jak je połączyć. Wystarczy utworzyć sześć brakujących ścian (trzy z góry i trzy z dołu) (Rysunek 3.6.8):

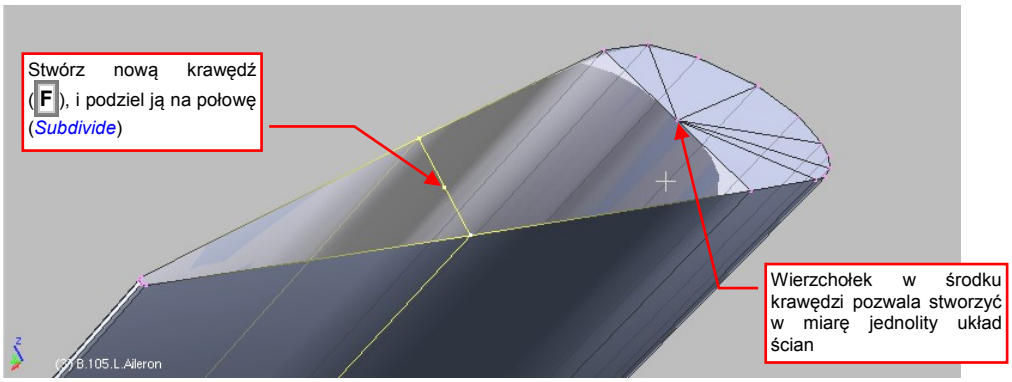


Rysunek 3.6.8 Scalenie przedniej powierzchni lotki z resztą siatki

Musimy jeszcze zamknąć powłokę lotki za pomocą dwóch żeber — zewnętrznego i wewnętrznego. Nim je stworzymy, zwiększ ostrość (*crease*) odpowiednich krawędzi do 1.0. Dzięki temu nie wystąpią na nich żadne przypadkowe zaokrąglenia.

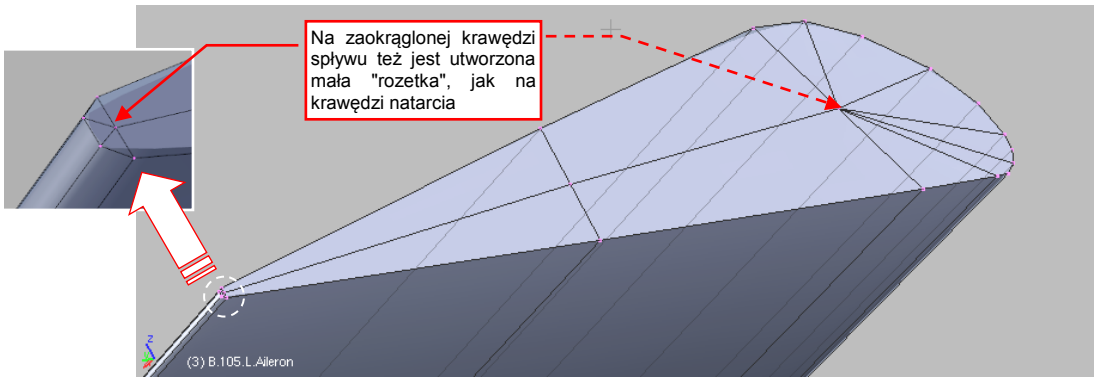
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Formowanie żebra końcowego zaczynamy od stworzenia pojedynczych krawędzi (F, *Make Edge/Face*), łączących odpowiednie wierzchołki górnej i dolnej powierzchni (Rysunek 3.6.9). Następnie podziel każdą z nich na dwie równe połówki (poleceniem *Subdivide*). Uzyskałeś w ten sposób wierzchołki, na których możesz "rozpiąć" kolejne ściany (Rysunek 3.6.9):



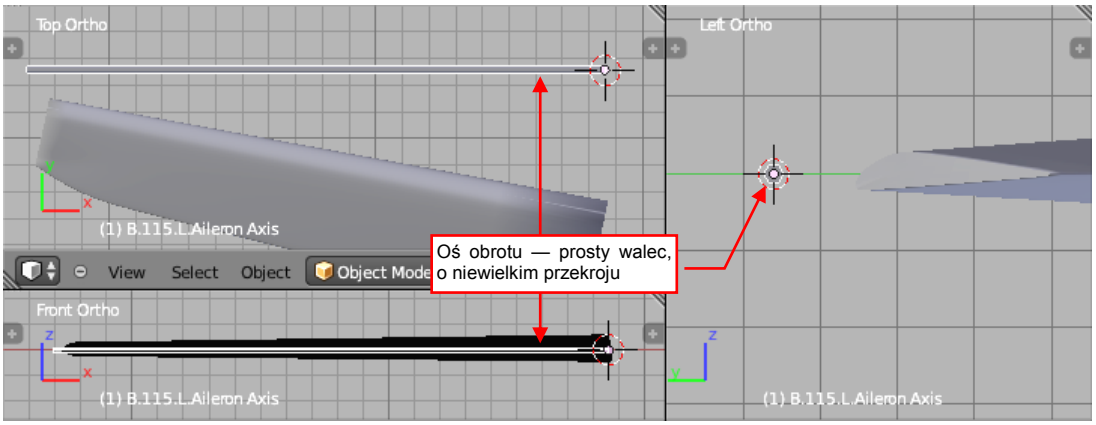
Rysunek 3.6.9 Przygotowanie płaszczyzny żebra, zamykającego lotkę

Rysunek 3.6.10 pokazuje ukończoną ścianę lotki:



Rysunek 3.6.10 Domknięcie żebra lotki

Lotka jest gotowa, teraz warto dodać jej oś obrotu. Taki obiekt będzie "rodzicem" lotki. Obracając oś, będziemy obracać lotkę[1]. Na początek stwórz gdzieś w pobliżu, w rzucie z boku (**ZY**), niewielki walec (***Cylinder*** — str. 296) (Rysunek 3.6.11):

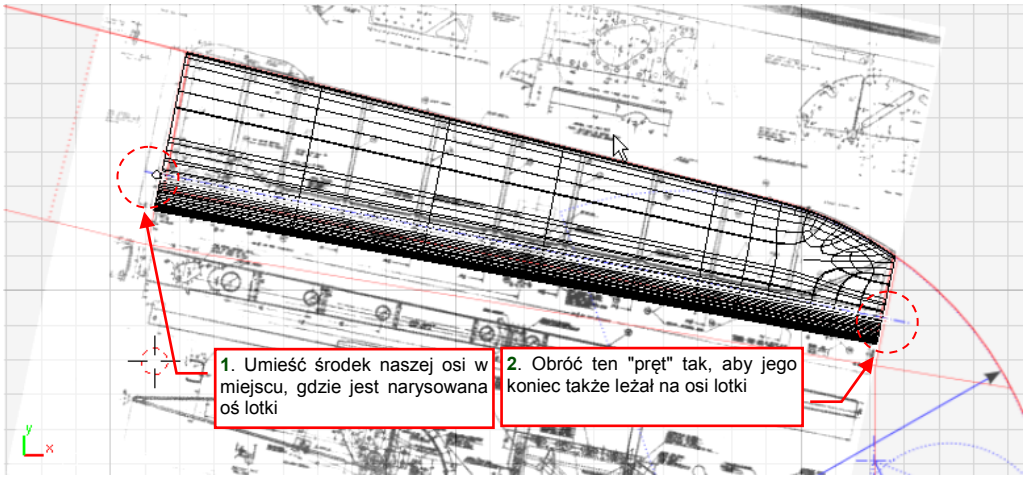


Rysunek 3.6.11 Stworzenie osi lotki

Po stworzeniu przesuń środek walca (jak — str. 314) na ścianę wewnętrzną. Potem rozciągnij ten obiekt wzdłuż osi **X**. Oś nabrała kształtu pręta (Rysunek 3.6.11). Nadaj temu obiektowi nazwę **B.106.L.Aileron Axis**.

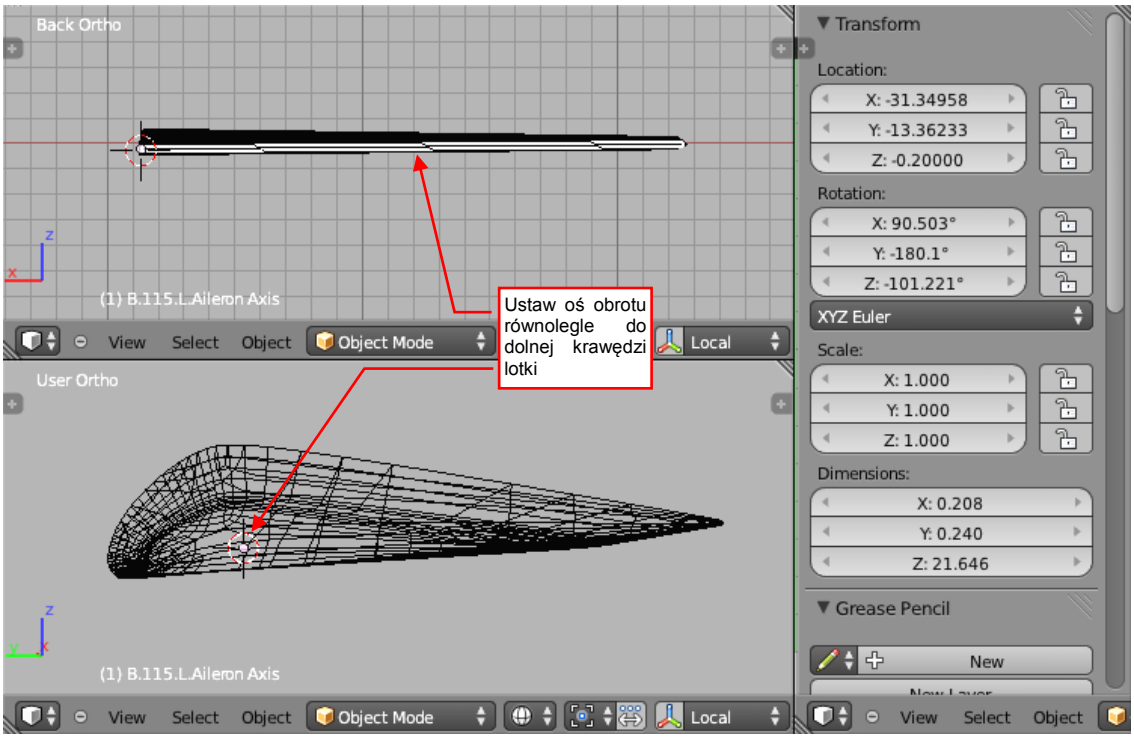
[1] Oś obrotu lotki jest pochylona w dwóch płaszczyznach. Taki zespół "oś - obiekt" jest najprostszą drogą osiągnięcia właściwego efektu.

W rzucie z góry, przesuń ten "pręt" i obróć tak, by biegł wzdłuż osi lotki (widocznej na rysunkach fabrycznych) (Rysunek 3.6.12):



Rysunek 3.6.12 Ustawienie osi lotki (widok z góry)

Z rysunków fabrycznych wynika, że oś obrotu biegła równolegle do dolnej powierzchni lotki. Aby osiągnąć ten efekt, w rzucie z przodu (**ZX**) przesuń ją nieco do dołu i odpowiednio pochyl (Rysunek 3.6.13):



Rysunek 3.6.13 Ustawienie osi lotki (widok z przodu i wzdłuż osi obrotu)

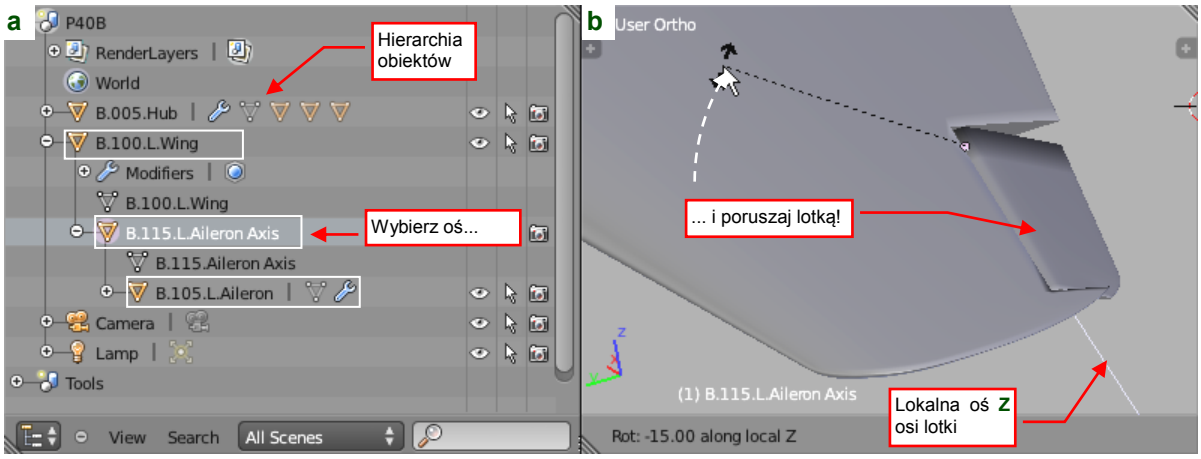
Jak wysoko umieścić oś obrotu ponad dolną powierzchnią lotki? Ustaw ją tak, jak pokazują z rysunki fabryczne (por. Rysunek 3.6.5, str. 112). Wynika z nich, że w rzeczywistej konstrukcji oś obrotu lotki była rurką o średnicy ok. 1cm. Jej końce widać było w szczelinach na krańcach lotki. Dopasuj średnicę naszego obiektu do tego rozmiaru. Co prawda to maleńki detal, który prawie nigdy nie będzie widoczny, ale w końcu nie jest to specjalnie trudne. Z odwzorowania nawet takich właśnie szczegółów składa się końcowy efekt modelu.

Pora teraz ustalić, co do czego należy:

- przypisz lotce (**B.105.L.Aileron**) jako "rodzica" (*Parent* — str. 306) przygotowaną przed chwilą oś (**B.106.L.Aileron Axis**);
- przypisz osi (**B.106.L.Aileron Axis**) jako "rodzica" skrzydło (**B.100.L.Wing**);

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

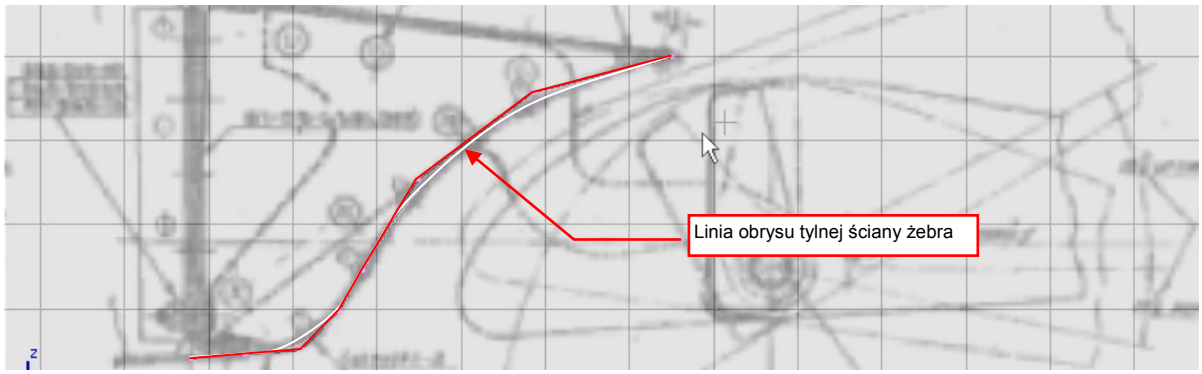
Rysunek 3.6.14a) pokazuje, jaką hierarchię części powinieneś uzyskać:



Rysunek 3.6.14 Hierarchia — lotka, oś, skrzydło, i jej efekty

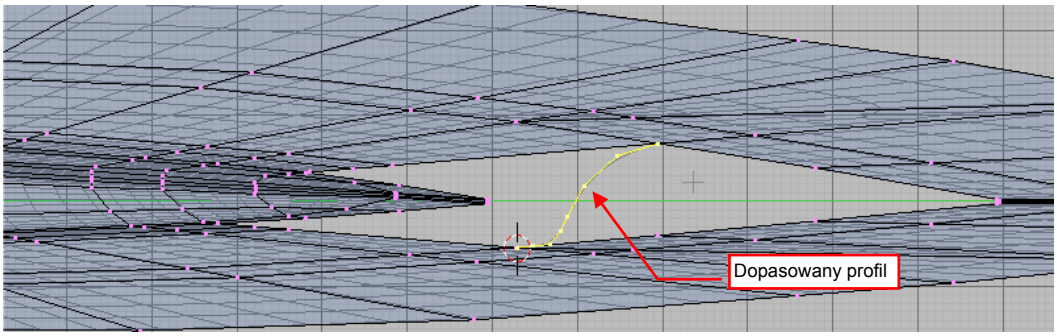
Czy wiesz, jak to działa? Zaznacz w oknie hierarchii (*Outliner*, Rysunek 3.6.14a) oś lotki. (W oknie widoku jest zasłonięta, więc nie ma co klikać na oślep). Teraz w oknie *3D View* włącz jej obrót dookoła lokalnej osi Z (R,Z,Z — Rysunek 3.6.14b) — i możesz ruszać lotką! Przyznasz, że obraca się całkiem realistycznie. Muszę przyznać, że zawsze lubiłem zabawki, a później modele, z dużą liczbą ruchomych części ☺. W dalszych rozdziałach pokażę, jak wygodniej sterować o wiele bardziej złożonymi efektami: różnicowym wychylaniem lotek, składaniem i rozkładaniem podwozia.

Lotka jest gotowa i zamontowana. Wróćmy teraz do siatki płata: trzeba oprofilować wewnętrzne ściany wycięcia na lotkę. Zrobimy to w ten sam sposób, co krawędź natarcia lotki. Zaczynamy od przygotowania profilu ściany, wykorzystując rysunki fabryczne (Rysunek 3.6.15):



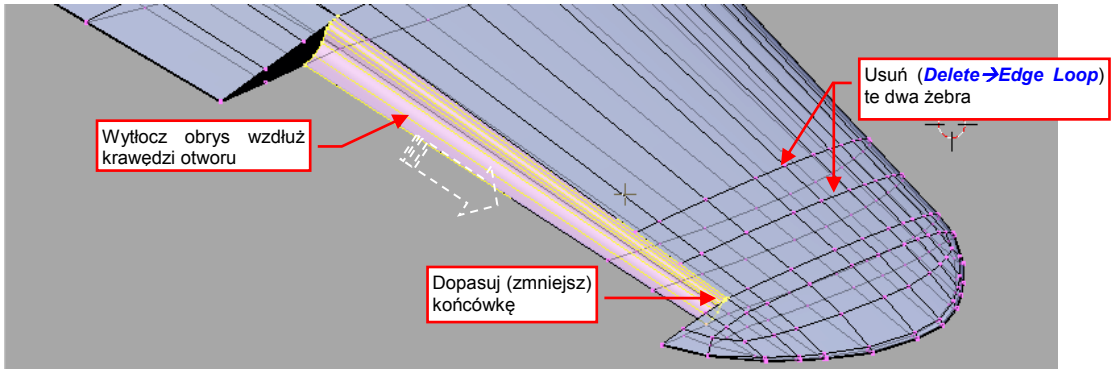
Rysunek 3.6.15 Przygotowanie obrysu szczeliny lotki

Następnie ustaw ją w płaszczyźnie wewnętrznego żebra, i dopasuj rozmiar do reszty siatki (Rysunek 3.6.16):



Rysunek 3.6.16 Dopasowanie obrysu szczeliny lotki

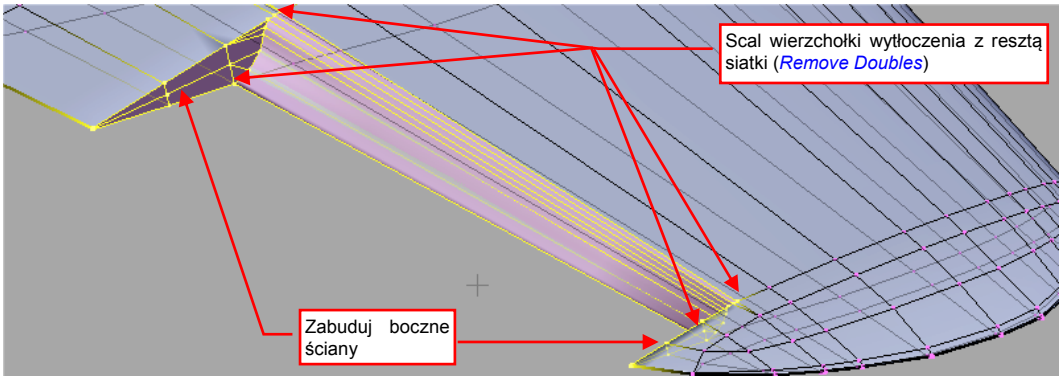
Kolejnym krokiem jest wytłoczenie tego obrysu wzdłuż krawędzi otworu lotki, oraz dopasowanie (zmniejszenie) rozmiaru końcówki (Rysunek 3.6.17):



Rysunek 3.6.17 Wytłoczenie powierzchni w szczelinie lotki

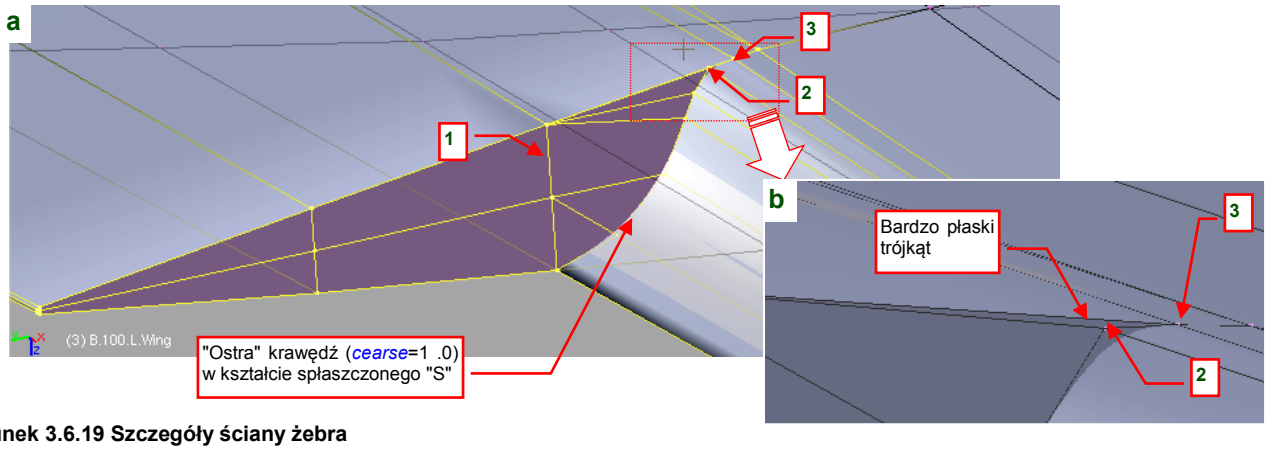
Przy okazji usuń (*Delete→Edge Loop*) dwa żebra, wskazane na ilustracji (Rysunek 3.6.17). Pozostały z czasów sprzed oddzielenia lotki, i teraz już tylko przeszkadzają.

Po usunięciu niepotrzebnych żeber scal (*Remove Doubles*) wytłoczoną powierzchnię z resztą siatki. Wypełnij także boczne ściany (Rysunek 3.6.17) — w ten sam sposób, jak boczne ściany lotki.



Rysunek 3.6.18 Zamknięcie wycięcia na lotkę

W konstrukcji tego fragmentu jest pewien szczegół, na który chciałbym zwrócić uwagę. Aby uzyskać ładną, ostrą krawędź ściany, o kształcie spłaszczonego "S", ułożyłem w tym miejscu krawędzie w dość specyficzny sposób. Gdy popatrzysz na ilustrację poniżej (Rysunek 3.6.19a), możesz odnieść wrażenie, że wierzchołki **1**, **2**, **3** leżą na wspólnej krawędzi.



Rysunek 3.6.19 Szczegóły ściany żebra

Tak jednak wcale nie jest. To są dwie oddzielne krawędzie: |**1**-**3**| i |**2**-**3**|. Zbliżenie pokazuje, że w istocie wierzchołki **1**, **2**, **3** tworzą bardzo płaski trójkąt, leżący w płaszczyźnie żebra (Rysunek 3.6.19b). Taki układ siatki pozwala uzyskać na powierzchni podziałowej dwie ostre krzywe, zbiegające się ładnym łukiem w jednym punkcie.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

(Nie zdecydowałem się umieścić punktów **1**, **2**, **3** w jednej linii. Żaden program renderujący "nie lubi" takich "zdegradowanych" ścian. Nie chciałem ryzykować jakichś lokalnych problemów z barwą czy teksturą).

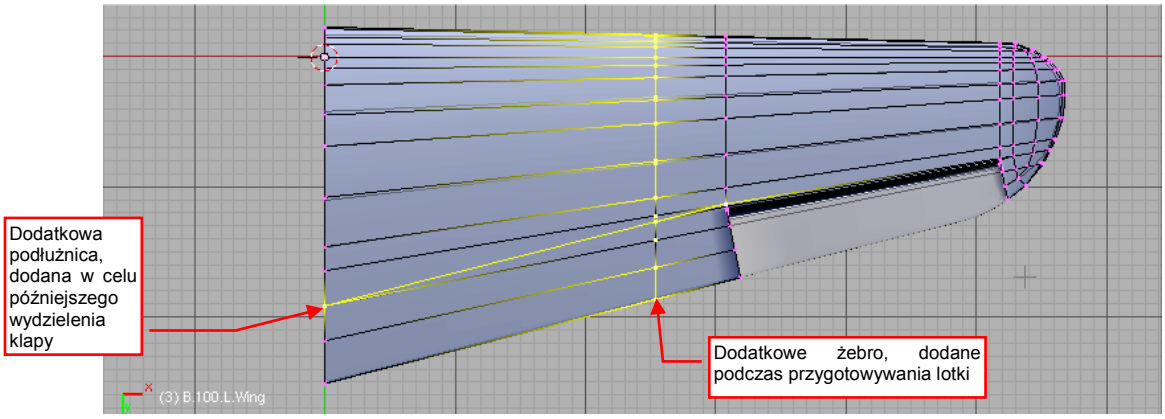
- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.06.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- Lotki w konstrukcjach z okresu II WŚ miały konstrukcję szczelinową. Z tego powodu warto je modelować jako oddzielny element skrzydła.
- Siatkę lotki najprościej jest uzyskać poprzez wydzielenie z siatki płata. Służy do tego polecenie *Separate* (str. 111).
- Przednią krawędź lotki i tylną krawędź skrzydła modelujemy poprzez wytłoczenie profilu wzdłuż osi lotki.
- Oś obrotu lotki warto jest stworzyć jako oddzielny obiekt. Zorientowanie samej lotki wzdłuż takiej osi stwarza dużo problemów.
- Skrzydło, oś lotki i samą lotkę łączymy więzami *Parent* (str. 116) w hierarchię. Dzięki temu będziesz mógł przesuwać i obracać cały płat bez martwienia się o położenie jego komponentów. Lotkę można obracać poprzez obrót jej osi (brzmi to jak oczywistość, ale ten efekt jest możliwy dzięki hierarchii).

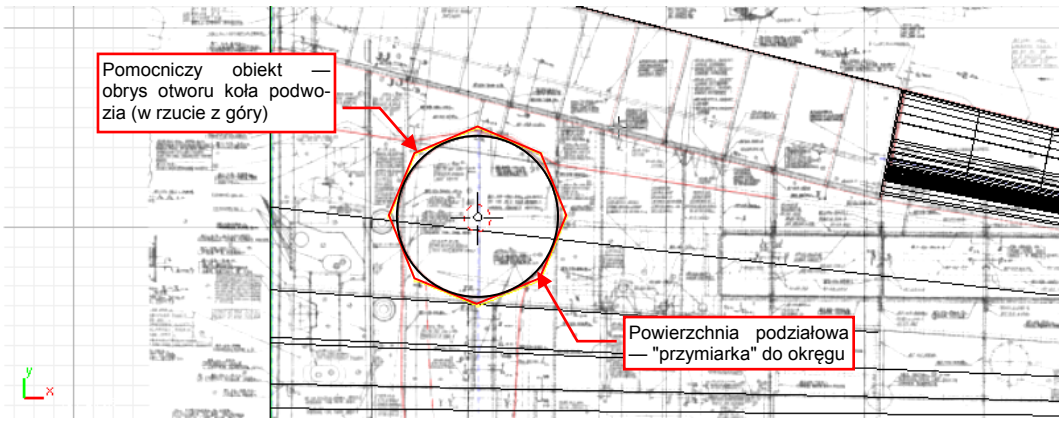
3.7 Skrzydło - kształt ostateczny

Rysunek 3.7.1 pokazuje układ siatki skrzydła, jaki do tej pory uzyskaliśmy (por. str. 110):



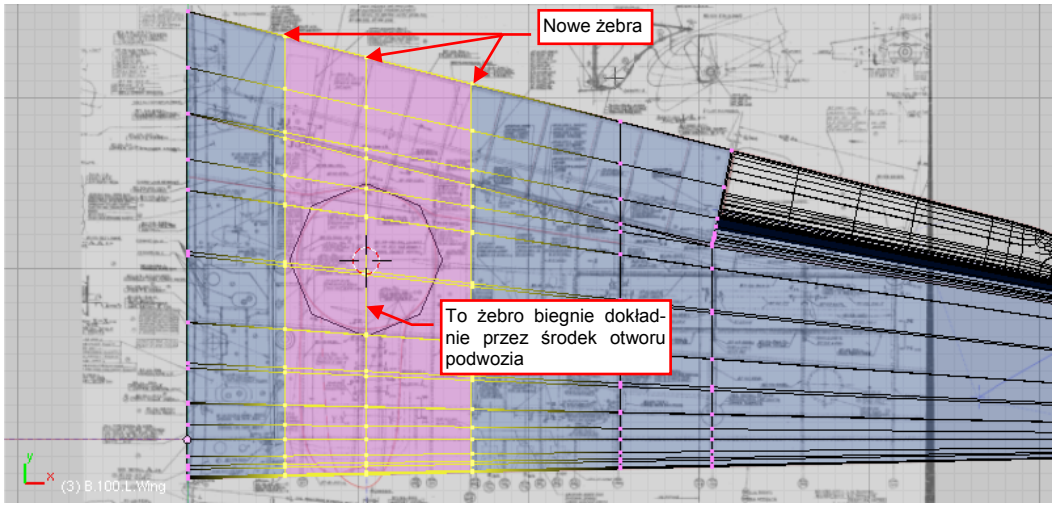
Rysunek 3.7.1 Obecny układ siatki skrzydła

Pozostało jeszcze do dodania kilka drobiazgów, z których największym jest otwór na koła podwozia głównego. Przygotowałem obrys jego krawędzi jako oddzielny obiekt (Rysunek 3.7.2) :



Rysunek 3.7.2 Narzędzie do wycięcia otworu podwozia głównego: ośmioboczna "rura"

W ramach przygotowania siatki płata wstawiłem trzy nowe żebra. Jedno z nich dokładnie w środku otworu, a pozostałe dwa — na zewnątrz (Rysunek 3.7.3):

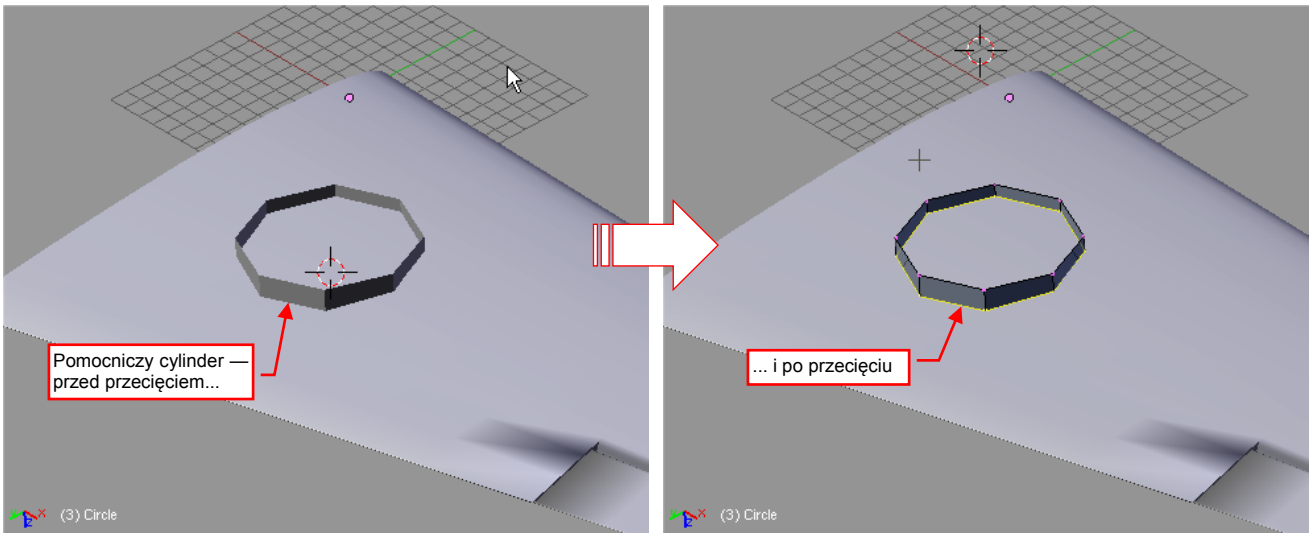


Rysunek 3.7.3 Dodatkowe sekcje siatki płata — przygotowanie do wykonania otworu

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

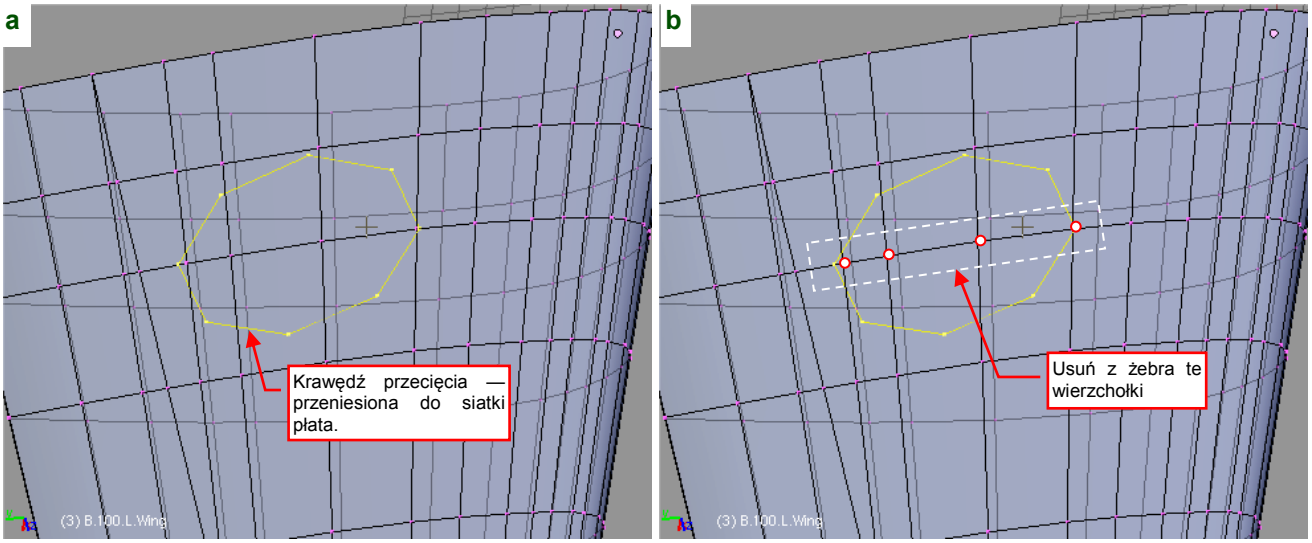
Dlaczego do odwzorowania okręgu posługuję się ośmiobokiem? Dlatego, że więcej krawędzi tu nie trzeba. Dwukrotna powierzchnia podziałowa (*Subdivisions* = 2), wytworzy na takim obrysie w miarę gładki 32-kąt. Największe odchylenie wierzchołków tej linii od "idealnego" okręgu wynosi zaledwie 0.71% (więcej na ten temat — str. 404). Na pewno blacha na prawdziwym samolocie była wycinana z podobną, a być może nawet większą tolerancją.

Po tych przygotowaniach czas na cięcie. Podobnie jak w przypadku końcówki płata, użyj do tego polecenia *Intersection*. Tym razem skorzystaj wyłącznie z ośmiu punktów krawędzi przecięcia tego pomocniczego cylindra z powierzchnią płata (Rysunek 3.7.4):



Rysunek 3.7.4 Wyznaczenie krawędzi otworu koła podwozia

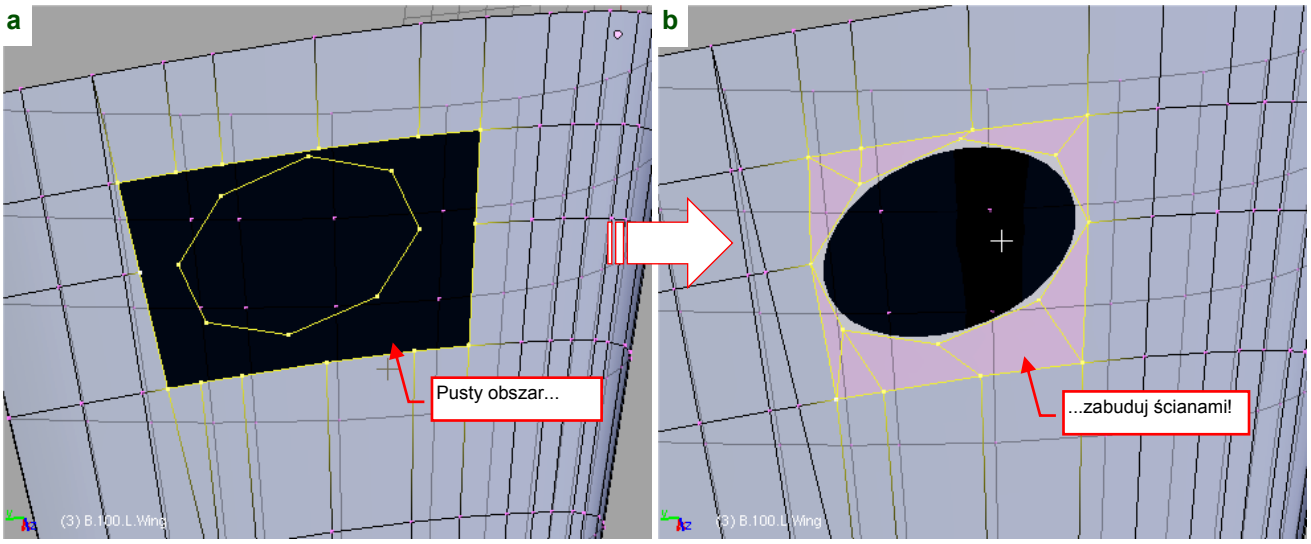
Siatka ośmiobocznego graniastosłupa zyskała dodatkową linię wierzchołków — krawędź przecięcia. Następnie zaznacz najpierw ten cylinder, potem skrzydło, o scal te dwie siatki (Ctrl-J — ***Join***, str. 312). Po scaleniu usuń wszystkie niepotrzebne wierzchołki. Z pomocniczego graniastosłupa pozostaw z tylko samą krawędź przecięcia (Rysunek 3.7.5a):



Rysunek 3.7.5 Wyznaczenie krawędzi otworu na koło podwozia

Teraz ze środkowego żebra płata usuń cztery wierzchołki, leżące wewnątrz i na granicy krawędzi przecięcia (Rysunek 3.7.5b).

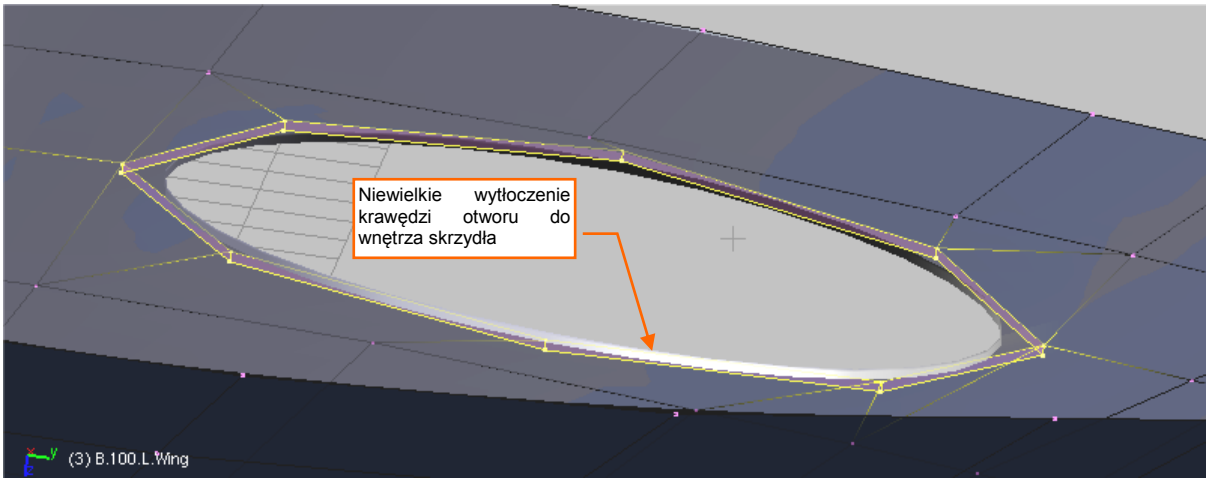
W rezultacie zrobiło się pusto wokół krawędzi otworu w skrzydle (Rysunek 3.7.6a):



Rysunek 3.7.6 Wkomponowanie nowej krawędzi w siatkę płata

Wystarczy zabudować tę przestrzeń, tworząc nowe ściany łączące krawędź przecięcia z resztą siatki. I w ten sposób uzyskasz ładny, okrągły otwór (Rysunek 3.7.6b)!

Aby nie "straszyć" pokryciem o zerowej grubości, wytłocz krawędź tego otworu wzdłuż lokalnej osi **Z** do wnętrza skrzydła o ok. 0.1 jednostki (Rysunek 3.7.7). (W rzeczywistym samolocie był to kołnierz o szerokości ok. 1 cm):



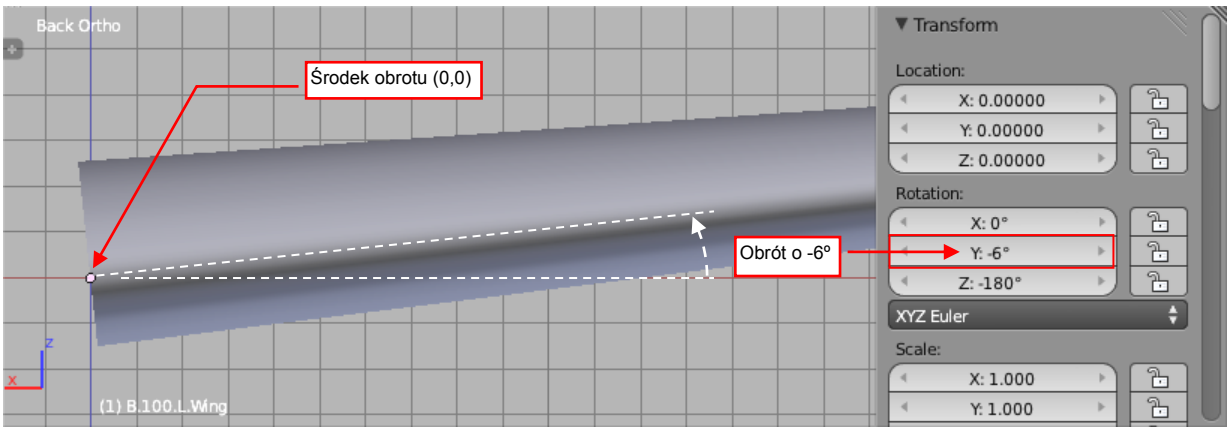
Rysunek 3.7.7 Wygięcie krawędzi otworu do wnętrza skrzydła

Możesz sprawdzić, że kształt otworu w rzucie z góry nadal jest okręgiem. Skąd wiedziałem, że tak się zachowa powierzchnia skrzydła? W końcu jest wygładzoną powłoką podziałową (*Subsurf*)... Otóż wynika to właśnie z właściwości powierzchni podziałowych. Jedna z nich brzmi ona: "kształt rzutu powierzchni podziałowej na dowolną płaszczyznę zależy tylko od rzutu na tę płaszczyznę jej siatki". Jeżeli rzut z góry wygładzonego modyfikatorem *Subsurf* ośmioboku był okręgiem, to okręgiem w rzucie z góry jest także jego krawędź przecięcia ze skrzydłem. (Dlatego podczas operacji przecinania użyliśmy wyłącznie punktów leżących na krawędziach pomocniczego cylindra). Gdy połączymy uzyskaną krawędź przecięcia z siatką skrzydła nowymi ścianami — rzut z góry tego otworu także pozostanie okręgiem. (Nie zmieniliśmy przecież w żaden sposób położenia jego wierzchołków). Więcej na temat właściwości specyficznego "materiału", jakim są linie i krzywe podziałowe, znajdziesz w sekcji 8.2, na str. 399.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Zbliżamy się już do końca prac nad kształtem płata. Pozostaje jeszcze tylko pochylić początkowe żebro o 6º. (Płat P-40 miał wznios 6º i składał się z dwóch połówek, złączonych śrubami. Aby do siebie pasowały, pierwsze żebro musi być o ten kąt pochylone).

Obróć cały obiekt w rzucie z przodu (**ZX**) o 6º do góry (Rysunek 3.7.8):



Rysunek 3.7.8 Pochylenie płata (6º)

Potem przełącz się w tryb edycji. Wstaw (*Loop Cut*) dodatkowe żebro w obszarze, który będzie w całości zasłonięty przez kadłub (Rysunek 3.7.9). Potem obróć żebro początkowe tak, by było pionowe. Na koniec "rozciągnij" (*Scale*) je trochę w kierunku **Z**, aby obrys dolnej i górnej krawędzi płata nie był załamany (Rysunek 3.7.9):

Rysunek 3.7.9 Pochylenie pierwszego żebra

I to wszystko! Pozostaje teraz jeszcze pochylić płat w rzucie z boku (**ZY**) o kąt zaklinowania (1º), i umieścić w docelowym położeniu (Rysunek 3.7.10):

Rysunek 3.7.10 Ustawienie płata w położeniu docelowym

Gdy siatka jest już gotowa, sprawdź jeszcze czy nie zawiera jakichś utworzonych przypadkiem ścian o liczbie boków większej niż 4 (tzw. n-gonów — por. str. 371). Jeżeli znalazłeś taki n-gon — podziel go zaraz na czworokąty i/lub trójkąty!

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.07.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- Otwór na podwozie można wyciąć w powierzchni płata. Zazwyczaj otwory takie mają kształt będący pochodną okręgu.
- Do zamodelowania całkiem dokładnego okręgu za pomocą linii/powierzchni podziałowych wystarczy ośmiokąt.
- Obiekty (a dokładniej - ich siatki) można scalać. Służy do tego polecenie *Join* (str. 120).

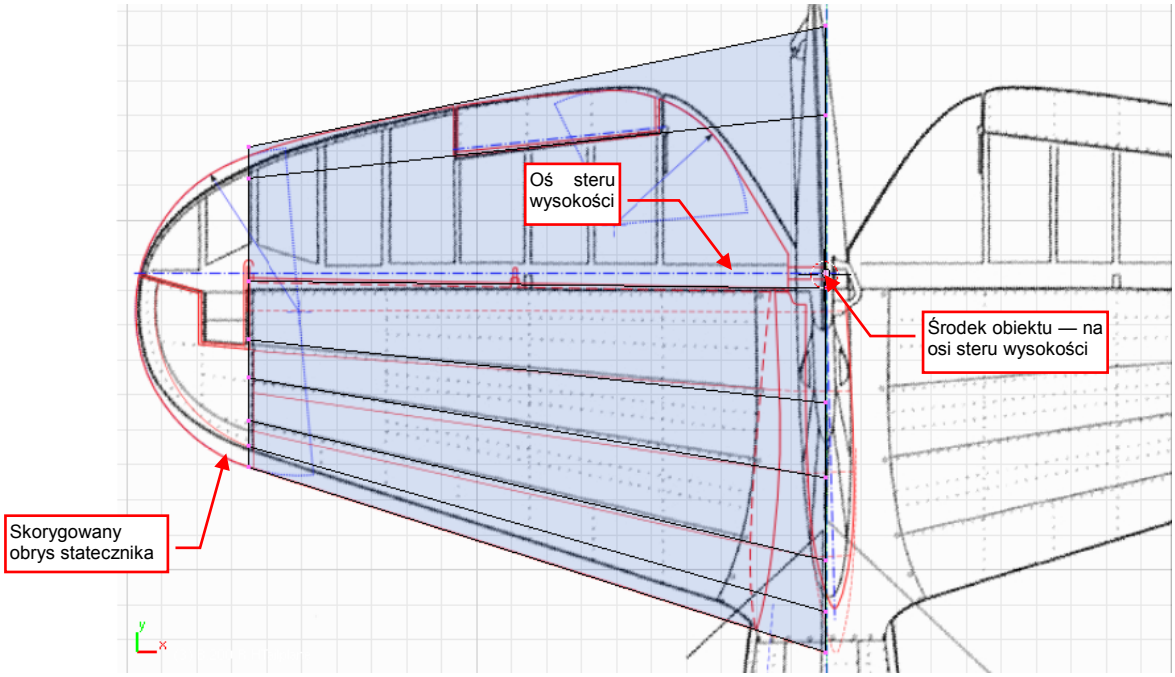
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

3.8 Usterzenie poziome

Usterzenie poziome naszego modelu będzie się składać ze statecznika, steru wysokości i jego osi obrotu. Podobnie jak w przypadku płata, na plany samolotu naniosłem skorygowany (na podstawie zdjęć i rysunków fabrycznych) obrys kształtu tego zespołu. Miejscami różni się w dość dużym stopniu od oryginalnych rysunków — zarówno J. Jackowskiego jak i M. Łukasika (por. Tom I).

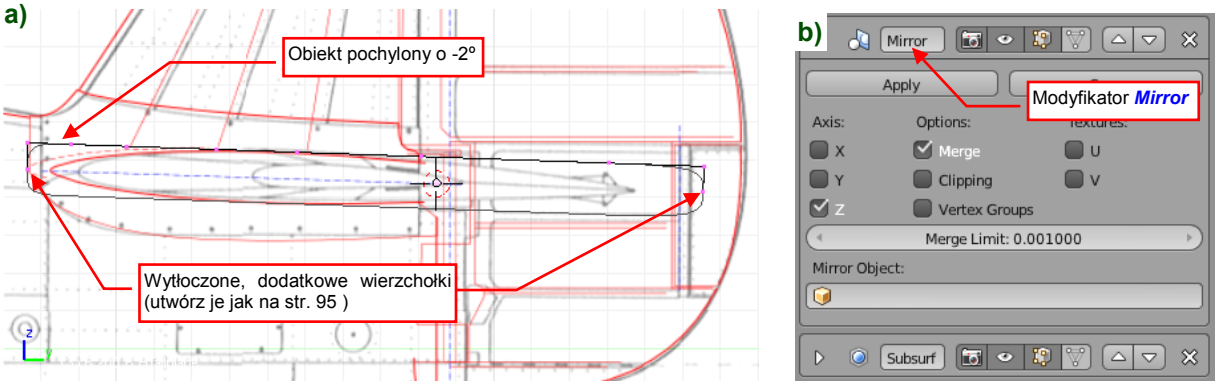
Usterzenie poziome wygląda jak małe skrzydło, i tworzymy je w ten sam sposób. Będzie łatwiejsze do uformowania niż płat, gdyż profil statecznika jest symetryczny, a końcówka ma konwencjonalny kształt. (Bez takich udziwnień, jakie wystąpiły w skrzydle).

Zaczynamy tak samo jak poprzednio — od przymiarki płaskiego trapezu do położenia podłużnic (Rysunek 3.8.1) :



Rysunek 3.8.1 Przymiarka położenia podłużnic na stateczniku

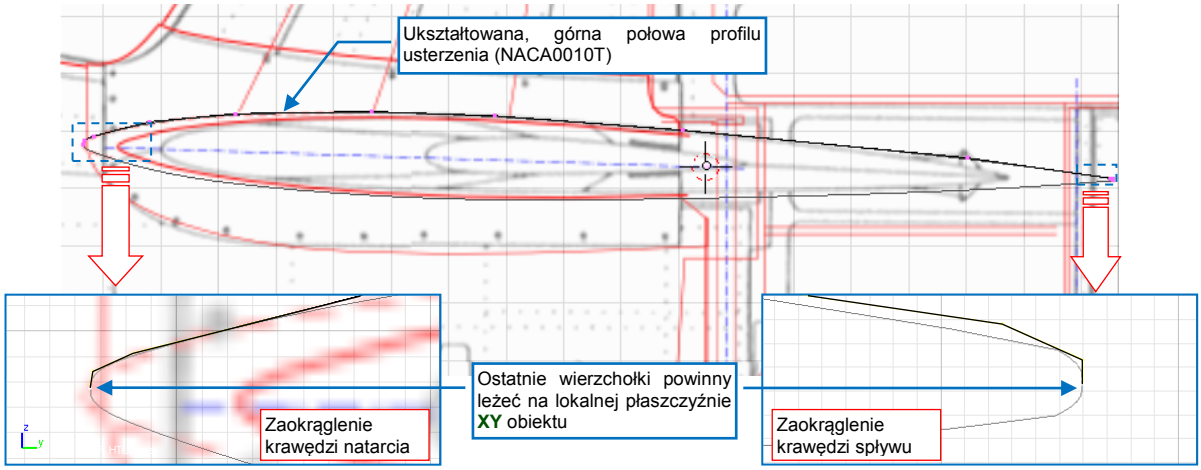
Środkiem nowego obiektu jest punkt przecięcia osi obrotu steru wysokości z osią symetrii kadłuba. Z trapezu pozostawiamy tylko profil początkowy (Rysunek 3.8.2a), dla którego włączamy odbicie lustrzane (modyfikator *Mirror* — p. Rysunek 3.8.2b, szczegóły: str. 365) :



Rysunek 3.8.2 Początkowa postać profilu (modyfikator *Mirror* włączony)

Nim przełączysz się do trybu edycji, ustaw cały obiekt wzdłuż osi usterzenia pod kątem -2º. Następnie, w trybie edycji, przekształć początkowy prostokąt w kształt obrysu górnej powierzchni usterzenia, zgodnie z rysunkiem. (Na plany naniosłem profil z rodziny NACA 00xxT, o zmniejszonym promieniu noska — taką "ostrą" krawędź natarcia widać na zdjęciach). Dolna połówka obrysu jest zawsze odbiciem górnej, dzięki modyfikatorowi *Mirror*

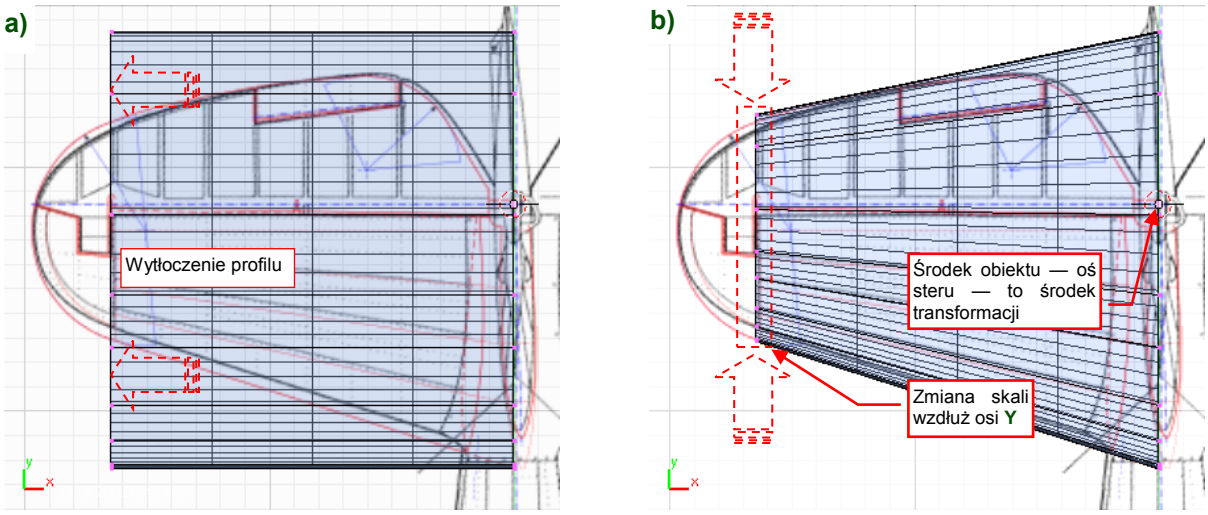
(Rysunek 3.8.3). Aby uniknąć szczelin na krawędzi natarcia i spływu, te linie powinny leżeć na płaszczyźne **XY** lokalnego układu współrzędnych (współrzędne **Z** ich wierzchołków powinny być = 0):



Rysunek 3.8.3 Przygotowany profil statecznika

Pamiętaj, aby podczas formowania profilu przesuwać wierzchołki odpowiadające podłużnicom tylko wzdłuż lokalnej osi **Z**. W ten sposób zachowasz położenie podłużnic tam, gdzie je zaplanowałeś. Nowe wierzchołki, które dodałeś później, możesz przesuwać w sposób dowolny. Podobnie jak na płacie, zastosuj niewielkie zaokrąglenie na krawędzi spływu (Rysunek 3.8.3).

Po uformowaniu profilu wyprostuj z powrotem cały obiekt (zmień obrót dookoła osi **X** z -2° na 0°). Następnie wróć do trybu edycji i wytłocz (*Extrude*) jego profil wzdłuż osi **X** (Rysunek 3.8.4a). Upewnij się, czy kursor znajduje się w środku obiektu. (Mam na myśli punkt odniesienia — por. Rysunek 3.8.4b — a nie geometryczny środek siatki!) Ustaw tryb środka obrotu — *Pivot* — na *3D Cursor*. Potem "ściśnij" końcówkę, zmieniając jej skalę wzdłuż osi **Y** (Rysunek 3.8.4b) :

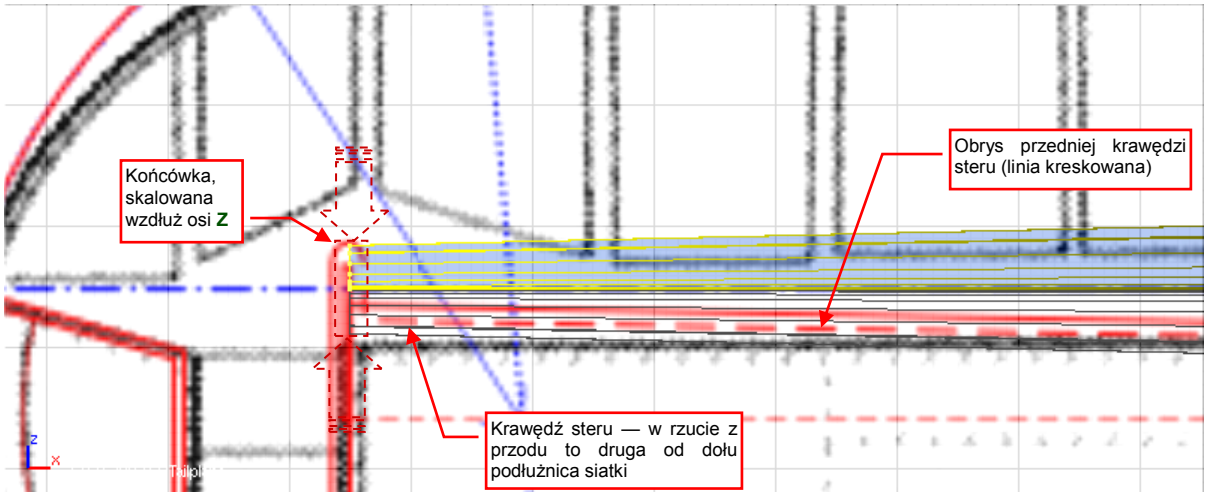


Rysunek 3.8.4 Wytłoczenie profilu (a) i zmiana rozmiaru końcówki (b)

Przy formowaniu usterzenia nie jestem już tak dokładny, jak w przypadku skrzydła: nie przygotowałem pomocniczego profilu końcówki. Zamiast tego naniosłem na obrys z góry zarys przedniej krawędzi steru wysokości, uzyskany z rysunków fabrycznych tego elementu. Ster wysokości P-40 nie miał wyważenia krawędziowego, więc zakładam, że jego przednia krawędź miała okrągły przekrój (por. Rysunek 3.8.18, str. 131). Przy takim założeniu odległość przedniej krawędzi steru od osi obrotu określa także grubość usterzenia w tym miejscu.

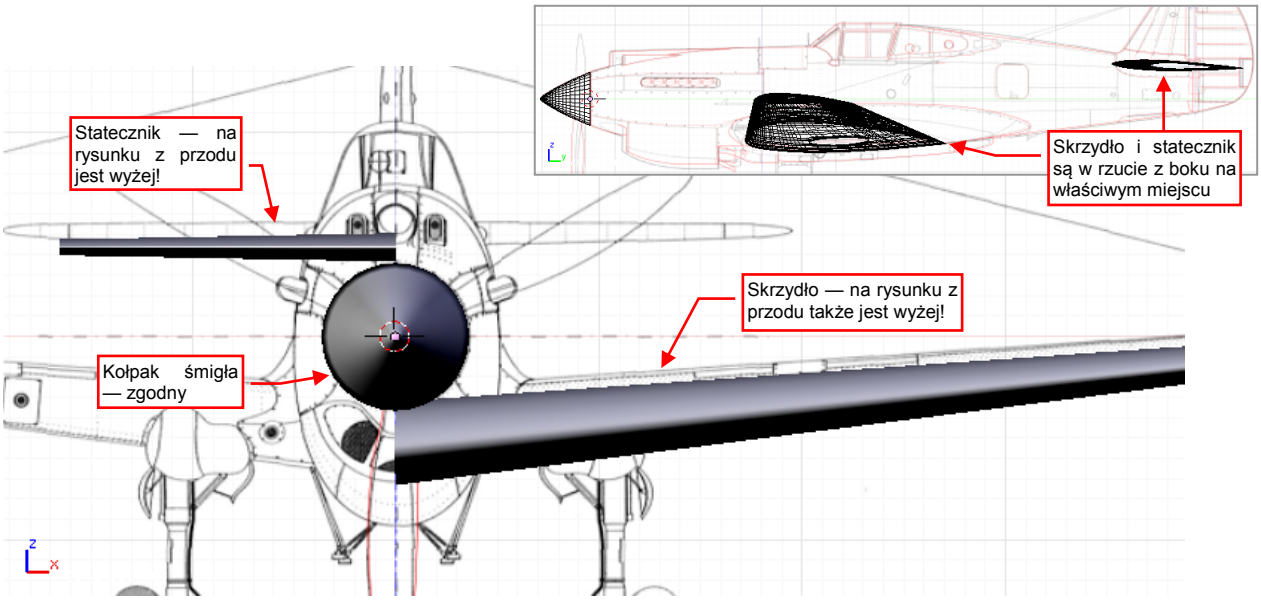
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Potraktowałem więc obrys przedniej krawędzi steru w rzucie z góry jak ekwiwalent obrysu w rzucie z przodu. Dopasowałem do niego grubość końcówki usterzenia poziomego, zmieniając skalę jej wierzchołków wzdłuż osi **Z** (Rysunek 3.8.5):



Rysunek 3.8.5 "Spłaszczenie" końcówki usterzenia (obiekt w rzucie z przodu, rysunek w tle to rzut z góry)

Czy nie popełniliśmy jakiejś poważnej pomyłki? Ustawiłem elementy, samolotu, które stworzyliśmy do tej pory, w odpowiednich miejscach na rzucie z boku (**YZ**). Potem porównałem je z planami Jacka Jackiewicza, których używałem przy tworzeniu tego modelu (Rysunek 3.8.6):

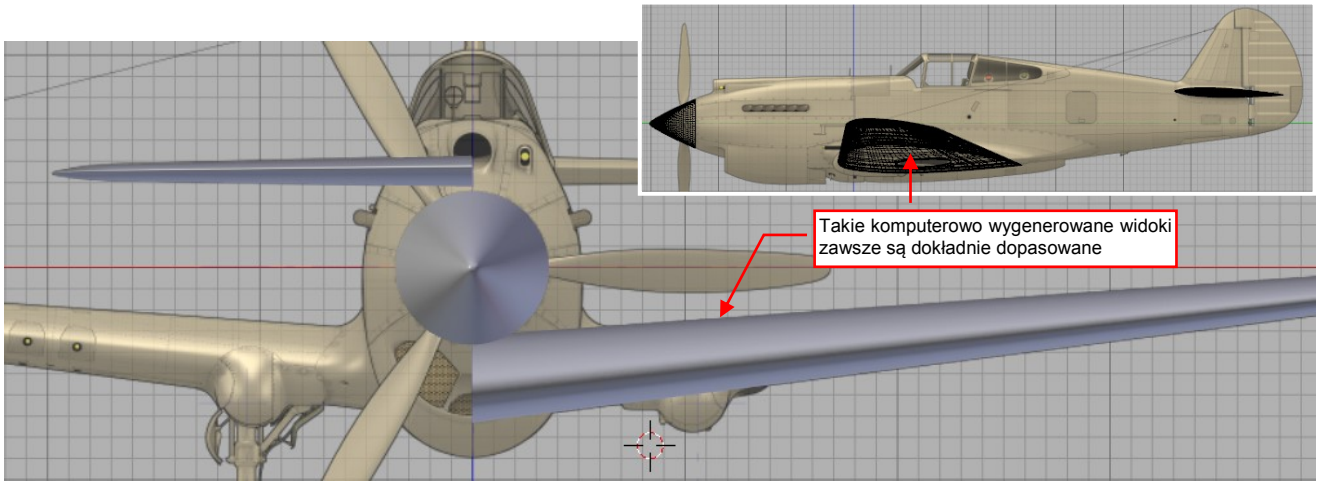


Rysunek 3.8.6 Mała weryfikacja rzutu z przodu — różnice w porównaniu z planami (narysowanymi ręcznie)

Wygląda na to, że grubości statecznika i skrzydła są podobne do tych, na planach modelarskich. Widać jest za to, że obydwa te elementy są w stosunku do rzutu z przodu przesunięte do dołu. (Kołpak śmigła jest we właściwym miejscu). Czy ta różnica wynikała z przyjęcia przez autora planów innego przebiegu osi samolotu? W takim przypadku statecznik byłby dwa razy bardziej odległy od swojego pierwowzoru na rysunku, niż skrzydło. Tak jednak nie jest. To raczej błąd rysunków — niewłaściwe położenie śmigła, wraz z kołpakiem, w płaszczyźnie **ZX**.

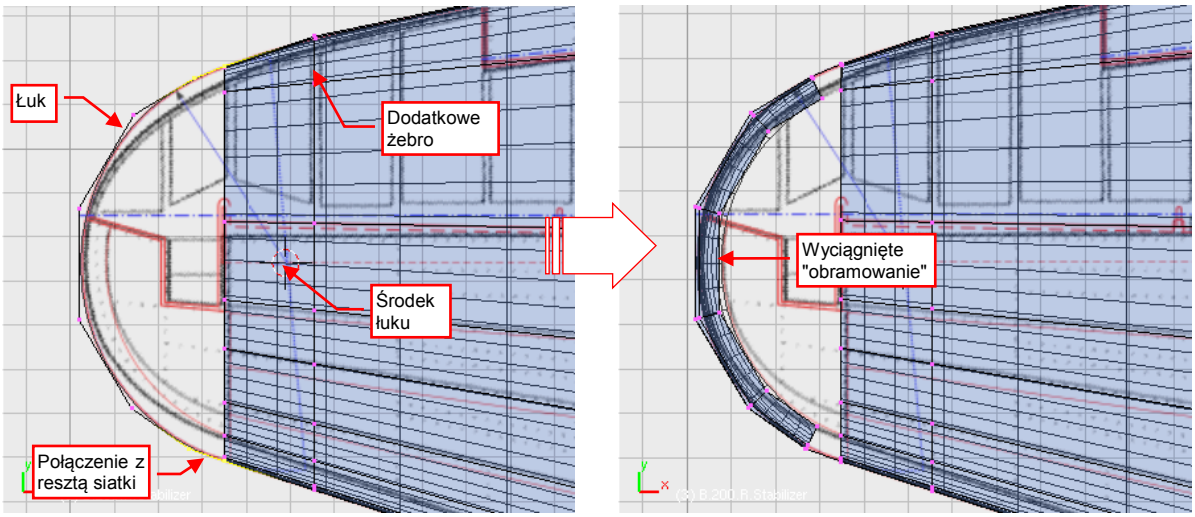
- Rzuty z przodu mogą zawierać więcej błędów niż pozostałe, i należy traktować je z dużą rezerwą. Często będziesz się spotykał z podobnymi niespójnościami na planach. Należy wówczas przyjąć, że w pierwszej kolejności "rację ma" rzut z boku, później — rzut z dołu lub góry. Rysunki w pozostałych projekcjach i przekroje poprzeczne są mniej ważne. Traktuj je raczej jako poglądowe szkice, a nie dokładne odwzorowanie kształtu.

Plany które towarzyszą tej książce (z folderu *source/plans/p40b-highres*) są wolne od takich błędów (Rysunek 3.8.7) — ponieważ nie zostały narysowane „ludzką ręką”:



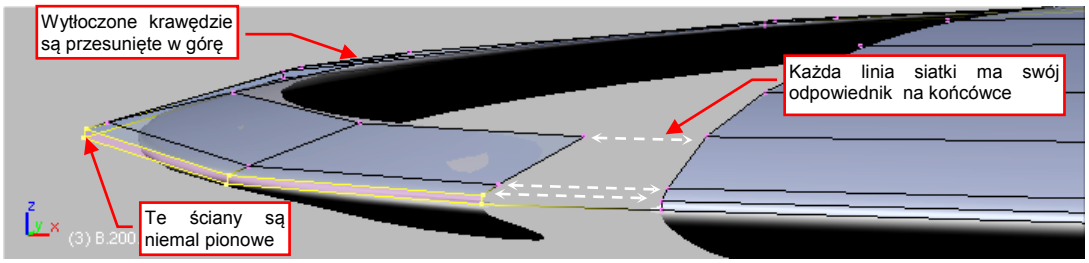
Rysunek 3.8.7 Weryfikacja rzutu z przodu (plany wygwnerowane z modelu 3D)

Czas stworzyć zaokrągloną końcówkę usterzenia. Na początek dodaj przy końcu siatki dodatkowe "żebro" (Rysunek 3.8.8). Według rysunków, obrys końcówki był fragmentem łuku. Dołącz więc do siatki, na lokalnej płaszczyźnie **XY** statecznika, pojedynczy łuk (uzyskany z 12 - wierzchołkowego *Circle*). Połącz jego końce z siatką, dokonując drobnych przemieszczeń wierzchołków, aby zneutralizować odchylenia linii od wzorcowego okręgu (Rysunek 3.8.8):



Rysunek 3.8.8 Końcówka usterzenia — naniesienie obrysu z góry

Następnie wytłocz wierzchołki łuku w pierścień (zmieniając skalę względem środka okręgu) (Rysunek 3.8.8). Wytłoczoną krawędź unieś nieco do góry (tzn. przesuń wzdłuż osi **Z**) (Rysunek 3.8.9):



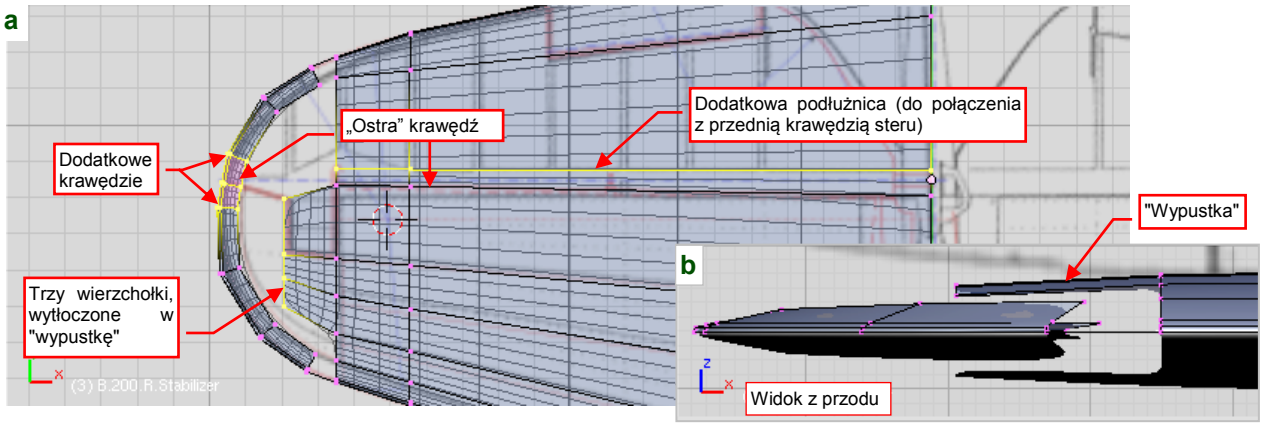
Rysunek 3.8.9 Końcówka usterzenia — szczegóły zaokrąglenia

Potem dodaj do pierścienia kolejne linie wierzchołków (poleceniem *Loop Cut*). Ustawiam je tak, by każda z nich odpowiadała jednej z podłużnic z trapezowej cześci siatki (Rysunek 3.8.9).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

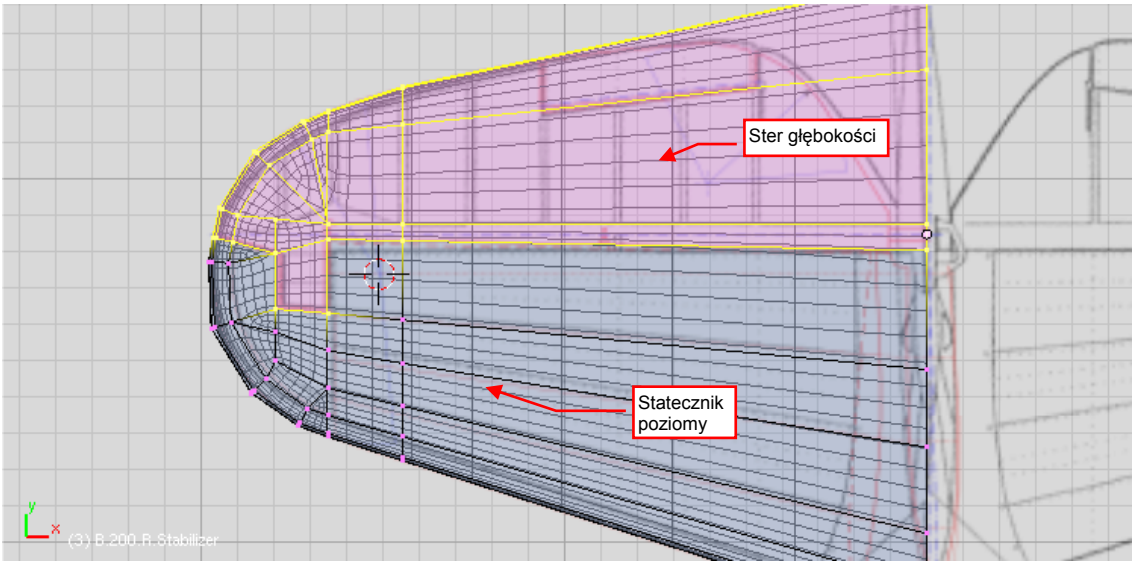
W prawdziwym P-40 na końcu statecznika był zamocowany wygięty pierścień z blachy, o takim samym kształcie i rozmiarze jak nasz. Przyznam się, że zdjęcia z dwóch rekonstrukcji P-40 różnią się promieniem zaokrąglenia przekroju końcówki. Rekonstrukcja z Nowej Zelandii ma stosunkowo ostre końce, a inna, z USA — bardziej zaokrąglone. Wybrałem wersję z Nowej Zelandii, bo uważam ją za bardziej prawdopodobną (bardziej mi pasowała do promienia nosa profilu statecznika).

Od razu warto się przygotować do podziału usterzenia na statecznik i ster. Jeżeli zaznaczysz wcześniej krawędź podziału jako "ostrą" (*crease* = 1.0), to późniejszy podział siatki nie wpłynie na kształt żadnej z tych części. Oznaczyłem ją jako "ostrą", w tym także odcinek na pierścieniu końcówki usterzenia. Oczywiście, zmieniło to obrys powierzchni podziałowej w tym obszarze. Przywracając w tym miejscu z powrotem kształt łuku, dodaj w pobliżu granicy steru i statecznika dwie dodatkowe krawędzie (Rysunek 3.8.10a). (Łatwiej je dodać na tym etapie — poleceniem *Loop Cut* — niż po wypełnieniu końcówki ścianami).



Rysunek 3.8.10 Końcówka usterzenia — dodatkowe krawędzie

Aby zapełnić pustą przestrzeń wewnątrz końcówki, wytłocz trzy wierzchołki siatki w "wypustkę", lekko zaginiętą do dołu (Rysunek 3.8.10b,a). Już widzisz o co chodzi? Teraz wystarczy "rozpiąć" ściany na sąsiednich wierzchołkach, i końcówka jest zbudowana (Rysunek 3.8.11):

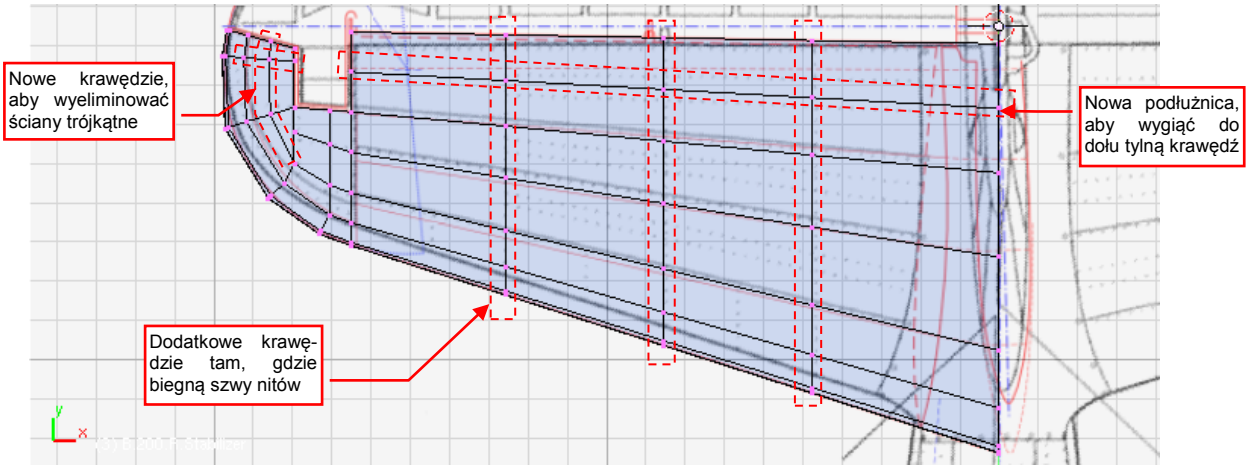


Rysunek 3.8.11 Siatka usterzenia — gotowa do wydzielenia steru

Zaznacz obszar siatki, z którego powstanie ster (Rysunek 3.8.11), i wydziel z niej nowy obiekt — **B.205.R.Elevator**. Jednocześnie nadaj nazwę statecznikowi: **B.200.R.Stabilizer**.

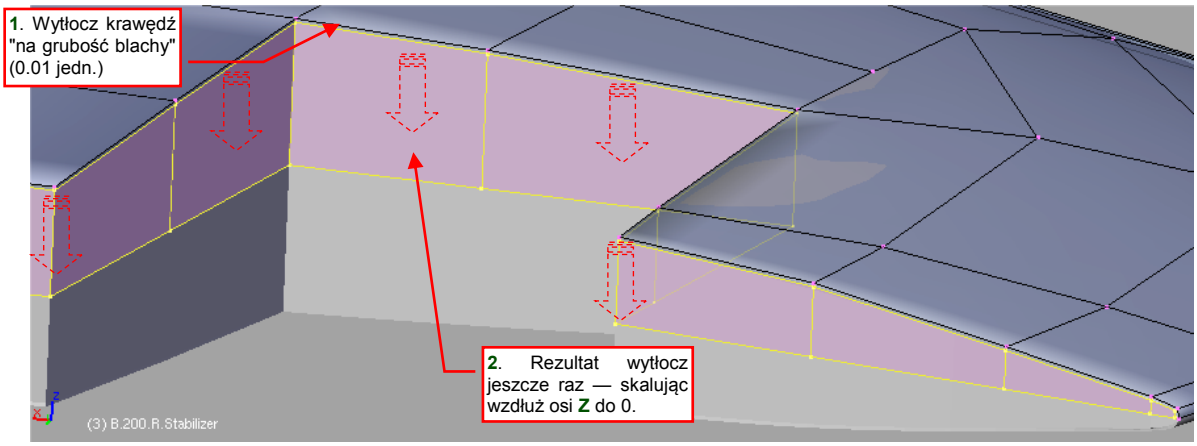
Podział siatek otwiera nowe możliwości uporządkowania każdej z nich. Chodzi tu przede wszystkim o wyeliminowanie wszystkich, lub prawie wszystkich ścian trójkątnych. (Powierzchnie podziałowe *Catmull-Clarka* generują się najlepiej w oparciu o ściany czworokątne).

Po oddzieleniu steru użyłem *Knife* i scalania ścian trójkątnych, aby zmienić wszystkie ściany statecznika w czworokątne (Rysunek 3.8.12) :



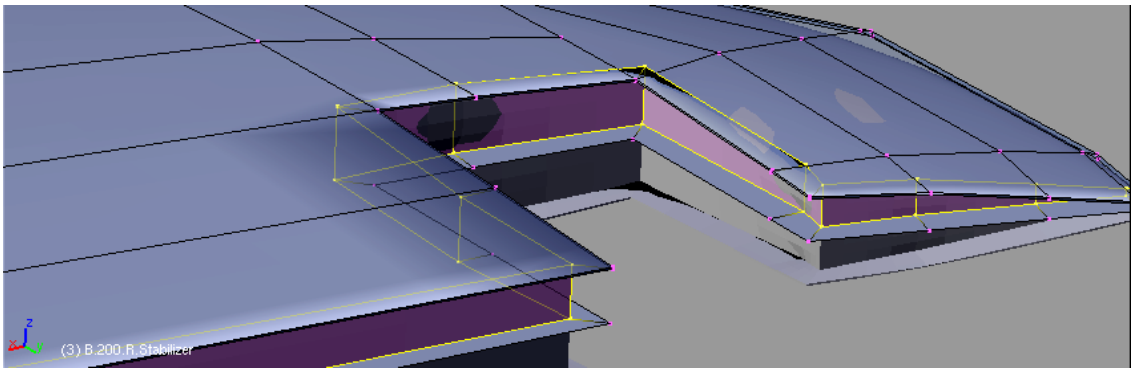
Rysunek 3.8.12 Uzupełniona i poprawiona siatka statecznika

Pozostało jeszcze dobudować tylną ścianę statecznika. Zacznij od wytłoczenia tylnej krawędzi wzdłuż lokalnej osi **Z** "na grubość blachy" — powiedzmy że będzie to 0.01 jedn. Blendera. Potem tę nową krawędź wytłocz jeszcze raz — tym razem aż do płaszczyzny symetrii (poprzez zmianę skali wzdłuż osi **Z** — Rysunek 3.8.13):



Rysunek 3.8.13 Przygotowanie tylnej ścianki statecznika

Ściany, zaznaczone jak na ilustracji (Rysunek 3.8.13), wytłocz jako region (E — *Extrude*), ale nie przesuwaj. Odsuń je "w głąb statecznika" poleceniem Alt-S (***Toolshelf:Mesh Tools:Shrink/Fatten***, str. 367) , na odległość ok. 0.2 jedn. Blendera. Bezpośredni rezultat operacji nie wygląda jeszcze olśniewająco (Rysunek 3.8.14):

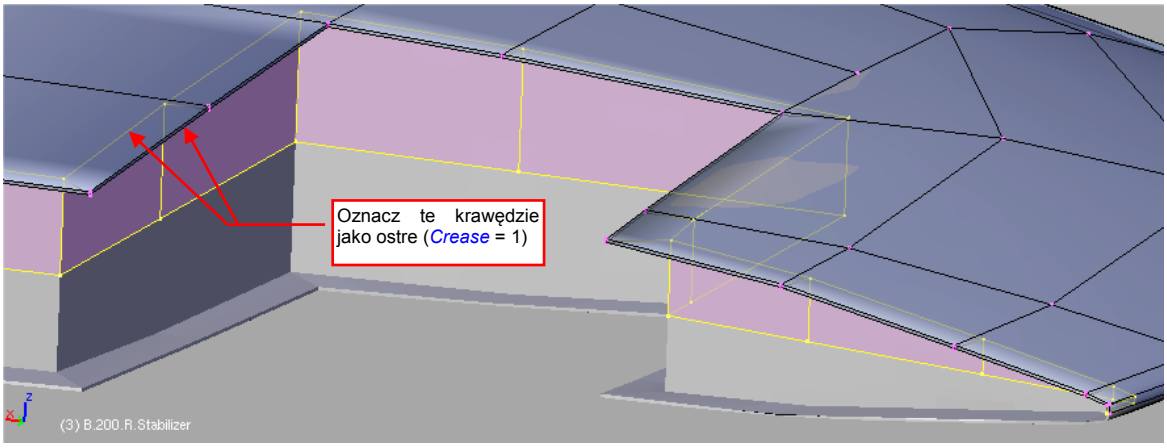


Rysunek 3.8.14 "Surowy" efekt wytłoczenie wewnętrznych ścianek

- Przed wywołaniem polecenia *Shrink/Fatten* uporządkuj kierunki normalnych siatki (por. str. 381) — np. skieruj je wszystkie na zewnątrz poleceniem *Recalculate Outside* (Ctrl-N).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Wystarczy jednak tylko usunąć niepotrzebne wierzchołki oraz wyprostować nieco "pokrzywione" ścianki, by rezultat wyglądał tak, jak powinien (Rysunek 3.8.15):

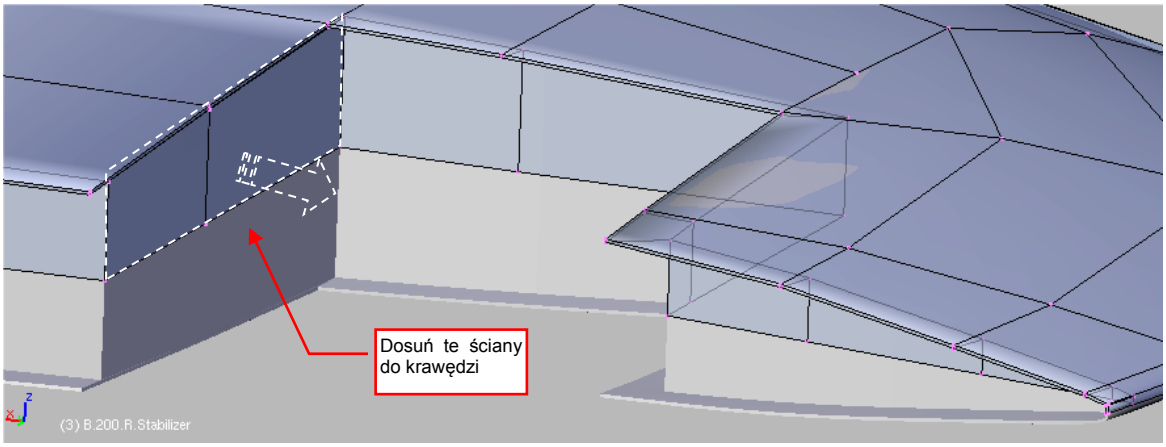


Rysunek 3.8.15 Efekt po poprawkach

Aby szybko wyprostować ścianki:

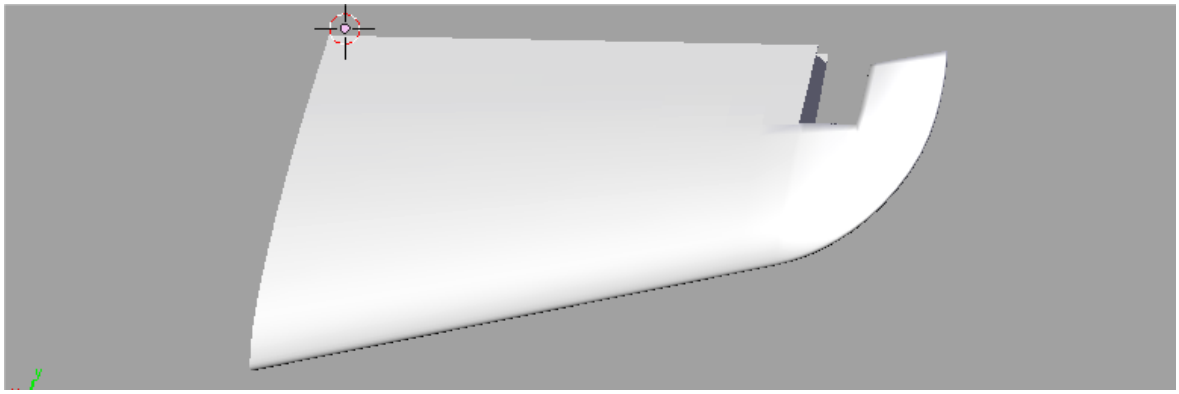
- przełącz tryb ***Pivot*** na ***Bounding Box Center***;
- zaznacz wierzchołki ściany;
- zmień ich skalę względem osi prostopadłej (**X** lub **Y**) do 0.

Na koniec przesuń lewą ścianę do samej krawędzi wycięcia (Rysunek 3.8.16). Z fotografii wynika, że do tego żebra było przymocowany jeden z zawiasów steru wysokości. Stąd ta powierzchnia nie była "schowana" we wnętrzu statecznika, tak jak pozostałe ściany:



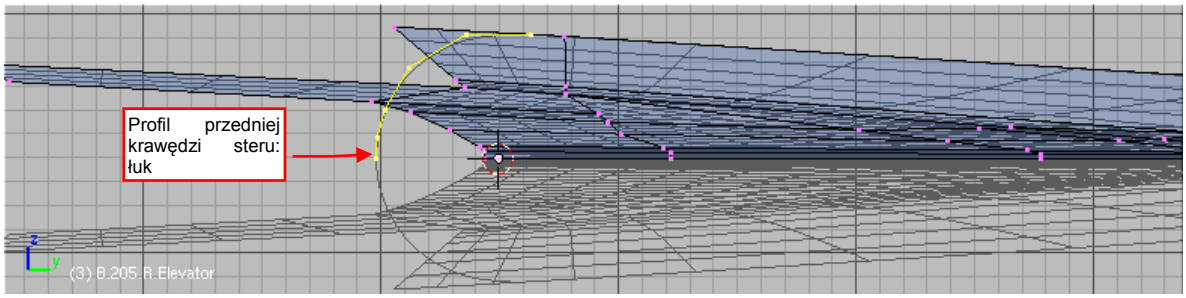
Rysunek 3.8.16 Uwzględnienie wewnętrznego żebra

Rysunek 3.8.17 pokazuje, jak powinien wyglądać gotowy statecznik:



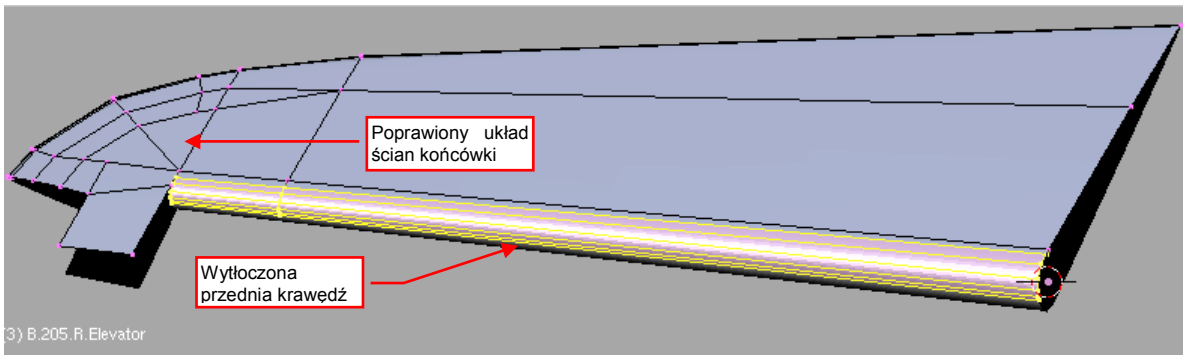
Rysunek 3.8.17 Gotowy statecznik poziomy

Pora się zabrać za formowanie steru. Praca nad nim bardzo przypomina tworzenie lotki. Zacznij od przygotowania profilu przedniej krawędzi (Rysunek 3.8.18) :



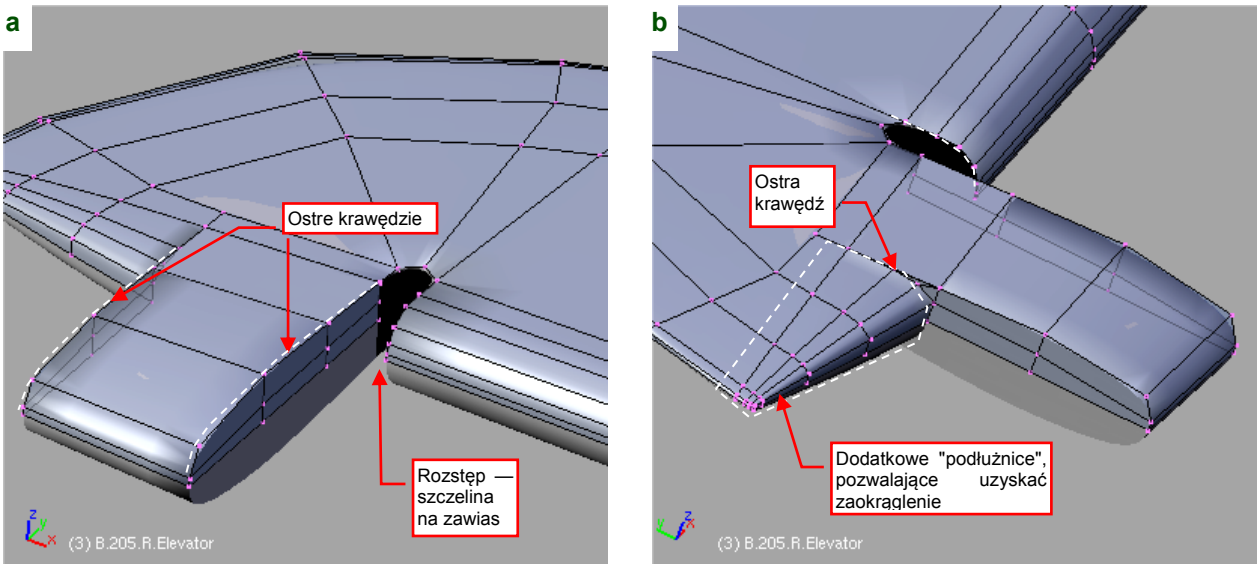
Rysunek 3.8.18 Ster wysokości — przygotowanie profilu przedniej krawędzi

Potem wytłocz ten profil wzdłuż osi **X** steru, zmniejsz na końcu, i połącz z resztą siatki (Rysunek 3.8.19):



Rysunek 3.8.19 Dodana przednia krawędź

Przy okazji, podobnie jak w przypadku statecznika, zmień układ krawędzi, by wyeliminować jak najwięcej ścian trójkątnych. Jest to wstęp do ukształtowania wyważenia masowego i aerodynamicznego, zlokalizowanego na końcówce steru (Rysunek 3.8.20a,b) :



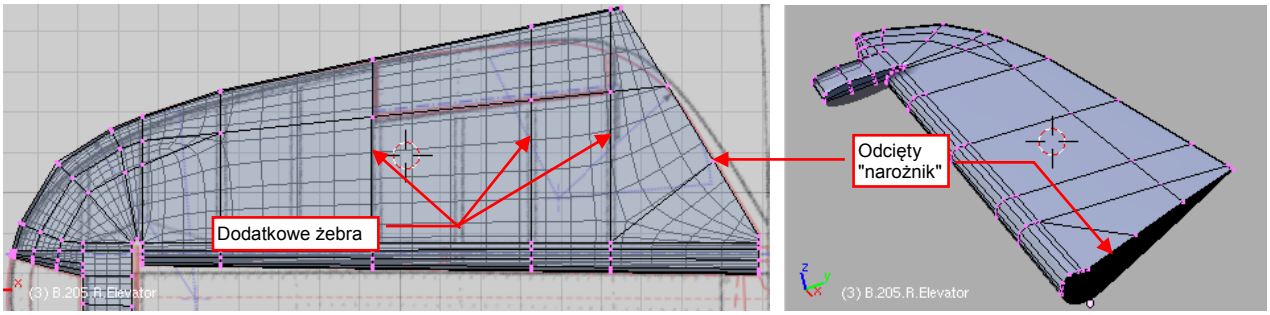
Rysunek 3.8.20 Wyważenie steru — szczegóły siatki

W okolicy wyważenia odsuń od siebie krawędzie, tworząc otwór na zawias steru (Rysunek 3.8.20a). (Same okucia zawiasów dodamy później, przy okazji uzupełniania szczegółów). Ten "rozstęp" pozwoli zastosować inny układ "podłużnic" na końcówce steru (Rysunek 3.8.20b). Wykorzystaj tę możliwość, formując wystające wyważenie, i dodając dodatkowe podłużnice na końcówce. Nie zapomnij także o wytłoczeniu wzdłuż krawędzi otworu okucia małej fazki "na grubość blachy" (0.01 jedn).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

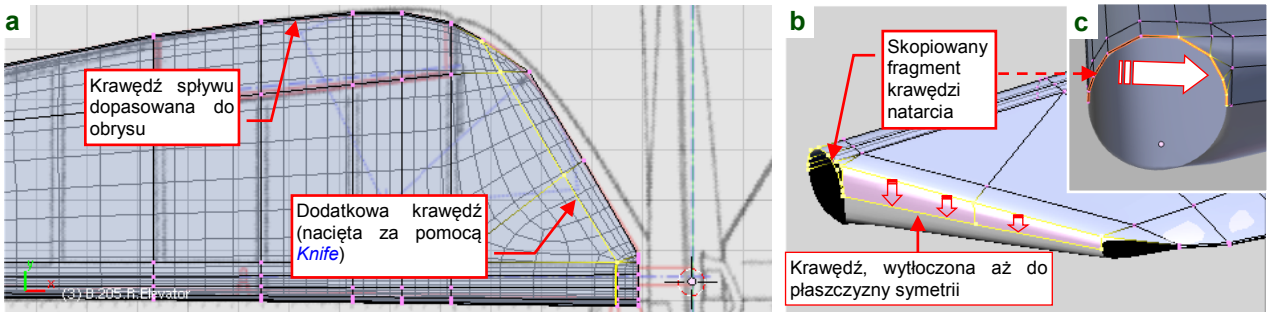
- Takie małe otwory jak te które pokazuje Rysunek 3.8.20 o wiele wygodniej wykonuje się za pomocą specjalnej tekstury (por. Tom III). W tej sekcji uległem pokusie modelowania wszystkiego „w siatce”!

Pozostało jeszcze tylko uformować krawędź spływu steru. Jest to krzywa, więc dodaj do siatki kolejne żebra, oraz odetnij (*Knife*) niepotrzebny narożnik (Rysunek 3.8.21) :



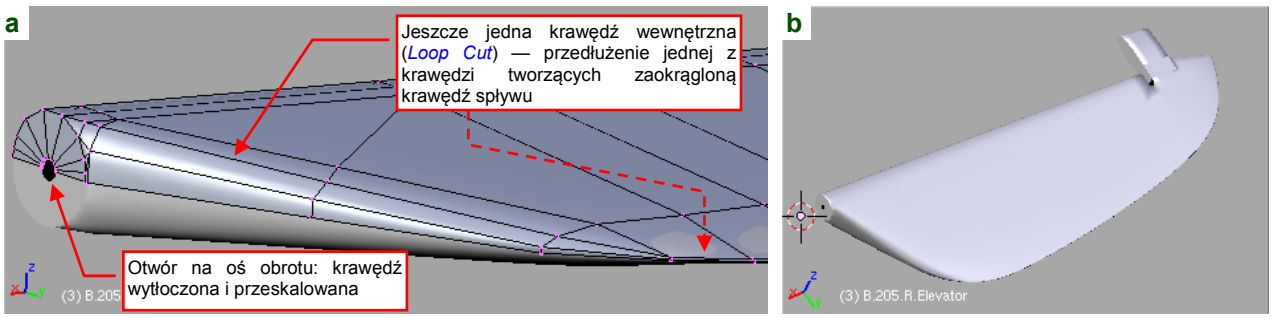
Rysunek 3.8.21 Przygotowanie do ukształtowania krawędzi spływu

Wykorzystując nowe żebra, wygnij krawędź spływu tak, by pasowała do obrysu na rysunku (Rysunek 3.8.22a):



Rysunek 3.8.22 Formowanie "wcięcia" steru wysokości

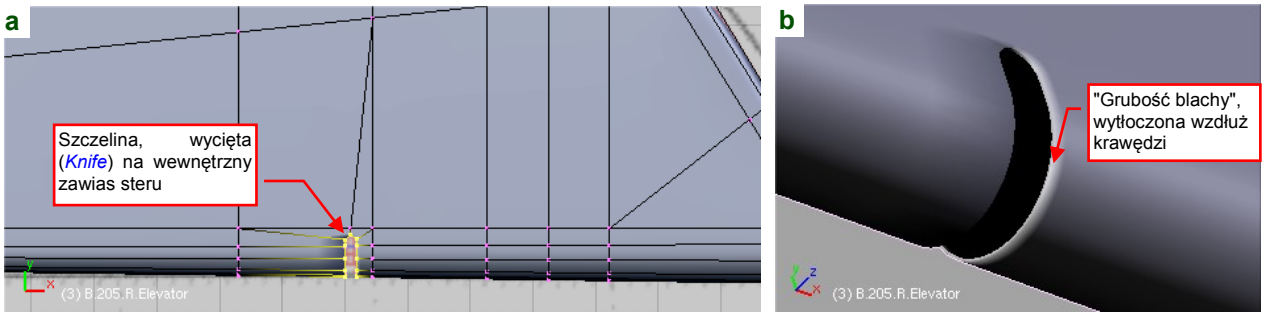
Musimy jeszcze zamknąć siatkę steru od strony kadłuba. Zdjęcia pokazują, że przekrój poprzeczny tego fragmentu był zaokrąglony. Dodaj (*Knife*) do tego obszaru kolejną krawędź (Rysunek 3.8.22a). Umożliwi nam uzyskanie zaokrąglenia. Wytłocz także końcową krawędź tak, by zamknąć siatkę (Rysunek 3.8.22b). (Nową krawędź najłatwiej dosunąć do płaszczyzny symetrii, zmieniając skalę wierzchołków względem osi **Z** do zera). Skopiuj także wierzchołki łuku z przedniej krawędzi siatki, aby uzyskać u nasady steru okrąg (Rysunek 3.8.22c). Stwórz wzdłuż tych nowo powstałych krawędzi ściany, które połączą je z resztą siatki. Dodaj (*Loop Cut*) jeszcze jedną krawędź wewnętrzną (Rysunek 3.8.23a) — aby wszystkie krawędzie zaokrąglenia były kontynuacją odpowiednich podłużnic siatki.



Rysunek 3.8.23 "Zamknięcie" powłoki steru

Na koniec wytłocz i zmień skalę ścianek wokół otworu na oś obrotu (ustawiając wcześniej kursor 3D w środku tego okręgu). Nasz ster jest już niemal skończony (Rysunek 3.8.23b).

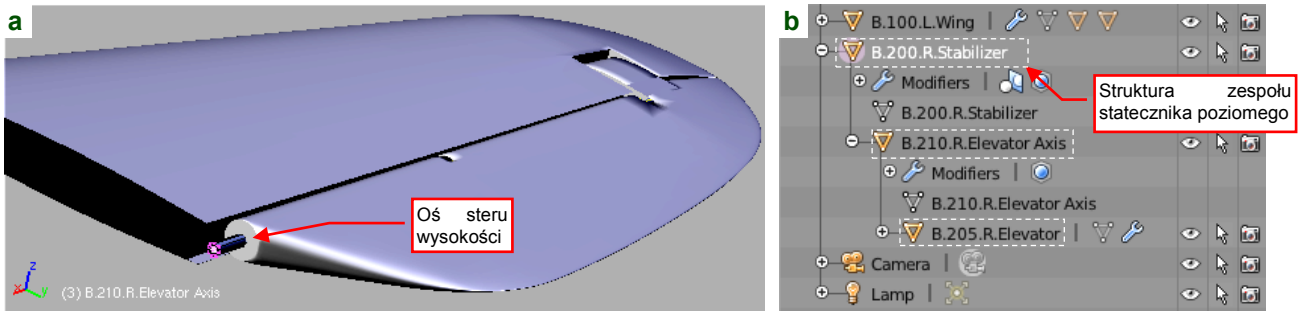
Pozostał jeszcze drobiazg — szczelina na drugi zawias[1]. Utwórz ją, nacinając (*Knife*) przód steru— najpierw pośrodku szczeliny, później, o jedną podłużnicę "płyciej", wzdłuż krawędzi (Rysunek 3.8.24a). Potem pozostało uporządkować ściany (wewnętrzne usunąć, inne zamienić na trójkąty) :



Rysunek 3.8.24 Wycięcie szczeliny na drugi zawias

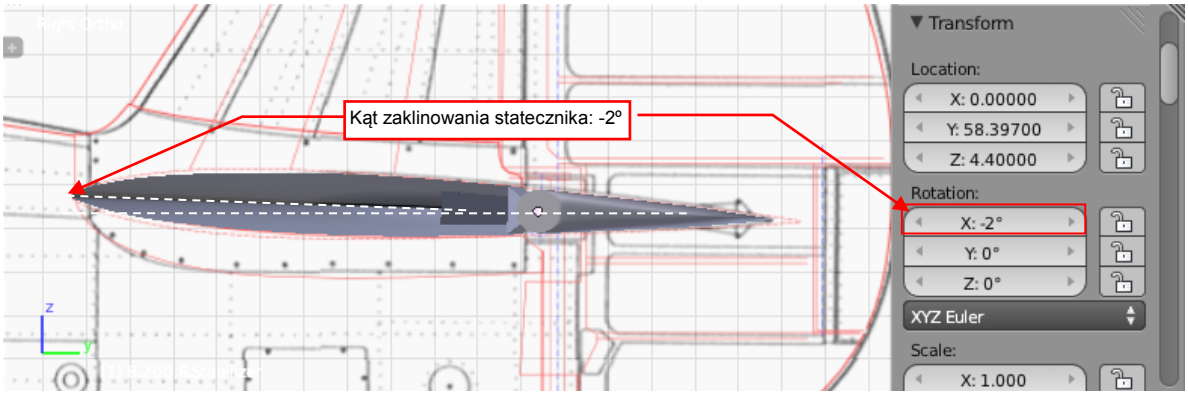
Wytłoczyłem także wokół tego otworu zawiasu dodatkową krawędź "na grubość blachy" (Rysunek 3.8.24b).

Statecznik i ster są już uformowane. Teraz trzeba je ze sobą połączyć. Podobnie jak w przypadku lotki i skrzydła, posłuży nam do tego obiekt pomocniczy — oś steru. Utwórz odpowiednią "rurkę", i nadaj jej nazwę **B.210.R.Elevator Axis** (Rysunek 3.8.25a). W odróżnieniu od osi lotki, część osi steru będzie widoczna, więc powinna mieć średnicę jak na planach. Warto ją także wygładzić modyfikatorem *Subsurf*.



Rysunek 3.8.25 Dodanie osi obrotu i połączenie w jeden zespół

Uczyń oś "rodzicem" steru głębokości (Ctrl-P, *Make Parent*, str. 306). "Rodzicem" osi ma być z kolei statecznik. Rysunek 3.8.25b) pokazuje hierarchię części, jaką powinieneś uzyskać. Potem pozostaje już tylko umieścić statecznik (**B.200.R.Stabilizer**) w docelowym miejscu modelu. Nadaj mu kąt zaklinowania (*X*) -2º, jak w oryginalnej konstrukcji (Rysunek 3.8.26):



Rysunek 3.8.26 Umieszczenie usterzenia w docelowym miejscu modelu

[1] Znów wpadłem w „trans modelownia" — taki szczegół też należy odwzorować za pomocą tektsury przejrzystości (por. Tom III).

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.08.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

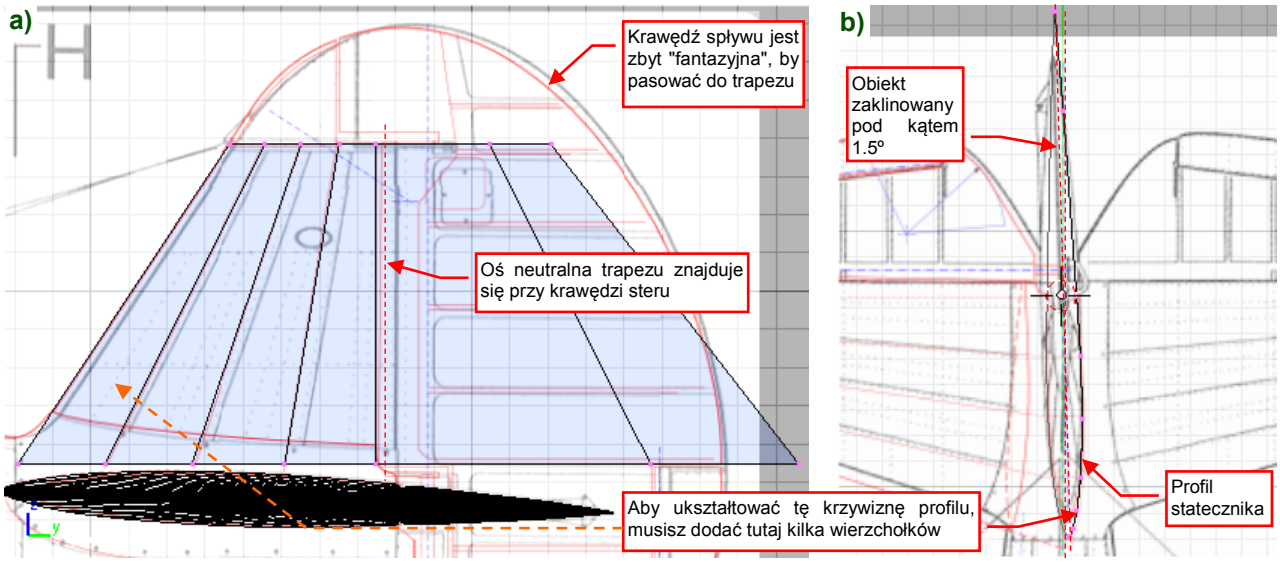
- Usterzenie wykonujemy według tego samego wzorca postępowania, co skrzydło.
- Tak jak skrzydło ma wydzieloną, ruchomą lotkę, tak usterzenie dzieli się na statecznik, ster, i łączącą je oś (str. 133).
- Usterzenia mają zazwyczaj profil symetryczny, stąd wystarcza uformować tylko jedną z dwóch powierzchni obrysu — górną lub dolną. Drugą "załatwia" modyfikator *Mirror* (str. 124)
- Do formowania wewnętrznych ścianek przydatne jest polecenie "odsunięcia" od powierzchni o zadaną odległość. W Blenderze jest to komenda Alt-S (*Toolshelf:Mesh Tools:Shrink/Fatten*, str. 129).
- Rzut z przodu na planach modelarskich może zawierać więcej błędów niż inne rzuty (por. str. 126). Należy więc traktować go z rezerwą. Najlepiej przyjąć zasadę, że w przypadku stwierdzenia różnic najważniejszy jest rzut z boku, a potem rzut z góry.
- Warto zorientować się (na podstawie opisów konstrukcji, planów), jaki rodzaj kompensacji aerodynamicznej miało usterzenie samolotu. W przypadku P-40 wychylenie steru wysokości było kompensowane tylko przez prostokątny występ na jego końcu. W takiej sytuacji można założyć, że przekrój przedniej krawędzi steru jest okrągły. To z kolei pozwoliło użyć obrysu z góry tej linii także w charakterze obrysu z przodu (por. str. 126). To zawsze lepsza alternatywa niż ślepe zawierzenie pod tym względem rzutowi z przodu z planów.

3.9 Usterzenie pionowe

Usterzenie pionowe, składające się ze statecznika, steru kierunku i jego osi, wykonujemy tak samo jak usterzenie poziome. Dlatego w tej sekcji opiszę ten proces z pewnymi skrótami.

Miałem pewne problemy z ustaleniem poprawnego profilu usterzenia. Profil na planach modelarskich Mariusza Łukasika nie wyglądał zbyt poprawnie. Od razu zwróciłem uwagę na zbyt duży (w porównaniu ze zdjęciami) promień noska. Wśród rysunków fabrycznych, jakimi dysponowałem, znalazłem rysunek oprofilowania połączenia usterzenia i kadłuba. Pozwoliło mi to nanieść na plany poprawiony profil podstawy, wyznaczony na podstawie narysowanej na nim krawędzi blachy oprofilowania podstawy statecznika. Jest w tym oczywiście także trochę moich domysłów. Zdecydowałem się użyć profil NACA-0008T , gdyż pasował do fragmentu obrysu z rysunków fabrycznych. (Nieco grubszy profil tego samego typu zastosowałem w usterzeniu poziomym).
Także grubość końcówki statecznika pionowego na planach Mariusza Łukasika jest zdecydowanie przesadzona (por. str. 140). Na rysunkach Jacka Jackowskiego statecznik pionowy jest o wiele cieńszy, ale autor przerysował z kolei efekt jego zaklinowania pod kątem 1.5º od osi samolotu. W tej sytuacji pozostało mi już tylko wzorować się na zdjęciach i tym, co wynikało z fragmentów oryginalnej dokumentacji, jakie zgromadziłem.

Rysunek 3.9.1a) pokazuje pierwsze "przymiarki" do ułożenia podłużnic siatki wzdłuż podłużnic rzeczywistej konstrukcji. Pionowa "linia neutralna" (krawędź, która nie zmienia się w żaden sposób gdy skalujesz „żebra”) biegnie wzdłuż przedniej krawędzi steru.



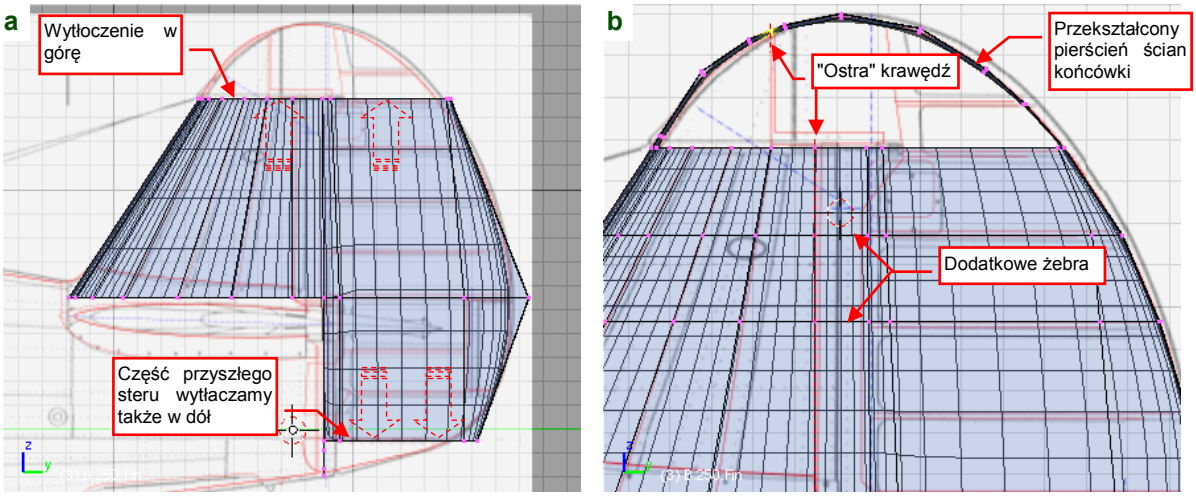
Rysunek 3.9.1 Początkowe fazy budowy usterzenia pionowego

Krawędź spływu steru kierunku okazała się zbyt "fantazyjna", by dać się przybliżyć jakimkolwiek regularnym trapezem. Proponuję się na tym etapie nie zawracać nią głowy, koncentrując się na fragmencie odwzorowującym przednią część usterzenia — stateczniku pionowym.

Po ustaleniu położenia początków podłużnic wzdłuż cięciwy profilu, pozostaw z trapezu tylko dolną linię wierzchołków. W trybie obiektu (*Object Mode*) obróć obiekt o 1.5º wokół osi **Z** (usterzenie pionowe było tak zaklinowane, by równoważyć efekt wirowania śmigła). Włącz do obiektu modyfikatory *Mirror* i *Subsurf*, i wygnij linię wierzchołków w profil usterzenia (Rysunek 3.9.1b) . Potem usuń skręcenie tego obiektu o 1.5º (utrudniałoby dalszą pracę).

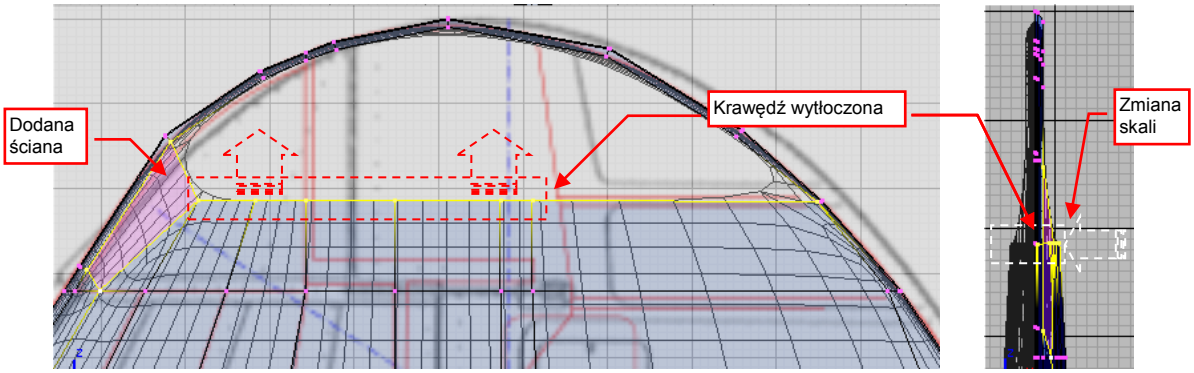
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Uzyskany profil wytłocz wzdłuż osi **Z**. Zmniejsz także rozmiar żeber końcowych (Rysunek 3.9.2a). Zacznij formować końcówkę usterzenia pionowego. Najpierw stwórz cienki pierścień ścian, tak samo jak to robiliśmy w usterzeniu poziomym (Rysunek 3.9.2b):



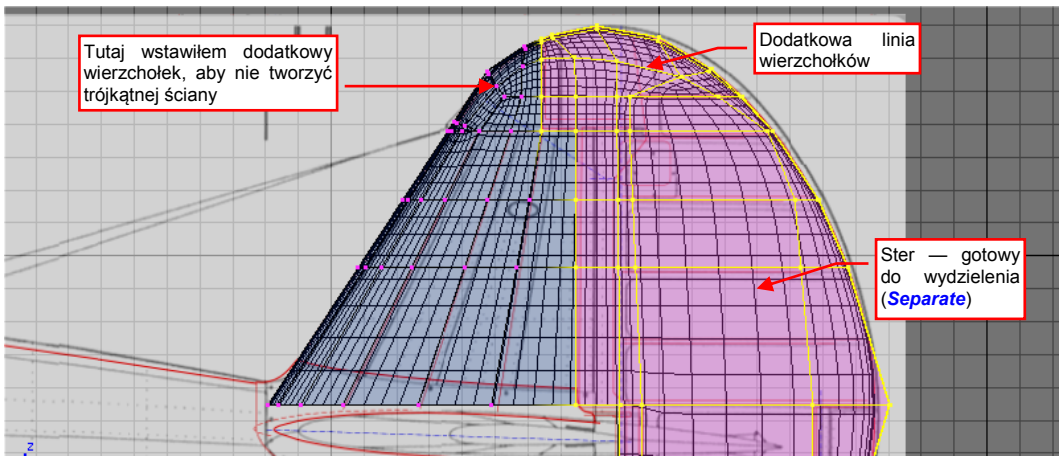
Rysunek 3.9.2 Wytłoczenie profilu i przygotowanie obrysu końcówki

Wytłocz teraz "w górę", wzdłuż osi **Z**, kilka środkowych wierzchołków żebra. Przesuń je nieco względem osi X, aby nie odstawały na boki od reszty powierzchni statecznika (Rysunek 3.9.3):



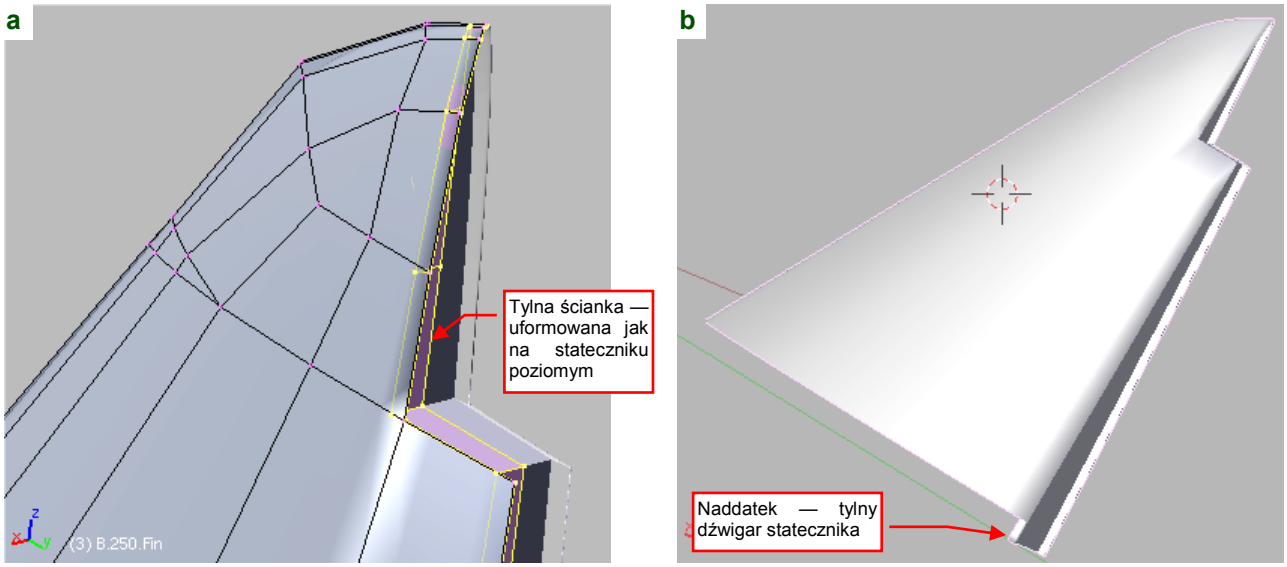
Rysunek 3.9.3 Zbudowanie ścian końcówki

W oparciu o wierzchołki wytłoczonej krawędzi zbuduj nowe ściany (Rysunek 3.9.3). Dla uzyskania odpowiedniego kształtu okazuje się konieczne dodanie pomiędzy paskiem ścian końcówki a resztą siatki jeszcze jednej linii wierzchołków (*Loop Cut*). Rysunek 3.9.4 pokazuje układ ścian uformowanej końcówki. Taką powierzchnię podziel (P, *Separate*) na ster i statecznik.



Rysunek 3.9.4 Podział na ster i statecznik

Statecznikowi pionowemu nadaj nazwę **B.250.Fin**, a sterowi kierunku — **B.255.Rudder**. Sam statecznik jest prawie gotowy. Do wykończenia pozostało tylko dodanie tylnej ścianki (Rysunek 3.9.5a). Uzyskasz ją w ten sam sposób, co w stateczniku poziomym (por. str. 129).

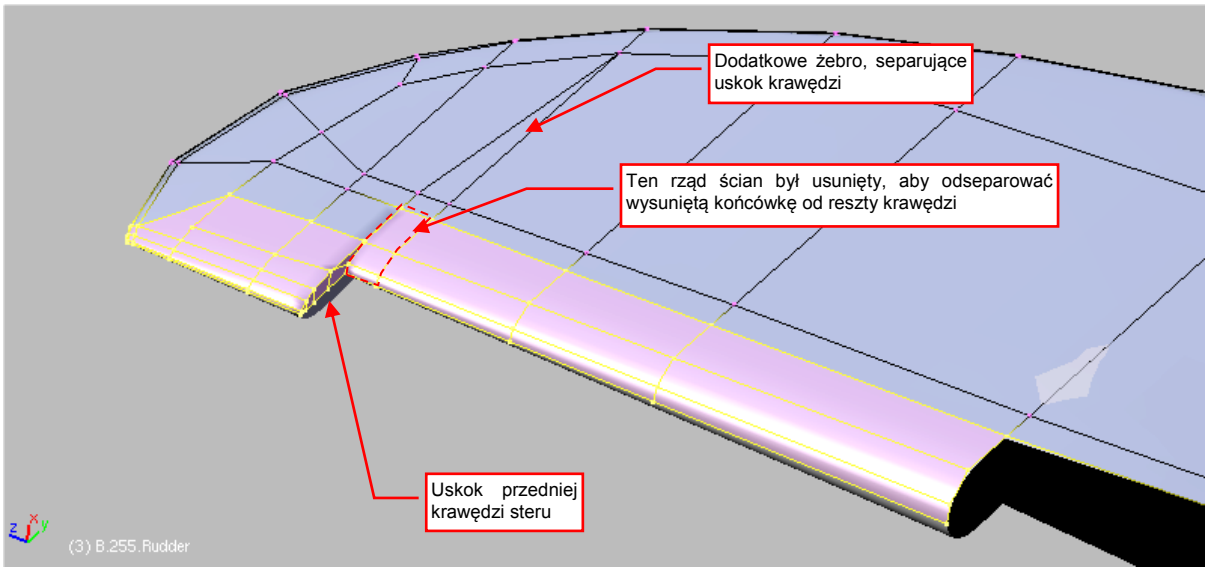


Rysunek 3.9.5 Szczegóły tylnej ścianki statecznika (a) i gotowy element (b)

W P-40 statecznik poziomy był wykonany jako jedna całość. Trzy dźwigary statecznika pionowego były do niego przymocowane śrubami, ukrytymi pod oprofilowaniem. Ostatni z dźwigarów był jednocześnie tylną ścianą statecznika. Stąd odpowiednio wydłużyłem dół tylnej ściany na naszej siatce, by po złożeniu z resztą modelu dotykała powierzchni statecznika poziomego (Rysunek 3.9.5b).

Statecznik jest gotowy, przejdźmy więc do formowania steru kierunku. Zacznijmy od górnej części jego przedniej krawędzi. Jest tu zastosowana kompensacja masowa (bardzo wysunięta do przodu końcówka), jaki i aerodynamiczna (pozostała część przedniej krawędzi jest także nieco wysunięta).

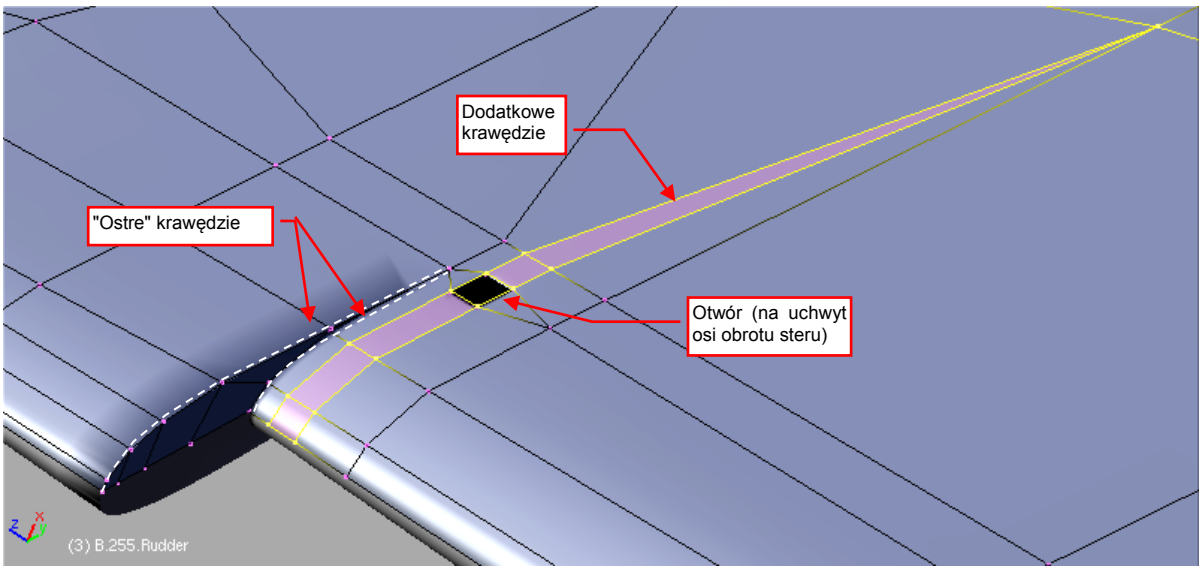
Dodaj dodatkowe żebro, separujące uskok krawędzi. Następnie usuń w miejscu uskoku rząd ścian, by dodać (poleceniem *Loop Cut*) nowe podłużnice (odrębnie do każdego z tych dwóch obszarów). Dodaj nowe ściany z przodu, zaokrąglając oddzielnie górną i dolną część krawędzi natarcia. Potem z powrotem "zabuduj" tę przerwę, tworząc za pomocą dwóch "ostrych" krawędzi (*crease* = 1) uskok (Rysunek 3.9.6):



Rysunek 3.9.6 Szczegóły przedniej krawędzi steru kierunku (część górna)

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

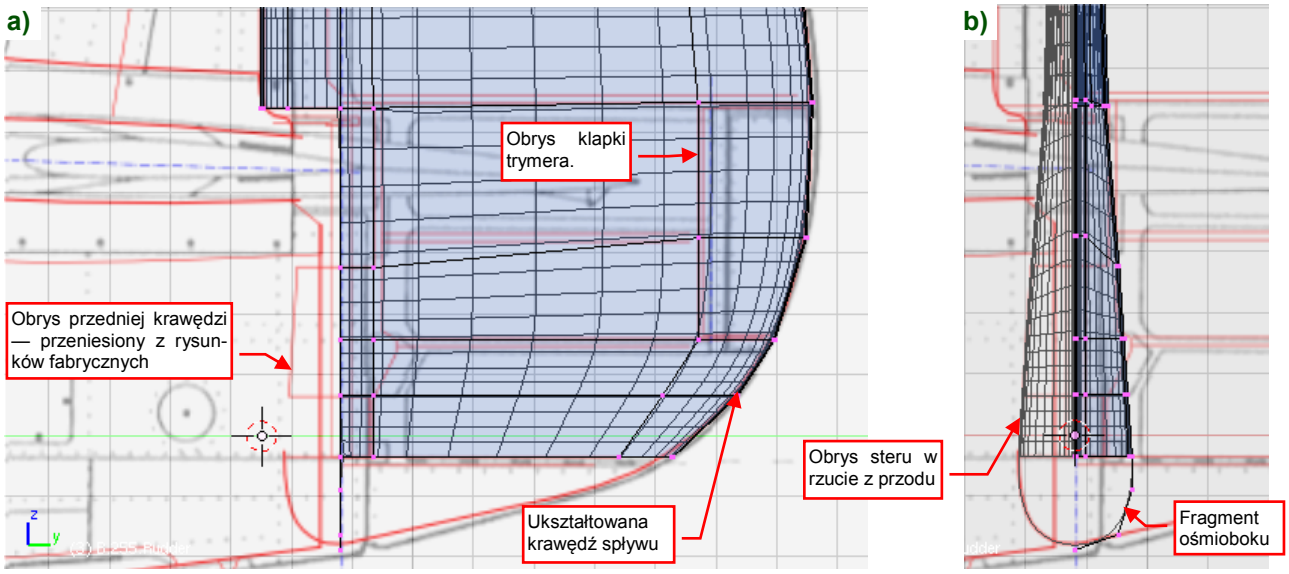
Ze względu na zastosowanie kompensacji aerodynamicznej, zawias steru kierunku był zamocowany inaczej niż zawias steru wysokości. Zastosowano tu rodzaj "wysięgnika", po lewej stronie steru (dodamy go później). Na razie przygotuj tylko otwór w miejscu, gdzie to ramię przenikało przez powierzchnię[1] (Rysunek 3.9.7) :



Rysunek 3.9.7 Szczegóły przedniej krawędzi steru kierunku

Oczywiście, wokół tego otworu także nanieś fazkę "na grubość blachy" (0.01 jedn.).

Czas przejść do formowania dolnej części steru kierunku. Po dodaniu kilku dodatkowych żeber uformuj krawędź spływu (Rysunek 3.9.8a). Zrób to tak, by krawędzie siatki były ułożone ponad obrysem klapki trymera. (To nam pomoże nanieść ją na teksturę, przyda się także, gdybyś w przyszłości chciał ją wydzielić) . Przód steru kierunku w tym obszarze był schowany w kadłubie i miał przekrój okrągły. Przenieś na plany modelarskie obrys tej krawędzi, skopiowany z rysunków fabrycznych (Rysunek 3.9.8a). Teraz możesz z niego skorzystać: podstaw na chwilę ten obrazu tła także pod rzut z przodu. Następnie pochyl boczne powierzchnie steru, by pokryły się z obrysem (Rysunek 3.9.8b):

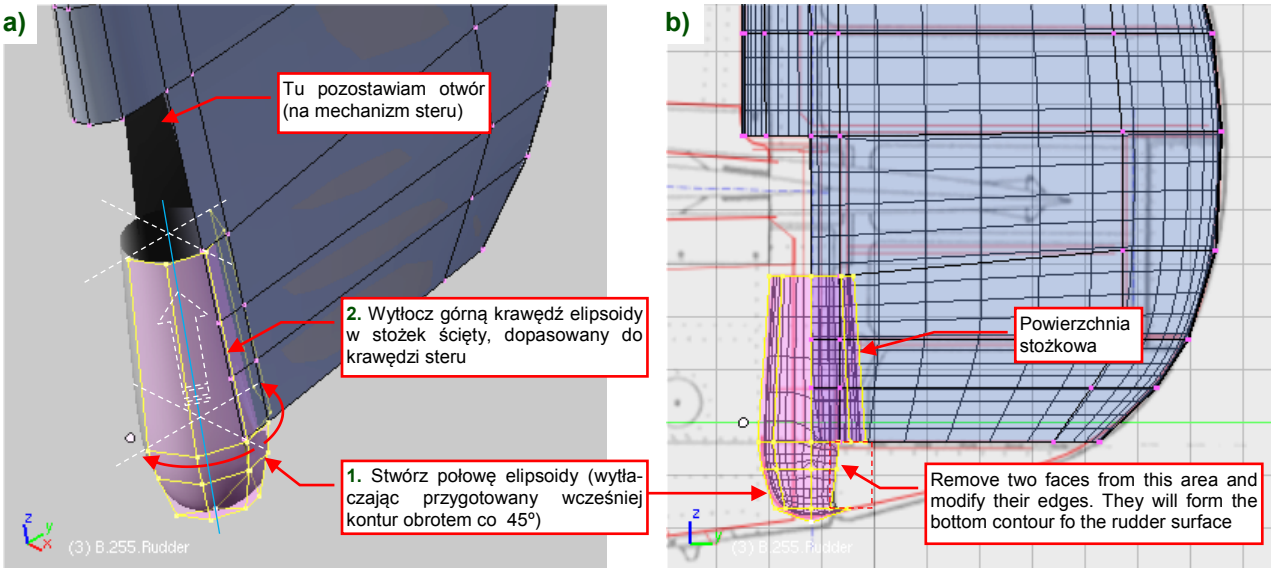


Rysunek 3.9.8 Szczegóły przedniej krawędzi steru kierunku (część dolna)

Dodatkowo u dołu dodaj "ćwiartkę" nieco spłaszczonego ośmioboku. To pierwsza z krawędzi, z których w tym miejscu uformujemy coś w rodzaju fragmentu elipsoidy (Rysunek 3.9.8b).

[1] Alternatywnie, taki szczegół można także odwzorować za pomocą tektsury przejrzystości (por. Wyciąg III).

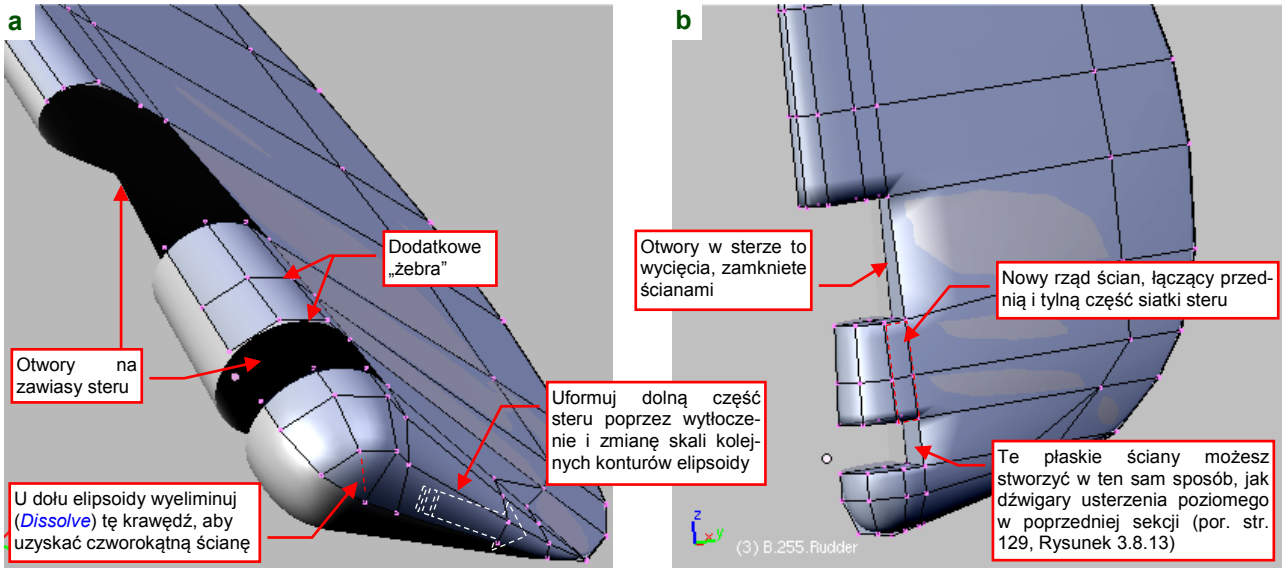
Przednia, dolna część steru ma kształt przypominający końcówkę kija używanego w baseballu: stożek zakończony kulą. Fragment kuli uformuj powielając i obracając wokół osi **Z** dodaną przed chwilą ćwiartkę ośmiokąta (Rysunek 3.9.9a):



Rysunek 3.9.9 Formowanie przedniej krawędzi steru kierunku (część dolna)

Część stożkową uzyskasz poprzez wytłoczenie i zmniejszenie skali krawędzi stworzonej przed chwilą kuli (Rysunek 3.9.9b). Nie będziemy jej "dociągać" do reszty siatki — P-40 miał w tym miejscu duży otwór. (Obsługa techniczna miała w ten sposób łatwy dostęp do popychaczy sterów).

Scalenie tak przygotowanej przedniej krawędzi z resztą siatki wymaga uprzedniego dodania do niej dwóch dodatkowych "żeber" (Rysunek 3.9.10a). (Są potrzebne, aby można było ją połączyć z odpowiednimi krawędziami na powierzchni steru za pomocą ścian czworokątnych):

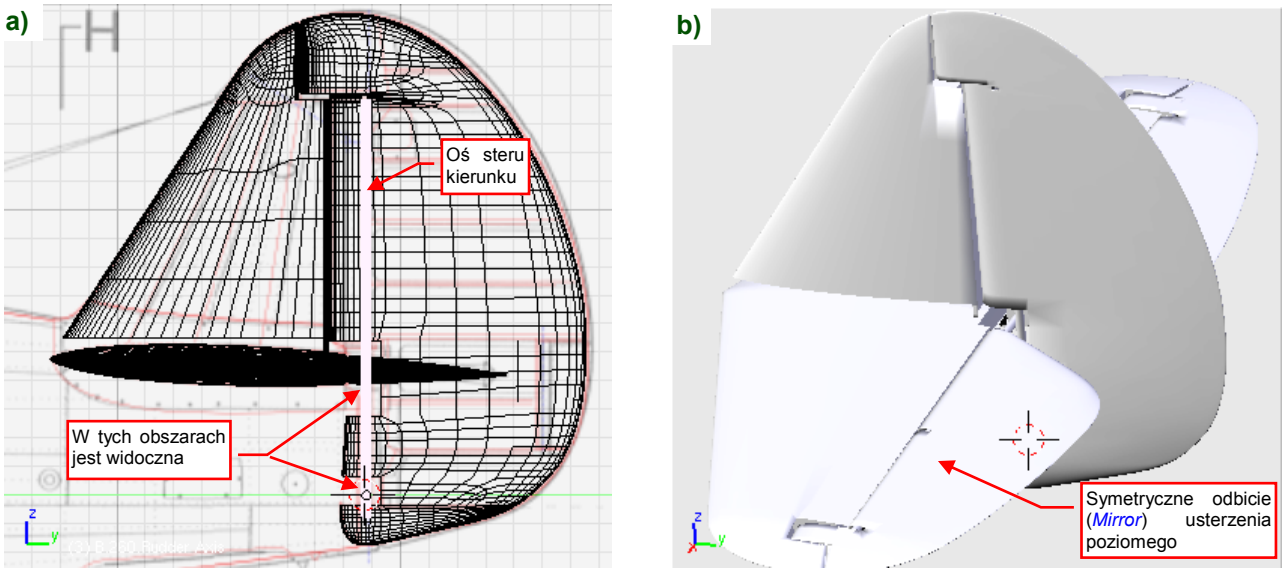


Rysunek 3.9.10 Szczegóły przedniej krawędzi steru kierunku (część dolna)

Usuń tylną (schowaną w sterze) część stożka, i scal resztę z powierzchnią steru tworząc nowy rząd ścian (Rysunek 3.9.10b). Zwróć uwagę na układ ścian na powłoce kuli, u dołu siatki. Usuń jedną z jej krawędzi (a), aby wszystkie ściany tej siatki były prostokątne. Uzyskasz dzięki temu ładny, regularny kształt bez wypiętrzenia w okolicach "bieguna" tej sfery. Usuń jeden z rzędów ścian, by dodać w tym miejscu drugi otwór na zawias steru. Obydwa otwory zabuduj "na płasko" dodatkowymi ścianami (Rysunek 3.9.10b).

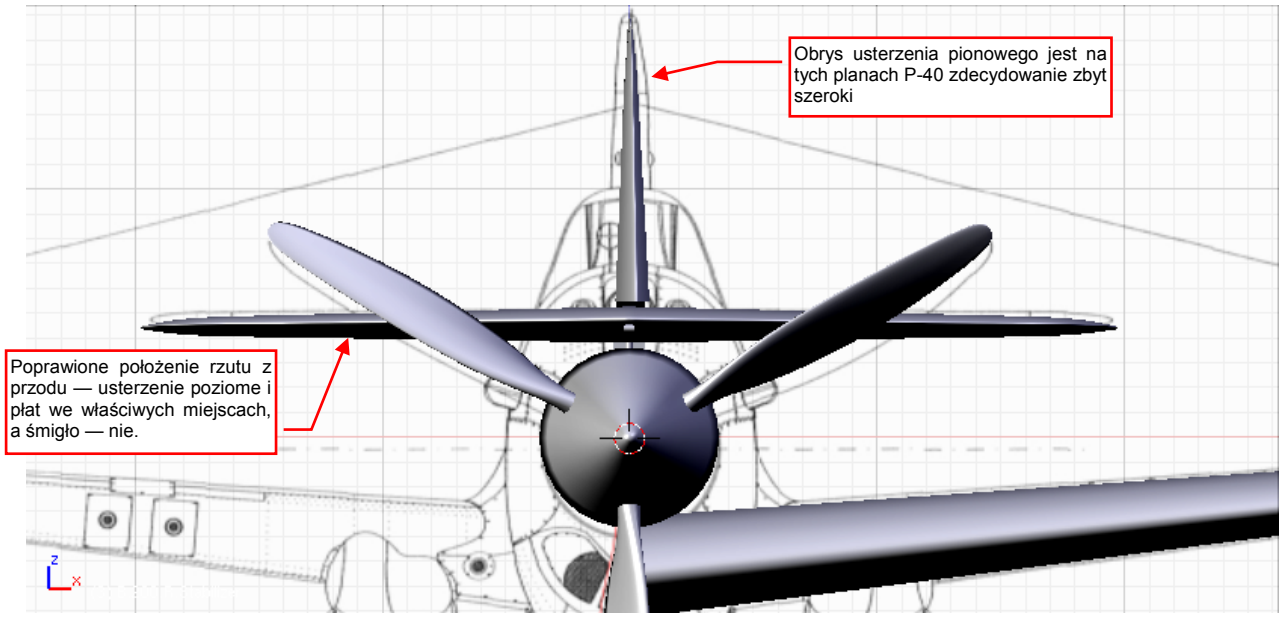
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Ster jest już uformowany, pozostaje tylko dodać mu oś. Wstaw w odpowiednie miejsce "rurkę" o nazwie **B.260.Rudder Axis** (Rysunek 3.9.11a):



Rysunek 3.9.11 Wykończenie podzespołu — dodanie osi steru, wygląd ostateczny

Połącz cały podzespół w hierarchiczną całość, analogicznie jak usterzenie poziome: oś jest "rodzicem" steru, a "rodzicem" osi jest statecznik. Następnie "zaklinuj" (obrót wokół osi **Z**) statecznik pionowy pod kątem 1.5º. Rysunek 3.9.11b) przedstawia gotowy zespół usterzenia.



Rysunek 3.9.12 Porównanie szerokości statecznika z planami modelarskimi

Porównamy rezultat naszej pracy z rzutem z przodu z planów Mariusza Łukasika. (Poprawiłem już ich położenie względem modelu, uwzględniając niepoprawną pozycję kołpaka śmigła — por. str. 133). Rysunek 3.9.12 pokazuje, że usterzenie pionowe na planach jest zdecydowanie za grube.

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.09.blend* (por. str. 18).

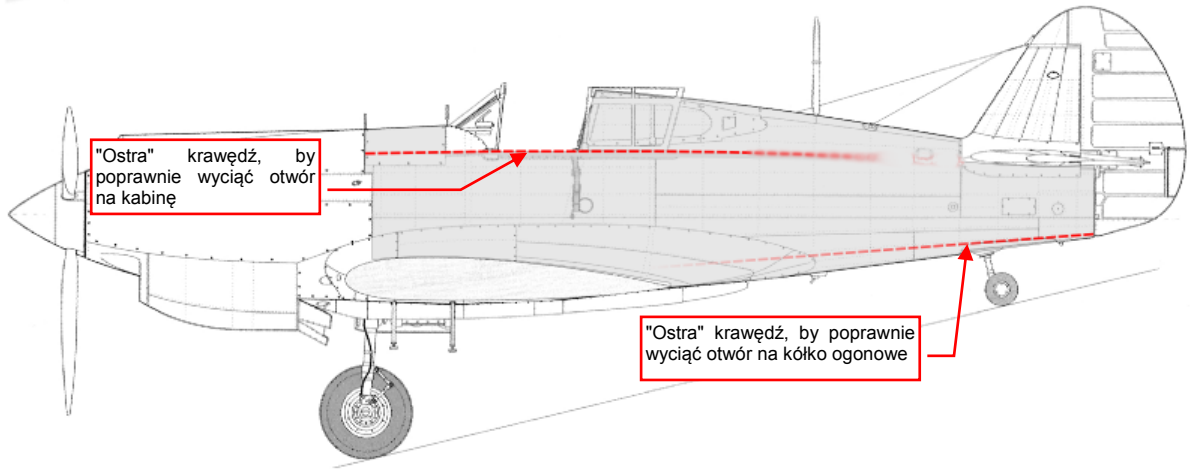
Podsumowanie

- Wobec bardziej "fantazyjnych" kształtów steru kierunku, metoda wstępnego przybliżenia trapezem całego usterzenia może zawieść (str. 135). Warto jednak spróbować użyć jej do przybliżenia kształtu statecznika.
- Ster kierunku P-40 jest przykładem powierzchni sterowej, w której zastosowano kompensację aerodynamiczną. (W takim rozwiązaniu przednia krawędź steru jest przesunięta do przodu względem osi obrotu. Przekrój takiej krawędzi nie jest okrągły, a np. eliptyczny).
- Czasami warto usunąć na chwilę kilka ścian, gdy otwiera to nowe możliwości wstawiania krawędzi poleceniem *Loop Cut* (np. przy uskoku przedniej krawędzi — p. str. 137).
- Powłokę kuli można dobrze przybliżyć za pomocą czterech ośmiokątów (p. str. 139). Kwadratowe ściany w okolicach "biegunów" takiej powłoki uzyskasz, rezygnując w nich po jednej z przekątnych w każdej. (Scalając po dwie trójkątne ściany w jedną czworokątną).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

3.10 Kadłub — część główna

W tej sekcji wykonamy środkową i tylną część kadłuba (Rysunek 3.10.1):

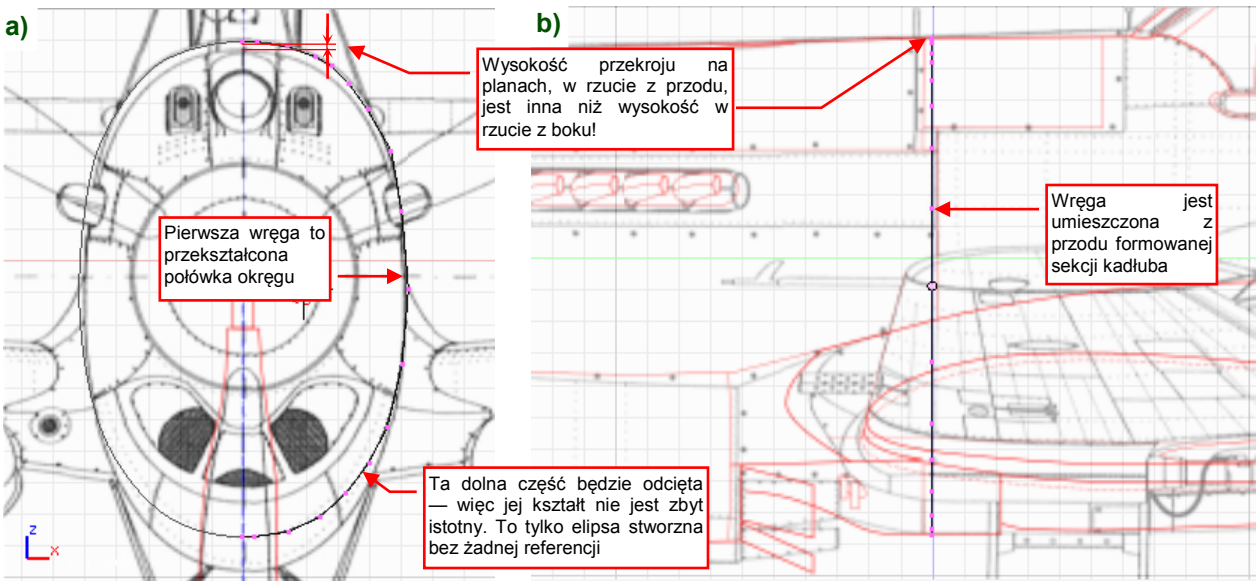


Rysunek 3.10.1 Fragment kadłuba, który odwzorujemy w tej sekcji

Dlaczego nie cały kadłub? Po pierwsze dlatego, że okapotowanie silnika ma dość złożony kształt. Po drugie — zawsze warto dzielić model na takie zespoły, na jakie była podzielona prawdziwa konstrukcja. W prawdziwych P-40 i P-36 środek i tył kadłuba tworzyły technologiczną całość. Po trzecie — nos P-40 zmieniał się często, od wersji do wersji. Środek i ogon, mimo tych zmian, pozostawał taki sam — i w P-36, i w P-40 (B, C). Będziesz mógł później wykorzystać tę część w innych modelach.

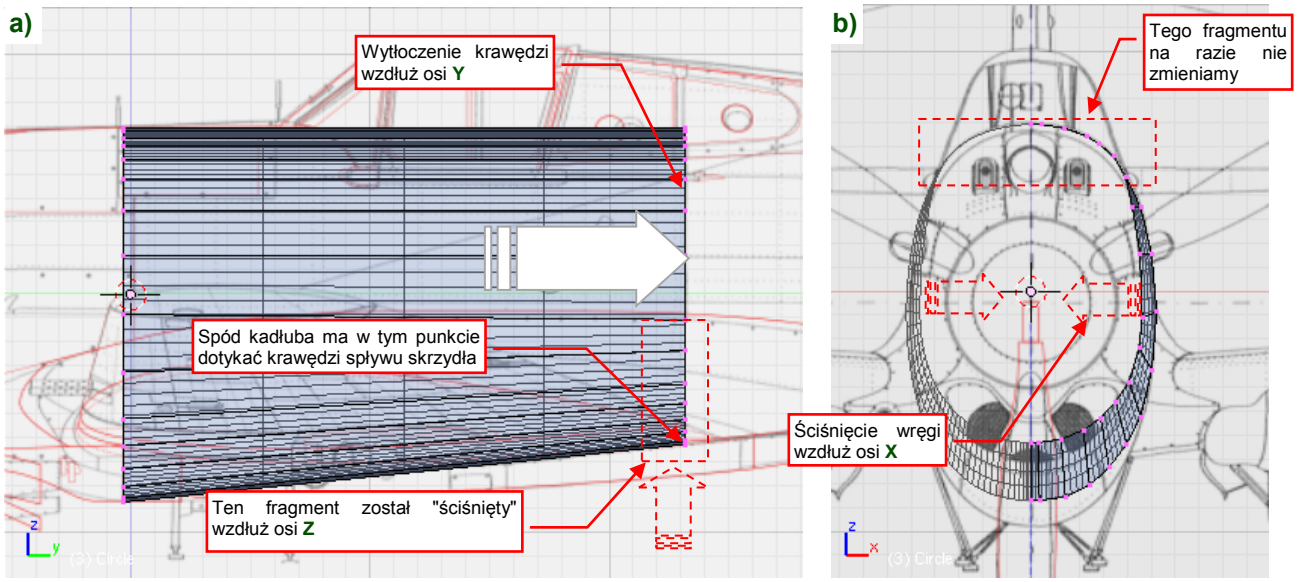
Modelowany fragment zawiera dwa duże otwory — na kabinę pilota i chowane kółko ogonowe. Aby te wycięcia nie zaburzyły kształtu kadłuba, zawczasu poprowadźmy wzdłuż ich krawędzi "ostre" (*crease* = 1) podłużnice (Rysunek 3.10.1). Gdy połączone taką podłużnicą ściany będą leżały w jednej płaszczyźnie — uzyskamy gładkie i wolne od deformacji krawędzie otworów (por. Rysunek 3.10.4a, a więcej wyjaśnień — str. 412).

Formowanie kadłuba zaczynamy od wstawienia w płaszczyźnie **ZX** pierwszej wręgi (Rysunek 3.10.2b). To połówka okręgu (*Circle*), złożna z kilkunastu wierzchołków. W nowym obiekcie od razu włączyłem modyfikatory *Mirror* (względem osi **X**) i *Subsurf*. Dzięki nim druga, symetryczna połowa kadłuba rysuje się "sama" (Rysunek 3.10.2a):



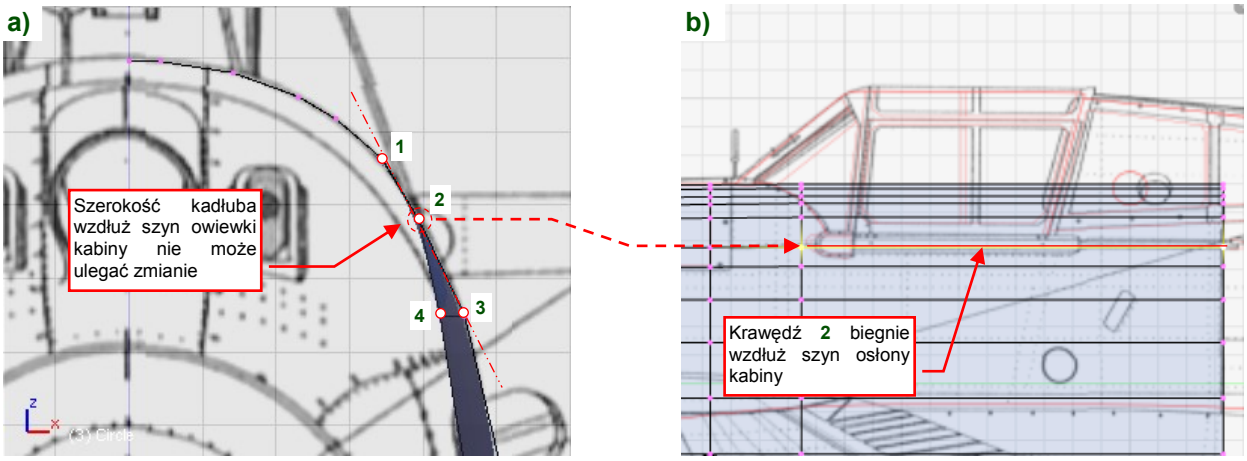
Rysunek 3.10.2 Pierwsza wręga

Po przekształceniu okręgu w pierwszą wręgę, wytłocz ją wzdłuż osi kadłuba, aż za kabinę pilota (Rysunek 3.10.3a) . "Ściśnij" (poprzez zmianę skali w kierunku osi **Z**) jej dolną połowę tak, by zetknęła się z dolną powierzchnią płata (Rysunek 3.10.3a, Rysunek 3.10.4b). Zmniejsz także jej szerokość wzdłuż osi **X** — zgodnie z rzutem z góry (Rysunek 3.10.3b):



Rysunek 3.10.3 Wytłoczenie fragmentu kadłuba i zmiana rozmiaru ostatniej wręgi

Na razie nie zmieniaj rozmiaru górnej części powłoki. Dlaczego? Ponieważ zawiera krawędź, po której przesuwa się do tyłu owiewka kabiny pilota. W samolotach z tego okresu owiewka kabiny pilota była zazwyczaj odsuwana na parze małych szyn. Tak też było w P-40. Te szyny muszą mieć taki sam rozstaw na całej długości. Inaczej owiewka nie mogłaby po nich "jeździć". A to z kolei znaczy, że szerokość kadłuba wzdłuż tych szyn nie może ulegać zmianie. To drobiazg, o którym często zapominają autorzy planów modelarskich. (Nieraz zetknąłem się z sytuacją, gdy nakreślone przekroje w tym obszarze się zawężały). Rysunek 3.10.4a pokazuje, że na kadłubie naszego P-40 krawędź **2** musi zachować wzdłuż toru owiewki kabiny stałą szerokość.



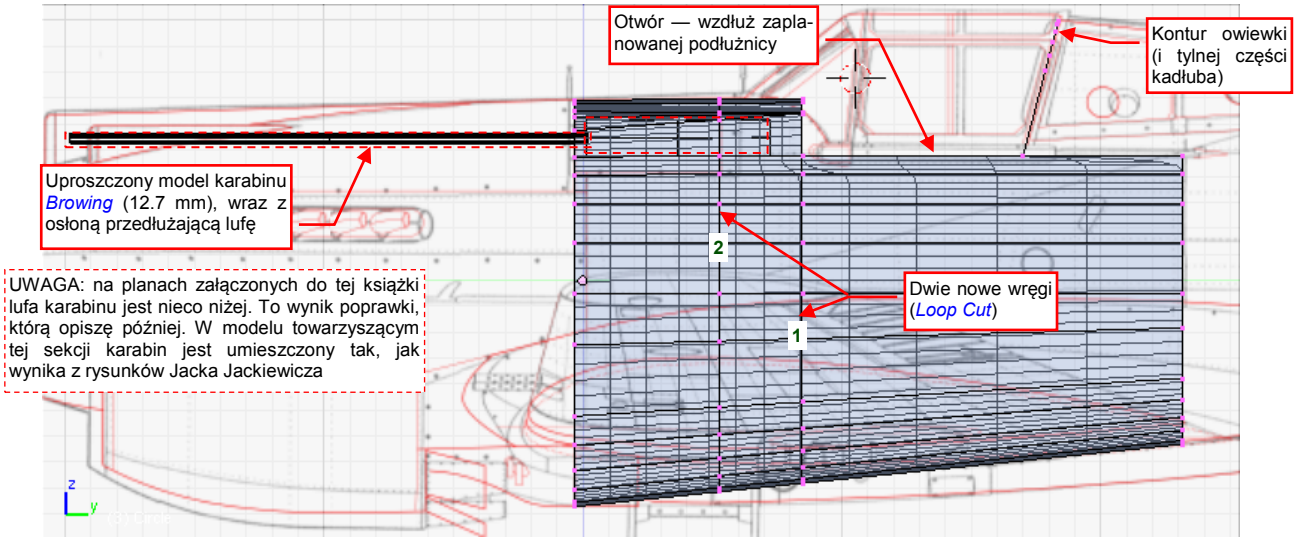
Rysunek 3.10.4 Szczegóły wytłoczenia pierwszej części kadłuba

Aby otwór na kabinę nie miał wzdłuż krawędzi żadnych deformacji krawędź **2** musi być oznaczona jako "ostra" (*crease* = 1). Jednocześnie ściany |**1 2**| i |**2 3**| muszą leżeć na tej samej płaszczyźnie (Rysunek 3.10.4a), aby wzdłuż "ostrej" krawędzi **2** kadłub pozostał gładki.

Ściana |**2 4**| może być pochylona pod innym kątem, gdyż znajduje się już za kabiną pilota. (Będzie dopasowywana do obrysu za kabiną, który był bardziej pionowy.)

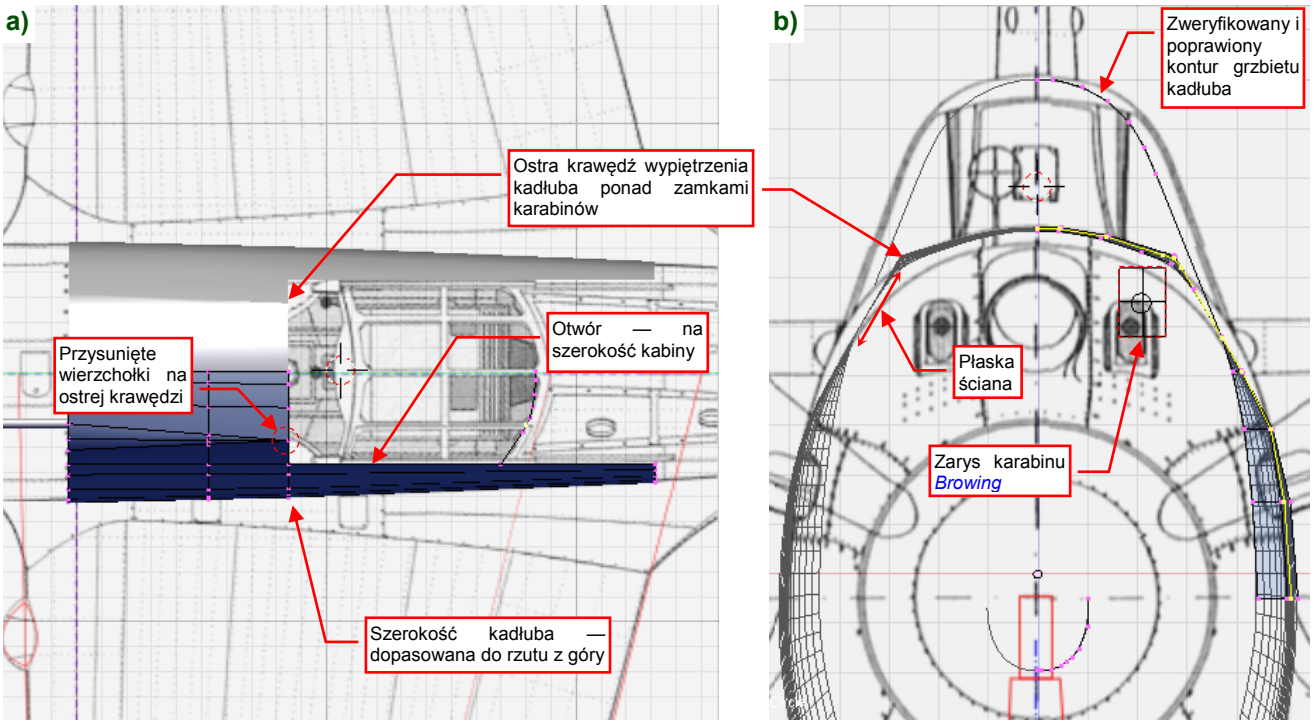
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W tak przygotowaną siatkę wstaw dwie kolejne wręgi (najpierw wstaw wręgę **1**, dopasuj do szerokości kadłuba, potem wstaw wręgę **2**). Następnie usuń wierzchołki z obszaru kabiny (Rysunek 3.10.5):



Rysunek 3.10.5 Przygotowania do formowania górnej części kadłuba

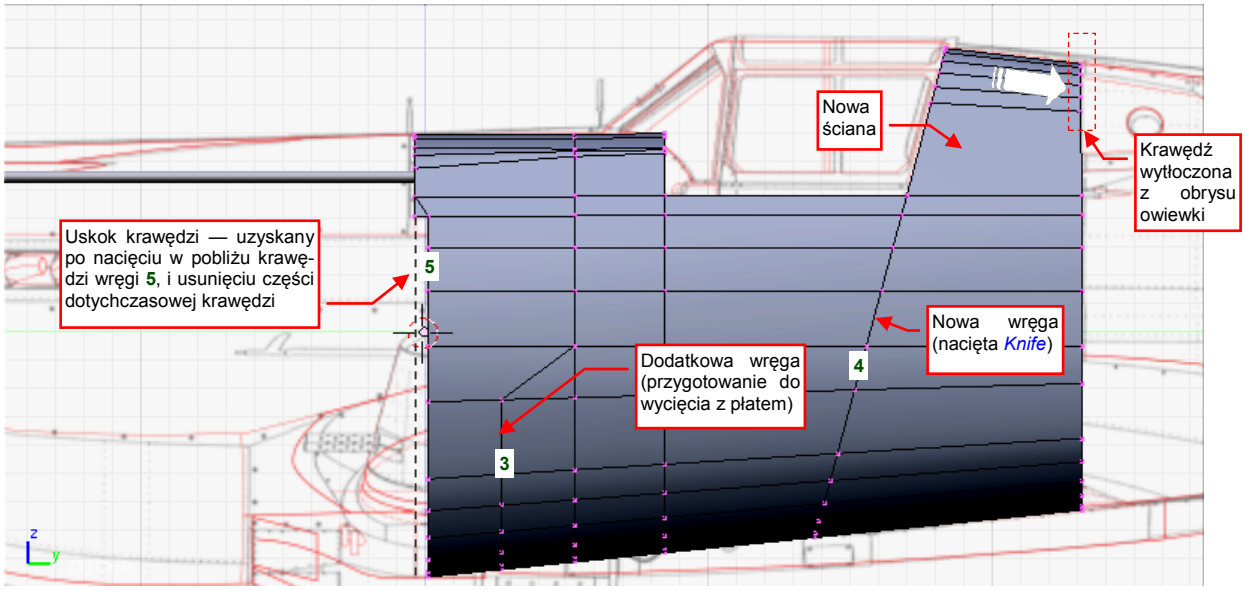
Rysując kształt kadłuba P-40 B, C przed kabiną pilota, obydwaj autorzy planów, z których korzystamy — Jacek Jackiewicz i Mariusz Łukasik — popełnili błąd. Przekroje na ich planach pokazują w tym obszarze regularny, eliptyczny przekrój. W rzeczywistości na zdjęciach widać przed kabiną dwa wyraźnie narożniki (Rysunek 3.10.6a, b) . Te "wypukłości" były spowodowane położeniem zamków nkm Browing (Rysunek 3.10.5, Rysunek 3.10.6b). Końce zamków karabinów znajdowały się po obydwu stronach tablicy przyrządów. Tak było także w P-36[1]. Wydaje się, że P-36 i P-40 B, C miały identyczny kształt tego fragmentu kadłuba.



Rysunek 3.10.6 Uformowanie odcinka kadłuba przed kabiną pilota

[1] To rozwiązanie z czasów, gdy większość karabinów była przeładowywana ręcznie. Zastosowano je m.in. w Mitsubishi A6M2 Zero.

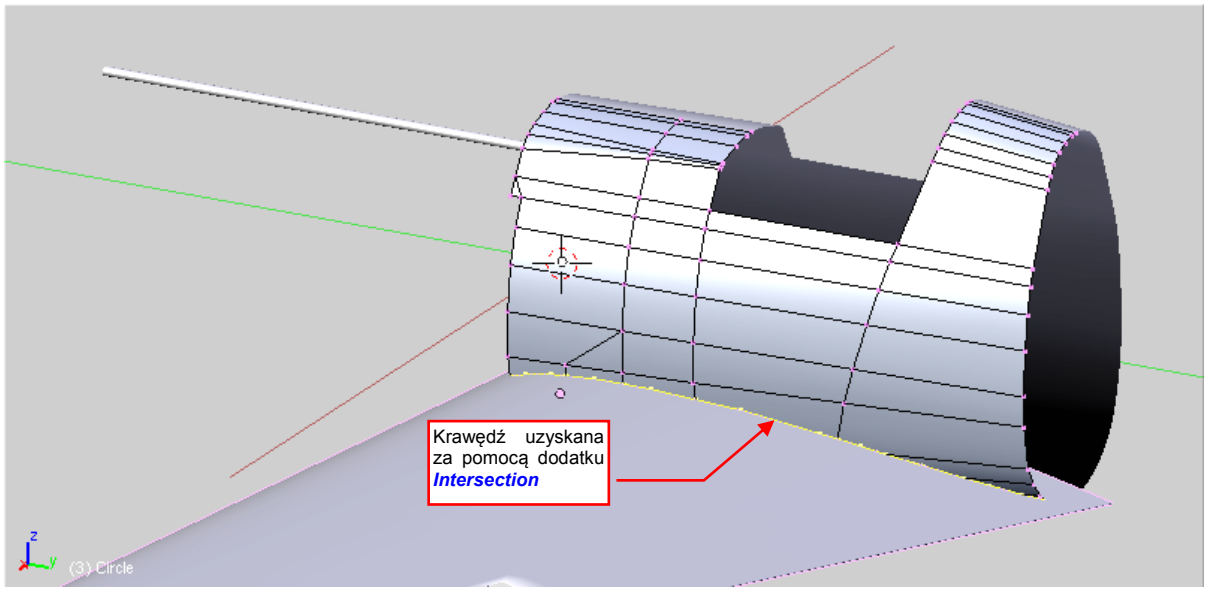
Do siatki dodaj także linię konturu kadłuba za kabiną pilota. Na rzucie z przodu Mariusza Łukasika jej szczyt ma przekrój spłaszczonej elipsy. Udało mi się znaleźć kilka zdjęć, dzięki którym zweryfikowałem jej kształt. Grzbiet kadłub za kabiną pilota miał przekrój okrągły, o promieniu nieco mniejszym od owiewki (Rysunek 3.10.6b).
Formując dalej kształt tej części kadłuba, wytłocz wzdłuż osi **Y** kontur za kabiną pilota (Rysunek 3.10.7). Po wytłoczeniu spłaszczy nową krawędź (poprzez zmianę skali do 0 wzdłuż osi **Y**). Umieść ją tak, by znalazła się dokładnie ponad końcową wręgą dolnej części kadłuba i scal z resztą obrysu za pomocą dodanej ściany (szczegóły — patrz str. 372):



Rysunek 3.10.7 Dalsze uzupełnianie środkowej sekcji kadłuba

Wytnij w powłoce (używając *Knife*) wręgi **3** i **4**. Zagęść w ten sposób siatkę spodu kadłuba, przygotowując ją do przecięcia powierzchnią płata. Natnij także, tuż przy przedniej krawędzi, wręgę **5**. Potem wystarczyło usunąć część dotychczasowej przedniej krawędzi, by uzyskać uskok, jak występował w prawdziwym samolocie. (P-36 miał w tym miejscu rząd szczelin odprowadzających powietrze z silnika chłodzonego powietrzem. W P-40 B, C "tak zostało", zapewne by nie trzeba było zmieniać oprzyrządowania linii produkcyjnej).

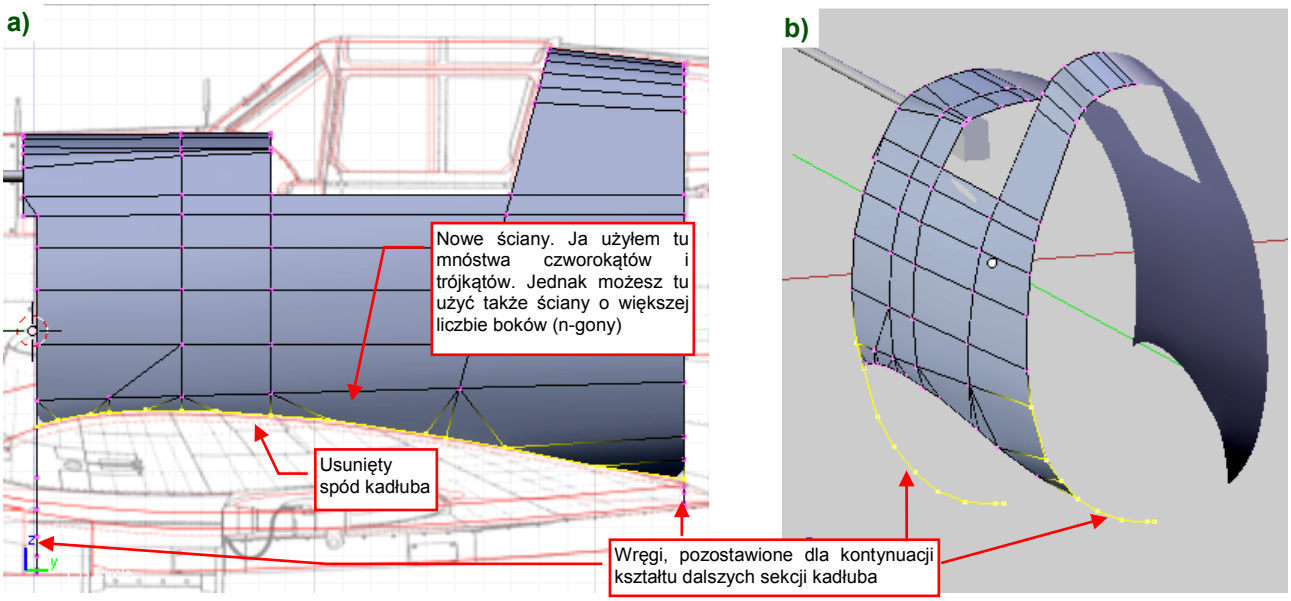
Kolejnym krokiem jest wyznaczenie krawędzi przecięcia kadłuba ze skrzydłem (Rysunek 3.10.8) . Użyj do tego dodatku ***Intersection*** (str. 308):



Rysunek 3.10.8 Wyznaczenie krawędzi przecięcia z płatem

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

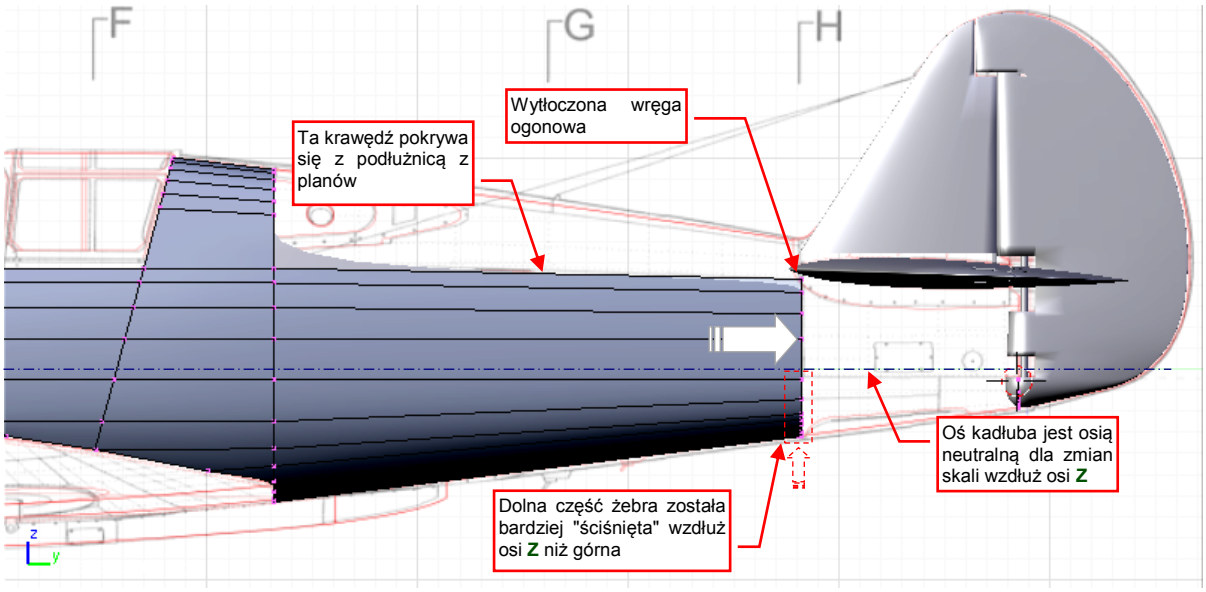
Przecięcie wykonaj tak, by jego krawędź została dodana do siatki kadłuba. Następnie usuń dotychczasowe wierzchołki spodu kadłuba i stwórz nowe ściany w oparciu o wierzchołki krawędzi przecięcia:



Rysunek 3.10.9 Wyznaczenie krawędzi przecięcia z płatem

Uzyskałeś w ten sposób kolejny otwór w kadłubie. Prawdziwy samolot także miał taki — w P-40 kadłub "leżał" na skrzydle (był przykręcony do niego śrubami).

Wytłocz teraz dolną i środkową część ostatniej wręgi w kolejny segment ogona (Rysunek 3.10.10):



Rysunek 3.10.10 Wytłoczenie pierwszej części ogona

Po wytłoczeniu, "ściśnij" wszystkie wierzchołki ostatniej wręgi, znajdujące się poniżej osi kadłuba (Rysunek 3.10.10) do rozmiaru obrysu z dołu. Pozostałe wierzchołki możesz "ścisnąć" zupełnie nieznacznie, tak tylko, by górna krawędź pokryła się z narysowaną na planach podłużnicą.

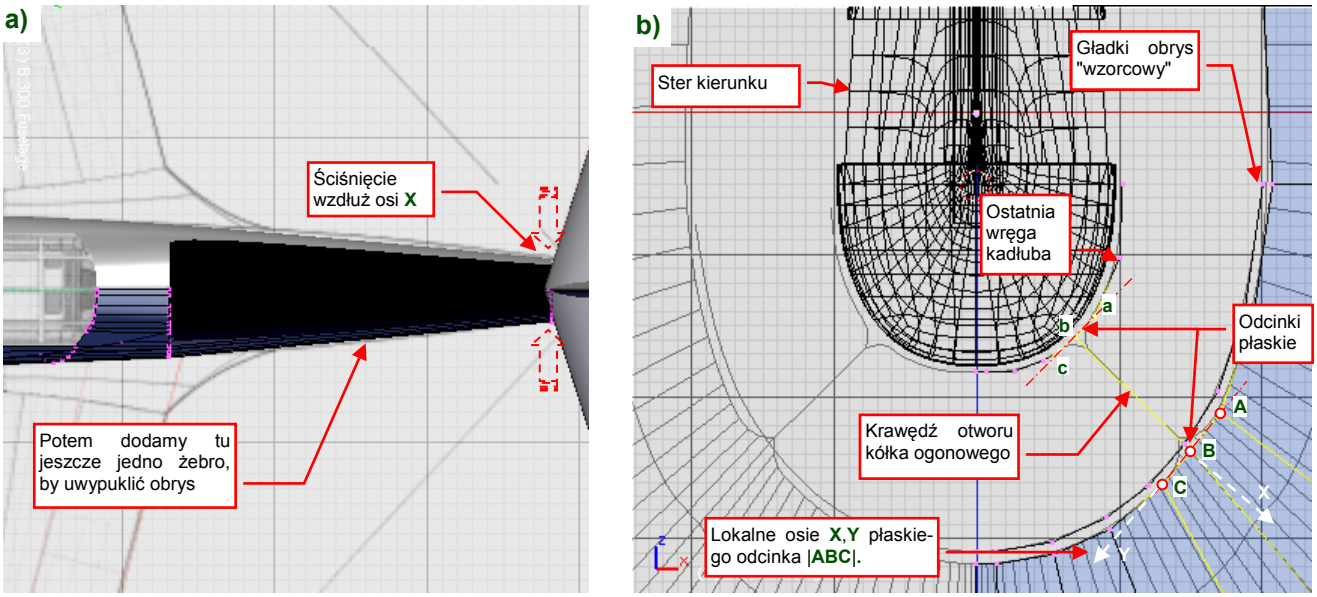
Dolna krawędź kadłuba była w rzucie z boku linią prostą[1], więc nie będzie trzeba dodawać z tego powodu kolejnej wręgi pośrodku ogona. (I tak będzie trzeba ją dodać, by "uwypuklić" kształt grzbietu kadłuba).

[1] Widać to wyraźnie w publikacji [10], gdzie na str. 186 autor pokazuje jeden z rysunków koncepcyjnych P-36, opracowanych w maju 1935r.

"Ściśnij" ostatnią wręgę także wzdłuż osi **X** (Rysunek 3.10.11a). Dopasujesz się w ten sposób do obrysu z góry. (Tu także widać, że trzeba dodać kolejną wręgę pośrodku ogona, by uwypuklić nieco kadłub w tym rzucie).

Przygotowując się do wycięcia w kadłubie otworu na kółko ogonowe, skopiuj fragment ostatniej wręgi. Przysuń tę linię do steru kierunku. To będzie końcowa krawędź kadłuba (por. Rysunek 3.10.11b). Dlaczego nie utworzymy jej przez wytłoczenie dotychczasowej krawędzi? Bo czeka nas na tym odcinku dodatkowa praca, związana z precyzyjnym ukształtowaniem każdej z jego krańcowych wręg. Gdybyśmy wytłoczyli ten fragment, nie widzielibyśmy ich wygładzonych linii odpowiednio dokładnie.

Zacznij od dopasowania wręgi końca kadłuba. Powinna dobrze przylegać do obrysu steru kierunku, więc ustaw jej wierzchołki w odpowiedni sposób. Nie zapomnij o zachowaniu odpowiedniego dystansu od steru (ok. 1 cm w rzeczywistym samolocie — Rysunek 3.10.12b). Na razie połącz obydwie wręgi pojedynczą podłużnicą (|**Bb**| — Rysunek 3.10.11b). To krawędź otworu kółka ogonowego. Od razu oznacz ją jako ostrą (*crease* = 1).



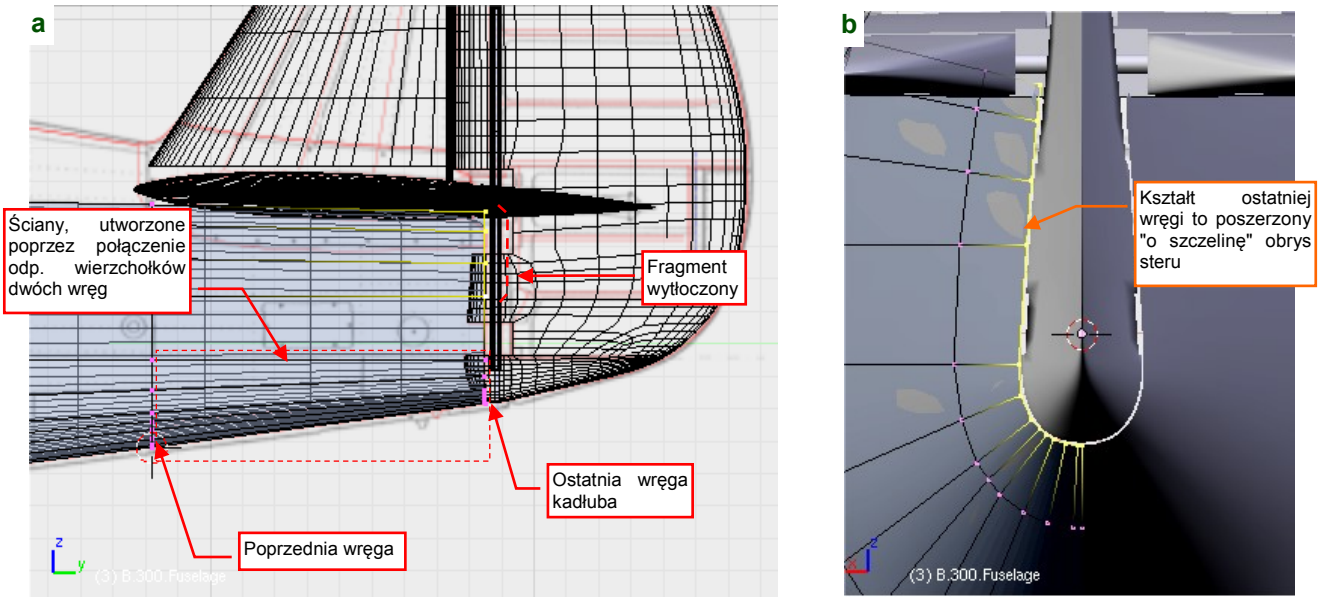
Rysunek 3.10.11 Szczegóły formowania pierwszej części ogona

Musisz jeszcze ustawić każdą z trójek wierzchołków: |**abc**|, |**ABC**| w ten sposób, by w rzucie z przodu leżały na jednej linii. (To pozwoli uniknąć wybrzuszeń krawędzi otworu). Taka modyfikacja "popsuje" jednak gładki, eliptyczny obrys obydwu wręg. Będzie trzeba nieco poprzesuwać wierzchołki sąsiadujące ze "spłaszczonymi" odcinkami, by kształt tych sekcji kadłuba jak najmniej odbiegał od początkowego. W przypadku tylnej krawędzi, naturalnym wzorcem właściwego obrysu jest kształt steru kierunku. W przypadku wręgi położonej bliżej — przed spłaszczeniem odcinka |**ABC**| skopiuj wierzchołki tej linii (**Shift**-**D**), i odrobinę zmniejsz ich skalę (względem osi kadłuba) (Rysunek 3.10.11b). Uzyskasz w ten sposób "wzorzec", z którym będziesz mógł porównywać obrys modyfikowanej wręgi. Gdy tylko osiągniesz zamierzony kształt — usuń ten wzorzec, bo już nie będzie do niczego potrzebny.

Podczas dopasowywania do eliptycznego obrysu, musisz manipulować każdą z trójek wierzchołków (|**abc**| i |**ABC**|): skracać, obracać, przesuwać. Należy to robić tak, by wszystkie trzy wierzchołki zawsze leżały na jednej linii. Najprościej to osiągnąć, zaznaczając takie trzy punkty i przełączając się na orientację normalną (**Alt**-**Spacja**, ***Orientation→Normal***). W tym trybie lokalna oś **Y** trzech zaznaczonych wierzchołków przebiega wzdłuż wypadkowej odcinków które tworzą (Rysunek 3.10.11b — |**AB**| i |**BC**|). Zaczynasz od "spłaszczenia" tej trójki: wystarczy zmienić ich skalę wzdłuż lokalnej osi **X** do zera. Potem możesz odrobinę ten zespół obrócić, dopasowując z powrotem do wzorcowego obrysu. W trakcie dalszych manipulacji konieczne będzie zmniejszenie długości krawędzi |**ABC**|. Można je uzyskać przez zmianę skali wzdłuż lokalnej osi **Y**.

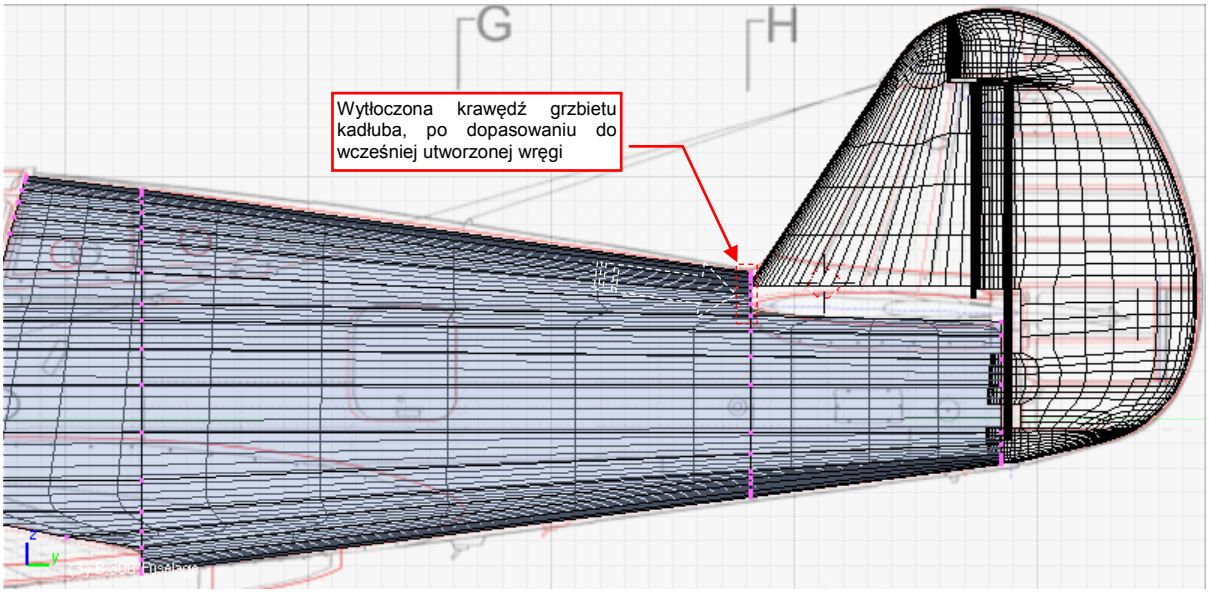
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Gdy ostatnia i poprzednia wręga kadłuba są już uformowane — połącz ich odpowiednie wierzchołki ścianami (F, str. 359) (Rysunek 3.10.12a). Następnie wytłocz cztery górne wierzchołki, i dopasuj je do krawędzi steru (Rysunek 3.10.12b) :



Rysunek 3.10.12 Szczegóły formowania tylnej krawędzi kadłuba

Kolejnym krokiem jest wytłoczenie górnej części ogona, aż do przedostatniej wręgi (Rysunek 3.10.13):



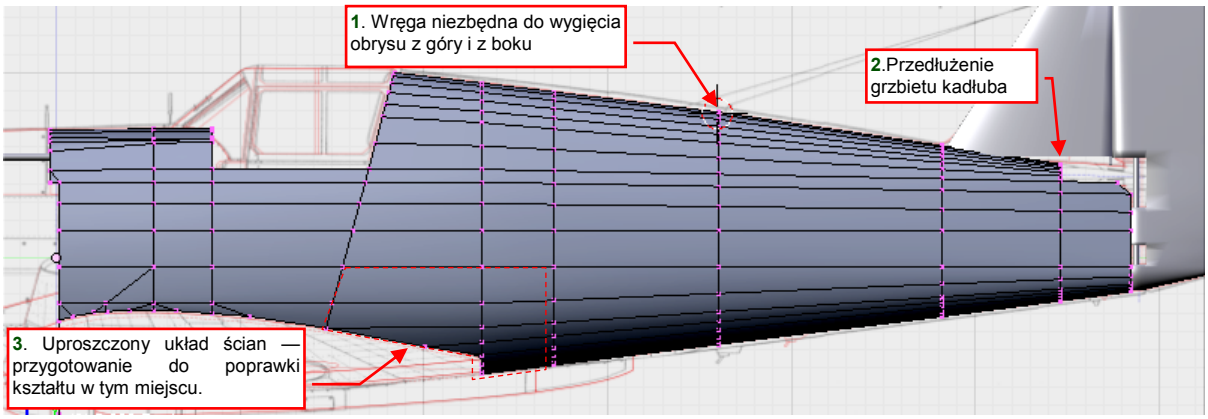
Rysunek 3.10.13 Szczegóły formowania grzbietu kadłuba za kabiną

Oczywiście, po wytłoczeniu zmień rozmiar tego fragmentu, aby pasował w tym miejscu do reszty przekroju kadłuba. Następnie połącz go z nim pojedynczą ścianą.

Grzbiet i boki ogona P-40 były nieco wypukłe, więc wstaw pośrodku ogona kolejną wręgę (Rysunek 3.10.14). Poszerz ją nieco (poprzez zmianę skali wzdłuż osi **X**), aby dopasować krawędź kadłuba do konturu w rzucie z góry (**XY**). Górny fragment wręgi dopasuj do obrysu z boku (str. 372).

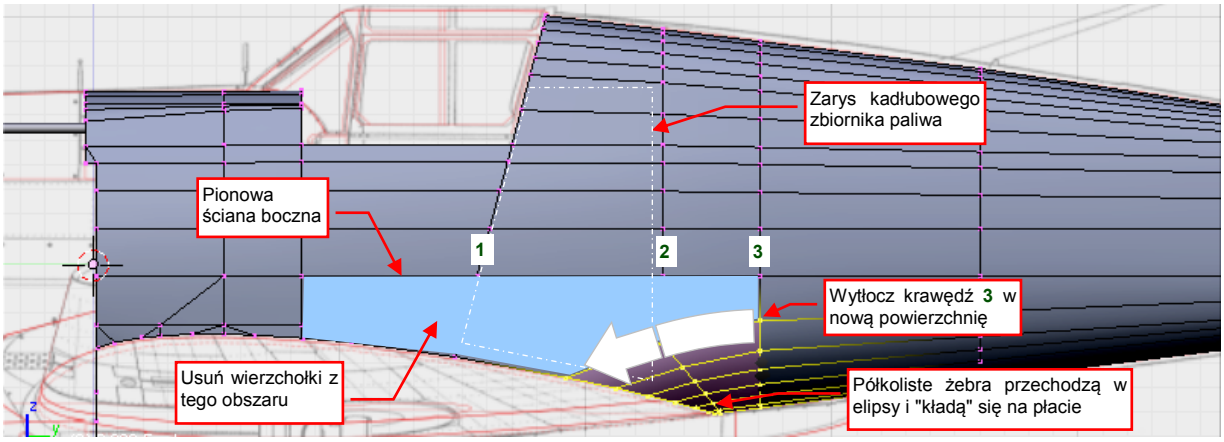
Pozostało jeszcze wstawić (*Loop Cut*) kolejną wręgę pod statecznikiem pionowym, i "dociągnąć" do niej (poprzez wytłoczenie) kontur grzbietu (Rysunek 3.10.14). Ten fragment ułatwi formowanie owiewki, zakrywającej połączenie stateczników z kadłubem. Wreszcie, na koniec, uprość układ ścian kadłuba ponad tylną częścią

skrzydła. To przygotowanie do zmiany kształtu tego fragmentu. (Zdjęcia wykazują, że miał w tym miejscu nieco inny przekrój, niż wynika to z planów JJ czy ML):



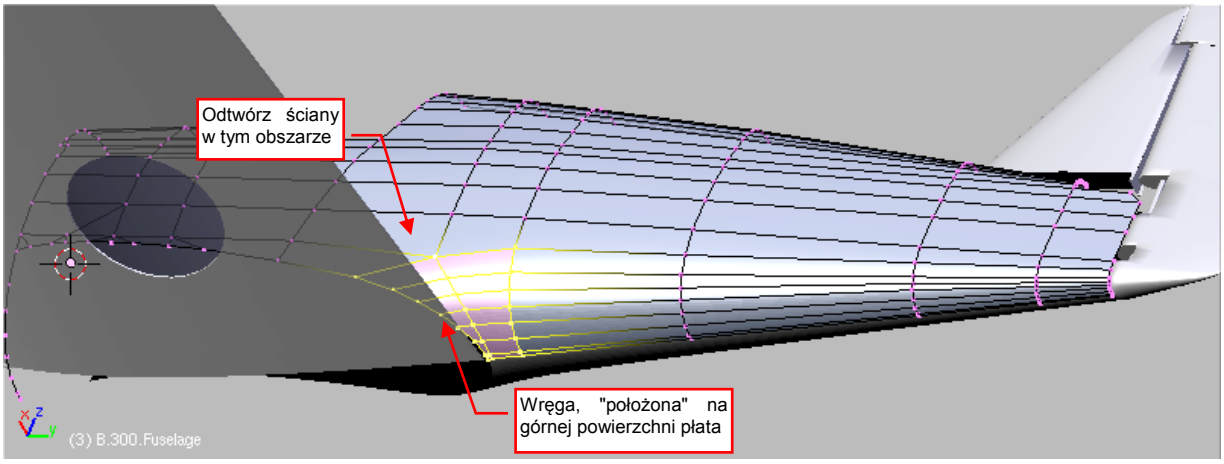
Rysunek 3.10.14 Wstawienie dodatkowych wręg kadłuba

W wyniku analizy zdjęć okazało się, że wzdłuż kabiny pilota, poniżej osi samolotu, ściany kadłuba były niemal pionowe (Rysunek 3.10.15). Wydaje się to uzasadnione, gdyż ta część konstrukcji zawierała kadłubowy zbiornik paliwa. Na pewno w oczach konstruktorów okropnym marnotrawstwem byłaby rezygnacja z kilku galonów paliwa w imię zaokrąglenia przekroju.



Rysunek 3.10.15 Poprawka tylnej części krawędzi łączącej kadłub z płatem

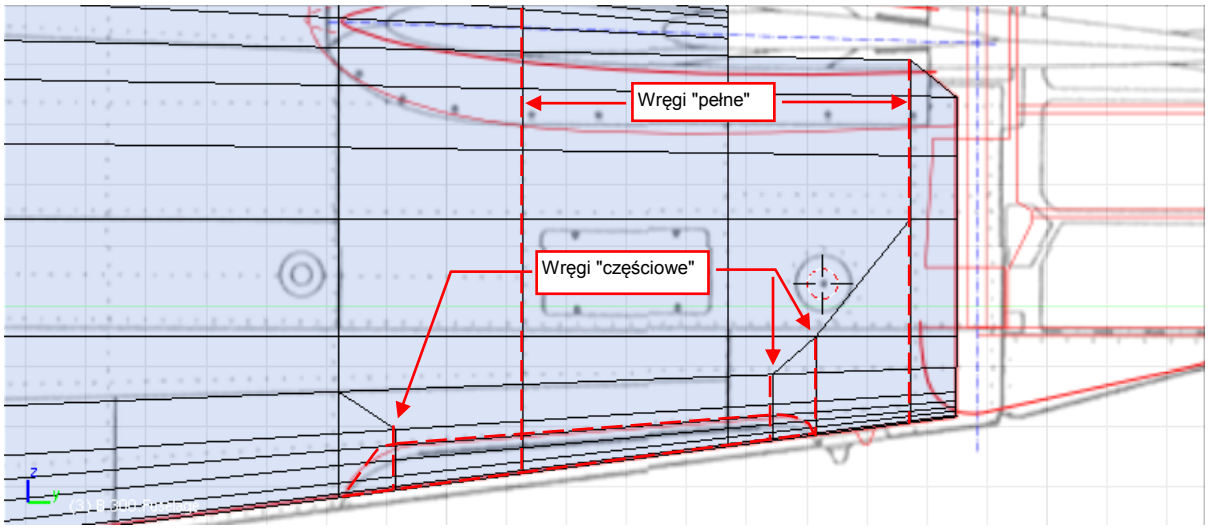
Usuń dolną część wręgi **2** i przedostatni wierzchołek wręgi **1**. Potem ukształtuj ten fragment kadłuba na nowo, wytłaczając dolną część wręgi **3**. Każdy kolejny z tych segmentów coraz bardziej pochylaj, by ostatni "położyć" na górnej powierzchni płata (Rysunek 3.10.15, Rysunek 3.10.16):



Rysunek 3.10.16 Poprawiony kształt kadłuba

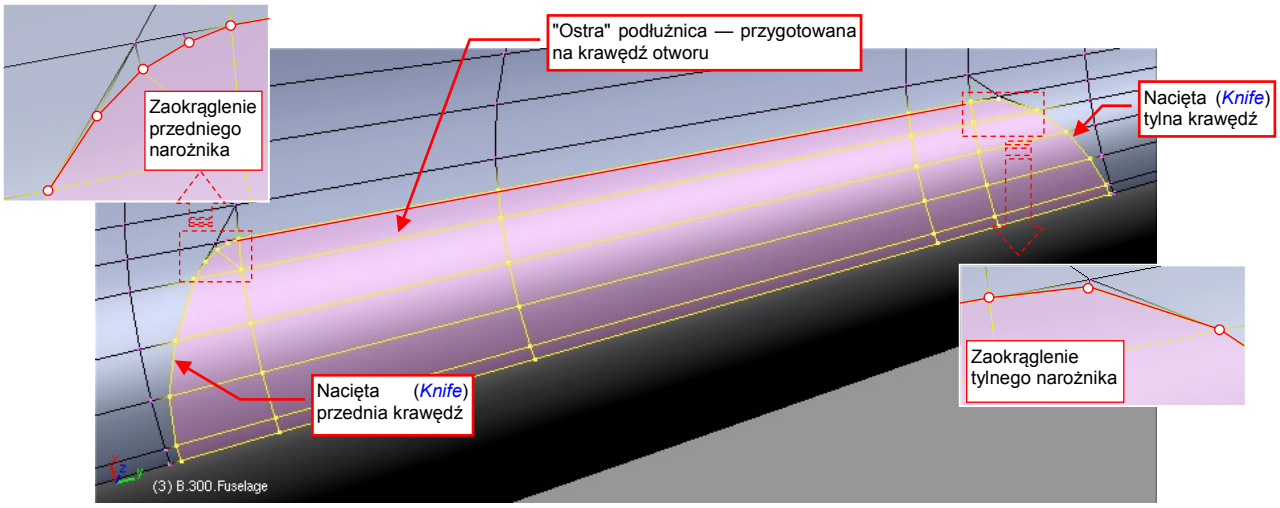
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Teraz można wyciąć otwór kółka ogonowego. Przygotuj się do tego, nacinając (*Knife*) dwie dodatkowe płaskie wręgi wzdłuż linii nitów kadłuba (Rysunek 3.10.17). (To dla zagęszczenia siatki i z myślą o przyszłych teksturach nierówności). Kolejne trzy "częściowe" wręgi umieść tak, by znalazły się w istotnych miejscach zarysu luku na kółko ogonowe. (Jedna z nich wyznacza tylną krawędź otworu, dwie pozostałe — końce zaokrąglonych narożników):



Rysunek 3.10.17 Przygotowania do wycięcia otworu na kółko ogonowe

Po przygotowaniu podłużnic możesz naciąć (za pomocą *Knife*) przednią i tylną krawędź luku podwozia. Na razie nie będą miały zaokrągleń na narożnikach. Przednią krawędź wytnij w rzucie z boku (w tym rzucie jest ukośną linią prostą). Tylna krawędź w rzucie z dołu ma kształt fragmentu okręgu. Można by było oczywiście wyznaczyć ją za pomocą pomocniczego walca i skryptu *Intersection*. (Analogicznie, jak wyznaczyliśmy luk podwozia głównego w skrzydle — str. 120). Jeżeli jednak masz w miarę pewną rękę, takie mniej istotne otwory możesz także wykonać za pomocą *Knife*.

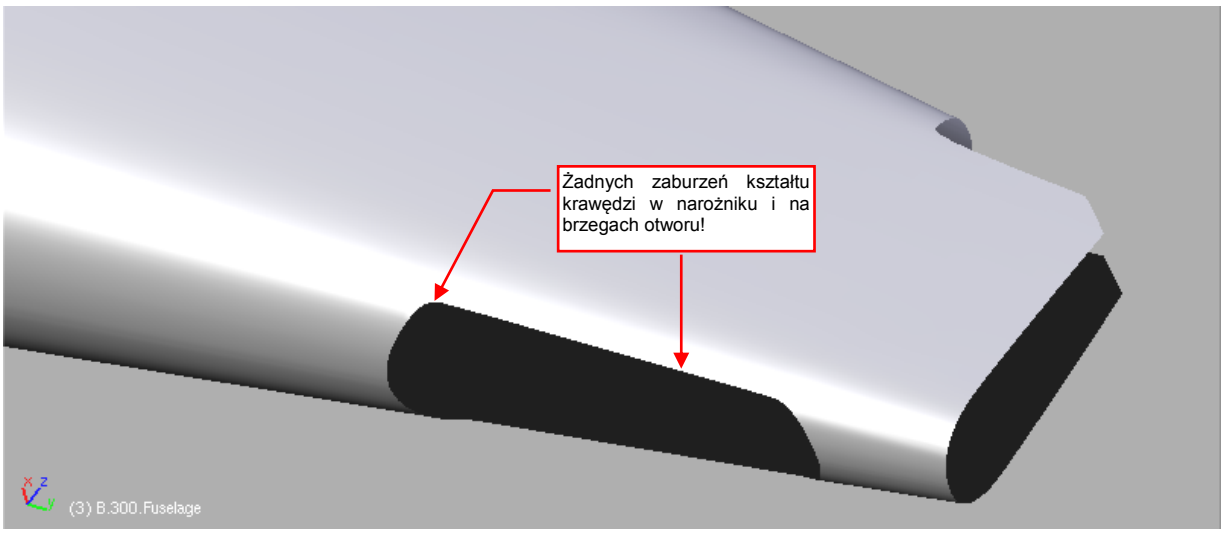


Rysunek 3.10.18 Szczegóły krawędzi otworu kółka ogonowego

Pozostały jeszcze do wykonania zaokrąglenia na krawędziach luku (Rysunek 3.10.18). Aby nadać im właściwy kształt, należy poprzesuwać po powierzchni ściany kilka wierzchołków, by uformowały odpowiednią krzywą. Najprościej to zrobić ustawiając widok w płaszczyźnie wybranej ściany (Shift-7, ***View→Align View→Align View To Selected→Top*** — str. 370). Jeżeli masz wątpliwości, na str. 374 znajdziesz szczegółowy opis uformowania takiego narożnika. Narożnik tylnej krawędzi jest prostszy od przedniej. To w istocie jeden dodatkowy wierzchołek, "dopasowujący" przejście łuku w prostą.

Oznacz przednie i tylne krawędzie otworu jako "ostre" (*crease* = 1). Następnie zaznacz całe jego wnętrze i wydziel je (P, *Separate*) w oddzielny obiekt — pokrywę luk podwozia. Nadaj mu nazwę **B.305.L.Door**. (To jest lewa strona luku. Potem skopiujemy ją także w prawą).

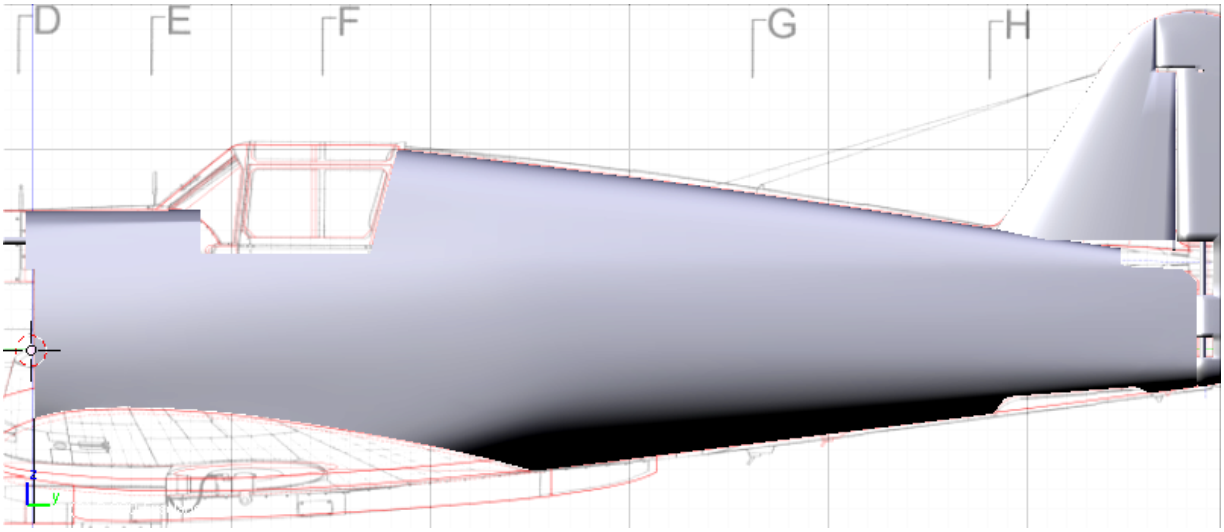
Rysunek 3.10.19 pokazuje kształt otworu po wydzieleniu luku. Dzięki dobremu przygotowaniu (por. Rysunek 3.10.11, str. 147) udało się uzyskać bardzo regularną krawędź, bez żadnych wybrzuszeń i innych deformacji:



Rysunek 3.10.19 Otwór kółka ogonowego po wydzieleniu pokryw

Nie zapomnij o dodaniu "fazki" wzdłuż krawędzi luku podwozia ("na grubość blachy"). Wydzielonej pokrywie nadaj podobną grubość, na przykład używając polecenia ***Solidify*** (por. str. 377). (Później będzie jeszcze trzeba dodać jej wewnętrzne usztywnienia).

Pierwszy etap formowania kadłuba jest ukończony. Rysunek 3.10.20 pokazuje uzyskany kształt:



Rysunek 3.10.20 Rezultat — uformowany środek i tył kadłuba

Nadaj temu obiektowi nazwę **B.300.Fuselage**.

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.10.blend* (por. str. 18).

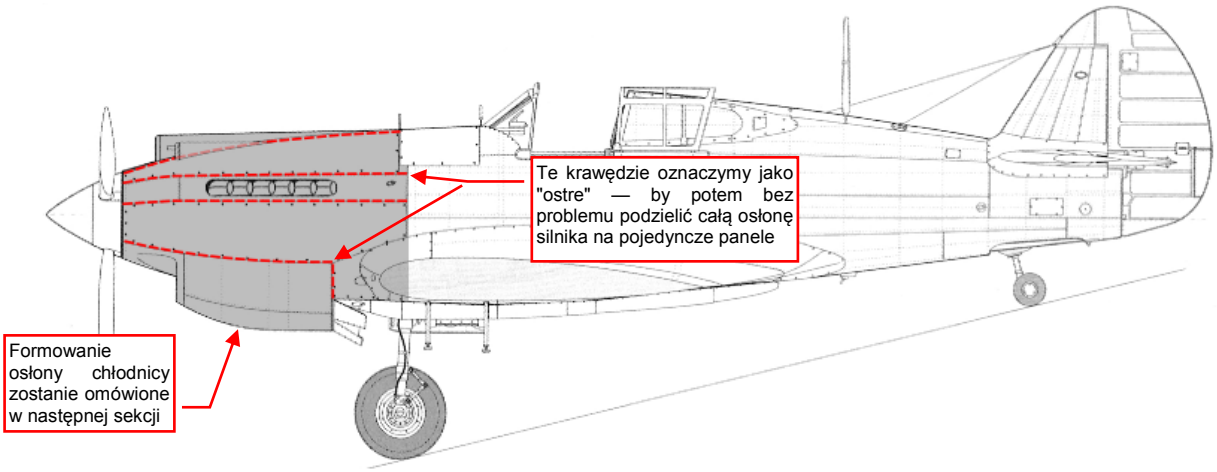
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Podsumowanie

- Kadłub rozpoczynamy od narysowania połówki pojedynczej wręgi. Najlepiej wybrać jedną z wręg istotnych pod względem konstrukcyjnym — np. w okolicy kabiny pilota (por. str. 142).
- Kształt kadłuba tworzymy poprzez wytłoczenia kolejnych fragmentów. Na każdym kroku należy weryfikować ich kontury z planami i zdjęciami (por. str. 143, 144)
- Przygotowując otwór w kadłubie, umieść na jego przeciwległych krawędziach "ostre" podłużnice. Ściany połączone za pomocą tych podłużnic, powinny leżeć na tej samej płaszczyźnie (str. 147, 151).

3.11 Osłona silnika

W tej sekcji ukształtujemy górne i boczne osłony silnika (Rysunek 3.11.1). Ze względu na bardzo skomplikowaną geometrię, osłonie chłodnicy cieczy poświęcę całą następna sekcję (3.12, str. 163).

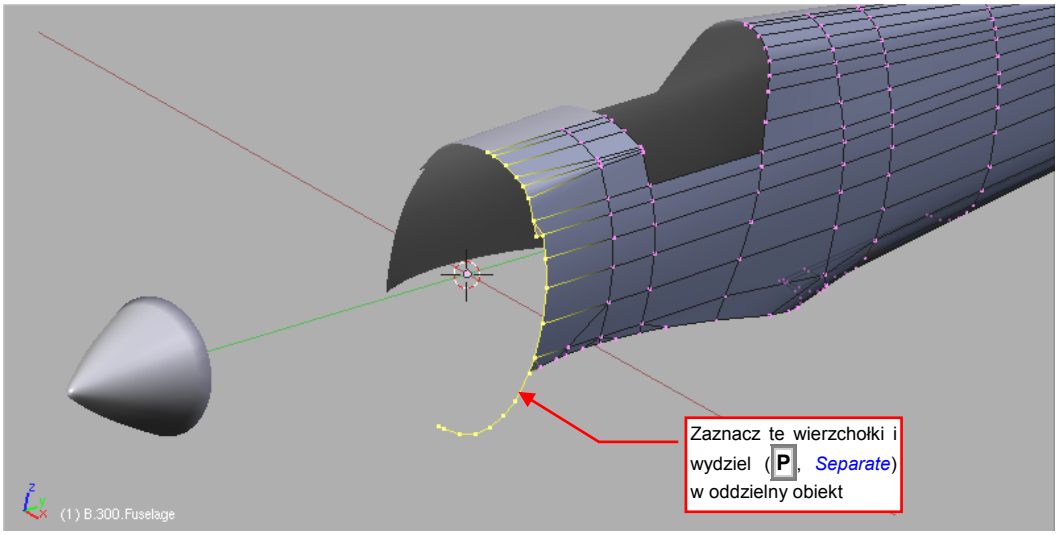


Rysunek 3.11.1 Fragment kadłuba, który odwzorujemy w tej sekcji

Proponuję podzielić przód kadłuba na części, odpowiadające oryginalnym panelom pokrywy silnika. To oznacza na początku trochę więcej pracy. Potem jednak łatwiej będzie odwzorować otwory na rury kolektora spalin, i wypukłości osłony karabinów oraz chwytu powietrza. Uformowanie każdego z tych szczegółów wymaga lokalnego zagęszczenia siatki. Co więcej, dla każdego z tych detali trzeba będzie to zrobić w nieco inny sposób. Próba odwzorowania wszystkiego na jednej powłoce prowadziłaby do nadmiernej komplikacji jej topologii. Dzieląc powłokę na pojedyncze panele, możemy lokalnie dobrać dla każdego z nich odpowiedni układ siatki. Co więcej, może Ci się zamarzyć w przyszłości wykonanie w środku makiety silnika Allison, i stworzenie obraz pokazującego "rozbebeszony" samolot na lotnisku. W ten sposób powłokę silnika będziesz miał już do tego przygotowaną.

Aby podział na panele odbył się bez komplikacji, już na wstępnych etapach formowania należy poprowadzić wzdłuż ich przyszłych granic „ostre” (*crease* = 1) krawędzie. Rysunek 3.11.1 pokazuje ich układ.

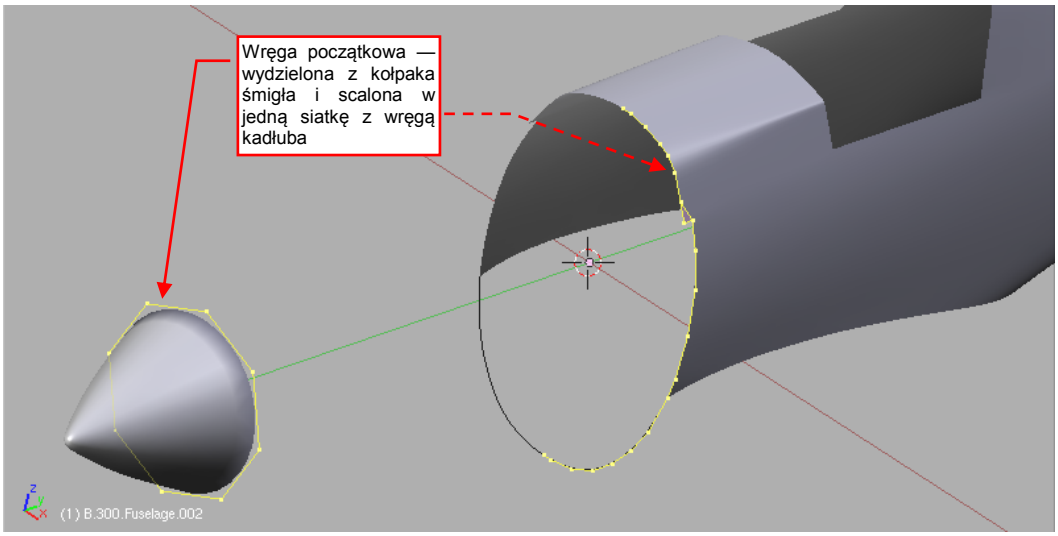
Pracę zacznij od wydzielenia (P, ***Separate***) wierzchołków przedniej wręgi z uformowanej poprzednio części kadłuba (Rysunek 3.11.2). To zalążek osłony silnika:



Rysunek 3.11.2 Wydzielenie przedniej wręgi z uformowanej części kadłuba

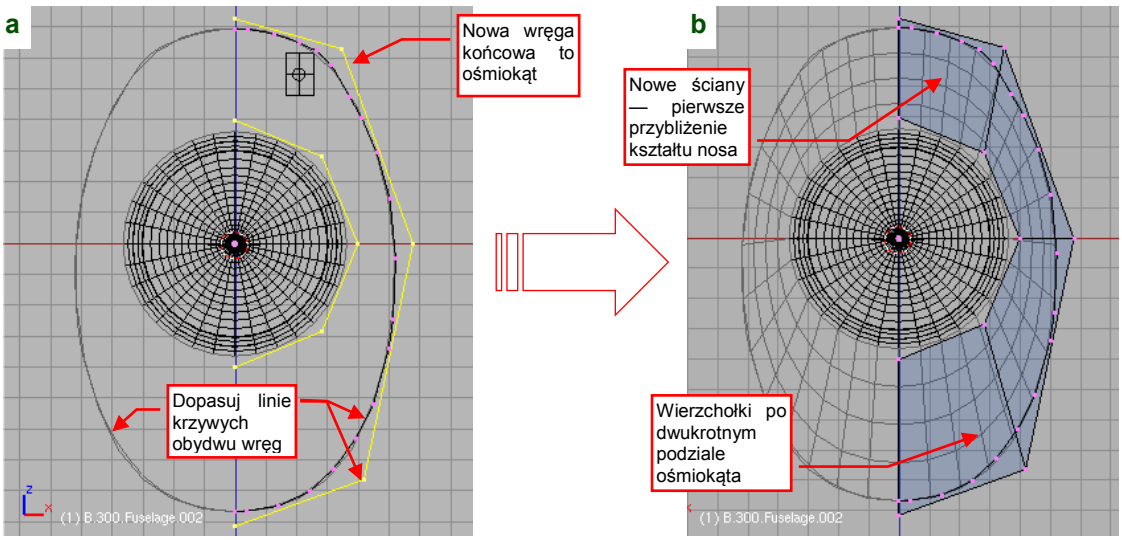
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Wydziel także z kołpaka śmigła (**B.005.Hub**) obrys podstawy, i scal go (Ctrl-J, *Join Objects*) z tworzoną siatką (Rysunek 3.11.3):



Rysunek 3.11.3 Wręga początkowa — skopiowana podstawa kołpaka śmigła

Usuń wierzchołki z z prawej strony wręgi początkowej. Włącz dla tej siatki modyfikator *Mirror* (względem osi **X**) i *Subsurf* (*Subdivisions* = 2). Przednia wręga ma teraz pięć wierzchołków, a tylna — około 20. Potraktuj tylną ("gęstą") wręgę jako wzorzec docelowego kształtu. Utwórz w tym samym miejscu nową wręgę końcową, złożoną z tylu wierzchołków, co wręga początkowa (Rysunek 3.11.4a):

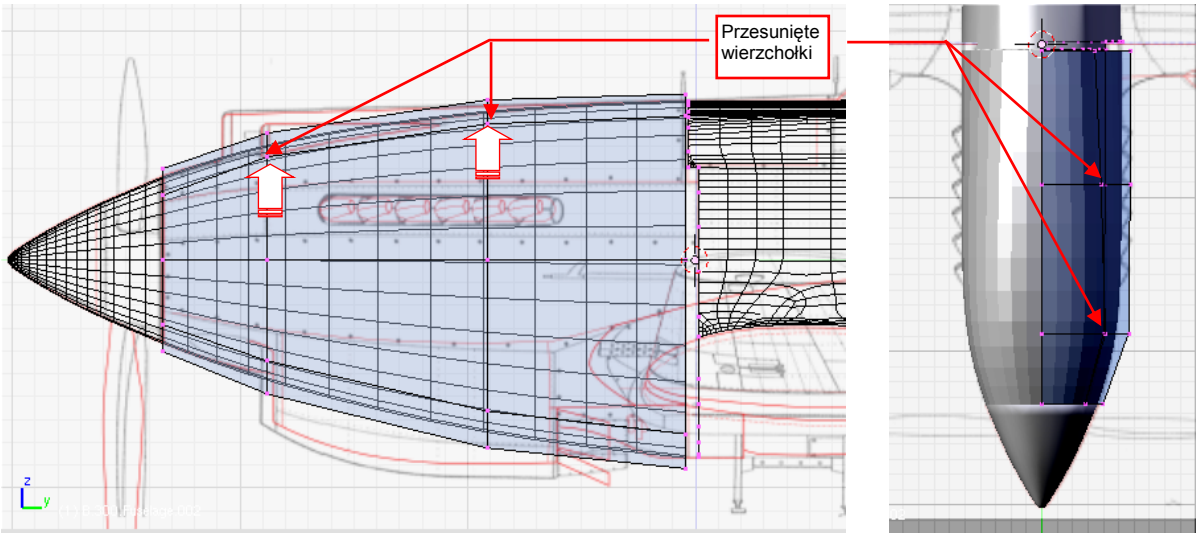


Rysunek 3.11.4 Dopasowanie nowej (ośmiokątnej) tylnej wręgi do wzorca obrysu (wręgi "gęstej")

Najłatwiej nową wręgę końcową utworzyć poprzez skopiowanie wręgi początkowej, i poprzesuwanie jej wierzchołków. Rysunek 3.11.4a pokazuje, że nawet za pomocą pięciu punktów (lub symetrycznie licząc — ośmiu) można całkiem nieźle odwzorować krzywiznę "gęstej" wręgi wzorcowej.

Tak przygotowane wręgi połącz ścianami (Rysunek 3.11.4b) (możesz stworzyć je poleceniem ***Bridge Edge Loops*** — por. str. 360). Zwróć uwagę, że gęstość takiej siatki przy dwukrotnym podziale jest zbliżona do gęstości wierzchołków na linii wzorcowej ("gęstej" wrędze). Kształt, który utworzymy za pomocą tej rzadkiej ("ośmiobocznej") siatki będzie pierwszym przybliżeniem kształtu kadłuba. Potem tę siatkę zagęścimy, "utrwalając" (***Apply***) modyfikator *Subsurf*. Dokładne dopasowanie do kształtu wręgi wzorcowej uzyskamy za pomocą ok. 16 wierzchołków.

Wstaw (*Loop Cut*) w nowo utworzoną powłokę kolejne dwie wręgi. Rozciągnij je wzdłuż osi **Z** i **X** tak, by uzyskać właściwy kształt w rzucie z góry i z boku (Rysunek 3.11.5):

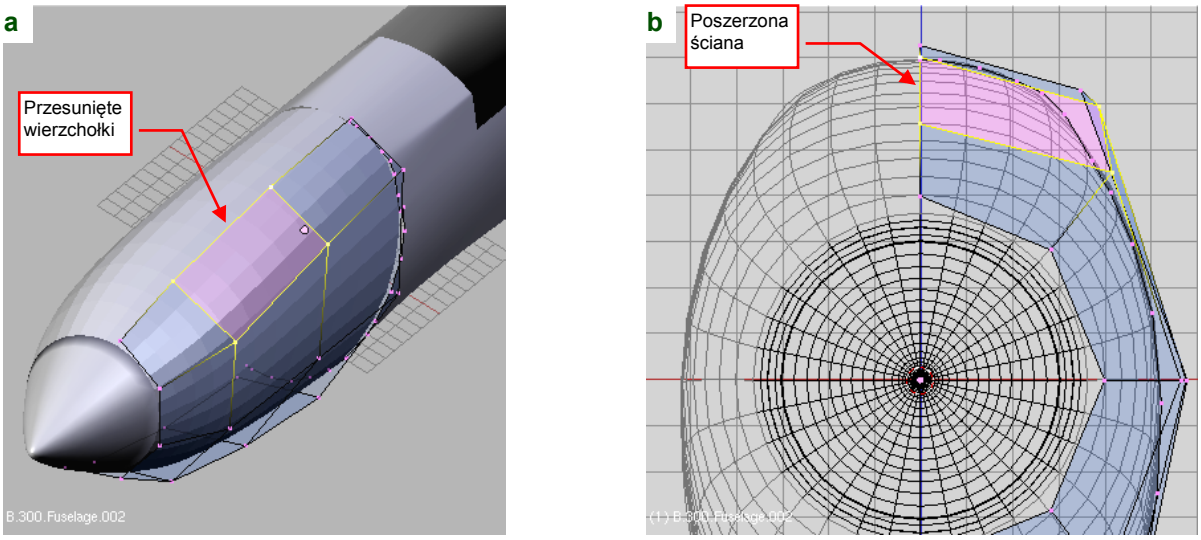


Rysunek 3.11.5 Formowanie podstawowego kształtu nosa P-40B

W rzucie z boku skoncentruj się przede wszystkim na właściwym uformowaniu górnej części nosa samolotu. Dolną część ukształtuj tylko pobieżnie, tyle tylko, aby poprawnie uformować boki osłony silnika. Osłona chłodnicy, znajdująca się u dołu, zostanie poddana intensywnej adaptacji w następnej sekcji (str. 163).

Zdjęcia zdają się wykazywać, że górna część osłony silnika nie miała idealnie eliptycznego przekroju. (Taki kształt mają przekroje na planach Jacka Jackiewicza i Mariusza Łukasika). Z przodu, przed kolektorem spalin, grzbiet pokrywy silnika był nieco spłaszczony. Jest to konieczne, by ukryć pod nią cylindry silnika[1]. Dalej przekrój przechodził płynnie w obrys, jaki nadaliśmy wrędze końcowej. To także nie jest elipsa — jest nieco wypiętrzona tam, gdzie znajdowały się zamki karabinów (por. str. 144).

Aby uzyskać odpowiedni kształt grzbietu osłony silnika, przesuń do góry cztery wierzchołki środkowych wręg (Rysunek 3.11.5, Rysunek 3.11.6a):



Rysunek 3.11.6 Formowanie podstawowego kształtu nosa P-40B

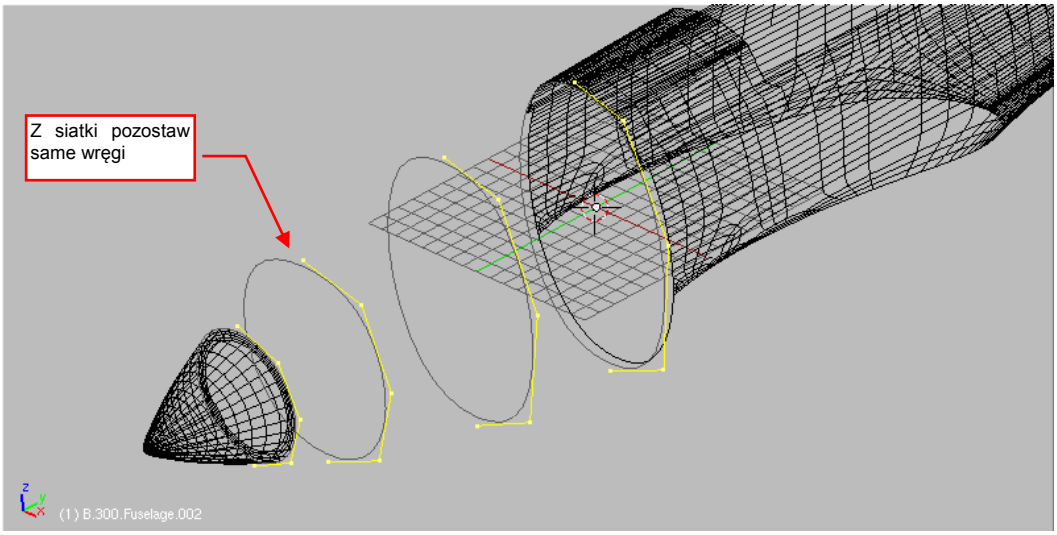
Dodatkowo, poszerz w kierunku **X** ścianę, którą tworzą te wierzchołki. Rysunek 3.11.6b pokazuje kształt powłoki, który powinieneś przy tym osiągnąć.

[1] Takie spłaszczenie jest charakterystyczne dla prawie wszystkich osłon silnika myśliwców z II wojny światowej, używających silników rzędowych w układzie "V". Spitfire, Jak, ŁaGG czy Mustang miały je w mniejszym lub większym zakresie. Miały je także Messerschmitt i Macchi - z tym, że na dolnej, a nie górnej części osłony. (Ich silnik — Daimler-Benz — miał układ odwróconego "V").

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

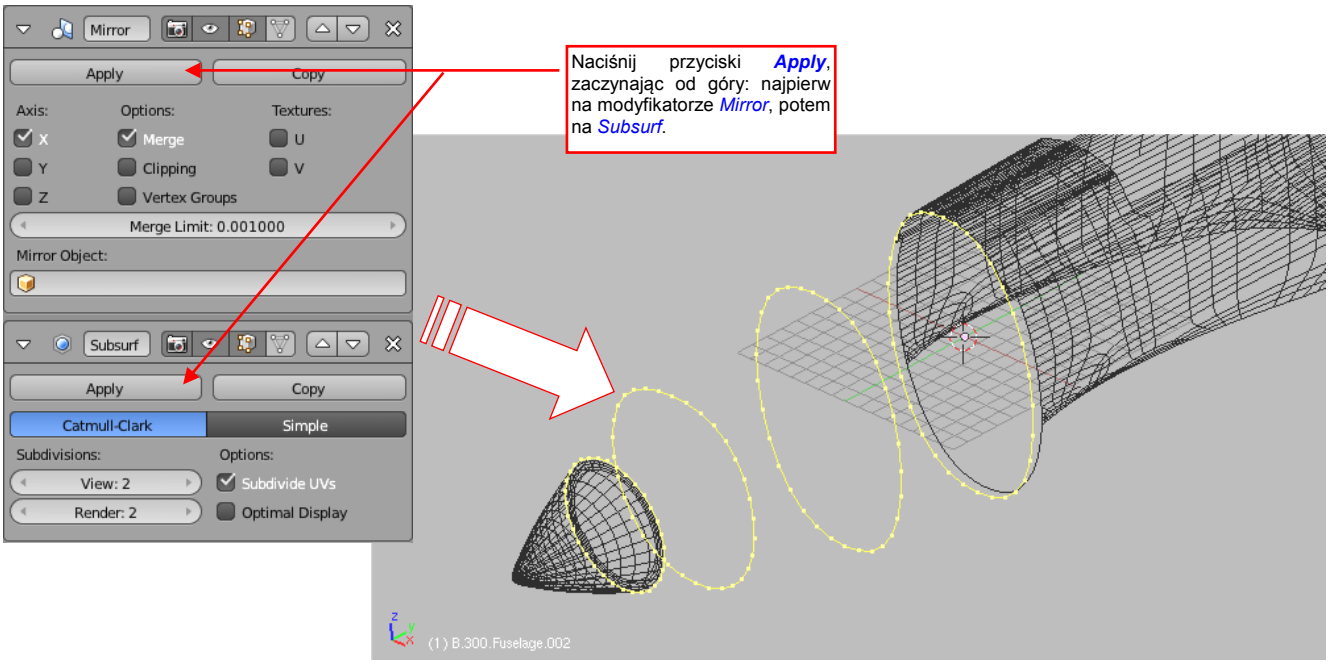
Uzyskaliśmy "zgrubny" kształt nosa samolotu. Teraz należy zwiększyć liczbę podłużnic, aby można było dokonać dalszych, drobnych modyfikacji. Nie będziemy na razie zwiększać liczby wręg (to by niepotrzebnie skomplikowało siatkę i utrudniło jej dalsze zmiany).

Aby zwiększyć liczbę podłużnic, zacznij od usunięcia dotychczasowych. Pozostaw tylko cztery krawędzie, po pięć wierzchołków każda (Rysunek 3.11.7):



Rysunek 3.11.7 Przygotowanie do zwielokrotnienia wierzchołków: usunięcie "podłużnic"

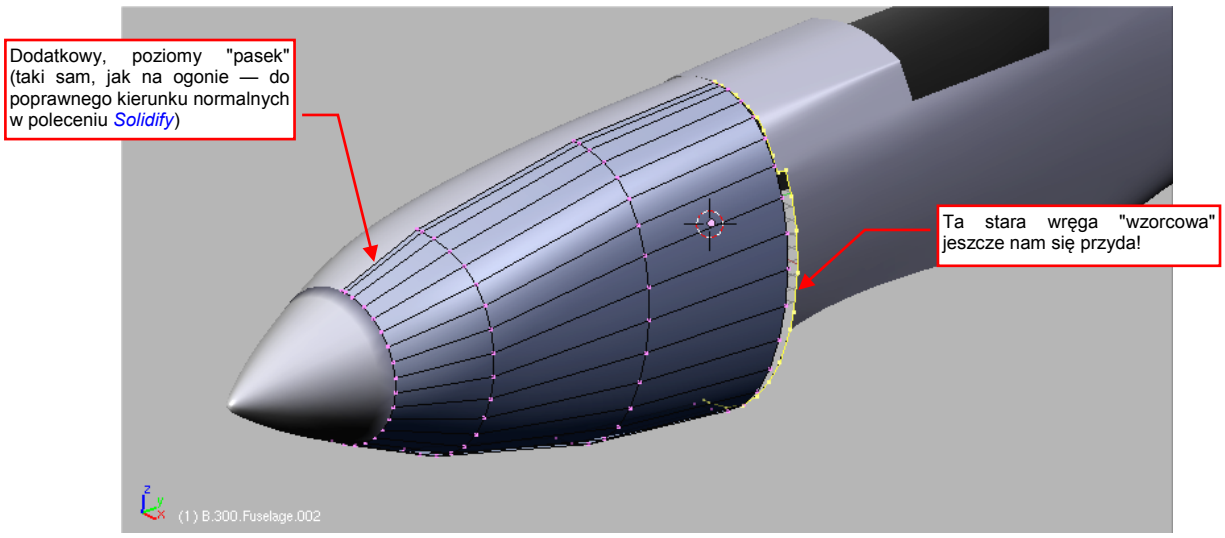
Następnie przełącz się w tryb obiektu (*Object Mode*) i "utrwal" modyfikatory siatki, naciskając przyciski ***Apply***: najpierw dla modyfikatora *Mirror*, potem dla *Subsurf*[1]. (Naciśnięcie *Apply* powoduje jednocześnie usunięcie modyfikatora. Wierzchołki, które generował, stały się "realne", i nie jest już więcej potrzebny). Potem przełącz się z powrotem w tryb edycji (*Edit Mode*). Rysunek 3.11.8 przedstawia rezultat tej operacji:



Rysunek 3.11.8 "Zagęszczenie" wierzchołków poprzez "utrwalenie" modyfikatorów *Subsurf* i *Mirror*

[1] *Subsurf:Apply*, zastosowany bez wcześniejszego *Mirror:Apply*, stworzyłby krzywe otwarte!

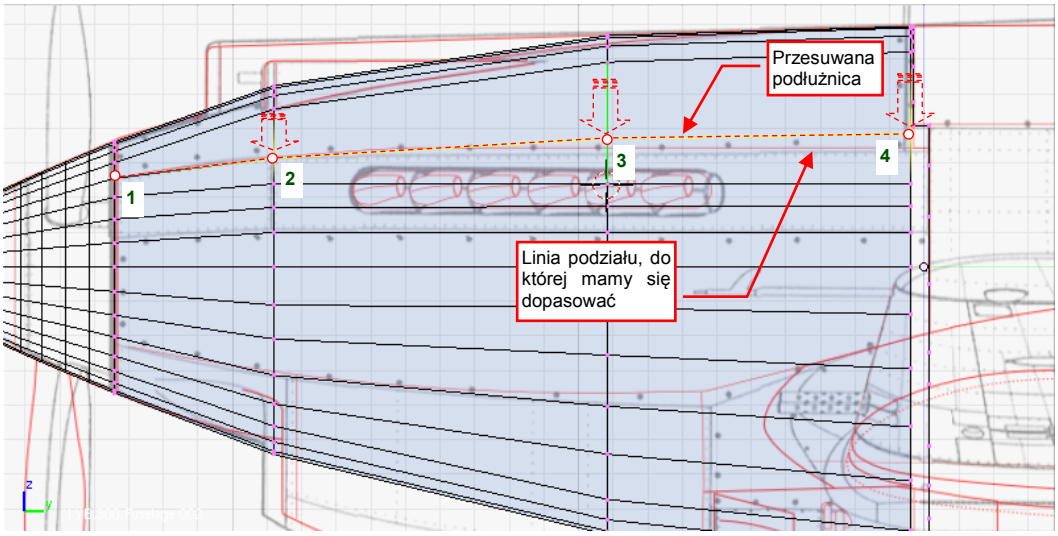
Pozostaje jeszcze "posprzątać": usuń prawe strony wręg, włącz powtórnie modyfikatory *Mirror* i *Subsurf*. Następnie połącz te wręgi ścianami poleceniem *Mesh→Edges→Bridge Edge Loops*. Rysunek 3.11.9 pokazuje rezultat tej operacji:



Rysunek 3.11.9 Siatka z czterokrotnie zwiększoną liczbą podłużnic

Dodaj także (*Loop Cut*) jedną dodatkową podłużnicę, umieszczając ją bardzo blisko osi kadłuba. Stworzysz w ten sposób wąski "pasek" ścian, ustawionych zupełnie poziomo (Rysunek 3.11.9). Powinien zapewnić poprawny kształt powłok dodanych poleceniem *Solidify*. Skopiuj także jeszcze raz z drugiej części kadłuba przednią wręgę, i włącz ją powtórnie do siatki osłony silnika. Teraz już nie wypada nazywać jej "gęstą", gdy liczba wierzchołków wszystkich pozostałych wręg stała się bardzo zbliżona. Nadal jednak przyda się nam w charakterze wzorca do dopasowywania. (Tym razem do dokładnego uzgodnienia miejsca styku przedniej i tylnej sekcji kadłuba).

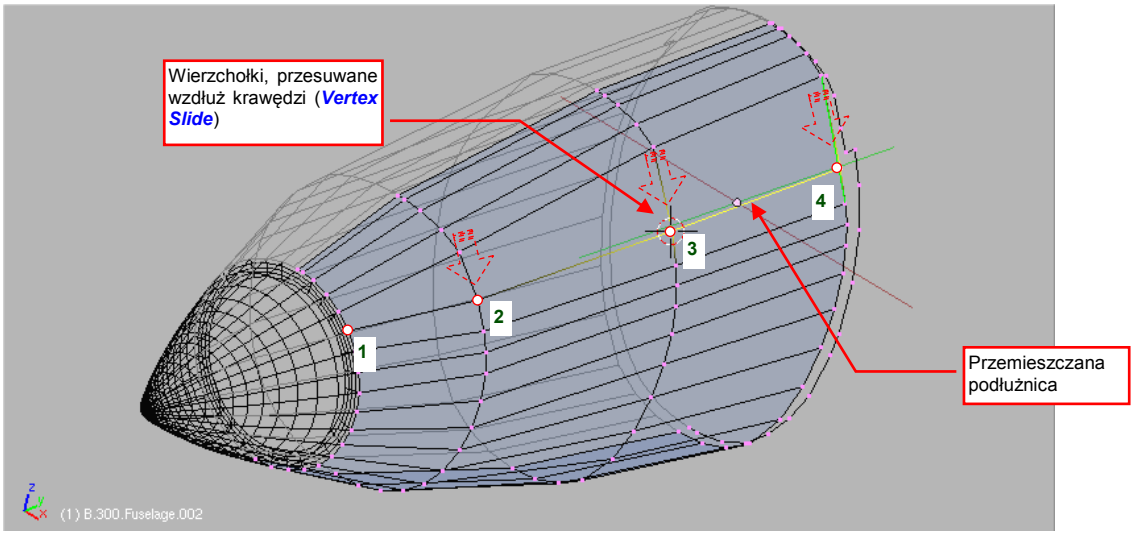
Przygotowując się do "pocięcia" przodu samolotu wzdłuż oryginalnych łączeń blach, trzeba nieco poprzesuwać podłużnice (Rysunek 3.11.10):



Rysunek 3.11.10 Dopasowywanie (poleceniem *Edge Slide*) podłużnic siatki do linii podziału paneli na osłonie silnika

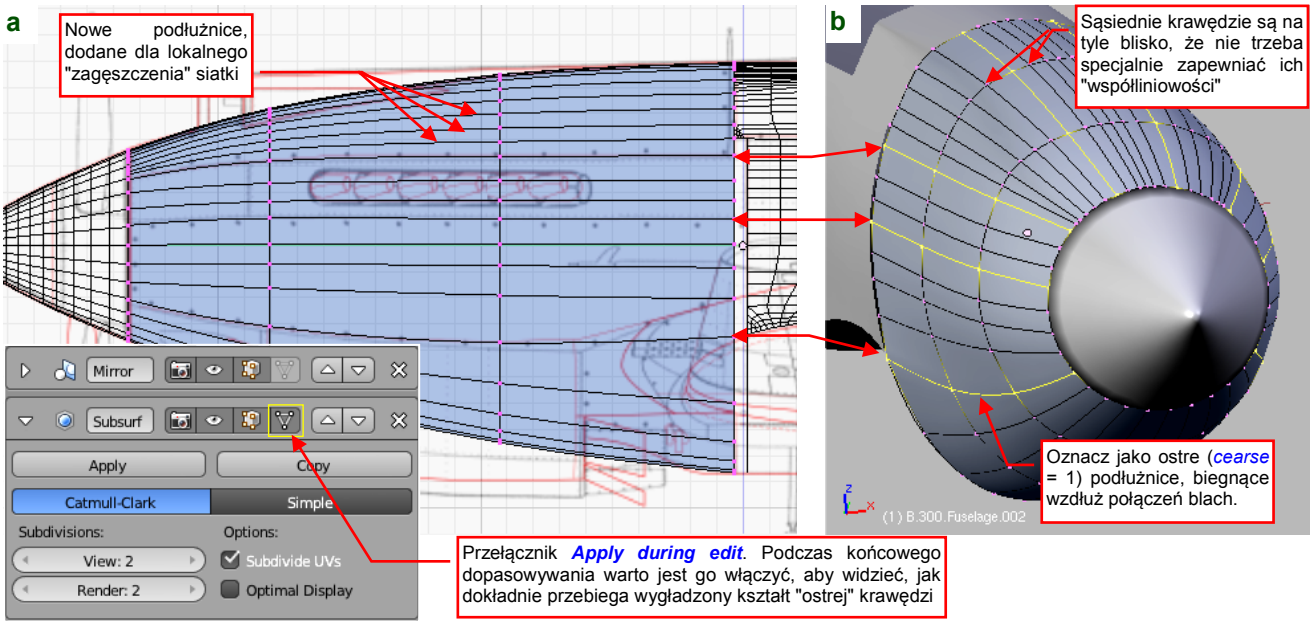
Zacznij od przesunięcia (Ctrl-E, *Edge Slide*) całej krawędzi |**1234**| tak, aby jej początek (wierzchołek **1**) przy kołpaku śmigła znalazł się we właściwym miejscu. Potem skoryguj położenie kolejnych wierzchołków — **2**, **3**, **4** — przesuwając je wzdłuż poprzecznych krawędzi (Shift-V — ***Vertex Slide***) tak jak to pokazuje Rysunek 3.11.11. Oczywiście, aby uzyskać docelowe położenie wierzchołków, trzeba przesunąć w ten sposób nie jedną, a kilka podłużnic, jedną za drugą.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.



Rysunek 3.11.11 Przesuwanie wierzchołków podłużnicy (dopasowanie krawędzi siatki do linii podziału paneli)

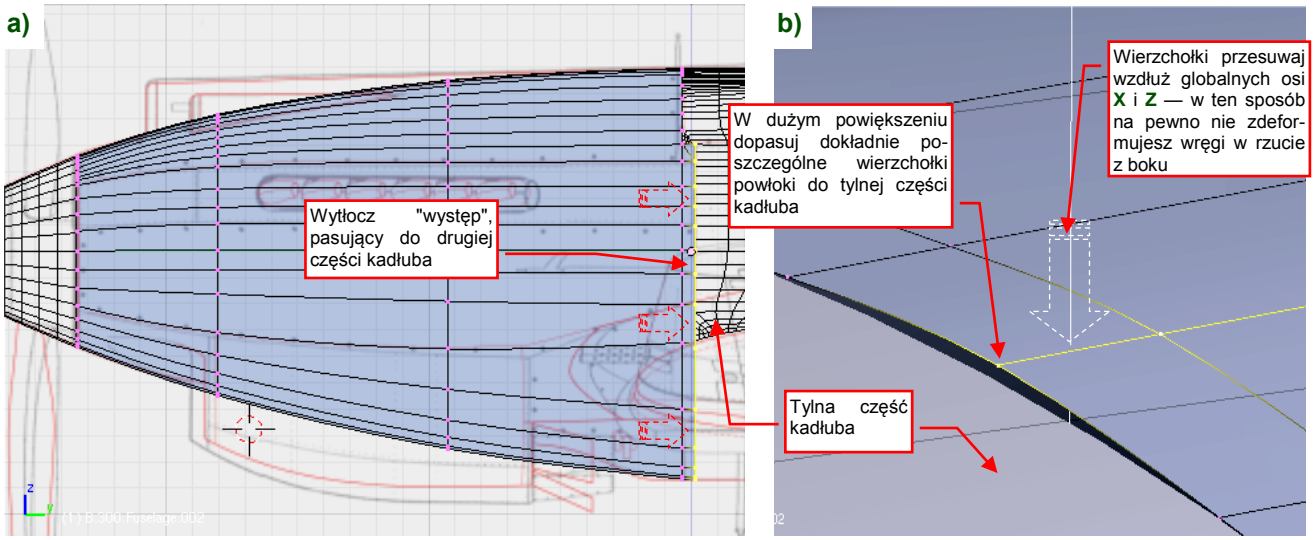
Na koniec należy włączyć ostrość (*crease* = 1) linii przyszłych podziałów (Rysunek 3.11.12b). W ten sposób nabiorą takiego kształtu, jak krawędzie powłok, na które zamierzamy podzielić nos samolotu. Warto na czas tej operacji włączyć w modyfikatorze *Subsurf* przełącznik ***Apply during edit*** (Rysunek 3.11.12a). W tym trybie zamiast krawędzi oryginalnej siatki Blender rysuje segmenty wygładzonej powłoki. W tej postaci łatwiej można sprawdzić, czy ostra krawędź dokładnie pokrywa się z podziałami oryginalnych paneli. Czasami pojawia się konieczność dodania kolejnych podłużnic, aby zapełnić "puste przestrzenie", pozostałe po wcześniejszych przesunięciach (Rysunek 3.11.12a):



Rysunek 3.11.12 Przygotowywanie siatki do podziału na panele

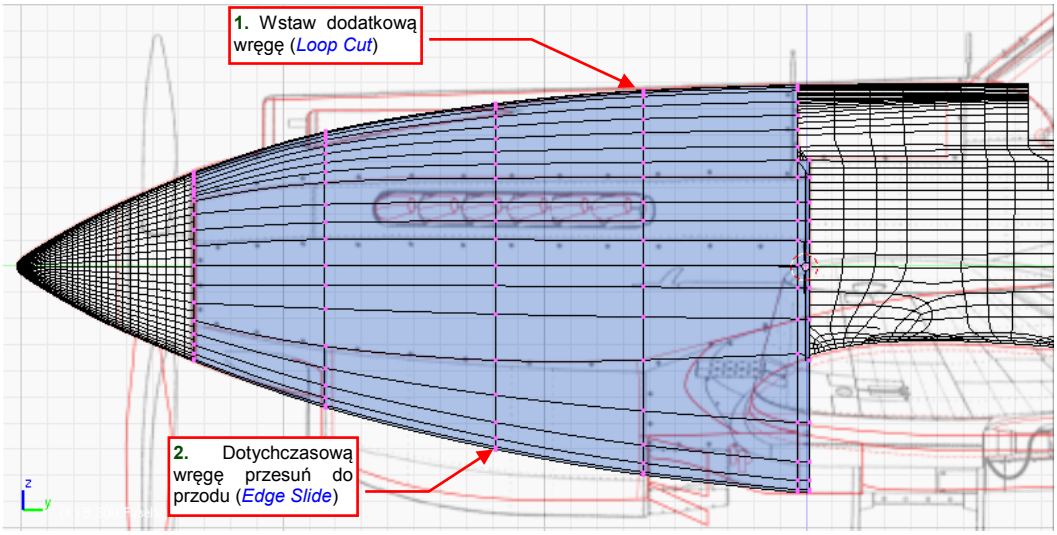
Po ustawieniu kluczowych krawędzi, można dopasować dokładnie miejsce połączenia przedniej i tylnej części kadłuba.

Dodaj poprzez wytłoczenie występ, pasujący do uskoku wręgi wzdłuż ściany ogniowej (Rysunek 3.11.13a). Potem powiększ obraz (*zoom*), i dopasuj poszczególne wierzchołki tej tylnej krawędzi siatki osłony silnika do reszty części kadłuba (Rysunek 3.11.13b) . Najwygodniej jest to zrobić, metodycznie poprawiając kolejne punkty ustawione wzdłuż linii łączącej dwie siatki. Podczas dopasowywania przesuwaj poszczególne wierzchołki wzdłuż osi globalnych: **Z** i **X**. Dzięki temu nie jesteś ograniczony do pracy wyłącznie w określonym rzucie (z lewej, góry czy przodu) i możesz je przesuwać w dowolnym widoku.



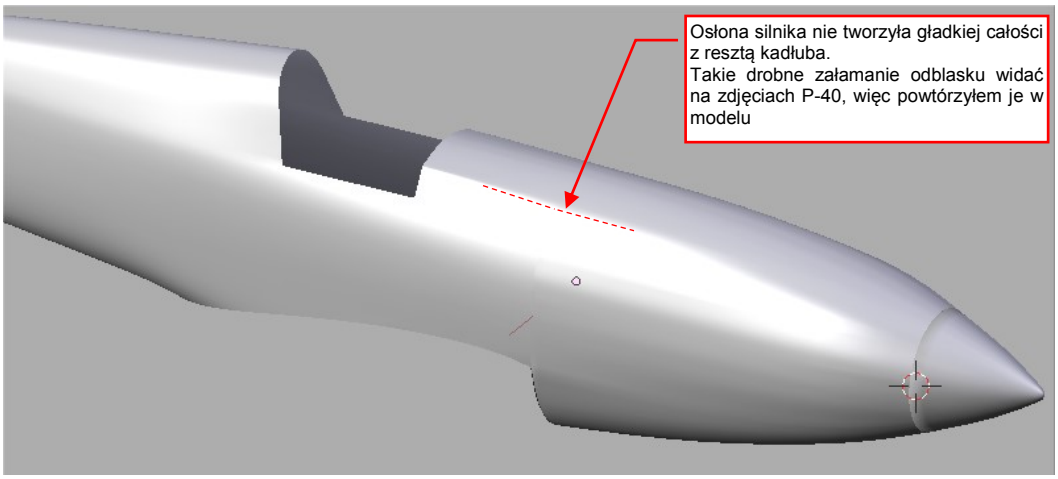
Rysunek 3.11.13 Dopasowanie połączenia przedniej i tylnej części kadłuba

Dodaj jeszcze jedno żebro tam, gdzie znajduje się tylna ściana osłony chłodnicy i koniec otworu na kolektor rur wydechowych. Aby nie zaburzyć tak pracowicie przygotowanego układu podłużnic, zrób to w takiej kolejności jak przedstawia Rysunek 3.11.14:



Rysunek 3.11.14 Dodanie do nosa samolotu dodatkowej, piątej wręgi

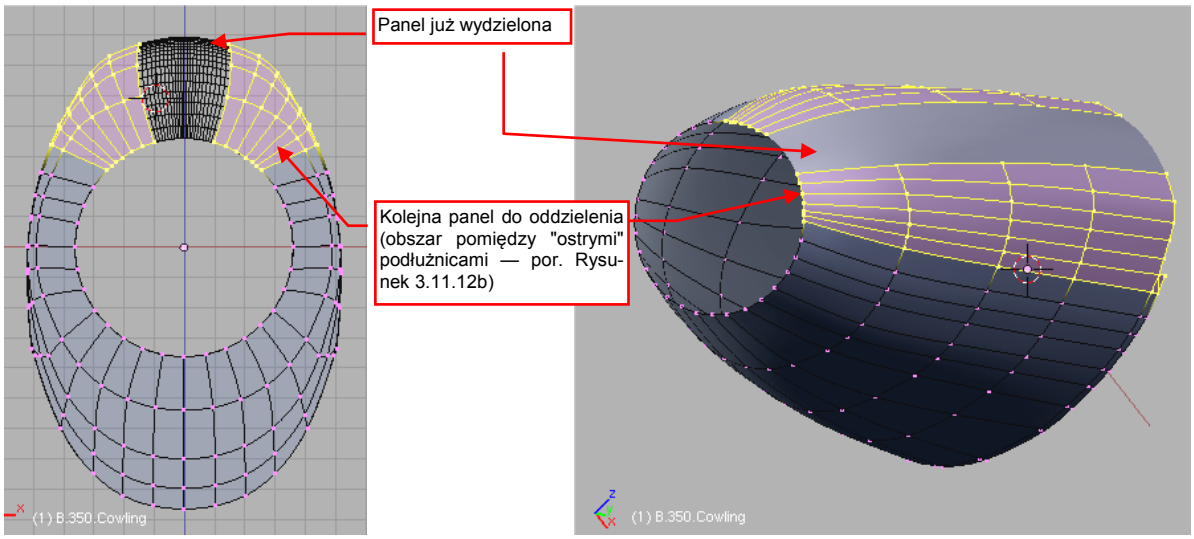
Rysunek 3.11.15 pokazuje kształt osłony silnika, jak osiągnęliśmy na tym etapie:



Rysunek 3.11.15 Osłona silnika — kształt po uformowaniu

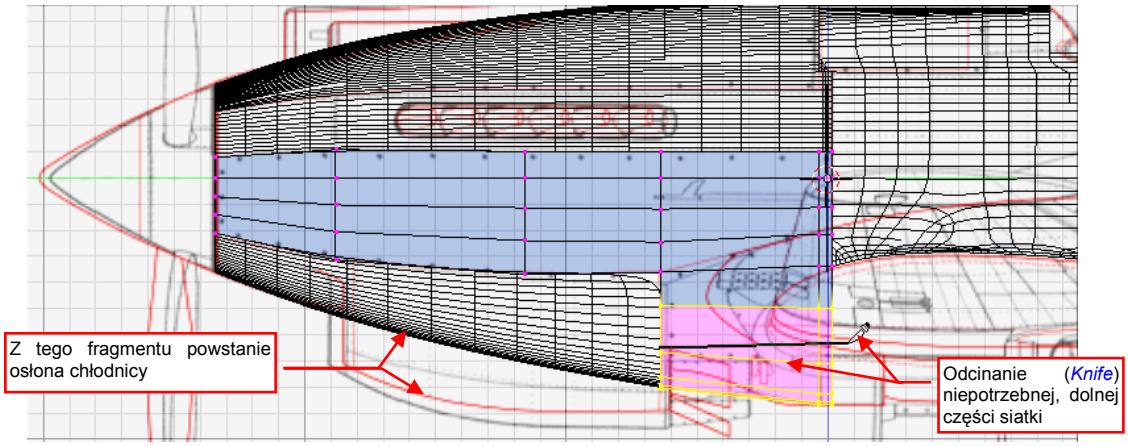
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Teraz możesz wydzielić (P, *Separate*) z powłoki poszczególne panele (Rysunek 3.11.16):



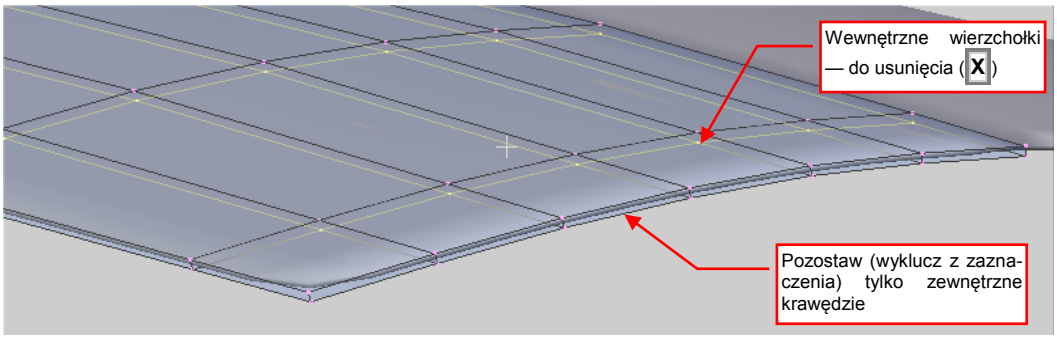
Rysunek 3.11.16 Wydzielenie z powłoki poszczególnych paneli osłony silnika

Po rozdzieleniu powłoki można odciąć fragment jej dolnej części, którego nie było w prawdziwym samolocie (Rysunek 3.11.17). (Możemy to zrobić dopiero teraz, gdy nie zaburzy to w żaden sposób układu krawędzi na pozostałej części siatki). Linię cięcia (*Knife*) poprowadź wzdłuż krawędzi widocznej na planach modelarskich (P-40 miał w tym miejscu ostre zakończenie kadłuba):



Rysunek 3.11.17 Odcięcie niepotrzebnego, dolnego fragmentu powłoki modelu

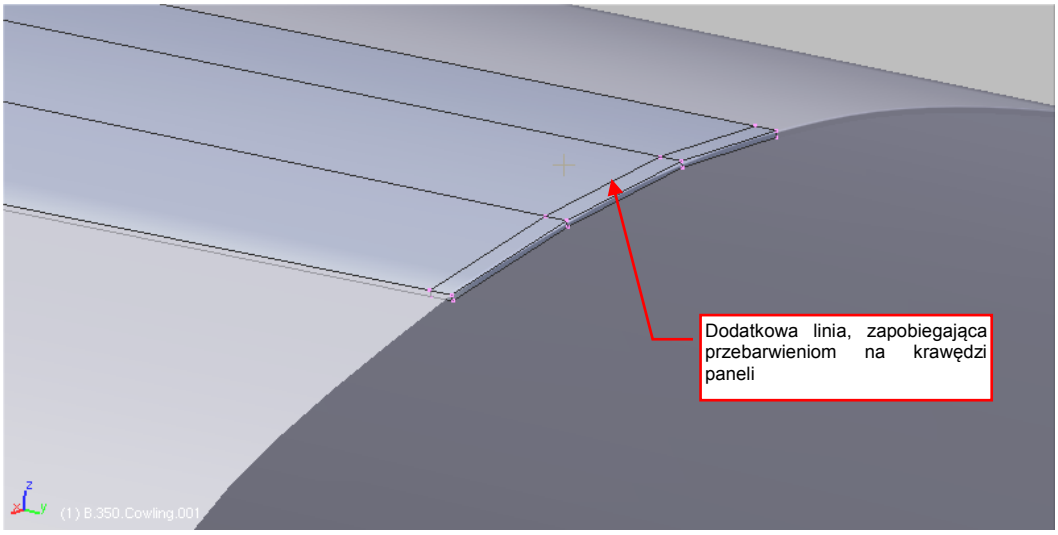
Nie zapomnij o pogrubieniu każdej z paneli, imitującego grubość blachy (o 0.02 jedn.). Okazuje się, że do takich podłużnych kształtów najlepiej nadaje się polecenie ***Solidify*** (str. 377). Po jego wywołaniu musisz tylko usunąć wszystkie wierzchołki drugiej ściany, stworzonej przez tę operację, pozostawiając tylko ściany boczne (Rysunek 3.11.18):



Rysunek 3.11.18 Pogubienie panelu osłony za pomocą polecenia *Solidify*

- Zamiast polecenia *Solidify* możesz użyć modyfikatora ***Solidify*** (szczególnie gdy nie zamierzasz eksportować tego modelu do innych programów

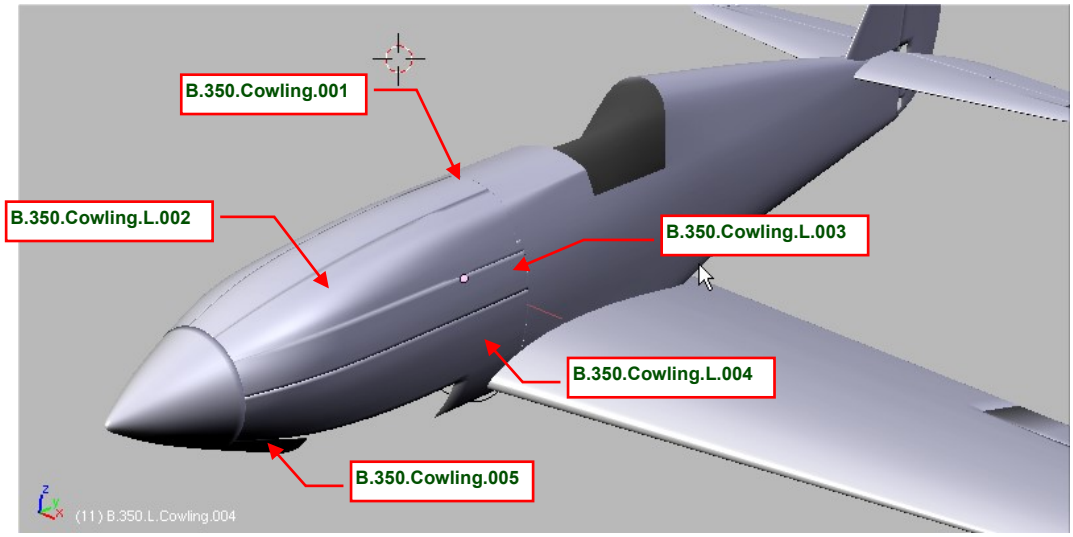
Wzdłuż ostrego załamania gładkich ścian o różnej długości powstają brzydkie "cienie". Taki efekt przeszkadza w pracy nad modelem. Możesz je wyeliminować, wstawiając (*Loop Cut*) dodatkowe wręgi bardzo blisko przedniej i tylnej krawędzi każdego panelu (Rysunek 3.11.19):



Rysunek 3.11.19 Pogrubienie blach (0.01 jednostki Blendera)

Zamiast dodawać taką krawędź, możesz także włączyć opcję ***Normals:Auto Smooth*** (por. str 383). Ja wolę jednak poprawić najpierw co większe cienie „w siatce”, aby nie pojawiły się przy eksporcie do innych programów (np. do postaci odpowiedniej dla różnych silników gier).

Rysunek 3.11.20 podaje nazwy, jakie nadałem poszczególnym częścią osłony silnika. Panele boczne otrzymały dodatkowy wyróżnik "L" (jak *Left*) po numerze. To na przyszłość — przed rozpoczęciem teksturowania trzeba będzie zastąpić po prawej stronie samolotu lustrzane odbicia tych części prawdziwymi siatkami. Wyróżnimy je literą "R" (jak *Right*):



Rysunek 3.11.20 Nazwy, nadane poszczególnym panelom osłony silnika

Fragment, z którego powstanie osłona chłodnicy cieczy zredukuj do niewielkiego odcinka od kołpaka śmigła do chwytu powietrza (**B.350.Cowling.005**). Resztę tej osłony stworzymy od podstaw w następnej sekcji.

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.11.blend* (por. str. 18).

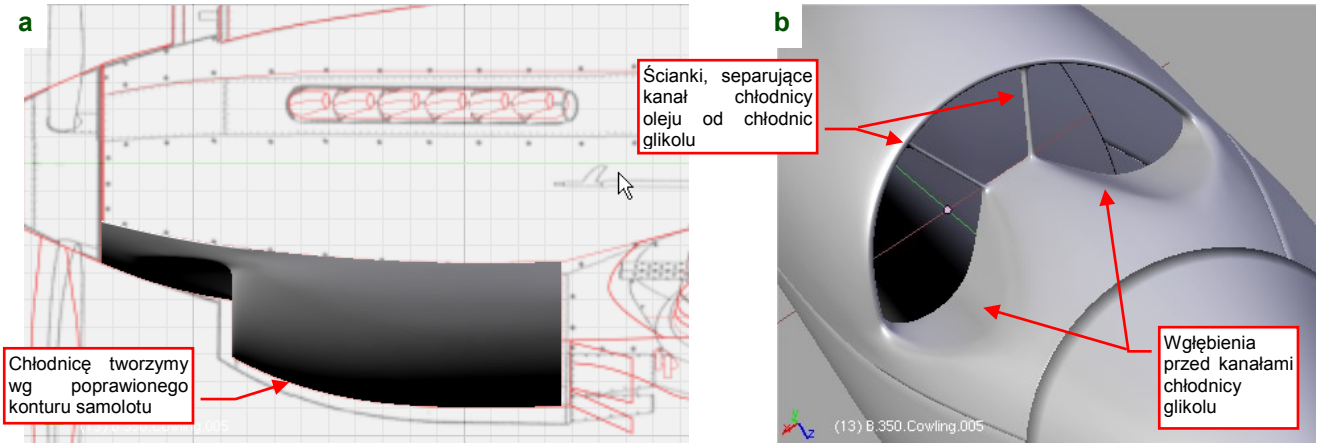
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Podsumowanie

- Przekroje, umieszczone na planach modelarskich traktuj z dużą rezerwą. Mogą zawierać wiele błędów. Podczas formowania kształtu zwracaj przede wszystkim uwagę na zdjęcia, oraz na rzuty z boku i góry/dołu;
- Formowanie może przebiegać w dwóch etapach. Pierwszy etap to "zgrubne" nadanie kształtu, za pomocą siatki o niewielkiej liczbie krawędzi (str. 155). Drugi etap to drobne poprawki, wykonane na siatce o zwiększonej liczbie krawędzi (str. 157);
- Aby zwiększyć siatkę dla jednego typu krawędzi (np. podłużnic), musisz je wszystkie usunąć z pierwotnej siatki pozostawiając np. tylko wręgi (por. str. 156). Potem "utrwal" (przyciskiem *Apply*) modyfikator *Subsurf*, zwiększając liczbę wierzchołków na każdej z tych linii (str. 156). Na koniec — odtwórz brakujące ściany i krawędzie.
- Dopasowanie krawędzi siatki do zadanej linii najlepiej jest wykonywać za pomocą poleceń *Edge Slide* i *Vertex Slide*, metodą "od lewej do prawej" (str. 157);
- Do nadania "grubości blachy" poszczególnym panelom można wykorzystać polecenie *Solidify* (str. 160);

3.12 Osłona chłodnicy cieczy

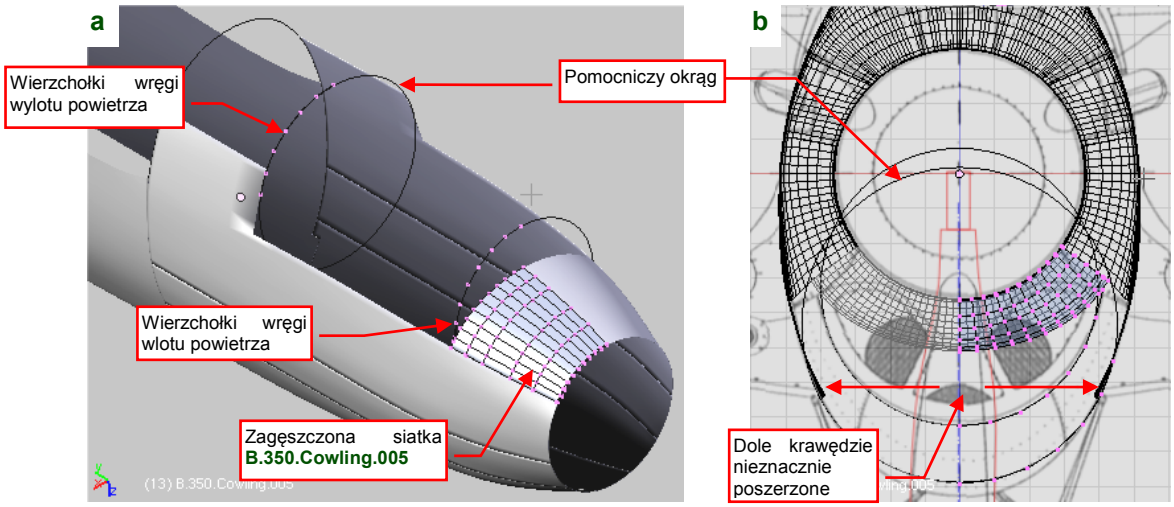
Wszystkie chłodnice cieczy — glikolu i oleju — były w P-40 umieszczone bezpośrednio pod silnikiem (Rysunek 3.12.1a). Ich wlot powietrza był podzielony dwoma ściankami na trzy kanały: środkowy, do chłodnicy oleju i boczne, do chłodnic glikolu. Przed kanałami bocznymi były wytłoczone w kadłubie wgłębienia, zwiększające napływ powietrza (Rysunek 3.12.1b). Zespół wlotów powietrza wraz z tymi wgłębieniami tworzy dość złożony kształt, który odwzorujemy w tej sekcji.



Rysunek 3.12.1 Osłona chłodnicy cieczy

Pracę nad zacznij od zagęszczenia przedniego odcinka siatki (od kołpaka śmigła do wlotu powietrza — element **B.350.Cowling.005**). Zrób to "utrwalając" (przycisk *Modifiers:Apply*) modyfikator *Subsurf* z *Subdivisions* = 2 (Rysunek 3.12.2a). Gęsta siatka jest w tym miejscu potrzebna do odwzorowania wgłębienia przed wlotem powietrza oraz zaokrąglonych narożników wlotu .

Dodaj, jako niezależne obiekty, dwa pomocnicze okręgi. (Ze zdjęć wynika, że spód osłony chłodnicy miał przekrój okrągły lub bardzo zbliżony). Ich środki przydadzą się nieraz jako "punkt zaczepienia" dla kursora 3D (*Cursor to Selected*). Jeden z okręgów umieść tam, gdzie będzie się znajdować wlot powietrza do chłodnicy, a drugi — tam, gdzie wylot (Rysunek 3.12.2a). Przy okazji dopasowywania wręg do reszty kadłuba, koniecznym okazało się poszerzenie krawędzi za wylotem powietrza[1] (Rysunek 3.12.2b):



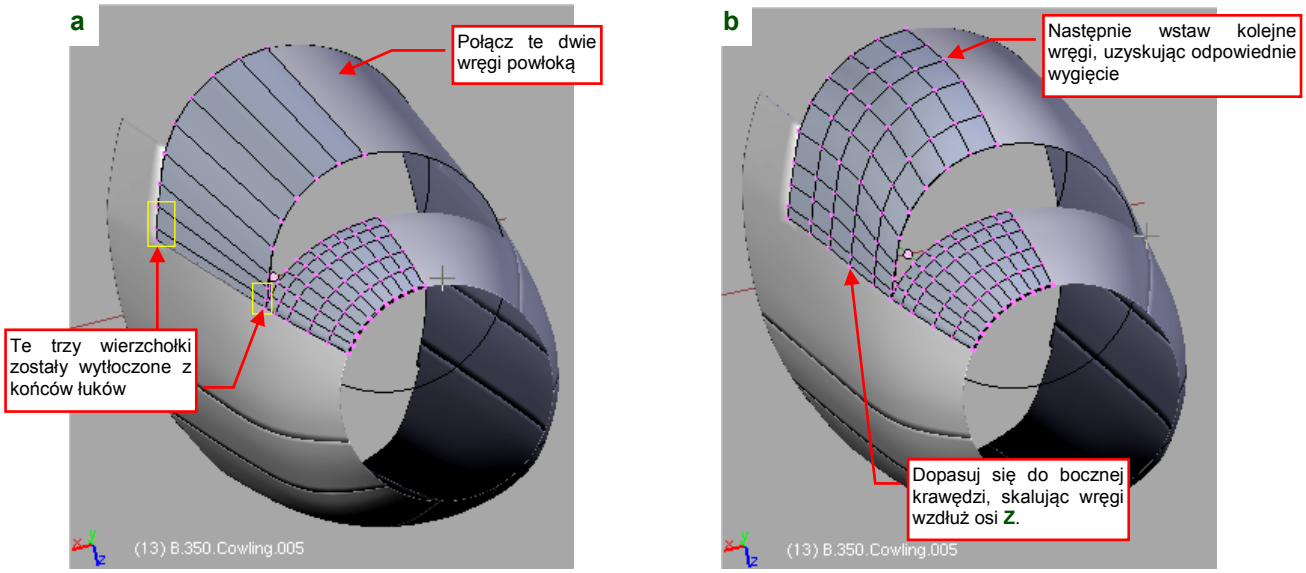
Rysunek 3.12.2 Przygotowanie dwóch okrągłych żeber

Dodaj do siatki dwie wręgi w kształcie łuków tam, gdzie umieściłeś okręgi wzorcowe (Rysunek 3.12.2a). Powinny mieć tą samą, umiarkowaną liczbę wierzchołków — ja pozostawiłem po 7 wierzchołków w każdym łuku.

[1] Były za wąskie, by pomieścić odpowiedni okrąg. Oznacza to, że popełniłem drobny błąd w doborze tego przekroju w poprzedniej sekcji

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

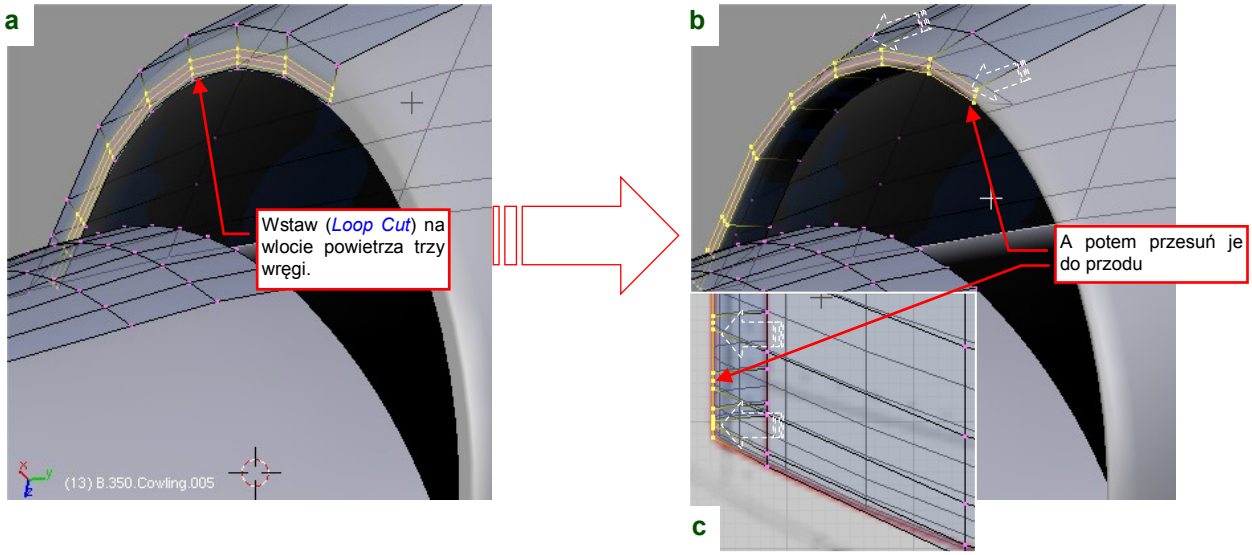
Połącz te dwie dodane wręgi ścianami[1] (*Mesh→Edges→Bridge Edge Loops* — Rysunek 3.12.3a):



Rysunek 3.12.3 Uformowanie podstawowego kształtu osłony chłodnicy

Wstaw w środek osłony dalsze wręgi (*Loop Cut*), i dopasuj uzyskany kształt do obrysu z boku i z góry (Rysunek 3.12.3b). Dodaj kilka podłużnic przy bocznej krawędzi, i dopasuj dokładnie siatkę do jej obrysu.

Umieść kursor 3D w środku przedniego wzorcowego okręgu. (w *Object Mode*: zaznacz okrąg, potem naciśnij **Shift**-**S**, i wybierz *Cursor to Selected*). Następnie wytłocz (*Extrude*, *Scale*) krawędź wlotu powietrza w płaską ścianę przedniej wręgi. Wstaw do wnętrza tak utworzonej ściany trzy nowe wręgi (Rysunek 3.12.4a):



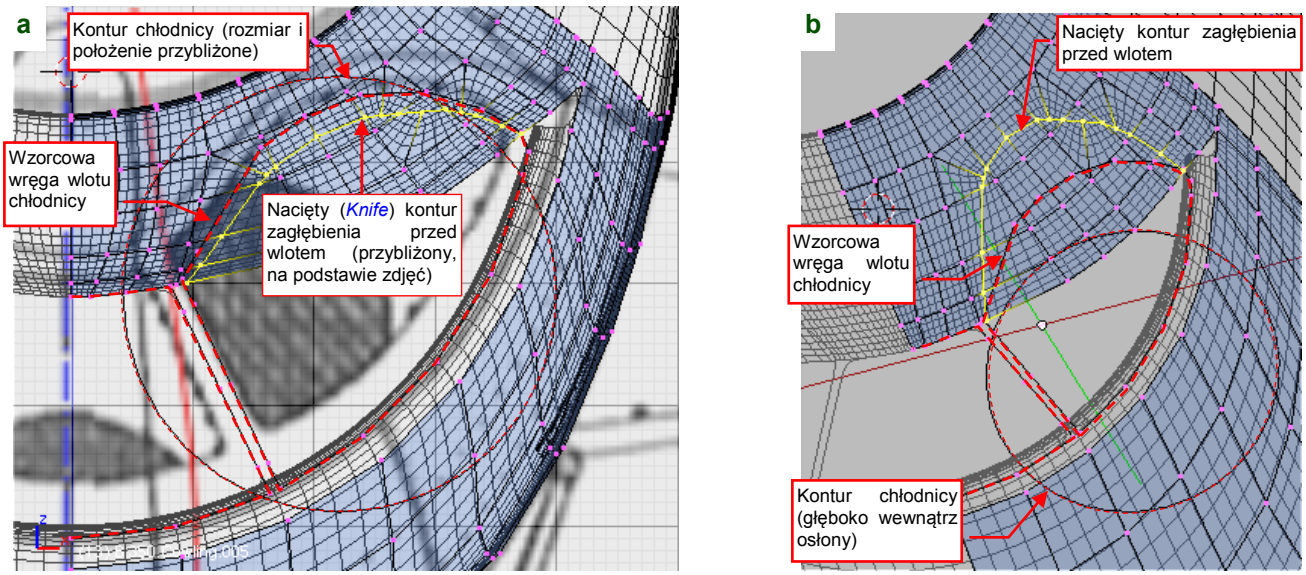
Rysunek 3.12.4 Utworzenie zaokrąglenia na wlocie

Potem przesuń je do przodu. To wystarczy, by powstała krawędź wlotu, zaokrąglona niewielkim promieniem (Rysunek 3.12.4b, Rysunek 3.12.4c).

Przygotowując się do uformowania obszaru przed wlotem powietrza, umieść wewnątrz osłony dwa pomocnicze elementy. Pierwszym z nich jest kontur chodnicy. Wstaw go jako odrębny obiekt. Jest to okrąg, gdyż wszystkie chłodnice w P-40 miały kształt walca (Rysunek 3.12.5). Drugim pomocniczym elementem jest wzorcowa wręga, dodana do siatki na poziomie wlotu powietrza. Będzie wyznaczać docelowe położenie dla wierzchołków formo-

[1] Można to także zrobić w inny sposób: wytłoczyć (*Extrude*) krawędź wlotu w krawędź wylotu. Po takim wytłoczeniu należałoby dopasować końcową wręgę do wzorocowego okręgu — np. poprzez skalowanie. Wydaje mi się że obydwie metody są tak samo pracochłonne.

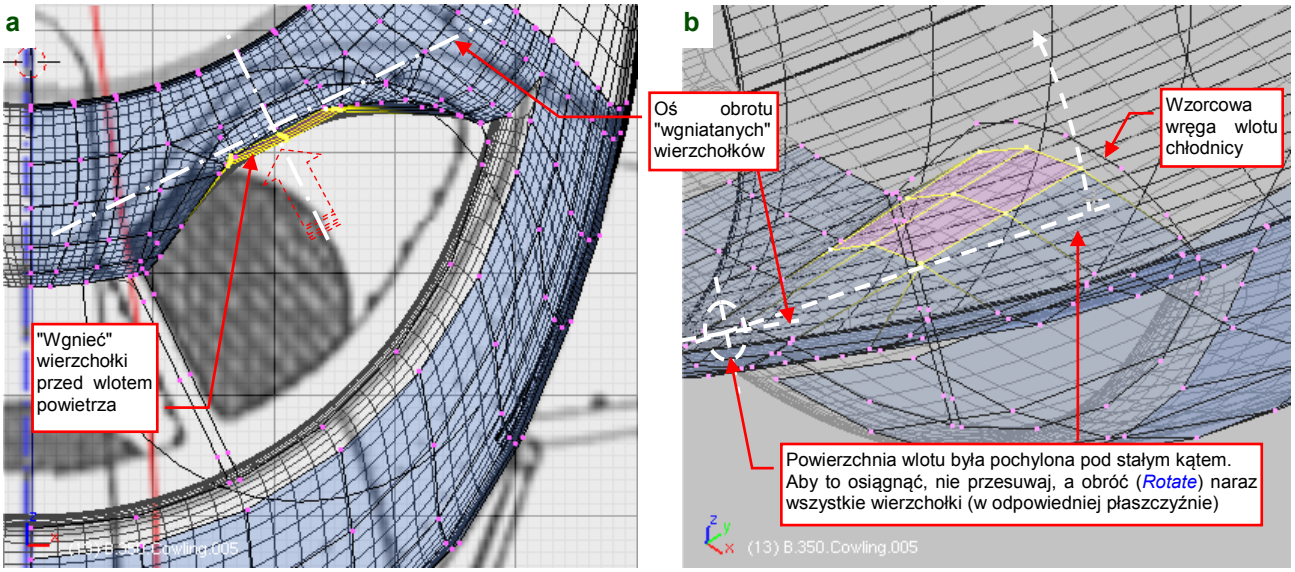
wanej powłoki. Stwórz ją poprzez skopiowanie aktualnej wręgi wlotu. Potem wstaw w tę linię dodatkowe wierzchołki, i uformuj z niej właściwy kontur wlotu (w rzucie z przodu — Rysunek 3.12.5a). Nie zapomnij także o zarysie ścianek, oddzielających kanał chłodnicy glikolu i oleju:



Rysunek 3.12.5 Nacięcie konturu zagłębienia przed wlotem powietrza

Zarysy obydwu obiektów pomocniczych pozwolą Ci zorientować się co do kierunku zagłębienia przed wlotem powietrza[1]. (Biegł lekko pochylony do dołu i ukośnie w bok). Teraz w rzucie z przodu natnij (*Knife*) granice zagłębienia przed wlotem (Rysunek 3.12.5a).

Przesuń teraz do wnętrza kadłuba wierzchołki, znajdujące się wewnątrz tego konturu zagłębienia (Rysunek 3.12.6a) — aż do wręgi wzorcowej. Zrób to tak, by powierzchnia wewnątrz wgłębienia wyglądała jak fragment stożka (Rysunek 3.12.6b).



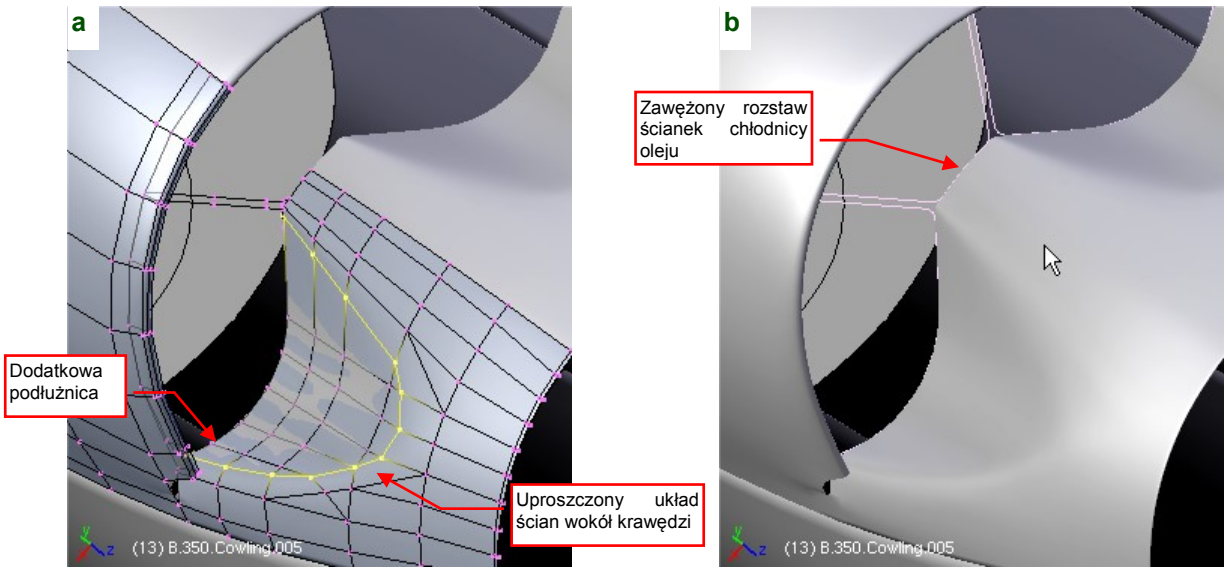
Rysunek 3.12.6 Ukształtowanie wklęsłych powierzchni przed wlotami — przesuwanie wierzchołków

Aby uzyskać stałe pochylenie ścian wewnątrz tego zagłębienia, zamiast przesuwać pojedyncze wręgi lepiej obróć cały ich zespół. Wcześniej tylko ustaw płaszczyznę aktualnego widoku (obrotu) prostopadle do krawędzi wgłębienia (Rysunek 3.12.6a,b).

[1] Zwróć uwagę, że rozmiar i położenie konturu chłodnicy jest zupełnie inne niż na planach, widocznych w tle ilustracji. Ustaliłem to na podstawie zdjęć. Chłodnice glikolu na rysunkach Mariusza Łukasika są zdecydowanie za małe. (Jacek Jackiewicz ich w ogóle nie narysował).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

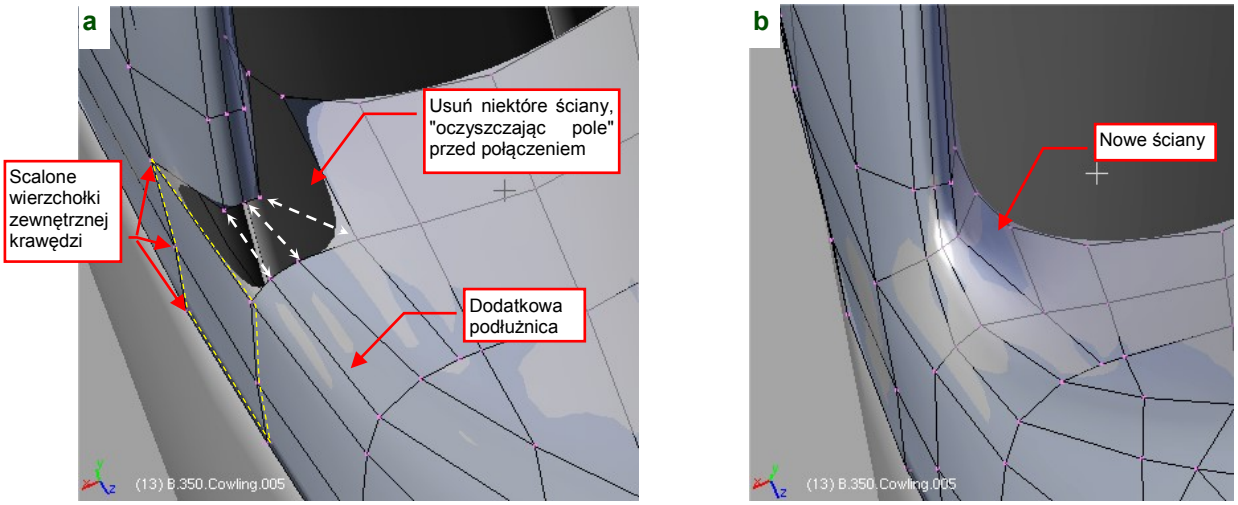
Rysunek 3.12.7 pokazuje wierzchołki przed wlotem powietrza po dosunięciu do wręgi wzorcowej. W trakcie pracy uprościłem (poprzez scalanie) układ ścian wzdłuż krawędzi zagłębienia. W okolicy narożnika konieczne okazało się dodanie jeszcze jednej podłużnicy (Rysunek 3.12.7a):



Rysunek 3.12.7 Ukształtowanie wklęsłych powierzchni przed wlotami — końcowe dopasowania

W trakcie pracy nad wlotem często porównywałem model ze zdjęciami. W takich sytuacjach może się zdarzyć, że dostrzeżesz jakieś nie zauważone wcześniej różnice. Tak było i w tym przypadku — ścianki kanału chłodnicy oleju okazały się zbyt szeroko rozstawione. Trzeba było zsunąć nieco kilka centralnych podłużnic i poprawić zarys wzorcowej wręgi wlotu (Rysunek 3.12.7b).

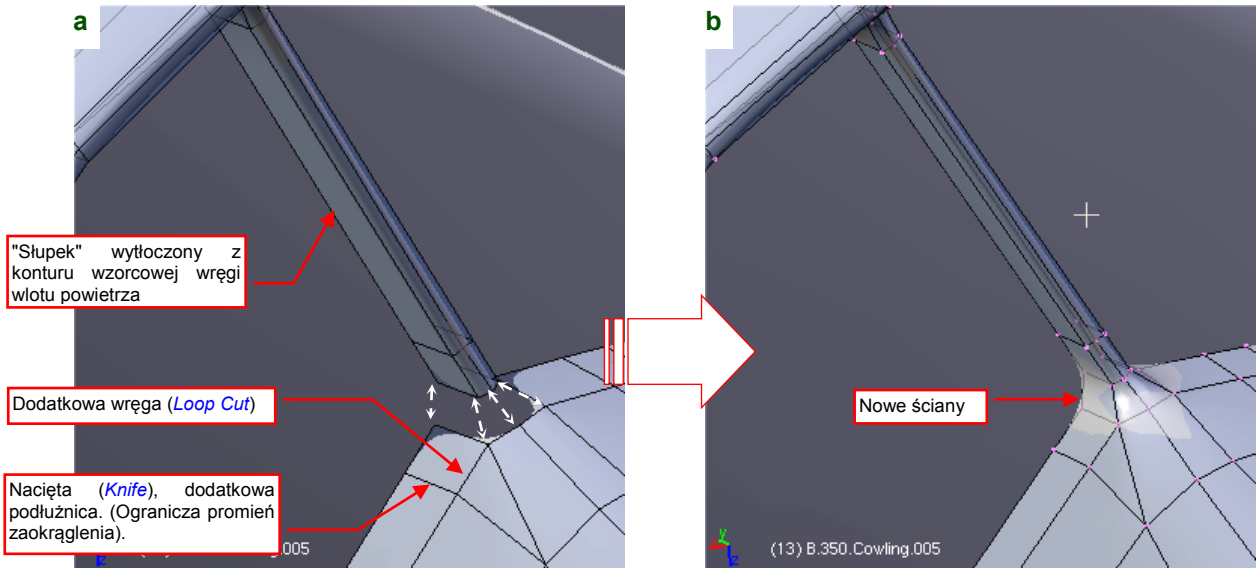
Teraz można połączyć przednią i tylną część osłony, formując zaokrąglony narożnik. To często powtarzający się detal w konstrukcjach lotniczych. Najpierw przygotuj ściany z jednej i drugiej części powłoki tak, by każdy z wierzchołków miał swój odpowiednik "po przeciwnej stronie" (Rysunek 3.12.8a). (W tym przypadku okazało się konieczne dodanie jeszcze jednej podłużnicy, by temu sprostać). Przy okazji możesz już połączyć obydwie powierzchnie tam, gdzie stykają się "na płasko": z boku, w pobliżu zewnętrznej krawędzi (Rysunek 3.12.8a):



Rysunek 3.12.8 Ukształtowanie narożnika wlotu powietrza

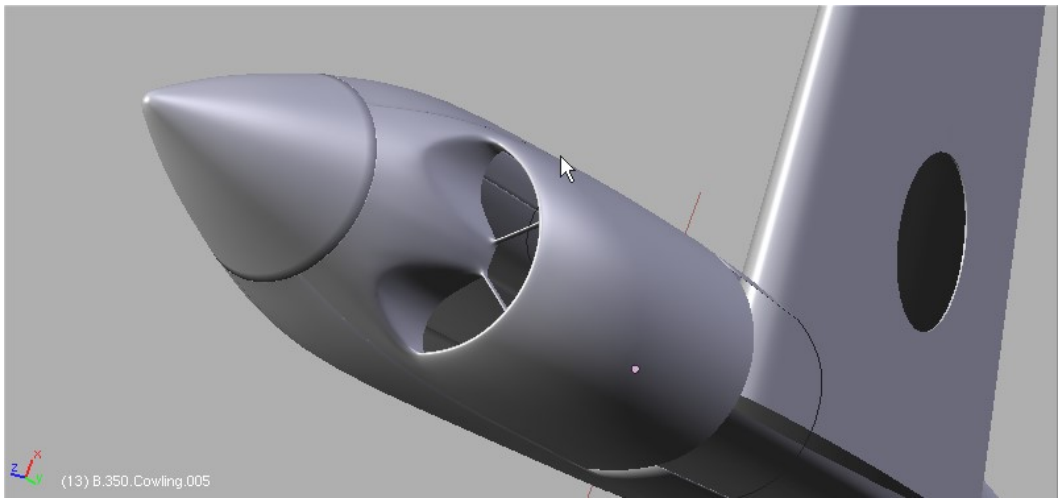
Potem usuń niepotrzebne ściany, przygotowując w ten sposób pole do stworzenia nowych. Muszę przyznać, że najwięcej czasu zajmuje mi przemyślenie, co z czym zostanie połączone, aby uzyskać jak najlepszy układ krawędzi. Potem — pozostaje tylko połączyć przygotowane wierzchołki (Rysunek 3.12.8b). Staraj się unikać ścian trójkątnych, gdyż takie miejsca o dużej krzywiźnie mogą tworzyć nierówności na powierzchni wygładzonej modyfikatorem *Subdivision Surface*.

Teraz można usunąć pomocniczą wręgę z wlotu powietrza — spełniła już swoje zadanie. Pozostaw z niej tylko kontur ściany dzielącej kanały chłodnic. Wytłocz go w zaokrąglony "słupek" (Rysunek 3.12.9a). Przygotuj także odpowiednie wierzchołki u podstawy "słupka". Dodaj nową wręgę, biegnącą tuż przed nim. Natnij (*Knife*) w pobliżu dodatkowe krawędzie, by ograniczyć promień tworzonego zaokrąglenia połączenia (Rysunek 3.12.9a). Na koniec usuń dotychczasowe ściany z tego obszaru i utwórz nowe (Rysunek 3.12.9b):



Rysunek 3.12.9 Wlot powietrza — formowanie początku ściany wewnętrznej

W ten sam sposób ukształtuj połączenie "słupka" z przeciwległą ścianą chłodnicy. Gdy to zrobisz, osłona będzie gotowa (Rysunek 3.12.10):



Rysunek 3.12.10 Gotowa osłona chłodnicy cieczy

Jeżeli obejrzysz model z pliku *P40B-4.12.blend*, na pewno zauważysz że wlot powietrza do chłodnicy jest cofnięty w stosunku do podstawionych tam planów. Tak był położony na oryginalnym rysunku, według którego budowałem ten model. Skoryguję tę różnicę w ostatnich sekcjach tego rozdziału.

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.12.blend* (por. str. 18).

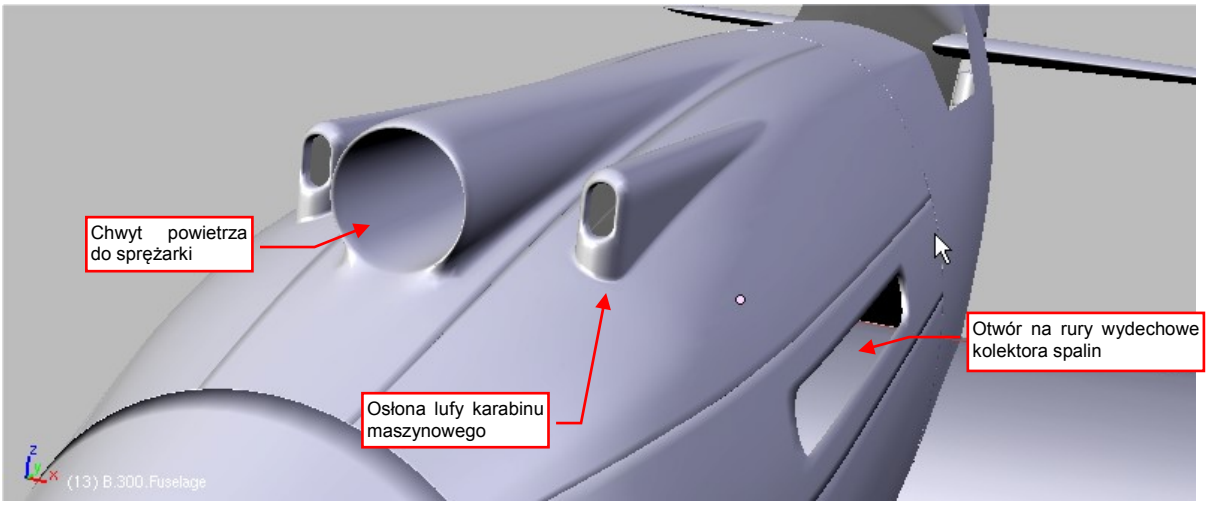
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Podsumowanie

- Zaokrąglenie wokół krawędzi wlotu powietrza najłatwiej uzyskać, wstawiając (*Loop Cut*) w jednej płaszczyźnie trzy wręgi blisko siebie. Potem tylko przesuń je do przodu na odpowiednią odległość (str. 164);
- Przy formowaniu wklęsłych fragmentów kadłuba (jak przed wlotem powietrza do chłodnicy w P-40B/C), warto dodać krawędź wzdłuż granicy takiego zagłębienia (str. 165);
- Narożniki ścian wlotów należy najpierw starannie przygotować, aby poszczególne wierzchołki miały swoje odpowiedniki "po przeciwnej stronie" (str. 166). Staraj się tak uformować te fragment siatki, by składały się wyłącznie z czworokątów;

3.13 Szczegóły osłony silnika

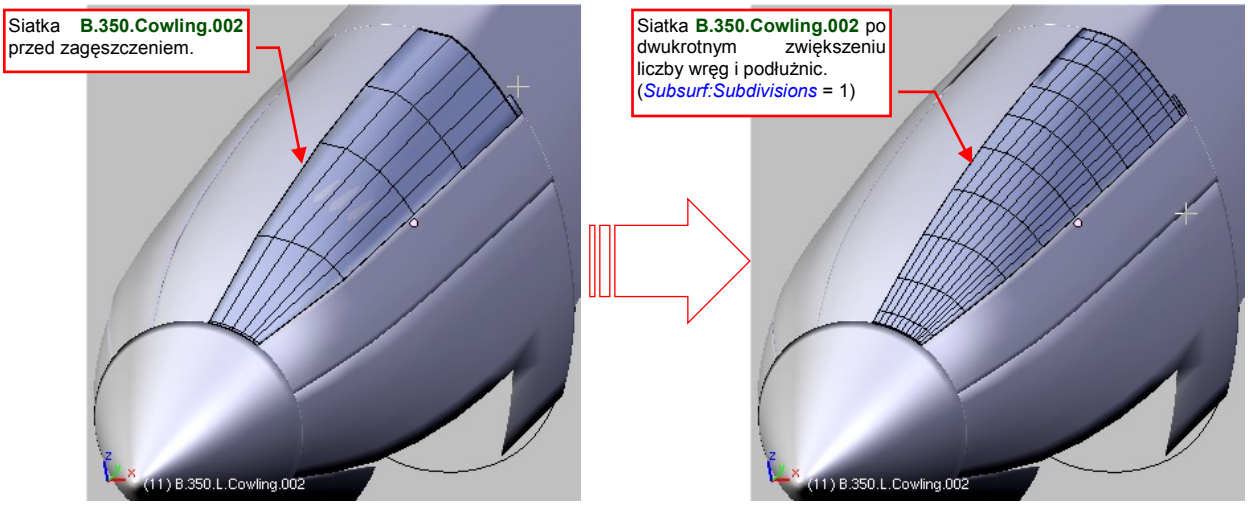
Maska silnika P-40 ma wiele dodatkowych szczegółów: chwyt powietrza do sprężarki i osłony luf nkm u góry, otwory na rury wydechowe kolektora spalin po bokach (Rysunek 3.13.1). W tej sekcji pokażę, jak można wkomponować te elementy w siatki poszczególnych paneli, by tworzyły z nimi jedną całość. (Czyli tak, jak w prawdziwym samolocie).



Rysunek 3.13.1 Szczegóły osłony silnika

Najtrudniejszym chyba do wykonania elementem w tej sekcji jest osłona lufy karabinu maszynowego. Wygląda dość niepozornie w porównaniu z chwytem powietrza do silnika, ale to tylko pierwsze wrażenie. Chwyt płynnie "zlewa" się ze swoim panelem. Obudowa karabinu — przeciwnie, do końca zachowuje wyraźną krawędź o drobnym, ale istotnym zaokrągleniu. Jak tu takie zaokrąglenie połączyć z resztą panelu, by nie zaburzyć jego dotychczasowego kształtu? W osłonach silników myśliwców z okresu II Wojny Światowej (Messerschmit, Jak, ŁaGG, Dewoitine) często występuje negatyw tego elementu — zagłębienie na lufę karabinu maszynowego. Obydwie — i wypukłą osłonę, i wklęsłe zagłębienie — wykonuje się w ten sam sposób.

Najpierw zagęść siatkę **B.350.Cowling.002** (przycisk *Apply* na modyfikatorze *Subsurf*) zwiększając dwukrotnie liczbę wręg i podłużnic (*Subsurf:Subdivisions* = 1, Rysunek 3.13.2). (Trzeba to zrobić, aby dodanie do siatki krawędzi otworu pod osłonę karabinu spowodowało jak najmniejsze zmiany kształtu. W ten sposób zwiększysz jej liczbę ścian i zbliżysz kształt do wygładzonej powłoki).

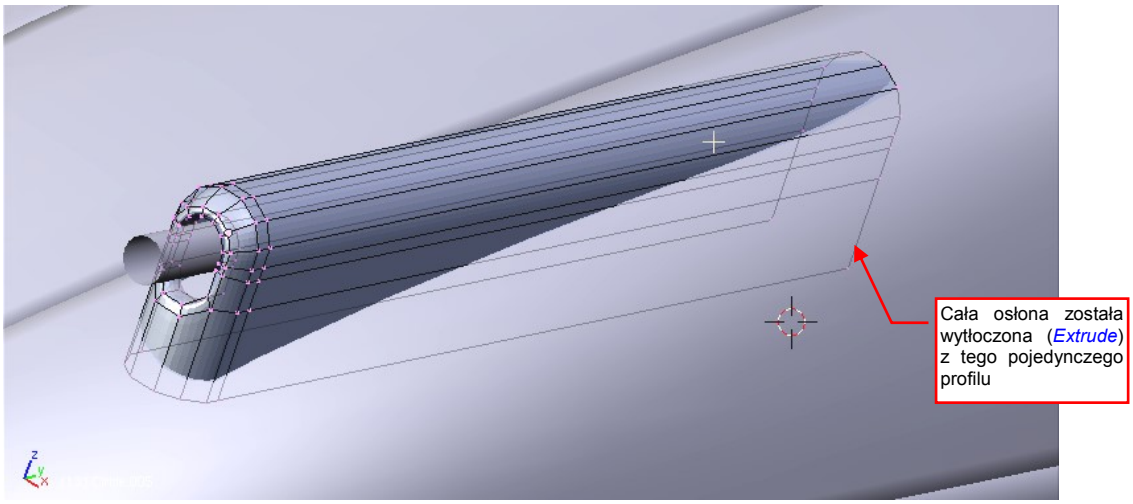


Rysunek 3.13.2 Przygotowanie do "wycięcia" otworu — dwukrotne zagęszczenie siatki panelu osłony silnika

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

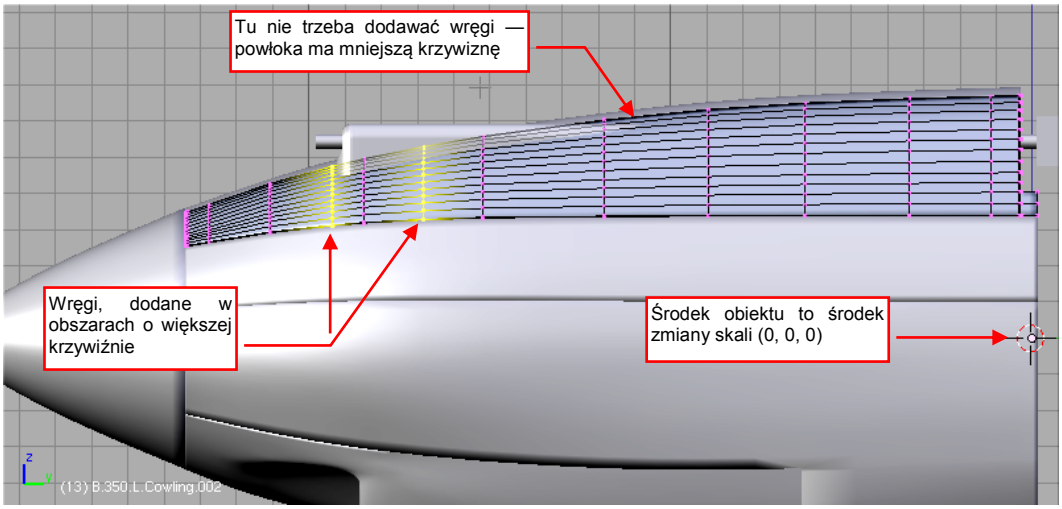
Uważaj na krawędzie zewnętrzne panelu. W wyniku utrwalenia modyfikatora *Subsurf* gubią informację o ostrości (*crease*), i trzeba ją ponownie przypisywać.
Po dwukrotnym zagęszczeniu siatki możesz do niej ponownie dodać modyfikator *Subsurf*, ale tym razem z mniejszym poziomem podziału — *Subsurf:Subdivisions* = 1. Wcześniej, dla rzadkiej siatki, stosowaliśmy dwukrotnie większą liczbę podziałów — *Subdivisions* = 2. W ten sposób ostateczna liczba ścian wygładzonej powierzchni nie uległa zmianie.

Wykonaj teraz podstawowy kształt osłony karabinu maszynowego poprzez wytłoczenie prostego przekroju o kształcie odwróconego "U", (Rysunek 3.13.3). Umieść ten obiekt we właściwym miejscu. Nie będziemy mu nadawać specjalnej nazwy, bo za chwilę i tak zostanie scalony z panelem. Na razie jest nam potrzeby jako odrębna siatka, by można było wyznaczyć jego krawędź przecięcia z osłoną silnika:



Rysunek 3.13.3 Wytłoczony kształt osłony (przed odcięciem niepotrzebnych części ścian)

Przejdź z powrotem do edycji panelu pokrywy silnika. Przyjrzyj się, jak układają się linie siatki w względem osłony karabinu. Podłużnice w siatce wydają się być odpowiednio "gęste", ale wręgi wymagają uzupełnienia. Dodaj (*Loop Cut*) do panelu dwie nowe krawędzie (Rysunek 3.13.4). Ich wstawienie zmieni nieco kształt najbliższego otoczenia na siatce (w każdą stronę do drugiej wręgi). Dopasuj granice tego panelu do krawędzi sąsiednich osłon za pomocą drobnych zmiany skali wręg w kierunku **Y** i **Z**. Środek zmiany skali powinien leżeć na osi samolotu (np. w punkcie 0,0,0):

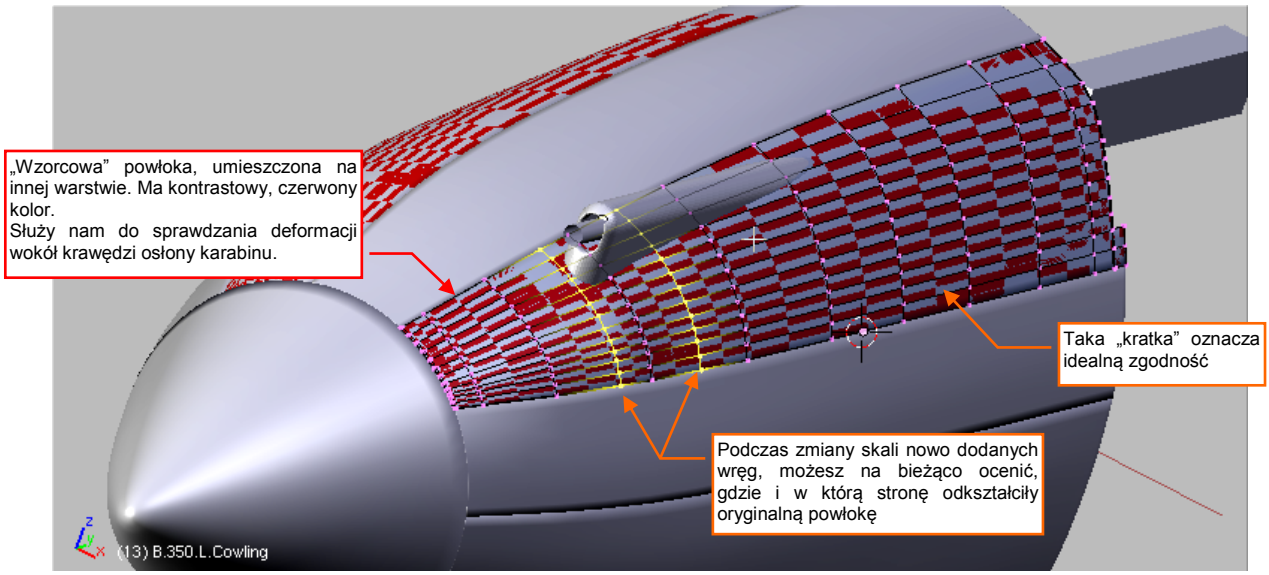


Rysunek 3.13.4 Wstawienie dwóch nowych wręg do panelu osłony silnika

Dzięki temu, że wcześniej podzieliliśmy maskę silnika na kilka fragmentów, łatwiej jest teraz wykonywać takie lokalne zagęszczenia siatki. Wstawiasz nowe wręgi w jeden panel, i nie musisz się zupełnie przejmować pozostałymi. Mogą mieć inny układ ścian — w zależności od tego, co zawierają.

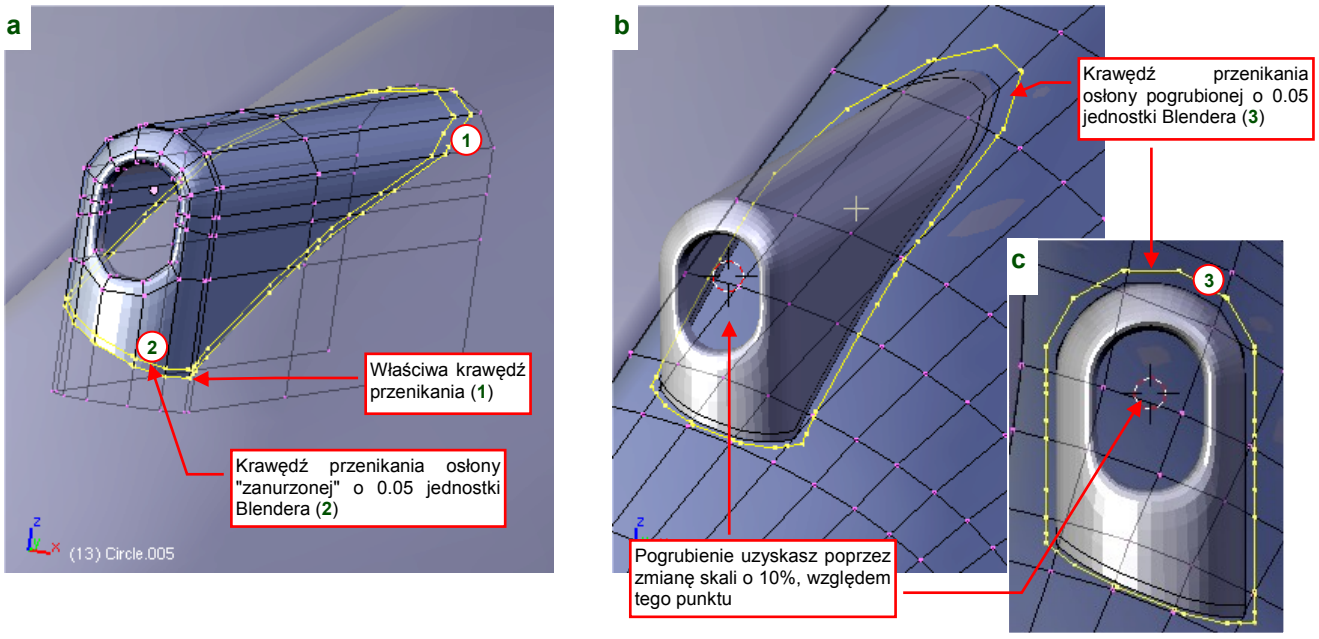
Do dalszej pracy będziemy potrzebować lepszego sprawdzianu, pokazującego gdzie kształt modyfikowanej powłoki uległ zmianie. Dotychczas stosowaliśmy metodę "na oko", teraz po każdej operacji będziemy porównywać wynik z oryginalnym kształtem.

Wzorzec, z którym będziesz się porównywać, mogłeś stworzyć jeszcze przed dodaniem nowych wręg. Jeżeli tego nie zrobiłeś wcześniej — zrób to teraz. Skopiuj panel w nowy obiekt (Shift-D, *Duplicate* — str. 302). Umieść go na innej warstwie (M, szczegóły — str. 317), aby ułatwić wyświetlanie i ukrywanie. Nadaj temu wzorcowi kontrastowy, czerwony kolor. (Utwórz na potrzeby tego i następnych wzorców specjalny materiał i nazwij go **Artifical** — szczegóły na str. 389). Rysunek 3.13.5 pokazuje przykład wykorzystania "czerwonego wzorca". Podczas dopasowywania do oryginalnego kształtu, obserwuj uważnie, kiedy szara, modyfikowana powłoka, zniknie pod czerwoną. Staraj się ją ukształtować tak, by była tuż powyżej lub tuż poniżej tego punktu:



Rysunek 3.13.5 Dopasowywanie zmodyfikowanej powłoki panelu do powłoki wzorcowej (wzorzec jest w kolorze czerwonym)

Osłona karabinu była wytłoczona z tego samego kawałka blachy, co okapotowanie silnika. Krawędź łącząca te dwie powłoki musi być zaokrąglona. Przybliżymy ten efekt przekrojem o kształcie 90º łuku za pomocą krzywej podziałowej opartej o przekrój złożony z trzech punktów. Dlatego wyznaczymy (za pomocą skryptu *Intersection*, str. 308) nie jedną, a trzy krawędzie przenikania:



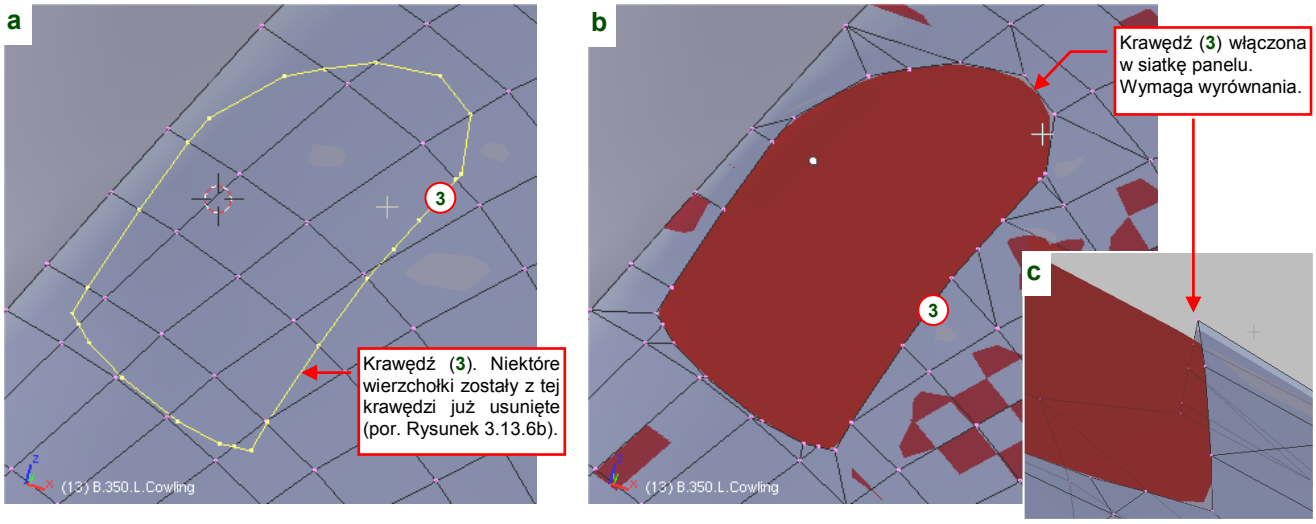
Rysunek 3.13.6 Zaokrąglona krawędź połączenia wymaga wyznaczenia trzech krawędzi przecięcia

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Pierwszą krawędź (**1**) na osłonie karabinu utwórz jako zwykłą krawędź przecięcia z pokrywą silnika. Aby wyznaczyć kolejną (krawędź **2**, Rysunek 3.13.6a) — przesuń na chwilę osłonę karabinu o 0.05 jedn. Blendera do dołu. Wyznacz krawędź (**2**) tak samo, jak wyznaczyłeś krawędź (**1**). Potem przesuń osłonę karabinu z powrotem na stare miejsce.

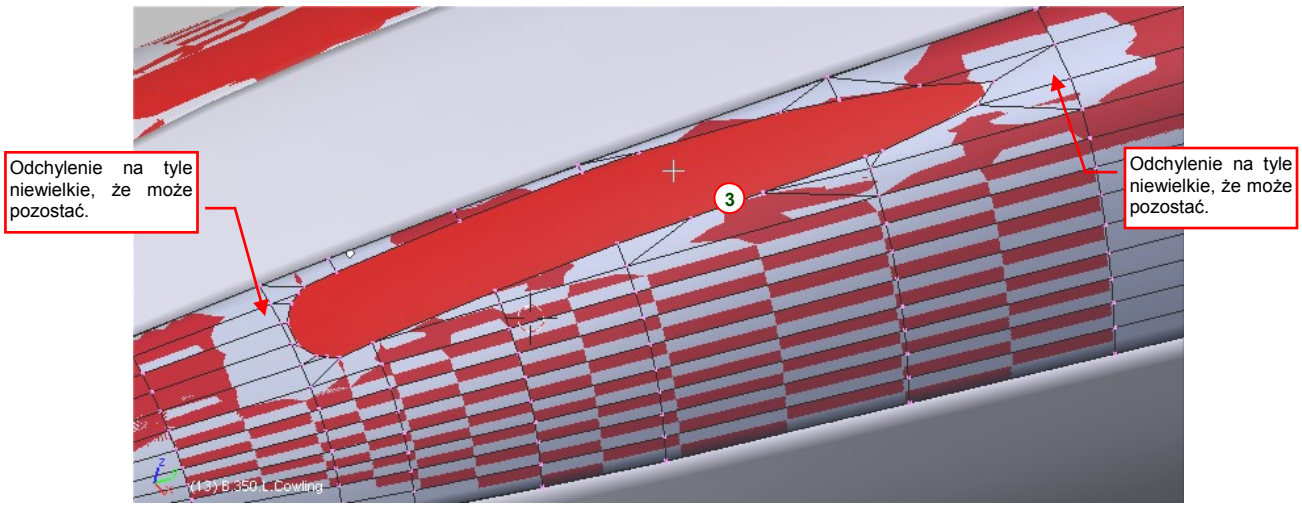
Trzecią krawędź (**3**) wyznacz jako linię przenikania pokrywy z "pogrubioną" o 0.05 jednostki Blendera osłoną karabinu (Rysunek 3.13.6b,c). Aby ją uzyskać, skopiuj na chwilę osłonę karabinu w nowy obiekt (**Shift**-**D**). Pogrub tę kopię we wszystkie strony — np. poprzez zmianą skali względem wskazanego na ilustracji punktu (Rysunek 3.13.6b) o 10%. Wyznacz przecięcie tego obiektu z maską silnika. Przed wywołaniem *Intersection* wskaż najpierw pogrubioną osłonę, a potem pokrywę silnika. W ten sposób rezultat — krawędź przecięcia — zostanie dodana do siatki okapotowania (Rysunek 3.13.7a). Po wyznaczeniu tej linii usuń pogrubiony duplikat osłony karabinu z rysunku, bo nie będziemy już go więcej potrzebować.

Z krawędzi (**3**) wyeliminuj kilka wierzchołków, które nie wnoszą nic nowego do jej kształtu, a tylko niepotrzebnie komplikowałyby siatkę. Następnie usuń z siatki wierzchołki położone w środku konturu (**3**) i zbuduj wokół niego nowe ściany (Rysunek 3.13.7b):



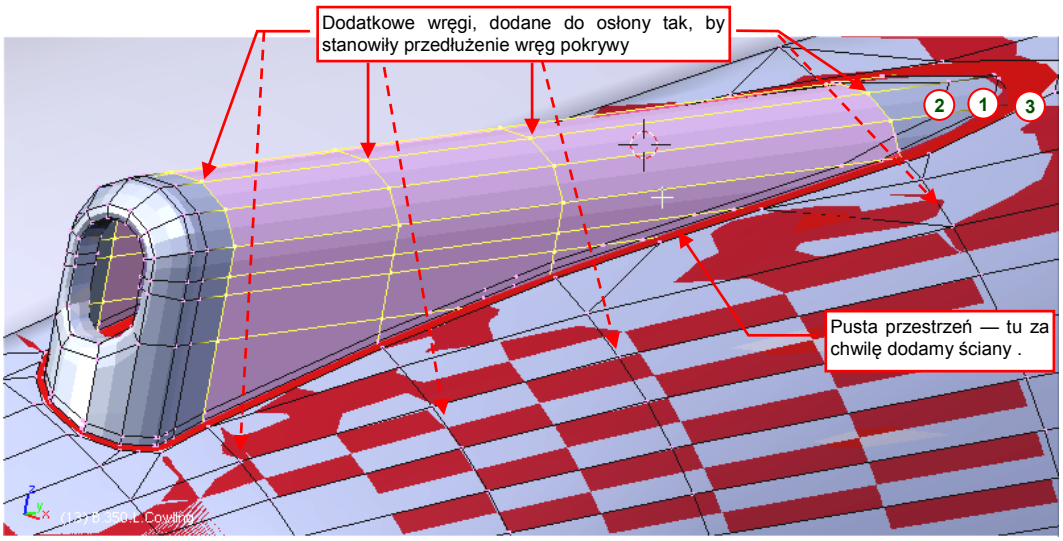
Rysunek 3.13.7 Wycinanie otworu na osłonę karabinu w panelu osłony silnika

Krawędź takiego otworu leży nieco ponad oryginalną powłoką (Rysunek 3.13.7c). Musisz teraz dosunąć jej wierzchołki tak, by różnica kształtu była jak najmniejsza. Sądzę, że najwygodniej jest to zrobić przesuwając je wzdłuż globalnej osi **Z** (**G**,**Z**). Rysunek 3.13.8 pokazuje poprawioną krawędź:



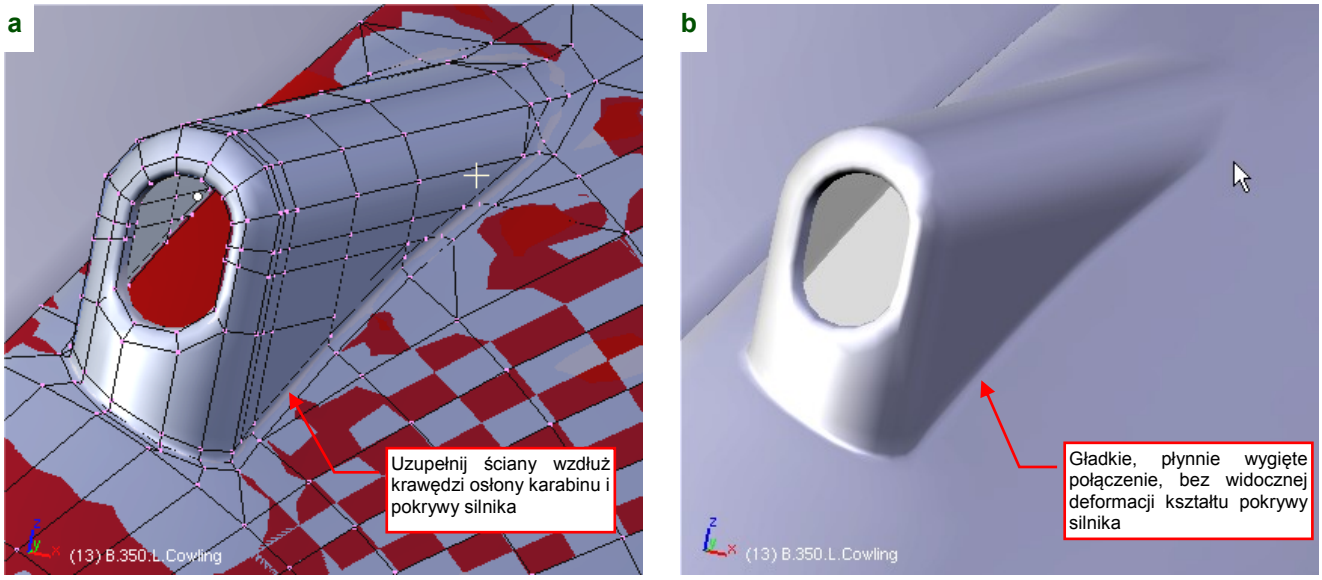
Rysunek 3.13.8 Krawędź otworu po dosunięciu w pobliże powierzchni wzorcowej

Pora teraz włączyć siatkę osłony karabinu w siatkę pokrywy silnika (Ctrl-J, *Object→Join*). Zaraz po dodaniu są to nadal dwie oddzielne powłoki. Wykorzystaj to, by wstawić (*Loop Cut*) w osłonę karabinu kolejne wręgi. Umieść je tak, by każda z nich biegła w tym samym miejscu, co odpowiednia wręga pokrywy silnika (Rysunek 3.13.9):



Rysunek 3.13.9 Wstawienie w powłokę osłony karabinu nowych wręg

Następnie usuń wszystkie niepotrzebne ściany z osłony karabinu. Włącz krawędzie **1**, **2**, **3** w siatkę aby zbudować nowy układ ścian łączący obydwie powłoki (Rysunek 3.13.10a):

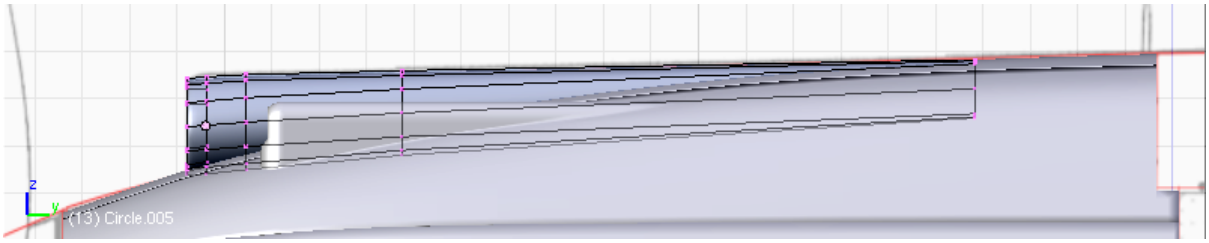


Rysunek 3.13.10 Połączenie powłoki osłony karabinu z powłoką pokrywy silnika

Rysunek 3.13.10b) pokazuje osiągnięty rezultat: gładka, zaokrąglona krawędź wokół osłony karabinu, przy zachowaniu oryginalnego kształtu pokrywy silnika wokół tego elementu. I o to chodziło! Gdy będziesz miał wykonać w jakimś innym modelu wgłębienie na lufę karabinu — zrób to w ten sam sposób. Po prostu zamiast wypukłej osłony włączysz w siatkę jej negatyw — wklęsłe "korytko".

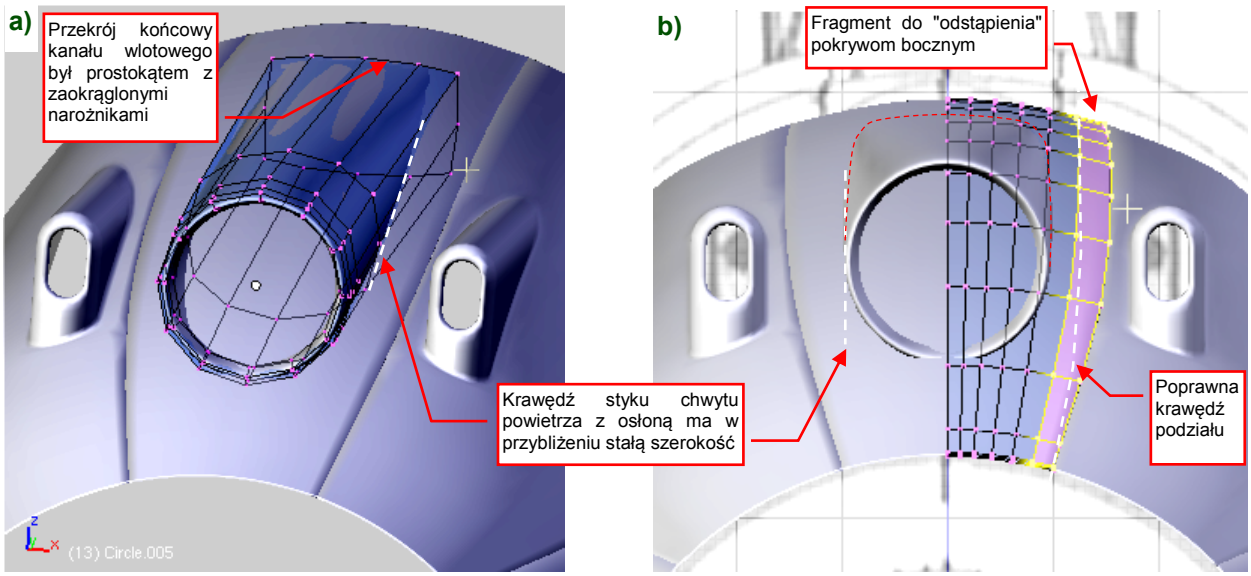
Czas na kolejny element do scalenia z osłoną silnika: chwyt powietrza do sprężarki. Podobnie jak osłony karabinów, element ten stopniowo "zanurza" się w kadłubie. Choć zaczyna się przekrojem kołowym, to szerokość jego krawędzi przenikania z osłoną silnika jest stała (Rysunek 3.13.12b). Aby uzyskać taki efekt, końcowy przekrój chwytu musiał być zbliżony do prostokąta (Rysunek 3.13.12a). Wytłocz więc właśnie taki podstawowy kształt (Rysunek 3.13.11). Na początku będzie to oddzielny obiekt, aby można było wyznaczyć jego krawędź przecięcia z pokrywą silnika.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.



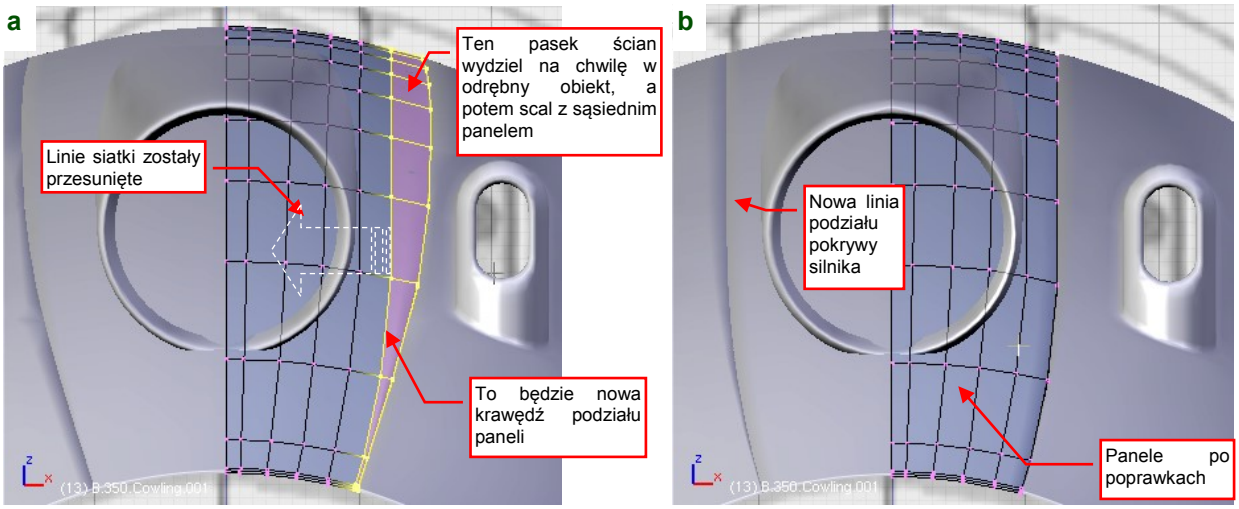
Rysunek 3.13.11 Podstawowy kształt chwytu powietrza do sprężarki

Gdy dosunąłem wytłoczony chwyt powietrza do kadłuba, zauważyłem błąd, popełniony wcześniej. Krawędź podziału pokryw silnika powinna być o jakieś 2 cm węższa (z obydwu stron — Rysunek 3.13.12b). Takie sytuacje zdarzają się podczas modelowania, więc przerwę na chwilę i opowiem, jak sobie z tym poradzić.



Rysunek 3.13.12 Chwyt powietrza do sprężarki — "przymiarka" do pokrywy silnika

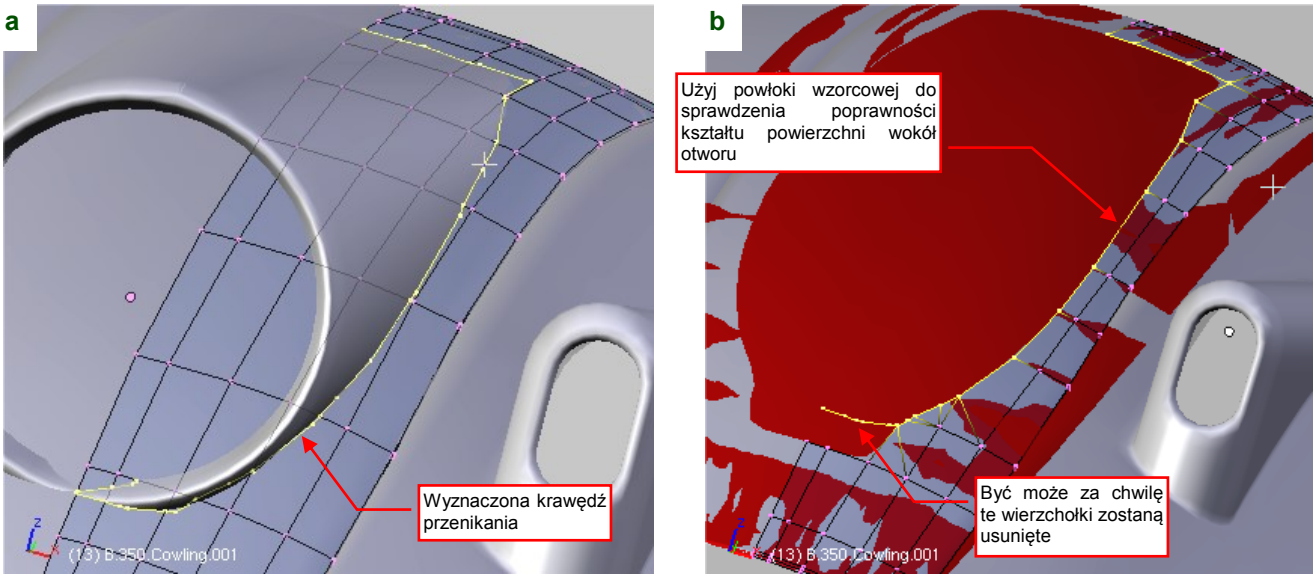
Poprawienie tego błędu wymaga niewielkiego przesunięcia wszystkich podłużnic siatki do wnętrza, połączonego z ich wyprostowaniem (Rysunek 3.13.13a). Następnie zaznacz ściany "do odstąpienia" i wydziel (P, *Separate*) je na chwilę w odrębny obiekt. Scal go zaraz z sąsiednim panelem (**B.350.Cowling.002**). Trochę przy tej okazji jest pracy z usuwaniem i powtórnym tworzeniem krawędzi na "grubość blachy". (Pamiętasz? Umieszczaliśmy je wzdłuż wszystkich krawędzi podziału pokrywy silnika.) Rysunek 3.13.13b przedstawia rezultat operacji:



Rysunek 3.13.13 Poprawianie krawędzi panelu pokrywy silnika

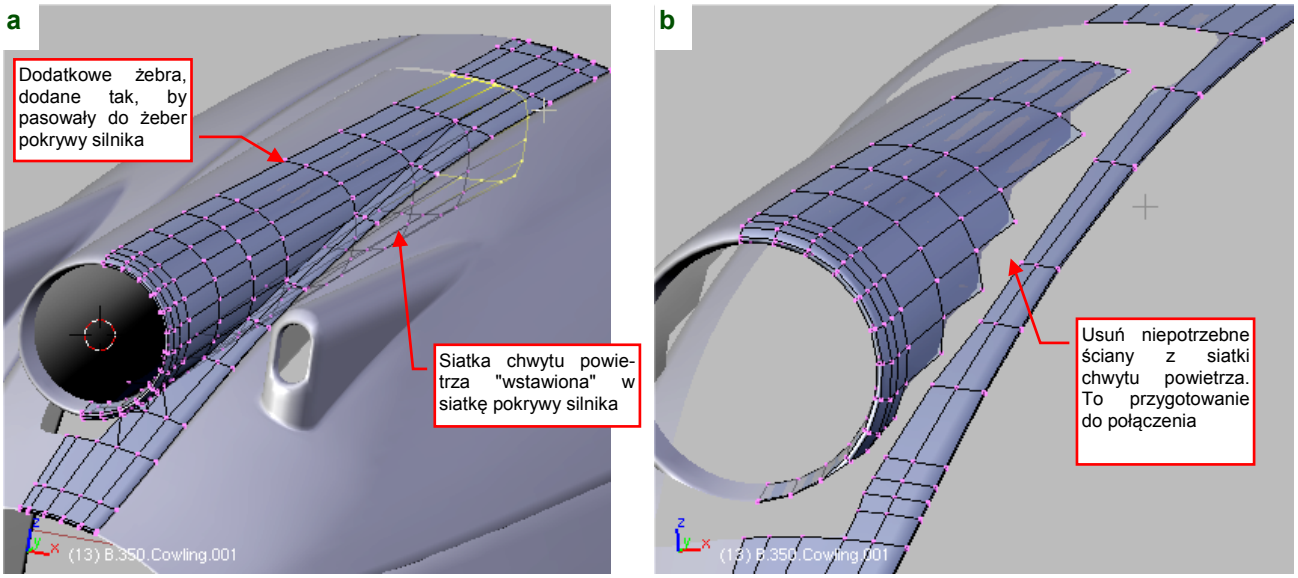
Bardzo pomocna przy tego typu drobnych poprawkach kształtu osłony silnika jest powłoka wzorcowa. Proponuję zachować ją także na przyszłość, bo nigdy nie wiadomo, kiedy jeszcze będziemy jej potrzebować.

Wróćmy do przerwanego na czas poprawki formowania chwytu powietrza. Początkowy kształt wytłoczyliśmy z dwunastoboku (por. Rysunek 3.13.12a). Dzięki niewielkiej liczbie wierzchołków nie mieliśmy zbyt dużo pracy z przekształcaniem okręgu w prostokąt. Aby teraz uzyskać "gładsze" zaokrąglenie wlotu, zagęść tę siatkę dwukrotnie (*Subsurf:Apply*, dla *Subsurf:Subdivisions* = 1). Zwiększenie liczby podłużnic ułatwi także jej przyszłe złączenie z pokrywą silnika.
W P-40 chwyt powietrza płynnie "wtapiał" się w górną część pokrywy silnika. Formowanie takiego przypadku jest prostsze, niż wykonanej wcześniej osłony karabinu. Zamiast trzech krawędzi przecięcia wystarczy tu tylko jedna, zamieniona na otwór w oryginalnej powłoce. Przygotuj kopię górnego panelu pokrywy silnika. Nadaj jej nazwę **B.350.T.Cowling.001**. Posłuży nam jako wzorzec pokrywy przed deformacją. Następnie wyznacz (*Intersection*) linię przenikania chwytu powietrza i osłony silnika. Zrób to tak, by rezultat stał się częścią siatki panelu, a nie chwytu (Rysunek 3.13.14a):



Rysunek 3.13.14 Wykonanie otworu na chwyt powietrza w górnej części pokrywy silnika

Korzystając z wyznaczonej krawędzi przecięcia, zmień układ ścian panelu, tworząc otwór na chwyt powietrza (Rysunek 3.13.14b). Następnie wstaw siatkę chwytu w pokrywę silnika (Rysunek 3.13.15a):

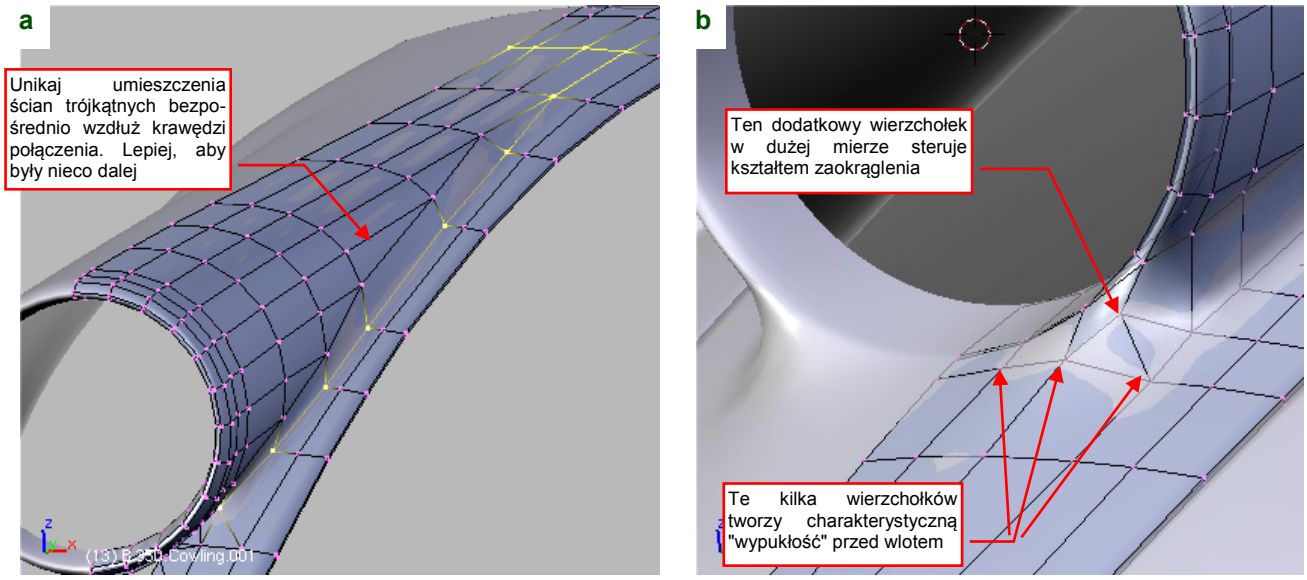


Rysunek 3.13.15 Wstawienie siatki chwytu powietrza do siatki pokrywy silnika

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Zaraz po wstawieniu, dodaj (*Loop Cut*) do powłoki chwytu powietrza dodatkowe wręgi. Tak samo jak w przypadku osłony karabinu, rozmieść je tak, by "spotkały" się z poszczególnymi wręgami osłony silnika (Rysunek 3.13.15a). Potem usuń niepotrzebne ściany (Rysunek 3.13.15b).

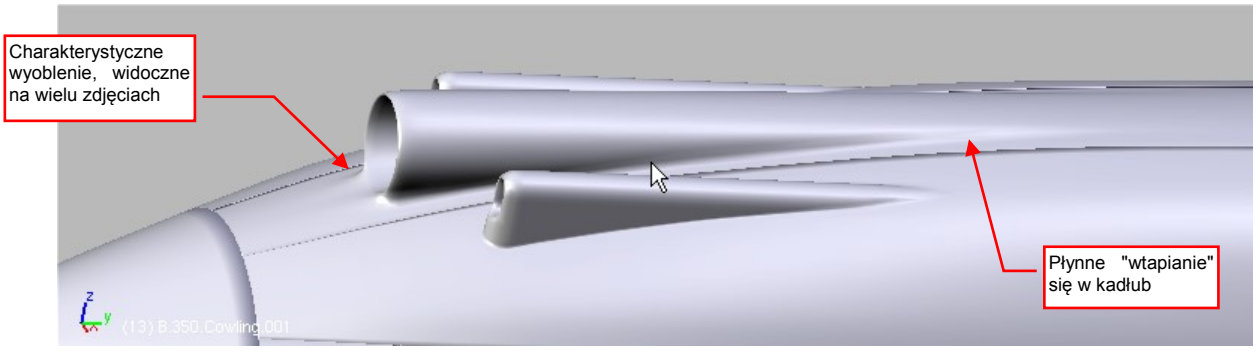
Gdy to zrobiłeś, nie pozostaje nic innego jak tylko zapełnić nowymi ścianami powstałe luki. Zrób to, tylko postaraj się nie umieszczać trójkątnych ścian bezpośrednio przy krawędzi połączenia dwóch siatek. Jeżeli już muszą istnieć, lepiej umieścić je przynajmniej "o jedną ścianę dalej" (Rysunek 3.13.16a):



Rysunek 3.13.16 Połączenie siatki chwytu powietrza z siatką pokrywy silnika

Podstawa wlotu powietrza P-40 miała najniższy punkt na poziomie pokrywy silnika, i charakterystyczne wyoblenia po bokach[1]. Uzyskasz je za pomocą krótkiej, przekątnej krawędzi w ścianie narożnej (Rysunek 3.13.16b). Środkowy wierzchołek tej krawędzi decyduje w dużej mierze o kształcie zaokrąglenia w tym miejscu. Rysunek 3.13.16b) pokazuje także, że w tym narożniku można użyć dwóch ścian trójkątnych.

Chwyt powietrza jest już ukończony (Rysunek 3.13.17). Zwróć uwagę na płynne przejście w kształt pokrywy silnika, szczególnie na końcu osłony chwytu. Z przodu, przed wlotem, widoczne są charakterystyczne wyoblenia, utrwalone na wielu zdjęciach.

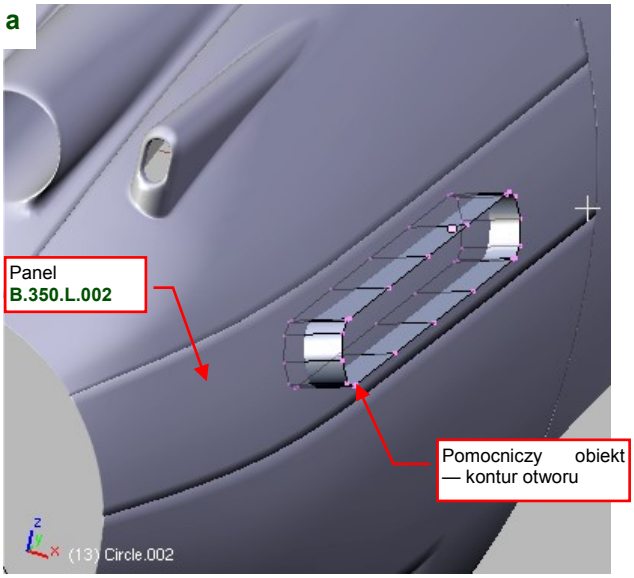


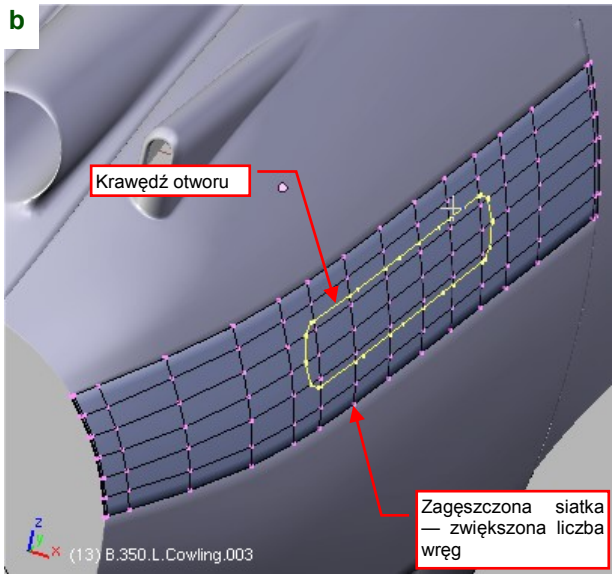
Rysunek 3.13.17 Gotowy chwyt powietrza do sprężarki po scaleniu z górnym panelem osłony silnika

[1] We współczesnych samolotach nie znajdziesz już podobnego chwytu powietrza. Obecnie wszystkie "wysoko wydajne" wloty są odsunięte na pewną odległość od powierzchni kadłuba czy skrzydła. Dlaczego? Dlatego że na opływanej przez powietrze powierzchni tworzy się tzw. warstwa przyścienna. Powietrze porusza się w niej nieco wolniej niż w niezaburzonym otoczeniu. Wokół kadłuba warstwa przyścienna szybko przechodzi z cienkiej, laminarnej, w grubszą, turbulentną. Z punktu widzenia sprężarki warstwa przyścienna to "gorsze" powietrze. Konstruktorzy lotniczy nauczyli się tego dopiero na początku ery odrzutowców. W czasach II Wojny Światowej silniki często "zasysały" powietrze z częścią warstwy przyściennej i były przez to mniej wydajne.

Spośród elementów, które mamy wykonać w tej sekcji, pozostał już ostatni — otwór na kolektor spalin. W porównaniu z osłoną luf karabinów czy chwytem powietrza to naprawdę drobiazg. Wykonuje się go w ten sam sposób, tylko jeszcze prościej.

Zacznij od przygotowania "rury" o kształcie otworu (Rysunek 3.13.18a). To nasz "nóż" do wycięcia "dziury" w panelu **B.350.L.Cowling.003**. Ustaw go w odpowiednim miejscu i pochyl pod odpowiednim katem. (Patrząc na zdjęcia wydaje się, że rury wydechowe kolektora spalin były w rzucie z przodu zadarte lekko do góry. Najprawdopodobniej także ich otwór leżał na podobnie pochylonej płaszczyźnie, mniej więcej prostopadle do ściany pokrywy silnika). Wyznacz krawędź przecięcia tego obiektu z okapotowaniem silnika (Rysunek 3.13.18b). Potem możesz go usunąć, bo nie będzie już potrzebny.

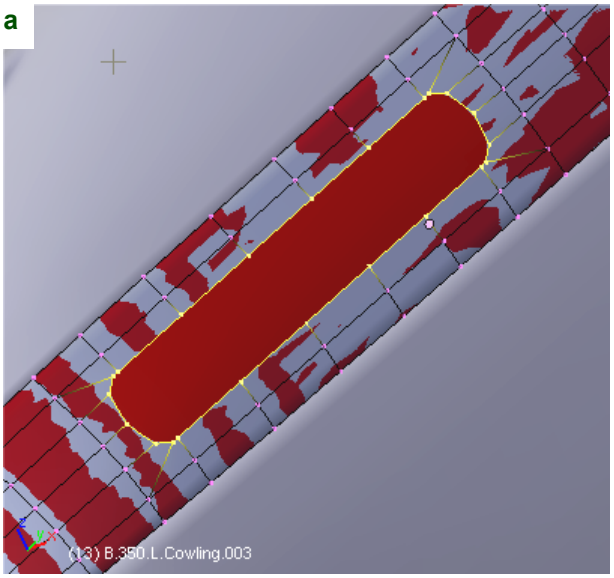


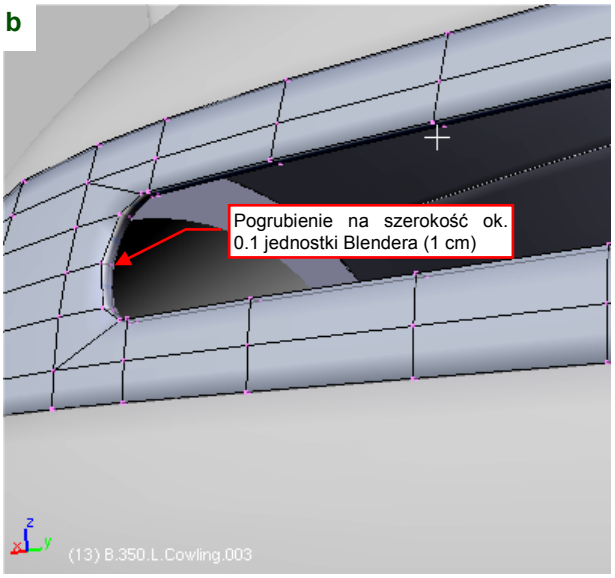


Rysunek 3.13.18 Wyznaczenie krawędzi otworu kolektora spalin

Przygotuj kopię siatki **B.350.L.Cowling.003** jako wzorzec. (Nazwij go **B.350.T.Cowling.003** i nadaj mu "tradycyjny, czerwony kolor" materiału **Artifical**). Wykorzystując ten wzór, zwiększ liczbę wręg na panelu, umieszczając je tam, gdzie znajdą się kluczowe punkty konturu otworu (Rysunek 3.13.18b).

Usuń wierzchołki siatki z wnętrza otworu, i wykorzystując krawędź przecięcia utwórz wokół niego nowy układ ścian (Rysunek 3.13.19a). Powierzchnia tego panelu jest na tyle płaska, że krawędź otworu całkiem dobrze "leży" na wzorcu, i nie wymaga poprawek.



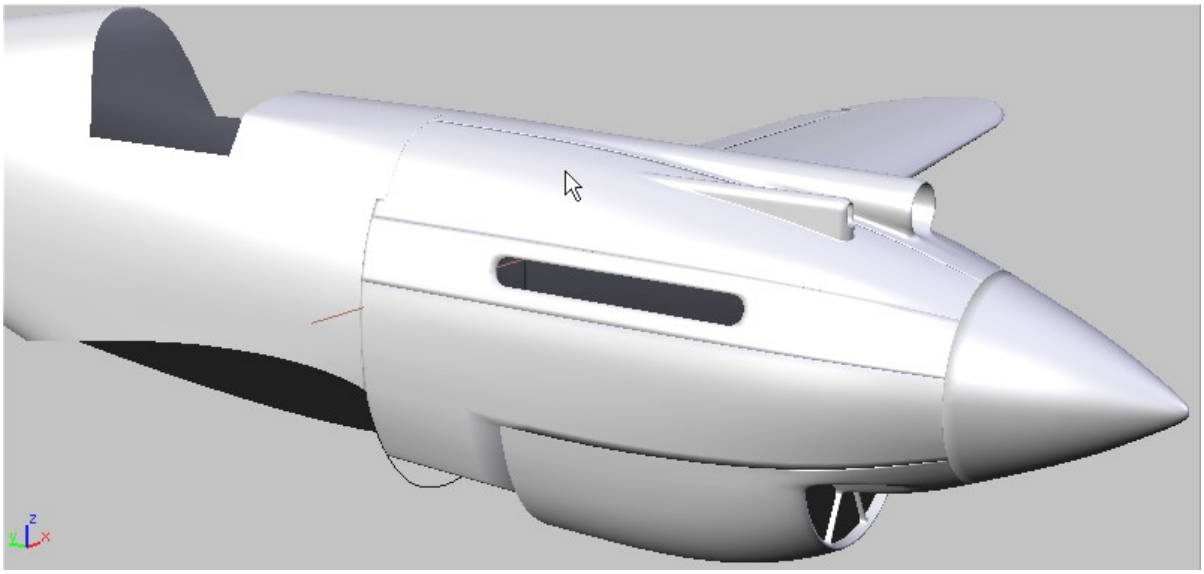


Rysunek 3.13.19 Wykonanie otworu na kolektor spalin, i dodanie pogrubienia ("fazki") na jego krawędzi

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Na koniec zwiększ ostrość (*crease*) krawędzi otworu do 1.0, i wytłocz ją w głąb kadłuba na głębokość ok. 0.1 jedn. Blendera (1 cm w rzeczywistym samolocie) (Rysunek 3.13.19b). (P-40 miał wokół rur wydechowych coś w rodzaju ekranu, aby te elementy, rozgrzewające się podczas pracy do bardzo wysokich temperatur, nie uszkodziły okapotowania silnika).

I to już wszystko, co mieliśmy wykonać w tej sekcji. Rysunek 3.13.20 przedstawia osłonę silnika wraz ze wszystkimi szczegółami.



Rysunek 3.13.20 Panele osłony silnika wraz ze szczegółami

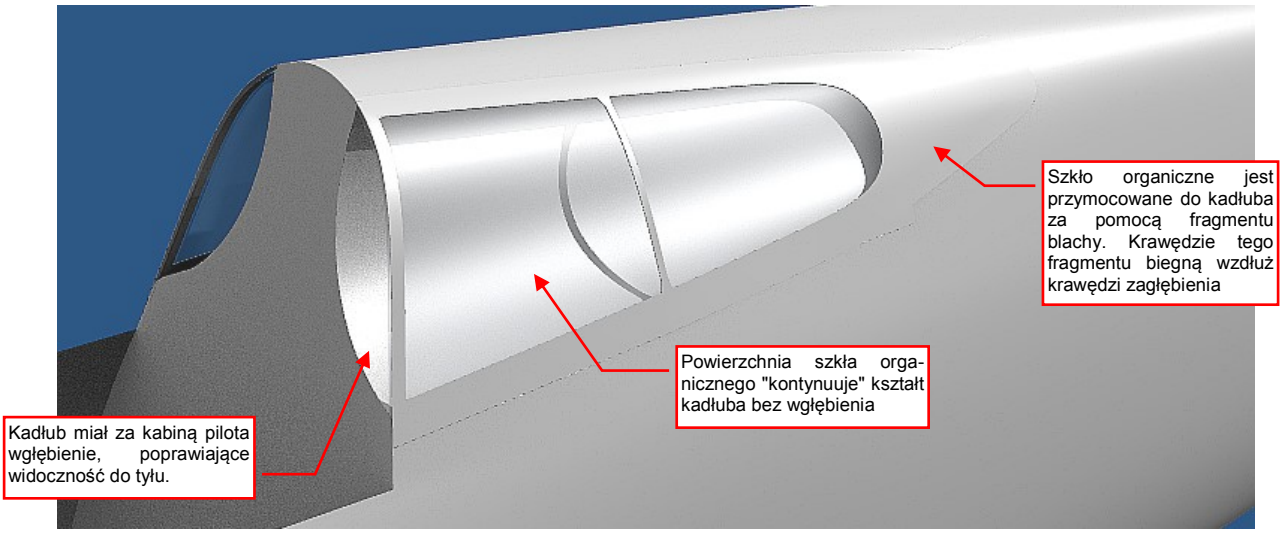
- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.13.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- W tej sekcji wkomponowaliśmy w okapotowanie silnika trzy dość trudne elementy: osłony luf nkm, chwyt powietrza do sprężarki oraz otwór na kolektor spalin;
- Wszystkie takie elementy zaczyna się od uformowania ich podstawowego kształtu. Zagęszczasz (*Subsurf:Apply*) także siatkę powłoki, do której chcesz je dodać. Potem wyznaczasz kontur przecięcia (*Intersection*) ich siatek z powłoką kadłuba. Usuwasz stare ściany z wnętrza uzyskanego konturu i tworzysz ich nowy układ wzdłuż krawędzi przecięcia. W przypadku, gdy chodziło tylko o otwór (np. otwór kolektora spalin), to kończy operację (str. 177);
- Przed taką modyfikacją siatki jak wycięcie otworu, warto stworzyć jej kopię. Będziesz mógł później wykorzystać ten obiekt jako referencję, aby „płożyć” ściany siatki wokół brzegów nowo utworzonego otworu na oryginalnej powierzchni (str. 171);
- Po wykonaniu otworu należy włączyć w siatkę panelu powłokę wykonywanego szczegółu (osłony lufy karabinu, chwytu powietrza). Bezpośrednio po tym połączeniu zwiększ liczbę wręg w jego powłoce, aby dostosować ją do liczby wręg na panelu (str. 175). Potem usuń niepotrzebne ściany z okolic połączenia, i utwórz nowe, wzdłuż krawędzi przecięcia (str. 176)
- Najwięcej kłopotów stwarzają elementy, które w oryginalnej konstrukcji były wytłoczone wraz z panelem z jednego kawałka blachy, z niewielkim promieniem zaokrąglenia wzdłuż krawędzi połączenia. Przykładem takiego detalu jest osłona karabinu maszynowego (str. 171). Zamiast jednej krawędzi przecięcia wymaga wyznaczenia aż trzech. W oparciu o nie utworzysz dwa cienkie paski ścian kontrolnych, połączone wzdłuż właściwej krawędzi przecięcia. Wygładzona powłoka wzdłuż takich ścian utworzy odpowiednie zaokrąglenie (str. 173).

3.14 Osłona kabiny pilota — część tylna

Formowanie oszklenia kabiny pilota proponuję zacząć od tylnych "okien", umieszczonych za zagłówkiem pilota (Rysunek 3.14.1):

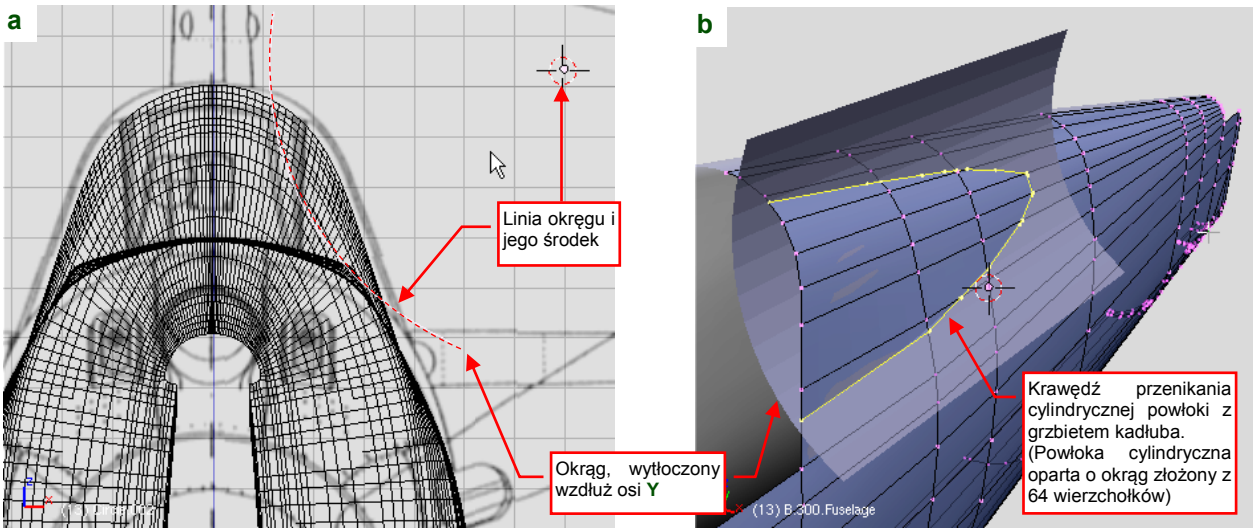


Rysunek 3.14.1 Oszklenie P-40 B/C za głową pilota

Jest to chyba najtrudniejszy fragment z całej osłony kabiny. Po pierwsze, wymaga wkomponowania w kadłub zagłębienia, którego krawędź musi odpowiadać krawędziom oszklenia. Po drugie — oszklenie ponad zagłębieniem ma zachować dotychczasowy kształt kadłuba. Po trzecie, należy na to wszystko nałożyć fragment blachy (ramkę oszklenia), którego kształt także ma być gładką kontynuacją grzbietu kadłuba. Pewną możliwość na ewentualne drobne korekty (poniżej 1mm) pozostawia właśnie ta blacha, a właściwie jej grubość. W końcu na prawdziwym samolocie pokrycie także miewa niewielkie wgłębienia i wypukłości.

Zacznij od stworzenia pomocniczej kopii kadłuba bez wgłębienia. Chodzi tu o referencyjny wzorzec kształtu — podobny do tych, jakie wykorzystywaliśmy do sprawdzania otworów na masce silnika (por. str. 171). Nadaj mu nazwę **B.300.T.Fuselage**.

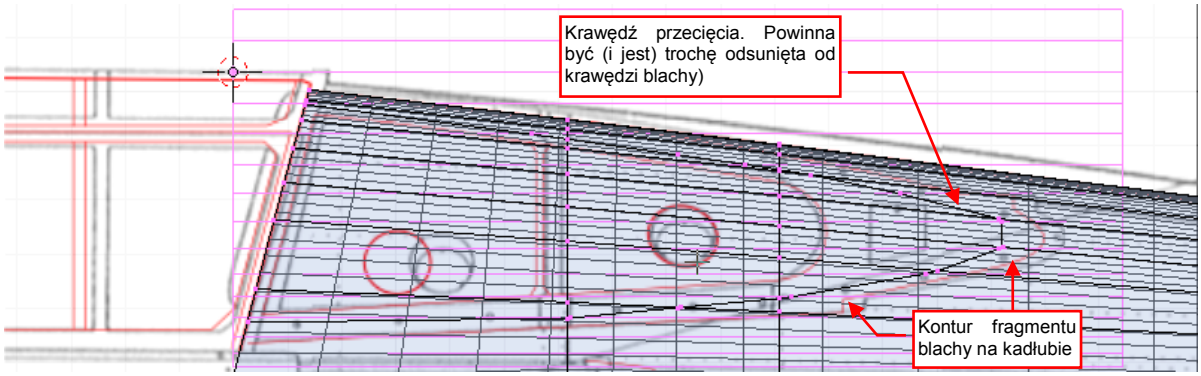
Jaki kształt mogło mieć zagłębienie za nagłówkiem pilota? Spróbowałem zastosować fragment okręgu, którego promień i środek pokazuje Rysunek 3.14.2a). Wytłoczyłem go w fragment walca, i wyznaczyłem krawędź przenikania z grzbietem kadłuba Rysunek 3.14.2b):



Rysunek 3.14.2 Fragment walca — powierzchnia zagłębienia za kabiną pilota

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Promień walca (Rysunek 3.14.2) dobrałem "na oko", na podstawie zdjęć. O dziwo, krawędź przenikania z grzbietem kadłuba już przy pierwszej próbie okazała się całkiem dobra. Leży w odległości mniej więcej 3-4 cm (na oryginalnym samolocie) od zewnętrznego konturu ramki oszklenia (Rysunek 3.14.3):

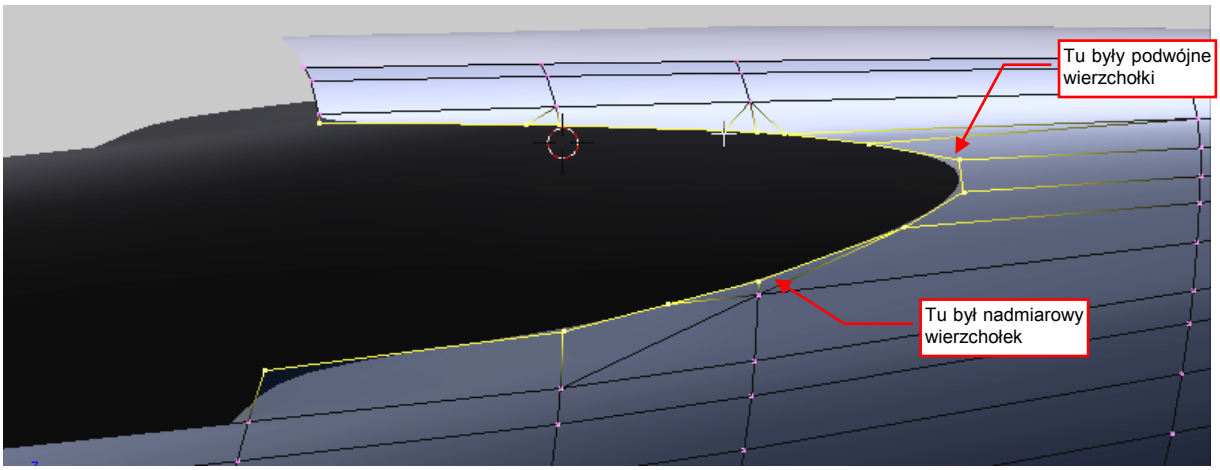


Rysunek 3.14.3 Krawędź zagłębienia dla walca jest zgodna z rzutem z boku

(Blacha, którą przymocowano oszklenie, była przynitowana wzdłuż krawędzi wgłębienia. Musiała być szersza od konturu zagłębienia o "zakładkę" dla szwu nitów).

Muszę przyznać, że liczyłem się z koniecznością wykonania kilku przybliżeń tego wgłębienia. Odchylenia od krawędzi przenikania dwóch powierzchni zależą od błędów kształtu każdej z nich. Zazwyczaj błędy się sumują, a nie znoszą. Zarys konturu blachy, w rzucie z boku, został zweryfikowany ze zdjęciami (por. Tom I), więc jest całkiem niezłym testem. Poprawna krawędź przecięcia może świadczyć o prawidłowym doborze przekroju poprzecznego grzbietu kadłuba[1]. Dlaczego zaproponowałem na kształt wgłębienia fragmentu prostego cylindra? To czysta intuicja, wsparta przypuszczeniami[2].

Skoro ten potencjalnie trudny fragment pracy udało się nam uzyskać tak łatwo, przejdźmy do następnego etapu. Wkomponuj krawędź przecięcia w siatkę kadłuba, usuwając ściany wewnętrzne (Rysunek 3.14.4):



Rysunek 3.14.4 Włączona w siatkę kadłuba uproszczona krawędź przenikania,

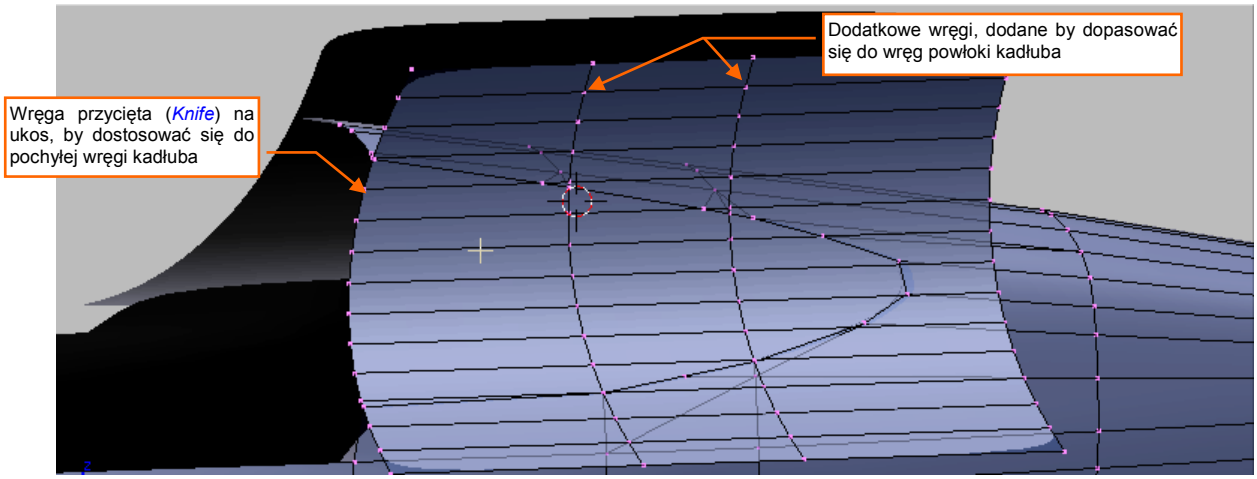
Przy okazji usuń z krawędzi przecięcia nadmiarowe (tzn. umieszczone blisko siebie) wierzchołki.

---

[1] Przekrój grzbietu kadłuba dobrałem "na własną odpowiedzialność", na podstawie zdjęć. Użyłem w nim fragmentu nie zdeformowanego okręgu. Różni się tym od obydwu planów — M. Łukasika i J. Jackowskiego — gdzie ten przekrój jest bardziej spłaszczony (por. str. 144). Później się okaże, że wycięcie za kabiną pilota było o wiele głębsze — por. str. 187.

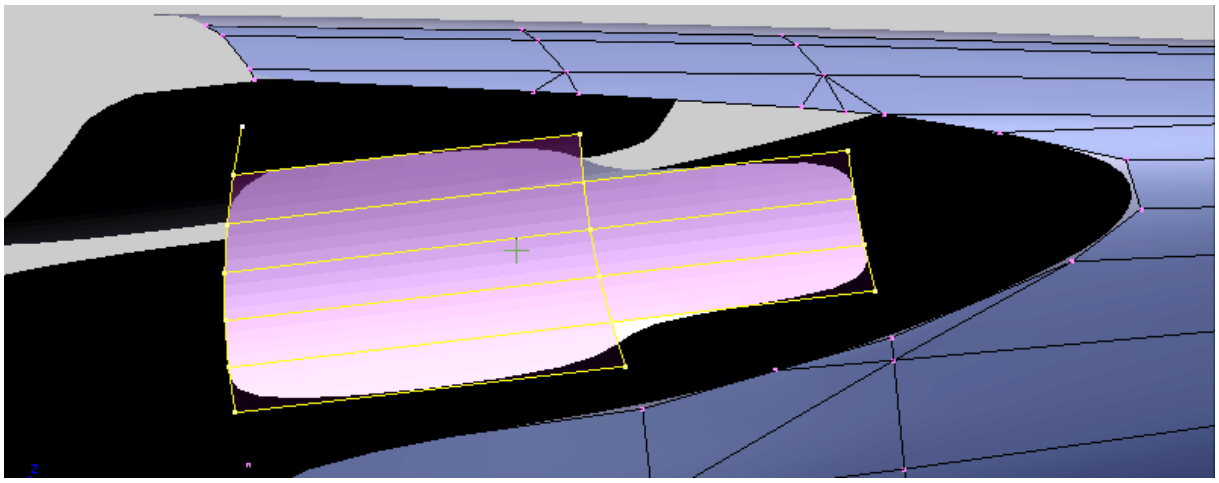
[2] Konstruktorzy P-40 nie mieli do dyspozycji systemów CAD. Odwzorowanie każdej krzywizny w rzeczywistej konstrukcji wymagało dużo pracy. Aby ułatwić ją sobie choć trochę, często wykorzystywali linie krzywe złożone z jednego lub więcej łuków. Widać to na rysunkach konstrukcyjnych końcówek płata, stateczników i sterów.

Następnie włącz (*Join Objects*) powłokę cylindra w siatkę kadłuba (Rysunek 3.14.5):



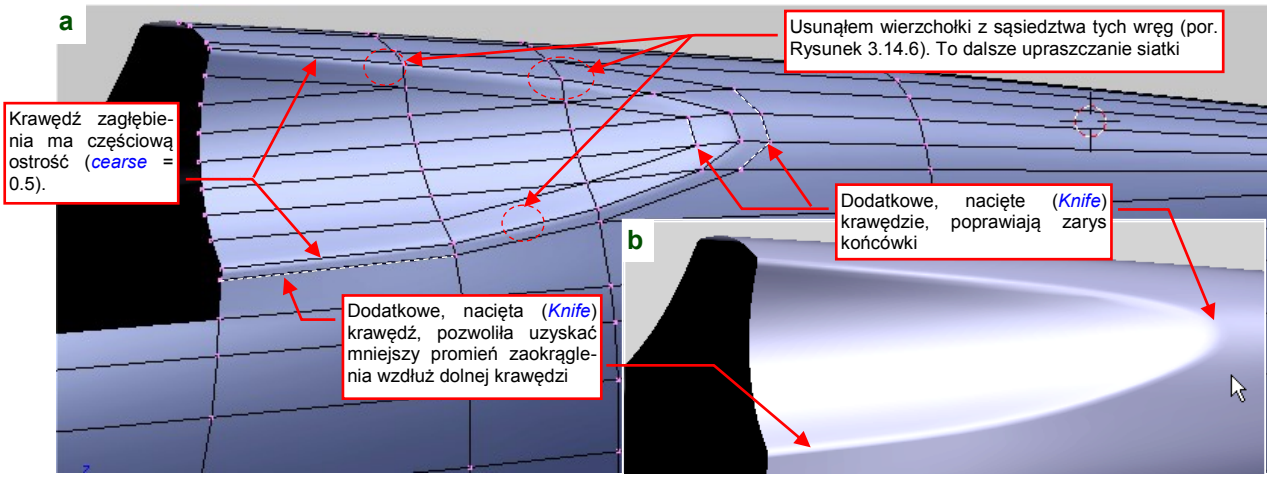
Rysunek 3.14.5 Dodanie powierzchni walca do siatki kadłuba

Po włączeniu cylindra wstaw (*Loop Cut*) w jego siatkę dwie dodatkowe wręgi. Umieść je tam, gdzie się znajdują odpowiednie wręgi powłoki kadłuba (Rysunek 3.14.5). Potem usuń niepotrzebne ściany z powierzchni cylindra (Rysunek 3.14.6):



Rysunek 3.14.6 Usunięcie niepotrzebnych ścian powłoki walca

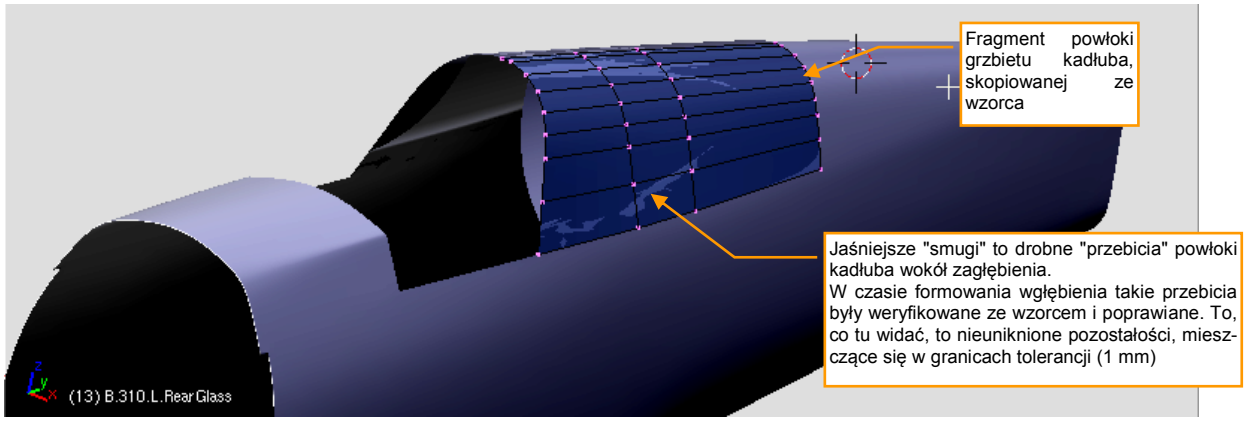
Teraz pozostaje utworzyć nowe ściany. Przy okazji "optymalizacji siatki" usuń jeszcze kilka mniej potrzebnych wierzchołków na krawędzi wgłębienia (Rysunek 3.14.7a). Samą krawędź pozostaw lekko zaokrągloną (*crease* = 0.5) — tak, jak było w prawdziwej konstrukcji (Rysunek 3.14.7b):



Rysunek 3.14.7 Powłoka walca po scaleniu z resztą kadłuba

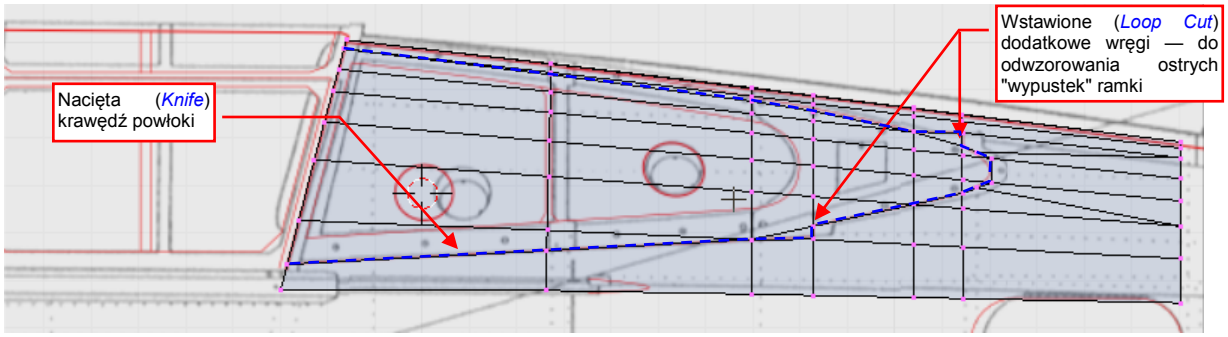
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Wgłębienie w kadłubie jest gotowe, teraz uformujemy powierzchnię, z której powstanie oszklenie i jego ramka. Z utworzonego wcześniej (por. str. 179) wzorca **B.300.T.Fuselage** wydziel (*Separate*) odpowiedni fragment powłoki (Rysunek 3.14.8):



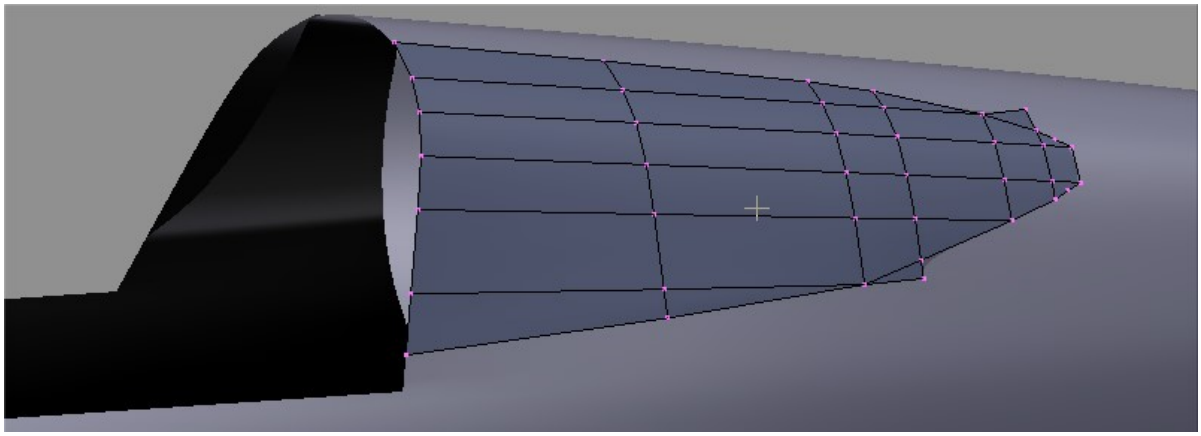
Rysunek 3.14.8 Początek formowania oszklenia za kabiną pilota: skopiowanie fragmentu oryginalnej powłoki kadłuba

Aby lepiej odwzorować krawędź tego elementu, wstaw (*Loop Cut*) w odpowiednie miejsca siatki dodatkowe wręgi. Ramka miała na zewnątrz dwie kanciaste "wypustki", ułatwiające przynitowanie do podłużnic. Dodanie wręg w okolicy tych załamań jest konieczne (Rysunek 3.14.9):



Rysunek 3.14.9 Nacięcie (*Knife*) zewnętrznej krawędzi oszklenia

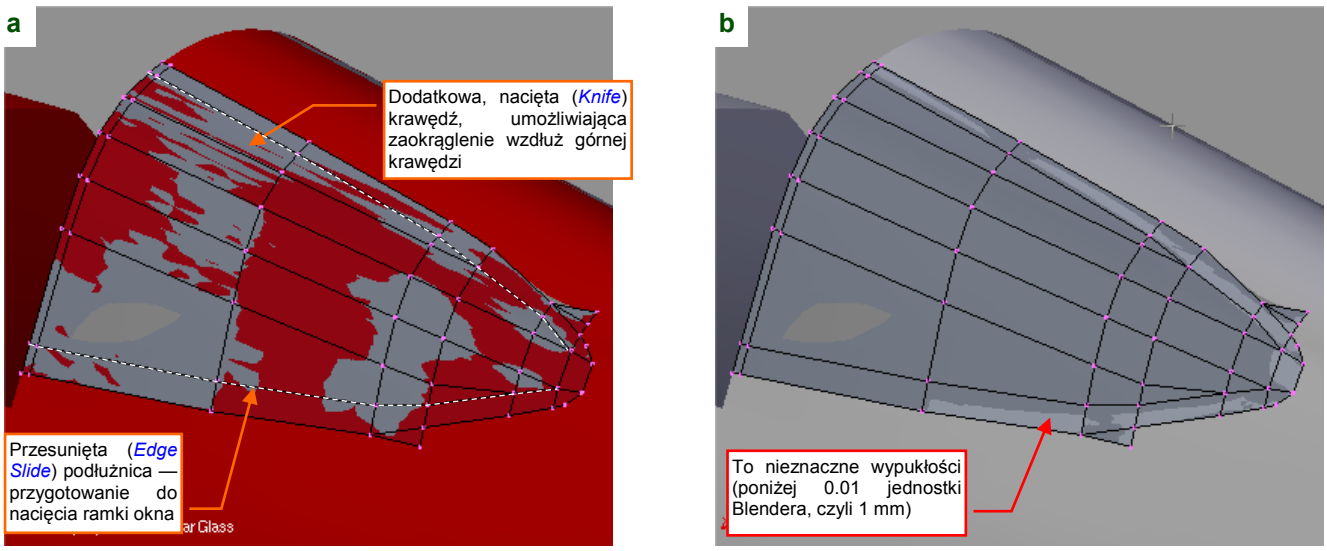
Po przygotowaniu siatki wytnij w niej (*Knife*) krawędź ramki oszklenia (Rysunek 3.14.9). (Nacinamy, a nie np. wyznaczamy przecięcia z nową powłoką walca, gdyż kształt jest tu ściśle określony). Podczas nacinania kieruj się przede wszystkim rzutem z boku. Potem usuń niepotrzebne ściany (Rysunek 3.14.10):



Rysunek 3.14.10 Siatka po usunięcie zbędnych ścian

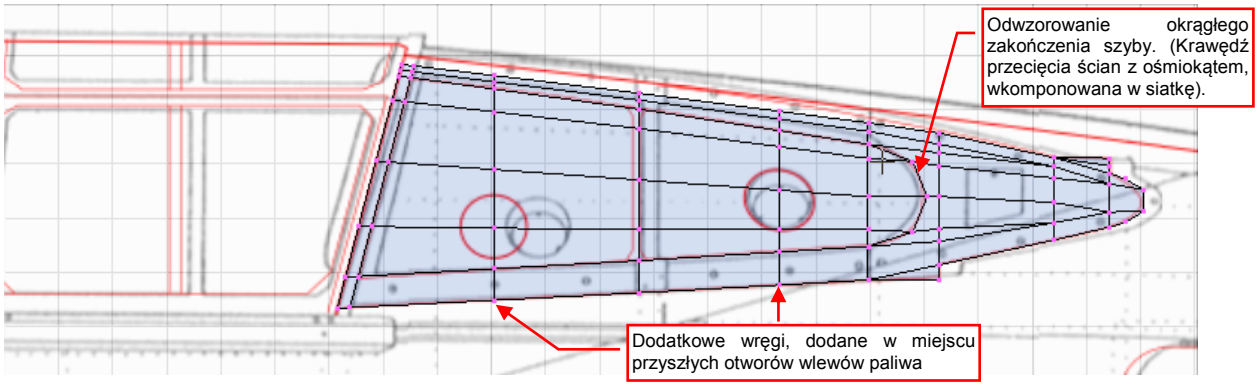
Uzyskany kształt wymaga jeszcze dalszych poprawek. Po pierwsze — ściany wzdłuż krawędzi odstają nieco od powłoki kadłuba (tak się dzieje zawsze przy wycięciu fragmentu wygładzonej siatki).

Aby temu zaradzić, natnij (*Knife*) dodatkową podłużnicę wzdłuż górnej krawędzi powłoki (Rysunek 3.14.11a). To pozwoli dopasować poprzeczne wygięcie wygładzonych ścian oszklenia do powierzchni kadłuba (Rysunek 3.14.11b):



Rysunek 3.14.11 Dalsze dopasowywanie siatki — do oryginalnego wzorca (a) i do aktualnej powłoki kadłuba (b)

Dolna krawędź oszklenia nie ma "problemów z odstawaniem", gdyż w tym obszarze ściany nie mają żadnego wygięcia. Poprzez nacięcie przemodelowałem ten fragment, przesuwając przedostatnią podłużnicę tak, by biegła wzdłuż ramki okna (Rysunek 3.14.11a). To wstęp do odwzorowania za pomocą oddzielnej krawędzi obrysu wewnętrznych otworów ramki (Rysunek 3.14.12):



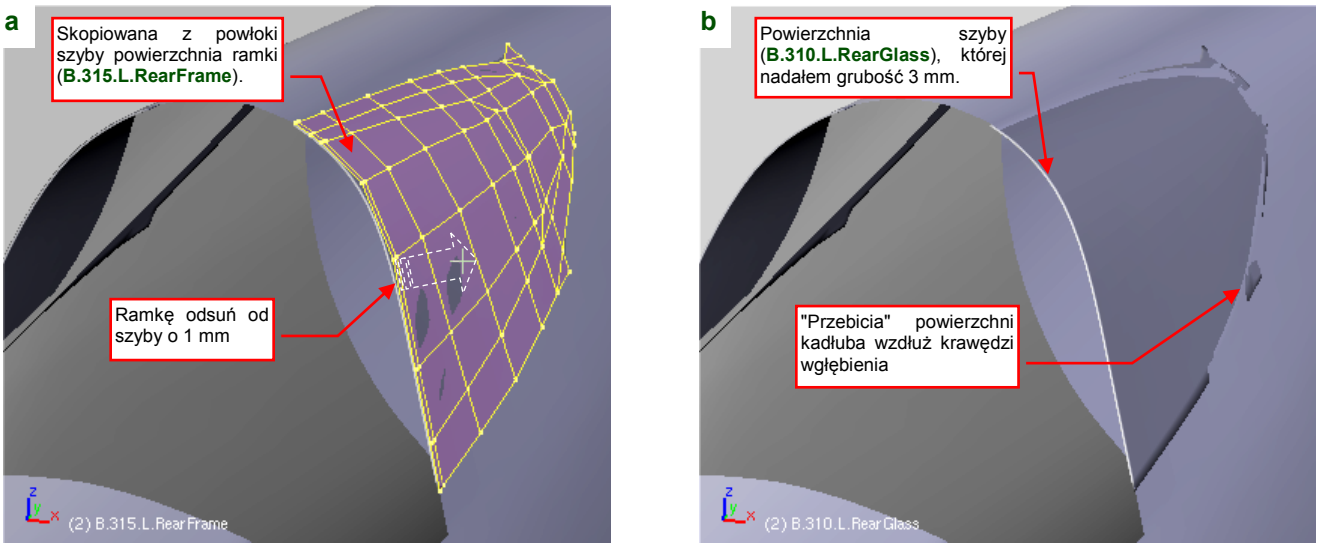
Rysunek 3.14.12 Nowe krawędzie, wzdłuż wewnętrznych granic ramki oszklenia

Tylna krawędź szyby w P-40 B/C była łukiem. Możesz ją uzyskać wyznaczając przenikanie powłoki szyby z pomocniczym walcem, utworzonym z ośmioboku. Oprócz tego, za pomocą przesuwania krawędzi (*Edge Slide*) i wierzchołków (*Vertex Slide*) ułóż drugą od góry podłużnicę wzdłuż górnej granicy oszklenia. Po tych modyfikacjach układ krawędzi uległ pewnym zmianom (Rysunek 3.14.12). Na koniec wstaw dwie dodatkowe wręgi tak, by przechodziły przez środki okrągłych wlewów paliwa. Samych otworów na razie nie wykonamy, gdyż znajdowały się wyłącznie z lewej strony. Poczekaj z tym do momentu, gdy będzie trzeba tworzyć "prawe" kopie wszystkich "lewych" siatek — tak późno, jak tylko to możliwe. (Zawsze może wcześniej pojawić się konieczność poprawienia jakiegoś kształtu. Dopóki pracujemy na powierzchniach z włączonym modyfikatorem *Mirror*, dopóty taką poprawkę jest łatwiej wprowadzić)

- Po co umieszczać w powłoce szyby zarys wycięć, które powinny się znaleźć nie na szybie, a na jej ramce? Dlatego, że ramkę zaraz utworzymy poprzez skopiowanie szyby. Im bardziej podobne ściany na obydwu powłokach, tym mniej będziemy mieli problemów z ich późniejszym dopasowaniem.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

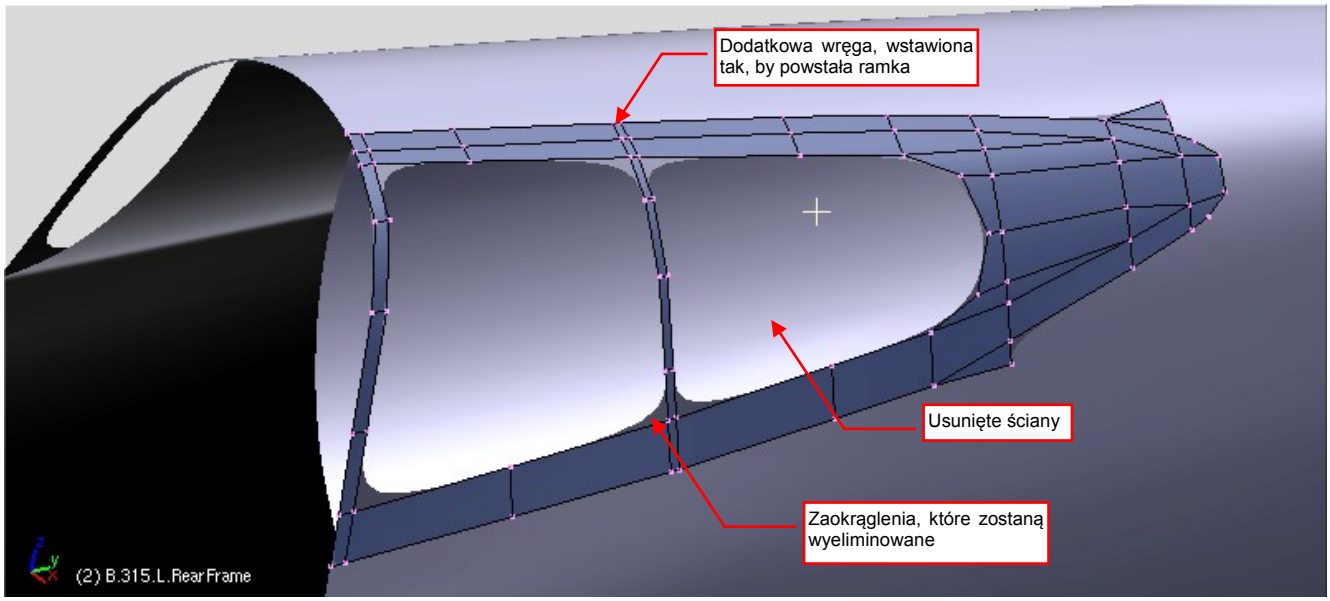
Powłoka szyby jest gotowa. Nadaj jej nazwę **B.310.L.RearGlass**. Powiel (*Duplicate*) ten obiekt w powłokę, z której utworzymy ramkę: **B.315.L.RearFrame** (Rysunek 3.14.13a):



Rysunek 3.14.13 Pogrubienie szkła i powielenie w drugi obiekt — ramkę

Nowo utworzoną powłokę ramki odsuń "o grubość blachy" (X: +0.007, Z: +0.007, czyli 1 mm po przekątnej) od powłoki "szkła". Nie zaszkodzi umieścić jej na osobnej warstwie (M, szczegóły — str. 317), przynajmniej na czas formowania oszklenia kabiny. Samą szybę na koniec pogrub (*Solidify*) o 0.03 jednostki Blendera (to jest 3 mm — przypuszczam że miała taką grubość). Rysunek 3.14.13b) pokazuje szybę **B.310.L.RearGlass** po pogrubieniu. (Powłoka ramki jest tu ukryta na niewidocznej warstwie). Zwróć uwagę, że zewnętrzna powierzchnia szyby leży na powłoce kadłuba, o czym świadczą niewielkie "przebicia" powłoki wzdłuż krawędzi wgłębienia. Te "przebicia" zasłoni ramka, którą zaraz uformujemy.

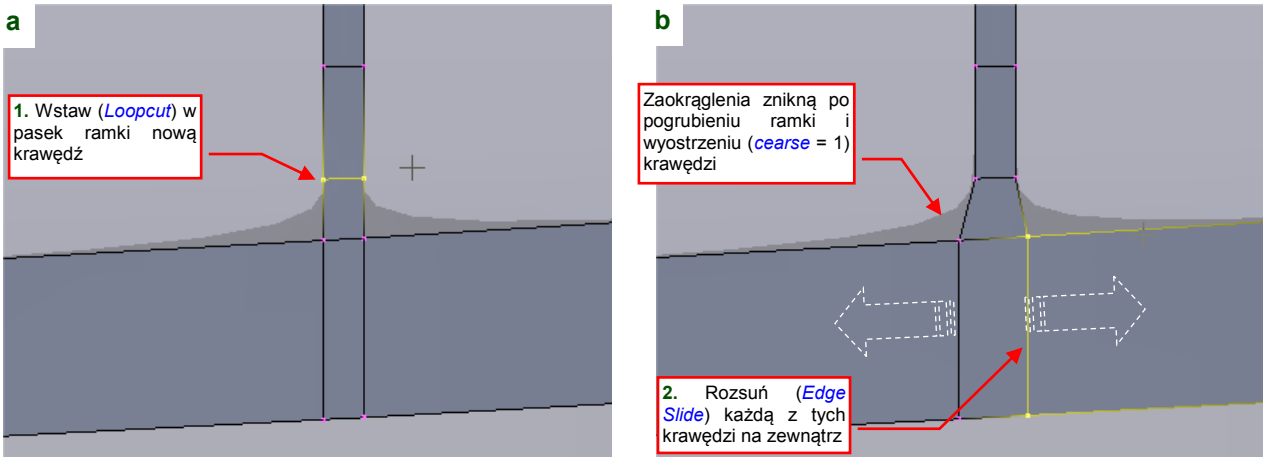
Formowanie ramki zacznij od uzupełnienia o dodatkową wręgę — tak, by powstał "pasek" ścian, biegnący przez środek oszklenia. Potem usuń ściany z wnętrza przygotowanych wcześniej konturów otworu (Rysunek 3.14.14):



Rysunek 3.14.14 Usunięcie z "ramki" niepotrzebnych ścian

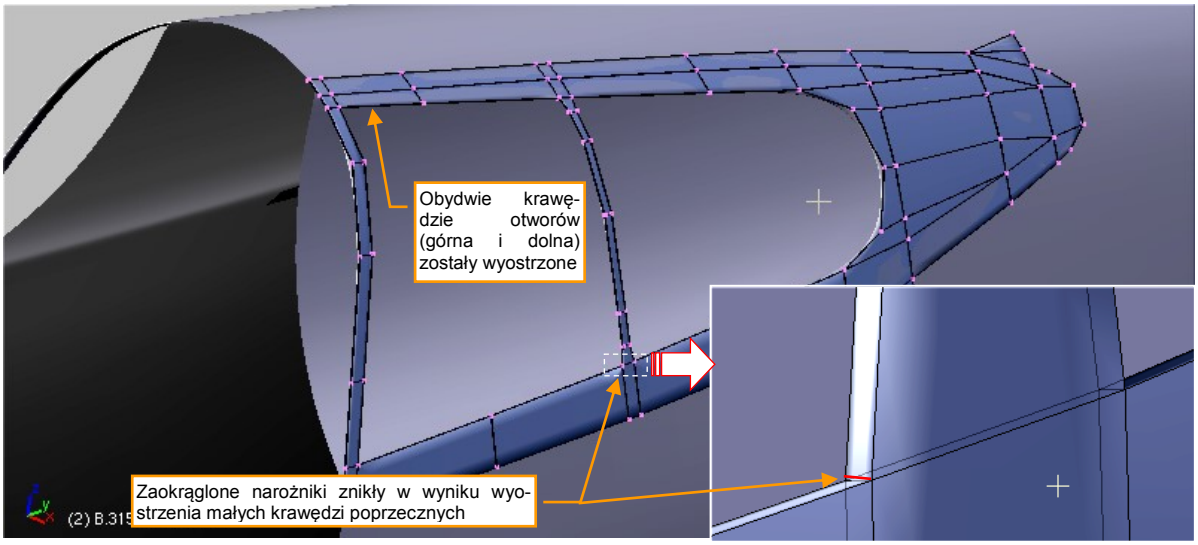
Po usunięciu ścian obiekt jest już bardzo zbliżony do ostatecznego kształtu. Pozostało jeszcze tylko trochę popracować nad "fazkami" blachy w narożnikach. Na razie są tu naturalne zaokrąglenia powierzchni podziałowych.

"Fazki" blachy w narożnikach ramek kabin występują w większości samolotów lat 30 i 40-tych (kwestia technologii). Rysunek 3.14.15a, b) pokazuje, jak je odwzorować za pomocą tylko jednej dodatkowej ściany:



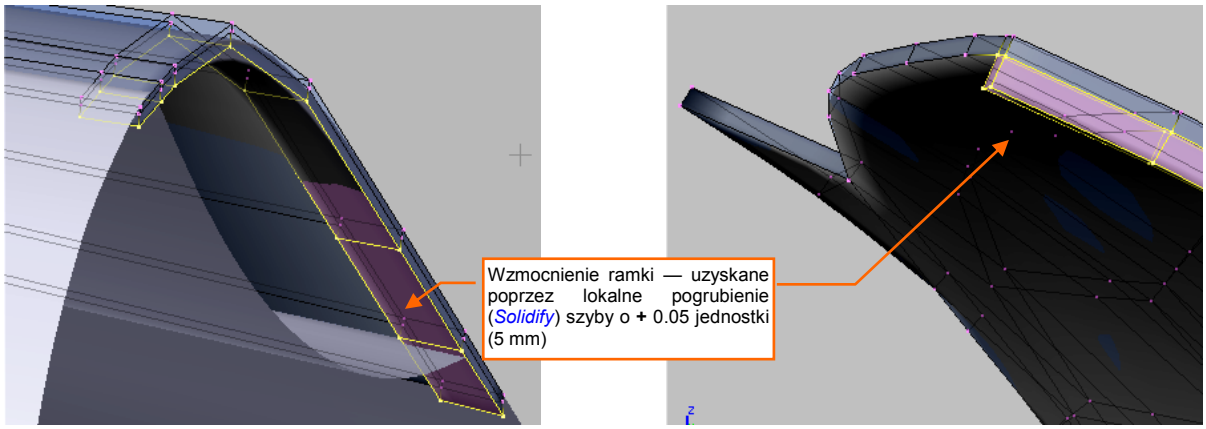
Rysunek 3.14.15 Wykonanie fazki w narożniku ramki

Wreszcie — pogrub (*Solidify*) powłokę ramki "o grubość blachy", czyli 0.01 jednostki Blendera (1 mm) (Rysunek 3.14.16):



Rysunek 3.14.16 Ramka po pogrubieniu (o "grubość blachy") i wyostrzeniu krawędzi

Przednia krawędź oszklenia miała w P-40 dodatkowe wzmocnienie (była grubsza). Przy próbie lokalnego pogrubienia przedniej ramki polecenie *Solidify* pochyla obydwie ściany. W takiej sytuacji lepiej jest pogrubić lokalnie "szkło" (**B.310.L.RearGlass**), bo tu przynajmniej tylna krawędź wychodziła poprawnie (Rysunek 3.14.17):

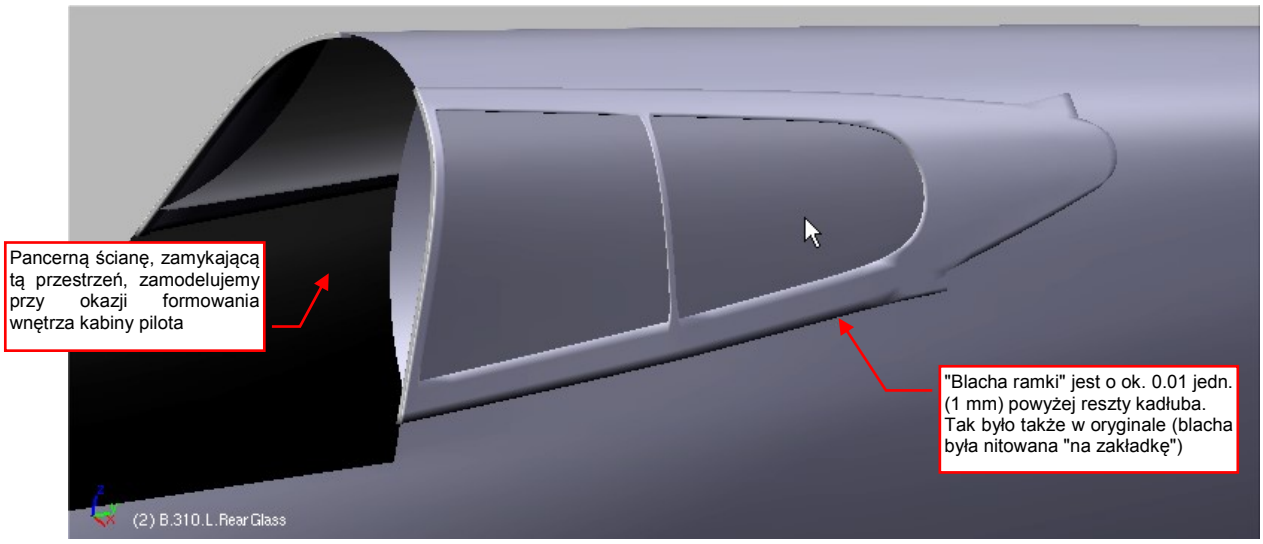


Rysunek 3.14.17 Pogrubienie fragmentu "szkła" w początkową wręgę

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Modelując początkowe wzmocnienie, pogrubiliśmy obiekt reprezentujący szkło, zamiast ramki. Nie jest to jednak jakaś szczególna komplikacja — potem temu fragmentowi siatki "szkła" przypisze się materiał reprezentujący dural, a nie pleksiglas. (W Blenderze różnym fragmentom tej samej siatki można przypisać różne materiały — por. str. 379).

Wzmocnienie przedniej krawędzi było ostatnim szczegółem, jaki należało wykonać. Rysunek 3.14.18 przedstawia ukończone oszklenie grzbietu kadłuba, wraz z ramką:



Rysunek 3.14.18 Gotowy, tylny fragment oszklenia kabiny

Otwory wlewu paliwa wytniemy po utworzeniu odrębnego obiektu reprezentującego prawą stronę owiewki (**B.310.R.RearGlass**). Oszklenie na razie pozostaje nieprzejrzyste. Zmienimy ją w prawdziwe szkło organiczne dopiero w sekcjach poświęconych materiałom.

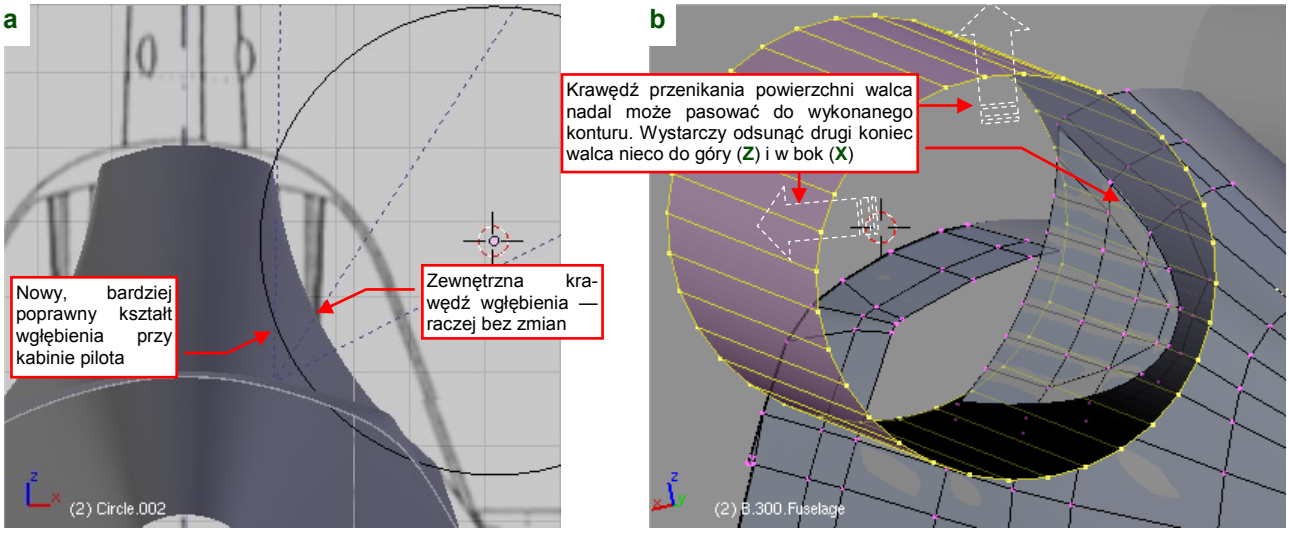
Wydawało mi się, że to już koniec pracy nad tym fragmentem. Zabrałem się więc za przeglądanie zdjęć następnych elementów — owiewki i wiatrochronu. Zdecydowałem się skorzystać także z posiadanych zdjęć P-36, gdyż ten fragment kadłuba był w obydwu konstrukcjach niemal identyczny. (P-36 miał tylko jeden, ale nieco większy otwór w oszkleniu na wlew paliwa, oraz inną szynę po której przesuwała się owiewka). W trakcie tej pracy natknąłem się na następujące zdjęcie (Rysunek 3.14.19):

Rysunek 3.14.19 Fragment jednego ze zdjęć P-36 (*USAAF*)

Widać na nim wyraźnie, że "wycięcia" w grzbiecie kadłuba miały o wiele mniejszy promień, niż założyłem! Szybkie przejrzenie posiadanych zdjęć P-40 potwierdziło to spostrzeżenie. Skórzany zagłówek pilota, zdemontowana na tym zdjęciu, utrudniał na innych fotografiach dostrzeżenie właściwego kształtu tych wgłębień.

Bądź przygotowany na podobne "odkrycia". Nikt nie jest nieomylny, więc zdecydowałem się w tej książce także pokazać, gdzie zdarzyło mi się popełnić błąd. Są one w końcu nieodłącznym elementem pracy nad modelem.

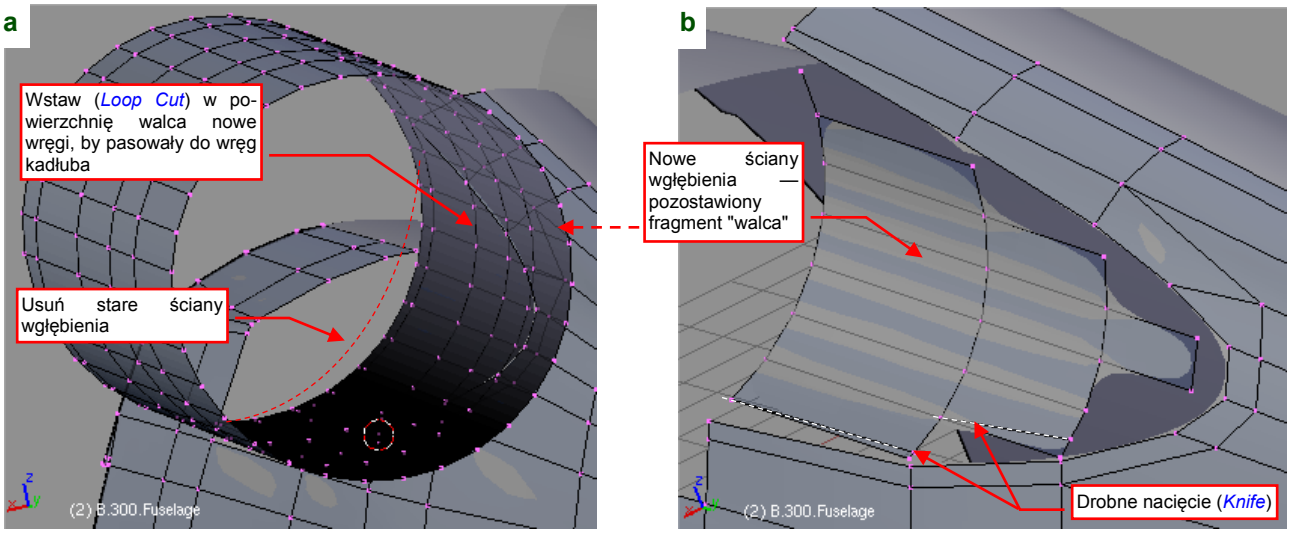
Rysunek 3.14.20a) przedstawia zarys poprawionego kształtu (w rzucie z przodu). Jak wykonać niezbędną korektę? Zacznij od krótkiej analizy, co trzeba zmienić. Zewnętrzna krawędź wgłębienia powinna pozostać bez zmian, bo jest zgodna ze zdjęciami. (Gdyby wytłoczyć nowy okrąg wzdłuż osi **Y**, tak jak to zrobiliśmy poprzednio — por. str. 179 — to wgłębienie byłoby dwa razy dłuższe).



Rysunek 3.14.20 Analiza poprawionej powierzchni wgłębienia

Wytłocz okrąg w walec, i dokonaj kilku "przymiarek", przesuwając jego tylny przekrój. Okazuje się, że można uzyskać niemal identyczną krawędź przenikania z grzbietem kadłuba, jak dotychczasowa. Wystarczy, by walec był nieco odchylony na zewnątrz (wzdłuż osi **X**) i do góry (wzdłuż osi **Z**) (Rysunek 3.14.20b). To bardzo dobra wiadomość — zachowanie tej krawędzi oznacza, że nie trzeba będzie zmieniać ani oszklenia grzbietu kadłuba, a ni jego ramki.

Teraz pozostaje wymienić dotychczasowe ściany wgłębienia na nowe, pochodzące z przygotowanego przed chwilą walca. Zacznij od usunięcia wszystkich starych ścian (Rysunek 3.14.21a). Wstaw także (*Loop Cut*) w powłokę walca kilka wręg. Umieść je w takich miejscach, by dokładnie odpowiadały wręgom kadłuba.

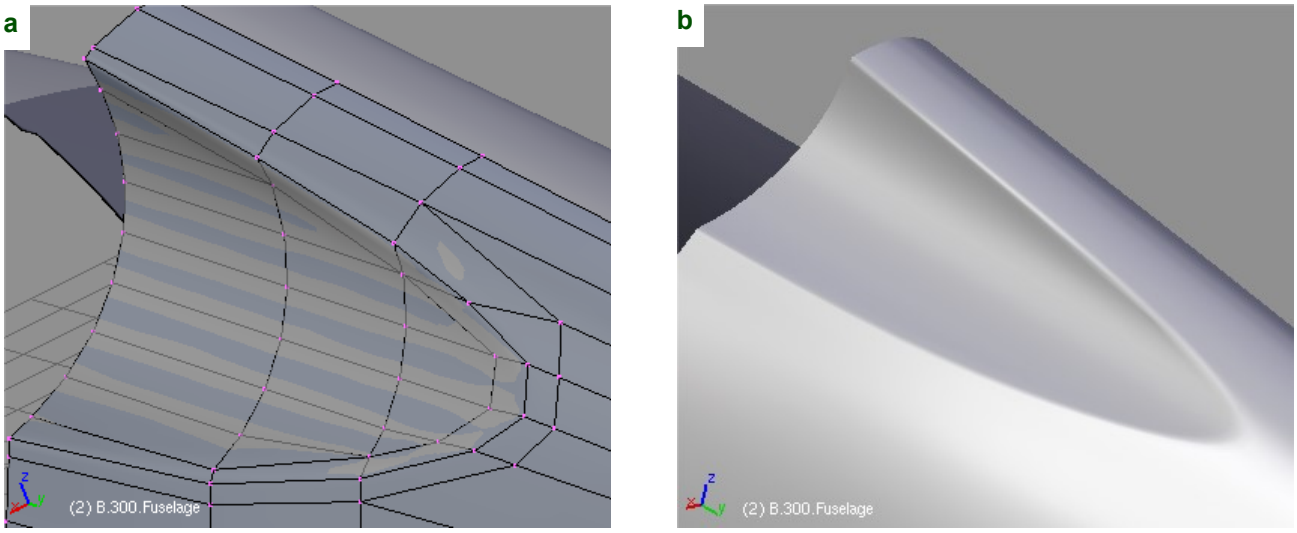


Rysunek 3.14.21 Poprawka — usunięcie starych ścian i przygotowanie nowych

Potem pozostaje usunąć niepotrzebne ściany walca, pozostawiając tylko te wewnątrz wgłębienia (Rysunek 3.14.21b). Aby uzyskać wzdłuż krawędzi regularny ciąg wąskich ścian czworokątnych, wykonaj w pozostawionych ścianach pomocnicze nacięcia (*Knife*). Można także przesunąć te wierzchołki poleceniem *Vertex Slide*.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rysunek 3.14.22a) pokazuje układ ścian po włączeniu nowej powierzchni do kadłuba. Obyło się bez żadnych "efektów ubocznych" — wgłębienie jest regularne, nie widać żadnych skaz kształtu (Rysunek 3.14.22b):



Rysunek 3.14.22 Rezultat poprawki — głębsze wycięcie za kabiną pilota

W ten sposób zakończyliśmy korektę tego fragmentu. Efekt finalny widziałeś już na str. 179 — jako pierwszą ilustrację umieściłem tam wstępny render ukończonego oszklenia grzbietu kadłuba.

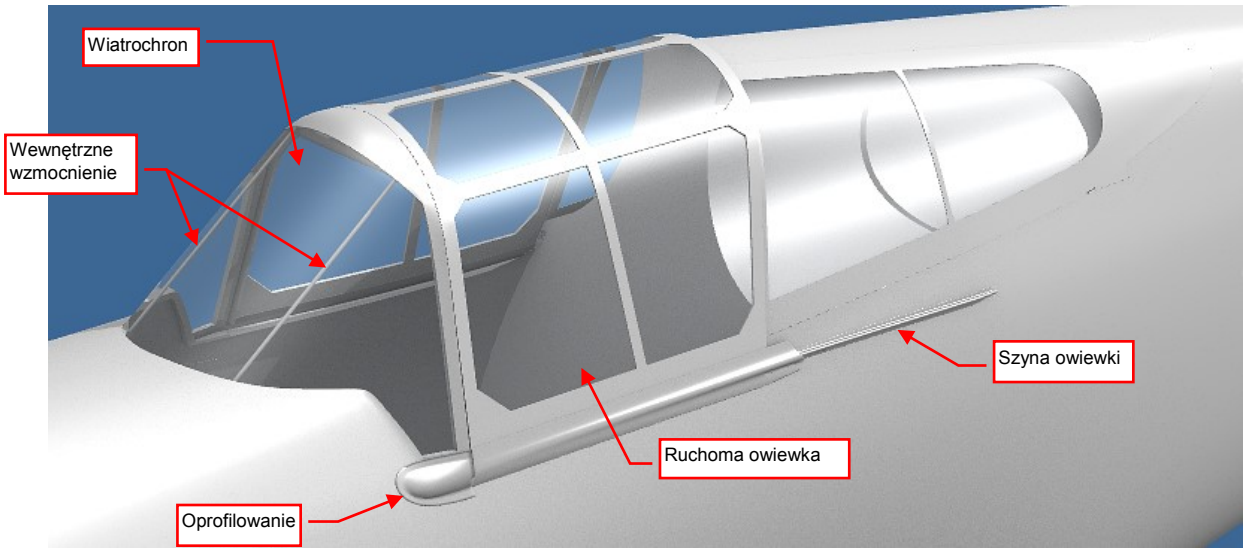
- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.14.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- W tej sekcji wykonaliśmy wgłębienie inną (nieco dokładniejszą) metodą, niż wgłębienie przed wlotem powietrza do chłodnicy (por. str. 165). Metodą tu zastosowaną posłużyliśmy się wcześniej do wykonania szczegółów (osłony luf km, chwyt powietrza do sprężarki) osłony silnika (por. str. 169);
- Poznałeś szybką i prostą metodę uzyskiwania "fazek" na ostrych krawędziach ramek oszklenia (str. 185)

3.15 Osłona kabiny pilota — część przednia

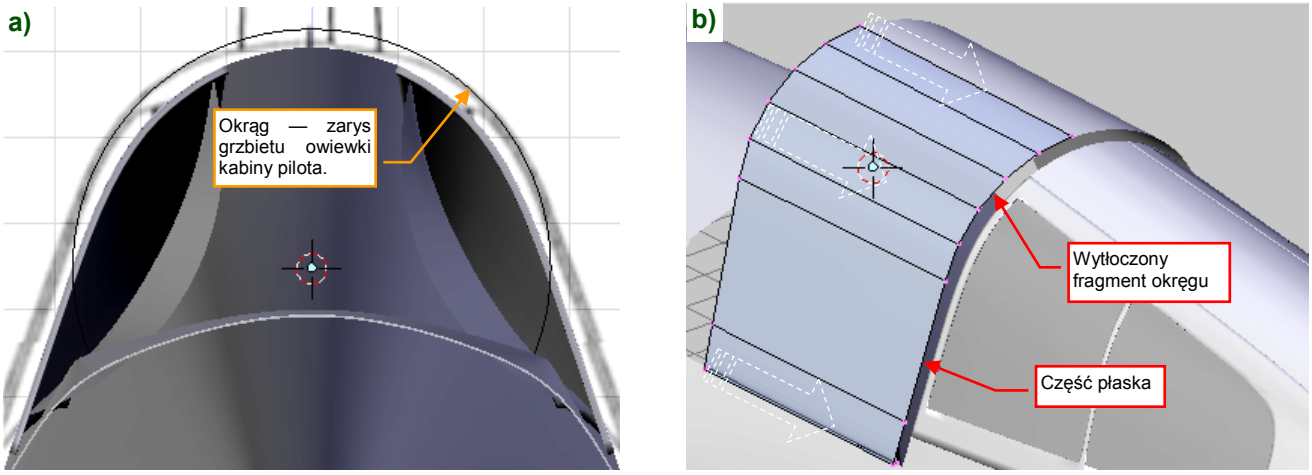
W tej sekcji uformujemy przednią część kabiny. W P-40 zastosowano typowe dla tego okresu rozwiązanie, złożone z wiatrochronu i odsuwanej do tyłu owiewki (Rysunek 3.15.1):



Rysunek 3.15.1 Elementy osłony kabiny pilota

P-40B/C odziedziczył kabinę po P-36. Był więc to dość stary projekt — gdzieś z 1935r. Owiewka kabiny ma typową konstrukcję — to warstwa szkła, wzmocniona od spodu i z wierzchu ramkami z blachy. Wiatrochron P-40 był uformowany z wygiętego kawałka szkła organicznego. U góry przymocowano je do ramy kabiny, z dołu — bezpośrednio do poszycia kadłuba. Wzmocnieniem ramy wiatrochronu były dwa wewnętrzne "pręty" (tak je będę dalej nazywał). Miały dość mały przekrój, więc ich rola mogła być podobna do szprych w kole rowerowym: przenosiły tylko obciążenia rozciągające. (Takie obciążenie powodował np. napór powietrza podczas lotu). Do tych prętów od 1940r. przyłączano szyby pancerne, których konstruktorzy oryginalnie nie przewidzieli. Wydaje mi się, że nie było to dość pewne mocowanie. Najlepiej świadczy o tym fakt, że w kolejnej wersji samolotu (P-40D) cały wiatrochron uległ kompletnej przebudowie.

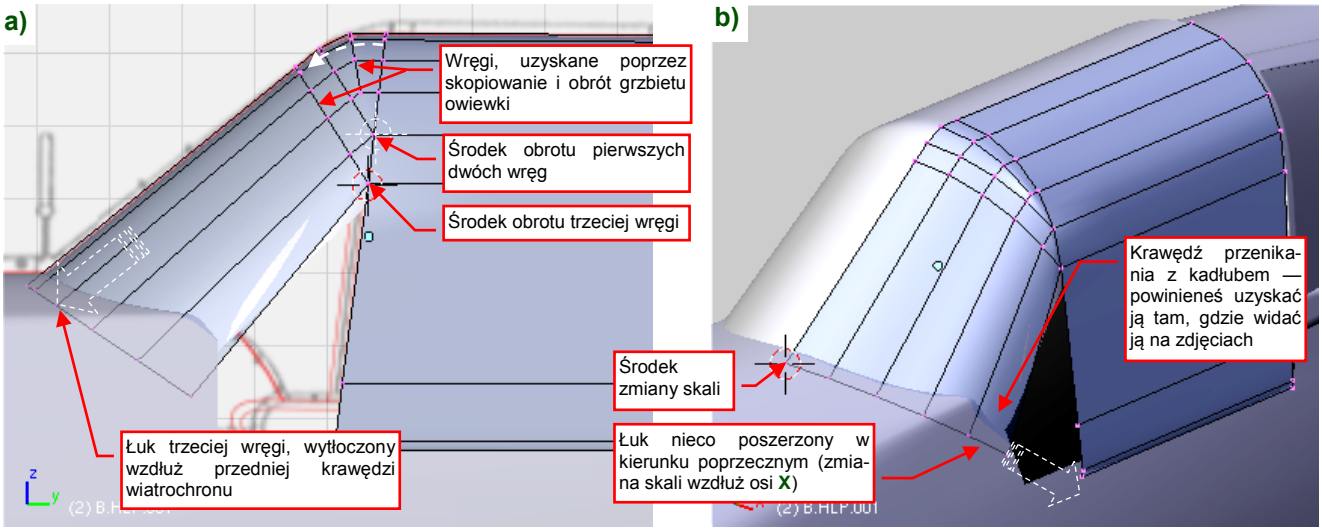
W naszym modelu wiatrochron i owiewkę utworzymy podobnie jak oszklenie grzbietu kadłuba, z dwóch obiektów: warstwy szkła oraz ramki. Dla uproszczenia nie dzielimy ramki na wewnętrzną i zewnętrzną — jej ściany będą przenikać przez szkło. Oczywiście, wykonamy także pozostałe szczegóły: pręty, szyny, oprofilowanie.
Formowanie zacznij od przygotowania okręgu, który będzie miał taki promień, jak grzbiet owiewki (Rysunek 3.15.2a) . Następnie "rozegnij" jego dolne wierzchołki w proste boki, i wytłocz wzdłuż osi **Y** (Rysunek 3.15.2b):



Rysunek 3.15.2 Uformowanie podstawowego kształtu owiewki

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

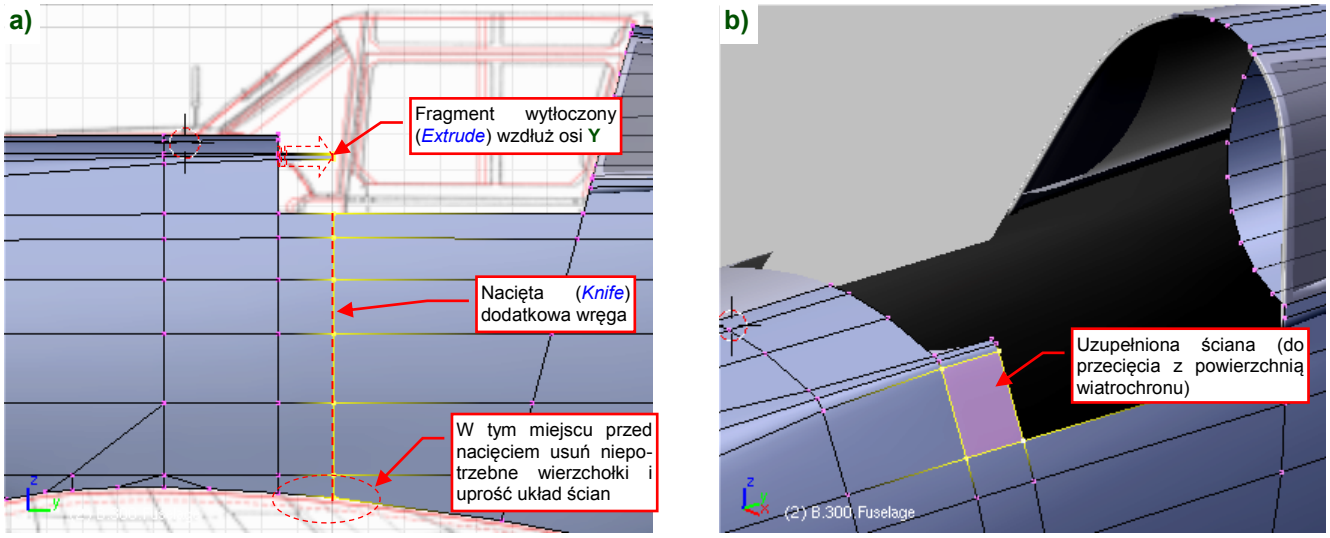
Kształt wiatrochronu zacznij formować od góry. Skopiuj wierzchołki grzbietu owiewki i powiel je (poprzez obrót) w trzy kolejne wręgi w kluczowych miejscach zaokrąglenia (Rysunek 3.15.3a). Połącz je następnie ścianami:



Rysunek 3.15.3 Uformowanie wiatrochronu

Dolną krawędź wiatrochronu uzyskasz poprzez wytłoczenie (wzdłuż obrysu szyby w rzucie z boku) ostatniej z wręg zaokrąglenia (Rysunek 3.15.3a). Powiększ nieco tę dolną wręgę (równo, względem wszystkich osi) względem środka leżącego na krawędzi wiatrochronu (Rysunek 3.15.3b). (Możesz łatwo tam umieścić kursor, zaznaczając na chwilę położony tam wierzchołek i wywołując polecenie **Shift**-**S**, *Cursor to Selected*). Wręgę powiększ tak, by krawędź przecięcia wiatrochronu z kadłubem nabrała kształtu widocznego na rysunkach i na zdjęciach samolotu. W końcowej fazie dopasowywania zacznij zmieniać skalę tylko wzdłuż osi **X** (przekształcając wręgę z łuku we fragment elipsy).

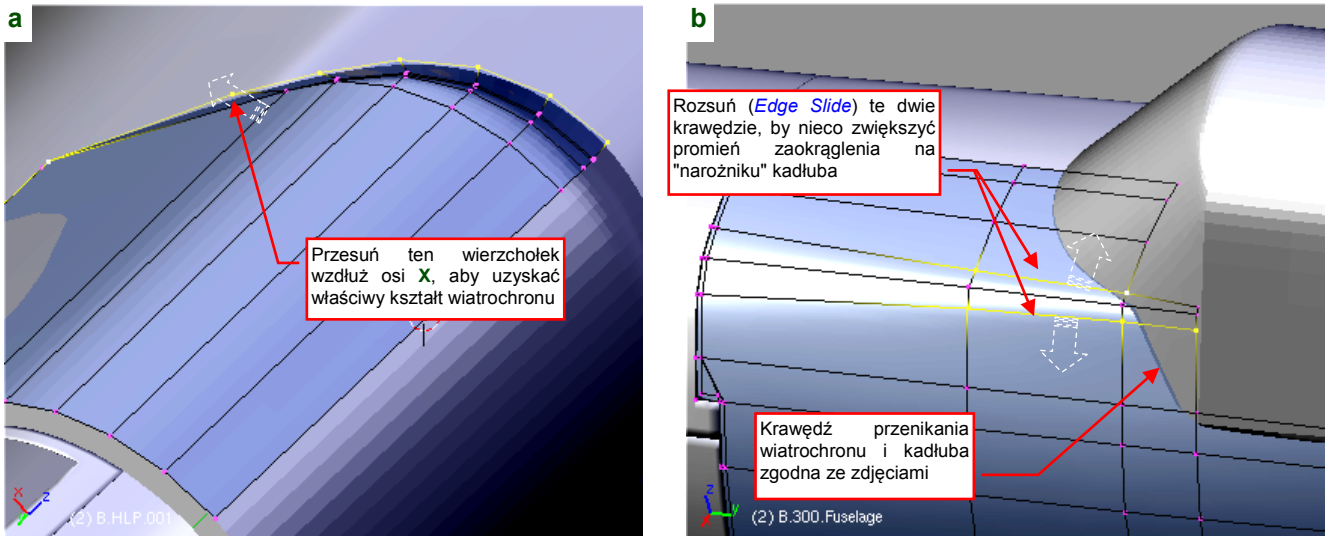
Przed ostatecznym dopasowaniem trzeba jednak uzupełnić ściany kadłuba o fragment, którego do tej pory nie uformowaliśmy. Wstaw (poprzez nacięcie - *Knife*) w siatkę kadłuba dodatkową wręgę, mniej więcej na wysokości ramki wiatrochronu (Rysunek 3.15.4a). (Przed nacięciem uprość układ ścian kadłuba przy skrzydle, łącząc na chwilę ścianę trójkątną z czworokątną). Wytłocz jednocześnie wzdłuż osi **Y** fragment narożnika kadłuba, tak by znalazł się dokładnie ponad naciętą wręgą (Rysunek 3.15.4a):



Rysunek 3.15.4 Uzupełnienie brakującego fragmentu kadłuba

Połącz przygotowane w ten sposób dwa odcinki wierzchołków w jedną wręgę, tworząc brakującą ścianę (Rysunek 3.15.4b). To obszar, na którym nastąpi przecięcie kadłuba z wiatrochronem.

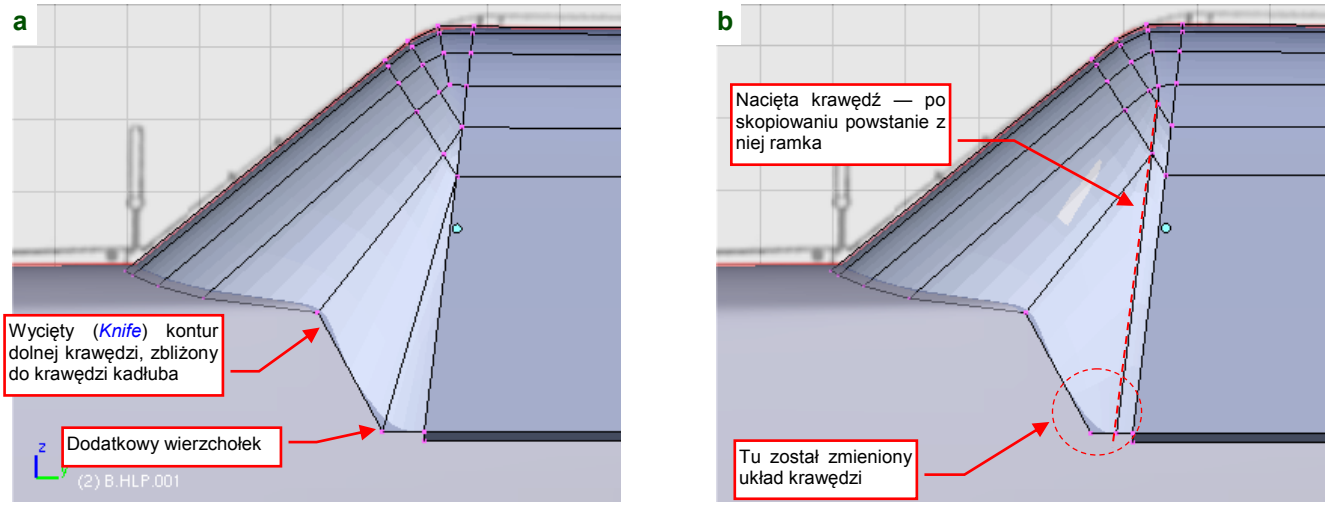
Teraz możesz już dokładnie dopasować przednią krawędź wiatrochronu. Okazuje się, że największy wpływ na kształt linii przenikania z kadłubem ma pojedynczy wierzchołek (Rysunek 3.15.5a). To bardzo ułatwia dopasowanie — przesuń go wzdłuż osi **X**, aż uzyskasz odpowiedni efekt.



Rysunek 3.15.5 Dopasowywanie kształtu wiatrochronu i kadłuba

W ramach "końcowej kosmetyki" proponuję odrobinę rozsunąć (*Edge Slide*) dwie linie wierzchołków po obu stronach narożnika kadłuba (Rysunek 3.15.5b). W ten sposób zwiększysz w tym miejscu promień zaokrąglenia przekroju.

Ogólny kształt kabiny został uformowany, teraz czas na podział i szczegóły. Przygotowując się do tego etapu, odetnij (*Knife*) część wiatrochronu zasłoniętą przez kadłub (Rysunek 3.15.6a). Zrób to tak, by nie powstała żadna szczelina pomiędzy tymi dwoma powłokami. Po przecięciu uzyskasz dodatkowy wierzchołek, który warto przesunąć trochę do przodu (Rysunek 3.15.6a):

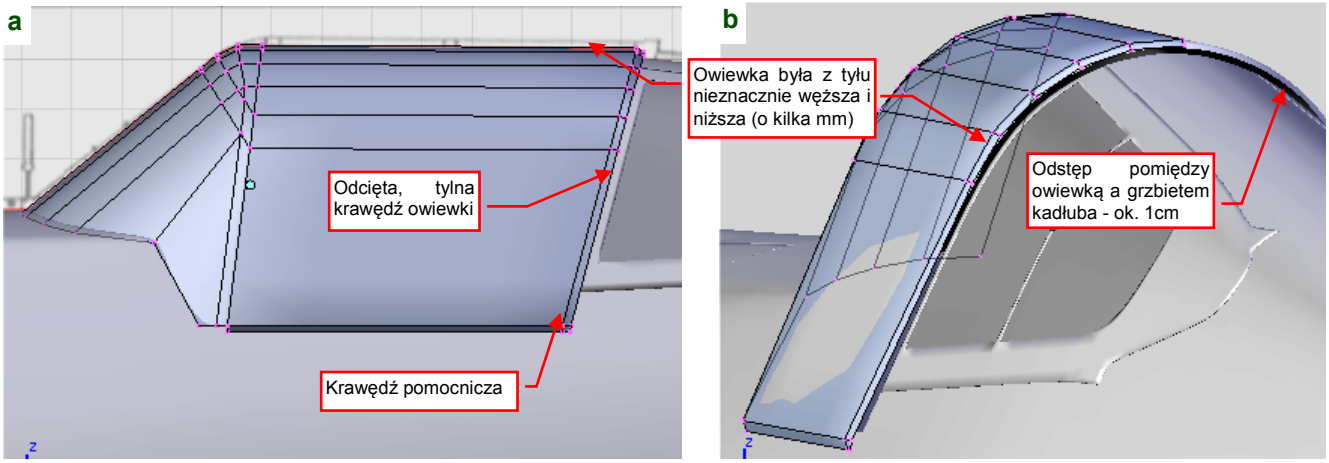


Rysunek 3.15.6 Przygotowywanie ramki wiatrochronu

Utwórz przednią krawędź przyszłej ramki kolejnym nacięciem (*Knife*) wzdłuż krawędzi łączącej wiatrochron i owiewkę (Rysunek 3.15.6b). Przy okazji zmień układ ścian u dołu powłoki, aby usunąć z niej przecięty trójkąt (ten odcinek nie był zakrzywiony, a dodatkowe wierzchołki niepotrzebnie komplikowałyby siatkę).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Odetnij (*Knife*) pod odpowiednim kątem tylną krawędź owiewki (była bardziej pochylona niż przednia). Kolejnym nacięciem nanieś w jej pobliżu krawędź pomocniczą, nieco węższą od przyszłej ramki (Rysunek 3.15.7a):

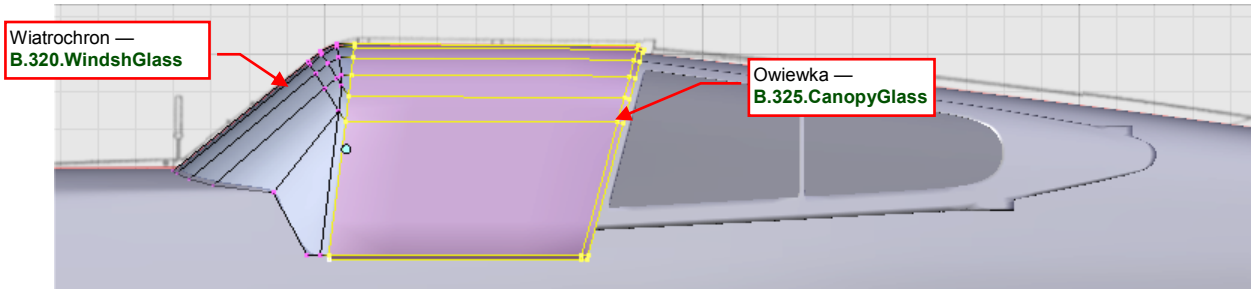


Rysunek 3.15.7 Nadawanie ostatecznego kształtu owiewce

Po nacięciu odsuń (*Shrink/Fatten*) do wnętrza tylną krawędź o przybliżoną grubość ramki (ok. 0.08 jedn. — 8mm). (Ramka owiewki P-40 miała z tyłu miała takie zagięcie). Potem dopasuj tylną krawędź do grzbietu kadłuba. Pozostaw pomiędzy owiewką i kadłubem szczelinę o grubości ok. 0.1 jednostki Blendera (1 cm). Wydaje mi się, że taki właśnie dystans jest widoczny na zdjęciach tego fragmentu samolotu.

- Tylny przekrój owiewki był nieznacznie węższy i niższy od przedniego (dosłownie o kilka milimetrów). Na mniejszą wysokość wskazuje lekkie pochylenie górnej krawędzi szkła w rzucie z boku. (Wydaje się być także widoczne na zdjęciach). Na mniejszą szerokość — mała "falbanka" blachy wokół szyny, po której poruszała się owiewka (por. str. 189, Rysunek 3.15.1 oraz str. 196, Rysunek 3.15.15b)

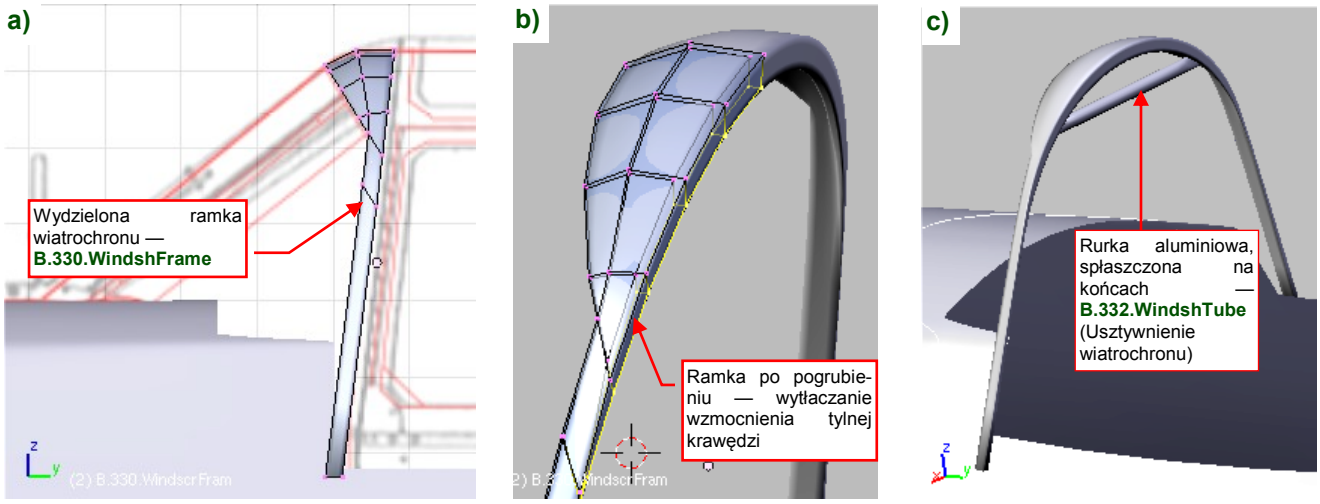
Po dopasowaniu tylnej krawędzi owiewki do kadłuba nadszedł czas na podział uformowanej powłoki kabiny na dwie podstawowe części. Zaznacz i oddziel (*Separate*) owiewkę od wiatrochronu (Rysunek 3.15.8):



Rysunek 3.15.8 Podział oszklenia na wiatrochron i owiewkę

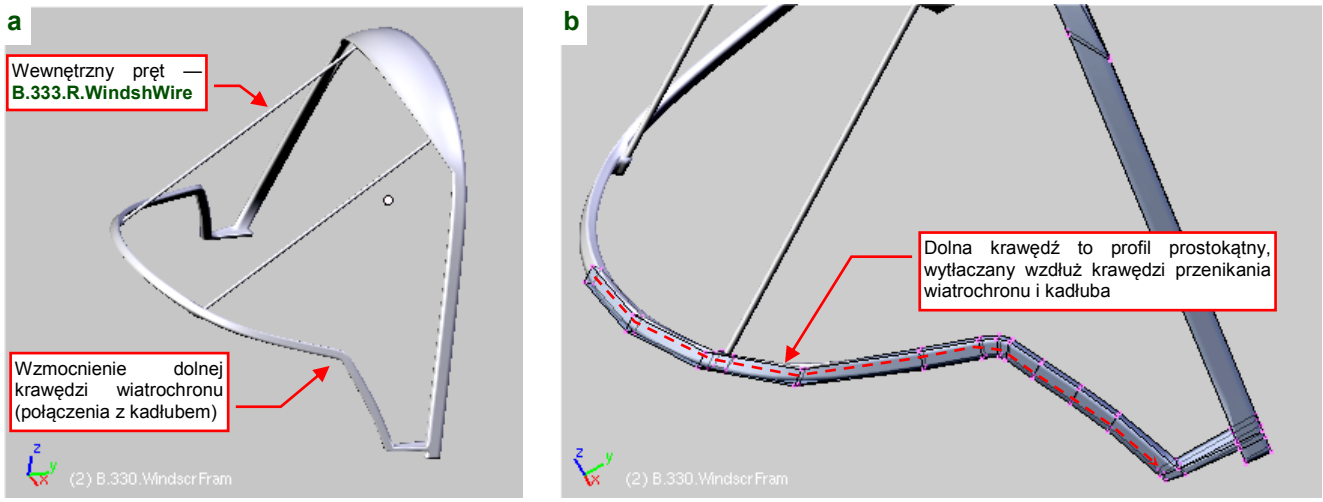
Rysunek 3.15.8 podaje, jakie nazwy nadałem obydwu obiektom. Po pogrubieniu będą pełnić rolę powierzchni ze szkła organicznego.

Czas przystąpić do formowania ramki wiatrochronu. Skopiuj (*Duplicate*) **B.320.WindshGlass** w nowy obiekt — **B.330.WindshFrame**. Potem usuń z tej nowej powłoki niepotrzebne ściany (Rysunek 3.15.9a). Ramkę wiatrochronu pogrub "na grubszą blachę" (0.02 jedn. Blendera — 2mm). Tylną krawędź potraktuj inaczej: wytłocz górny łuk tak, by wyglądał jak grubsze żebro, a boczne słupki — jak lite pręty, o przekroju klina i szerokości ok. 1 cm (Rysunek 3.15.9a). Dodaj też u góry spłaszczoną na obydwu końcach rurkę (Rysunek 3.15.9c). Sądzę, że lepiej zrobić z niej oddzielny obiekt (**B.331.WindshTube**). (Ze zdjęć wynika, że w odróżnieniu od reszty owiewki była w naturalnym kolorze metalu.)



Rysunek 3.15.9 Wydzielenie i uformowanie ramki wiatrochronu

Ramka wiatrochronu miała także dolną, niewidoczną część (Rysunek 3.15.10a). Ten fragment pełnił jednocześnie rolę wzmocnienia krawędzi poszycia kadłuba[1]. Aby ją uzyskać, wytłocz prostokątny przekrój wzdłuż krawędzi przenikania wiatrochronu i kadłuba. Każda wręga uzyskanej w ten sposób powłoki jest inaczej zorientowana w przestrzeni (Rysunek 3.15.10b):



Rysunek 3.15.10 Dodanie dalszych elementów ramki wiatrochronu

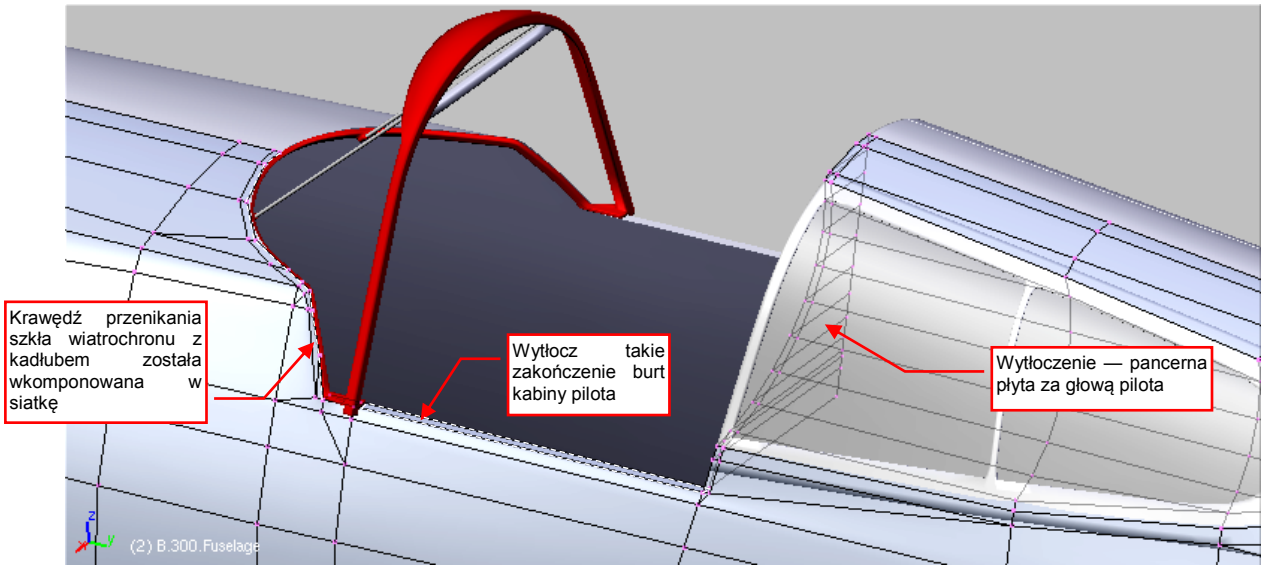
Jest z tym trochę roboty — przed każdym kolejnym wytłoczeniem trzeba zmieniać projekcję, ustawiając ją prostopadle do kolejnej ściany wiatrochronu. Potem trzeba jeszcze poprawić zewnętrzny obrys tak, by leżał dokładnie na płaszczyźnie szkła wiatrochronu. (Nie powinien ani wystawać, ani być szczególnie zagłębiony.) Uformowanie tego fragmentu, wraz z dopasowaniem do powierzchni wiatrochronu, zajęło mi jakąś godzinę. Być może istnieje łatwiejszy sposób, by uzyskać taką "pogiętą rurę". Sądzę jednak, że straciłbym więcej czasu na eksperymenty, niż zużyłem na jej wykonanie opisaną metodą.

Po uformowaniu dolnej części ramy wiatrochronu wstaw w nią dwa wewnętrzne pręty (Rysunek 3.15.10a) . Wykonaj je jako oddzielne obiekty. Nadałem im nazwy **B.333.R.WindshWire** i **B.333.L.WindshWire**. Środkiem (tzn. punktem odniesienia — ang. *origin*) każdego pręta uczyń jego górny koniec. To ułatwi późniejsze dopasowywania do spodu ramki — wystarczy je obrócić wokół globalnej osi **X**.

[1] Pamiętaj: w takich cienkościennych konstrukcjach, jak lotnicze, krawędź każdego otworu musi mieć wzmocnienie. ("Inaczej jest to błąd w sztuce" — tak było napisane o tym w podręczniku, z którego korzystaliśmy w czasie studiów.) Jeżeli nie widzisz go na planach — szukaj na zdjęciach, a na pewno znajdziesz!

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

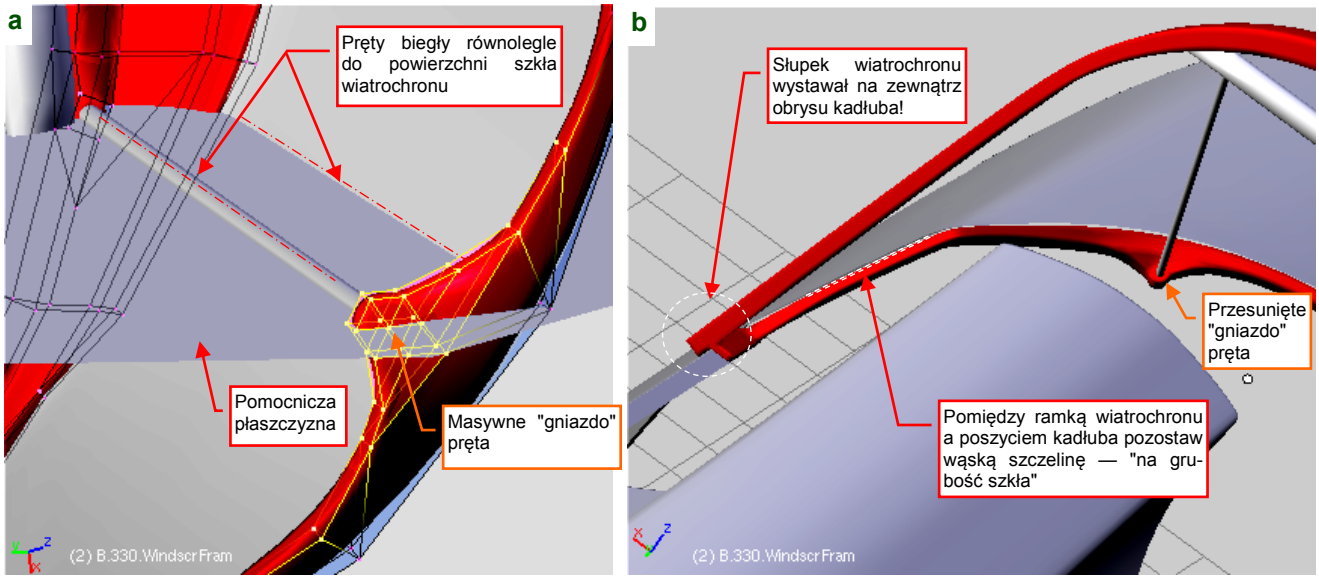
Dla łatwiejszego odróżnienia od kadłuba nadałem ramce (na czas pracy) kontrastowy, sztuczny kolor przypisując jej czerwony materiał **Artifical**. Teraz zmodyfikuj kadłub: wkomponuj w jego siatkę krawędź przecięcia z wiatrochronem (*Knife*, a później reorganizacja ścian). Będzie to przednia krawędź otworu kabiny. Wytłocz także boczne zakończenia ścian kadłuba (wzdłuż boków owiewki — Rysunek 3.15.11):



Rysunek 3.15.11 Modyfikacja siatki kadłuba wokół kabiny

Przy okazji można zamknąć ścianą otwór, ziejący do tej pory z tyłu, za kabiną. Umieść tam (poprzez wytłoczenie, a potem zmianę skali nowej krawędzi wzdłuż osi **X** do zera) górną część pancernej płyty, osłaniającej pilota (Rysunek 3.15.11).

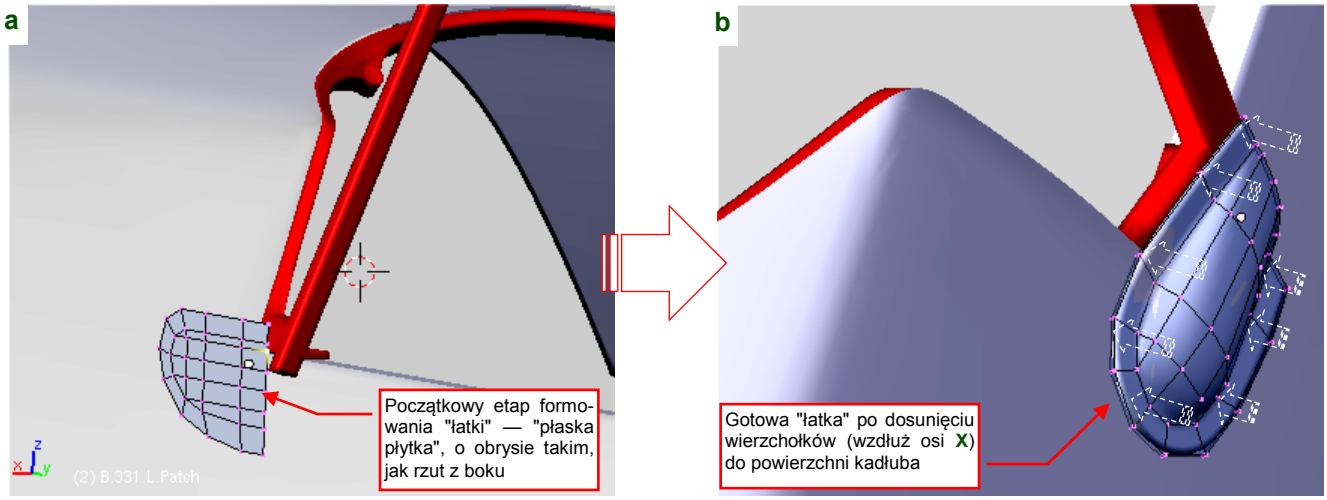
Wróćmy jeszcze na chwilę do wiatrochronu. Z analizy zdjęć wynika, że jego wewnętrzne pręty biegły równolegle do powierzchni szkła. Sprawdź to, przykładając w ich płaszczyźnie utworzoną na chwilę płaską powierzchnię (Rysunek 3.15.12a). W moim przypadku okazało się konieczne poprawienie kąta pochylenia słupka. W efekcie jego "gniazdo" stało się o wiele bardziej odległe od ramki. Trzeba było "wyciągnąć" tylną powierzchnię dolnej ramki wiatrochronu w masywne zgrubienie (Rysunek 3.15.12b) . Takie właśnie zgrubienie widać także na zdjęciach z wnętrza kabiny P-40 B/C. Na szczęście nie miało to wpływu na przednią krawędź ramy, dopasowaną do kadłuba. (Dopóki dodajesz nowe wierzchołki wyłącznie na tylnej krawędzi ramki, kształt ściany przedniej pozostaje niezmienny).



Rysunek 3.15.12 Szczegóły ramki wiatrochronu

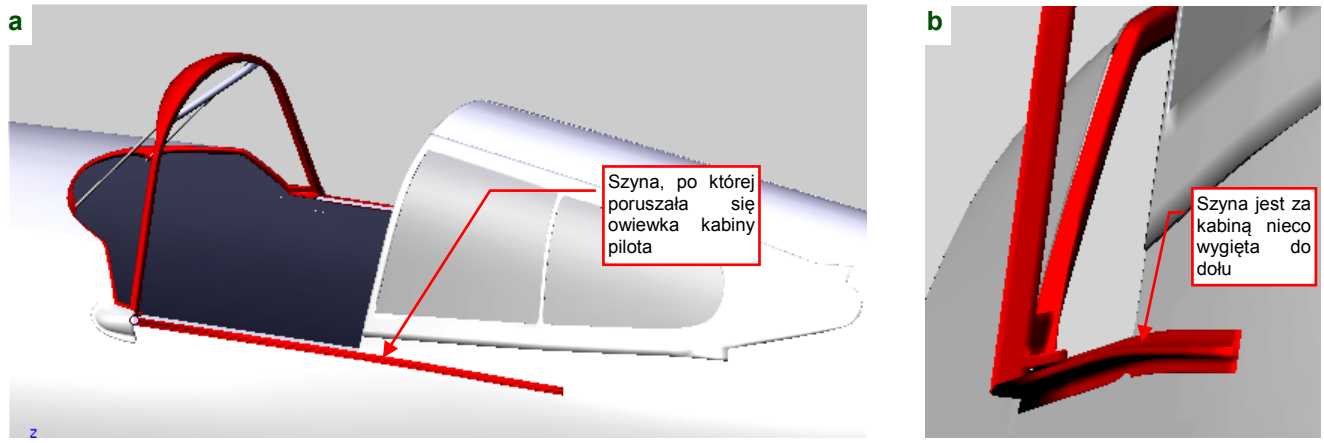
Pozostaw pomiędzy ramką a powierzchnią kadłuba niewielką szczelinę — na grubość szkła wiatrochronu (Rysunek 3.15.12b). Zwróć także uwagę, że dolny koniec słupka wiatrochronu wystaje poza obrys kadłuba (tak właśnie było w P-36 i P-40B/C).

Aby ten wystający koniec zasłonić, konstruktorzy nałożyli na ten fragment niewielką "łatkę" z wygiętej blachy. Najprościej jest ją wykonać, zaczynając od uformowania płaskiej płytki o obrysie „łatki" z boku (Rysunek 3.15.13a). Potem wystarczy poprzesuwać wierzchołki tej powłoki wzdłuż osi X, "układając" je na powierzchni kadłuba (Rysunek 3.15.13b):



Rysunek 3.15.13 Dodanie "łatki", zasłaniającej wystającą ramkę wiatrochronu

Kolejnym elementem jest szyna, po której przesuwała się owiewka kabiny pilota (**B.337.CanopyRail**) . Aby ją wyróżnić, przypisałem temu obiektowi, podobnie jak ramce wiatrochronu, czerwony materiał (**Artifical** — Rysunek 3.15.14a). Szyna owiewki miała przekrój w kształcie litery "T"[1]. Mimo naszych starań zachowania na poziomie dolnej krawędzi owiewki stałej szerokości kadłuba, w połowie oszklenia za kabiną pilota kadłub staje się nieco węższy. Koniec zupełnie prostej szyny odstaje jego powierzchni na jakiś centymetr. Na szczęście, na zdjęciach z rekonstrukcji P-36 widać, że szyna była lekko wygięta do dołu. (P-36 miał taki sam tył, jak P-40B/C). Geometrycznie to bardzo ważne, bo nawet 1-2 cm niżej kadłub był szerszy, i można w ten sposób zachować stałą odległość pomiędzy szynami (Rysunek 3.15.14b):

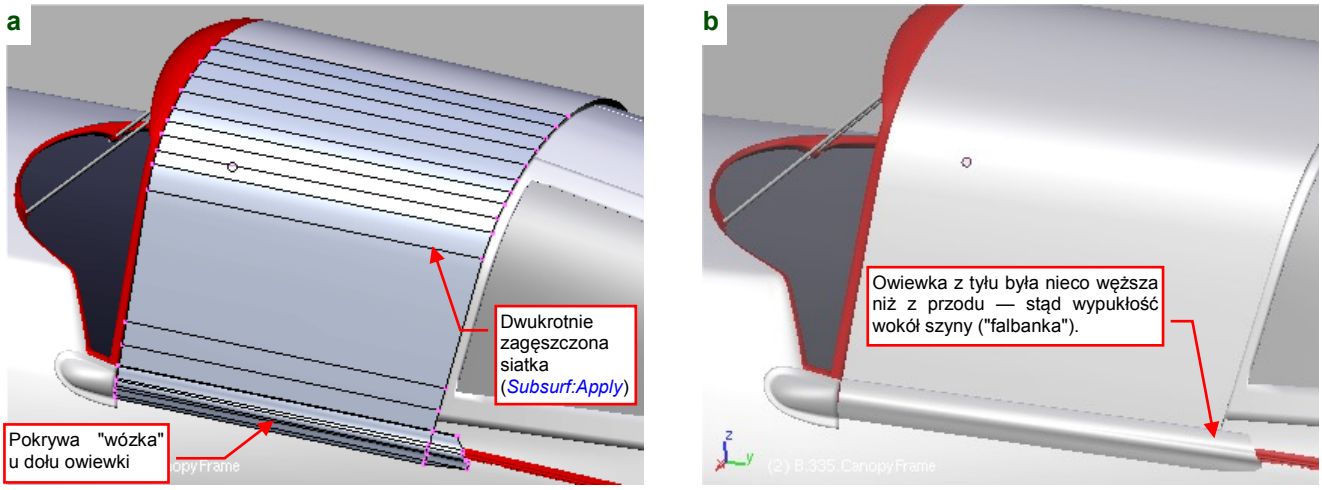


Rysunek 3.15.14 Szyna owiewki kabiny

[1] W P-36 część za kabiną pilota nie miała przekroju "T". Na zdjęciach z rekonstrukcji francuskiego Curtiss Hawk 75, to szyna o niewielkim przekroju w kształcie litery "C". P-40 miał odrobinę inny kształt dolnej części owiewki kabiny, i trochę inną szynę. Niestety, na żadnym zdjęciu nie widać jej tylnej części dokładnie, więc nie można orzec, czy dalej miała przekrój "T", jak część przednia. Założyłem, że miała.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

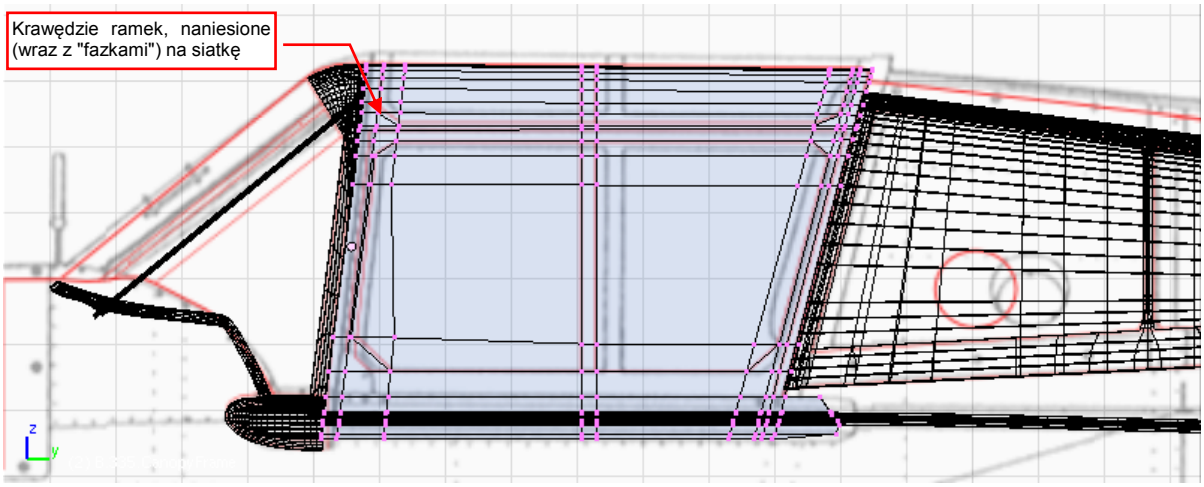
Szynę owiewki już stworzyliśmy, teraz czas na jej ramkę. Utwórz nowy obiekt — **B.335.CanopyFrame** — poprzez powielenie (*Duplicate*) powierzchni "szkła", czyli przygotowanego wcześniej (str. 192) obiektu **B.225.CanopyGlass**. Aby łatwiej było trafić liniami wierzchołków w układ ramek, zagęść siatkę nowo utworzonego obiektu (*Subsurf:Apply*, z *Subdivisions* ustawionym na 1). Rysunek 3.15.15a pokazuje rezultat. Uformowany jest tu już także dolny fragment ramki owiewki. (Wygląda mi to na coś w rodzaju osłony poruszającego się po szynach "wózka", do którego była przyczepiona reszta konstrukcji[1]).



Rysunek 3.15.15 Ramka owiewki kabiny — początkowe etapy formowania

Zwróć uwagę na narastającą wzdłuż dolnej krawędzi ramki "falbankę", kryjącą krawędź szyny (Rysunek 3.15.15b). Jest widoczna na wszystkich zdjęciach. (Świadczy o nieznacznym zawężeniu tyłu owiewki).

Po przygotowaniu siatki można na niej naciąć (*Knife*) wewnętrzne krawędzie ramek (Rysunek 3.15.16):



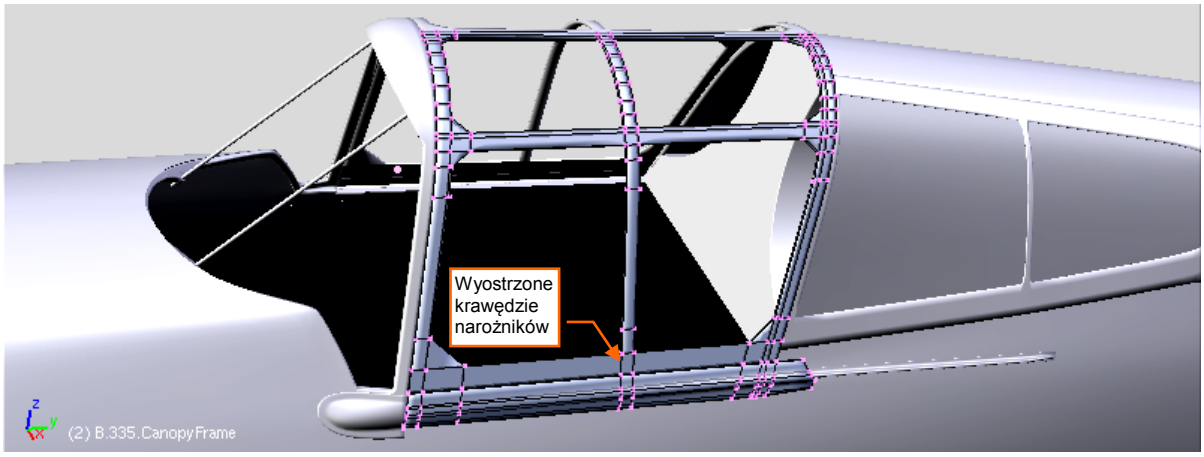
Rysunek 3.15.16 Przygotowanie zarysu wewnętrznych krawędzi ramki

Ukośne "fazki" w narożnikach ramek dodaj na samym końcu, zastępując znajdującą się w tych miejscach ścianę prostokątną dwoma trójkątnymi (J).

Teraz usuń wierzchołki ze środka otworów i pogrub (*Solidify*) całą ramkę do wewnątrz o jakieś 0.08 jednostki Blendera (8 mm) (Rysunek 3.15.17). Założyłem, że grubość całego "sandwicza": ramka zewnętrzna, szkło or-

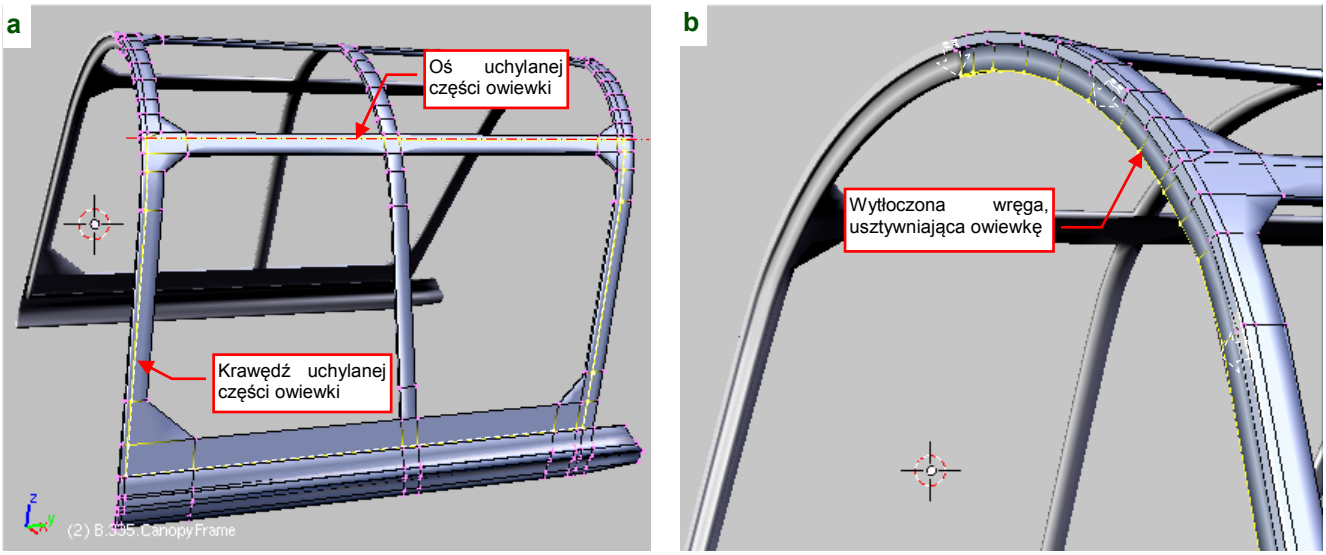
[1] P-36 miał nieco inną, jednoczęściową konstrukcję owiewki. Nie występował w niej podział na "wózek" i resztę ramki, nie miała także wystającego z tyłu kawałka blachy, zasłaniającego fragment szyny za owiewką. Na owiewce P-36 brak także charakterystycznych dla P-40 "fazek" w narożnikach ramki.

ganiczne, ramka wewnętrzna, miała grubość 8mm. Równie dobrze mogło to być 9, 10 czy 11mm — trudno to dokładnie ustalić na podstawie zdjęć.



Rysunek 3.15.17 Ramka po usunięciu wnętrza otworów i pogrubieniu

Owiewki P-36 i P-40 miały ciekawe rozwiązanie awaryjne — lewy segment oszklenia mógł być uchylony do góry[1]. Wyglądało to tak, że w lewą ścianę owiewki była wkomponowana druga, cieńsza ramka, do której przymocowano szybę boczną (Rysunek 3.15.18a) . Po przejrzeniu zdjęć doszedłem do wniosku, że ogólna szerokość "pasków" ramki z lewej i z prawej strony jest identyczna. Dzięki temu możemy pozostawić zastosowany do tej siatki modyfikator *Mirror*, i dalej kształtować tylko symetryczną połowę siatki. Zdecydowałem się nanieść (*Loop Cut*) dodatkowe linie wierzchołków tam, gdzie występowały krawędzie uchylanej ramki. Przydadzą się, gdybyś chciał uszczegółowić model.



Rysunek 3.15.18 Dalsze szczegóły ramki owiewki kabiny

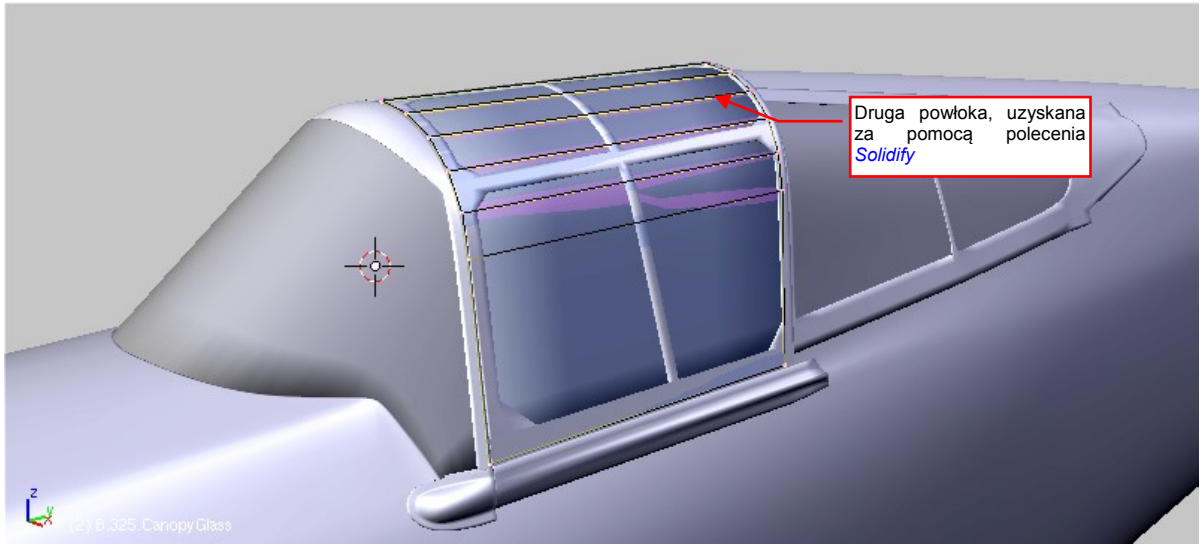
Na przedniej krawędzi owiewki znajdowała się wręga, usztywniająca jej konstrukcję[2]. Nanieś (*Loop Cut*) na dolną powierzchnię dwa położone blisko siebie rzędy wierzchołków. Następnie wytłocz je (jako region) i odsuń do wnętrza owiewki (*Shrink/Fatten*) (Rysunek 3.15.18b).

[1] Nie znam innego myśliwca z tego okresu, który miałby taką "ostatnią deskę ratunku". Odsuwane owiewki miały tendencję do blokowania się w sytuacjach awaryjnych, np. podczas kapotażu. Wydostać się z zamkniętej kabiny dolnopłata leżącego "na plecach" na pewno nie jest łatwo, nawet gdy owiewka daje się odsunąć do tyłu. Wydaje mi się, że ostatnie miejsce pod względem bezpieczeństwa po kapotażu zajmuje Messerschmitt 109. Nie dość, że bardzo wąskie podwozie było wręcz zaproszeniem do takiego wypadku, to Me-109 miał kabinę odchylaną w bok...

[2] W jednej z muzealnych rekonstrukcji P-40B nie występuje, ale jest widoczna w innym egzemplarzu, nadal zdolnym do lotu.

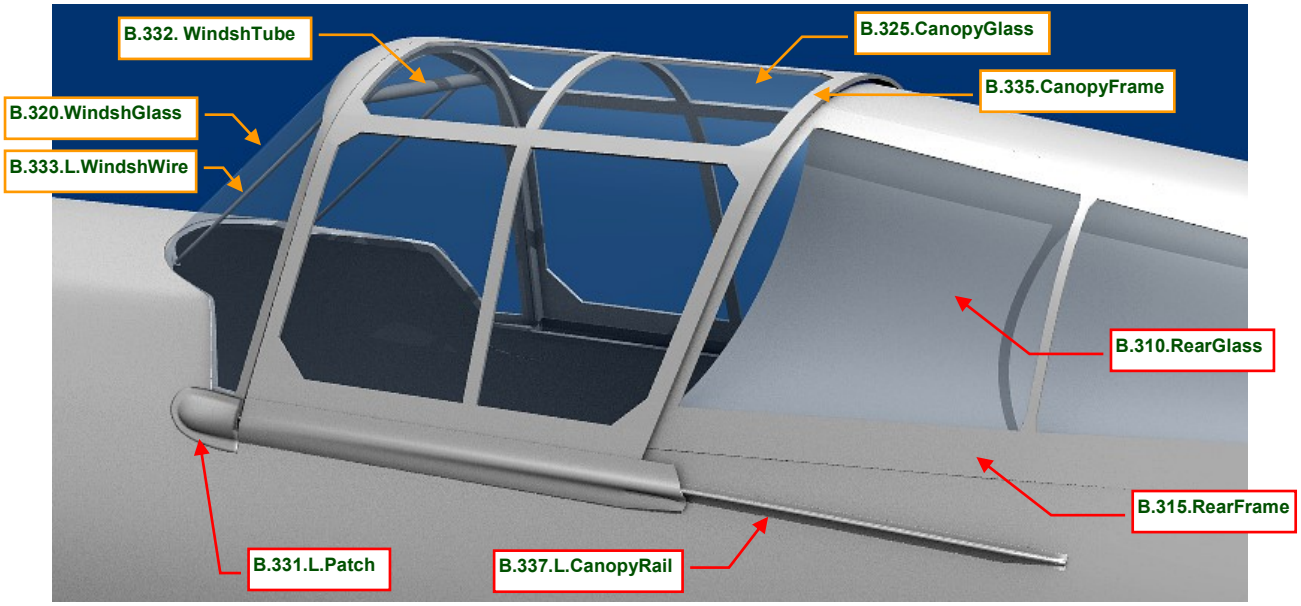
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Ramka owiewki jest już gotowa. Pozostało już tylko jest pogrubienie powłok oszklenia (**B.320.WindshGlass** i **B.325.CanopyGlass**). Zrób to za pomocą polecenia *Solidify* (Rysunek 3.15.19):



Rysunek 3.15.19 Ostatnia czynność — pogrubienie powierzchni szkła kabiny

Przyjąłem, że grubość szkła wynosiła 4mm (0.04 jednostki Blendera). Oczywiście, to tylko moje przypuszczenie — równie dobrze mogło to być 3 lub 6mm.

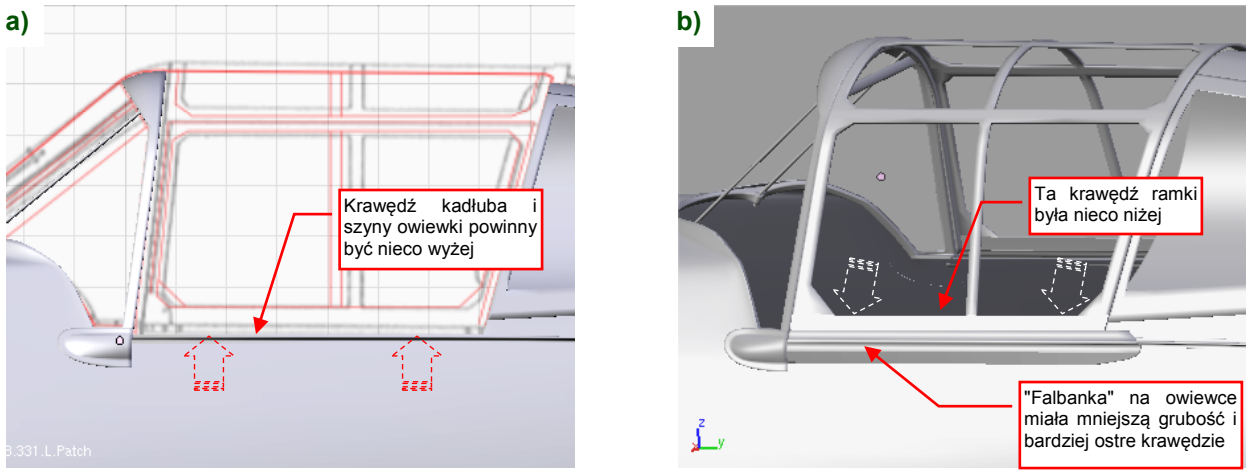


Rysunek 3.15.20 Gotowa osłona kabiny — wyliczenie elementów

Rysunek 3.15.20 pokazuje gotową osłonę kabiny. Na koniec każdego etapu warto uporządkować wzajemne przypisanie obiektów (relacje *Parent*) oraz przypisania do warstw. Powierzchnie szklane (**B.320.WindscrGlass**, **B.325.CanopyGlass**, **B.310.L/R.RearGlass**) umieść na odrębnej warstwie (M, str. 317) — aby, w razie potrzeby, szybko je ukryć. Proponuję, aby to była warstwa **16**. Pozostałe elementy ramek kabiny (Rysunek 3.15.20) umieść na drugiej warstwie: **17**.

Całość składa się z dziesięciu elementów, więc warto ją zawczasu połączyć w hierarchię, aby nic się nie "zgubiło". Proponuję przypisać "szkła" do odpowiednich ramek (**B.320.WindshGlass** do **B.330.WindshFrame**, **B.325.CanopyGlass** do **B.335.CanopyFrame**, a **B.310.L/R.RearGlass** do **B.315.L/R.RearFrame**). Potem każdą z ramek przypisz do kadłuba (**B.300.Fuselage**). Do ramki wiatrochronu (**B.330.WindshFrame**) przypisz także jego wzmocnienia (**B.333.L/R.WindshWire**, **B.332.WindscrTube**). Bezpośrednio do kadłuba (**B.300.Fuselage**) przypisz "łatki" (**B.331.L/R.Patch**) oraz szyny owiewki (**B.337.L/R.CanopyRail**).

Przygotowując się do tematu następnej sekcji, powtórnie przeglądałem zdjęcia kabiny P-40. Im dłużej się w nie wpatrywałem, tym więcej dostrzegałem niedokładności w modelu, który wykonaliśmy. Nie są duże, a tego typu niewielkie poprawki są normą na każdym etapie pracy. Omawiam je dopiero teraz, abyście nie sądzili, że jestem nieomylny ☺. Zacznijmy od bocznej krawędzi kabiny: powinna być nieco wyżej (Rysunek 3.15.21a):

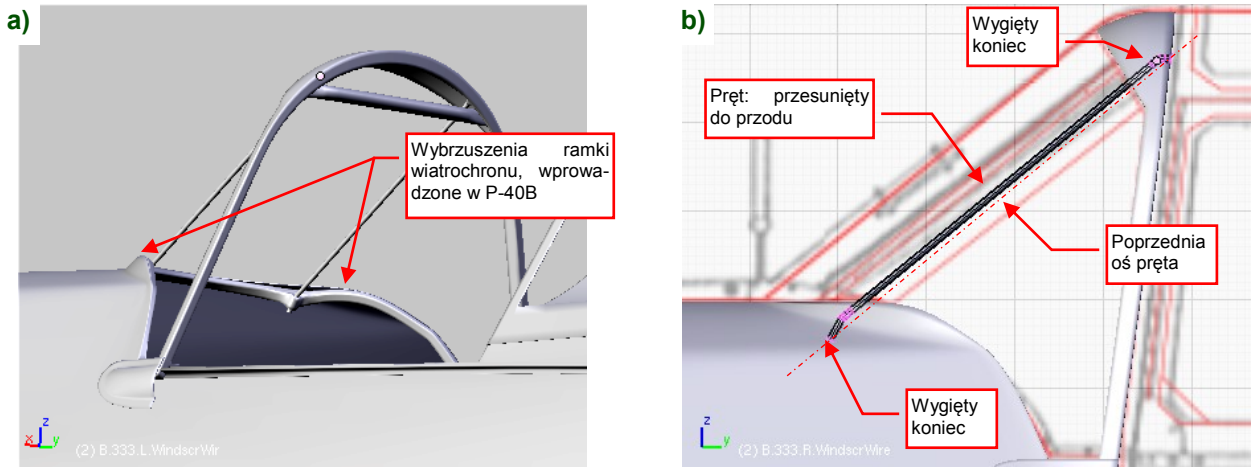


Rysunek 3.15.21 Podniesienie krawędzi kabiny i poprawki w ramce owiewki

(Ze zdjęć wynika, że szyna owiewki była niemal na takiej samej wysokości, co górna krawędź "łatki", a w naszym modelu była niżej). Trzeba było więc podnieść do góry i szyny, i krawędź kadłuba o jakieś 0.08 jednostki Blendera. To z kolei spowodowało konieczność podniesienia do góry "stopki" ramki wiatrochronu — aby nadal opierała się o krawędź kadłuba, a nie "tonęła" w jego wnętrzu.

Poprawek wymagała także ramka owiewki kabiny (Rysunek 3.15.21b) . Zdjęcia pokazują, że "falbanka" ponad krawędzią szyny miała mniejszą grubość, niż jej początkowo nadaliśmy. Jej krawędzie były także raczej ostre, a nie zaokrąglone. Nie "rozmywała" się zupełnie z przodu owiewki, jak zamodelowaliśmy poprzednio. Poza tym dolna ramka oszklenia była położona nieco niżej (o ok. 0.1 jednostki Blendera). (Wyszło mi to z porównania proporcji wysokości ramki pod i ponad "falbanką").

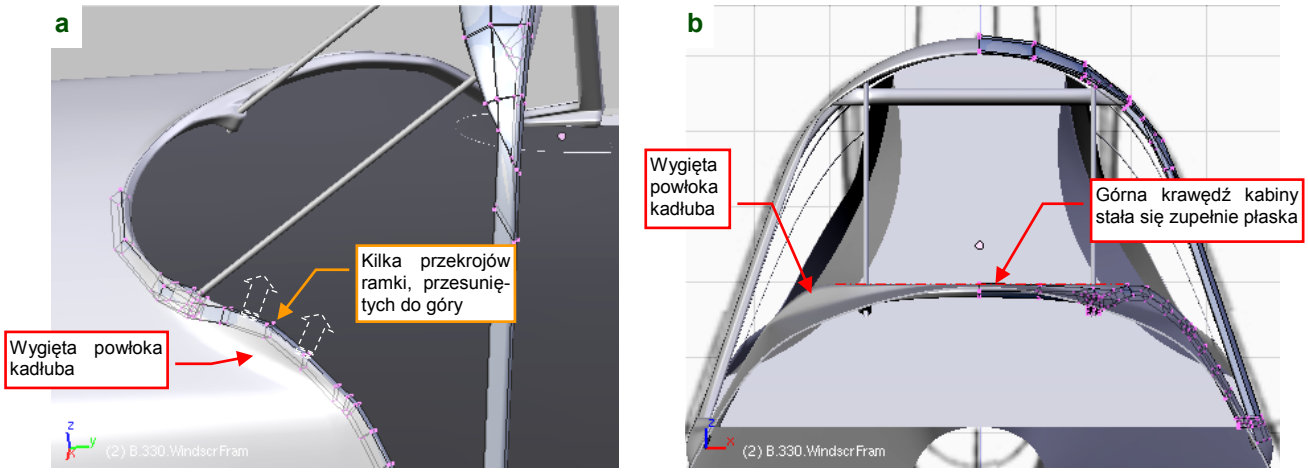
Zdjęcia pokazały także, że kształt dolnej ramki wiatrochronu, wykonany na wcześniejszych stronach tej sekcji, był prawidłowy — ale dla wersji poprzedzającej P-40B! Oznaczano ją jako P-40 (bez żadnej litery) lub Tomahawk I, i produkowano w 1940r. Podobnie jak P-36, nie miała opancerzenia. Wraz z dodaniem przedniej szyby pancernej w P-40B, ramka wiatrochronu uległa zmianie. Pojawiło się na niej wybrzuszenie, pokryte z zewnątrz wygiętym poszyciem kadłuba (Rysunek 3.15.22a) :



Rysunek 3.15.22 Poprawki w zespole wiatrochronu

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Pojęcia nie mam, co mogło być przyczyną takiej modyfikacji: zwiększone obciążenie ramy przez szybę pancerną? Doświadczenia z eksploatacji? Trzeba jednak ten szczegół odwzorować. Zacząłem od wzmacniających wiatrochron prętów. Obserwując ich mocowanie w ramce, doszedłem do wniosku, że miały wygięte końce. Pozwoliło to przesunąć je nieco do przodu (Rysunek 3.15.22b), i zmniejszyć pochylenie ich "gniazd" w ramce. Dzięki temu zaczęły wyglądać jak na zdjęciu (Rysunek 3.15.23a).



Rysunek 3.15.23 Poprawki w wiatrochronu — zmiana kształtu ramki i kadłuba

Ze zmianą kształtu samej ramki było trochę roboty. Po przesunięciu odpowiednich sekcji do góry, należało je powtórnie dopasować do powierzchni wiatrochronu. Potem trzeba było bardziej wygiąć powłokę kadłuba, aby pokryć zmieniony kształt ramki (Rysunek 3.15.23a). W rezultacie zagięte poszycie kadłuba tworzy w rzucie z przodu linię prostą (Rysunek 3.15.23b).

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.15.blend* (por. str. 18).

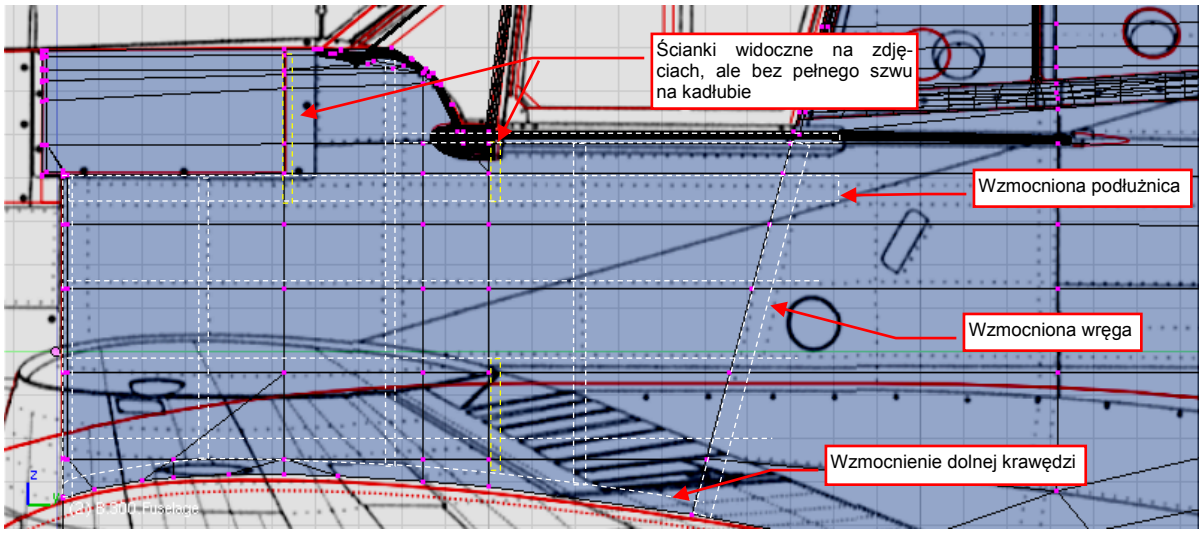
Podsumowanie

- Osłona kabiny jest pierwszym przykładem zespołu, który jest złożony z większej liczby elementów. Pamiętaj, aby od razu zadbać o nadanie całości właściwej hierarchii (relacjami *Parent* — por. str. 198);
- Oszklenie kabiny zawsze warto trzymać na osobnej warstwie. W trybie wyświetlania *Solid*, w którym zazwyczaj pracujesz, powłoka oszklenia jest nieprzejrzysta. Zasłania wiele szczegółów ramki, które często będziesz chciał widzieć, chociażby podczas prac nad wnętrzem kabiny. Co chwila będziesz potrzebował zmienić widoczność powłok oszklenia. Włączenie/wyłączenie widoczności warstwy jest tu najprostszym rozwiązaniem (por. str. 198);
- W trakcie prac, opisanych w tej sekcji, wykorzystywaliśmy poznane wcześniej techniki formowania. Nie pojawiło się już nic nowego. To wskazuje, że zdobyłeś już dużo doświadczenia!

3.16 Kabina — ściany wewnętrzne

Wnętrze kabiny — fotel pilota, tablicę przyrządów, szybę pancerną, zagłówek — wykonamy później, na etapie uzupełniania drobnych części. Teraz przygotujmy ściany kabiny pilota. Wręgi i podłużnice, biegnące wewnątrz kabiny, spełnią rolę "kratki", która pozwoli nam lepiej porównać ze zdjęciami wzajemne proporcje poszczególnych elementów jej wyposażenia. Gdy szkielet burt będzie wyglądać jak na fotografiach, umieszczone na nich detale także powinny mieć poprawne rozmiary.

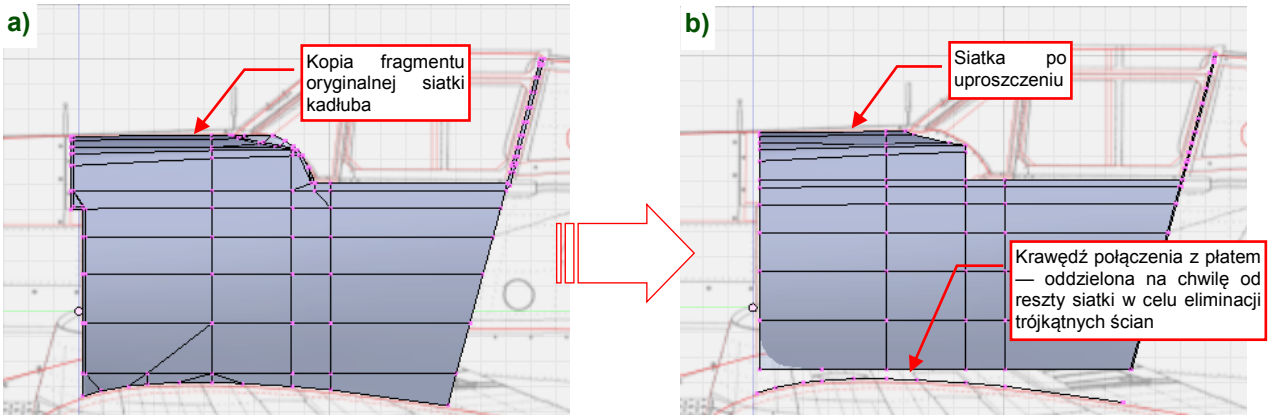
Przebieg podłużnic i wręg najlepiej rozpoznać, śledząc linie nitów na kadłubie. Układ tych linii, narysowany na planach koniecznie skonfrontuj ze zdjęciami — czasami znajdziesz różnice! Rysunek 3.16.1 pokazuje linie podłużnic i wręg, jakie posiadał P-40B/C (i P-36):



Rysunek 3.16.1 Określanie przebiegu wręg i podłużnic na podstawie linii nitów na kadłubie

Wśród wręg, które narysowałem, są dwie oznaczone kolorem żółtym (Rysunek 3.16.1). Wręgi te są widoczne na zdjęciach wnętrza kabiny, ale nie mają "swojego" szwu nitów na zewnątrz. Przypuszczam, że był to rodzaj "ścianek wewnętrznych", przymocowanych nie do poszycia, tylko do podłużnic kadłuba. Wewnątrz kabiny nie odróżniają się od innych wręg, więc zamodelujemy je w ten sam sposób, co pozostałe.

Skopiuj tył kadłuba (**B.300.Fuselage**) w nowy obiekt. Nadaj mu nazwę **B.301.Cockpit.001** i umieść na warstwie nr **17** (na innej niż kadłub). Usuń z jego siatki niepotrzebne ściany, pozostawiając tylko otoczenie kabiny (Rysunek 3.16.2a):

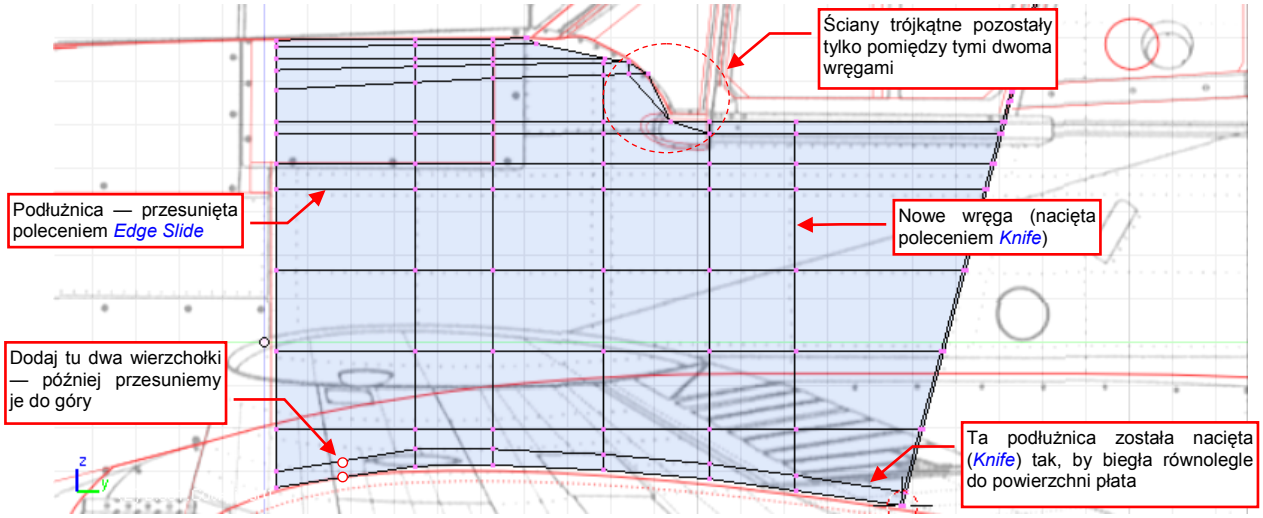


Rysunek 3.16.2 Uproszczenie siatki wewnętrznej ściany kabiny

Uprość tę siatkę (usuwając niektóre wierzchołki i tworząc nowe ściany). Przygotuj ją tak, by zawierała wyłącznie ściany czworokątne (Rysunek 3.16.2b). Między innymi — odłącz na chwilę od siatki dolną krawędź i połącz ją na nowo, tym razem bez trójkątnych ścian.

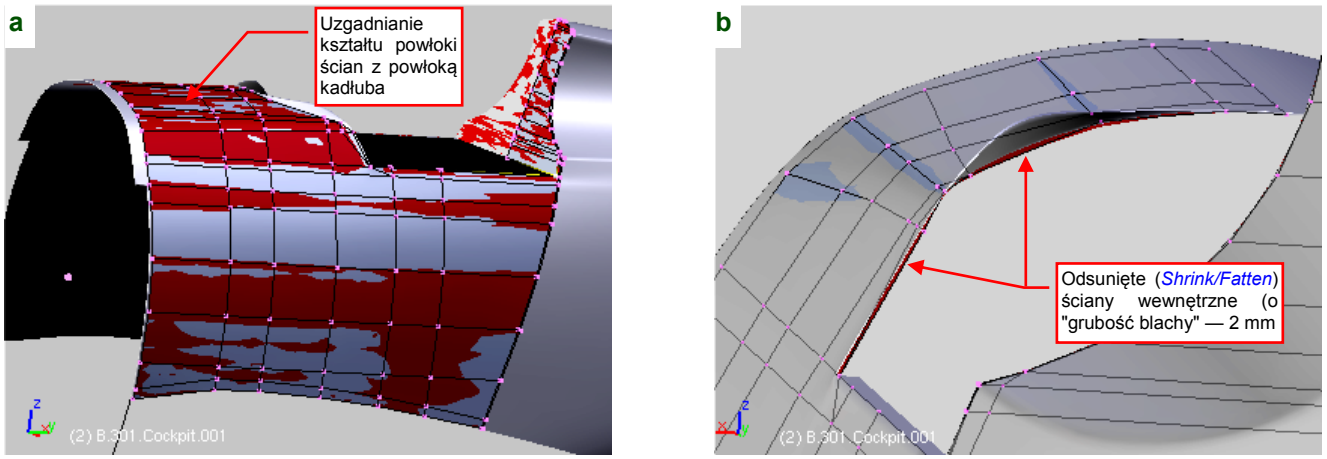
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W tak przygotowanej siatce natnij (*Knife*) kolejne wręgi tam, gdzie biegły linie nitów. Większość podłużnic jest niemal w poprawnym miejscu — skoryguj tylko niektóre z nich drobnymi przesunięciami (*Edge Slide*) (Rysunek 3.16.3):



Rysunek 3.16.3 Gotowy układ wręg i podłużnic wewnętrznych ścian kabiny

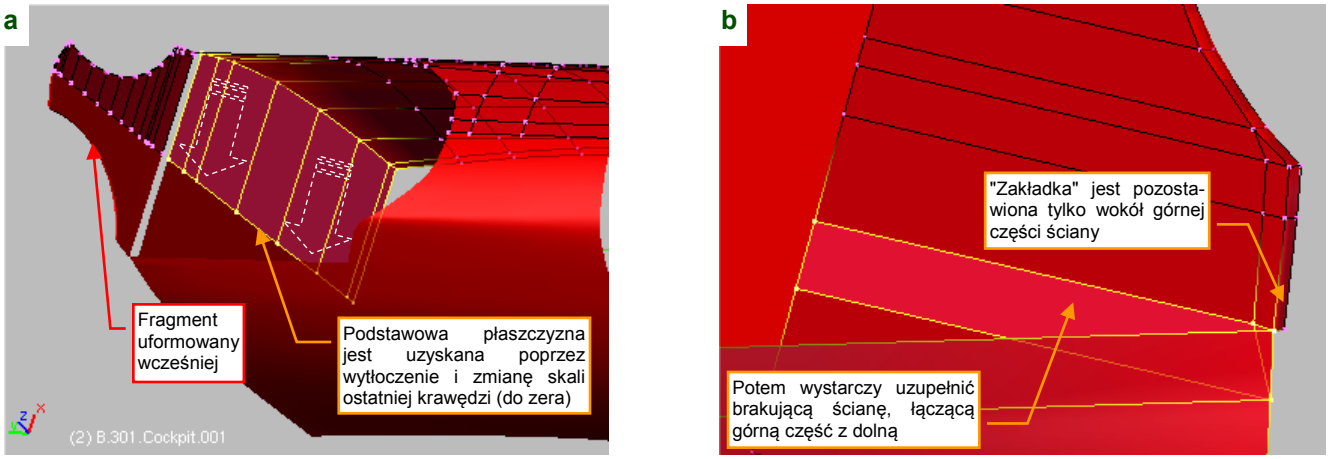
Sprawdź, czy kształt powłoki nie uległ deformacjom w wyniku wprowadzonych zmian. Włącz widoczność warstwy z powłoką kadłuba (**B.300.Fuselage**). Aby łatwiej dostrzec różnicę, zmień barwę obiektu **B.301.Cockpit.001** na czerwoną (materiał **Artifical**) (Rysunek 3.16.4a):



Rysunek 3.16.4 Ściany wewnętrzne: uzgodnienie kształtu i odsunięcie od zewnętrznej powierzchni kadłuba

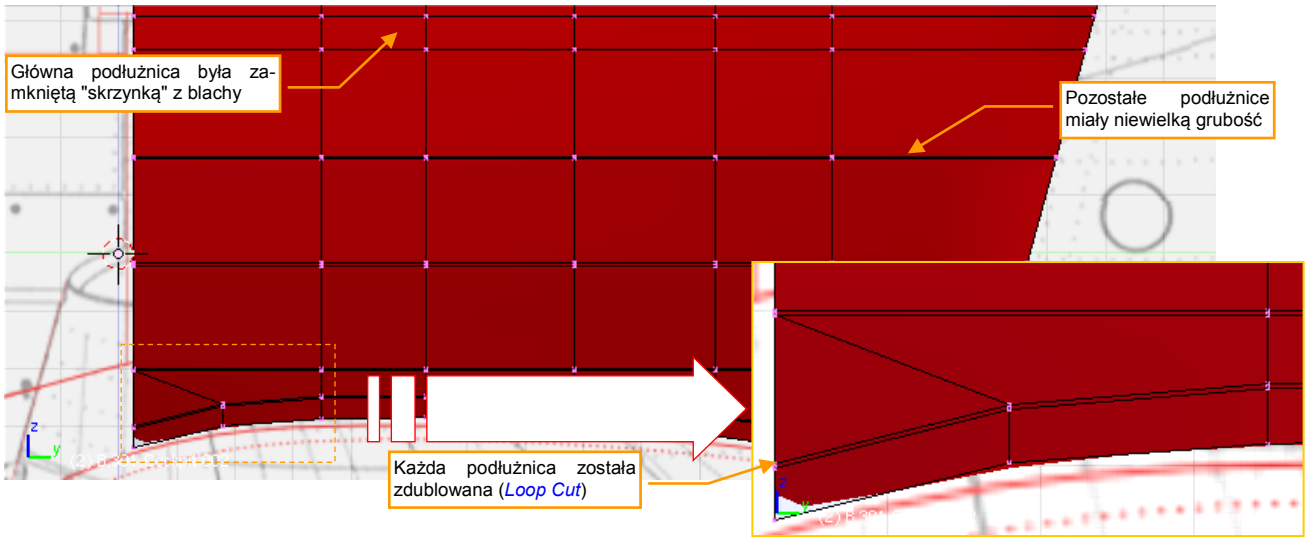
Gdy wszystko się zgadza, odsuń (*Shrink/Fatten*) powłokę wnętrza kabiny od powierzchni kadłuba o "grubość blachy" — 0.02 jednostki Blendera. Przyjrzyj się, patrząc wzdłuż krawędzi, czy odsunięcie nastąpiło rzeczywiście wszędzie, na taką samą odległość (Rysunek 3.16.4b). Potem można z powrotem ukryć warstwę z powłoką kadłuba. (Możesz to także zrobić poleceniem *Solidify*, ale wtedy trzeba usunąć zewnętrzną powłokę)

Ostatnia wręga kabiny była litą płytą pancerną. Górny fragment tej ściany uformowaliśmy wcześniej, podczas prac nad osłoną kabiny (por. str. 194). Oddziel go teraz (*Separate*) z siatki kadłuba i włącz do tej siatki. Dolną część płyty proponuję wytłoczyć z ostatniej krawędzi siatki kabiny. Potem wystarczy przekształcić wytłoczoną krawędź w linię prostą, zmieniając jej skalę wzdłuż osi **X** do zera (Rysunek 3.16.5a). Teraz można uzupełnić brakującą ścianę pomiędzy górną i dolną częścią tej wręgi (Rysunek 3.16.5b). Zwróć uwagę na wąską "zakładkę", jaką pozostawiłem wzdłuż górnej krawędzi płyty pancernej. To zabezpieczenie przed powstaniem przypadkowej szczeliny pomiędzy wewnętrzną ścianą kabiny i poszyciem kadłuba.



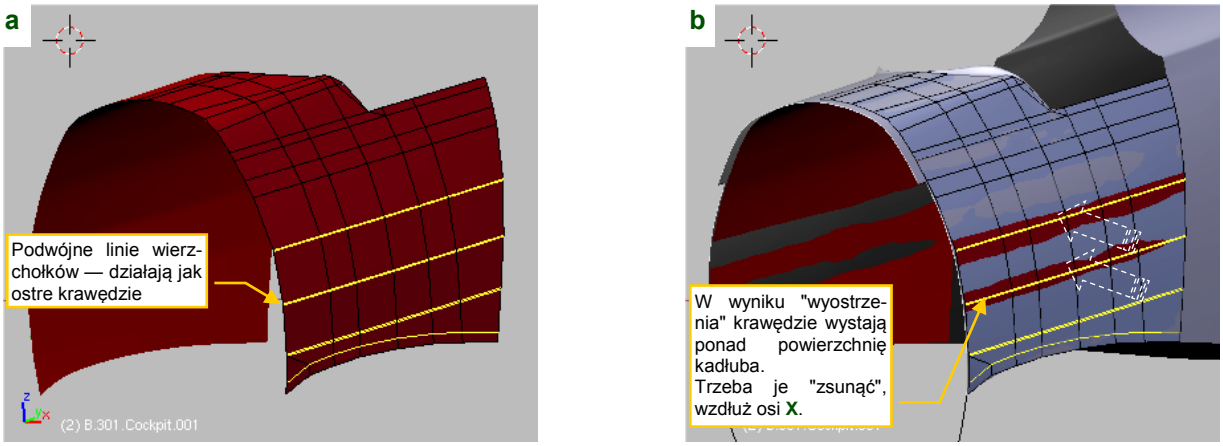
Rysunek 3.16.5 Utworzenie tylnej ściany kabiny

Wzdłuż wewnętrznych ścian kadłuba biegły wręgi i podłużnice. Zacznijmy od wykonania podłużnic: skopiuj siatkę ścian kabiny w nowy obiekt (**B.301.Cockpit.002**). Powiel (poleceniem *Loop Cut*) linie podłużnic. Zrób to tak, by odpowiednie linie były od siebie odległe o grubość podłużnicy (Rysunek 3.16.6):



Rysunek 3.16.6 Kopia ścian kabiny, przygotowana do przekształcenia w podłużnice

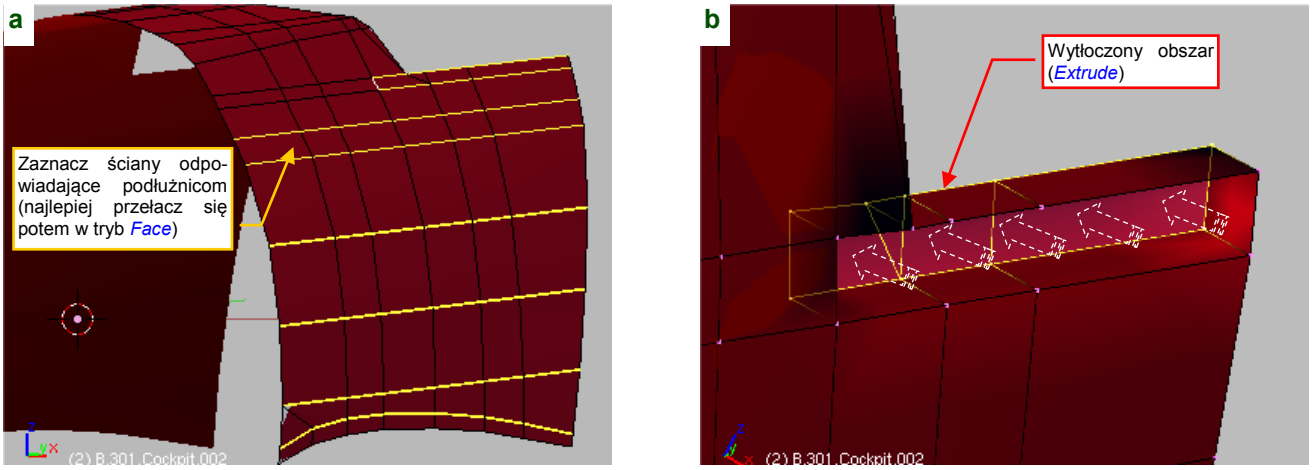
Po zdublowaniu linii podłużnic należy sprawdzić, czy żadna jej część nie wystaje ponad powłokę kadłuba. Dwa rzędy wierzchołków, umieszczone blisko siebie, dają efekt podobny do ostrej krawędzi (Rysunek 3.16.7a). W związku z tym zazwyczaj trzeba trochę zsunąć boki siatki wzdłuż osi **X** (Rysunek 3.16.7b). (Nowe linie zmieniły jej kształt, stała się bardziej wypukła i widać je ponad powierzchnią zewnętrznego poszycia kadłuba):



Rysunek 3.16.7 Kopia ścian kabiny, przygotowana do przekształcenia w podłużnice

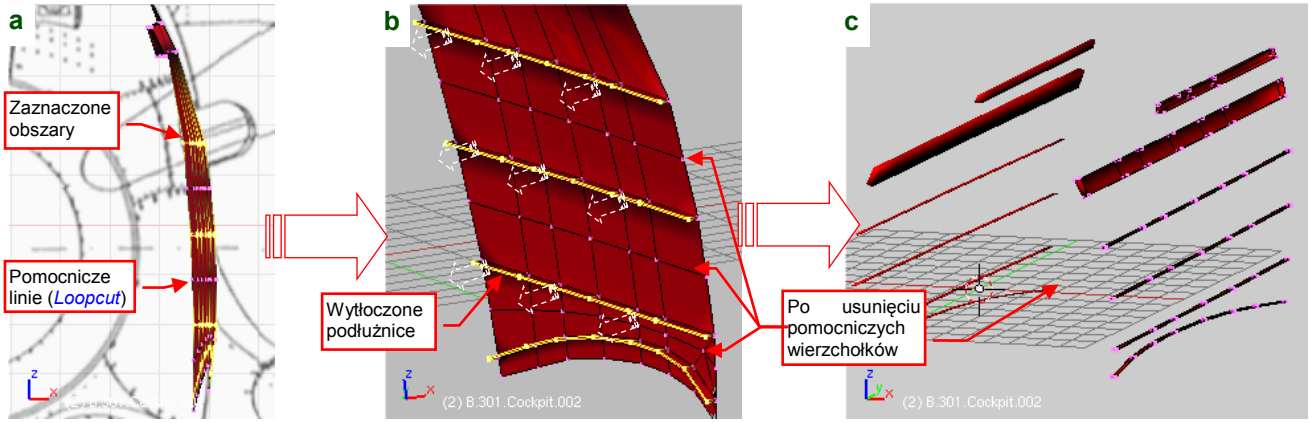
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Siatka jest przygotowana, czas na wytłoczenie z niej podłużnic. Zaznacz odpowiednie ściany (Rysunek 3.16.8a). Następnie wytłocz je do wnętrza (*Extrude*) — i powstała w ten sposób podłużnica (Rysunek 3.16.8b):



Rysunek 3.16.8 Wytłaczanie podłużnicy

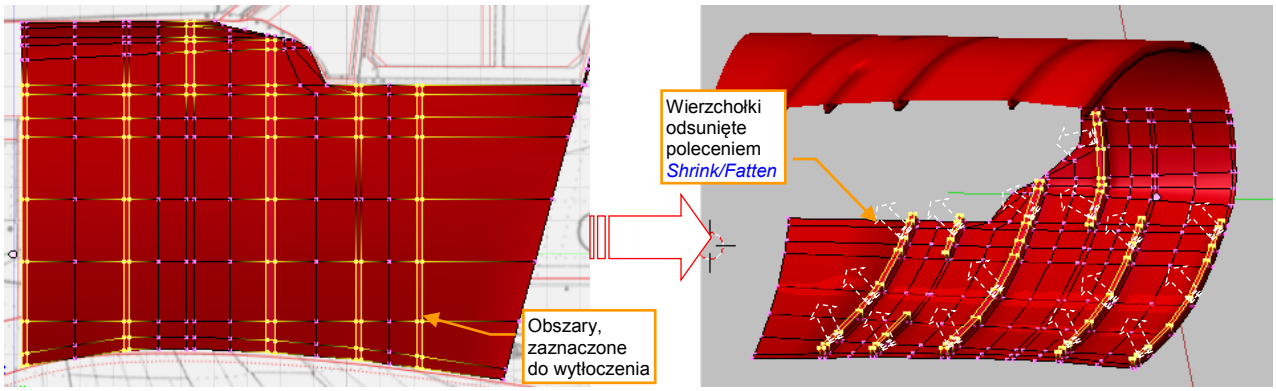
Można także wytłaczać kilka elementów jednocześnie. Przydatne jest wówczas wstawienie (*Loop Cut*) pomiędzy wytłaczanymi obszarami dodatkowych rzędów wierzchołków (bez jakiegokolwiek kształtowania — to tylko separatory) (Rysunek 3.16.9a):



Rysunek 3.16.9 Formowanie podłużnic

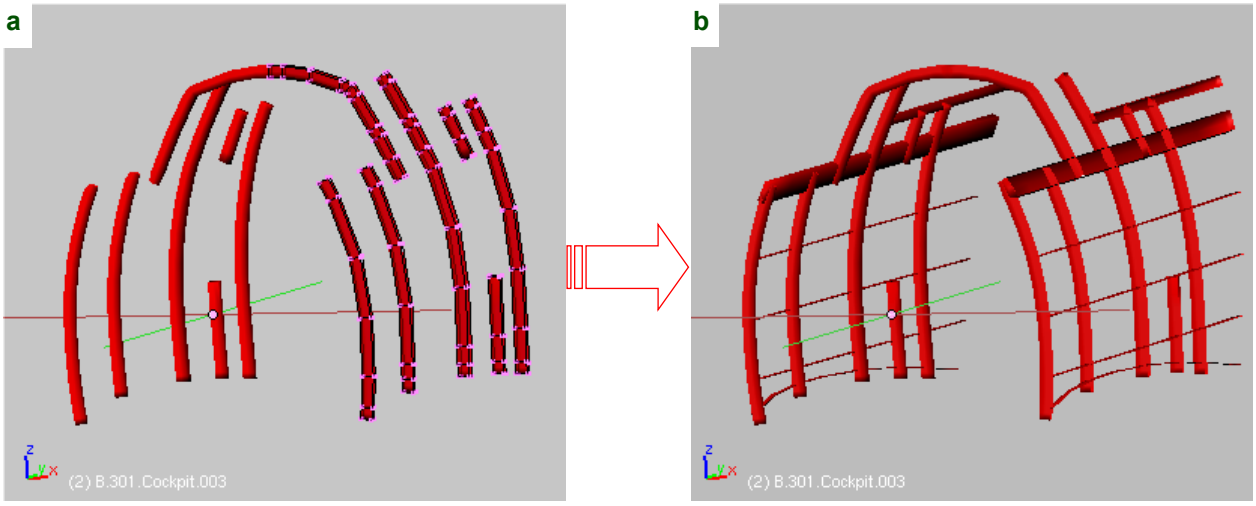
Te pomocnicze rzędy wierzchołków pozwalają poprawnie zaznaczyć naraz kilka rzędów ścian do wytłoczenia. Rysunek 3.16.9b) pokazuje jednoczesne wytłoczenie czterech podłużnic. Można tak to robić, jeżeli wszystkie są zorientowane w ten sam sposób, i miały taką samą szerokość. Potem wystarczy usunąć niepotrzebne krawędzie i wierzchołki (bardzo to ułatwiają dodane przed chwilą pomocnicze linie siatki) (Rysunek 3.16.9c).

W podobny sposób formujemy zespół wręg. Umieść ten obiekt na oddzielnej warstwie. Tu po wytłoczeniu wierzchołków lepiej jest je odsunąć od ścian poleceniem *Shrink/Fatten* (Rysunek 3.16.10):



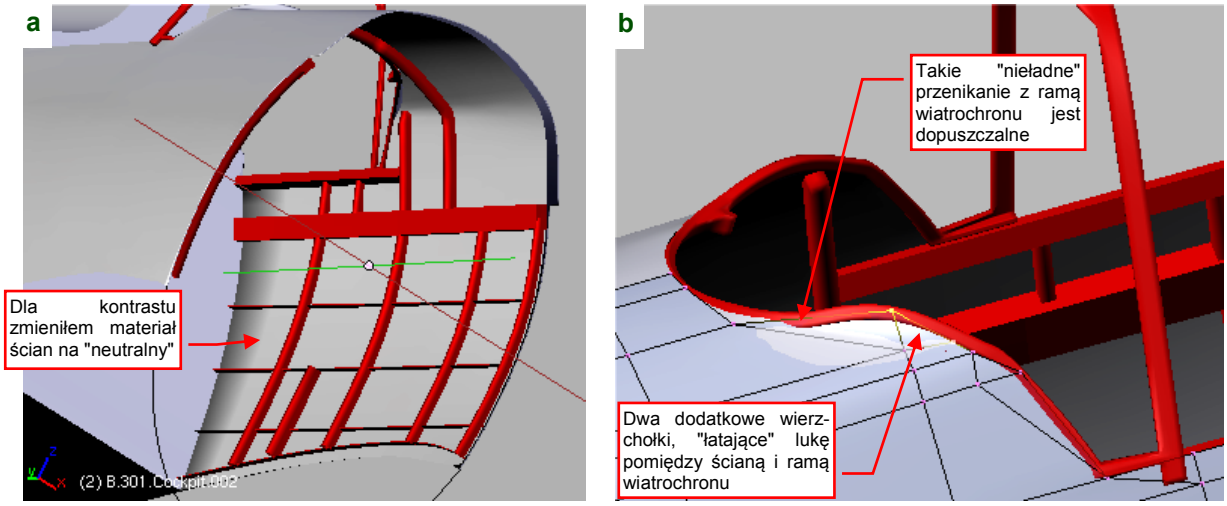
Rysunek 3.16.10 Formowanie wręg

Rysunek 3.16.11a) pokazuje wytłoczone wręgi, po "uwolnieniu" od niepotrzebnych wierzchołków. Nie wygląda to specjalnie realistycznie, prawda? Ale chwileczkę: teraz włącz warstwę z podłużnicami (Rysunek 3.16.11b). Prawda, że to złożenie przypomina już szkielet prawdziwego samolotu?



Rysunek 3.16.11 Złożenie wręg i podłużnic

Włącz jeszcze warstwę z wewnętrzną i zewnętrzną ścianą kadłuba (Rysunek 3.16.12a) . (Zmieniłem kolor wewnętrznych ścian na neutralny, by szkielet był bardziej wyraźny. Prawda, że całość wygląda dość realistycznie?



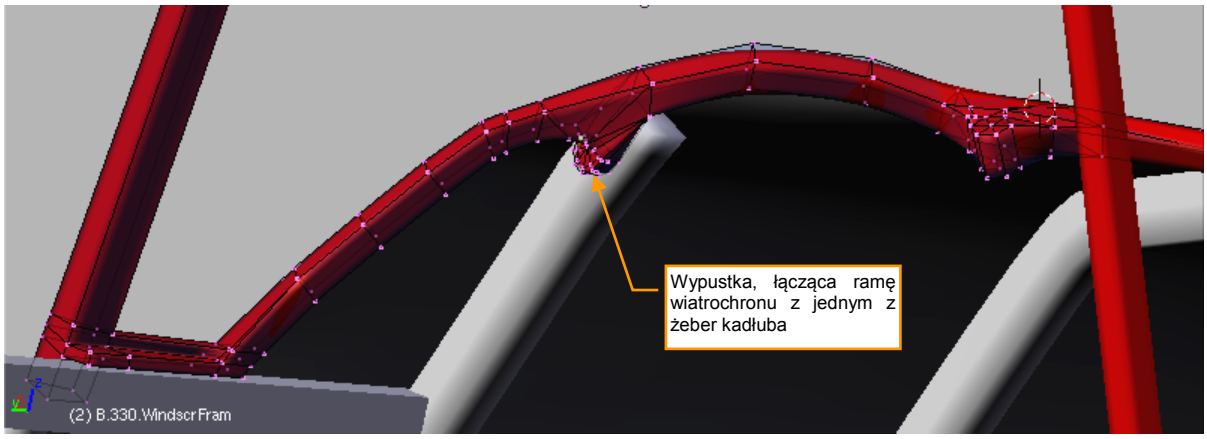
Rysunek 3.16.12 Połączenie z wewnętrznymi ścianami kabiny

Proponuję tak ją już pozostawić. Gdybyś chciał dokładniej cyzelować ten fragment, należałoby dodać wzdłuż każdej podłużnicy i wręgi płaskie pasy blachy, za pomocą których były przynitowane do kadłuba. (Podłużnice miały przekrój poprzeczny w kształcie litery "L", i były dość wąskie. Wręgi — miały przekrój w kształcie litery "U", z dwoma dodatkowymi, poziomymi paskami u końców). Nim zabierzesz się za tę pracę, warto abyś wiedział, że wnętrze kabiny jest zawsze mało widoczne na ostatecznym renderze. Wynika to z stosunkowo niewielkich rozmiarów elementów wnętrza, obecności szyb, oraz typowych kątów ustawienia kamery. Jeżeli więc nie przewidujesz jakichś szczegółowych zbliżeń kabiny — nie ma sensu odtwarzać jej zbyt szczegółowo.

Rysunek 3.16.12b) pokazuje drobny szczegół, który pozostawiłem na sam koniec: w wyniku upraszczania układu ścian pozostała szczelina pomiędzy wewnętrzną ścianą kabiny, a ramą wiatrochronu. Teraz, po wydzieleniu (w obiekt **B.301.Cockpit.001**) i utworzeniu wręg i podłużnic, z powrotem można odrobinę skomplikować siatkę ścian wewnętrznych, by tę szczelinę "załatać". Wystarczy dodać dwie ściany, oparte o dwa dodatkowe wierzchołki.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Skoro już o mowa o ramce wiatrochronu (**B.320.WindscrFrame**), to pozostała na niej do wykonania charakterystyczna "wypustka" (Rysunek 3.16.13). Ten element pojawił się wraz ze zmianą kształtu ramki w P-40B/C. Wyraźnie stanowi dodatkowe mocowanie ramki do wręgi kadłuba. Nie chciałem go dodawać "na ślepo" w poprzedniej sekcji, nie wiedząc do końca , gdzie się pojawi wręga i jaką będzie miała szerokość. Teraz już można było to zrobić:



Rysunek 3.16.13 Połączenie ramki wiatrochronu z wręgami kabiny

Rysunek 3.16.13 pokazuje uformowaną "wypustkę" ramy wiatrochronu. Jej kształt i rozmiar starałem się ustalić na podstawie nielicznych zdjęć z Internetu, na których widać ten fragment wnętrza kabiny P-40B/C. W ten sposób uzupełniliśmy o ostatni element część, rozpoczętą w poprzedniej sekcji. Swoją drogą — ta rama miała bardzo złożony kształt. Jej dolna część mogła być jakimś aluminiowym odlewem lub odkuwką.
Po zakończeniu formowania warto zadbać o zbudowanie odpowiedniej hierarchii części. Przypisz wręgi (**B.301.Cockpit.003**) i podłużnice (**B.301.Cockpit.002**) do wewnętrznych ścian kabiny (**B.301.Cockpit.001**). Same wewnętrzne ściany przypisz do kadłuba (**B.300.Fuselage**). Każdy ze składników — ściany, wręgi i podłużnice — podczas tworzenia był umieszczany na innej warstwie. Teraz umieść je na jednej — powiedzmy warstwie nr **17**. (Zewnętrzna powierzchnia kadłuba jest na warstwie nr **7**, wydaje mi się, że w ten sposób będziesz mógł wzrokowo zapamiętać, że wewnętrzne szczegóły są na warstwie "o rząd niższej").

Na tym zakończyliśmy (na razie) prace nad kabiną. Powrócimy do niej, gdy będziemy uzupełniać nasz model o drobne detale[1]. Jak się domyślasz, kabina pilota może zawierać ich całe mnóstwo!

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.16.blend* (por. str. 18).

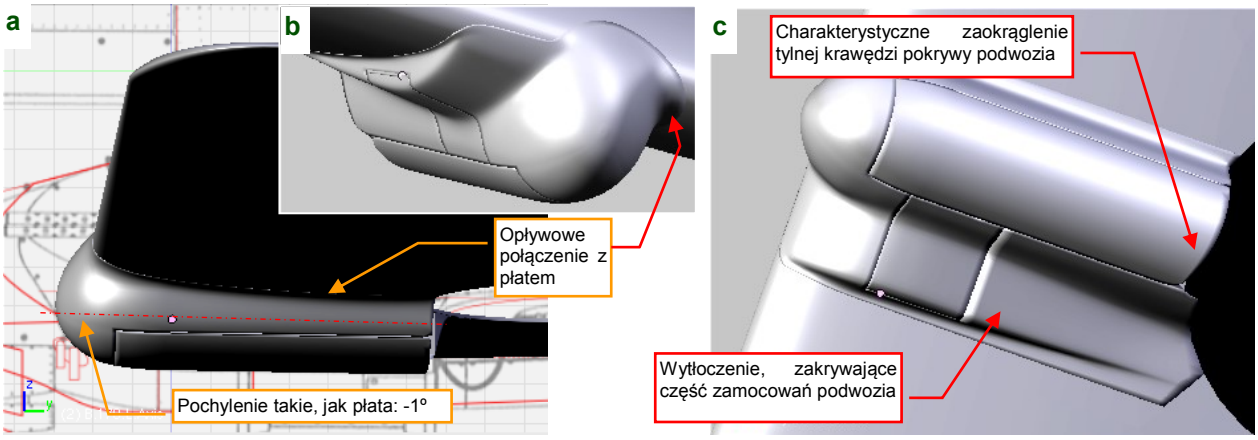
Podsumowanie

- Wewnętrzne ściany kabiny, wraz z wręgami i podłużnicami, warto uformować jednocześnie z kadłubem. Podczas pracy nad nimi często możesz dostrzec jakieś błędy w kształcie dotychczas uformowanych powłok. Lepiej poprawić je teraz, nim kadłub "obrośnie" w dalsze szczegóły i będzie jeszcze trudniejszy do zmiany!
- W tej sekcji poznałeś szybki sposób formowania całych zespołów wręgi i podłużnic — poprzez wytłaczanie regionem. Elementy uformowane w ten sposób od razu są dokładnie dopasowane do zewnętrznych ścian konstrukcji. W przyszłości ta metoda może Ci pozwolić nie tylko tworzyć wnętrze kabiny, ale całą strukturę płatowca. (W Internecie można znaleźć kilka takich bardzo interesujących modeli z „przeźroczystym" poszyciem — np. Mitsubishi A6M2 "Zero" na http://www2.cc22.ne.jp/~harada, albo Fokker Dr.I z http://www.airart3d.com).

[1] Wybacz, ale fotel pilota to dla mnie także "detal". Może trochę duży, to fakt. W rzeczywistości o tym, co jest detalem, a co "dużą" częścią decyduje widoczność na ostatecznym renderze

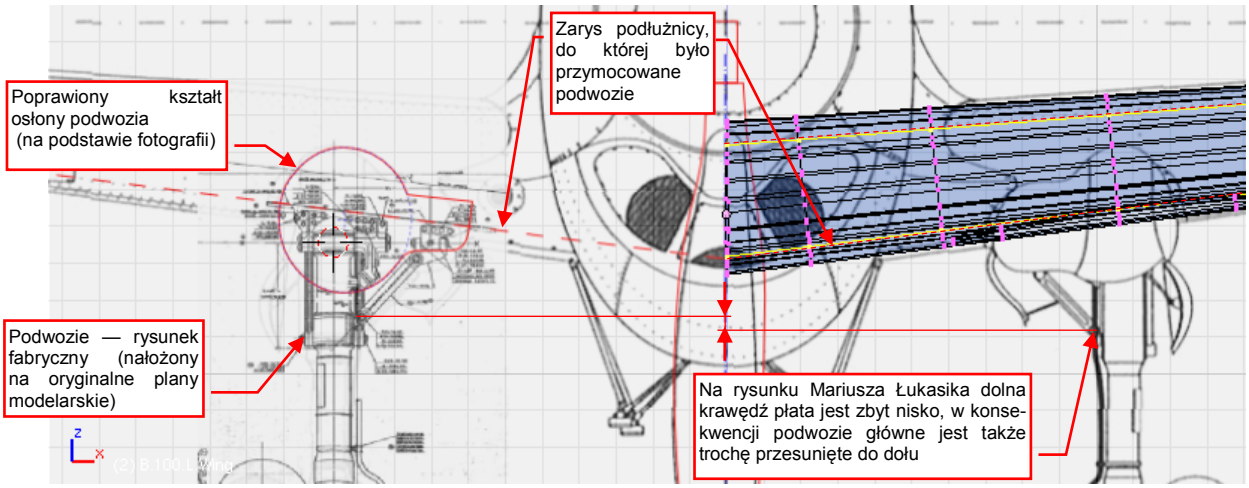
3.17 Osłony podwozia głównego

Rysunek 3.17.1 przedstawia osłony podwozia głównego P-40. Jest to element specyficzny dla linii rozwojowej P-36/P-40, i nie występuje chyba w żadnym innym myśliwcu z okresu II wojny światowej[1].



Rysunek 3.17.1 Osłony goleni podwozia głównego

Pracę należy zacząć od ustalenia, jak dokładnie wygląda ta osłona. Korzystając z fotografii, doszedłem do wniosku, że przekrój poprzeczny "gondoli" podwozia był nieco inny, niż na planach, których używam. Wyglądał na dość regularną elipsę (Rysunek 3.17.2):

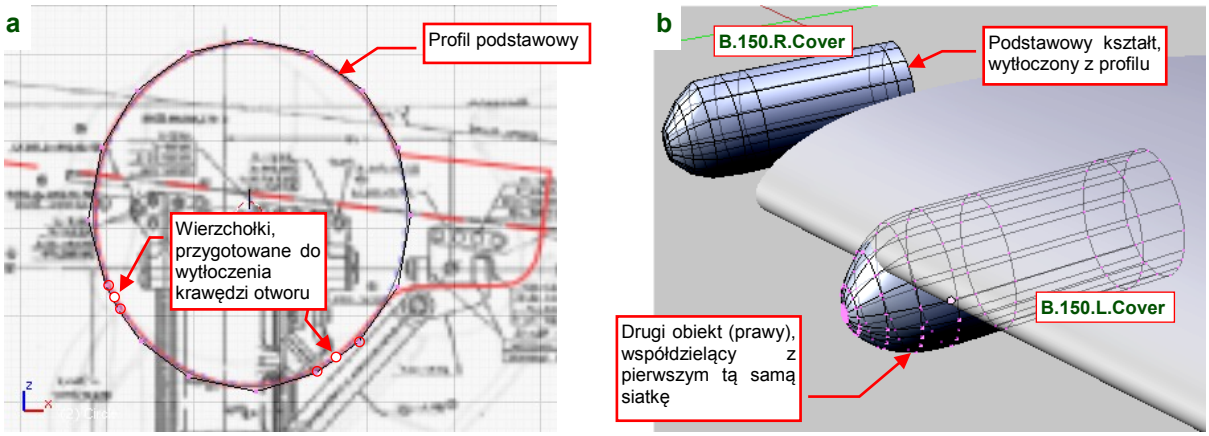


Rysunek 3.17.2 Poprawiony obrys osłony podwozia

[1] Coś takiego na pewno pogarszało osiągi samolotu. Myślę, że takie "gondole" zmniejszały prędkość maksymalną o jakieś 10-20 km/h. Skąd takie rozwiązanie? Mam na ten temat własne przypuszczenia. Pojawiło się w czasach, gdy takie "wybrzuszenia" nie były niczym niezwykłym: pod koniec 1934r. Opracowywano wówczas prototyp samolotu Hawk 75, który miał w przyszłości być produkowany seryjnie jako P-36. Była to pierwsza prawdziwa konstrukcja półskorupowa budowana przez firmę Curtiss. Specjalnie do tego projektu został "podkupiony" z firmy Northrop (która była pionierem takich rozwiązań) inżynier prowadzący (Donovan Berlin). Patrząc na koncepcję struktury P-36/P-40, można dostrzec założenie "jak najmniej otworów w płacie". Dotyczyło to szczególnie przedniej części skrzydła (do drugiego dźwigara), która w zamyśle konstruktorów tworzyła profil zamknięty, przenoszący większość obciążeń. Otwór na koło podwozia głównego został umieszczony poza tym obszarem. Zgodnie z tą koncepcją, to nie skrzydło zostało wycięte, wokół kadłuba (jak w większości późniejszych konstrukcji), tylko kadłub wokół skrzydła. Sądzę, że był to przejaw ostrożności projektantów: każdy otwór w strukturze, której powłoka przenosi główne obciążenia, to poważne osłabienie. Inżynierowie Curtissa nie wiedzieli wtedy jeszcze, na jakie otwory może sobie w konstrukcji półskorupowej pozwolić.
Skoro nie wycięto płata "pod kadłub", tym bardziej nie wykonano w nim wgłębienia na goleń podwozia. To byłby karb w głównym dźwigarze, znacznie osłabiający konstrukcję! Pozostało poprowadzić złożoną goleń równolegle do dolnej powierzchni płata, i nieco ją oprofilować. Jak pomyślano, tak zrobiono. Wykonano oprzyrządowanie, samolot zapuszczono "w serię", a dwa lata później dodano mu silnik rzędowy, zmieniając w P-40. I tak już zostało — do końca historii konstrukcji. Eliminacja tych owiewek oznaczałaby zbyt poważną zmianę konstrukcyjną, a produkcja wojenna wymagała "masówki" (szczególnie w latach 1940-43), a nie wymuskanych projektów...

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

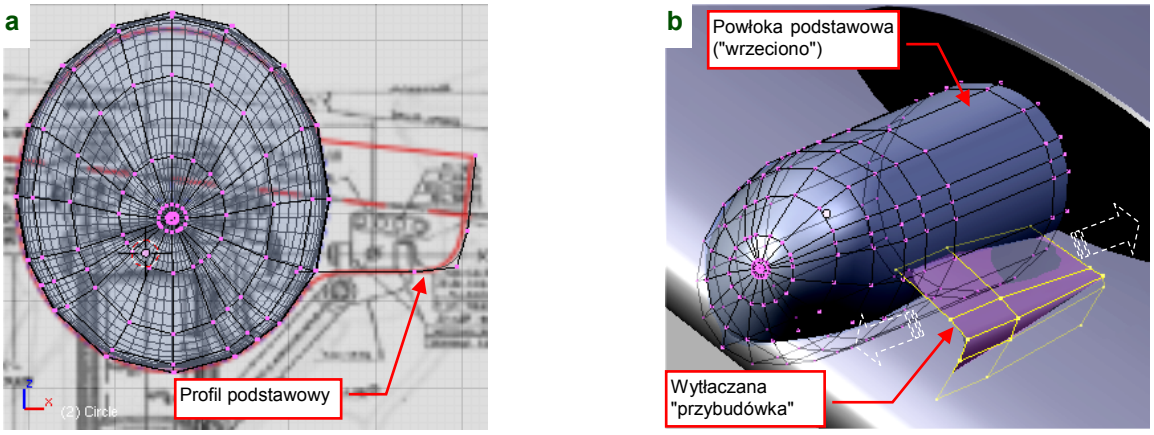
Nowy obiekt zacznij od wstawienia okręgu (*Circle*), złożonego początkowo z 16 wierzchołków. Przekształć go w odpowiednią elipsę. Umieść także po trzy dodatkowe wierzchołki tam, gdzie będą biec krawędzie otworu w gondoli, zamykanego przez boczną pokrywę. Te dodane wierzchołki powinny leżeć blisko siebie, i na jednej linii prostej (Rysunek 3.17.3a):



Rysunek 3.17.3 Uformowanie i wytłoczenie podstawowego profilu

Po dodaniu nowych wierzchołków koniecznie popraw położenie pozostałych, by ogólny kształt konturu nadal był jak najbardziej zbliżony do elipsy. Następnie wytłocz ten profil w obydwu kierunkach wzdłuż osi **Y**. Z przodu wstaw kilka coraz mniejszych profili, formując w ten sposób podstawowy kształt osłony (Rysunek 3.17.3b). Nadaj nowemu obiektowi nazwę **B.150.R.Cover**. Nazwa zawiera przyrostek **.R**, gdyż rysunek referencyjny przodu gondoli umieściłem pod prawym skrzydłem, i tam też jest nasz obiekt. Czasami jednak zachodzi potrzeba przymierzenia tej siatki do płata. W tym celu utwórz drugą instancję obiektu (**Alt**-**D** — *Duplicate Linked*) i nazwij ją **B.150.L.Cover**. Obydwa obiekty używają tej samej siatki (**B.150.Cover**). Aby ją zmienić, wystarczy przejść w tryb edycji jednego z nich.

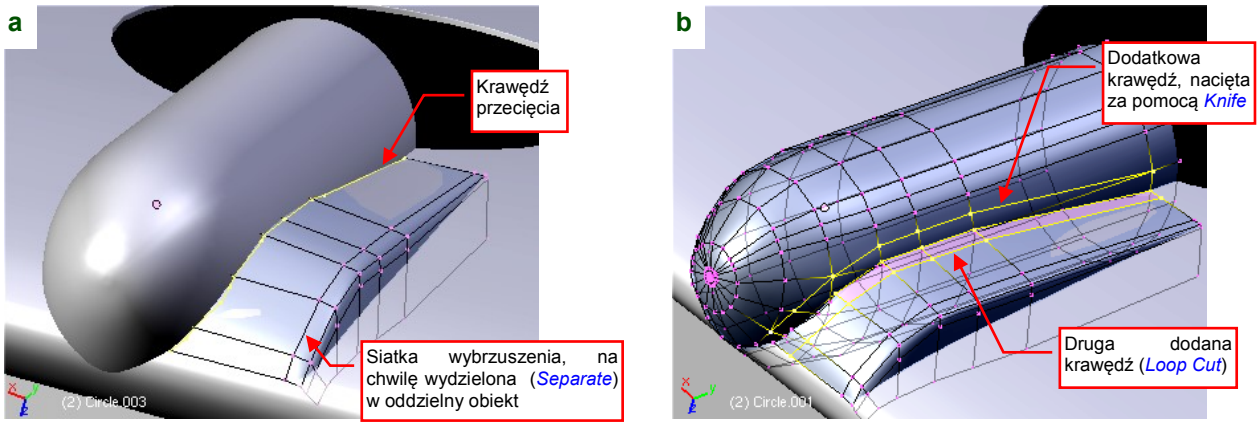
Po wytłoczeniu kształtu podstawowej bryły ("wrzeciona") należy dodać "przybudówkę". (Ukrywała we wnętrzu boczne zamocowania goleni podwozia). Zacznij od narysowania jej profilu (Rysunek 3.17.4a):



Rysunek 3.17.4 Uformowanie i wytłoczenie wybrzuszenia z boku owiewki

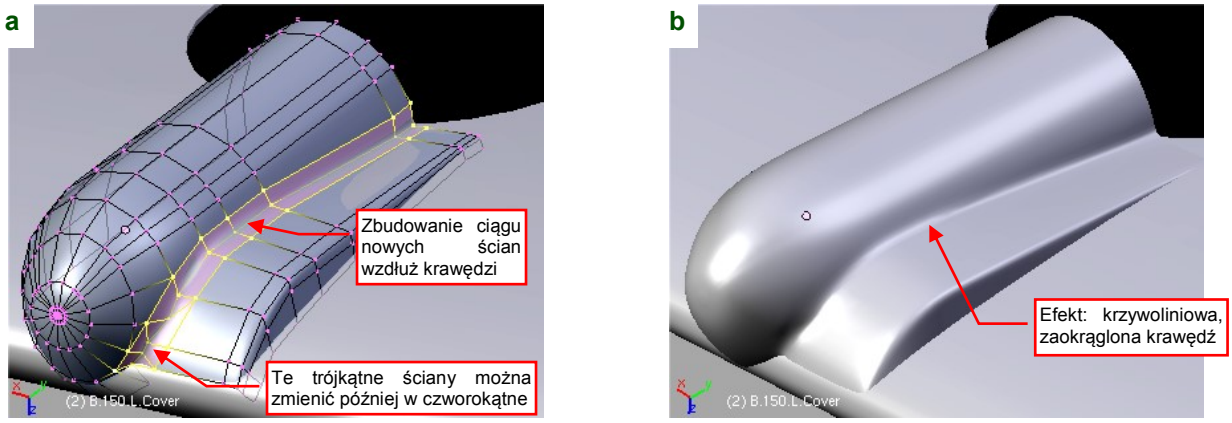
Po narysowaniu wytłocz profil wzdłuż osi **Y** (Rysunek 3.17.4b). Na razie siatka tego bocznego "dodatku" nie jest w żaden sposób połączona z główną bryłą ("wrzecionem"). To nie przypadek — na czas formowania warto wstawić ją do tego istniejącego obiektu, który zawiera podstawową siatkę gondoli. Pozwala to na umieszczenie profili w tych samych, lub niemal tych samych miejscach "przybudówki", co profile głównej powłoki (por. Rysunek 3.17.5b). Do poprawnego połączenia obydwu powłok potrzebne jest wyznaczenie ich krawędzi przecięcia. Możesz ją wyznaczyć dodatkiem *Interesection*, który jest dostępny także w trybie edycji (por. str. 310). Wystarczy zaznaczyć ściany „przybudówki”, i wywołać to polecenie z menu *Specials*.

Rysunek 3.17.5a) przedstawia siatkę „przybudówki” wydzieloną na czas przecięcia w nowy obiekt. (Tę część tworzyłem zanim zmodyfikowałem skrypt *Intersection*). Przygotowując zaokrąglenie biegnące wzdłuż krawędzi obydwu powłok, natnij (*Knife*) na "wrzecionie" dodatkową linię. Podobną linię na "przybudówce" można dodać poleceniem *Loop Cut* (Rysunek 3.17.5b):



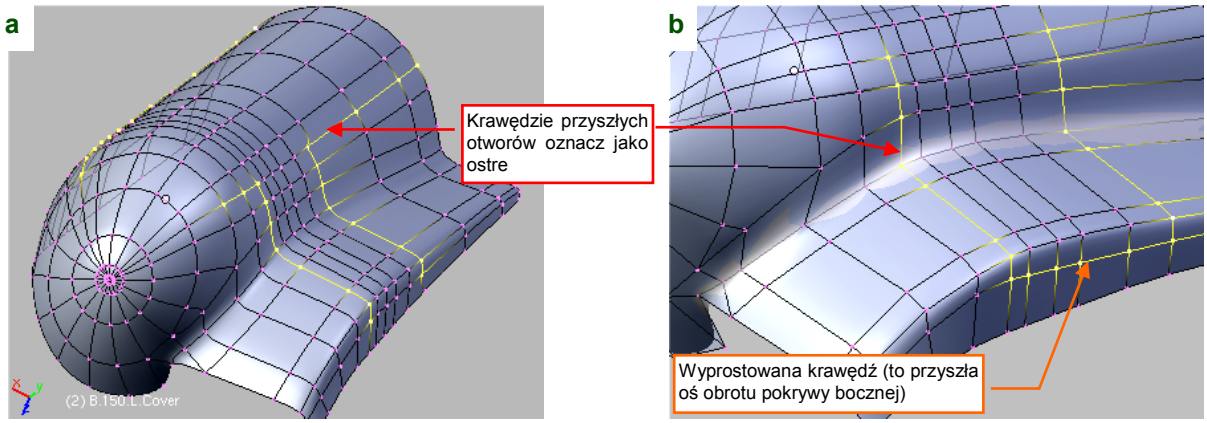
Rysunek 3.17.5 Przygotowanie krawędzi przecięcia i jej otoczenia

Połączenie obydwu powłok wykonaj w ten sam sposób, jak kształtowaliśmy szczegóły maski silnika: usuwając stare ściany i budując nowe wzdłuż krawędzi przenikania (Rysunek 3.17.6a):



Rysunek 3.17.6 Połączenie siatek wybrzuszenia i owiewki

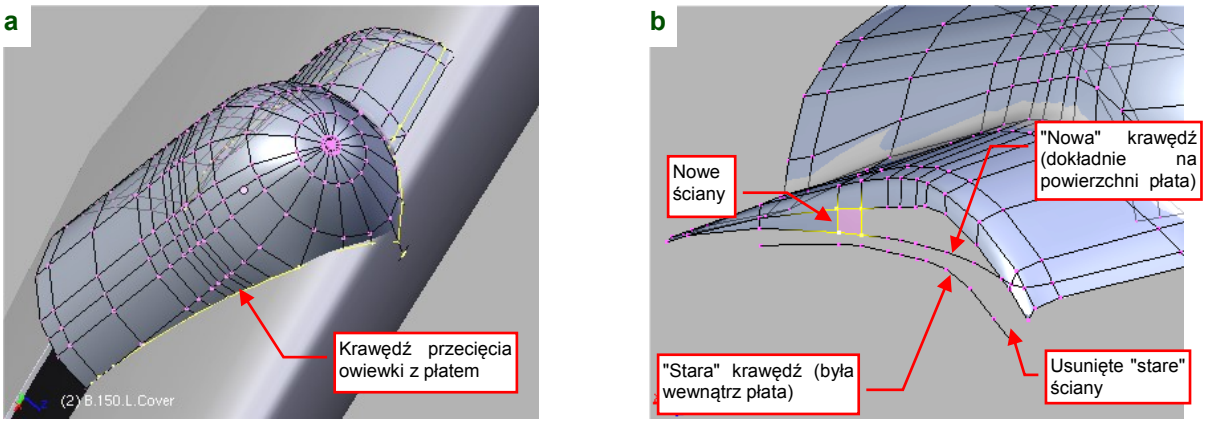
Ta technika pozwala uzyskać całkiem poprawny kształt połączenia (Rysunek 3.17.6b). Nie należy także zapominać o przygotowaniu krawędzi otworów w gondoli. Jak pamiętasz, radziłem aby zawczasu w profil początkowy "wmontować" po dwa współliniowe odcinki, o środku w miejscu krawędzi przyszłego otworu (str. 208). Z tych odcinków powstały rzędy ścian. Oznacz teraz krawędzie biegnące przez ich środki jako "ostre" (Rysunek 3.17.7a). Przy okazji wyprostuj linię krawędzi obrotu pokrywy bocznej (Rysunek 3.17.7b):



Rysunek 3.17.7 Przygotowanie krawędzi otworów

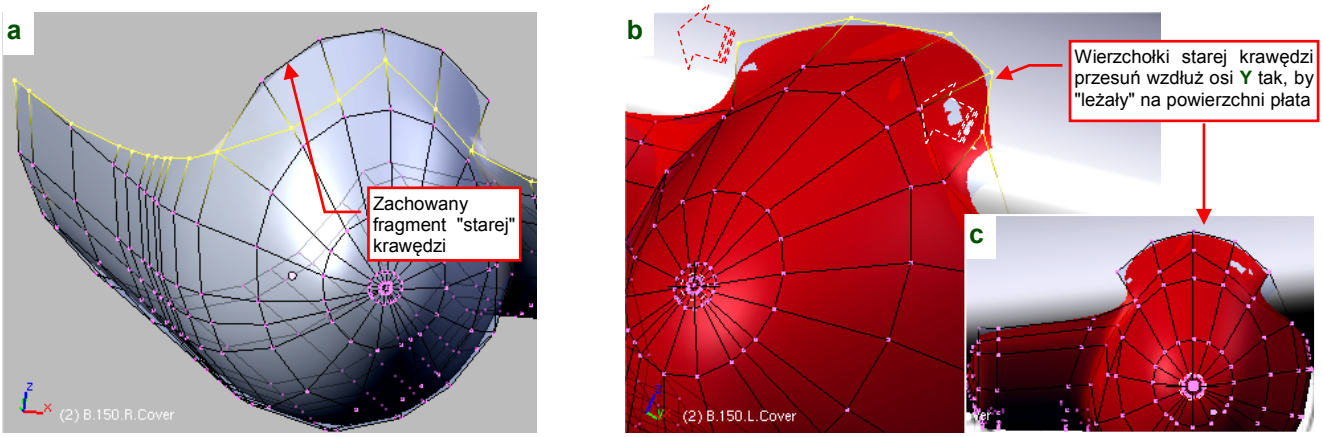
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Uformowanie zewnętrznych krawędzi owiewki podwozia zaczniemy od wyznaczenia linii przecięcia z płatem (Rysunek 3.17.8a):



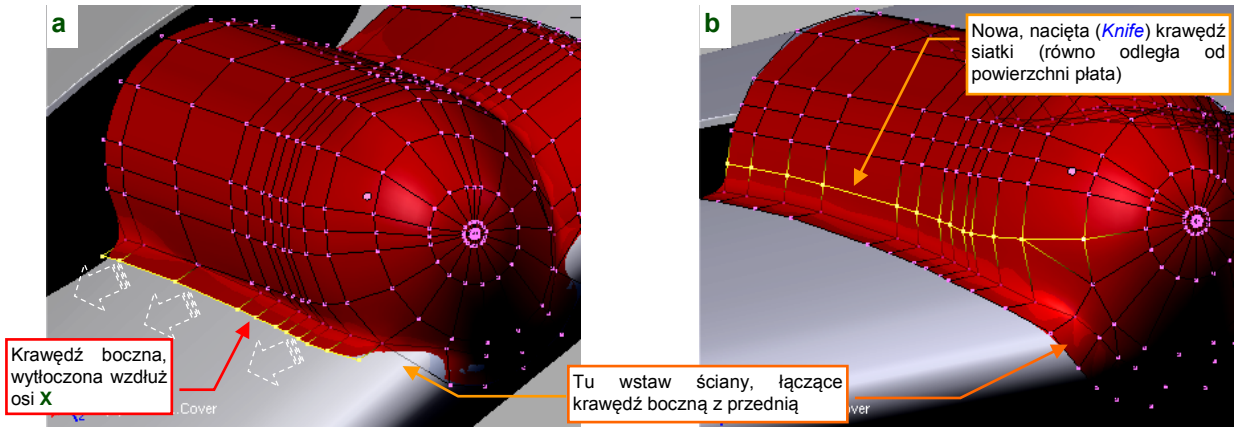
Rysunek 3.17.8 Ograniczenie krawędzi owiewki do obrysu płata

Potem włącz tę krawędź w siatkę. Najprościej jest to zrobić usuwając wszystkie ściany wzdłuż starej krawędzi siatki, i budując w to miejsce nowe, łączące krawędź przenikania z płatem z resztą siatki (Rysunek 3.17.8b). Starą krawędź usuń, za wyjątkiem obszaru z przodu owiewki. Tam wykorzystaj ją do zbudowania kolejnego rzędu ścian, tworząc coś w rodzaju „kołnierza” (Rysunek 3.17.9a):



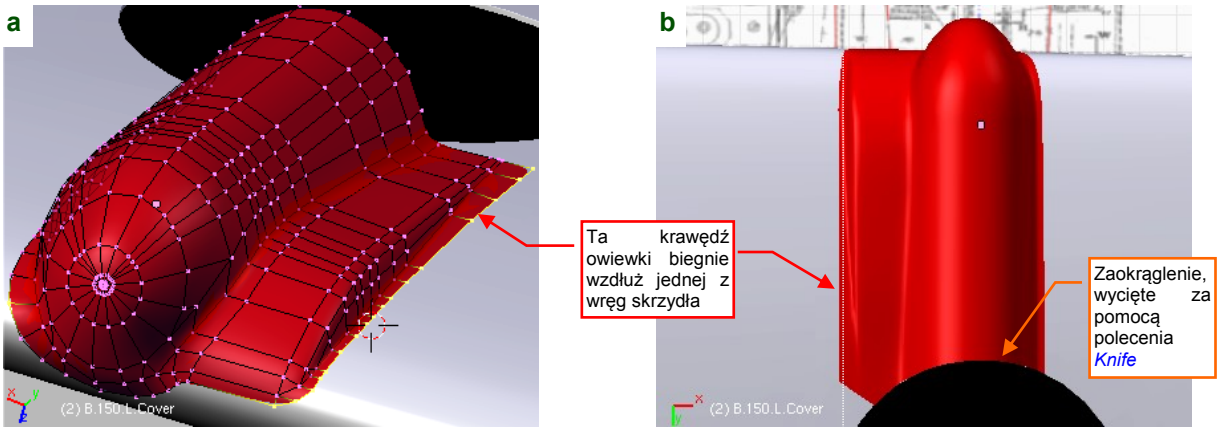
Rysunek 3.17.9 Formowania przedniej krawędzi blachy owiewki

Wierzchołki tego "kołnierza" przesuń do przodu, wzdłuż osi **Y**. Każdy z nich przemieść inną odległość. by "położyć” przednią krawędź owiewki na krawędzi natarcia płata (Rysunek 3.17.9b, c). Przy okazji zmień barwę owiewki na kontrastową czerwień (materiał **Artifical**), by łatwiej dopasować jej powierzchnię do powierzchni skrzydła. Boczne krawędzie owiewki także płynnie przylegały do powierzchni samolotu. Aby ten efekt uzyskać, zacznij od wytłoczenia wzdłuż osi **X** każdej z bocznych krawędzi (Rysunek 3.17.10a):



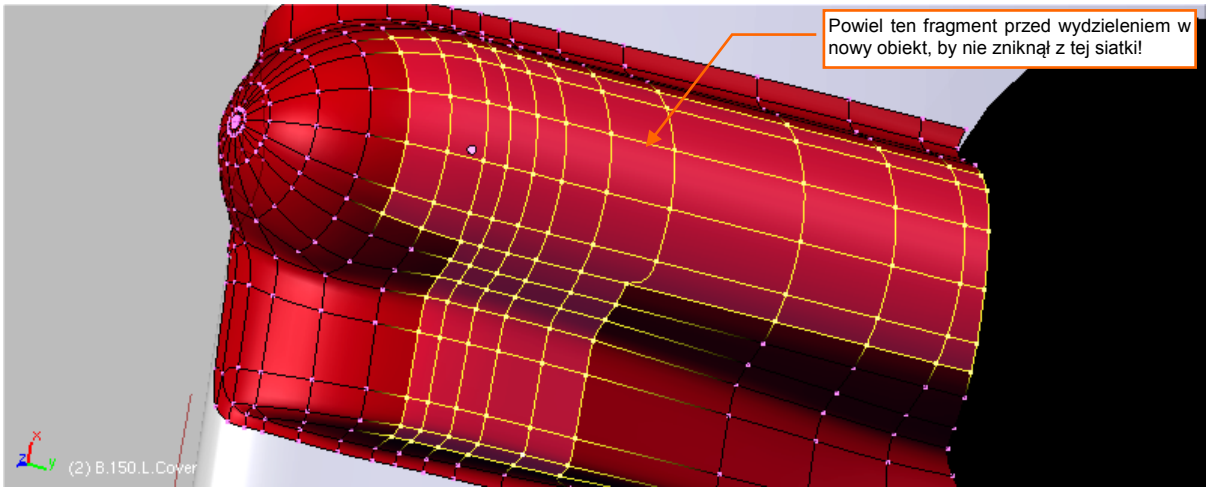
Rysunek 3.17.10 Formowanie krawędzi bocznej

Aby promień zaokrąglenia pomiędzy owiewką i płatem był w miarę stały, natnij (*Knife*) z boku owiewki dodatkową krawędź (Rysunek 3.17.10b). Zrób to tak, by była mniej więcej równo odległa od powierzchni skrzydła Potem usuń poprzednią podłużnicę, która biegła w pobliżu nowej linii (na ilustracji już została usunięta).
Wytłoczone, zewnętrzne krańce siatki dosuń do powierzchni płata (Rysunek 3.17.11a). Popraw także ich położenie poprzeczne, by biegły prosto wzdłuż wręg skrzydła (Rysunek 3.17.11b):



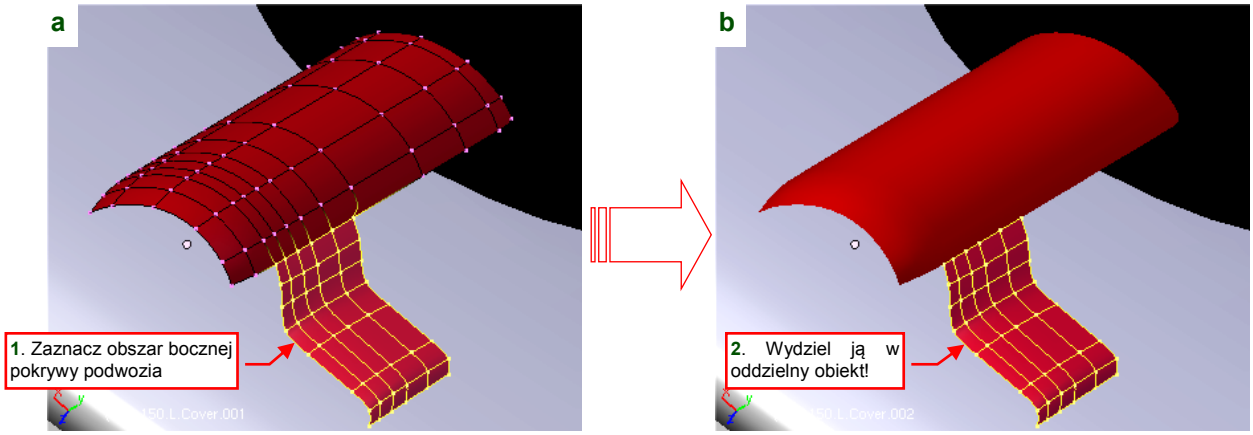
Rysunek 3.17.11 Nadanie powłoce ostatecznego kształtu

Po nadaniu owiewce ostatecznego kształtu, zaznacz na niej obszar, który mają zajmować odchylane osłony goleni podwozia (Rysunek 3.17.12):



Rysunek 3.17.12 Przygotowanie do wydzielenia z owiewki otwieranych pokryw goleni podwozia

Skopiuj (**Shift**-**D**, *Duplicate*) ten fragment, a następnie wydziel go (**P**, *Separate*) w nowy obiekt (Rysunek 3.17.13a) :

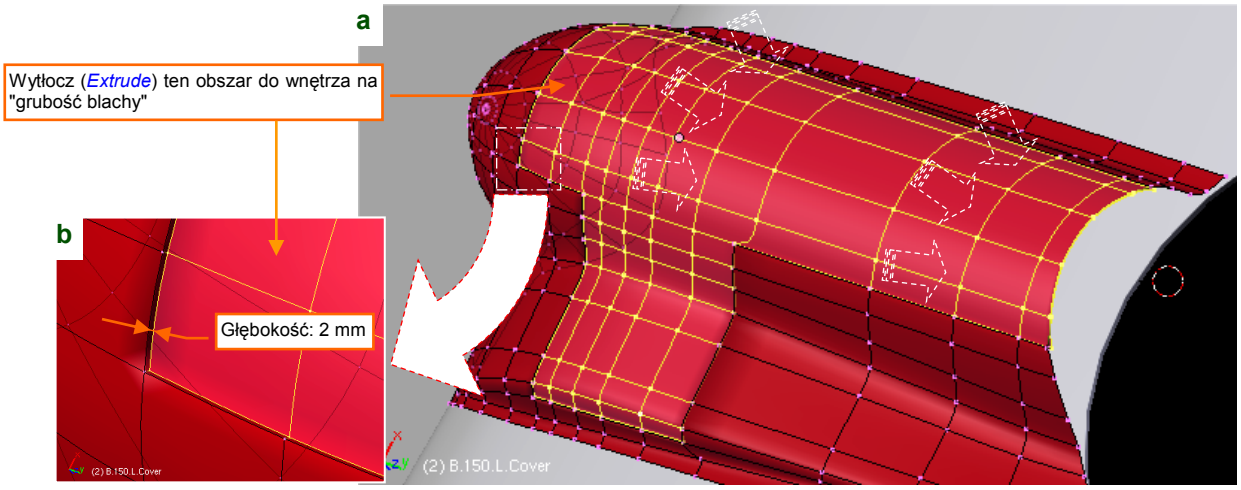


Rysunek 3.17.13 Podział pokrywy podwozia na dwie części (jak w prawdziwym P-40)

Z uzyskanej siatki wydziel w kolejny obiekt boczną pokrywę goleni podwozia (Rysunek 3.17.13b).

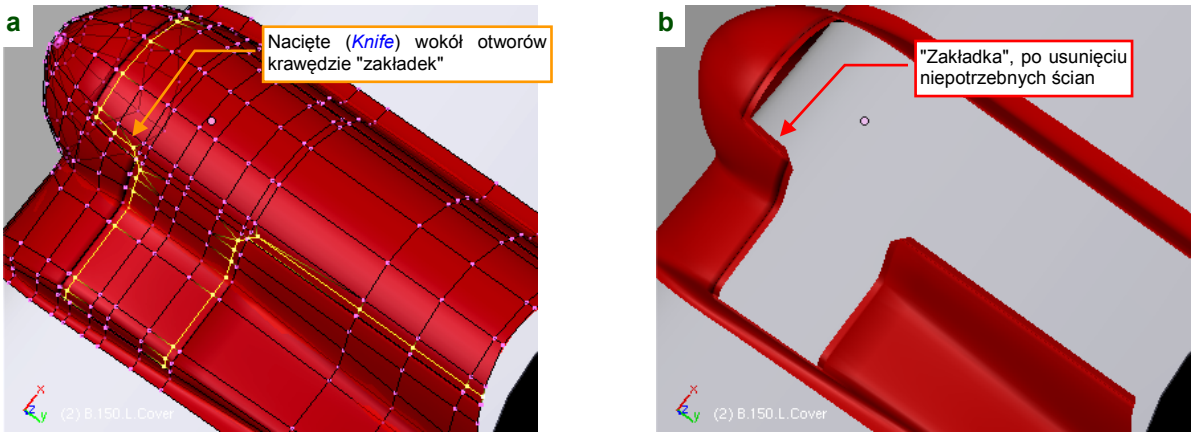
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Powróćmy jeszcze na chwilę do owiewki. Wzdłuż wszystkich „wolnych” krawędzi (tzn. tych, do których nie są zamocowane zawiasy pokryw podwozia) miała "zakładki", o szerokości ok. 1 cm. Aby je wykonać, zaznacz obszar przyszłego otworu, i wytłocz tę powierzchnię (*Extrude*, *Shrink/Fatten*) do wnętrza owiewki na jakieś 0.02 jednostki Blendera (2mm) (Rysunek 3.17.14a,b):



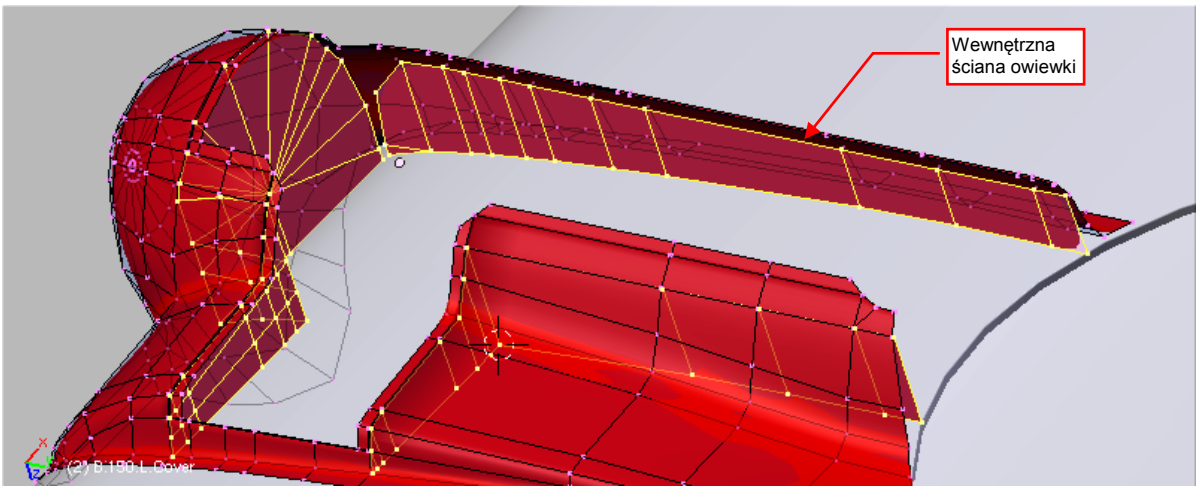
Rysunek 3.17.14 Wytłoczenie obszaru otworów owiewki

Na wytłoczonej powierzchni natnij (*Knife*) kontury "zakładek" — tak, jak wyglądały na zdjęciach (Rysunek 3.17.15a). Potem wystarczy usunąć wewnętrzne wierzchołki, i mamy krawędź "jak prawdziwą" (Rysunek 3.17.15b) :



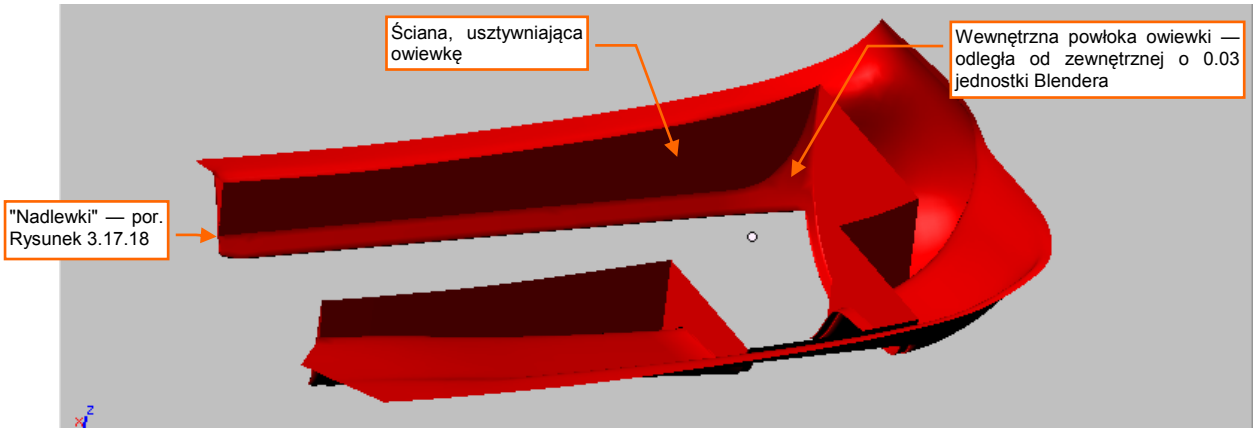
Rysunek 3.17.15 Wycięcie "zakładek" wzdłuż krawędzi otworów w owiewce podwozia.

Kierując się zdjęciami, wstaw teraz do owiewki ściany wewnętrzne (Rysunek 3.17.16):



Rysunek 3.17.16 Dodanie wewnętrznych ścian owiewki

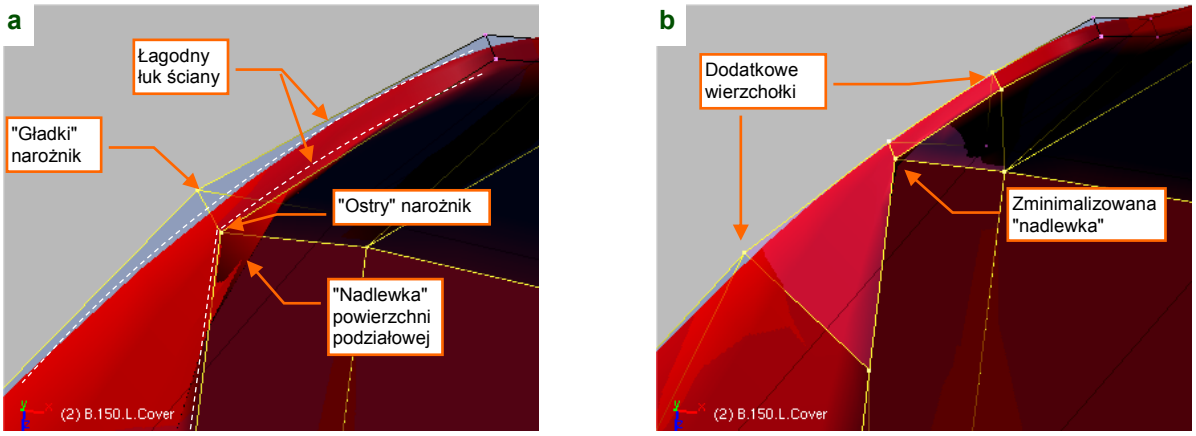
Na zdjęciach te "ściany" to typowe usztywnienia wewnętrzne: kawałki perforowanej blachy. Perforacji na razie nie wykonamy, aby nie mnożyć niepotrzebnie wierzchołków modelu na tak drobny i mało widoczny szczegół[1]. Ściany najprościej jest uzyskać przez skopiowanie odpowiednich linii wierzchołków zewnętrznej powłoki, i wytłoczenie ich wzdłuż osi **Z**. Po uformowaniu, łączymy je z krawędziami otworów. (Wcześniej wytłocz krawędzie "zakładek" na grubość blachy — 1 mm). W ten sposób powstaje wewnętrzna powłoka owiewki (Rysunek 3.17.17) :



Rysunek 3.17.17 Rezultat — owiewka po połączeniu ścian wewnętrznych i zewnętrznych

Nie sądzę, aby w prawdziwym samolocie blacha owiewki miała większą grubość niż 1 mm. Nasza wewnętrzna powłoka jest odsunięta od zewnętrznej o sumę grubości i wytłoczenia "zakładek" krawędzi: 1 mm + 2 mm. Razem daje to 3 mm (0.03 jedn. Blendera — Rysunek 3.17.17). To dlatego, że nie będziemy modelować wewnętrznych szczegółów konstrukcyjnych: zakończeń zakładek (były tylko paskami grubej blachy) i innych drobiazgów. Oczywiście, jeżeli chcesz, możesz to zrobić, ale od razu ostrzegam, że na ostatecznym modelu chyba nikt ich nie zauważy. Podobnie jak pogrubienia powłoki owiewki z 1 do 3 mm w naszym modelu.

Po każdej takiej operacji warto uważnie obejrzeć nowo utworzone krawędzie. Z tyłu owiewki (por. Rysunek 3.17.17) możesz się natknąć na brzydką "nadlewkę" powierzchni podziałowej (Rysunek 3.17.18a) :



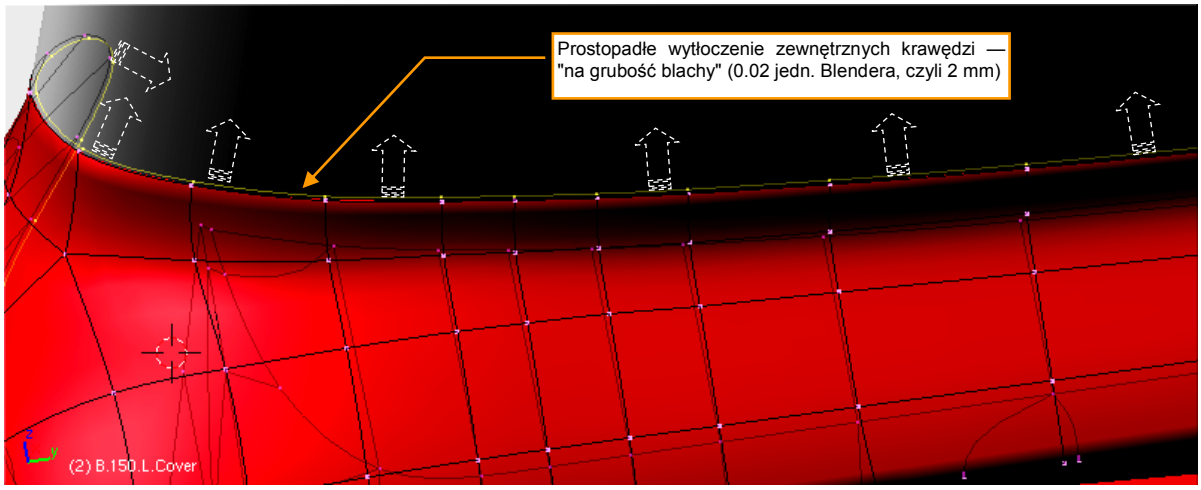
Rysunek 3.17.18 Częściowe rozwiązanie problemu "nadlewki" na ostrej krawędzi

Coś takiego powstaje, gdy jedna krawędź płaskiej ściany jest łagodnym łukiem, a druga — ma ostry narożnik. Gdy "gładki" i "ostry" narożnik znajdą się bardzo blisko siebie — następuje nałożenie ścian "łagodnego łuku" na "ostry kant". Jeżeli chcemy zachować krzywiznę łuku nie możemy użyć żadnych kombinacji z nadaniem ostrości dodatkowym krawędziom. Jedynym rozwiązaniem, jakie znalazłem, jest zagęszczenie siatki — wstawienie w pobliżu "nadlewki" dwóch nowych krawędzi (Rysunek 3.17.18b). To minimalizuje niepożądany efekt poniżej granicy tolerancji. Warto zdawać sobie sprawę z tej przypadłości powierzchni podziałowych.

[1] W dalszych rozdziałach pokażę, jak uzyskać je w sposób wymagający mniej pracy — za pomocą tekstury.

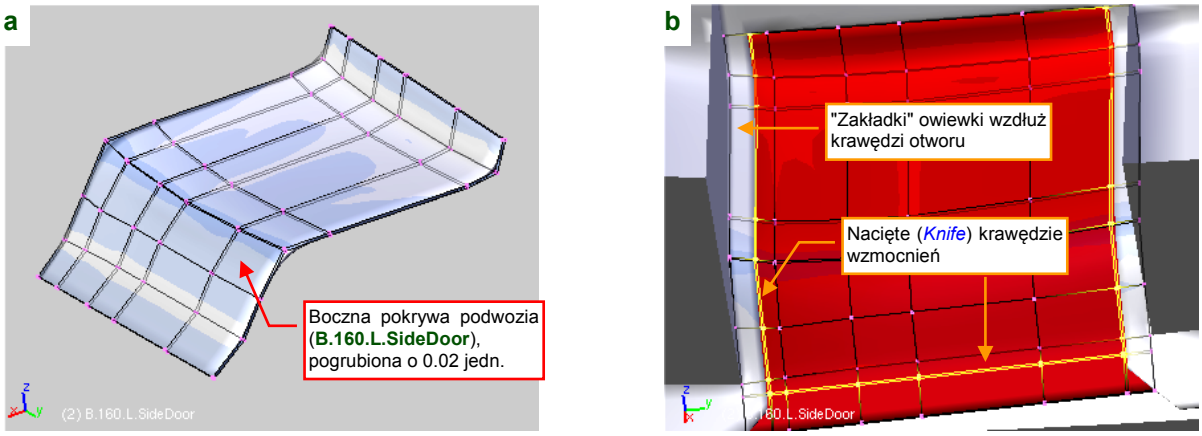
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Ostatni szczegół, który pozostał do wykonania na owiewce, to zakończenie zewnętrznych krawędzi "na grubość blachy". Wytłocz je prostopadle do powierzchni płata (ze względu na bardzo wygięty kształt — oddzielnie przód i oddzielnie boki) na jakieś 2 mm (Rysunek 3.17.19):



Rysunek 3.17.19 Zakończenie zewnętrznych krawędzi owiewki

Pozostały jeszcze do uformowania ruchome pokrywy podwozia, których powłoki wydzieliliśmy wcześniej (str. 211). Zacznijmy od mniejszej: nadaj jej nazwę **B.160.L.SideDoor**. Pogrub ją (oczywiście — do wewnątrz) używając polecenia *Solidify* na "grubszą blachę" — 2 mm (Rysunek 3.17.20a) :

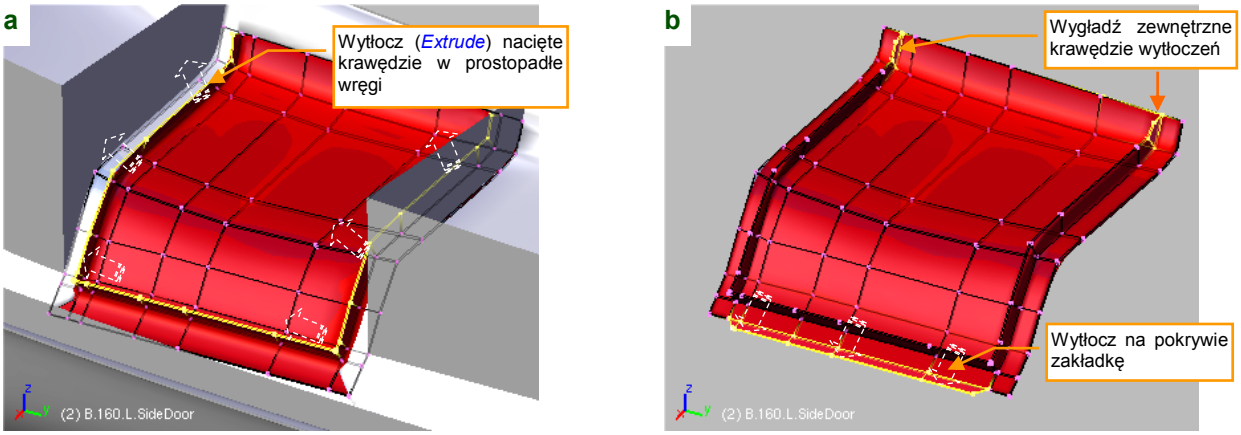


Rysunek 3.17.20 Formowanie bocznej pokrywy podwozia — cz. 1

W pewnej odległości od krawędzi pokrywy były do niej przynitowane prostopadłe wzmocnienia. Aby poprawnie wyznaczyć ich położenie (nie mogą przecież nachodzić na "zakładki" krawędzi otworu w owiewce), przyłóż pokrywę do owiewki (Rysunek 3.17.20b). Natnij (*Knife*) na wewnętrznej powierzchni pokrywy po dwie równoległe linie, biegnące wzdłuż zewnętrznych krawędzi. Zachowaj pomiędzy nimi niewielką odległość — rzędu grubości blachy (Rysunek 3.17.20b).

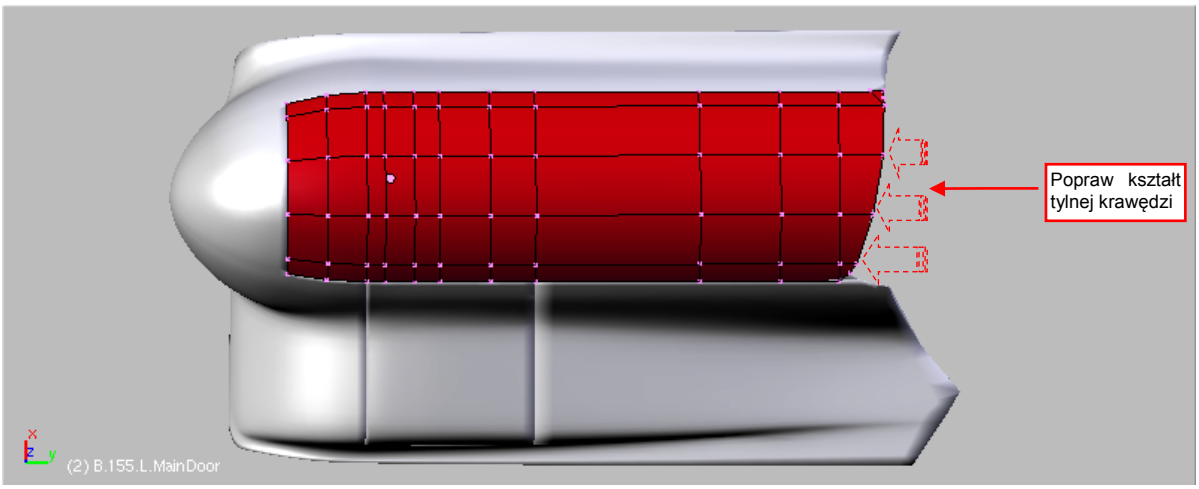
Następnie wytłocz (*Extrude*) ściany wewnątrz naciętych krawędzi w kierunku "do wnętrza" pokrywy, na jakieś 1.5 cm (0.15 jednostki Blendera) (Rysunek 3.17.21a). (Najłatwiej jest odsunąć nowe ściany poleceniem *Shrink/Fatten*).

Na koniec wygładź "wolne" krawędzie wytłoczeń, aby nie miały "kanciastego" zakończenia (wystarczy przesunąć kilka wierzchołków w płaszczyźnie **XZ**) (Rysunek 3.17.21b). Ze zdjęć wynika, że boczna pokrywa podwozia wzdłuż jednej z krawędzi także miała "zakładkę", podobną do tych umieszczonych wzdłuż krawędzi otworu owiewki. Wytłocz ją z pionowej ściany wzmocnienia (Rysunek 3.17.21b). (Wcześniej natnij na jego ściance dodatkową, poziomą krawędź, abyś miał obszar o grubości blachy, który można wytłoczyć).



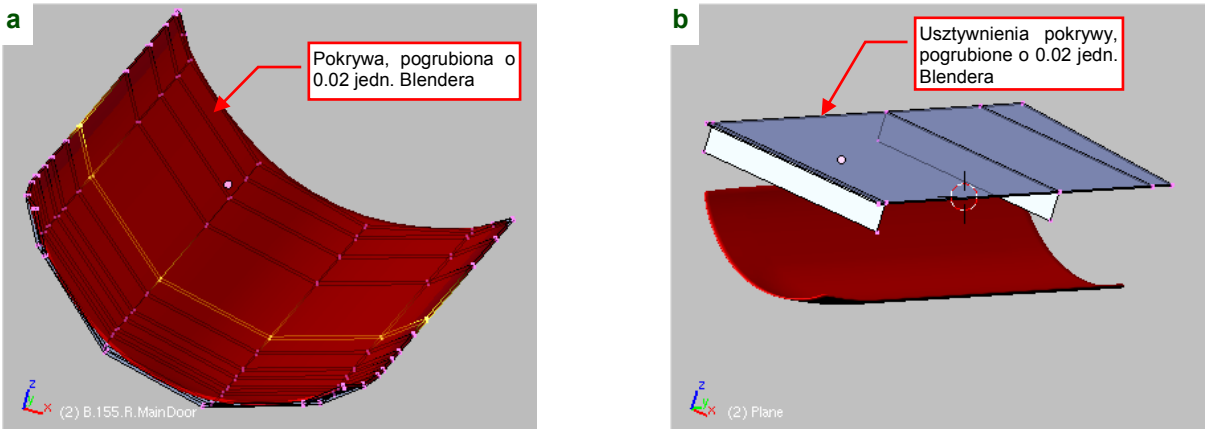
Rysunek 3.17.21 Formowanie bocznej pokrywy podwozia — cz. 2

Boczna pokrywa podwozia jest uformowana, czas zająć się pokrywą główną. Nadaj jej nazwę **B.155.L.MainDoor**. Formowanie zacznij od drobnej poprawki kształtu: zdjęcia wykazują, że tylna krawędź tej pokrywy miała w P-40 fantazyjne wygięcie. Przesuń więc odpowiednio wierzchołki (Rysunek 3.17.22):



Rysunek 3.17.22 Główna pokrywa podwozia — korekta kształtu tylnej krawędzi

Następnie pogrub tę pokrywę "na grubość blachy" (czyli 2 mm — Rysunek 3.17.23a):

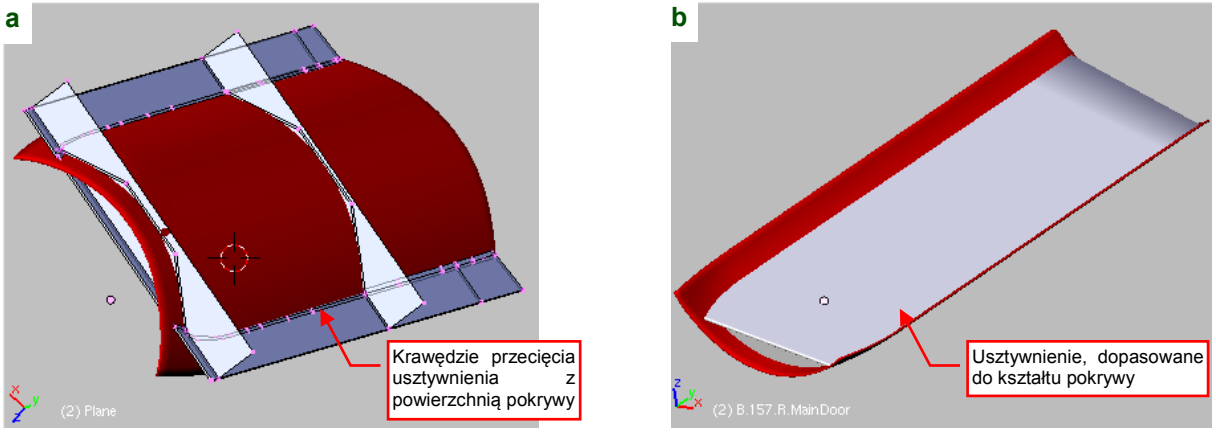


Rysunek 3.17.23 Główna pokrywa podwozia — formowanie wnętrza

Wewnętrzne ścianki pokrywy utworzymy jako oddzielny obiekt (**B.157.L.MainDoor**), z uproszczonego, prostokątnego obrysu (Rysunek 3.17.23b). To usztywnienie pokrywy miało liczne otwory, tak jak inne żebra. Nie będziemy ich teraz modelować "w siatce" — łatwiej je uzyskać później, za pomocą tekstury. Na ostatecznym obrazie przez te otwory będzie widoczna wewnętrzna powłoka pokrywy.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

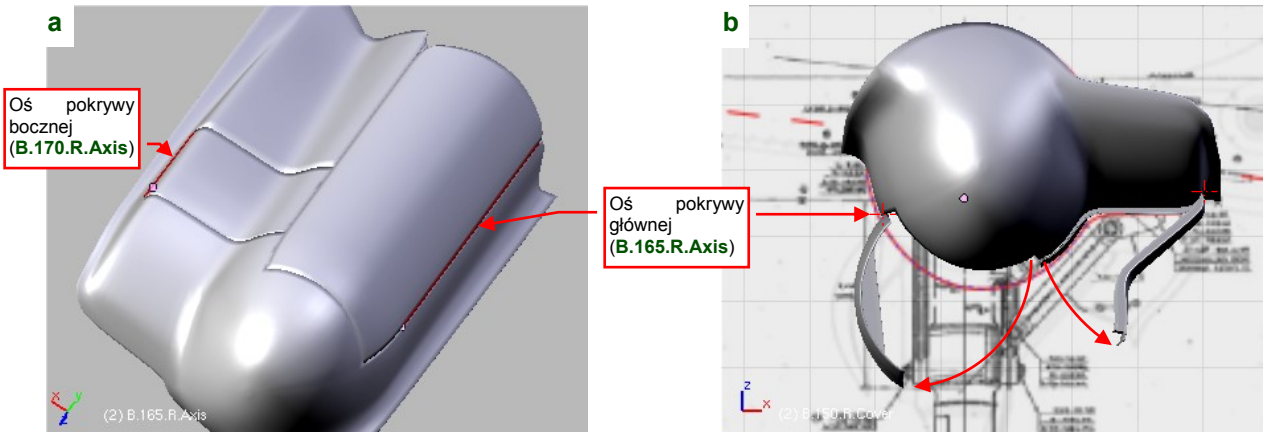
Po przygotowaniu "zgrubnych" kształtów wewnętrznych usztywnień, nasuń je na pokrywę i wyznacz (*Intersection*) krawędzie przecięcia z jej powierzchnią (Rysunek 3.17.24a):



Rysunek 3.17.24 Główna pokrywa podwozia — dopasowanie zewnętrznych krawędzi usztywnień

Po wyznaczeniu tych linii wystarczy usunąć z siatki usztywnienia dotychczasowe krawędzie zewnętrzne, podstawiając na ich miejsce krawędzie przecięcia. Rysunek 3.17.24b) pokazuje rezultat operacji. Oczywiście, na koniec przypisz (relacją *Parent*) usztywnienie (**B.157.L.MainDoor**) do pokrywy (**B.155.L.MainDoor**), aby już zawsze były traktowane jako całość.

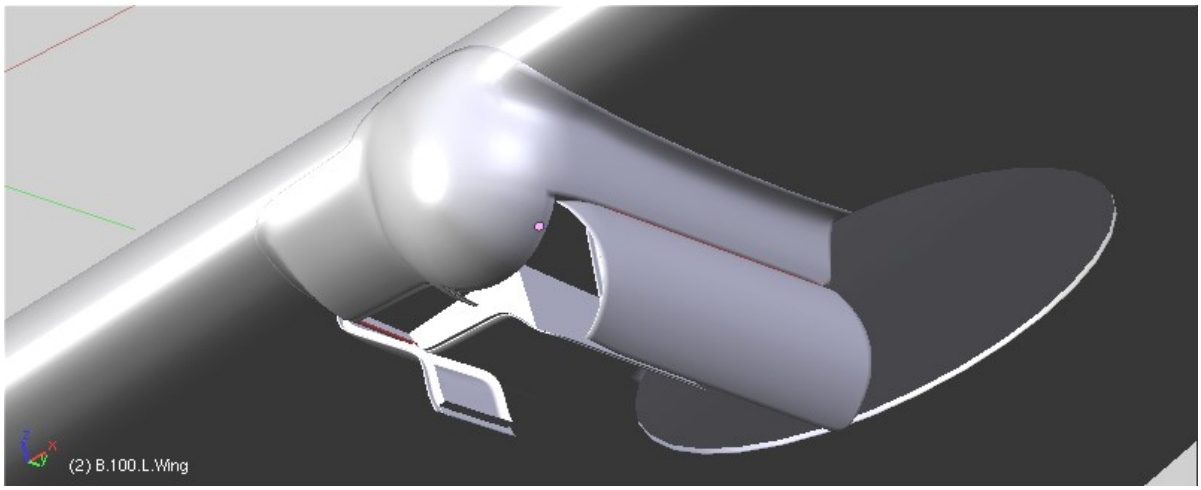
Pozostaje jeszcze dołączyć pokrywy podwozia do owiewki. Proponuję to zrobić za pomocą pomocniczych obiektów — osi. Tak się szczęśliwie składa, że nie musimy ich ukrywać. W prawdziwej konstrukcji zawiasy pokryw były przymocowane do poszycia i miały kształt cylindra. Ich średnicę można szacować na podstawie zdjęć na 8 do 10 mm. Wstaw więc podłużne "pręty" o tej średnicy tam, gdzie mają się znajdować zawiasy. Osi głównej pokrywy nadaj nazwę **B.165.L.Axis**, a bocznej — **B.170.L.Axis** (Rysunek 3.17.25a) :



Rysunek 3.17.25 Zamocowanie pokryw do owiewki za pomocą osi

Teraz przypisz (relacją *Parent*) pokrywy do osi, a osie — do owiewki. (Owiewki z kolei przypisz do płata, o ile nie zrobiłeś tego wcześniej). W efekcie, obrót każdej osi wokół lokalnej osi **Z** powoduje realistyczne odchylanie pokryw (Rysunek 3.17.25b). Nie stworzyliśmy jeszcze zespołu goleni podwozia, ale nie zaszkodzi przyłożyć ukończoną owiewkę do rzutu z przodu z rysunków fabrycznych, aby się upewnić, czy wszystko pasuje (Rysunek 3.17.25b). Wygląda na to, że tak. Dolna krawędź owiewki jest nieco ponad obrysem, narysowanym na podstawie zdjęć. To zapewne efekt pochylenia owiewki, wraz z całym płatem, o -1° względem osi X (skrzydło było zamocowane pod tym kątem)

Rysunek 3.17.26 pokazuje ukończoną owiewkę "w pełnej krasie" — z otwartymi pokrywami luku podwozia.



Rysunek 3.17.26 Gotowa owiewka podwozia

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.17.blend* (por. str. 18).

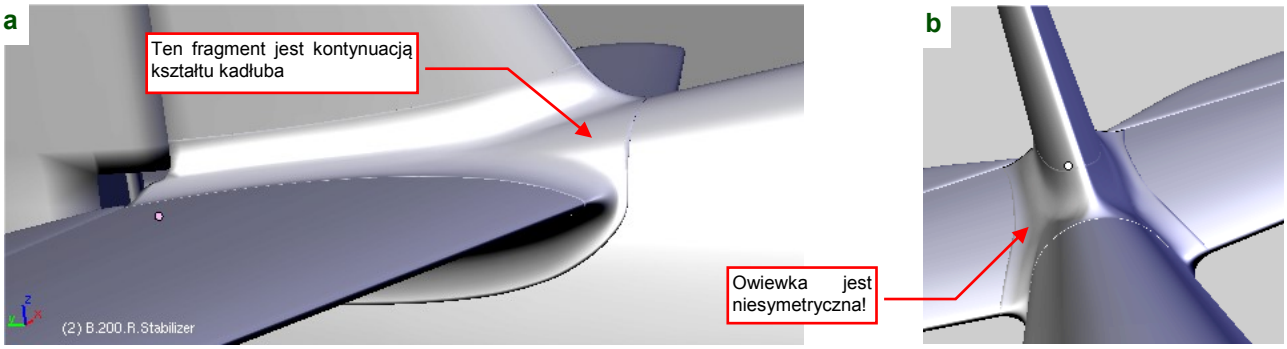
Podsumowanie

- Owiewka podwozia P-40 jest dobrym przykładem elementu, który na pierwszy rzut oka wydaje się prosty, a potem okazuje się bardzo pracochłonny. Pamiętaj, że podobną ilość pracy może pochłonąć wykonanie wnęki podwozia, wraz z pokrywami, w innych samolotach. Wszystko zależy od tego, czy zaczniesz odwzorowywać szczegóły wewnętrzne, czy nie!
- Jeżeli wewnętrzna struktura (wręgi, podłużnice) ma prosty kształt, który nie zależy od kształtu powłoki — można ją wykonać "zgrubnie", jako oddzielny obiekt złożony z prostych płaszczyzn. Potem wystarczy te płaszczyzny "przyciąć" poleceniem *Intersection*, by pasował do poszycia (str. 215-216). Z kadłubem nie mogliśmy tak postąpić, bo jego podłużnice biegną równolegle do powierzchni poszycia.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

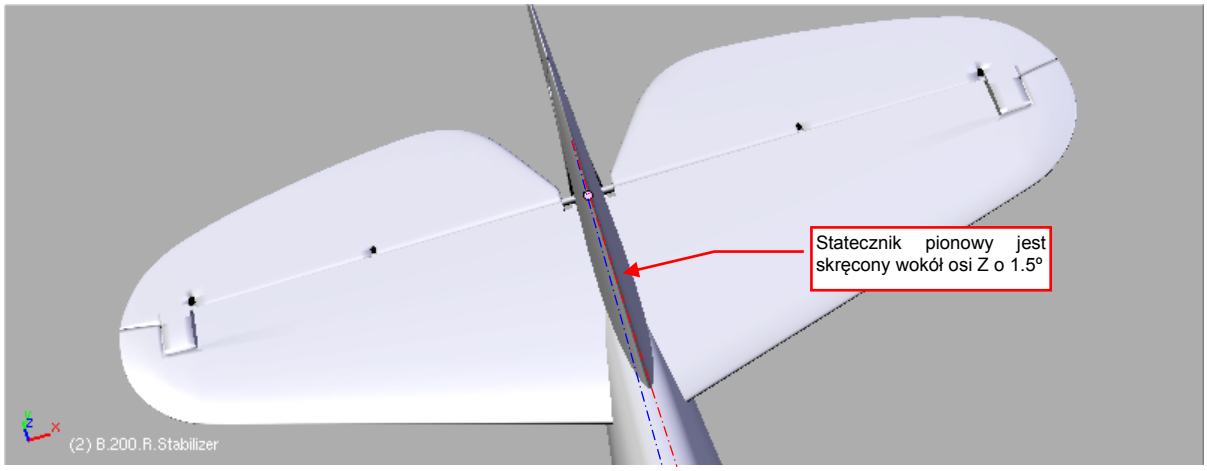
3.18 Oprofilowania połączenia kadłuba i usterzenia

W tej sekcji wykonamy oprofilowanie połączenia kadłuba z usterzeniem pionowym i poziomym. Ten fragment ma skomplikowany kształt (Rysunek 3.18.1a). Nie dość, że jest gładkim połączeniem dwóch prostopadłych stateczników, to jego przód musi być płynną kontynuacją grzbietu kadłuba:



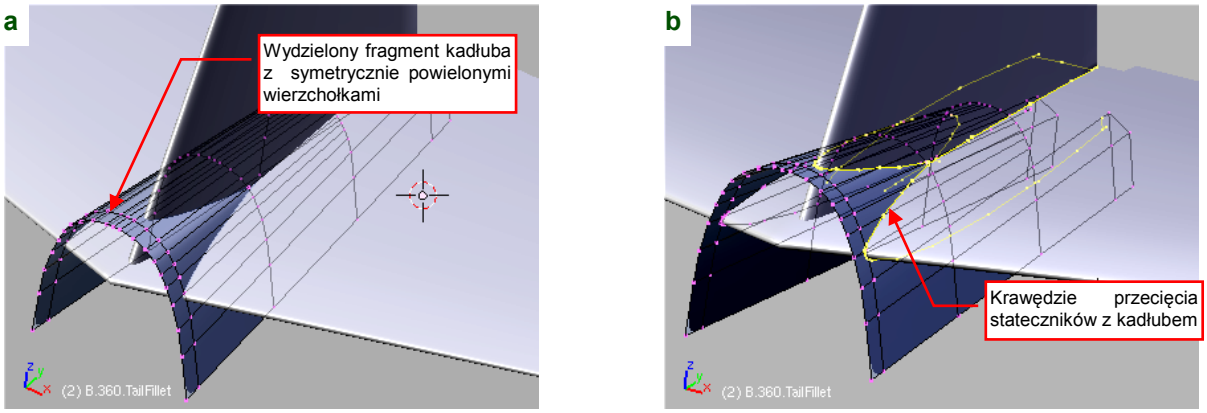
Rysunek 3.18.1 Oprofilowanie krawędzi stateczników i kadłuba

W dodatku całość nie jest symetryczna wzdłuż osi poprzecznej (**X** — Rysunek 3.18.1b). Tak być musi, gdyż statecznik pionowy był odchylony od osi samolotu o 1,5º (Rysunek 3.18.2):



Rysunek 3.18.2 Przyczyna asymetrii oprofilowania — skręcenie statecznika pionowego

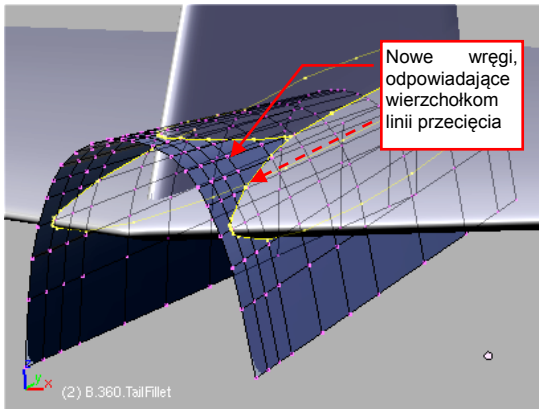
Początkową powłoką, którą zaczniemy przekształcać w owiewkę, jest górny tylny fragment kadłuba (Rysunek 3.18.3a) . Skopiuj go (**Shift**-**D**, *Duplicate*) z oryginalnej siatki i wydziel (*Separate*) w oddzielny obiekt. Nadaj mu nazwę **B.360.TailFillet**. Stwórz także kopie (*Duplicate*) stateczników (to obiekty pomocnicze — po zakończeniu pracy zostaną usunięte). Umieść je wszystkie na nowej warstwie (np.**18**).



Rysunek 3.18.3 Symetryczne powielenie wierzchołków fragmentu kadłuba i wyznaczenie krawędzi przecięcia z usterzeniem

Aby wyznaczyć krawędzi przenikania stateczników i kadłuba, w siatce **B.360.TailFillet** i obydwu kopii stateczników "utrwal" modyfikatory *Mirror* (*Mirror:Apply* — Rysunek 3.18.3a pokazuje efekt). Teraz wyznacz (dodatkiem *Intersection*) ich linie przenikania (Rysunek 3.18.3b).

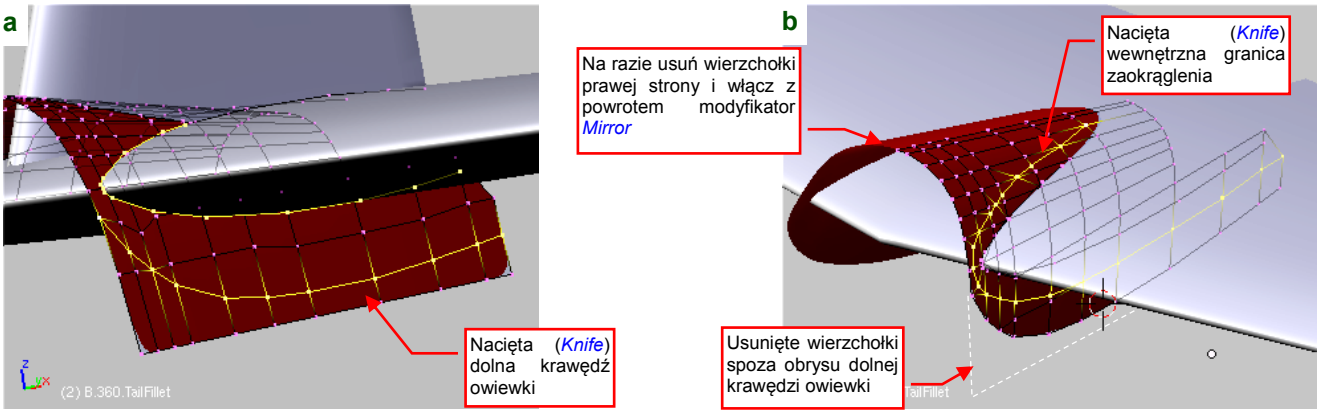
Z uzyskanych krawędzi usuń niepotrzebne wierzchołki (np. te leżące blisko siebie). Następnie porównaj układ pozostawionych punktów z liniami siatki **B.360.TailFillet**. Wstaw (*Loop Cut*) w tę siatkę dodatkowe wręgi tam, gdzie wierzchołkowi na krawędzi przecięcia nie odpowiadała żadna linia (Rysunek 3.18.4).



Rysunek 3.18.4 Zagęszczenie siatki oprofilowania

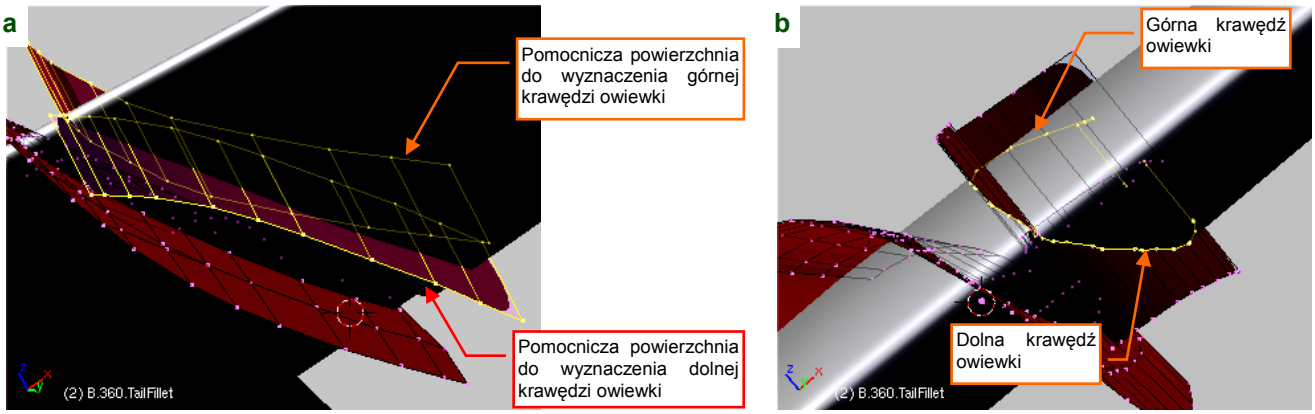
Zaczniemy od formowania tego, co jest w owiewce symetryczne: oprofilowania krawędzi statecznika poziomego. W związku z tym ukryj (H, albo *Specials→Hide*) na razie krawędź przenikania ze statecznikiem pionowym. Usuń pozostałe wierzchołki z prawej strony siatki i włącz ponownie modyfikator *Mirror* (względem osi **X** — Rysunek 3.18.5b).

Natnij (*Knife*) na siatce nową krawędź, odpowiadającą dolnej krawędzi owiewki (Rysunek 3.18.5a) . Możesz zaraz potem usunąć wierzchołki leżące na zewnątrz tej linii (Rysunek 3.18.5b):



Rysunek 3.18.5 Nacięcie zewnętrznej krawędzi zaokrąglenia wokół statecznika poziomego

Natnij także w siatce wewnętrzną granicę owiewki (Rysunek 3.18.5b). Z kolei zewnętrzna krawędź oprofilowania leży na powierzchni statecznika. Aby ją wyznaczyć, przygotuj dwie pionowe powierzchnie pomocnicze, wygięte tak jak obrys krawędzi owiewki dla górnej i dolnej powierzchni usterzenia (Rysunek 3.18.6a):

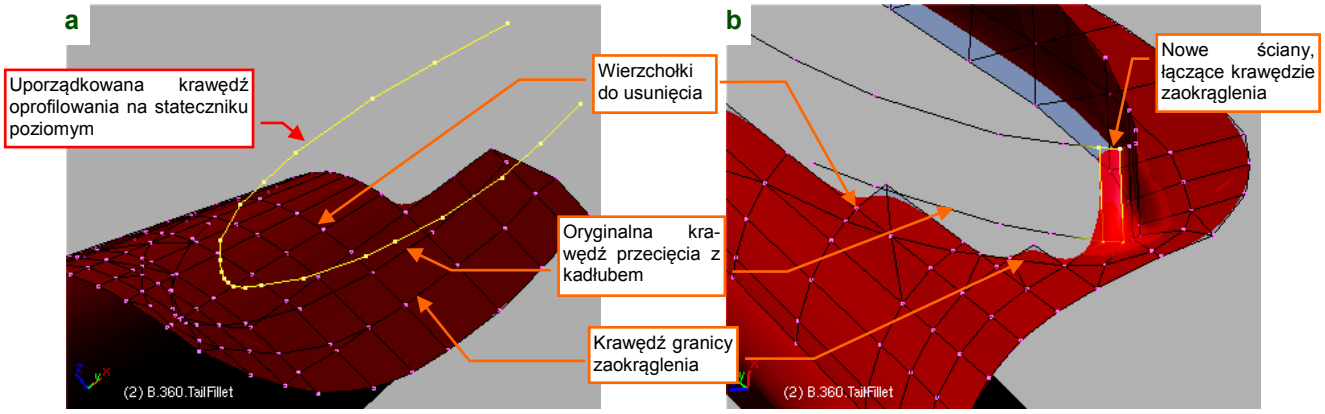


Rysunek 3.18.6 Wyznaczenie krawędzi owiewki na stateczniku poziomym

Wyznacz (dodatkiem *Intersection*) krawędzie przecięcia tych dwóch powierzchni ze statecznikiem (Rysunek 3.18.6b). Potem te powierzchnie pomocnicze są już niepotrzebne i możesz je usunąć.

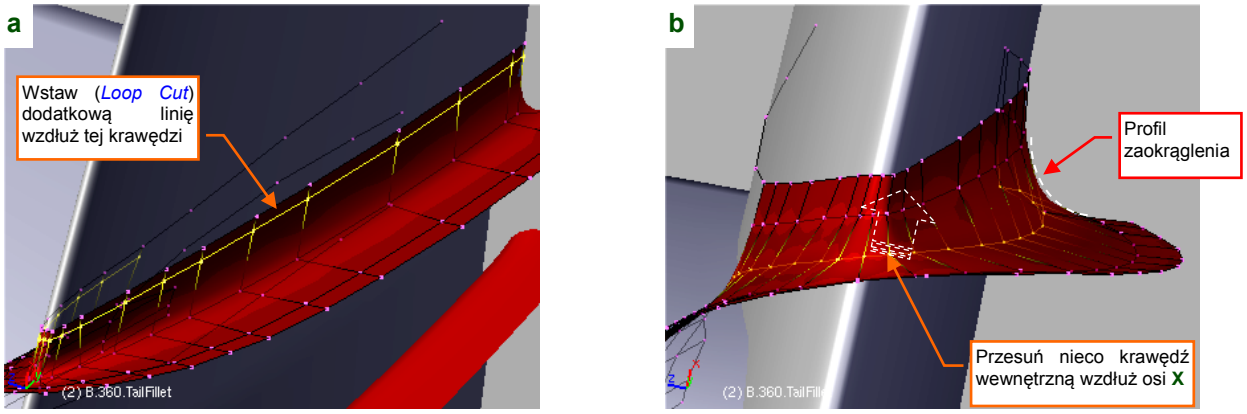
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Połącz górną i dolną krawędź przecięcia w jedną linię. Usuń z niej niepotrzebne wierzchołki (np. jednym z każdej pary położonych blisko siebie punktów) (Rysunek 3.18.7a):



Rysunek 3.18.7 Budowanie zaokrąglenia wokół statecznika poziomego

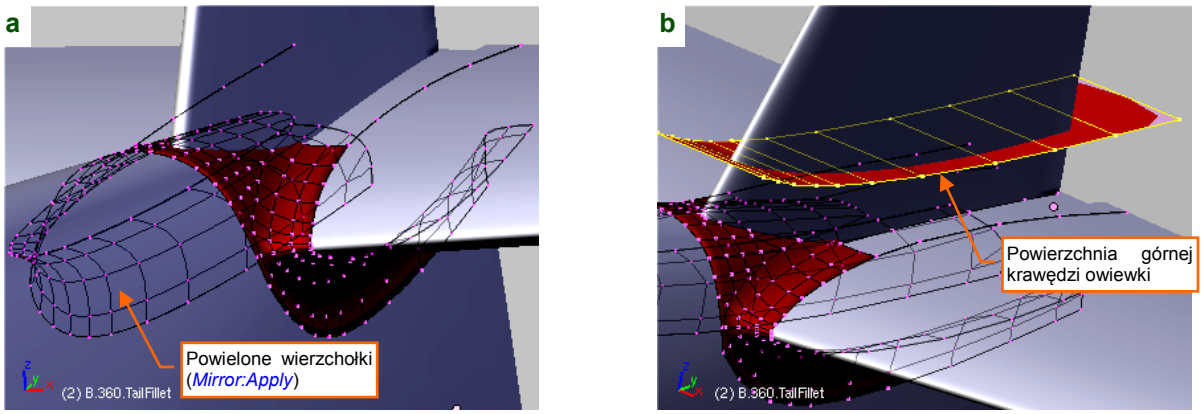
Usuń ściany z wnętrza obszaru ograniczonego naciętą krawędzią zaokrąglenia statecznika poziomego. Na ich miejsce stwórz nowe, w oparciu o trzy wyznaczone wcześniej krawędzie (Rysunek 3.18.7b). W ten sposób włączysz je w siatkę. Na koniec dodaj (*Loop Cut*) dodatkową linię wzdłuż krawędzi na stateczniku (Rysunek 3.18.8a):



Rysunek 3.18.8 Profilowanie zaokrąglenia wokół statecznika poziomego

Widzisz już, co uzyskaliśmy? Poprzeczne zaokrąglenie wokół statecznika jest oparte w zasadzie na trzech liniach (dwie dodatkowe w pobliżu krańców to tylko "wyrównanie na śruby", którymi była przykręcona owiewka). Profil zaokrąglenia zależy przede wszystkim od linii wewnętrznej (oryginalnej linii przecięcia statecznika z kadłubem). Przesuń odrobinę tę linię na zewnątrz, wzdłuż osi **X**, by uzyskać łagodniejszy profil (Rysunek 3.18.8b).

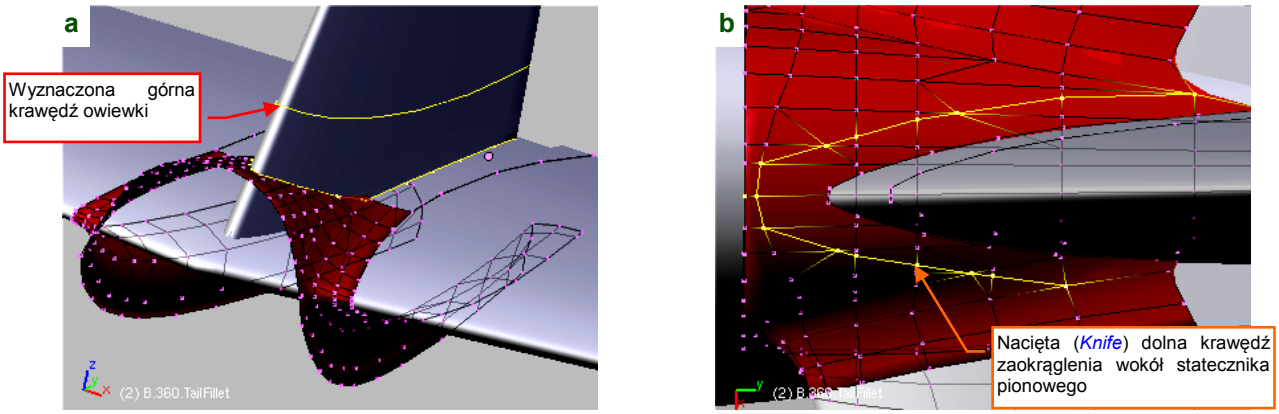
Podobną techniką wykonamy zaokrąglenie wokół statecznika pionowego. Odsłoń z powrotem (**Alt**-**H**) ukryte krawędzie (por. str. 219) i „utrwal" modyfikator *Mirror* tej siatki (*Mirror:Apply*) (Rysunek 3.18.9a) :



Rysunek 3.18.9 Pierwsze etapy modelowania zaokrąglenia wokół statecznika poziomego

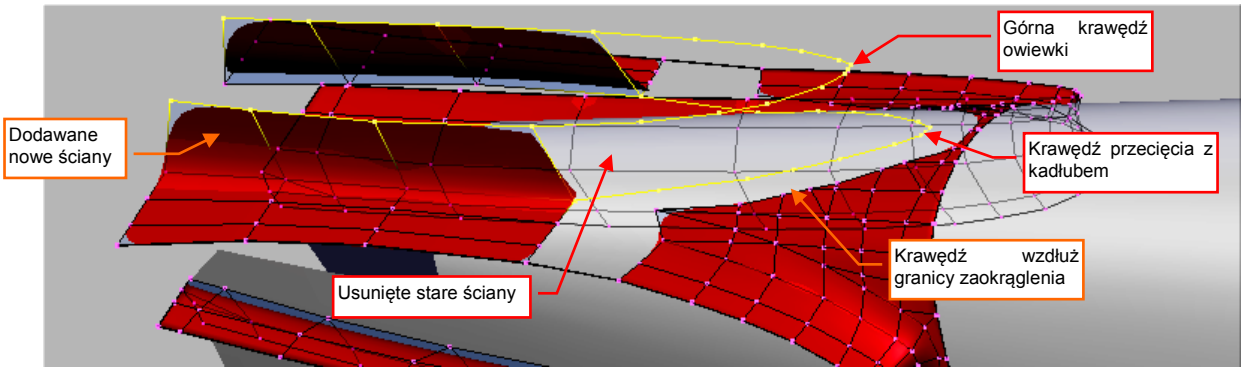
Powielenie symetrycznych wierzchołków jest już konieczne, bo statecznik pionowy jest umieszczony niesymetrycznie (str. 218). Pamiętaj, aby przed powieleniem wierzchołków owiewki do ostatniego szczegółu ukształtować zaokrąglenie wokół statecznika poziomego. (Jeżeli o czymś zapomnisz, to po tej operacji będziesz miał dwa razy więcej roboty z ewentualnymi poprawkami!).

Podobnie jak w przypadku usterzenia poziomego, do wyznaczenia krawędzi owiewki na stateczniku pionowym używam powierzchni wygiętej tak jak obrys z boku jej górnej krawędzi (Rysunek 3.18.9b). Tym razem obrys był z obydwu stron taki sam, więc można użyć jednej, a nie dwóch powierzchni pomocniczych. Po wyznaczeniu przecięcia tej powierzchni ze statecznikiem uprość tę krawędź, usuwając powielone lub umieszczone blisko siebie wierzchołki (Rysunek 3.18.10a). Usuń także samą powierzchnię pomocniczą.



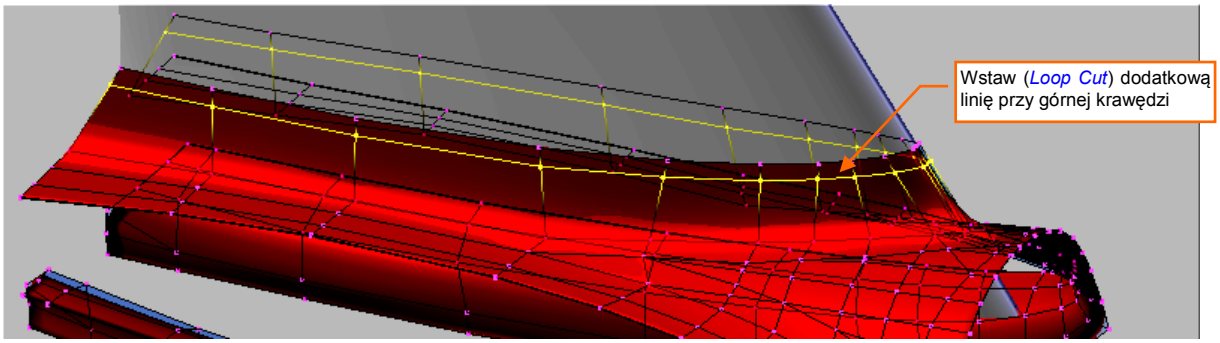
Rysunek 3.18.10 Budowanie krawędzi wokół statecznika pionowego

Natnij (*Knife*) na górnej powierzchni owiewki granicę zaokrąglenia wokół statecznika pionowego (Rysunek 3.18.10a). Usuń wierzchołki z jej wnętrza, pozostawiając tylko dwie wyznaczone wcześniej krawędzie (Rysunek 3.18.11):



Rysunek 3.18.11 Budowanie nowych ścian wokół statecznika pionowego

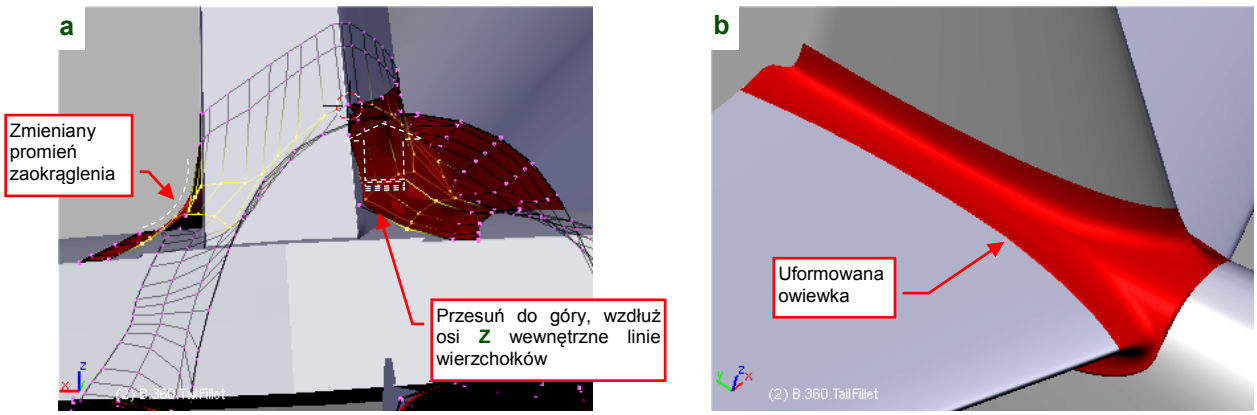
W oparciu o te trzy krawędzie zacznij budować nowe ściany (Rysunek 3.18.11). Potem wstaw (*Loop Cut*) linię wierzchołków w pobliżu górnej granicy owiewki (to taki "pasek na śruby") (Rysunek 3.18.12):



Rysunek 3.18.12 Wstawienie dodatkowej linii wierzchołków

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Podnieś trochę do góry, wzdłuż osi **Z**, środkową linię wierzchołków (Rysunek 3.18.13a). W ten sposób sterujesz poprzecznym zaokrągleniem owiewki. Nadaj mu kształt łuku o dość dużym promieniu. (W prawdziwym P-36/40 owiewka zakrywała rząd śrub, którym statecznik pionowy był przymocowany do statecznika poziomego).



Rysunek 3.18.13 Wykończenie kształtu wokół statecznika pionowego

Rysunek 3.18.13b) pokazuje gotową owiewkę. Po zakończeniu pracy usuń kopie statecznika pionowego i poziomego, których używaliśmy do wyznaczenia krawędzi przenikania i dopasowaniu kształtu owiewki. (Stworzyliśmy je na początku tej sekcji — str. 218). Przenieś gotową owiewkę na tę samą warstwę, co tył kadłuba i nadaj jej zewnętrznym brzegom „grubość blachy” — tak jak to robiliśmy z osłoną goleni podwozia w poprzedniej sekcji (por. str. 214).

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.18.blend* (por. str. 18).

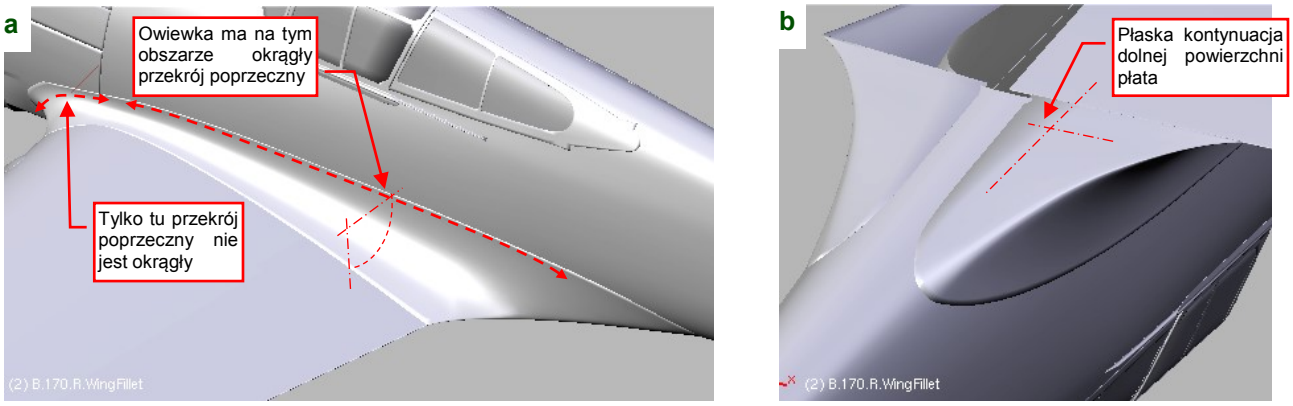
Podsumowanie

- Oprofilowanie połączenia usterzenia z kadłubem było w P-40 bardzo "pogiętym" kawałkiem blachy. Na szczęście w większości konstrukcji z okresu II Wojny Światowej ten fragment ma bardzo podobny kształt. Możesz je wykonać dokładnie w ten sam sposób.

3.19 Oprofilowanie połączenia kadłuba i płata

Oprofilowanie połączenia kadłuba i płata było w P-40 całkiem sporym elementem: zajmowało prawie połowę długości samolotu! Inna sprawa, że takie wielkie owiewki były "modne" w pierwszej generacji dolnopłatów, opracowanych w połowie lat 30-tych[1]. (Rekomendowała je NACA, a P-40 odziedziczył je wraz z całym kadłubem po P-36, którego kształt wyłonił się na deskach kreślarskich jesienią 1934r).

Ze zdjęć wynika, że owiewka płata w P-40 miała w zasadzie okrągły przekrój poprzeczny (Rysunek 3.19.1a). Zmieniał się w nieco mniej regularny tylko w przedniej części, wzdłuż osłony silnika. Dolna powierzchnia owiewki była płaską kontynuacją dolnej powierzchni płata (Rysunek 3.19.1b):

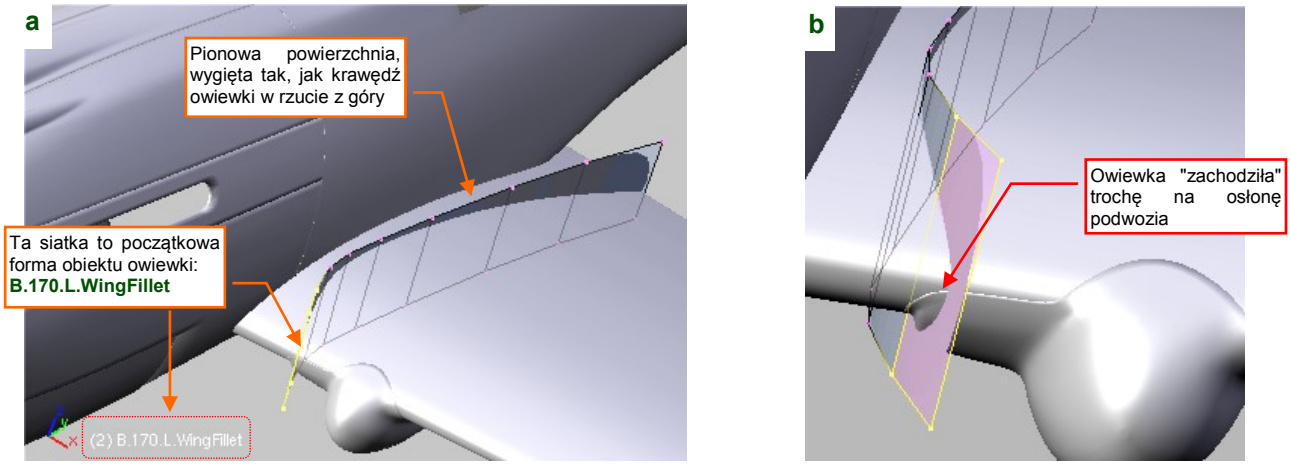


Rysunek 3.19.1 Owiewka połączenia skrzydła z kadłubem

Owiewkę płata moglibyśmy wykonać taką samą techniką jak owiewkę usterzenia: zbudować ściany w oparciu o trzy krawędzie, potem zaokrąglić. Sądzę jednak, że ta metoda nie nadaje się do tak dużych elementów. Trudno za jej pomocą uzyskać regularny, okrągły, przekrój poprzeczny wzdłuż całej długości oprofilowania. Tę owiewkę wykonamy więc metodą dokładniejszą, choć nieco bardziej pracochłonną.

Zaczniemy od wyznaczenia zarysów granic tego elementu: krawędzi na kadłubie i na skrzydle. Linie te będą pełniły rolę pomocniczą, o czym przekonasz się za chwilę.

Zewnętrzną krawędź owiewki wyznaczamy tak, jak krawędzie w poprzedniej sekcji: tworząc pomocniczą powierzchnię, wygiętą tak, jak krawędź oprofilowania w rzucie z góry (Rysunek 3.19.2a).



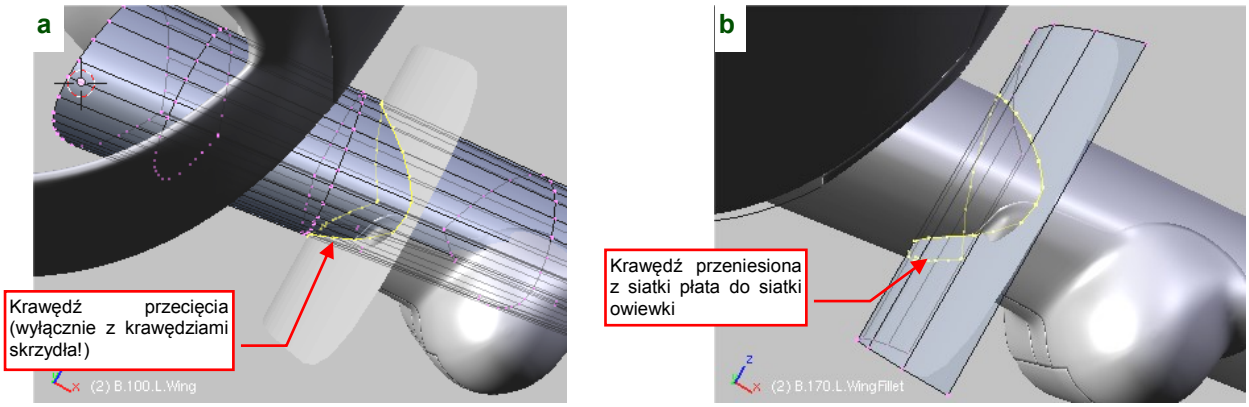
Rysunek 3.19.2 Powierzchnia pomocnicza, do wyznaczenia krawędzi owiewki na płacie

Zwróć uwagę, że krawędź owiewki "zachodziła" na krawędź osłony goleni podwozia (Rysunek 3.19.2b).

[1] Nie miał ich tylko Messerschmitt Bf-109. Może dlatego, że przejął je od swojego poprzednika, sportowego Bf-108 Tajfun? (Bf-108 był opracowany jeszcze wcześniej)

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

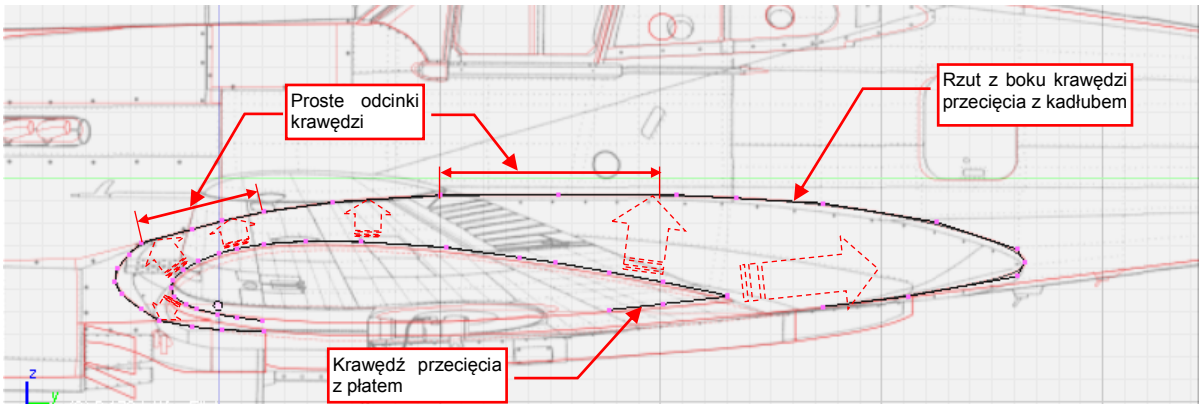
Siatka płata jest na tyle gęsta, że przecięcia jej krawędzi z powierzchnią pomocniczą w zupełności wystarczą do wyznaczenia konturu owiewki. Oznacza to, że podczas użycia dodatku *Intersection* możesz wyłączyć opcję *Use both meshes* (por. str. 309). Rezultatem będzie linia wierzchołków, należąca do siatki skrzydła (Rysunek 3.19.3a):



Rysunek 3.19.3 Wyznaczenie krawędzi owiewki

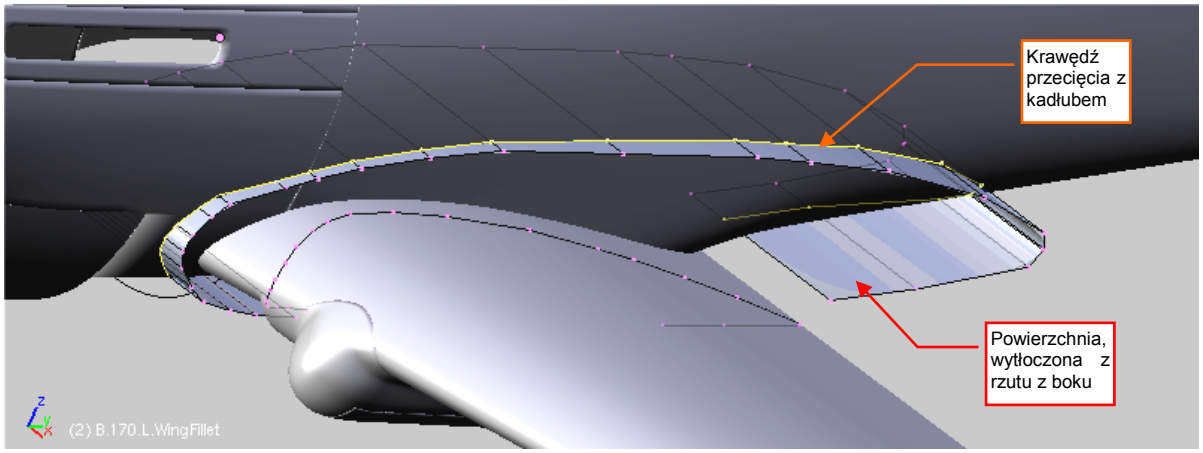
Przenieś tę linię do siatki owiewki (**B.170.L.WingFillet**): wydziel ją (*Separate*) z siatki płata w tymczasowy obiekt i włącz (*Join*) do owiewki (Rysunek 3.19.3b).

Wyznaczenie przeciwległej, kadłubowej krawędź owiewki, zacznij od rzutu z boku. Skopiuj wyznaczoną przed chwilą krawędź na płacie, powiększ ją, i „spłaszcz" wzdłuż osi **X**. Następnie dopasuj położenie wierzchołków tej linii tak, by jak najlepiej odwzorowały krawędź owiewki na kadłubie w rzucie z boku (Rysunek 3.19.4).



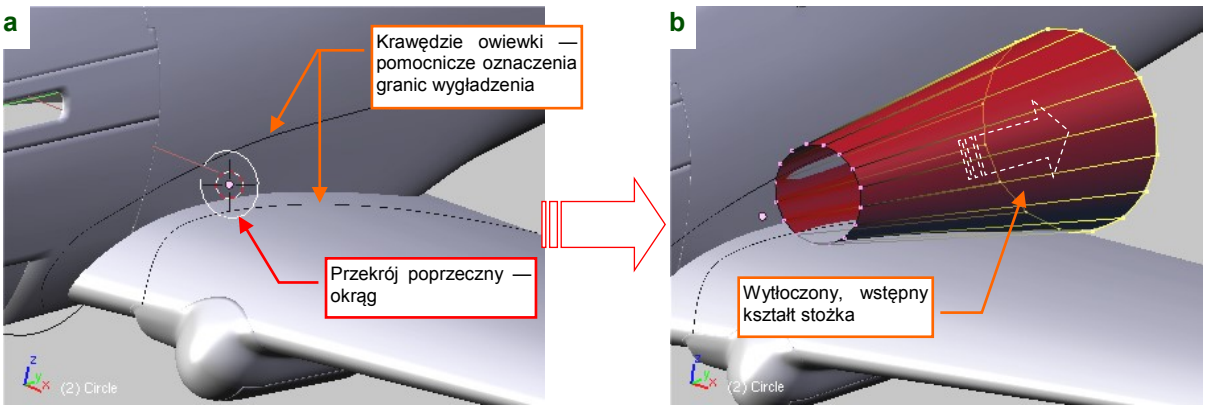
Rysunek 3.19.4 Uformowanie obrysu (rzutu z boku) drugiego krańca owiewki

Wyznaczoną krawędź wytłocz wzdłuż osi **X**, i wyznacz jej linię przecięcia z kadłubem (Rysunek 3.19.5):



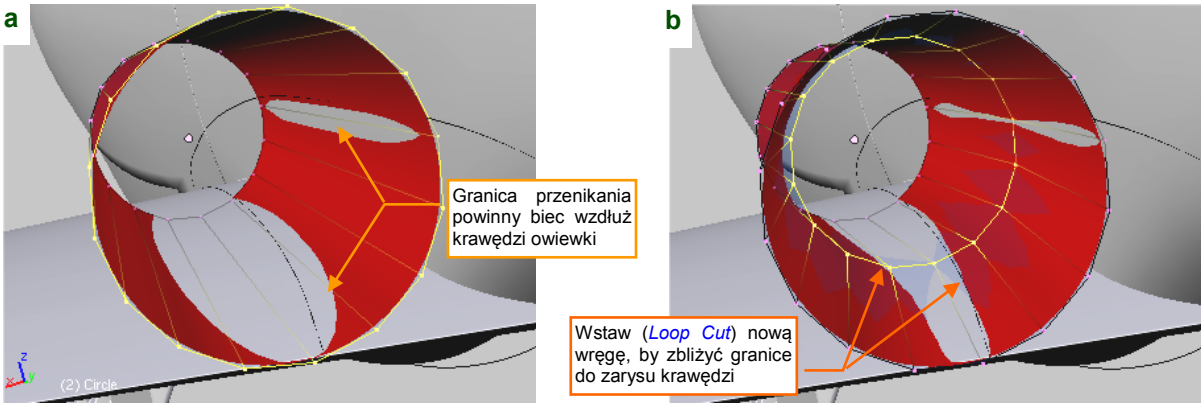
Rysunek 3.19.5 Wyznaczenie drugiej krawędzi owiewki

Krawędzie, wyznaczone przed chwilą, będą pełniły rolę linii pomocniczych podczas kształtowania powłoki owiewki. Pozostawimy je na razie jako odrębny obiekt. Powierzchnię oprofilownia zacznij ją od narysowania i umieszczenia we właściwym miejscu jego przekroju poprzecznego — okręgu (Rysunek 3.19.6a) :



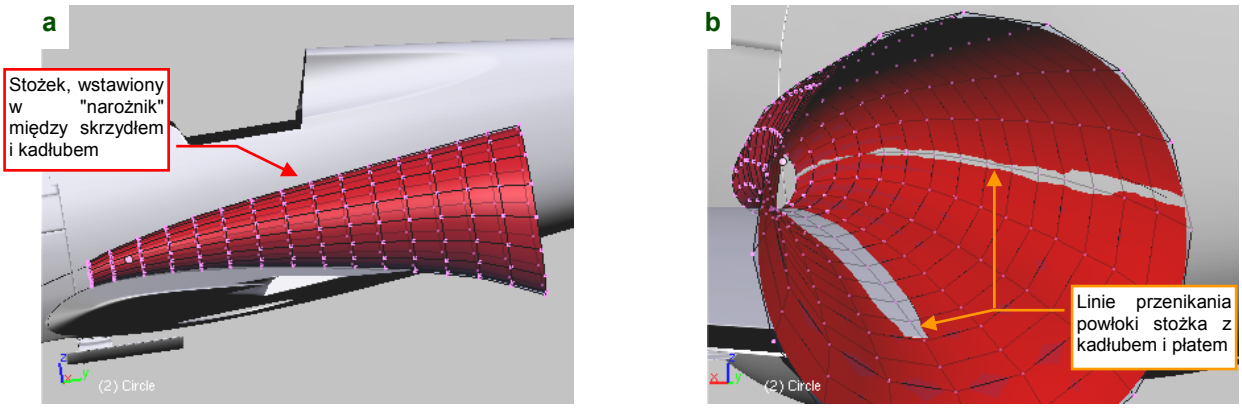
Rysunek 3.19.6 Początek formowania właściwej powłoki owiewki

Następnie przekształć ten okrąg w stożek (poprzez wytłoczenie i powiększenie nowej wręgi). Podstawę tego stożka umieść na krawędzi spływu skrzydła (Rysunek 3.19.6b). Jej rozmiar i położenie w płaszczyźnie **ZX** dobierz tak, by pasowała do założonych krawędzi owiewki (Rysunek 3.19.7a):



Rysunek 3.19.7 Zasada formowania stożka powłoki owiewki

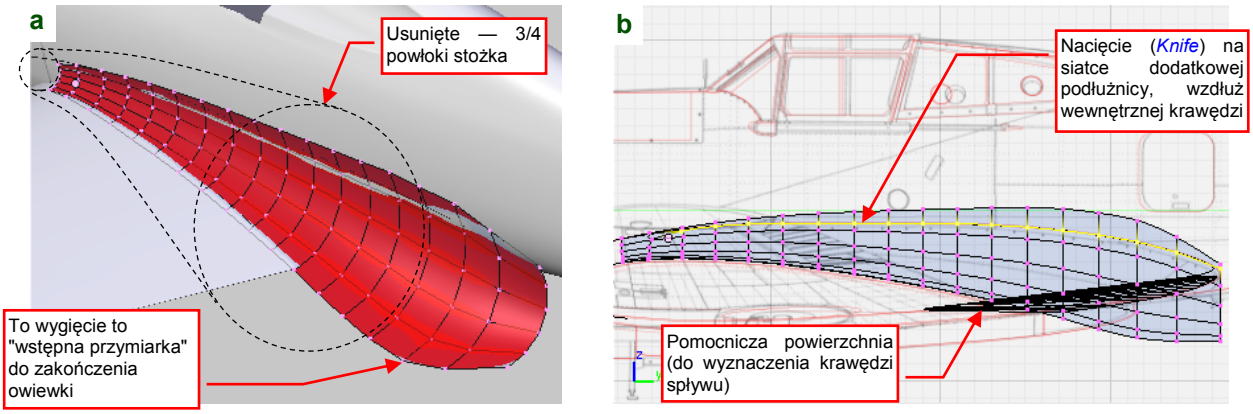
Granica przenikania kadłuba i płata z powierzchnią prostego stożka daleka jest jeszcze od założonego obrysu (Rysunek 3.19.7a). Aby tę sytuację poprawić, wstaw (*Loop Cut*) w środek powłoki kolejną wręgę, i powtórnie dopasuj do płata i kadłuba jej rozmiar (poprzez zmianę skali i położenia w płaszczyźnie **ZX** — Rysunek 3.19.7b). Rysunek 3.19.8a) pokazuje powierzchnię, jaką uzyskasz metodą takich kolejnych przybliżeń. Rysunek 3.19.8b) pokazuje wnętrze tej powłoki — widać regularny przebieg linii styku z kadłubem i płatem:



Rysunek 3.19.8 Gotowa powłoka stożkowa, dopasowana do kadłuba i płata

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Powierzchnia owiewki mieści się w $^1/_4$ powierzchni stożka, który stworzyliśmy. Formowaliśmy go, używając pełnych okręgów aby łatwiej było zmieniać rozmiar pojedynczym sekcjom. (Dla okręgu środek skalowania w trybie *Bounding Box* leży w jego geometrycznym środku). Teraz jednak należy się pozbyć tego nadmiaru ścian. Usuń niepotrzebne wierzchołki — czyli $^3/_4$ powierzchni stożka (Rysunek 3.19.9a):



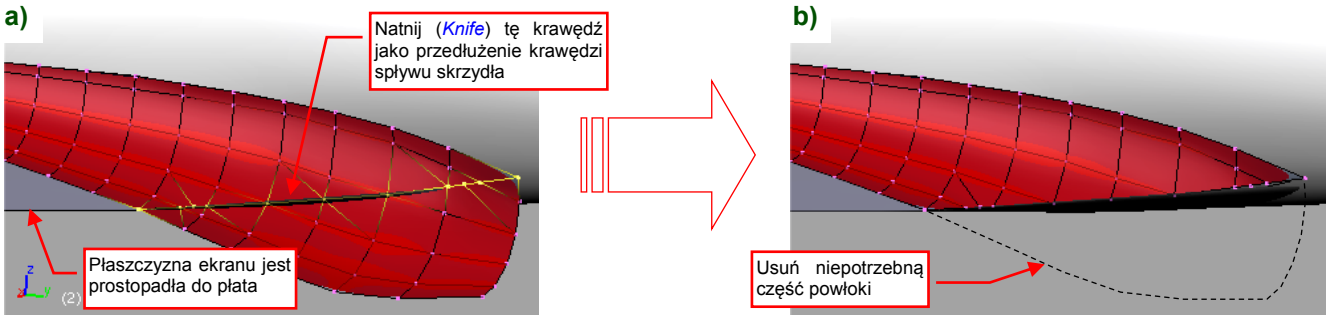
Rysunek 3.19.9 Przekształcanie stożka w powłokę owiewki

Kolejnym krokiem jest usunięcie ścian leżących poza krawędzią oprofilowania na kadłubie (Rysunek 3.19.9b). Natnij (*Knife*) linię wzdłuż docelowego przebiegu krawędzi (Rysunek 3.19.9b), a następnie usuń wszystkie leżące ponad nią wierzchołki.

Rysunek 3.19.10 Powłoka owiewki i zarysy krawędzi

Rysunek 3.19.10 przedstawia rezultat — powłokę, która zaczyna przypominać docelowy kształt owiewki. Na ilustracji są zaznaczone zarysy konturów, stworzone na początku tej sekcji. Pomocniczy kontur na kadłubie dokładnie pokrywa się z krawędzią powłoki. Kontur na skrzydle znajduje się jednak wewnątrz uzyskanej powierzchni (łączy się z nią dopiero na krawędzi spływu — Rysunek 3.19.10). Taki przebieg krawędzi musi wystąpić, jeżeli przekrój poprzeczny ma być okrągły, a krawędź na kadłubie ma kształt jak na planach. Prawa geometrii wykazały różnicę. I co teraz można z tym począć? Pozostaje ocenić, który wariant jest bardziej prawdopodobny. Kontur owiewki jest pewny, bo dobrze udokumentowany na zdjęciach. Okrągły przekrój poprzeczny? — no cóż, wydaje mi się że właśnie taki kształt ma na zdjęciach. Natomiast nie ma żadnego "drugiego świadka", który potwierdziłby wiarygodność kształtu zewnętrznego konturu owiewki z planów. Stąd zdecydowałem, że kształt przedstawiony na planach jest błędny.

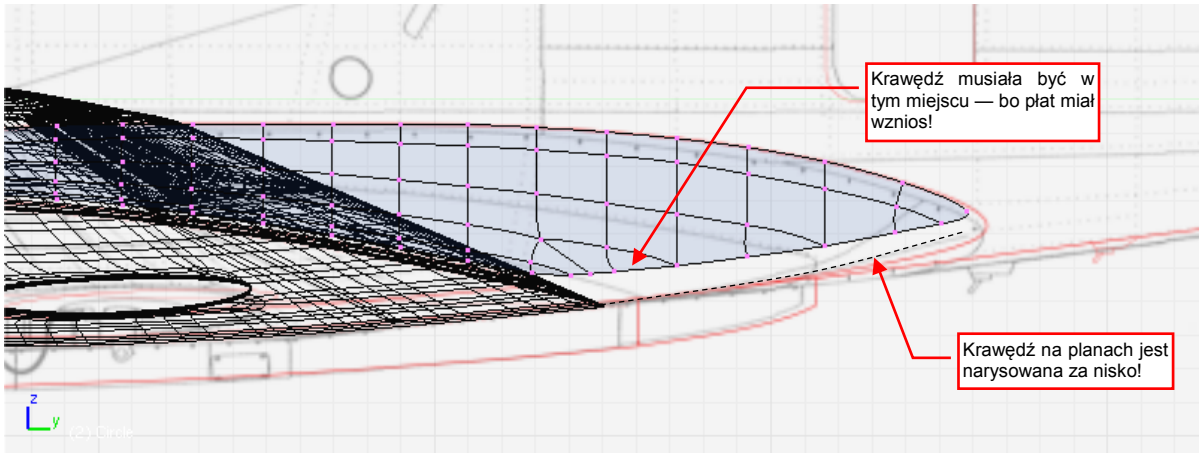
Następną czynnością jest odcięcie niepotrzebnej już na tym etapie dolnej części owiewki. Natnij (*Knife*) na siatce linię tam, gdzie oprofilowanie miało krawędź spływu (Rysunek 3.19.11a):



Rysunek 3.19.11 Usunięcie niepotrzebnej, dolnej części owiewki

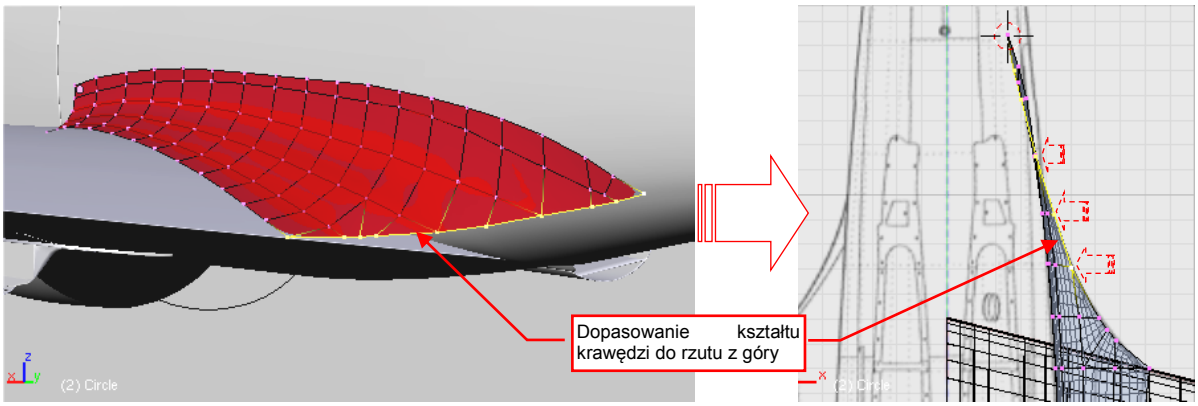
Usuń wierzchołki umieszczone poniżej naciętej linii (Rysunek 3.19.11b).

Przyjrzyjmy się na chwilę wynikowi, zestawiając go z planami (z rzutem z boku — Rysunek 3.19.12). Linią przerywaną podkreśliłem na nim zarys krawędzi owiewki na oryginalnym rysunku. Jak widzisz, jest zdecydowanie poniżej tej, którą uzyskaliśmy w wyniku cięcia powłoki. Nie przejmuj się, to błąd często występujący na planach modelarskich: autor rysując rzut z boku zapomina, że rysowane skrzydło ma wznios!



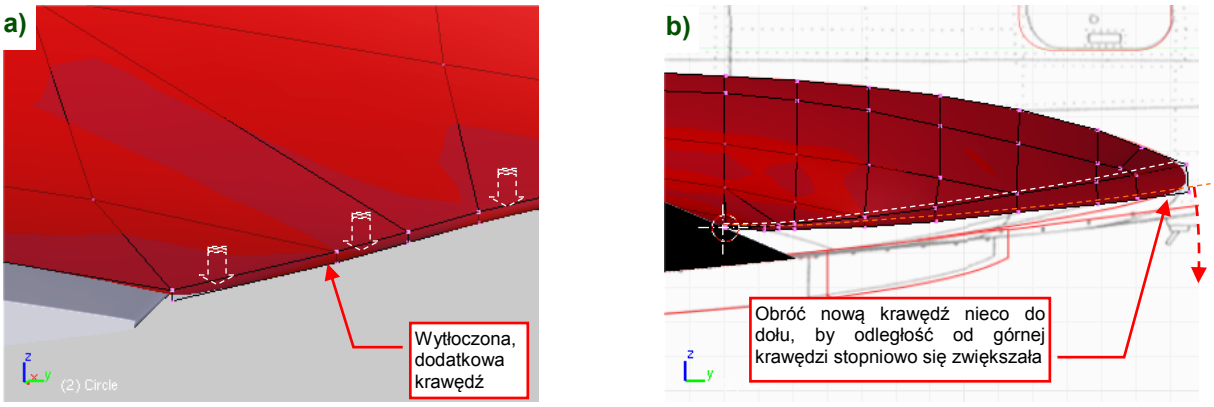
Rysunek 3.19.12 Porównanie położenia krawędzi owiewki z planami (M. Łukasika)

Uzyskana krawędź wymaga niewielkich poprawek, aby pasowała do rzutu z góry. (Ten obrys mamy zweryfikowany ze zdjęciami, więc możemy mu zaufać). Zrób to, przesuwając poszczególne wierzchołki krawędzi wzdłuż osi **X** (Rysunek 3.19.13):



Rysunek 3.19.13 Drobne poprawki kształtu krawędzi

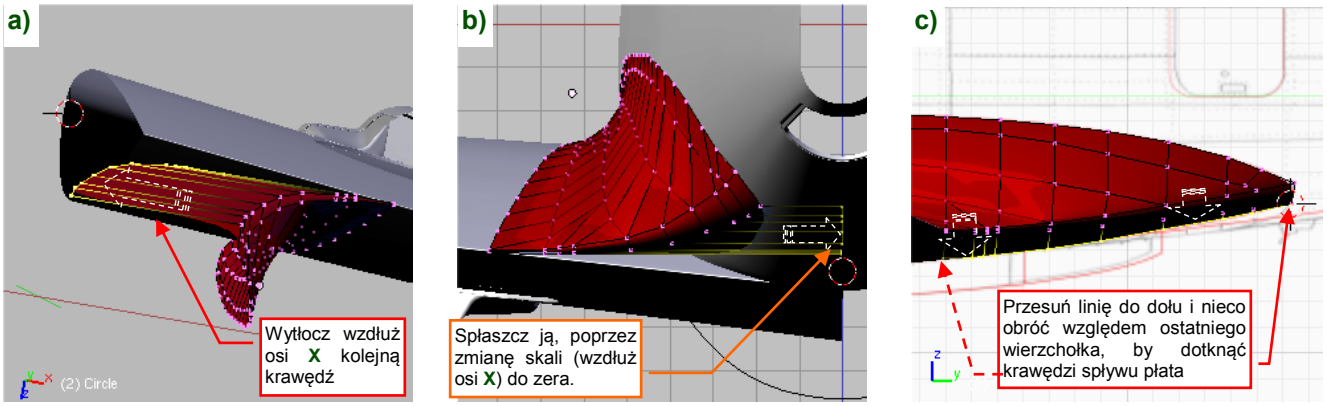
Czas zaokrąglić tę krawędź: wytłocz z niej kolejną (Rysunek 3.19.14a). Odsuń ją na niewielką odległość wzdłuż osi **Z** (dokładniej: na grubość, jaką nadałeś krawędzi spływu skrzydła). Potem obróć te wierzchołki o kilka stopni do dołu, wokół krawędzi spływu płata (Rysunek 3.19.14b) aby uzyskać na końcu owiewki odpowiednie zaokrąglenie:



Rysunek 3.19.14 Wytłoczenie nowych ścian wzdłuż krawędzi

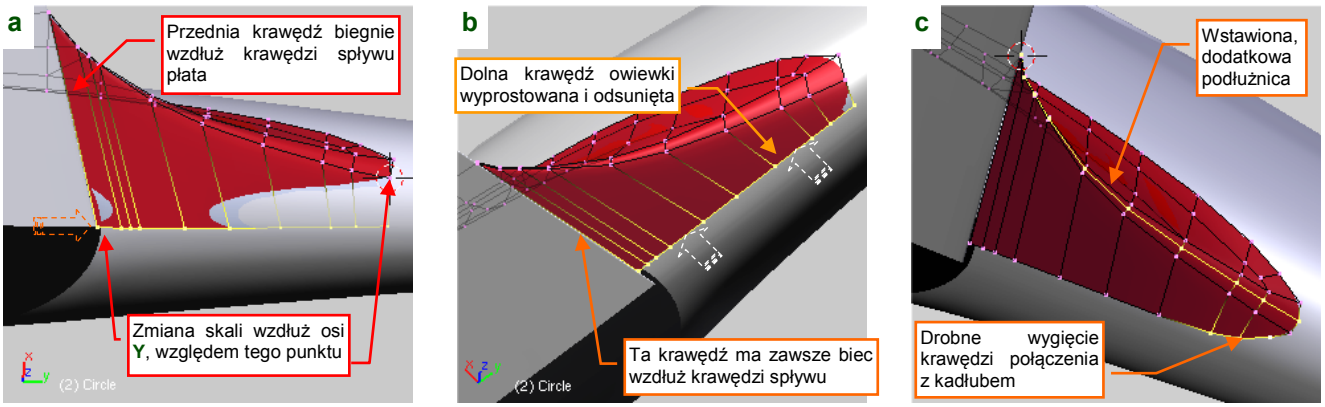
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Teraz wytłocz utworzoną przed chwila krawędź wzdłuż osi **X** (Rysunek 3.19.15a). "Spłaszcz" ją (poprzez zmianę skali do zera wzdłuż osi **X** — Rysunek 3.19.15b). Przesuń tę nową krawędź do dołu, tak by dotykała dolnej powierzchni płata (Rysunek 3.19.15c) :



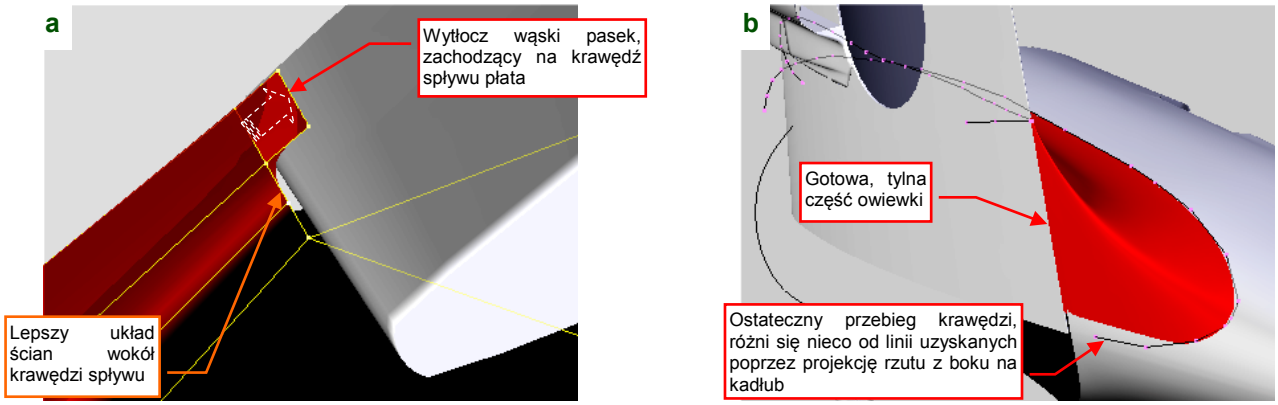
Rysunek 3.19.15 Formowanie spodu tylnej części owiewki (1)

Stworzyliśmy w ten sposób dolne ściany owiewki. "Ściśnij" utworzoną linię wierzchołków (poprzez zmianę skali wzdłuż osi **Y**, względem ostatniego punktu), by krawędź oprofilowania biegła wzdłuż krawędzi spływu płata (Rysunek 3.19.16a). Teraz, aby ściany owiewki przylegały do dolnej powierzchni kadłuba, wyprostuj ostatnią krawędź w linię prostą (zmiana skali do zera wzdłuż osi **Z** i obrót) i odsuń ją od osi kadłuba (Rysunek 3.19.16b):



Rysunek 3.19.16 Formowanie spodu tylnej części owiewki (2)

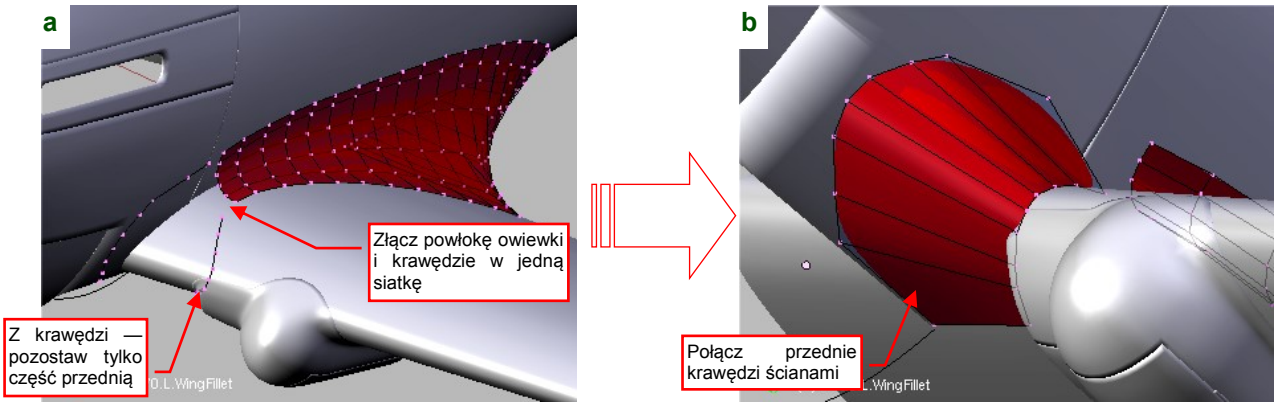
Aby zmniejszyć promień zaokrąglenia krawędzi spływu oprofilownia, wstaw (*Loop Cut*) pomiędzy jej górną i dolną krawędź jeszcze jedną linię wierzchołków (Rysunek 3.19.16c). (Potem przesuń nieco do kadłuba wzdłuż osi **X** sąsiednie linie). Popraw także wierzchołki przy końcu linii, wyginając krawędź na zewnątrz (Rysunek 3.19.16c). "Nasuń" owiewkę na krawędź spływu płata poprzez wytłoczenie dodatkowej, wąskiej ściany na jego granicy (Rysunek 3.19.17a):



Rysunek 3.19.17 Formowanie spodu tylnej części owiewki (3)

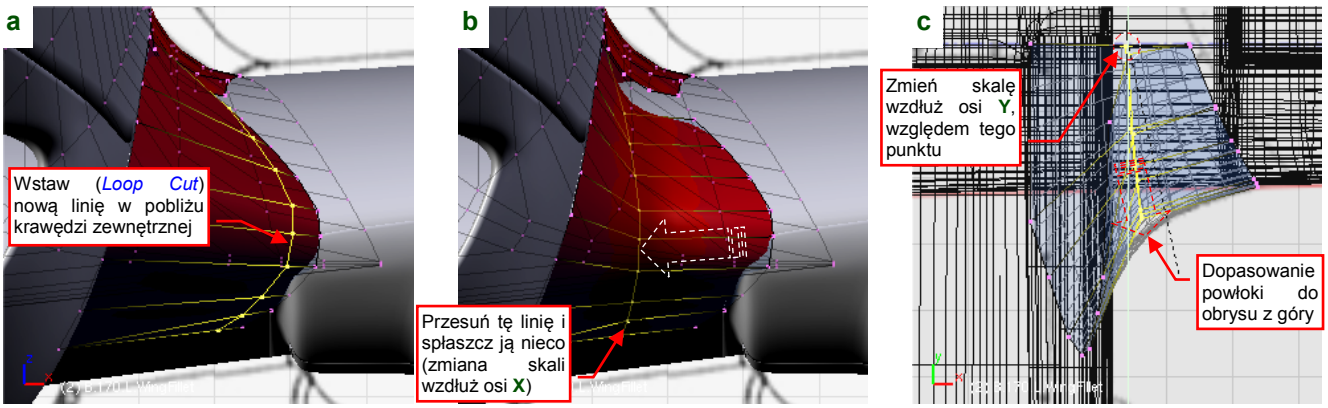
Uformowaliśmy w ten sposób gotową tylną część oprofilowania. Zwróć uwagę, że jej dolna krawędź biegnie wzdłuż kadłuba inaczej niż założona (Rysunek 3.19.17b). Tym niemniej tak to miejsce wyglądało na zdjęciach (fragment rzutu z boku, według którego stworzyliśmy wzorcowy zarys, nie był dokładny).

Pora połączyć uzyskaną powłokę ze stworzonymi wcześniej krawędziami pomocniczymi (Rysunek 3.19.18a). Scalę te dwie siatki i usuń wszystkie wierzchołki krawędzi pomocniczych za wyjątkiem tych biegnących wzdłuż okapotowania silnika. Połącz je ścianami — uformujemy z nich przednią część oprofilowania, która nie miała okrągłego przekroju poprzecznego (Rysunek 3.19.18b):



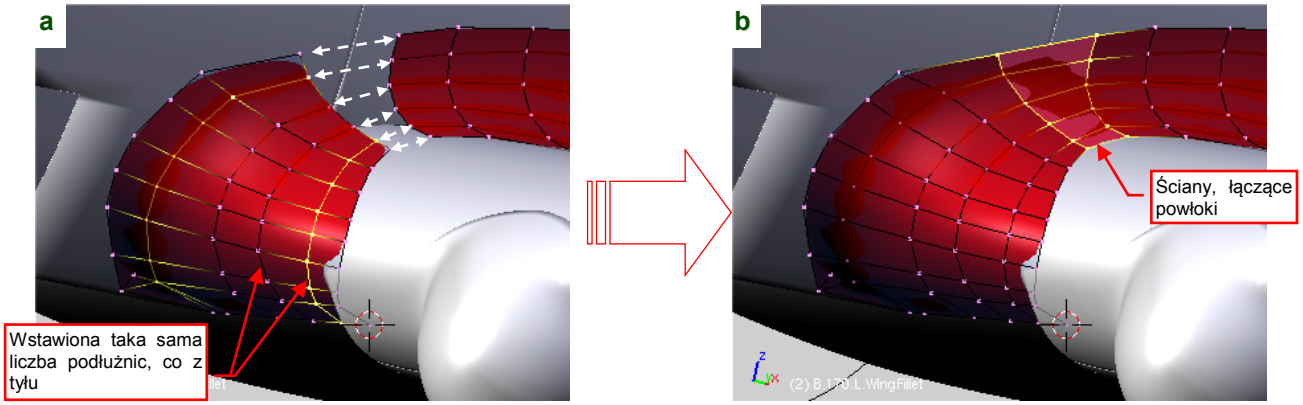
Rysunek 3.19.18 Formowanie przedniej części owiewki (1)

Zacznij "zaokrąglać" ten odcinek powłoki. Wstaw (*Loop Cut*) w pobliżu zewnętrznej krawędzi nową linię wierzchołków (Rysunek 3.19.19a). Przysuń ją do kadłuba i spłaszcz (nie do końca — Rysunek 3.19.19b). Potem dopasuj do obrysu z góry, poprzez zmianę skali wzdłuż osi **Y** (Rysunek 3.19.19c):



Rysunek 3.19.19 Wstawianie nowej linii wierzchołków w owiewkę

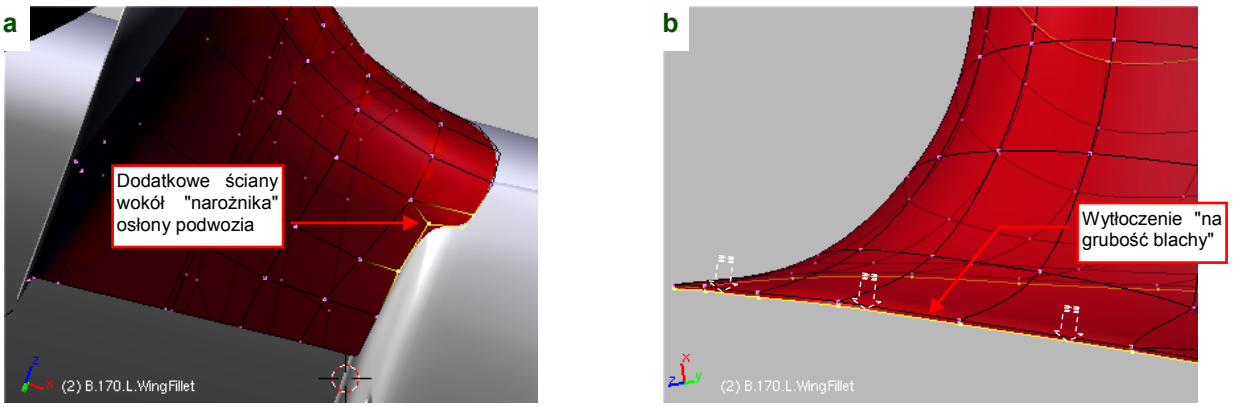
Wstaw w ten sposób trzy kolejne linie (Rysunek 3.19.20a). Potem złącz ten fragment z resztą owiewki (Rysunek 3.19.20b):



Rysunek 3.19.20 Połączenie przedniej i tylnej części owiewki

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

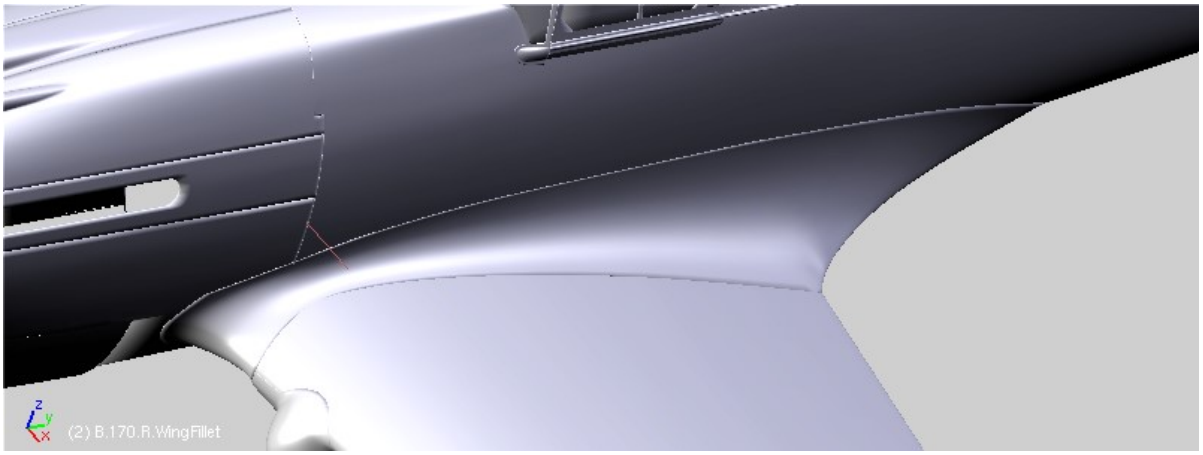
Pozostaje jeszcze wstawić dodatkowy wierzchołek w okolicy połączenia z owiewką goleni podwozia. Należy uformować w tym miejscu narożnik, aby krzywizna oprofilowania ułożyła się wokół wybrzuszenia owiewki (Rysunek 3.19.21a):



Rysunek 3.19.21 Ostatnie szczegóły wykończenia owiewki

Na zakończenie pogrub wszystkie zewnętrzne krawędzie elementu "o grubość blachy" (2mm — czyli 0.02 jedn. Blendera) (Rysunek 3.19.21b). To nada bardziej realistyczny wygląd połączeniu z powierzchniami płata i kadłuba.

Rysunek 3.19.22 pokazuje rezultat — ukończoną owiewkę:



Rysunek 3.19.22 Gotowa owiewka płata

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.19.blend* (por. str. 18).

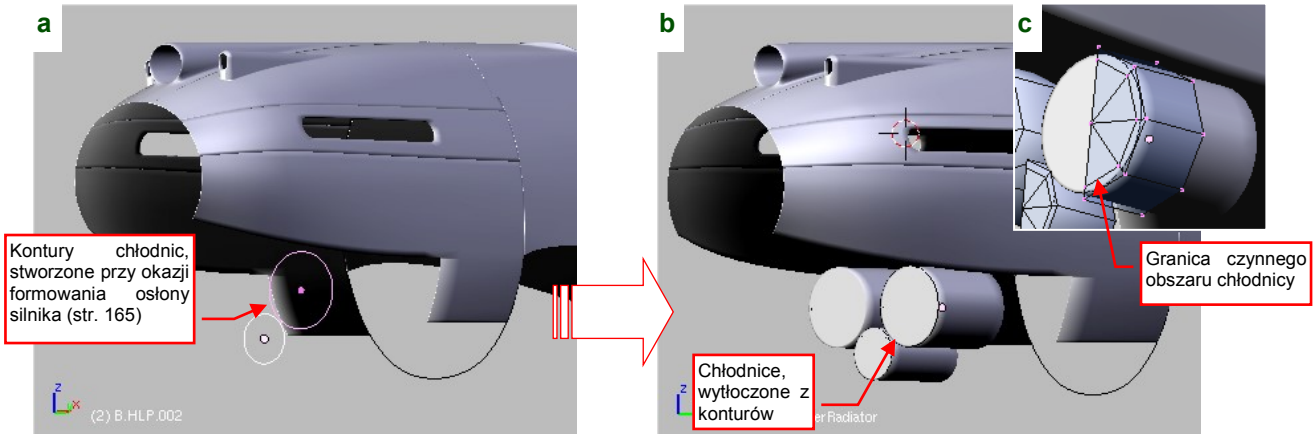
Podsumowanie

- Oprofilowanie połączenia płata i kadłuba P-40 to typowa konstrukcja z połowy lat 30-tych XXw, zgodna z rekomendacją NACA: duża owiewka o okrągłym przekroju, którego promień wzrasta w kierunku krawędzi spływu;
- Ze względu na rozmiar, taką owiewkę płata dobrze jest uformować w bardziej dokładny (i, niestety, pracochłonny) sposób, niż owiewkę usterzenia. Różnica polega na wstawieniu w narożnik płata i kadłuba wygiętego stożka. Z tej powłoki wycinasz potem fragment, tworząc powierzchnię owiewki;

3.20 Szczegóły na spodzie samolotu

Zbliżamy się do końca formowania "blach", z których był zbudowany nasz samolot. Umieściłem tu opis tworzenia kilku mniejszych elementów, którym nie warto było poświęcać odrębnej sekcji, a które jednak powinny być opisane w tym rozdziale. Jakoś tak się składa, że wszystkie znajdują się na spodzie samolotu.

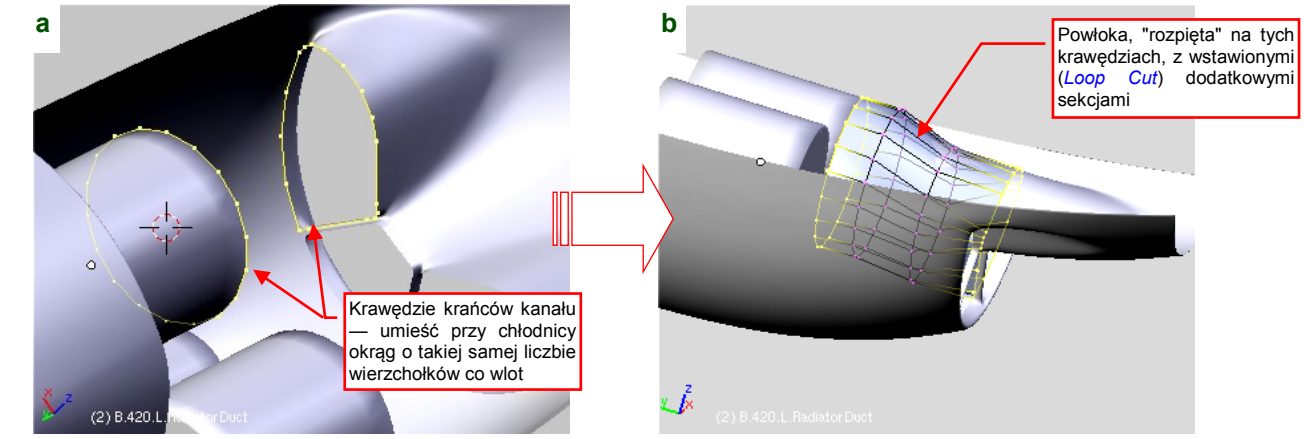
Zaczniemy od chłodnic cieczy. W głębi kanałów wlotowych P-40 widać było ich powierzchnie czołowe. Warto więc je wykonać, aby model oglądany z przodu nie straszył nierealistyczną dziurą. Z rysunków fabrycznych i zdjęć wynika, że chłodnice wszystkich wersji z silnikiem Allison miały prosty, cylindryczny kształt. Dwie większe, umieszczone po bokach, chłodziły glikol, a mniejsza, centralna — olej. Okręgi, odpowiadające czołowym ścianom chłodnic, przygotowaliśmy już przy okazji formowania osłony spodu silnika (str. 165). Wyciągnijmy je z warstwy części pomocniczych (Rysunek 3.20.1a):



Rysunek 3.20.1 Utworzenie zespołu chłodnic cieczy

Utwórz nowy, zamknięty cylinder o średnicy odpowiadającej jednemu z okręgów. Powinien składać się z 8 wierzchołków. Włącz jego wygładzenie (*Subsurf*), aby przypominał walec. Chłodnice cieczy i glikolu różniły się tylko rozmiarem. Utwórz pozostałe chłodnice, stosując tę samą siatkę (*Duplicate Linked*) — (Rysunek 3.20.1b). Możesz ją uprościć, włączając symetrie (modyfikator *Mirror*) wzdłuż osi **X** i **Z** (Rysunek 3.20.1c). Na ścianie czołowej wstaw (*Loop Cut*) dodatkową linię wierzchołków i zmień ją w ostrą krawędź. To zarys granicy czynnego ("przelotowego") obszaru chłodnicy. Sądzę, że przyda się przy nakładaniu tekstur.

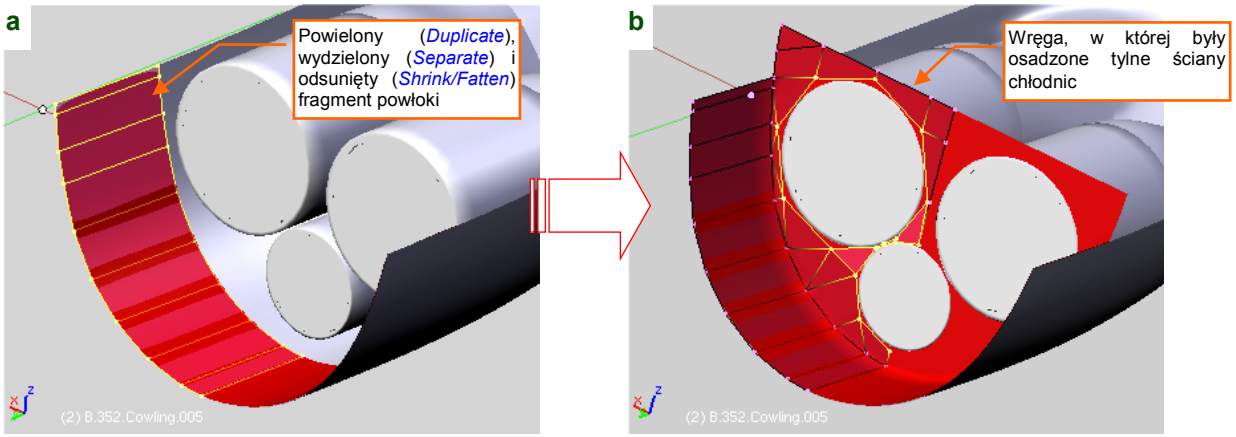
Rysunek 3.20.2 pokazuje formowanie kanału wlotowego powietrza do chłodnicy. Zacznij od wydzielenia krawędzi wlotu i stworzenia okręgu wokół czoła chłodnicy (Rysunek 3.20.2a). Okrąg powinien mieć taką samą liczbę wierzchołków co wlot. Następnie połącz te krawędzie ścianami. Potem w środek wstaw (*Loop Cut*) dodatkowe wręgi, i przesuń je, nadając kanałom wygięcie (Rysunek 3.20.2b):



Rysunek 3.20.2 Kanał doprowadzający powietrze do chłodnic

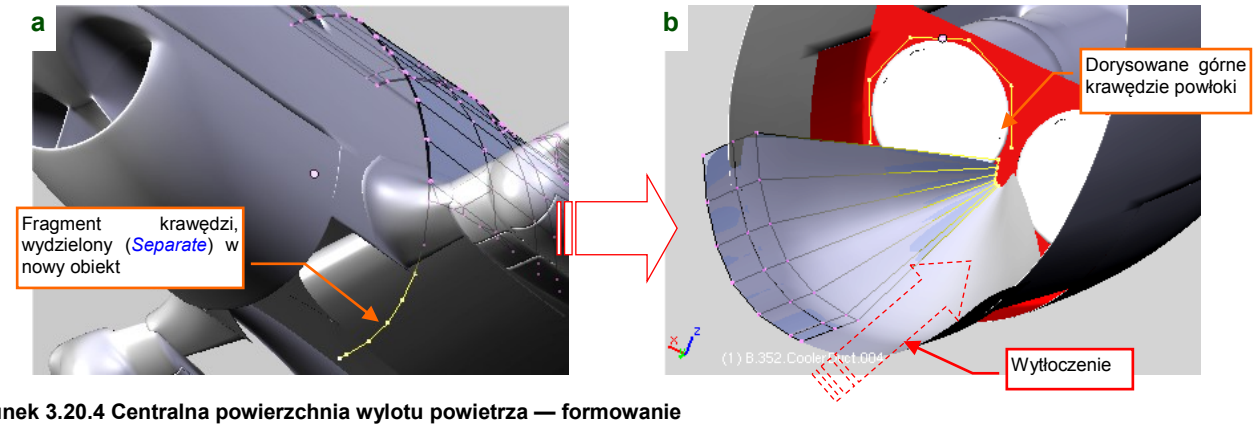
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Po uformowaniu kanałów wlotowych wykonaj także wewnętrzne ściany wokół wylotu powietrza z chłodnic. Tu już konstruktorzy nie musieli robić oddzielnych kanałów (powietrze i tak wylatywało kompletnie zaburzone). Zacznij od wydzielenia z siatki okapotowania ścian bocznych (Rysunek 3.20.3a). Potem dodaj do tej siatki okręgi wokół chodnic. Połącz je ścianami tworząc wręgę (Rysunek 3.20.3b):



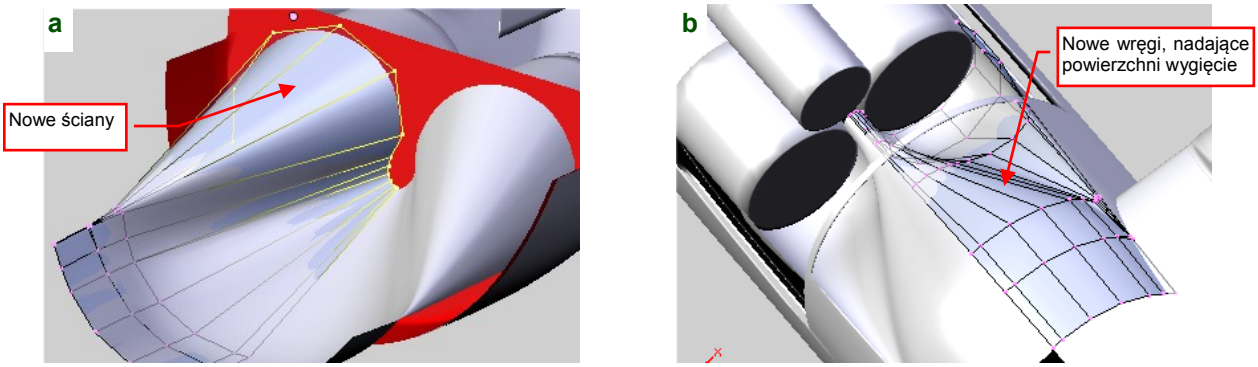
Rysunek 3.20.3 Wewnętrzna powierzchnia wylotu powietrza z chłodnic cieczy

W środku wylotu powietrza była umieszczona dodatkowa, centralna powierzchnia. Miała dość złożony kształt, który teraz uformujemy. Zaczniemy od krawędzi, którą pozostawiliśmy podczas formowania kadłuba (str. 146). Wydziel ją w nowy obiekt (Rysunek 3.20.4a):



Rysunek 3.20.4 Centralna powierzchnia wylotu powietrza — formowanie

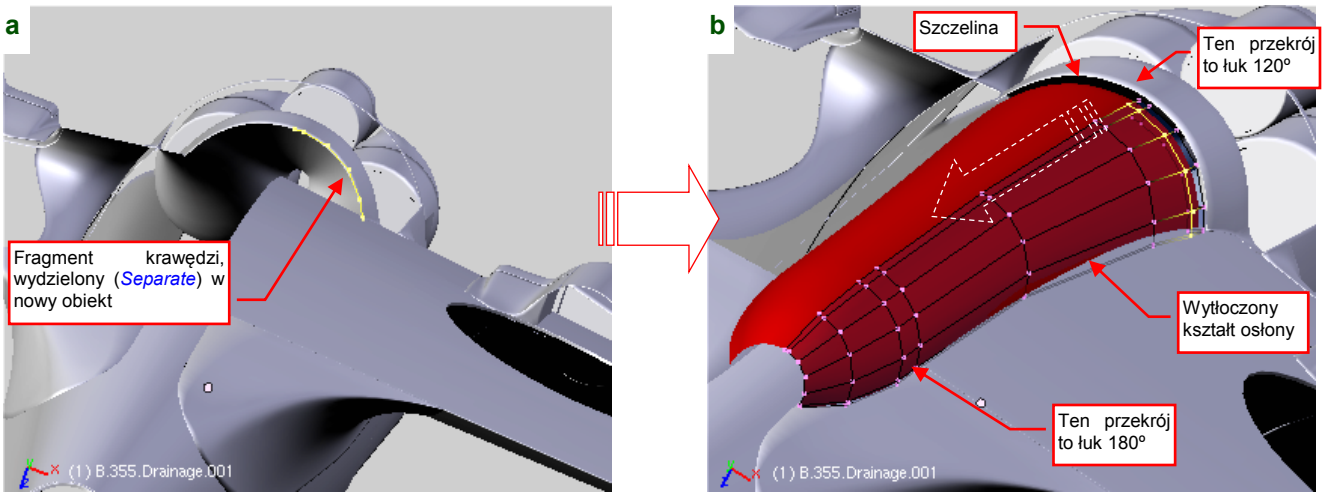
Następnie wytłocz z tej krawędzi powierzchnię i zmień ją w coś w rodzaju stożka (Rysunek 3.20.4b). Dodaj także nową linię wierzchołków: fragment okręgu, otaczającego chłodnicę glikolu. Połącz ją z resztą siatki ścianami, tworząc coś w rodzaju drugiego stożka (Rysunek 3.20.5a):



Rysunek 3.20.5 Centralna powierzchnia wylotu powietrza — formowanie

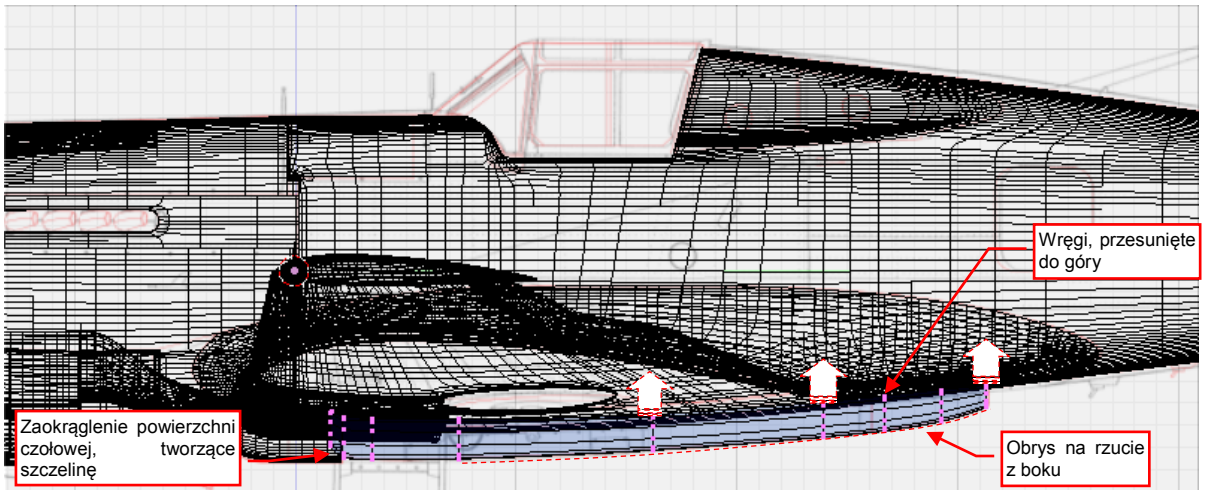
Na koniec wstaw (*Loop Cut*) w tę siatkę kolejna wręgę, nadając jej odpowiednią krzywiznę (Rysunek 3.20.5b).

W P-36 i P40 powierzchnia, która zaczyna się w wylocie powietrza z chłodnicy, ma swoje przedłużenie aż do krawędzi spływu płata. Co kryło się pod spodem? Niedużo — przewody paliwowe oraz instalacja awaryjnego zrzutu paliwa[1]. Formowanie dalszej części tej osłony zacznij od krawędzi, wydzielonej (*Separate*) z jej przedniej części (Rysunek 3.20.6a). Wytłocz potem tę linię w powłokę (Rysunek 3.20.6b):



Rysunek 3.20.6 Osłona awaryjnego zrzutu paliwa

Każda wręga tej osłony jest fragmentem łuku. Początkowy kat rozwarcia tych łuków wynosił ok. 120º. Zdjęcia i zarys w rzucie z dołu wskazują, że przekrój tej powłoki zmieniał się wzdłuż cięciwy profilu skrzydła i ostatnie wręgi miały już przekrój złożony z połówek okręgów (kąt rozwarcia ok. 180º). Płynne przejście pomiędzy tymi przekrojami najłatwiej jest osiągnąć, tworząc najpierw "stożek", łączący wręgę początkową i końcową. Potem wystarczy wstawiać (*Loop Cut*) kolejne wręgi w środek takiej powłoki. Po wstawieniu przesuwaj je od razu wzdłuż osi **Z**, aby uzyskać właściwy kontur osłony w rzucie z boku (Rysunek 3.20.6b, Rysunek 3.20.7).



Rysunek 3.20.7 Dopasowanie osłony do zadanego konturu

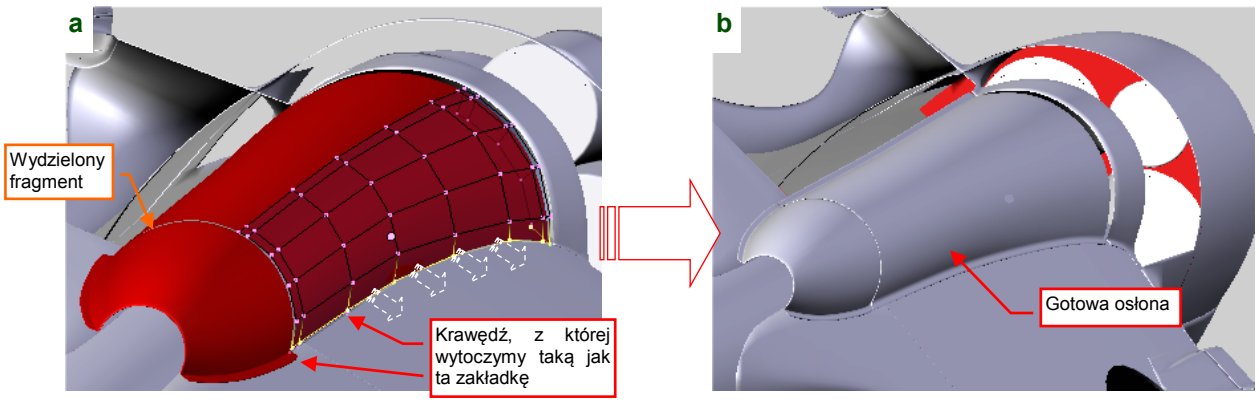
Nie zapomnij dodaniu zaokrąglenia na czołowej części osłony, która zaczynała się od szczeliny (Rysunek 3.20.6b, Rysunek 3.20.7)[2].

[1] Mam wrażenie, że tak naprawdę to konstruktorzy chcieli w ten sposób ukryć kołnierz łączący lewą i prawą połówkę płata. Bez osłony ten gęsty rząd śrub wyglądałby brzydko...

[2] Pojęcia nie mam, do czego ta szczelina służyła. Występowała już na P-36. Na zdjęciach widać, że kryją się w niej wyloty jakichś kilku małych rurek, nieznanego przeznaczenia.

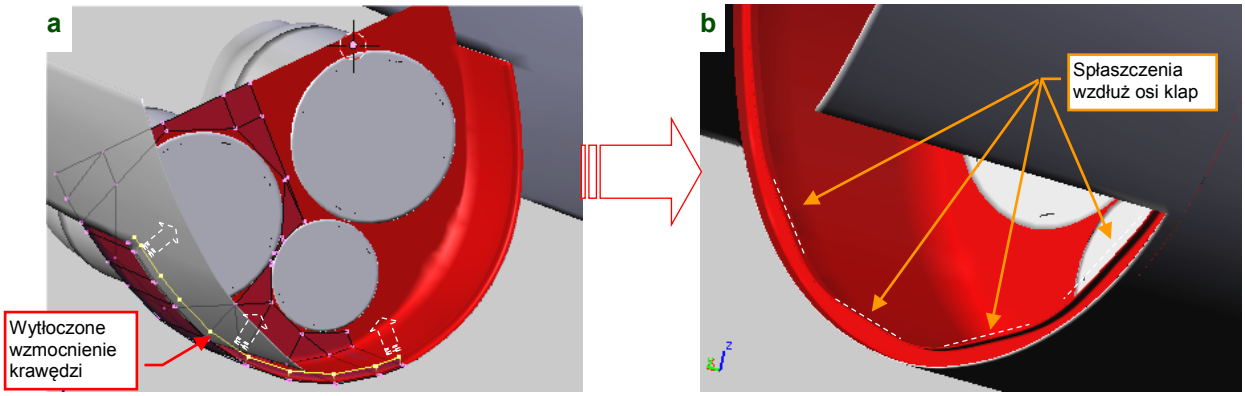
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Ze zdjęć wynika, że końcówka osłony była oddzielną częścią. Odseparuj ją więc od reszty powłoki w nowy obiekt (Rysunek 3.20.8a). Potem pozostaje wytłoczyć z krawędzi bocznych "zakładki", za pomocą których osłona była przymocowana do dolnej powierzchni płata (Rysunek 3.20.8a,b):



Rysunek 3.20.8 Podział osłony i wytłoczenie bocznej "zakładki"

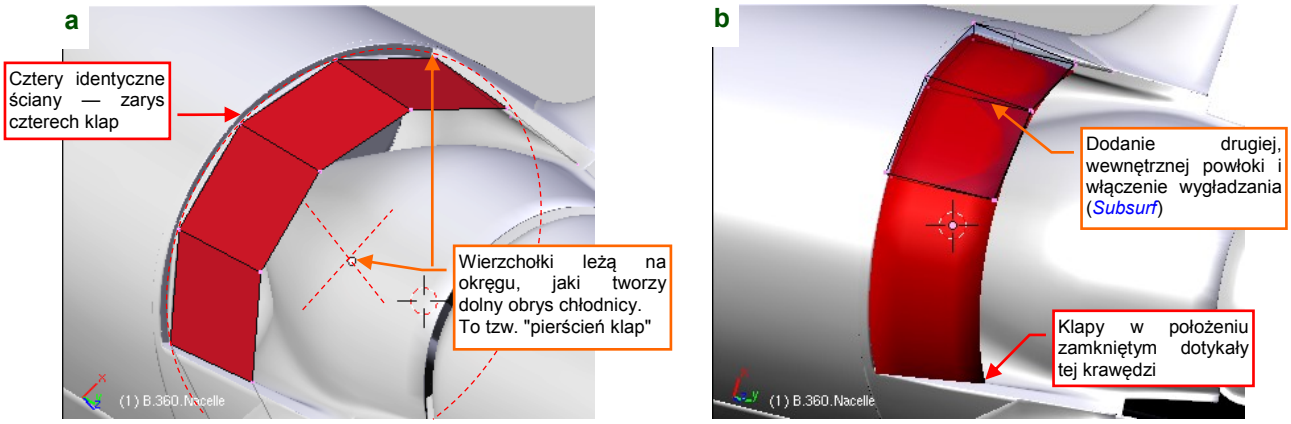
Ostatnim elementem zespołu chłodnicy są ruchome klapy, sterujące natężeniem przepływu powietrza. Zaczniemy od wytłoczenia wręgi, do której były przymocowane wewnętrzne ściany wylotu (Rysunek 3.20.9a):



Rysunek 3.20.9 Przygotowanie do montażu klap — wzmocnienie krawędzi wylotu powietrza

Może to nie będzie specjalnie widoczne, ale nie mogłem się powstrzymać, by nie spłaszczyć wewnętrznych krawędzi tej wręgi wzdłuż osi obrotu klap (Rysunek 3.20.9b). (Takie spłaszczenie jest widoczne na zdjęciach).

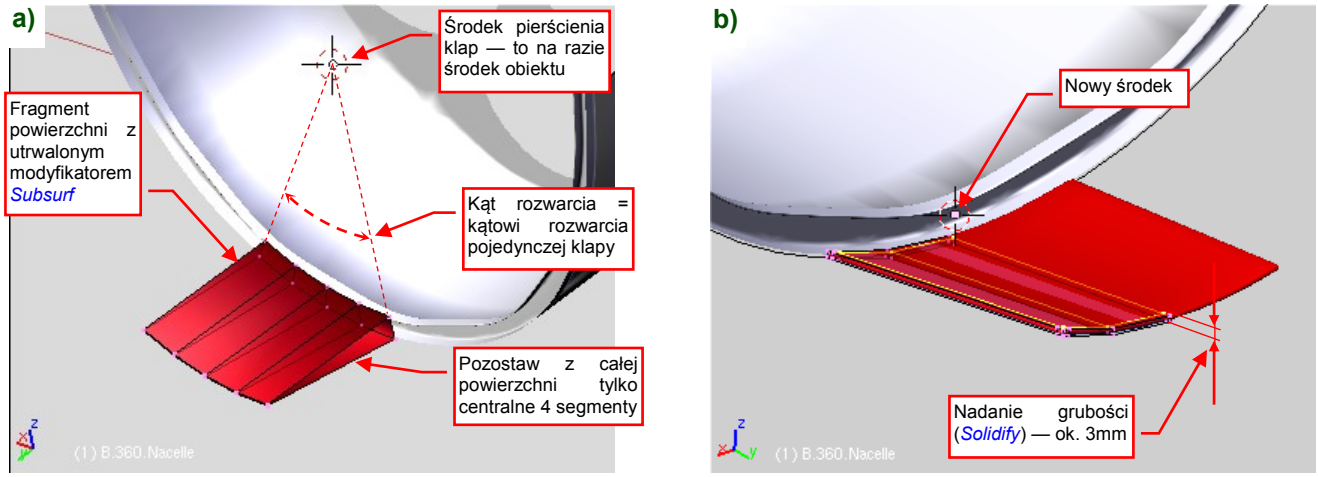
Same klapy zacznij od wstępnej przymiarki — ich kształt wyznaczy „łuk” złożony z czterech odcinków, wytłoczony na odpowiednią długość (Rysunek 3.20.10a) :



Rysunek 3.20.10 Wstępna "przymiarka" do rozłożenia klap wokół wylotu powietrza

Aby nadać tym klapom grubość, dodaj do siatki drugą, wewnętrzną powłokę, oraz włącz jej wygładzanie (modyfikatorem *Subsurf* — Rysunek 3.20.10b).

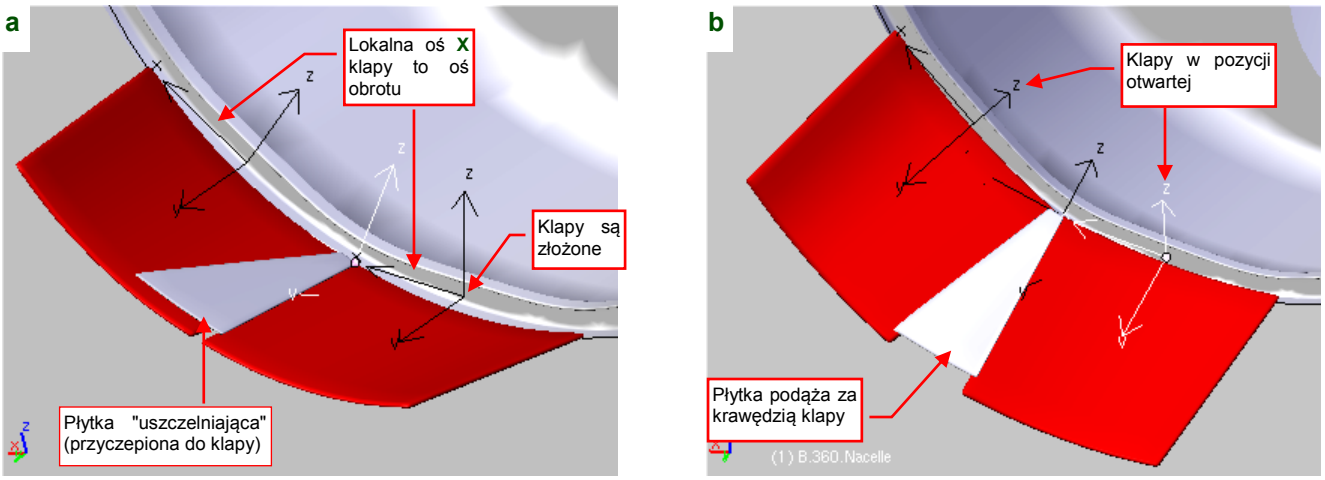
Utrwal wygładzenie (*Subsurf:Apply*) powłoki klap, i pozostaw z niej tylko fragment odpowiadający pojedynczej klapie — 4 segmenty (Rysunek 3.20.11a). Na razie usuń wewnętrzną powłokę i użyj polecenia *Solidify*, upraszczając kształt obiektu do wygiętego kawałka blachy, o stałej grubości. Umieść go centralnie, obracając o połowę kąta rozwarcia (Rysunek 3.20.11a). (Na chwilę będzie wyrównana do globalnego układu współrzędnych). Przypisz jej nowy środek (*Object→Transform→Origin to 3D Cursor* — por. str. 314) tam, gdzie wystąpi oś obrotu (Rysunek 3.20.11b):



Rysunek 3.20.11 Wydzielenie i uformowanie pojedynczej klapy

Po zmianie środka obróć klapę wokół środka pierścienia wylotu z chłodnicy tak, by znalazła się w prawidłowym położeniu[1]. Zdjęcia pokazują pomiędzy rozchylonymi klapami dodatkowe "uszczelnienia". Zamodeluj je jako dodatkową, lekko wygiętą płytkę, ustawioną równolegle do bocznej krawędzi klapy. "Przymocuj" ją do niej relacją *Parent*. Umieść także (*Duplicate Linked*) z boku drugą klapę (Rysunek 3.20.12a). Obróć płytkę uszczelniającą wokół lokalnej osi **Y**, aby przylegała płasko do jej powierzchni (Rysunek 3.20.12a).

Do tej pory modelowaliśmy klapę w pozycji zamkniętej (także w tej pozycji pozostawiały trochę przestrzeni na wylot powietrza). Czas sprawdzić, jak taki zespół się porusza.



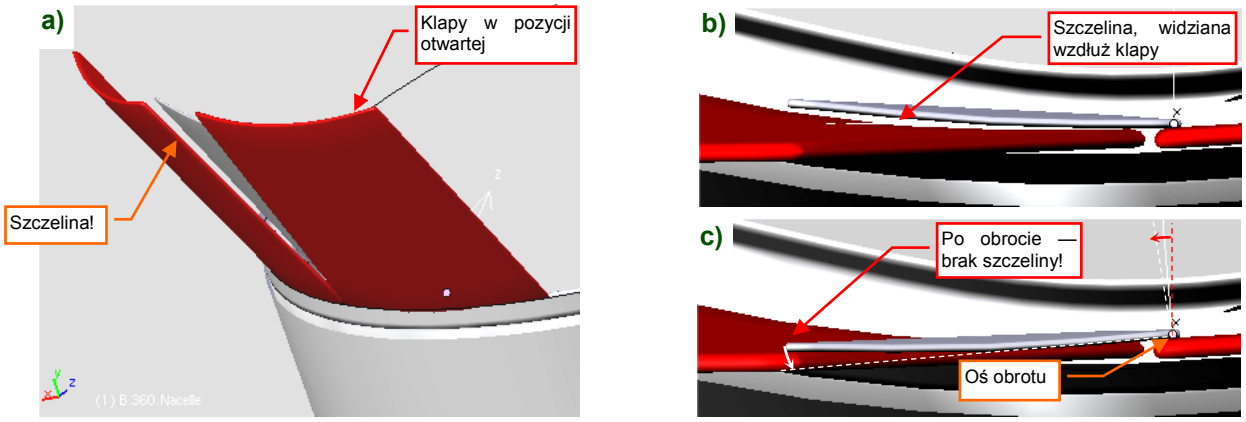
Rysunek 3.20.12 Sprawdzanie działania klap jako zespołu (zamykanie i otwieranie)

Gdy obrócisz obydwie klapy wokół ich lokalnych osi **X** o 35º, ustawisz cały zespół w pozycji otwartej (Rysunek 3.20.12b). W tej pozycji sprawdź, czy przednie krawędzie klap nie przenikają powłoki osłony chłodnicy. Jeżeli tak jest — odsuń obydwie klapy odrobinę do tyłu. (Pomiędzy przednimi krawędziami klap i osłoną występuje szczelina szerokości 3-4 mm).

[1] Najlepiej utwórz na czas pracy jakiś pomocniczy obiekt — np. okrąg — odpowiadający pierścieniowi wręgi wylotu. Będziesz mógł wtedy szybko umieścić w jego środku kursor poleceniem *Snap:Cursor to Selected*.

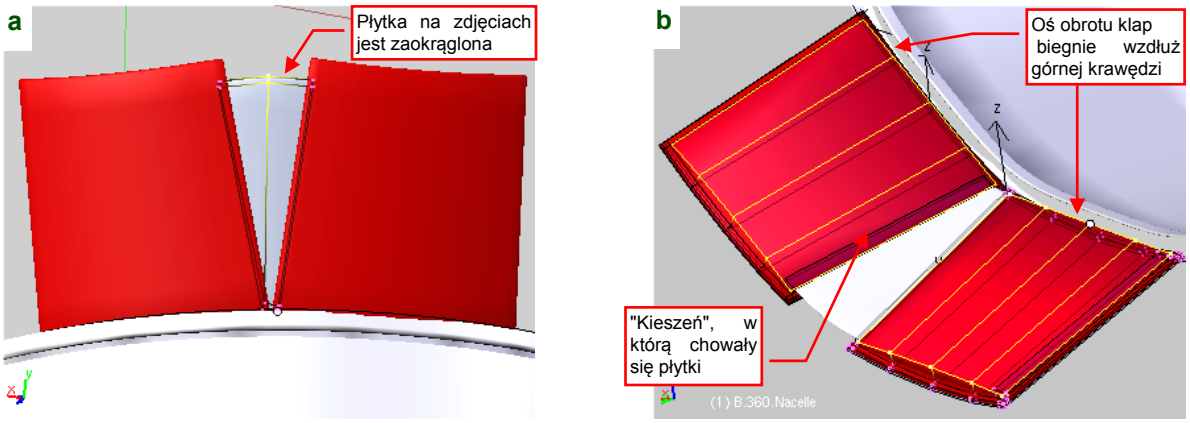
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Gdy klapy są w pozycji otwartej, przyjrzyj się płytce uszczelniającej: w tym położeniu powstaje pomiędzy nią i powierzchnią klapy widoczna szczelina (Rysunek 3.20.13a):



Rysunek 3.20.13 Sprawdzanie zespołu klap w położeniu otwartym

Rysunek 3.20.13b) pokazuje, widok wzdłuż krawędzi klapy. Widać na nim, że płytka jest nieco zadarta do góry. Wystarczy ją obrócić wokół jej lokalnej osi **Y** o 6º, by to skorygować (Rysunek 3.20.13c). Na razie pozostaw jednak tę szczelinę. W dalszych rozdziałach opiszę, jak "zmechanizować" model. Wtedy zmusimy te płytki (za pomocą tzw. ograniczeń — *Constrains*) by same się dopasowywały w ten sposób (por. Tom IV).

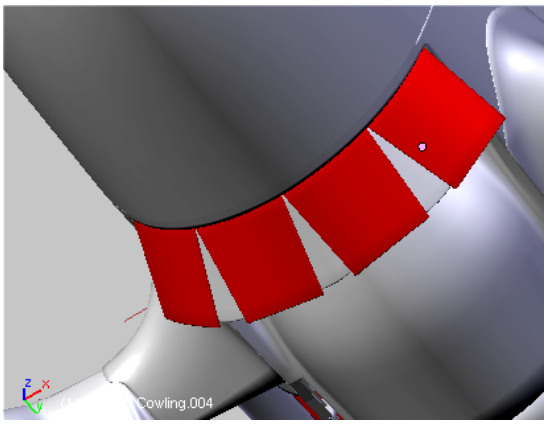


Rysunek 3.20.14 Klapy — wykończenie

Praca nad zespołem klap zbliża się do zakończenia. Dodaj jeszcze krawędź wewnątrz płytki uszczelniającej, i wydłuż ją wzdłuż lokalnej osi **Y**. To nada płytce lekkie wygięcie (wg zdjęć miała taki właśnie kształt) (Rysunek 3.20.14a).

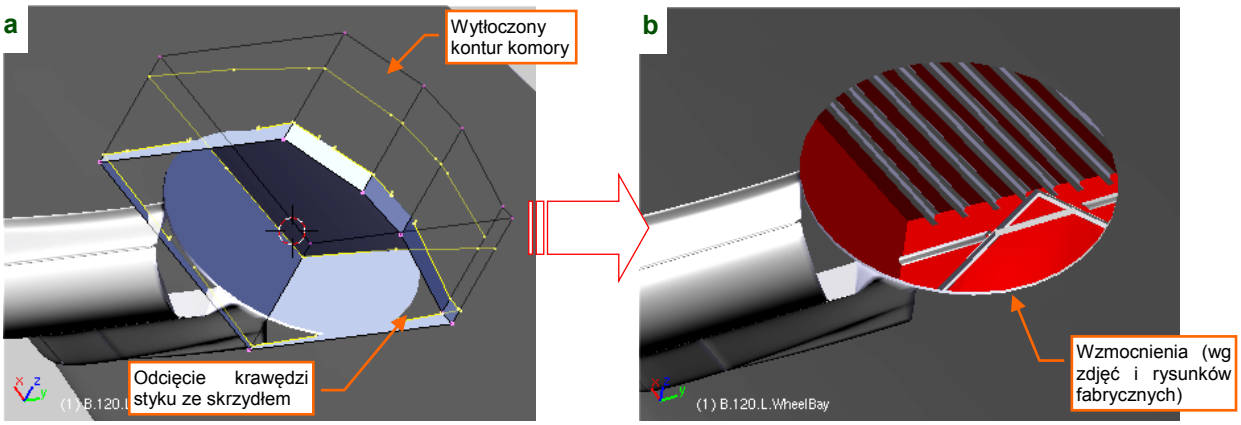
Wytłocz (*Extrude*) z wewnętrznych powierzchni klap "kieszeń", w którą chowały się płytki uszczelniające (Rysunek 3.20.14b). Zwróć uwagę, że górne powierzchnie tej "kieszeni" były płaskie. (Spłaszcz je po wytłoczeniu, zmieniając skalę wzdłuż lokalnej osi **Z** do zera). Ustaw je na koniec tak, by przednia krawędź "kieszeni" biegła wzdłuż osi obrotu klapy.

Dodaj (*Duplicate Linked*) kolejne dwie klapy z płytkami. Umieść je na właściwych miejscach (obracając wokół środka pierścienia klap). Rysunek 3.20.15 pokazuje gotowy zespół regulujący przepływ powietrza w chłodnicach



Rysunek 3.20.15 Gotowy zespół klap chłodnicy

Wnęka podwozia głównego nie miała w P-40 żadnej pokrywy, poza samym kołem. Być może producent umieszczał w niej tekstylną (skórzaną?) wykładzinę, zabezpieczającą przed przenikaniem zanieczyszczeń do wnętrza płata. (Widać ją w niektórych odrestaurowanych egzemplarzach tego samolotu.) Sądzę jednak, że jeżeli nawet takie wykładziny były stosowane, to w warunkach polowych szybko szły w strzępy. Stąd należy zamodelować fragment wewnętrznej struktury płata, tworzący komorę koła głównego. Najszybciej można go uzyskać wytłaczając wzdłuż osi **Z** kontur komory w rzucie z góry. Potem wyznacz krawędź przecięcia takiej powłoki ze skrzydłem (Rysunek 3.20.16a):

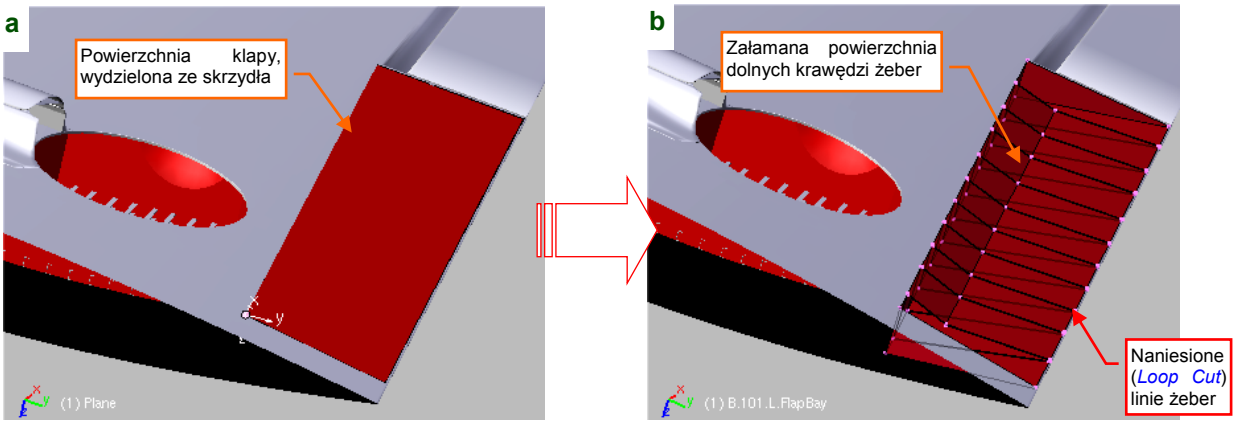


Rysunek 3.20.16 Wnęka koła podwozia

Przyznam się, że nie wytrzymałem, i wstawiłem wzdłuż ścian wnęki podwozia podłużnice, widoczne na rysunkach fabrycznych i zdjęciach (Rysunek 3.20.16b). Wiem dobrze, że tych dziesięć ceówek pod górnym poszyciem płata ma nikłe szanse pojawić się na renderze. (W rzucie na ziemi będą niewidoczne, a w powietrzu są zasłonięte schowanym kołem.) To po prostu moja natura modelarza redukcyjnego kazała mi je wykonać.

Skoro już odtwarzamy takie szczegóły, to chyba jednak warto zabrać się za wnętrze klap skrzydła. Początkowo (por. str. 110) sądziłem, że to dużo roboty, a klapy były zamykane wkrótce po wylądowaniu samolotu, więc i tak nigdy nie było widać ich wnętrza. Jednak przy okazji tego samego "uszczegóławiania", które kazało mi wypełnić podłużnicami wnękę podwozia, zdecydowałem się wydzielić i zamodelować ten zespół. Pocieszam się tym, że nie muszę jednak stosować do ich żeber wygładzenia powierzchniami podziałowymi. Elementy klap były w P-40 "kanciaste", i można je uformować za pomocą stosunkowo niewielkiej liczby ścian. Otwory, występujące w żebrach, naniesiemy później za pomocą tekstur.

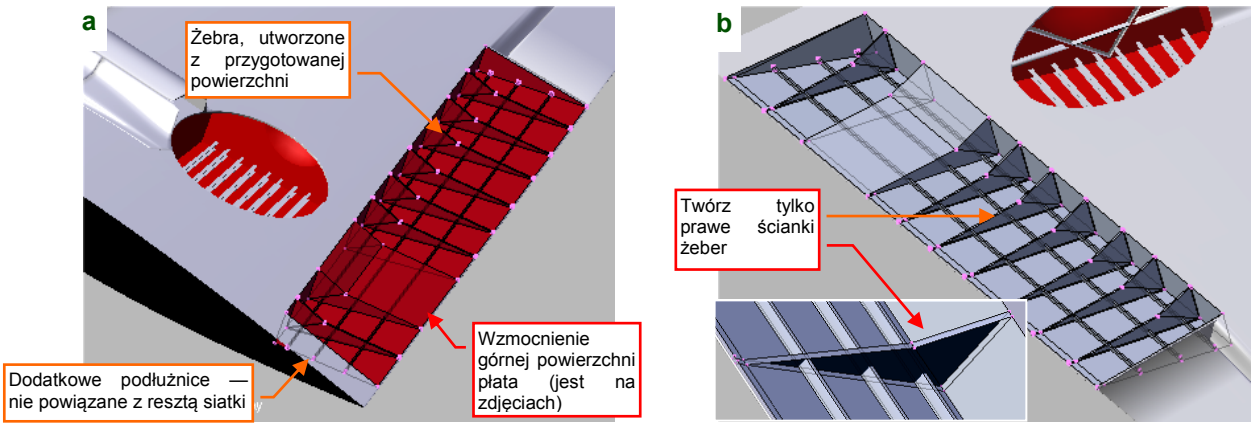
Pracę nad klapą zacznij od wydzielenia (*Separate*) jej powierzchni z reszty płata (Rysunek 3.20.17a). Wnękę w skrzydle uformuj jako oddzielny obiekt, umieszczony na innej warstwie. (Aby można było szybko wyłączyć ja z renderu, gdy nie jest potrzebna). Rysunek 3.20.17b pokazuje początkowy etap formowania wnęki klapy: to klin z załamaną powierzchnią wewnętrzną. Natnij na tej powłoce (*Loop Cut*) linie żeber, które za chwilę utworzymy:



Rysunek 3.20.17 Początek formowania klap skrzydła

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Dalszym krokiem w formowaniu wnęki klapy jest usunięcie spomiędzy linii żeber dotychczasowych, poziomych ścian wewnętrznych. Na ich miejsce utwórz, w oparciu o te same wierzchołki, pionowe ściany (Rysunek 3.20.18a):

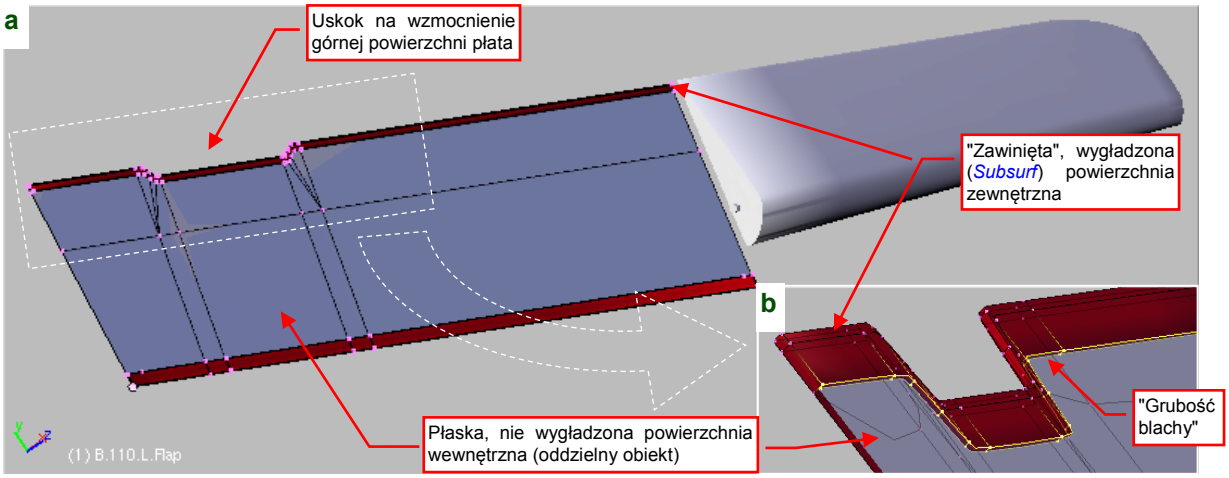


Rysunek 3.20.18 Formowanie wnęki klap skrzydła

Stwórz tylko prawe ściany żeber, aby wyglądały jak blacha z wygiętymi zakładkami (Rysunek 3.20.18b). W tym przypadku te elementy są za mało widoczne, by opłacało się nadać im "grubość blachy". Dodaj także (kierując się liniami nitów, przedstawionymi na planach) trzy podłużnice, biegnące wzdłuż górnego poszycia płata (Rysunek 3.20.18a). To oddzielne ściany, nie powiązane z resztą siatki.

Uformuj na powierzchni klapy uskok, "omijający" wzmocnienie górnej powierzchni płata (chodzi o wzmocnienie pokazywane przez Rysunek 3.20.18). Następnie skopiuj tę obiekt (*Duplicate*, aby miał własną kopię siatki), i odsuń go od powierzchni zewnętrznej "na grubość blachy" (jakieś 2 mm). Rysunek 3.20.19a pokazuje obydwie powierzchnie (wewnętrzna jest szara, a zewnętrzna — czerwona). Przypisz powierzchnię wewnętrzną do oddzielnej warstwy — tej samej, do której należy ukończona przed chwilą wnęka klapy skrzydła[1].

Ze zdjęć wynika, że blacha na krawędziach klapy była zawinięta (zapewne wokół jakiegoś płaskiego wzmocnienia). Z tego powodu warto pozostawić w siatce powierzchni zewnętrznej wygładzanie (modyfikator *Subsurf*). Zamodeluj odpowiednie zgrubienia wzdłuż przedniej i tylnej krawędzi zewnętrznej powierzchni klapy (Rysunek 3.20.19b):

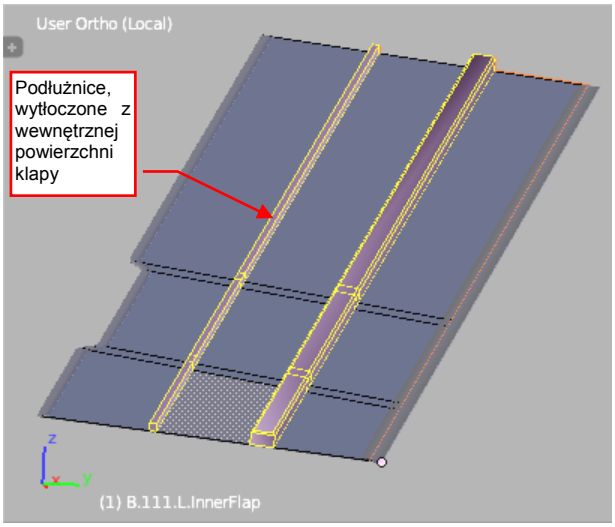


Rysunek 3.20.19 Formowanie poszycia klapy

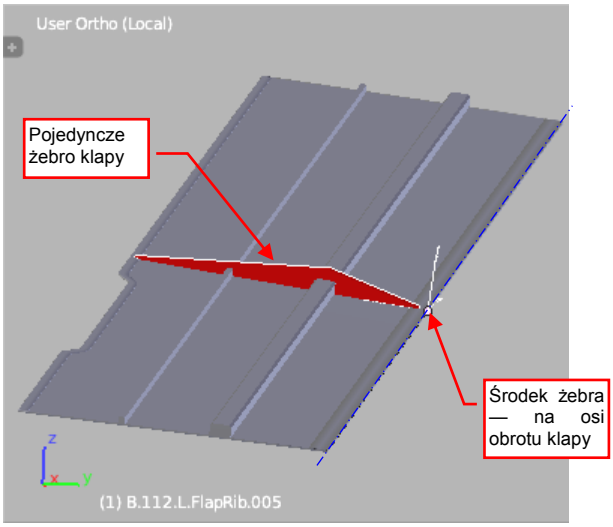
Boczne krawędzie klapy pozostaw bez "zawinięcia", gdyż były zamknięte pełnymi żebrami.

[1] Będziesz mógł szybko wyłączać widoczność tej warstwy przed renderowaniem, gdy klapy będą zamknięte

Podłużnice, biegnące wzdłuż klapy, wytłocz z powierzchni wewnętrznej (Rysunek 3.20.20). Zdjęcia pokazują, że klapa miała przynitowany jeden większy ceownik, i jeden mniejszy kątownik:



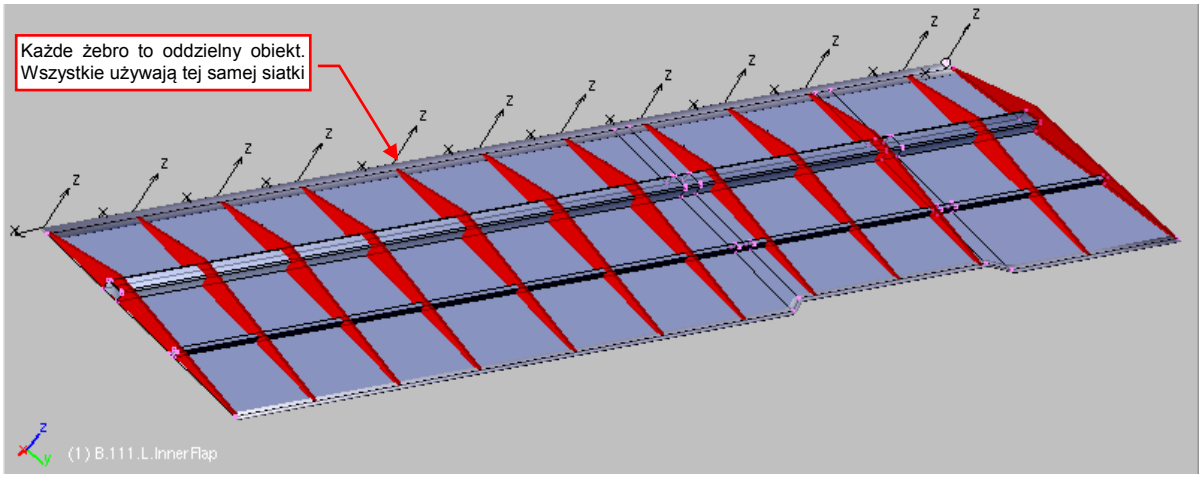
Rysunek 3.20.20 Podłużnice klapy



Rysunek 3.20.21 Pojedyncze żebro klapy

Żebra klapy można by wykonać w podobny sposób, co żebra jej wnęki — poprzez wytłoczenie nacięć wykonanych w powłoce wewnętrznej. Proponuję jednak wykonać je alternatywną metodą: z jednego, wzorcowego obiektu. (Będziesz miał okazję ocenić, który sposób jest lepszy). Utwórz wzorcowe żebro w typowym położeniu — gdzieś w środku klapy. Zorientuj jego siatkę tak w przestrzeni, by środek znajdował się na przedniej krawędzi klapy, i lokalna oś **X** biegła wzdłuż tej krawędzi (Rysunek 3.20.21).

Następnie powiel wzorcowe żebro (*Duplicate Linked*) we wszystkie pozostałe miejsca. Korzystaj przy tym z możliwości przesunięcia kopii wzdłuż lokalnej osi **X**. Różnice rozmiarów, występujące np. tam, gdzie żebro jest ustawione ukośnie, skompensuj zmianą skali obiektu wzdłuż lokalnej osi **Y**.

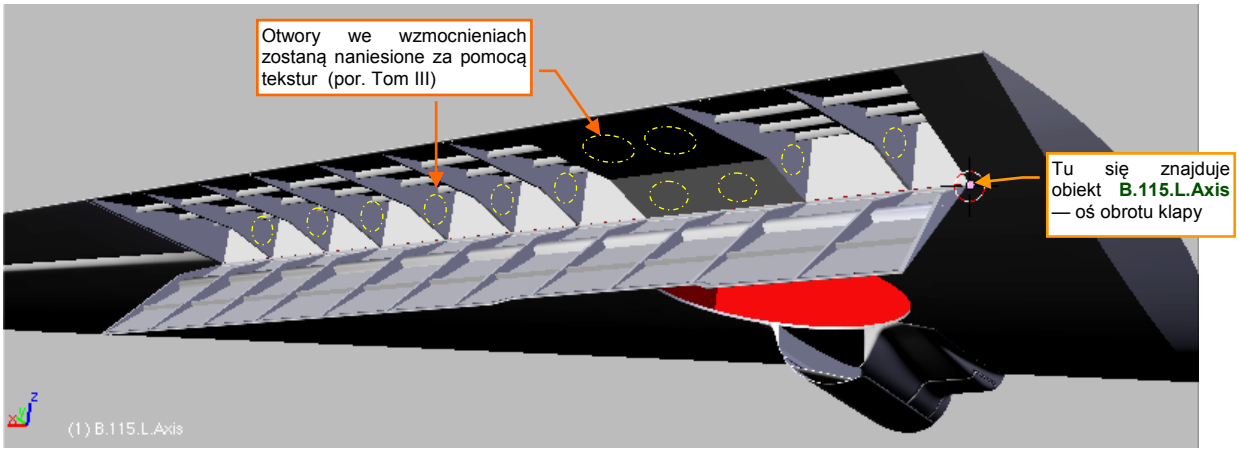


Rysunek 3.20.22 Szkielet klapy

Rysunek 3.20.22 pokazuje powielone żebra, tworzące szkielet klapy. Trudno jednoznacznie ocenić, która metoda była bardziej pracochłonna. Podczas tworzenia żeber we wnęce (str. 238) najwięcej czasu zajęło nacinanie (*Loop Cut*) ich zarysów na powierzchni (każde z nich to dwie linie, umieszczone w stałej odległości). Potem było także trochę klikania przy reorganizacji ścian. Najwięcej czasu podczas tworzenia żeber jako oddzielnych obiektów zajęła ich dokładna orientacja w przestrzeni. Powierzchnia klapy jest nieco skręcona (w wyniku różnic w grubości profilu u nasady i w środku płata). Spowodowało to konieczność indywidualnego obrócenia każdego żebra o pewien niewielki kąt. Ogólny czas wykonania w każdym przypadku był podobny i wynosił kilkadziesiąt minut.

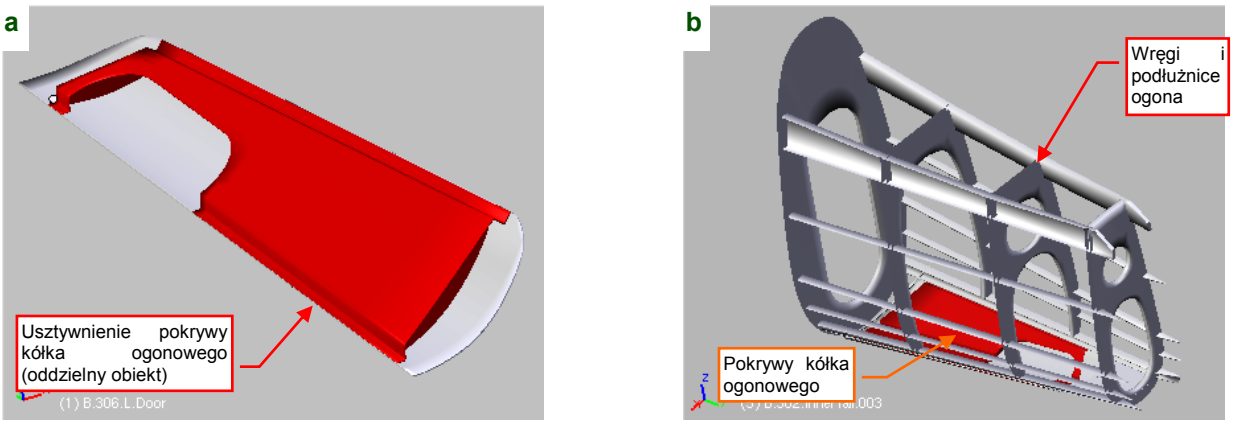
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rysunek 3.20.23 pokazuje ukończony zespół. Klapy zostały "przymocowane" do płata poprzez oś (**B.115.L.Axis**), która tu "udaje" zgrubienie oryginalnych zawiasów:



Rysunek 3.20.23 Uformowana klapa

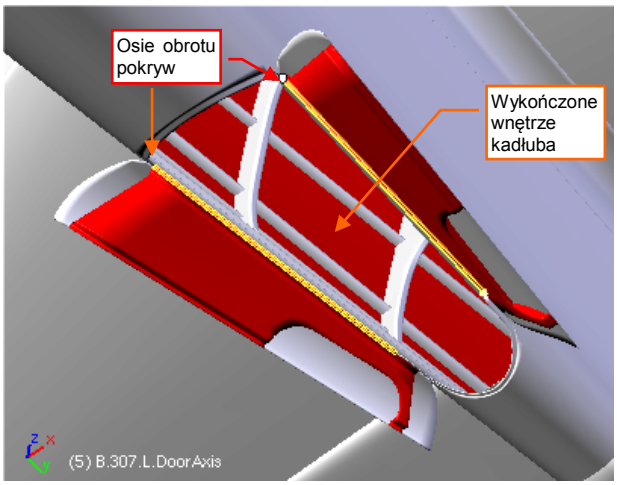
Ostatnim szczegółem, który pozostał do uformowania, to zespół komory kółka ogonowego. Sam otwór i ruchomą pokrywę ukształtowaliśmy podczas formowania kadłuba (str. 151). Teraz nadaj tej pokrywie "grubość blachy" (2 mm) . Wewnętrzne usztywnienie wykonaj tak samo, jak osłony podwozia głównego (str. 215) — uformuj je jako niezależny obiekt, a potem przetnij powierzchnią pokrywy (Rysunek 3.20.24a).



Rysunek 3.20.24 Pokrywa i wnęka kółka ogonowego

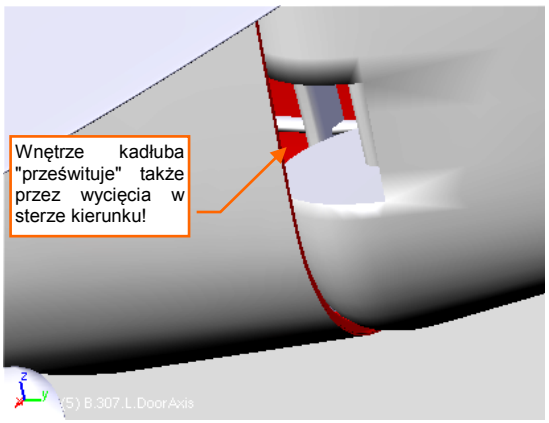
Wnęka kółka ogonowego nie miała żadnych dodatkowych ścian. Na niektórych zdjęciach widać osłaniający ją tekstylny (skórzany?) pokrowiec. Podtrzymując jednak założenie o szybkim zniszczeniu tego rodzaju osłon, musimy zamodelować całe wnętrze tylnej części kadłuba. Jeżeli zrobisz to taką samą metodą, jak wnętrze kabiny (str. 201), to umiarkowanym wysiłkiem uzyskasz całkiem realistyczny szkielet (Rysunek 3.20.24b).

Utwórz symetryczną kopię (*Duplicate Linked*) pokrywy kółka ogonowego, i przymocuj je kadłuba dwoma osiami (Rysunek 3.20.25). Podobnie jak pozostałe osie, są to dwa cienkie walce, „udające” zgrubienie zawiasów, użytych w prawdziwej konstrukcji.



Rysunek 3.20.25 Ukończone szczegóły ogona

Wykonanie wnętrza całego obszaru ogona ma jeszcze dodatkową zaletę — przez wycięcia w sterze kierunku widać realistyczną konstrukcję (Rysunek 3.20.26). Te otwory były w P-40 na tyle duże, że w pewnych ujęciach "czarna dziura" w tym miejscu mogłaby razić!



Rysunek 3.20.26 Wnętrze kadłuba, widoczne przez otwory w sterze kierunku

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.20.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

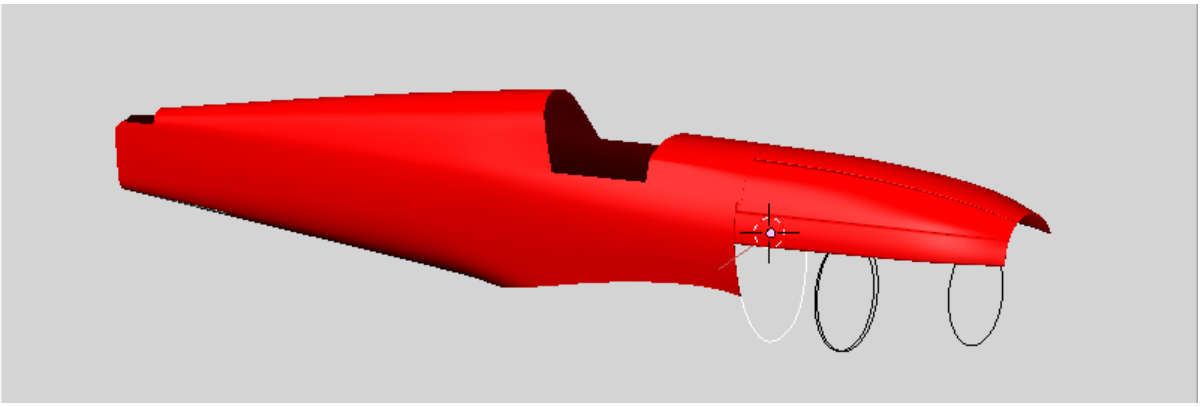
- Do modelu warto wstawiać chłodnice (str. 231) — ich powierzchnie czołowe mogą być widoczne w głębi kanałów wlotowych.
- Klapy wylotu chłodnicy w P-40 (str. 234) wykonane zostały tak samo, jak typowe klapy osłon silników gwiazdowych (np. w P-47 Thunderbolt, A6M2 Zero, i innych). Klapy takie mają zazwyczaj prostszą konstrukcję — bez płytek "uszczelniających".
- Jeżeli w swojej scenie zamierzasz przedstawić model na ziemi — zazwyczaj trzeba wykonać wnętrze wnęk podwozia, przynajmniej głównego (str. 237). Rzadko kiedy znajdziesz jego szczegóły na planach — pamiętaj o wcześniejszym zebraniu odpowiednich zdjęć!
- Uformowanie klapy skrzydłowych typu "krokodylowego" (jak w P-40) wymaga odtworzenia wewnętrznych szkieletów samej klapy i jej wnęki w płacie (str. 238). Warto je wykonać, jeżeli planujemy scenę z wychylonymi klapami (lub gdy cierpimy na typowo modelarską obsesję szczegółów).
- Porównaliśmy (przy okazji formowania klap skrzydłowych) dwie metody odwzorowania żeber szkieletu:
  - poprzez wytłoczenie z powierzchni (str. 237);
  - poprzez powielenie pojedynczego żebra (str. 239);

  Czas wykonania w każdej z metod był podobny, ale metoda wytłoczenia sprawdzi się nawet dla zmiennych kształtów (np. wytłoczenia wręg w ogonie samolotu). W takim przypadku każde żebro ma inny kształt i po prostu nie można zastosować metody powielenia takiej samej siatki.
- Pokrywę kółka ogonowego wykonujemy takimi samymi metodami, jak pokrywy goleni podwozia głównego (str. 215);
- Wewnętrzną strukturę ogona samolotu — widoczną przez otwór kółka ogonowego — wykonujemy w taki sam sposób, jak wewnętrzna strukturę ścian kabiny (str. 201);

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

3.21 Uporządkowanie modelu

Po gwałtownym rozwoju modelu, który miał miejsce w tym rozdziale, pora trochę uporządkować rezultat. Na przykład — coś trzeba zrobić z różnymi pomocniczymi powłokami, np. wzorcem kształtu kadłuba czy okapotowania silnika (por. str. 171) (Rysunek 3.21.1):



Rysunek 3.21.1 Elementy wzorcowe, pozostałe po formowaniu modelu

Wątpię, aby były nadal potrzebne, ale zdrowa zapobiegawczość nakazuje je "upchnąć w jakiś zapomniany kąt". Chodzi o miejsce, w którym te wzorce nie przeszkadzałyby w niczym, a w razie czego byłyby "pod ręką". Coś takiego można w Blenderze zrobić. Dla ich przechowania proponuję utworzyć w naszym pliku oddzielną scenę, pełniącą rolę składziku na "różne różności" — **Tools** (jak to zrobić — patrz str. 287) . Przypisz do niej (poleceniem *Objects→Make Links→To Scene...*) wszystkie pomocnicze elementy, a potem je usuń z aktualnej sceny. (Scenę **Tools** wykorzystywałem już w plikach **.blend* związanych z wcześniejszymi sekcjami tego rozdziału).

W czasie prac często umieszczaliśmy różne obiekty na różnych warstwach. Teraz przyszedł czas, aby ustalić ich docelowe miejsce. Pamiętaj, że włączenie/wyłączenie warstwy nie jest jedynym sposobem sterowania widocznością obiektów. Możesz także używać do tego celu polecenia *Hide Selected* (H, patrz str. 315). Rysunek 3.21.2 przedstawia propozycję przypisania elementów modelu do poszczególnych warstw:

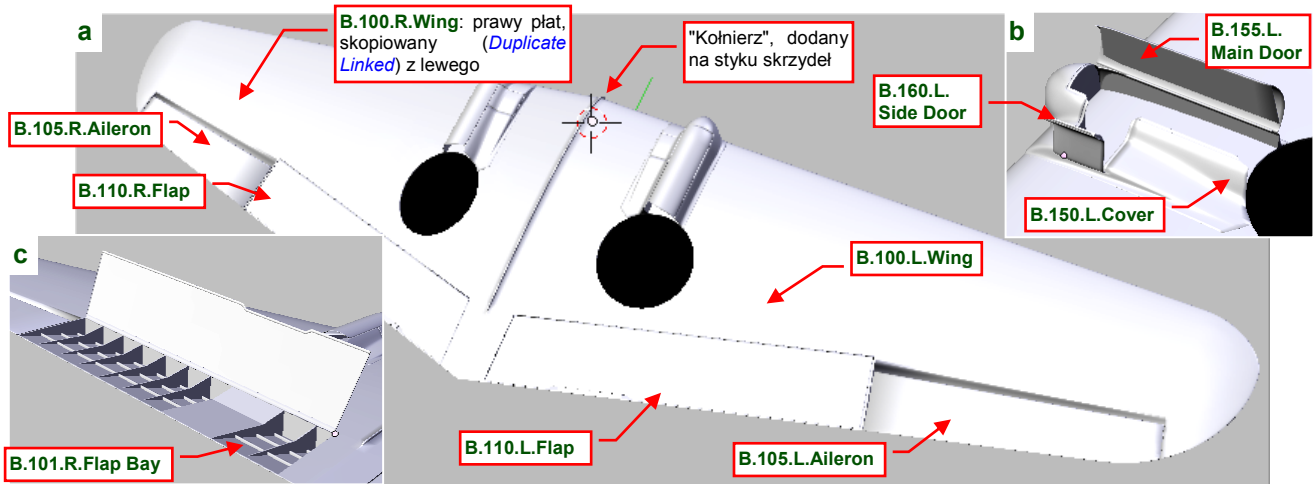
	Warstwa nr:		
Wnęki podwozia głównego i wnętrze klap skrzydła	11	1	**Skrzydło, lotki, klapy, i owiewki podwozia**
Wnętrze ogona, struktura ścian kabiny	12	2	**Tył kadłuba, owiewki, osłona awaryjnego zrzutu paliwa**
Chłodnice i ich kanały wewnętrzne	13	3	**Okaotowanie silnika**
Oszklenie osłony silnika	14	4	**Ramki osłony kabiny**
Wyposażenie kabiny	15	5	*Podwozie (główne i ogonowe)*
Śmigło	16	6	**Usterzenie**
	17	7	
	18	8	*Figura pilota i inne widoczne w locie elementy kabiny*
Zarezerwowane	19	9	*Elementy mechanizacji modelu*
Oświetlenie, kamery	20	10	*Cel kamery, armatury, uchwyty mechanizacji płata*

Rysunek 3.21.2 Propozycja rozłożenia części modelu na poszczególne warstwy

Aby zmieścić wszystkie opisy na ilustracji, obróciłem symbole warstw o 90º. Zwróć uwagę, że nie wszystkie miejsca są zajęte. To rezerwa na przyszłość: podczas bieżącej pracy zawsze warto mieć do dyspozycji jedną lub dwie puste warstwy. Wymieniam tu także trochę elementów, których jeszcze w modelu nie ma (np. podwozie). Takie zestawienie zbiorcze to dobra okazja, by wyliczyć wszystkie planowane zespoły modelu. Elementy, które jeszcze nie są wykonane, oznaczyłem pochyłą czcionką.

Przejrzyjmy zawartość kolejnych warstw, abyś mógł się upewnić co dokładnie zawierają. Przy okazji uzupełnimy brakujące przypisania hierarchiczne. Gdybyś zauważył, że Twojej wersji tego modelu jakiś obiekt jest na innej warstwie — przypisz go teraz do tej, którą podaje Rysunek 3.21.2.

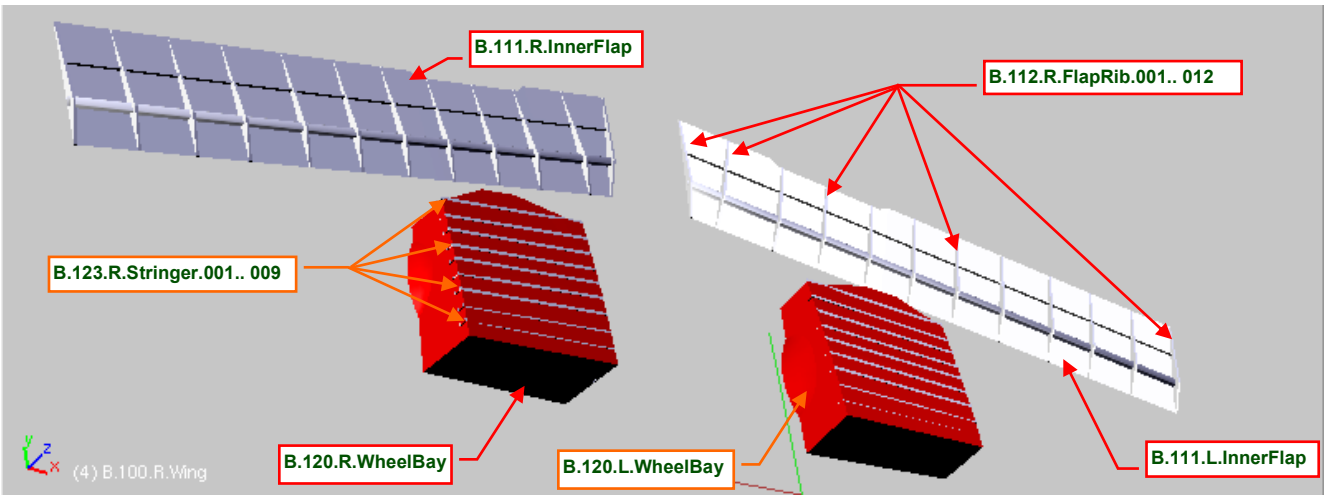
Na warstwie **1** znajduje się podstawowy zespół skrzydeł: płaty, lotki, klapy, oraz osłony goleni podwozia (Rysunek 3.21.3):



Rysunek 3.21.3 Warstwa 1: Skrzydło, lotki, klapy i owiewki podwozia

Do siatki skrzydła dodaj ostatni szczegół: kołnierz, biegnący wzdłuż pierwszego żebra (Rysunek 3.21.3a). Choć jest mało widoczny, będziemy go potrzebować we wnętrzu kabiny. (W P-40 górna powierzchnia płata była jednocześnie jej podłogą). Na zdjęciach widać na niej także fragment kołnierza, łączącego płaty. Konstruktorzy przymocowali do niego różne części wyposażenia, jak np. drążek sterowy.
Stwórz teraz prawe skrzydło — poprzez skopiowanie (*Duplicate Linked*) lewego. Gdy wykonasz to jedną operacją, kopiując płat wraz ze wszystkimi podzespołami, zachowasz wewnętrzną hierarchię tych obiektów. Podczas kopiowania wystarczy zmienić skalę wzdłuż lokalnej osi **X** na -1, aby płat znalazł się po prawej stronie. Nowemu obiektowi nadaj nazwę **B.100.R.Wing**. Zmień jeszcze jego obrót wokół osi **Y** z -6° na +6°, by skrzydło uzyskało prawidłowy wznios. Potem pozostaje poprawić nazwy jego elementów, zmieniając w nich człon "**.L**" na "**.R**".

Na warstwie **11** umieść szczegóły, które mogą być przydatne w jakiejś scenie "na lotnisku", z wysuniętym podwoziem i otwartymi klapami (Rysunek 3.21.4):

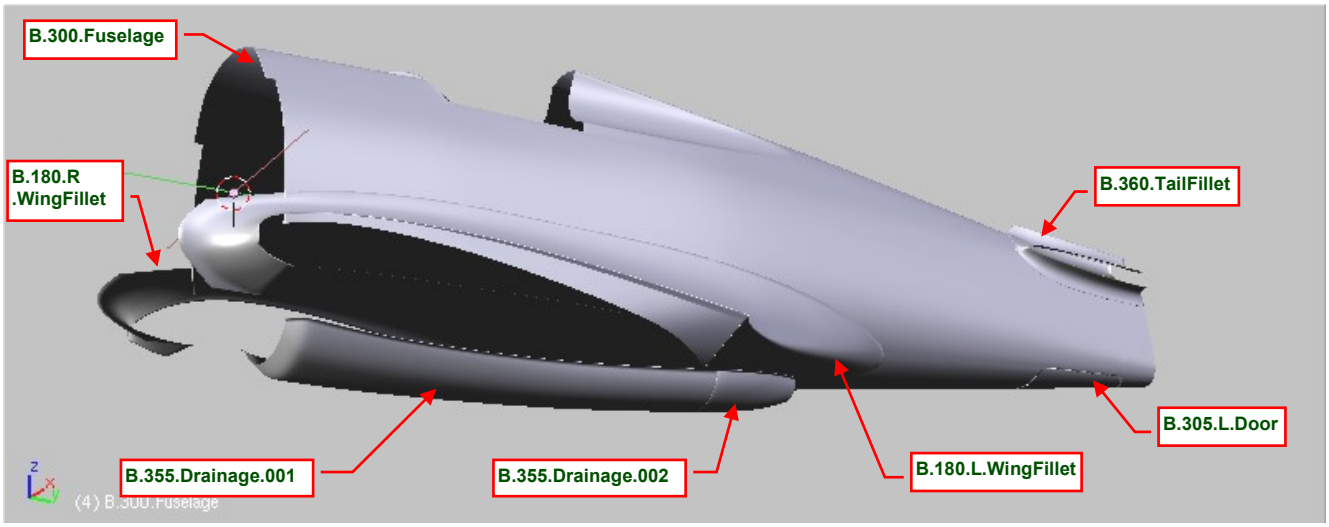


Rysunek 3.21.4 Warstwa 11: wnętrze klap oraz komór podwozia głównego

Początkowo na warstwie **11** chciałem także umieścić wnętrza komór klap (**B.101.x.FlapBay**). Gdy okazało się, że fragmenty tych obiektów wystają spod uskoku klap, przeniosłem je na warstwę **1**.

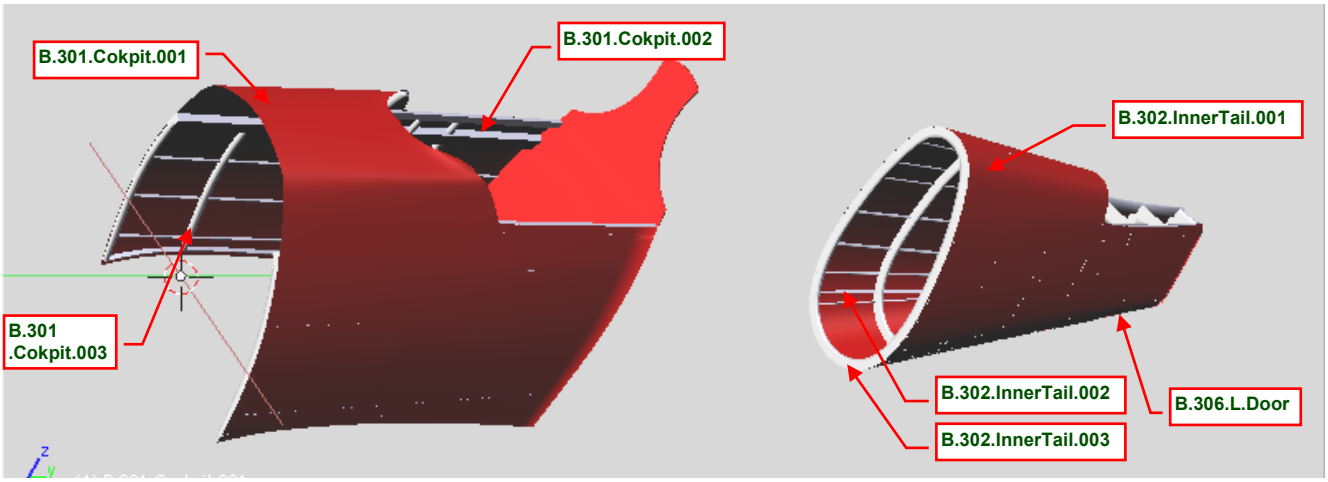
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Na warstwie **2** umieść podstawowe elementy kadłuba, oraz różne owiewki i osłony (Rysunek 3.21.5):



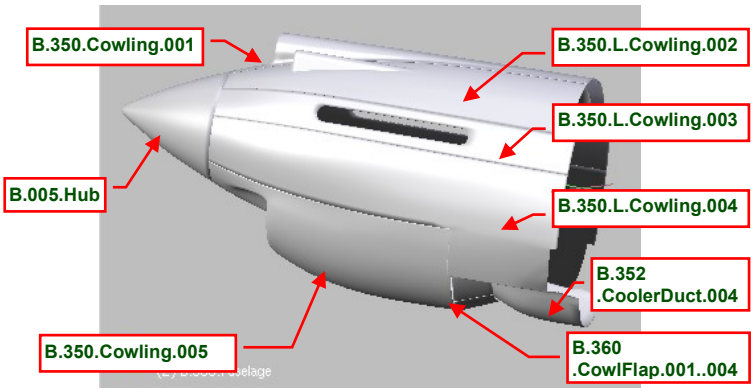
Rysunek 3.21.5 Warstwa 2: środkowa i tylna część kadłuba, wraz z owiewkami

Warstwa **12** zawiera wnętrza wybranych fragmentów kadłuba (kabiny pilota i kółka ogonowego). Powłoki wewnętrzne mają zawsze końcówkę **.001**, podłużnice — **.002**, a wręgi — **.003** (Rysunek 3.21.6):

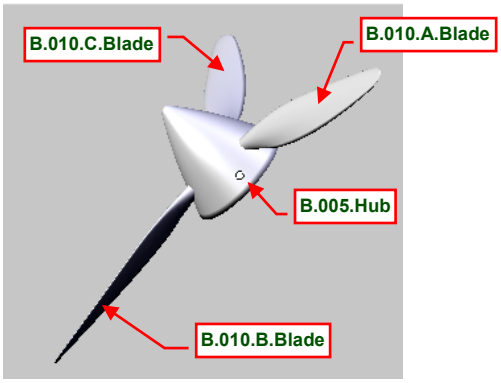


Rysunek 3.21.6 Warstwa 12: Wewnętrze kadłuba

Warstwa **3** zawiera elementy okapotowania silnika (Rysunek 3.21.7), a warstwa **16** — zespół śmigła (Rysunek 3.21.8). Zwróć uwagę, że kołpak jest przypisany do obydwu warstw (by nie wystawały "gołe" początki łopat).

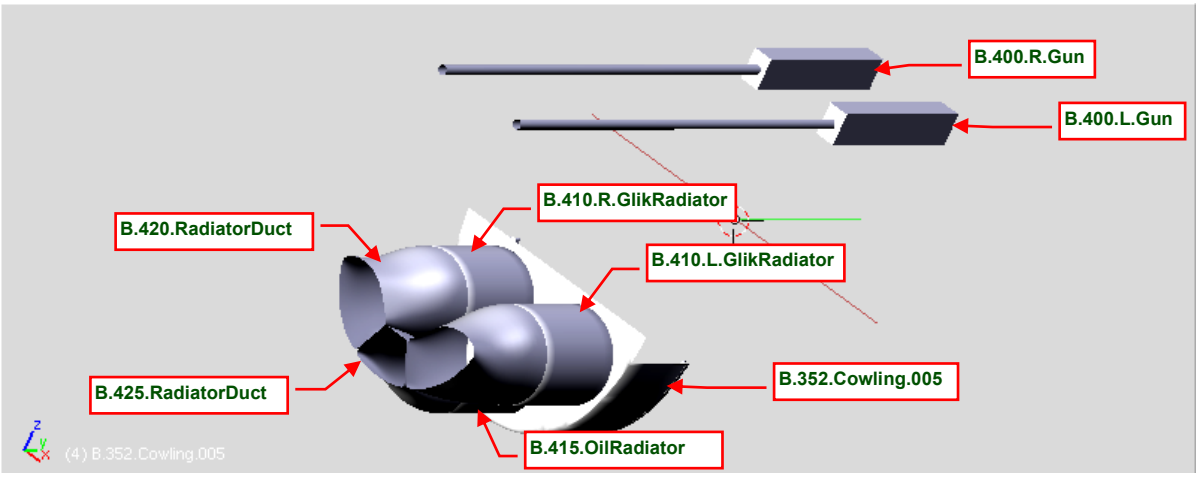


Rysunek 3.21.7 Warstwa 3: okapotowanie silnika



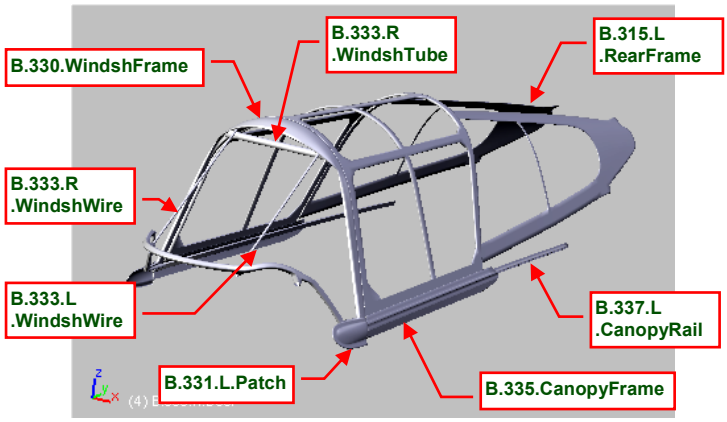
Rysunek 3.21.8 Warstwa 16: śmigło

Warstwa **13** zawiera elementy wewnętrzne: nkm Browing, chłodnice cieczy, ich tunele wlotowe i wylotowe (Rysunek 3.21.9):

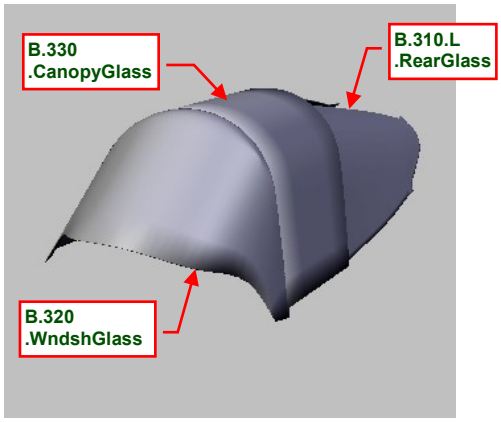


Rysunek 3.21.9 Warstwa 13: wnętrze zespołu chłodnic, karabiny zamontowane w kadłubie

Warstwa **4** to ramki kabiny pilota (Rysunek 3.21.10), a warstwa **14** to jej oszklenie (Rysunek 3.21.11):



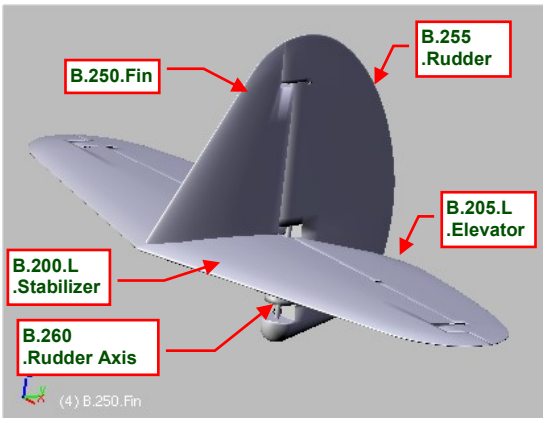
Rysunek 3.21.10 Warstwa 4: ramki osłony kabiny



Rysunek 3.21.11 Warstwa 14: oszklenie

Oszklenie kabiny jest najwygodniej umieścić na oddzielnej warstwie, gdyż bardzo często potrzeba przełączać jego widoczność. Ramki kabiny są wydzielone po trosze także ze względu na stopień ich komplikacji. Na warstwie **4** umieścimy również elementy wyposażenia kabiny widoczne podczas lotu, jak zagłówek na płycie pancernej czy szkło odblaskowe celownika.

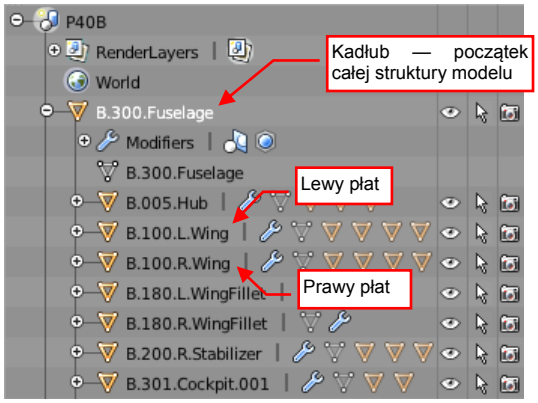
Usterzenie umieść na warstwie **6** (Rysunek 3.21.12). Na razie składa się tylko z podstawowych elementów. Statecznik pionowy jest "przymocowany" (relacją *Parent*) do statecznika poziomego. (W prawdziwym samolocie był do niego przykręcony dwoma rzędami śrub, ciągnącymi się pod owiewką.) W dalszych rozdziałach na tej warstwie przybędą kolejne szczegóły, jak popychacze trymerów, światła pozycyjne, czy okucia mocujące osie sterów do dźwigarów.



Rysunek 3.21.12 Warstwa 6: usterzenie

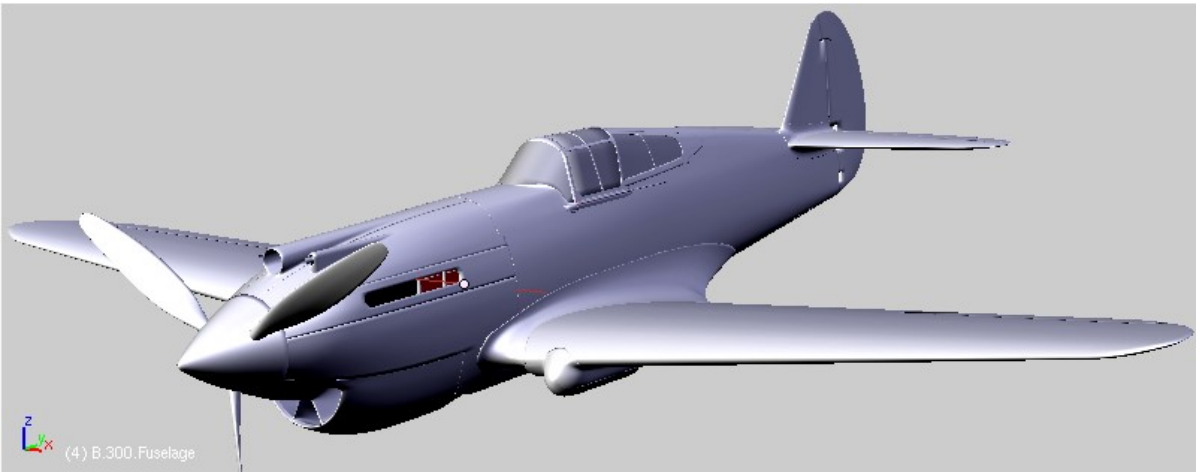
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Jeżeli chodzi o najbardziej ogólną hierarchię, to statecznik poziomy (**B.200.L.Stabilizer** — podstawa całego usterzenia) przypisz do kadłuba (**B.300.Fuselage**). Do tego samego obiektu przypisz także obydwa płaty (w końcu skrzydła są dwa, a kadłub — tylko jeden). W ten sposób "początkiem" hierarchii zespołów samolotu zostanie obiekt **B.300.Fuselage** (Rysunek 3.21.13).



Rysunek 3.21.13 Struktura modelu

Rysunek 3.21.14 przedstawia postać, jaką osiągnął nasz model na tym etapie prac. Zaczyna już przypominać pierwowzór!

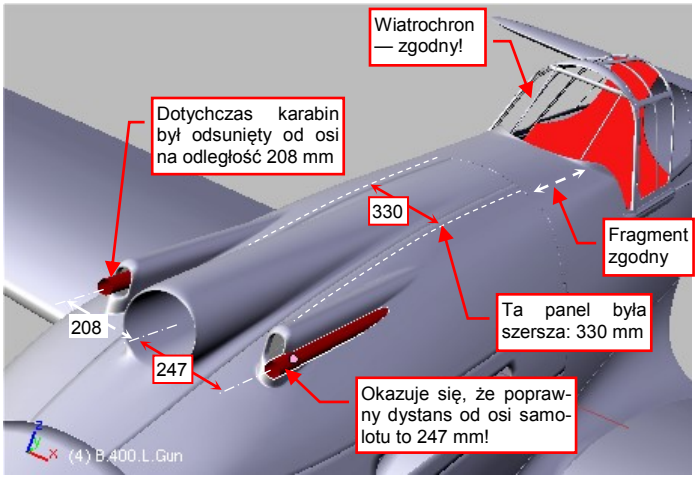


Rysunek 3.21.14 Wygląd ogólny modelu

I moglibyśmy na tym ten rozdział zakończyć, gdyby nie moja mania ciągłego poszukiwania materiałów w Internecie. Właśnie (tzn. w 2009r, gdy budowałem ten model) znalazłem nowość o P-40. To artykuł "*Long Nose Hawks*" (z *www.hyperscale.com*). Jego autor — Hume Bates — podaje wiele wymiarów P-40B, zmierzonych "z natury" na egzemplarzu P-40C z Naval Air Museum (w Pensacola, o ile się nie mylę). Okazuje się, że rozstaw luf karabinów kadłubowych wynosił 19 $^1/_2$", czyli 49.5 cm. To po 4 cm z każdej strony więcej, niż przyjąłem (i tak rozstawiając je szerzej niż na planach!) (Rysunek 3.21.15):

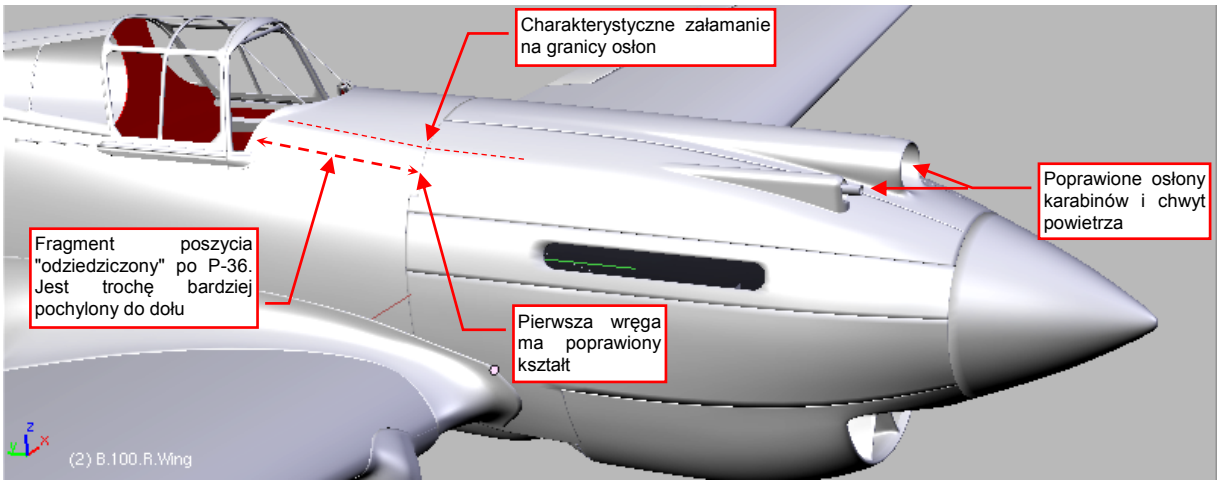
Różnica w położeniu jest zbyt duża, by dało się jakoś "przesunąć" osłonę karabinu po powierzchni pokrywy. W dodatku górny panel okapotowania silnika powinien być szerszy, aby zmieścić nieco większy chwyt powietrza do sprężarki.

To już oznacza nie kosmetyczną przeróbkę, a konieczność zbudowanie jeszcze raz górnej części okapotowania silnika (por. str. 169)! Całe szczęście, że "wymęczony" na podstawie zdjęć szkielet wiatrochronu przeszedł tę próbę zwycięsko — jest zgodny. Podobnie grzbiet kadłuba pod wiatrochronem. (Jego kształt jest efektem uzgadnianie ze zdjęciami linii przenikania wiatrochronu z kadłubem).



Rysunek 3.21.15 Różnice wg pomiarów z muzeum (NAM)

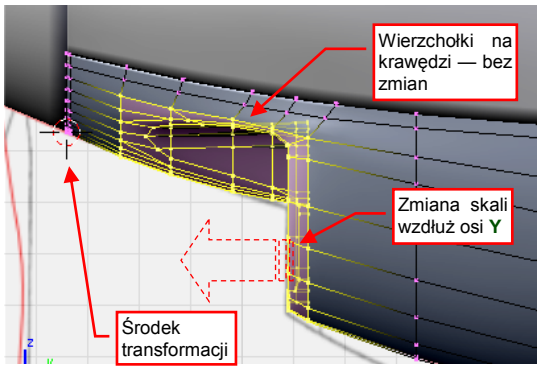
Nie miej złudzeń — jeżeli chcesz wykonać coś możliwie dokładnie, takie sytuacje będą się powtarzać. Postęp prac nad dobrym modelem czy planami można porównać do ruchu po spirali. Co jakiś czas musisz się cofnąć, by poprawić coś, co już zrobiłeś. Potem wykonasz nowy etap pracy, do którego najprawdopodobniej powrócisz po jakimś czasie, by znów coś poprawić. I tak dalej, dopóki nie uznasz modelu za skończony.
Prędzej czy później zawsze znajdziesz lepsze rysunki lub zdjęcia, z których wynikną jakieś rewelacje na temat samolotu, który robisz. Możesz je uwzględnić albo zignorować. Jak sądzisz, którą z tych dwóch możliwości teraz wybiorę? Tak, nie myliłeś się: przerabiamy model!
Artykuł Hume Batesa przytacza trochę nowych zdjęć z odbudowy egzemplarza P-40C. Wśród nich jest wyraźne ujęcie ściany ogniowej kadłuba. Jej kształt różni się od kształtu w naszym modelu. Zdecydowałem się to także poprawić. W efekcie zmianie uległ kształt poszycia od wiatrochronu kabiny do kołpaka śmigła. W rzutach z boku i z góry kontury samolotu są bez zmian. Zmianie uległ tylko przekrój poprzeczny kadłuba. Załamanie pokryw wzdłuż pierwszej wręgi stało się wyraźniejsze (Rysunek 3.21.16)[1]:



Rysunek 3.21.16 Poprawione górne panele osłony silnika

Rysunek 3.21.16 przedstawia także poprawiony chwyt powietrza do sprężarki i rozsunięte osłony km. Średnica chwytu została powiększona o 10%. Porównaj z tą ilustracją Rysunek 3.21.14. Prawda, że na pierwszy rzut oka nic się nie zmieniło? A jednak ja wiem, że teraz jest tak, jak w oryginale — a wcześniej męczyła mnie świadomość, że jest inaczej. To takie "modelarskie dobre samopoczucie" ☺.

Ta sama mania dokładności zmusiła mnie do kolejnej poprawki. Z opublikowanych przez Batesa pomiarów wynika, że osłona chłodnicy w naszym modelu ma poprawne wymiary, ale była położona o 5 cm bliżej nosa samolotu[2]. To także poprawimy. Ta zmiana na szczęście wymaga tylko drobnej "operacji plastycznej", a nie ponownego tworzenia od podstaw.
Pierwszym krokiem poprawki jest "ściśnięcie" wzdłuż osi **Y** fragmentu, który w oryginalnym samolocie był o 5 cm krótszy (Rysunek 3.21.20). Zwróć uwagę, że wierzchołki wzdłuż zewnętrznych krawędzi osłony nie są poddane tej transformacji. Oszczędzimy sobie w ten sposób konieczności ponownego dopasowywania do sąsiednich paneli.

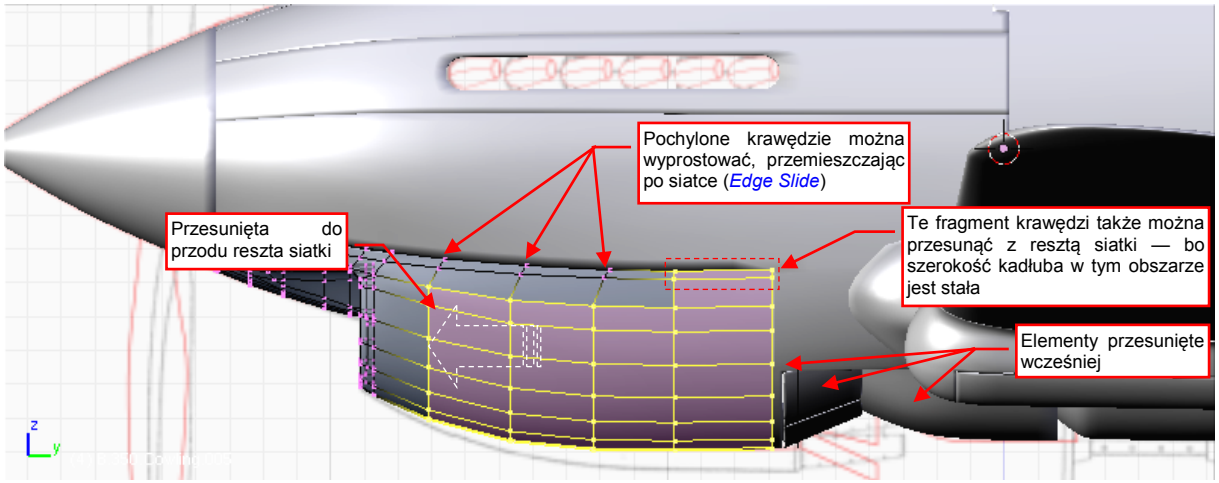


Rysunek 3.21.17 Skracanie czoła osłony chłodnicy

[1] To załamanie widać na wielu zdjęciach — dlaczego istnieje? Otóż prawie wszystko, co w P-40B/C znajdowało się za ścianą ogniową (pierwszą wręgą kadłuba) pochodziło z P-36. P-36 miał krótszy i szerszy "nos", a grzbiet kadłuba aż do kabiny pilota był do niego gładko dopasowany. W P-40 wstawiono inny silnik, wydłużając nos. Reszty kadłuba nie opłacało się cyzelować — trzeba było czym prędzej produkować samoloty na zbliżającą się do USA wojnę....
[2] Wygląda na to, że podczas analizy zdjęć przeceniłem wpływ szerokości kadłuba na ich deformację perspektywiczną.

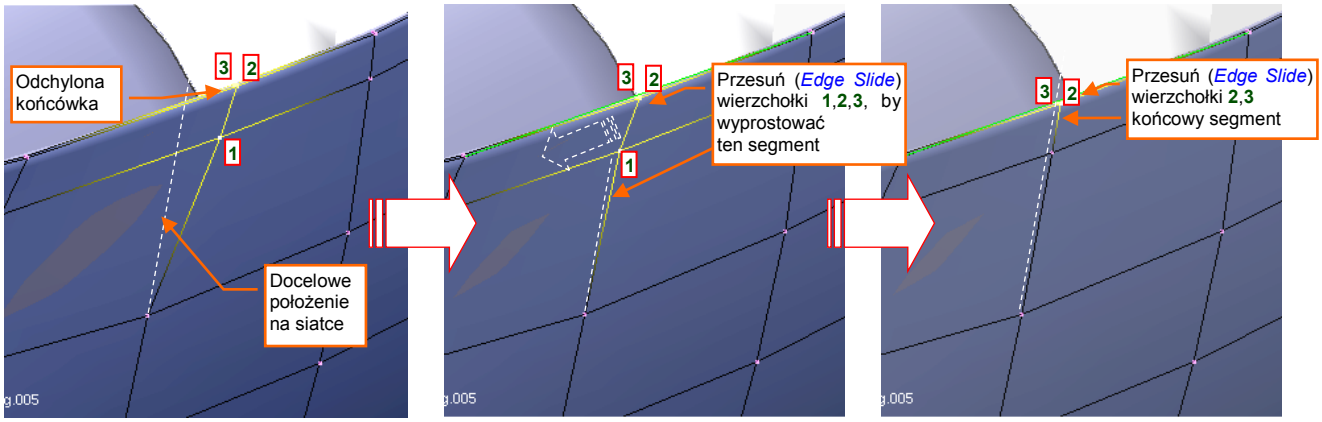
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Po skróceniu czoła osłony chłodnicy, przesuń resztę jej siatki o 5 cm do przodu (Rysunek 3.21.18):



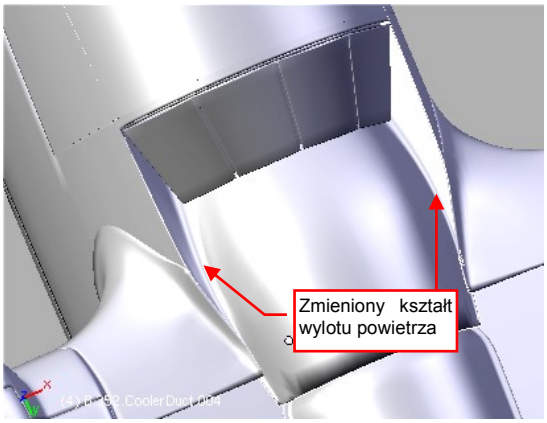
Rysunek 3.21.18 Przesunięcie osłony chłodnicy

Jeżeli nie podobają Ci się pochylone linie wręg w okolicach krawędzi siatki — możesz je wyprostować. Wystarczy je przesunąć (*Edge Slide*) po ścianach zagięcia "na grubość blachy", umieszczonych wzdłuż krawędzi osłony chłodnicy (krawędź |**32**| — p. Rysunek 3.21.19):

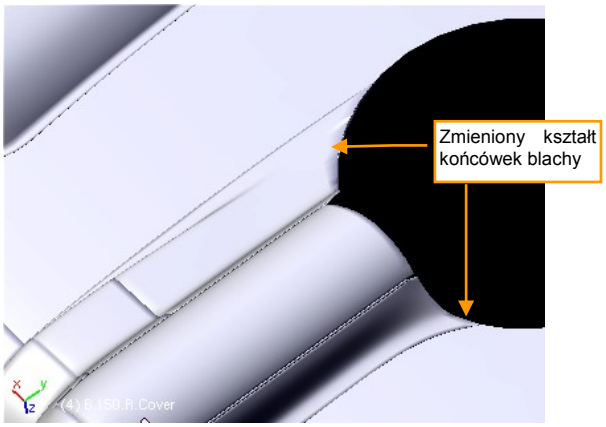


Rysunek 3.21.19 Prostowanie końcówki wręgi

Z pozostałych poprawek — zmianie uległy szczegóły kształtu wylotu powietrza z chłodnicy (Rysunek 3.21.20). Trochę w nim nadal moich domysłów, bo brak jest dobrej jakości zdjęć tego fragmentu P-40 B/C.



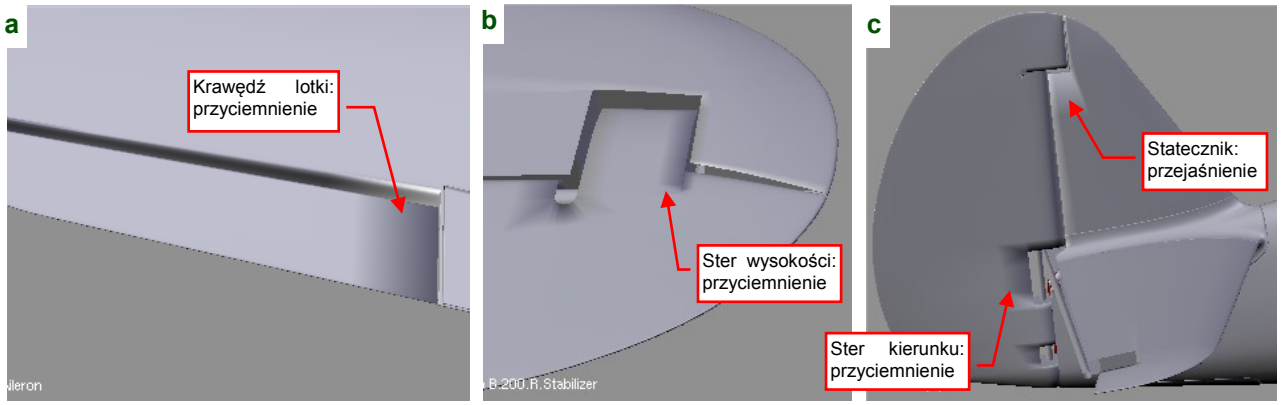
Rysunek 3.21.20 Przerobiony wylot powietrza



Rysunek 3.21.21 Zmienione zakończenia osłon podwozia

Zgodnie z sugestią Batesa, zmieniłem także końcówki osłon goleni podwozia (Rysunek 3.21.21) . Zakładałem, że wyglądały jak w P-40E, a tu okazuje się, że miały "pozostałości" po P-36.

Zwróć jeszcze uwagę na sztuczne przyciemnienia i przejaśnienia, które mogły się gdzieniegdzie pojawić na powierzchniach modelu (Rysunek 3.21.22a,b,c):

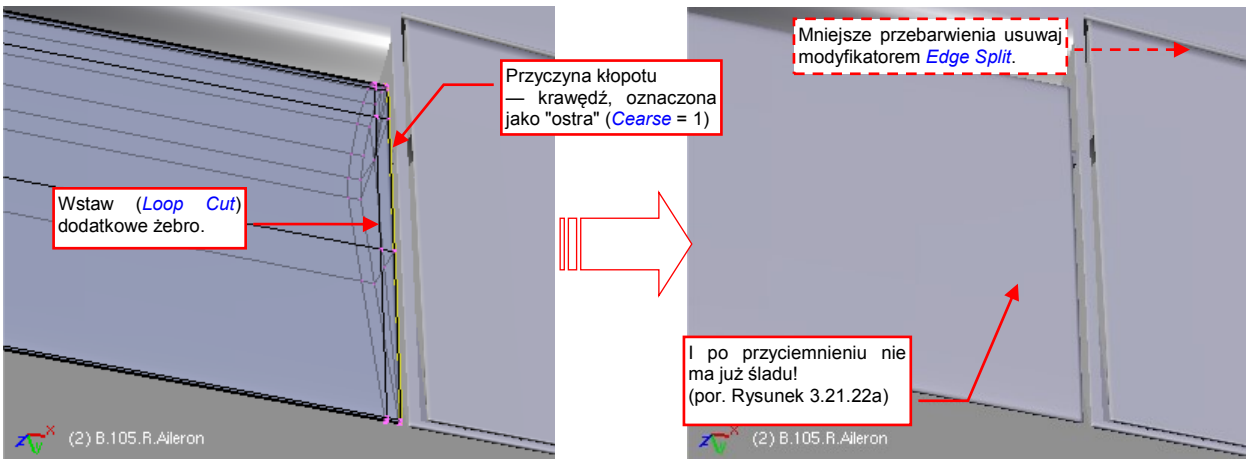


Rysunek 3.21.22 Artefakty na granicach ostrych krawędzi

W ferworze formowania poszczególnych części mogłeś nie zwrócić na nie uwagi. Takie artefakty powstają przy ostrej (*Crease*=1) krawędzi łączącej jakąś dłuższą, "gładką" (*Shade Smooth*) ścianę z drugą, o wiele mniejszą (por. str. 383). Aby eliminować taki kłopot, masz do dyspozycji kilka rozwiązań:

- najprostsze: zmienić tryb cieniowania ściany z "gładkiego" (*Shade Smooth*) na "płaski" (*Shade Flat*). W przypadku powierzchni, które pokazuje Rysunek 3.21.22, lepiej jednak tego uniknąć. (Na powłokach, które teraz wyglądają jak gładkie, pojawiłyby się drobne krawędzie);
- standardowe: włączyć dla siatki opcję *Normals:Auto Smooth* (por. str. 384). Ta opcja usuwa „cienie” z każdej krawędzi, w której ściany są połączone pod kątem większy niż graniczny kąt *Normals:Angle* (ustaw na jakąś wartość od 30º do 90º);
- redukcyjne: dodać wzdłuż ostrych krawędzi dodatkowy rząd niewielkich ścian. To zmniejsza efekt do niedostrzegalnych rozmiarów. Z tym może się wiązać jednak trochę dodatkowej pracy.

W przyszłości może się zdarzyć, że będziesz chciał skorzystać z jakiegoś zewnętrznego programu renderującego albo zaadaptować ten model do jakiejś gry. Nie każdy format plików eksportu przenosi takie niuanse, jak odchylenia kierunków wektorów normalnych tworzone przez opcję *Auto Smooth*. Wtedy ten problem może się znowu pojawić. Dlatego proponuję usunąć z modelu co większe przebarwienia za pomocą dodatkowego rzędu ścian. W przypadku lotki sprawa jest bardzo prosta: wystarczy wstawić (*Loop Cut*) nową wręgę (Rysunek 3.21.23):

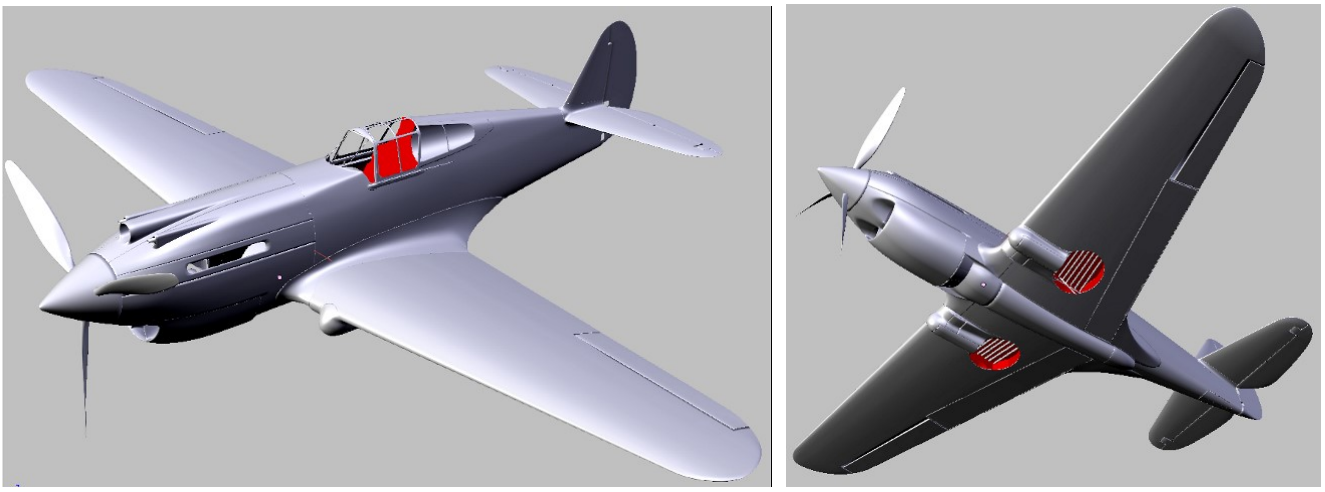


Rysunek 3.21.23 Usunięcie przyciemnienia krawędzi lotki poprzez dodanie rzędu nowych ścian

Wstawienie dodatkowych ścian wokół krawędzi sterów wymaga więcej pracy. Bardzo przydaje się tu technika nacinania (*Knife*). (Nie będę tutaj dokładnie pokazywał, jak je po kolei robić, myślę że sobie poradzisz). Mniejsze przebarwienia usuwaj opcją *Normals:Auto Smooth* lub modyfikatorem *Edge Split* (str. 384).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Model jest już uformowany (Rysunek 3.21.24). Mam nadzieję, że nie będą go czekały w przyszłości tak duże poprawki, jak te, które wprowadziłem po artykule Hume Batesa. Jedynym obszarem, co do kształtu którego nadal mam pewne wątpliwości, jest wylot powietrza z chłodnicy cieczy. Wylot jest bardzo dobrze "obfotografowany" dla wersji P-40E, istnieją także jego rysunki konstrukcyjne. Jak na złość, na temat wcześniejszych wersji (B,C) brak jest dobrych danych. Mam nadzieję, że w przyszłości dotrę do jakichś dokładniejszych zdjęć tego fragmentu[1].



Rysunek 3.21.24 Kształt modelu, jaki osiągnęliśmy w trakcie tego rozdziału

- Model z tej sekcji znajdziesz w pliku *model\p40\history\P40B-4.21.blend* (por. str. 18).

Podsumowanie

- Po zakończeniu fazy "formowania blach" samolotu warto jest przejrzeć wszystkie warstwy i zaprowadzić w nich porządek (str. 242). Koniecznie zaplanuj zawczasu, gdzie umieścisz takie zespoły, jak podwozie, czy wnętrze kabiny. Zarezerwuj także co najmniej dwie warstwy do nieprzewidzianych, przyszłych zastosowań;
- Na tym etapie warto także zadbać o uzupełnienie brakujących relacji hierarchii (*Parent*). Struktura samolotu powinna się "zaczynać" od jakiejś pojedynczej części, np. kadłuba (str. 246);
- Zapisz w odrębnej scenie (str. 242) wszystkie pomocnicze obiekty, np. wzorce kształtu. Nie wiadomo, kiedy się przydadzą;
- Przejrzyj krytycznie i popraw wszelkie "przebarwione" fragmenty siatki (str. 249). Występują na wygładzonych powłokach, w okolicach ostrych krawędzi;
- Sprawdź na tyle dokładnie, na ile jesteś w stanie, wymiary modelu. Bądź jednak przygotowany na konieczność poprawek. (Postęp prac nad każdym dokładnym modelem odbywa się często wg zasady "dwa kroki naprzód, jeden krok w tył ");

[1] Tak się też stało. Rezultat znajdziesz w Tomie IV. Poprawiłem zakończenie kanałów, i uzupełniłem o dwa otwory, na wylatujące z karabinów maszynowych łuski i ogniwa taśm. Wymagało to nie tylko przerobienia siatki kadłuba, ale także skrócenia końców owiewek połączenia skrzydeł z kadłubem o jakieś 0.5 jednostki Blendera (5 cm na rzeczywistym samolocie). Tą modyfikację wykonałem już na bardzo późnym etapie prac, gdy model był „oteksturowany”. W związku z tym wymagała więcej wysiłku, ale była możliwa!

Szczegóły obsługi programów

Zawartość tej części bardzo przypomina zawartość plików podpowiedzi do trzech programów: GIMP, Inkscape i Blendera. Są tu zestawione opisy tych poleceń, które zostały wykorzystane w poprzednich częściach książki. Z założenia będziesz z nich korzystał wyrywkowo (por. „Jak czytać tę książkę?”, str. 12). Nie doszukuj się więc w kolejności rozdziałów i sekcji tej części jakiejś przemyślanej metody wprowadzania w obsługę programu. Do tego służy część pierwsza — „Budowa modelu”. To tam specjalnie dobrałem kolejność prezentowanego materiału w ten sposób, byś mógł stopniowo poznawać wszystkie potrzebne zagadnienia.

Gdy zdecydujesz się wydrukować tę książkę dla własnych potrzeb, proponuję pozostawić tą część w postaci elektronicznej. W przeglądarce PDF szybciej znajdziesz podaną w części pierwszej stronę, niż kartkując gruby wydruk. (No i zużyjesz mniej drzew z lasów...).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rozdział 4. Blender — ogólne

W tym rozdziale przedstawione są zagadnienia, które dotyczą więcej niż jednego okna (edytora) Blendera lub więcej niż jednego trybu pracy.

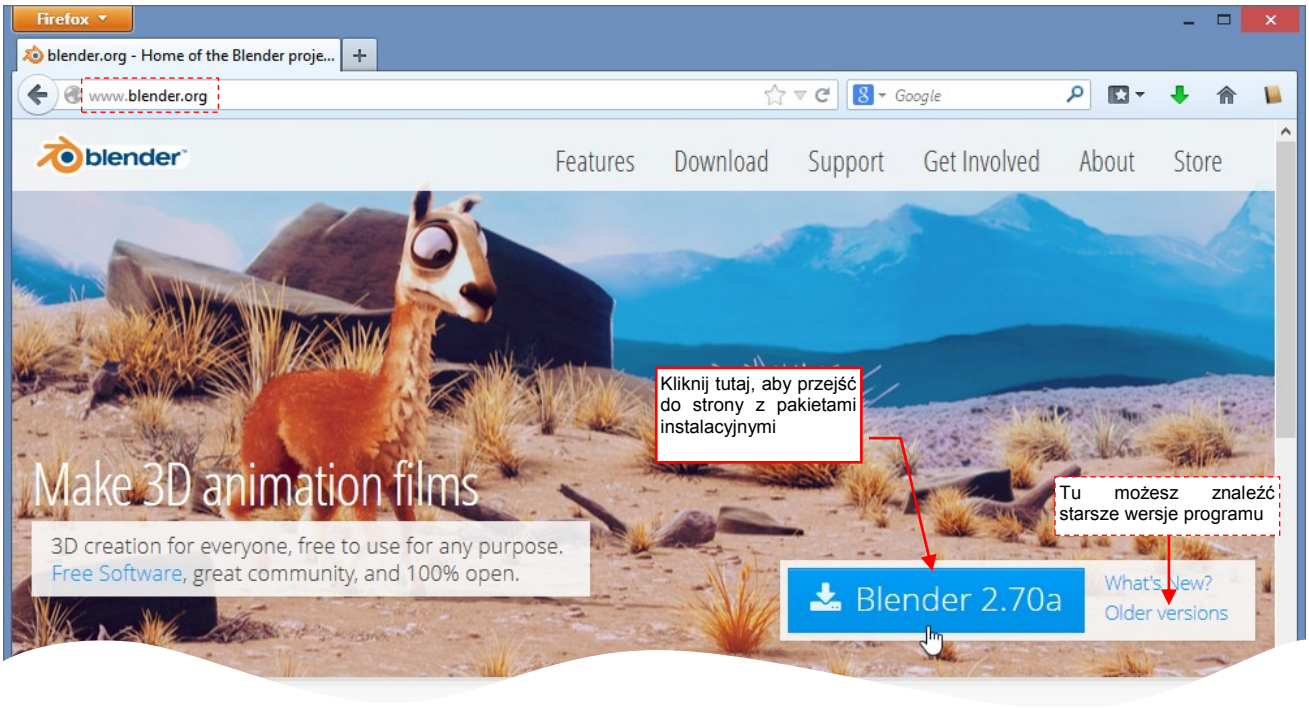
Pomijam tu zagadnienia, które przedstawiłem wcześniej (Rozdział 2). Były to:

- wprowadzenie do programu. Opisałem je już w sekcji 2.1 (str. 23);
- metody zmiany projekcji (zoom, pan, obrót wokół obiektu). Opisałem je już w sekcji 2.2 (str. 36);

4.1 Instalacja

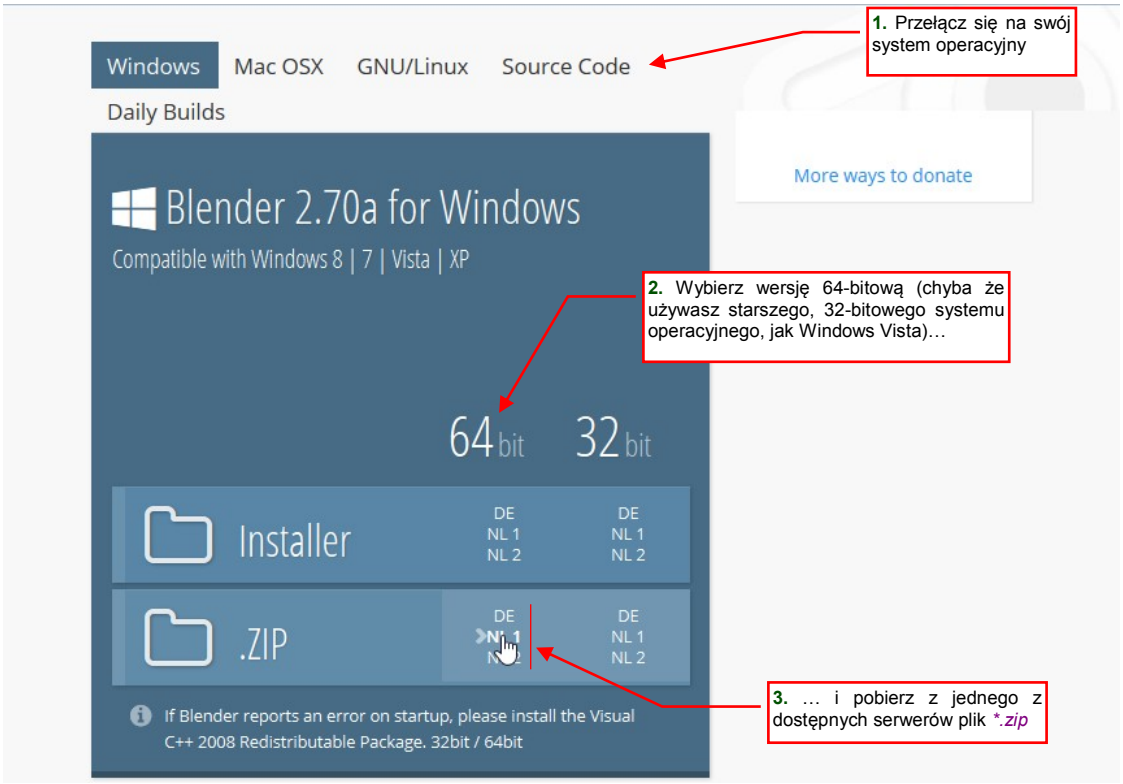
Ta sekcja opisuje instalację Blendera ze spakowanego pliku **.zip*. Uważam, że ta metoda jest równie dobra co użycie programu instalacyjnego. Za to wiesz dokładnie, co i gdzie zostało zmienione na Twoim komputerze.

Zacznij od głównej strony tego programu: *http://www.blender.org*. Jest na niej umieszczony skrót do plików instalacyjnych (Rysunek 4.1.1):



Rysunek 4.1.1 Strona główna Blendera

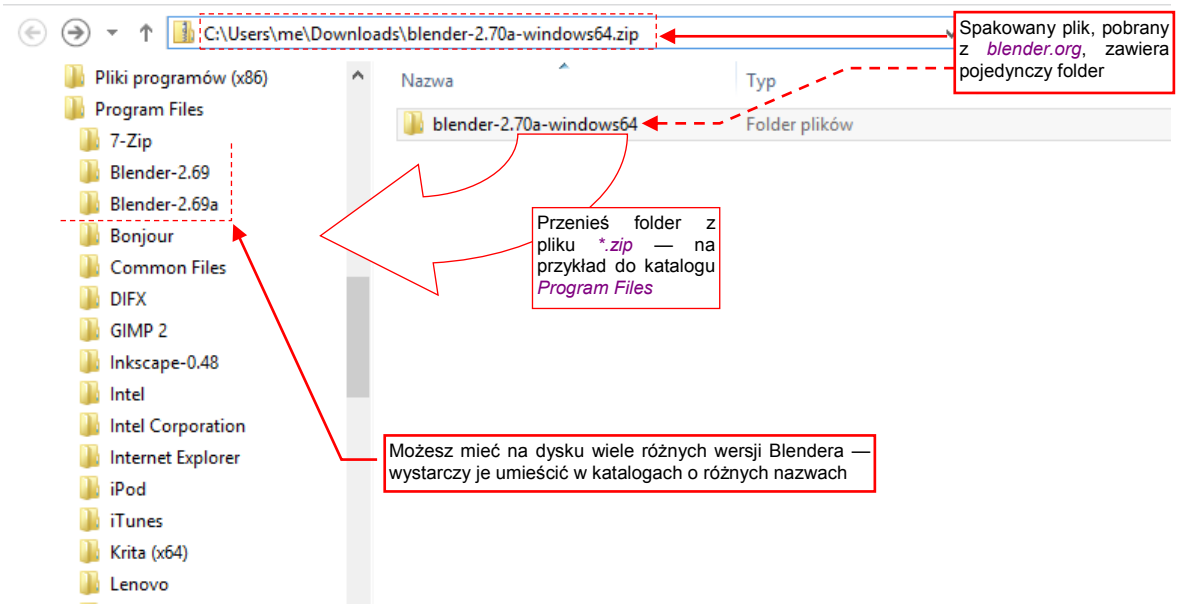
Pobierz z jednego z dostępnych serwerów odpowiedni plik **.zip* (Rysunek 4.1.2):



Rysunek 4.1.2 Pobieranie pakietu instalacyjnego

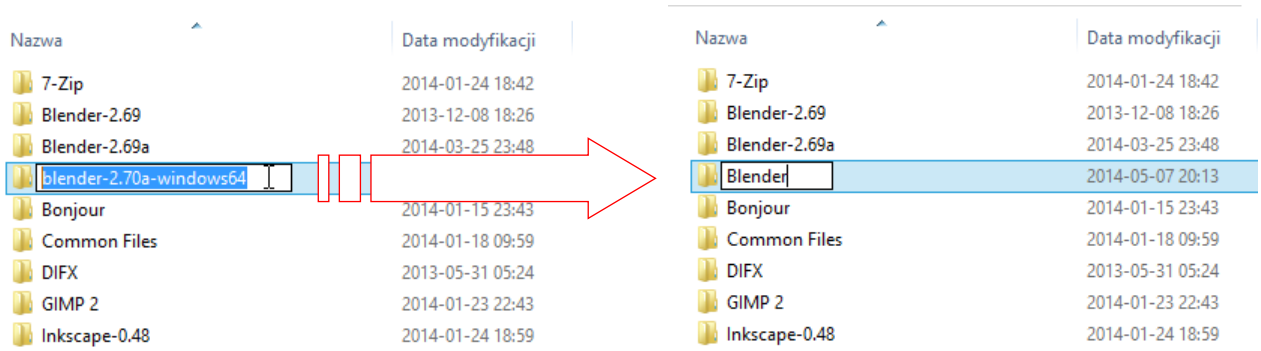
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Pobrany w ten sposób plik rozpakuj do folderu *C:\Program Files* (może to być także inny folder) (Rysunek 4.1.3):



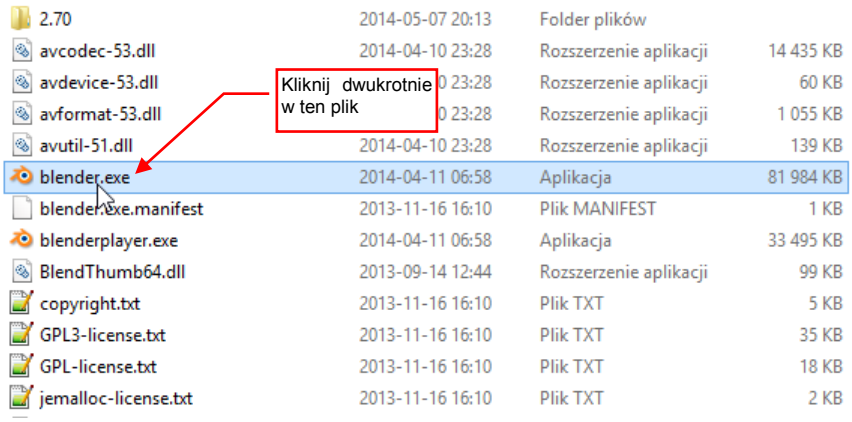
Rysunek 4.1.3 Rozpakowanie plików Blendera

Potem zmień nazwę rozpakowanego folderu ze specyficznej na jakąś „ogólną”: np. *Blender* (Rysunek 4.1.4):



Rysunek 4.1.4 Zmiana nazwy folderu Blendera

Aby uruchomić Blender, należy dwukrotnie kliknąć na pliku *blender.exe*, umieszczonym w tym katalogu (Rysunek 4.1.5):

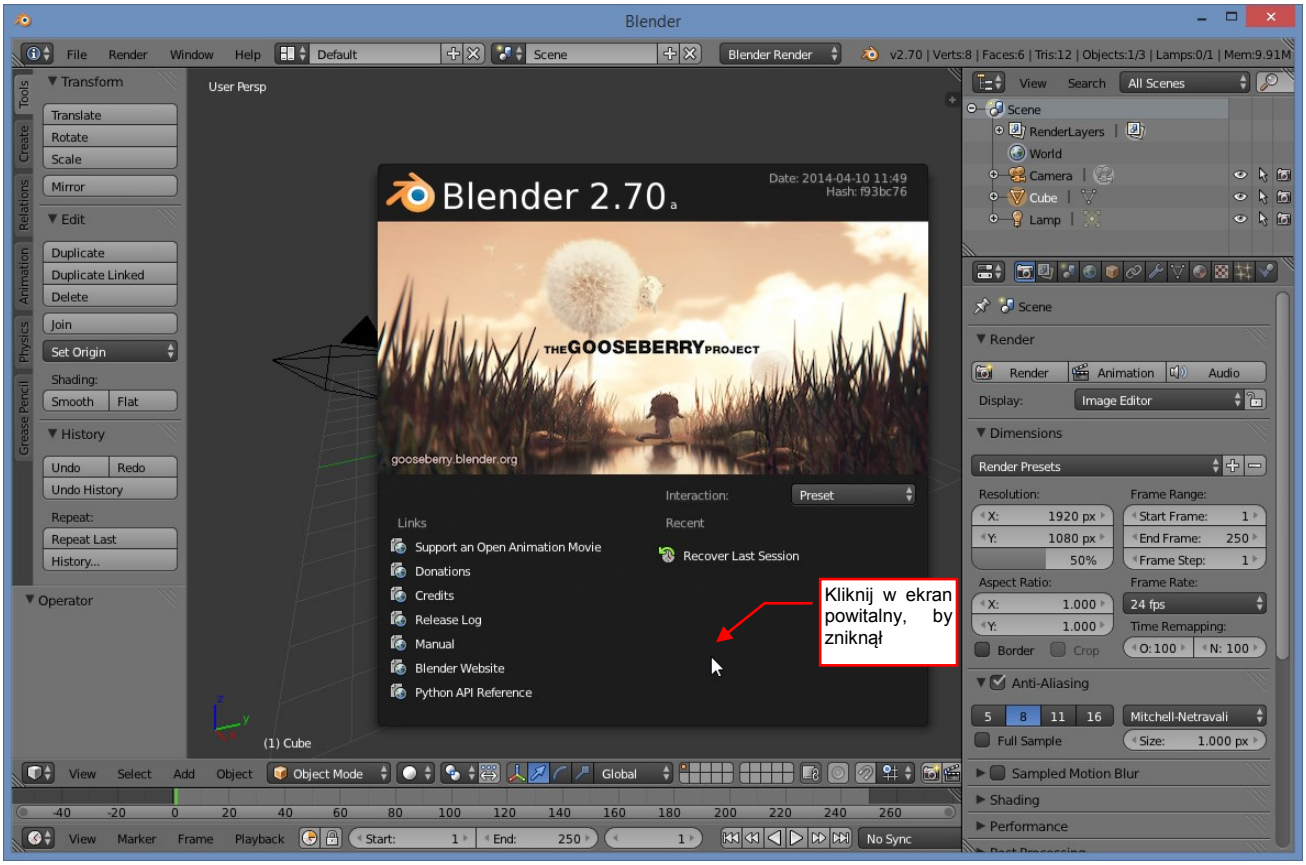


Rysunek 4.1.5 Uruchomienie Blendera

Oczywiście, wygodniej będzie jeżeli skopiujesz skrót do tego pliku na pulpit i/lub do menu *Start*.

- Warto także przypisać Blender jako domyślny edytor plików o rozszerzeniu *.blend*[1].

Chwilę po uruchomieniu zobaczysz okno Blendera wraz z ekranem powitalnym (Rysunek 4.1.6):



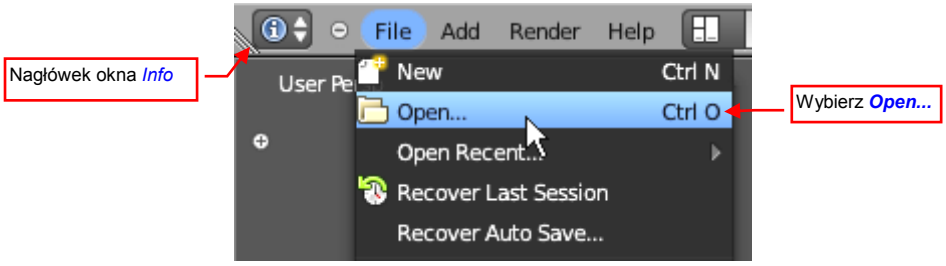
Rysunek 4.1.6 Ekran po uruchomieniu Blendera

[1] To najwygodniej zrobić, gdy już zapiszesz jakąś scenę na dysku. Wystarczy wówczas w Eksploratorze Windows z menu kontekstowego wybrać polecenie *Otwórz za pomocą…* i wskazać *blender.exe*. Ci z Was, którzy mają nieco większe doświadczenie z Windows, mogą w Eksploratorze wywołać polecenie *Narzędzia→Opcje folderów*, i tam w zakładce *Typy plików* zmienić nazwę typu np. na „Blender file”.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

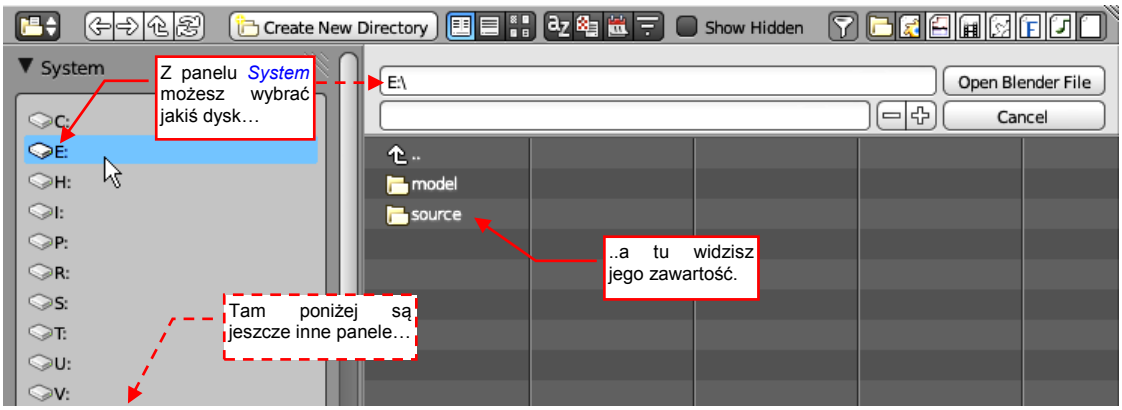
4.2 Otwieranie pliku

Wybierz z menu Blendera (nagłówek okna *Info*) polecenie ***File→Open*** (lub naciśnij Ctrl-O) (Rysunek 4.2.1):



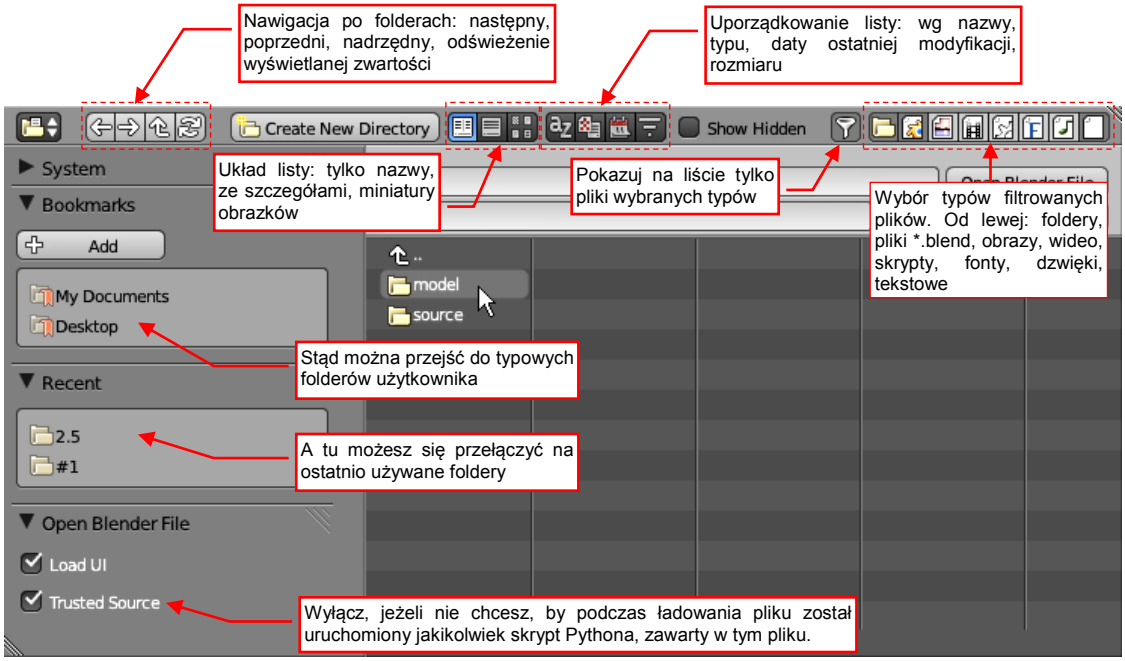
Rysunek 4.2.1 Wybór polecenia z menu

Spowoduje to chwilowe wyświetlenie na całym ekranie Blendera w okno wyboru plików (*File Browser*) – Rysunek 4.2.2:



Rysunek 4.2.2 Okno wyboru pliku

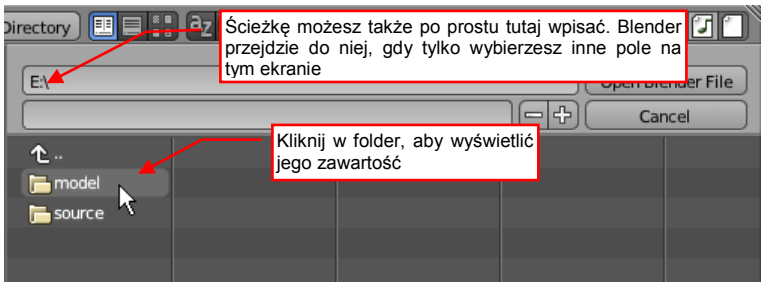
Jak widać, Blender ma własne okno do wskazywania pliku – jest to konsekwencja decyzji o zastosowaniu własnego interfejsu użytkownika. Omówmy pokrótce jego obsługę. Z panelu *System*, po lewej stronie, można wybrać dysk. Z niżej położonego panelu *Bookmarks* można wybrać jeden z typowych folderów, a z panelu *Recent* — ostatnio otwierany folder (Rysunek 4.2.3):



Rysunek 4.2.3 Okno wyboru pliku — elementy interfejsu użytkownika

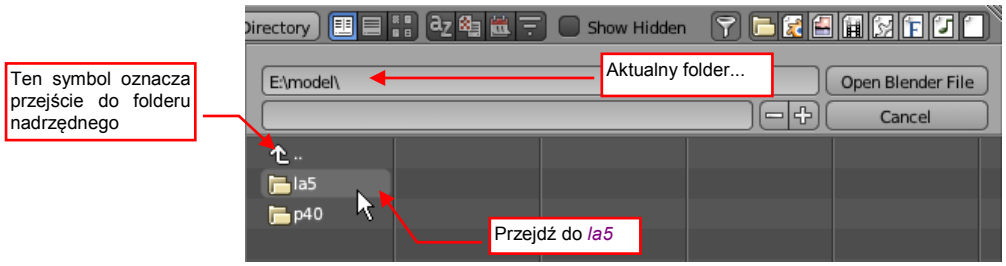
Pobierz towarzyszący tej książce plik *la5.zip* (por. str. 18). Jego zawartość rozpakowuje się do folderu o nazwie *model\la5*. Załóżmy że umieściłeś te pliki na jakimś dysku *E:*, więc teraz otworzymy w Blenderze plik *E:\model\la5\la5.blend*.

Otwórz w oknie wyboru plików dysk *E:* (Rysunek 4.2.4):



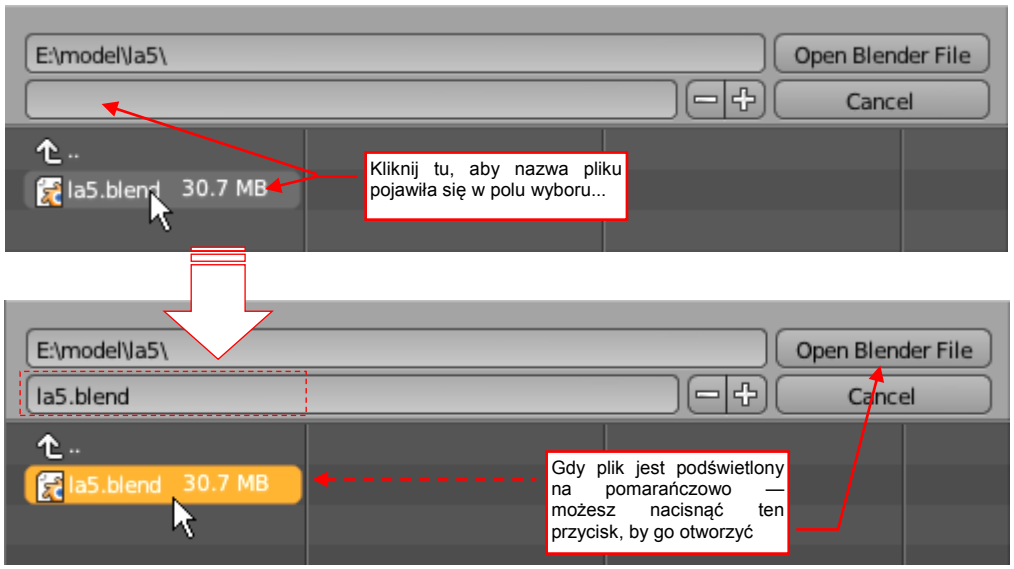
Rysunek 4.2.4 Nawigacja w oknie wyboru plików

Wystarczy kliknąć (LPM) w nazwę folderu *model*, aby go otworzyć. W podobny sposób przejdź do folderu *la5* (Rysunek 4.2.5):



Rysunek 4.2.5 Zawartość folderu *model*

Kliknij w plik, który chcesz otworzyć – jego nazwa pojawi się w polu na nazwę pliku do otwarcia (Rysunek 4.2.6). (Można było, oczywiście, wpisać ją z klawiatury, ale komu by się chciało...):



Rysunek 4.2.6 Wybór i otworzenie pliku Blendera

Po naciśnięciu przycisku ***Open Blender File*** plik zostanie załadowany. W zależności od mocy obliczeniowej Twojego komputera, może to zająć Blenderowi od jednej do paru sekund.

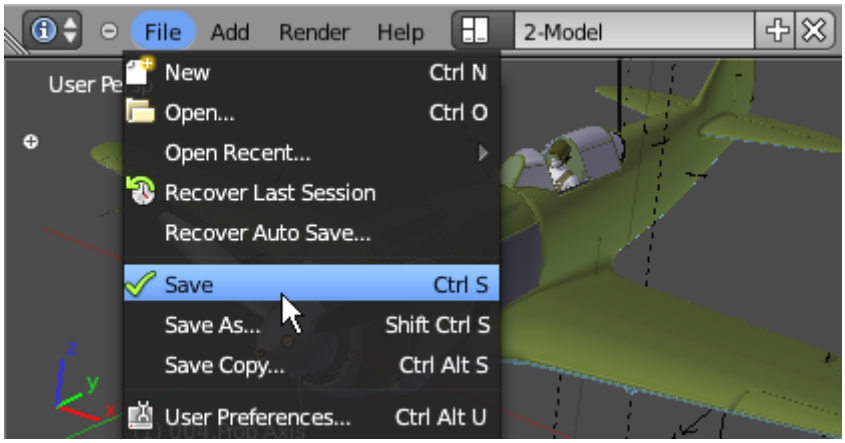
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Warto jeszcze wspomnieć o kilku innych poleceniach z menu ***File*** (okna *Info*), związanych z otwieraniem plików:

- ***File→Open Recent***: pozwala otworzyć jeden z dziesięciu ostatnio zapisywanych plików;
- ***File→Recover Last Session***: pozwala odzyskać plik, który był załadowany gdy ostatni raz zamykałeś Blender (np. poleceniem *File→Quit*). Podczas zamykania Blender nie ostrzega, że aktualny plik zawiera niezapisane zmiany. Zamiast tego po prostu zawsze go zapisuje w folderze tymczasowym, pod nazwą *quit.blend*. To polecenie otwiera właśnie ten plik. Pozwala to odzyskać niezapisane zmiany, o ile zorientowałeś się w porę i nie zamknąłeś Blendera po raz kolejny…
- ***File→Recover Auto Save…*** Jeżeli masz w konfiguracji programu włączone okresowe zapisywanie kopii pliku, tym poleceniem możesz go otworzyć po np. zawieszeniu programu. Więcej o odtwarzaniu danych — p. str. 270.

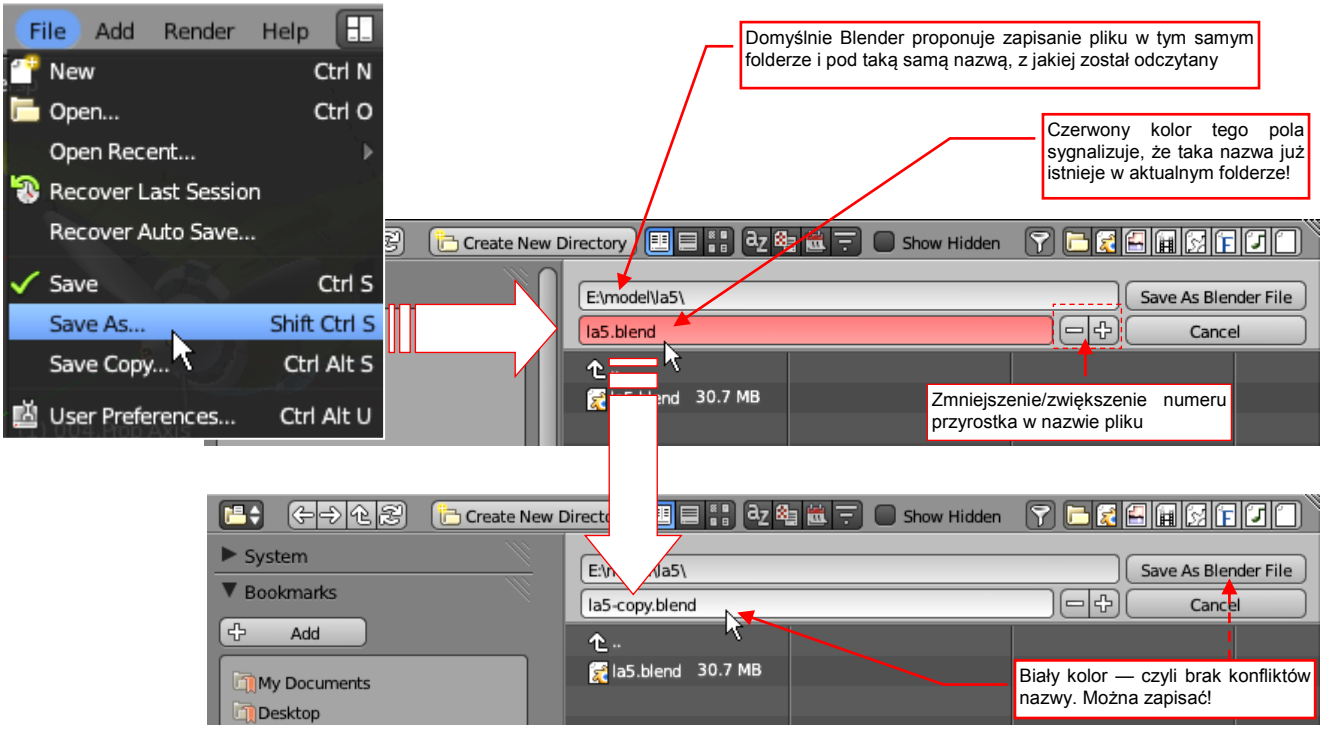
4.3 Zapisanie pliku

Aby zapisać aktualnie otwarty plik, wybieramy polecenie ***File→Save*** (Rysunek 4.3.1). Alternatywnie możesz nacisnąć na klawiaturze Ctrl-S — to skrót do tego polecenia:



Rysunek 4.3.1 Polecenie - zapisanie pliku

Jeżeli chcesz zapisać plik pod inną nazwą, wybierz polecenie ***File→Save As***. Analogicznie jak przy otwarciu pliku (por. str. 256), na ekranie pojawi się na chwilę okno wyboru pliku (Rysunek 4.3.2):.



Rysunek 4.3.2 Okno zapisu pliku

Zwróć uwagę, że w polu z nazwą do zapisania domyślnie pozostaje oryginalna nazwa pliku. Aby zapisać go pod nową nazwą, musisz ją zmienić — wpisując z klawiatury lub klikając w inny plik (który chcesz nadpisać). Zapis pod nową nazwą nastąpi po naciśnięciu przycisku ***Save As Blender File***.

Osobiście używałem tego polecenia co najmniej raz dziennie – do zapamiętania kolejnej wersji pliku. Nazywałem to „wersją dzienną”. Takie wersje bywają przydatne. Na początku pracy z Blenderem, zdarzało mi się poprzestawiać dziesiątki parametrów i nie uzyskać oczekiwanego efektu. Czułem, że szukając rozwiązania zabrnąłem w „ślepą uliczkę”. Wycofanie dokonanych zmian do stanu początkowego wyglądało często na bardzo pracochłonne, a czasami na praktycznie niemożliwe. O wiele prościej było zacząć jeszcze raz od „czystej” wersji z poprzedniego dnia. Twórcy Blendera z myślą o takich jak ja, dodali do okna zapisu pliku (Rysunek 4.3.2)

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

dodatkowy „gadżet”. Przyciski [+], [-] lub klawisze + i - z klawiatury numerycznej zwiększają lub zmniejszają cyfrę (numer wersji) na końcu nazwy pliku.

Z innych poleceń które mogą okazać się przydatne, warto wspomnieć:

- ***Save Screenshot***: zapisuje obraz aktualnego ekranu Blendera. Polecenie dostępne tylko za pomocą skrótu: Ctrl-F3. Format obrazu (JPG, PNG, ...) — ustalamy w oknie właściwości (*Properties*), zestaw *Render*, panel *Output* (patrz str. 65);
- ***Image→Save As Image*** (F3): Polecenie z nagłówka okna *UV/Image Editor*. Zapisuje wyrenderowany finalny obraz sceny do pliku o wskazanej nazwie. Domyślnie proponuje taki sam format pliku rastrowego, jak *Save Screenshot*, ale można go zmienić w panelu ***Save As Image*** okna *File Browser.*

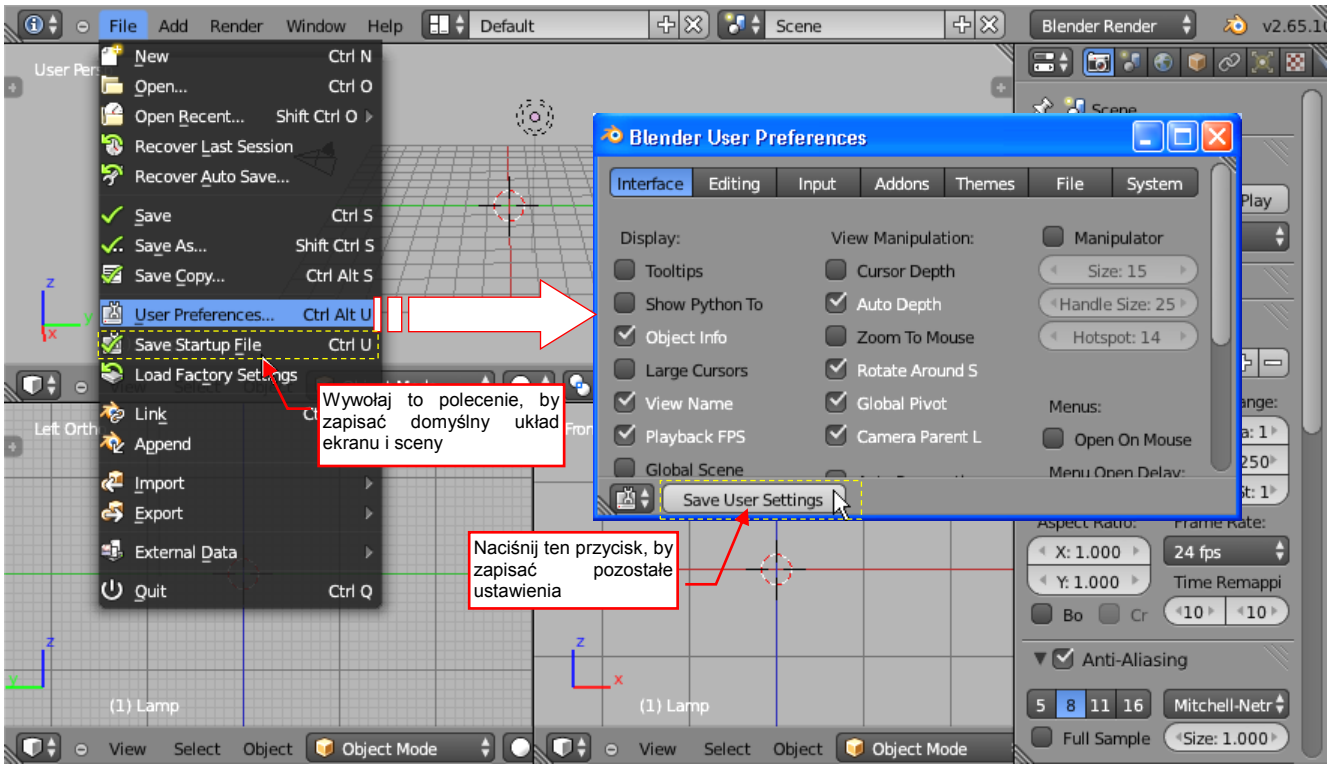
4.4 Ustawienie środowiska pracy

Szczegóły wyglądu i działania środowiska Blendera są wynikiem złożenia dwóch grup ustawień. Są to:

- ustawienia „ogólne” z okna *User Preferences*. Są one zapisywane do pliku o nazwie *userpref.blend* gdy naciśniesz w tym oknie przycisk ***Save User Settings***. Oznacza to, że te ustawienia nie są związane z jakimkolwiek aktualnym rysunkiem. Traktuj je jako konfigurację Twojej instalacji Blendera;
- ustawienia „lokalne”, przechowywane w każdym pliku Blendera. Dotyczą one przede wszystkim interfejsu użytkownika: układ okien, alternatywnych układów ekranu (*screen layouts*). Gdy nie załadowałeś jeszcze żadnego pliku lub gdy tworzysz nowy plik poleceniem *File→New*, Blender wykorzystuje tzw. plik startowy, o nazwie *startup.blend*. (Stąd zawartość tego pliku decyduje, jak wygląda ekranu programu zaraz po uruchomieniu. Możesz ją nadpisać poleceniem *File→**Save Startup File***);

W pliku *source.zip* (por. str. 18) umieściłem foldery z konfiguracją Blendera, której używałem pisząc tę książkę. Możesz je wgrać tak, jak jest to pokazane na str. 269.

Jeżeli jednak nie czujesz się w takich operacjach na folderach zbyt pewnie, istnieje inna metoda. Otwórz w Blenderze (***File→Open***, por. str. 256) wzorcowy plik *source\config\startup.blend*. A potem w oknie *User Preferences* naciśnij przycisk ***Save User Settings*** i wywołaj polecenie ***File→Save Startup File***, aby zachować także układ ekranu (Rysunek 4.4.1):



Rysunek 4.4.1 Przeniesienie ustawień z pliku *startup.blend*, dostarczonego z tą książką

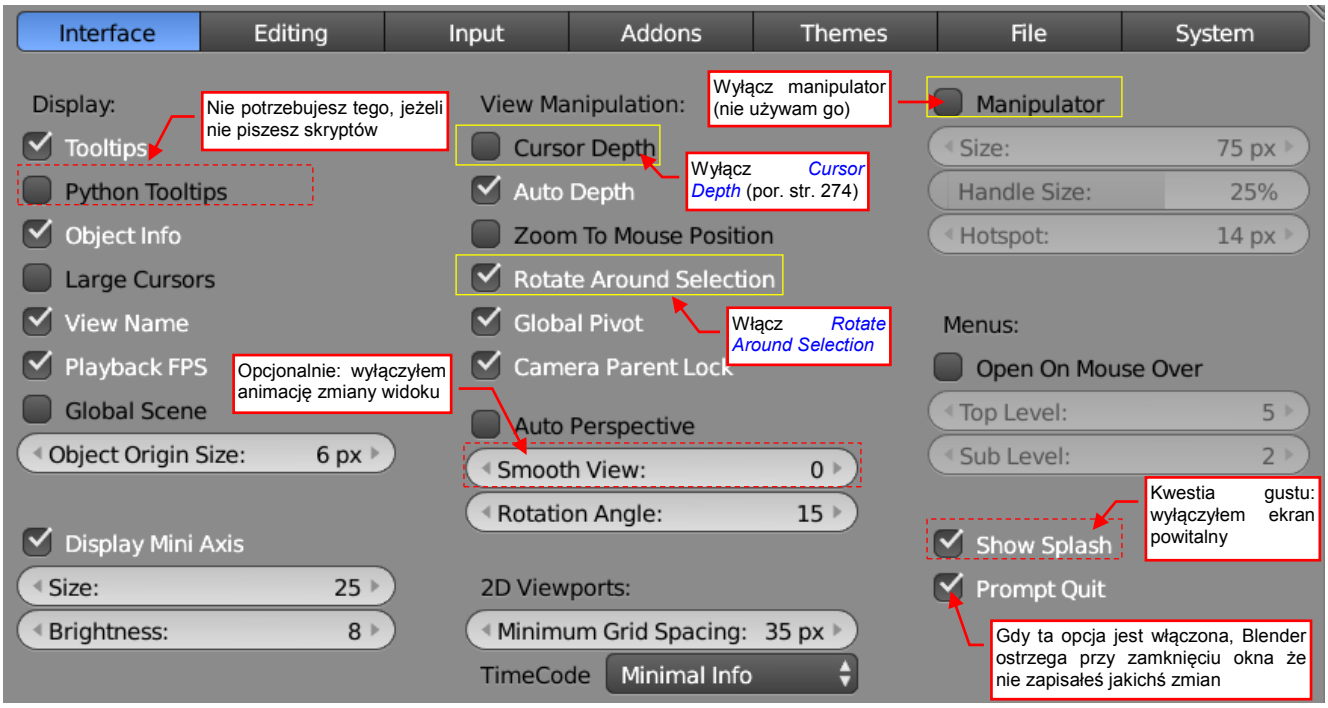
I to wszystko! Kopia tego pliku, wraz z plikiem *userpref.blend* zostanie zapisana w Twoim profilu użytkownika jako aktualna konfiguracja Blendera. Dodatkowo możesz jeszcze zainstalować dodatki (*add-ons*), z których będziemy korzystać. (por. str. 285). Pliki tych dodatków umieściłem w katalogu *source\scripts\addons*.

Blender jest już skonfigurowany do dalszej pracy. Pierwszą różnicą, którą zapewne zauważyłeś, są jaśniejsze okna *3D View* (Rysunek 4.4.1). Domyślne, ciemne tło z Blendera 2.5/2.6 źle wyglądało na ilustracjach dla tej książki. Dlatego zdecydowałem się używać schematu barw, do którego przywykłem, używając Blendera 2.4.

Abyś jednak wiedział, co i dlaczego jeszcze zmieniłem, przejdę przez kolejne sekcje okna *User Preferences*. Pokażę na nich, jakie ustawienia standardowe zostały zmienione.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

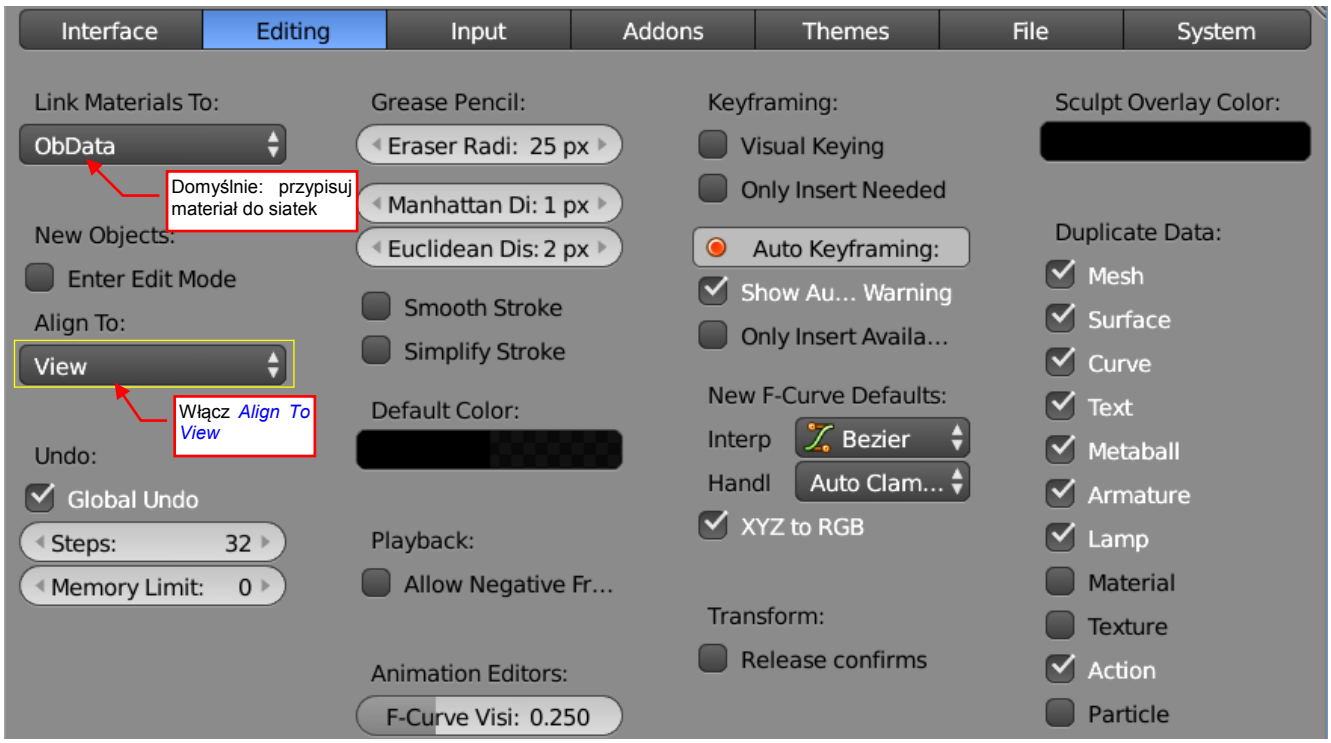
W sekcji *Interface* — włączyłem *View Manipulation*: ***Rotate Around Selection*** (Rysunek 4.4.2). To ułatwi obracanie widoku wokół detali. Oprócz tego wyłączyłem ***Manipulator*** (to taki pomocniczy „gadżet” w oknie *3D View*). Niektórzy uważają, że ułatwia manipulację obiektami w przestrzeni trójwymiarowej. Ja jednak należę do „starej szkoły” Blendera, która takiego udogodnienia nie znała:



Rysunek 4.4.2 Ustawienia Blendera — sekcja *Interface*

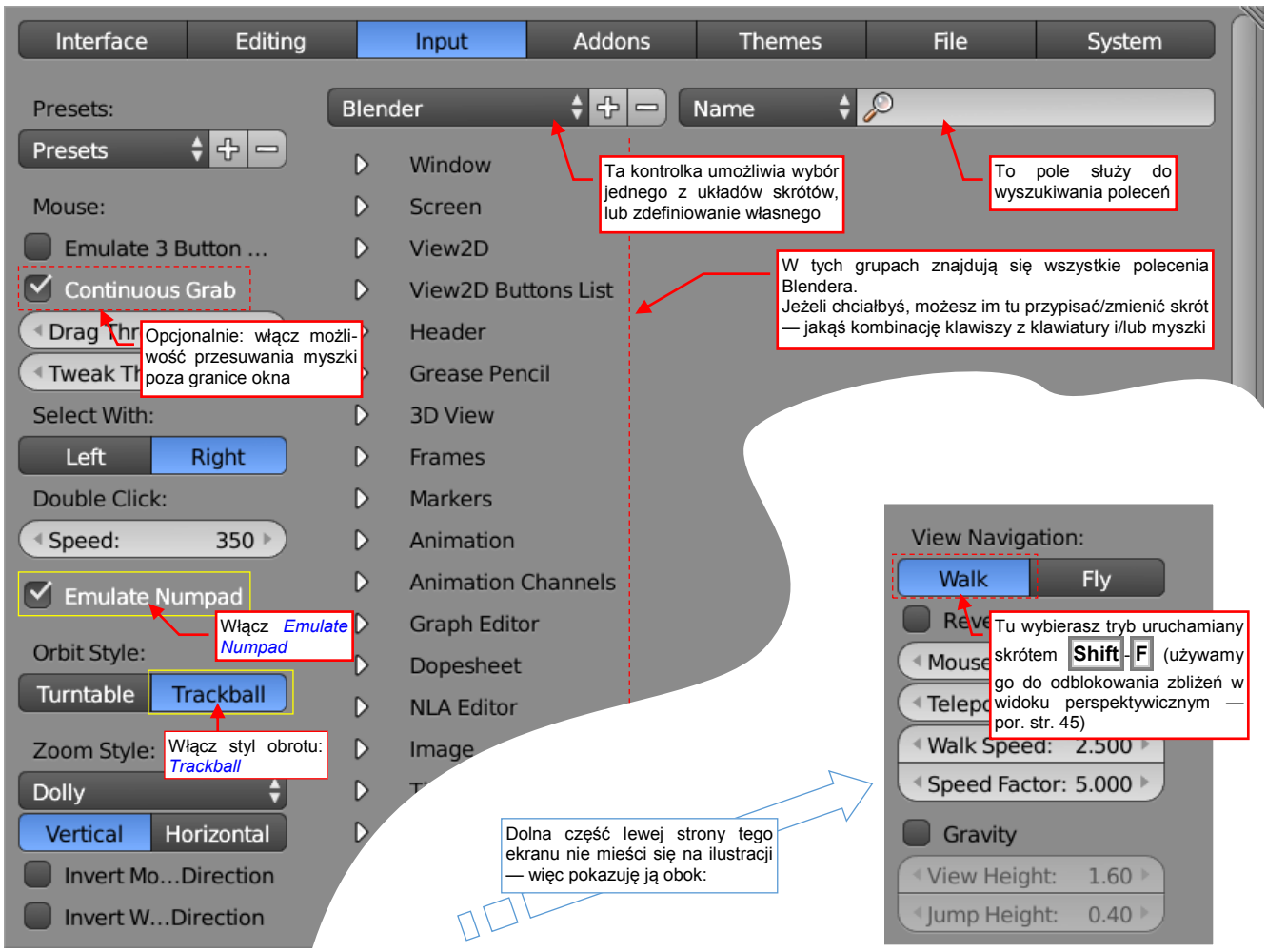
Jak pokazuje to Rysunek 4.4.2, w sekcji *Interface* możesz opcjonalnie przełączyć jeszcze parę innych opcji.

W sekcji *Editing* — włączyłem *New Objects:Align to:**View*** (Rysunek 4.4.3). Dzięki temu każdy obiekt, który stworzysz, powstanie w płaszczyźnie równoległej do aktualnego widoku. (Inaczej, aby odpowiednio zorientować nowo powstały element, musiałbyś go dodatkowo obracać).



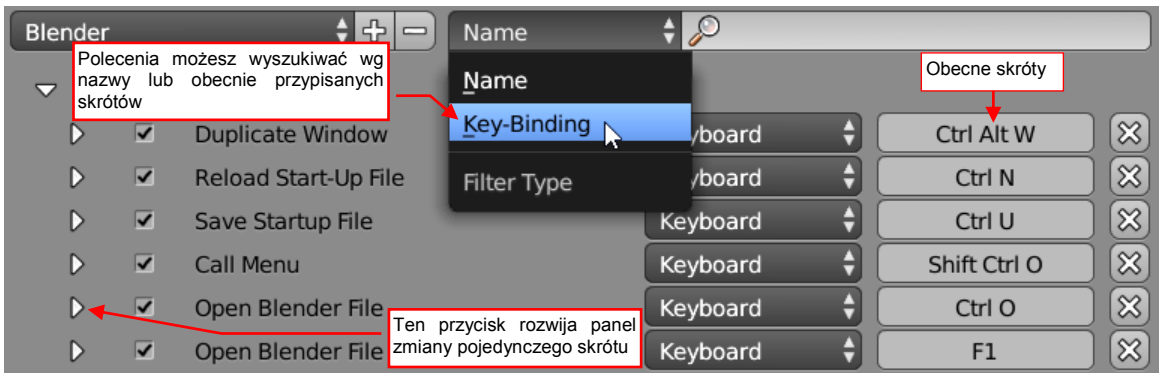
Rysunek 4.4.3 Ustawienia Blendera — sekcja *Editing*

W sekcji *Input* — włączyłem opcję ***Emulate Numpad*** (Rysunek 4.4.4). Choć jest to praktyczne przede wszystkim dla notebooków, może okazać się przydatne także na tradycyjnych komputerach. (Pozwoli utrzymywać lewą rękę ponad centrum klawiatury, a nie przesuwać ponad całą jej szerokością).



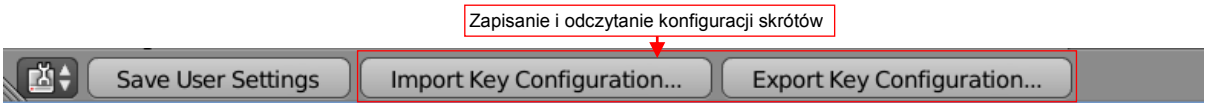
Rysunek 4.4.4 Ustawienia Blendera — sekcja *Input*

Zwróć uwagę, że w tej sekcji możesz zmienić konfigurację skrótów poleceń Blendera (Rysunek 4.4.5):



Rysunek 4.4.5 sekcja *Input* — rozwinięta grupa poleceń *Window*

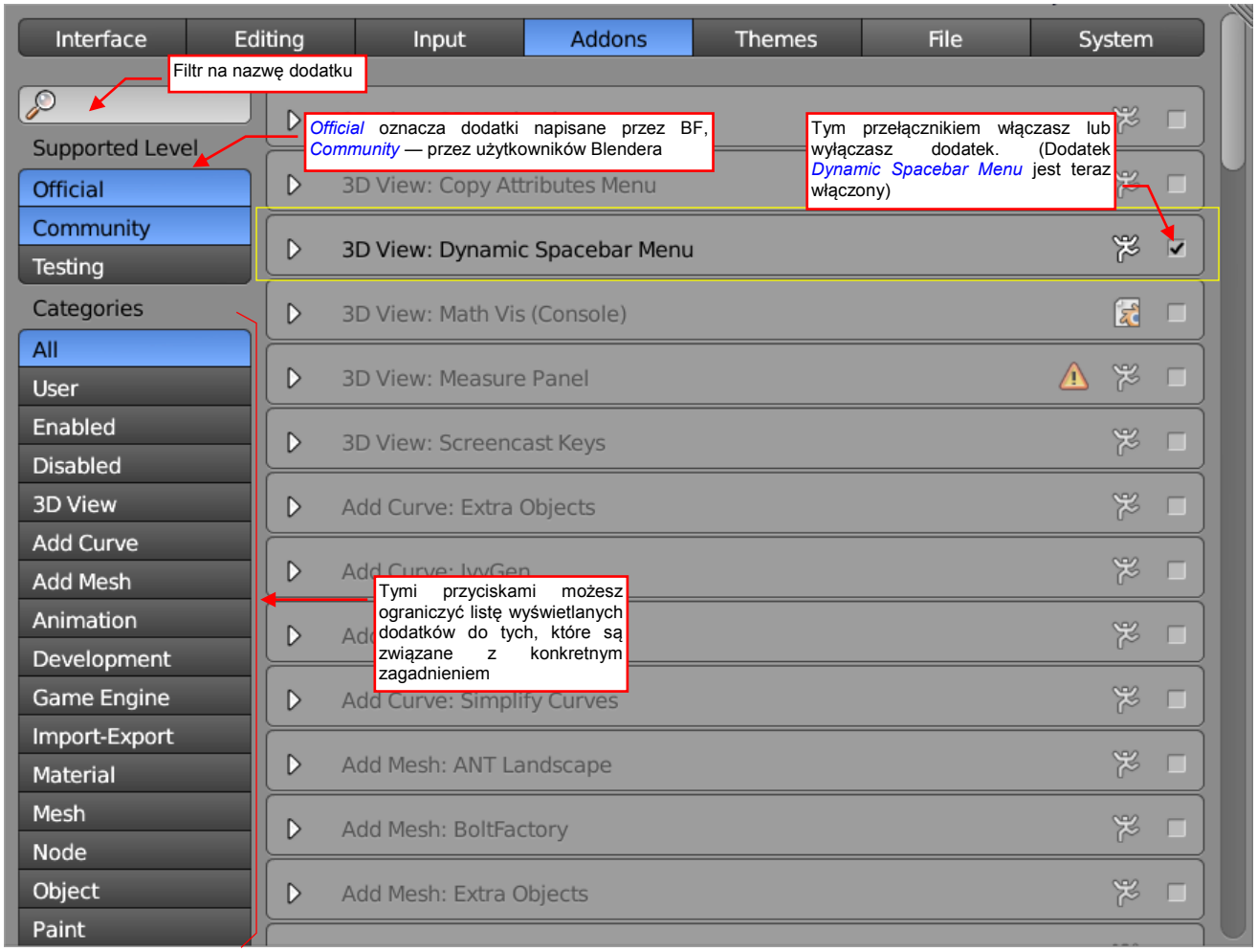
Dwa dodatkowe klawisze w nagłówku okna tej sekcji pozwalają także zapisywać i odczytywać skróty do poleceń z pliku (Rysunek 4.4.6):



Rysunek 4.4.6 Przyciski w nagłówku okna w sekcji *Input*

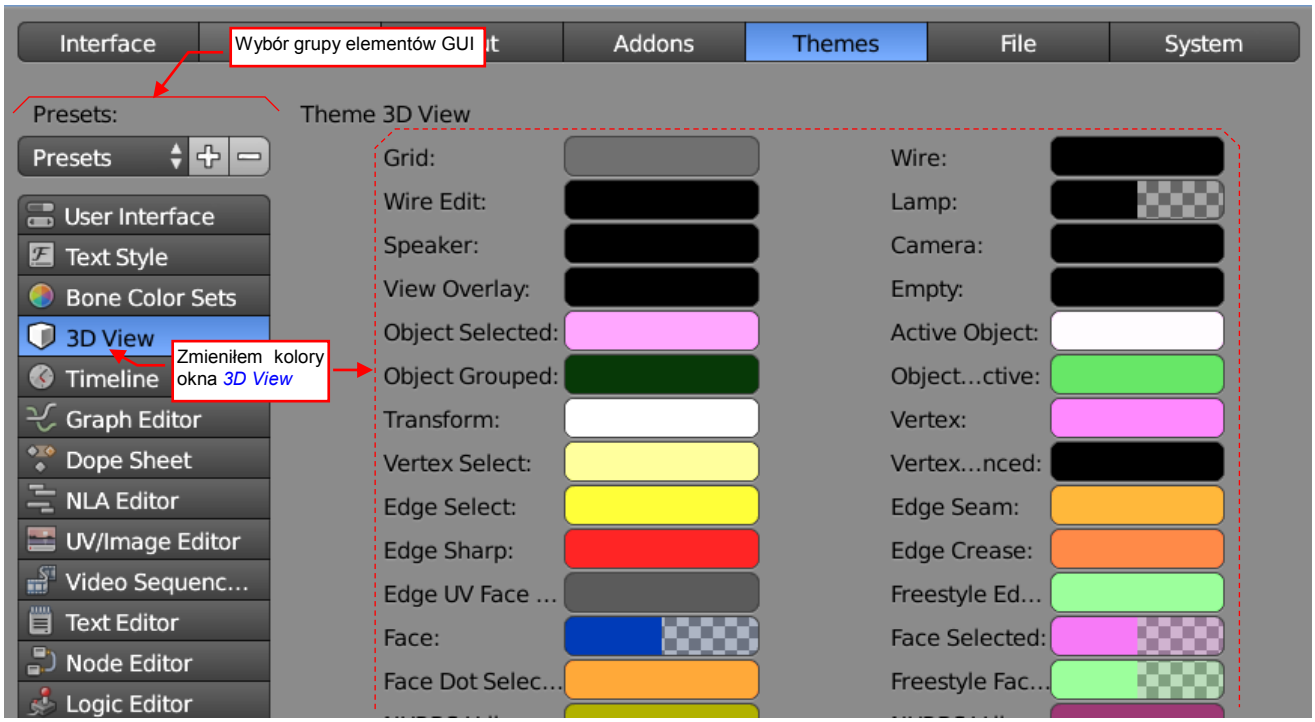
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W sekcji ***Add-Ons*** (programowe rozszerzenia Blendera) włączyłem *Dynamic Spacebar Menu* (Rysunek 4.4.7):



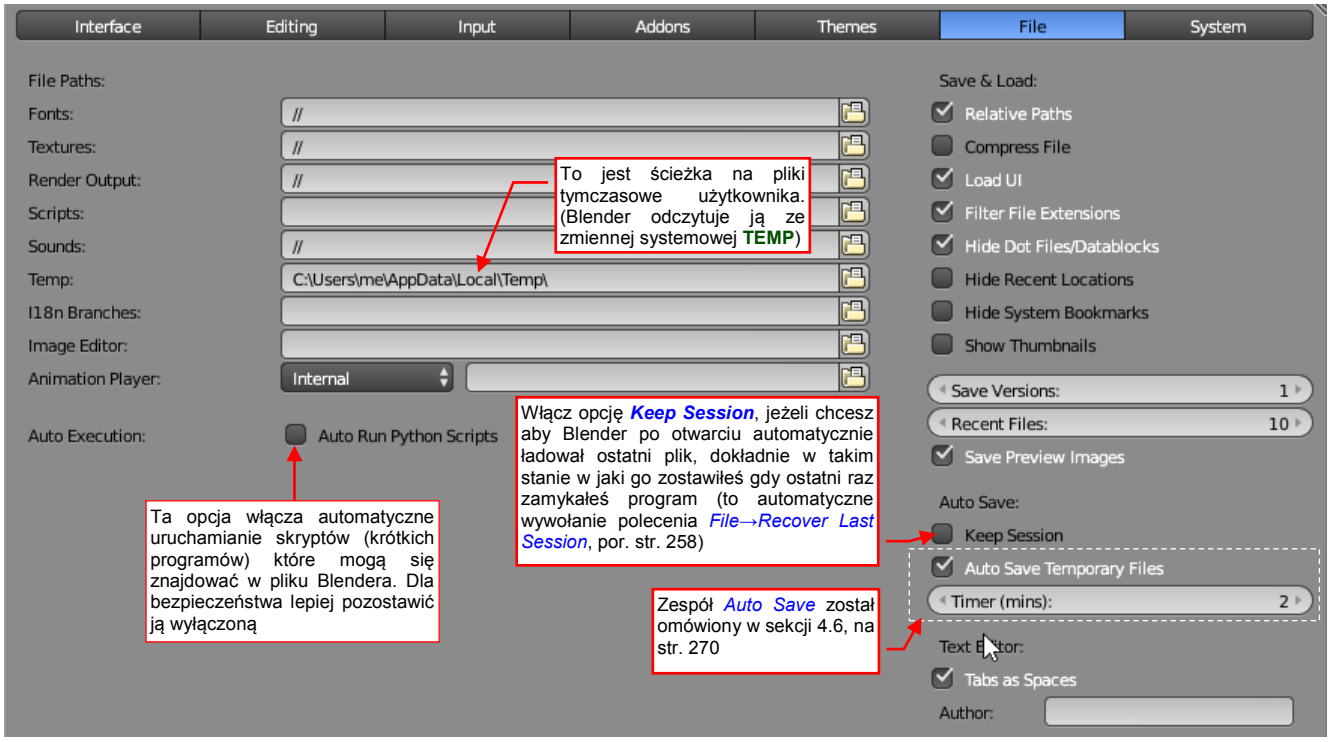
Rysunek 4.4.7 Ustawienia Blendera — sekcja *Add-Ons*

W sekcji ***Themes***, jak już o tym wspominałem, pozmieniałem kolory widoku ***3D View*** (Rysunek 4.4.8):



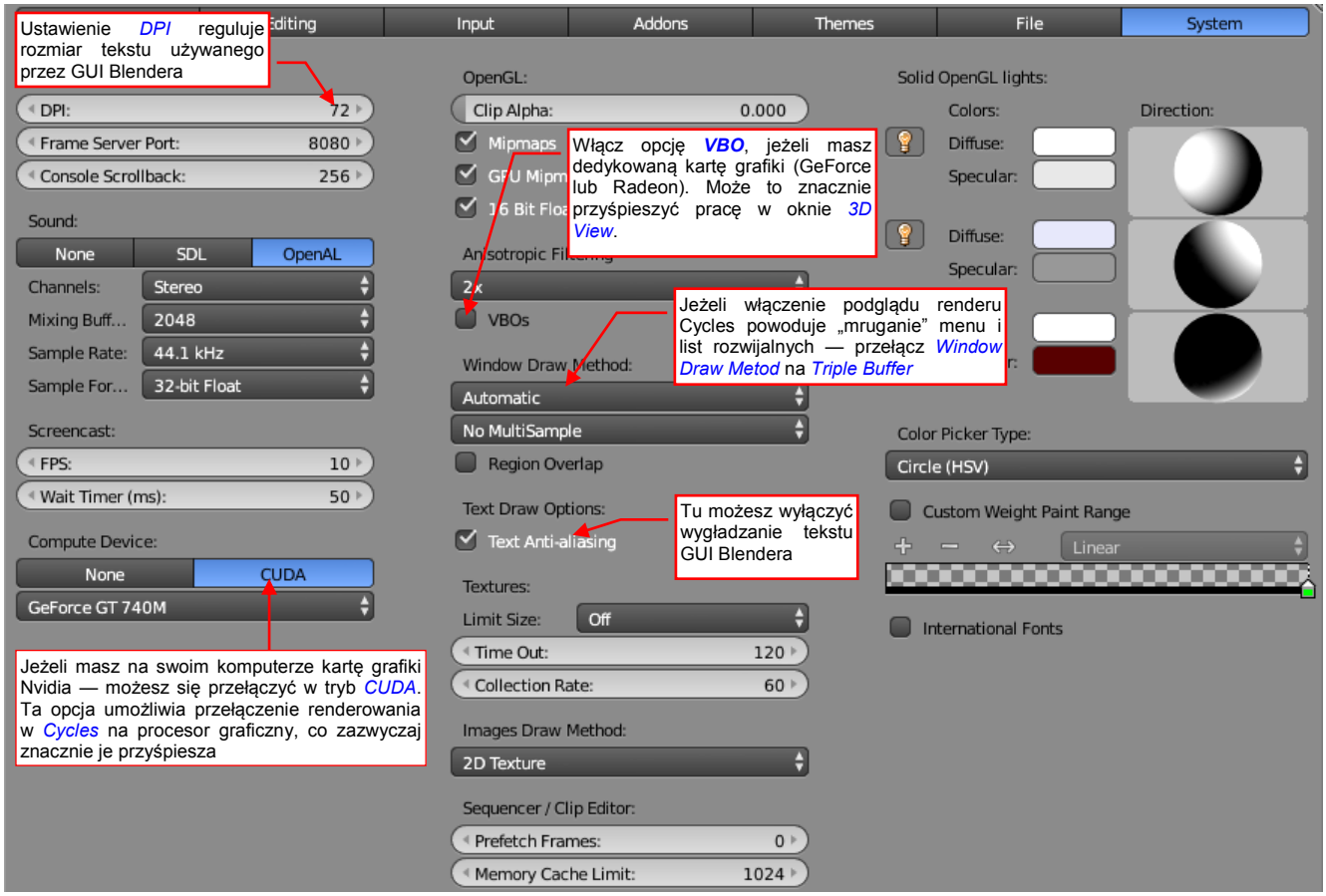
Rysunek 4.4.8 Ustawienia Blendera — sekcja *Themes*

Sekcja ***File*** zawiera domyślne ścieżki, na których Blender ma poszukiwać różnych rodzajów plików. Niczego w niej nie musiałem zmieniać. (Rysunek 4.4.9):



Rysunek 4.4.9 Ustawienia Blendera — sekcja *File*

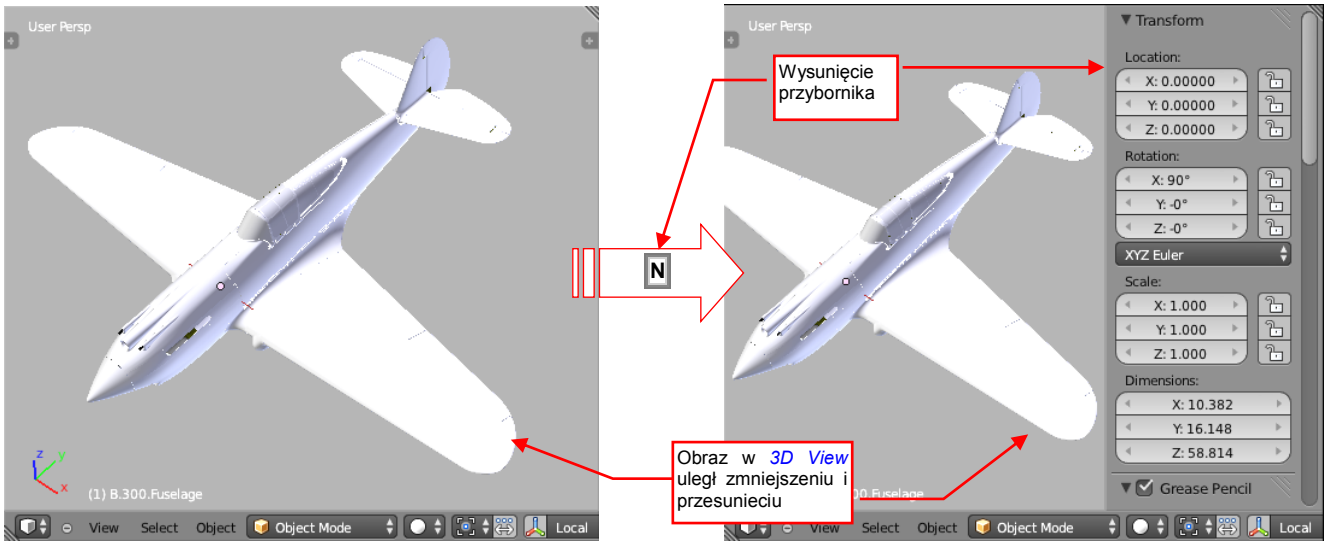
Wreszcie sekcja ***System*** (Rysunek 4.4.10). Tu także niczego nie zmieniałem:



Rysunek 4.4.10 Ustawienia Blendera — sekcja *System*

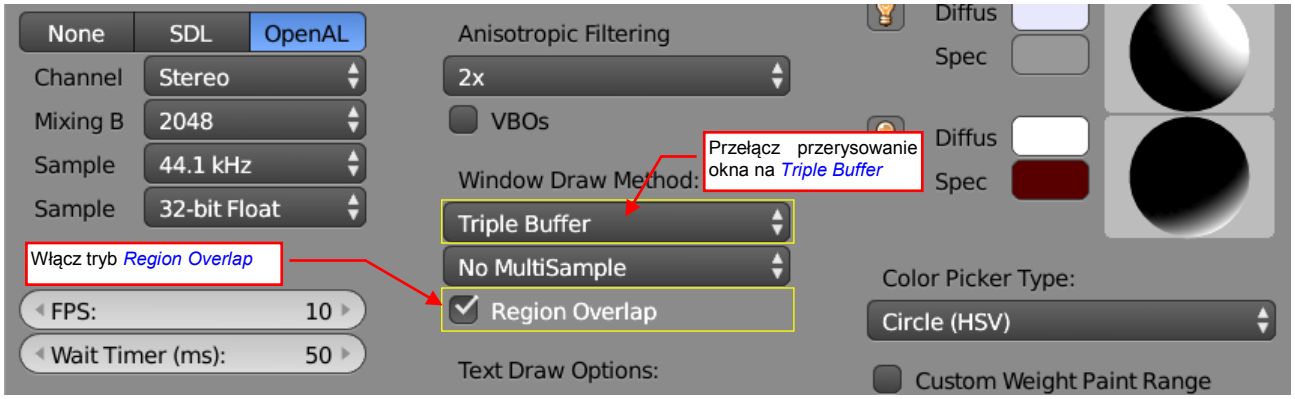
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Przy okazji omawiania sekcji *System* wspomnę o pewnym udogodnieniu. W domyślnej konfiguracji Blendera wysunięcie przybornika z boku okna *3D View* powoduje zmniejszenie wyświetlanego obrazu (Rysunek 4.4.11):



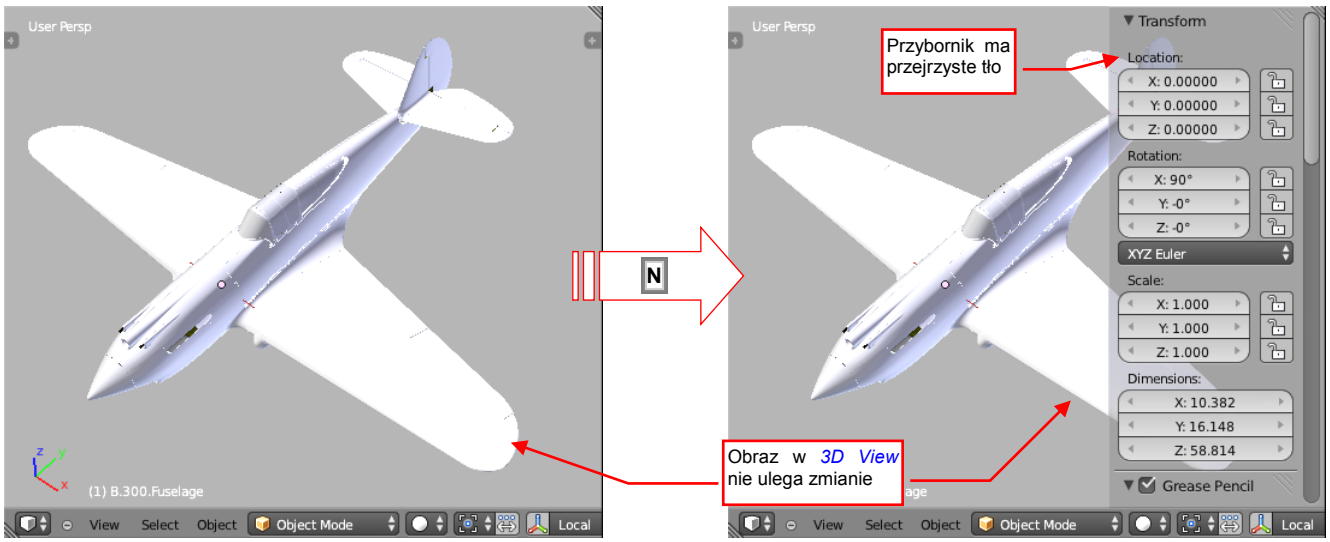
Rysunek 4.4.11 Pomniejszanie obrazu przy otwarciu przybornika

Mówiąc szczerze, niezbyt lubię ten efekt. Na szczęście w Blenderze 2.66 pojawiła się alternatywa: zaznacz w zakładce *System* opcję ***Region Overlap*** i przełącz *Window Draw Method* na ***Triple Buffer*** (Rysunek 4.4.12):



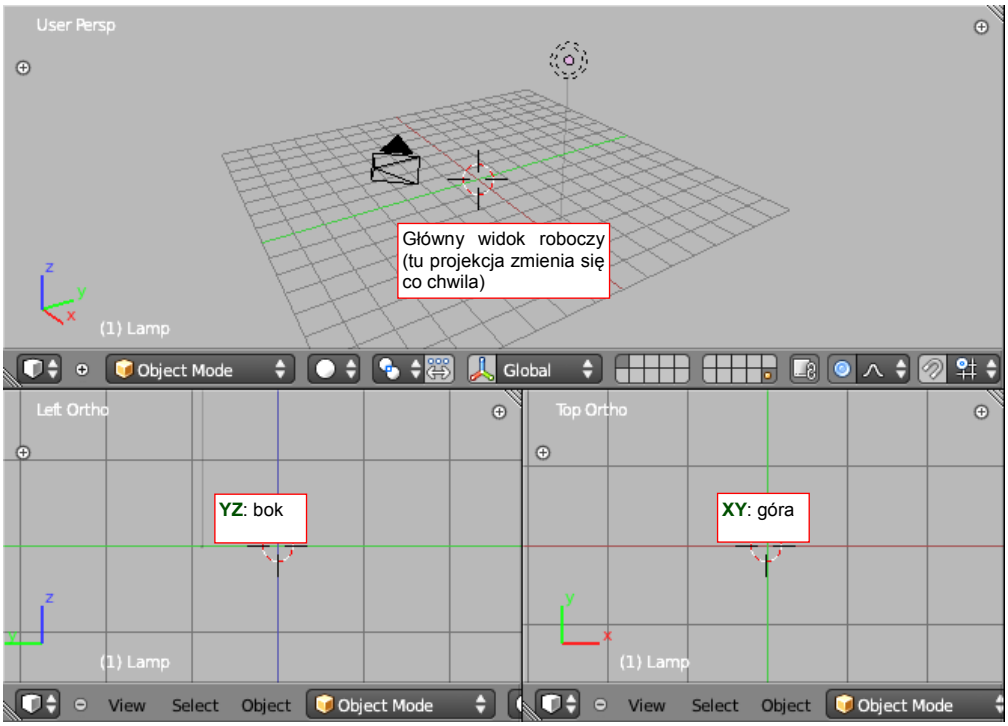
Rysunek 4.4.12 Zmiana parametrów w sekcji *User Preferences:System*

W rezultacie tło przyborników stało się półprzejrzyste, i teraz „wysuwają się” ponad obrazem (Rysunek 4.4.13):



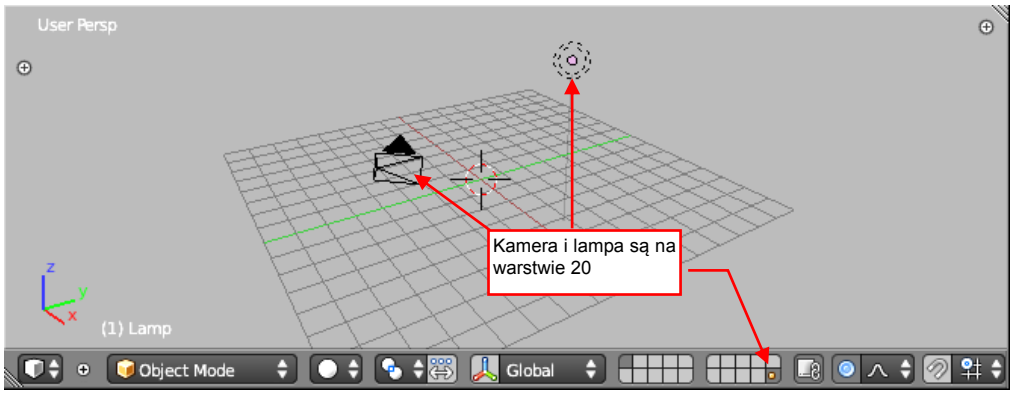
Rysunek 4.4.13 Półprzeźroczyste tło przybornika, zachowujące oryginalny rozmiar obrazu

W stosunku do oryginalnej wersji Blendera, wprowadziłem także parę zmian w domyślnym układzie ekranu. Nie było to niezbędne, ale często łapałem na tym, że ciągle w ten sam sposób poprawiam zawartość nowo utworzonego rysunku. Po co? Zapisałem raz poprawiony plik jako domyślny, i w ten sposób oszczędziłem sobie ciągłej roboty (Rysunek 4.4.14):



Rysunek 4.4.14 Trzy widoki robocze

Zwróć uwagę, że usunąłem ze sceny "pudełko", które Blender domyślnie umieszcza pośrodku sceny. (Zawsze pierwszą rzeczą, którą robiłem, było pozbycie się tego obiektu). Przesunąłem także obiekty związane wyłącznie z renderingiem — kamerę i lampę — na warstwę 20 (Rysunek 4.4.15):



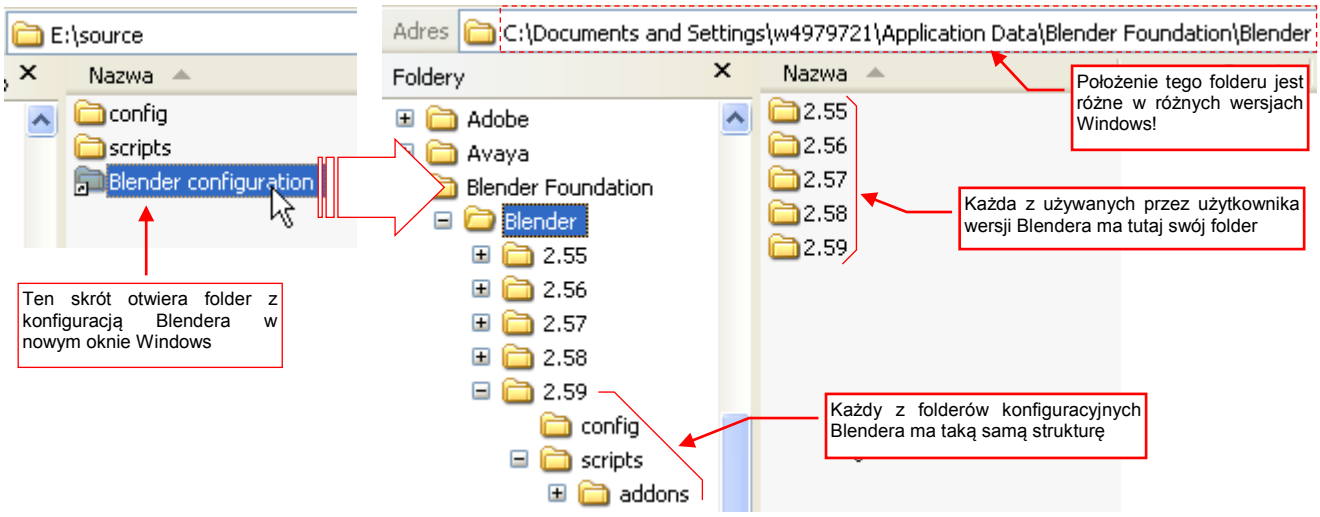
Rysunek 4.4.15 Warstwa obiektów związanych z renderingiem: kamery i lampy

To taka moja konwencja — oczywiście, możesz to sobie zorganizować inaczej.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

4.5 Pliki konfiguracji Blendera

Gdy choć raz wywołasz w Blenderze polecenie *File→Save Startup File*, lub naciśniesz w oknie *User Preferences* przycisk *Save User Settings*, Blender zapisze w Twoim profilu użytkownika zmienioną konfigurację. Stosunkowo trudno znaleźć folder, zawierający te dane. Jest tworzony (przynajmniej w Windows) w ukrytym katalogu *Application Data*. W różnych wersjach Windows *Application Data* znajduje się w różnych miejscach profilu użytkownika. W dodatku Eksplorator Windows w każdej wersji językowej systemu wyświetla nazwę tego folderu w lokalnym języku (podobnie jak *My Documents*) co pogłębia zamieszanie. (Nawet gdybym podał ścieżkę do tego folderu dla każdej wersji Windows, część użytkowników i tak by go nie znalazła).
Zamiast tego przygotowałem w pliku *source.zip* (por. str. 18) skrót *Blender configuration*. Wykorzystuje zmienną środowiskową Windows (**APPDATA**) by otworzyć w Eksploratorze Windows Twój folder z konfiguracją Blendera (Rysunek 4.5.1):

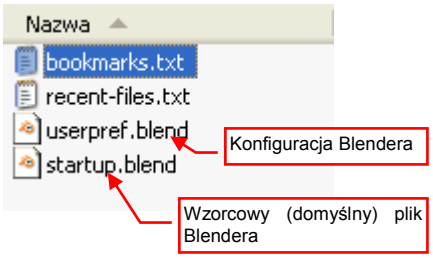


Rysunek 4.5.1 Otwarcie folderu na konfiguracje Blendera

Każda z wersji Blendera przechowuje tu swoje pliki w oddzielnym katalogu (Rysunek 4.5.1). Dzięki temu możesz z nich korzystać jednocześnie (np. aby sprawdzić, jak coś działało poprzednio). Gdy instalujesz nową wersję programu, przy pierwszym uruchomieniu Blender proponuje skopiowanie konfiguracji z wersji poprzedniej.

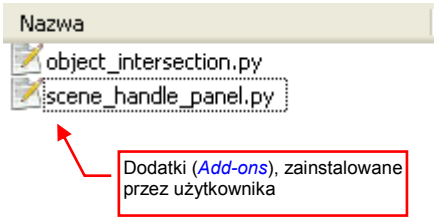
Wewnątrz katalogu każdej wersji znajdują się dwa podfoldery:

- *config*: zawiera dwa ważne pliki (Rysunek 4.5.2) Pierwszy z nich nazywa się *userpref.blend*. Są w nim przechowywane wszelkie ustawienia z okna *User Preferences*, zapisane przyciskiem *Save User Settings*. Drugim plikiem jest *startup.blend*. Zawartość tego pliku Blender wyświetla bezpośrednio po uruchomieniu, lub gdy wybierzesz polecenie *File→New*. Plik *startup.blend* determinuje m.in. domyślny układ ekranu Blendera Możesz go zastąpić jakimś bieżącym rysunkiem, wywołując polecenie *File→Save Startup File*.



Rysunek 4.5.2 Zawartość subfolderu *config*

- *scripts\addons*: w podfolderze *addons* Blender przechowuje dodatki (*add-ons*) zainstalowane przez użytkownika (Rysunek 4.5.3, por. także str. 285). Dzięki temu są przenoszone z całą konfiguracją przy aktualizacji do nowej wersji programu.



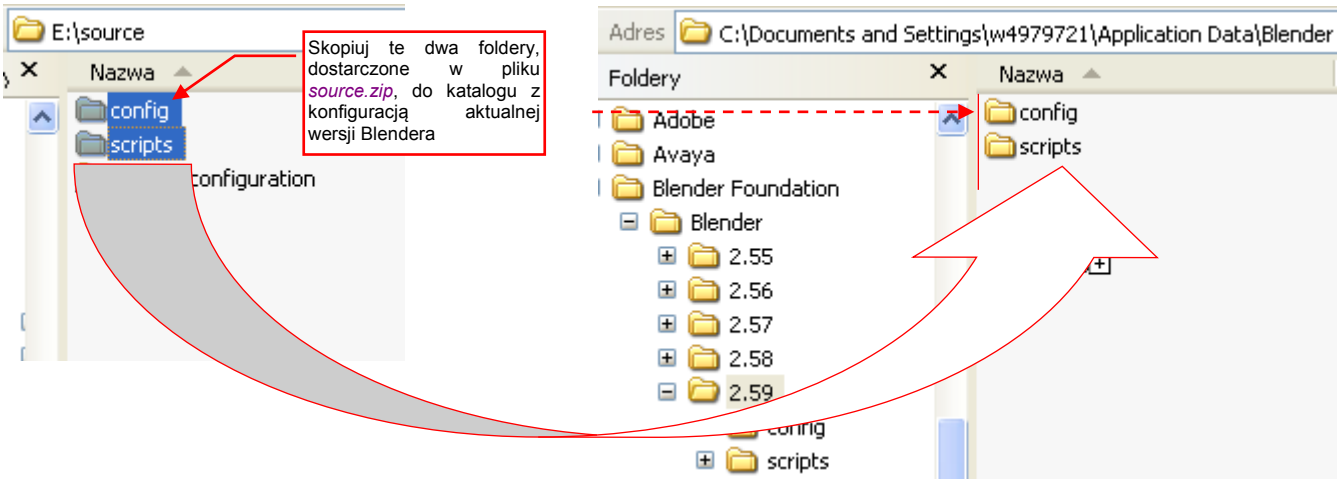
Rysunek 4.5.3 Zawartość *scripts\addons*

W operowaniu konfiguracją Blendera nie ma żadnej „ukrytej magii” . Wystarczy zmieniać odpowiednie pliki. Na przykład, instalację grupy dodatków (*add-on*), możesz wykonać na dwa sposoby:

- łatwy: używając GUI Blendera (tak jak to jest opisane na str. 285) — ale wtedy musisz wgrywać po kolei każdą wtyczkę;
- zaawansowany: jednym ruchem skopiować wszystkie pliki wtyczek do podkatalogu *scripts\addons* folderu z konfiguracją Blendera. Wymaga to tylko wiedzy, gdzie ten folder się znajduje, i za pierwszym razem należy po prostu tam założyć takie podkatalogi;

Podobnie możesz się przełączać pomiędzy się różnymi konfiguracjami Blendera — wystarczy przechowywać pod inną nazwą lub w innym miejscu alternatywne pliki *userpref.blend* i *startup.blend*. Gdy skopiujesz do folderu *config* ich nowe wersje — Blender posłuży się nimi przy najbliższym uruchomieniu .

Abyś mógł podążać za przykładami, umieszczonymi w tej książce, w pliku *source.zip* dostarczyłem podkatalogi *config* i *scripts* z odpowiednią konfiguracją Blendera. Na wszelki wypadek najpierw skopiuj wszystkie pliki z Twoją oryginalną konfiguracją w jakieś inny miejsce. Potem po prostu przenieś odpowiednie te dwa podkatalogi z *source.zip* do folderu z konfiguracją Twojej aktualnej wersji Blendera (Rysunek 4.5.4):



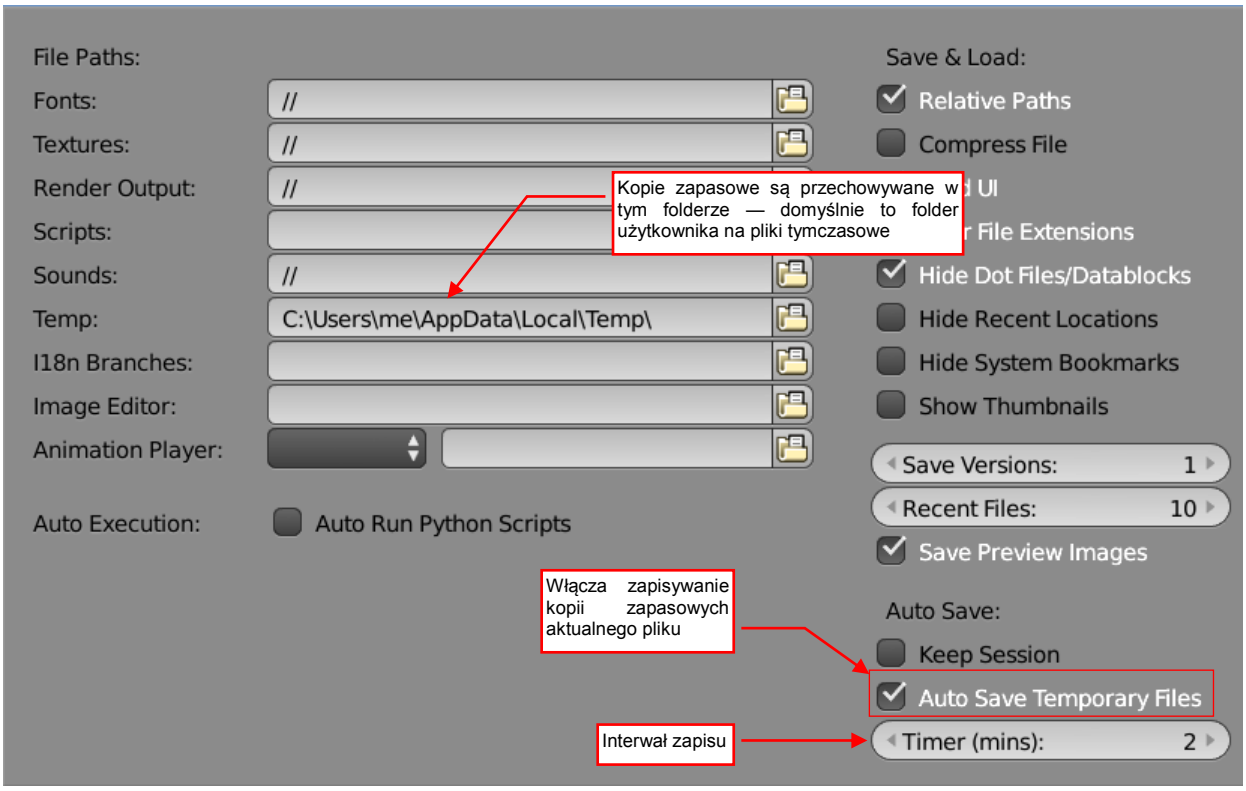
Rysunek 4.5.4 Przeniesienie konfiguracji Blendera, wymaganej dla tej książki

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

4.6 Kopia bezpieczeństwa i odtwarzanie

W tej sekcji opiszę sposób „awaryjnego” odzyskiwaniu pliku. Uczciwie mogę powiedzieć, że przez długi czas (pierwszych 7-8 miesięcy pracy) Blender zachowywał mi się bardzo stabilnie. Na palcach jednej ręki mógłbym policzyć sytuacje, gdy straciłem choć trochę pracy z powodu niespodziewanego zakończenia przez błąd w programie. Potem, gdy model przekroczył ok. 500 tys. ścian, a ja zacząłem używać różnych zaawansowanych funkcji, bywało, że czasami Blender mi się nagle „wysypał”. W każdym razie – istnieje pewien sposób, pozwalający odzyskać choć część pracy od ostatniego zapisu.

W oknie ***User Preferences*** przejdź do sekcji ***File*** (Rysunek 4.6.1):

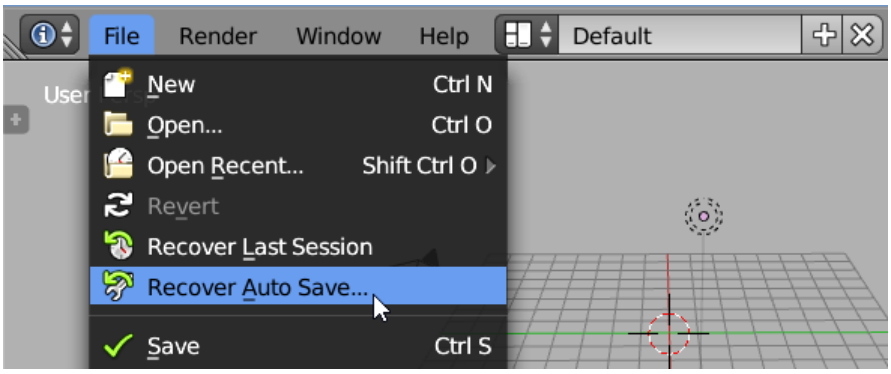


Rysunek 4.6.1 Włączenie automatycznego zapisu

Ważne są tu dwie kontrolki:

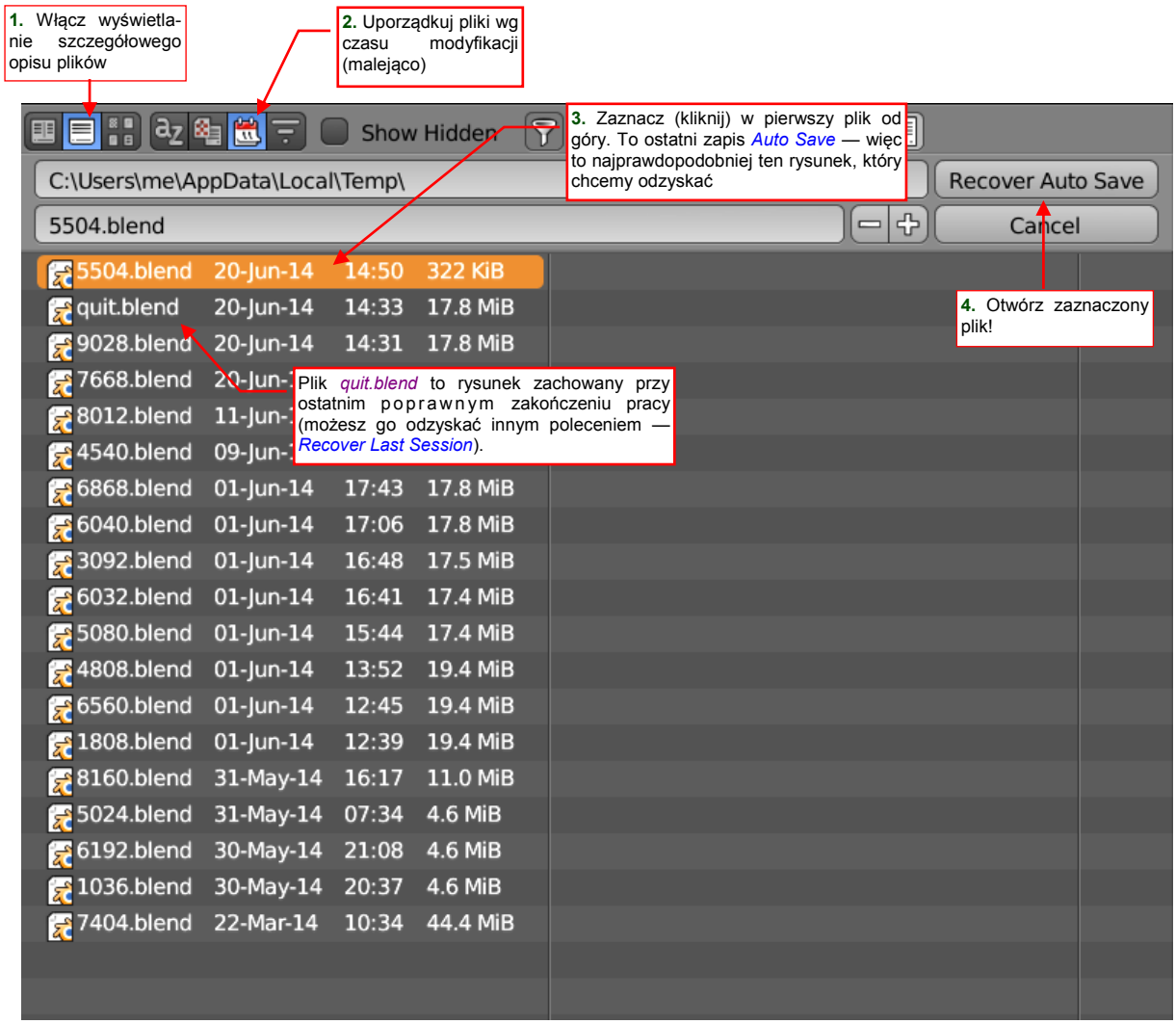
- Opcja ***Auto Save Temporary Files***: moja rada: pozostaw ją zawsze włączoną, jak na ilustracji;
- Pole numeryczne ***Timer***: tu wpisz, co ile minut ma być zachowywany stan pliku;

Gdy Blender nagle zgłosił „fatalny” błąd i został zamknięty przez system operacyjny, nie popadaj w rozpacz. Jeżeli miałeś włączony *Auto Save*, możesz jeszcze odzyskać swoją pracę. Uruchom ponowie Blender, a następnie wywołaj polecenie ***File→Recover Auto Save*** (Rysunek 4.6.2):



Rysunek 4.6.2 Przejście do odzyskiwania pliku

Blender otworzy wówczas w oknie wyboru plików Twój folder tymczasowy (Rysunek 4.6.3):



Rysunek 4.6.3 Wybór pliku do odzyskania

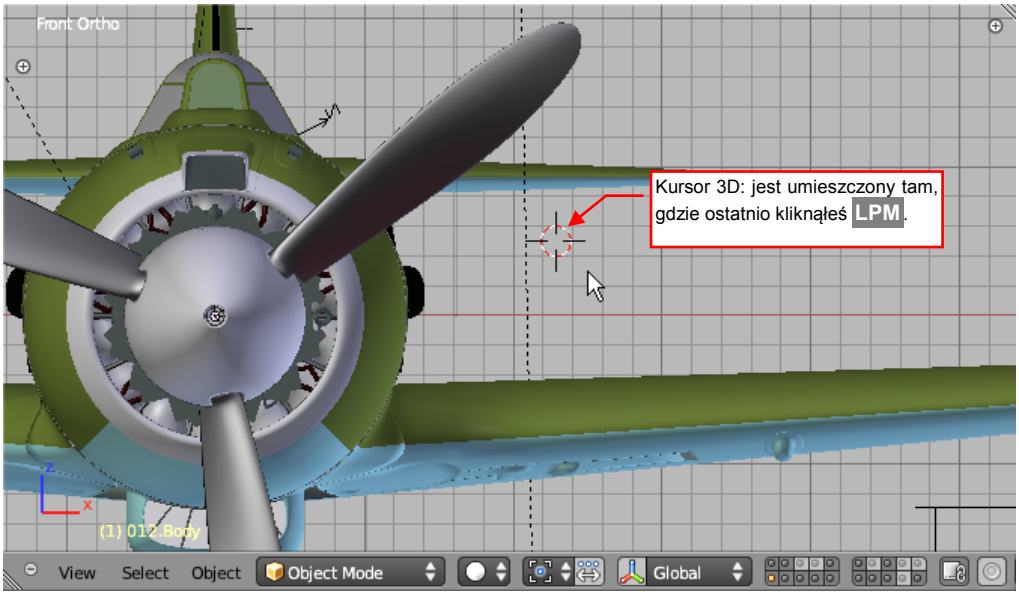
Dużo tutaj plików Blendera, prawda? I w dodatku nazwy wszystkich to jakieś niezrozumiałe, numeryczne nazwy! To właśnie efekty automatycznego zachowywania. Blender zapisuje plik pod nazwą, która jest tzw. „identyfikatorem procesu” (ang. *process ID* — skrót: *PID*). Co prawda — nie wiesz, jaki numer procesu miała sesja Blendera, która zakończyła się tym fatalnym błędem. Nie przejmuj się jednak tym: znajdziemy potrzebny plik, posługując się czasem jego modyfikacji. Włącz w nagłówku okna wyświetlanie szczegółów opisu plików (Rysunek 4.6.3). Następnie uporządkuj je malejąco według daty. Przypuszczalnie pierwszy od góry plik pochodzi z ostatnich kilkunastu minut — i to jest ten, którego szukamy! Zaznacz go (kliknięciem) i otwórz w Blenderze. Gdy się przekonasz, że to jest właściwy rysunek, zapisz go pod inną nazwą w tym samym folderze, w którym trzymasz poprzednie wersje swoich prac. Potem po prostu pracuj dalej. Robiłem tak niejeden raz. Pliki, odzyskane w ten sposób, są zupełnie normalne — bez żadnych luk w danych, czy skaz w zapisie.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

4.7 Kursor 3D — ustalanie położenia

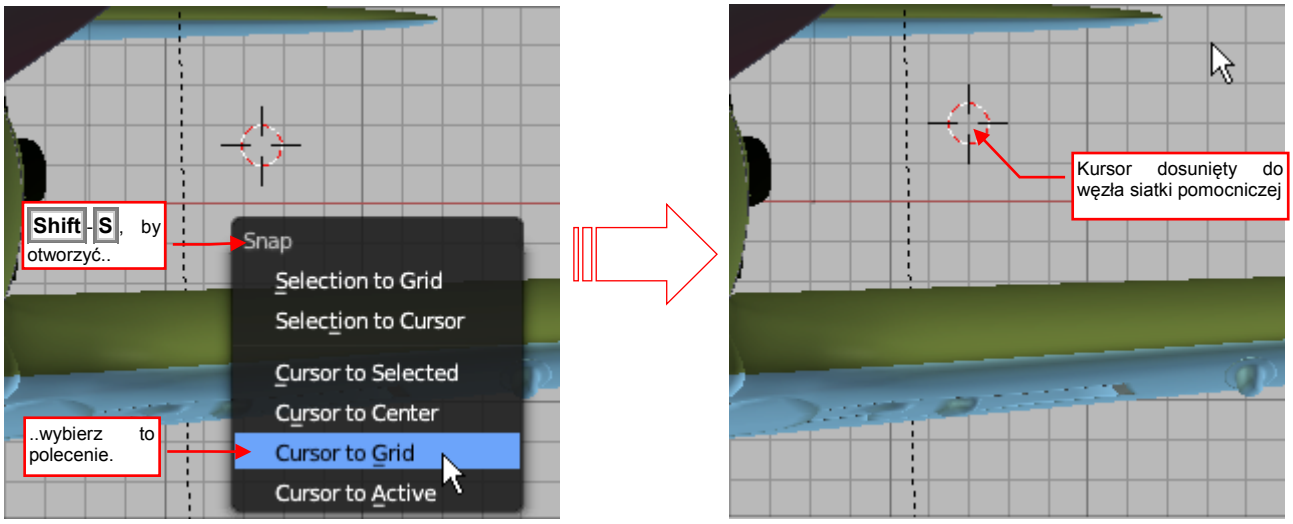
Kursor 3D (*3D Cursor*) jest w Blenderze specjalnym punktem w przestrzeni. Wyznacza "aktualną pozycję", która jest używana podczas dodawania do sceny nowych obiektów. Może być także wykorzystany jako punkt odniesienia podczas obrotu, zmiany skali, lub odbicia lustrzanego (*Mirror*).

Położenie kursora 3D jest oznaczane niewielkim krzyżem, otoczonym czerwono-białą obwódką (Rysunek 4.7.1):



Rysunek 4.7.1 Kursor 3D na scenie

Kliknięcie LPM można traktować jako pierwszą, przybliżoną metodę wskazania położenia kursora. Z oczywistych przyczyn nie jest specjalnie dokładnie. Potem możesz zawsze dosunąć kursor do najbliższego węzła "kratki pomocniczej" (*grid*), która jest naniesiona na płaszczyznę widoku. Naciśnij w tym celu Shift-S (*Object→Snap*), i wybierz z menu ***Snap*** polecenie ***Cursor to Grid*** (Rysunek 4.7.2):



Rysunek 4.7.2 Dosunięcie kursora do węzła siatki pomocniczej (*grid*)

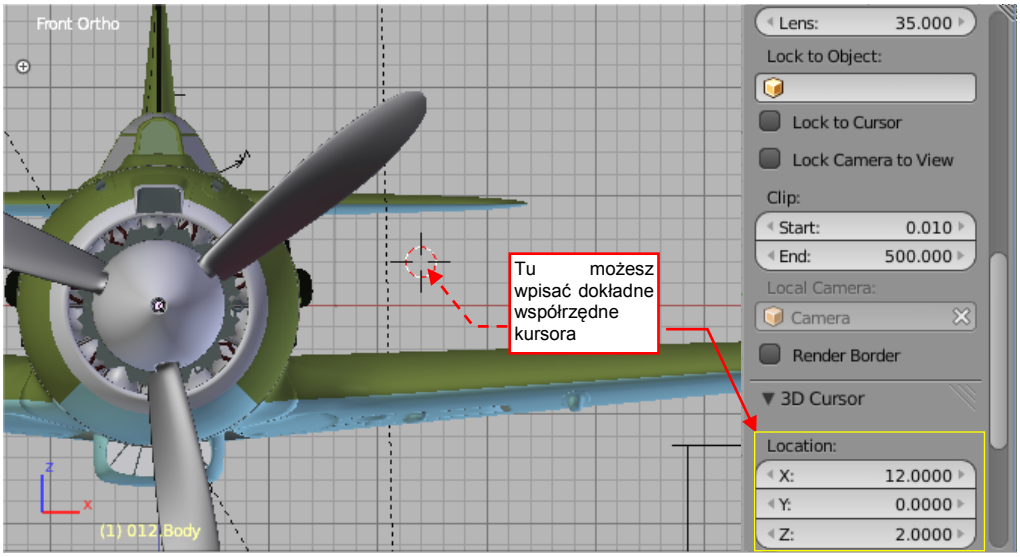
- W podobny sposób możesz także wybrać polecenie ***Cursor to Selected***. W trybie obiektu (*Object Mode*) kursor zostanie umieszczony w środku (tzn. punkcie odniesienia) aktualnie zaznaczonego obiektu. W trybie edycji siatki (*Edit Mode*) kursor przesunie się do aktualnie zaznaczonego wierzchołka

Podczas modelowania prawie przez cały czas używam kursora 3D.

- Polecenie *Snap→Cursor to Selected*, w połączeniu ze zmianą skali do zera (często tylko wzdłuż jednej osi) pozwala szybko ustawić obiekty lub wierzchołki dokładnie w takim położeniu, jakie jest potrzebne.

Przykład wykorzystania kursora 3D do dokładnego pozycjonowania wierzchołków znajdziesz na str. 335.

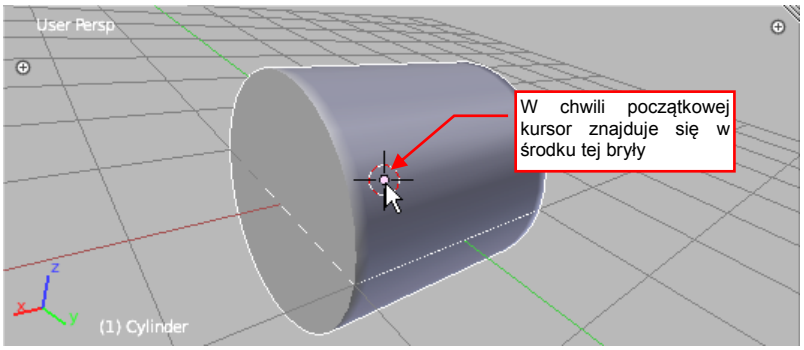
Dokładne położenie kursora 3D można także po prostu wpisać. Wywołaj przybornik *Properties* (N, albo ***View→Properties***). W przyborniku, w panelu *3D Cursor* znajduje się sekcja *Location* (Rysunek 4.7.3):



Rysunek 4.7.3 Ustalanie położenia kursora w przyborniku *Properties:View*

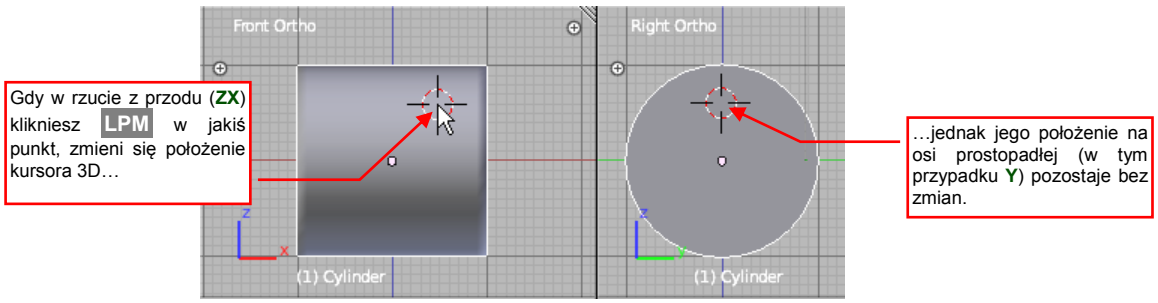
Możesz z niej bezpośrednio odczytać lub wpisać liczbowe wartości współrzędnych ***X***, ***Y***, ***Z*** kursora.

Warto wspomnieć o jeszcze jednej możliwości. Pokażę ją na przykładzie modelu walca (Rysunek 4.7.4):



Rysunek 4.7.4 Przykładowy model walca

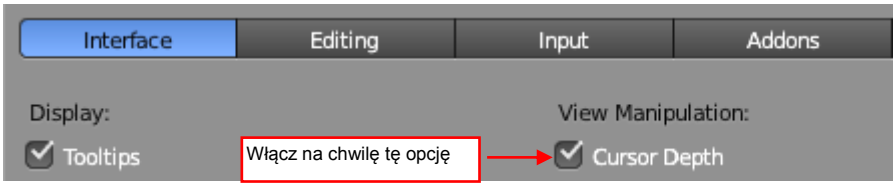
Gdy klikniesz gdzieś w oknie *3D View* LPM, Blender umieści tam kursor 3D, nie zmieniając jednak jego położenia wzdłuż osi prostopadłej do ekranu (Rysunek 4.7.5):



Rysunek 4.7.5 Zwykłe przenoszenie kursora 3D za pomocą myszki

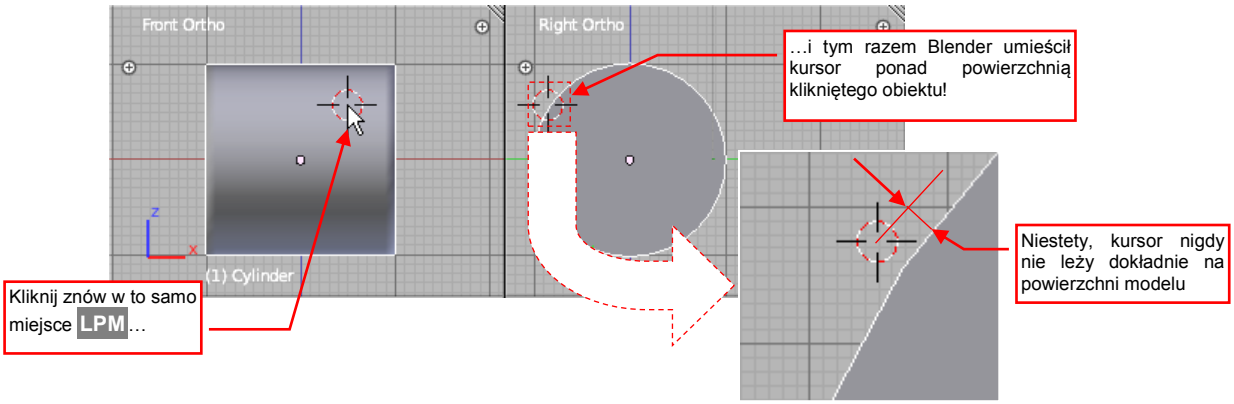
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Włącz jednak oknie *User Preferences* włączysz opcję ***Cursor Depth*** (Rysunek 4.7.6, por. także str. 262, Rysunek 4.4.2):



Rysunek 4.7.6 Włączenie opcji *Auto Depth*

Wówczas, gdy klikniesz LPM w jakieś miejsce na powierzchni modelu, kursor zostanie umieszczony tuż ponad jego powierzchnią (Rysunek 4.7.7):



Rysunek 4.7.7 Przenoszenie kursora 3D z włączoną opcją *Cursor Depth*

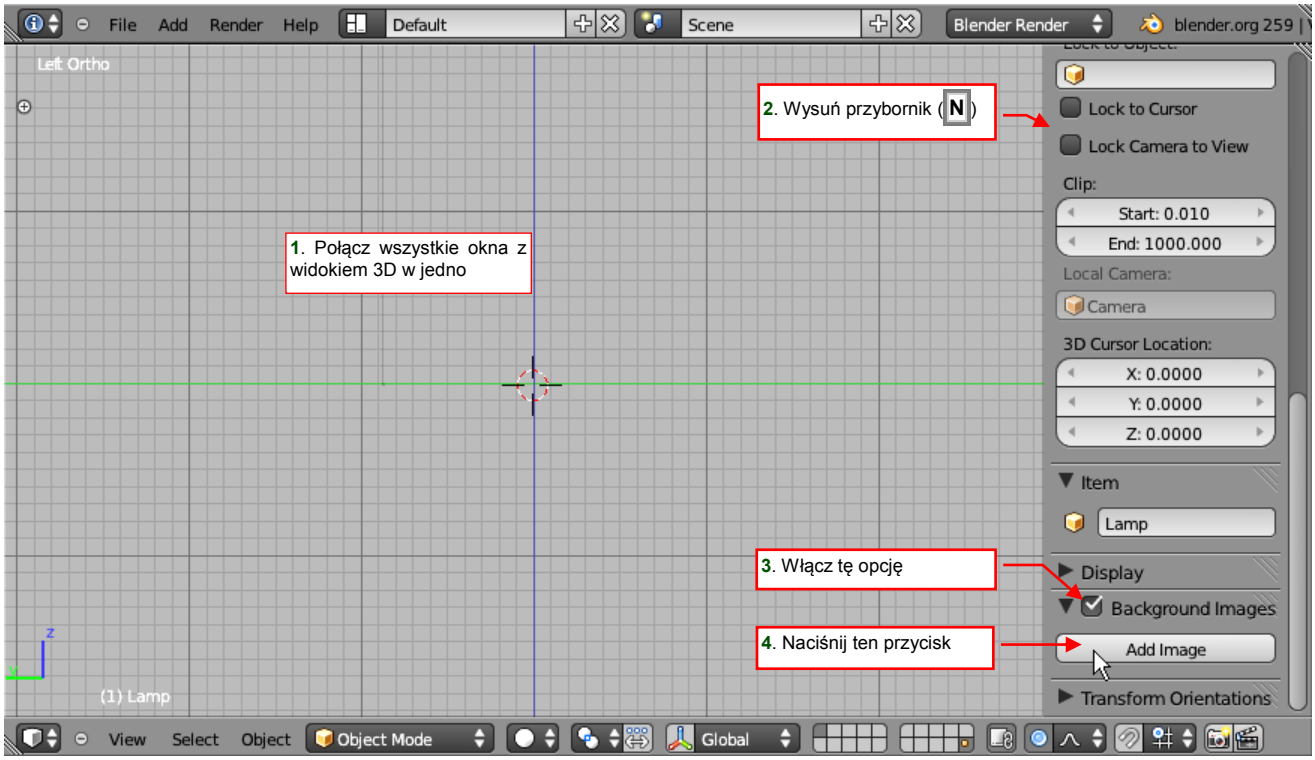
Niestety, w tym trybie kursor nigdy nie jest umieszczany dokładnie na powłoce klikniętej siatki. W dodatku jego odległość od ściany wydaje się zależeć od kąta pochylenia do płaszczyzny widoku. Wydaje mi się, że ten brak dokładności praktycznie uniemożliwia wykorzystanie tego trybu do modelowania konstrukcji, takich jak samolot.

- Podczas budowy modelu prezentowanego w tej książce, tryb *Cursor Depth* był wyłączony.

Zdecydowałem się jednak wspomnieć o tej opcji. Nie mogę bowiem wykluczyć, że przy innym stylu pracy może okazać się bardzo przydatna.

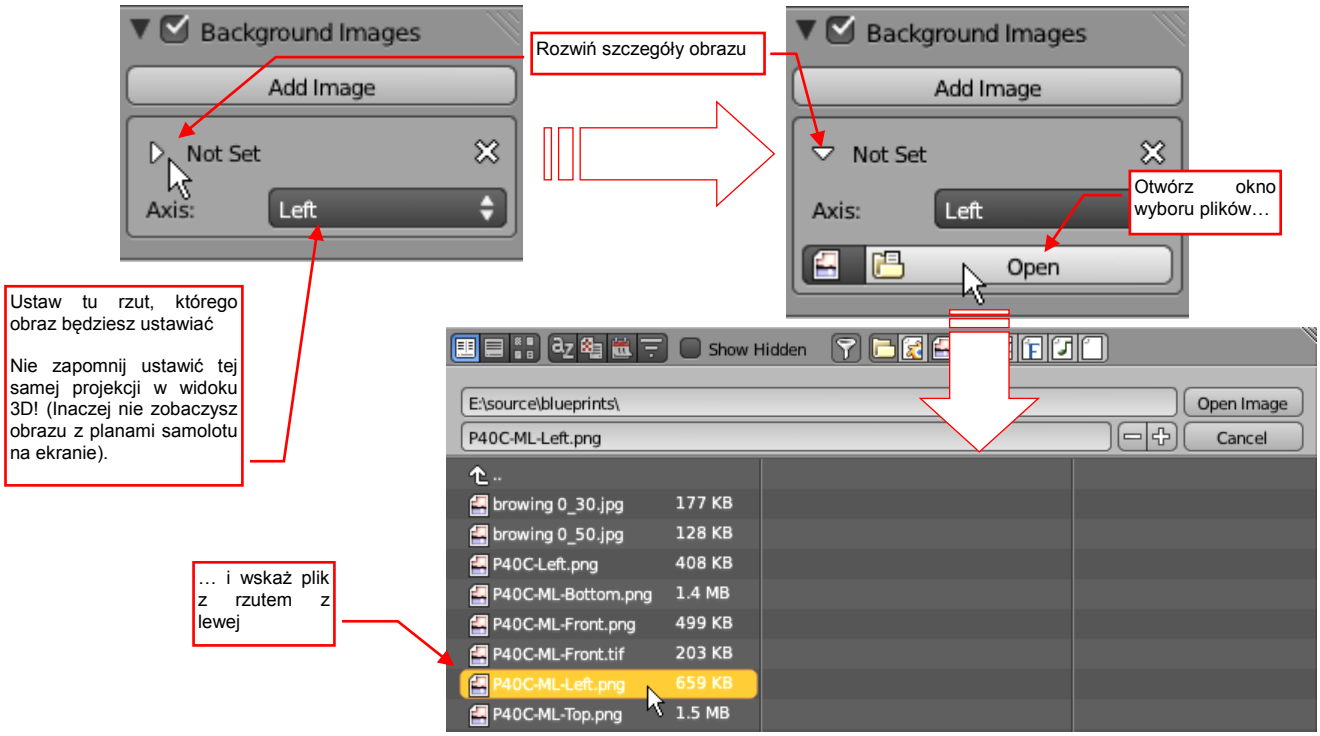
4.8 Ustalenie tła widoku (planów samolotu)

Aby podstawić plany samolotu jako tło, scal najpierw wszystkie okna *3D View* w jedno (Rysunek 4.8.1). Następnie otwórz przybornik *Properties* (N). Włącz w niej panel *Background Images*:



Rysunek 4.8.1 Przygotowanie do ustawiania tła okna *3D View*

Następnie naciśnij przycisk *Add Image* (Rysunek 4.8.1). W panelu pojawi się nowa sekcja, początkowo bez obrazu (*Not Set* — Rysunek 4.8.2):

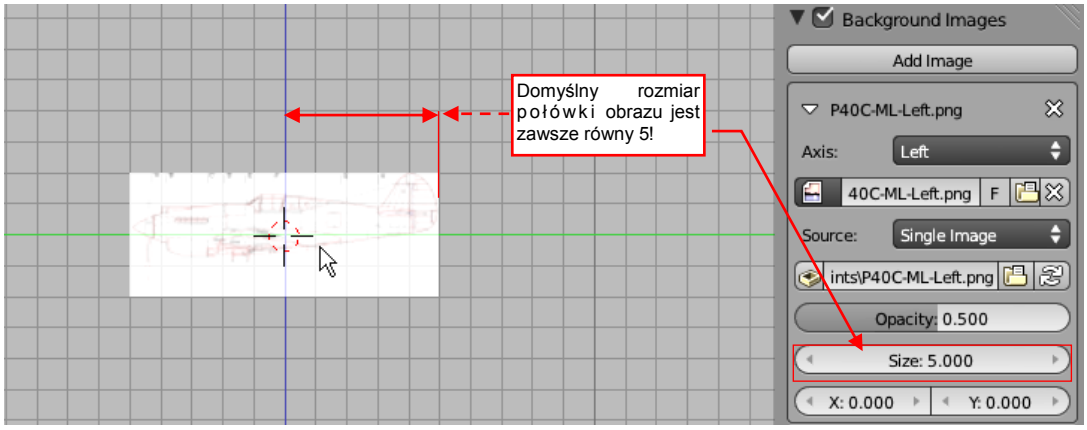


Rysunek 4.8.2 Wczytanie obrazu z rzutem samolotu

Przypisz tej sekcji obraz (przyciskiem *Open*). Ustaw też oś widoku (*Axis*), odpowiednio do wczytanego obrazu.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W środku układu współrzędnych widoku 3D powinieneś zobaczyć załadowany obraz (Rysunek 4.8.3). (Jeżeli miałeś włączone duże powiększenie, obraz może być mały):

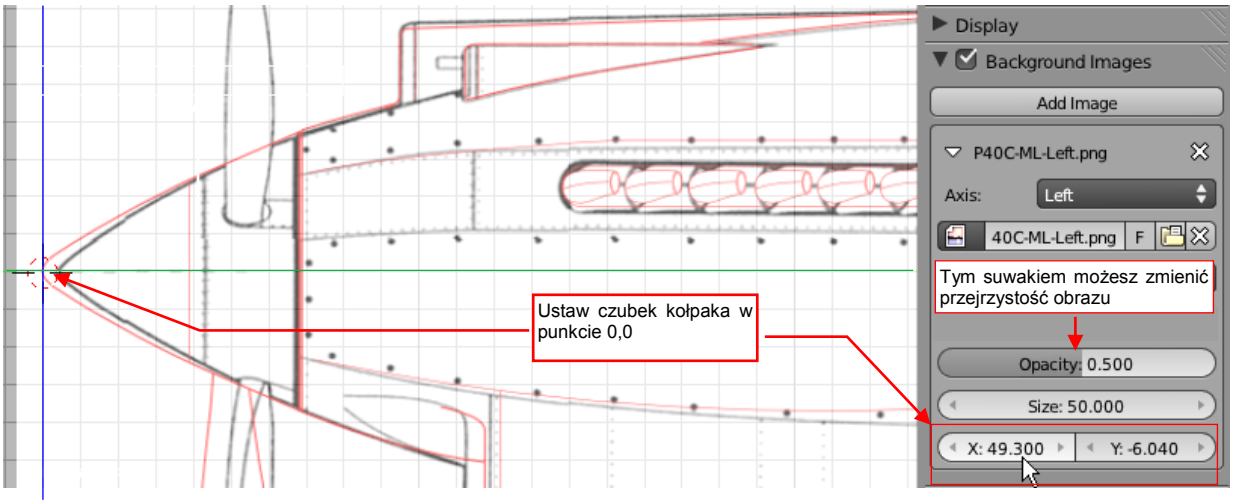


Rysunek 4.8.3 Wczytany obraz

Jeżeli na swoim ekranie nie widzisz obrazu w tle okna *3D View*, sprawdź:

- czy masz włączony widok z tej samej strony, jaki wybrałeś z listy *Axis* (por. Rysunek 4.8.2)? Jeżeli nie — ustaw go;
- czy widzisz na ekranie środek układu współrzędnych (przecięcie dwóch kolorowych osi)? Jeżeli nie — naciśnij **Home**, aby go zobaczyć;
- czy masz ustawione odpowiednie powiększenie? (Obraz może być obecnie zbyt mały, abyś go zobaczył). Spróbuj zmienić powiększenie;

Blender domyślnie ustawia rozmiar wczytanego rysunku (***Size***) na **5.0** jednostek, a jego środek umieszcza w centrum układu współrzędnych (Rysunek 4.8.3). Wartość, wpisywana w pole *Size*, określa rozmiar połowy szerokości obrazu. Zakładając, że 1 jednostka Blendera to 10 cm rzeczywistego samolotu, powinniśmy zwiększyć ***Size*** do **50.0**. (Długość kadłuba P-40C wynosiła 967cm, a nasz cały obraz będzie się w tej skali rozciągał na niewiele więcej — 100 jednostek, czyli 1000cm). Jednocześnie przesuń obraz (wartości ***X***, ***Y***) tak, by oś kadłuba pokryła się z osią **Y**, a czubek kołpaka śmigła dotykał osi **Z** (Rysunek 4.8.4).

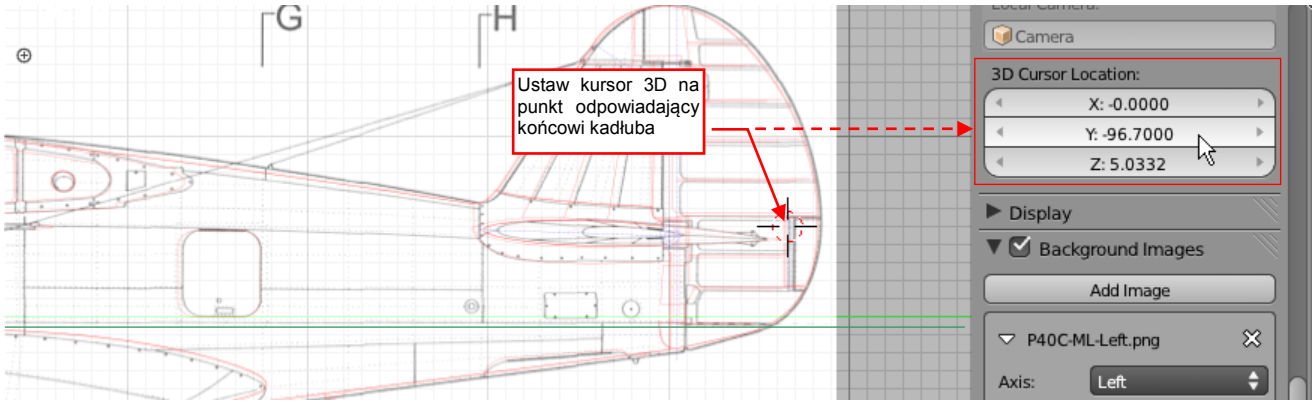


Rysunek 4.8.4 Obraz tła — wyrównanie do dokładnego ustalenia rozmiaru

- Najłatwiej jest posługiwać się tu polami ***X*** i ***Y*** jak suwakami — przesuwając myszkę (z **LPM**) ponad taką kontrolką (por. str. 65). Możesz wtedy obserwować, jak dynamicznie przesuwa się obraz tła.

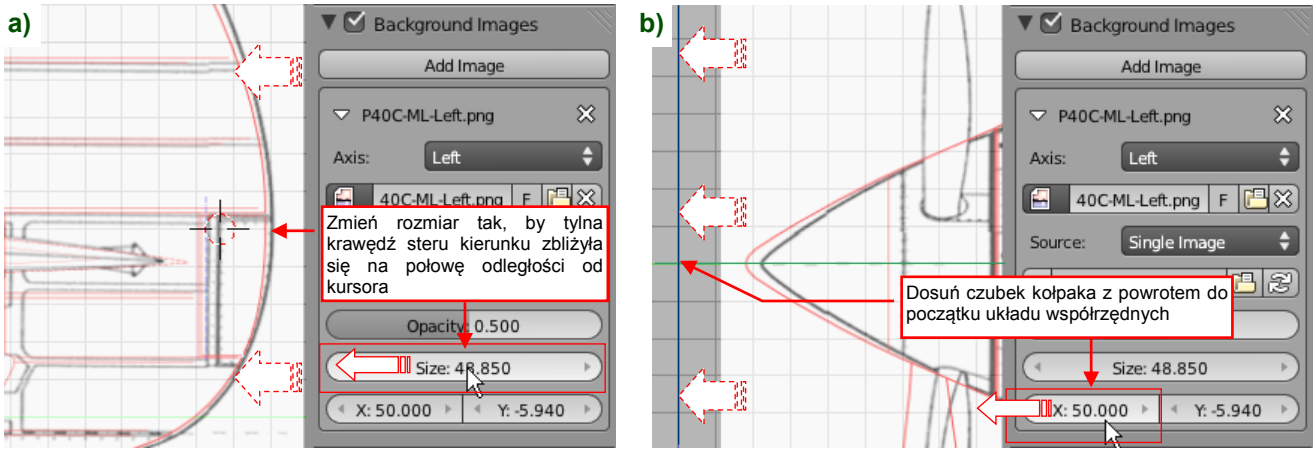
Zwróć uwagę, że kontrolki ***X*** i ***Y*** z panelu *Background Images* to lokalne współrzędne obrazu, a przestrzeni widoku. Warto także uczynić obraz tła częściowo przejrzystym, by było widać umieszczoną pod spodem siatkę. Służy do tego suwak ***Opacity*** (Rysunek 4.8.4).

Aby wyznaczyć punkt, do którego ma sięgać koniec kadłuba samolotu, w panelu ***View*** ustaw *3D Cursor Location* na współrzędne: ***X*** = **0.0**, ***Y*** = **96.7** (odpowiada 967 cm rzeczywistej długości kadłuba), ***Z*** = **0.0.** Spowoduje to pojawienie się kursora 3D w odpowiednim miejscu na osi **Y** (Rysunek 4.8.5). (Potem możesz zmienić współrzędną *Z* na nieco większą, by kursor znalazł się dokładnie tam, gdzie leży koniec kadłuba — trochę ponad osią **Y**).



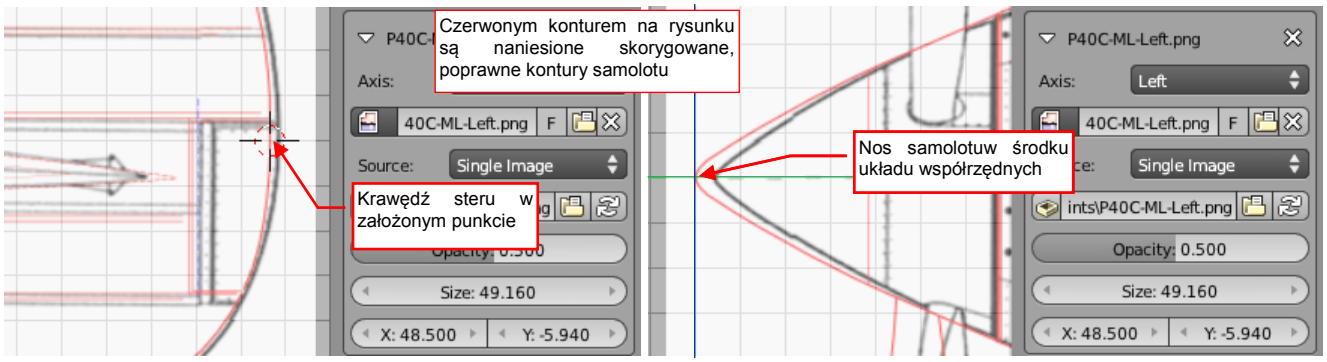
Rysunek 4.8.5 Przymiarki do ustalenia końca kadłuba

Teraz ustaw w panelu *Background Images* trochę mniejszą wartość ***Size*** — aby krawędź steru kierunku przybliżyć na mniej więcej połowę początkowego dystansu, wyznaczonego przez kursor 3D (Rysunek 4.8.6a):



Rysunek 4.8.6 Dopasowywanie rysunku tła do zadanych wymiarów

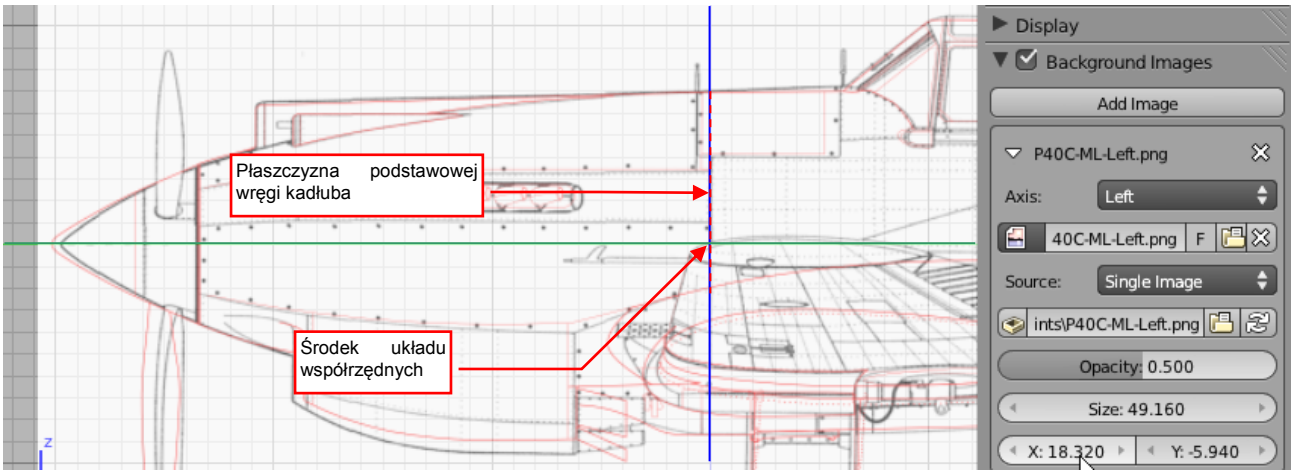
Pamiętaj, że zmiana rozmiaru zachodzi względem środka obrazu — w obydwu kierunkach! Po każdej zmianie skali przesuń się w pobliże środka układu współrzędnych. Zobaczysz tam, że nos samolotu z obrazu uległ odsunięciu w prawo (Rysunek 4.8.6b). Musisz to skorygować przesunięciem obrazu w lewo (zmianą współrzędnej *X*). Następnie znów zajrzyj na koniec kadłuba, i powtórnie zmień skalę tak, by znów zmniejszyć dystans pomiędzy krawędzią steru i kursorem 3D o połowę. Potem znów to skoryguj przesunięciem (kontrolką *X*) nosa w lewo. Po kilku takich przybliżeniach powinieneś osiągnąć założone położenie rzutu z lewej (Rysunek 4.8.7):



Rysunek 4.8.7 Rysunek dopasowany

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Po wyskalowaniu obrazu pozostaje przesunąć go w docelowe położenie. W praktyce końcówka nosa samolotu nie jest najlepszą powierzchnią odniesienia. Proponuję ustawiać obrazy tak, by przez środek układu współrzędnych przechodziła jakaś inna, "ważniejsza" dla konstrukcji powierzchnia. Użyjmy do tego celu podstawowej wręgi kadłuba, do której były zamocowane: silnik i przedni dźwigar płata[1]. Przesuń obraz (zmieniając wartość *X* obrazu) tak, by środek układu współrzędnych znalazł się w tym miejscu (Rysunek 4.8.8):

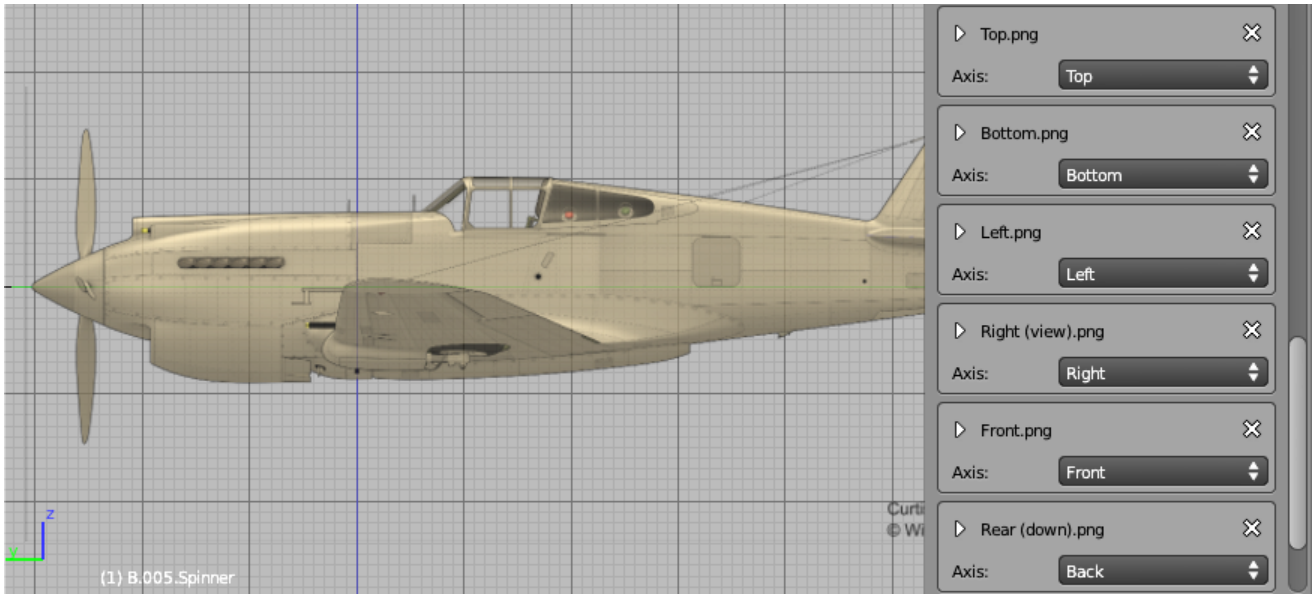


Rysunek 4.8.8 Ostateczne położenie obrazu tła — ściana ogniowa będzie powierzchnią bazową

Po widoku z boku załaduj widok z góry i dopasuj go do rozpiętości skrzydeł. Potem dostosuj współrzędną *Y* tego obrazu tak by dopasować początek i koniec kadłuba. Przypisz odpowiednią oś (*Axis*) do każdego widoku.

- Uwaga: wartość ***Size*** dotyczy dłuższego boku każdego obrazu, więc będzie inna dla rzutów z boku, i inna dla rzutów z góry/dołu!

W tym przykładzie posługiwałem się rysunkami P-40, których przygotowanie opisałem w pierwszej części tej książki (Tom I). Jeżeli jednak chcesz już skorzystać ze zweryfikowanych rysunków, użyj planów z pliku *source.zip* (por. str. 18). W jego podkatalogu *source\plans* znajdziesz dwa pełne zestawy rzutów P-40B. Rysunek 4.8.9 przedstawia okno z przypisanymi wszystkimi widokami z zestawu *p40b-lowres*:

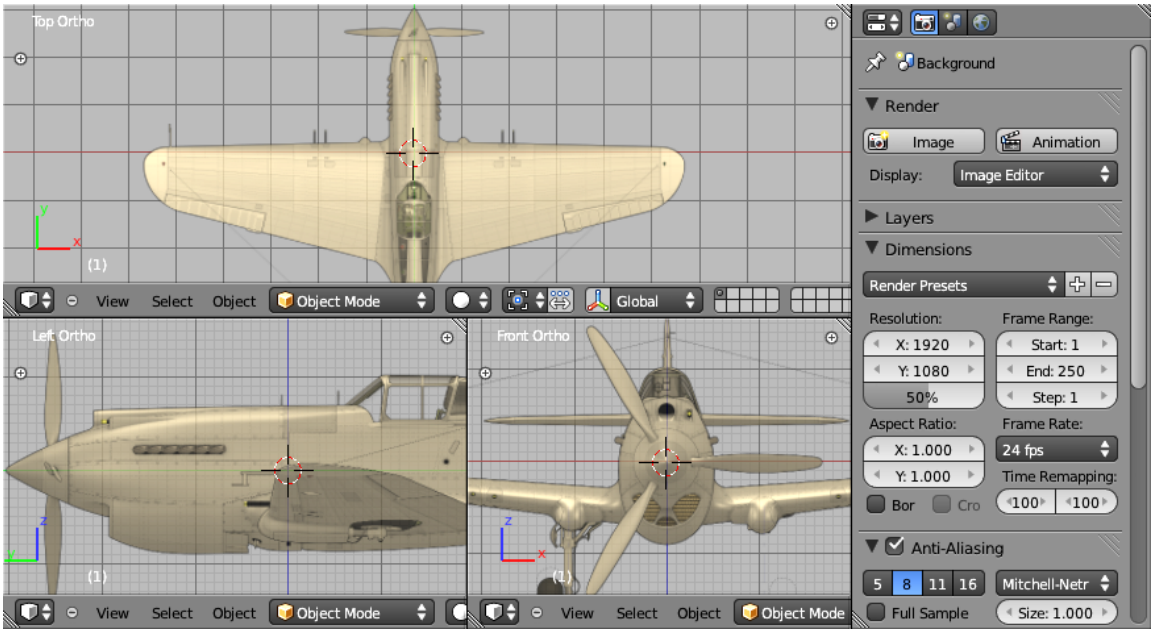


Rysunek 4.8.9 Okno z zestawem obrazów przypisanym do każdego widoku (zestawu planów do tej książki)

Nadałem tym planom odcień pomarańczowy, by odróżniały się od domyślnej szarości modelowanych siatek.

[1] Jeżeli nie planowałbym wykonania innych wersji P-40, wybrałbym jako bazę płaszczyznę podstawy kołpaka śmigła. Płaszczyzna ta uległa jednak przesunięciu od P-40D, i taki wybór utrudniłby użycie elementów z P-40B do stworzenia modelu tej nowej wersji.

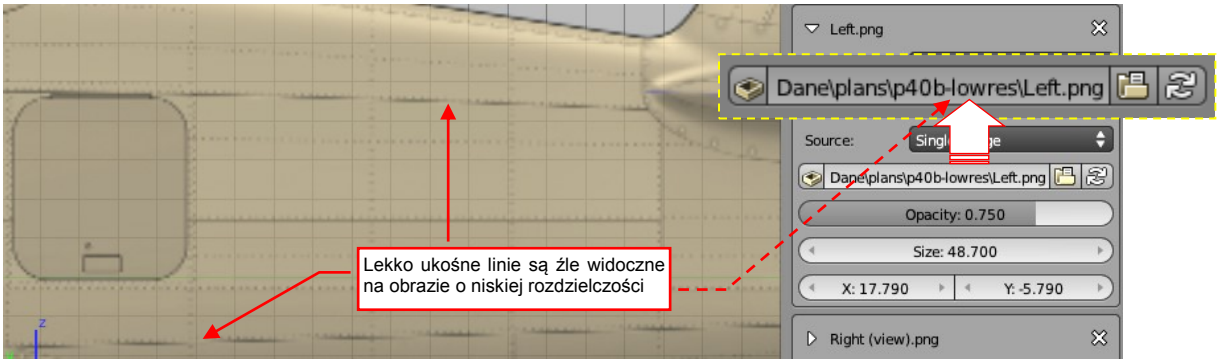
Gdy wszystkie widoki samolotu są już przypisane do okna, podziel je na kilka rzutów, których będziemy używać podczas modelowania (Rysunek 4.8.10):



Rysunek 4.8.10 Układ ekranu po ostatecznym podziale

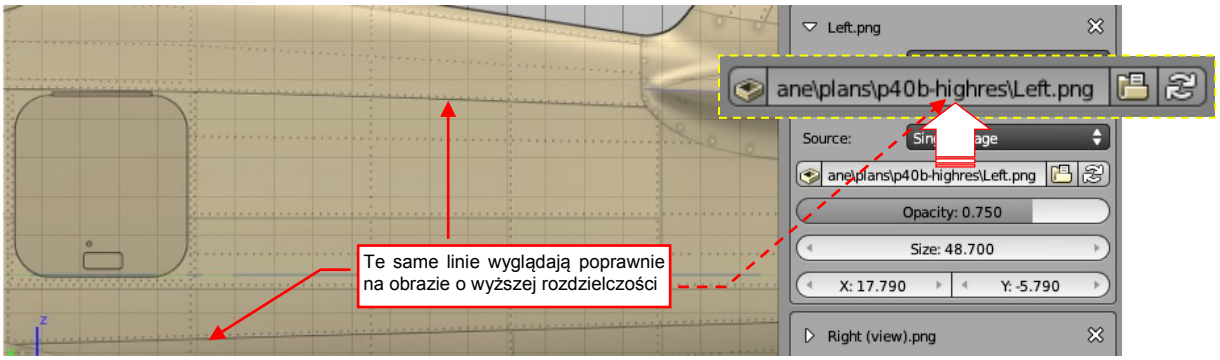
Zwróć uwagę, że Blender będzie podstawiał pod ekran obraz tła tylko wtedy, gdy wybierzesz jeden z widoków ortogonalnych: z lewej, z prawej, z góry, z dołu… (Decyduje o tym przypisana obrazowi oś *Axis*).

Na słabszych komputerach lepiej jest stosować wersje obrazów o mniejszej rozdzielczości, bo wtedy wszystkie polecenia *Pan* i *Zoom* działają szybciej. Zestaw takich obrazów znajdziesz w folderze *plans\p40b-lowres*. Mała rozdzielczość wiąże się jednak z pewnym mankamentem: zanikaniem lekko ukośnych linii (Rysunek 4.8.11):



Rysunek 4.8.11 Problem z lekko ukośnymi liniami na obrazach o małej rozdzielczości

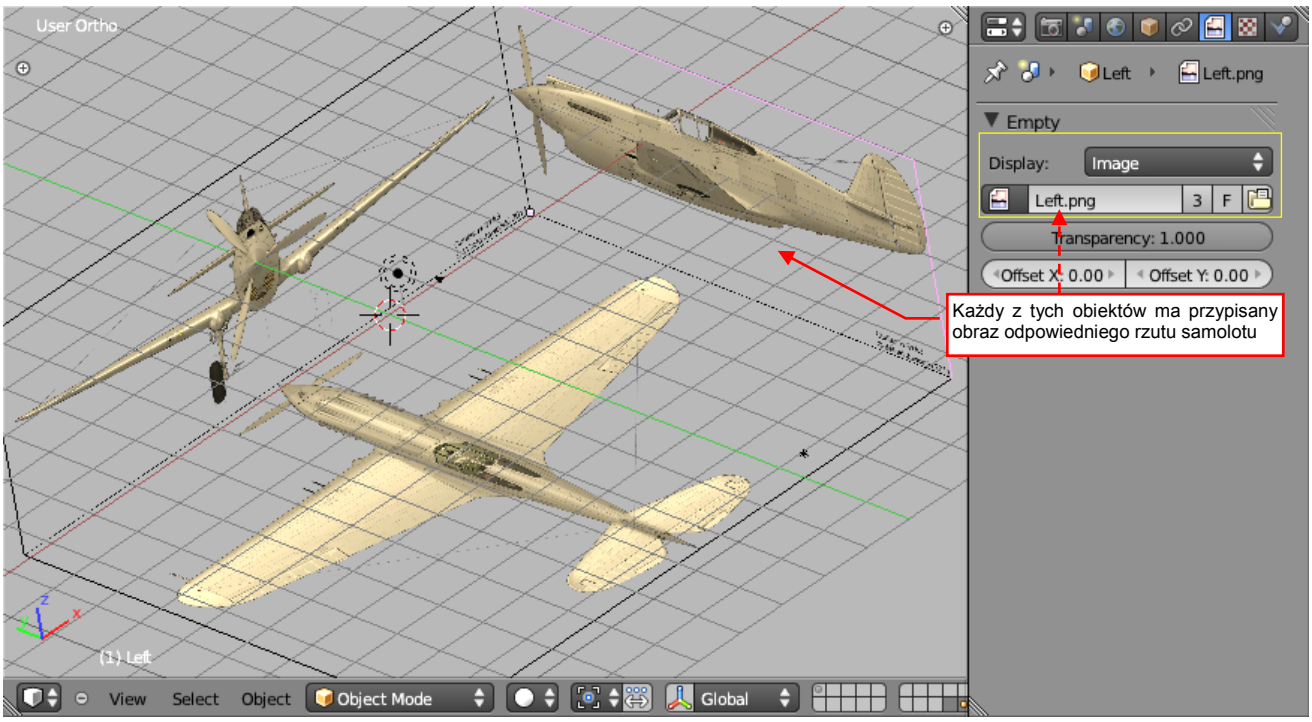
Możesz to jednak na chwilę skorygować — wystarczy że w panelu obrazu wskażesz plik z wersją o wyższej rozdzielczości (Rysunek 4.8.12). Potem w ten sam sposób z powrotem przestaw go na wersję *lowres*.



Rysunek 4.8.12 Przełączenie na obraz o większej rozdzielczości

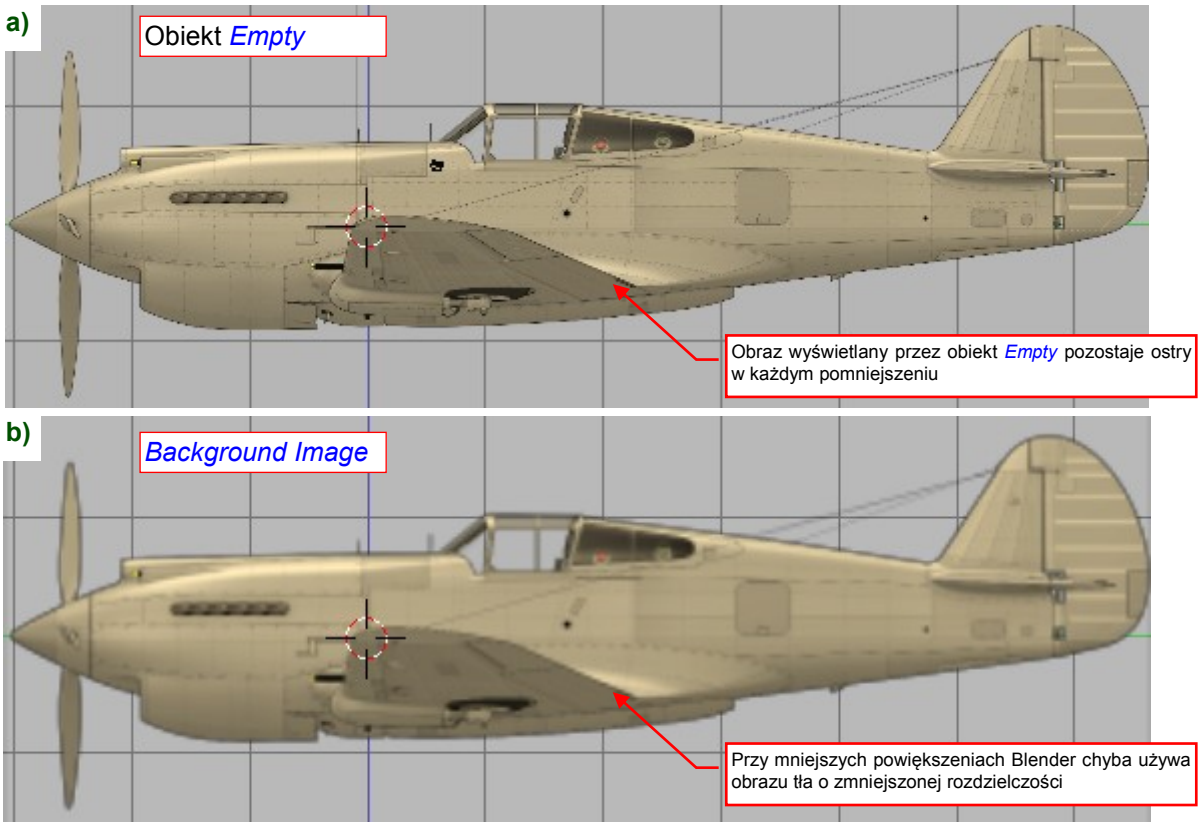
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Na zakończenie chciałbym wspomnieć o innej metodzie „podstawienia” rysunków samolotu. Zamiast obrazów tła można w tym celu wykorzystać obiekty typu *Empty* (por. str. 298), którym przypiszesz odpowiednie obrazy (Rysunek 4.8.13):



Rysunek 4.8.13 Alternatywne rozwiązanie — podstawienie obrazów samolotu za pomocą trzech obiektów typu *Empty*

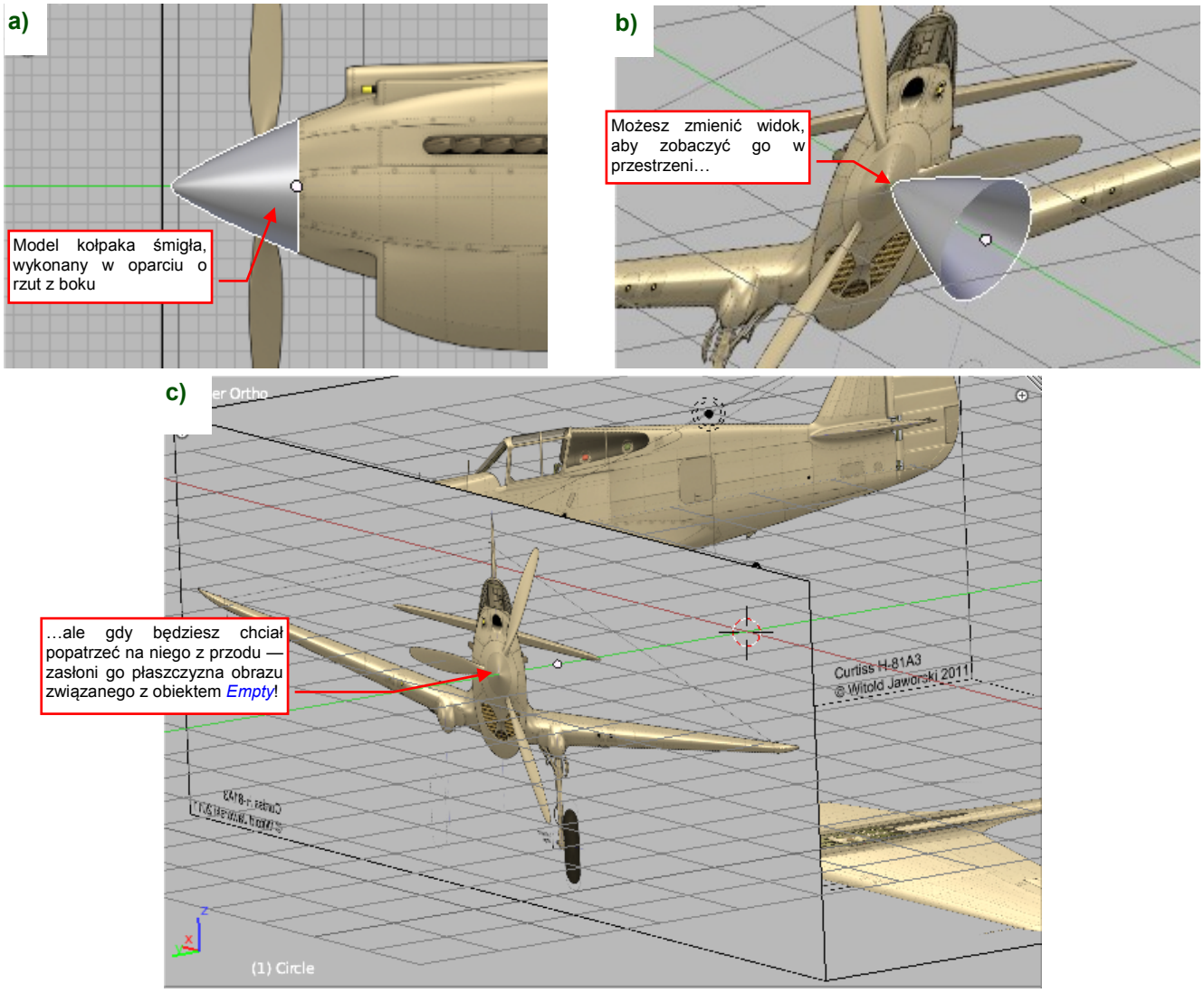
Tak wyświetlane obrazy lepiej wyglądają w mniejszych powiększeniach (Rysunek 4.8.14):



Rysunek 4.8.14 Obrazy wyświetlane w obiektach *Empty* lepiej wyglądają w mniejszych powiększeniach

Jednak gdy powiększysz obraz tła (Rysunek 4.8.14b) do projekcji w której zazwyczaj formujesz elementy modelu, stanie się tak samo ostry i wyraźny jak obraz wyświetlany przez obiekt *Empty*.

Obrazy wyświetlane przez obiekty *Empty* mają jednak inną wadę: nie są przejrzyste! Popatrz na model kołpaka śmigła, przedstawiony przez Rysunek 4.8.15a):



Rysunek 4.8.15 Obrazy *Empty* zasłaniają modelowany obiekt

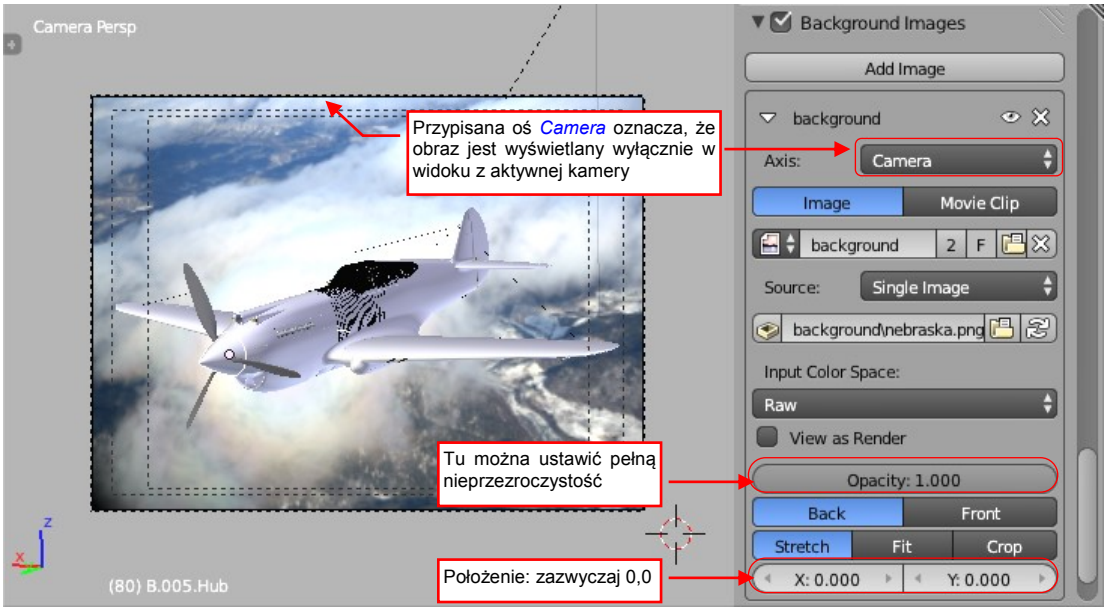
Stworzyłem go w oparciu o rzut z boku (Rysunek 4.8.15a). Potem obróciłem trochę widok, aby sprawdzić, jak wygląda w przestrzeni (Rysunek 4.8.15b). Jednak gdy chciałem go zobaczyć z przodu — płaszczyzna z obrazem skutecznie go zasłoniła (Rysunek 4.8.15c). Można to jednak częściowo skompensować, zmieniając wartość parametru *Transparency* we właściwościach obiektu *Empty* (por. Rysunek 4.8.13).
Innym problemem może także być wydajność — szczególnie gdy zdecydujesz się przez cały czas używać obrazów o wyższej rozdzielczości. O ile obrazy wyświetlane jako *Background Image* pojawiają się tylko wtedy, gdy włączysz „ich” rzut, to obrazy związane z obiektami *Empty* są rysowane przez cały czas — także w widoku przestrzennym, kiedy są raczej bezużyteczne.

Oczywiście, można ten problem rozwiązać umieszczając obiekty *Empty* na oddzielnej warstwie, którą będziesz w razie potrzeby wyłączał. Po co jednak to robić, skoro *Background Image* oferuje tę funkcjonalność „w standardzie”?

Uważam, że w praktyce modelowania lepiej się sprawdza podstawiania rysunków referencyjnych za pomocą funkcji *Background Image*. Opisałem je jednak tutaj, gdyż możesz mieć inny styl pracy, lub po prostu preferować taką formę prezentacji, jaką oferują obrazy wyświetlane za pomocą obiektów *Empty*.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Background Image pomaga także w kompozycji sceny: zdjęcie tła można zamapować w trybie ***Camera*** (Rysunek 4.8.16):

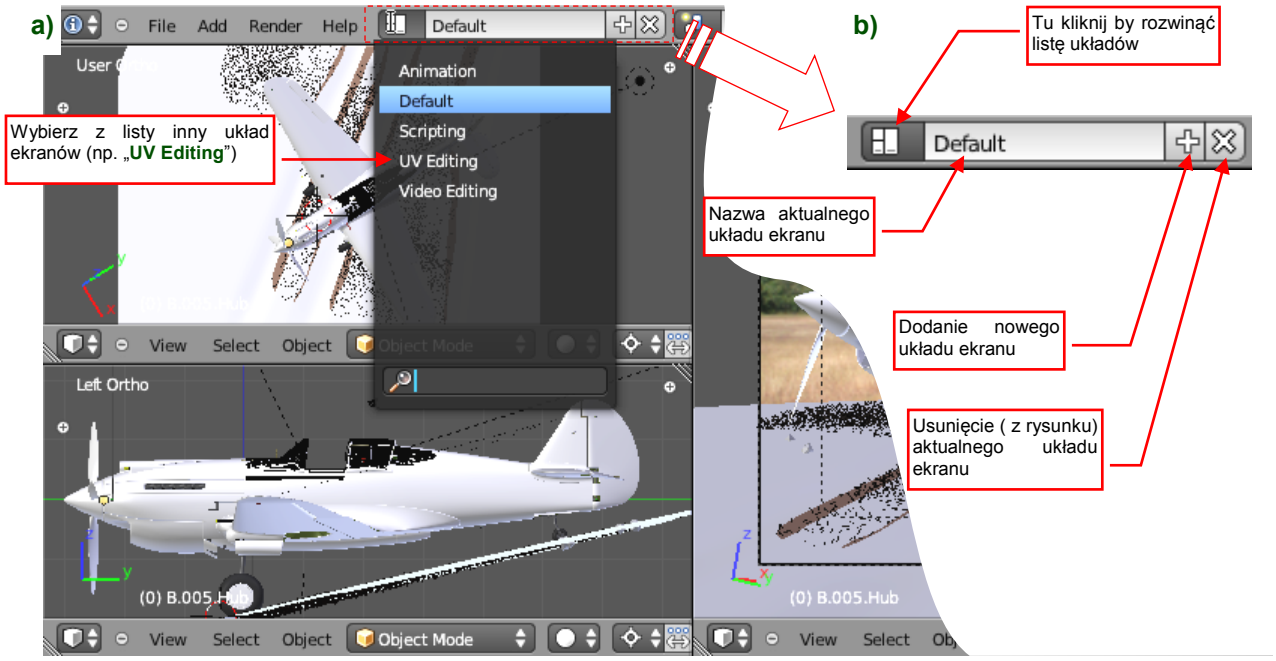


Rysunek 4.8.16 Nałożenie zdjęcia tła w trybie *Background Image:Camera*

W ten sposób łatwiej jest właściwie ustawić model w kadrze.

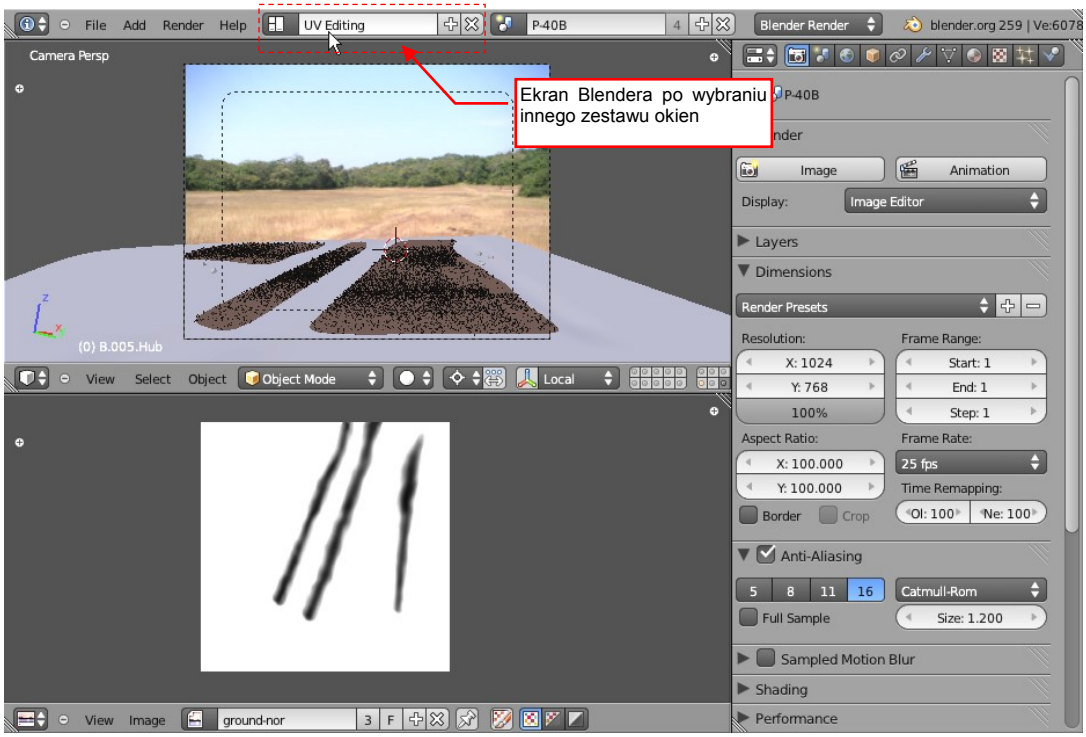
4.9 Układ ekranu (*Screen layout*) — zarządzanie

Blender domyślnie proponuje kilka różnych układów ekranu, przygotowanych do różnych faz pracy nad projektem. Możesz się pomiędzy nimi przełączać za pomocą listy ***Screen lay-out*** (Rysunek 4.9.1a):



Rysunek 4.9.1 Lista *Screen lay-out*: Zespół kontrolek do zarządzania układem ekranu

Lista układów ekranów (Rysunek 4.9.1b) to jednocześnie dobry przykład typowej kontrolki Blendera do zarządzania referencjami tzw. bloków danych (np. materiałami, teksturami, itp.)[1]. Po wybraniu z listy *Screen lay-out* np. układu do pracy nad teksturami (**UV Editing**) , zobaczysz zupełnie inne okna (Rysunek 4.9.2):

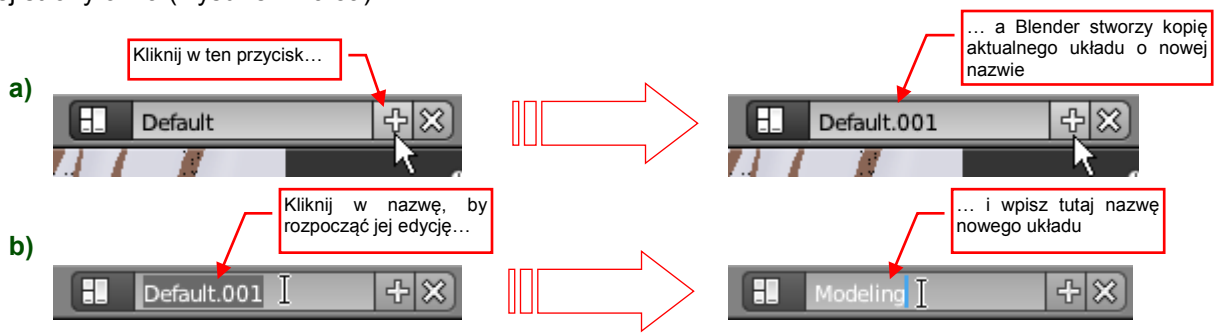


Rysunek 4.9.2 Inny układ ekranu — (UV Editing)

[1] Wyrażenie „blok danych” (*datablock*) przewija się przez całe słownictwo Blendera. W istocie to jedno ze kluczowych pojęć w tym programie. Dokładne wyjaśnienie tego określenia znajdziesz na str. 393.

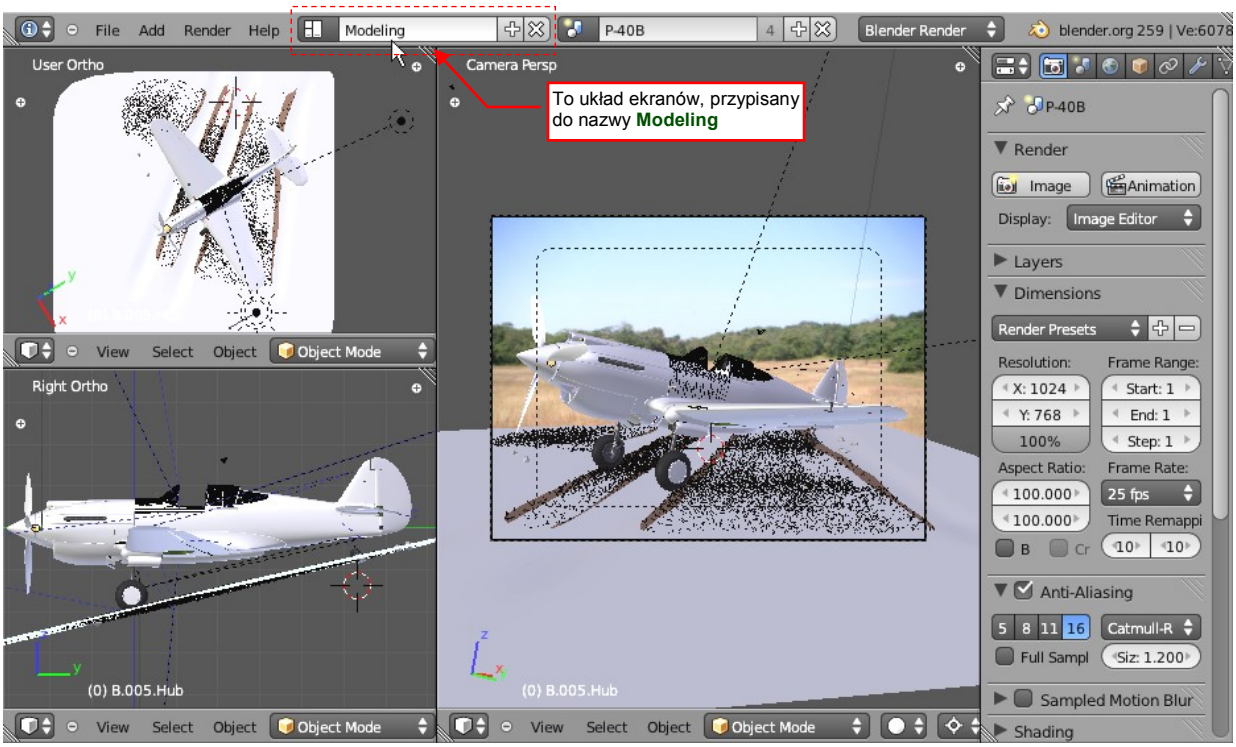
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jeżeli nie jesteś zadowolony z domyślnych ustawień Blendera — możesz tu wszystko pozmieniać. Oprócz zmiany istniejącego układu, istnieje możliwość dodania nowego. Wystarczy nacisnąć przycisk , umieszczony z lewej strony okna (Rysunek 4.9.3a):



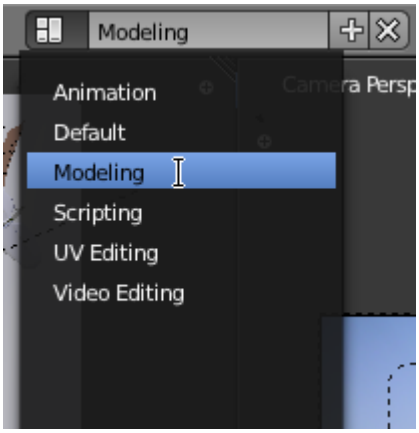
Rysunek 4.9.3 Dodanie własnego układu ekranu

Potem możesz już go pozmieniać, jak chcesz (Rysunek 4.9.4):



Rysunek 4.9.4 Nowy układ ekranu: Modeling

Nowy układ już figuruje na liście (Rysunek 4.9.5). Oczywiście, jeżeli nie będziesz zadowolony ze swojego układu — zawsze możesz go usunąć, naciskając przycisk , umieszczony po prawej stronie listy *Screen layout*. Gdy to zrobisz, znajdziesz się w poprzednim układzie (w tym przykładzie byłby to „**Default**”).



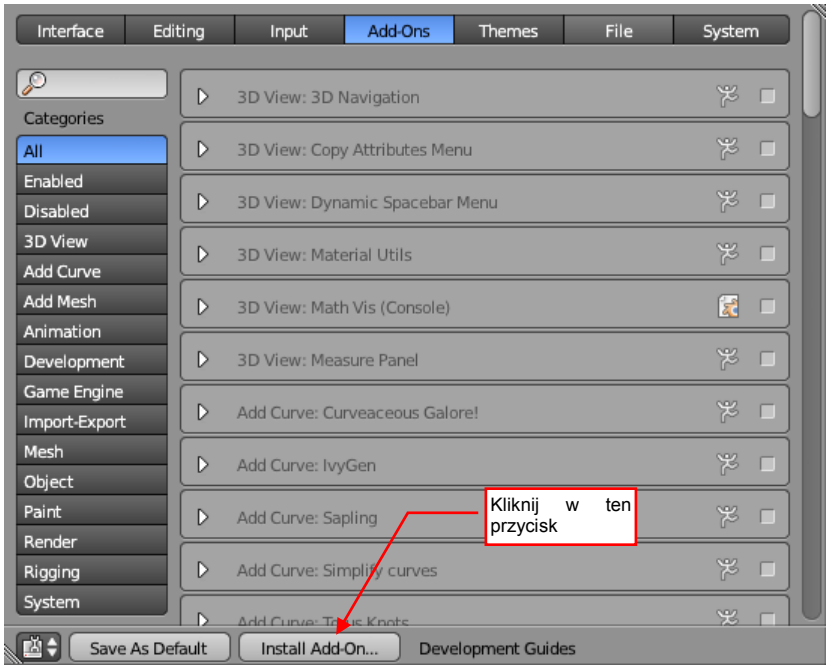
Rysunek 4.9.5 Nowy układ na liście

- Blender przed usunięciem układu ekranów nie zadaje żadnego pytania typu „jesteś pewien?”. Usuwa i już!

Układy ekranów są zapamiętywane oddzielnie w każdym pliku Blendera. Dlatego np. w pliku pochodzącym z Blendera 2.4 będą miały inne nazwy, niż pokazane na ilustracjach w tym przykładzie. Aby stworzyć układ, którego będziesz używać we wszystkich swoich rysunkach, musisz zapisać go do pliku startowego, poleceniem *File→Save User Settings* (por. str. 261).

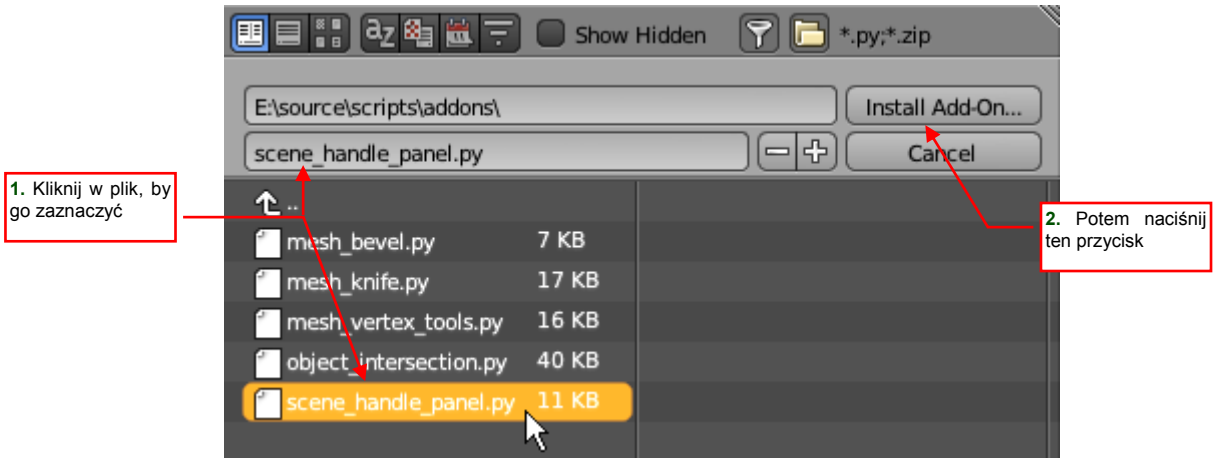
4.10 Instalacja i usuwanie dodatków (*add-ons*)

Benderowi towarzyszy dużo dodatków[1], rozszerzających jego funkcjonalność. Są to skrypty napisane w języku programowania Python, zazwyczaj przez samych użytkowników. Dodatki to zazwyczaj niewielkie pliki z rozszerzeniem **.py*. Oprócz tych, które są dostarczane wraz z Benderem, możesz znaleźć inne np. na forach Blendera w Internecie. Także do tej książki dodałem kilka narzędzi, które wykorzystuję od lat i uważam za bardzo przydatne i godne polecenia (znajdziesz je w pliku *source.zip*, w *scripts\addons* — por. str. 18). Instalacja dodatku Blendera może polegać po prostu na wgraniu pliku wtyczki do odp. podkatalogu w folderze z konfiguracją programu (por. str. 268). Jeżeli jednak nie czujesz się w tej materii zbyt pewnie, pokażę tutaj inną, mniej „hakerską" metodę. W oknie ***User Preferences***, sekcji ***Add-Ons***, naciśnij przycisk ***Install Add-On…*** (Rysunek 4.10.1):



Rysunek 4.10.1 Wywołanie instalacji dodatku (okno *User Preferences*)

Blender wyświetli wówczas okno *File Browser*. Przejdź w nim do katalogu, w którym umieściłeś dodatki do zainstalowania, wskaż jeden z nich, i naciśnij przycisk ***Install Add-On*** (Rysunek 4.10.2):



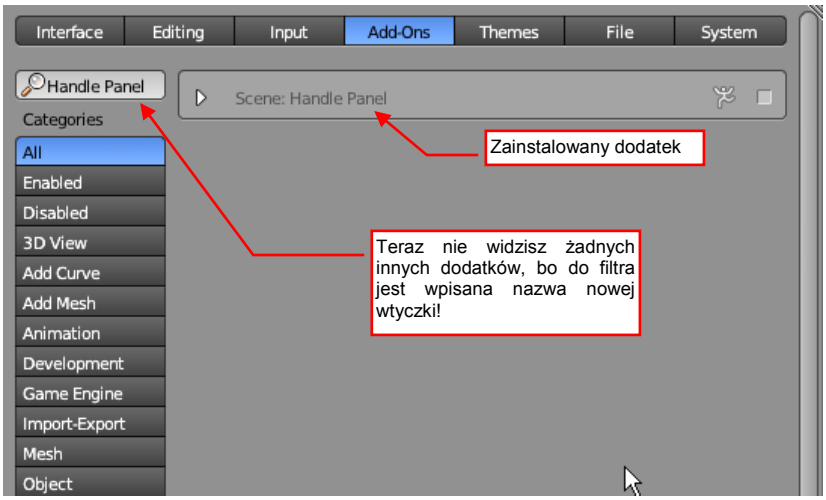
Rysunek 4.10.2 Wybór pliku skryptu do zainstalowania

[1] Dodatki czasami są także nazywane „wtyczkami" (ang. *plugin*), ale ta nazwa powinna raczej dotyczyć binarnych, a nie skryptowych rozszerzeń Blendera. W poprzedniej wersji Blendera — 2.4 — istniała możliwość użycia binarnych wtyczek implementujących jakieś specjalne tekstury. W wersji 2.5 i następnych niczego takiego (jeszcze) nie zaimplementowano.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

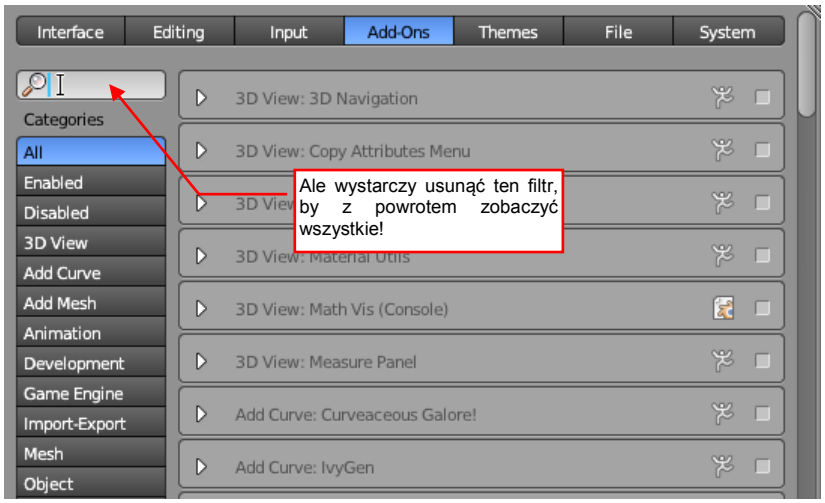
- W oknie *File Browser* wskazuj zawsze tylko jeden skrypt! Choć Blender w tym oknie pozwala zaznaczyć wiele plików dodatków, to zainstaluje tylko jeden – ten, który zaznaczyłeś jako ostatni.

Dodatek jest już zainstalowany. Abyś ją dostrzegł wśród innych, Blender przełączył wyświetlane kategorie na ***All*** i w polu filtra wpisał jego nazwę (Rysunek 4.10.3):



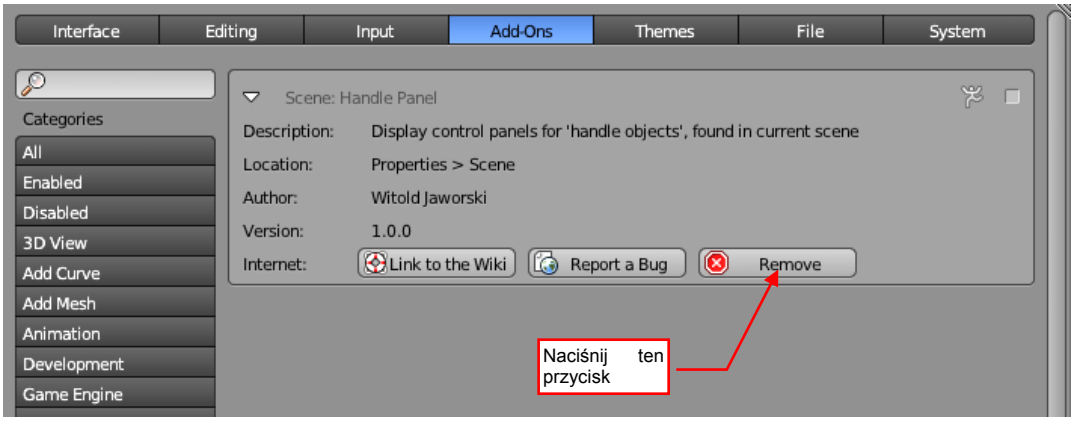
Rysunek 4.10.3 Wygląd okna *User Preferences* po zainstalowaniu dodatku (Handle Panel)

W razie czego nie bądź przerażony, że z Blendera znikły wszystkie pozostałe dodatki. Wystarczy usunąć filtr (Rysunek 4.10.4):



Rysunek 4.10.4 Wygląd okna *User Preferences* po usunięciu filtra

Aby usunąć dodatek z Blendera, po prostu naciśnij jej przycisk ***Remove*** (Rysunek 4.10.5):

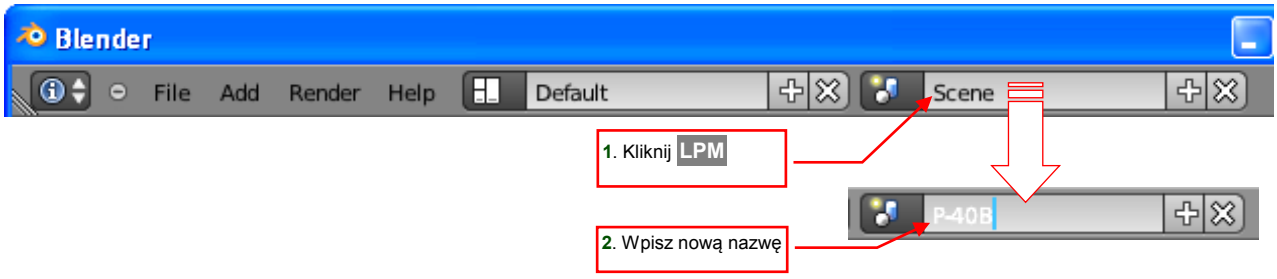


Rysunek 4.10.5 Usuwanie dodatku

4.11 Sceny — zarządzanie

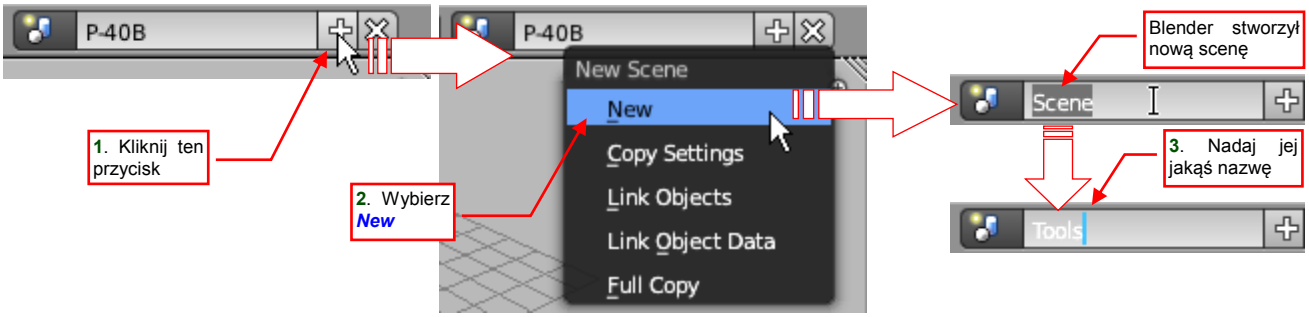
Plik Blendera może zawierać wiele scen. Każda z nich to odrębna "przestrzeń", w której można umieszczać obiekty (więcej na ten temat — str. 397). Domyślnie w nowym rysunku istnieje tylko jedna, o nazwie **Scene**. Do zarządzania scenami służy zespół kontrolek umieszczony w nagłówku okna *Info* (Rysunek 4.11.1). Składa się z pola, pokazującego nazwę aktualnej sceny, przycisku rozwijającego listę scen, oraz przycisku usuwającego aktualną scenę.

Aby zmienić nazwę aktualnej sceny, kliknij LPM w jej nazwę, i wpisz nową (Rysunek 4.11.1):



Rysunek 4.11.1 Zmiana nazwy aktualnej sceny

Aby stworzyć nową scenę, naciśnij przycisk [+], umieszczony z prawej strony nazwy (Rysunek 4.11.2):



Rysunek 4.11.2 Dodanie nowej sceny

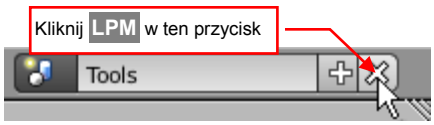
Spowoduje to pojawienie się menu *New scene*, z którego możesz wybrać jedną z opcji:

- ***New***: tworzy nową, pustą scenę (z globalnymi ustawieniami jak w pliku startowym);
- ***Copy Settings***: tworzy nową, pustą scenę, kopiując globalne ustawienia ze sceny aktualnej;
- ***Link Objects***: wypełnia nową scenę referencjami do obiektów z aktualnej sceny. (Ten sam obiekty będzie "użyty" przez obydwie sceny. Więcej na ten temat — str. 397);
- ***Link Object Data***: tworzy w nowej scenie kopie obiektów z aktualnej sceny, które współdzielą z obiektami aktualnej siatki, materiały, itp. (To tak, jak gdybyś wszystkie powielił poleceniem Alt-D — *Duplicate Linked* — str. 302);
- ***Full Copy***: cała zawartość nowej sceny będzie niezależną kopią aktualnej;

W praktyce stosuję zazwyczaj opcję ***Copy Settings*** (pojedyncze obiekty można później dodać do innej sceny poleceniem *Object→Make Links→To Scene*). Nowa scena otrzyma taką nazwę, jak scena oryginalna, z dodanym na końcu ".001". Zmień ją na właściwą.

Aby usunąć aktualną scenę, naciśnij przycisk [**x**] z prawej strony nazwy (Rysunek 4.11.3):

- Blender nie zadaje już żadnego pytania „czy jesteś pewien”: po naciśnięciu przycisku [**x**] scena znika. Jeżeli usunąłeś ją przez pomyłkę — możesz się z tej operacji wycofać, wywołując polecenie *Undo* (Ctrl-Z)



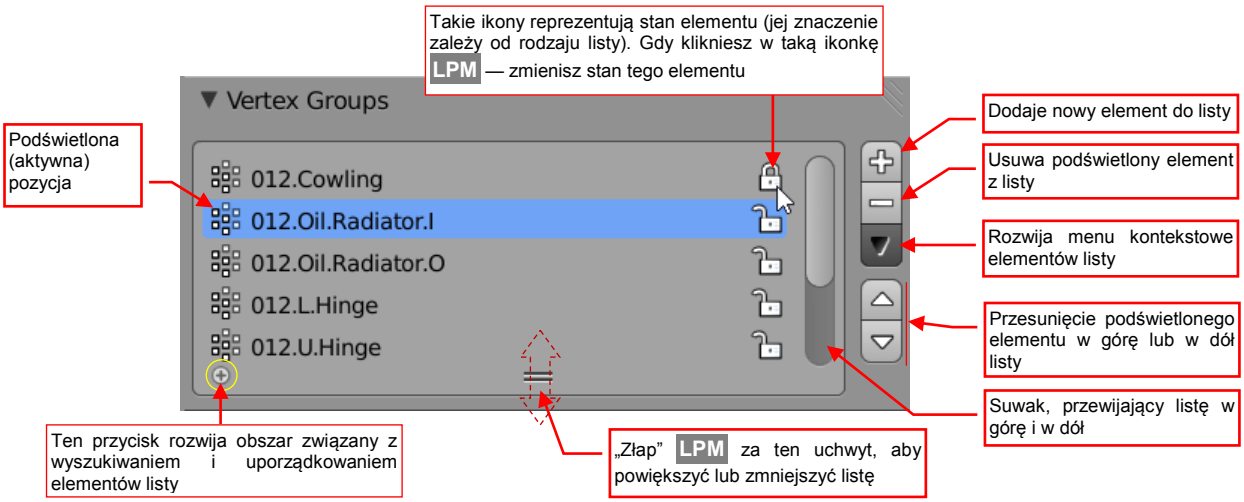
Rysunek 4.11.3 Usunięcie aktualnej sceny

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

4.12 Obsługa listy

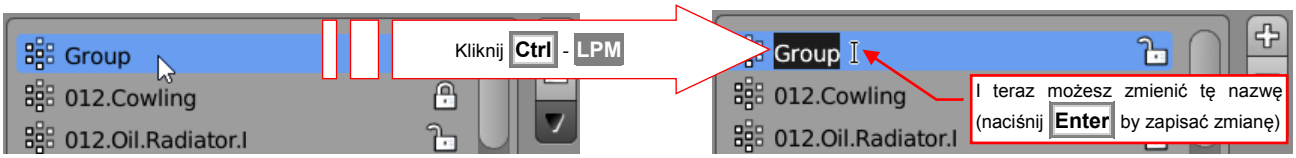
W niektórych panelach okna *Properties* znajdują się listy. Służą do zarządzania materiałami, grupami wierzchołków, alternatywnymi rozwinięciami UV i dziesiątką innych rzeczy. Obsługę listy Blendera pokażę na przykładzie panelu zarządzającego grupami wierzchołków siatki. Inne listy mogą nie mieć niektórych z opisanych tu kontrolek.

Rysunek 4.12.1 opisuje funcje kontrolek widocznych na i wokół listy:



Rysunek 4.12.1 Elementy typowej listy (zawartość panelu *Vertex Groups* z okna *Properties*)

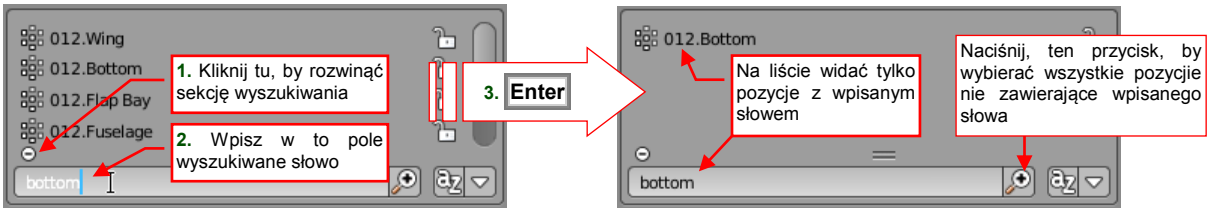
Aby zmienić nazwę elementu listy, należy kliknąć ten element myszką (LPM), z wciśniętym na klawiaturze klawiszem Ctrl (Rysunek 4.12.2):



Rysunek 4.12.2 Zmiana nazwy pozycji listy

W etykiecie pozycji pojawia się karetka, i możesz wtedy zmienić wpisany tam tekst. Ta funkcja nie jest związana z żadnym widocznym przez cały czas elementem, ani z żadnym elementem menu kontekstowego[1]. W podpowiedzi można przeczytać że w celu zmiany nazwy należy kliknąć dwukrotnie na pozycję listy. W praktyce nie zawsze to działa, bo np. pozycje na liście wierzchołków należy kliknąć czterokrotnie (2 x podwójne kliknięcie) aby przełączyła się w ten tryb.

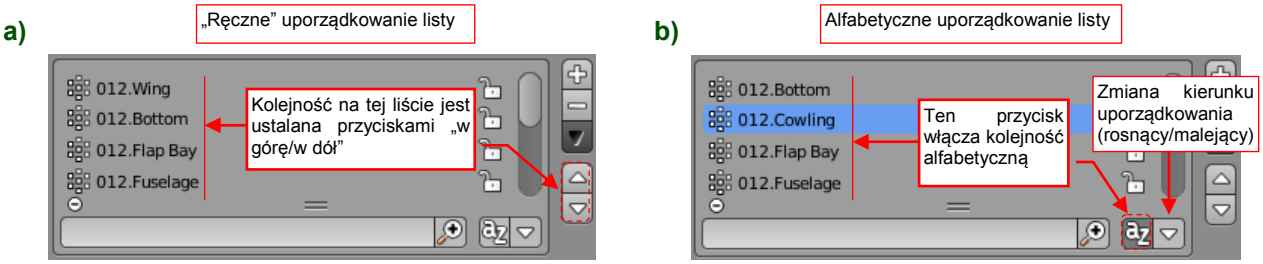
Aby wyszukać na długiej liście element zawierający w nazwie jakiś charakterystyczne słowo, rozwiń sekcję wyszukiwania i wpisz to słowo w polu *Search*, a następnie naciśnij Enter (Rysunek 4.12.3):



Rysunek 4.12.3 Wyszukiwanie pozycji na liście

[1] Uważam to za błąd w projektowaniu interfejsu użytkownika. Wzmianka o możliwości zmiany nazwy pozycji listy pojawia się tylko w „dymku” podpowiedzi (*tooltip*), wyświetlanym gdy zatrzymasz na niej kursor myszki.

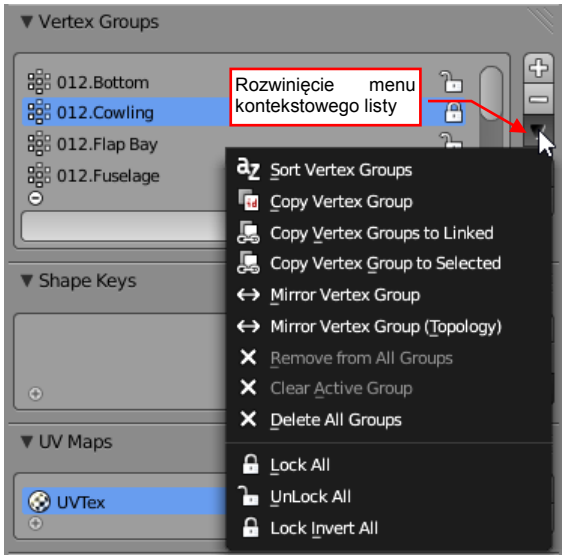
Listy Blendera można uporządkować „ręcznie” lub alfabetycznie. Uporządkowanie „ręczne” polega na ustaleniu pozycji kolejnych elementów za pomocą przycisków z prawej strony listy (Rysunek 4.12.4a):



Rysunek 4.12.4 Zmiana uporządkowania listy

Za pomocą przycisku w obszarze wyszukiwania możesz się przełączyć na uporządkowanie w kolejności alabetycznej (Rysunek 4.12.4b). Dodatkowy przycisk z prawej strony pozwala przełączyć się pomiędzy kolejnością rosnącą i malejącą.

Niektóre listy mają dodatkowy przycisk, rowzwijający menu kontekstowe jej elementów (Rysunek 4.12.5). Jego zawartość zależy od rodzaju elementów listy — inne menu zobaczysz dla grup wierzchołków, a inne dla alternatywnych współrzędnych UV. Polecenia z menu kontekstowego mogą dotyczyć całej zawartości listy (np. *Lock All*) albo aktywnego (podświetlonego) elementu (np. *Mirror Vertex Group*).



Rysunek 4.12.5 Menu kontekstowe listy

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rozdział 5. Blender — edytor obiektów (Object Mode)

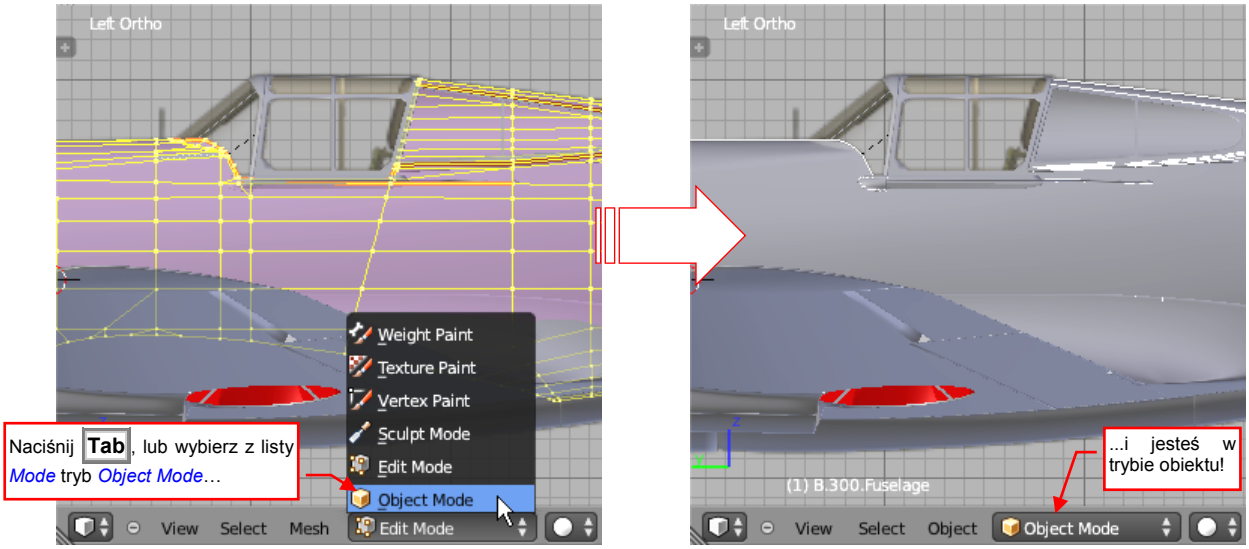
Z edytorem obiektów miałeś już okazję się zetknąć (Rozdział 2, "Blender – pierwsze kroki"). W tym rozdziale omówimy podstawowe pojęcia, które się z nim wiążą.

Pominę tu zagadnienia, które przedstawiał już Rozdział 2. Chodzi tu o:

- metody selekcji. Opisałem je już w sekcji 2.3, (str. 47);
- podstawowe transformacje (przesunięcie, obrót obiektu). Opisałem je już w sekcji 2.4 (str. 51). W tym rozdziale opiszę zmianę skali, bo wcześniej tylko o niej wspomniałem.

5.1 Włączenie trybu obiektów (*Object Mode*)

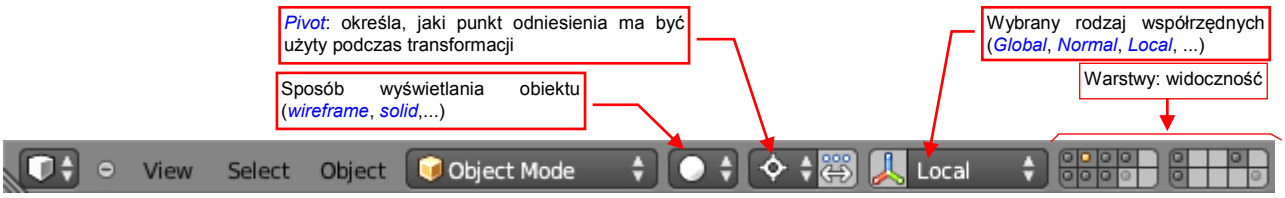
Tryb edycji obiektów włączasz naciskając przycisk Tab. Alternatywnie możesz także zrobić to za pomocą listy rozwijalnej z nagłówka okna widoku (Rysunek 5.1.1):



Rysunek 5.1.1 Okno widoku: przełączenie w trybu obiektu (*Object Mode*)

Powtórne naciśnięcie Tab przełączy Cię z powrotem do poprzedniego trybu (np. edycji — *Edit Mode*). Możesz także wybrać inny tryb z listy rozwijalnej *Mode*.

Nagłówek okna *3D View* w trybie *Object Mode* ma wiele przydatnych kontrolek (Rysunek 6.2.2) :

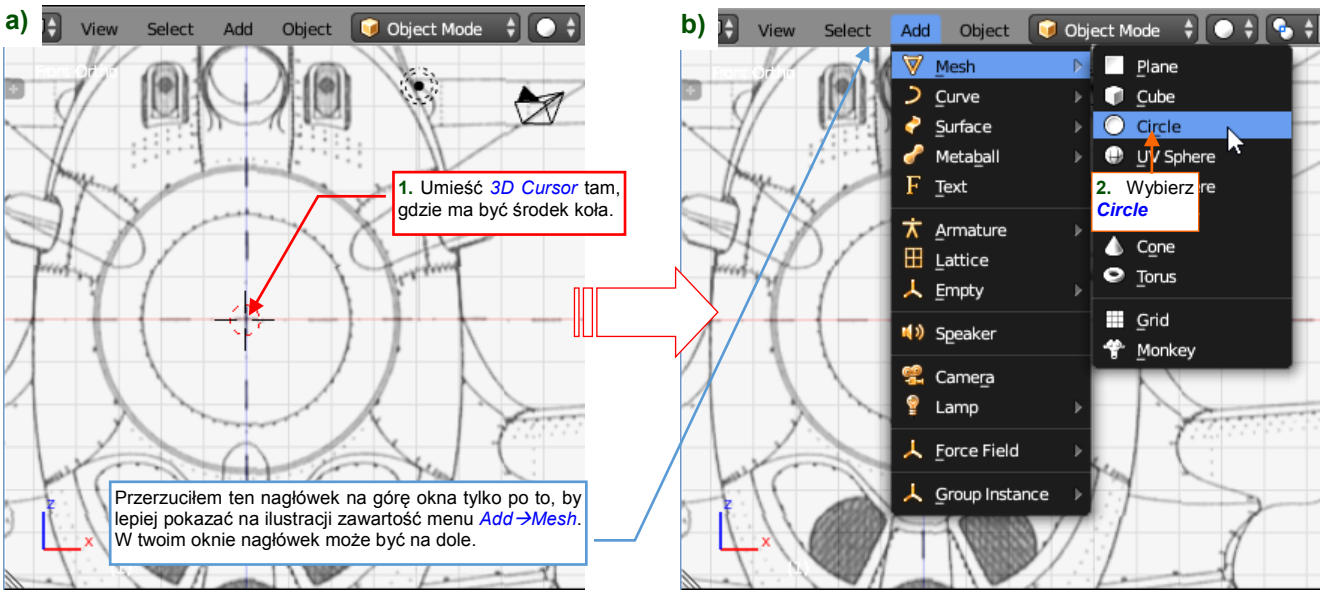


Rysunek 5.1.2 Okno widoku: kontrolki dostępne w trybie obiektów

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.2 Rysowanie okręgu (*Circle*)

Najpierw umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być środek okręgu (Rysunek 5.2.1a). (Każdy nowa siatka jest umieszczana tam, gdzie aktualnie jest kursor 3D). Następnie wywołaj polecenie ***Add→Mesh→Circle*** (Rysunek 5.2.1b):

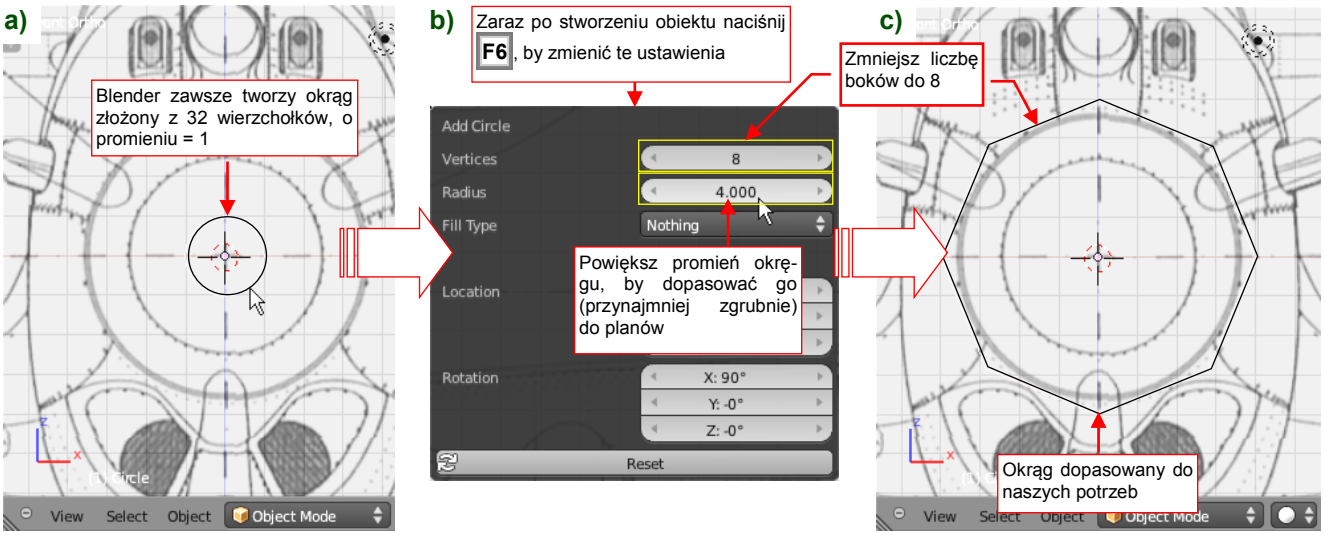


Rysunek 5.2.1 Stworzenie okręgu (wieloboku)

Po wywołaniu tego polecenia Blender zawsze wstawia do rysunku okrąg o promieniu = 1 jednostki. Jego siatka składa się z 32 wierzchołków, połączonych w pojedynczą krawędź (Rysunek 5.2.2a).

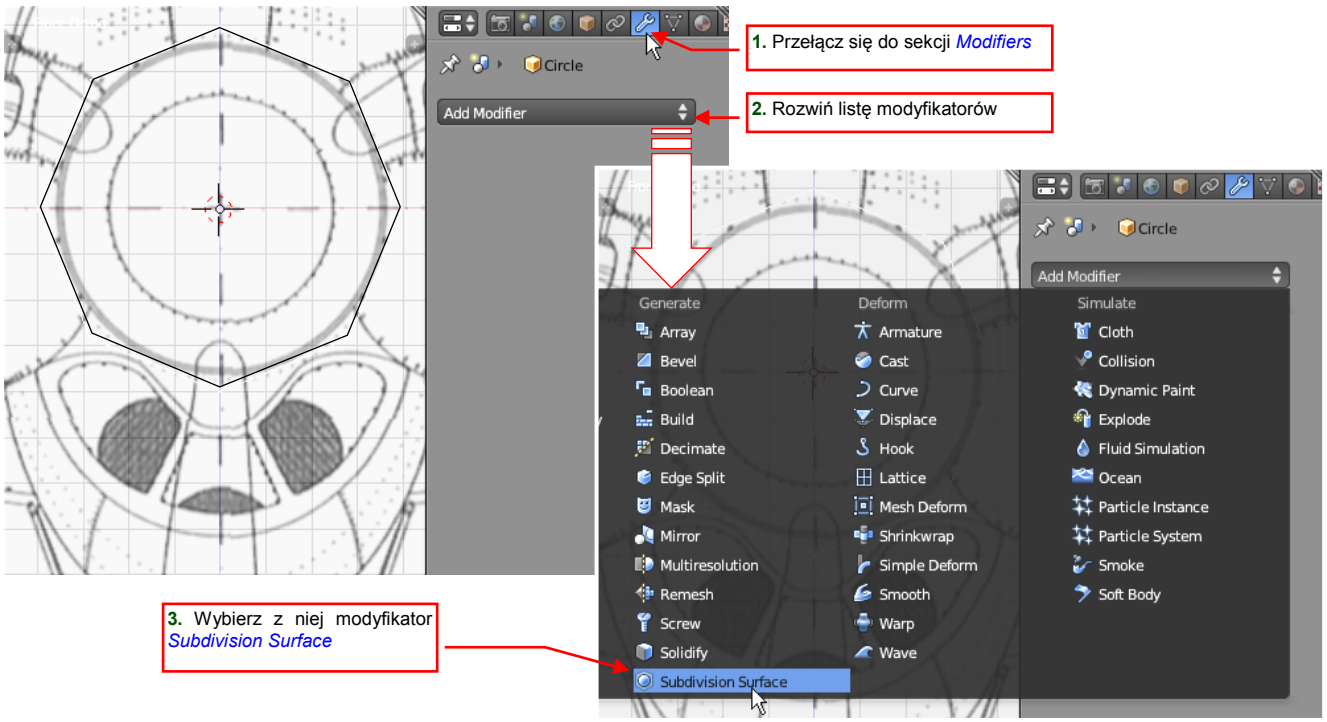
- Możesz także stworzyć okrąg wykorzystując *Tool shelf* (T): w jego zakładce *Create*, panelu *Add Primitive*, naciśnij przycisk *Circle* (jest w sekcji *Mesh*).

Aby zmienić te domyślne wartości, zaraz po stworzeniu okręgu naciśnij F6. W oknie dialogowym, które się pojawi (Rysunek 5.2.2b), zmień liczbę wierzchołków i promień okręgu. Nie staraj się wybierać zbyt wielu wierzchołków (pole *Vertices*). Za chwilę zobaczysz, że 8 zupełnie wystarczy. Zwróć uwagę, że Blender przy każdej zmianie wartości w oknie parametrów polecenia na bieżąco zmienia nowo utworzony obiekt (Rysunek 5.2.2c):



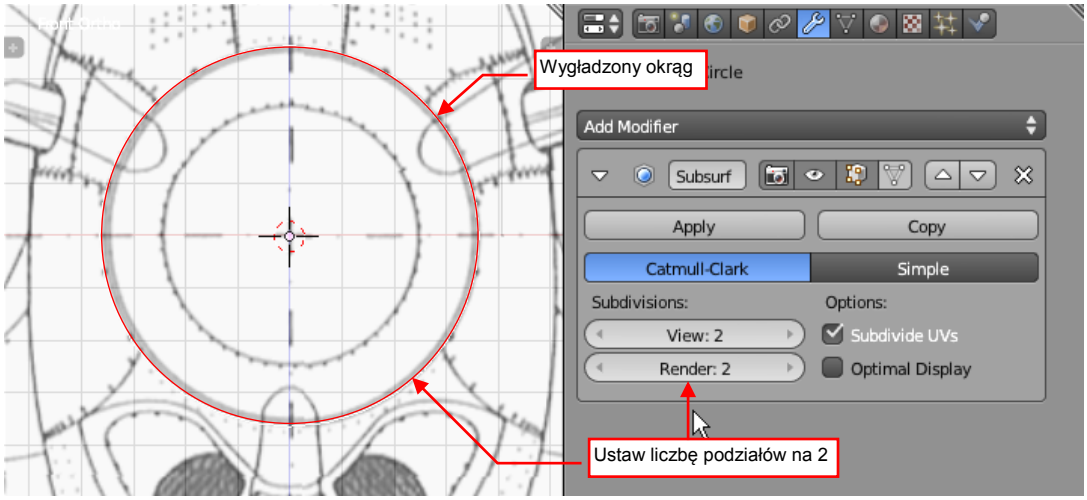
Rysunek 5.2.2 Ustalanie parametrów okręgu

Nasz obiekt to już właściwie ośmiokąt, a nie okrąg. Teraz jednak wygładzimy go w sposób „odwracalny”. Przełącz okno ***Properties*** na zestaw ***Modifiers***. Z listy rozwijalnej ***Add Modifier*** wybierz modyfikator ***Subdivision Surface*** (Rysunek 5.2.3):



Rysunek 5.2.3 Dodanie do obiektu modyfikatora *Subdivision Surface*

Dodałeś w ten sposób do siatki modyfikator, który w sposób dynamiczny zmienia jej właściwości. Modyfikator *Subsurf* posiada parametry, które możesz zmienić w jego panelu (Rysunek 5.2.4). Ustaw wartości *Subdivisions:**View*** i ***Render*** na **2**. Zobacz rezultat wygładzenia:



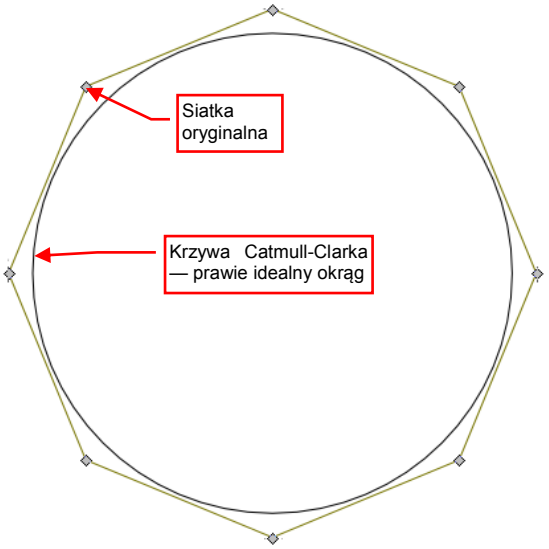
Rysunek 5.2.4 Okrąg wygładzony za pomocą modyfikatora *Subdivision Surface*

Do wygładzania okręgu i elips najlepiej jest używać schematu obliczeniowego o nazwie **Catmull-Clark**. Nie zmieniaj tego ustawienia w modyfikatorze *Subsurf* (Rysunek 5.2.4). Schemat Catmulla-Clarka całkiem dokładnie odwzorowuje takie krzywizny już dla oryginalnej siatki złożonej z 6-8 wierzchołków, i dla niewielkiego poziomu podziału (*Subdivisions:View* = 2).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

W przypadku, gdy stworzone koło ma być podstawą do utworzenia jakiegoś niewielkiego, mało istotnego elementu (np. rurek, kabli) — możesz zmniejszyć poziom podziału do 1. Zmniejszy to ogólną liczbę ścian modelu. Gdy chodzi o duży obiekt, jak kołpak śmigła — możesz zwiększyć poziom podziału do renderowania do 3 (aby na pewno wyeliminować nawet małe "nierówności" na obwodzie okręgu).

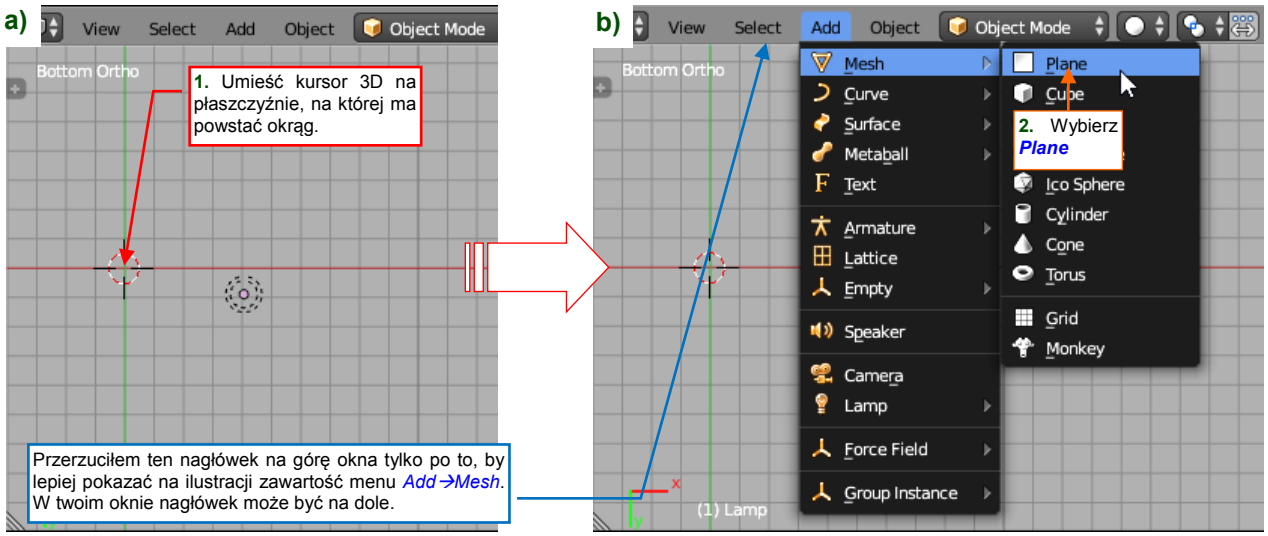
- Jeżeli chcesz dowiedzieć się więcej o krzywych i powierzchniach podziałowych — p. "Powierzchnie podziałowe", str. 399.



Rysunek 5.2.5 Linia podziałowa, uzyskana z 8 wierzchołków linii bazowej i poziomu podziału (*Subdivisions*) = 3

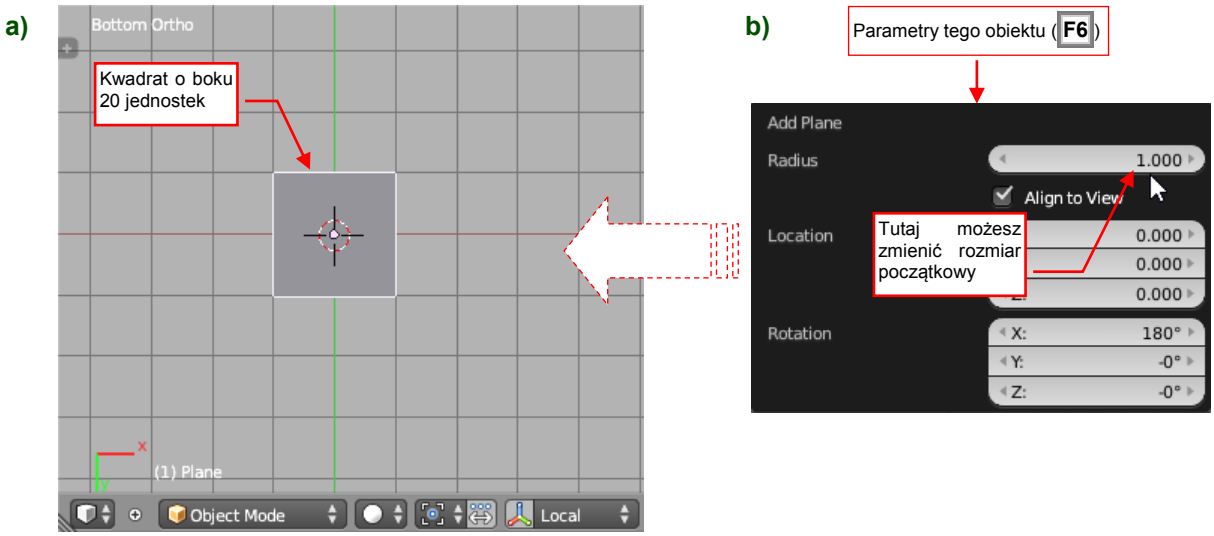
5.3 Rysowanie kwadratu (*Plane*)

Najpierw umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być środek kwadratu (Rysunek 5.3.1a). (Każdy nowa siatka jest umieszczana tam, gdzie aktualnie jest kursor 3D). Następnie wywołaj polecenie ***Add→Mesh→Plane*** (Rysunek 5.3.1b):



Rysunek 5.3.1 Stworzenie kwadratu

Po wywołaniu tego polecenia Blender wstawia do rysunku kwadrat o boku = 2 jednostki (Rysunek 5.3.2a). Aby zmienić ten domyślny rozmiar, naciśnij F6. W oknie parametrów zmień pole ***Radius*** na nową wartość (Rysunek 5.3.2b). (To długość połowy boku kwadratu):



Rysunek 5.3.2 Rezultat i parametry polecenia *Plane*

- Gdy następnym razem wywołasz polecenie *Add→Mesh→Plane*, Blender stworzy kwadrat o takim rozmiarze jak stworzony ostatnio (program „pamięta" ostatnią wartość *Radius* i stosuj ją jako domyślną).

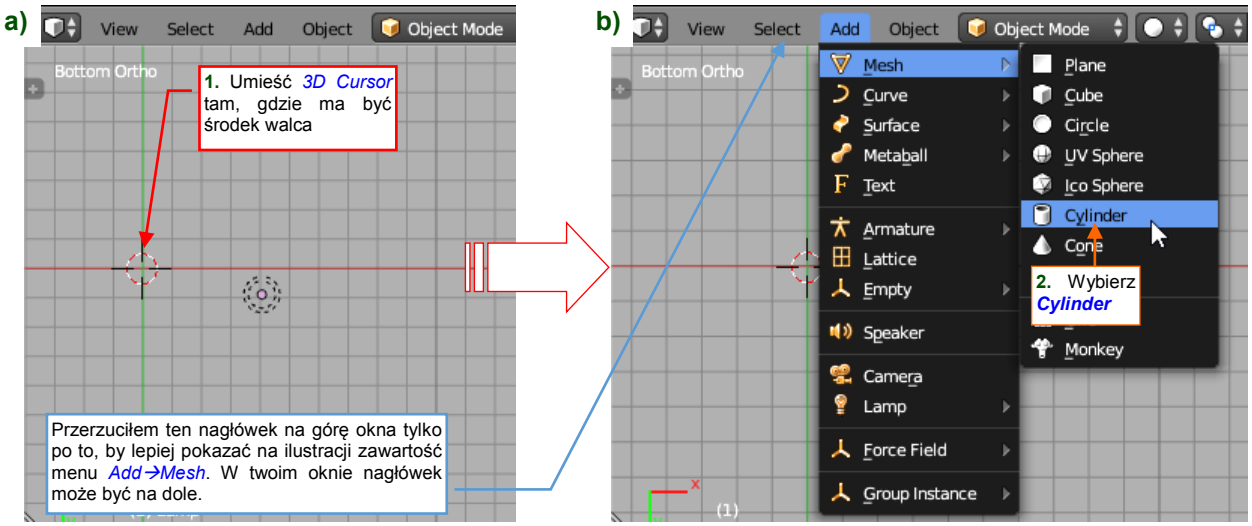
Rozmiar każdego obiektu można także zmieniać w inny sposób: zaraz po utworzeniu naciśnij S (*Scale*) i powiększ go do odpowiedniej skali .

- Możesz także stworzyć kwadrat wykorzystując *Tool shelf* (T): w jego zakładce *Create*, panelu *Add Primitive*, naciśnij przycisk *Plane* (jest w sekcji *Mesh*).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

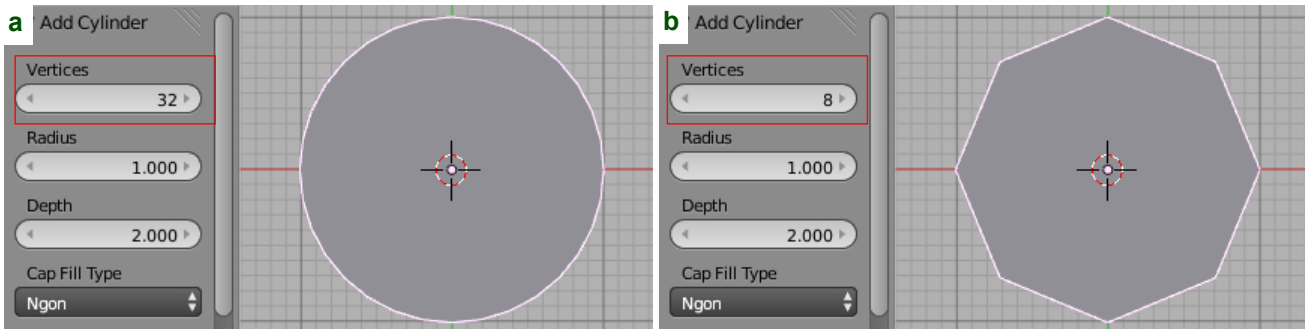
5.4 Rysowanie walca (*Cylinder*)

Umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być umieszczony nowy walec (Rysunek 5.4.1a). (Każdy nowy obiekt jest umieszczany tam, gdzie aktualnie jest kursor). Następnie wywołaj polecenie ***Add→Mesh→Cylinder*** (Rysunek 5.4.1b):



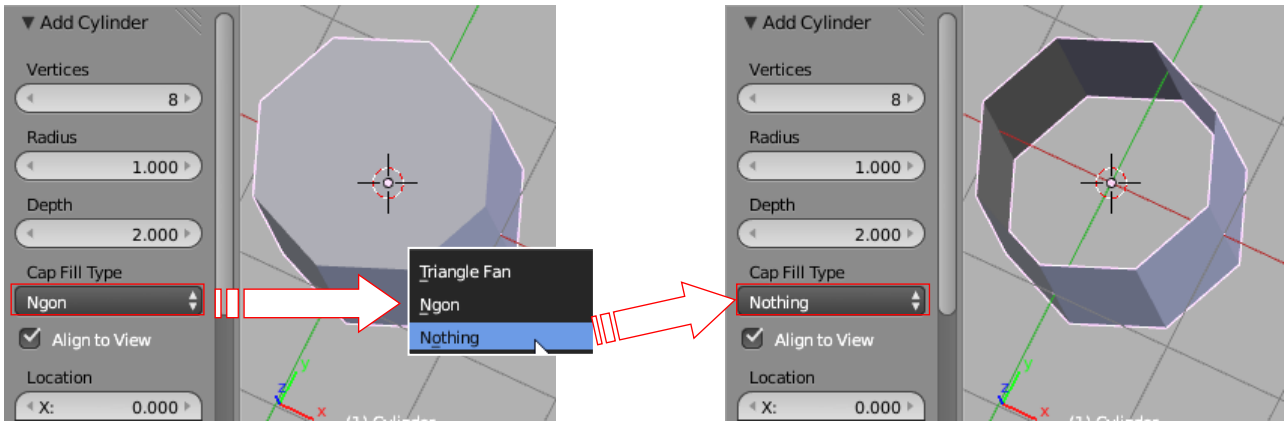
Rysunek 5.4.1 Stworzenie walca

Na scenie pojawi się domyślny walec, o promieniu = 1, wysokości 2 i 32 ścianach bocznych (Rysunek 5.4.2a). (W Twoim przypadku może być inny, bo Blender „pamięta" ostatnio użyte parametry). Stworzony cylinder możesz teraz interaktywnie pozmieniać, otwierając zaraz po stworzeniu *Tool Shelf* (T). W jego dolnej części znajdziesz panel *Add Cylinder*, z parametrami tego polecenia:



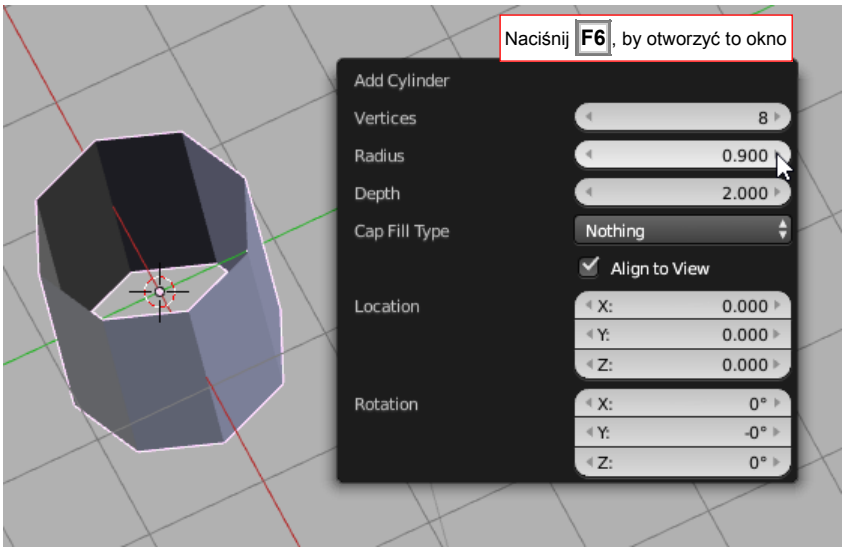
Rysunek 5.4.2 *Vertices*: zmiana liczby boków

Rysunek 5.4.2b) pokazuje walec o liczbie boków (***Vertices***) zredukowanej do 8 (to właściwie graniastosłup). Z kolei przełącznik ***Cap Ends*** steruje obecnością ścian podstaw walca (Rysunek 5.4.3):



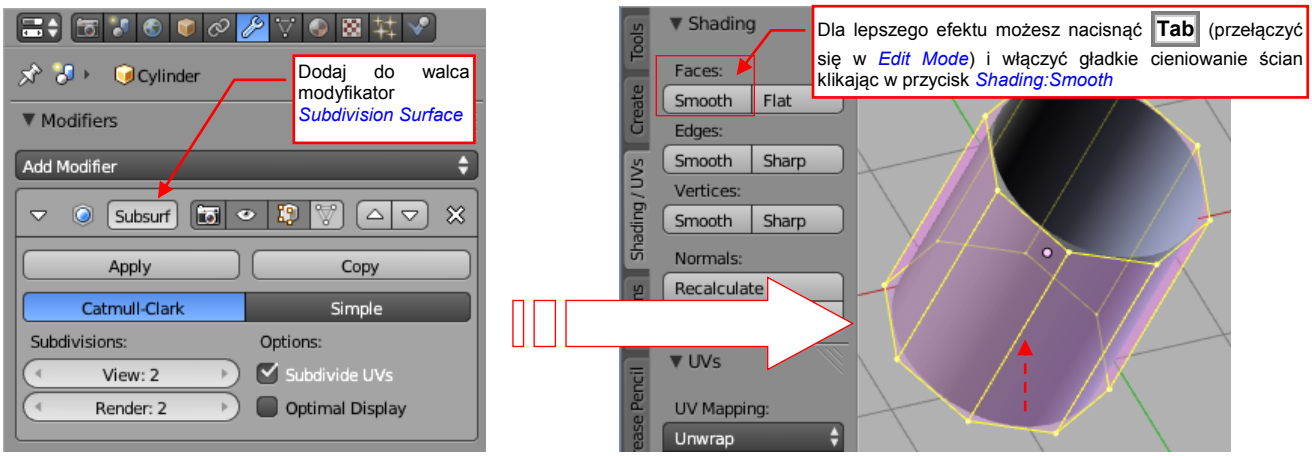
Rysunek 5.4.3 *Cap Ends*:włączanie i wyłączanie ścian podstaw walca

Czasami, w małym oknie *3D View*, dolna część *Tool Shelf* z parametrami ostatnio wywołanego polecenia może być „zwinięta”. Możesz ją „wyciągnąć” za pomocą małego uchwytu z ikonką „+”, wystającego z nagłówka okna *3D View*. Możesz także nacisnąć F6, by otworzyć na ekranie okno z tym samym panelem ***Add Cylinder***, który jest wyświetlane w *Tool Shelf* (tylko na innym tle — Rysunek 5.4.4):



Rysunek 5.4.4 Alternatywne okno, pozwalające na interaktywną modyfikację parametrów ostatniego polecenia

Podobnie jak okrąg, walec można jeszcze wygładzić. Wystarczy, że w panelu ***Modifiers*** wybierzesz z listy ***Add Modifier*** modyfikator ***Subdivision Surface*** (Rysunek 5.4.5):



Rysunek 5.4.5 "Wygładzenie" walca

Ustaw parametry *Subdivisions:**View*** i *Subdivisions:**Render*** na **2**. To wartość wystarczająca do uzyskania całkiem porządnego przybliżenia okręgu.

Do wygładzania okręgu i elips najlepiej jest używać schematu obliczeniowego o nazwie **Catmull-Clark**. Nie zmieniaj tego ustawienia w modyfikatorze *Subsurf*. Schemat Catmulla-Clarka całkiem dokładnie odwzorowuje takie krzywizny już dla oryginalnej siatki złożonej z 6-8 wierzchołków, i dla niewielkiego poziomu podziału (*Subdivisions* = 2).

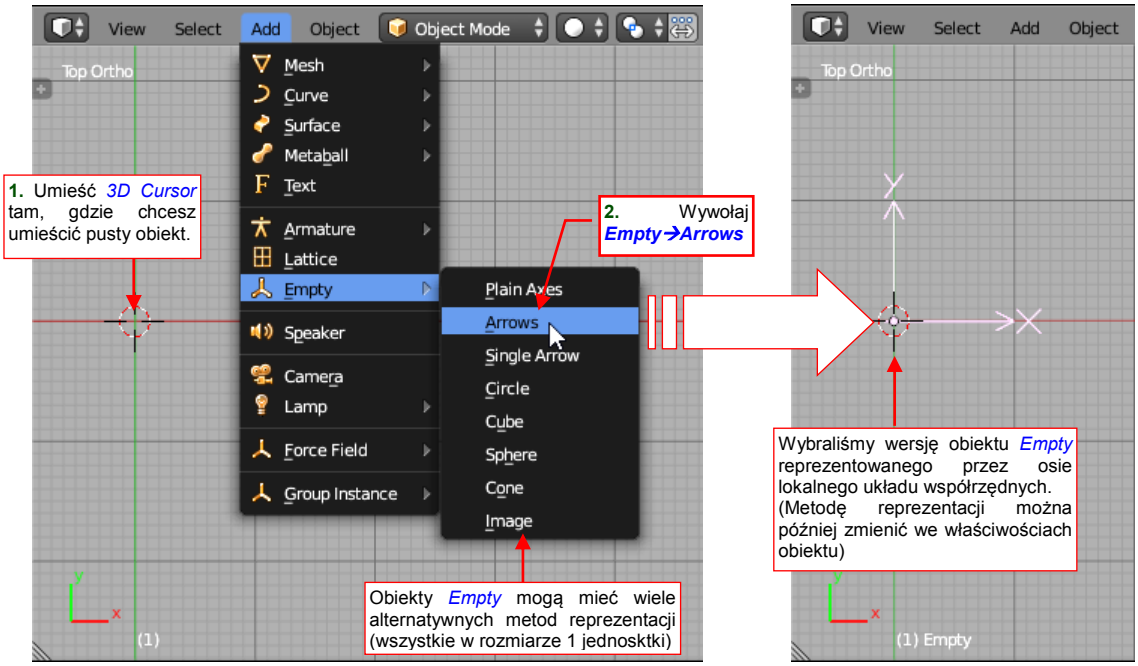
- Jeżeli chcesz dowiedzieć się więcej o krzywych i powierzchniach podziałowych — patrz "Powierzchnie podziałowe", dodatek „Powierzchnie podziałowe”str. 399.

- Możesz także stworzyć walec wykorzystując *Tool shelf* (T): w jego zakładce *Create*, panelu *Add Primitive*, naciśnij przycisk *Cylinder* (jest w sekcji *Mesh*).

5.5 Wstawienie pustego obiektu (*Empty*)

Czasami, podczas pracy z ogranicznikami (*constrains*) przydają się pomocnicze elementy, służące wyłącznie jako „punkty odniesienia” w przestrzeni. Takie obiekty określane są w Blenderze jako „puste” (*Empty*), gdyż nie zawierają żadnej siatki. To samo „opakowanie”: środek (położenie), obrót, a także skala. (Skala nie ma wpływu na sam obiekt *Empty*, ale może mieć na inne, zwykłe elementy „siatkowe”, dla których jest „rodzicem”).

Aby dodać do rysunku nowy obiekt *Empty*, umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być jego środek. Następnie wywołaj polecenie ***Add→Empty*** (Rysunek 5.5.1):

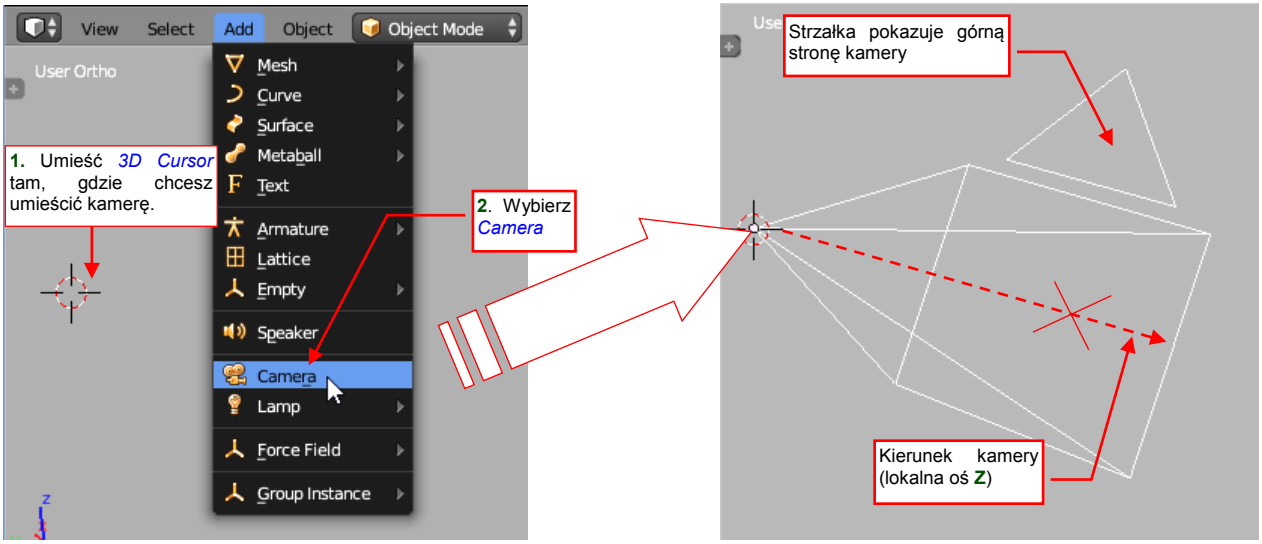


Rysunek 5.5.1 Stworzenie pustego obiektu

Spowoduje to stworzenie nowego obiektu. Aby w ogóle był widoczny, każdy obiekt typu *Empty* w trybie *Arrows* ma włączoną opcję rysowania osi lokalnego układu współrzędnych.

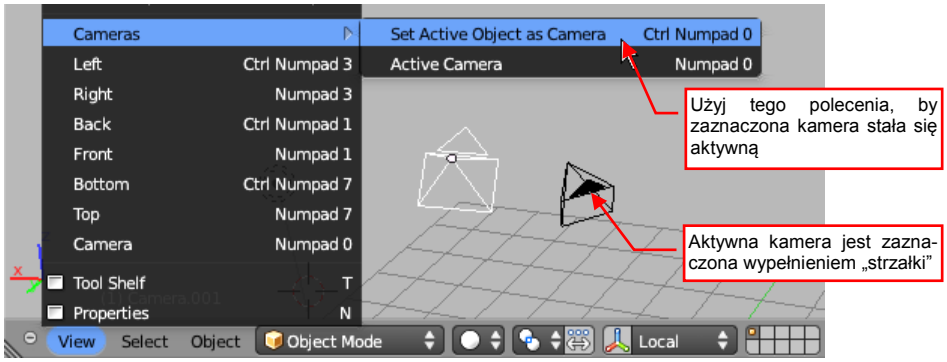
5.6 Wstawienie kamery (*Camera*)

Umieść kursor 3D w miejscu, gdzie ma być umieszczona nowa kamera. (Każdy nowy obiekt jest umieszczany tam, gdzie aktualnie jest kursor). Następnie wywołaj polecenie ***Add→Camera*** (Rysunek 5.6.1):



Rysunek 5.6.1 Wstawienie nowej kamery

Jeżeli dodajesz do sceny drugą kamerę, tylko jedna z nich może być kamerą aktywną — czyli taką, z której widok będzie renderowany. Aby uczynić zaznaczoną kamerę aktywną, użyj polecenia ***View→Cameras→Set Active Object as Camera*** (Rysunek 5.6.2):



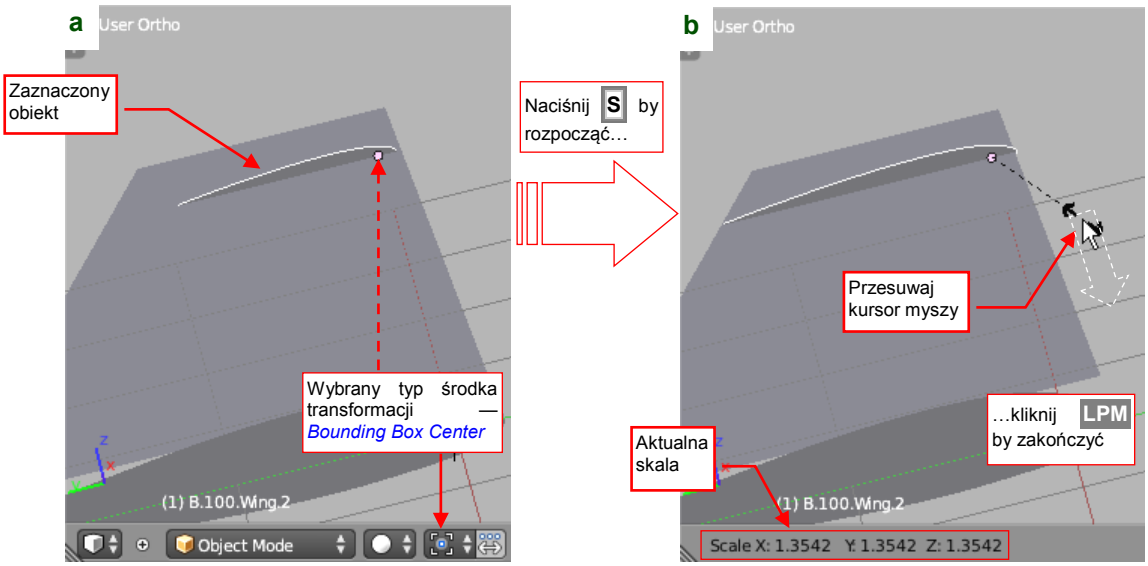
Rysunek 5.6.2 Przełączanie aktywnej kamery

Kamera aktywna jest oznaczana na rysunku wypełnioną „strzałką”.

- Możesz także stworzyć kamerę wykorzystując *Tool shelf* (T): w jego zakładce *Create*, panelu *Add Primitive*, naciśnij przycisk *Camera* (jest w sekcji *Other*).

5.7 Skalowanie (*Scale*)

Zaznacz obiekt, które chcesz powiększyć/pomniejszyć, oraz ustal środek transformacji (lista *Pivot*). Praktycznie stosuję jeden z dwóch rodzajów środka: *Bounding Box Center* albo *Cursor 3D*. *Bounding Box Center* to środek najmniejszego "pudełka", które zawiera środki wszystkich zaznaczonych obiektów. Zacznijmy od przypadku, gdy środkiem skalowania jest właśnie *Bounding Box Center* (możesz go ustawić z klawiatury — [,]), a zaznaczony jest pojedynczy obiekt (Rysunek 5.7.1a):



Rysunek 5.7.1 Skalowanie obiektu

Naciśnij [S] (*Object→Transfrom→Scale*). Przełączysz się w ten sposób w tryb skalowania. Na rysunku pojawi się kreskowana linia od kursora myszy do środka transformacji. Każde przesunięcie myszy będzie powodować zmianę skali zaznaczonego obiektu — proporcjonalnie do zmiany długości kreskowanej linii. Dokonywane zmiany są pokazywane na bieżąco we wszystkich oknach Blendera.

W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlana aktualna zmiana skali wzdłuż każdej osi. Aby zatwierdzić nowe wymiary obiektu (zakończyć transformację), należy kliknąć [LPM]. Aby zrezygnować z operacji, możesz w każdej chwili nacisnąć [Esc] .

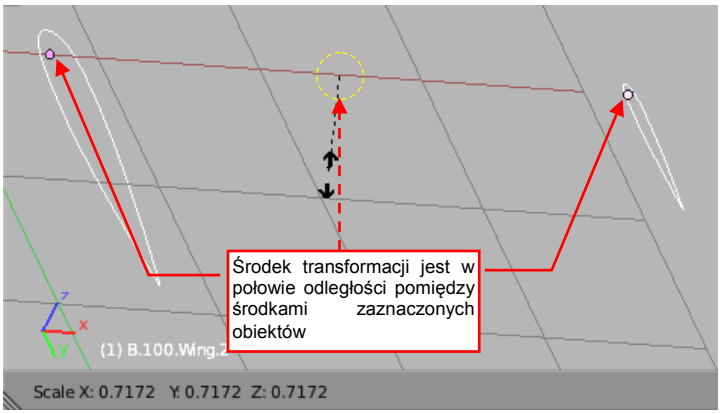
Jeżeli w trakcie przesuwania naciśniesz [X], [Y], lub [Z] — ograniczysz zmianę skali do jednej z tych osi. W pozostałych kierunkach żaden rozmiar nie ulegnie zmianie. Po pierwszym naciśnięciu klawisza wybrana jest oś globalna. Jeżeli jednak jeszcze raz naciśniesz ten sam klawisz — przełączysz się na lokalną oś obiektu. To rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma swój sens wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony.
Podobne reguły obowiązują przy wyłączaniu ze skalowania jednej z osi: [Shift]-[X], [Shift]-[Y], lub [Shift]-[Z] zablokują transformację wzdłuż jednej z globalnych osi (odpowiednio: **X**, **Y** lub **Z**). Aby ograniczyć skalowanie wzdłuż lokalnej osi obiektu, naciśnij taki skrót jeszcze raz.

Podczas zmiany skali możesz dodatkowo trzymać wciśnięty klawisz [Ctrl]. Spowoduje to skokową zmianę proporcji (np. co 0.1). Jeżeli będziesz trzymał wciśnięty klawisz [Shift] — zmiana skali na ekranie "wyhamuje", pozwalając na dokładniejsze ustalenie. Wreszcie kombinacja obydwu — [Shift]-[Ctrl] — umożliwia skokową zmianę skali o niewielkie odległości (np. co 0.01).

Zwróć uwagę, że gdy zaznaczysz pojedynczy obiekt, całe to *Bounding Box Center* wypada po prostu w środku obiektu (Rysunek 5.7.1b). To dlatego, że dla jednego punktu *Bounding Box* ma zerowy rozmiar.

A jak działa *Bounding Box Center* dla grupy obiektów? Spróbuj zmienić w tym trybie skalę dwóm obiektom naraz (Rysunek 5.7.2):

Obydwa obiekty jednocześnie oddalają się od siebie i zmieniają rozmiar. Dzieje się tak dlatego, że środkiem transformacji jest punkt w połowie odległości pomiędzy środkami tych obiektów.



Rysunek 5.7.2 Środek transformacji dla *Pivot* = *Bounding Box Center*

- *Bounding Box Center* dla obiektów leży w środku ich punktów odniesienia, a nie siatek (tzn. kształtu)

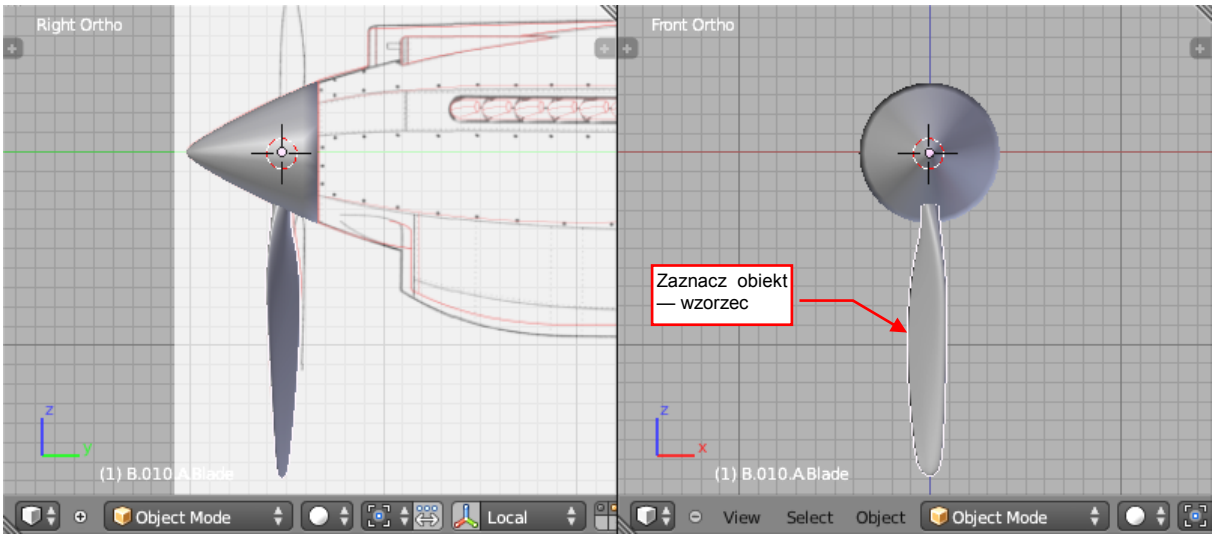
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.8 Powielanie obiektu (*Duplicate*)

W Blenderze istnieją dwa polecenia do tworzenia duplikatów obiektu:

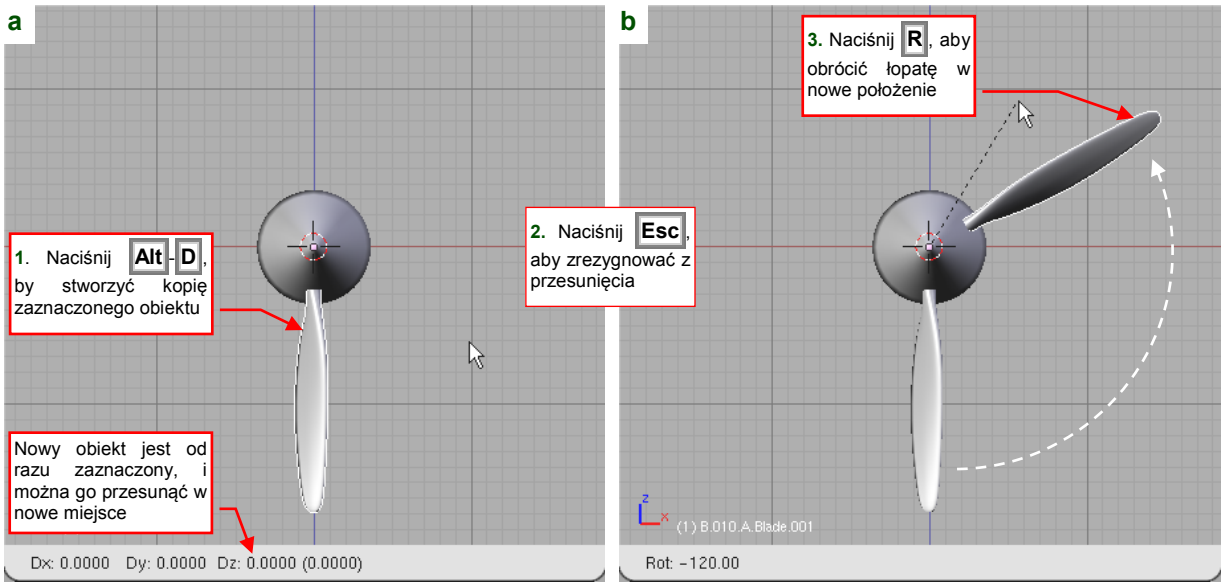
1. Duplikat jest stworzony jako kopia "powiązana" (***Object→Duplicate Linked***, Alt-D). Kopia może mieć oddzielną skalę, położenie, obrót, ale korzysta nadal z tej samej siatki, co wzorzec. (W efekcie ma zawsze ten sam kształt, co oryginał);
2. Duplikat jest stworzony jako zwykła kopię (***Object→Duplicate***, Shift-D). Kopia jest obiektem, który w żaden sposób nie zależy od oryginału.

Wywołanie i obsługa obydwu poleceń jest identyczna, więc opiszę je na przykładzie tworzenia kopii "powiązanej". Rysunek 5.8.1 pokazuje sytuację początkową. Zaznaczyliśmy obiekt — wzorzec: łopatę śmigła. Utworzymy jej dwie powiązane kopie, tworząc trójłopatowe śmigło.



Rysunek 5.8.1 Łopata śmigła, do której dodamy dwie dalsze — jako powiązane kopie

Naciśnij teraz Alt-D (***Object→Duplicate Linked***). To stworzyło nowy obiekt. Blender nadaje mu unikalną nazwę poprzez doklejenie do nazwy oryginału końcówki w rodzaju ".001". Od razu także proponuje dokonać jego przesunięcia (Rysunek 5.8.2a):

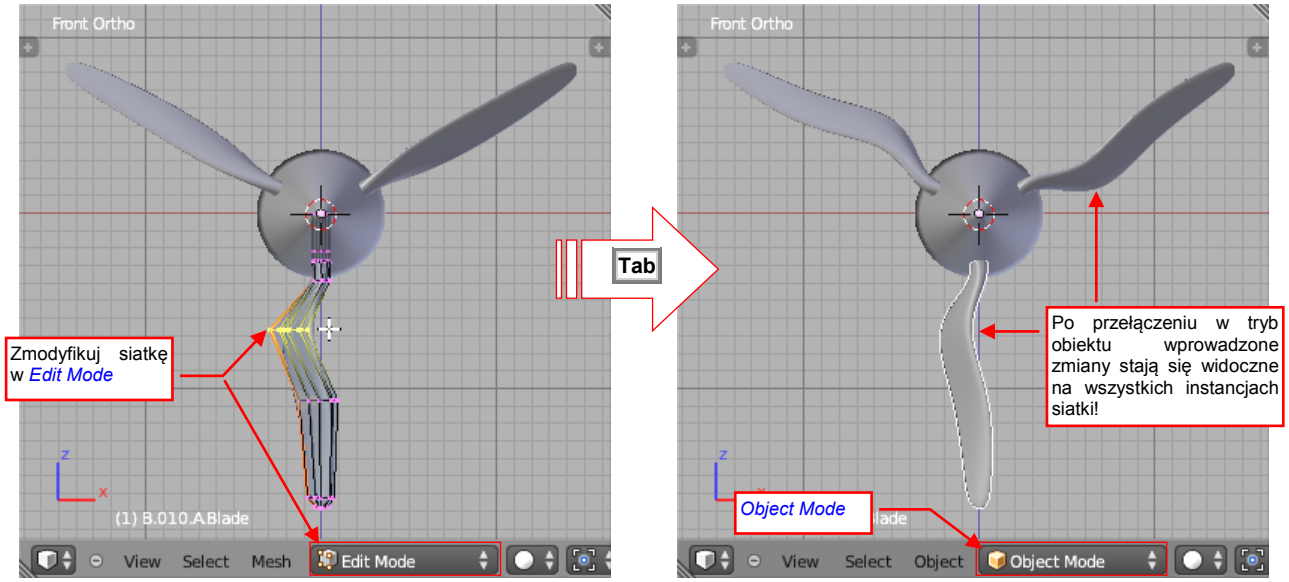


Rysunek 5.8.2 Powielenie (poprzez obrót)

Jeżeli nie chcesz przesunąć nowego obiektu, a np. obrócić, wystarczy nacisnąć Esc. To przerwie przesuwanie kopii, ale pozostawi ją jako zaznaczoną. Teraz wystarczy wybrać polecenie dowolnej innej transformacji, którą chcesz zastosować — na przykład R, by nowy obiekt obrócić[1] (Rysunek 5.8.2b).

- Zwykłą kopię obiektu tworzysz identycznie, tyle tylko że zaczynasz poleceniem Shift-D (***Object→Duplicate***)

Jaka jest w takim razie praktyczna różnica pomiędzy kopią zwykłą, a kopią powiązaną? Pokażę to na przykładzie śmigła (w którym dodałem już także trzecią łopatę). Wszystkie trzy łopaty wykorzystują tą samą siatkę. Gdy zmodyfikujesz jedną z nich, i powrócisz do trybu obiektu (*Object Mode*) — zmiana stanie się widoczna we wszystkich trzech instancjach (Rysunek 5.8.3):



Rysunek 5.8.3 Obiekty powiązane — siatka jest zmieniana we wszystkich równocześnie

Więcej na ten temat — patrz "Struktura danych modelu i sceny w Blenderze", str. 393.

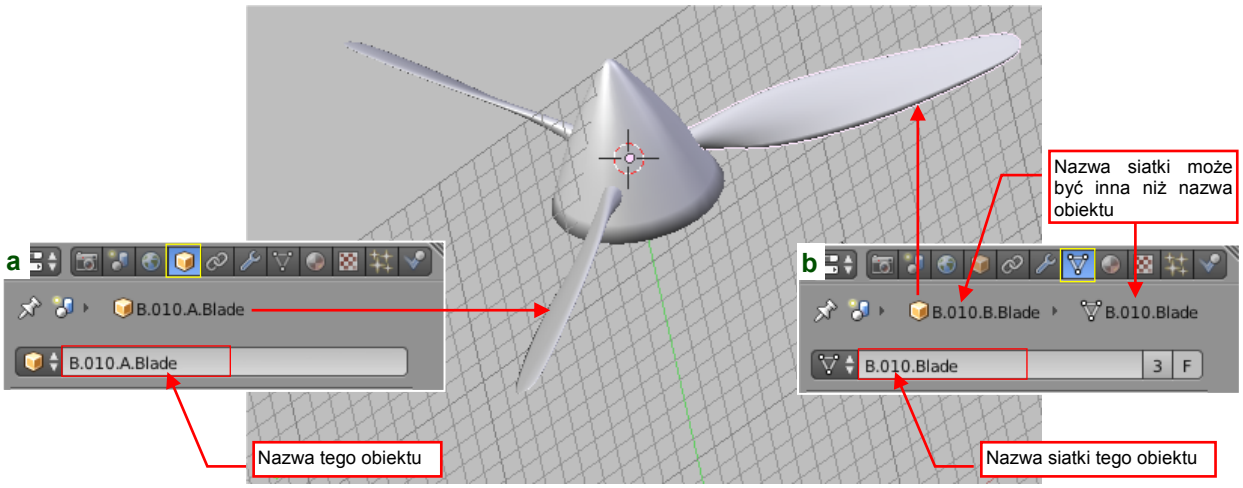
[1] Aby przełączyc się na obrót lub skalowanie można nie naciskać Esc, tylko od razu R lub S. Chciałem tu jednak pokazać ogólną zasadę, aby lepiej uświadomić Czytelnikowi jak to działa.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.9 Nadanie obiektowi nazwy

Każdy element rysunku Blendera musi mieć unikalną nazwę. Blender nadaje pewne nazwy domyślne, ale w bardziej złożonym modelu konieczne jest wprowadzenie nazewnictwa w sposób bardziej kontrolowany. Stąd, po utworzeniu każdego nowego obiektu powinieneś nazwać go na nowo.

Aby zmienić nazwę obiektu zaznacz go, i w zestawie *Object* okna *Properties* wpisz odpowiedni tekst (Rysunek 5.9.1a). W podobny sposób w zestawie *Object Data* możesz ustalić nazwę siatki (Rysunek 5.9.1b). Zazwyczaj obydwie nazwy są identyczne, ale czasami może być inaczej (por. nazwa siatki i obiektu pokazywanej przez Rysunek 5.9.1b).



Rysunek 5.9.1 Przykłady nazw obiektów i siatki

Zacznijmy od zasad: jaki system nazewnictwa przyjąć dla elementów naszego modelu? Nazwa nie powinna być długa, zazwyczaj nie powinna przekraczać 20 znaków. Proponuję w związku z tym stosować tekst składający się z następujących segmentów:

- segment pełniący rolę unikalnego identyfikatora: składa się z 2 lub 3 części, oddzielonych kropkami:
  - **1 znak**: znak, który będzie pełnił rolę wyróżnika wersji samolotu. Wszystkie części w pojedynczym pliku Blendera będą używać takiej samej litery. Na przykład w modelu P-40B nazwy będą zaczynać się od "**B**". Okaże się to przydatne później[1]. Wyjątkiem są elementy specjalne: uchwyty i inne artefakty, używane wyłącznie do animacji modelu. Te mają przedrostek „**X**"
  - **3 znaki**: unikalny numer części. Wydaje mi się, że dobrze jest wydzielić główne podzespoły za pomocą pierwszego znaku. Pozostałe dwa — może to być cyfra, określająca numer części w obrębie zespołu. Oczywiście, także można starać się, aby elementy podzespołów miały zbliżone numery. W takim przypadku radziłbym zwiększać numerację nie co 1, a co 5 (np. "A05", "A10", "A15", "A20",...). W ten sposób pozostawiamy sobie miejsce w numeracji na ewentualne dodatkowe elementy. (Podczas pracy często się okazuje, że trzeba przekonstruować gotowy zespół. Takie luki w numeracji są wtedy jak znalazł!);
  - **1 znak**: opcjonalny znacznik "powielenia". Może to być "**L**" lub "**R**" dla części lewej lub prawej, które są symetryczne. Może także być "nr kolejny", np. dla 3 łopat śmigła jest to "A", "B", "C";
- segment z dodatkową, "ludzką" nazwą. Rola tego fragmentu jest pomocnicza — ma ułatwić identyfikację przez użytkownika. Sądzę, że w związku z tym, że nigdy nie wiesz, do kogo trafi Twoja praca, najlepiej jest stosować nazwy angielskie.

[1] Gdy będziesz tworzył, w innym pliku Blendera, model P-40D, nadasz jego elementom przedrostek "D". Podczas pracy nad wariantem "D" może okazać się przydatne np. dołączenie do rysunku kadłuba z P-40B. (Aby porównywać go z kadłubem P-40D). Dzięki temu przedrostkowi unikniesz konfliktu nazw tych części!

Zgodnie z powyższymi regułami, siatka łopaty śmigła (Rysunek 5.9.1b) nosi nazwę "**B.010.Blade**":

- "**B**" — przedrostek, którego będę używał do wszystkich części P-40B;
- "**010**" — numer tej części: "0" będę używać dla podzespołu śmigła, a "10" — to numer kolejny, nadany z zachowaniem zasady "odstępu w numerach co 5";
- segment nazwy: "**Blade**".

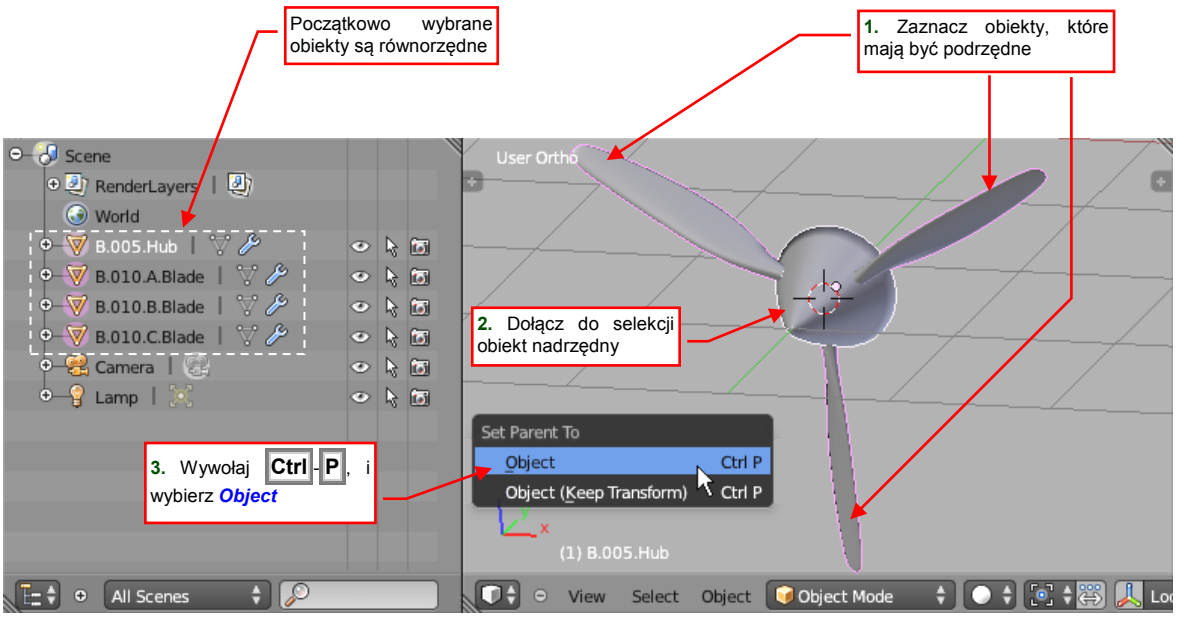
Zwróć uwagę, że obiekty poszczególnych łopat śmigła, pokazywanych przez Rysunek 5.9.1, różnią się znacznikiem „powielenia”. Dodatkowo, nazwa siatki (**B.010.Blade**) i nazwa obiektu (**B.010.B.Blade**) różnią się od siebie. Stało się tak dlatego, że wszystkie trzy łopaty śmigła (**B.010.A.Blade**, **B010.B.Blade**, **B.010.C.Blade**) używają jednej i tej samej siatki, o nazwie **B.010.Blade**. Są one tzw. kopiami powiązanymi, które, w wyniku użycia tej samej siatki, będą miały zawsze ten sam kształt. (Więcej szczegółów na temat kopii powiązanych — str. 302).

Dlaczego trzeba nadawać oddzielne nazwy obiektowi i siatce? Skąd w ogóle taki podział, i czym w Blenderze jest w takim razie "obiekt"? Jeżeli nurtują Cię takie pytania, zajrzyj na str. 393, do sekcji "Struktura danych modelu i sceny w Blenderze".

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

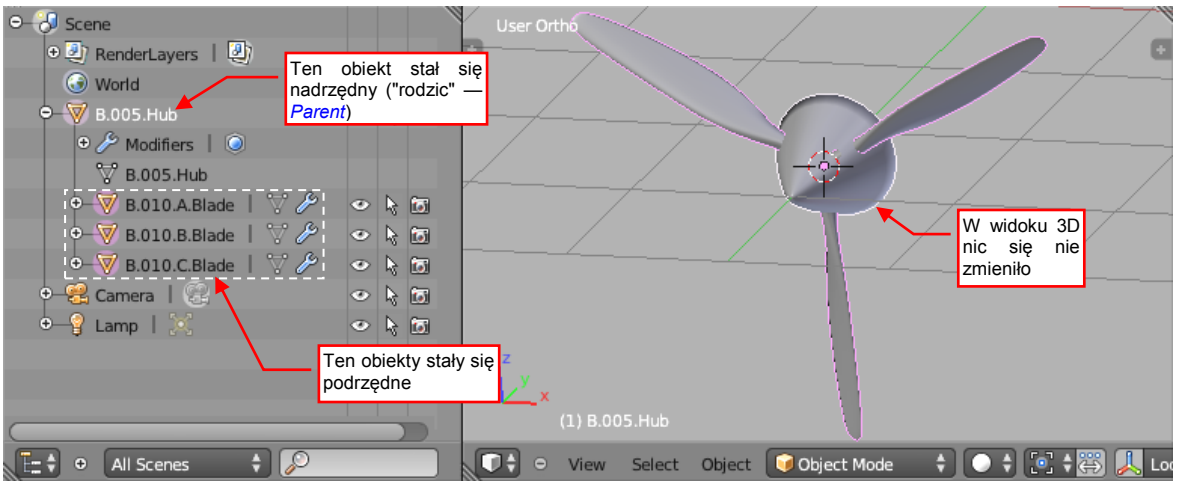
5.10 Przypisanie do hierarchii (*Parent*)

Najpierw zaznacz obiekty, które chcesz uczynić podrzędnymi. Gdy wszystkie już zaznaczysz, włącz do selekcji obiekt, który ma być ich obiektem nadrzędnym. Koniecznie upewnij się, że jego nazwa pojawiła się w lewym, dolnym narożniku ekranu, (tzn. że stał się obiektem aktywnym). Następnie naciśnij Ctrl-P (***Object→Parent→Set→Object***). Rysunek 5.10.1 pokazuje ten moment w przypisywaniu trzech łopat śmigła (**B.010.*.Blade**) do kołpaka (**B.005.Hub**):



Rysunek 5.10.1 Tworzenie powiązań hierarchicznych

Gdy wybierzesz z menu *Set Parent To*, które pojawi się na ekranie, polecenie ***Object*** (Rysunek 5.10.1), nic właściwie widocznego na scenie się nie zmieni. Dopiero w podglądzie struktury sceny zobaczysz różnice (Rysunek 5.10.2):



Rysunek 5.10.2 Utworzone powiązanie hierarchiczne

Bezpośrednim efektem przypisania łopat do kołpaka jest ułatwienie w manipulacji obiektami na scenie. Wcześniej, aby obrócić czy przesunąć ten zespół, musiałbyś dokonać odpowiedniej transformacji oddzielnie na każdym obiekcie. Przypisując łopaty do kołpaka, "skleiłeś" je ze sobą. Od tej chwili, gdy tylko obrócisz lub przesuniesz kołpak, łopaty będą także się obracać i przesuwać — jak w prawdziwym śmigle.

Nic nie stoi na przeszkodzie, aby później uczynić kołpak śmigła obiektem podrzędnym kadłuba. W ten sposób tworzysz bardzo istotną hierarchię części modelu.

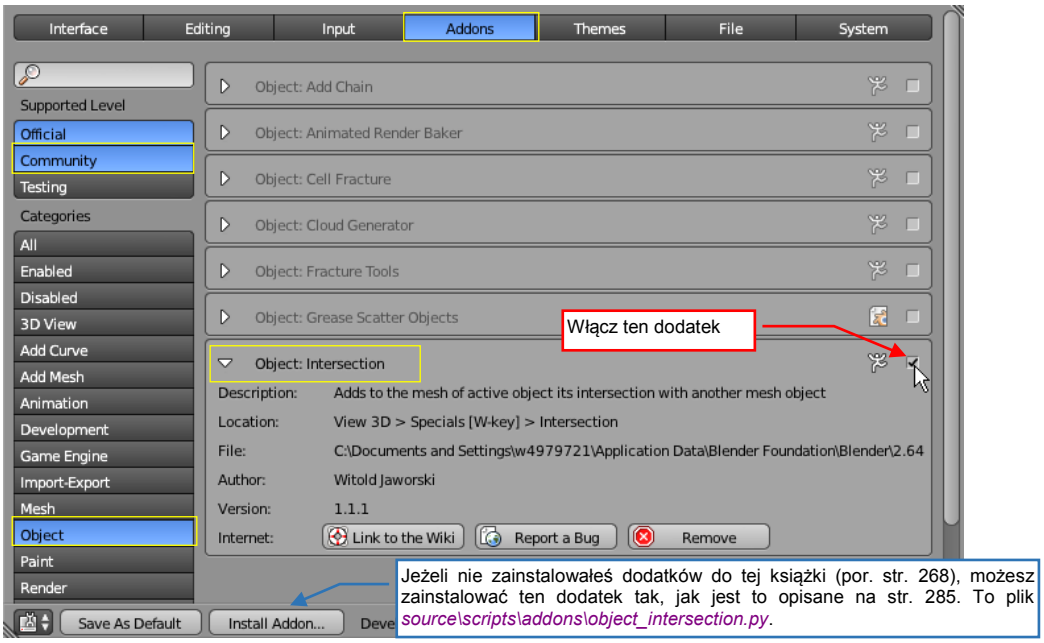
- Pamiętaj, że powinieneś doprowadzić do sytuacji, gdy cały samolot ma jedną część główną, do której należą, pośrednio lub bezpośrednio, wszystkie podzespoły. Tylko takim modelem będziesz mógł wygodnie manipulować, przygotowując statyczną scenę czy film.

- Aby wyłączyć obiekt z hierarchii — zaznacz go i naciśnij Alt-P (***Object→Parent→Clear***).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

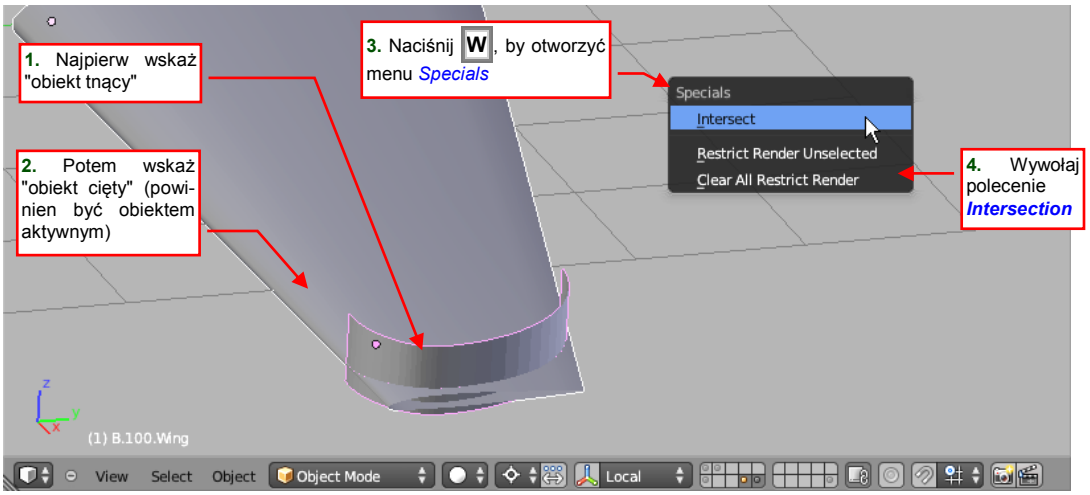
5.11 Wyznaczenie krawędzi przecięcia dwóch powłok

Do wyznaczenia przecięcia dwóch powłok proponuję użyć dołączonego do tej książki dodatku o nazwie ***Intersection***[1]. Powinieneś go znaleźć w oknie ***User Preferences***, sekcji ***Addons:Object*** (Rysunek 5.11.1):



Rysunek 5.11.1 Aktywacja dodatku do wyznaczenia krawędzi przecięcia siatek dwóch obiektów

Zaznacz najpierw dwa obiekty, dla których chcesz znaleźć krawędź przecięcia (Rysunek 5.11.2) :



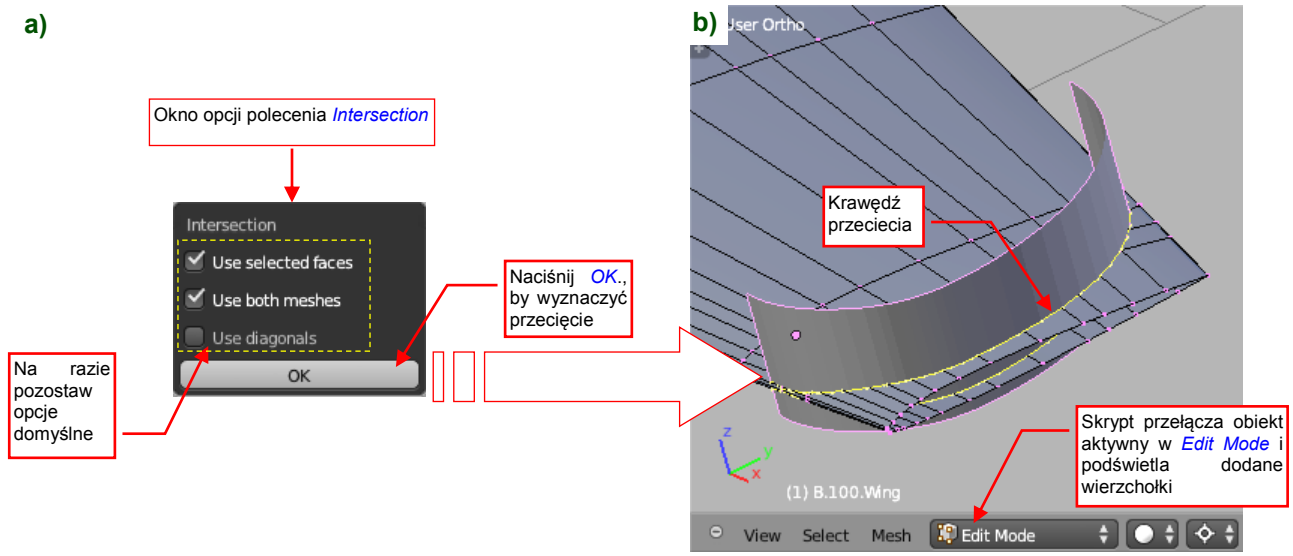
Rysunek 5.11.2 Zaznaczenie obiektów i wywołanie polecenia

Kolejność zaznaczania jest ważna: najpierw wskaż obiekt który pełni rolę „narzędzia tnącego”, a potem obiekt do którego siatki skrypt doda krawędź przecięcia. Następnie naciśnij klawisz W, by otworzyć menu *Specials*, i wybierz z niego polecenie ***Intersection*** (Rysunek 5.11.2).

---

[1] Blender posiada polecenia wykonujące na siatkach operacje Boole'a: różnicę, sumę, część wspólną. Przez lata mankamentem jednak wszelkich takich rozwiązań byla siatka, uzyskiwana jako rezultat. Zawierała wiele dodatkowych wierzchołków które tylko niepotrzebnie zwiększały liczbę ścian i komplikowały model. Osobiście wolę mieć pełną kontrolę nad siatką, którą formuję. Stąd przygotowałem skrypt, który wyznacza samą krawędź przecięcia. Zazwyczaj, przy dobrze zaplanowanych siatkach, wkomponowanie nowej krawędzi w dotychczasową powierzchnię nie wymaga dużo pracy. Usuniesz parę ścian, stworzysz — korzystając z wierzchołków wyznaczonej krawędzi — kilkanaście nowych. W ten sposób uzyskujesz zaplanowany kształt za pomocą ładnej — bo prostej i regularnej — siatki. (Jest takie stare inżynierskie przysłowie: „co oko lubi, to i konstrukcja lubi”).
Obecnie operacje Boole’a działają o wiele lepiej, pojawiło się także standardowe polecenie *Intersect* (por. str. 311).

Po uruchomieniu na ekranie pojawi się okno dialogowe z opcjami polecenia (Rysunek 5.11.3a):

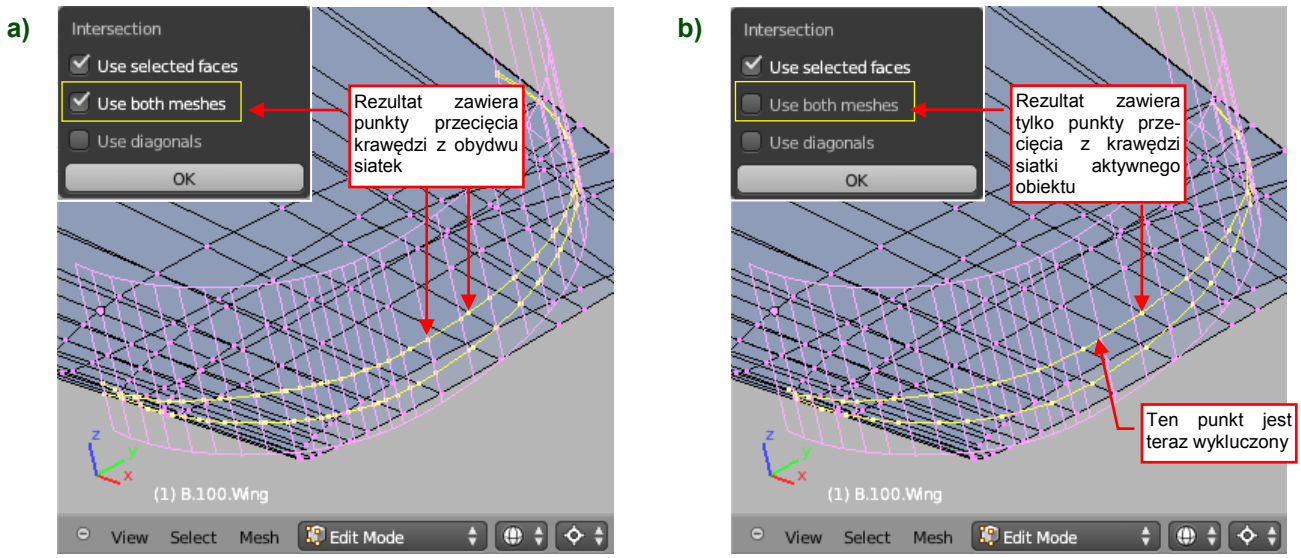


Rysunek 5.11.3 Wyznaczenie krawędzi przecięcia

Na razie niczego w nim nie zmieniaj, tylko naciśnij przycisk *OK*. W zależności od liczby ścian przecinanych siatek operacja może potrwać sekundę lub dwie. *Intersection* dodaje wyznaczoną krawędź przecięcia do siatki aktywnego obiektu, zaznacza jej wierzchołki, i przełącza Blender w tryb *Edit Mode*, abyś mógł je od razu zobaczyć (Rysunek 5.11.3b). Jeżeli nie jesteś zadowolony z rezultatów — wystarczy nacisnąć X, aby je usunąć, po czym powrócić (Tab) do *Object Mode* i spróbować wywołać polecenie jeszcze raz, z innymi ustawieniami.

Pierwsza z opcji operacji — ***Use selected faces*** — ma znaczenie tylko wtedy, gdy wcześniej w *Edit Mode* zaznaczyłeś jakieś ściany przecinanych siatek. Dodatek *Intersection* ograniczy wówczas zakres operacji tylko do tego zaznaczonego obszaru. Jeżeli nic nie jest na siatkach zaznaczone — sprawdzane są ich wszystkie ściany.

Gdy druga opcja — ***Use both meshes*** — jest włączona, skrypt buduje rezultat z punktów przecięcia krawędzi obydwu siatek (Rysunek 5.11.4a):



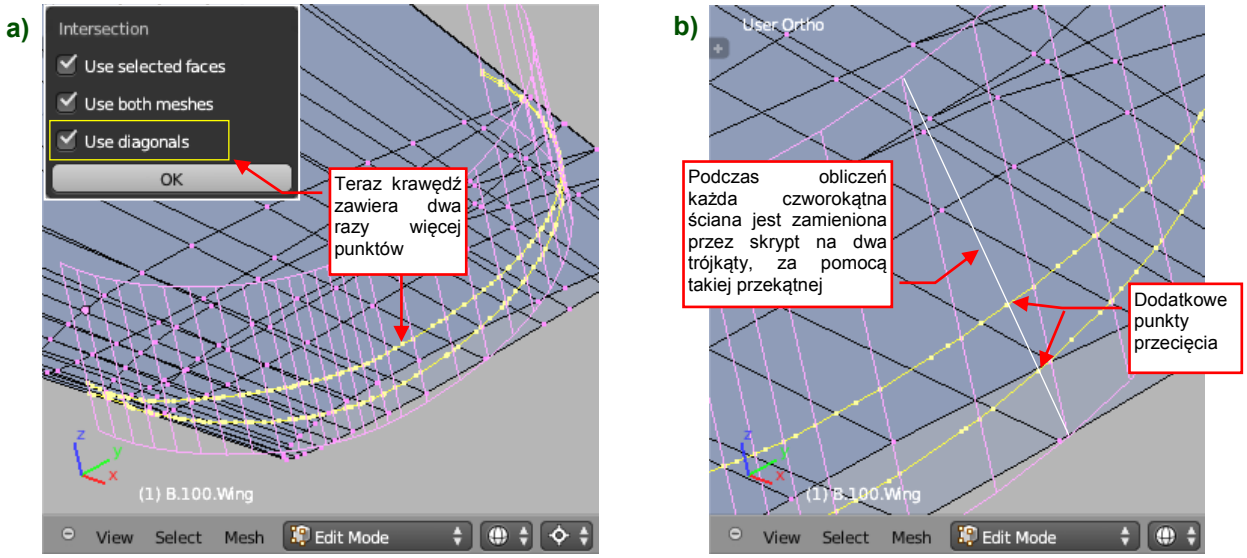
Rysunek 5.11.4 Wpływ opcji *Use both meshes* na krawędź przecięcia

Gdy ją wyłączysz, rezultat będzie zawierać wyłącznie punkty przecięcia aktywnego obiektu ze ścianami obiektu „tnącego” (Rysunek 5.11.4b). Taki efekt może być przydatny przy odpowiednio gęstych siatkach.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Skrypt *Intersection* wyszukuje punkty przecięcia krawędzi jednej z siatek ze ścianami drugiej i łączy je we wspólną linię. Podczas obliczeń każda czworokątna ściana jest dzielona przekątną (*diagonal*), aby zamienić ją na dwie ściany trójkątne. Zazwyczaj punkty przecięcia tych tymczasowych przekątnych ze ścianami drugiej siatki są pomijane.

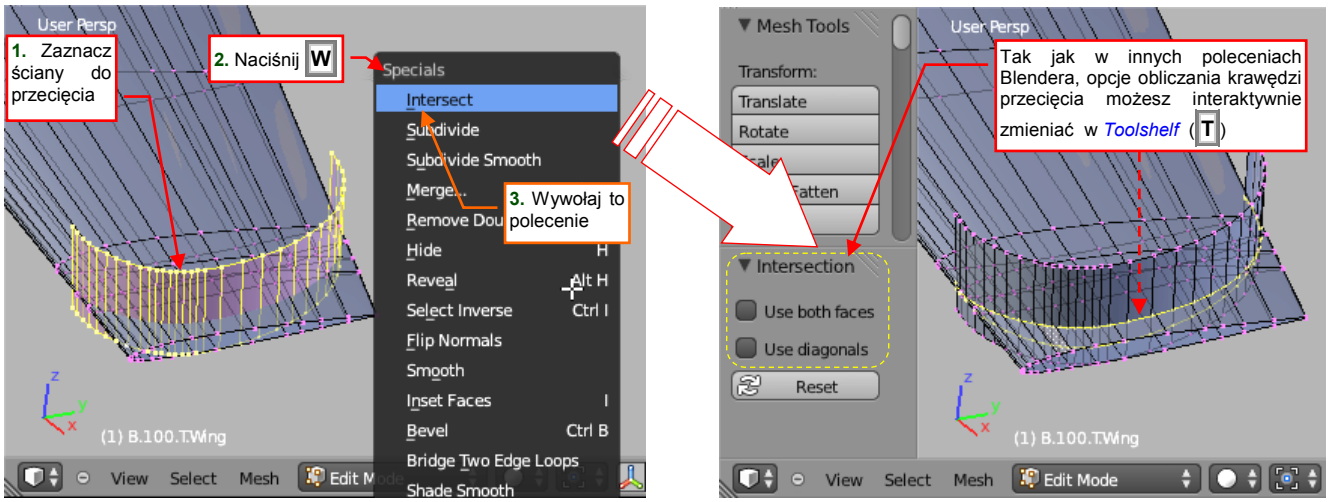
Jeżeli jednak włączysz opcję ***Use diagonals***, zobaczysz je wszystkie (Rysunek 5.11.5a):



Rysunek 5.11.5 Wpływ opcji *Use diagonals* na krawędź przecięcia

Rysunek 5.11.5b) przedstawia przekątną wybranej ściany i jej punkty przecięcia ze ścianami drugiej siatki. Opcję *Use diagonals* pozostawiłem tylko na wszelki wypadek — zazwyczaj jej nie używam.

Ta sama operacja dostępna jest także w *Edit Mode*, pod nazwą ***Intersect***. W tym trybie służy do przecinania zaznaczonych ścian z pozostałymi ścianami siatki (Rysunek 5.11.6):

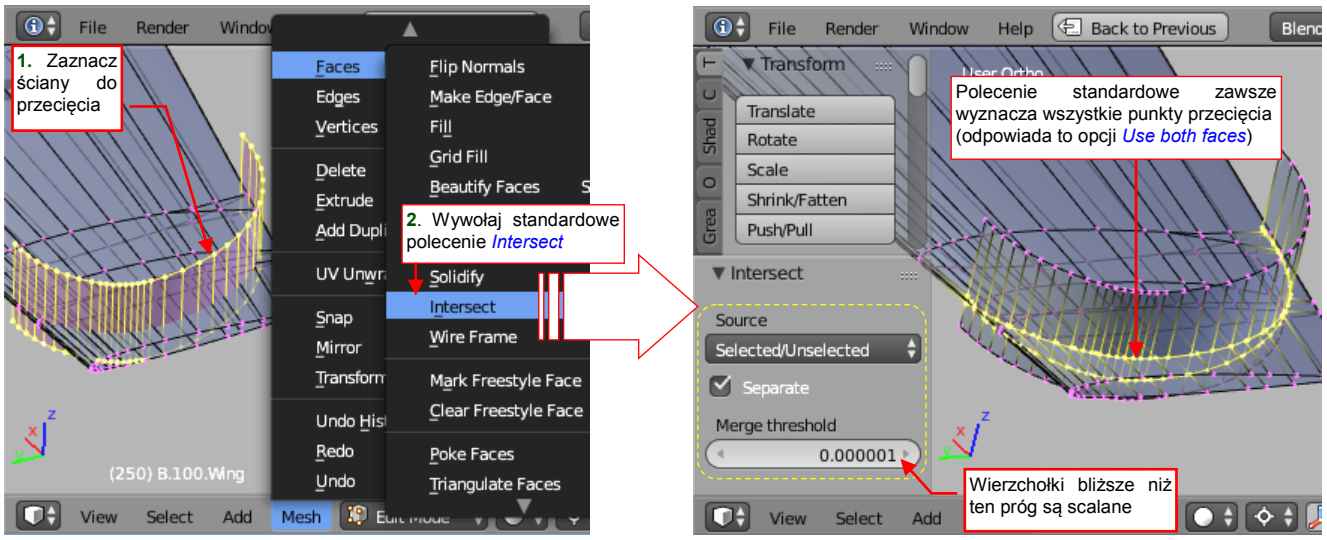


Rysunek 5.11.6 Wywołanie polecenia *Intersect* w trybie edycji siatki

W tej wersji polecenia jego opcje są dostępne w panelu przybornika (*Toolshelf*, T). Możesz je tu przestawiać, interaktywnie zmieniając rezultat. Jeżeli chcesz wykluczyć jakieś ściany z przecinania — ukryj je (H) przed tą operacją, a po jej zakończeniu „odkryj” powtórnie (Alt-H).

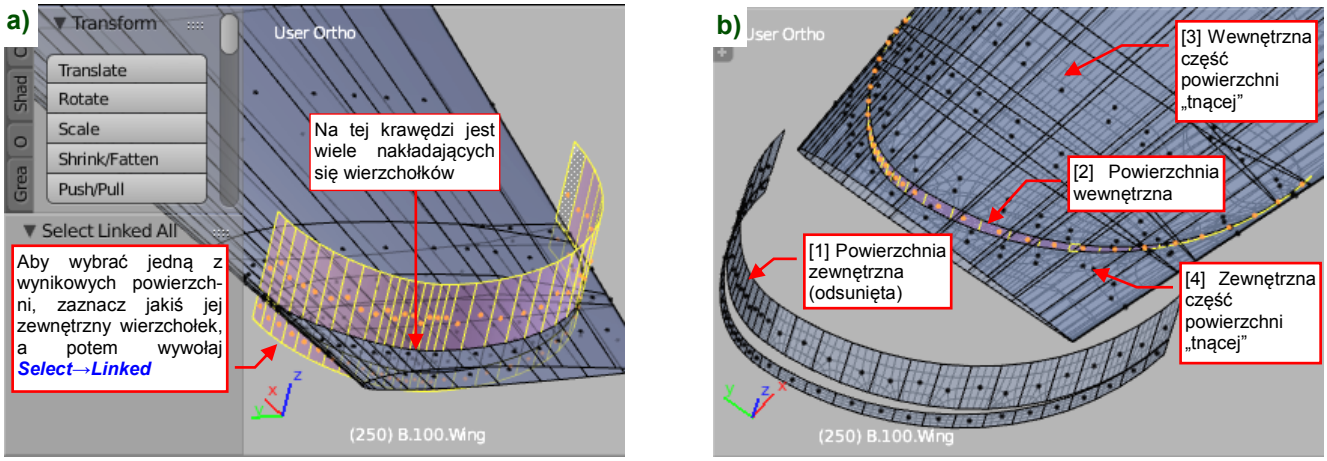
Dodatek *Intersection* jest od 2009r. udostępniany na zasadach Open Source (jak wszystkie dodatki do Blendera, które napisałem). Sądząc z liczby pobrań, wielu użytkowników uznało go za przydatny. Przypuszczam, że jest „przodkiem” polecenia ***Intersect***, dodanego do Blendera w 2014 roku prez jedego z jego głównych programistów (Campbella Bartona). W odróżnieniu od mojego *Intersection*, który tworzy pojedynczą krawędź niepowiązaną z resztą siatki, ten *Intersect* dzieli jej ściany.

Zasada działania jest bardzo podobna: zaznacz w *Edit Mode* siatkę, którą chcesz przeciąć (Rysunek 5.11.7), a następnie wywołaj ***Mesh→Faces→Intersect***:



Rysunek 5.11.7 Wywołanie standardowego polecenia *Intersect* (Blender 2.72)

W rezultacie uzyskujesz taką krawędź przecięcia, jak w dodatku *Intersection* dla włączonej opcji *Use both faces* (por. Rysunek 5.11.4). Zwróć uwagę opcję *Separate*. Gdy jest wyłączona — *Faces→Intersect* scala siatkę wzdłuż znalezionej krawędzi przenikania. Gdy opcja *Separate* jest włączona — ściany siatki są dzielone przez krawędź przecięcia na dwie rozłączne części (Rysunek 5.11.8):



Rysunek 5.11.8 Efekt działania opcji *Separate*

W takim przypadku każda z początkowych powłok (zaznaczona i nie zaznaczona) jest podzielona na dwie części (Rysunek 5.11.8b). Pod każdym z widocznych wierzchołków krawędzi przenikania znajdują się trzy inne. Aby szybko zaznaczyć każdą z wynikowych powłok, zanacz jeden z jej zewnętrznych wierzchołków, a następnie wywołaj polecenie ***Select→Linked*** (Ctrl-L, Rysunek 5.11.8a). Potem możesz łatwo odsunąć taką powłokę, „oczyszczając” w ten sposób uzyskaną krawędź z niepotrzebnych ścian.

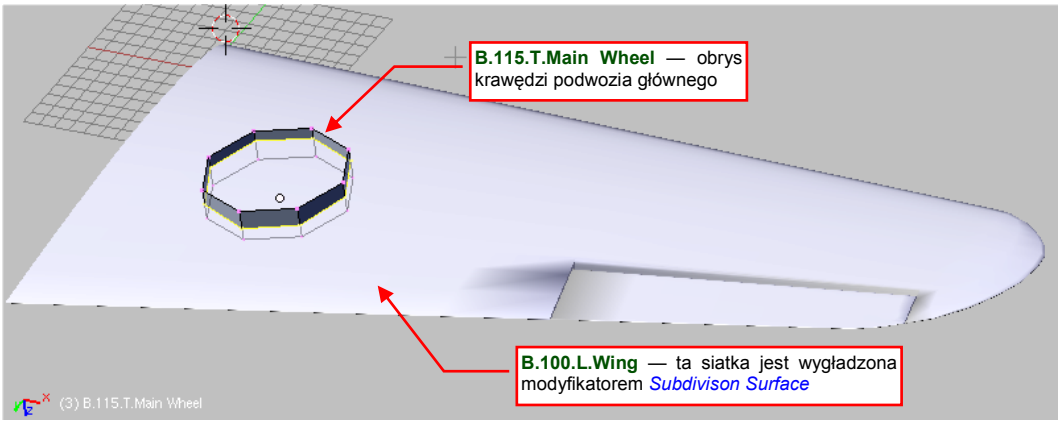
- Używaj dodatku *Intersection* gdy chcesz uzyskać tylko krawędź przenikania, a polecenia *Faces→Intersect* — gdy potrzebujesz odciętych ścian.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.12 Scalanie obiektów (*Join*)

Scalenie dwóch obiektów oznacza scalenie ich siatek. Jednocześnie wszystkie wskazane obiekty, poza obiektem aktywnym, przestają istnieć.

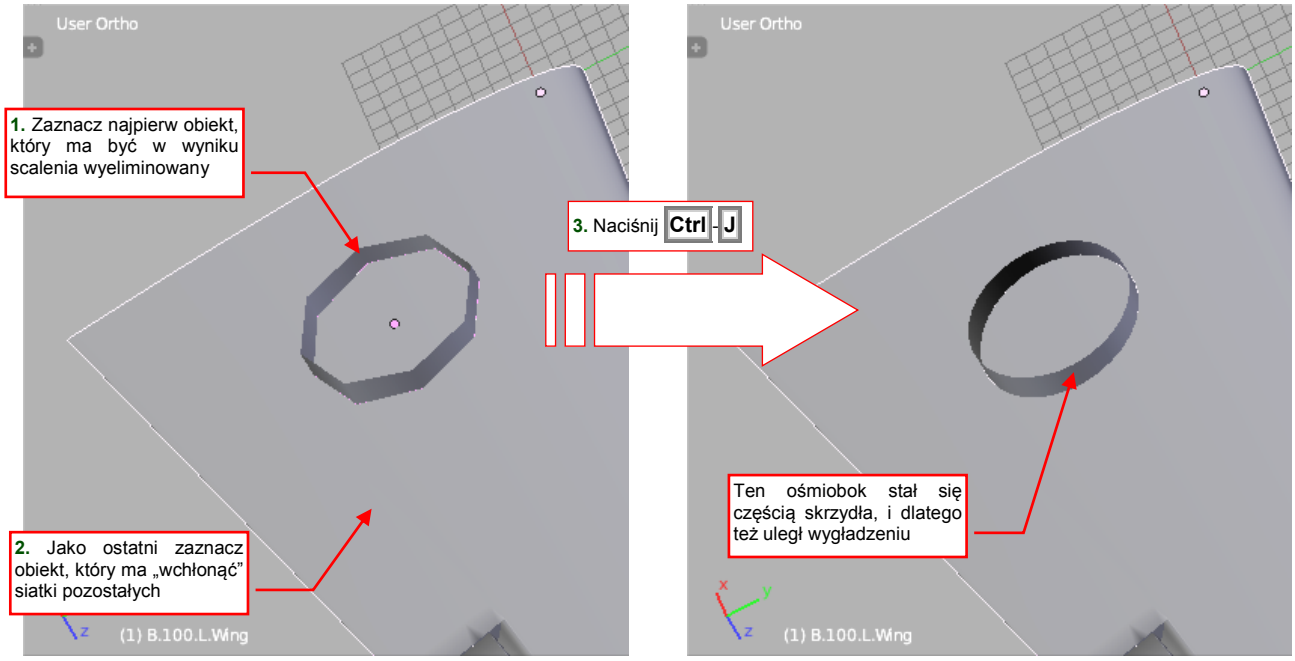
Operację tę wykonuję często by przenieść uzyskaną krawędź przecięcia (p. str. 308) do drugiej siatki. Rysunek 5.12.1 przedstawia jedną z takich sytuacji. Pomocniczy obiekt (**B.115.T.Main Wheel**) to obrys (nie wygładzony) otworu na koło główne. Jego siatka zawiera także krawędź przecięcia z powierzchnią płata:



Rysunek 5.12.1 Pomocniczy obiekt — zawiera krawędź przecięcia ze skrzydłem

Tylko ta krawędź jest potrzebna do dalszej pracy. Powinna się jednak znaleźć w siatce skrzydła, aby można z niej było stworzyć otwór na podwozie główne. W tym celu należy scalić obydwa obiekty.

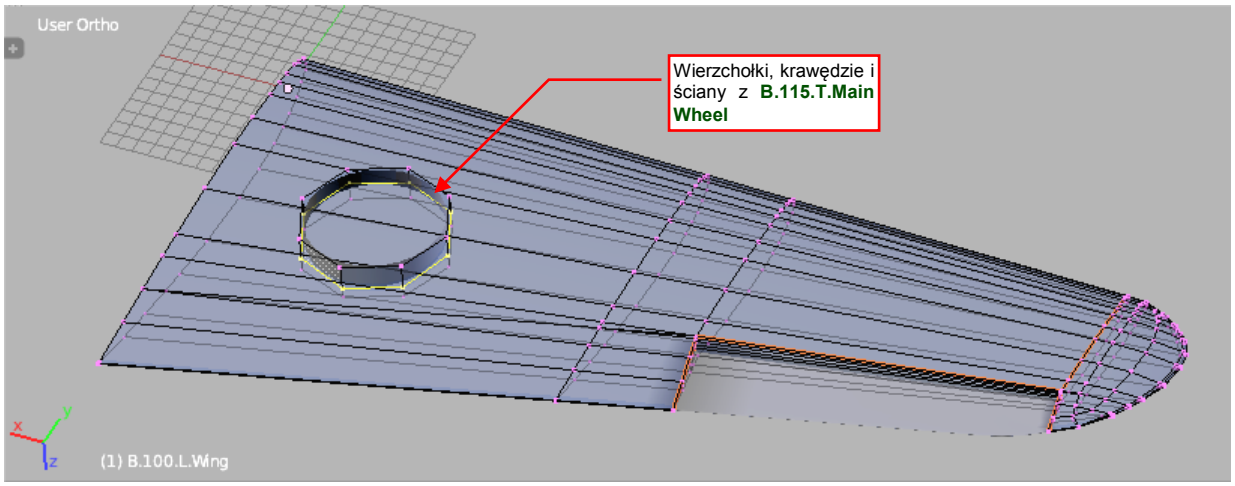
Zaznacz najpierw obiekt, który zniknie, a na koniec — obiekt, który ma pozostać po tej operacji. (Podczas scalania obiekt aktywny "wchłania" pozostałe). Następnie naciśnij Ctrl-J (***Object→Join*** — Rysunek 5.12.2):



Rysunek 5.12.2 Połączenie siatek dwóch obiektów

Jedyną widoczną zmianą wywołania tego polecenia jest wygładzenie krawędzi pomocniczego obiektu.

Jeżeli jednak przełączysz się w tryb edycji (naciśnij Tab), zobaczysz że siatki tych dwóch obiektów uległy scaleniu (Rysunek 5.12.3):



Rysunek 5.12.3 Rezultat — połączone siatki

Pomocniczy obiekt (**B.115.T.Main Wheel**) przestał istnieć. Możesz teraz usunąć niepotrzebne wierzchołki z tej pomocniczej siatki, pozostawiając w płacie krawędź do wykonania otworu.

- Operacją odwrotną do scalenia siatek obiektów jest wydzielenia siatki (*Separate*, str. 363).

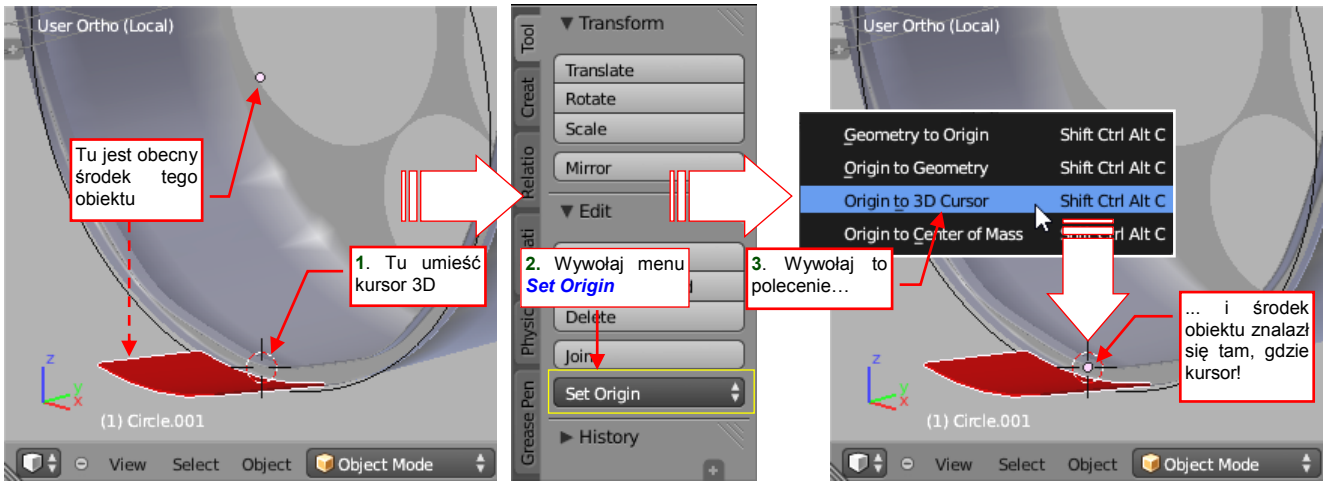
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.13 Zmiana położenia środka obiektu (*Set Origin*)

Punkt odniesienia obiektu, używany dla określenia położenia, obrotu, i skali, nazywany jest w Blenderze **środkiem** obiektu. To polskie tłumaczenie angielskiego terminu ***origin*** wywołuje czasem niewłaściwe skojarzenia, bo środek obiektu często wcale nie leży w jego środku geometrycznym.

Stosunkowo często pojawia się konieczność zmiany położenia środka obiektu względem jego siatki. Najszybciej możesz to zmienić w następujący sposób (Rysunek 5.13.1):

- zaznacz obiekt;
- umieść kursor 3D w miejscu, w którym chcesz umieścić nowy środek obiektu;
- Wywołaj polecenie ***Origin to 3D Cursor***. Możesz to zrobić listy rozwijalnej *Set Origin* zakładki *Tools* przybornika *Toolshelf* (T — jak pokazuje to Rysunek 5.13.1) albo z menu ***Object→Transform***;



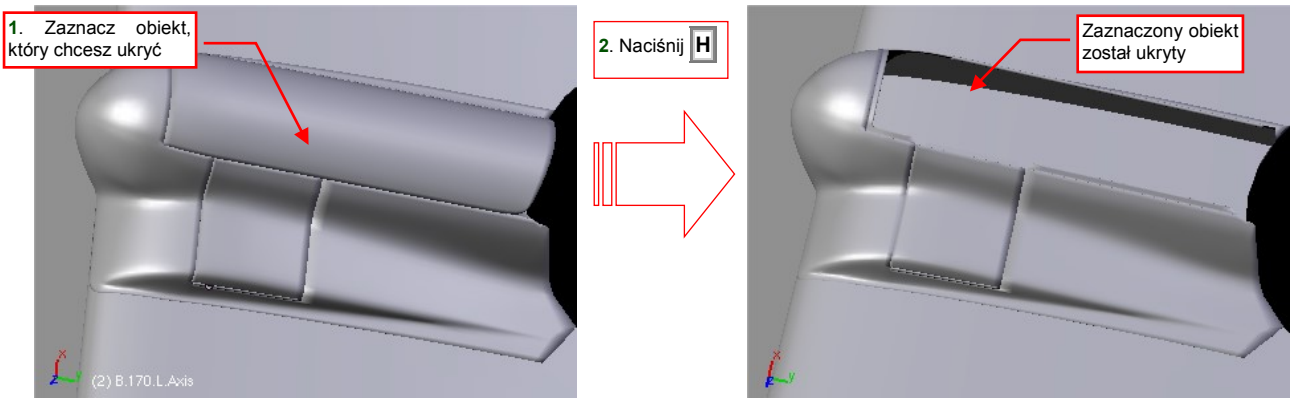
Rysunek 5.13.1 Zmiana położenia środka obiektu

W efekcie środek obiektu znajdzie się w miejscu wskazanym przez kursor 3D. Zmiana położenia środka obiektu jest "jego wewnętrzną sprawą". Nie powinna wpłynąć na jego rozmiar ani położenie w przestrzeni (chyba, że obiekt jest obrócony w jakiś specyficzny sposób!).

5.14 Chwilowe ukrycie obiektu (*Hide Selected*)

Czasami, podczas pracy, przydatna jest możliwość ukrycia na jakiś czas niektórych obiektów. Jest to szczególnie ważne wtedy, gdy jedna część zasłania drugą.

Aby ukryć zaznaczony obiekt (lub obiekty), po prostu naciśnij H (*Object→Show/Hide→Hide Selected*). To sprawi, że zaznaczenie zniknie (Rysunek 5.14.1):



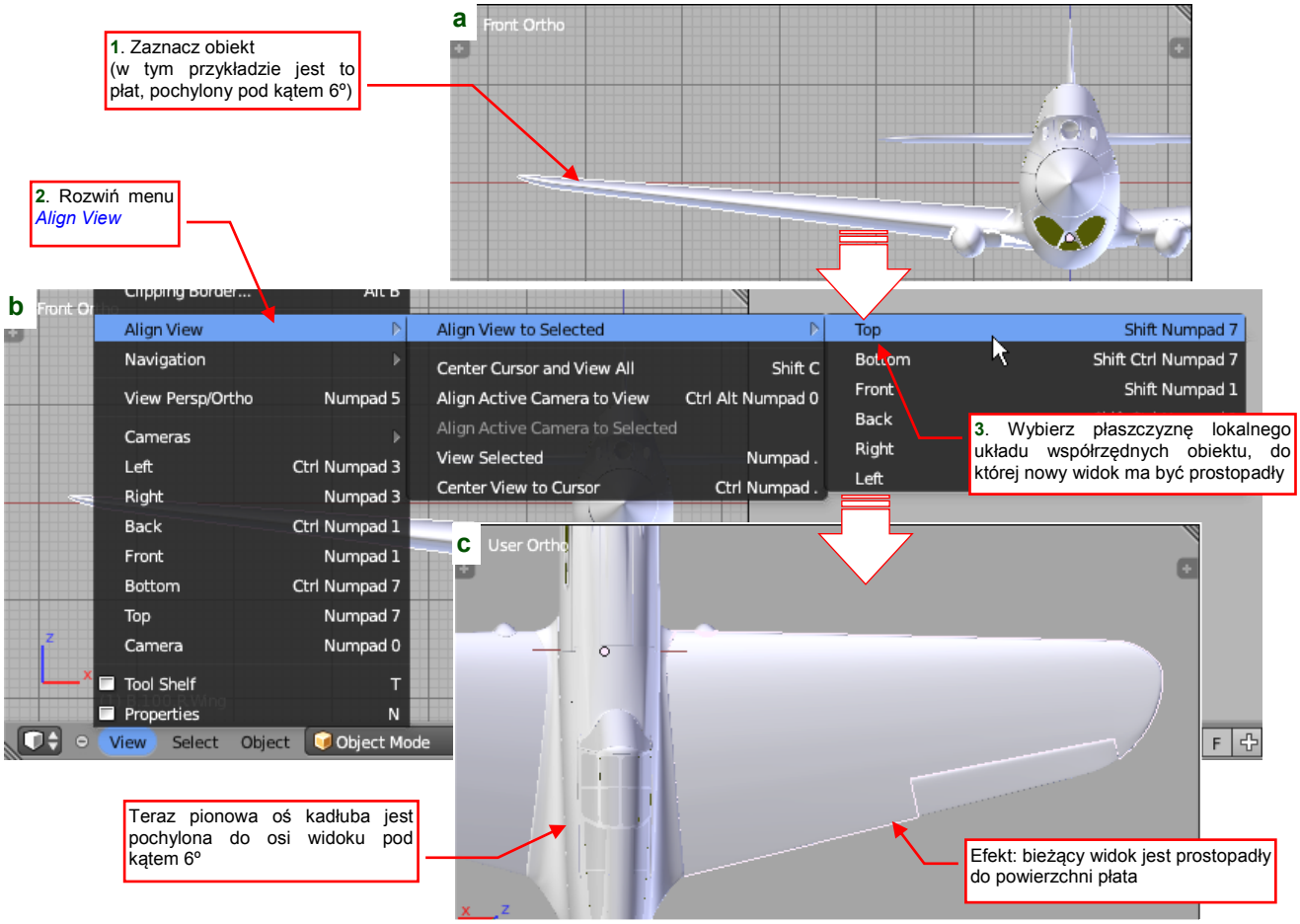
Rysunek 5.14.1 Ukrycie wybranego obiektu

Aby ukryte obiekty stały się z powrotem widoczne — naciśnij Alt-H (*Object→Show/Hide→Show Hidden*).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.15 Wyrównanie widoku do orientacji obiektu (*Align View to Selected*)

Podczas pracy nad modelem potrzeba czasami ustawić płaszczyznę widoku (czyli płaszczyznę, po której możemy przesuwać obiekty) prostopadle do wybranego obiektu. Aby to zrobić, zaznacz obiekt, do którego chcesz się "wyrównać" (Rysunek 5.15.1a). Następnie rozwiń menu ***View→Align View→Align View to Selected*** (Rysunek 5.15.1b):

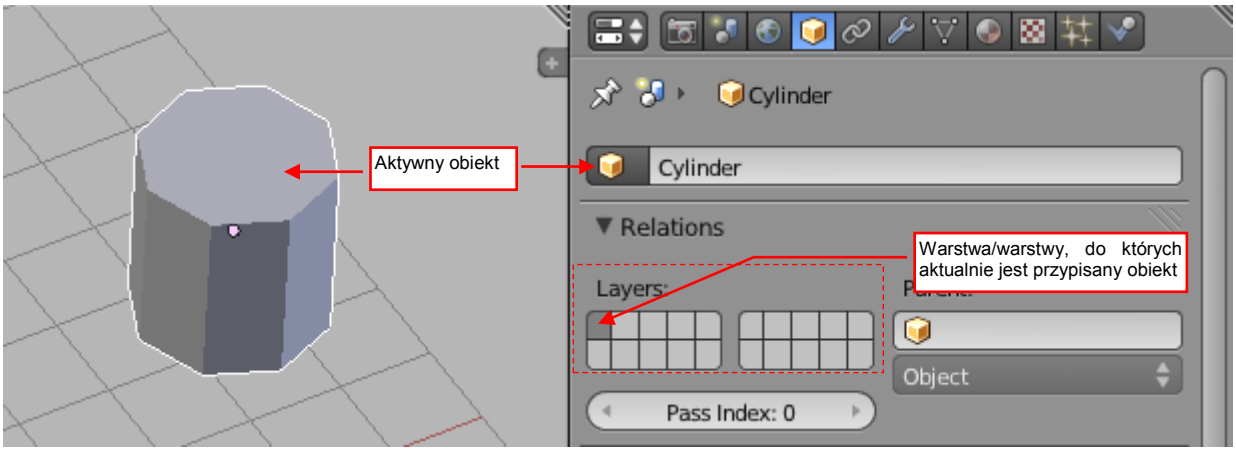


Rysunek 5.15.1 Wyrównanie aktualnego widoku do wybranego obiektu

Z menu ***Align View to Selected*** możesz wybrać jedną z sześciu "kardynalnych" płaszczyzn obiektu (Rysunek 5.15.1b). Efekt zobaczysz natychmiast (Rysunek 5.15.1c). W razie czego, jeżeli za pierwszym razem wybrałeś złą płaszczyznę kardynalną - wywołaj to polecenie jeszcze raz, i wybierz właściwą. Zwróć uwagę, że poszczególnym poleceniom z menu *Align View to Selected* przypisano skróty klawiatury. Są łatwe do zapamiętania: wystarczy poprzedzić skrót, którym zmieniasz projekcję względem globalnego układu współrzędnych klawiszem **Shift**. I tak, jeżeli normalnie wybierałeś widok z góry klawiszem **7**, to na widok z góry w lokalnej płaszczyźnie aktywnego obiektu przełączy Cię **Shift**-**7**. Podobnie na lokalny rzut z boku przełączysz się skrótem **Shift**-**3**, a z powrotem na „globalny” rzut z boku — klawiszem **3**.

5.16 Przypisanie obiektu do warstwy

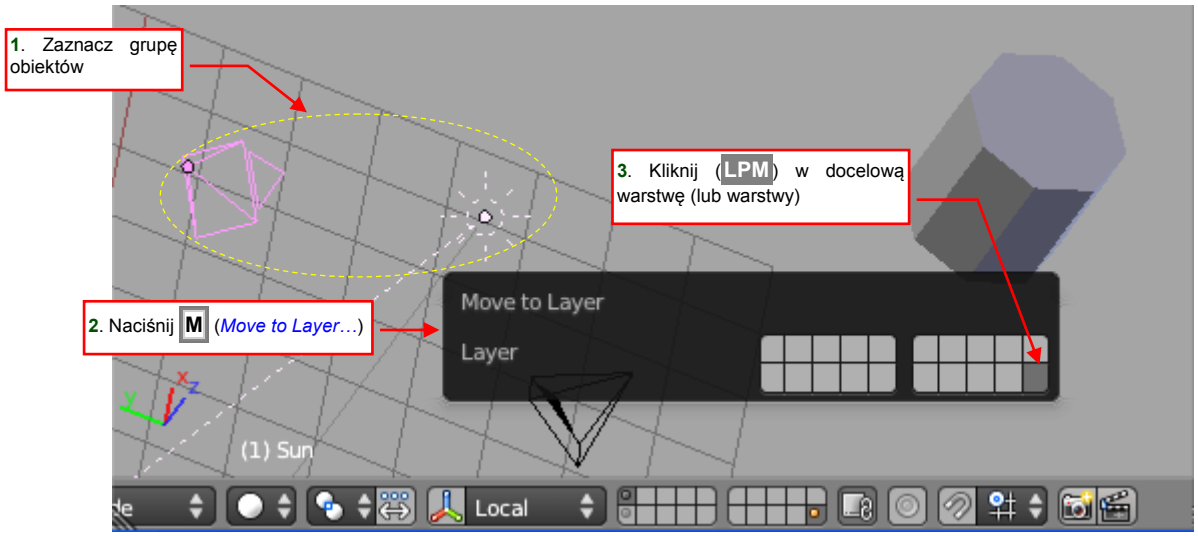
Aby sprawdzić, na jakiej warstwie jest pojedynczy obiekt: zaznacz go, i przejdź do zestawu przycisków *Object*. Tam, w panelu *Relations* zobaczysz warstwę, do której należy wybrany element (Rysunek 5.16.1):



Rysunek 5.16.1 Warstwy, do których jest przypisany aktywny obiekt.

Klikając w kontrolki *Layers* (Rysunek 5.16.1) zmienisz przypisania obiektu do warstwy. Zwróć uwagę, że w Blenderze obiekt może być równocześnie na wielu warstwach (gdy będziesz klikał w warstwy z wciśniętym klawiszem Shift). Jeżeli włączysz widoczność którejkolwiek z nich — obiekt także stanie się widoczny.

Aby zmienić warstwę dla wielu obiektów jednocześnie: zaznacz je i naciśnij M (*Object→Move to Layer…*). Rysunek 5.16.2 pokazuje, jak to masz zrobić:



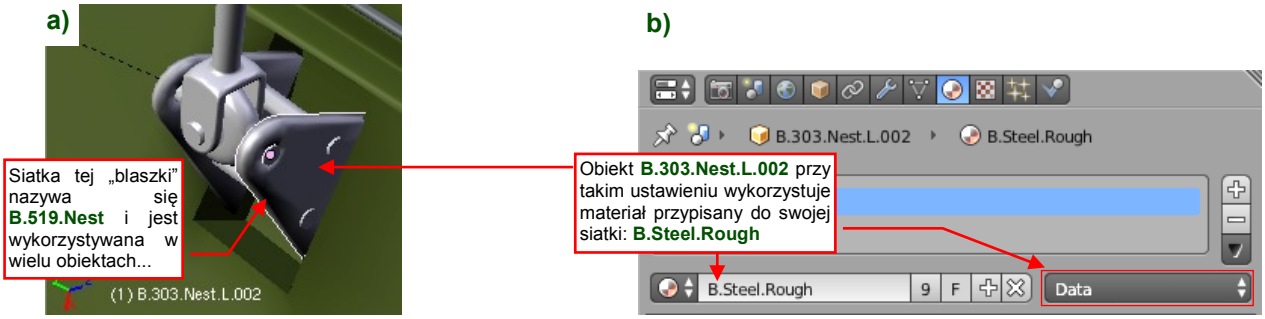
Rysunek 5.16.2 Zmiana warstwy dla grupy obiektów

Na kontrolce, pokazanej w oknie dialogowym (Rysunek 5.16.2) także możesz wskazać naraz wiele warstw. Pamiętaj, że jeżeli przypiszesz wybrane obiekty do warstwy, która jest aktualnie niewidoczna, znikną z ekranu!

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

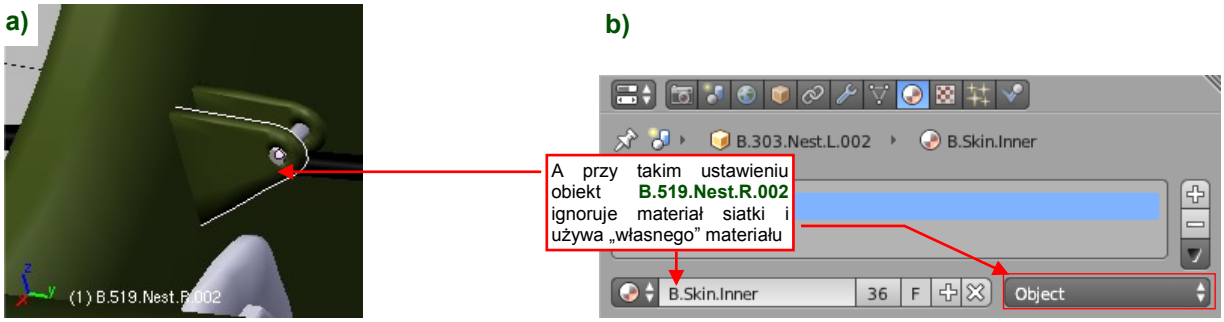
5.17 Przypisanie materiału do obiektu

Domyślnie Blender przypisuje materiał do siatki (por. str. 262, Rysunek 4.4.3, i str. 378). Czasami jednak potrzebujemy czegoś odwrotnego. Dotyczy to, na przykład, różnych drobnych części o identycznym kształcie — śrub, bolców, jakichś standardowych okuć. Zobacz ten trójkątny element okucia z otworem na oś, który pokazują: Rysunek 5.17.1a) i Rysunek 5.17.2a). Każde okucie składa się z dwóch takich blaszek. Wszystkie blaszki używają tej same siatki, o nazwie **B.519.Nest**. (Są to jej „klony"). Siatce jest przypisany materiał wyglądający jak „gładka stal" — **B.Steel.Smooth**. To barwa, w której te płaskowniki występowały najczęściej. Dopóki obiekt ma w kontekście *Material* włączoną opcję ***Data*** (Rysunek 5.17.1b), dopóty „dziedziczy" materiał swojej siatki:



Rysunek 5.17.1 Materiał przypisany do siatki

W innym miejscu — prowadnicy cięgna, przymocowanej do wręgi kadłuba (Rysunek 5.17.2a) — te same blaszki powinny być „pomalowane" na kolor reszty szkieletu: **B.Skin.Inner**. Czy można ten efekt osiągnąć bez powielania siatki? Tak, wystarczy przełączyć tryb kontekstu *Material* z *Data* na ***Object***, i wybrać odpowiedni materiał (Rysunek 5.17.2b):



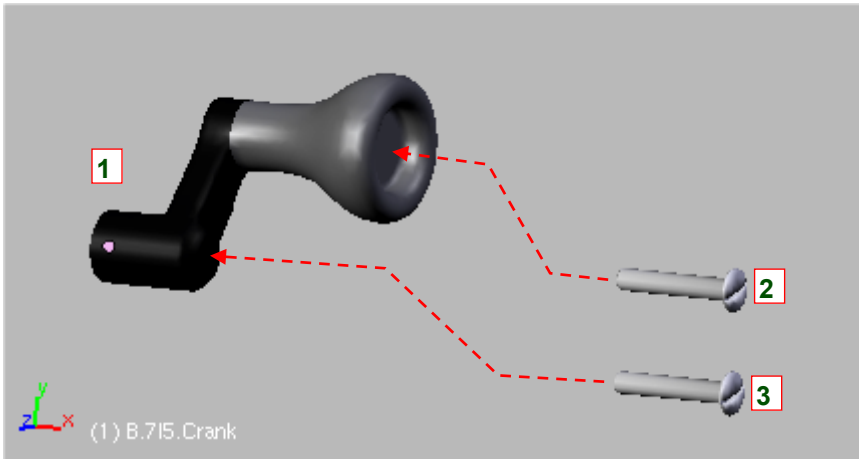
Rysunek 5.17.2 Materiał przypisany do obiektu

Co właściwie ten przełącznik *Object* robi? Informuje Blender, że dla tej konkretnej części należy użyć materiału przypisanego do obiektu, a nie do siatki (*Data*).

5.18 Dokładne umieszczanie obiektów w zadanym miejscu

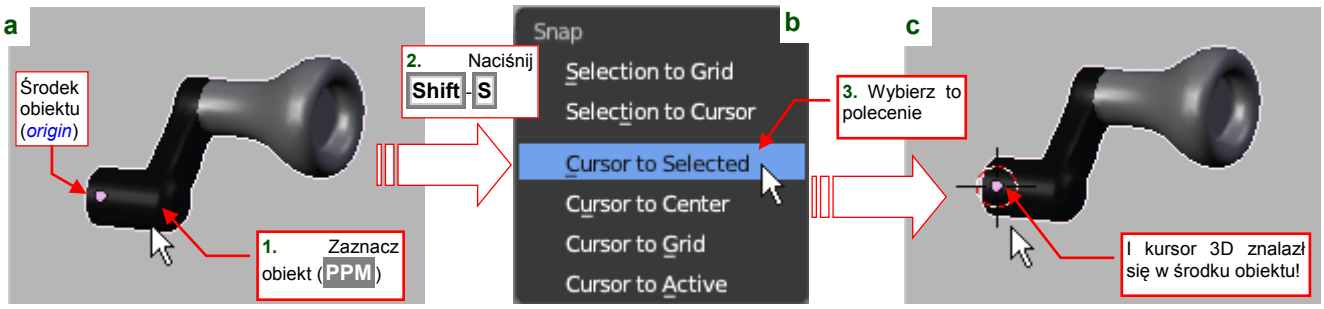
Podczas pracy nad modelem często powstaje sytuacja, gdy jakiś obiekt należy umieścić w dokładnie określonym miejscu. Jego aktualne położenie może być przypadkowe, a w każdym razie nieistotne. Robimy to dość często gdy modelujemy zespół złożony z wielu części — np. podwozie lub wnętrze kabiny. Ta sekcja pokazuje szybką i dokładną metodę wykonania takiej operacji.

Rysunek 5.18.1 przedstawia typowy przypadek opisanego powyżej problemu. Właśnie sklonowaliśmy dwie śruby (**2** i **3**). Śruba **3** ma się znaleźć w osi korbki **1**, a śruba **2** — w centrum jej rączki. Jak to zrobić najszybciej i najłatwiej?



Rysunek 5.18.1 Typowy problem: jak najszybciej/najłatwiej osadzić śruby w osiach korbki?

Środek (punkt odniesienia — *origin*) korbki leży w jej osi obrotu. W tym samym miejscu ma się znaleźć śruba **3**. Skorzystajmy z tego faktu i umieśćmy w tym punkcie kursor 3D. Aby to zrobić: zaznacz korbkę (Rysunek 5.18.2a) i naciśnij Shift-S, by rozwinąć podręczne menu ***Snap*** (Rysunek 5.18.2b). Wybierz z niego polecenie ***Cursor to Selected***:



Rysunek 5.18.2 Przeniesienia kursora 3D do punktu odniesienia obiektu (*origin*)

W rezultacie, kursor 3D znajdzie się w środku (punkcie odniesienia) korbki (Rysunek 5.18.2c).

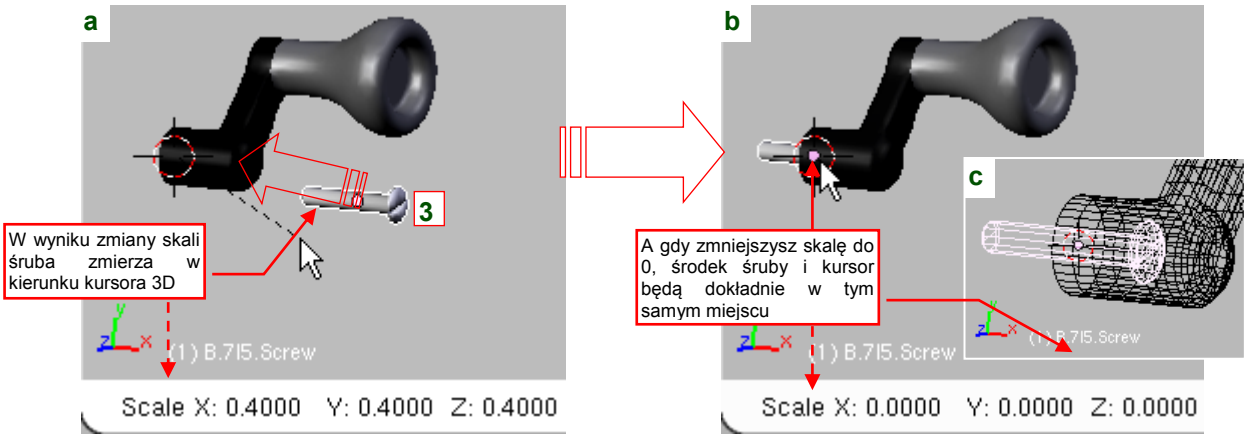
Teraz trzeba jeszcze odpowiednio ustawić tryb transformacji:

- przełącz tryb ***Pivot*** na ***3D Cursor*** (Rysunek 5.18.3a),
- włącz ***Manipulate center points*** (Rysunek 5.18.3b):

Rysunek 5.18.3 Ustawienie odpowiednich trybów dla punktu odniesienia i transformacji

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

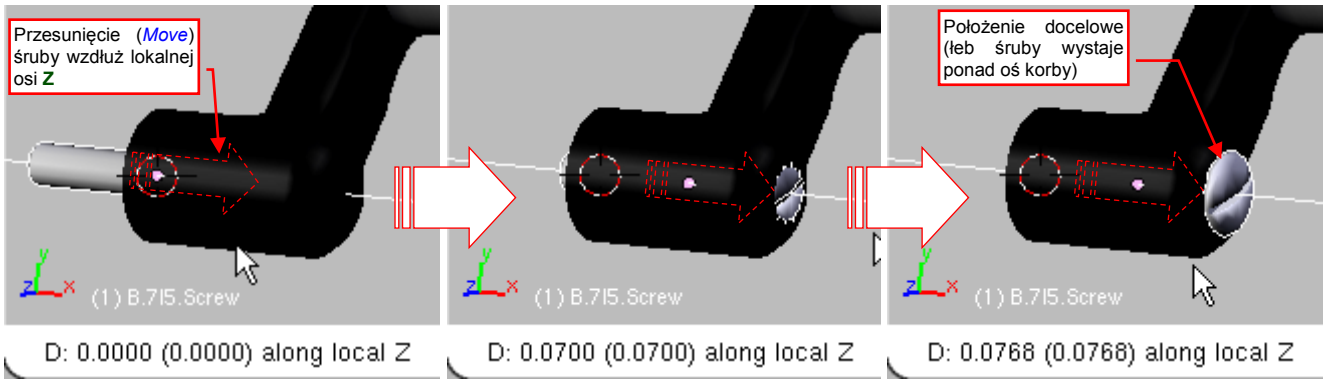
Zaznacz śrubę **3**, i naciśnij S, rozpoczynając operację zmiany skali. Gdy jest włączony tryb ***Manipulate center points***, rozmiar śruby nie ulegnie zmianie. Gdy podczas zmiany skali tylko jej środek zacznie zmierzać w kierunku środka transformacji — kursora 3D. I o to chodzi! (Rysunek 5.18.4a):



Rysunek 5.18.4 Umieszczenie śruby w zadanym punkcie (poprzez zmianę skali)

Aby szybko zmniejszyć skalę do zera, po prostu naciśnij klawisz 0 (por. str. 57). Dla tej wartości środek śruby **3** znajdzie się dokładnie w tym samym miejscu, co kursor 3D — czyli w osi korbki (Rysunek 5.18.4b). Tyle tylko, że został „zagłębiony" w materiale (Rysunek 5.18.4c).

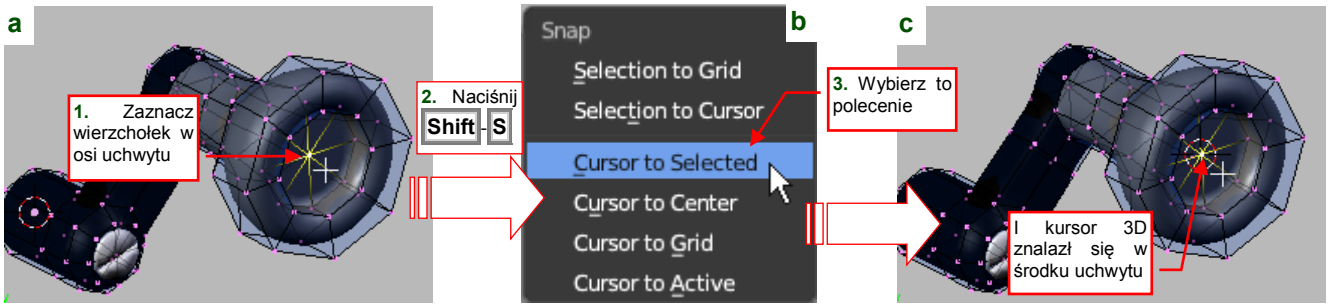
To na szczęście można szybko skorygować: wystarczy przesunąć śrubę wzdłuż jej lokalnej osi **Z** (G,Z,Z) dopóty, dopóki jej łeb nie „wynurzy" się z korbki (Rysunek 5.18.5):



Rysunek 5.18.5 Finalne dopasowanie (przesunięcie wzdłuż osi śruby)

Śrubę **2** umieścimy w korbie w ten sam sposób. Musimy tylko umieścić w innym miejscu kursor 3D. W tym celu przełączymy się na chwilę w tryb edycji siatki (Tab), i zaznaczymy wierzchołek leżący w centrum uchwytu (Rysunek 5.18.6a):

- Nie zapomnij wyłączyć opcji *Manipulate center points* po zakończeniu tej operacji. W przeciwnym razie nie będziesz mógł obrócić żadnego obiektu w tej scenie!

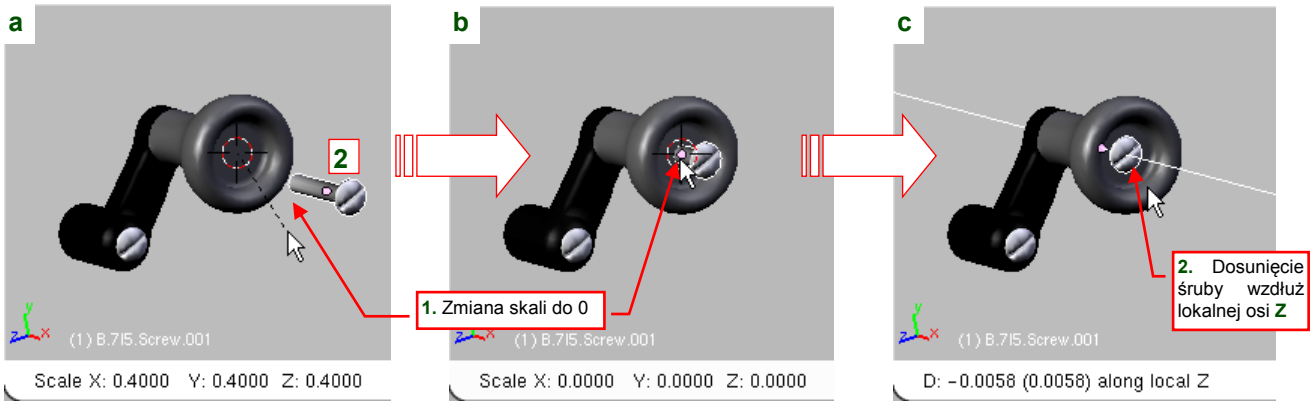


Rysunek 5.18.6 Przeniesienia kursora 3D do środka uchwytu

Potem postępujemy tak samo, jak poprzednio: Shift-S, by przywołać menu *Snap*, i wybrać z niego polecenie *Cursor to Selected*. W efekcie kursor 3D zostanie umieszczony w podświetlonym wierzchołku.

- Wierzchołki siatki bardzo się przydają do ustawienia kursora 3D w różnych kluczowych miejscach. Na przykład, jeżeli nawet nie masz wierzchołka w środku otworu, wystarczy zaznaczyć dwa przeciwległe wierzchołki na jego obwodzie. Polecenie *Cursor to Selected* umieści kursor 3D dokładnie pomiędzy nimi.

Gdy mamy już kursor 3D w odpowiednim miejscu, można się znowu przełączyć w *Object Mode* (Tab). Potem ze śrubą **2** postępujemy tak samo, jak ze śrubą **3**: zmiana skali do zera (Rysunek 5.18.7a, b):



Rysunek 5.18.7 Umieszczenie śruby w centrum uchwytu

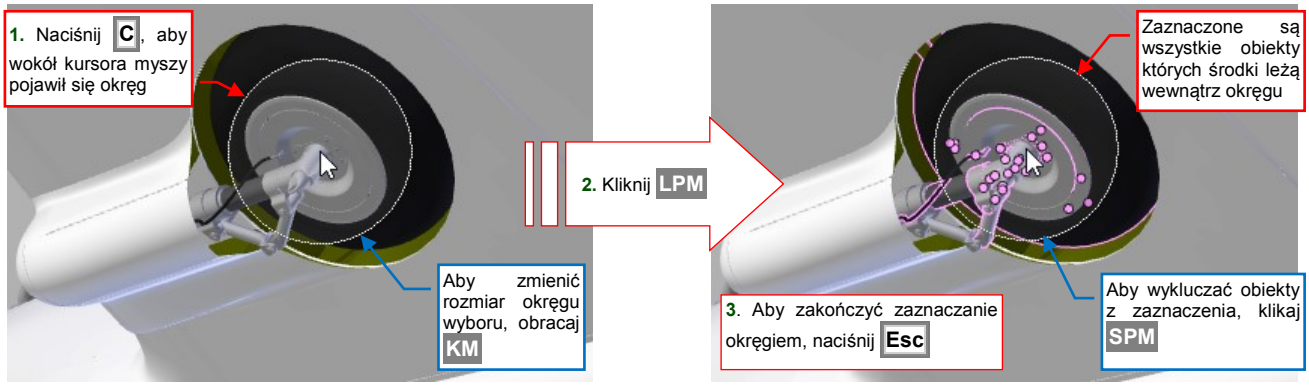
Na koniec dosuwamy łeb śruby do powierzchni korbki, przesuwając ją wzdłuż lokalnej osi **Z**. Rysunek 5.18.7c) przedstawia gotową korbkę, z dwoma śrubami osadzonymi we właściwych miejscach.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

5.19 Alternatywne metody selekcji obiektów

We wprowadzeniu do Blendera omówiliśmy podstawowe metody wyboru obiektów — kliknięcie PPM i zaznaczanie obszarem prostokątnym (B — por. str. 49). W tej sekcji przedstawię kilka innych metod selekcji, które mogą przydać się w trakcie dalszej pracy.

Często wygodniejszą od „prostokąta" metodą zaznaczenia grupy obiektów jest użycie okręgu (C, albo ***Select→Circle Select*** — Rysunek 5.19.1):



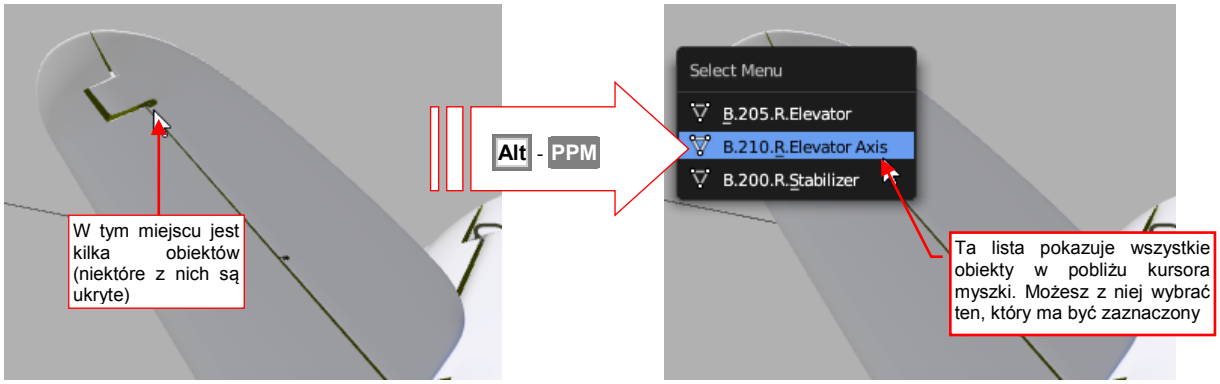
Rysunek 5.19.1 Zaznaczanie obiektów za pomocą okręgu

Rozmiar okręgu wyboru możesz zmieniać obracając KM. Obiekty wewnątrz okręgu wybierasz pojedynczym kliknięciem LPM. Zwróć uwagę, że podczas wybierania kształt obiektu nie ma żadnego znaczenia — liczy się tylko to, czy jego środek (punkt odniesienia, niekoniecznie środek geometryczny) znajduje się wewnątrz czy na zewnątrz okręgu. Jeżeli chcesz wykluczyć zaznaczone obiekty — zamiast LPM kliknij SPM. Kolejne kliknięcia okręgiem zaznaczają/wykluczają z zaznaczenia grupy obiektów. Wybór kończysz naciśnięciem Esc.

- W Blenderze wybierasz środki obiektów (*origin*), a nie ich kształty!

Powyższa reguła dotyczy każdej metody selekcji — także zwykłego kliknięcia PPM w pojedynczy obiekt. Gdy klikniesz w ten sposób gdzieś pomiędzy środkami dwóch obiektów, Blender zaznaczy ten, którego środek jest bliżej kursora myszki.

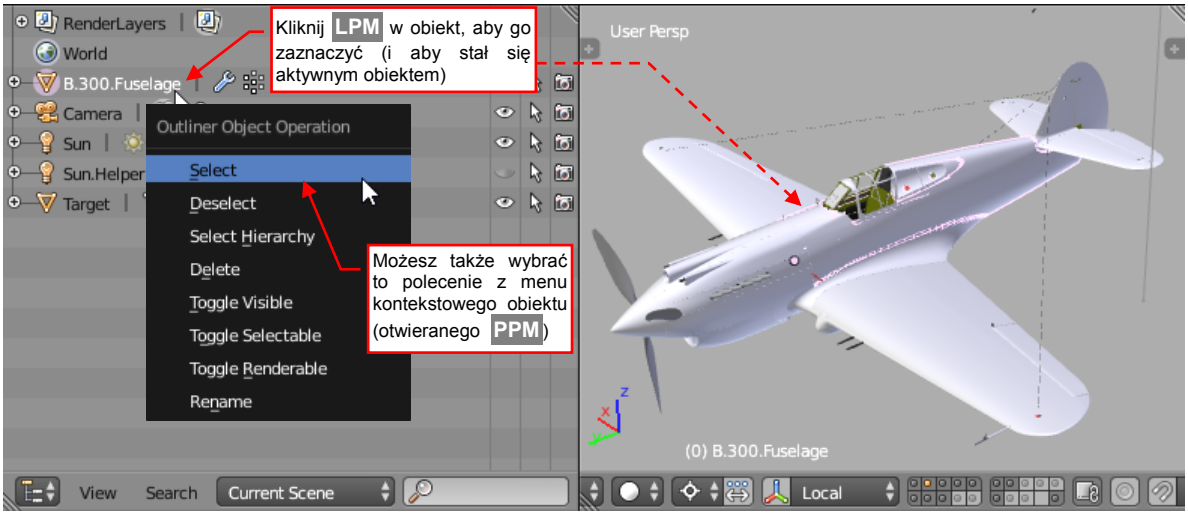
A co w sytuacji, gdy pod kursorem kliknięte myszki znajduje się wiele różnych obiektów? Domyślnie Blender wybierze jeden z nich. Abyś mógł świadomie zdecydować, który z takich obiektów ma być wybrany, trzymaj podczas kliknięcia PPM wciśnięty klawisz Alt (Rysunek 5.19.2):



Rysunek 5.19.2 Wybór jednego spośród wielu możliwych obiektów

Gdy klikniesz w ten sposób w grupę obiektów, Blender wyświetla listę ich nazw. Możesz z niej wybrać właściwy element.

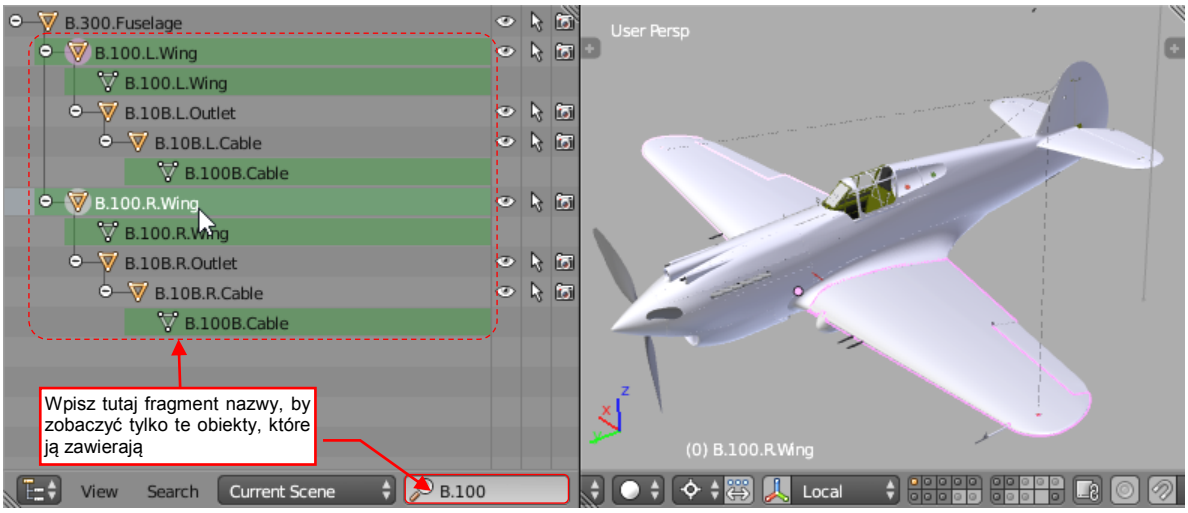
Skoro już wybieramy obiekty według nazw: możesz także użyć w tym celu okna *Outliner* (Rysunek 5.19.3):



Rysunek 5.19.3 Wybór obiektów w oknie *Outliner*

Kliknięcie LPM w nazwę obiektu w tym oknie działa tak samo, jak kliknięcie obiektu w *3D View*: zaznacza obiekt i czyni go obiektem aktywnym. Dodatkowo wciśnięty Shift pozwala dodawać do zbioru selekcji kolejne elementy. Z menu kontekstowego obiektu (kóre otwierasz w oknie *Outliner* kliknięciem PPM) możesz także wybrać polecenia *Select*/*Deselect* (Rysunek 5.19.3). Ciekawym narzędziem w tym menu jest polecenie *Select Hierarchy*: zaznacza kliknięty obiekt i wszystkie obiekty potomne.

W oknie *Outliner* można także wyszukiwać obiekty według nazw (Rysunek 5.19.4):



Rysunek 5.19.4 Wybór obiektów według nazwy

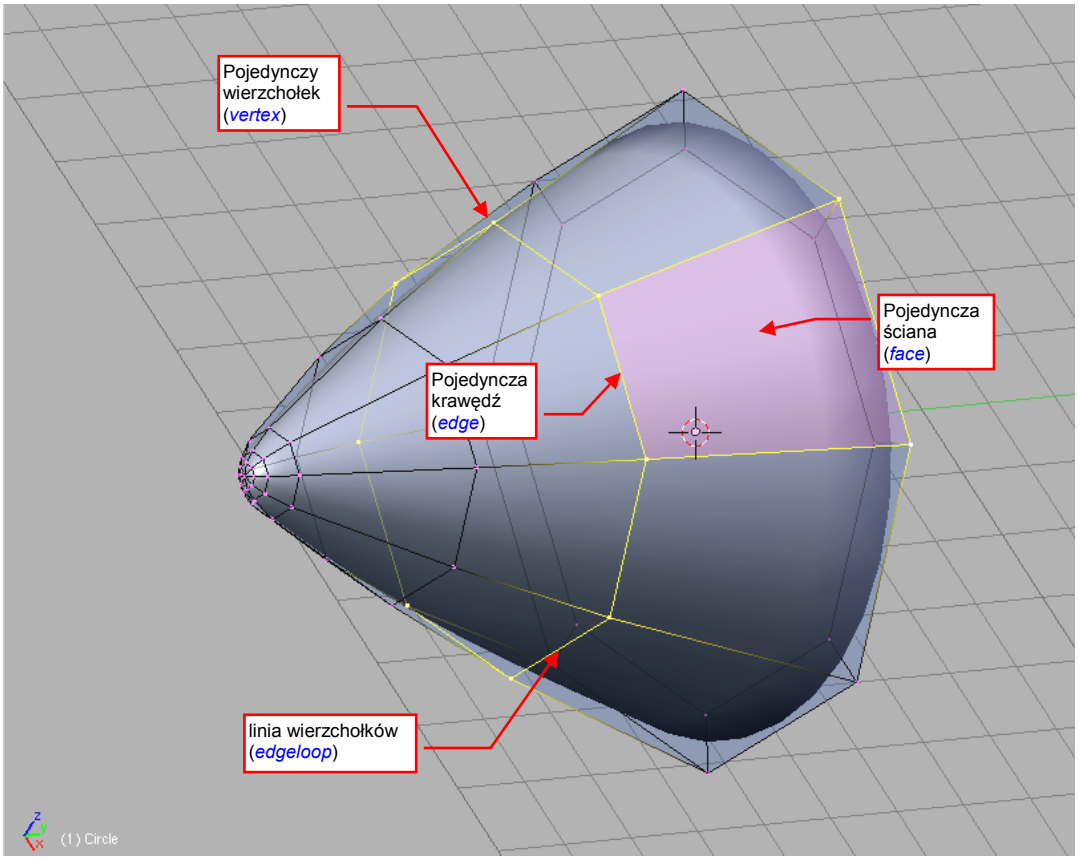
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rozdział 6. Blender — edytor siatki (Edit Mode)

W Blenderze każdy kształt odwzorowany jest za pomocą ścian, połączonych w tzw. „siatkę” (*mesh*). Tryb *Edit Mode* służy do zmiany siatki pojedynczego obiektu.

6.1 Pojęcia podstawowe

Siatka (*Mesh*) w Blenderze to zbiór elementarnych ścian (*face*), ich krawędzi (*edge*) i wierzchołków (*vertex*). Rysunek 6.1.1 pokazuje przykład takiej siatki:



Rysunek 6.1.1 Elementy siatki (*mesh*)

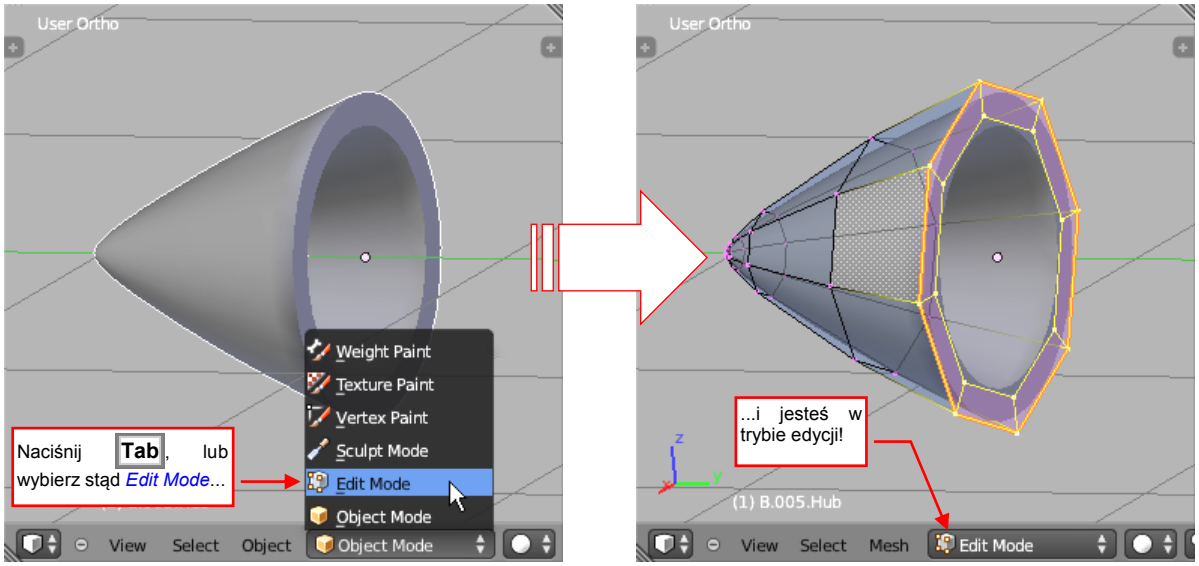
Począwszy od wersji 2.63 ściany w Blenderze mogą mieć więcej niż cztery boki. Staraj się jednak używać w modelu ścian czworobocznych, a w miejscach gdzie jest to niemożliwe — trójkątnych. W ten sposób unikniesz wielu problemów podczas eksportu swoich modeli do innych programów lub silników gier. W szczególnych przypadkach mogą w siatce mogą także istnieć krawędzie bez ścian, czy wręcz "osamotnione" wierzchołki bez krawędzi.

W Blenderze występuje także pojęcie "linii wierzchołków" (*edgeloop* — Rysunek 6.1.1). Najłatwiej wskazać je na siatkach o ścianach prostokątnych. Blender potrafi jednak także znaleźć takie linie także na siatkach o ścianach trójkątnych.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.2 Włączenie trybu edycji (*Edit Mode*)

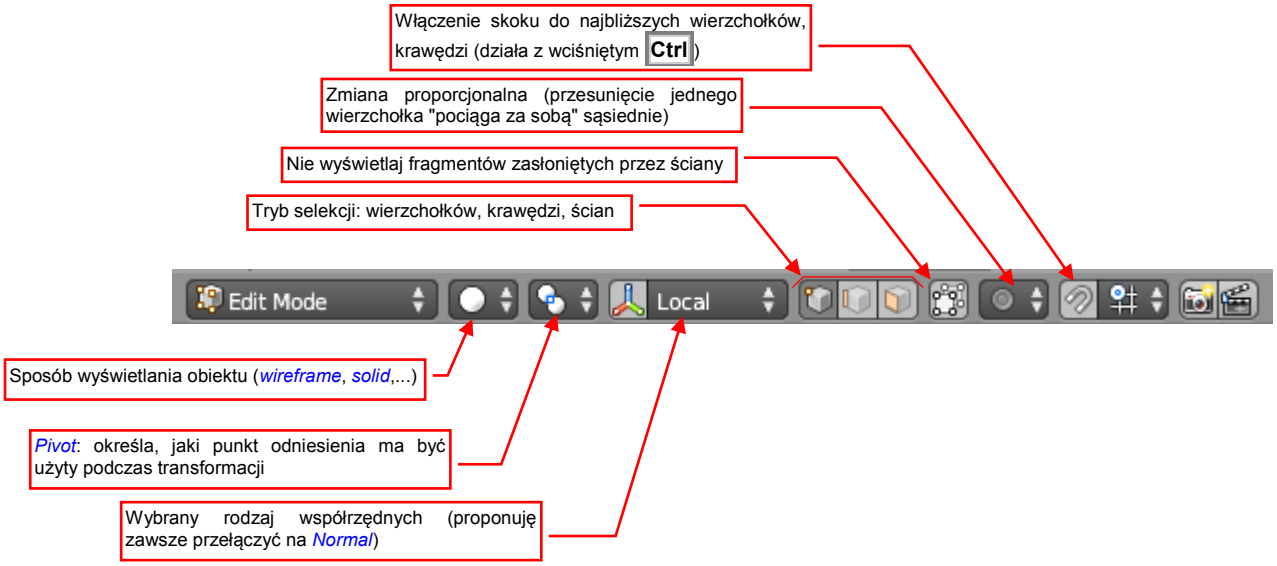
Tryb edycji siatki włączasz naciskając przycisk Tab. Alternatywnie możesz także zrobić to za pomocą menu z nagłówka okna widoku (Rysunek 6.2.1):



Rysunek 6.2.1 Okno widoku: włączenie trybu edycji

Powtórne naciśnięcie Tab przełączy Cię z powrotem do poprzedniego trybu (np. obiektu — *Object Mode*). Możesz także wybrać inny tryb z nagłówka widoku, listy rozwijalnej *Mode*.

Nagłówek okna *View 3D* ma w trybie edycji wiele przydatnych kontrolek:

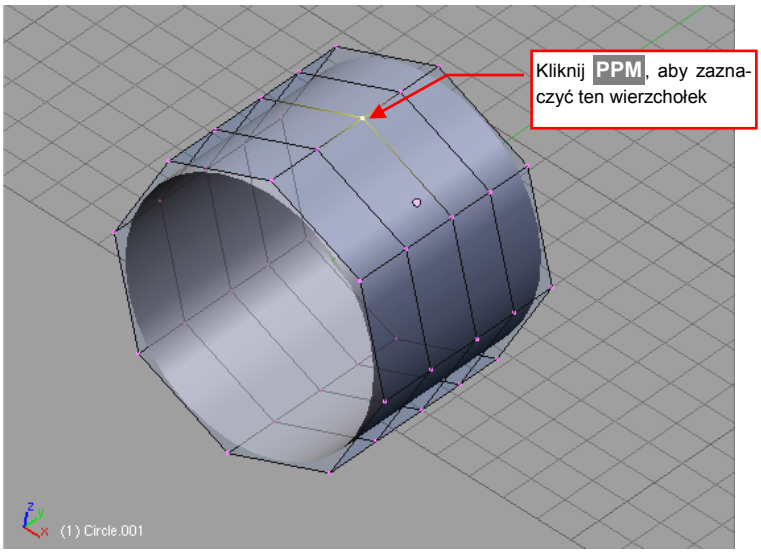


Rysunek 6.2.2 Okno widoku: kontrolki dostępne w trybie edycji

Mankamentem tego nagłówka jest brak możliwości włączania i ukrywania warstw. (Aby to zrobić, musisz się przełączyć w *Object Mode*)

6.3 Zaznaczanie elementów siatki

W zasadzie, wierzchołki można zaznaczać tak samo, jak całe obiekty (por. str. 49). Gdy klikniesz w jeden z nich PPM — stanie się zaznaczony, i zmieni swój kolor na żółty (Rysunek 6.3.1):

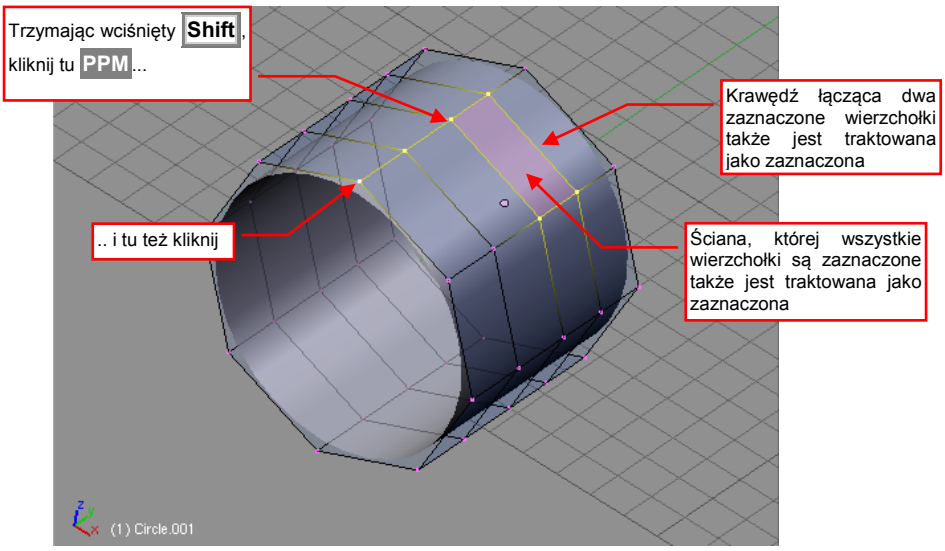


Rysunek 6.3.1 Zaznaczenie pojedynczego wierzchołka

Zwróć uwagę, że kolor krawędzi, wychodzących z zaznaczonego wierzchołka także ulega stopniowej zmianie. Im bliżej zaznaczenia, tym bardziej są żółte. Taka konwencja ułatwia szybkie odnalezienie zaznaczonego na siatce obszaru.

- Kliknięcie PPM w jakiś wierzchołek powoduje wyłączenie wszystkich poprzednio wybranych elementów

Aby **wybrać wiele wierzchołków**, jeden po drugim: trzymaj wciśnięty klawisz Shift i klikaj w nie po kolei PPM (Rysunek 6.3.2):



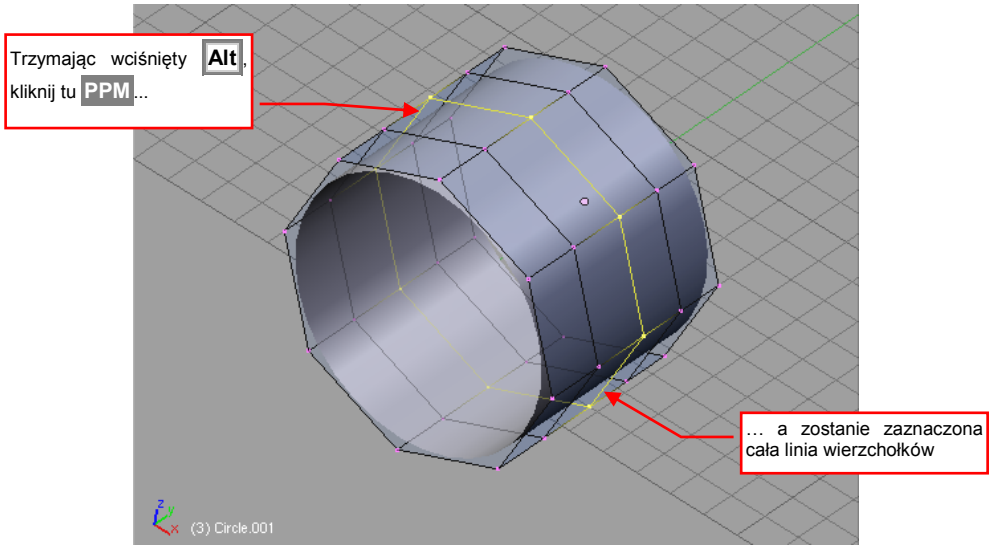
Rysunek 6.3.2 Wybór wielu wierzchołków

Kombinacja Shift - PPM działa jak przełącznik stanu zaznaczenia: pierwsze kliknięcie w wierzchołek włącza go do wybranych wierzchołków. Następne kliknięcie — wyklucza z tego zbioru.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

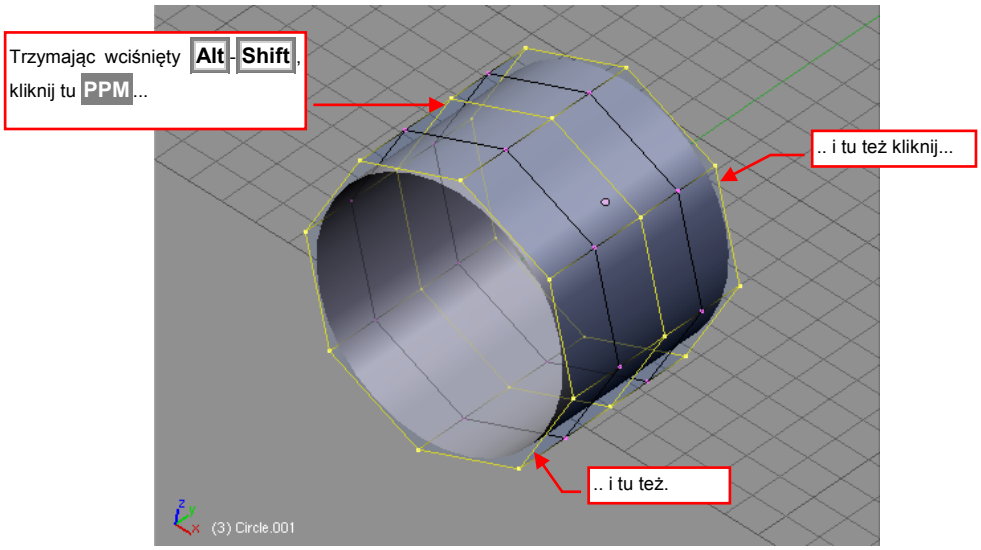
- Jeżeli chcesz szybko zrezygnować z aktualnego zaznaczenia — naciśnij klawisz A (*Select→Select/Deselect All*). Jeżeli chcesz zaznaczyć wszystko — naciśnij ten klawisz powtórnie. (Polecenie to działa jak przełącznik: "wszystko - nic").

Na siatce złożonej z czworoboków można także szybko **wskazać cały rząd wierzchołków**, tworzących topologicznie linię (*edgeloop*) . Trzymając wciśnięty Alt, kliknij PPM w jedną z krawędzi siatki (Rysunek 6.3.3):



Rysunek 6.3.3 Zaznaczanie linii wierzchołków

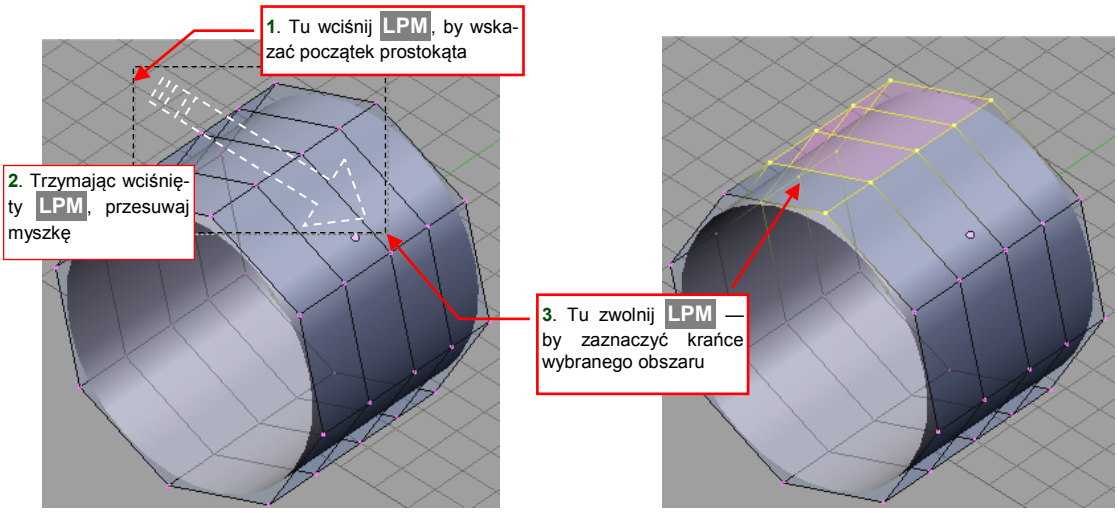
Analogicznie, jak w przypadku pojedynczych wierzchołków, możesz wyłączać/wykluczać z selekcji całe linie. Trzymaj na klawiaturze wciśnięte Alt-Shift, i klikaj PPM w krawędzie odpowiednich linii (Rysunek 6.3.4):



Rysunek 6.3.4 Wykluczanie z wyboru linii wierzchołków

- Możesz także odwrócić aktualną selekcję (tzn. wybrać to, co nie jest zaznaczone): wystarczy nacisnąć na klawiaturze I (to skrót od *Select→Inverse*).

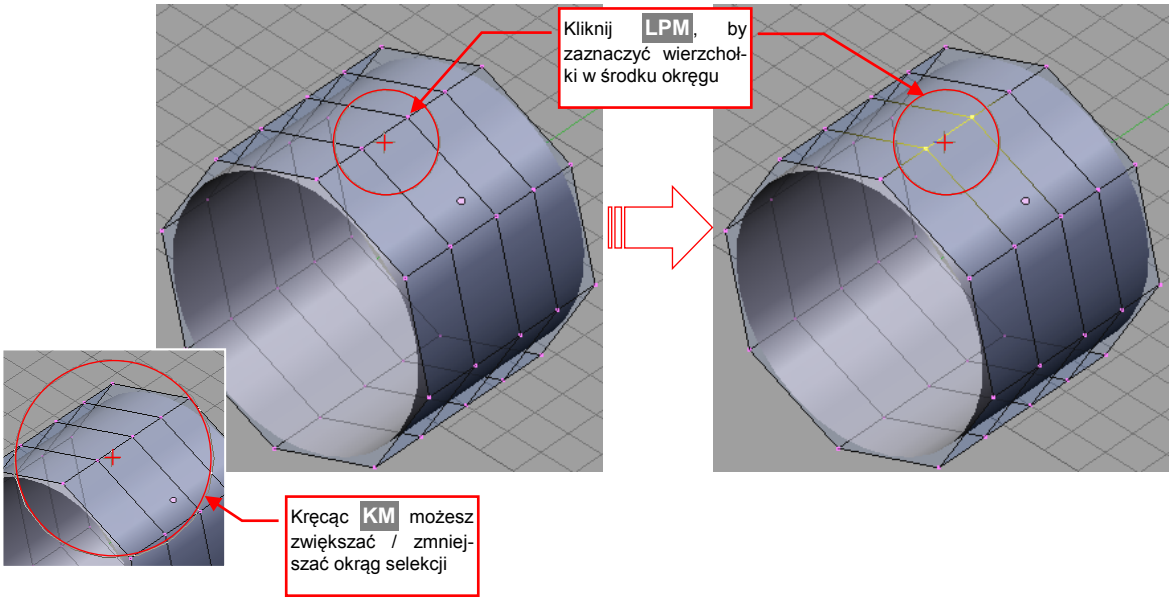
W Blenderze jest także dostępne **wybieranie obszarem prostokątnym**. Naciśnij B (***Select→Border Select***) (Rysunek 6.3.5).



Rysunek 6.3.5 Zaznaczanie obszarem prostokątnym

Zaznaczone w ten sposób wierzchołki są dodawane do wybranych poprzednio. Pozwala to zaznaczać jakieś złożone kształty „kawałek po kawałku”.

Osobiście wolę jednak posługiwać się inną odmianą wyboru obszarem: **wyborem okręgiem**. Aby włączyć ten tryb, naciśnij klawisz C (***Select→Circle Select***) . Wokół kursora na ekranie pojawi się okrąg (Rysunek 6.3.6):



Rysunek 6.3.6 Zaznaczanie okręgiem

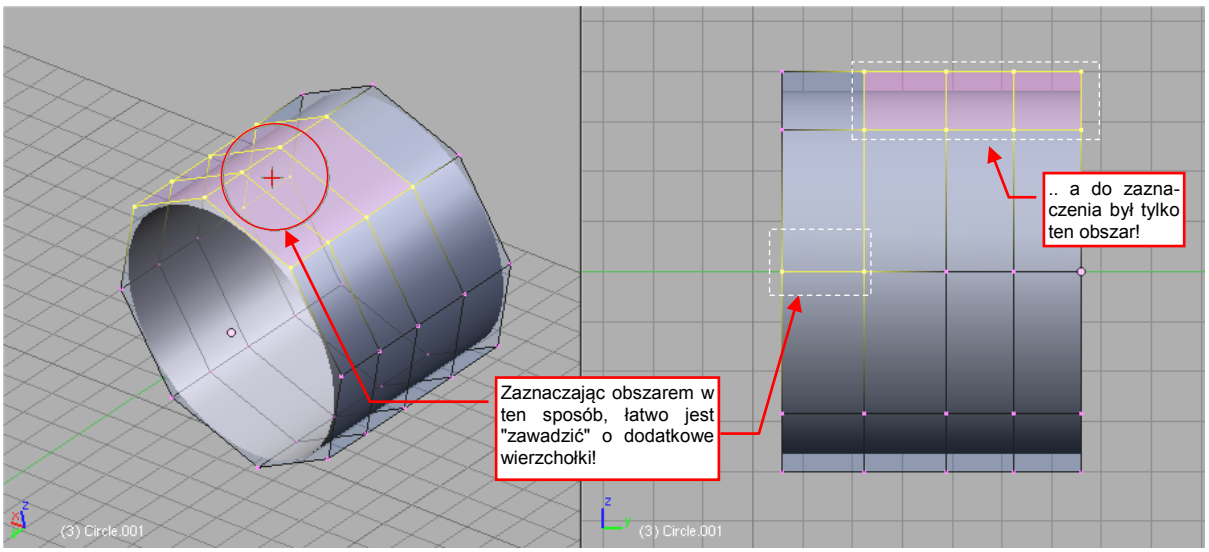
W tym trybie, gdy klikniesz LPM, zaznaczysz wierzchołki, które są wewnątrz okręgu. Rozmiar okręgu możesz zwiększać lub zmniejszać, obracając KM. Klikając w różne miejsca, możesz włączać kolejne wierzchołki do zbioru selekcji.

- Aby użyć trybów wyboru obszarem lub okręgiem do wykluczenia z selekcji — użyj SPM zamiast LPM.

Każdy z tych trybów wyboru możesz przerwać (zrezygnować), naciskając Esc.

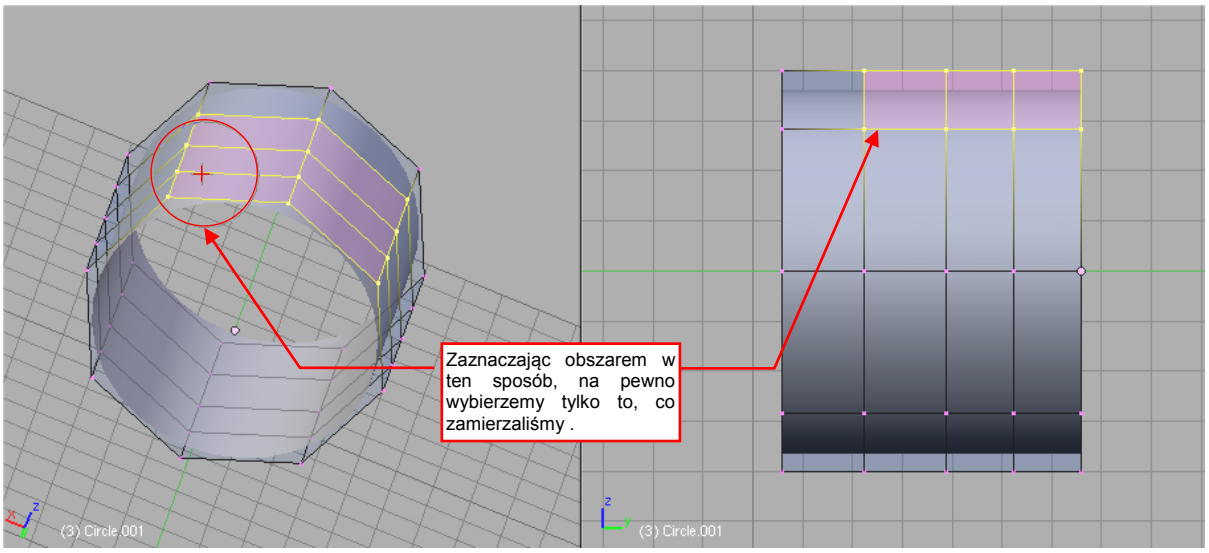
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Na koniec chciałbym przypomnieć, jak ważne podczas zaznaczania jest właściwe dobranie widoku. Rysunek 6.3.7 pokazuje, co się może stać, gdy zaznaczamy obszarem wierzchołki, za którymi są jeszcze dalsze punkty siatki:



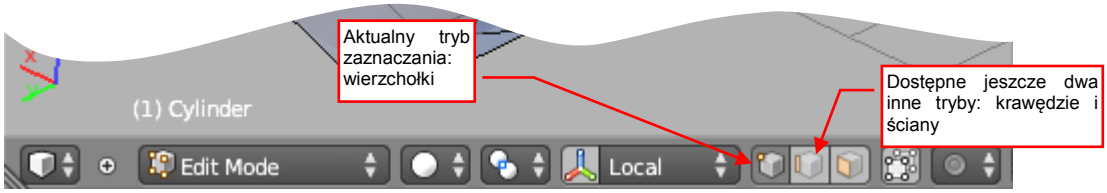
Rysunek 6.3.7 Zaznaczanie obszarem — projekcja dobrana niewłaściwie

Rysunek 6.3.8 pokazuje, jak wygląda projekcja lepiej dobrana do tej sytuacji. Gdy nic nie leży poza zaznaczanymi wierzchołkami, nie ma możliwości przypadkowego zaznaczenia czegokolwiek dodatkowego:



Rysunek 6.3.8 Zaznaczanie obszarem — projekcja dobrana właściwie

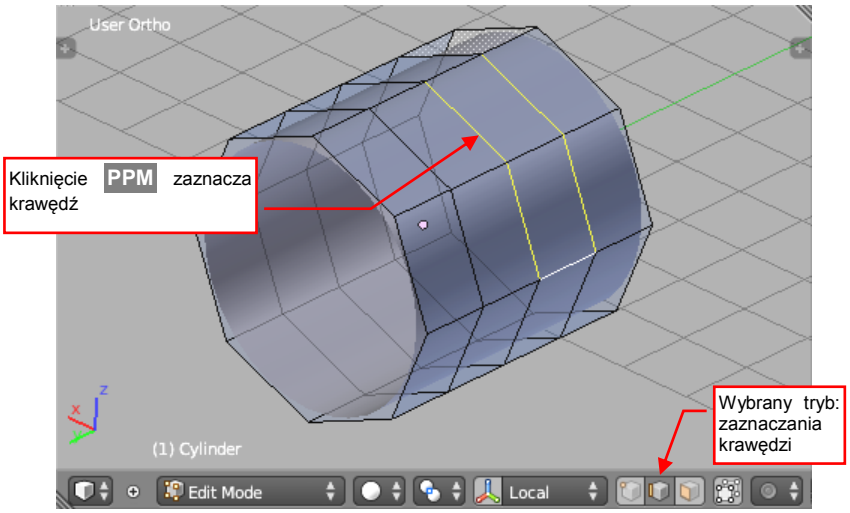
Do tej pory omówiłem szczegółowo tryb wybierania wierzchołków. Ale na tym możliwości programu się nie kończą. W nagłówku okna widoku mamy do dyspozycji jeszcze dwa dalsze tryby (Rysunek 6.3.9):



Rysunek 6.3.9 Włączony tryb selekcji wierzchołków w nagłówku okna *View 3D*

- W każdym z trzech dostępnych trybów selekcji (wierzchołków, krawędzi, ścian) możesz stosować wszystkie metody zaznaczania, które opisałem na poprzednich stronach.

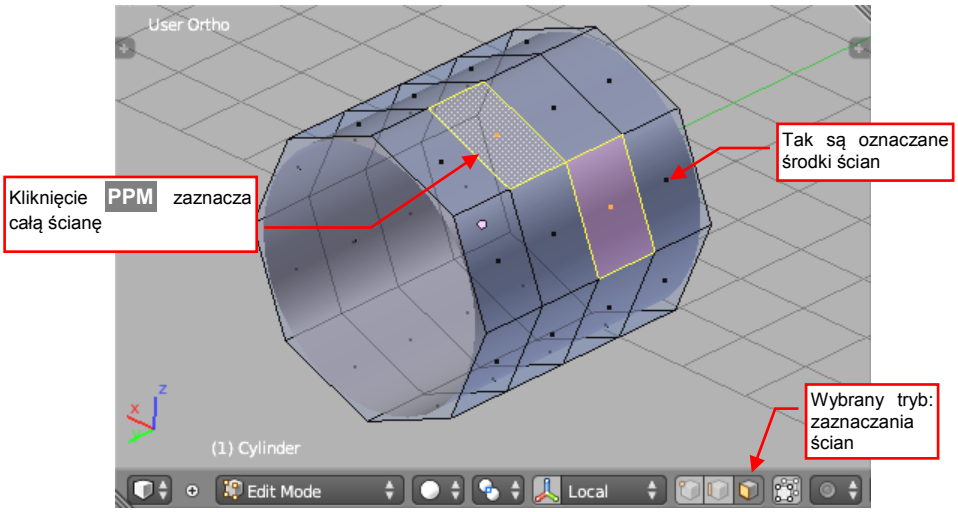
Gdy włączysz tryb zaznaczania krawędzi, zmieni się sposób wyświetlania siatki (Rysunek 6.3.10):



Rysunek 6.3.10 Tryb zaznaczania krawędzi

Tryb zaznaczania krawędzi jest przydatny np. wtedy, gdy chcesz usunąć ich grupę bez usunięcia wierzchołków. W trybie zaznaczania wierzchołków masz dwa razy więcej do "klikania"!

Ostatnim trybem zaznaczania jest zaznaczanie całych ścian (Rysunek 6.3.11):



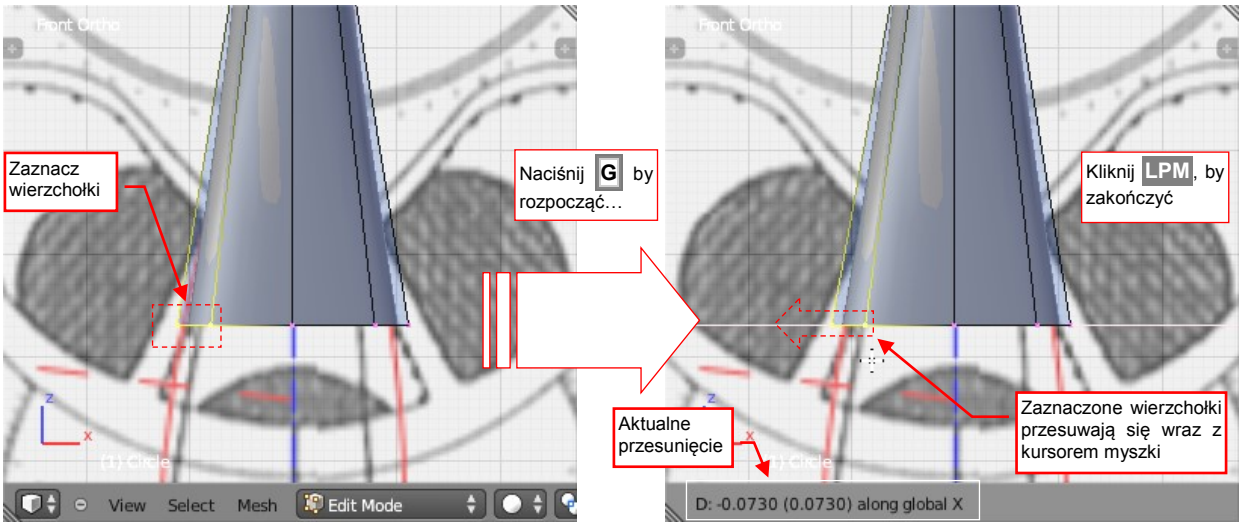
Rysunek 6.3.11 Tryb zaznaczania ścian

W przypadku wybierania ścian obszarem prostokątnym (B) lub okręgiem (C) — wybrane zostaną te, których środki będą się znajdować wewnątrz zaznaczonych obszarów.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.4 Przesunięcie (*Grab/Move*)

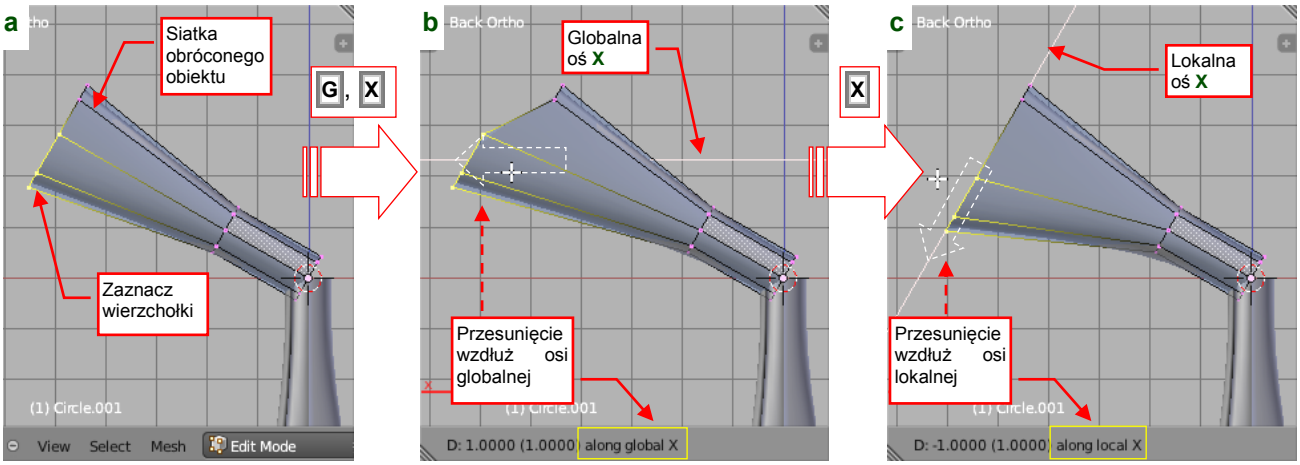
Zaznacz wierzchołki, które chcesz przesunąć, a następnie naciśnij G (*Mesh→Transfrom→Grab/Move*) (Rysunek 6.4.1a):



Rysunek 6.4.1 Zaznaczenie wierzchołków

Przełączysz się w ten sposób w tryb przesuwania. Każdy ruch myszy będzie powodować przemieszczenie zaznaczonych wierzchołków. Dokonywane zmiany w kształcie siatki są pokazywane na bieżąco we wszystkich oknach Blendera. W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlane bieżące przesunięcie (Rysunek 6.4.1b). Aby zatwierdzić nowe położenie (zakończyć operację), należy kliknąć LPM. Aby zrezygnować, możesz w każdej chwili nacisnąć Esc .

Jeżeli w trakcie przesuwania naciśniesz X, Y, lub Z — ograniczysz swój ruch tylko do translacji wzdłuż jednej z tych osi. Po pierwszym naciśnięciu klawisza jest to oś globalna. Jeżeli jednak naciśniesz ten sam klawisz po raz drugi — przełączysz się na lokalną oś obiektu. Takie rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma znaczenie wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony. Rysunek 6.4.2 pokazuje przykład takiej sytuacji. Łopata śmigła została najpierw (jako obiekt) obrócona o 120° w prawo. Następnie przełączyłem się w tryb edycji, zaznaczyłem kilka wierzchołków siatki, i nacisnąłem G, X. W efekcie mogę przesuwać wierzchołki wzdłuż globalnej osi **X** — na bok (Rysunek 6.4.2b). Jeżeli nacisnę jeszcze raz X — przełączę się na przesunięcie wzdłuż lokalnej osi **X** obiektu (Rysunek 6.4.2c):



Rysunek 6.4.2 Przesuwanie wzdłuż globalnej osi X (X) i lokalnej osi X (X, X)

W związku z tym, że obiekt został wcześniej obrócony, jego lokalna oś **X** jest pochylona. Przesunięcie "na bok" zaznaczonych wierzchołków oznacza w tym przypadku przemieszczenie pod kątem!

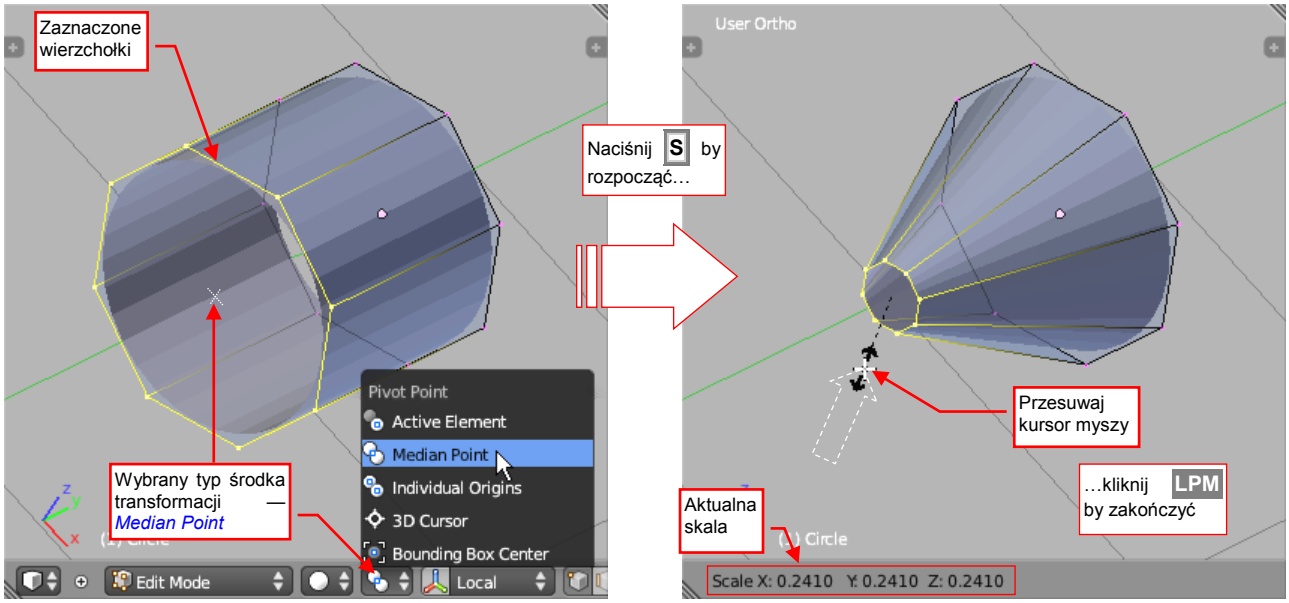
Podczas przesuwania możesz dodatkowo trzymać wciśnięty klawisz Ctrl. Spowoduje to skokową zmianę odległości (np. co 0.1 jednostki). Jeżeli będziesz trzymał wciśnięty klawisz Shift — przesunięcia na ekranie "wyhamują", pozwalając na dokładniejsze ustalenie pozycji. Wreszcie kombinacja obydwu — Shift-Ctrl — umożliwia skokową zmianę położenia o niewielkie wartości (np. co 0.01 jednostki).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.5 Skalowanie (*Scale*)

Zaznacz grupę wierzchołków, które chcesz powiększyć/pomniejszyć, oraz ustal środek transformacji (na liście *Pivot* — Rysunek 6.5.1). Praktycznie stosuję dwa — trzy rodzaje środków: *Bounding Box Center*, *Median Point* oraz *Cursor 3D*. *Bounding Box Center* to środek „pudełka" nadpisanego na zaznaczonych wierzchołkach. *Median Point* to wypadkowy środek wszystkich zaznaczonych wierzchołków. (W przypadku trójkąta leży w "środku ciężkości" tej figury). W ostatnim z wymienionych trybów środkiem transformacji jest *3D Cursor*. Zacznijmy od trybu w którym środkiem skalowania jest *Median Point* (możesz go także ustawić używając skrótu Shift-,).

Naciśnij S (*Mesh→Transfrom→Scale*). Przełączysz się w ten sposób w tryb skalowania. Na rysunku pojawi się kreskowana linia od kursora myszy do środka transformacji. Każde przesunięcie myszy będzie powodować zmianę skali zaznaczonych wierzchołków — proporcjonalnie do zmiany długości kreskowanej linii. Dokonywane zmiany w kształcie siatki są pokazywane na bieżąco we wszystkich oknach Blendera (Rysunek 6.5.1):



Rysunek 6.5.1 Skalowanie względem środka zaznaczonych wierzchołków

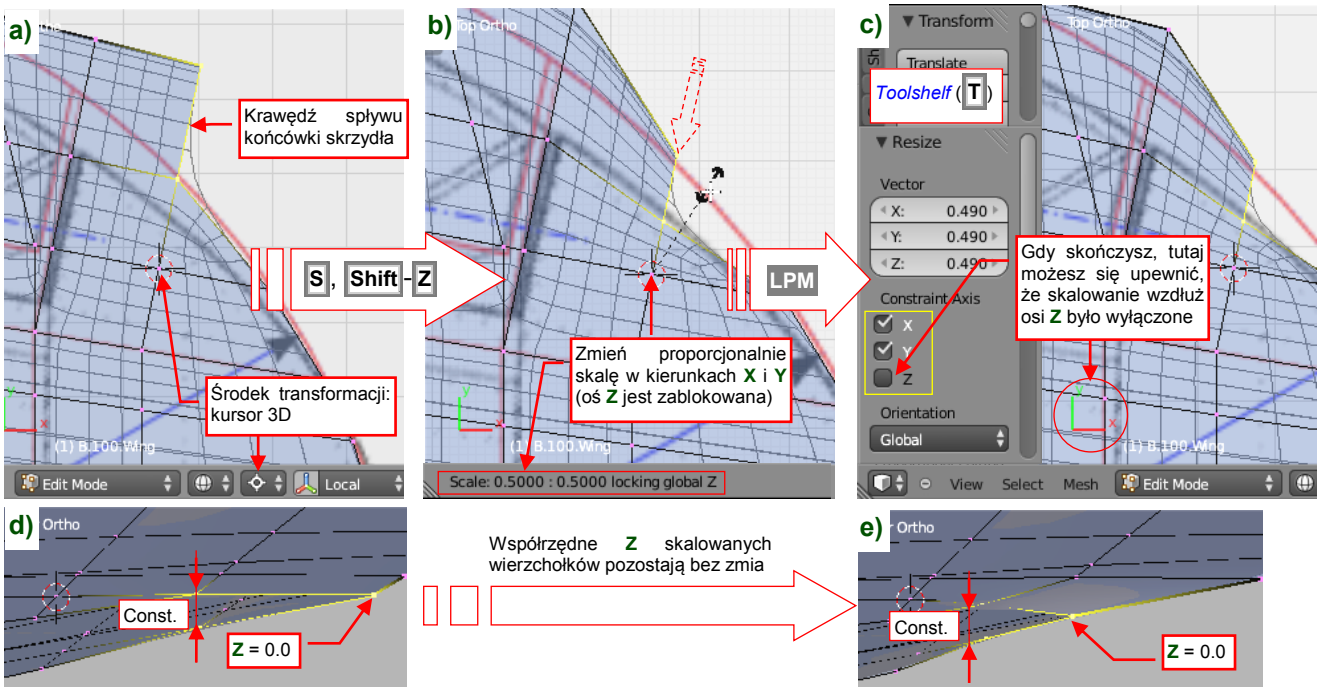
W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlana aktualna zmiana skali wzdłuż każdej osi. Aby zatwierdzić nowe położenie wierzchołków (zakończyć transformację), należy kliknąć LPM. Aby zrezygnować z operacji, możesz w każdej chwili nacisnąć Esc .

Podczas zmiany skali możesz dodatkowo trzymać wciśnięty klawisz Ctrl. Spowoduje to skokową zmianę proporcji (np. co 0.1). Jeżeli będziesz trzymał wciśnięty klawisz Shift — zmiana skali na ekranie "wyhamuje", pozwalając na dokładniejsze ustalenie. Wreszcie kombinacja obydwu — Shift-Ctrl — umożliwia skokową zmianę skali o niewielkie wartości (np. co 0.01).

Jeżeli w trakcie przesuwania naciśniesz X, Y, lub Z — ograniczysz zmianę skali do jednej z tych osi. W pozostałych kierunkach żaden rozmiar nie ulegnie zmianie. Po pierwszym naciśnięciu klawisza jest wybrana oś globalna. Jeżeli jednak jeszcze raz naciśniesz ten sam klawisz — przełączysz się na lokalną oś obiektu. To rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma swój sens wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony.

- Aby ograniczyć skalowanie do jednej płaszczyzny, użyj skrótu Shift-[blokowana oś]. Np. Shift-Z blokuje zmiany wzdłuż globalnej osi **Z**. Gdy naciśniesz taki skrót jeszcze raz, zablokujesz skalowanie wzdłuż lokalnej osi obiektu. (Dlatego aby zablokować zmiany wzdłuż lokalnej osi **Z**, naciśnij powtórnie Shift-Z).

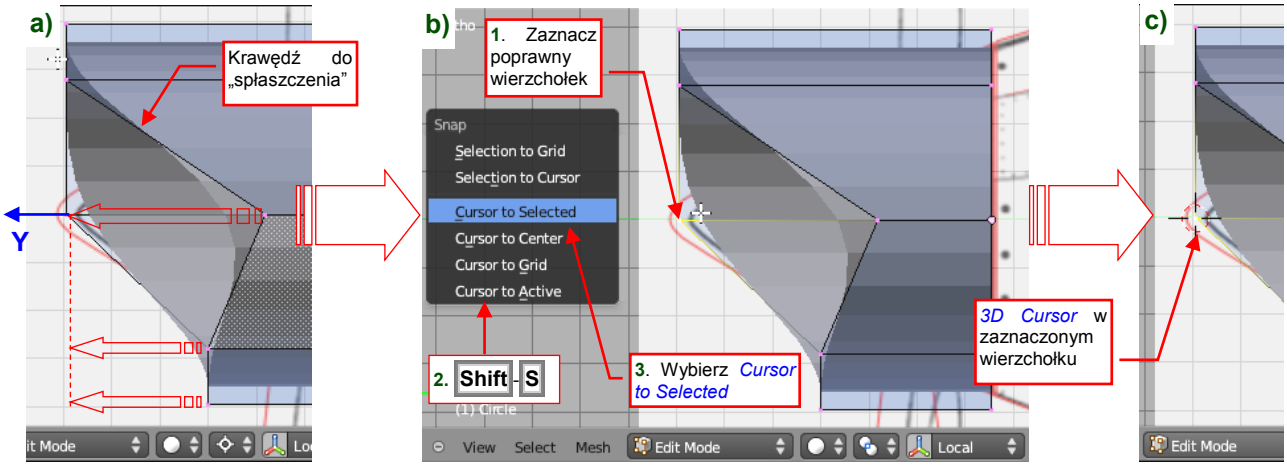
Pokażę to na przykładzie modyfikacji krawędzi spływu końcówki skrzydła (Rysunek 6.5.2):



Rysunek 6.5.2 Wykluczenie jednej osi ze zmiany skali

Za pomocą zmiany skali chcę przesunąć zaznaczone wierzchołki bliżej konturu końcówki, narysowanego na płaszczyźnie **X**,**Y** na czerwono (Rysunek 6.5.2a). Zależy mi jednak na tym, aby współrzędne **Z** krawędzi spływu i pozostałych zaznaczonych wierzchołków (Rysunek 6.5.2d) nie uległy podczas tej operacji zmianie.
Po naciśnięciu S naciskam skrót Shift-Z aby zablokować oś **Z** (Rysunek 6.5.2b). W ten sposób współrzędne **Z** skalowanych wierzchołków nie ulegają zmianie (porównaj Rysunek 6.5.2d i Rysunek 6.5.2e). Gdy skończysz transformację, w opcjach wykonanego polecenia *Resize* możesz się upewnić, że przełącznik *Constraint Axis*: ***Z*** jest wyłączony (Rysunek 6.5.2c).

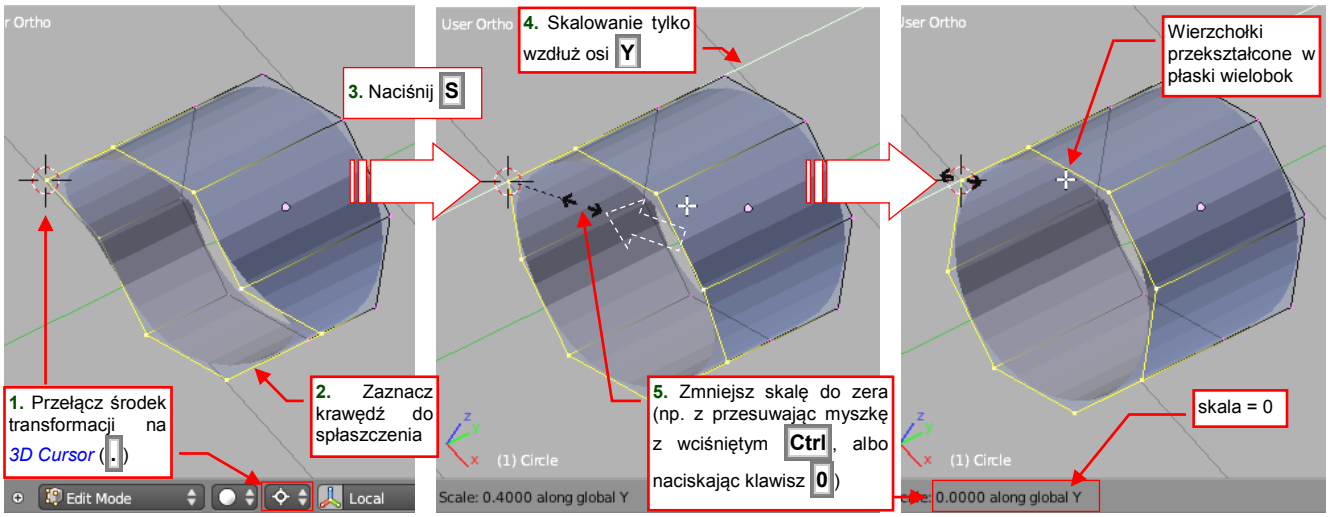
Rysunek 6.5.3a) pokazuje inny przykład — krawędź, którą „spłaszczymy” skalując wzdłuż jednej osi. Punktem odniesienia będzie tu *3D Cursor*. Umieszczam go na płaszczyźnie, gdzie chcę mają się znaleźć wszystkie wybrane wierzchołki. Na tym przykładzie część krawędzi leży we właściwym miejscu. Zaznaczyłem więc jeden z poprawnych wierzchołków i przeniosłem w to miejsce kursor 3D (Shift-S, 3 — Rysunek 6.5.3b,c):



Rysunek 6.5.3 Spłaszczenie krawędzi — ustawienie kursora 3D w odpowiednim miejscu

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Przełączyłem typ punktu odniesienia na *3D Cursor* (na klawiaturze: [.]) i zaznaczyłem wszystkie wierzchołki krawędzi. Nacisnąłem [S], [Y]. Następnie naciśnij klawisz [0] (por. str. 57) by zmniejszyć odległość wierzchołków od środka skalowania do zera (Rysunek 6.5.4):



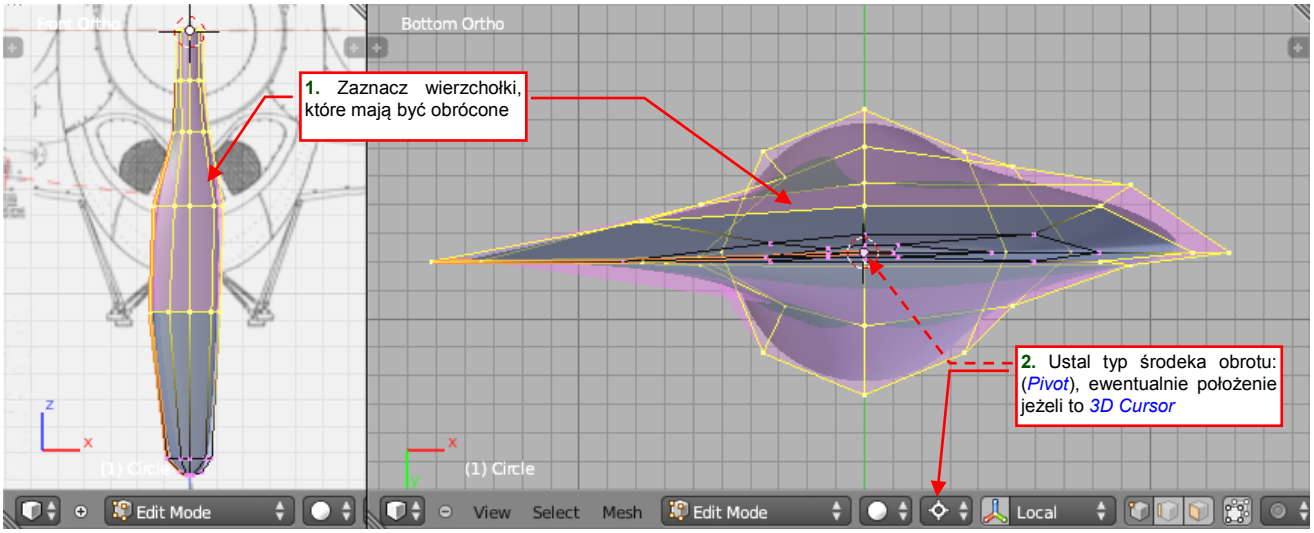
Rysunek 6.5.4 Spłaszczenie krawędzi — poprzez zmianę skali do zera

- Zmianę skali do zera wzdłuż jednej lub wszystkich osi można także stosować do dokładnego "spłaszczania" lub ustalania pozycji wierzchołków.

W czasie modelowania bardzo często używam skalowania do realizacji tych dwóch zadań.

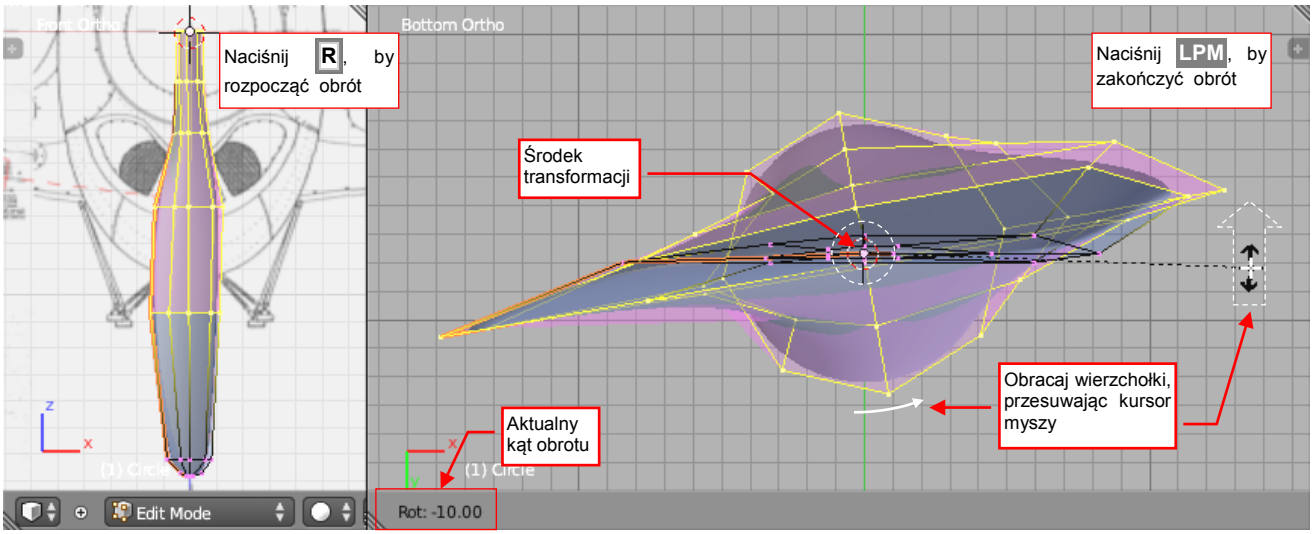
6.6 Obrót (*Rotate*)

Zaznacz grupę wierzchołków, które chcesz obrócić, oraz ustal środek transformacji (*Pivot*) (Rysunek 6.6.1). Praktycznie stosuję jeden z dwóch rodzajów środka: *Bounding Box Center* albo *3D Cursor* . W tym przypadku, środkiem obrotu będzie *3D Cursor*. Możesz go ustawić za pomocą klawiatury — naciśnij klawisz [.] (kropka):



Rysunek 6.6.1 Przygotowanie operacji

Naciśnij [R] (*Mesh→Transfrom→Rotate*). Przełączysz się w ten sposób w tryb obrotu. Na rysunku pojawi się kreskowana linia od kursora myszy do środka transformacji. Każde przesunięcie myszy będzie powodować obrót zaznaczonych wierzchołków — proporcjonalnie do zmiany kąta kreskowanej linii. Dokonywane zmiany w kształcie siatki są wyświetlane na bieżąco we wszystkich oknach Blendera (Rysunek 6.6.2):



Rysunek 6.6.2 Obrót grupy wierzchołków

Domyślnie obrót następuje w płaszczyźnie aktywnego widoku. W nagłówku aktywnego okna jest wyświetlany aktualny kąt obrotu.. Aby zatwierdzić nowe położenie wierzchołków (zakończyć transformację), należy kliknąć [LPM]. Aby zrezygnować z operacji, możesz w każdej chwili nacisnąć [Esc] .

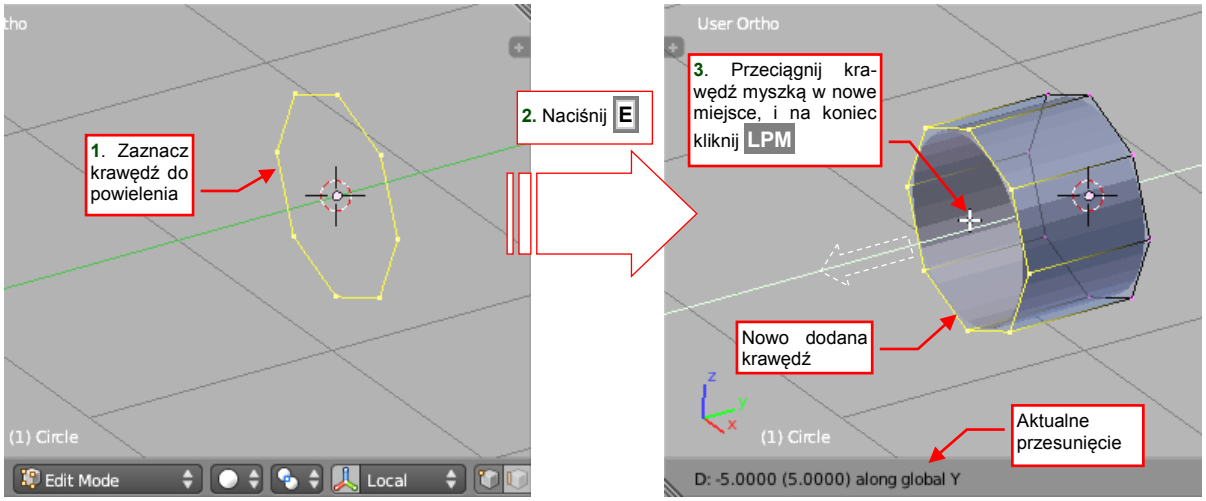
Jeżeli w trakcie obrotu naciśniesz [X], [Y], lub [Z] — przełączysz się na obrót wokół jednej z tych osi. Po pierwszym naciśnięciu klawisza jest wybrana oś globalna. Jeżeli jednak jeszcze raz naciśniesz ten sam klawisz — przełączysz się na lokalną oś obiektu. To rozróżnienie pomiędzy osią globalną i lokalną ma swój sens wtedy, gdy obiekt jest w jakiś sposób obrócony.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Podczas obrotu możesz dodatkowo trzymać wciśnięty klawisz Ctrl. Spowoduje to skokową zmianę proporcji (co 5º). Jeżeli będziesz trzymał wciśnięty klawisz Shift — zmiana obrót na ekranie "wyhamuje", pozwalając na dokładniejsze ustalenie. Wreszcie kombinacja obydwu — Shift-Ctrl — umożliwia skokową zmianę obrotu o niewielkie kąty (np. co 0.5º).

6.7 Wytłaczanie (*Extrude*)

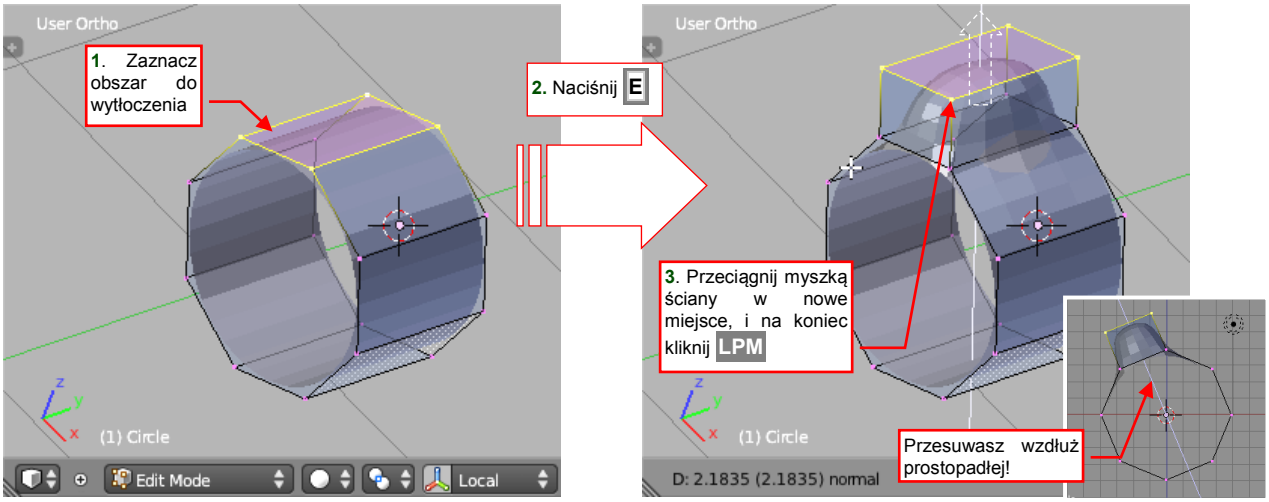
Aby **wytłoczyć wybraną krawędź**, zaznacz ją. Następnie naciśnij E (*Mesh→Extrude Region*). W tym momencie została utworzona kopia zaznaczonej krawędzi. Kopia ta będzie podążać za ruchem myszki "ciągnąc" za sobą będzie krawędzie poprzeczne, łączące jej wierzchołki z wierzchołkami oryginału. Kliknij LPM w miejscu, gdzie nowa krawędź ma zostać ostatecznie umieszczona (Rysunek 6.7.1):



Rysunek 6.7.1 Wytłaczanie krawędzi

- Podczas przesuwania wytłoczonych elementów możesz ograniczyć ich ruch do osi X, Y, lub Z — te skróty działają tak samo, jak w standardowym poleceniu przesunięcia (por. str. 332).

Aby **wytłoczyć wybrany obszar**, zaznacz go. Następnie naciśnij E (*Mesh→Extrude Region*). W tym momencie wzdłuż krawędzi zaznaczonego obszaru zostały dodane dodatkowa ściany. Sam obszar będzie podążać za ruchem myszki, zupełnie jak podczas przesuwania. Kliknij LPM w miejscu, gdzie ma zostać ostatecznie umieszczony (Rysunek 6.7.2):



Rysunek 6.7.2 Wytłaczanie obszaru

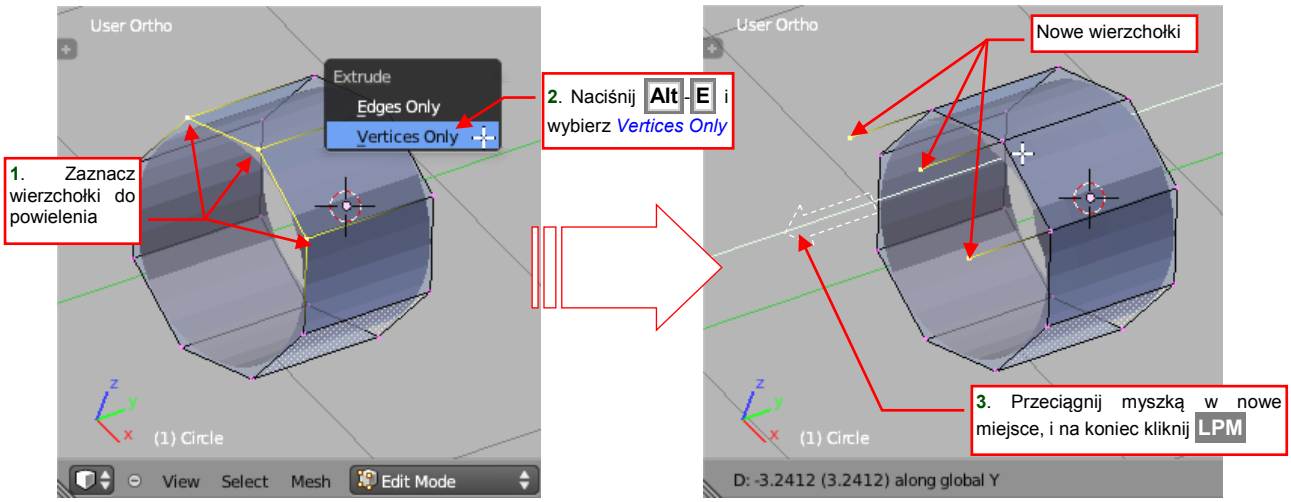
Domyślnie kierunek przesunięcia jest ograniczony do linii prostopadłej do płaszczyzny przesuwanego obszaru.

- Jeżeli zaraz po wywołaniu polecenia *Extrude* naciśniesz Esc — przerwana zostanie (tylko!) druga część operacji. Mimo, że tego zazwyczaj nie widać, odpowiednie krawędzie/ ściany/ wierzchołki uległy już powieleniu, i są zaznaczone. W razie czego musisz je usunąć dodatkowym poleceniem (*Delete*).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Gdy zaraz po wywołaniu *Extrude* naciśniesz S — wytłaczane elementy będą skalowane, a nie przesuwane. (Podobnie gdy naciśniesz R, będą obracane). W taki przypadku uważaj na punkt odniesienia! Lepiej jest używać w tym charakterze kursora (tryb *3D Cursor*) — bo to punkt, nad którym w pełni panujesz. Zdanie się na wypadkową środków (*Median Point*, *Bounding Box Center*) może prowadzić do niespodziewanych deformacji! (Chyba że zaznaczonych wierzchołki są rozłożone symetrycznie).

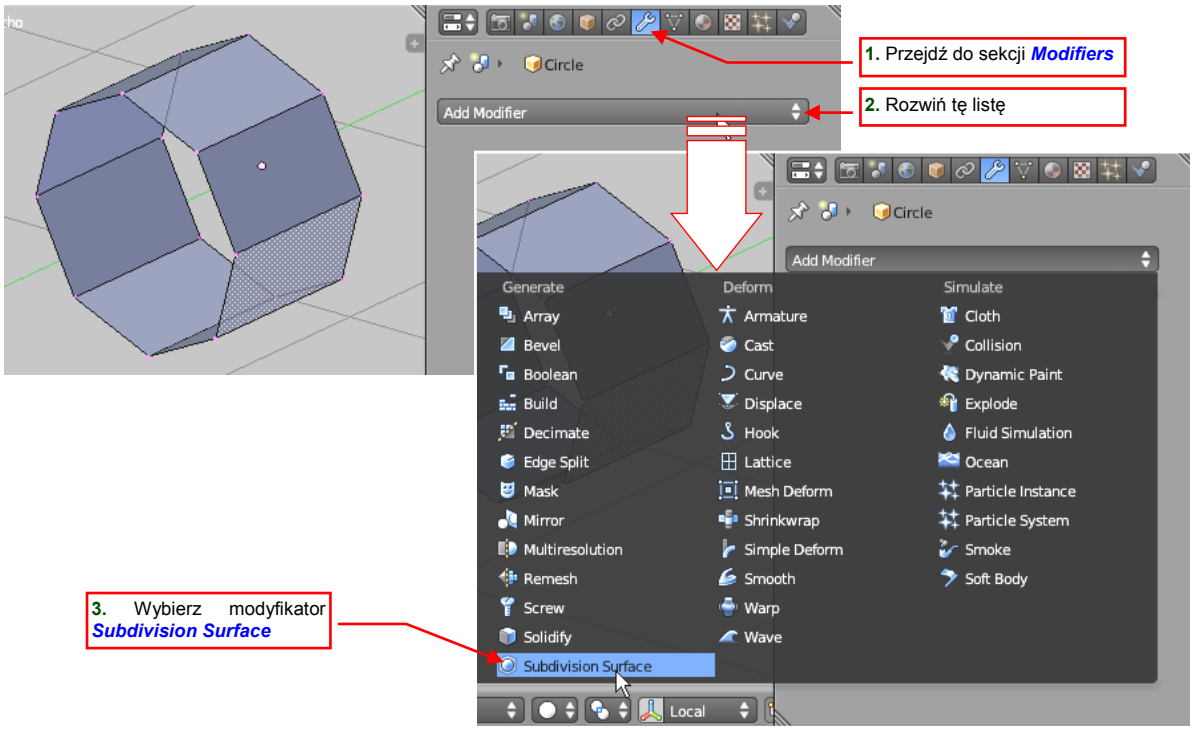
Czasami zachodzi także konieczność **wytłoczenia wybranych wierzchołków** (np. po to, by utworzyć "ręcznie" nową ścianę). Operację zaczynasz tak, jak zazwyczaj — zaznacz wierzchołki do powielenia. Następnie naciśnij Alt-E (to wersja polecenia *Extrude* pozwalająca wybrać ręcznie tryb pracy). Z menu rozwijalnego, które się pojawi, wybierz ***Vertices Only***. W tym momencie została utworzone kopie zaznaczonych wierzchołków. Kopie te będzie podążać za ruchem myszki. "Ciągnąć" za sobą będą krawędzie, łączące je z oryginałami. Tym razem jednak te krawędzie nie są połączone ścianami. Kliknij LPM w miejscu, gdzie nowe wierzchołki mają zostać ostatecznie umieszczone (Rysunek 6.7.3):



Rysunek 6.7.3 Wytłaczanie pojedynczych wierzchołków w krawędzie

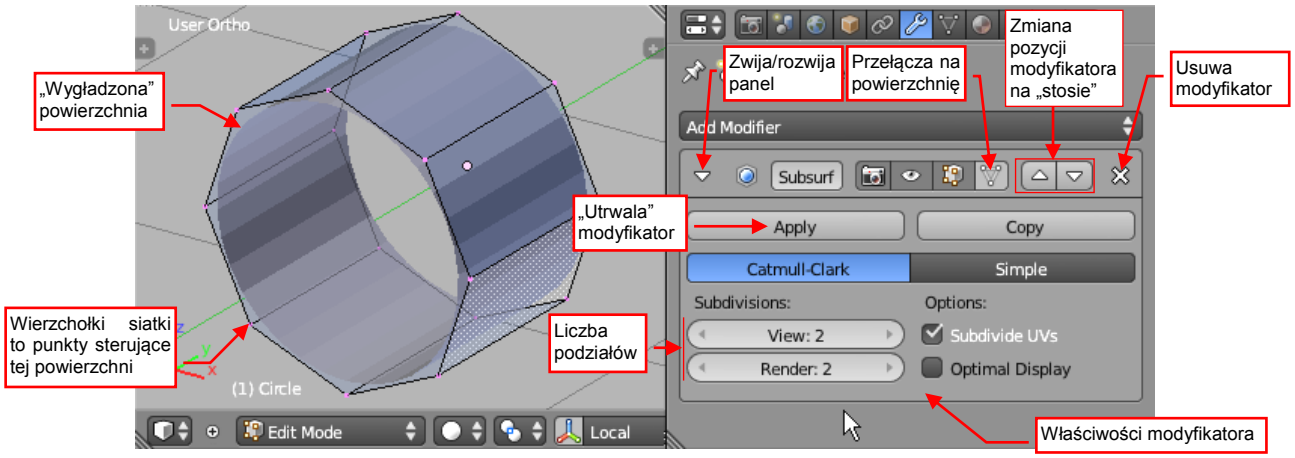
6.8 Wygładzanie siatki (*Subdivision Surface*)

W oknie *Properties* przejdź do zestawu *Modifiers* i rozwiń tam listę ***Add Modifier***. Spośród dostępnych "modyfikatorów" siatki wybierz ***Subdivison Surface*** (Rysunek 6.8.1):



Rysunek 6.8.1 Dodanie modyfikatora wygładzenia siatki (*Subdivision Surface*)

Dodanie modyfikatora spowodowało wygładzenie powierzchni - wszystkie narożniki uległy zaokrągleniu "do środka". Faktura powierzchni zdradza, że teraz zamiast 8 ścian siatka składa się z 32 ścian. Jest to tak zwana "powierzchnia podziałowa". Wierzchołki oryginalnej siatki pełnią rolę tzw. punktów sterujących (*control points*). Możesz zmienić kształt powłoki, zmieniając ich położenie. Jednocześnie w zestawie *Modifiers* pojawiła się panel z parametrami modyfikatora (Rysunek 6.8.2):



Rysunek 6.8.2 Modyfikator *Subdivision Surface*

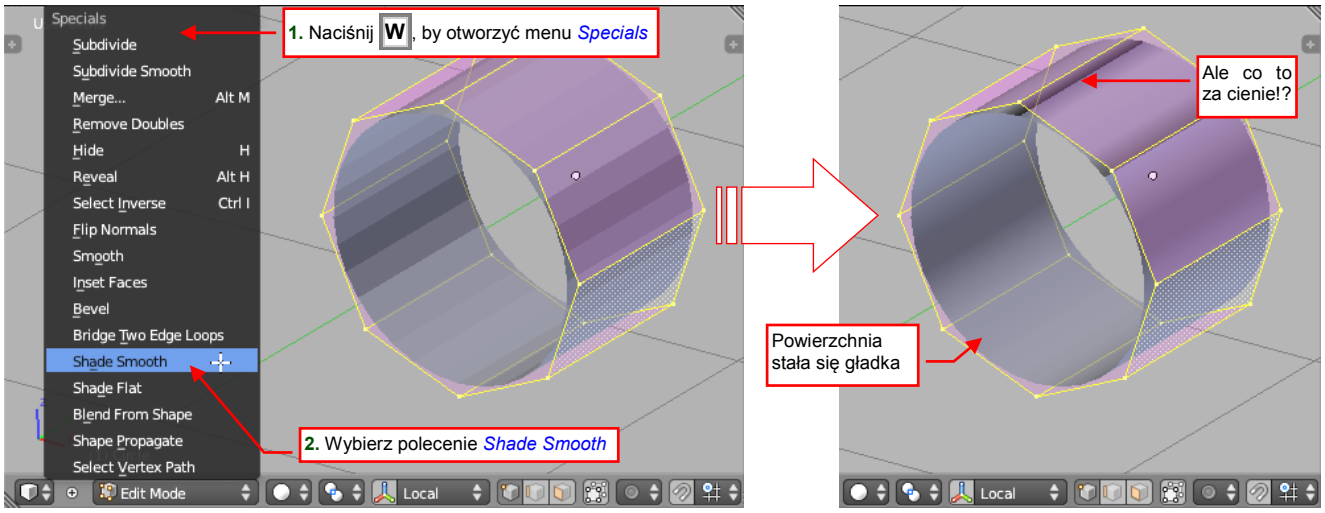
Proponuję ustalać liczbę podziałów powierzchni (*Subdivisions*) na 1-2, w wyjątkowych przypadkach 3. To zapewni odpowiednio małą liczbę ścian przy wystarczającej "gładkości". Poziom podziału do renderowania (*Render*) można ustawić o 1 większy. (Choć na pewno w jakimś stopniu wydłuży to czas obliczania finalnego obrazu). Jeżeli chcesz dowiedzieć się więcej o powierzchniach podziałowych — por. "Powierzchnie podziałowe", str. 399.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Zwróć uwagę, że możesz w każdej chwili zmienić liczbę podziałów powierzchni. To może mieć znaczenie, gdy dla potrzeb gry chcesz mieć model o jak najmniejszej liczbie ścian. Dzięki *Subdivision Surfaces* możesz używać tego samego modelu raz w roli "dokładnego" (większa liczba ścian). Innym razem — możesz go użyć w roli modelu "uproszczonego" (zmniejszając liczbę ścian poprzez zmniejszenie liczby podziałów).

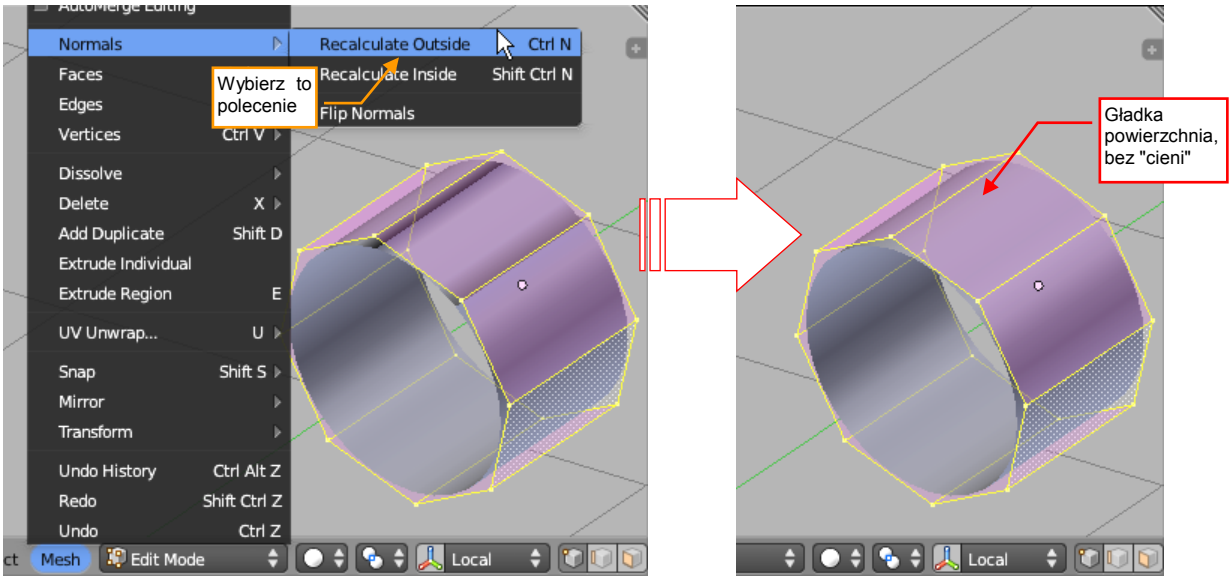
Subsurf jest modyfikatorem siatki — oznacza to, że zmiany, jakie wprowadził, są odwracalne. Wystarczy że usuniesz ten modyfikator, klikając w mały przycisk ☒ w jego lewym, górnym narożniku (Rysunek 6.8.2) . Wygładzona siatka zniknie, i pozostaniesz z powrotem z podstawowym zestawem ścian.
Możesz także "utrwalić" podział siatki — naciskając przycisk ***Apply*** (Rysunek 6.8.2). Spowoduje to zniknięcie modyfikatora i trwałe przyjęcie przez siatkę kształtu powierzchni podziałowej.

Początkowo cienie na wygładzonej siatce zdradzają przebieg krawędzi elementarnych ścian (Rysunek 6.8.1). Aby temu zaradzić, zmienimy model cieniowania. Zaznacz wszystkie wierzchołki siatki (naciskając **A** — *Select→Select All*). Następnie z menu ***Specials*** (**W**) wybierz ***Shade Smooth*** (Rysunek 6.8.3):



Rysunek 6.8.3 Zmiana modelu cieniowania na "gładki"

Efekt nie całkiem odpowiada naszym oczekiwaniom: co to za ciemne cienie, biegnące wzdłuż oryginalnych krawędzi? To rezultat niewłaściwego skierowania wektorów normalnych w niektórych wierzchołkach! Na szczęście poprawienie tego nie jest kłopotliwe. Naciśnij **Ctrl**-**N** (*Mesh→Normals→Recalulate Outside*). Rysunek 6.8.4 przedstawia rezultat:



Rysunek 6.8.4 Uporządkowanie kierunku normalnych

I tym razem rezultat (Rysunek 6.8.4) jest już tym, o co nam chodziło — gładką powierzchnią, bez załamań i cieni w miejscu podziału ścian.

- Aby uzyskać z powrotem powierzchnię z pocieniowanymi ścianami — zaznacz całość i wywołaj ***Specials→ Shade Flat***.

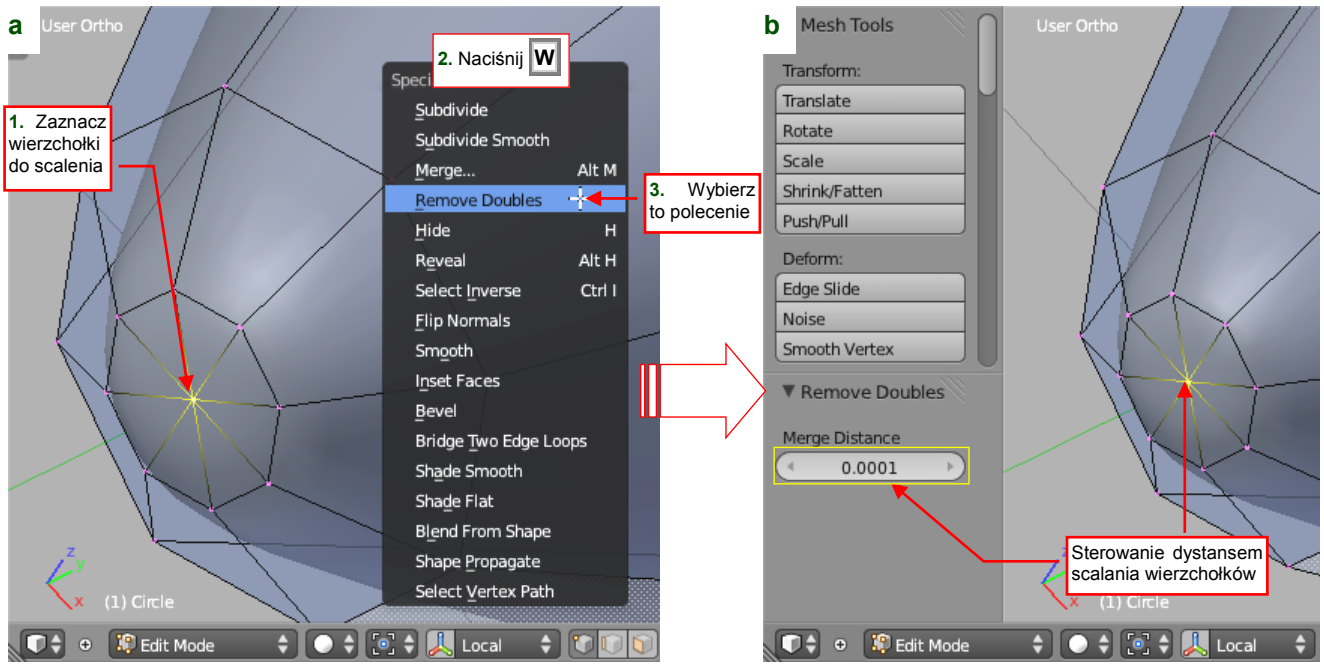
- Zmianę metody cieniowania możesz ustalać oddzielnie dla różnych fragmentów siatki. W zależności od tego, jakie wierzchołki zaznaczysz, część powierzchni może być "*smooth*", a część — "*flat*".

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.9 Scalanie wierzchołków (*Remove Doubles*)

Zaznacz wierzchołki, które powinny zostać scalone w jeden. Muszą być położone blisko siebie, lub dokładnie w tym samym miejscu. Czasami, aby ten warunek zapewnić, zmniejszałem ich skalę do zera (z włączonym środkiem typu *Median Point* - p. str. 334).

Następnie naciśnij W, by przywołać menu *Specials*. Wybierz z niego polecenie ***Remove Doubles*** (Rysunek 6.9.1a).

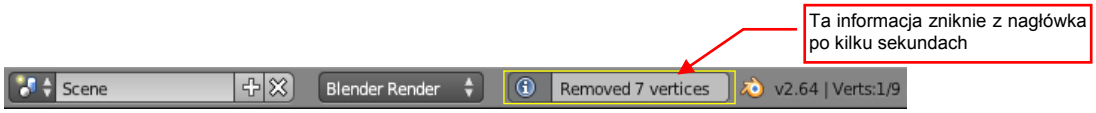


Rysunek 6.9.1 Scalanie wierzchołków

Alternatywnie wybrać to polecenie głównego menu (*Mesh→Vertices→Remove Doubles*), ale to znacznie dłuższa droga. W efekcie operacji zaznaczone wierzchołki są zamienione w jeden wierzchołek. W oknie *3D View* nic się nie zmieniło (bo te punkty i tak były w tym samym miejscu). Jedyną różnicę zauważysz podczas selekcji wierzchołków i krawędzi.

W razie potrzeby aby zmienić parametry tolerancji tego scalania, otwórz przybornik *Tool Shelf*. Znajdziesz tam pole *Merge Distance* (Rysunek 6.9.1b). (Ten sam parametr możesz także zmienić naciskając po wywołaniu operacji klawisz F6, by otworzyć jej okno dialogowe).

U góry ekranu, w nagłówku okna *Info*, po wywołaniu polecenia *Remove Doubles* program przez kilka sekund wyświetla informację o liczbie usuniętych wierzchołków (Rysunek 6.9.2):



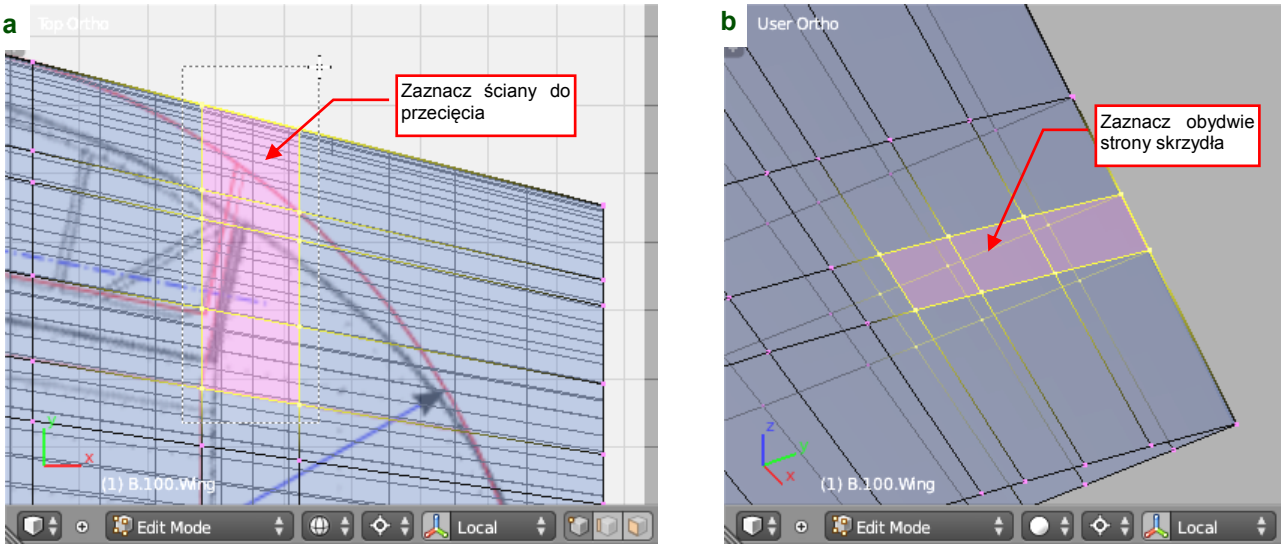
Rysunek 6.9.2 Informacja o rezultacie operacji w oknie *Info*

Jeżeli nie zdążyłeś go dostrzec — możesz ją zawsze znaleźć we wnętrzu okna *Info*, gdzie są odnotowywane wszystkie wywoływane polecenia i ew. komunikaty programu. (Wystarczy je powiększyć w pionie, by oprócz nagłówka była widoczna także reszta okna).

6.10 Nacinanie krawędzi na siatce (*Knife*)

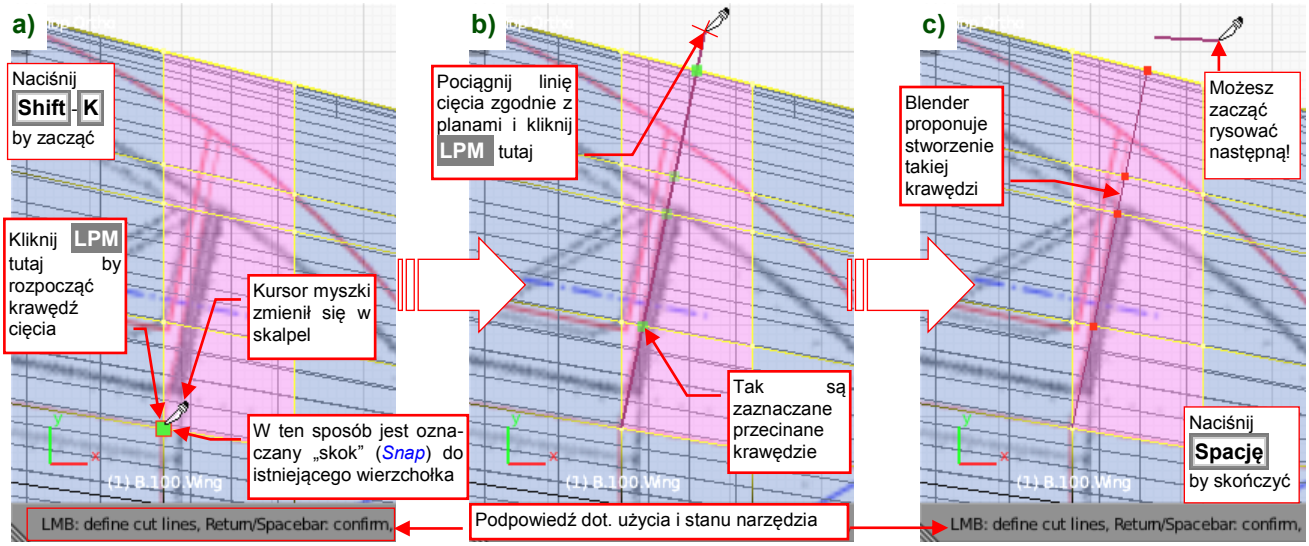
Narzędzie *Knife* pozwala stworzyć w siatce nowe krawędzie. Powstają one poprzez przecięcie zaznaczonych ścian, w kierunku prostopadłym do aktualnego widoku (tzn. płaszczyzny ekranu). Rolę "krawędzi tnącej" pełni narysowana w oknie *3D View* pomocnicza linia łamana. Funkcji *Knife* można używać na wiele różnych sposobów. Do modelowania samolotów używam jej zazwyczaj w trybie *cut through*, i taki tryb opisuję poniżej.

Zaznacz na siatce krawędzie, które mają zostać przecięte (Rysunek 6.10.1a). W tym przykładzie zaznaczyłem obszarem (B) ściany po obydwu stronach skrzydła (Rysunek 6.10.1b):



Rysunek 6.10.1 Zaznaczenie ścian do przecięcia

Naciśnij Shift-K (*Knife*) Zwróć uwagę, że kursor myszy zmienił się teraz na mały "skalpel". Narysuj teraz krawędź tnącą. Kliknij LPM w miejsce ekranu, gdzie ma się znaleźć pierwszy punkt tej krawędzi (Rysunek 6.10.2a). Za kursorem myszy zaczęła teraz podążać linia, pokazująca przebieg pierwszego segmentu cięcia.

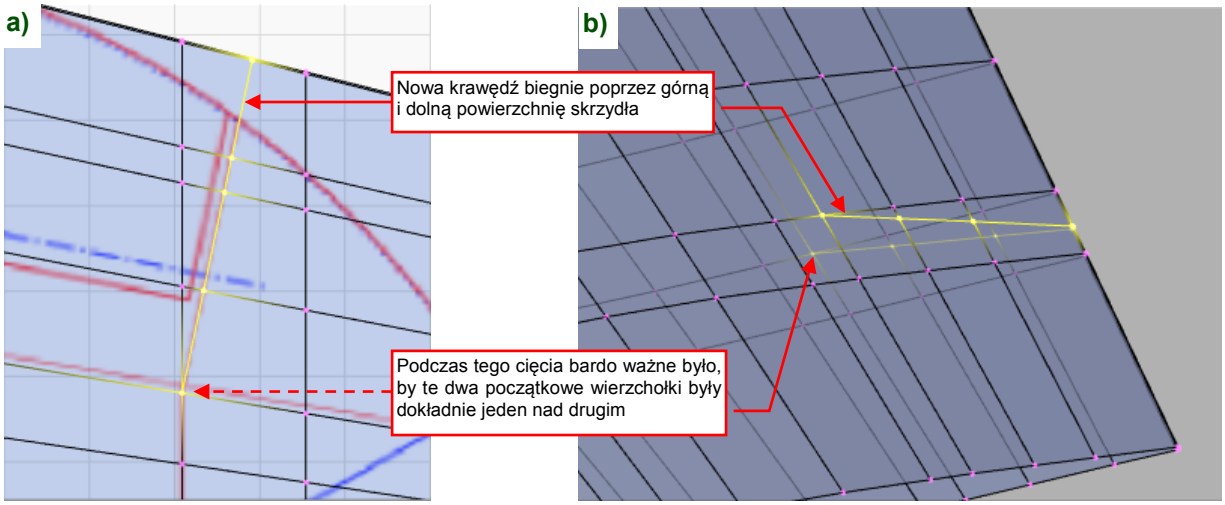


Rysunek 6.10.2 Cięcie siatki za pomocą narzędzia *Knife*

Kliknij LPM w drugi punkt — w ten sposób zakończysz rysowanie pierwszego segmentu (Rysunek 6.10.2b). Blender automatycznie ciągnie od ostatnio narysowanego punktu do kursora myszy kolejną linię (Rysunek 6.10.2c). Jeżeli nie chcesz niczego więcej przecinać — naciśnij Enter lub Spację. To zakończy rysowanie linii i spowoduje dodanie proponowanych krawędzi do siatki. (Jeżeli chcesz zrezygnować z polecenia, w każdym momencie możesz nacisnąć Esc lub PPM).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

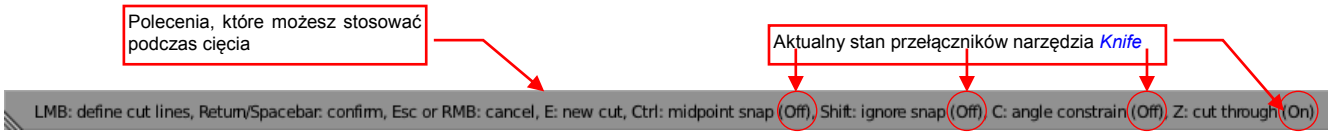
Rezultat operacji przedstawia Rysunek 6.10.3. Gdy przyjrzysz się temu rezultatowi w przestrzeni, dostrzeżesz że powstała linia biegnąca na górnej i dolnej powierzchni skrzydła (Rysunek 6.10.3b):



Rysunek 6.10.3 Rezultat dwustronnego cięcia — w rzucie z góry i w przestrzeni

- Za pomocą *Knife* można przypadkowo stworzyć ściany o liczbie boków większej niż 4. W grafice komputerowej określa się je jako n-gony. Takie ściany są bardzo przydatne w trakcie formowania siatki. Potem jednak staraj się je zastąpić zespołami kwadratów i trójkątów (por. str. 371).

Zwróć uwagę na informację, wyświetlaną w nagłówku okna w trakcie polecenia *Knife*. Program wyświetla tam bieżące wartości wewnętrznych flag i klawisze, którymi możesz je przełączyć (Rysunek 6.10.4):



Rysunek 6.10.4 Skróty klawiatury i bieżący stan narzędzia *Knife*, wyświetlane w pasku stanu

Flagi te odpowiadają następującym trybom działania noża:

- ***midpoint snap***: skok do środków przecinanych krawędzi;
- ***ignore snap***: wyłączenie wszelkich skoków do punktów charakterystycznych (trochę pokrętnie, bo stan *Off* oznacza że skok jest aktywny);
- ***angle constrain***: prowadź linię cięcia pod „równymi” kątami: 0º, 30º, 45º, 60º, 90º…;
- ***cut through***: przecinanie wszystkich zaznaczonych ścian — także gdy są zasłonięte przez inne;

- Gdy podczas pracy z modelem zależy Ci na cięciu dokładnie wzdłuż linii poziomej lub pionowej, wówczas przydaje się możliwość włączenia trybu *angle constrain* (C).

- Możesz wywołać *Knife* za pomocą dwóch skrótów: K (*cut through* nieaktywne) i Shift-K (*cut through* aktywne). Gdy tryb *cut through* jest aktywny, *Knife* przecina wszystkie zaznaczone ściany, nawet gdy są zasłonięte przez inne. Kiedy *cut through* jest nieaktywny, cięte są tylko widoczne ściany (niezależnie od tego, czy będą zaznaczone, czy nie).

Tryb *cut through* miał w Blendere 2.6 kilka błędów, które powodowały że czasami krawędź przecięcia zawierała częściwo odłączone wierzchołki i krawędzie[1]. Na szczęście w Blenderze 2.70 zostało to poprawione i teraz działa poprawnie.

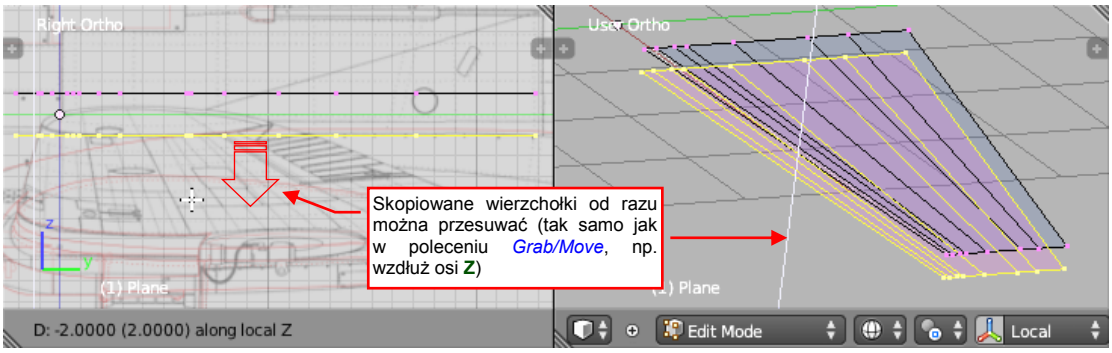
[1] Z takim błędem można było sobie szybko poradzić, zaznaczając wierzchołki nowej krawędzi i krawędzi sąsiednich (np. okręgiem — C) i scalając je poleceniem *Remove Doubles* (por. str. 344).

6.11 Kopiowanie wierzchołków (*Duplicate*)

Zaznacz wierzchołki, które chcesz skopiować (Rysunek 6.11.1):

Rysunek 6.11.1 Zaznaczenie wierzchołków do powielenia

Następnie naciśnij Shift→D (***Mesh→Duplicate***). W rezultacie w siatce pojawią się nowe wierzchołki. Są one od razu zaznaczone (Rysunek 6.11.2):



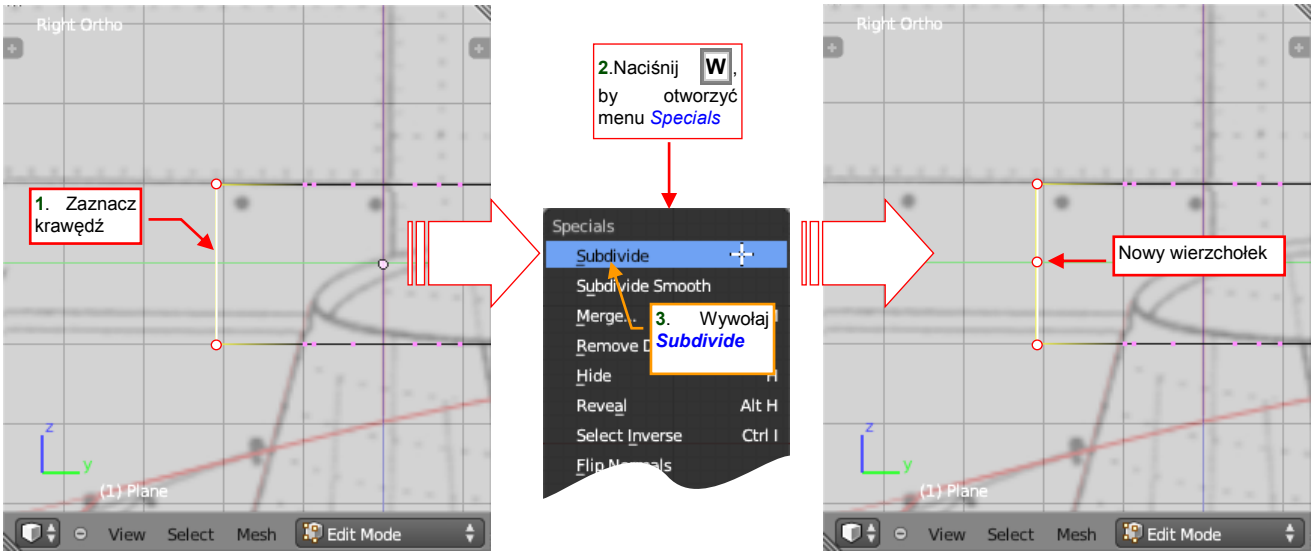
Rysunek 6.11.2 Odsunięcie powielonych wierzchołków

Powielony fragment siatki możesz od razu odsunąć od oryginału — zupełnie jak podczas polecenia *Grab/Move* (por. str. 332). (Na przykład, naciśnij klawisz Z, aby przesunąć je wzdłuż osi **Z**, i trzymaj wciśnięty klawisz Ctrl, jeżeli mają zostać przesunięte na jakąś równą odległość).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.12 Podział krawędzi (*Subdivide*)

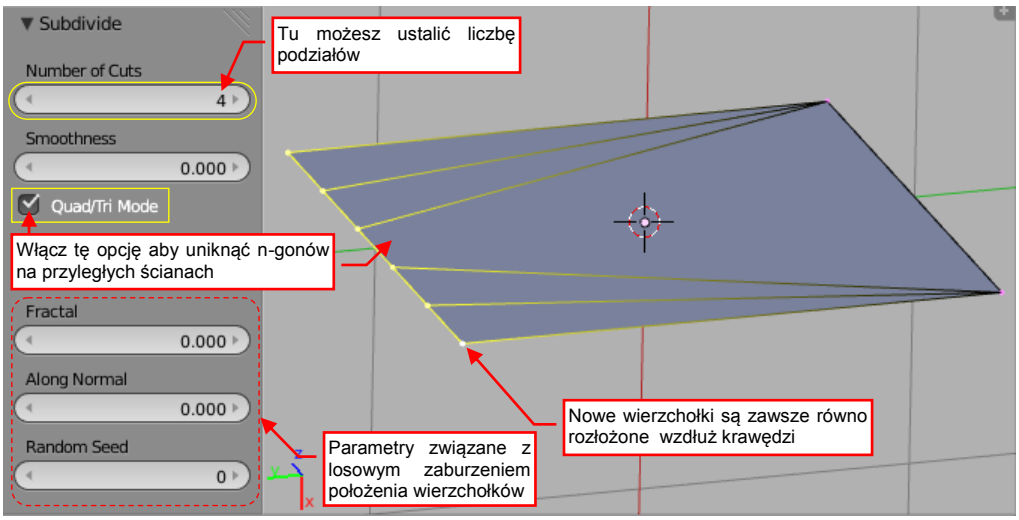
Zaznacz krawędź, które chcesz podzielić. Naciśnij następnie W, by otworzyć menu *Specials*. Wybierz stamtąd polecenie ***Subdivide*** (Rysunek 6.12.1):



Rysunek 6.12.1 Wywołanie z menu *Specials* polecenia *Subdivide*

W środku zaznaczonej krawędzi pojawi się nowy wierzchołek. (To samo polecenie znajduje się także w "zwykłym" menu: *Mesh→Edge→Subdivide*).

Gdy otworzysz przybornik *Toolshelf* (T) lub naciśniesz F6, zobaczysz parametry tego polecenia (Rysunek 6.12.2):



Rysunek 6.12.2 Paramery polecenia *Subdivide*

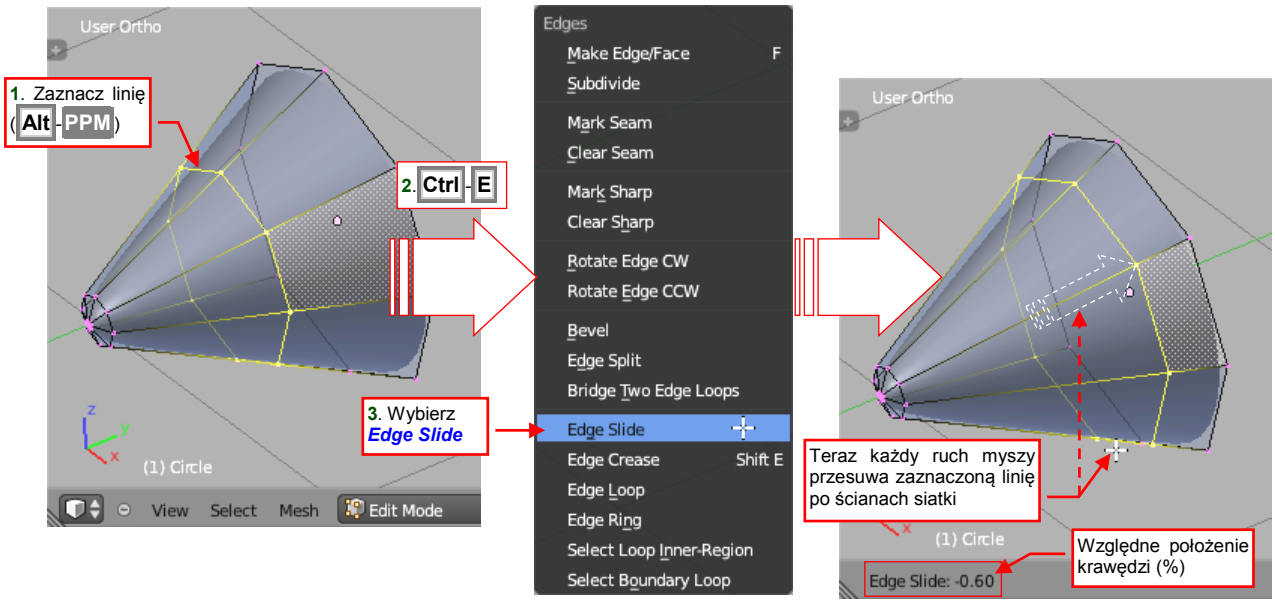
Paramter ***Number of Cuts*** steruje liczbą podziałów. To opcja szczególnie użyteczna dla liczb parzystych, których nie możesz uzyskać w wyniku kolejnych wywołań polecenia. Subdivide zazwyczaj zmienia przyległe ściany w n-gony, chyba że włączysz ***Quad/Tri Mode***. Ta opcja zmusza Blendera do podziału przyległych ścian siatki na kwadraty i czworokąty (Rysunek 6.12.2).

- Możesz także użyć *Subdivide* do podziału ścian siatki. Polecenie dzieli ściany czworokątne na cztery lub więcej czworokątów, a trójkątne — na cztery lub więcej trójkątów.

6.13 Przesuwanie linii wierzchołków (*Edge Slide*)

Operacja polega na przesunięciu po ścianach siatki jednej z jej linii wierzchołków (*egdeloop*) w nowe położenie.

Zaznacz rząd wierzchołków, który ma być przesunięty. (Musi to być konkretny rząd, a nie dowolny zbiór wierzchołków — zaznaczaj więc używając Alt - PPM). Następnie naciśnij Ctrl - E, i z menu *Edge Specials* wybierz polecenie ***Edge Slide*** (Rysunek 6.13.1). (Możesz je także wywołać jako *Mesh→Edges→Edge Slide*):

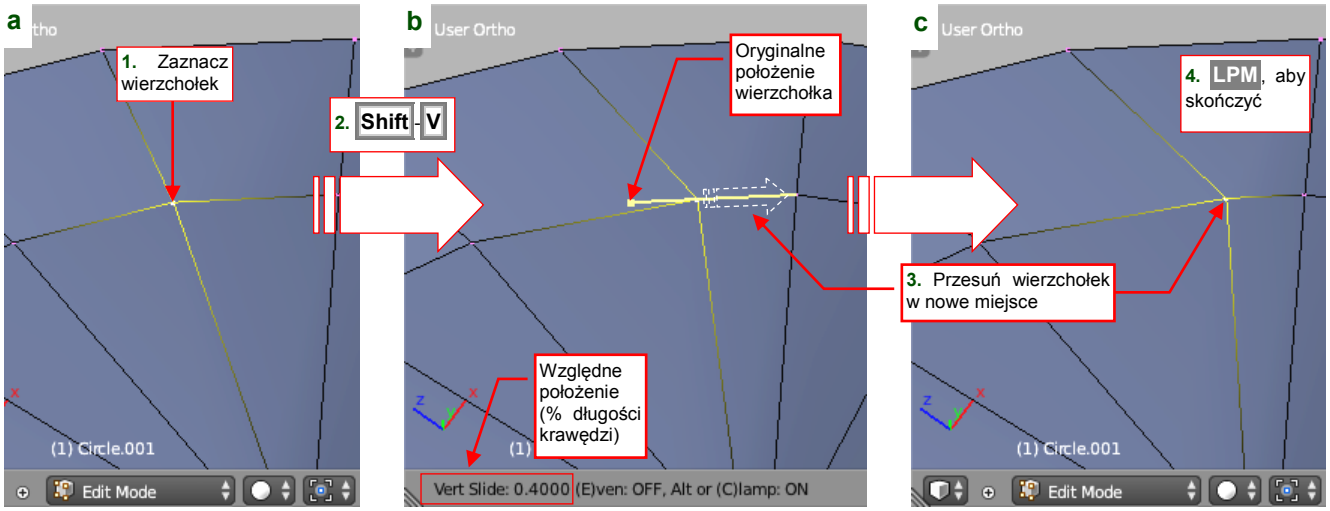


Rysunek 6.13.1 Rozpoczęcie przesuwania linii wierzchołków

Od tej chwili każde przesunięcie myszy powoduje wybranej linii wierzchołków. U nagłówku okna Blender wyświetla względne położenie krawędzi w stosunku do linii sąsiednich. Gdy *Edge Slide* = 0.0, przesuwana krawędź znajduje się w oryginalnym położeniu. Gdy zbliżymy ją do linii z prawej (Rysunek 6.13.1), kształt będzie zmieniał, aż w końcu stanie się identyczny z lewym rzędem (*Edge Slide* = -1.0). Gdy zbliżymy zaznaczoną linię do linii z lewej, kształt będzie proporcjonalnie się zmniejszał, aż stanie się taki sam jak lewa krawędź (*Edge Slide* = +1.0) . Kończymy całą operację, naciskając LPM. W każdej chwili możesz z niej zrezygnować, naciskając Esc.

6.14 Przesuwanie wierzchołków po krawędziach (*Vertex Slide*)

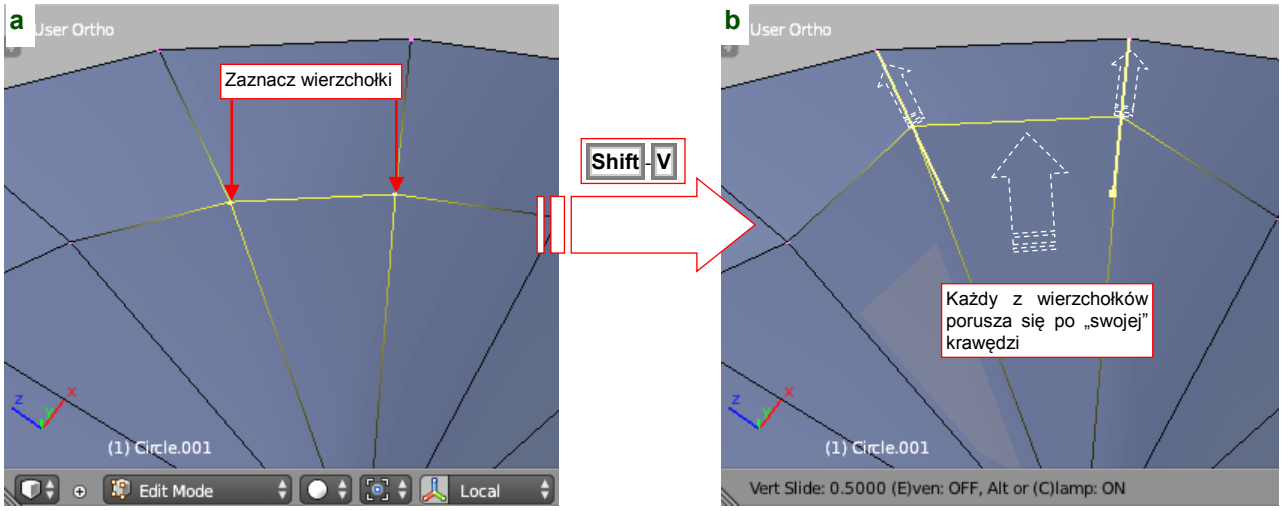
Aby przesunąć pojedynczy wierzchołek wzdłuż jednej z krawędzi które łączy, zaznacz go (Rysunek 6.14.1a) i naciśnij Shift-V (*Mesh→Vertices→Vertex Slide*):



Rysunek 6.14.1 Przesuwanie wierzchołka po krawędzi

Po wywołaniu tego polecenia Blender zaczyna przesuwać wierzchołek podążając za ruchem kursora myszki. Ten ruch odbywa się po krawędzi, do której jest zbliżony kursor. (Podczas operacji jest zaznaczona grubszą linią — Rysunek 6.14.1b). W nagłówku okna jest wyświetlane jego względne położenie od pozycji początkowej (*Vert Slide* = 0.0) do końcowej (przy przeciwległym wierzchołku *Vert Slide* = 1.0). Gdy przesuniesz wierzchołek w nowe miejsce, zakończ operację kliknięciem LPM. (Możesz także w każdej w chwili z niej zrezygnować, naciskając Esc).

Możesz także przesuwać kilka wierzchołków naraz – każdy po „swojej” krawędzi (Rysunek 6.14.2):



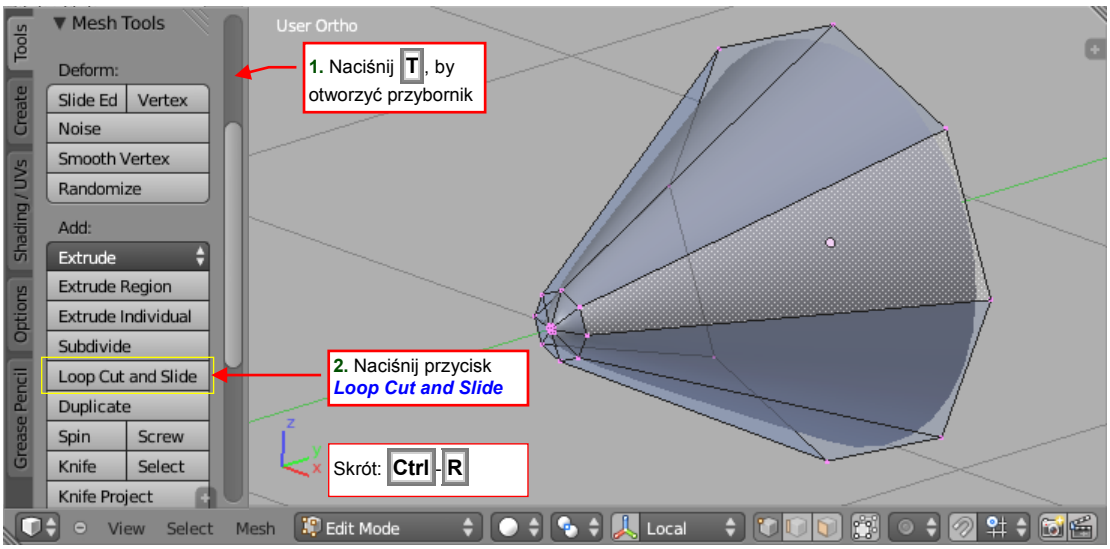
Rysunek 6.14.2 Przesuwanie kilku wierzchołków jednocześnie

Zgodnie z podpowiedzią wyświetlaną w nagłówku okna: gdy naciśniesz C przełączając flagę *Clamp* na OFF, możesz przesunąć wierzchołek poza koniec wybranej krawędzi.

6.15 Wstawienie nowej linii wierzchołków (*Loop Cut*)

Operacja polega na wstawieniu nowej linii wierzchołków (*egdeloop*) pomiędzy istniejące linie siatki.

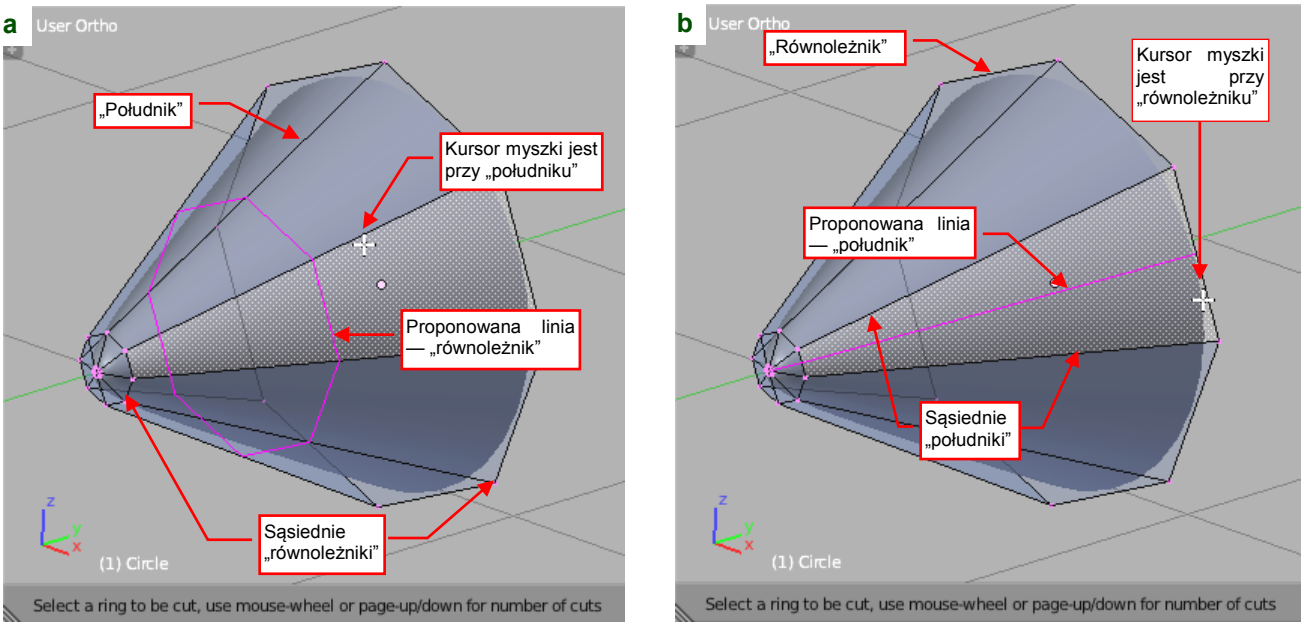
Naciśnij T aby otworzyć przybornik *Toolshelf*, i z sekcji *Add* panelu *Tools:Mesh Tools* wybierz polecenie ***Loop Cut and Slide*** (Rysunek 6.15.1):



Rysunek 6.15.1 Wywołanie polecenia *Loop Cut*

Aby to polecenie wywołać, możesz także użyć skrótu Ctrl - R. Teraz masz wybrać, w jakim kierunku, i pomiędzy którymi liniami chcesz wstawić nowy rząd wierzchołków. W zależności od tego, gdzie ustawisz mysz, Blender pokazuje aktualną możliwość za pomocą fioletowej linii.

Dla uproszczenia tłumaczenia, nazwijmy okręgi na siatce stożka „równoleżnikami”, a krawędzie do nich poprzeczne — „południkami”. Rysunek 6.15.2a) pokazuje, że gdy zbliżysz kursor do jakiegoś „południka” siatki, Blender zaproponuje utworzenie nowego „równoleżnika”. Ta nowa linia zostanie utworzona pomiędzy dwoma sąsiednimi „równoleżnikami”, które są najbliższe kursora. Jeżeli z kolei zbliżysz kursor w pobliże „równoleżnika” — Blender zaproponuje nowy „południk” (Rysunek 6.15.2b):

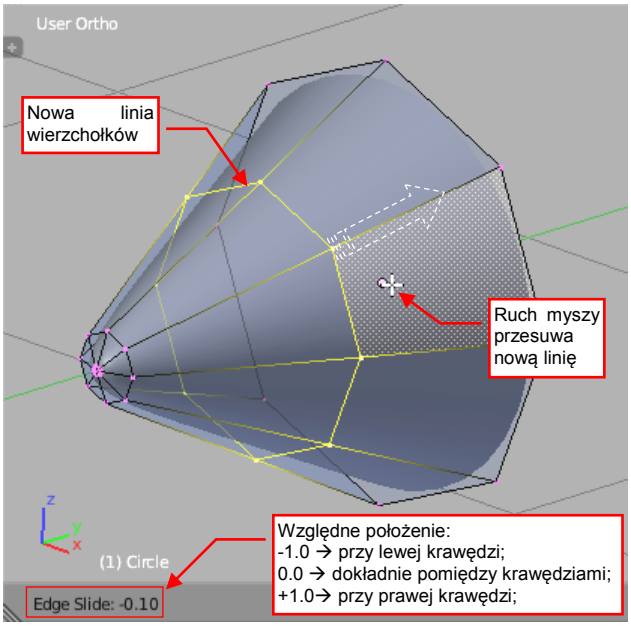


Rysunek 6.15.2 Wybór kierunku i pary sąsiednich linii

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

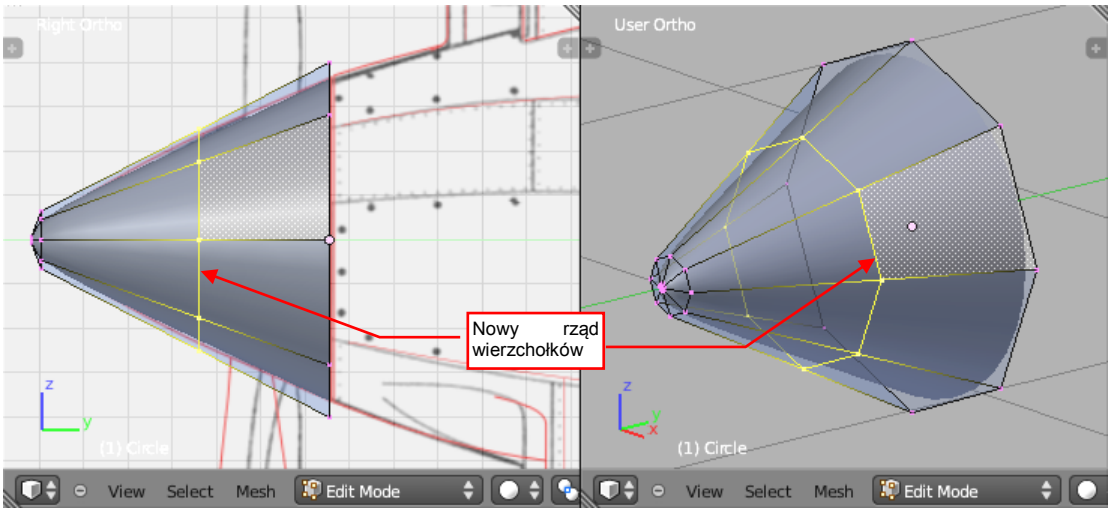
Wybór kierunku i sąsiednich linii siatki zatwierdzasz kliknięciem LPM.

Powiedzmy, że wybraliśmy opcję stworzenia nowego "równoleżnika" (Rysunek 6.15.2a). Po kliknięciu LPM Blender wstawił w zaznaczony obszar nową linię wierzchołków (Rysunek 6.15.3). Od tej chwili każde przesunięcie myszy powoduje przesuwanie wybranej linii wierzchołków po powierzchni siatki — tak jak w poleceniu *Edge Slide* (por. str. 349). W nagłówku okna *3D View* program wyświetla % dystansu pomiędzy sąsiednimi krawędziami. (0% odpowiada krawędzi leżącej dokładnie pośrodku). Kończymy całą operację, naciskając powtórnie LPM. W każdej chwili możesz z niej zrezygnować, naciskając Esc.



Rysunek 6.15.3 Przesuwanie nowej linii wierzchołków po powierzchni siatki

Ostateczny efekt pokazuje Rysunek 6.15.4 — możesz porównać ze stanem początkowym (Rysunek 6.15.1):

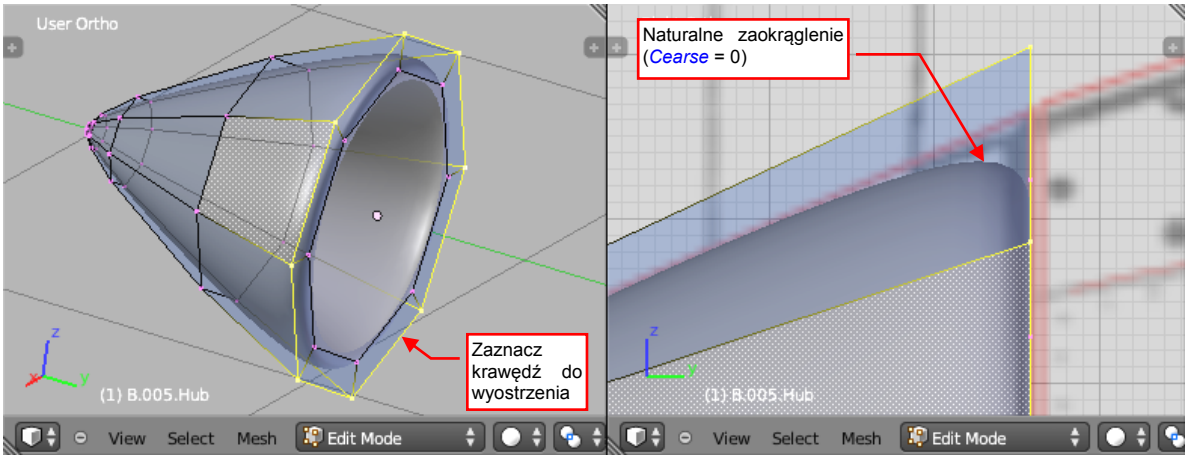


Rysunek 6.15.4 Wstawiony nowy rząd wierzchołków

6.16 Zmiana ostrości krawędzi (*Edge Crease*)

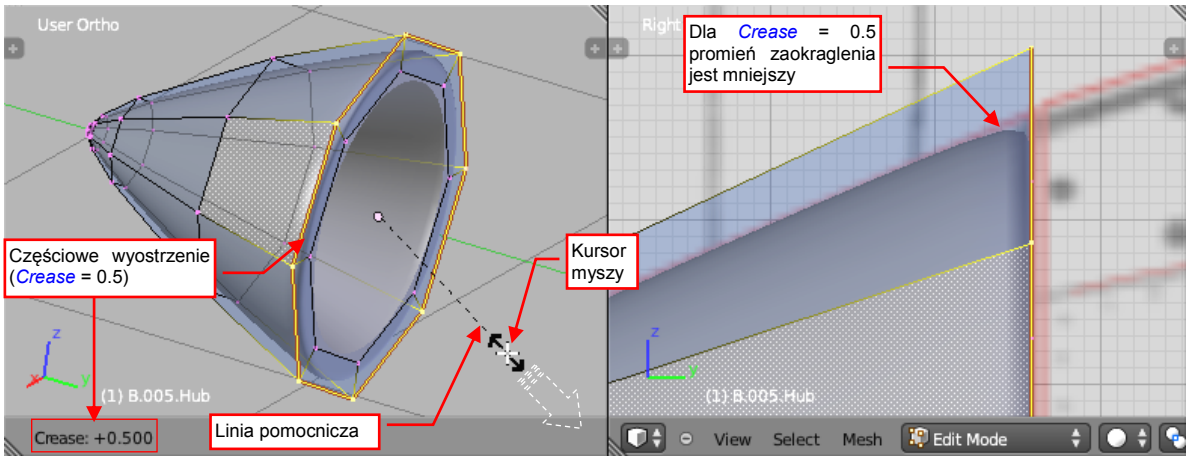
Blender pozwala na zmianę ostrości wybranych krawędzi "wygładzonej" siatki. Możesz ten efekt płynnie stopniować. Sprowadza się to do tego, że każda krawędź ma dodatkowy parametr — *Crease* — który może przyjmować wartości od 0.0 (zupełnie gładka) do 1.0 (zupełnie ostra). Zmianę ostrości pokażę na przykładzie zwiększenia ostrości krawędzi podstawy stożka. (Analogicznie możesz wygładzić ostrą krawędź).

Zaznacz krawędzie, które chcesz wyostrzyć. Następnie naciśnij Shift-E (*Mesh→Edges→Edge Crease*) (Rysunek 6.16.1):



Rysunek 6.16.1 Stan początkowy: krawędź "naturalnie zaokrąglona"

Spowoduje to pojawienie się pomocniczej, przerywanej linii, biegnącej od środka zaznaczonych wierzchołków do aktualnej pozycji kursora myszy (Rysunek 6.16.2):



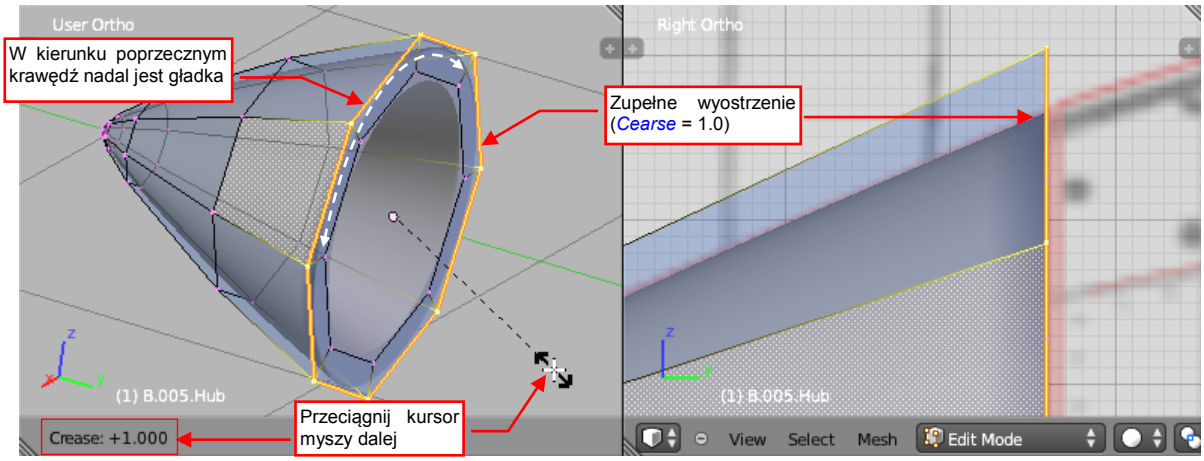
Rysunek 6.16.2 Wyostrzanie krawędzi

Od tej chwili położenie kursora określa poziom wyostrzenia (*Crease*) . Jego wartość jest pokazywana na bieżąco w nagłówku aktywnego okna (Rysunek 6.16.2). Do dyspozycji masz zakres wartości od *Crease* = 0 (naturalna, gładka powierzchnia), do *Crease* = 1.0 (ostra krawędź). Rysunek 6.16.2 pokazuje, na ile wyostrzyła się krawędź przy *Crease* = 0.4.

- Podczas zmiany ostrości krawędzi możesz także wykorzystywać klawisz Ctrl — powoduje skokową zmianę parametru *Crease* o 0.1.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Gdy zwiększysz ostrość (*crease*) do poziomu = 1.0, uzyskasz absolutnie ostrą krawędź (Rysunek 6.16.3):

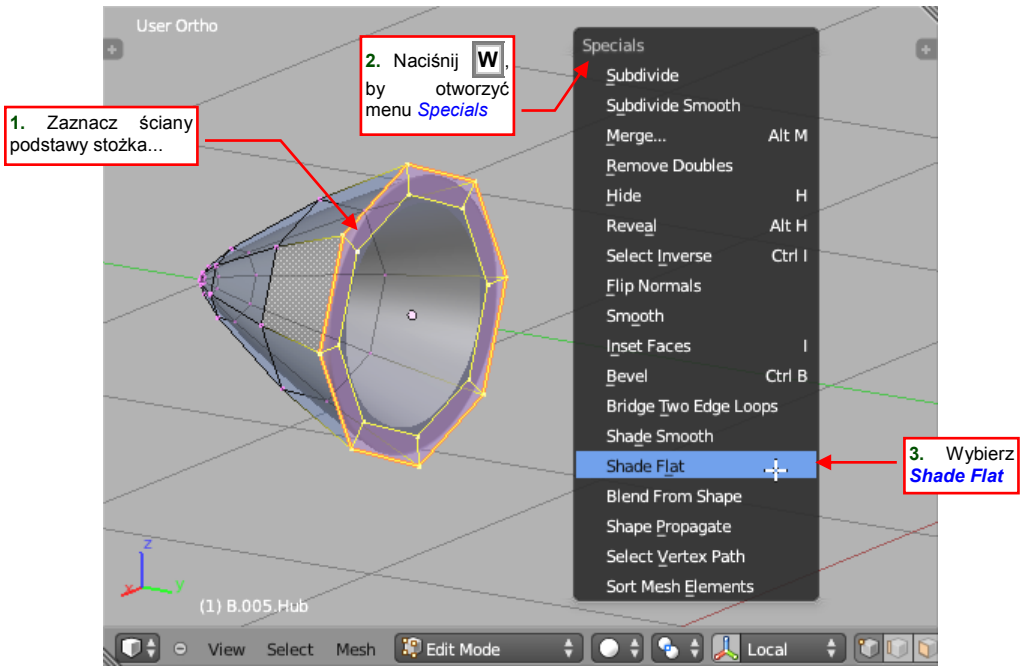


Rysunek 6.16.3 Krawędź ostra (*crease* = 1.0)

Zwróć uwagę, że krawędź jest ostra tylko w jednym kierunku. W kierunku poprzecznym nadal jest gładka, dzięki czemu zachowała kształt okręgu. (Gdybyś chciał uzyskać kształt ośmiokąta — powinieneś wyostrzyć także krawędzie "południków" tego stożka) .

Zmianę ostrości krawędzi zatwierdzamy kliknięciem LPM. Jeżeli chcesz zrezygnować z operacji — naciśnij Esc.

Na koniec czynność kosmetyczna — krawędź będzie lepiej wyglądać, gdy zmienimy sposób cieniowania ścian podstawy z "gładkiego" na "płaski". Zaznacz ściany podstawy i naciśnij klawisz W, by otworzyć podręczne menu siatki (*Specials*) . Wywołaj stamtąd polecenie ***Shade Flat*** (Rysunek 6.16.4):

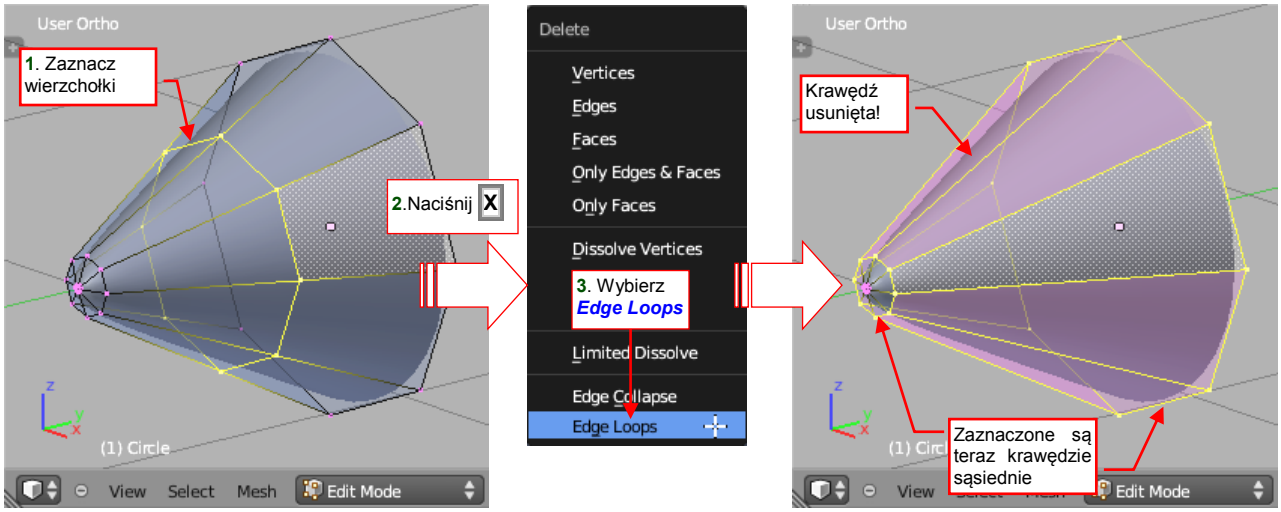


Rysunek 6.16.4 Zmiana sposobu cieniowania ścian podstawy na "płaski" (*Flat*)

6.17 Usuwanie linii wierzchołków

Usuwanie linii wierzchołków różni się od wszystkich innych "usunięć" w trybie edycji. Różnica polega na tym, że zachowuje ciągłość ścian siatki. Jest to operacja odwrotna do wstawienia nowej linii wierzchołków poleceniem *Loop Cut* (str. 351).

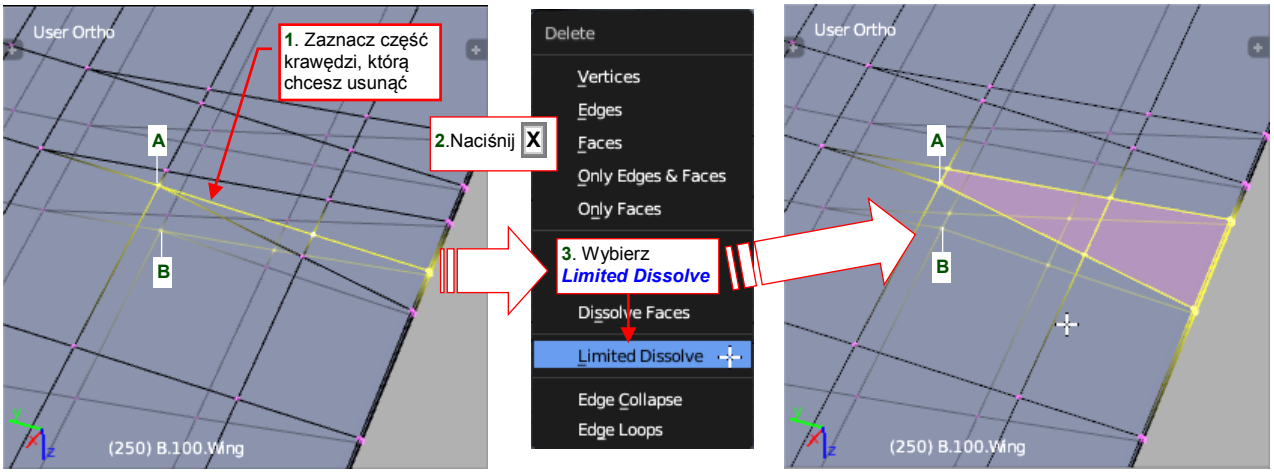
Zaznacz linię wierzchołków, którą zamierzasz usunąć (najlepiej — użyj PPM i klawisza Alt, aby na pewno zaznaczyć całą linię). Następnie naciśnij X (lub *Mesh→Delete...*) i z menu *Delete*, które się pojawi, wybierz opcję ***Edge Loops*** (Rysunek 6.17.1):



Rysunek 6.17.1 Usuwanie linii wierzchołków

W efekcie rząd wierzchołków, który chcieliśmy usunąć, znikł z siatki. Ciągłość powierzchni została jednak zachowana — sąsiadujące wzdłuż usuwanej krawędzi ściany uległy scaleniu.

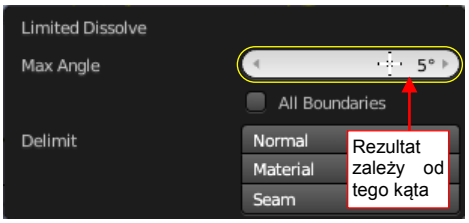
Gdy chcesz usunąć tylko część jakiegoś ciągu krawędzi, możesz także zastosować opcję ***Limited Dissolve*** (Rysunek 6.17.2):



Rysunek 6.17.2 Usuwanie części linii wierzchołków

Zauważ że dwa ostatnie zaznaczone wierzchołki (oznaczone jako **A** i **B** – por. Rysunek 6.17.2) nie zostały usunięte.

Rezultat *Limited Dissolved* zależy od wartości parametru *Max Angle* (dostępnego w oknie otwieranym przez klawisz F6, patrz Rysunek 6.17.3). Kiedy zmniejszysz go do 0º, nic nie zostanie usunięte!

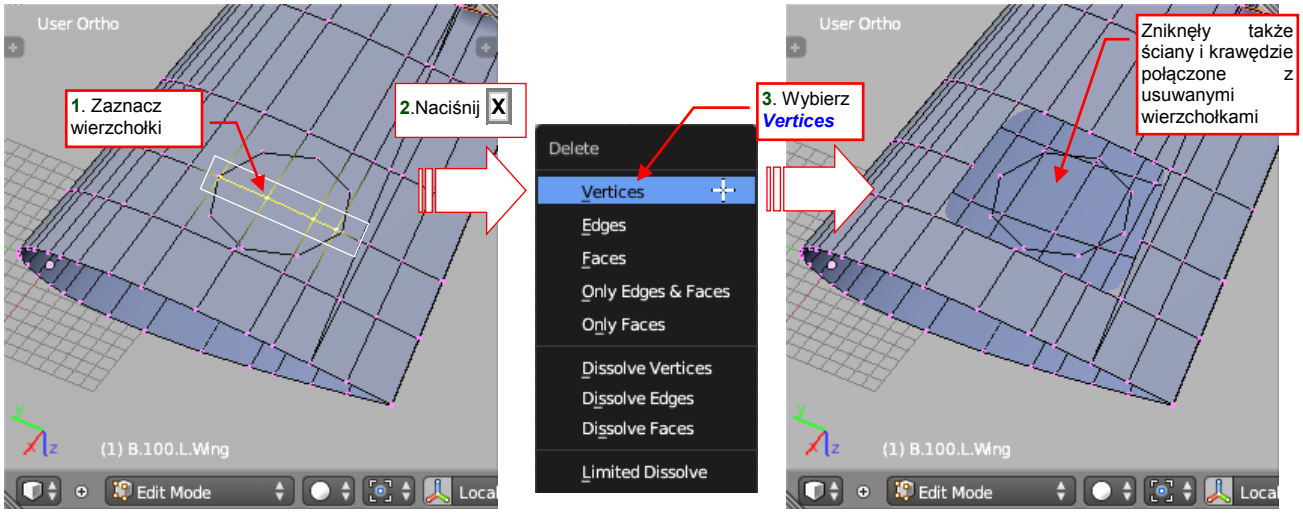


Rysunek 6.17.3 Parametry *Limited Dissolve*

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.18 Usuwanie wierzchołków

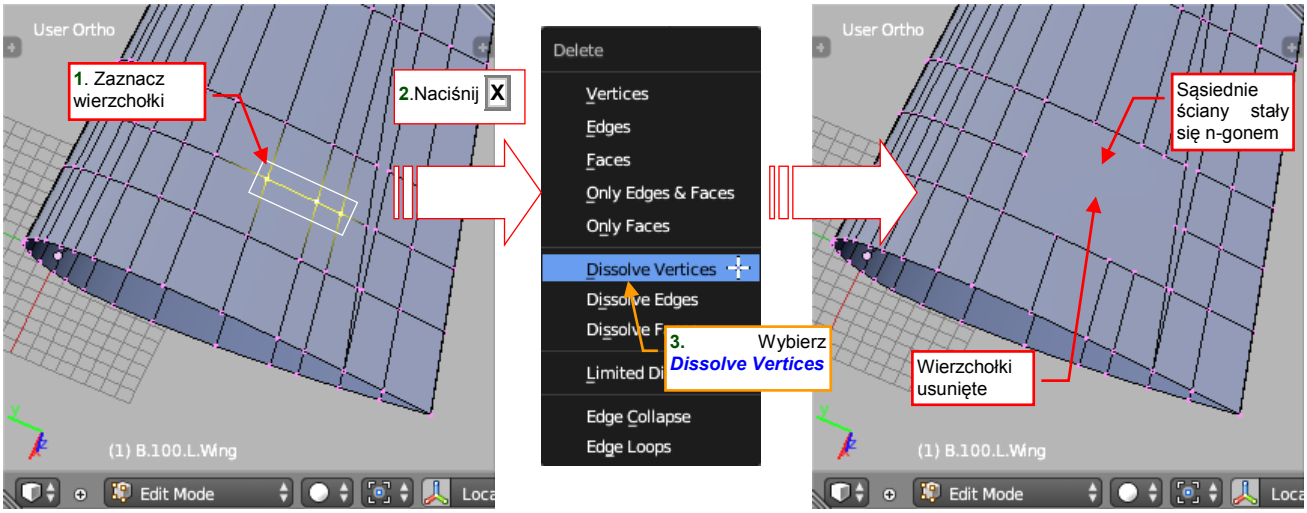
Zaznacz wierzchołki, które chcesz usunąć, a następnie naciśnij Delete (lub X). Z menu *Delete* wybierz ***Vertices*** (Rysunek 6.18.1):



Rysunek 6.18.1 Usuwanie wierzchołków z siatki

W rezultacie usunięcia wierzchołka znikną także wszystkie krawędzie i ściany, do których należał. Stąd zazwyczaj rezultatem takiej operacji jest "dziura" w siatce. (Oczywiście, to "twórcza destrukcja". Zazwyczaj w ten sposób przygotowuje się miejsce na nowe ściany, otaczające np. otwór).

Aby usunąć wierzchołek bez usuwania ścian, użyj polecenia *Dissolve Vertices* (Rysunek 6.18.2):

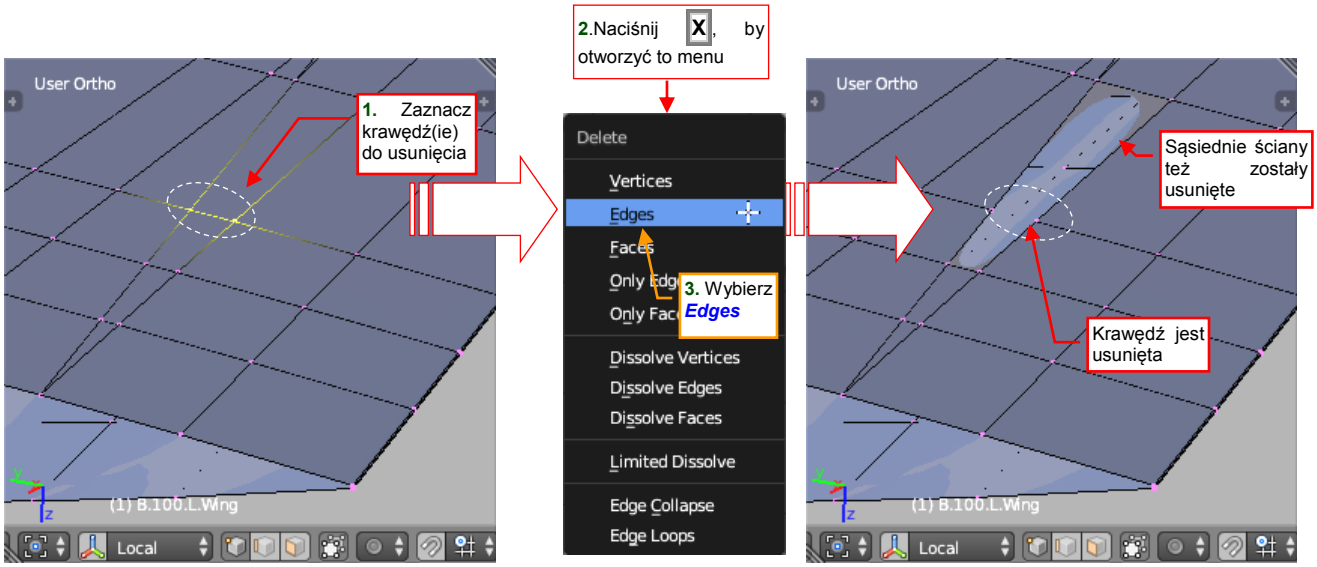


Rysunek 6.18.2 Usuwanie wierzchołków z siatki (bez usuwania ścian)

- Usuwając wierzchołek poleceniem *Dissolve* tworzysz ścianę o liczbie boków większej niż 4. Pamiętaj, aby po zakończeniu modelowania wyeliminować wszystkie takie ściany (więcej na ten temat — patrz str. 371).

6.19 Usuwanie krawędzi

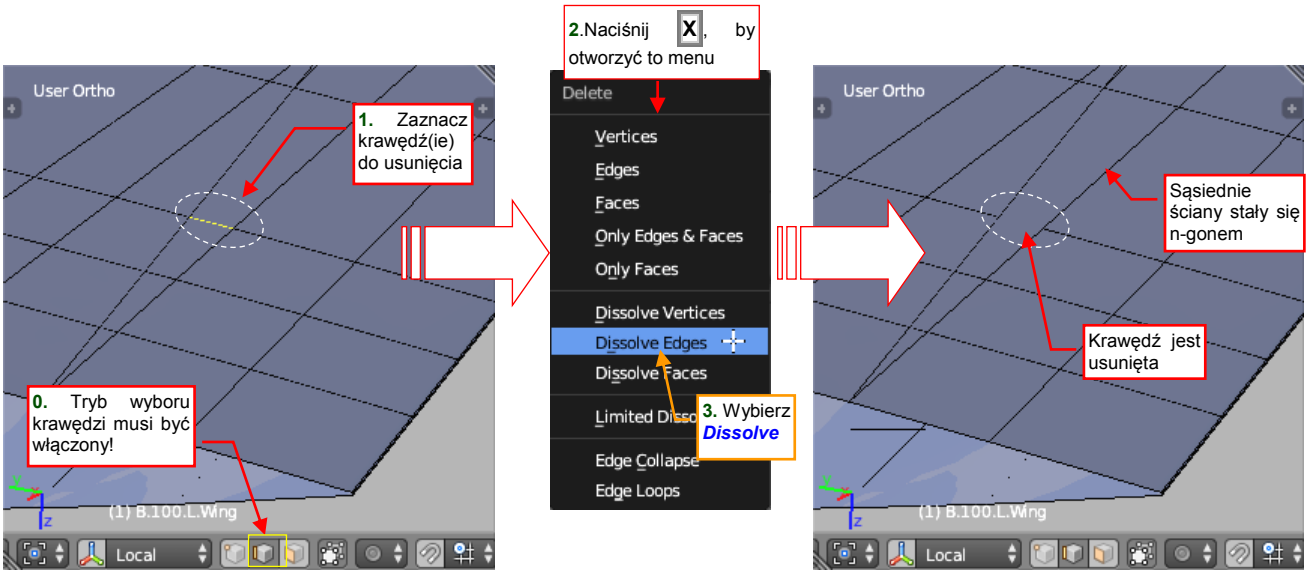
Zaznacz krawędź/krawędzie, które chcesz usunąć (wygodniej to zrobić w trybie wyboru krawędzi, a nie wierzchołków — p. str. 331). Następnie naciśnij Delete (lub X). Z menu *Delete* wybierz opcję ***Edges*** (Rysunek 6.19.1):



Rysunek 6.19.1 Usuwanie wierzchołków z siatki (wraz ze ścianami)

W rezultacie usunięcia krawędzi znikną także wszystkie ściany, które dzieliła.

Aby usunąć krawędź bez usuwania ścian, użyj polecenia *Dissolve Edges* (Rysunek 6.19.2):



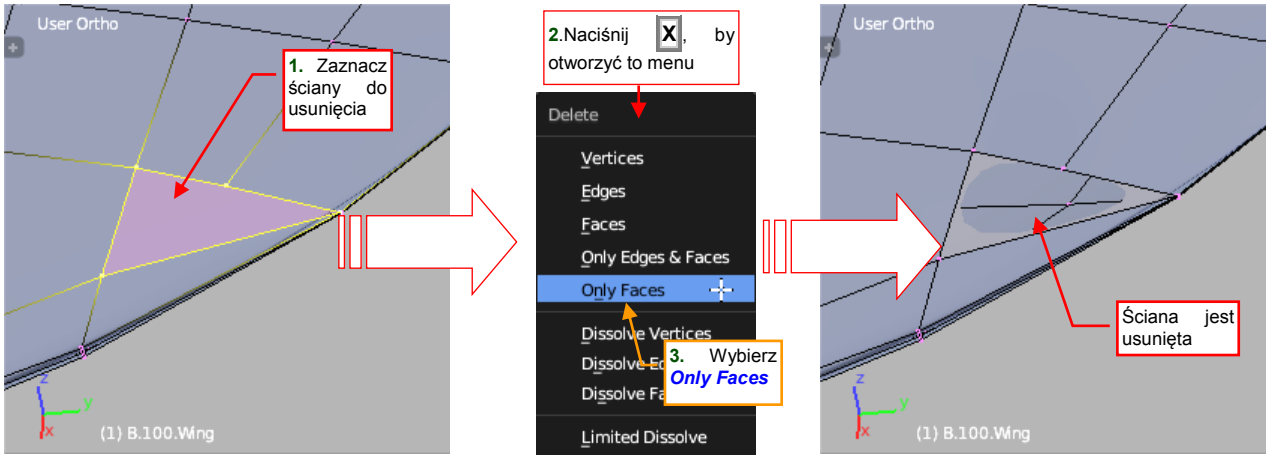
Rysunek 6.19.2 Usuwanie krawędzi z siatki (bez usuwania ścian)

- Usuwając krawędź poleceniem *Dissolve* często możesz stworzyć ścianę o liczbie boków większej niż 4. Pamiętaj, aby po zakończeniu modelowania wyeliminować wszystkie takie ściany (więcej na ten temat — patrz str. 371).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.20 Usuwanie ścian

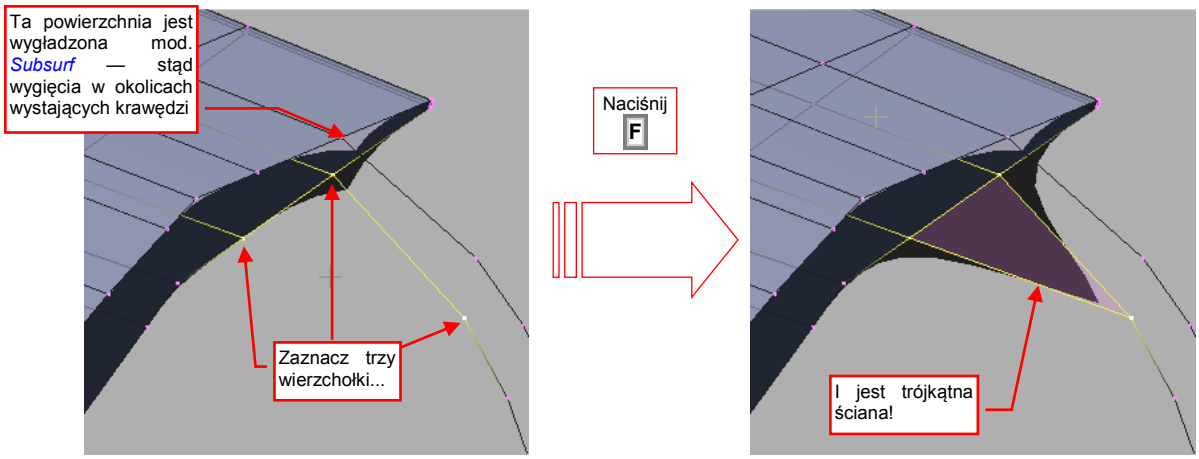
Zaznacz ścianę/ściany, które chcesz usunąć (wygodniej to zrobić w trybie wyboru ścian, a nie wierzchołków — p. str. 331). Następnie naciśnij Delete (lub X). Z menu *Delete* wybierz ***Only Faces*** (Rysunek 6.20.1):



Rysunek 6.20.1 Usuwanie ścian z siatki

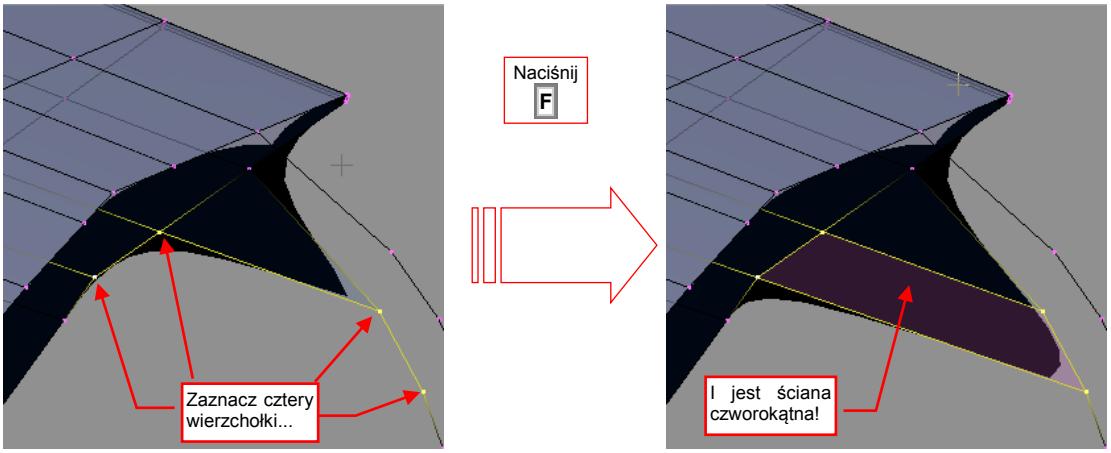
6.21 Tworzenie nowej ściany

Zaznacz wierzchołki (lub krawędzie), na których chcesz "rozpiąć" nową ścianę. Następnie naciśnij F — ***Mesh→Make Edge/Face*** (Rysunek 6.21.1):



Rysunek 6.21.1 Dodanie trójkątnej ściany do siatki

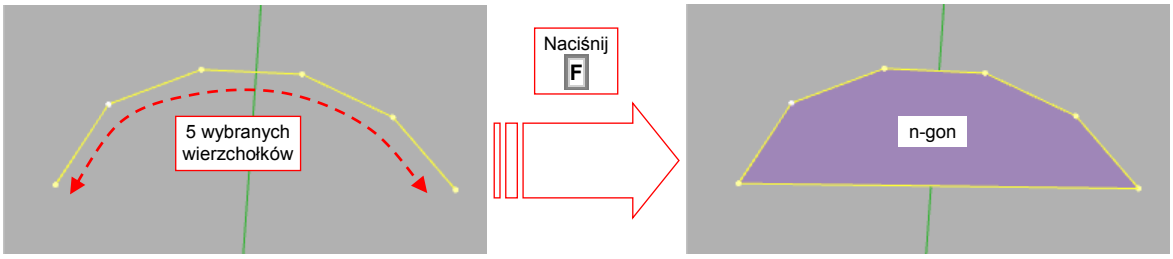
Gdy zaznaczysz trzy wierzchołki i naciśniesz F, powstanie ściana trójkątna. Gdy zaznaczysz cztery wierzchołki i naciśniesz F — powstanie ściana czworokątna (Rysunek 6.21.2):



Rysunek 6.21.2 Dodanie czworokątnej ściany do siatki

Wraz z nową ścianą utworzone są nowe krawędzie (tam, gdzie ich brakowało).

Gdy użyjesz więcej niż 4 wierzchołków, Blender także stworzy z nich pojedynczą ścianę (tzw. *n-gon*) — tak jak to pokazuje Rysunek 6.21.3:

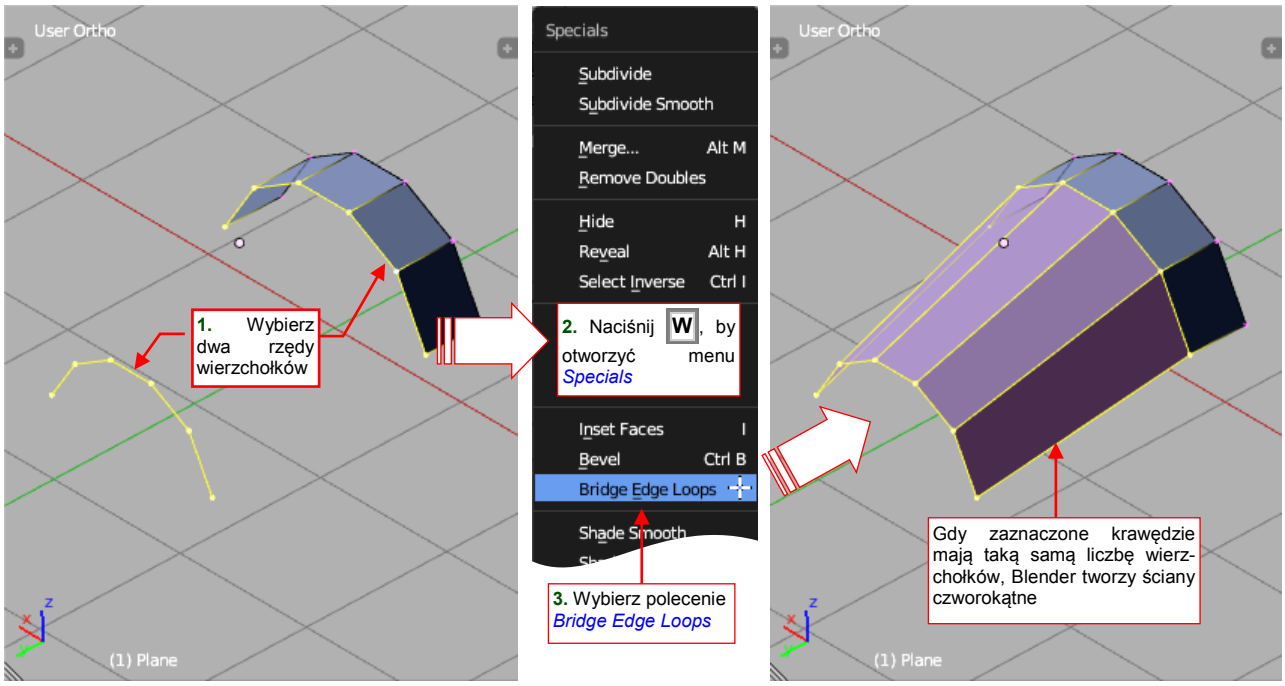


Rysunek 6.21.3 Stworzenie ściany liczącej więcej niż 4 boki

- Ściany liczące więcej niż 4 boki mogą być bardzo przydatne podczas formowania siatki. Jeżeli jednak istnieje szansa, że Twój model będzie wykorzystywany np. w jakiejś grze — lepiej na koniec pracy pozamieniaj takie ściany w czworokąty lub trójkąty (por. str. 371).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

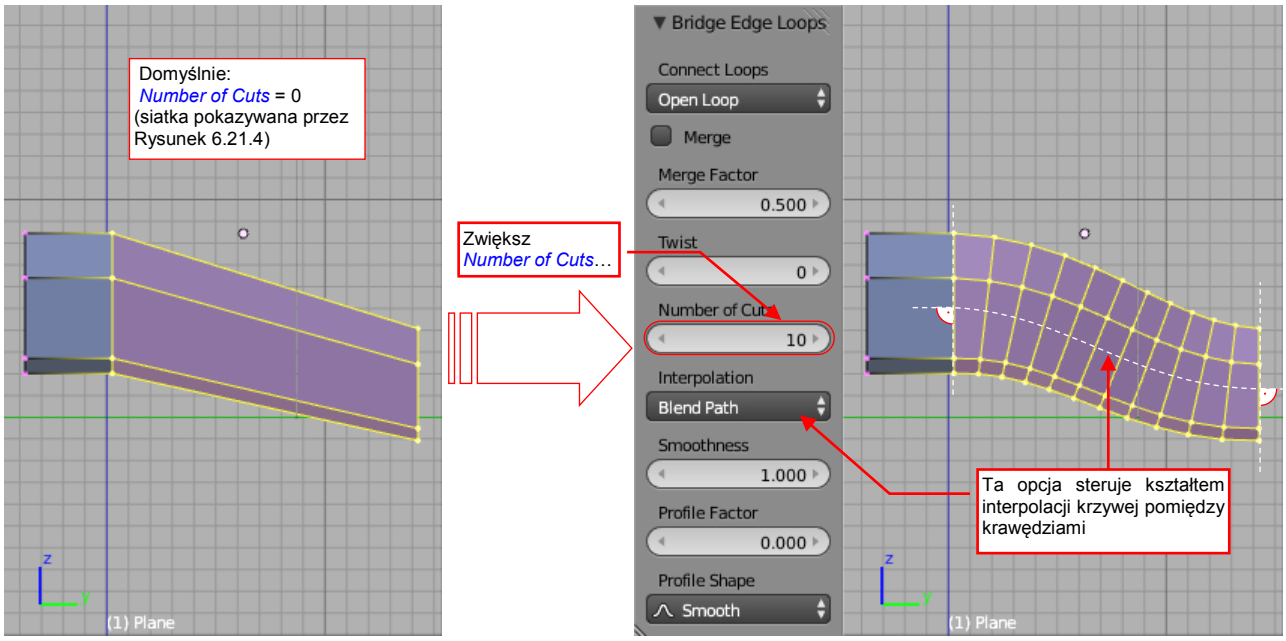
By stworzyć cały ciąg ścian pomiędzy dwoma zaznaczonymi rzedami wierzchołków, użyj polecenia ***Mesh→Edges→Bridge Edge Loops***. Znajdziesz je także w menu *Specials* (W) (Rysunek 6.21.4):



Rysunek 6.21.4 Łączenie dwóch krawędzi poleceniem *Bridge Edge Loops*

Można także wskazać więcej rzędów wierzchołkow — polecenie połączy je wszystkie. Jeżeli będą miały taką samą liczbę elementarnych krawędzi, Blender stworzy pomiędzy nimi regularne, czworoboczne ściany (Rysunek 6.21.4). W przeciwnym razie ściany będą trójkątne.

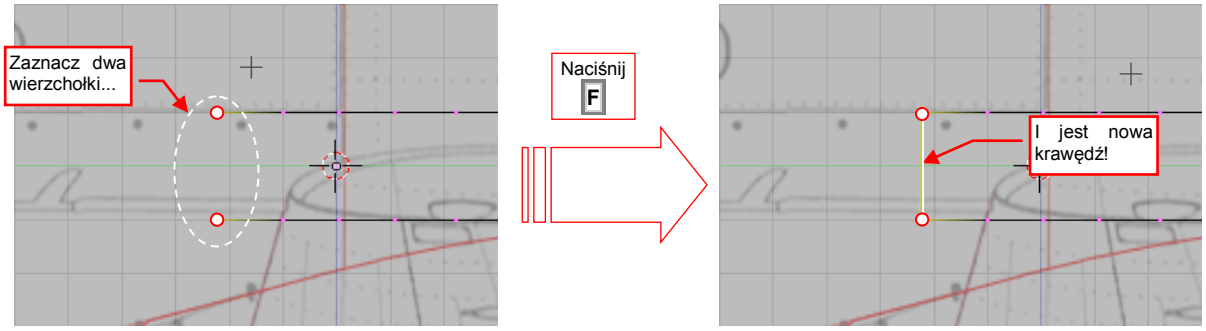
Bridge Edge Loops ma wiele dodatkowych opcji. Znajdziesz je po wywołaniu tego polecenia w jego panelu *Option Tools* (lub naciskając F6). Nie używałem ich podczas budowy tego modelu, bo w tym czasie jeszcze nie istniały. Myślę, że czasami mogą być przydatne. Na przykład: gdy zwiększysz wartość parametru *Number of Cuts*, Blender stworzy wygładzone przejście pomiędzy łączonymi sekcjami siatki (Rysunek 6.21.5):



Rysunek 6.21.5 Przykład dodatkowych opcji polecenia *Bridge Edge Loops*: efekt zwiększenia wartości *Number of Cuts*

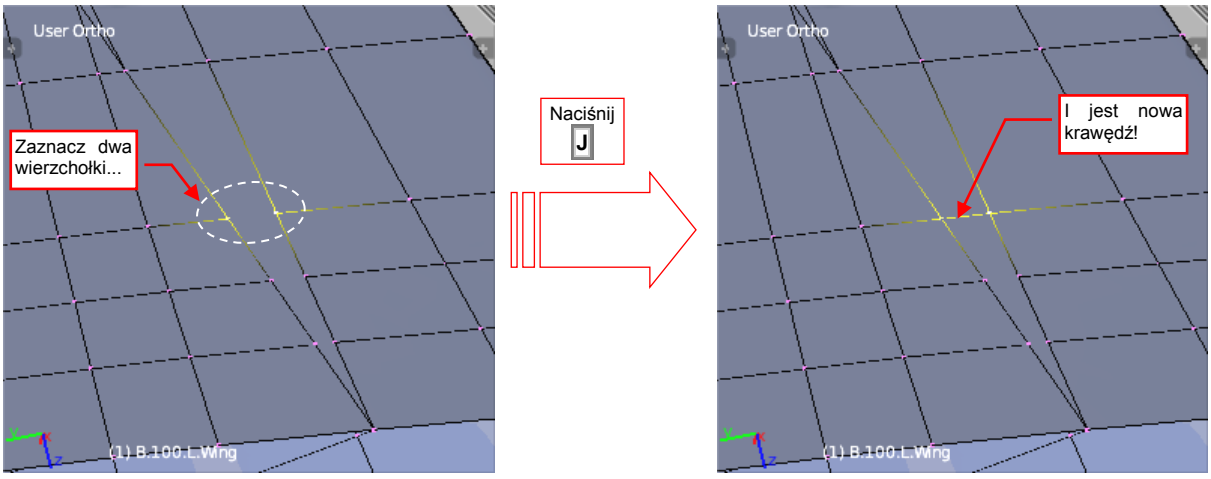
6.22 Tworzenie nowej krawędzi

Aby stworzyć nową krawędź na pomiędzy wierzchołkami nie należącymi do tej samej ściany: zaznacz dwa wierzchołki, a następnie naciśnij F (***Mesh→Make Edge/Face*** — Rysunek 6.22.1):



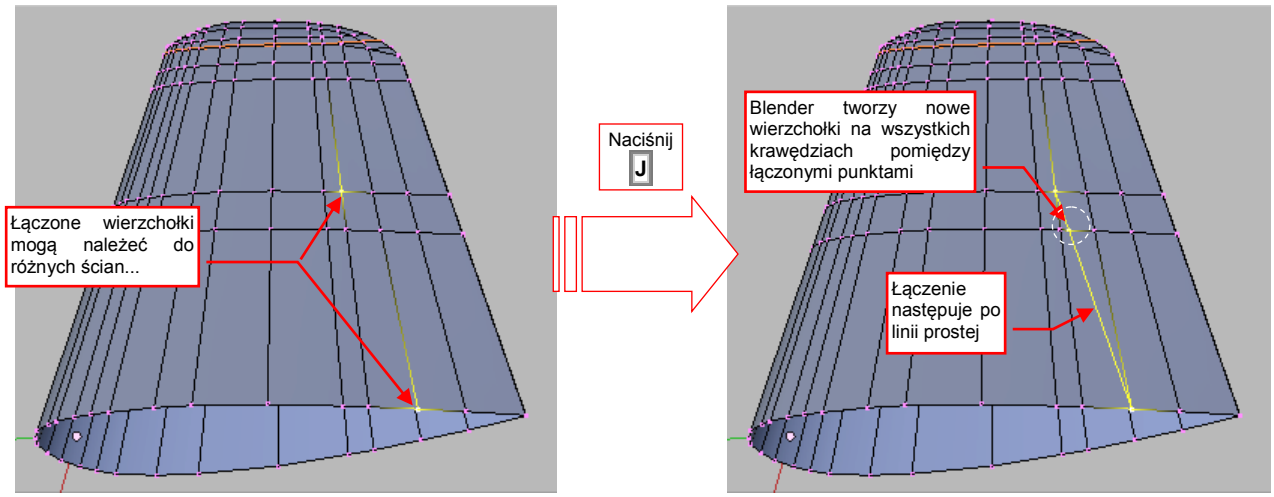
Rysunek 6.22.1 Dodanie do siatki nowej krawędzi (bez ściany)

Aby stworzyć nową krawędź na pomiędzy wierzchołkami ścian: zaznacz dwa wierzchołki, a następnie naciśnij J (***Mesh→Vertices→Vertex Connect*** — Rysunek 6.22.2):



Rysunek 6.22.2 Dodanie do siatki nowej krawędzi poprzez podział istniejącej ściany

To samo polecenie może być użyte do stworzenia krawędzi łączącej dwa wierzchołki należące do różnych ścian (Rysunek 6.22.3):

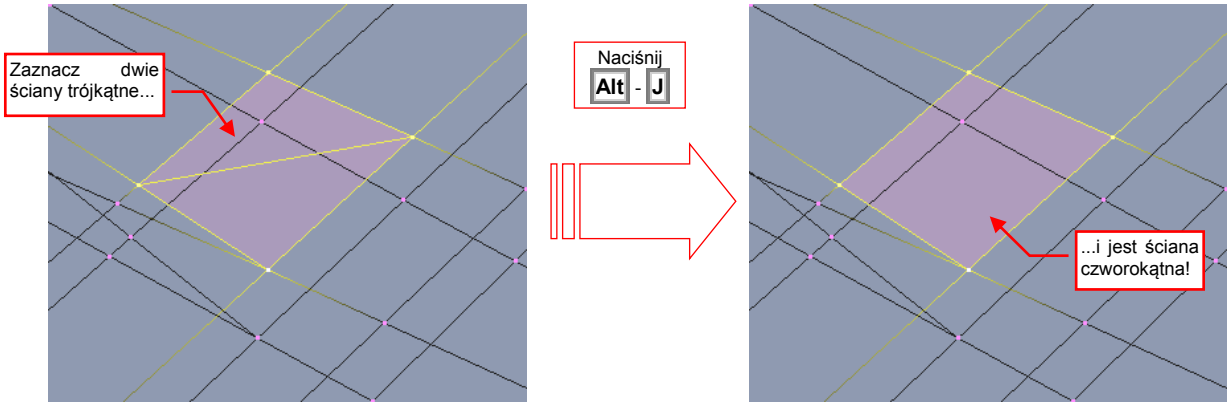


Rysunek 6.22.3 Dodanie do siatki nowej krawędzi łączącej dwa odległe wierzchołki

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.23 Scalanie ścian siatki

Zaznacz dwie trójkątne ściany, które chcesz złączyć ze sobą (muszą mieć wspólną krawędź). Następnie naciśnij Alt-J — ***Mesh→Faces→Tris to Quads*** (Rysunek 6.23.1):



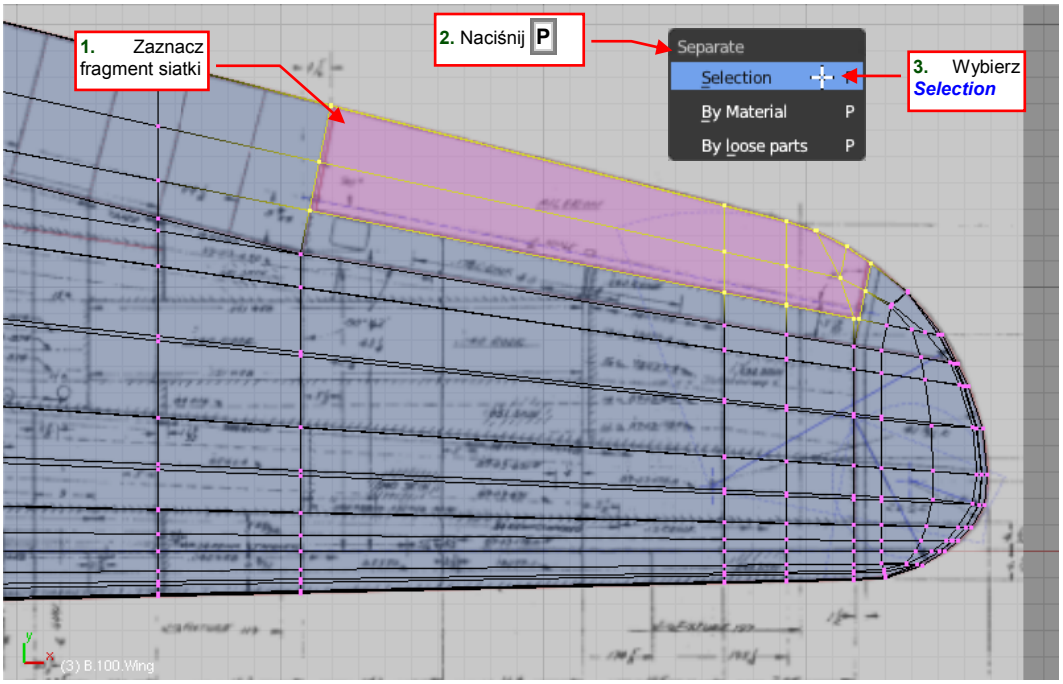
Rysunek 6.23.1 Scalenie dwóch ścian trójkątnych w jedną ścianę czworokątną

- Polecenie ***Tris to Quads*** nie działa, gdy trójkąty nie tworzą wypukłego czworokąta (Gdy kąt rozwarcia krawędzi w jakimkolwiek z wierzchołków byłby > 180º). To może się również zdarzyć gdy scalane ściany zawierają powielone wierzchołki (częsty przypadek w modelach importowanych z innych systemów).

Aby scalić dwie ściany o dowolnym kształcie, usuń ich wspólną krawędź poleceniem ***Delete→Dissolve*** (por. str. 357).

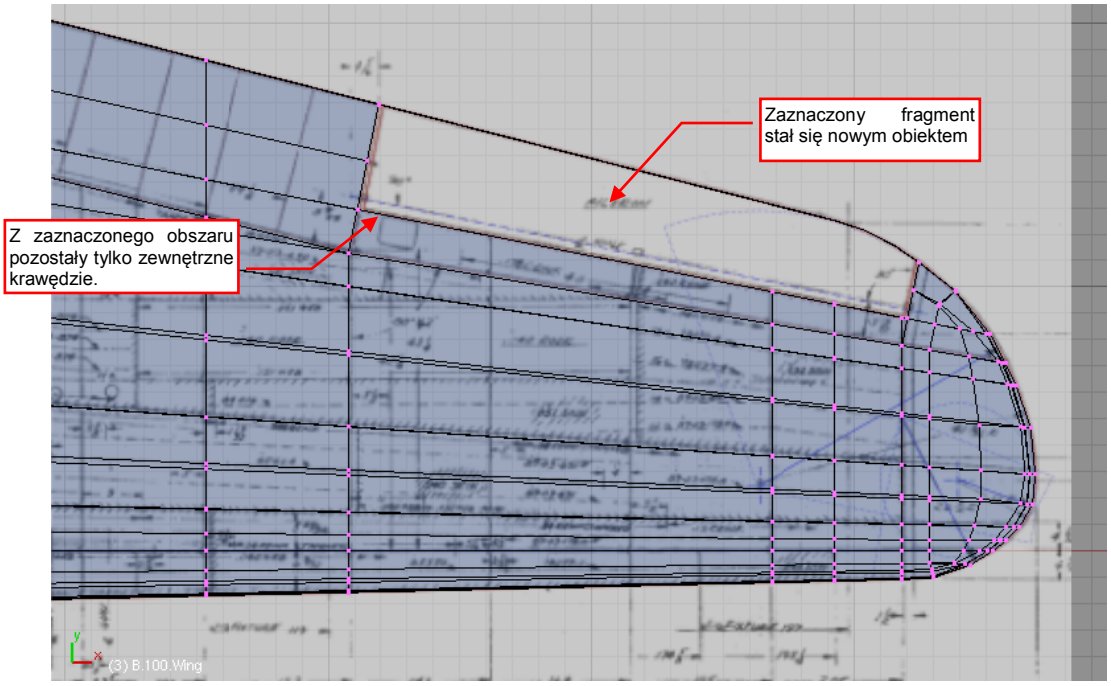
6.24 Wydzielenie fragmentu siatki w nowy obiekt (*Separate*)

Zaznacz fragment siatki, który chcesz przekształcić w nowy obiekt. Następnie naciśnij P — ***Mesh→Vertices→Separate***. Z menu opcji, które się pojawiło, wybierz ***Selection*** (Rysunek 6.24.1):



Rysunek 6.24.1 Wydzielenie zaznaczenia (lotki) w nową siatkę

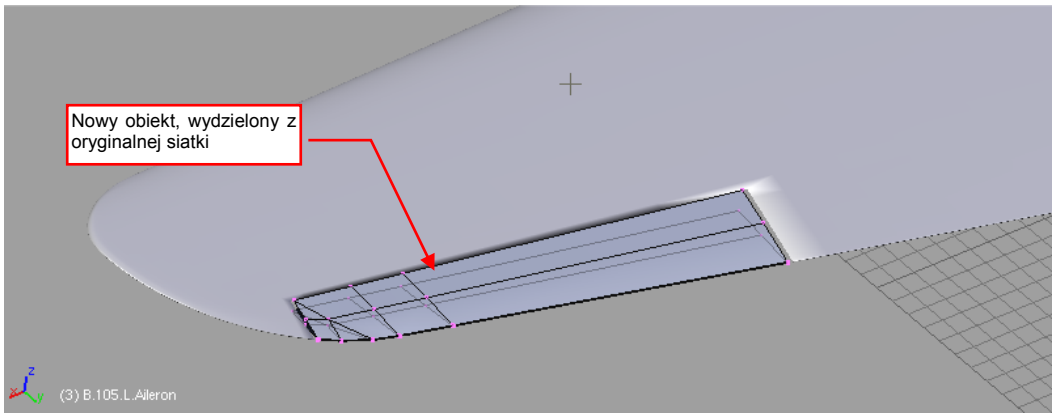
W rezultacie zaznaczone ściany znikają z oryginalnej siatki. Nie są usuwane jednak tak samo, jak gdybyśmy wybrali polecenie *Delete* (str. 356). W tym przypadku krawędzie zaznaczonego obszaru pozostaną na swoim miejscu (Rysunek 6.24.2):



Rysunek 6.24.2 Siatka po wydzieleniu lotki

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Gdzie się podział zaznaczony fragment siatki? Stał się siatką nowego obiektu (Rysunek 6.24.3):



Rysunek 6.24.3 Lotka, wydzielona z siatki

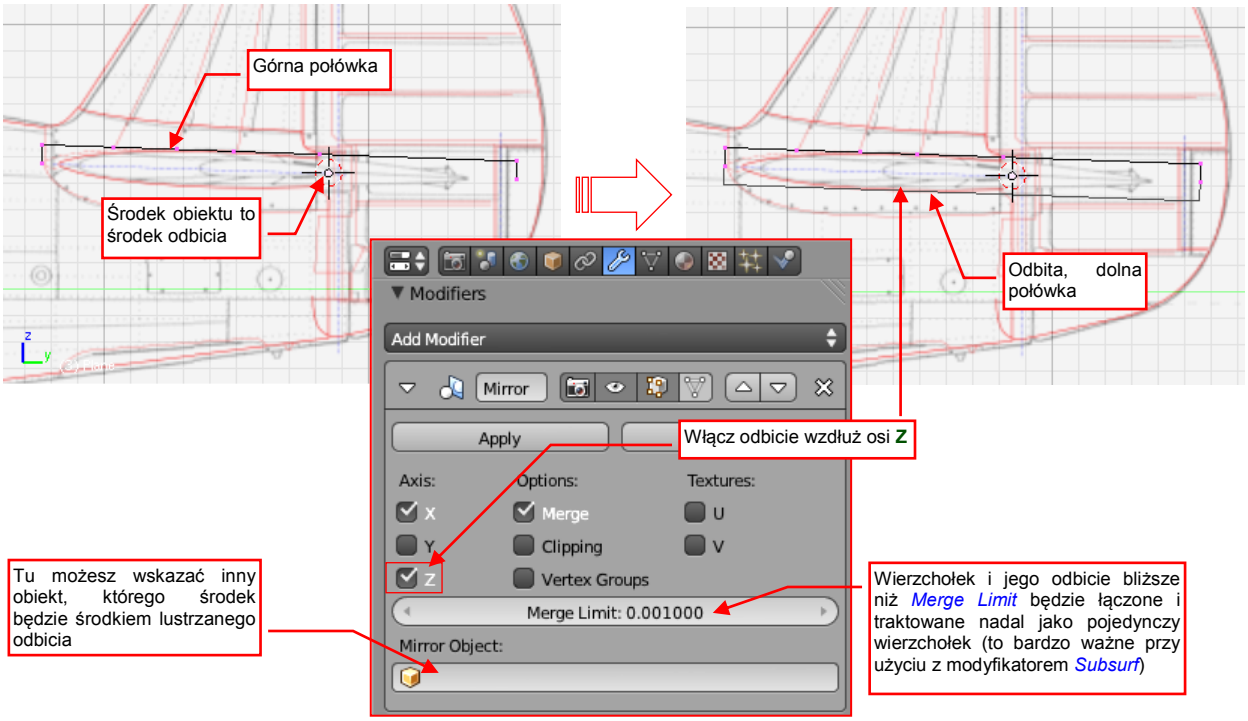
Nowy obiekt otrzymał taką samą nazwę jak ten, z którego powstał, zakończoną jednak dodatkową końcówką typu ".001". Na przykład lotka, wydzielona w ten sposób z płata **B.100.Wing**, otrzymuje początkową nazwę **B.100.Wing.001**. Oczywiście, zmień ją zaraz na prawidłową (str. 304).

- Operacją odwrotną do wydzielenia siatki jest scalenie siatek obiektów (*Join Objects*, str. 312).

6.25 Lustrzane odbicie siatki (*Mirror*)

Siatki obiektów symetrycznych można tworzyć w uproszczony sposób — modelując tylko jedną połowę. Kształt drugiej strony można uzyskać, stosując modyfikator ***Mirror***.

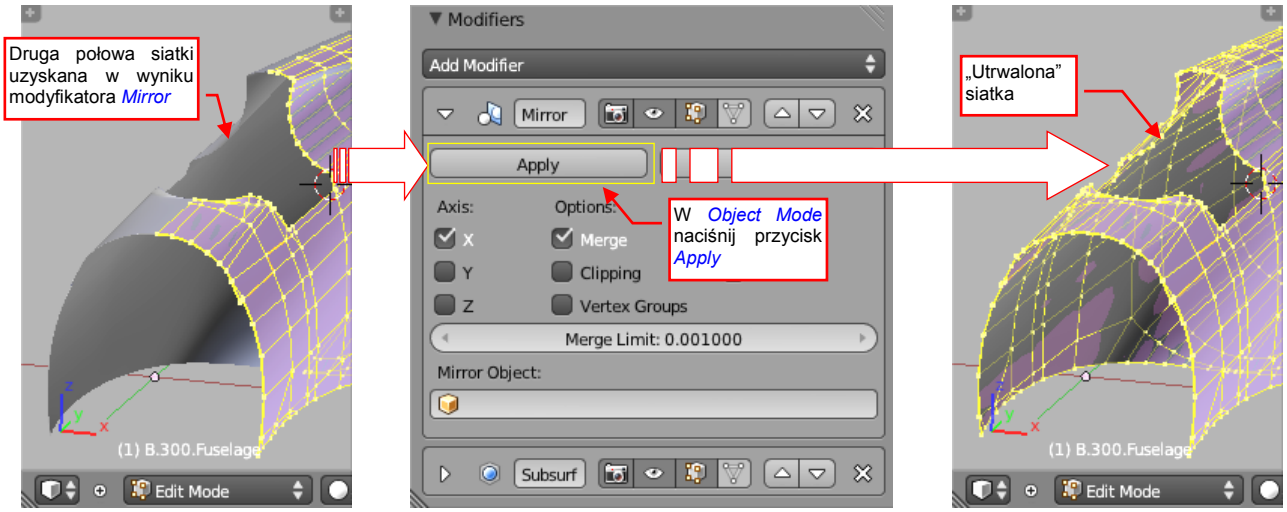
Aby stworzyć lustrzane odbicie siatki, w zestawie *Modifiers* naciśnij przycisk ***Add Modifier***. Spowoduje to rozwinięcie listy dostępnych "modyfikatorów" siatki. Wybierz spośród nich ***Mirror***.



Rysunek 6.25.1 Zastosowanie modyfikatora *Mirror*

Środkiem lustrzanego odbicia, wykonywanego przez modyfikator *Mirror*, jest domyślnie środek obiektu (tzn. jego punkt odniesienia — nie mylić ze środkiem geometrycznym). Stąd też zawczasu należy zadbać, aby znajdował się we właściwym miejscu (por. str. 314). Odbicie dokonuje się wzdłuż lokalnych osi **X**, **Y**, **Z** obiektu. Oś odbicia ustalasz przełącznikami w panelu modyfikatora (***X***, ***Y***, ***Z*** — Rysunek 6.25.1). Możliwe jest jednoczesne włączenie odbicia wzdłuż dwóch, a nawet wszystkich trzech osi.

Naciśnięcie przycisku ***Apply*** spowoduje "utrwalenie" siatki tworzonej przez modyfikator, tzn. stworzenie nowych wierzchołków i usunięcie modyfikatora *Mirror* (Rysunek 6.25.2):



Rysunek 6.25.2 „Utrwalenie" modyfikatora *Mirror*

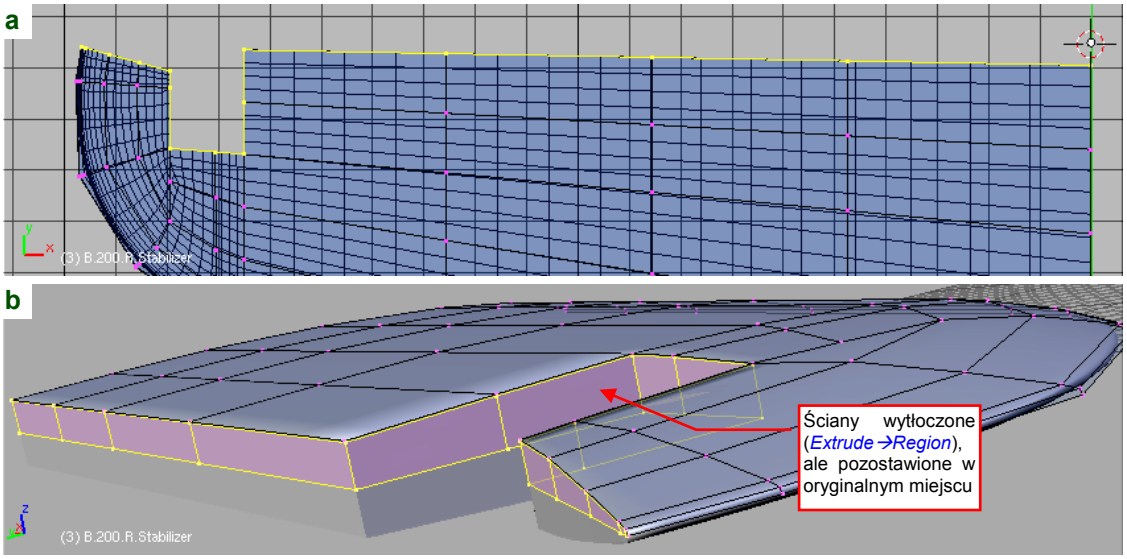
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Gdy stosujesz ten modyfikator dla powierzchni podziałowych — razem z modyfikatorem *Subsurf* — pamiętaj, aby *Mirror* był zawsze powyżej *Subsurf*. Szczególnie ważne w przypadku powierzchni podziałowych jest także ustawienie wartości ***Merge Limit*** (Rysunek 6.25.1). Dwa wierzchołki — oryginał i jego odbity obraz — leżące w odległości mniejszej niż *Merge Limit*, są traktowane jakby były jednym wierzchołkiem. Dzięki tej właściwości wygładzone modyfikatorem *Subsurf* powierzchnie nie mają w płaszczyźnie symetrii ostrej krawędzi, ani przerwy. Zazwyczaj nie musisz zmieniać wartości *Mege Limit*.

6.26 Odsunięcie (*Shrink/Fatten*)

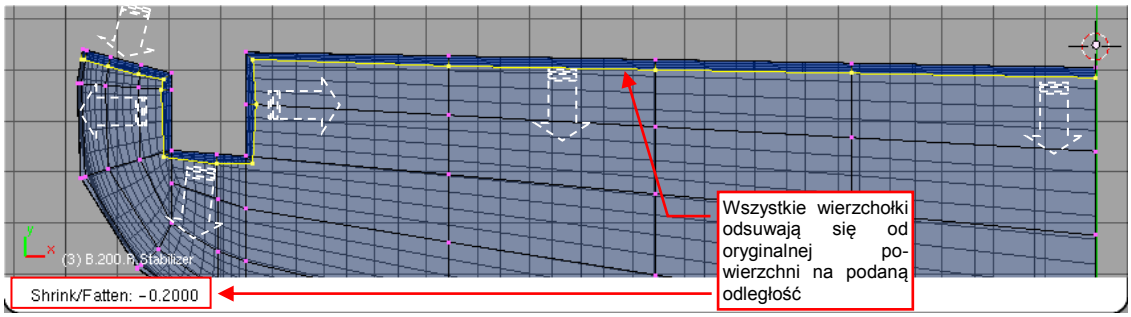
Transformacja polega na odsunięciu[1] wybranych wierzchołków od aktualnej powierzchni. Każdy wierzchołek jest przemieszczony w kierunku prostopadłym (normalnym) do powierzchni, na odległość określoną przez użytkownika. Za pomocą odsunięcia można łatwo uzyskać takie efekty, jak nadanie powłoce grubości, czy wytłoczenie regularnych wgłębień (np. żeber lub podłużnic).

Operację zaczynamy od zaznaczenia wierzchołków, które mają być odsunięte. Często zaznaczone wierzchołki tworzę za pomocą wcześniejszego wytłoczenia (E — *Extrude*), podczas którego rezygnuję z proponowanego domyślnie przesunięcia (naciskając Esc). Rysunek 6.26.1a), b) pokazuje przykład zaznaczonych ścian po takiej właśnie operacji wytłoczenia "bez przesunięcia":



Rysunek 6.26.1 Przygotowanie do operacji — zaznaczenie ścian, które mają być odsunięte

Następnie naciskamy Alt-S (***Mesh→Transform→Shrink/Fatten***) (Rysunek 6.26.3):



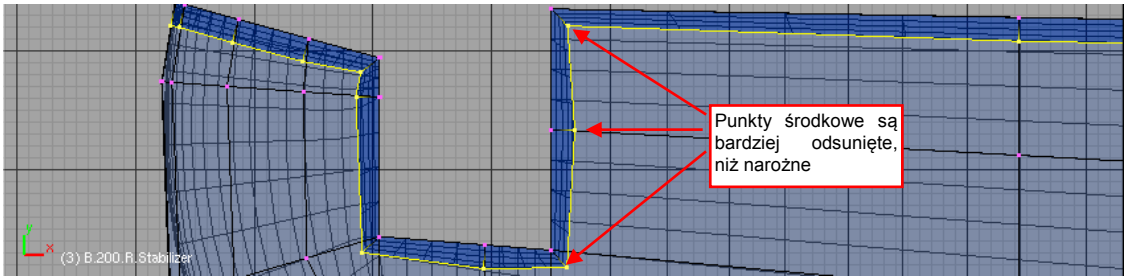
Rysunek 6.26.2 Przebieg operacji — wierzchołki przesuwają się wzdłuż normalnych do oryginalnej powłoki

Sterujesz dystansem odsunięcia przesuwając myszkę w górę i w dół. W trakcie ustalania tej odległości możesz się także posłużyć standardowymi klawiszami "modyfikującymi" Blendera. Trzymanie wciśniętego Ctrl powoduje, że dystans zmienia się skokowo, a Shift — zwiększa dokładność ruchu.

[1] Kalką językowa z angielskiej nazwy — *Shrink/Fatten* — byłoby "skurczenie/pogrubienie", ale taką nazwą po polsku jest jakoś nieporęcznie operować. Przeszukałem dotychczasowe publikacje na temat Blendera, i znalazłem tylko w jednym miejscu ("*Blender-Kompedium*" — [2]) inne określenie: "ekspansja". Wydało mi się jednak zbyt jednostronne.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

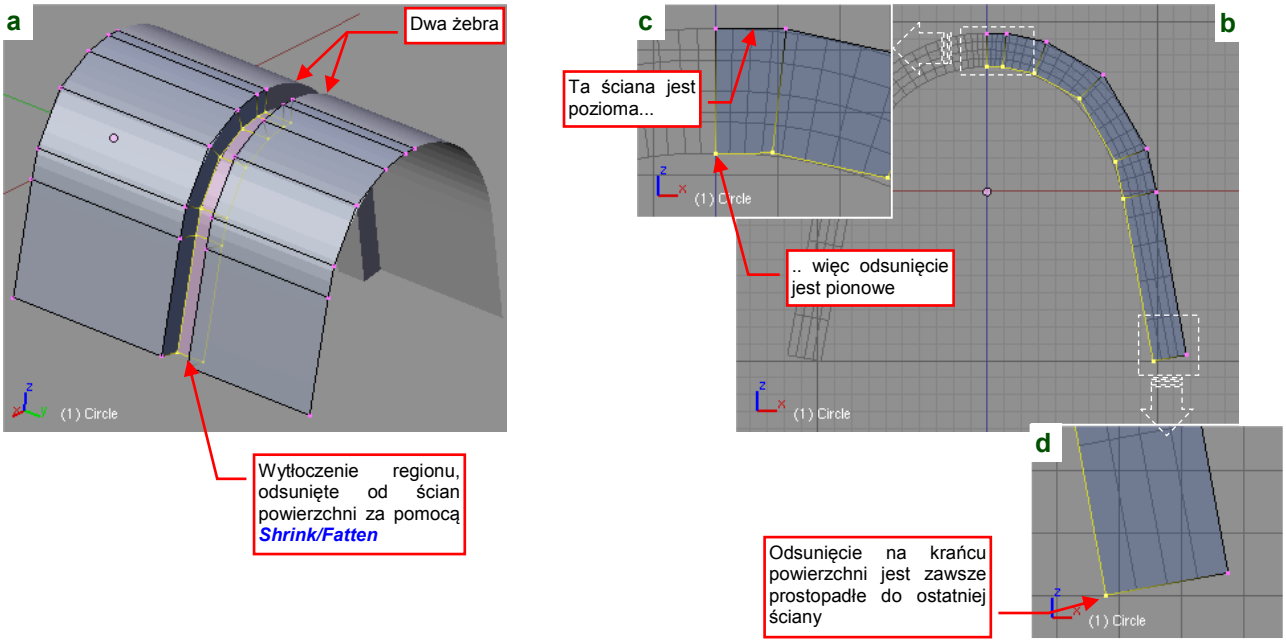
Rysunek 6.26.3 pokazuje efekt, który może wystąpić w przypadku odsuwania wierzchołków od płaskich ścian z ostrymi narożnikami:



Rysunek 6.26.3 Deformacja płaskich ścian w wyniku odsunięcia

Wierzchołki, które leżały w środku płaskich ścian, zostały odsunięte "głębiej" od oryginalnej powierzchni niż wierzchołki narożne. Mimo pozorów, wszystkie wierzchołki zostały przemieszczone na tę samą odległość (0.2 jedn. Blendera). Dysproporcja wynika wyłącznie z różnych kierunków normalnych. Wektory normalne w narożnikach są pochylone pod katem 45º, więc wierzchołki narożne przesunęły się o 0.2 jedn. pod kątem 45º. Punkty środkowe miały normalne skierowane prostopadle do przesuwanych ścian, więc odsunęły się na pełen dystans. W efekcie powstała deformacja, którą trzeba skorygować, "spłaszczając" z powrotem ściany. (Poprzez zmianę skali wzdłuż jednej z osi: **X** lub **Y**).

Transformacja *Shrink/Fatten* o wiele lepiej sprawdza się na mniej kanciastych kształtach. Rysunek 6.26.4a) przedstawia typowy przypadek takiej powierzchni — symetryczną połowę jakiejś powłoki:



Rysunek 6.26.4 Odsunięcie ścian na typowej, obłej powierzchni

W środku powłoki znajdują się dwa żebra. Zaznaczyłem ściany pomiędzy nimi i wytłoczyłem je (poleceniem *Extrude*). Zrezygnowałem z przesuwania (Esc) i wywołałem odsunięcie (Alt-S).

Rysunek 6.26.4b) pokazuje, jak należy przygotować krawędzie siatki, by odsunięcie przebiegło zgodnie z naszymi intencjami. Wykorzystałem tu fakt, że na krańcach powierzchni kierunek odsunięcia jest zawsze prostopadły do ostatniej ściany. Aby przebiegał wzdłuż płaszczyzny lustrzanego odbicia siatki, umieściłem na tym krańcu powierzchni niewielką, poziomą ściankę (Rysunek 6.26.4c). Jej istnienie wymusza odsunięcie krańcowego wierzchołka pionowo do dołu. Dla porównania przyjrzyj się drugiemu, "wolnemu" końcowi powierzchni (Rysunek 6.26.4d). Tu niczego specjalnego nie przygotowywałem, więc zaznaczony wierzchołek jest odsunięty pod pewnym katem.

- Aby zobaczyć, jak skierowane są wektory normalne wierzchołków, przełącz w przyborniku *Properties* (N), w panelu ***Mesh Display***, przełącznik ***Normals*** ze „ścian” na „wierzchołki”.

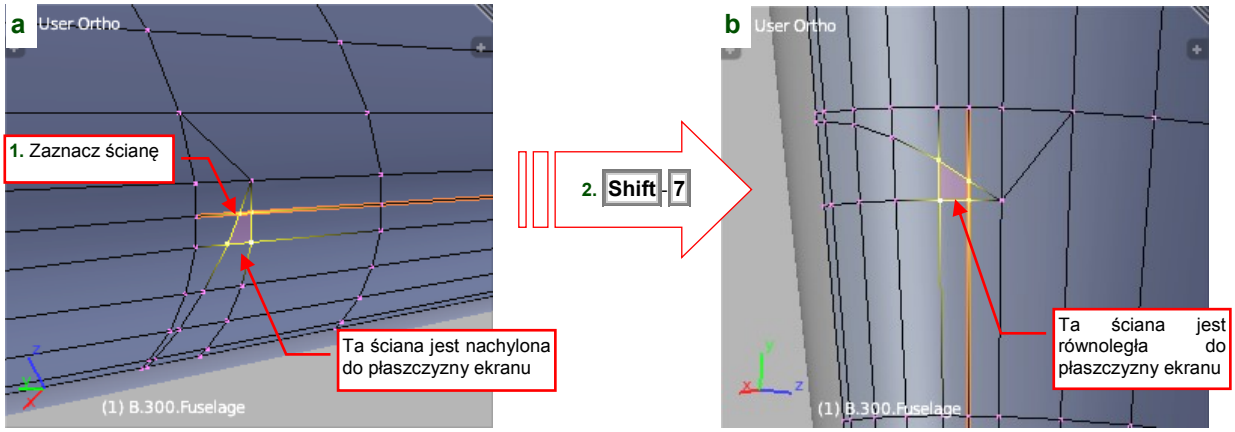
- Operacja odsunięcia jest jednorazową. Po odsunięciu fragmentu powłoki zmienia się układ normalnych. Jeżeli chcesz wrócić do poprzedniego stanu — użyj polecenia ***Undo*** (Ctrl-Z).

- Alternatywną metodą odsunięcia powierzchni jest użycie polecenia ***Solidify*** — p. str. 377.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.27 Dopasowanie widoku do zaznaczonych elementów siatki (*Align View to Selected*)

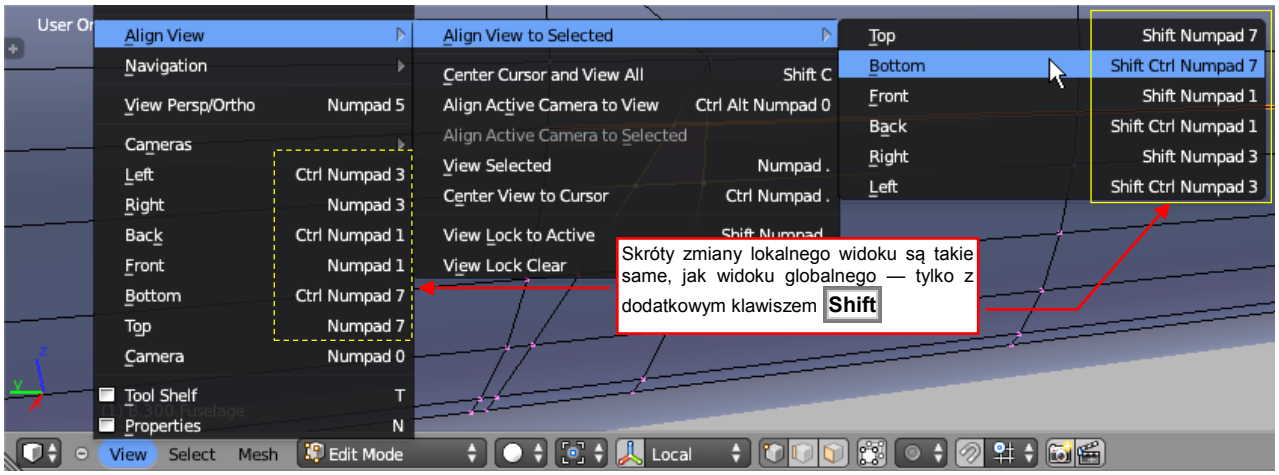
Zaznacz ścianę, do której chcesz dopasować bieżący widok okna *3D View* (Rysunek 6.27.1a). Potem naciśnij Shift-7 (*View→Align View→Align View to Selected→Top*):



Rysunek 6.27.1 Ustawienie widoku na wprost zaznaczonej ściany

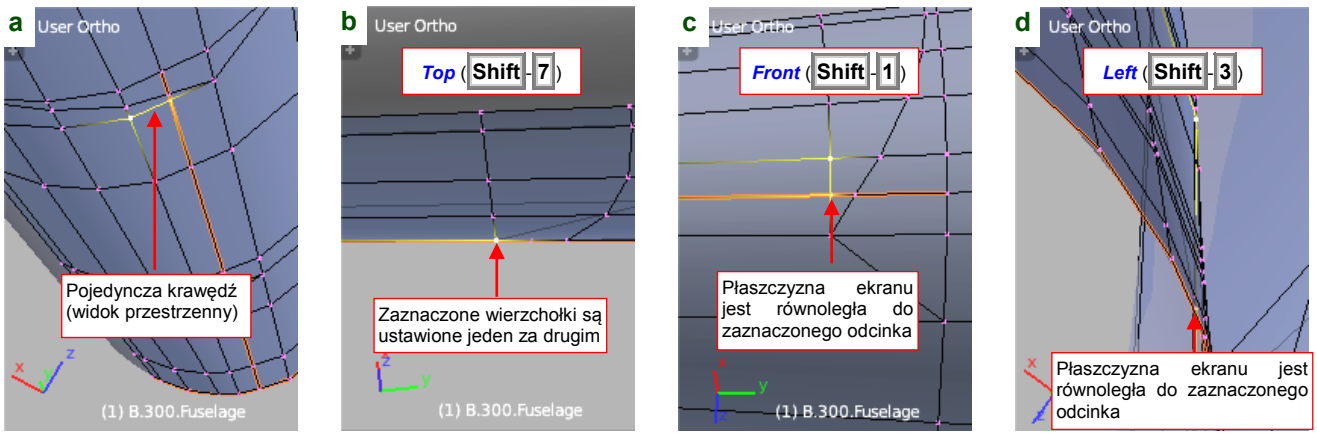
W rezultacie Blender ustawi płaszczyznę ekranu równolegle do zaznaczonej ściany (Rysunek 6.27.1b).

Warto pamiętać skróty, wywołujące te polecenia. Znajdziesz je w menu *Align View to Selected*. Są takie same jak skróty zmiany widoku globalnego, tyle że z dodatkowym klawiszem Shift (Rysunek 6.27.2):



Rysunek 6.27.2 Dostępne polecenia z submenu *Align View to Selected*

Widok można dopasowywać także do pojedynczej krawędzi siatki (Rysunek 6.27.3):

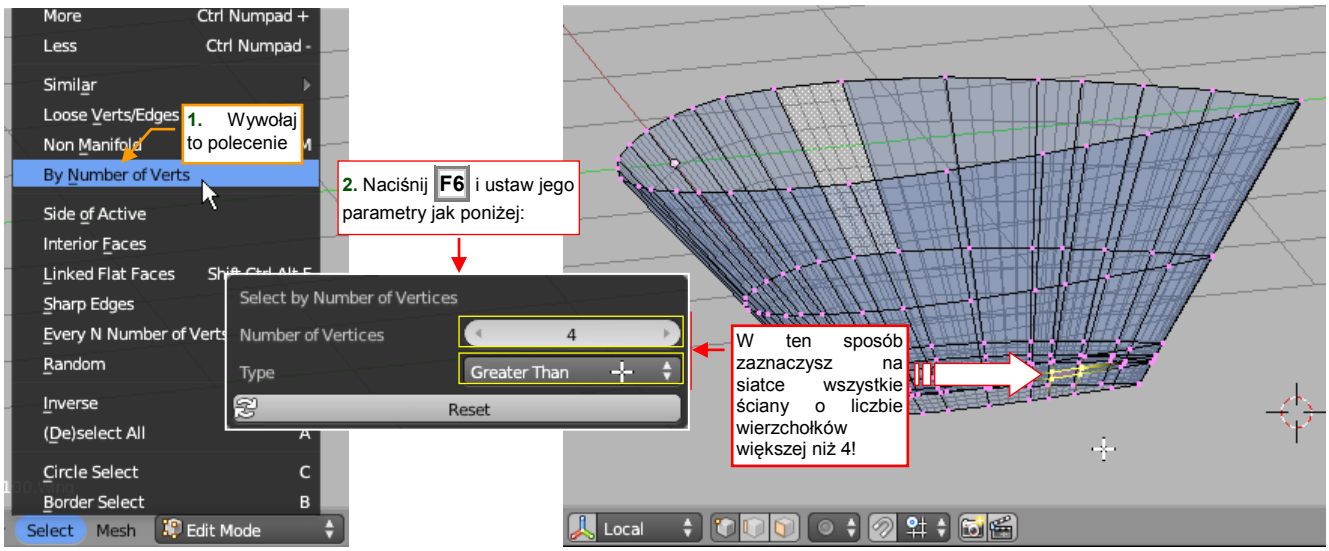


Rysunek 6.27.3 Rezultaty poleceń *Align View* dla pojedynczej krawędzi

6.28 Eliminowanie z siatki n-gonów

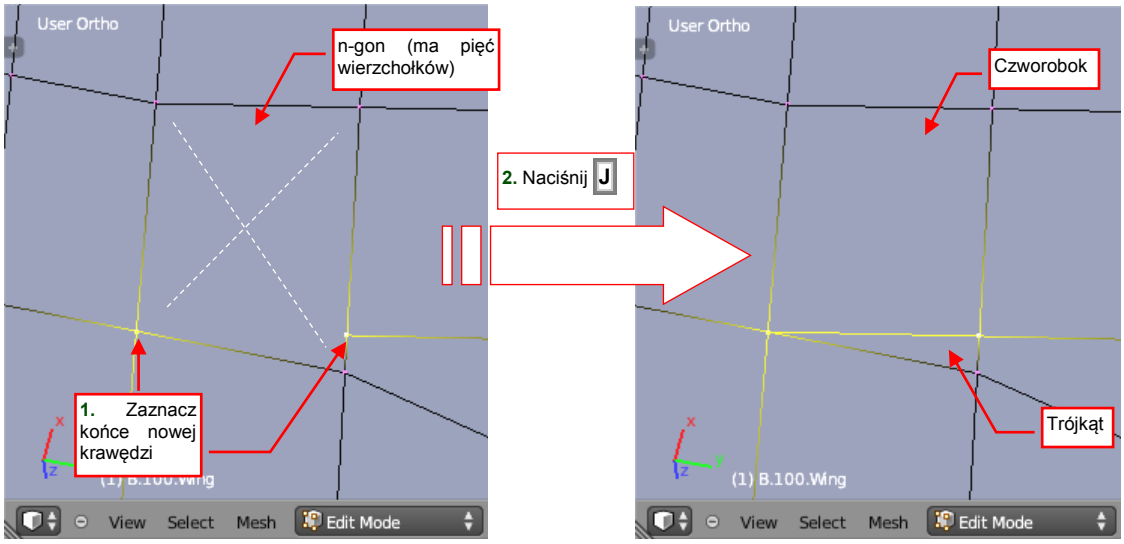
Podczas różnych modyfikacji siatki można przypadkowo stworzyć ściany o liczbie boków większej niż 4. W grafice komputerowej określa się je jako *n-gony*. Takie ściany są bardzo przydatne w trakcie formowania. Potem jednak staraj się je zastąpić zespołami kwadratów i trójkątów, aby nie utrudnić ewentualnego eksport Twojego modelu do innych programów (np. silników gier). Pokażę tutaj, jak to zrobić.

Wyłącz wszelkie dotychczas zaznaczone ściany siatki. Następnie wywołaj polecenie *Select→By Number of Verts*. Zaraz potem naciśnij F6 i ustaw parametry tego polecenia jak jest to pokazuje Rysunek 6.28.1:



Rysunek 6.28.1 Odnajdowanie w siatce n-gonów

Potem obejrzyj ze wszystkich stron siatkę — program podświetli na niej n-gony. Eliminuj je po kolei, tak jak pokazuje to Rysunek 6.28.2:



Rysunek 6.28.2 Podział pięcioboku na trójkąt i kwadrat

Zaznacz dwa wierzchołki, które chcesz połączyć krawędzią i naciśnij J (*Mesh→Vertices→Vertex Connect*). Wstawiony w ten sposób odcinek podzielił pięciobok na trójkąt i czworokąt.

- Dodając nowe krawędzie za pomocą skrótu J (*Vertex Connect*) możesz szybko wyeliminować n-gony z siatki. Operacją odwrotną jest *Dissolve* (por. str. 357)

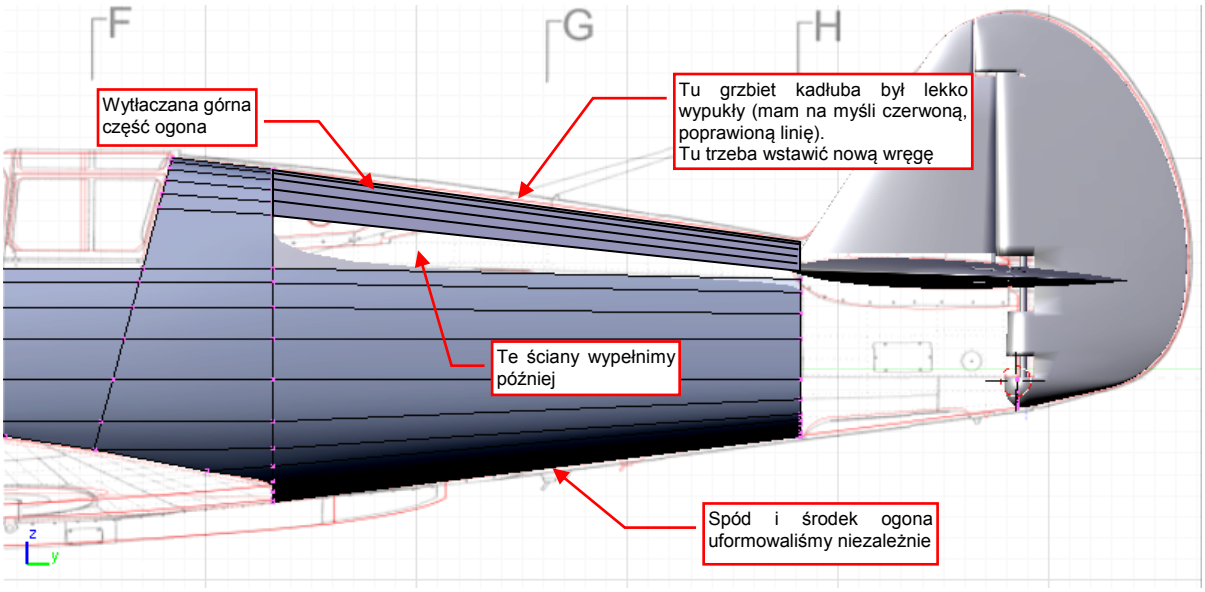
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.29 Dopasowanie wręgi do kadłuba

Kadłub proponuję formować metodą "ewolucyjną". Polega to na:

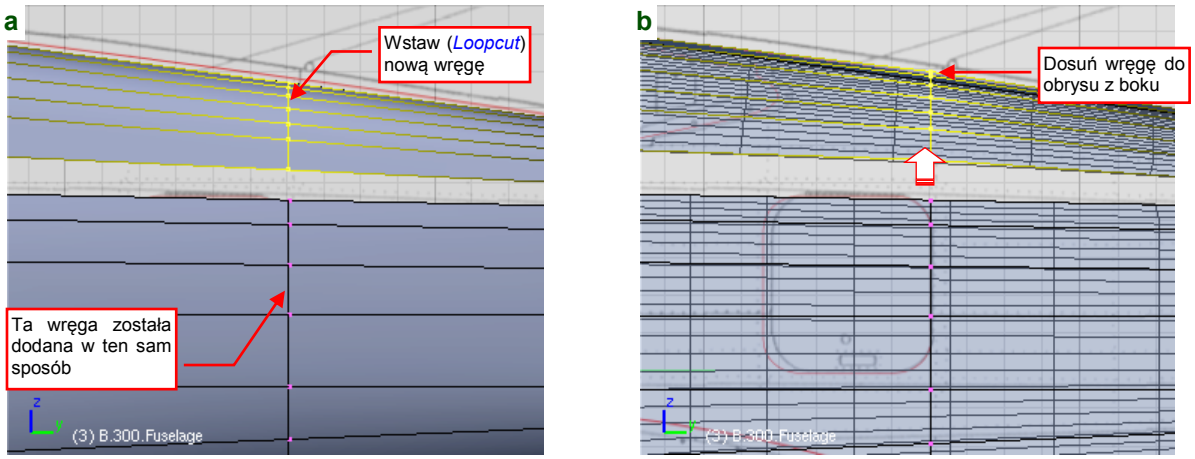
- wytłoczeniu na całą długość jakiegoś dużego, jednorodnego elementu;
- stopniowej modyfikacji takiej "rury" poprzez wstawianie w środek kolejnych wręg. Nadaję za ich pomocą niezbędną wypukłość, tam, gdzie powinna wystąpić.

W tej sekcji chcę pokazać typowe postępowanie podczas dodawania kolejnej wręgi. Przedstawię to na przykładzie formowania górnej części ogona P-40. Kształtujemy ją niezależnie od części środkowej i dolnej. Zacznij od wytłoczenia całej długości, do statecznika pionowego (Rysunek 6.29.1):



Rysunek 6.29.1 Wytłoczony zarys ogona P-40

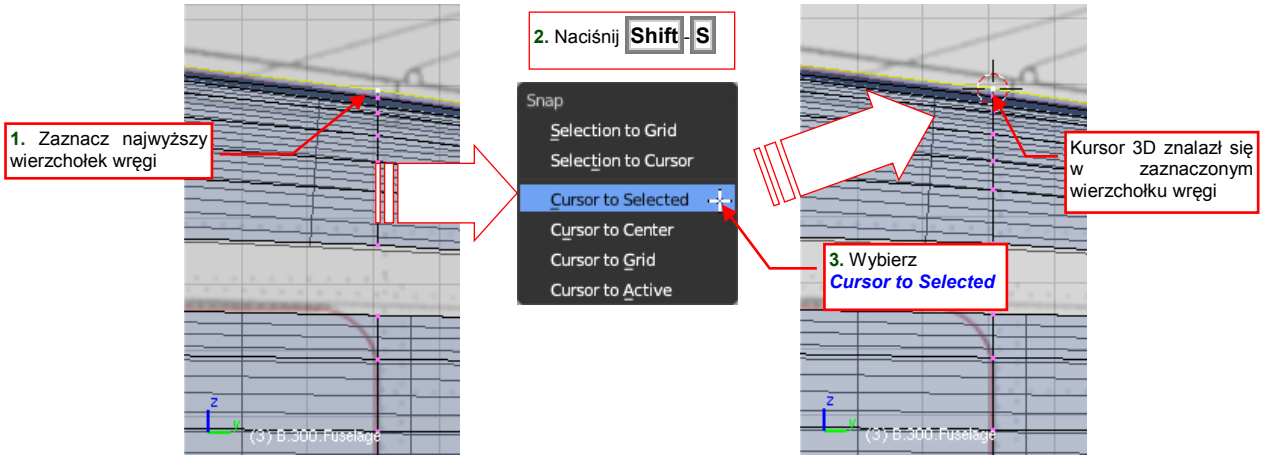
Uzyskany obrys "odstaje" od rzutu z boku w środku długości (mam na myśli czerwoną, poprawioną linię — p. Rysunek 6.29.1). Wstaw więc w tym miejscu nową wręgę (Rysunek 6.29.2a):



Rysunek 6.29.2 Dodanie i dosunięcie do obrysu nowej wręgi

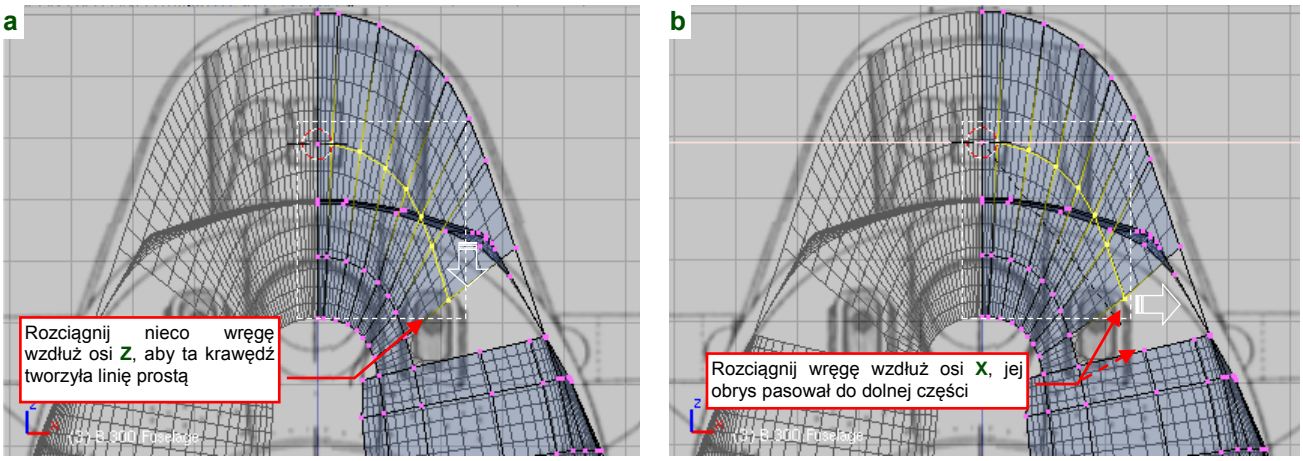
Po wstawieniu przesuń ją do góry (wzdłuż osi **Z**) tak, by obrys kadłuba z boku pokrył się z obrysem na planach (Rysunek 6.29.2b).

Teraz umieść kursor 3D w najwyższym wierzchołku wręgi. Najszybciej i najdokładniej jest to zrobić zaznaczając ten wierzchołek, i wywołując polecenie Shift-S (***Snap***), ***Cursor to Selected*** (Rysunek 6.29.3):



Rysunek 6.29.3 Umieszczenie kursora 3D w najwyższym wierzchołku wręgi

(Zakładam, że najwyższy punkt wręgi leży jednocześnie w osi kadłuba samolotu. Zazwyczaj tak jest). Teraz możesz wygodnie zmienić, poprzez zmianę skali względem kursora 3D, wysokość i szerokość wręgi (Rysunek 6.29.4a,b):

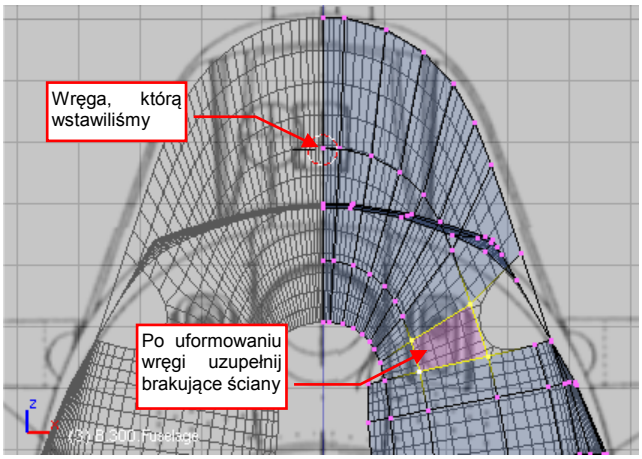


Rysunek 6.29.4 Dopasowanie wysokości szerokości wręgi do reszty kadłuba

Środek transformacji leży na górnej krawędzi kadłuba. Dzięki temu zmiana skali wzdłuż osi **Z** nie zagraża zgodności z obrysem z boku.

Poprawność uformowania wręgi warto jest także ocenić w rzucie z przodu (Rysunek 6.29.5). Podłużnice, które na nim widzimy, powinny wykazywać stopniowe przekształcanie, bez żadnych nagłych załamań.

Na koniec wstaw brakujące ściany, łączące górną i dolną część kadłuba.

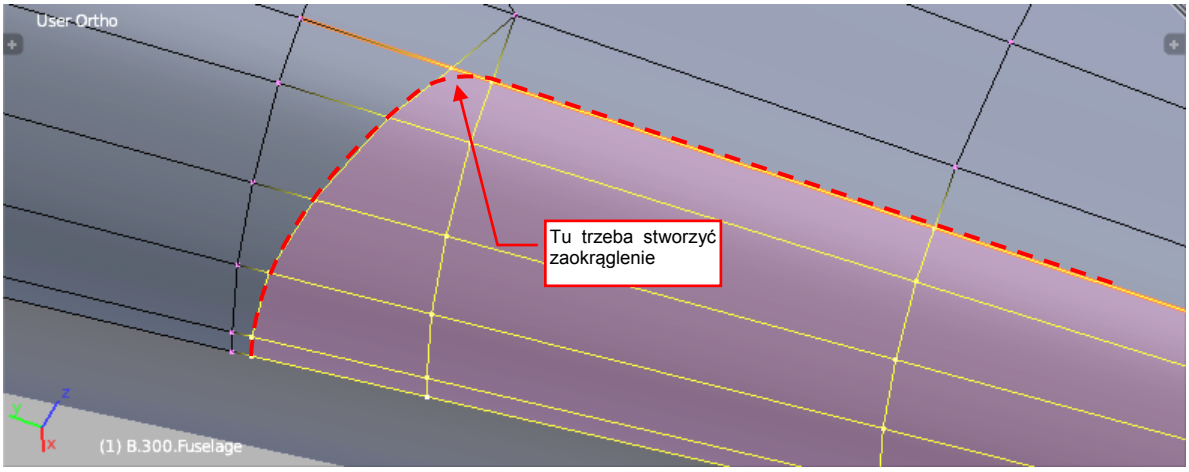


Rysunek 6.29.5 Uzupełnianie brakujących ścian kadłuba

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

6.30 Wykonanie zaokrąglonego narożnika

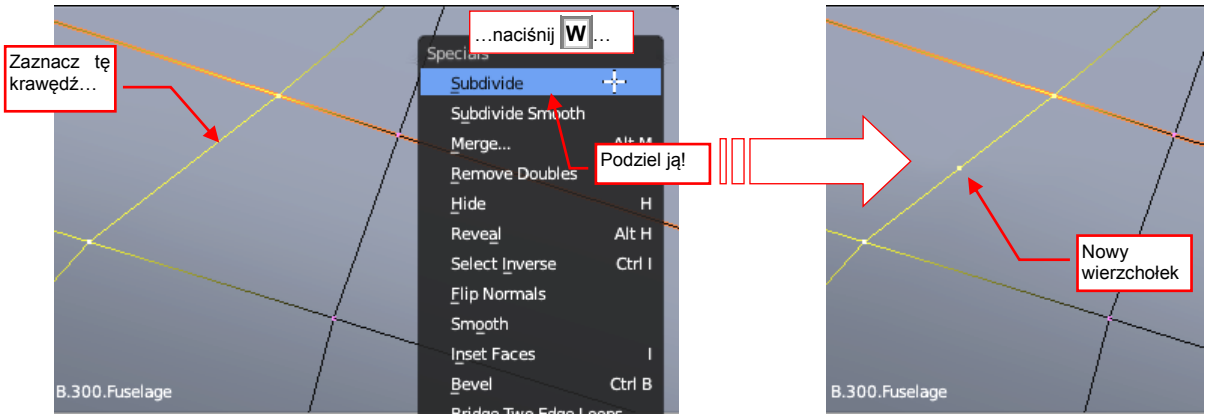
Czasami podczas formowania otworu trzeba wstawić w narożnik pomocniczą linię łamaną, której wszystkie wierzchołki będą leżeć dokładnie na powierzchni oryginalnej ściany. Przykładem takiej sytuacji jest przygotowywanie otworu na kółko ogonowe w kadłubie. Otwór ten miał duży promień zaokrąglenia narożników (Rysunek 6.30.1). Musimy ten efekt odtworzyć:



Rysunek 6.30.1 Zaokrąglenie narożnika otworu w kadłubie

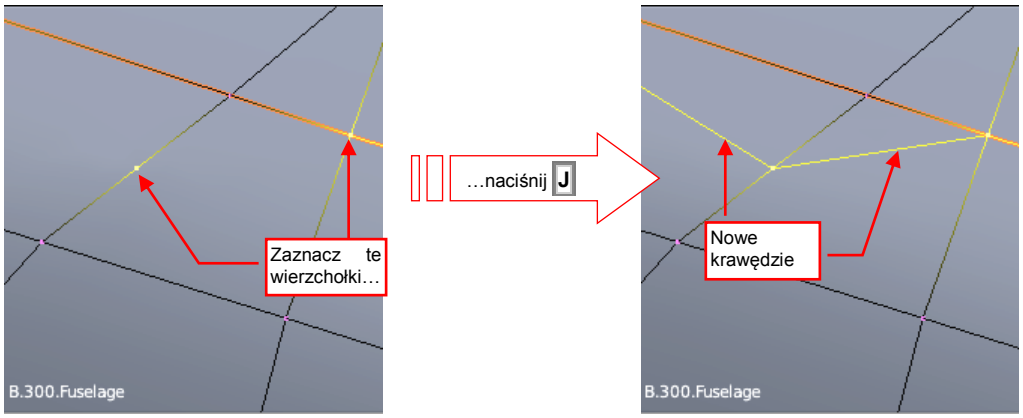
Wykorzystamy do tego kilka poleceń z tego rozdziału, które poznałeś już wcześniej.

Zacznijmy od podziału lewej krawędzi (zaokrąglenie ma się zacząć gdzieś w połowie — Rysunek 6.30.2):



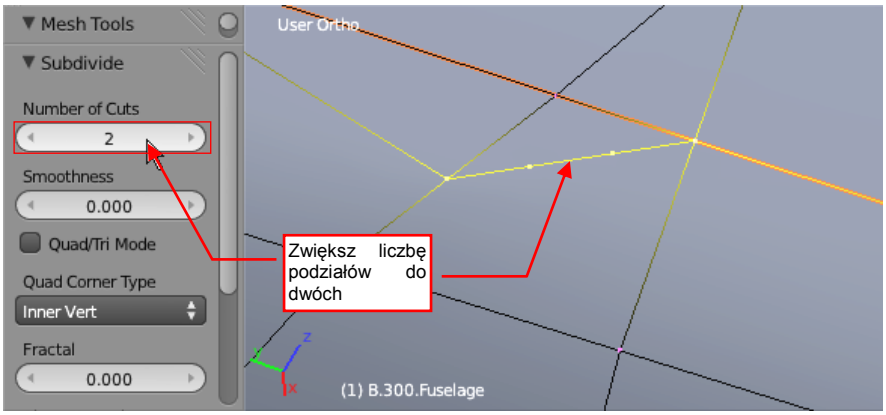
Rysunek 6.30.2 Podział przedniej krawędzi

Wykorzystując nowy wierzchołek, podziel sąsiednie ściany (Rysunek 6.30.3):



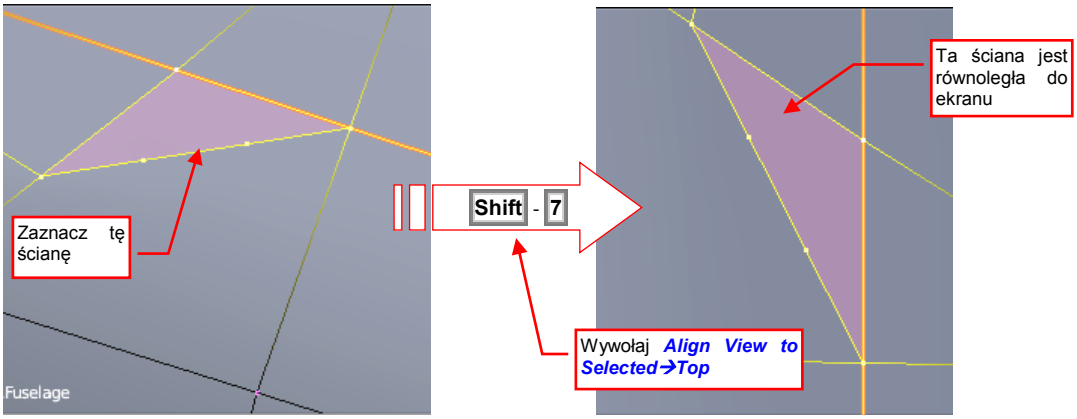
Rysunek 6.30.3 Dodanie nowych krawędzi

Podziel wewnętrzną krawędź ściany narożnika na dwie (ewentualnie trzy) części (Rysunek 6.30.4):



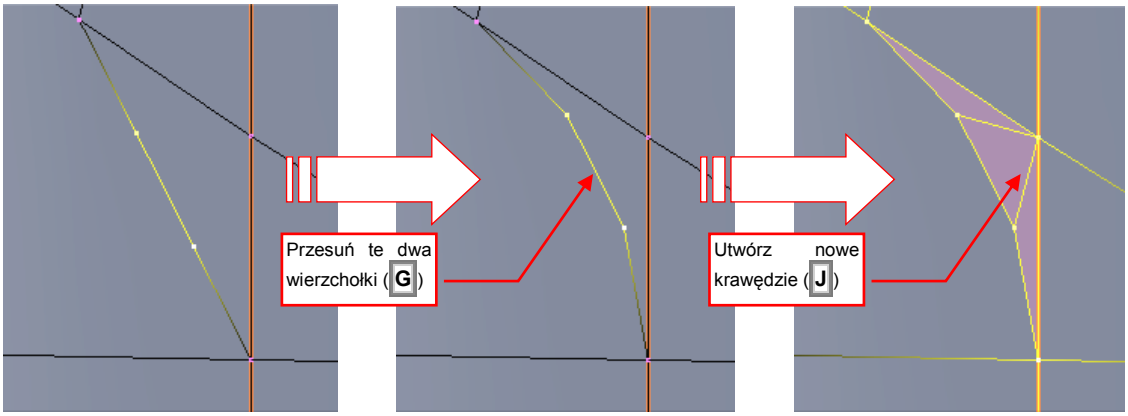
Rysunek 6.30.4 Podział wewnętrznej krawędzi na trzy części

Następnie ustaw widok w bieżącym oknie *3D View* prostopadle do ściany narożnej (***Top*** — Rysunek 6.30.5):



Rysunek 6.30.5 Ustawienie płaszczyzny widoku równolegle do ściany

W płaszczyźnie ściany można łatwo przesunąć wewnętrzne wierzchołki krawędzi w kierunku narożnika, nadając krawędzi wygięcie (Rysunek 6.30.6):

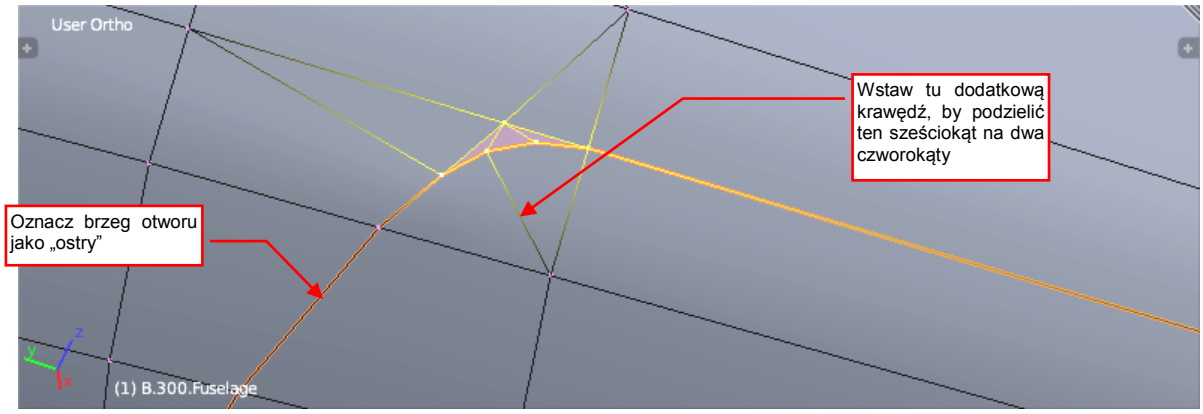


Rysunek 6.30.6 Formowanie kształtu narożnika

Następnie zamień ten pięciobok na trzy trójkąty. (Robimy to wyłącznie po to, by ta ściana nie sprawiła nikomu kłopotu podczas ewentualnego importu do innego programu lub silnika gier).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Rysunek 6.30.7 przedstawia gotowe zaokrąglenie narożnika:

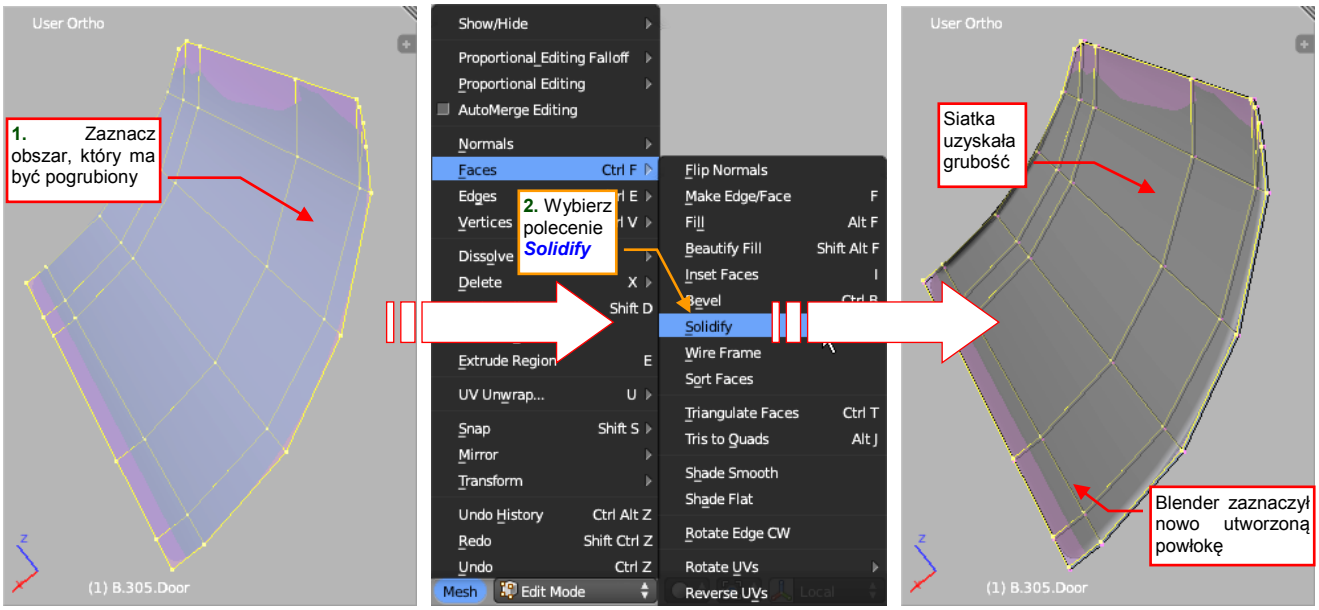


Rysunek 6.30.7 Gotowe zaokrąglenie

6.31 Pogrubienie (*Solidify*)

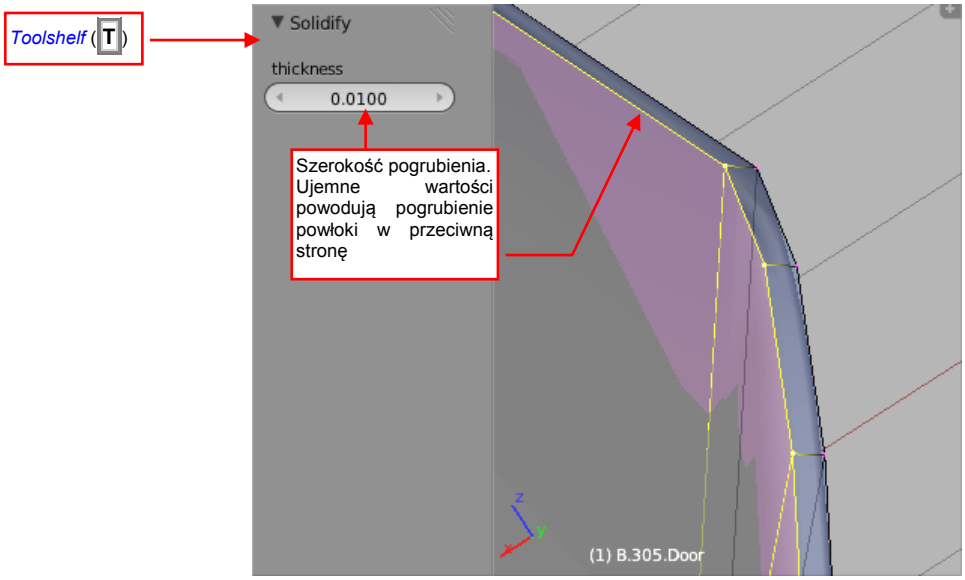
Polecenie ***Solidify*** różni się od *Shrink/Fatten* (str. 367) tym, że odsuwa od zaznaczonych ścian ich kopie, i łączy je ze sobą dodatkowymi poprzecznymi ścianami (nadając rezultatowi „grubość”).

Zaznacz najpierw obszar, dla którego chcesz uzyskać ten efekt (to nie musi być cała powłoka). Następnie wywołaj polecenie ***Mesh→Faces→Solidify*** (Rysunek 6.31.1):



Rysunek 6.31.1 Nadanie siatce grubości za pomocą polecenia *Solidify*

Blender odsunie od zaznaczonych ścian ich kopie wzdłuż wektorów normalnych siatki. Parametrem polecenia jest szerokość pogrubienia (***thickness*** — Rysunek 6.31.2):



Rysunek 6.31.2 Sterowanie szerokością pogrubienia

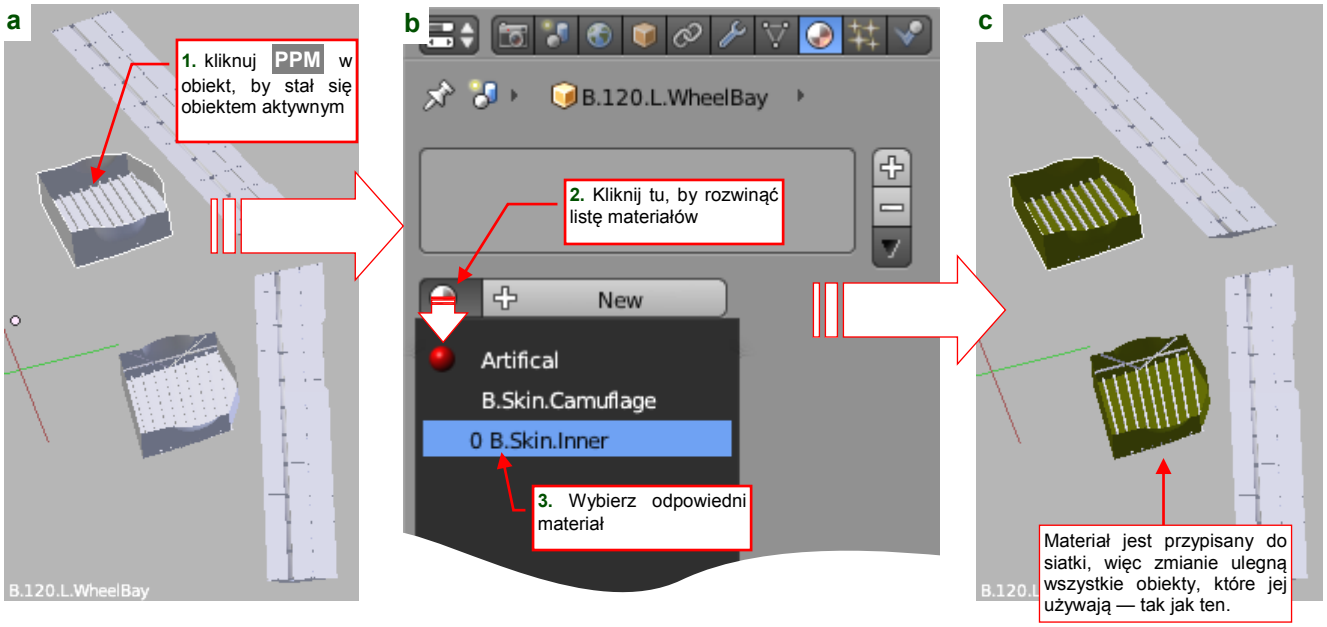
Szerokości ujemne oznaczają odsunięcie "na zewnątrz" powłoki.

- O wiele więcej możliwości oferuje modyfikator ***Solidify*** (m.in. pogrubienie z dwóch stron jednocześnie). Możesz go dodać do obiektu, zmienić odpowiednie parametry, a następnie „utrwalić” przyciskiem ***Apply***.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

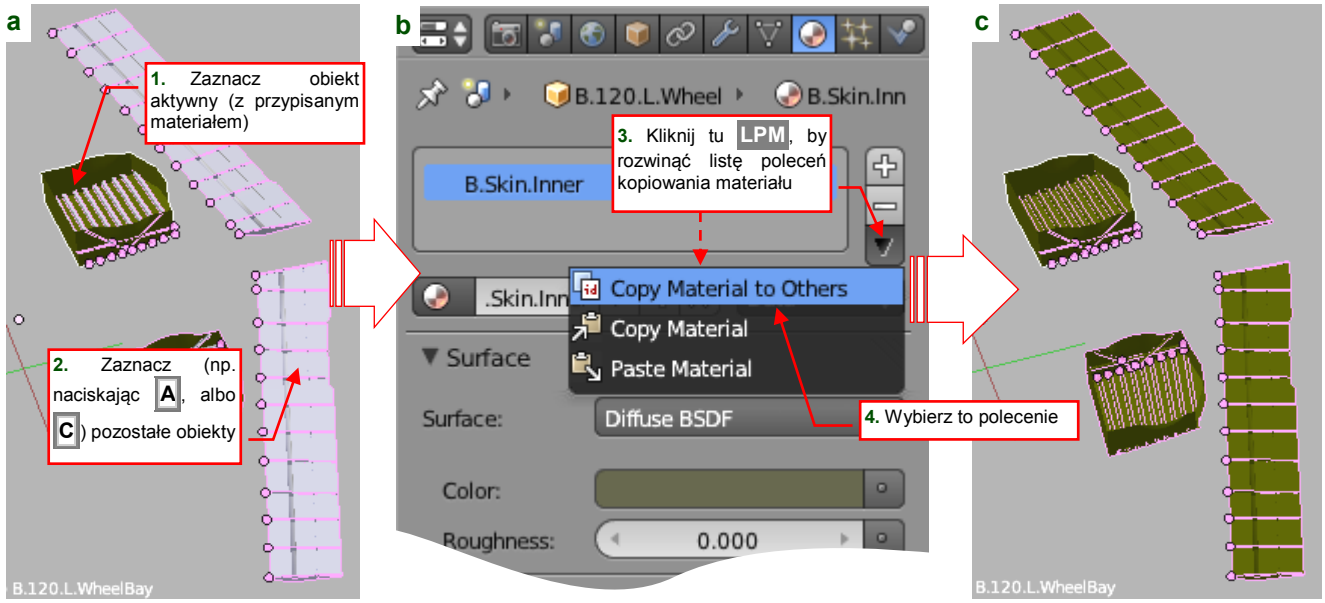
6.32 Przypisanie materiału do siatki

Aby przypisać pojedynczą siatkę do jakiegoś istniejącego materiału, należy zaznaczyć obiekt, który ją zawiera (tak, aby się stał obiektem aktywnym — Rysunek 6.32.1a). Następnie w oknie *Properties*, zestawie ***Material*** rozwiń listę z lewej strony przycisku ***New***, i wybierz z niej jeden z widocznych tam materiałów (Rysunek 6.32.1b). Blender przypisuje domyślnie materiał do siatki[1], a nie obiektu, stąd zmianie ulegnie nie tylko aktywny obiekt, ale także wszystkie inne obiekty, które używają tą samą siatkę (Rysunek 6.32.1c):



Rysunek 6.32.1 Przypisanie materiału do pojedynczej siatki

Aby szybko przypisać materiał do wielu obiektów (siatek) naraz, zaznacz je i wykorzystaj polecenie ***Copy Material to Others*** (Rysunek 6.32.2):



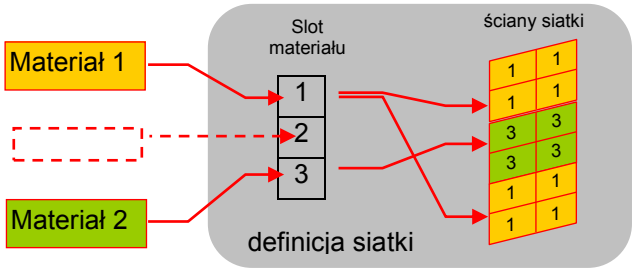
Rysunek 6.32.2 Skopiowanie przypisania materiału do wielu siatek naraz

[1] W konfiguracji, jaką wybraliśmy dla Blendera (por. Rysunek 4.4.3, str. 262 — okno *User Preferences*, przełącznik ***Link Materials To:***) materiał jest domyślnie przypisany do siatki, a nie do obiektu. Stąd operacje przedstawione na tej stronie można wykonać zarówno w *Edit Mode*, jak i w *Object Mode*. Zdecydowałem się je tutaj pokazywać w *Object Mode*, bo grupowe przypisanie materiału wymaga zaznaczenia wielu obiektów. W tym trybie wyraźnie widać, co jest obiektem aktywnym, a co zaznaczonym (Rysunek 6.32.2a).

Zwróć uwagę że w menu, które przedstawia Rysunek 6.32.2b), są także polecenia ***Copy Material*** i ***Paste Material***. Możesz ich także użyć do przypisania pojedynczego materiału, jeżeli nie chcesz wybierać go co chwila z listy. Polecenie *Copy Material to Others* znajduje się także pod inną nazwą — ***Material*** — w menu ***Object→Make Links…*** (dostępnym pod skrótem Ctrl-L).

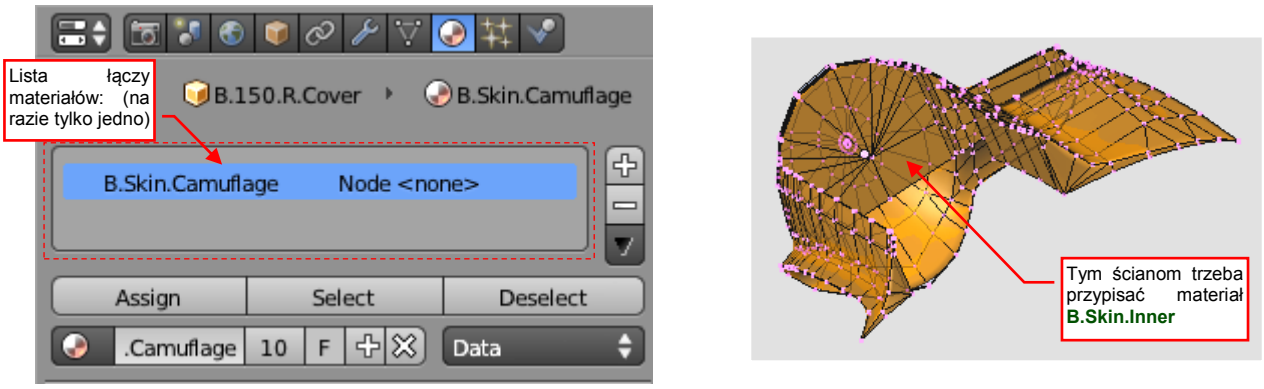
A jak przypisać do różnych fragmentów pojedynczej siatki różne materiały?

W Blenderze materiały są przypisane do ścian siatki za pośrednictwem tzw. łączy materiałów (***material slots*** — Rysunek 6.32.3).
W każdej siatce możesz stworzyć wiele łączy materiałów. Każda ściana jest przypisana tylko do jednego z nich. Niektóre z takich łączy mogą nie mieć przypisanych ścian. Mogą także nie mieć przypisanych materiałów. (Takie "puste" łącza nie mają wpływu na rendering).



Rysunek 6.32.3 Powiązanie ścian siatki z materiałem poprzez tzw. łącza (*material slots*)

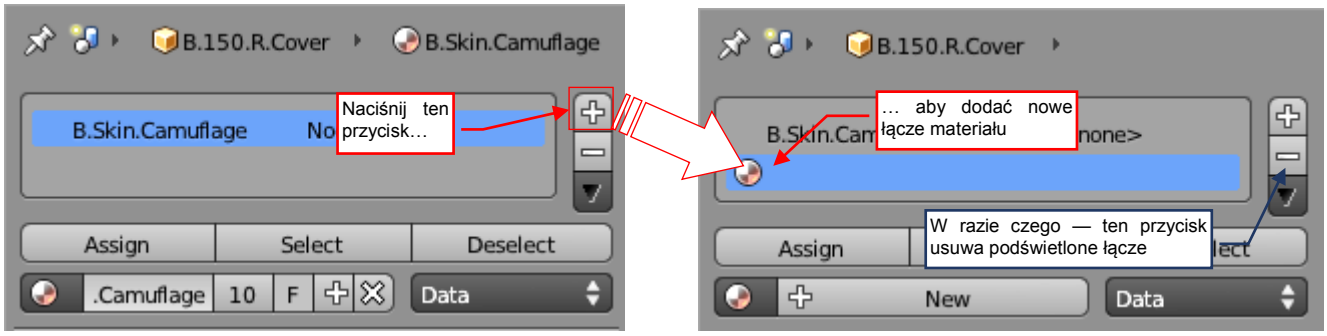
Przypisanie fragmentu siatki do innego materiału pokażę na przykładzie gondoli podwozia głównego (obiektu **B.150.R.Cover**). Rysunek 6.32.4 przedstawia „sytuację wyjściową”:



Rysunek 6.32.4 Siatka, której fragmentowi chcemy przypisać inny materiał

Wszystkie ściany siatki owiewki ma już przypisany materiał odpowiedni dla powierzchni zewnętrznych: **B.Skin.Camouflage**. Teraz chcemy ścianom wewnętrznym przypisać materiał **B.Skin.Inner**.

Zaczynamy od utworzenia nowego, pustego łącza materiału. To „miejsce” na nowy materiał (Rysunek 6.32.5):



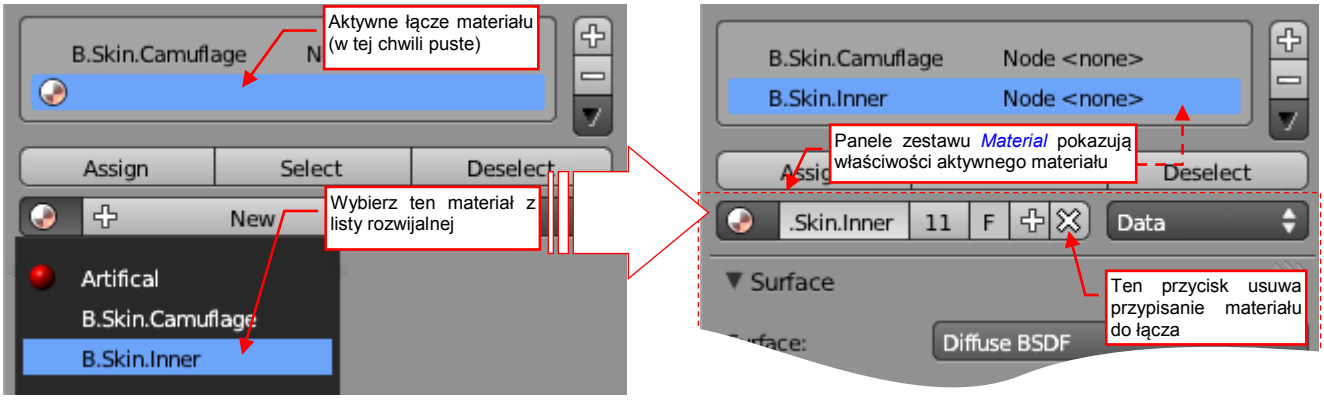
Rysunek 6.32.5 Dodanie do siatki nowego, pustego łącza materiału.

Naciśnij przycisk ⊞ z prawej strony listy łączy materiałów. Blender doda na koniec listy nowe, puste łącze. Przesunie także na nie podświetlenie, czyniąc je *łączem aktywnym*.

- Tak jak można się spodziewać, przycisk ⊟ usuwa aktywne (tzn. podświetlone na liście) łącze materiału. Można jednak to robić tylko w *Object Mode*!

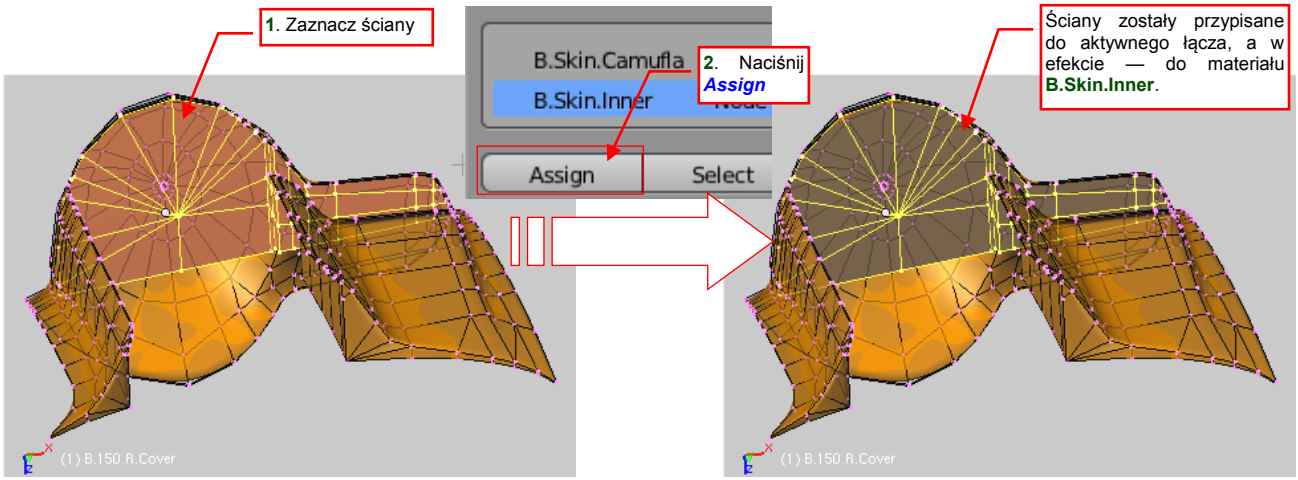
© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*

Teraz przypisujemy do naszego łącza materiał — w tym przypadku **B.Skin.Inner** (Rysunek 6.32.6):



Rysunek 6.32.6 Przypisanie materiału do łącza.

Na koniec przypisz do łącza ściany. Zaznacz je w oknie *View 3D*, a następnie naciśnij w panelu ***Material*** przycisk ***Assign*** (Rysunek 6.32.7):



Rysunek 6.32.7 Przypisanie ścian do nowego indeksu materiału.

Nie musisz zaznaczać od razu wszystkich ścian. Możesz tę operację przypisania powtórzyć kilka razy (w przypadku bardzo złożonych kształtów tak jest prościej).

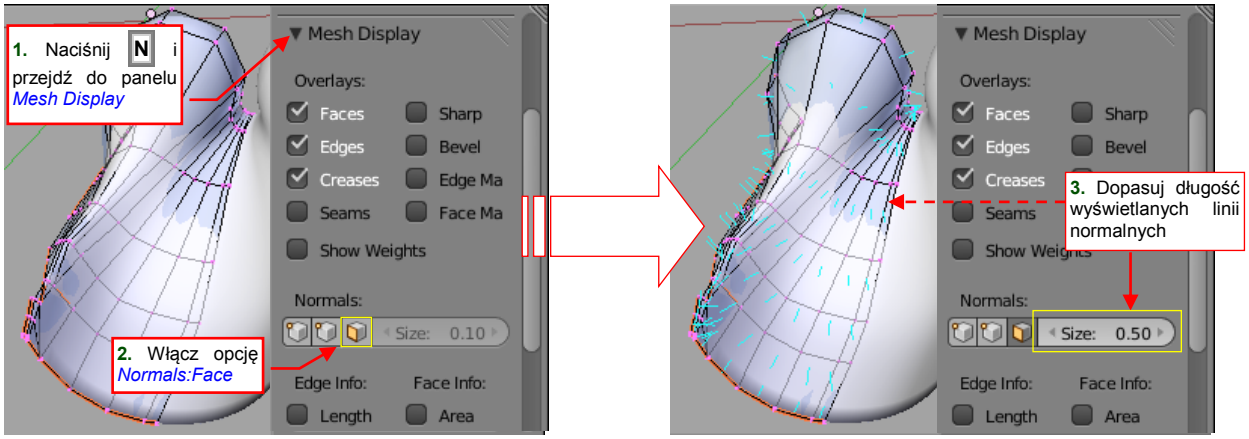
- Zwróć uwagę, by obszar siatki przypisany do łącza materiału nie zawierał żadnej nie powiązanej ze ścianą krawędzi lub wierzchołka. Takie miejsca mogą powodować różne artefakty na ostatecznym renderze.

Możesz używać ścian przypisanych do łączy do selekcji wierzchołków siatki w trakcie jej edycji. (Służą do tego umieszczone poniżej listy łączy przyciski ***Select*** i ***Deselect***)

6.33 Sterowanie zwrotem wektorów normalnych (*Normal*)

W Blenderze każda ściana ma stronę „wewnętrzną” i „zewnętrzną”. O tym, która jest zewnętrzna, decyduje zwrot[1] wektora normalnego (tzn. prostopadłego), który jest przypisany do każdej ściany.

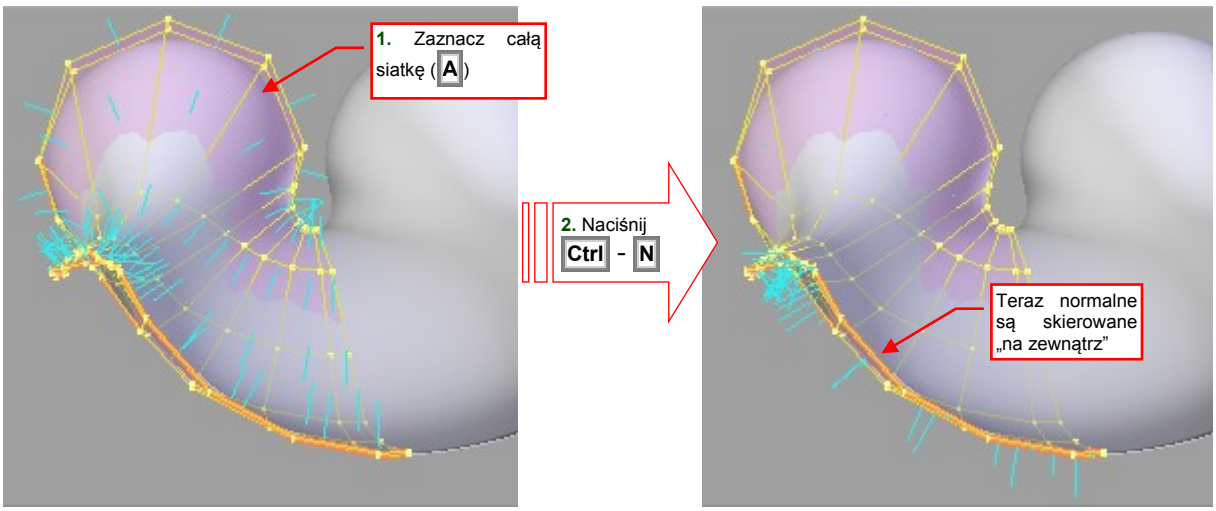
Aby włączyć wyświetlanie normalnych do ścian siatki, otwórz *Properties Shelf* (N) i przejdź do panelu ***Mesh Display*** (Rysunek 6.33.1):



Rysunek 6.33.1 Włączenie wyświetlania kierunków normalnych do ścian siatki

Włącz w nim opcję ***Normals:Face***, w środkach każdej ściany pojawią się błękitne kreski (Rysunek 6.33.1). Zazwyczaj będziesz musiał je nieco wydłużyć, korzystając z kontrolki ***Normal Size***.

Gdy zwrot normalnych na sąsiadujących ścianach jest różny, w trybie cieniowania *Shade Smooth* zobaczysz na siatce brzydkie, czarne cienie. Ale gdy wszystkie normalne siatki wskazują w niewłaściwą stronę, podczas modelowania w oknie *3D View* możesz nie zauważyć niczego podejrzanego. Będzie to jednak przyczyną dziwnego „lustrzanego” efektu na renderze, gdy użyjesz w materiale połyskliwego shadera *Glosssy BSDF*.
Zaradzenie temu efektowi jest bardzo proste: w trybie edycji siatki zaznacz wszystkie ściany (*Select All* — A) i naciśnij Ctrl-N (***Mesh→Normals→Recalculate Outside*** — Rysunek 6.33.2):



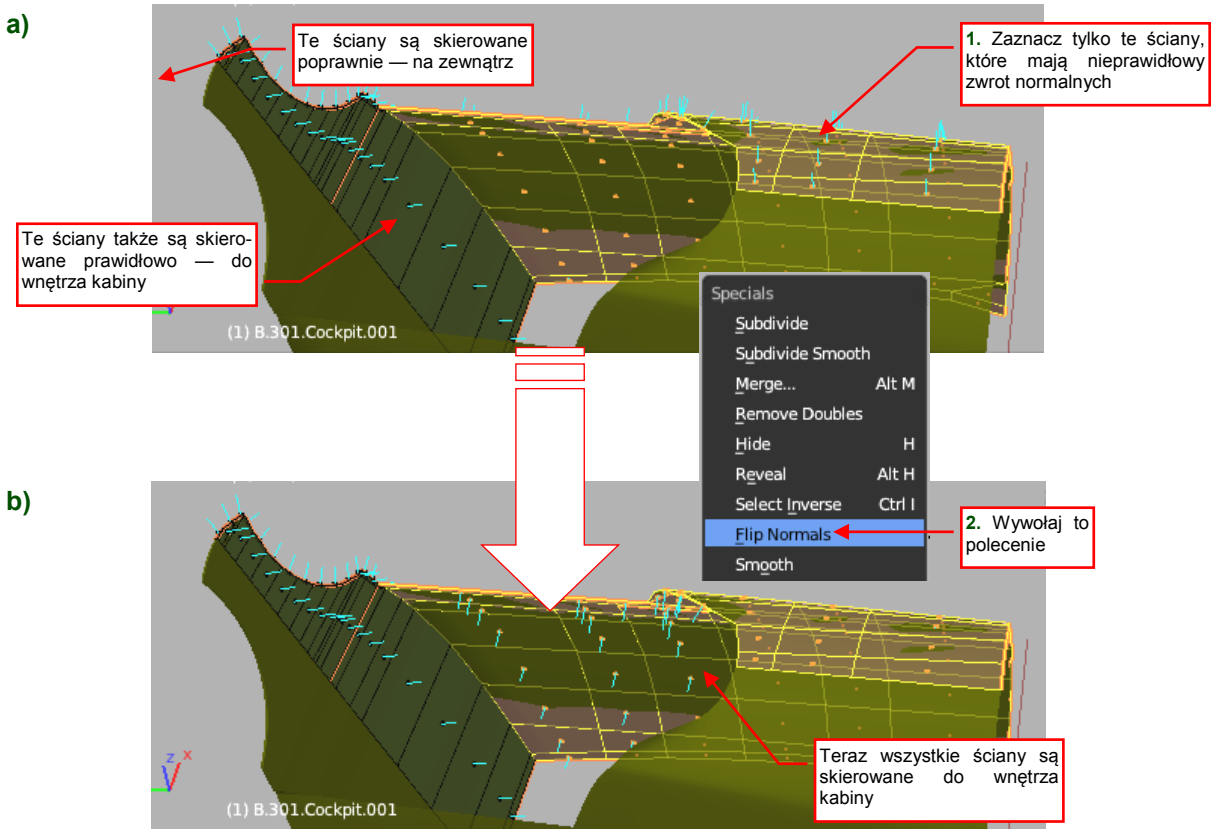
Rysunek 6.33.2 Przeliczenie kierunku normalnych

Zazwyczaj Blender poprawnie zrozumie twoje intencje, i przerzuci wszystkie normalne na jedną stronę ścian siatki.

[1] Jeżeli niespecjalnie uważałeś na lekcjach geometrii, zwrot określasz rysując „strzałkę” na końcu wektora (można ją narysować z jednej lub z drugiej strony kreski jego odcinka). Traktuj niebieską kreskę, rysowaną przez Blender, jako taką wychodzącą ze ściany „strzałkę”.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

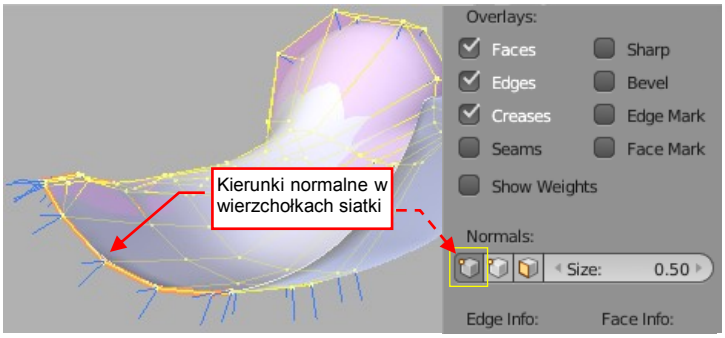
A co jeżeli jednak nie zrozumie? Rysunek 6.33.3a) przedstawia taki złożony przypadek. To siatka modelująca wewnętrzną powierzchnię kabiny pilota. Jak widzisz, część jej ścian jest skierowana poprawnie, a część nie. Polecenia *Recalculate Outside* nie można tu użyć, bo te ściany trzeba skierować „do wewnątrz". W Blenderze istnieje także polecenie *Recalculate Inside* (Shift–Ctrl-N). Nie możemy go jednak tutaj użyć, bo część tylnych ścian kabiny ma pozostać skierowana „ na zewnątrz". Jedynym rozwiązaniem jest zaznaczyć wszystkie nieprawidłowe ściany i wywołać polecenie ***Mesh→Normals→Flip Normals*** (Rysunek 6.33.3b)



Rysunek 6.33.3 Przełączenie kierunków normalnych dla wybranych ścian siatki

(Polecenie *Flip Normals* masz dostępne także w menu ***Specials*** — wywoływanym skrótem W).

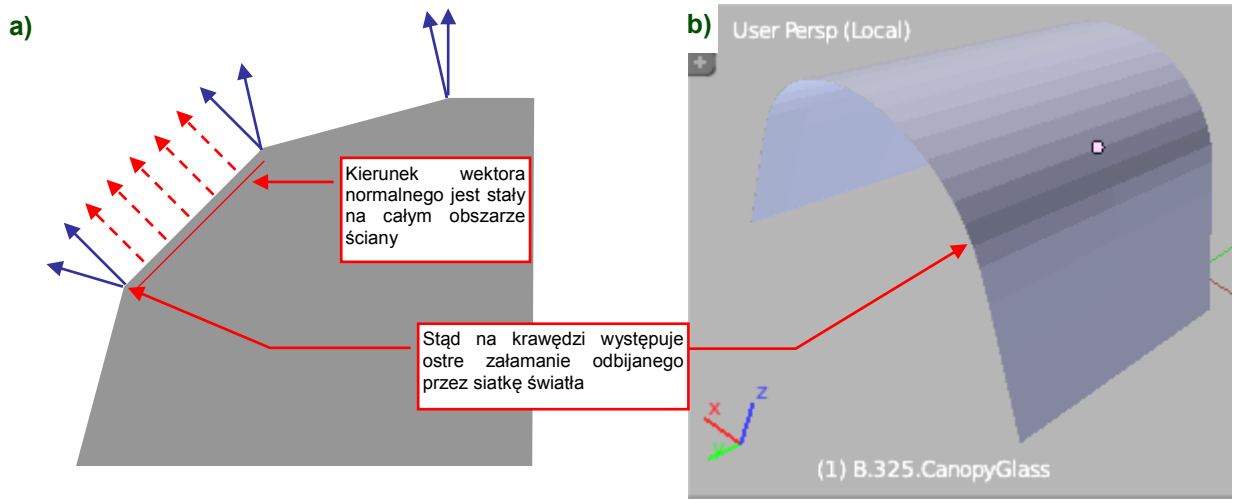
Na zakończenie warto wspomnieć, że Blender potrafi także wyświetlać drugi rodzaj normalnych: w wierzchołkach (Rysunek 6.33.4) . Są one wypadkową normalnych do ścian, które łączy każdy wierzchołek. To, czy wolisz operować na normalnych ścian czy wierzchołków jest kwestią gustu. W istocie są to dwie alternatywne metody reprezentacji tych samych wartości.



Rysunek 6.33.4 Kierunki normalne w wierzchołkach siatki

6.34 Sterowanie kierunkiem normalnych wzdłuż krawędzi siatki

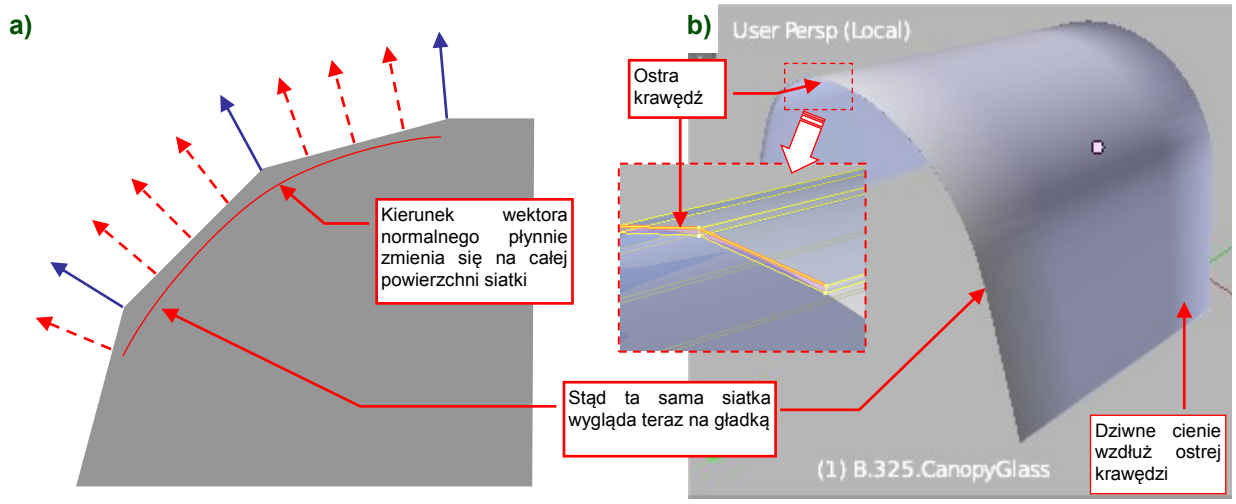
Kierunek normalnych do powierzchni wpływa na to, w jaki sposób wyświetlane są na ekranie krawędzie siatki. Program może wyznaczyć wektor normalny dla każdej płaskiej, elementarnej ściany. Każdy komputerowy model oświetlenia wymaga określenia kierunku normalnego dla dowolnego miejsca powierzchni. Jeżeli przyjmiemy najprostsze założenie, że na kierunek normalny na całym obszarze ściany jest stały (Rysunek 6.34.1a), uzyskamy efekt jak dla trybu ***Shade Flat*** (Rysunek 6.34.1b):



Rysunek 6.34.1 Wektory normalne w trybie *Shade Flat*

Cieniowanie *Shade Flat* jest nieodpowiednie dla obłych powierzchni, takich jak opływowe kształty współczesnych samolotów. Musiałbyś bardzo zagęścić ich siatki, by wyglądały na gładkie!

Na szczęście nie musimy tak komplikować modelu, bo mamy do dyspozycji drugi tryb cieniowania: ***Shade Smooth*** (Rysunek 6.34.2):



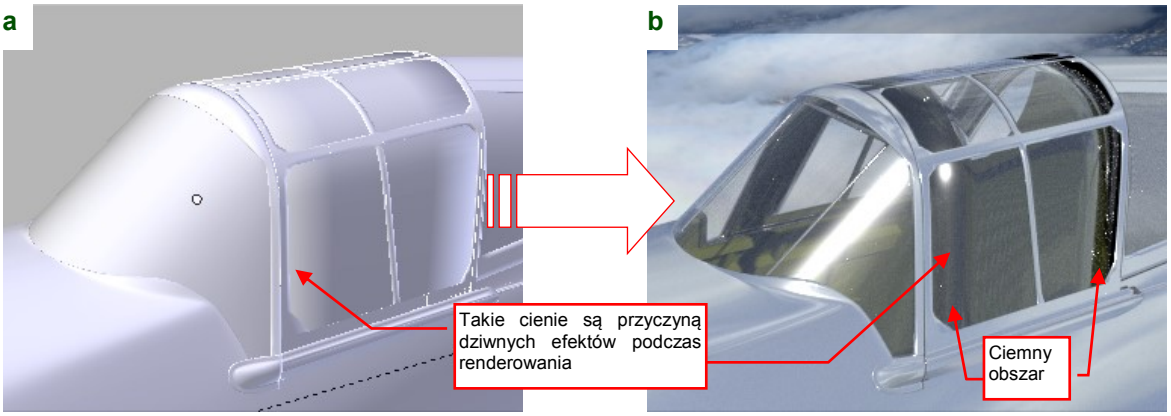
Rysunek 6.34.2 Wektory normalne w trybie *Shade Smooth*

W tym trybie kierunek normalny w dowolnym punkcie powierzchni jest interpolacją (uśrednieniem) kierunków normalnych najbliższych ścian (Rysunek 6.34.2a). Do interpolacji wykorzystuje się tzw. metodę Phonga, bardzo popularną w grafice komputerowej. Używając jej, za pomocą niewielu ścian można uzyskać wrażenie gładkiej powierzchni (Rysunek 6.34.2b).

Element, który przedstawia Rysunek 6.34.2b), to oszklenie owiewki kabiny pilota. Na powiększeniu ilustracji pokazuję, że ma ona niewielką grubość. Jej siatka oryginalnie wygładzona powierzchnią podziałową. Krawędź, biegnącą wzdłuż jej brzegu oznaczyłem jako “ostrą” (*Crease*), by owiewka wyglądała jak wygięty arkusz szkła organicznego. Spowodowało to pojawienie się na ścianach sąsiadujących z tą ostrą krawędzią dziwnych cieni (Rysunek 6.34.2b).

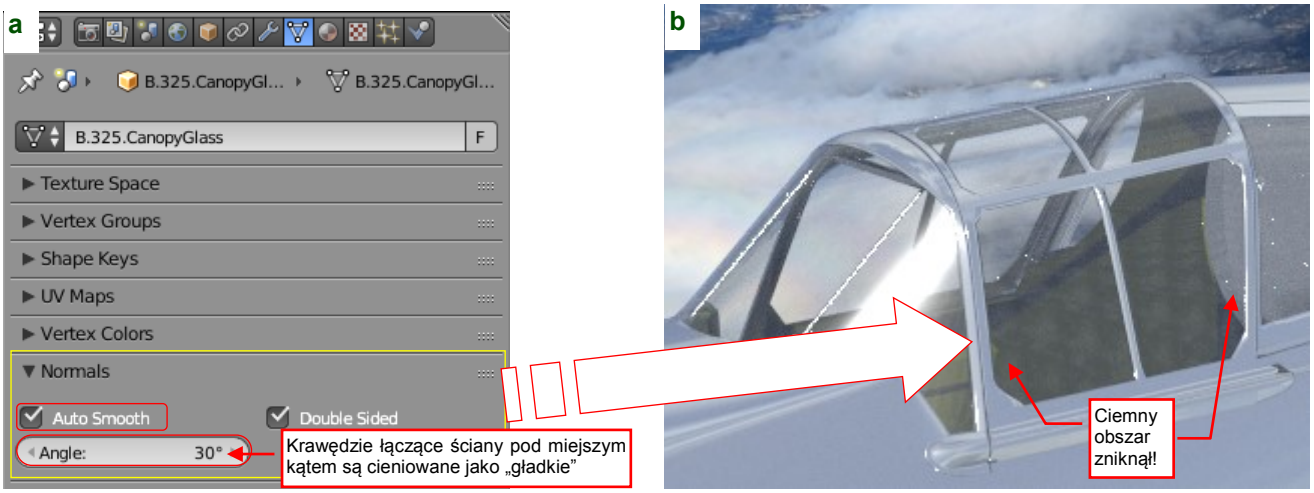
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Jeżeli zignorujesz te cienie, staną się przyczyną dziwnych efektów na renderze (Rysunek 6.34.3):



Rysunek 6.34.3 Efekt ostrej krawędzi oszklenia powierzchni i cieniowania *Shade Smooth* na renderze

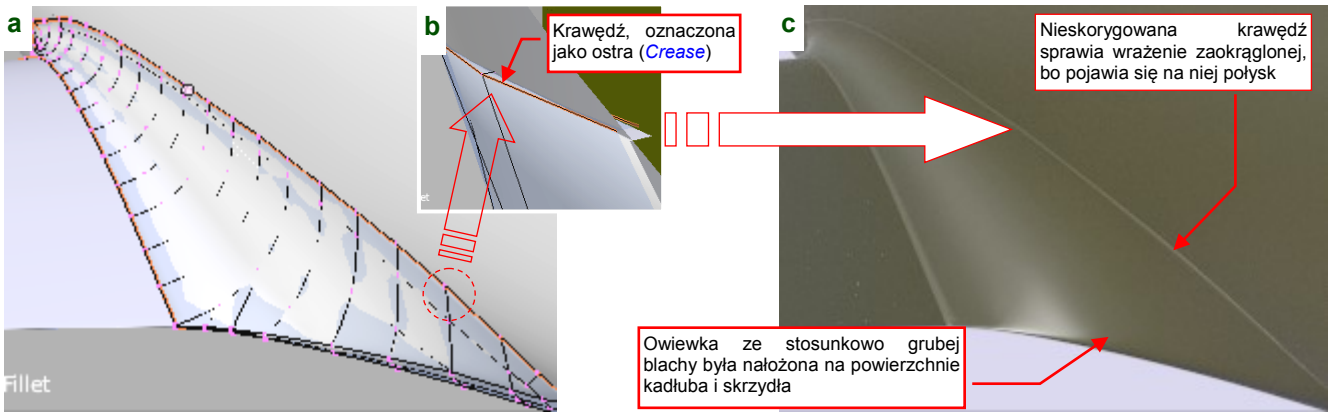
To rezultat zastosowania interpolacji normalnych metodą Phonga dla ostrej krawędzi. Na szczęście remedium jest bardzo proste: włącz dla tej siatki opcję ***Auto Smooth*** i ustaw kąt graniczny na 30º- 90º (Rysunek 6.34.4):



Rysunek 6.34.4 Opcja *Auto Smooth* — automatyczne korygowanie ostrych krawędzi

Gdy opcja *Auto Smooth* z panelu *Normals* jest włączoną, Blender poprawia kierunki normalne wzdłuż wszystkich krawędzi siatki, które łączą ściany pod kątem większym niż określony graniczny kąt ***Angle***. (Kierunki normalnych wzdłuż takiej krawędzi są rozdzielone, jak pokazywał to Rysunek 6.34.1a).

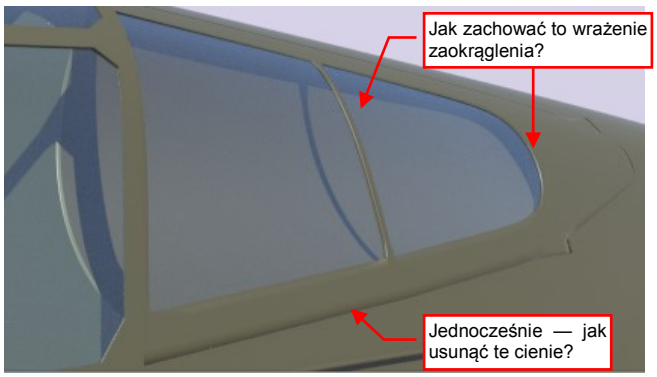
Dla powierzchni nieprzejrzystych interpolacja normalnych wzdłuż krawędzi nie powoduje tak drastycznych skutków, jak dla szkła. Przyjrzyj się na przykład tej owiewce skrzydła (Rysunek 6.34.5):



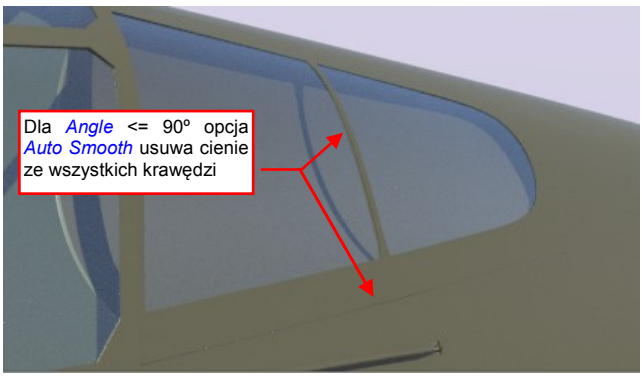
Rysunek 6.34.5 Odblask wzdłuż nieskorygowanej krawędzi

Tutaj taka krawędź wygląda jak zaokrąglona i nadaje elementowi wrażenie grubości (Rysunek 6.34.5b).

Co jednak robić w takim przypadku, jaki pokazuje Rysunek 6.34.6? Powiedzmy, że chcielibyśmy zachować wrażenie zaokrąglonych krawędzi przy szkle kabiny. Jednocześnie warto usunąć brzydkie cienie na zewnętrznych krawędziach tej ramki:



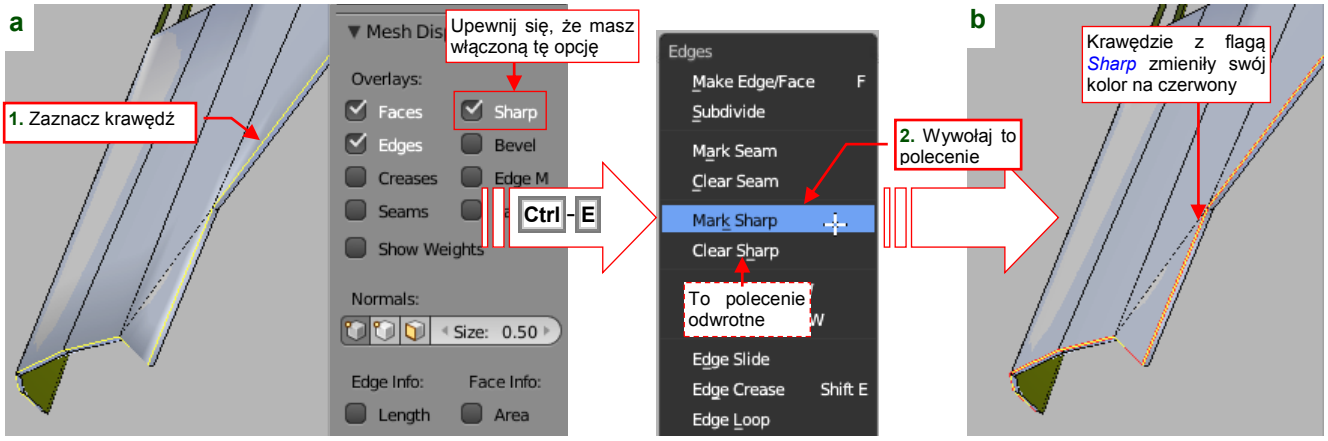
Rysunek 6.34.6 Nieskorygowane krawędzie ramki



Rysunek 6.34.7 Ramka po automatycznej korekcie

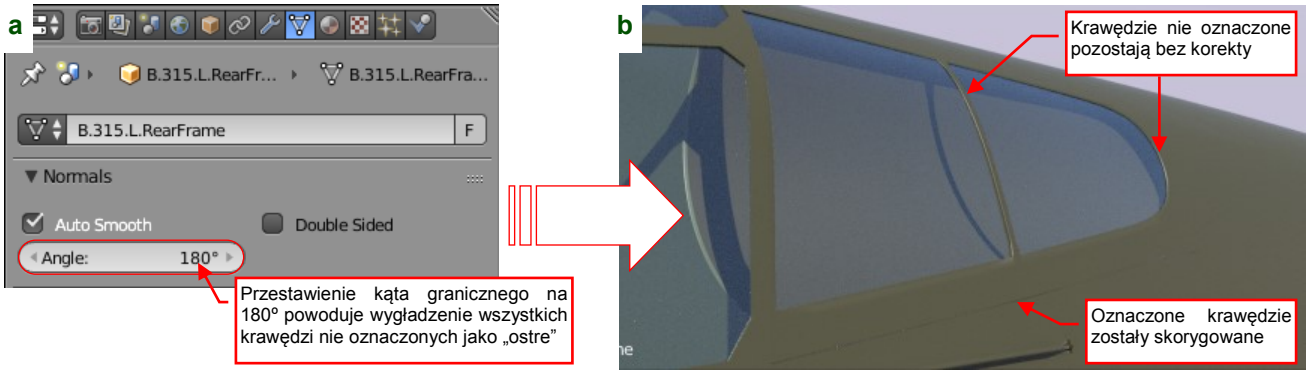
Zastosowanie *Auto Smooth* z wartością *Angle* do 90° „spłaszcza” wszystkie ostre krawędzie. A nam chodzi, aby tak poprawić tylko zewnętrzną krawędź ramki — tak, jak pokazuje Rysunek 6.34.7.

Taki wybiórczy efekt jest do osiągnięcia. Trzeba tylko najpierw oznaczyć krawędzie, które mają być skorygowane, specjalną flagą ***Sharp***. Upewnij się, że przyborniku właściwości tej siatki masz włączoną opcję ***Mesh Display:Overlays:Sharp*** — Rysunek 6.34.8a). Potem zaznacz korygowane krawędzie:



Rysunek 6.34.8 Oznaczanie wybranych krawędzi jako *Sharp*

Z menu ***Mesh→Edges*** (Ctrl-E) wywołaj polecenie ***Mark Sharp***. W efekcie Blender podświetli zaznaczone krawędzie na czerwono (Rysunek 6.34.8b). (Taki kolor jest przypisany fladze ***Sharp***). Potem wystarczy przestawić kąt graniczny *Normals:Angle* na 180° (Rysunek 6.34.9a):

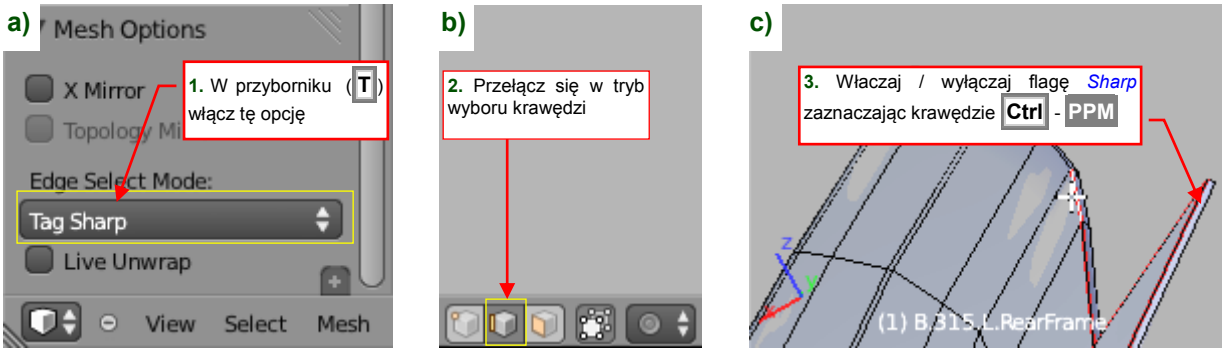


Rysunek 6.34.9 Rezultat — selektywna korekta krawędzi

Tak duży kąt graniczny powoduje, że „ostre” są tylko krawędzie oznaczone flagą *Sharp* (Rysunek 6.34.9b).

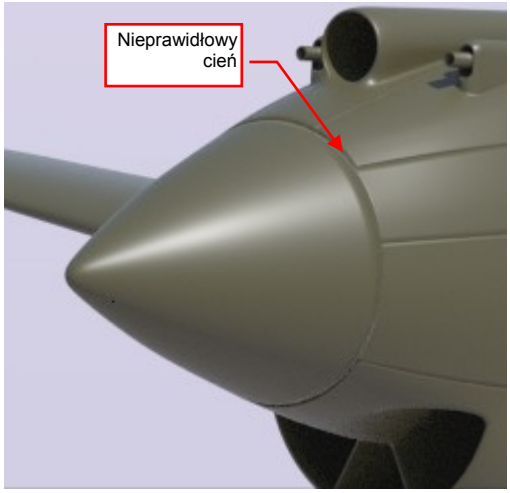
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Oznaczanie krawędzi flagą *Sharp* można także wykonać w inny sposób (Rysunek 6.34.10):

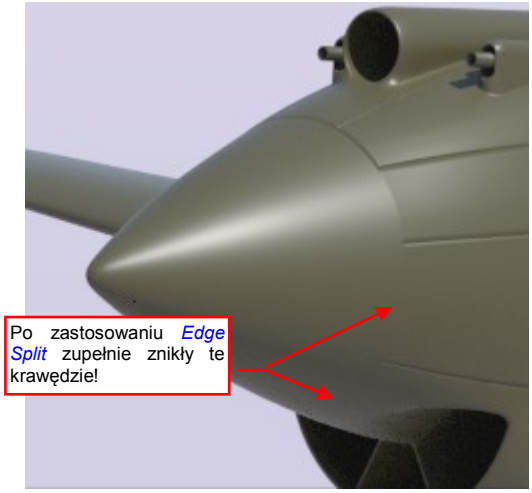


Rysunek 6.34.10 Alternatywna metoda oznaczanie krawędzi flagą *Sharp*

Niestety, flaga *Sharp* nie może mieć wartości pośrednich, tak jakie ma dla powierzchni podziałowych flaga *Crease*. Czasami więc możesz natknąć się na taki przypadek, jak dla kołpaka śmigła, który przedstawia (Rysunek 6.34.11). Bez korekty kierunku normalnych krawędź kołpaka wygląda na zbyt zaokrągloną:



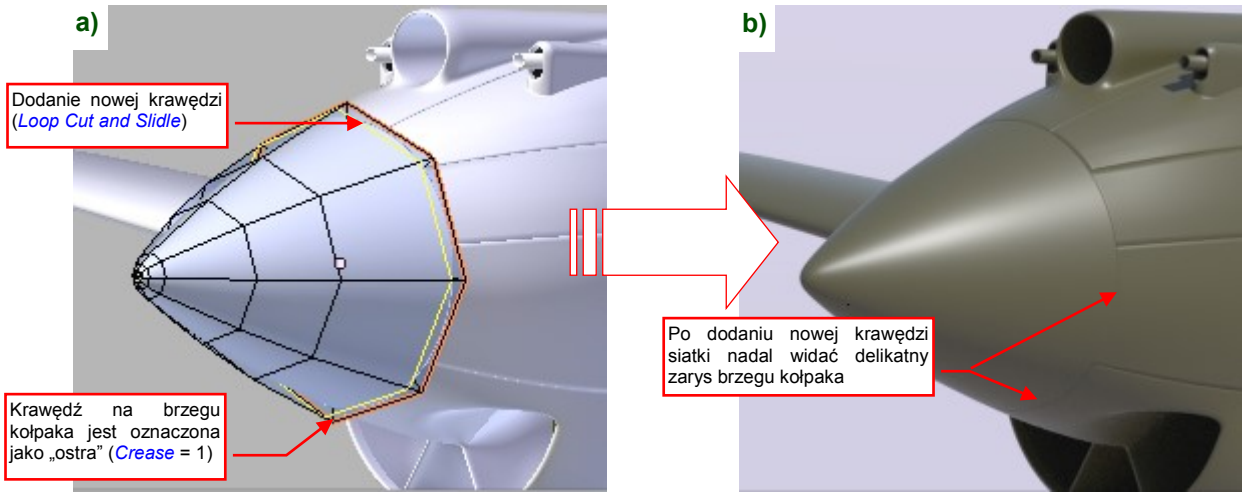
Rysunek 6.34.11 Krawędź nieskorygowana



Rysunek 6.34.12 Krawędź skorygowana

Działanie *Auto Smooth* jest w tym przypadku nieco za mocne: część krawędzi kołpaka zlewa się zupełnie z osłoną silnika (Rysunek 6.34.12).

W takim przypadku pozostaje tylko jedno: wstawienie w pobliżu „ostrej” krawędzi dodatkowego rzędu wierzchołków (np. poleceniem *Loop Cut and Slide* — Rysunek 6.34.13a):



Rysunek 6.34.13 Zmniejszenie cienia na powłoce poprzez wstawienie dodatkowej krawędzi

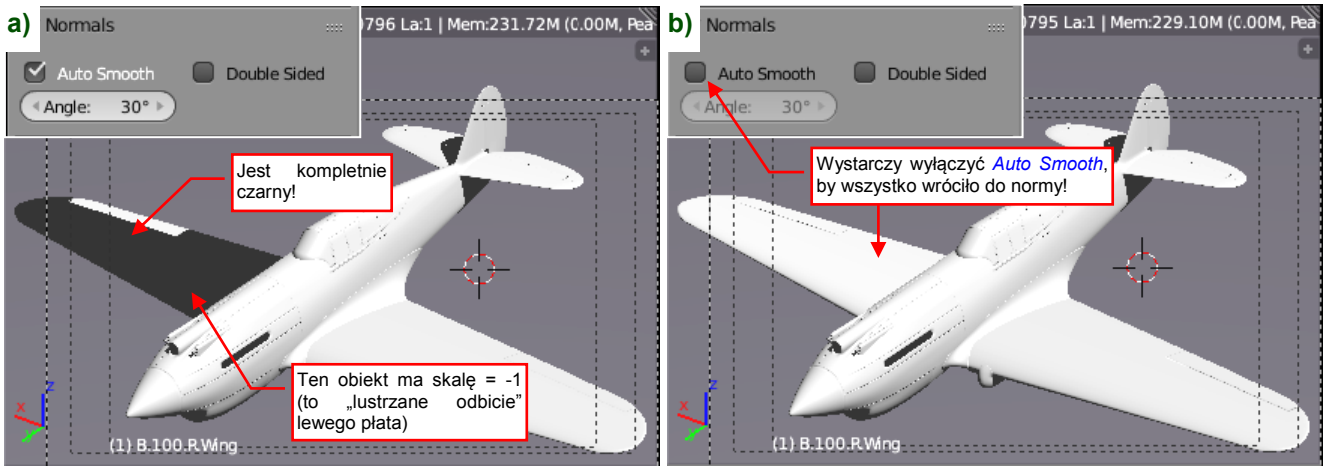
Nowa krawędź przy brzegu kołpaka zdecydowanie zmniejsza efekt zaokrąglenia (Rysunek 6.34.13b).

Jak widzisz, Blender nie pozwala na bezpośrednią manipulację kierunkami normalnych siatki. Możesz to robić pośrednio, aby uzyskać na renderze poprawny efekt ostrej krawędzi. Służą do tego opcje z panelu *Normals*.

- Dopóki można, staraj się eliminować zaburzenia kierunku normalnych wzdłuż ostrych krawędzi opcją *Auto Smooth* i — ewentualnie — modyfikatorem *Bevel*. Dodanie nowej krawędzi do siatki nie eliminuje, a tylko zmniejsza te zaburzenia.

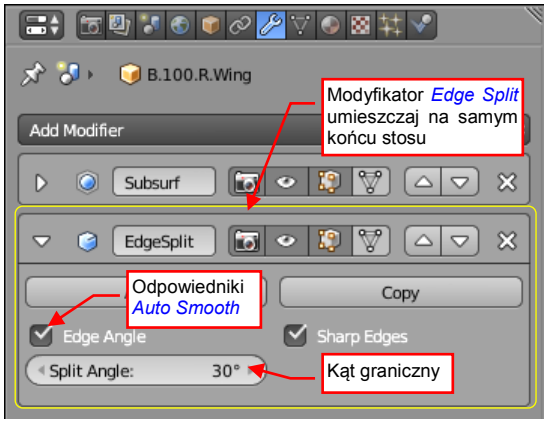
Aby uniknąć poważnych kłopotów na renderze (por. str. 384, Rysunek 6.34.3b), do elementów „szklanych" zawsze stosuj opcje *Auto Smooth* z kątem granicznym = 30°. Można go także używać do większości innych siatek z ostrymi krawędziami (np. siatki płata). Tylko w szczególnych przypadkach warto używać zaznaczania pojedynczych krawędzi flagą *Sharp*, tak jak to pokazałem na str. 385.
Czasami decydowałem się — ale jeszcze na etapie modelowania — wstawiać dodatkowe krawędzie aby usunąć duże zaburzenia kierunku normalnych (por. str. 249). Zrobiłem to „na wszelki wypadek". Sądzę, że w ten sposób te siatki sprawią mniejszy kłopot przy imporcie do jakiegoś programu, za pomocą formatu danych który nie uwzględnia informacji o kierunkach normalnych. Dodanie nowej krawędzi na późniejszych etapach prac nad modelem może być dość kłopotliwe. Gdy siatki modelu są już rozwinięte w przestrzeni UV (por.Tom III) każda nowa krawędź wymaga dodatkowej korekty tego rozwinięcia.

Na koniec warto wspomnieć o pewnym zaskakującym efekcie ubocznym opcji *Auto Smooth*. Gdy stworzyłem pierwszy render samolotu, obiekty, zobaczyłem że prawe skrzydło jest zupełnie czarne (Rysunek 6.34.14a). Taki efekt dotknął wszystkich obiektów, które powstały w wyniku „lustrzanego odbicia" (operacji *Mirror* — tzn. takich, które mają co najmniej jeden ze współczynników skali ujemny):



Rysunek 6.34.14 Niespodziewany efekt opcji *Auto Smooth* (dla „starszych" siatek)

Wystarczyło jednak wyłączyć opcję *Auto Smooth*, aby wszystko wróciło do normy (Rysunek 6.34.14b).
Takie samo działanie jak opcja *Normals:Auto Smooth* ma modyfikator ***Edge Split*** (Rysunek 6.34.15). Należy tylko pamiętać, że modyfikatory są związane z obiektem, a nie z siatką. W modelu przedstawionym powyżej ta sama siatka połowy skrzydła jest użyta dwa razy (i to dlatego prawe skrzydło ma ujemną skalę). Aby uniknąć na płatach sztucznych „przebarwień", po wyłączeniu opcji *Auto Smooth* dodałem modyfikator *Edge Split* do obiektów prawego i lewego skrzydła.



Rysunek 6.34.15 Alternatywa: modyfikator *Edge Split*

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

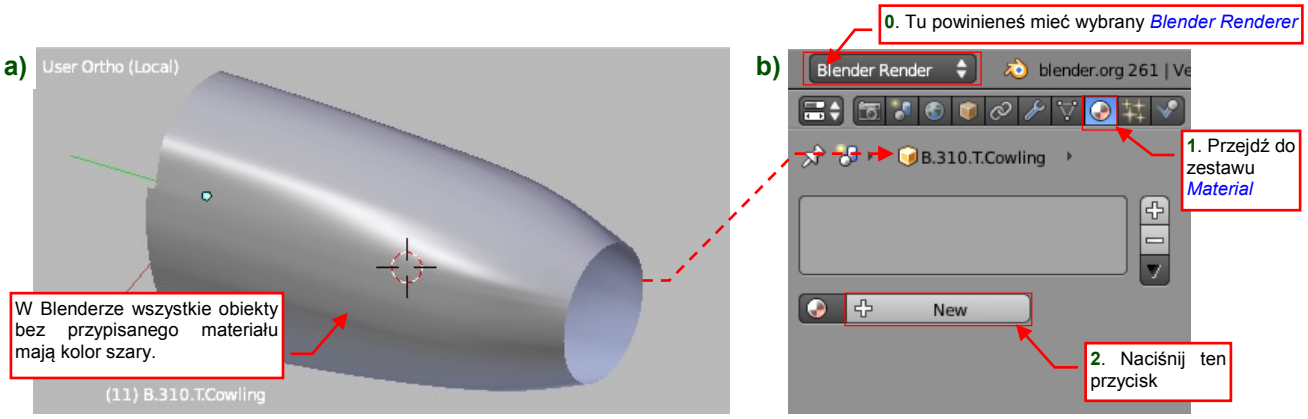
Rozdział 7. Blender — pozostałe

Tu umieściłem wszystkie polecenia Blendera, które nie pasują do pozostałych rozdziałów.

7.1 Zdefiniowanie nowego materiału (dla Blender Renderer)

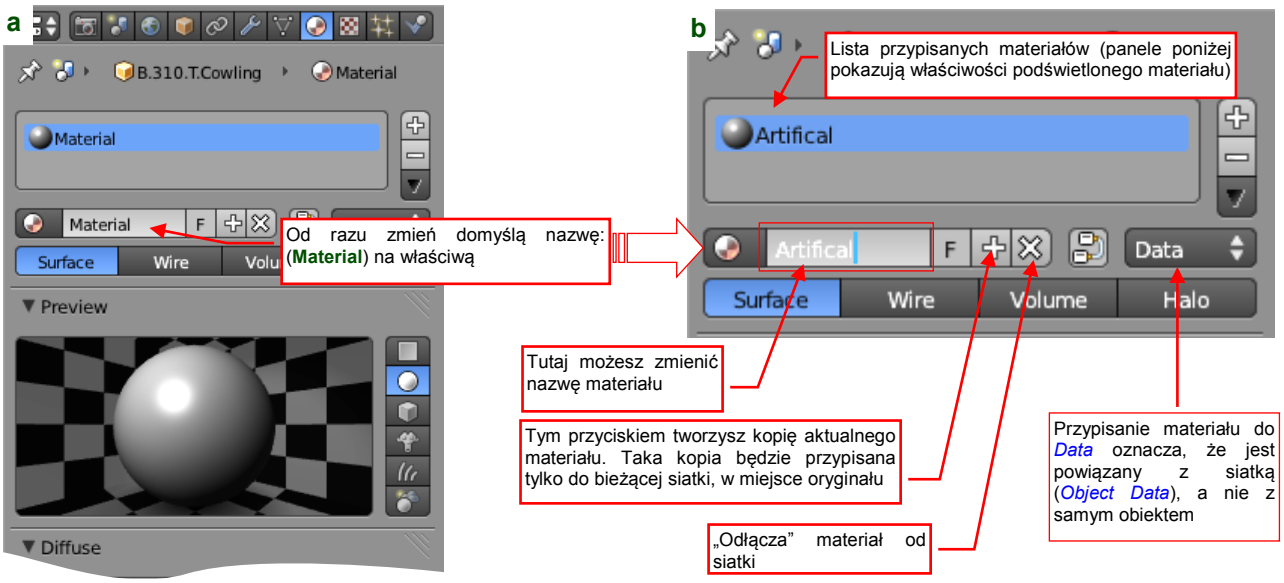
W tym przykładzie poznasz stworzenie najprostszego z możliwych materiałów. Nazwiemy go **Artifical** i będzie miał kolor czerwony. Materiału **Artifical** będziemy używać do wszystkich obiektów pomocniczych, które nie mają się pojawić na ostatecznym obrazie. (Intensywny kolor czerwony pozwoli nam je łatwiej dostrzec w *Object Mode*). Tej barwy potrzebujemy już na etapie modelowania, więc wprowadzam go jako materiał domyślnego silnika renderującego Blendera (*Blender Renderer*, znany także jako *Blender Internal*). Wszystkie pozostałe materiały tego modelu będę już tworzył dla alternatywnego renderera: *Cycles* (por. Tom III).

Zacznijmy od sytuacji wyjściowej: wybraliśmy aktywny obiekt (**B.310.T.Cowling** — Rysunek 7.1.1a). Jest to obiekt pomocniczy, który nie ma się pojawić na jakimkolwiek renderingu. W oknie *Properties* wybierz zestaw ***Material***, i naciśnij przycisk ***New*** (Rysunek 7.1.1b):



Rysunek 7.1.1 Obiekt (a właściwie — siatka) bez przypisanego materiału

W rezultacie Blender stworzył nowy materiał (o domyślnej nazwie **Material**) i przypisał go do siatki aktywnego obiektu. W zestawie *Material* zaroiło się od paneli (Rysunek 7.1.2a):

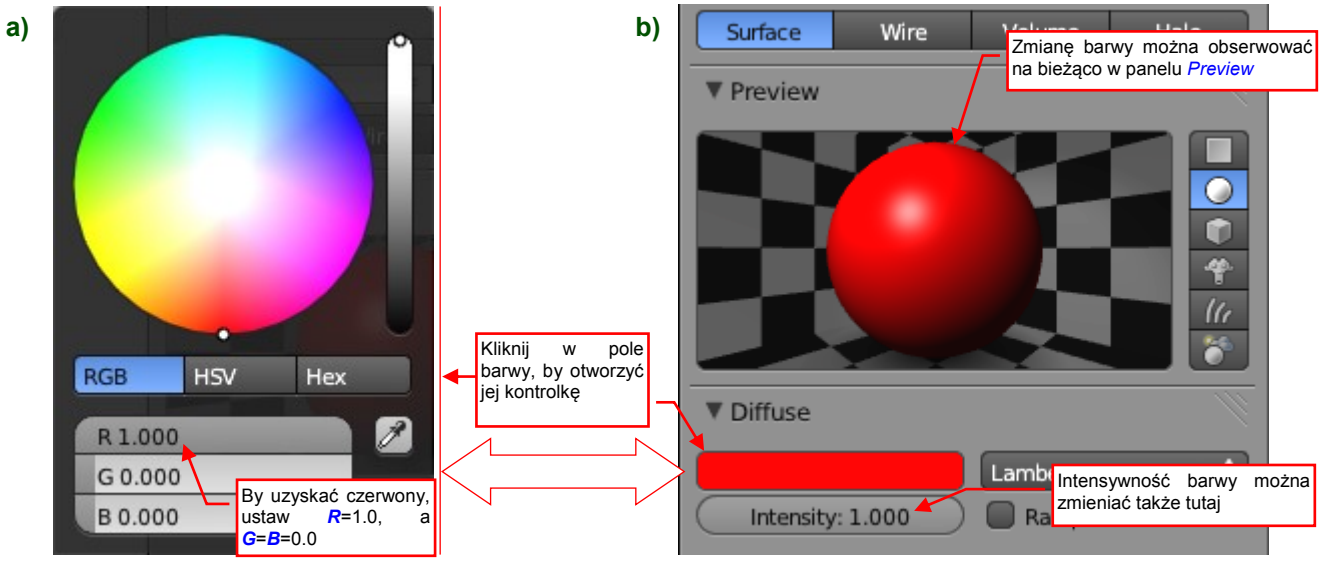


Rysunek 7.1.2 Zmiana nazwy nowego materiału

Najlepiej od razu zmienić temu materiałowi nazwę — w tym przypadku na **Artifical** (Rysunek 7.1.2b).
W konfiguracji, jaką wybraliśmy (por. Rysunek 4.4.3, str. 262 — okno *User Preferences*, przełącznik ***Link Materials To:***) materiał jest przypisany do siatki, a nie do obiektu. Stąd obok nazwy materiału widzisz wybrany tryb *Data* (por. Rysunek 7.1.2b). To skrót od *Object Data*. Blender umożliwia przypisanie różnym fragmentom pojedynczej siatki różnych materiałów, które wybiera się z listy umieszczonej ponad nazwą. (Szczegółowy opis wykorzystania wielu materiałów w jednej siatce znajdziesz na str. 378).

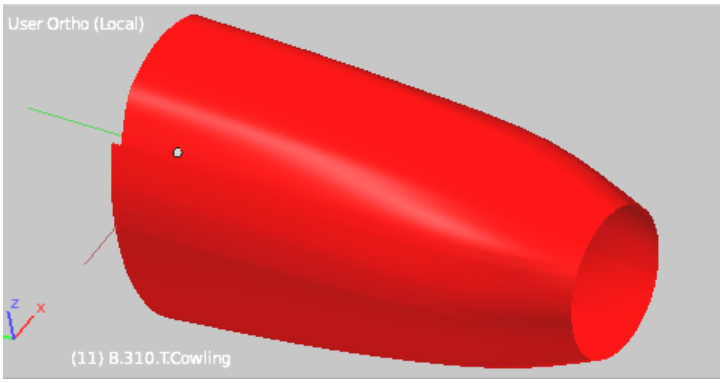
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Wróćmy jednak do naszego materiału **Artifical**. Aby zmienić jego kolor na czerwony, rozwiń kontrolkę barw klikając na pole w panelu ***Diffuse*** (Rysunek 7.1.3):

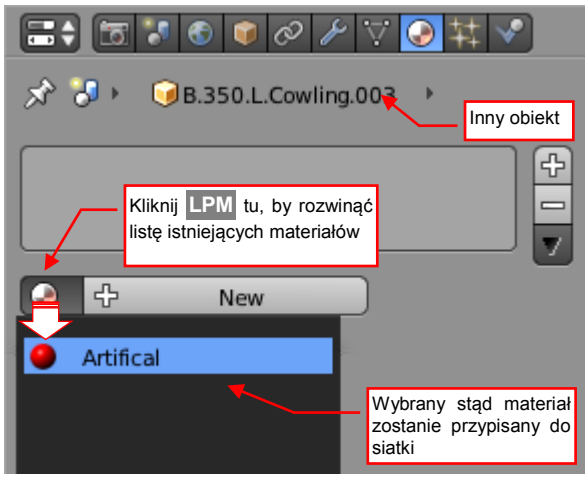


Rysunek 7.1.3 Zmiana barwy materiału

Aby uzyskać jaskrawą czerwień, zmniejsz w niej wartości *G* i *B* do 0.0, a *R* zwiększ do 1.0 (Rysunek 7.1.3a). Zwróć uwagę, że okienko w panelu *Preview* (Rysunek 7.1.3b) na bieżąco reaguje na każdą zmianę, jaką wykonasz w kontrolce. W rezultacie nasz obiekt w oknie *3D View* będzie wyświetlany właśnie w tym kolorze (Rysunek 7.1.4)



Rysunek 7.1.4 Efekt przypisania materiału — zmiana barwy obiektu na czerwoną



Rysunek 7.1.5 Przypisanie istniejącego materiału

Raz utworzony materiał można przypisać wielu obiektom/siatkom. Służy do tego lista rozwijalna (zestawie *Material* — Rysunek 7.1.5). W Blenderze możesz także przypisać materiał wielu obiektom naraz. O tym, jak to zrobić, możesz przeczytać na str. 378.

Gdy zmienisz jakikolwiek parametr takiego wspólnego materiału, ta zmiana natychmiast będzie widoczna na wszystkich siatkach/obiektach, które go używają.

Dodatki

Czytając wcześniejsze rozdziały, zapewne przekonałeś już się, że uwielbiam umieszczać u dołu strony przypisy z dodatkowymi informacjami. Ta część książki to właściwie wybór takich "uwag na marginesie", które w trakcie pisania urosły do rozmiaru całej sekcji ☺.

Jak w każdym dodatku, są to informacje, z których nie musisz korzystać, aby stworzyć e-model samolotu. Czasami jednak mogą się przydać, by coś wyjaśnić lub ułatwić. Mam jednak nadzieję, że znajdziesz tu rozwinięcie wielu zagadnień, które świadomie skracałem w głównym tekście książki.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

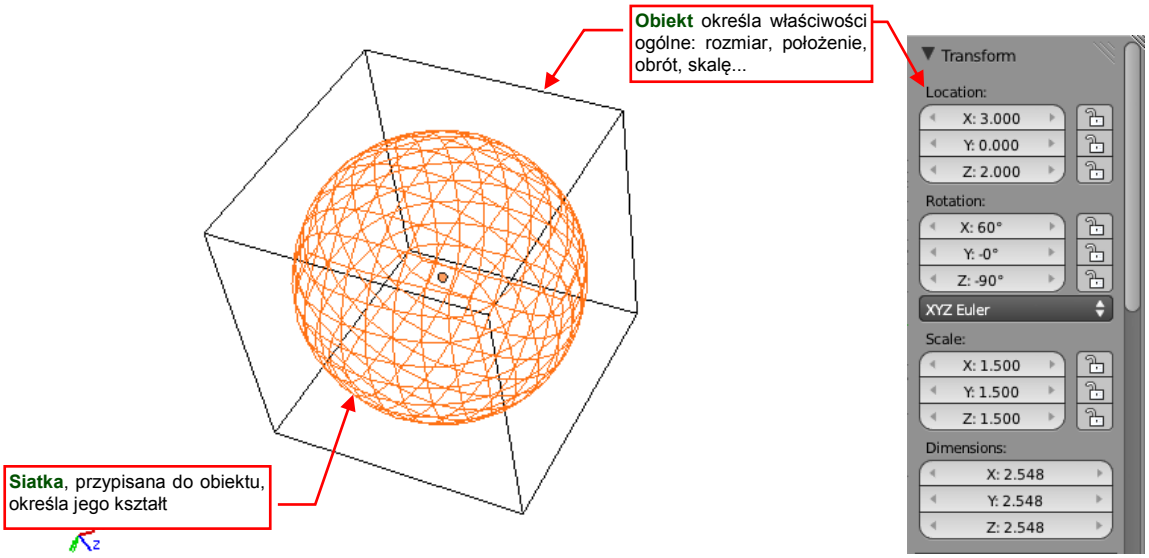
Rozdział 8. Dodatkowe wyjaśnienia

W tym rozdziale umieściłem informacje "dla dociekliwych". Znajdują się tu szczegółowe wyjaśnienia wybranych zagadnień, nad którymi nie chciałem się rozwodzić w części głównej. (Aby nie zbaczać z tematu).

8.1 Struktura danych modelu i sceny w Blenderze

Zapewne wiele razy, podczas pracy z Blenderem, mignęło Ci przed oczami tajemnicze słowo "*datablock*" ("blok danych"). Pojawia się w różnych miejscach i znaczeniach. Gdy zrozumiesz, czym w istocie jest dla Blendera "blok danych", zrozumiesz także zasady, rządzące elementami rysunku (pliku). Pozwoli Ci to poprawnie przewidywać zachowanie programu, i bardzo ułatwi pracę[1].

Każdy model, który stworzyłeś w Blenderze, złożony jest z obiektów (*Object*) . Obiekt możesz traktować jak doskonale przejrzyste "pudełko": ma określony rozmiar, środek (punkt odniesienia), położenie, obrót, skalę. Obiekt "sam z siebie" nie ma żadnego kształtu. Kształt określa siatka (*Mesh*) . Siatka właśnie jest pewnym rodzajem "bloku danych" (*datablock*). Zawiera złożone informacje o wierzchołkach, krawędziach, ścianach powłoki, która ma być rysowana na ekranie. Zazwyczaj każdy obiekt ma przypisaną "własną" siatkę[2] (Rysunek 8.1.1):



Rysunek 8.1.1 Obiekt i jego siatka

Czasami ten sam blok danych — siatka — może być użyta przez kilka różnych obiektów. Przykładem takiej sytuacji jest śmigło modelu P-40 (Rysunek 8.1.2).

To śmigło składa się z trzech identycznych łopat. Rysunek 8.1.2 przy każdym z tych obiektów pokazuje kontekst, wyświetlany w oknie *Properties*. Dwie nazwy, które są na nim widoczne, to odpowiednio:

- poprzedzona ikoną : nazwa obiektu;
- poprzedzona ikoną : nazwa siatki;

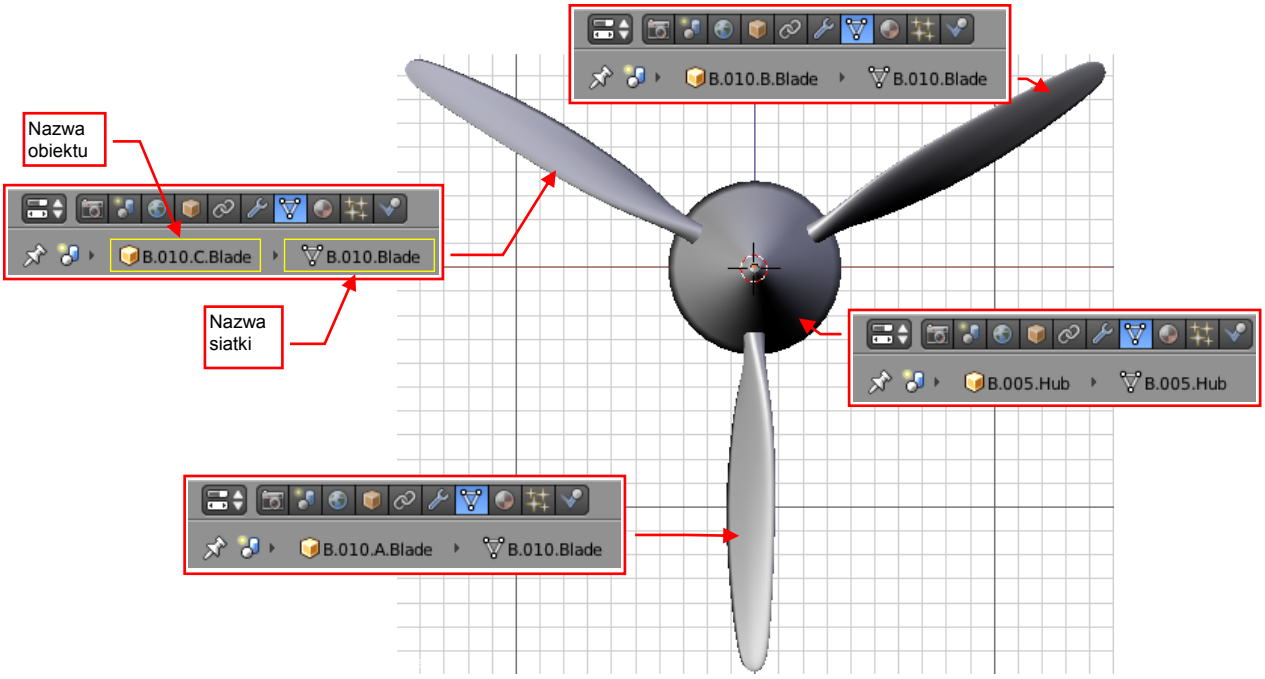
Poprzedzająca je ikona symbolizuje aktywną scenę, w której znajduje się obiekt. Nazwa aktywnej sceny nie jest tu wyświetlana, bo zazwyczaj widać ją przez cały czas u góry ekranu, w nagłówku okna *Info* (por. str. 287).

[1] "*Datablock*" należy do słów, którym udaje się czasami wymknąć z żargonu programistów. W istocie każdy większy program posiada swoje własne słownictwo. Składa się na nie określenia żargonowe, które twórcy używali tak często, że bezwiednie zaczęli umieszczać w komunikatach i objaśnieniach. Ci ludzie żyją z tymi słowami na co dzień, i zupełnie nie zauważają, że "zwykli" użytkownicy mogą ich nie rozumieć. Na przykład w AutoCAD-zie podobnym słowem było "*entity*", przeniesione żywcem z fachowej terminologii baz danych.

[2] Choć nie jest to regułą. W Blenderze istnieje specjalny rodzaj obiektu "pustego", który nie zawiera żadnej siatki. Można go utworzyć za pomocą polecenia *Add→Empty*. "Puste" obiekty używane są do wielu pomocniczych ról — oznaczania ważnego miejsca modelu, określania orientacji tekstur, itp.

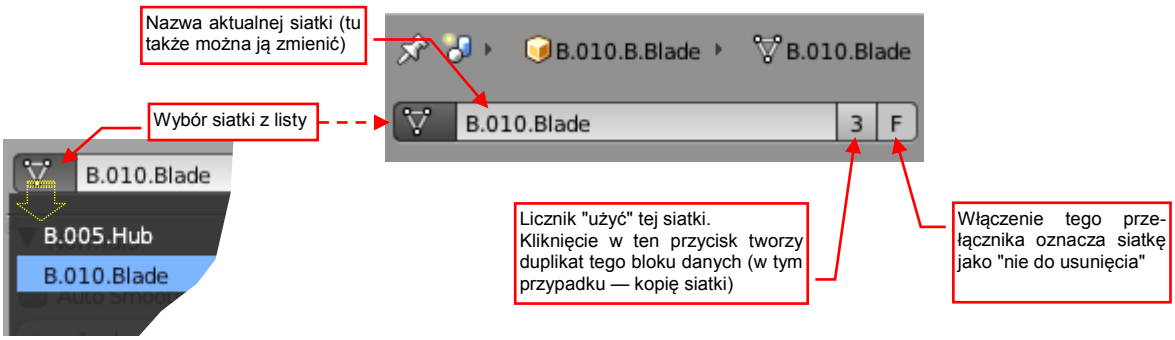
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Przyjrzyj się dokładnie opisom, wyświetlanym przez konteksty, które pokazuje Rysunek 8.1.2, a stwierdzisz, że każda z łopat jest obiektem o nazwie wyróżnionej środkową literą. (**B.010.A.Blade**, **B.010.B.Blade**, **B.010.C.Blade**). Zwróć także uwagę, że każdy z tych obiektów używa tej samej siatki — **B.010.Blade**. Gdy zmodyfikujesz kształt siatki w którymkolwiek z nich — zmienisz kształt wszystkich trzech łopat.



Rysunek 8.1.2 Łopaty śmigła — przykład jednej siatki współdzielonej przez trzy obiekty

Przypisanie bloku danych — w tym przypadku siatki do obiektu — jest na panelach Blendera obsługiwane przez typowy zestaw kontrolek (Rysunek 8.1.3) :



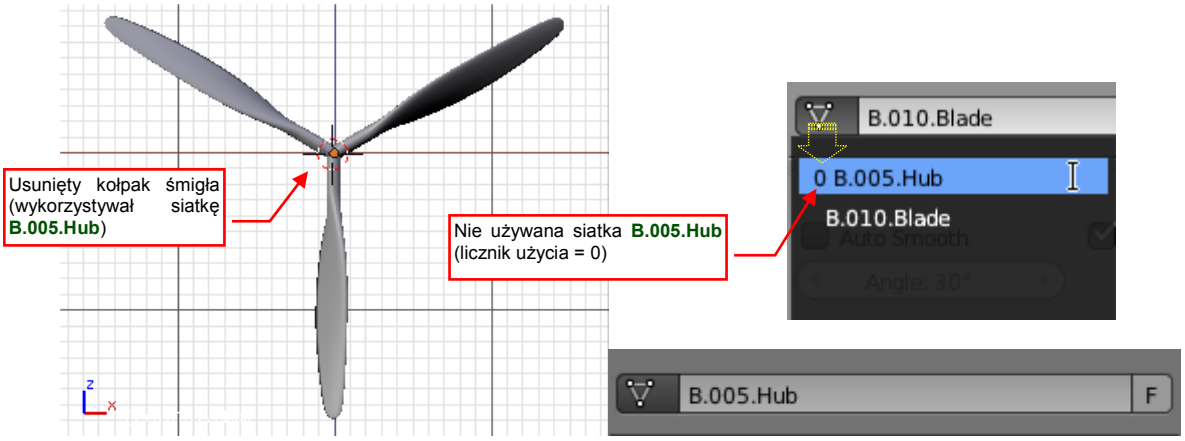
Rysunek 8.1.3 Kontrolki, zarządzające przypisanym blokiem danych

Poniżej opisu kontekstu zestawu *Object Data* (por. str. 63) wyświetlana jest nazwa siatki, aktualnie przypisanej do obiektu. Aby ją zmienić, należy wybrać inną z listy rozwijalnej, otwieranej przyciskiem po lewej. Jeżeli wybierzesz w tym miejscu siatkę o innym kształcie — zmieni się kształt obiektu.

Po prawej stronie nazwy bloku danych umieszczony jest licznik "użycia" (referencji). Siatka **B.010.Blade** jest przypisana do trzech obiektów, stąd na ilustracji widoczna jest liczba 3. Kiedy klikniesz w ten przycisk — Blender utworzy duplikat aktualnej siatki. Duplikat nosi taką samą nazwę jak pierwowzór, z dodatkową końcówką ".001". Duplikat zastępuje oryginalną siatkę, przypisaną do obiektu.

Licznik referencji ("użycia") bloku danych jest w Blenderze niezwykle ważny. Gdy siatka nie jest "użyta" przez żaden obiekt — jej licznik spada do zera. Wszelkie bloki danych o liczniku równym zero są pomijane przy zapisie pliku na dysk. Kołpak śmigła w naszym przykładzie — **B.005.Hub** — miał własną siatkę, o identycznej nazwie: **B.005.Hub**. Gdy usuniemy ten obiekt (*Delete*), siatka **B.005.Hub** nadal będzie istnieć, ale jej licznik "użycia" spadnie do zera.

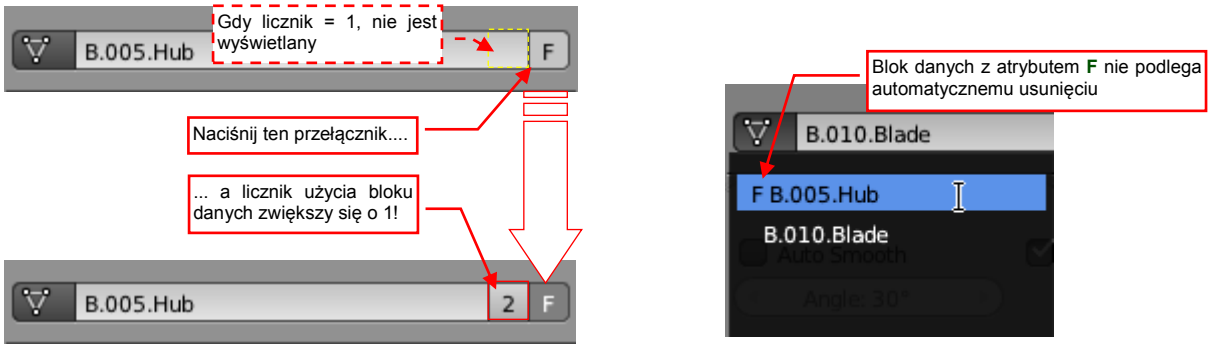
Taki nie używany blok danych Blender oznacza na liście literą "O" (Rysunek 8.1.4) :



Rysunek 8.1.4 Siatka usuniętego kołpaka śmigła

- Wszystkie bloki danych, które nie są wykorzystywane ("osierocone"), Blender pomija przy zapisie na dysk. Są w ten sposób, z opóźnieniem, usuwane z pliku.

Mimo wszystko, jeżeli tego chcesz, możesz uchronić siatkę **B.005.Hub**, przed "czystką" podczas zapisu. Trick polega na włączeniu przełącznik ***F*** (*Fake user*) przed usunięciem obiektu, który zawiera ten blok danych (Rysunek 8.1.5):



Rysunek 8.1.5 Zabezpieczenie bloku danych przed usunięciem — "Fałszywe" (*Fake*) użycie

Włączenie ***F*** powoduje zwiększenie licznika "użycia" o 1. (Oczywiście, zawsze możesz go z powrotem wyłączyć). Dzięki przełącznikowi ***F***, licznik użycia bloku danych zawsze jest > 0.

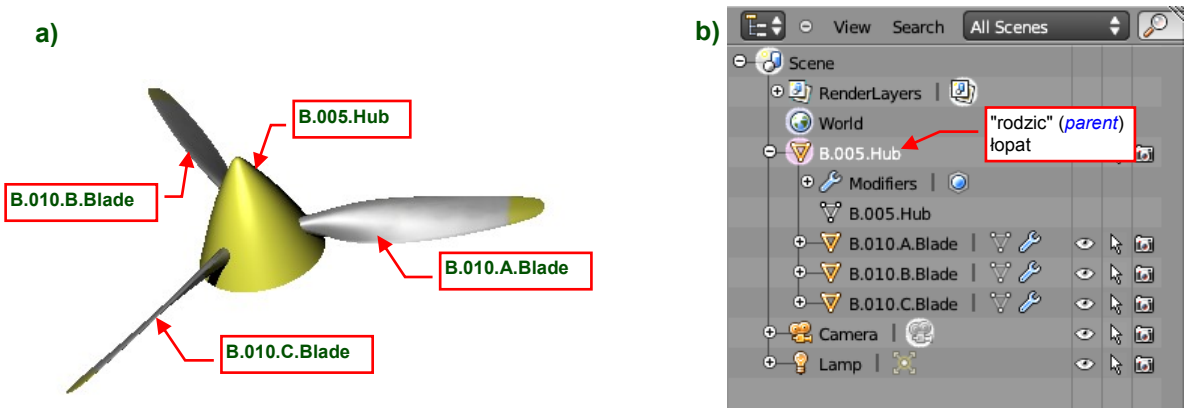
- Blok danych z atrybutem ***F*** nigdy nie będzie usunięty z pliku Blendera. (Nawet wtedy, gdy nie jest użyty przez jakikolwiek obiekt, jego licznik użycia jest = 1).

Blokiem danych w Blenderze jest praktycznie wszystko, z czym pracujesz tworząc scenę. W szczególności są to takie typowe elementy, jak:

- **siatki** (*meshes* — o nich już mówiliśmy): nadają obiektom kształt. Zawierają także inne szczegóły, m.in. współrzędne mapowania tekstury dla każdego wierzchołka;
- **kamery** (*cameras*): pomocniczy rodzaj obiektu, definiujący projekcję. Używany podczas renderowania;
- **lampy** (*lamps*): źródła światła, używane podczas renderowania
- **obiekty** (*objects*): to „obudowa", której zawartość (określana jako *Object Data* — por. str. 63) jest referencją do jednego z bloków danych wyliczonych powyżej;
- **materiał(y)** (*materials*), przypisane do siatek: nadają powierzchniom podstawową barwę, oraz określają inne ich parametry, takie jak przejrzystość, połyskliwość, itp.;
- **tekstury** (*textures*), przypisane do materiałów: wzbogacają jednolitą barwę materiału elementy w innych kolorach, zabrudzenia. Pozwalają także uzyskać efekt drobnych nierówności;
- **obrazy** (*images*), przypisane do tekstur: zawierają obraz, wykorzystywany przez teksturę;

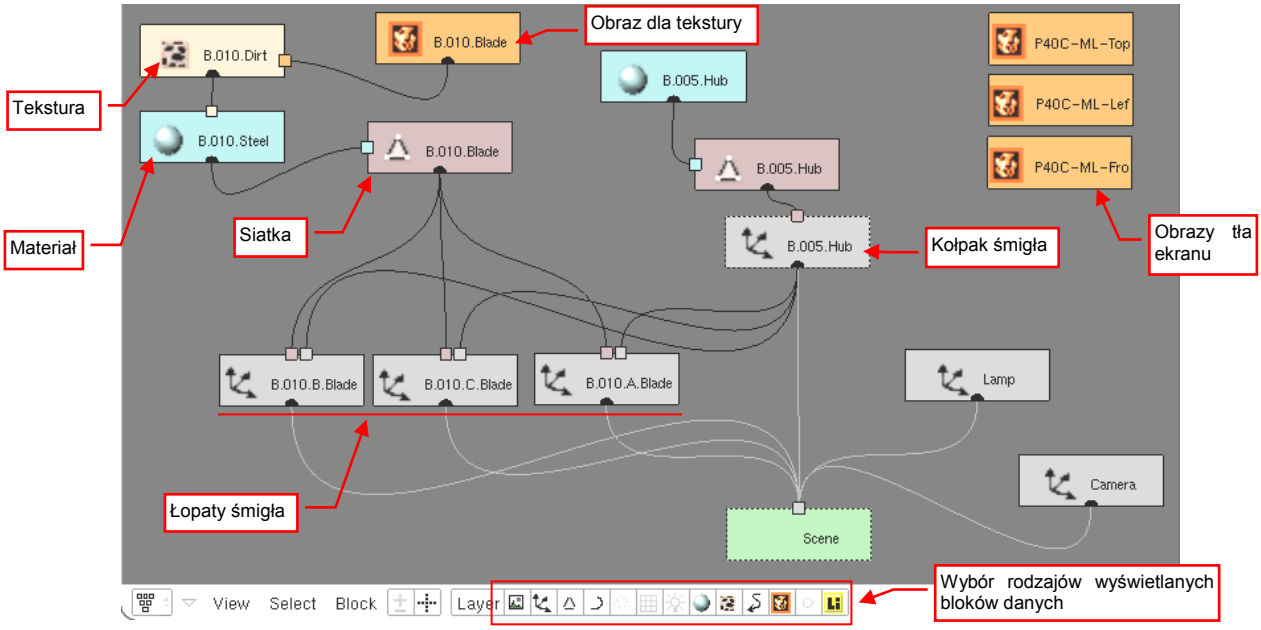
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Prezentowany wcześniej model kołpaka śmigła składa się z czterech obiektów: kołpaka śmigła (**B.005.Hub**) i trzech łopat (**B.010.x.Blade**) (Rysunek 8.1.6a). Łopaty są przypisane (relacją *parent*) do kołpaka (Rysunek 8.1.6b):



Rysunek 8.1.6 Śmigło i jego struktura (w oknie *Outliner*)

Kołpak ma przypisany materiał **B.005.Hub** (nadający mu żółty kolor). Łopaty wykorzystują materiał **B.010.Steel**, który ma przypisaną teksturę **B.010.Dirt**. Tekstura **B.010.Dirt** korzysta z obrazu **B.010.Blade**, nakładając na łopatę żółte końcówki i zabrudzenia. Rysunek 8.1.7 przedstawia to na tzw. schemacie *Oops*:



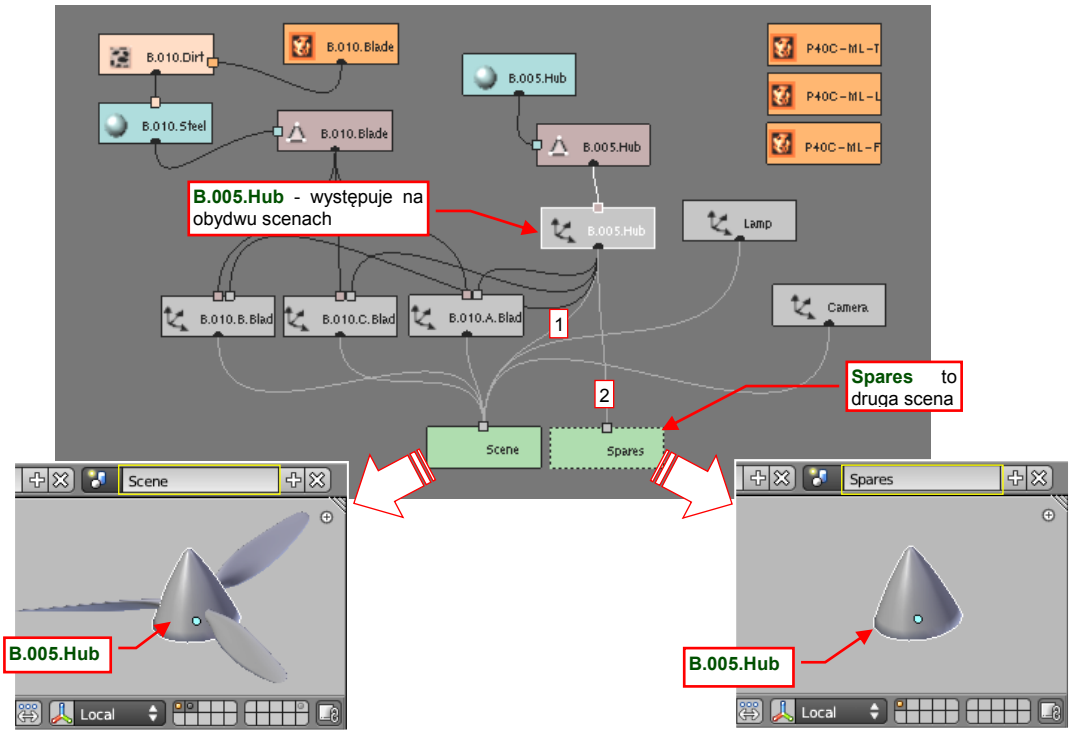
Rysunek 8.1.7 Inny sposób przedstawienia struktury modelu śmigła (schemat *Oops* z Blendera 2.49)

Schemat *Oops* był dostępny w Blenderze 2.4, w wersji 2.5 z niego zrezygnowano. Pozostawiłem go tutaj, gdyż dobrze obrazuje strukturę pliku Blendera. Każdy prostokąt, który na nim widzisz, to jakiś blok danych. Każda z linii oznacza pojedyncze zwiększenie licznika bloku danych, z którego wychodzi. Na przykład: tekstura **B.010.Dirt** jest używana tylko raz. Jeżeli usuniesz ją z materiału **B.010.Steel**, zostanie pominięta przy najbliższym zapisaniu pliku. "Osierocony" zostanie wówczas używany przez tę teksturę obraz **B.010.Blade**. Ten obraz zostanie pominięty przy kolejnym zapisie. (Stąd uwaga praktyczna: czasami trzeba dwa — trzy razy zapisać, zamknąć i otworzyć plik, by wszelkie niepotrzebne "śmieci" zostały z niego usunięte).

W prawym górnym narożniku schematu (Rysunek 8.1.7) widać trzy obrazy, które nie są "powiązane" z niczym. Dlaczego nie zostały usunięte? Ponieważ są to tła poszczególnych widoków 3D: rysunki samolotu w rzucie z góry, lewej i przodu. Każdy z nich ma w istocie licznik użycia = 1, bo jest przypisany do konkretnego okna *3D View* (jako *Background Image* — por. str. 275). Schemat *Oops* nie pokazywał wszelkich połączeń w pliku Blendera, obrazował tylko strukturę sceny. Np. innym rodzajem bloku danych są teksty, które można przeglądać w oknie *Text Editor*. To także bloki danych "używane" przez plik, a nie konkretną scenę.

Rysunek 8.1.7 pokazuje, że obiekty — **B.005.Hub**, **B.010.x.Blade**, a także **Lamp** i **Camera** — są także blokami danych. Ich "użytkownikiem", dzięki któremu mają przypisane "użycia", jest scena.

Rysunek 8.1.8 demonstruje strukturę pliku Blendera, w którym utworzyłem drugą scenę (por. str. 283) — nazwałem ją **Spares**.



Rysunek 8.1.8 Dwie oddzielne sceny w jednym pliku

Scena — to brzmi dumnie. W tym przypadku jednak to tylko nowa, pusta przestrzeń, w której umieściłem drugi raz kołpak śmigła[1]. Popatrz na schemat *Oops* (Rysunek 8.1.8) — obiektowi **B.005.Hub** przybyła jeszcze jedna linia, czyli jeszcze jedno "użycie". Jeżeli teraz nawet usunę ten obiekt ze sceny **Scene**, to pozostanie w drugiej scenie — **Spares**. Zawsze mogę go stamtąd przywołać. W ten sposób można używać drugiej sceny jak "podręcznego składziku". W przestrzeni **Spares** można przechowywać różne obiekty, które się jeszcze przydadzą, a których nie chcę widzieć w podstawowej scenie.

Obiekt, który jest użyty na wielu scenach, w każdej z nich ma to samo położenie, obrót, skalę. W końcu nic dziwnego — każda ze scen zawiera tylko odnośnik do jednego bloku danych, opisującego obiekt.

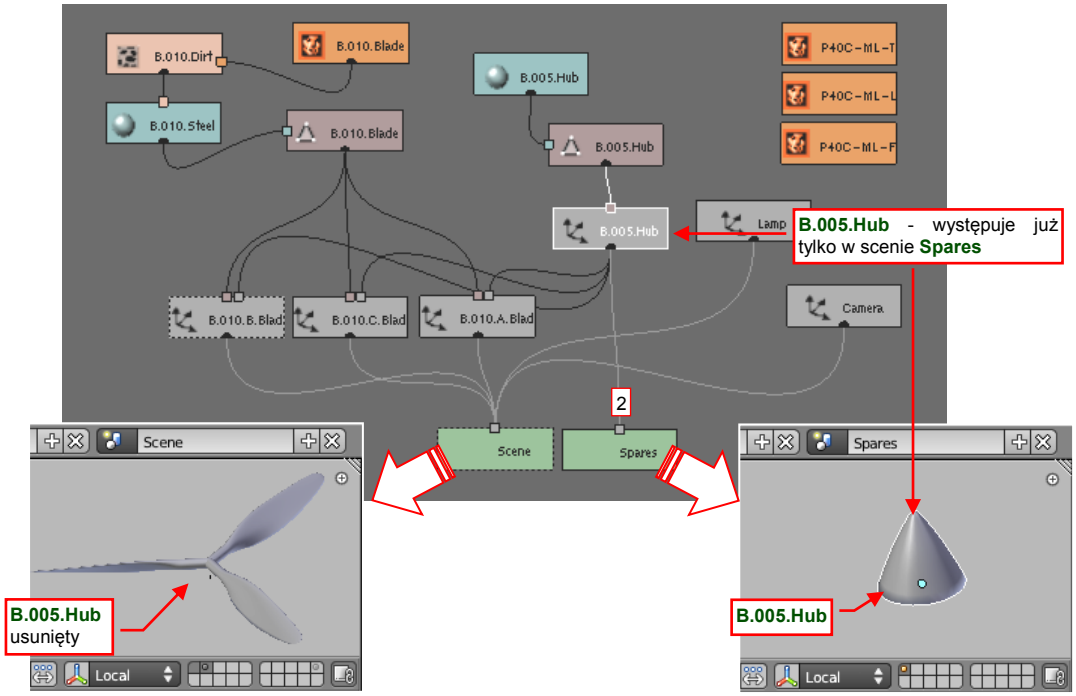
Rysunek 8.1.9 przedstawia strukturę pliku po usunięciu ze sceny **Scene** kołpaka śmigła (obiektu **B.005.Hub**). Usunięcie spowodowało zmniejszenie licznika użycia obiektu **B.005.Hub** o 1. Gdyby występował tylko na jednej scenie — zostałby pominięty przy najbliższym zapisie na dysk[2]. Tak się jednak nie stanie, gdyż **B.005.Hub** nadal występuje w drugiej scenie, i jego licznik jest nadal większy od 0.

---

[1] poleceniem *Object→Make Links→To Scene*

[2] Zauważ, że mimo usunięcia ze przestrzeni **Scene**, obiekt **B.005.Hub** pozostał obiektem nadrzędnym (*parent*) dla łopat śmigła (Rysunek 8.1.9). Dzięki temu ma trzy dodatkowe "użycia". To wygląda trochę na jakieś niedopatrzenie w Blenderze, gdyż w sytuacji jak na rysunku te powiązania nie działają poprawnie. (Gdy w przestrzeni **Spares** przesuniesz lub obrócisz **B.005.Hub**, nie spowoduje to żadnych zmian w położeniu łopat w przestrzeni **Scene**). W dodatku, gdyby **B.005.Hub** istniał tylko na scenie Scene, jego usunięcie usunęłoby także powiązania typu "*parent*" z łopatami. W efekcie zostałby "wyrugowany" z pliku, tak jak to opisałem.

© *Witold Jaworski, 2009 - 2015.*



Rysunek 8.1.9 Struktura pliku po usunięciu obiektu B.005.Hub **ze sceny** Scene

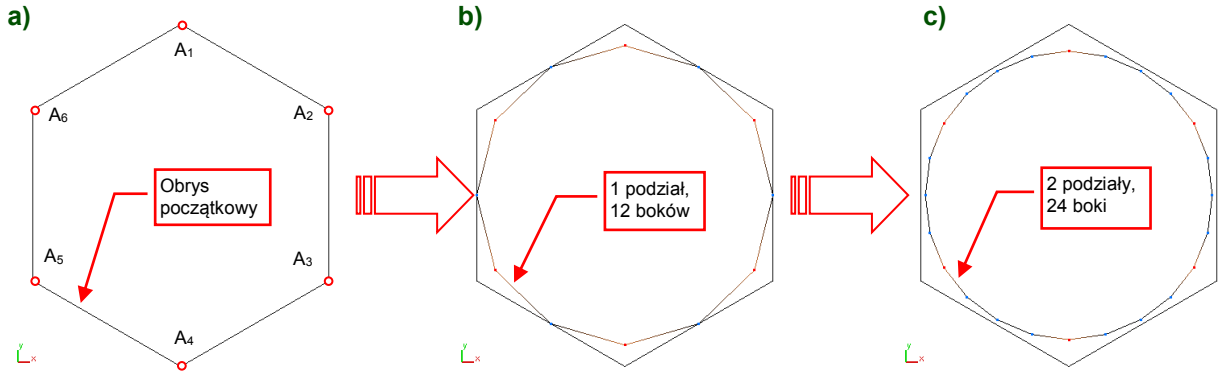
- Plik Blendera może zawierać wiele scen. Te same elementy modelu może występować w każdej z nich. Można ich także użyć tylko w jednej ze scen.

Za pomocą scen można przechowywać w jednym pliku różne wersje samolotu. Części wspólne dla wszystkich wersji są wówczas współdzielone pomiędzy scenami. Części specyficzne — występują tylko w jednej scenie.

8.2 Powierzchnie podziałowe (modyfikator *Subdivision Surface*)

Nim opowiem o powierzchniach podziałowych, zacznijmy od przypadku prostszego — linii (krzywej) podziałowej. Linia taka powstaje w Blenderze wówczas, gdy zastosujesz modyfikator *Subdivision Surface* (określany także skrótem *Subsurf*) do siatki, składającej się tylko z jednego rzędu wierzchołków. *Subsurf* w pojedynczym kroku dzieli każdą krawędź oryginalnego wieloboku na dwie, tworząc nową, bardziej "gładką" linię.

Rysunek 8.2.1 pokazuje przykład podziału. Sześciokąt (Rysunek 8.2.1a) jest linią przed wygładzeniem. Będę go określał dalej jako **wielobok oryginalny**. Każda zmiana położenia któregokolwiek z jego wierzchołków (**A_1..A_6**) zmieni kształt wyznaczanej linii podziałowej. Z tego powodu wielobok oryginalny jest także nazywany **wielobokiem sterującym** (ang. *control polyygon*)[1] . Punkty **A_1..A_6** to **punkty sterujące**.



Rysunek 8.2.1 Linie podziałowe sześciokąta — wyjściowa i po kolejnych podziałach

Każda kolejna linia podziałowa to wielobok, który ma dwa razy więcej wierzchołków niż ten, z którego powstał. Rysunek 8.2.1b) przedstawia rezultat pierwszego podziału sześciokąta. (W Blenderze, w ustawieniach modyfikatora *Subdivison Surface*, odpowiada to wartości *Level* = 1). Jest to regularny wielobok, o dwunastu wierzchołkach. Rysunek 8.2.1c) przedstawia rezultat kolejnego podziału, tym razem dwunastoboku z rysunku b). (W ustawieniach modyfikatora *Subdivision Surface*, odpowiada to wartości *Level* = 2). Jest to obrys o 24 wierzchołkach, bardzo zbliżony do okręgu!

Krzywa, którą stałaby się linia podziałowa w wyniku nieskończonej liczby podziałów, nazwijmy krzywą "**ostateczną**". Zazwyczaj już po dwóch - trzech podziałach oryginalnego wieloboku, linie podziałowe osiągają kształt niewiele różniący się od ostatecznego. Dzięki tej właściwości, w wyniku niewielkiej liczby obliczeń można uzyskać jego dobre przybliżenie. To duża zaleta tego modelu matematycznego.

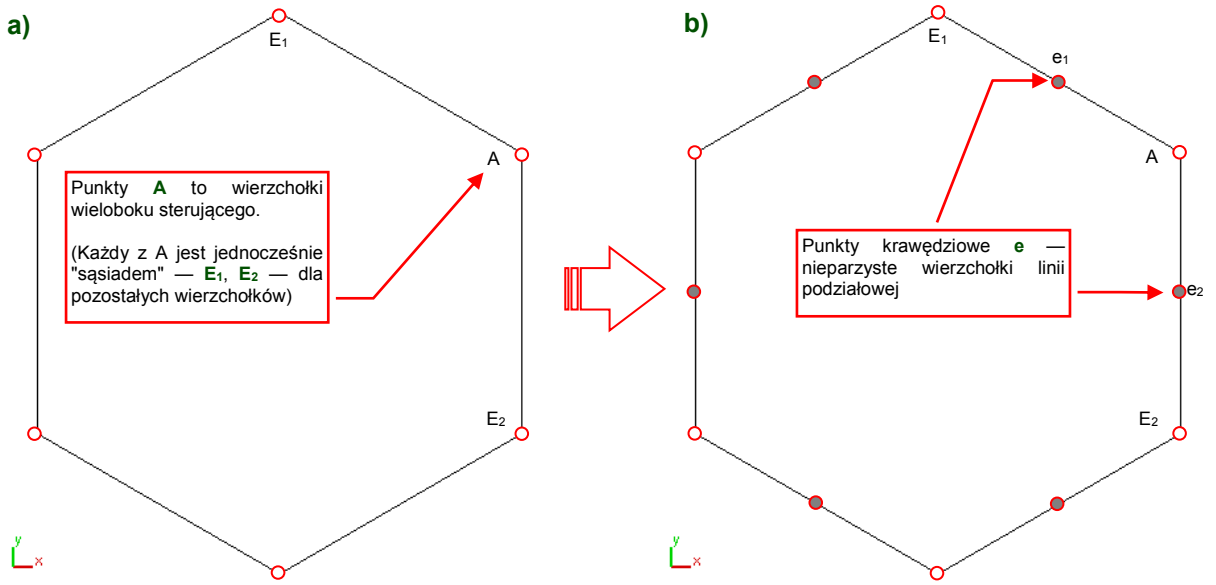
Według jakich reguł są wyznaczane wierzchołki krzywych podziałowych? Przedstawię je na przykładzie wyznaczania nowych punktów wokół pojedynczego wierzchołka oryginalnego sześciokąta (Rysunek 8.2.2). (Taki sam proces podziału zachodzi dla każdego wierzchołka wieloboku).

Analizowany wierzchołek oryginalnego wieloboku oznaczmy jako **A** (Rysunek 8.2.2a). Sąsiednie wierzchołki oznaczyłem jako **E_1** i **E_2**. (Każdy z nich odegra identyczną rolę jak wierzchołek **A**, wobec "swojego" fragmentu linii podziałowej. Dla wierzchołka **A** są jednak tylko "sąsiadami").

[1] W wielu polskich publikacjach używane jest także inne określenie — punkty kontrolne. Uważam to za nieszczęśliwą kalkę z języka angielskiego. Angielskie *control* oznacza po polsku *sterowanie*, a "kontrola" w naszym języku oznacza raczej *sprawdzanie*, *weryfikację*. "Punkty kontrolne" krzywych (podziałowych, Beziera, B-sklejanych) wcale nie służą do jakiejkolwiek kontroli!

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

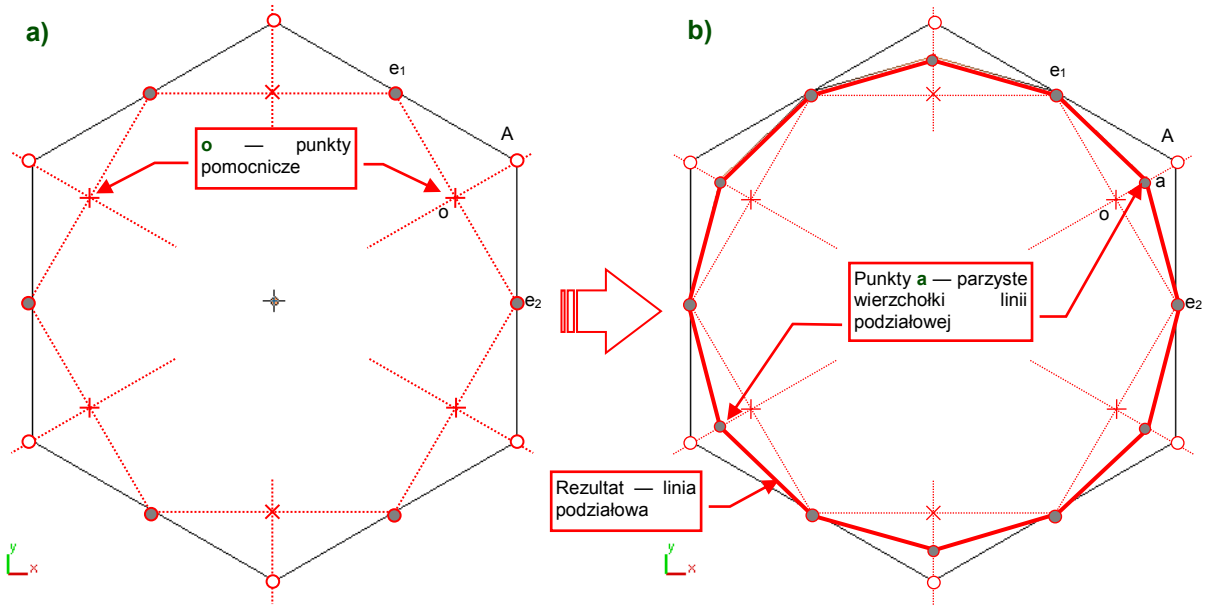
Co drugi wierzchołek linii podziałowej leży w środku boku oryginalnego wieloboku. W przykładzie (Rysunek 8.2.2b) to sześć wierzchołków (wśród nich punkty **e_1**, **e_2**, związane z wierzchołkiem **A**). Nazwijmy je "**krawędziowymi**", bo leżą na krawędziach wieloboku sterującego.



Rysunek 8.2.2 Wyznaczenie wierzchołków e — "krawędziowych" punktów linii podziałowej

Aby znaleźć pozostałe wierzchołki, wyznacz najpierw pomocnicze punkty **o_k**, leżące w połowie odległości pomiędzy odpowiednimi punktami krawędziowymi **e_k** i **e_{k+1}**. (Rysunek 8.2.3a pokazuje jeden z nich jako punkt **o**, umieszczony w połowie odcinka |**e_1 e_2**|).

Pozostałe sześć punktów linii podziałowej — **a**, "**wierzchołkowych**" — leży w połowie odpowiednich odcinków |**A o**| (Rysunek 8.2.3b). Łącząc wierzchołki **a** i **e** uzyskamy linię podziałową:

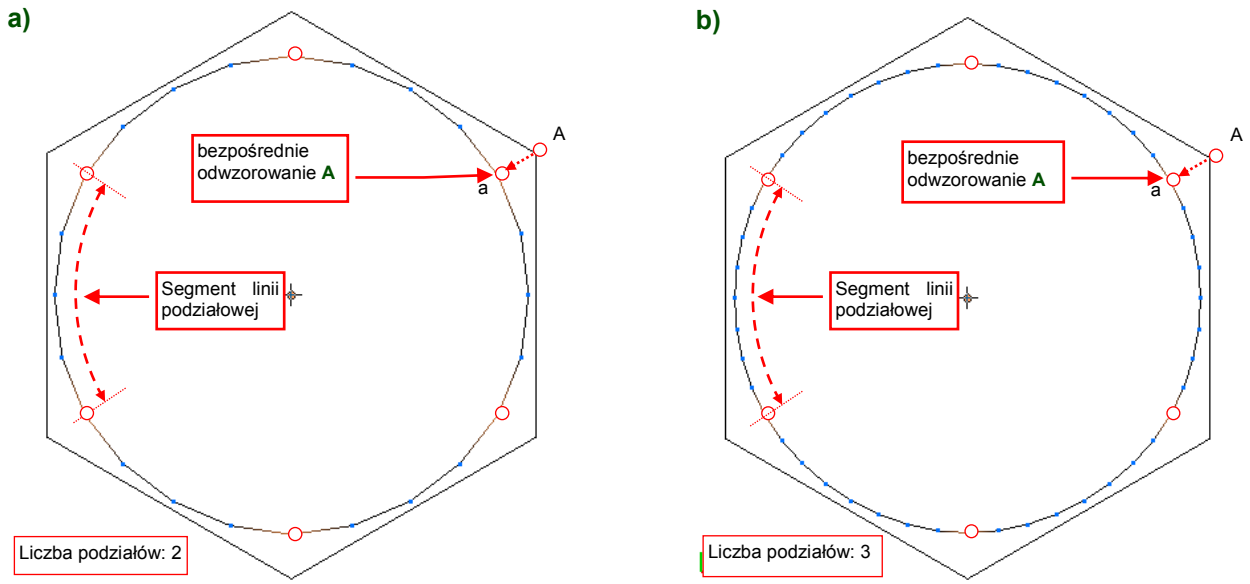


Rysunek 8.2.3 Wyznaczenie wierzchołków a — "wierzchołkowych" punktów linii podziałowej

Rysunek 8.2.3b pokazuje, że z wierzchołka **A** oryginalnej siatki powstały:

- wierzchołki **e_1** i **e_2** (współdzielone z rezultatami podziału sąsiednich wierzchołków);
- wierzchołek **a**, który można traktować jako odwzorowanie oryginalnego wierzchołka **A** na nowym wieloboku.

W każdym kolejnym podziale można wskazać taki punkt wierzchołkowy **a**, który jest bezpośrednim odwzorowaniem oryginalnego wierzchołka wieloboku sterującego **A** (Rysunek 8.2.4):



Rysunek 8.2.4 Segmenty linii podziałowej dla różnych poziomów podziału

Te "bezpośrednie odwzorowania" punktów **A** pozwalają wyróżnić na linii podziałowej tyle **segmentów**, ile boków ma wielobok sterujący (Rysunek 8.2.4).

Rysunek 8.2.2 i Rysunek 8.2.3 podały "wykreślną" metodę wyznaczenia nowej linii podziałowej. Komputery nie jest jednak maszyną "geometryczną", tylko "algebraiczną". Jego procesor oblicza linie i powierzchnie podziałowe w oparciu o współrzędne wierzchołków wieloboku sterującego. W porównaniu z innymi krzywymi stosowanymi w grafice komputerowej (*Beziera*, *B-sklejanymi*), wzory te są bardzo proste. Sądzę, że pozwalają dostrzec zależności linii podziałowej od wieloboku sterującego, które nie są oczywiste w metodzie "wykreślnej":

$$e_1 = \frac{1}{2}(E_1 + A)\,; \qquad e_2 = \frac{1}{2}(A + E_2)$$ (por. Rysunek 8.2.2)

Wyr. 8-1 Współrzędne punktów krawędziowych[1]

$$a = \frac{1}{8}E_1 + \frac{6}{8}A + \frac{1}{8}E_2$$ (por. Rysunek 8.2.3)

Wyr. 8-2 Współrzędne punktów wierzchołkowych

Matematycy dowiedli, że krzywa ostateczna, do której zmierzają linie podziałowe opisane Wyr. 8-1 i Wyr. 8-2, to tzw. jednorodna linia B-sklejana (*uniform B-spline* — *UB*), trzeciego stopnia (*cubic*) . Oznacza to tyle, że linie podziałowe są dobrym przybliżeniem pewnej odmiany stosowanych od lat w grafice komputerowej krzywych NURBS[2].

---

[1] Wszystkie wyrażenia w tej sekcji tekstu operują na zapisie wektorowym. Symbole, które w nich występują, to w istocie wektory trzech współrzędnych: $\{x, y, z\}$. Stąd np. wzór na e_1 z Wyr. 8-1 może być zapisany jako układ trzech niezależnych równań, dla każdej współrzędnej oddzielnie: $x_e = {}^1/_2\,(X_E + X_A)$; $y_e = {}^1/_2\,(Y_E + Y_A)$; $z_e = {}^1/_2\,(Z_E + Z_A)$;
gdzie $e_1 = \{x_e, y_e, z_e\}$, $E_1 = \{X_E, Y_E, Z_E\}$, $A = \{X_A, Y_A, Z_A\}$

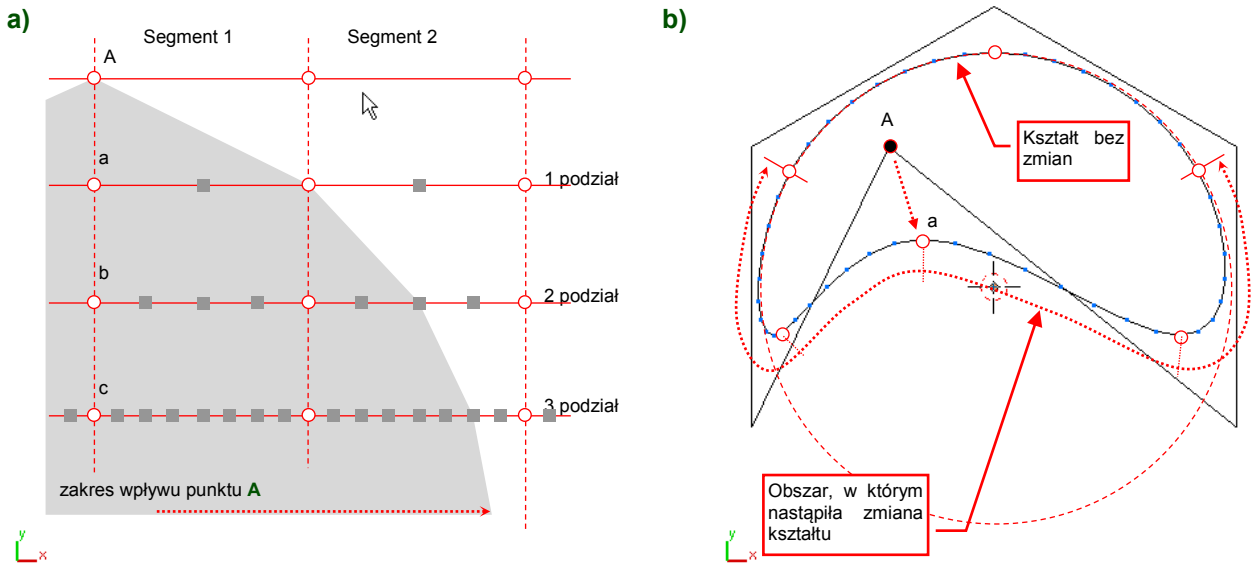
[2] Dokładniej: NURBS oznacza "**N**on-**U**niform, **R**ational **B**-**S**pline" — "niejednorodna, ułamkowa krzywa B-sklejana". Jest to szeroka rodzina różnorodnych linii. Wśród nich są także "jednorodne krzywe B-sklejane" (oznaczane czasami jako UB).Tak więc ostatecznym kształtem, do jakiego dąży każda linia podziałowa, jest krzywa UB, której punktami sterującymi są wierzchołki oryginalnego wieloboku linii podziałowej.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Linie podziałowe zachowują właściwości NURBS, m.in. :

- ciągłość promienia krzywizny wzdłuż całej linii (dzięki temu krzywa wydaje się być bardziej "płynna" od np. połączenia kilku łuków);
- sterowanie kształtem linii poprzez zmianę położenia wierzchołków oryginalnego wieloboku (punktów sterujących);
- "lokalność" zmian: przesunięcie pojedynczego punktu sterującego wywołuje zmianę kształtu linii podziałowej tylko w pobliżu tego punktu.

Ta ostatnia z wyliczonych właściwości — ograniczony zasięg wpływu punktu sterującego na kształt krzywej — bardzo się przydaje w praktyce. Ale co to właściwie znaczy "w pobliżu punktu sterującego"? Otóż z Wyr. 8-1 i Wyr. 8-2 wynika, że położenie każdego wierzchołka linii podziałowej zależy od (co najwyżej) trzech sąsiednich punktów sterujących (**E_1**, **A**, **E_2**). Ta reguła dotyczy pojedynczego podziału. A gdzie się kończy wpływ punktu **A** na krzywą podziałową, która powstała w wyniku dwóch lub więcej podziałów? Rysunek 8.2.5a) pokazuje rozszerzanie się obszaru wpływu oryginalnego wierzchołka **A** na kolejne linie podziałowe. Wygląda na to, że wpływ ten nigdy nie osiągnie granicy drugiego segmentu linii:



Rysunek 8.2.5 Granica wpływu punktu sterującego na kształt krzywej

Rysunek 8.2.5b) pokazuje tę właściwość w praktyce. Zmieniłem położenie wierzchołka **A** oryginalnego sześciokąta. Krzywa podziałowa zmieniła swój kształt z "prawie idealnego okręgu" (por. Rysunek 8.2.4b) na coś mniej regularnego. Przyjrzyj się temu kształtowi dokładnie. Zauważ że zmianie uległ kształt tylko 4 segmentów najbliższych wierzchołkowi **A** (po dwa z każdej strony). Segmenty bardziej odległe (mierząc wzdłuż linii) są bez zmian!

- Wpływ każdego punktu sterującego na kształt linii podziałowej jest ograniczony tylko do czterech najbliższych segmentów tej linii (po dwa z każdej strony punktu).

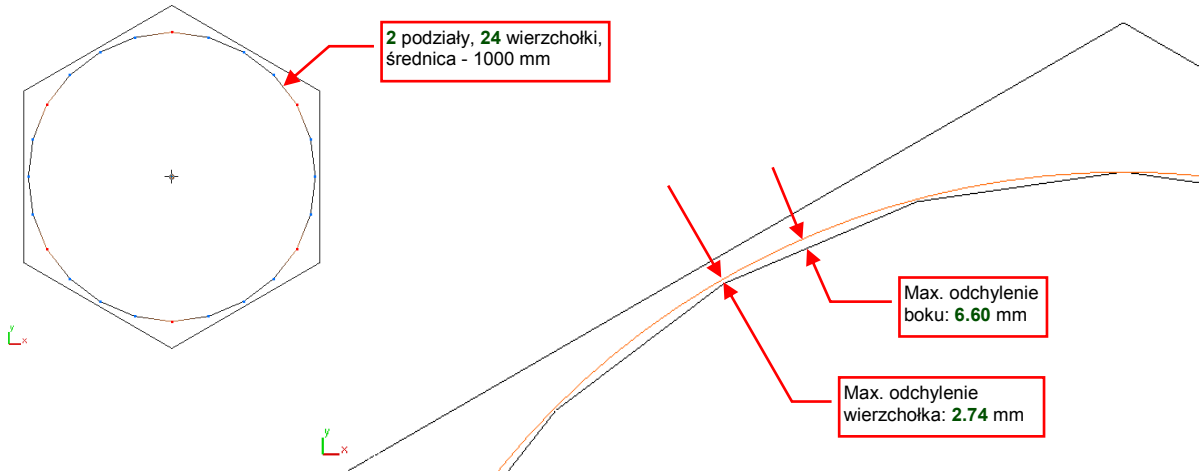
* * *

Podczas modelowania różnorodnych konstrukcji mechanicznych trzeba tworzyć różne okrągłe elementy, lub otwory. Im mniej punktów ma ich wielobok sterujący, tym lepiej (szybszy rendering, mniej pracy z modelowaniem). Z drugiej strony rezultat podziału powinien być jak najbardziej zbliżony do okręgu. Warto więc sprawdzić, na ile dokładne "koło" można uzyskać z podziału jakiejś figury o niewielkiej liczbie boków, np. sześciokąta.

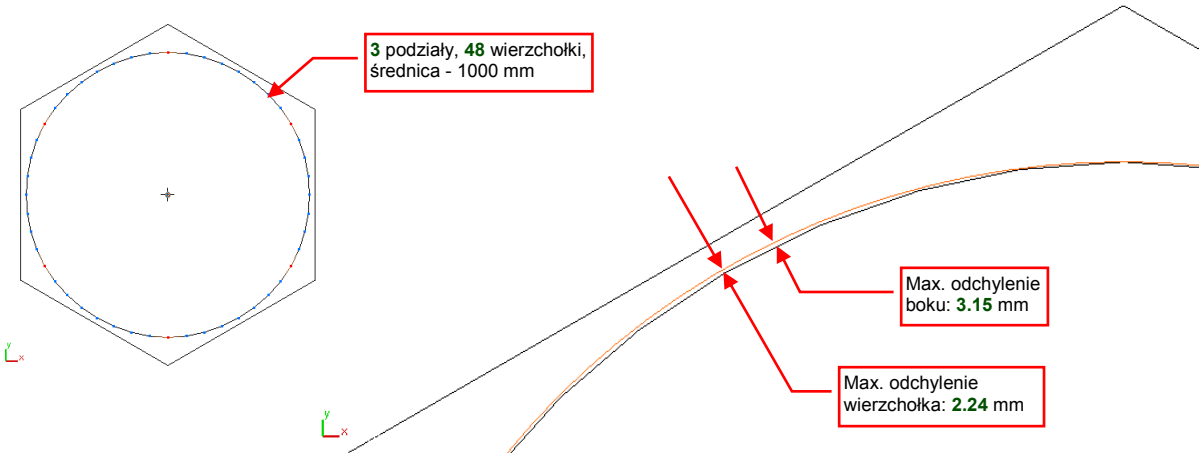
Aby sprawdzić odchylenia od regularnego kształtu, porównamy kształt kilku linii podziałowych, wpisanych w okrąg o promieniu 1000 jednostek. Zmierzymy dwa rodzaje różnic:

- max. odległość wierzchołka linii podziałowej do okręgu (idealnie — powinna być =0);
- max. odległość boku linii podziałowej do okręgu (zależy od liczby wierzchołków linii);

Rysunek 8.2.6 i Rysunek 8.2.7 pokazują wartości odchyleń dla podziału sześciokąta:



Rysunek 8.2.6 Odchylenie od okręgu dwukrotnego podziału sześciokąta



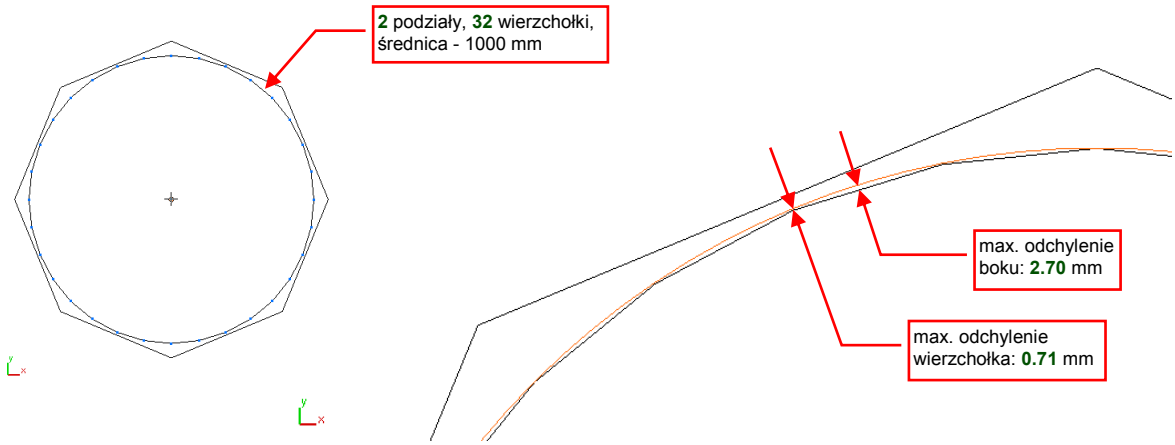
Rysunek 8.2.7 Odchylenie od okręgu trzykrotnego podziału sześciokąta

Linia podziałowa regularnego wielokąta jest nieco spłaszczona w środku każdego segmentu. Stąd w tym miejscu występują największe odchylenia (p. Rysunek 8.2.6 i Rysunek 8.2.7). Należy zdawać sobie sprawę, że odsunięcie wierzchołka linii podziałowej od okręgu wynika wyłącznie z różnicy kształtu krzywej ostatecznej. Drugie odchylenie, które mierzyliśmy — odległość środka boku od okręgu — zależy także od liczby wierzchołków linii podziałowej. Będzie zawsze większe od odchylenia wierzchołka. (Im linia ma więcej wierzchołków, tym jest mniej "graniasta"). Błąd położenia wierzchołków przy zwiększeniu poziomu podziału sześciokąta z 2 (Rysunek 8.2.6) do 3 (Rysunek 8.2.7) zmniejszył się tylko o kilkanaście procent (z 0.274% do 0.224%). W związku jednak z dwukrotnym wzrostem liczby boków, trzykrotny podział sześciokąta ma dwukrotnie mniejsze odchylenie ściany (0.66% dla podziału dwukrotnego, 0.315% dla trzykrotnego).

Czy trzykrotny podział sześciokąta jest dobrym kandydatem na siatkę, którą warto stosować do modelowania okręgów? Niestety nie: w praktyce naszego modelowania nie stosujemy trzykrotnych powierzchni podziałowych. Mają zbyt wiele ścian, a kształt, który uzyskamy, nie jest zdecydowanie lepszy od powierzchni dwukrotnych. Podział dwukrotny sześciokąta, z poziomem odchyleń w granicy 0.7%, jest dobry do modelowania małych elementów. (Wyposażenie kabiny, drobne otwory, różnego rodzaju rury). Aby dokładnie zamodelować większe okręgi — o średnicy ok. 80 cm (kołpak śmigła, koła podwozia głównego) — potrzebne jest odchylenie rzędu

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

0.3%. Powinna je posiadać jakaś dwukrotna linia podziałowa. Cóż, skoro sześciokąt nie spełnił naszych oczekiwać, sprawdźmy dwukrotny podział ośmiokąta (Rysunek 8.2.8):



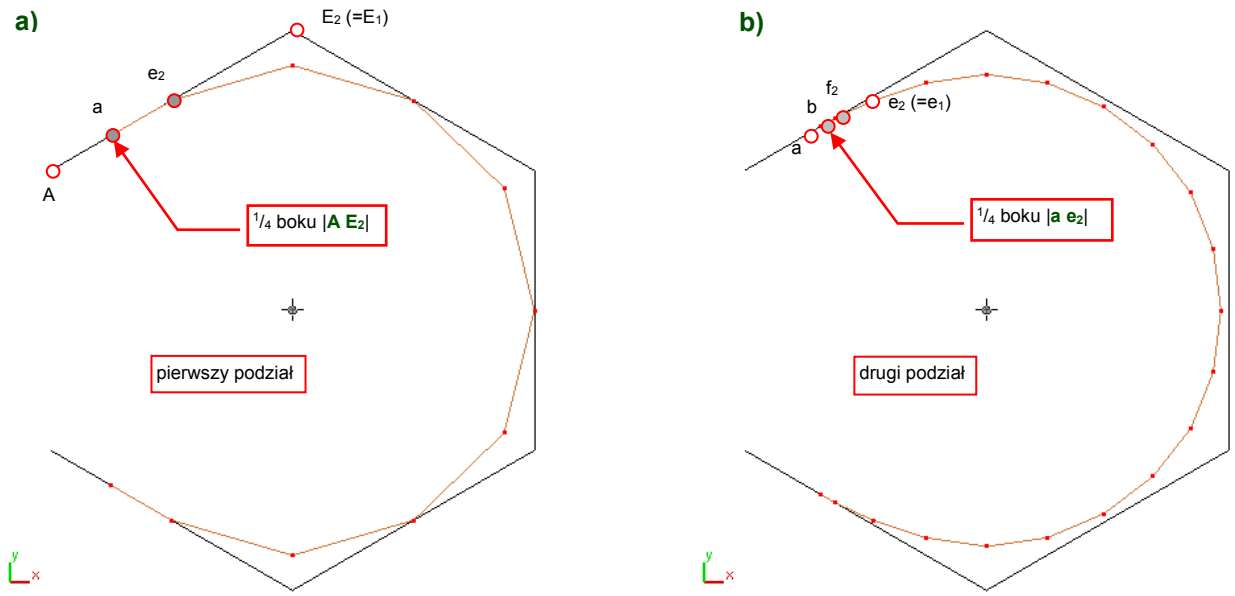
Rysunek 8.2.8 Odchylenie od okręgu dwukrotnego podziału ośmiokąta

Wygląda na to, że dwukrotny podział ośmiokąta jest zadowalająco dobrym przybliżeniem okręgu. Odchylenia wierzchołków są na poziomie 0.07%, a odchylenie boku też leżą w zakresie tolerancji: 0.27%.

- Do zamodelowania mniejszych okręgów wystarczy użyć dwukrotnego podziału sześciokąta (max. odchylenie kształtu rzędu 0.66%). Do większych okręgów lepiej użyć dwukrotnego podziału ośmiokąta (max. odchylenie kształtu rzędu 0.27%).

Do tej pory zajmowaliśmy się wyłącznie krzywymi podziałowymi, które powstały poprzez podział jakiejś linii zamkniętej. Skoncentrowałem się na nich, gdyż większość linii podziałowych, które napotkasz w Blenderze, to krzywe zamknięte. (Linią podziałową jest kraniec każdej powierzchni podziałowej, a granica każdej powierzchni musi być obrysem zamkniętym).

Na koniec jednak, dla porządku, wspomnę o krzywych podziałowych opartych o siatkę, której końce nie są ze sobą połączone (Rysunek 8.2.9):



Rysunek 8.2.9 Linia podziałowa dla obrysu otwartego — wyznaczanie punktów końcowych

Dla końca otwartego wieloboku sterującego **A** nie można wyznaczyć punktu wierzchołkowego **a** według Wyr. 8-2 (str. 401). Brak jest kolejnego wierzchołka, który powinien istnieć z lewej strony **A** — jakiegoś punktu $\mathbf{E_1}$ (por. Rysunek 8.2.9a) i Rysunek 8.2.3). Autorzy Blendera przyjęli, że w takim przypadku brakujący punkt $\mathbf{E_1}$ leży w tym samym miejscu, co $\mathbf{E_2}$. W tym przypadku krańcowy punkt wierzchołkowy a leży na $^1/_4$ boku $|\mathbf{A\,E_2}|$:

$$a = \frac{3}{4}A + \frac{1}{4}E_2$$

Wyr. 8-3 Współrzędne końca linii podziałowej (ostatni punkt wierzchołkowy)

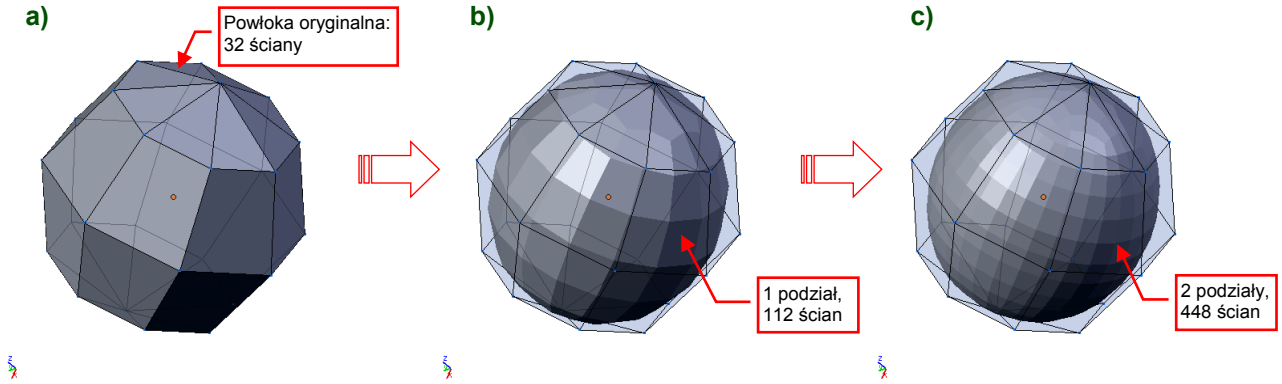
Zwróć uwagę, że z każdym kolejnym podziałem koniec linii podziałowej będzie się zbliżał do środka ostatniego boku oryginalnej linii. Rysunek 8.2.9b) pokazuje wyznaczenie punktu **b** — ostatniego punktu wierzchołkowego dla drugiego podziału. Punkt **b** leży na $^1/_4$ boku $|\mathbf{a\,e_2}|$.

Końce otwartej linii podziałowej mają następujące właściwości:

- w trakcie kolejnych podziałów oryginalnego wieloboku długość ostatniego boku linii podziałowej szybko się skraca;
- leżą zawsze pomiędzy $^1/_4$ (pierwszy podział) a $^1/_3$ (krzywa ostateczna) ostatniego boku oryginalnego wieloboku;
- krzywa ostateczna jest na końcach styczna do krańcowych boków oryginalnego wieloboku.

* * *

Powierzchnie podziałowe powstają w wyniku podziału oryginalnej powłoki (siatki). Wierzchołki oryginalnej powłoki to punkty sterujące powierzchni podziałowej. Podczas podziału każda czworokątna ściana dzieli się na cztery nowe ściany, a trójkątna - na trzy. Rysunek 8.2.10 przedstawia kolejne podziały powłoki, "rozpiętej" na wierzchołkach czterech ośmiokątów. (Z powodu układu ścian, biegnących jak południki i równoleżniki, nazwałem ją "globusem"):



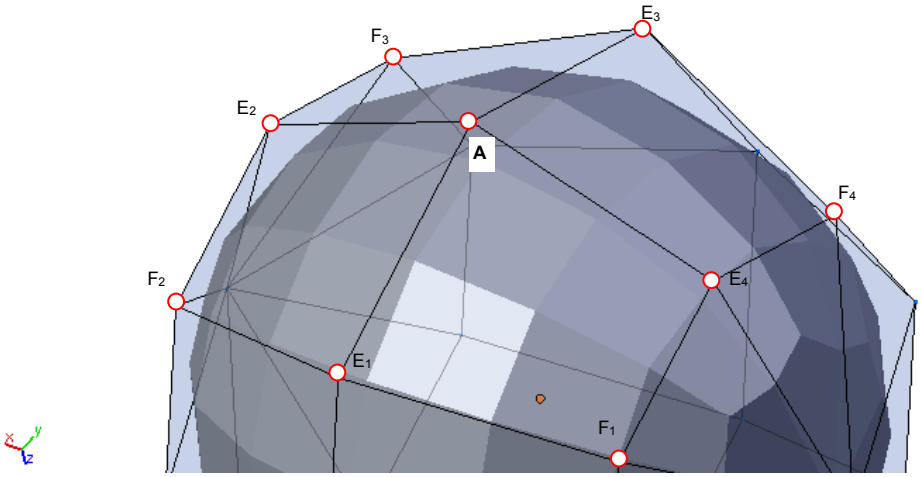
Rysunek 8.2.10 Podział 32-ściennego "globusa"

Rysunek 8.2.10a) przedstawia oryginalną powłokę, złożoną z 32 ścian. Jej 26 wierzchołków (zbyt wiele, aby je na tej ilustracji zaznaczać) to punkty sterujące powierzchni podziałowej. Rysunek 8.2.10b) przedstawia rezultat pierwszego podziału tej siatki. Zwróć uwagę na kształt podziału ścian w okolicach "biegunów" oryginalnej powłoki. Rysunek 8.2.10c) to wynik dwukrotnego podziału. Kształt powłoki stał się już zbliżony do kształtu powierzchni **ostatecznej**. W przypadku naszego "globusa" wcale nie jest to kula, tylko elipsoida. (Przekrój w płaszczyźnie równoleżnika jest okręgiem, a w płaszczyźnie południka - elipsą)

Istnieje wiele metod (nazywanych także "schematami") podziału powierzchni. Blender wykorzystuje schemat *Catmulla - Clarka*. Opublikowany po raz pierwszy w 1978r, przeleżał "na półce" ponad dwadzieścia lat, zanim

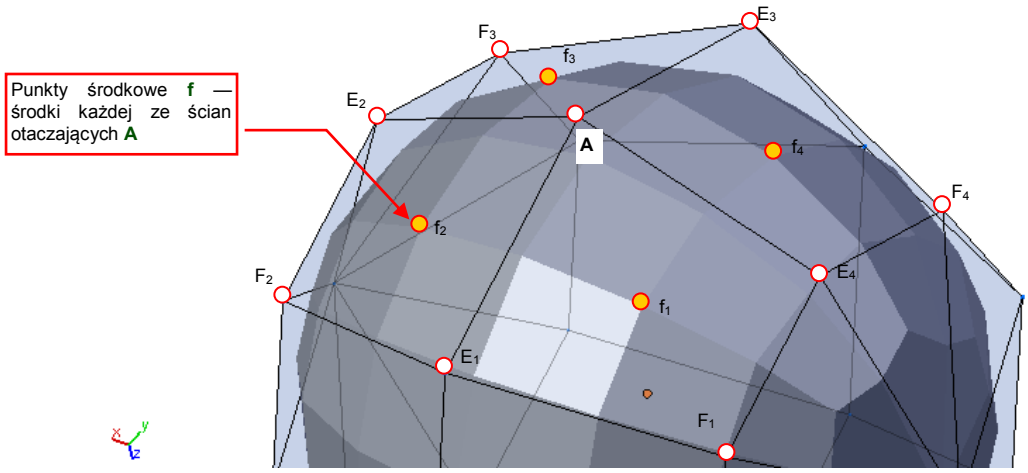
© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

go "odkurzono" i zastosowano[1]. Reguły wyznaczania wierzchołków powierzchni podziałowej w tym schemacie podam na przykładzie pojedynczego punktu sterującego **A** i sąsiednich wierzchołków (Rysunek 8.2.11):



Rysunek 8.2.11 Punkt sterujący *A* i jego otoczenie

Wierzchołek **A** łączy kilka krawędzi. Na ilustracji — Rysunek 8.2.11 — są to cztery krawędzie, na których leżą punkty $\mathbf{E_1}$, $\mathbf{E_2}$, $\mathbf{E_3}$, $\mathbf{E_4}$. Otacza go także kilka innych punktów, z którymi nie jest bezpośrednio połączony. Są to pozostałe wierzchołki ścian, do których należy *A*. Na ilustracji oznaczyłem cztery takie punkty: $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$, $\mathbf{F_3}$, $\mathbf{F_4}$. Pierwszą grupa wierzchołków powierzchni podziałowej leży w pośrodku każdej ze ścian powłoki kontrolnej. Oznaczymy je jako punkty "**środkowe**" (Rysunek 8.2.12):



Rysunek 8.2.12 Wyznaczanie wierzchołków f — "środkowych" punktów powierzchni podziałowej

Punkty środkowe można wyznaczyć wg Wyr. 8-4:

dla ściany czworokątnej: $f_k = \frac{1}{4}(F_k + E_k + A + E_{k+1})$

dla ściany trójkątnej: $f_k = \frac{1}{3}(E_k + A + E_{k+1})$

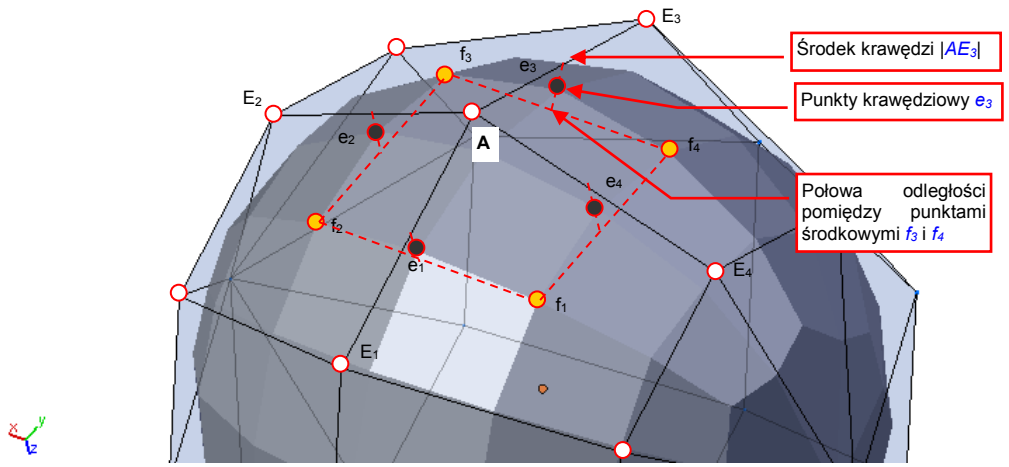
gdzie[2] **k** = 1,2,..,**n**; a **n** — to liczba ścian wokół wierzchołka **A**.

Wyr. 8-4 Współrzędne punktów środkowych ścian wokół wierzchołka A

[1] Zrobiło to studio Pixar, do modelowania postaci w "Toy Story 2". Przyczyną było "pękanie na szwach" powierzchni NURBS podczas animacji bohaterów ich pierwszego filmu - "Toy Story". W ten sposób ktoś wreszcie "odstawił do kąta" powierzchnie NURBS. W tym czasie cały przemysł CAD/CAM zdążył się już do NURBS przyzwyczaić i zainwestować spore fundusze w „leczenie" ich nieuleczalnych przypadłości.

[2] Wierzchołki wokół **A** ponumerowałem cykliczne — gdy **k** = **n**, to przyjmujemy, że **k+1** = 1. Na przykład w Wyr. 8-4, przy obliczaniu $\mathbf{f_4}$, punkt $\mathbf{E_{k+1}}$ powinien nosić oznaczenie $\mathbf{E_5}$, podstawiamy jednak na to miejsce $\mathbf{E_1}$.

Kolejne wierzchołki powierzchni podziałowej to punkty krawędziowe — $\mathbf{e_k}$. Każdy z nich leży w połowie odległości pomiędzy środkiem odcinka $|\mathbf{AE_k}|$, a środkiem odcinka $|\mathbf{f_k,f_{k+1}}|$ (Rysunek 8.2.13):



Rysunek 8.2.13 Wyznaczanie wierzchołków e **— punktów "krawędziowych" pow. podziałowej**

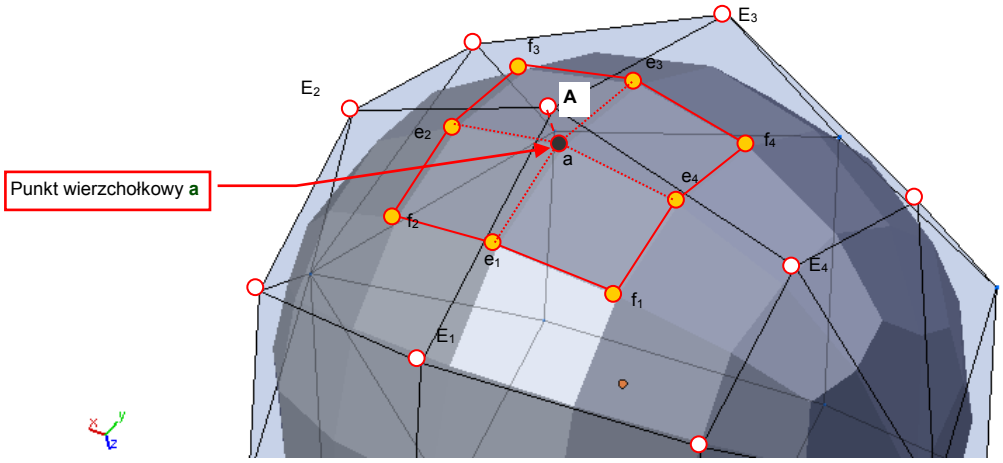
Każdy z punktów krawędziowych — $\mathbf{e_1}$, $\mathbf{e_2}$, $\mathbf{e_3}$, $\mathbf{e_4}$ — może być wyznaczony wg Wyr. 8-5:

$$e_k = \frac{1}{4}(f_k + f_{k+1} + E_k + A)$$

gdzie **k** = 1,2,..,**n**, a **n** — to liczba ścian wokół wierzchołka **A**.

Wyr. 8-5 Współrzędne punktów krawędziowych wokół wierzchołka A

Punkty środkowe $\mathbf{f_k}$ i krawędziowe $\mathbf{e_k}$ wyznaczają zewnętrzną krawędź nowych ścian, które powstają wokół wierzchołka **A** (Rysunek 8.2.14). (Ta krawędź jest "współdzielona" ze ścianami podziałowymi sąsiednich wierzchołków). Do zakończenia wyznaczenia czterech ścian brakuje już tylko ostatniego punktu — **a**. Punkty **a**, tak jak w przypadku krzywych, nazywamy punktami wierzchołkowymi:



Rysunek 8.2.14 Punkt a **— punkt "wierzchołkowy" pow. podziałowej**

Punkt wierzchołkowy **a** leży zawsze pomiędzy punktem **A**, końcami krawędzi oryginalnej powłoki $\mathbf{E_k}$, oraz punktami środkowymi $\mathbf{f_k}$. Dokładną zależność pomiędzy nimi opisuje Wyr. 8-6:

$$a = \frac{(n-2)}{n}A + \frac{1}{n^2}(E_1 + E_2 + ... + E_n) + \frac{1}{n^2}(f_1 + f_2 + ... + f_n)$$

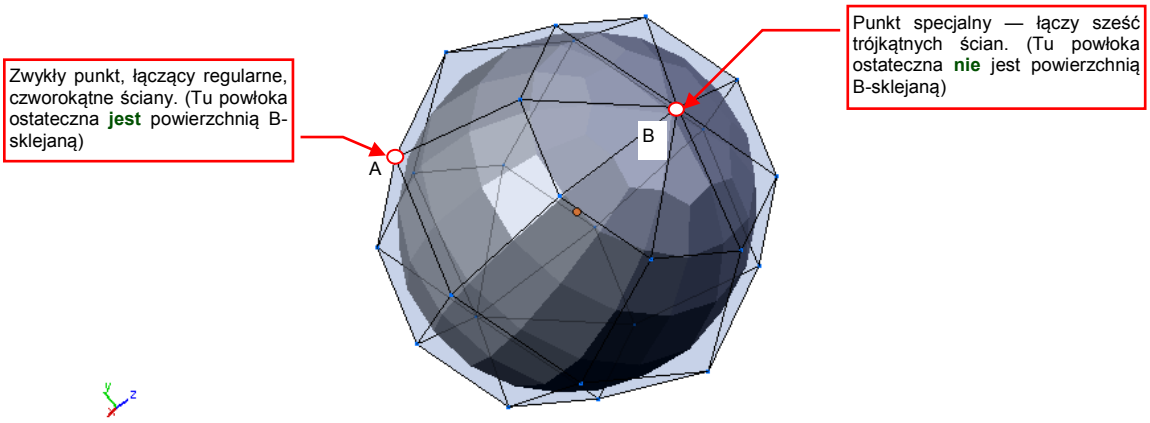
gdzie **n** — to liczba ścian wokół wierzchołka **A**

Wyr. 8-6 Współrzędne punktu wierzchołkowego a **— odwzorowania punktu sterującego** A

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Powstanie powierzchni podziałowej pokazałem na przykładzie wierzchołka łączącego cztery czworokątne ściany. Dla tak zbudowanych powierzchni sterujących, powłoka ostateczna, do której zmierzają kolejne podziały *Catmull-Clarka*, jest jednorodną powierzchnią B-sklejaną, trzeciego stopnia[1].

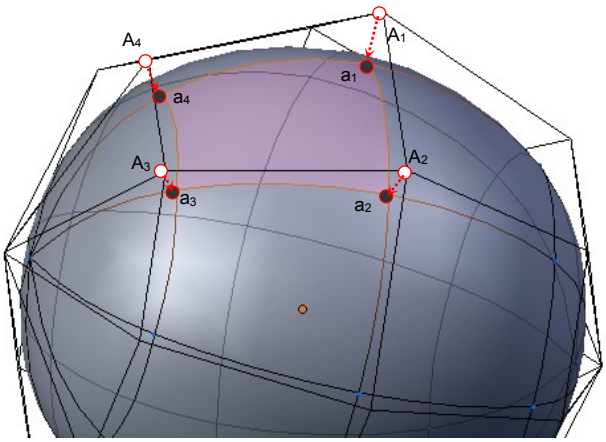
Powierzchnie podziałowe potrafią jednak utworzyć gładką powłokę z dowolnej kombinacji ścian, z których każda może mieć inną liczbę boków[2]. Przykładem takiego "trudnego" wierzchołka są chociażby "bieguny" siatki o układzie "globusa" (Rysunek 8.2.15). Co prawda w okolicach takich punktów nie jest gwarantowana ciągłość promienia krzywizny (w tych miejscach powierzchnia ostateczna nie jest powłoką B-sklejaną). Na pewno jednak powierzchnie podziałowe pozostają "gładkie". (Wokół wierzchołków "specjalnych" zachowują przynajmniej ciągłość stycznych do powierzchni).



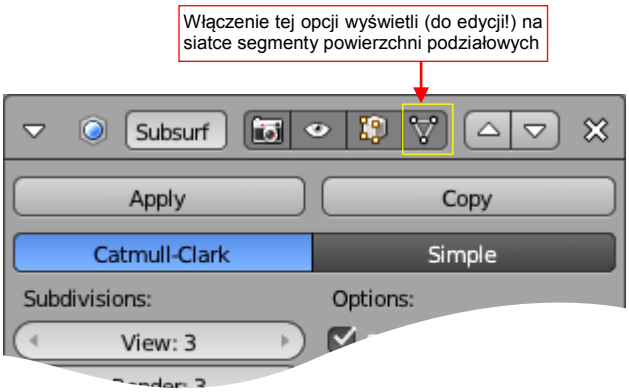
Rysunek 8.2.15 Zwykłe i "specjalne" wierzchołki powłoki sterującej

Wyrażenia opisujące powierzchnie podziałowe (Wyr. 8-4,Wyr. 8-5, Wyr. 8-6) są podane w sposób ogólny, dla dowolnej liczby ścian wokół wierzchołka oryginalnej powłoki. Używając ich, można także wyznaczyć wierzchołki siatki wokół takich "specjalnych" wierzchołków jak punkt **B** (Rysunek 8.2.15).

Na każdej powłoce podziałowej Catmull-Clarka można wskazać krawędzie, stanowiące bezpośrednie odwzorowanie ("ślad") krawędzi powłoki sterującej (Rysunek 8.2.16):



Rysunek 8.2.16 Segment powierzchni podziałowej



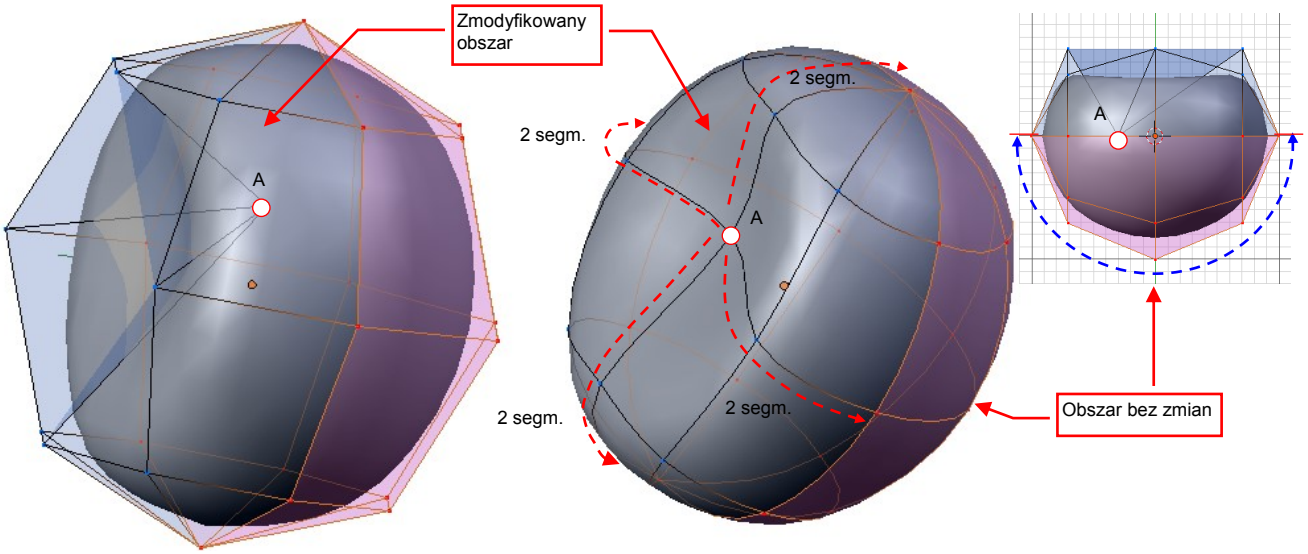
Rysunek 8.2.17 Blender: przełącznik wyświetlania segmentów powierzchni podziałowych

[1] Jest to więc jeden z rodzajów powierzchni NURBS.

[2] Tego powierzchnie B-sklejane, nawet tak "elastyczne" jak NURBS, nie są w stanie obsłużyć. Powłoki NURBS są powłokami parametrycznymi, przez co wymagają siatek punktów sterujących, w których wszystkie ściany mają taką samą liczbę boków. Skomplikowane, rzeczywiste kształty są więc "szyte" z czworokątnych lub trójkątnych "skrawków" powierzchni (*patches*). I właśnie te "szwy" były horrorem programistów CAD/CAM w latach 80. i 90. XXw. W dodatku "pękały" podczas animacji.

Fragment powierzchni podziałowej ograniczony "śladami" krawędzi powłoki sterującej nazwiemy **segmentem**. Każda powłoka podziałowa ma tyle segmentów, ile ścian ma jej powierzchnia sterująca. (Jest to analogia do segmentów krzywych podziałowych — p. str. 401).

- W Blenderze, podczas edycji siatki, możesz się swobodnie przełączać pomiędzy ścianami powłoki sterującej i jej segmentami. Służy do tego niepozorny przełącznik w panelu modyfikatora *Subdivision Surface* (Rysunek 8.2.17).
- Zakres wpływu pojedynczego punktu sterującego na kształt powierzchni podziałowej jest ograniczony. Zmiany nigdy nie przekroczą obszaru sąsiednich 4 x 4 segmentów. (Po dwa segmenty w każdą stronę, licząc od odwzorowania zmienionego wierzchołka — p. Rysunek 8.2.18).

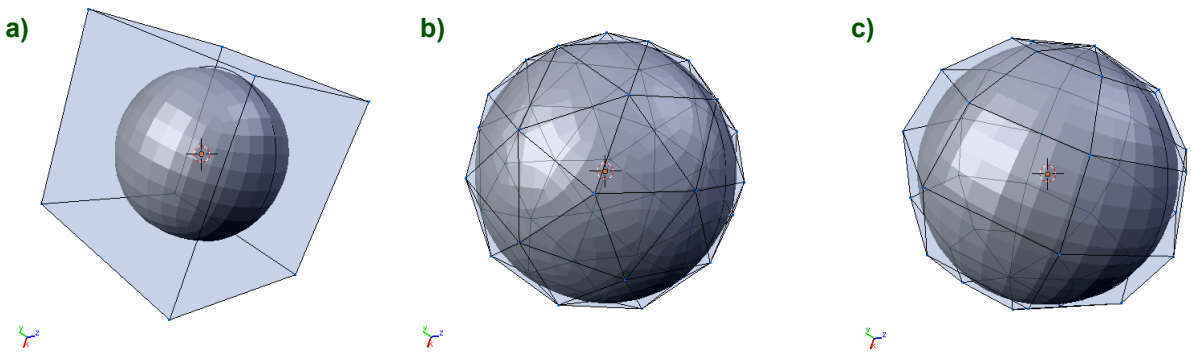


Rysunek 8.2.18 Granica wpływu punktu sterującego A na kształt powierzchni podziałowej

Wspomniałem wcześniej, że siatki typu "globus", na których do tej pory eksperymentowaliśmy, pozwalają uzyskać elipsoidę, a nie kulę. Są dwie drogi, aby uzyskać za pomocą powierzchni podziałowych kształt kuli:

- zastosować jako powłokę sterującą jakiś wielościan foremny (powierzchnię, której wszystkie ściany są jednakowe);
- zwiększyć liczbę, oraz zmienić położenie "równoleżników" na powłoce typu "globus";

Najprostszym przykładem pierwszej metody — użycia wielościanów foremnych — jest sześcian Rysunek 8.2.19a). Innym, lepszym przybliżeniem jest powłoka o większej liczbie ścian (Rysunek 8.2.19b):



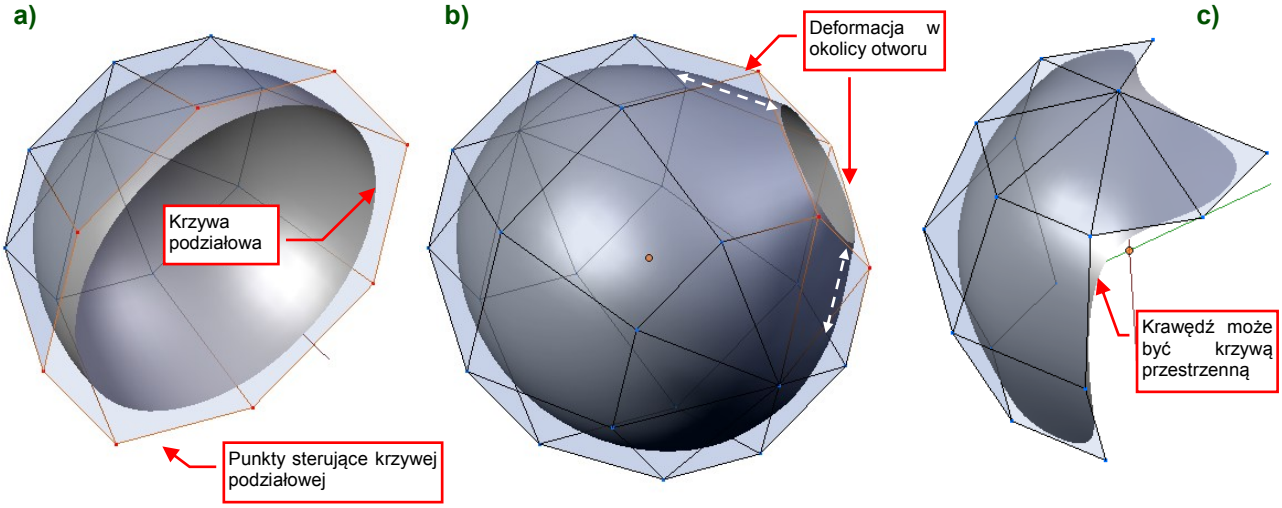
Rysunek 8.2.19 Powłoki, pozwalające uzyskać powierzchnie podziałowe zbliżone do kuli

Rysunek 8.2.19c) przedstawia przykład drugiego rozwiązania — modyfikację siatki typu "globus". Mimo, że okolice "biegunów" mają w takiej powłoce największe odchylenie od kształtu kuli, w praktyce często stosuję właśnie to rozwiązanie. Dlaczego? Zazwyczaj modelujemy nie pełną kulę, ale jej fragment — jakieś zaokrąglenie. Fragment siatki typu "globus", zawierający punkt biegunowy, łatwo jest "wyprowadzić" z fragmentów innych

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

siatek. A odchylenie w okolicy bieguna? Cóż, jest to pewien problem, ale zazwyczaj wystarcza dodać jeden - dwa dodatkowe równoleżniki, i kształt staje się wystarczająco "kulisty".

Do tej pory demonstrowałem wyłącznie powierzchnie zamknięte. Rysunek 8.2.20 pokazuje przykłady powierzchni podziałowych dla powłok, które są otwarte:



Rysunek 8.2.20 Powierzchnie podziałowe dla powłok otwartych

Rysunek 8.2.20a) przedstawia efekt usunięcia połowy "globusa". Powstała powłoka sterująca w kształcie czaszy. Jej krawędź jest krzywą podziałową — taką jaką analizowaliśmy w pierwszej części tej sekcji. O kształcie tej linii decydują wyłącznie punkty krawędzi powłoki sterującej. (W tym przypadku jest okręgiem, powstałym w wyniku podziału ośmiobocznej krawędzi czaszy) .
Czasza z przypadku a) ma nieco większą średnicę, niż elipsoida, z której powstała. Ten efekt widać dobitniej w drugim przykładzie. Rysunek 8.2.20b) przedstawia powierzchnię, która także powstała z siatki "globusa". Tym razem nie usunęliśmy żadnego wierzchołka. Usunięta została tylko pojedyncza ściana — i powstał w powłoce otwór. Jego krawędź zależy tylko od wierzchołków tej usuniętej ściany, więc leży w ich płaszczyźnie. W efekcie krawędź otworu znalazła się powyżej oryginalnej powłoki, i "pociągnęła" za sobą inne ściany z otoczenia. Wygląda to trochę jak brzeg formującego się wulkanu. Dla powłok o niewielkim zaokrągleniu ten efekt jest praktycznie niewidoczny. Może stanowić problem, gdy będziesz próbował wykonać większy otwór w bardziej zaokrąglonej powierzchni — np. kadłuba (por. Rysunek 8.2.28, str. 415).

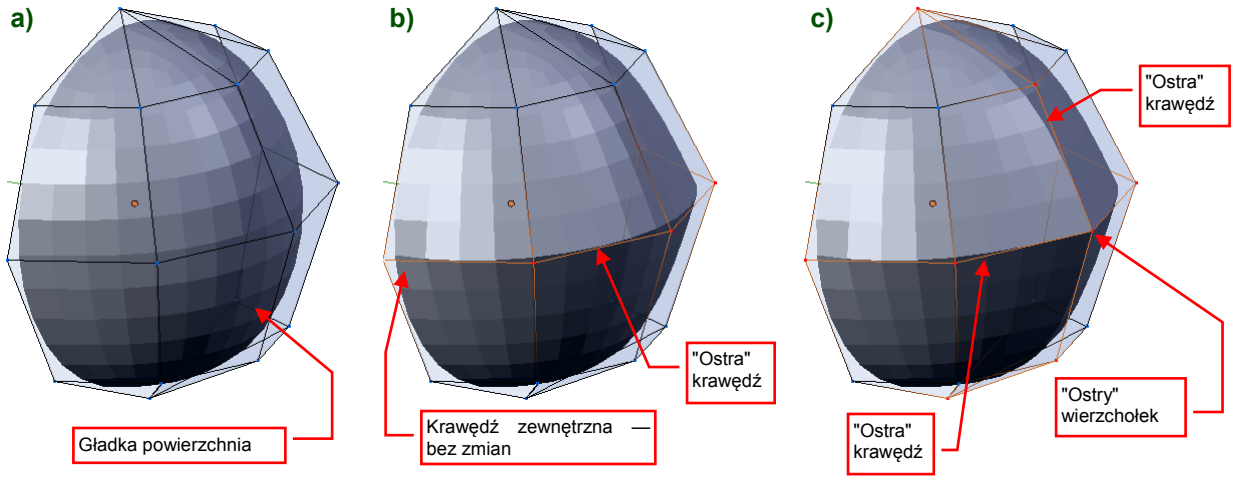
Abyś nie odniósł mylnego wrażenia, że krawędź powierzchni podziałowej zawsze jest jakimś płaskim obrysem, przygotowałem ostatni, trzeci przykład. Rysunek 8.2.20c) pokazuje nieregularną powierzchnię, w której jedne ściany są trójkątne, a inne — czworokątne. Krawędź takiej powłoki jest także krzywą podziałową — tyle, że tym razem przestrzenną[1].

- Krawędzią powierzchni podziałowej jest zawsze krzywa podziałowa. Wielobokiem sterującym tą krzywą jest krawędź powłoki sterującej.

Krawędzie otwartych powłok podziałowych przyjmują opisany powyżej kształt, bo zastosowano do ich podziału inne wyrażenia, niż dla pozostałych wierzchołków powierzchni. Ich punkty krawędziowe są wyznaczane według Wyr. 8-1 (str. 401) a nie Wyr. 8-5 (str. 407). Podobnie punkty wierzchołkowe — ich współrzędne opisuje Wyr. 8-2, a nie Wyr. 8-6. W sumie to program obliczający wierzchołki podejmuje decyzję, według jakiego wyrażenia podzieli daną krawędź. W związku z tym programiści stworzyli dodatkową możliwość: użytkownik może sam

[1] Krzywej podziałowej tak naprawdę jest "wszystko jedno", czy leży na jednej płaszczyźnie, czy nie. Każda z nich jest tak naprawdę krzywą przestrzenną — por. str. 401.

oznaczyć niektóre krawędzie oryginalnej powłoki jako "ostre" (*creases*). Zostaną wówczas potraktowane jak gdyby były krawędziami zewnętrznymi, mimo że leżą pośrodku powierzchni. Ich odwzorowaniem na powłoce podziałowej jest ostra krawędź, o kształcie krzywej podziałowej (Rysunek 8.2.21):



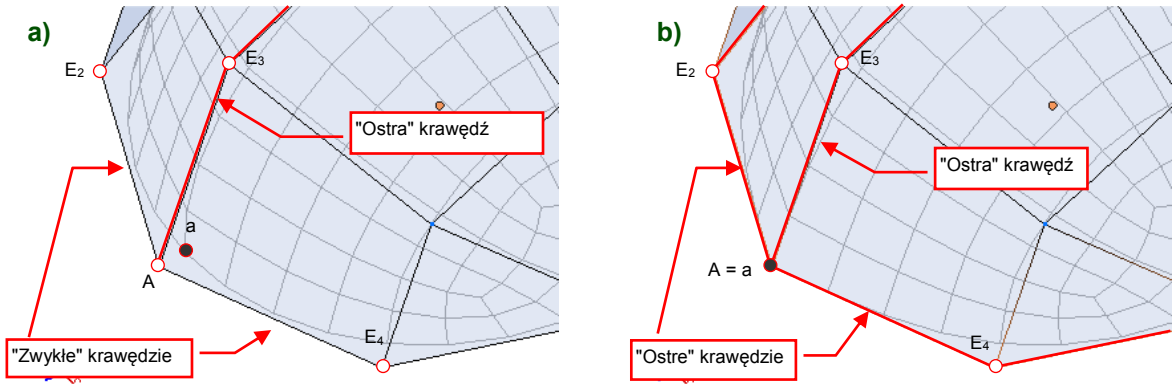
Rysunek 8.2.21 Ostre krawędzie wewnątrz powierzchni podziałowych

Rysunek 8.2.21 a) przedstawia sytuację wyjściową — zwykłą, gładką powłokę. Rysunek 8.2.21 b) pokazuje, jak zmieni się ten kształt, gdy "równik" powłoki sterującej został oznaczony jako "ostry" (*crease*). Pojawiło się w tym miejscu ostre załamanie kształtu powłoki podziałowej (nie jest zachowana ciągłość stycznych). Kształt końcowych krawędzi powłoki nie uległ zmianie, mimo że mają wspólny punkt przecięcia z "ostrą" krawędzią.

Rysunek 8.2.21c) demonstruje efekt przecięcia się dwóch krawędzi oznaczonych jako "ostre". Oprócz "równika", oznaczyłem jako "ostry" jeden z południków. Punkt, w którym przecięły się te dwie krawędzie, znalazł się na powłoce sterującej.

- Jeżeli z punktu sterującego wychodzą co najmniej trzy "ostre" krawędzie, to taki wierzchołek także nazywamy "ostrym", albo "narożnym". Każda powierzchnia podziałowa (dowolnego poziomu) ma w takim punkcie odpowiedni punkt wierzchołkowy.

Na pierwszy rzut oka powyższa reguła wydaje się nie obowiązywać na przecięciu "ostrej" krawędzi z krawędzią powłoki (Rysunek 8.2.22a) . W punkcie **A**, gdzie krawędź zewnętrzna styka się z równoleżnikiem, oznaczonym jako "ostry" (krawędź |**AE**$_3$|), powinien się pojawić wierzchołek narożny. Nic takiego jednak nie wystąpiło — ostra krawędź płynnie "rozmywa" się w krawędzi powłoki. Punkt wierzchołkowy **a** leży nadal na nie zdeformowanym okręgu podstawy. Dlaczego?



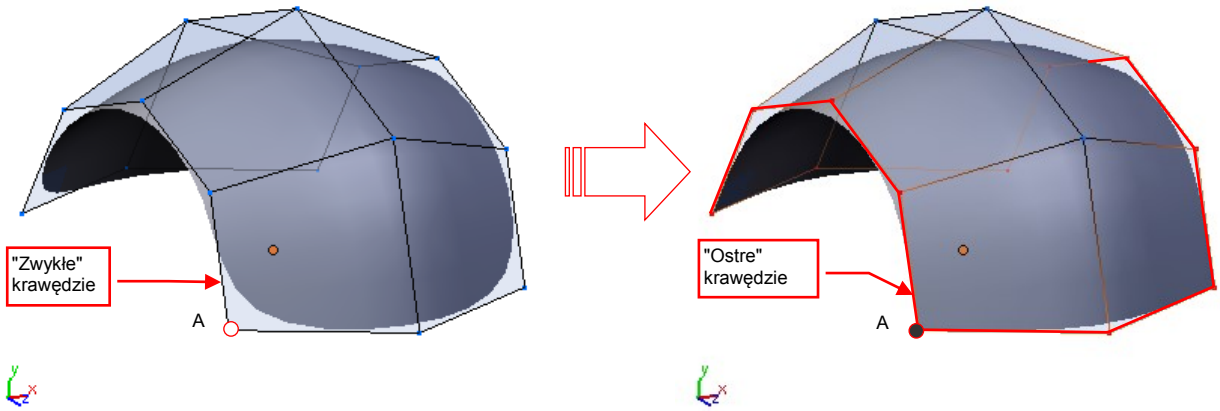
Rysunek 8.2.22 Uzyskanie narożnika na krawędzi powłoki

Krawędź powłoki jest wyznaczana w taki sam sposób (według tych samych wzorów), co krawędzie "ostre". Sposób obliczeń nie czyni z niej jednak samoczynnie krawędzi "ostrej". Dopóki użytkownik nie oznaczy jej w ten

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

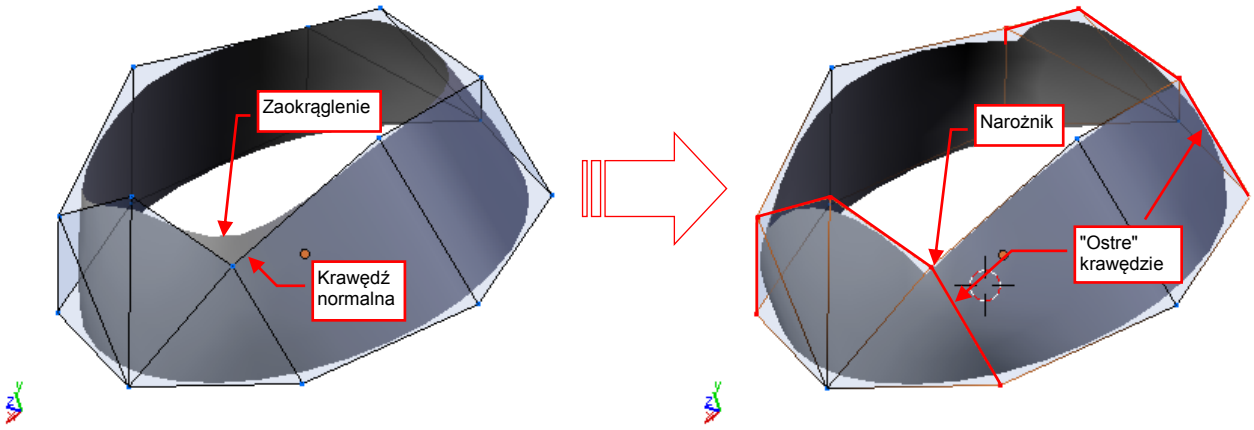
sposób, będzie przez program traktowana jak gładka. Dlatego z wierzchołka **A** wychodzi tylko jedna ostra krawędź — |**AE$_3$**|, i nie ma tu narożnika (Rysunek 8.2.22a)[1]. Aby uzyskać w punkcie **A** narożnik, należy oznaczyć krawędzie |**AE$_2$**| i |**AE$_4$**| jako "ostre" (Rysunek 8.2.22b).

Faktycznym wyjątkiem od reguły "punktu narożnego" jest narożnik prostokątnej ściany, leżący na krawędzi powłoki. Rysunek 8.2.23 przedstawia taki punkt **A**: "gładka" krawędź powłoki omija go szerokim łukiem. Gdy jednak "wyostrzymy" jego obydwie krawędzie — stanie się narożnikiem:



Rysunek 8.2.23 Uzyskanie narożników na zewnętrznej krawędzi powłoki prostokątnej

Wyostrzenie krawędzi umożliwia także uzyskanie prostokątnego otworu wewnątrz powłoki podziałowej. W takim przypadku wystarczy "wyostrzyć" tylko dwie przeciwległe krawędzie otworu (Rysunek 8.2.24). Spowoduje to uzyskanie ostrych narożników, mimo że nie są to punkty narożne, i nie leżą na powierzchni siatki sterującej. Zazwyczaj taki efekt oznacza mniejsze deformacje oryginalnego kształtu siatki, i jest często bardzo pożądany. (Wyostrzenie krawędzi zawsze zmienia kształt powłoki — różnica polega tylko na tym, jak duża jest to deformacja)

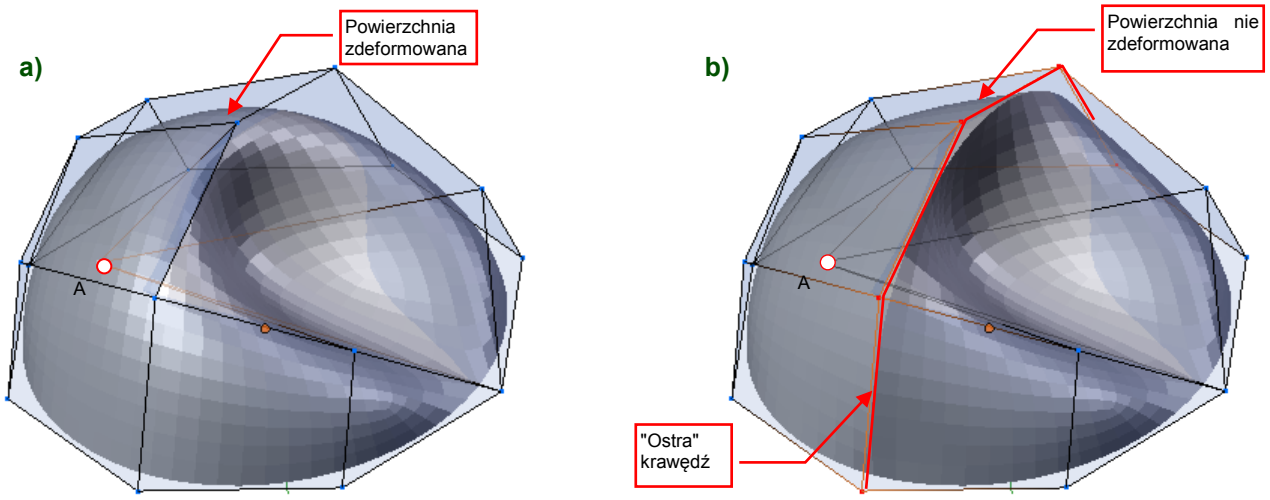


Rysunek 8.2.24 Uzyskanie narożników na krawędzi wewnętrznego, prostokątnego otworu

- "Ostra" krawędź ogranicza także wpływ punktów sterujących na kształt powierzchni. Punkty sterujące po jednej stronie "ostrej" krawędzi nie mają żadnego wpływu na kształt powierzchni po drugiej stronie.

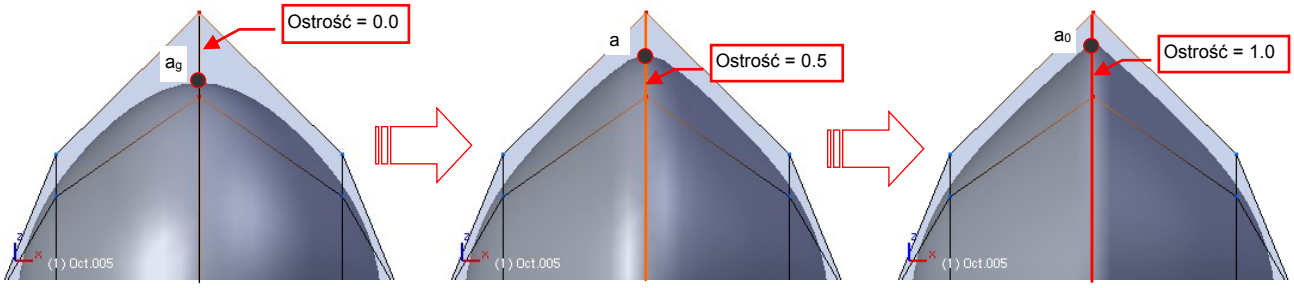
[1] Inna sprawa, że jeżeli wzdłuż krawędzi |AE_2| biegnie linia podziałowa, to jej koniec — dwa ostatnie wierzchołki (Rysunek 8.2.22a) zostały wyznaczone według innych reguł, niż te, które podałem na str. 405. Wygląda na to, że w charakterze brakującego wierzchołka E_1 został tu wykorzystany środek odcinka |E_2E_4|

Rysunek 8.2.25 ilustruje, jaką "barierą dla zmian" jest ostra krawędź. Przedstawiona powłoka zawiera dużą deformację, wywołaną przesunięciem punktu sterującego **A**. Przypadek a) to kształt gładkiej, zdeformowanej powierzchni. Przypadek b) — powierzchni, w której wpływ punktu **A** został ograniczony przez "ostrą" krawędź.



Rysunek 8.2.25 Ograniczenie wpływu punktu sterującego A przez "ostrą" krawędź

Krawędzie nie muszą być zawsze "całkiem ostre" lub "całkiem gładkie". W istocie Blender pozwala na płynną regulację "ostrości" w zakresie od 0 (zwykła, gładka krawędź) do 1 (krawędź ostra) (Rysunek 8.2.26) :



Rysunek 8.2.26 Stopniowa zmiana ostrości krawędzi

Wierzchołek $\mathbf{a_g}$ leży na zwykłej, gładkiej powierzchni, $\mathbf{a_o}$ — na zupełnie ostrej (Rysunek 8.2.26). Jak wyznaczany jest **a** — wierzchołek krawędzi o "częściowej" ostrości (*crease* = 0.5)? Współrzędne punktów krawędziowych i wierzchołkowych wzdłuż takiej krawędzi są "średnią ważoną" współrzędnych punktów $\mathbf{a_g}$ i $\mathbf{a_o}$. "Wagą" w tej średniej jest wartość "ostrości" — od 0.0 do 1.0:

$$a = \sigma a_o + (1-\sigma) a_g$$

gdzie: **σ** — "ostrość": od 0.0 (całkowicie gładkie) do 1.0 (całkowicie ostre);
$\mathbf{a_0}$ — punkt wierzchołkowy dla krawędzi całkowicie "ostrej", wg Wyr. 8-2;
$\mathbf{a_g}$ — punkt wierzchołkowy dla krawędzi całkowicie "gładkiej" wg Wyr. 8-6;

Wyr. 8-7 Współrzędne punktów wierzchołkowych a dla krawędzi "półostrych"

$$e = \sigma e_o + (1-\sigma) e_g$$

gdzie: **σ** — "ostrość": od 0.0 (całkowicie gładkie) do 1.0 (całkowicie ostre);
$\mathbf{e_0}$ — punkt krawędziowy dla krawędzi całkowicie "ostrej", wg Wyr. 8-1;
$\mathbf{e_g}$ — punkt krawędziowy dla krawędzi całkowicie "gładkiej", wg Wyr. 8-5;

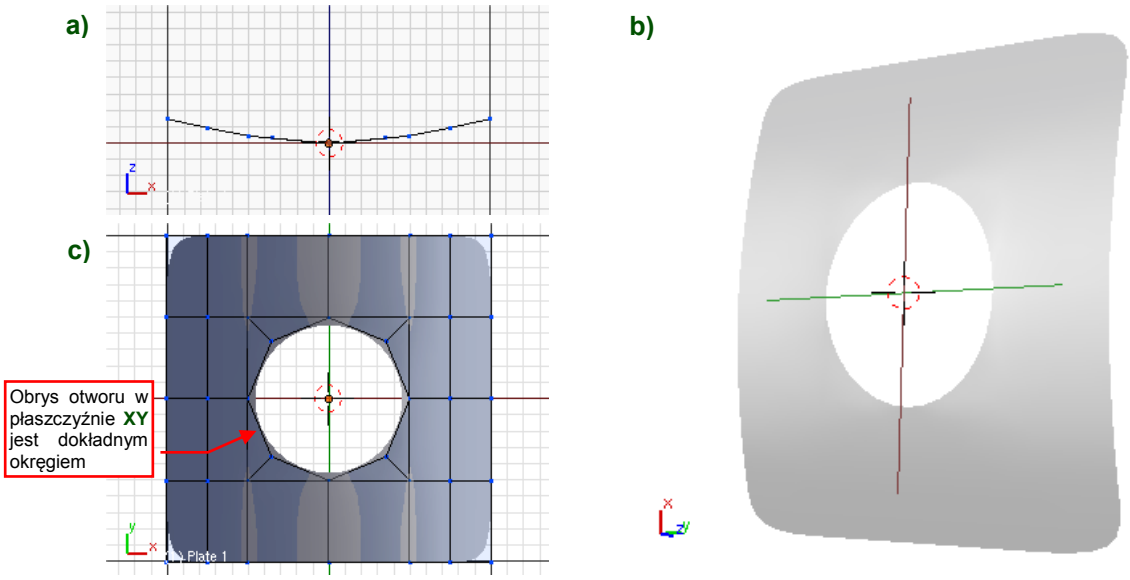
Wyr. 8-8 Współrzędne punktów krawędziowych e dla krawędzi "półostrych"

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Pamiętasz, jak podkreślałem, że współrzędna X każdego punktu powłoki podziałowej zależy tylko od współrzędnej X odpowiednich punktów sterujących (str. 401)? Podobnie współrzędna Y takiego wierzchołka zależy od Y, a Z od współrzędnej Z punktów sterujących.

- Kształt rzutu powierzchni podziałowej na płaszczyznę zależy tylko od kształtu rzutu jej punktów sterujących na tej płaszczyźnie.

Ta reguła nie wygląda dość przejrzyście, ale jej znajomość bardzo ułatwia modelowanie. Postaram się ją pokazać na przykładzie. Rysunek 8.2.27 pokazuje lekko wygiętą powłokę, w której wykonałem otwór. Krawędź otworu w płaszczyźnie **XY** jest okręgiem (Rysunek 8.2.27c):



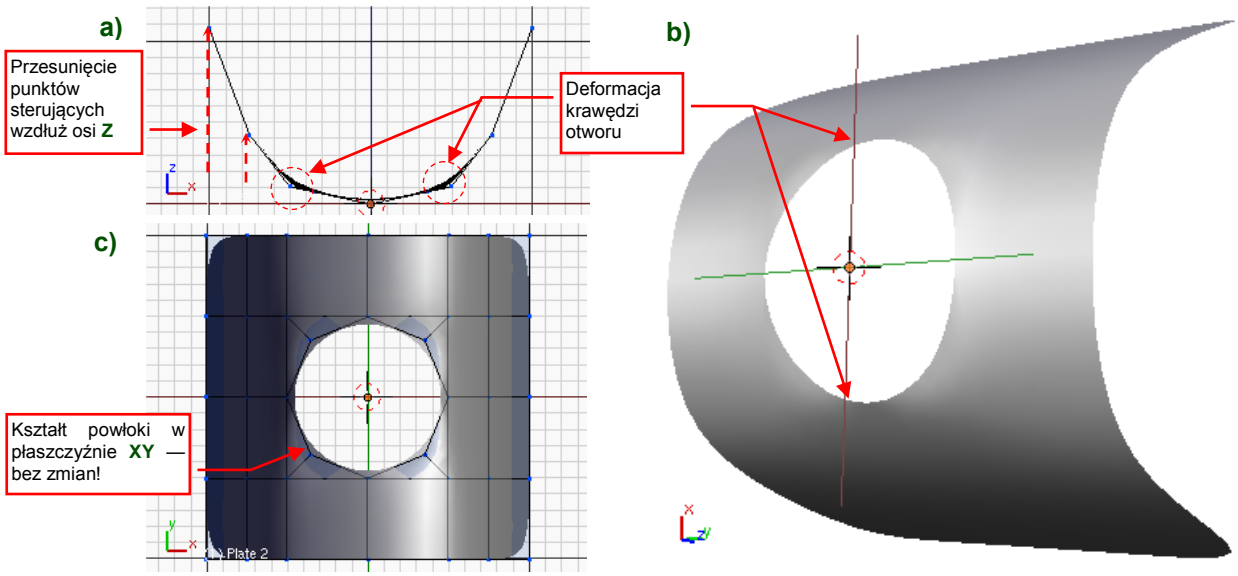
Rysunek 8.2.27 Okrągły otwór w lekko wygiętej powłoce

Jak się zmieni kształt tej powierzchni w rzucie z góry (płaszczyźnie **XY**), gdy wygnę tę powierzchnię (Rysunek 8.2.28)? Wygięcie uzyskałem, przesuwając punkty sterujące w kierunku prostopadłym do **XY** (wzdłuż osi **Z**). Rysunek 8.2.28c) pokazuje, że jej rzut z góry nie uległ żadnej zmianie! (Porównaj Rysunek 8.2.28c i Rysunek 8.2.27c.)

Ta właściwość jest nieoceniona szczególnie w przypadku konieczności dokonania jakichś niewielkich poprawek kształtu. Możesz je zazwyczaj zaplanować jako przesunięcia wierzchołków wzdłuż pojedynczej osi. W ten sposób masz gwarancję, że kształt obiektu w kierunku prostopadłym nie ulegnie żadnej zmianie.

Na koniec mała dygresja o otworach w powierzchniach o małym i dużym promieniu krzywizny. Każda krawędź otworu w wygiętej powłoce podziałowej wywołuje lokalne zaburzenia kształtu. Wspomniałem to zjawisko na str. 410 (Rysunek 8.2.20b), używając nieco romantycznego określenia "efekt krawędzi wulkanu". Efekt ten jest praktycznie do zaniedbania na powierzchniach o małej krzywiźnie, jakiej przykład pokazuje Rysunek 8.2.27. Taką niewielką krzywiznę ma np. skrzydło samolotu (poza krawędzią natarcia). Stąd bardzo łatwo w skrzydle wykonać różnego kształtu otwory i wycięcia.

Problem jednak narasta, gdy rośnie krzywizna powierzchni. Na powłoce wygiętej tak, jak bywa często wygięty przekrój kadłuba, wypukłości wokół otworu stają się widoczne (Rysunek 8.2.28a). Jak napisałem wcześniej, nie wpływają na kształt powierzchni w rzucie prostopadłym, ale na pewno nie można ich tak zostawić. Z tym problemem możesz sobie poradzić, zagęszczając siatkę punktów sterujących w okolicy deformacji. Takie odchylenia powłoki szybko znikają. Już przy dwukrotnym zwiększeniu liczby ścian w takim miejscu deformacja jest o wiele mniejsza.



Rysunek 8.2.28 Okrągły otwór w bardzo wygiętej powłoce

Podsumowanie

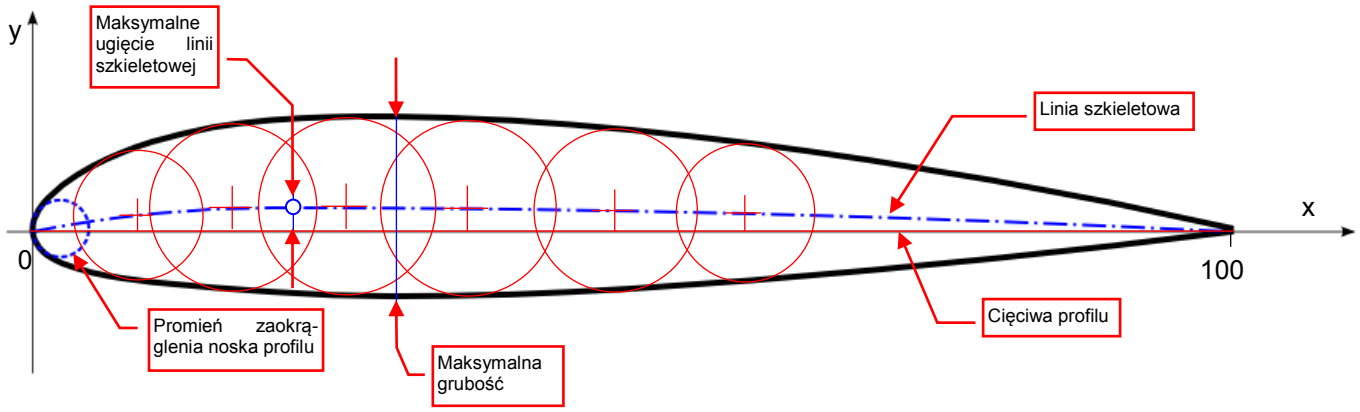
- Oryginalna siatka, z której powstaje powłoka podziałowa, nazywa się **siatką sterującą**, a jej wierzchołki — **punktami sterującymi** (*control points* — str. 399).
- Krzywe i powłoki podziałowe można podzielić na segmenty. Każdy segment odpowiada krawędzi (dla krzywych) lub ścianie (dla powłok) siatki sterującej (str. 401).
- Wpływ przesunięcia pojedynczego punktu sterującego na kształt krzywej / powłoki podziałowej nie przekracza dwóch segmentów (w każdym kierunku) (str. 402, str. 409).
- Do dobrego odwzorowania okręgu wystarczy dwukrotny podział sześciokąta. Dla bardzo dokładnego okręgu — dwukrotny podział ośmiokąta (str. 404)
- Krawędzią każdej powierzchni otwartej jest krzywa podziałowa (str. 410).
- Powierzchnie podziałowe mogą zawierać krawędzie oznaczone jako "ostre" (str. 411). Możliwa jest także ostrość częściowa (str. 413)
- Ostra krawędź jest "barierą" dla propagacji zmiany kształtu powłoki (str. 413)
- Rzut powierzchni podziałowej na płaszczyznę zależy wyłącznie od rzutu jej punktów sterujących na tę płaszczyznę (str. 414). Dzięki tej właściwości można bez problemu "wycinać" okręgi w powierzchniach, które nie są zbyt wygięte. przy większym wygięciu pojawią się deformacje na brzegu otworu.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

8.3 Kształt profili lotniczych (metody odwzorowania)

Wśród konstruktorów lotniczych funkcjonuje powiedzenie "the wing is the king". Ma to znaczyć, że geometria płata ma decydujący wpływ na wszelkie charakterystyki samolotu. Na przykład — P-40E "Warhawk" i P-51A "Mustang" miały niemal identyczną powierzchnię płata. Używały takich samych silników *Allison*, miały bardzo podobną powierzchnię czołową — chłodnic, kadłuba, skrzydeł. Różniły się jednak drastycznie oporem, jaki stawiały podczas lotu. Współczynnik oporu P-40E wynosił 0.0242[1]. Ten sam współczynnik dla P-51A wynosił 0.0176. Co powodowało tę różnicę? Przede wszystkim profil płata! W wyniku zastosowania skrzydła o profilu laminarnym pierwsze "Mustangi" był o 45 km/h szybsze od "Warhawków" [2].

Profil płata jest odwzorowywany w lotnictwie bardzo dokładnie — nawet nieznaczne różnice kształtu mogą w znaczny sposób zmienić np. charakterystyki przeciągnięcia. Rysunek 8.3.1 wyjaśnia podstawowe pojęcia, używane w opisie geometrii profili lotniczych:



Rysunek 8.3.1 Geometria profilu lotniczego

Tradycyjnie profile lotnicze rysuje się w płaszczyźnie **XY**. Z lewej strony, w punkcie (**X**=0, **Y**=0), znajduje się zawsze tzw. nos profilu, określający kształt krawędzi natarcia płata. Nos jest zazwyczaj zaokrąglony. Czasami jest podawany promień tego zaokrąglenia. Profil jest zawsze zakończony w punkcie (**X**=100, **Y**=0). Linia profilu jest często dzielona na dwie części: **obrys górny** i **obrys dolny**. Obrysy łączą się na krańcach profilu (w **X** = 0 i **X**=100).

Prosty odcinek, łączący nos z krawędzią spływu nazywamy **cięciwą**. Drugą linią charakterystyczną jest **szkieletowa**. Punkty tej linii leżą w równej odległości od górnej i dolnej krawędzi profilu. Można ją sobie wyobrazić jako linię przechodzącą przez środki okręgów, wpisanych w obrys profilu (Rysunek 8.3.1).

Dla profilu podawana jest często także:

- maksymalną grubość (informacyjnie — chodzi tu o wysokość, mierzoną wzdłuż osi Y);
- punkt maksymalnego ugięcia linii szkieletowej (Rysunek 8.3.1).

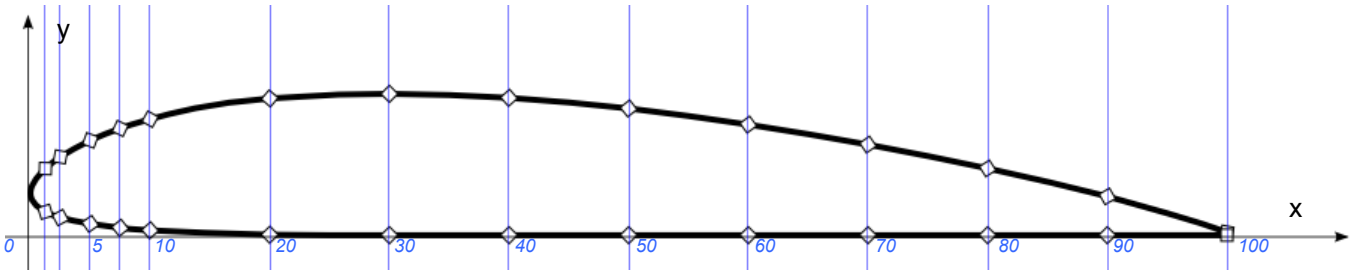
Gdzieś tak do lat dwudziestych XX wieku profile płatów opracowywali sami konstruktorzy. Robili to metodą prób i błędów. Na przykład popularny profil Clark Y powstał właśnie w tym czasie (opracował go w 1922 r. Virginius A. Clark). Użyto go w dziesiątkach samolotów z lat dwudziestych. Aby inżynierowie na całym świecie byli w stanie poprawnie odtworzyć kształt profili, zaczęto publikować współrzędne ich obrysów (Tabela 8.3.1, Rysunek 8.3.2):

[1] Współczynnik "czystego oporu" mierzony w sytuacji, gdy płat nie wytwarza siły nośnej (samolot jest wówczas pochylony o 2—3° do dołu).

[2] Z prędkością wznoszenia już nie było tak dobrze: obydwa samoloty nie były pod tym względem najlepsze. Przy praktycznie takiej samej masie całkowitej (porównywany "Warhawk" był nieznacznie — o 120 kg — lżejszy) "Mustang" osiągał 610 m/min, a "Warhawk" — 670 m/min. (Profil laminarny "Mustanga" miał o wiele niższy opór, ale także wytwarzał relatywnie niższą siłę nośną.) Dla porównania — Messerschmitt Bf 109E miał prędkość wznoszenia 1020 m/min, a Bf 109F — 1260 m/min (ta ostatnia była jedną z najlepszych w ciągu całej wojny).

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yg	3.49	5.53	6.50	7.87	8.86	9.63	11.35	11.73	11.40	10.52	9.18	7.72	5.54	3.32	0.25
Yd	3.49	1.94	1.46	0.94	0.61	0.40	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela 8.3.1 Współrzędne profilu Clark Y



Rysunek 8.3.2 Profil Clark Y, wykreślony na podstawie współrzędnych z Tabela 8.3.1

Gdzieś w latach dwudziestych coraz szerzej zaczęto używać profili, opracowanych przez placówki naukowe. Na przykład publikował je niemiecki uniwersytet w Getyndze. (Były oznaczane np. "Götingen - 623", albo "Götingen - 543".) W 1933 r. finansowana przez rząd USA NACA opublikowała istotny raport, zawierający geometrię i charakterystyki 78 profili lotniczych. Były to tak zwane "profile rodziny 4-cyfrowej". Od tamtej pory profile te były szeroko wykorzystywane w wielu konstrukcjach lotniczych, nie tylko amerykańskich[1]. Do rodziny tej należą także profile płata P-36 i P-40: NACA 2215 i NACA 2209.

Czy wiesz, że numer profilu NACA nie jest wcale numerem kolejnym? Tak naprawdę zawiera opis jego kluczowych parametrów geometrycznych:

- 1 cyfra: największe ugięcie szkieletowej (czyli wartość Y max. ugięcia w %).
- 2 cyfra: odległość punktu o największym ugięciu szkieletowej od nosa profilu, podzielona przez 10. Na przykład — "2" oznacza, że max. ugięcie szkieletowej znajduje się 20% od krawędzi natarcia.
- 3 i 4 cyfra: grubość profilu (%).

Tak więc symbol profilu P-40 — "NACA 2215" — oznacza profil o grubości 15% i maksymalnym ugięciu szkieletowej 2%, w X = 20% cięciwy. W istocie kształty NACA 2215 i NACA 2209 różnią się tylko grubością. Gdy przeskalujesz rysunek NACA 2209, rozciągając go w pionie, uzyskasz NACA 2215. (Na odwrót to także działa!)

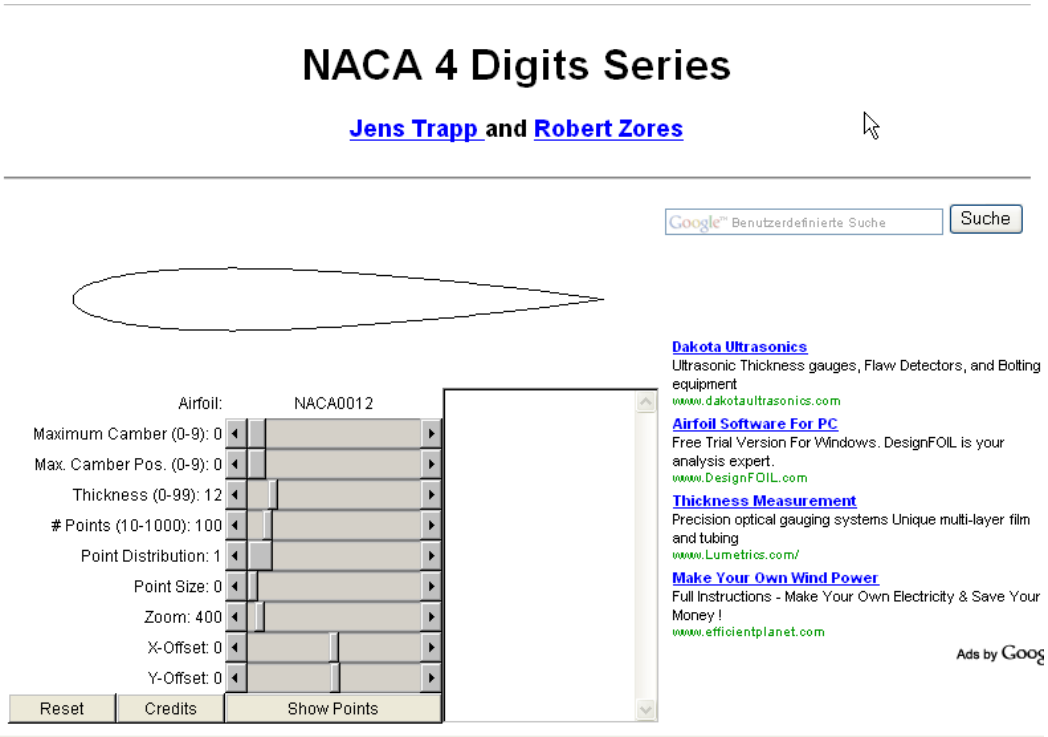
Co więcej — NACA opublikowało wzory matematyczne, które pozwalają odwzorować kształt profilu z dowolną dokładnością. (Trzydzieści punktów, jakie Tabela 8.3.1 dla profilu Clark Y, pozostawia jeszcze pole do pewnej dowolności).

- NACA opublikowała parametry także tzw. "rodziny 5-cyfrowej", ale nie będziemy się nią tu zajmować. Poza tym istnieją także profile NACA, noszące inne oznaczenia. Na przykład — laminarny profil płata "Mustanga" to NACA 45-100. A profil skrzydła Messerschmitta Bf 109 jest podany jako NACA $2R_1$14.2 (to oznacza podwójne załamanie szkieletowej).

[1] Skąd tak wielka popularność? Sekret kryje się w sposobie pomiaru. NACA dysponowało wówczas jedynym w świecie pełnowymiarowym tunelem aerodynamicznym, w którym mieścił się cały myśliwiec. Charakterystyki opublikowanych profili były zmierzone na dużych płatach, w warunkach zbliżonych do rzeczywistego lotu. Wcześniej wszyscy "dmuchali" (tak to się mówi w lotnictwie) płaty o rozmiarze niewielkiego modelu w małych tunelikach aerodynamicznych. Potem starano się te "modelarskie" charakterystyki przeliczyć na prawdziwe warunki lotu. Zdradzę tu wszystkim tym, którzy nie zetknęli się z praktyką inżynierską, mały sekret: obliczenia aerodynamiczne, szczególnie bez użycia komputerów, są strasznie niedokładne! Profile NACA były więc w oczach konstruktorów o wiele bardziej "pewne", niż wszystkie inne.

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Gdy zaczniesz szukać w Internecie hasła "NACA, airfoil", znajdziesz szybko kilka stron podających współrzędne wielu różnych profili lotniczych. Uważam, że godny polecenia jest w szczególności serwis dostępny pod adresem *http://www.ppart.de/programming/java/profiles/NACA4.html*:

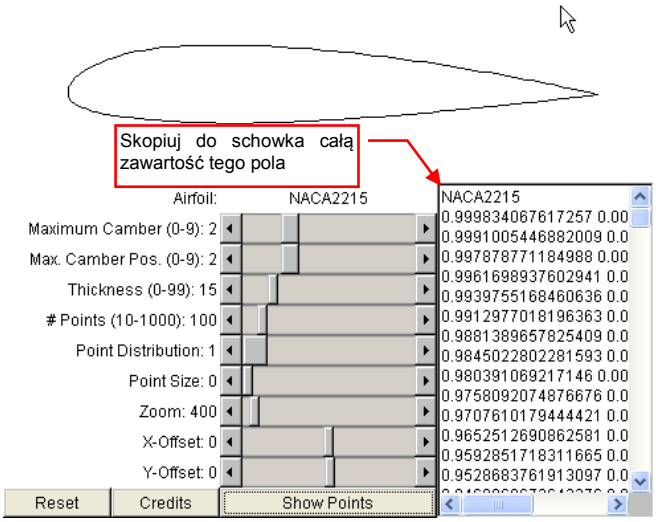


Rysunek 8.3.3 Serwis internetowy — generator współrzędnych 4-cyfrowych profili NACA

Gdy ustawisz na tej stronie odpowiednio parametry:

- ***Maximum Camber***: ugięcie szkieletowej (1-sza cyfra);
- ***Max. Camber Pos***: pozycja ugięcia szkieletowej (2-ga cyfra);
- ***Thickness***: grubość profilu (dwie ostatnie cyfry).

i naciśniesz przycisk ***Show Points***, w polu po prawej stronie ekranu zobaczysz współrzędne. Wygenerowano je dla profilu o długości cięciwy = 1.0. (Po 100 pkt na obrys).

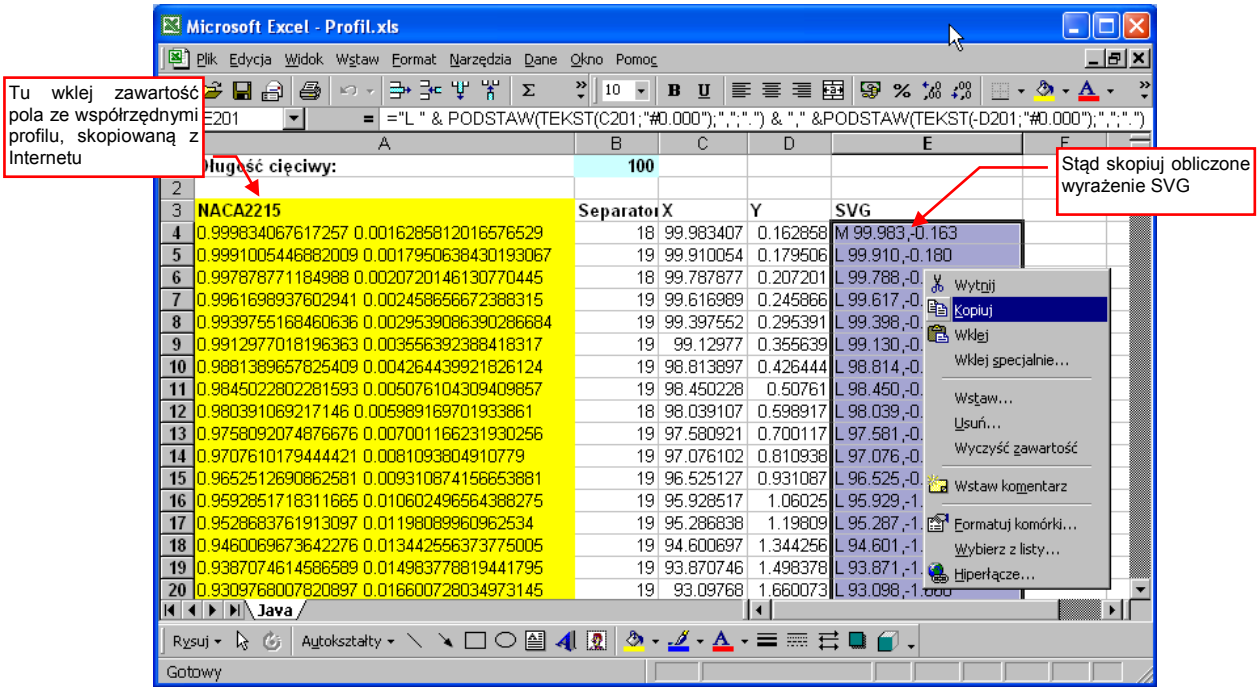


Rysunek 8.3.4 Wygenerowane współrzędne profilu NACA 2215

Zaznacz całą zawartość pola tekstowego ze współrzędnymi (Ctrl-A) i skopiuj ją do schowka (Ctrl-C).

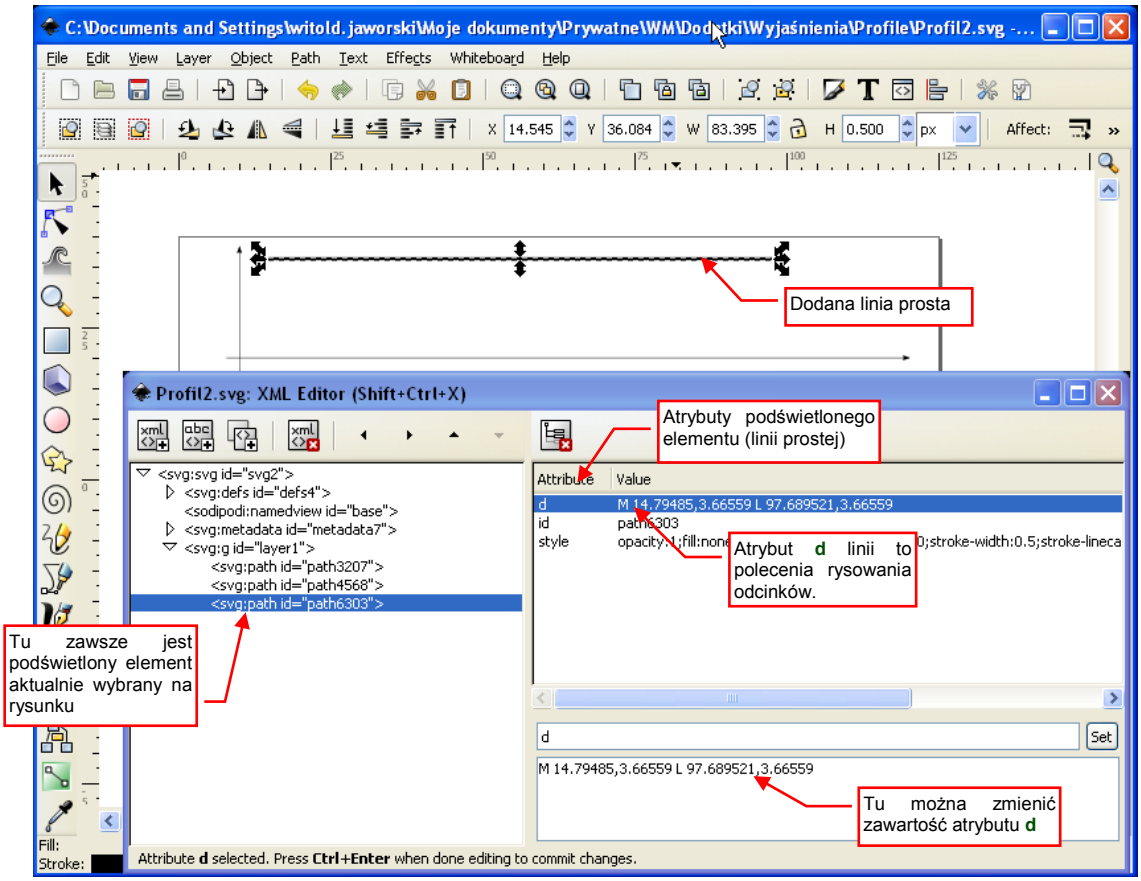
Co dalej zrobić z tymi współrzędnymi? Będziemy pracowicie rysować w Inkscape ten profil, "punkcik po punkciku"? Na szczęście nie — istnieje szybsza droga.

Otwórz arkusz kalkulacyjny, który przygotowałem specjalnie tym celu (*Source\Tools\airfoil.xls* z pliku *source.zip*, por. str. 18 — Rysunek 8.3.5):



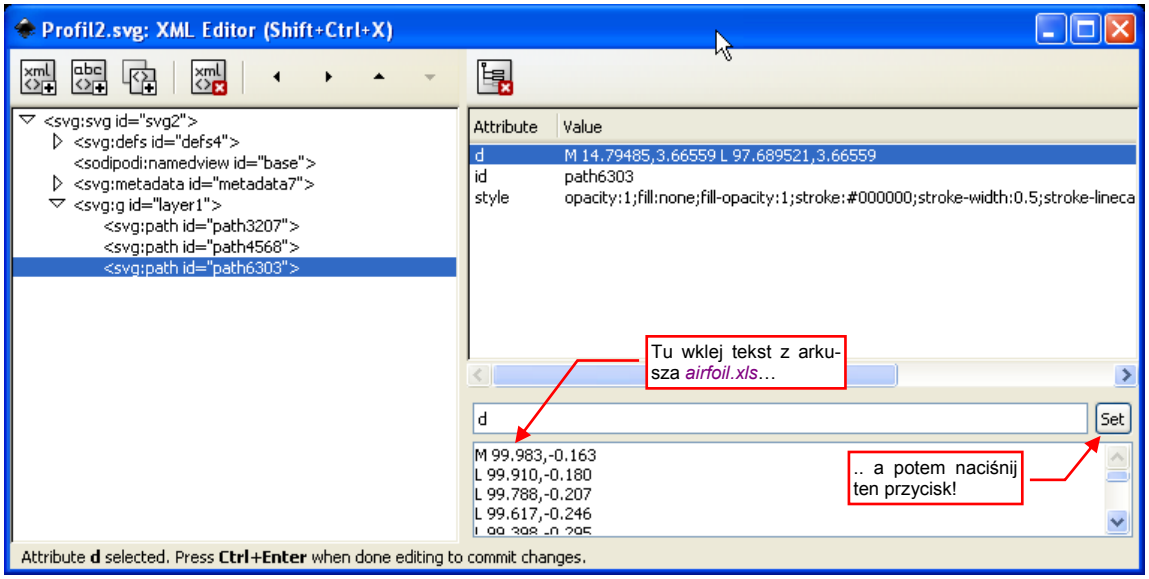
Rysunek 8.3.5 Arkusz kalkulacyjny — przygotowanie wyrażenia SVG

Teraz przełącz się do Inkscape, i: narysuj w nim dowolną linię prostą. Następnie przełącz się na tryb selekcji i otwórz okno edytora XML (***Edit→XML Editor...***)



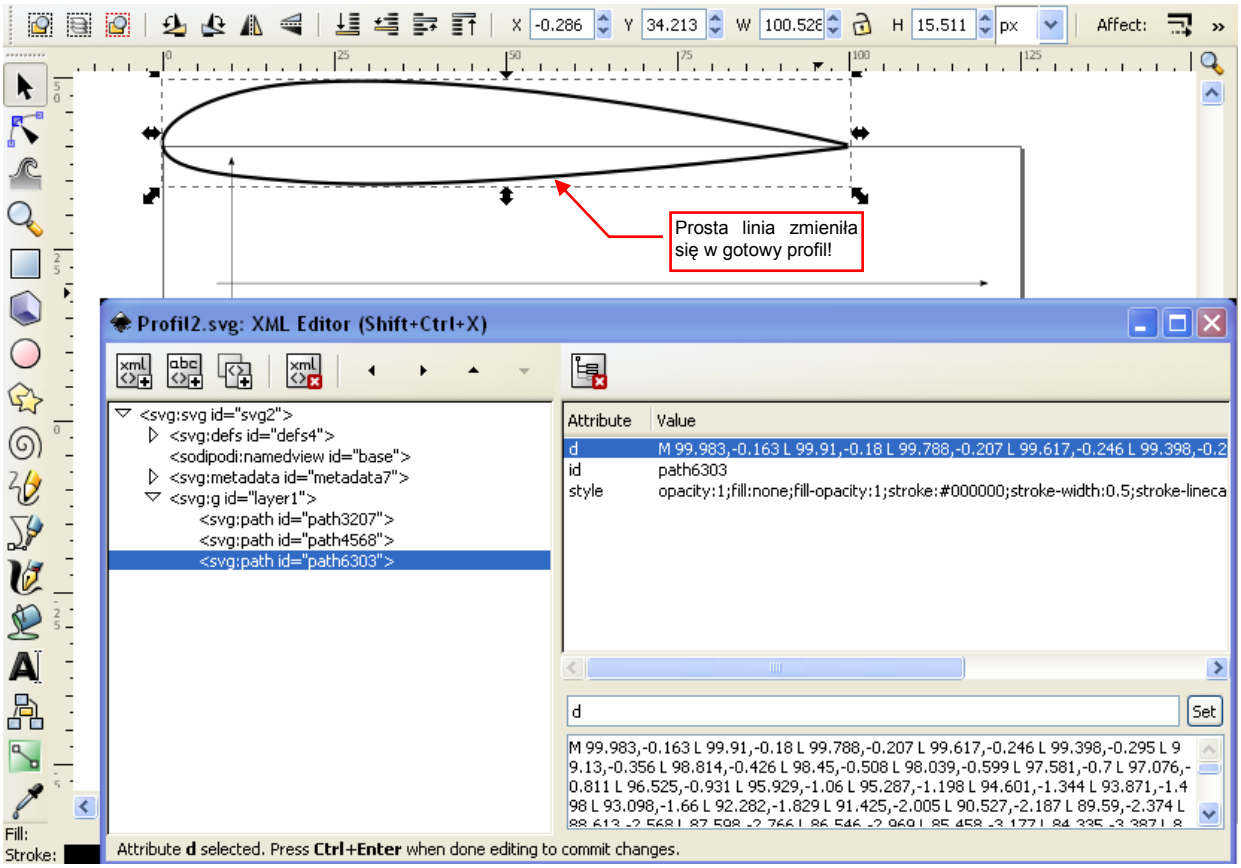
Rysunek 8.3.6 Linia na rysunku i jej definicja w edytorze XML (SVG)

Wklej zawartość schowka (kopię obszaru **SVG** z arkusza *airfoil.xls* — por. Rysunek 8.3.5) jako nową wartość atrybutu **d**[1](Rysunek 8.3.7):



Rysunek 8.3.7 Wartość atrybutu d (wierzchołki linii) przeniesiona z arkusza *airfoil.xls*

Gdy naciśniesz przycisk ***Set***, wprowadzisz nowe wartości do dokumentu Inkscape (Rysunek 8.3.8):

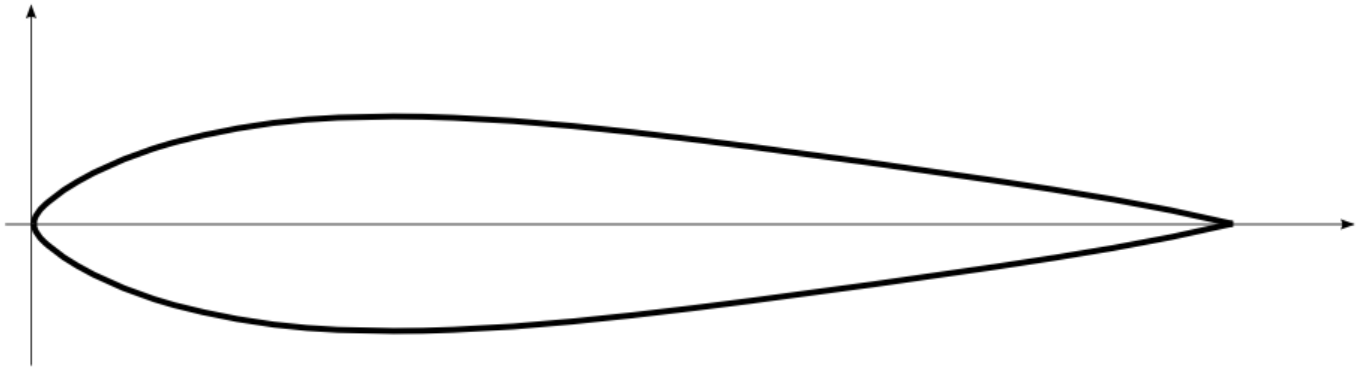


Rysunek 8.3.8 Uzyskany w Inkscape profil NACA 2215

[1] Inkscape zapisuje dokumenty w standardzie SVG (*Scalable Vector Graphics*). Są to w istocie pliki tekstowe, przypominające trochę sposobem zapisu strony HTML. Możesz je nawet otworzyć w zwykłym Notatniku (*notepad.exe*) i coś w nich zmienić — pod warunkiem, że wiesz, co robisz. Do tego także służy okno *XML Editor*. Za jego pomocą możesz zmieniać w Inkscape "surową" zawartość aktualnego dokumentu. Jest to o tyle prostsze od użycia notatnika, że przed zapisem jest sprawdzana poprawność danych.

W ten sposób nasza linia nagle zmieniła się w gotowy rysunek profilu NACA 2215! Pozostaje teraz tylko zmienić jego skalę i przesunąć w odpowiednie miejsce rysunku.

Na koniec warto wspomnieć o odmianie profili NACA, z końcówką "T". Są to wersje o zmniejszonym promieniu noska. Profile "T" mają o 75% zmniejszony promień noska w stosunku do promienia użytego w serii NACA 00xx (bez końcowej litery). Odpowiednio do tego jest także zmodyfikowany cała kształt przedniej sekcji - na "ostrzejszą". "T" w zamyśle twórców mogło to znaczyć tyle, co angielskie "thinner", czyli "cieńszy" (albo, równie dobrze, "tapered"). Przykładem profilu "T" jest NACA 0018T (Rysunek 8.3.9):



Rysunek 8.3.9 Profil NACA 0018T ("T" oznacza zmieniony przód — zmniejszony promień noska)

Nigdzie nie znalazłem opisu, jaki przekrój miało usterzenie P-40. Przymierzałem do rysunków fabrycznych (np. owiewki usterzenia) wiele profili. Ostatecznie doszedłem do wniosku, że była to właśnie rodzina NACA 00xxT. W P-40 wykorzystano "cieńsze" wersje profilu, jaki pokazuje Rysunek 8.3.9:

- usterzenie pionowe, u nasady: NACA 0008T;
- usterzenie poziome, u nasady: NACA 0010T;
- usterzenie poziome, u końca: NACA 0009T.

Tabela 8.3.2 określa współrzędne obrysu profilu NACA 0018 T dla piętnastu punktów. Wykorzystałem je do wyznaczenia obrysu profilu. Aby uzyskać z tych współrzędnych cieńszą wersję, wystarczy przeskalować je w kierunku pionowym. Na przykład, po "ściśnięciu" NACA 0018T o 50% uzyskamy NACA 0009T, wykorzystywany w końcówce usterzenia poziomego.

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yg	0.00	1.87	2.83	4.28	5.41	6.32	8.46	9.00	8.62	7.67	6.44	5.09	3.65	2.05	0.00
Yd	0.00	-1.87	-2.83	-4.28	-5.41	-6.32	-8.46	-9.00	-8.62	-7.67	-6.44	-5.09	-3.65	-2.05	0.00

Tabela 8.3.2 Współrzędne profilu NACA 0018T (cieńsze wersje profilu są używane w usterzeniach).

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Skorowidz

- Nazwy poleceń, skróty klawiatury, podane w skorowidzu, dotyczą Blendera, o ile w haśle nie jest zaznaczone inaczej: „(GIMP)”, „(Inkscape)”.

,

, (przecinek):, *Patrz* Bounding Box Center, *Patrz Bounding Box Center*, wybór z listy Pivot

.

. (kropka):, *Patrz* 3D Cursor, *Patrz 3D Cursor*, wybór z listy Pivot

1

1, *Patrz* Front

3

3, *Patrz* Left
3D Cursor
jako punkt odniesienia, 56, 300, 319, 334, 335, 337
Location
wpisywanie współrzędnych, 58
panel z przybornika Properties, 58, 273
przykład użycia, 81, 84
w oknie 3D View, 55, 272
wpisywanie współrzędnych, 273, 277
wybór z listy Pivot, 56, 319
3D Cursor Location
sekcja z panelu Properties
View, 277
3D View
dopasowanie rozmiaru obrazu tła, 71, 72, 277
porównanie metod wyświetlania planów, 280
problem z małą rozdzielczością obrazu tła, 279
przejrzystość obrazu tła, 276, 282
układ okien do modelowania, 72
ustawianie obrazu tła, 71, 275
ustawienie tła w widoku z kamery, 282
ustawienie tła w wielu oknach, 279
zmiana obrazu po wysunięciu przybornika, 266

5

5, *Patrz* Persp/Ortho

7

7, *Patrz* Top

A

A, *Patrz* Select/Deselect All
Add Image
przycisk z panelu Background Images, 275
Add Modifier
polecenie z panelu Modifiers, 365
polecenie z zestawu Modifiers, 293, 297, 341
Add-Ons
sekcja okna User Preferences, 264, 285
aksonometryczny
widok, 44
aktywne
okno, 25
aktywny
obiekt, *Patrz* obiekt, aktywny
Align View to Selected
polecenie z menu View, 316, 370
przykład użycia, 150
Alt-D, *Patrz* Duplicate Linked
Alt-H, *Patrz* Show Hidden
Alt-J, *Patrz* Tris to Quads
Alt-P, *Patrz* Clear Parent
Alt-S, *Patrz* Shrink/Fatten
Alt-Spacja, *Patrz* Normal (orientacja)
angle constrain
opcja polecenia Knife, 346
Animation
układ ekranu, 31
Apply
przycisk z panelu Modifiers, 365
przycisk z panelu modyfikatora, 342
Artifical
materiał elementów pomocniczych, 171
Assign
przycisk z zestawu Material, 380
atrefakt
w widoku perspektywicznym (okno 3D View), 43
Auto Save Temporary Files
przełącznik z sekcji File, 270
autozapis
ustawienia, 265, 270
Axis

lista z panelu Background Images, 275

B

B, *Patrz* Border Select, *Patrz Border Select*
Back to Previous
przycisk z nagłówka okna Info, 37
Background Images
panel przybornika Properties, 71, 275
Bates, Hume
artykuł, 246, 247
bazowa
płaszczyzna XZ, 72
Blender
rozszerzenia funkcjonalności, 264, 285
wyjście z programu, 34
blok danych, *Patrz* datablock
błędny
rzut z przodu, 126, 140
Bookmarks
panel okna File Browser, 256
Boolean
porównanie z Intersection, 103
Border Select
polecenie z menu Select, 49, 329
Bottom
polecenie z menu View, 39
Bounding Box Center
jako punkt odniesienia, 300, 334, 337
przykład użycia, 75
wybór z listy Pivot, 56
Bridge Edge Loops
Interpolation
opcja polecenia, 360
Number of Cuts
parameter polecenia, 360
polecenie z menu Mesh, 164, 360
By Number of Verts
polecenie z menu Select, 371

C

C, *Patrz* Circle Select, *Patrz Circle Select*
Camera
polecenie z menu Add, 299
polecenie z menu View, 47
Cap Ends
parametr polecenia Add Cylinder, 296
Catmulla-Clarka
powierzchne podziałowe, 293, 297
schemat podziału powierzchni, 405
Catmull-Clark, *Patrz* powierzchnie podziałowe
cień
wzdłuż ostrego załamania krawędzi, 161
cięciwa
profilu lotniczego, 416, 417
Circle
polecenie z menu Add, 292
przykład użycia, 74, 112
Circle Select
polecenie z menu Select, 322, 329
Clark Y
profil (lotniczy), 416
Clear Parent
polecenie z menu Object, 307
Clear Sharp
polecenie z menu Mesh, 385
Clip
pola z panelu Properties
View, 43
config
folder konfiguracji Blendera, 268
configuration
Blender, 32
Copy Material
polecenie z zestawu Material, 379
Copy Material to Others
polecenie z zestawu Material, 378
Copy Settings
opcja z menu New Scene, 287
Crease, *Patrz* ostra krawędź
ostrość krawędzi, 353
przykład użycia, 82
Ctrl, *Patrz* przesunięcie,skokowe
Ctrl-↑, *Patrz* Tile Area, *Patrz* Maximize Area
Ctrl-. (kropka):, *Patrz Indyvidual Centers*, wybór z listy Pivot
Ctrl-1, *Patrz* Rear
Ctrl-3, *Patrz* Right
Ctrl-7, *Patrz* Right
Ctrl-E, *Patrz* Edges, *Patrz* Edge Specials
Ctrl-F3, *Patrz* Save Screenshot
Ctrl-J, *Patrz* Join
Ctrl-L, *Patrz* Make Links, *Patrz* Select Linked
Ctrl-N, *Patrz* Recalculate Outside, *Patrz* Recalculate Outside
Ctrl-O, *Patrz* Open
Ctrl-P, *Patrz* Set Parent
Ctrl-R, *Patrz* Loop Cut
Ctrl-S, *Patrz* Save

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Cursor Depth
opcja z okna User Preferences, 274
wpływ na kursor 3D, 274
Cursor to Selected
polecenie z menu Snap, 272, 319, 321, 373
cut through
opcja polecenia Knife, 346
Cylinder
polecenie z menu Add, 296
czcionki ekranu
ustawienia, 265

D

Data
opcja panelu z zestawu Material, 318
datablock
licznik użycia, 394
nie używane, 395
przykłady, 396
w rysunku Blendera, 393
zabezpieczone, 395
zestaw kontrolek, 394
Default
układ ekranu, 31, 283
deformacja
krawędzi wokół otworu powierzchni podziałowej, 415
Delete, *Patrz* Delete
menu opcji usuwania, 355, 356, 357, 358
Diffuse
panel z zestawu Material, 390
Dimensions
sekcja z panelu Transform, 97
Dissolve Edges
opcja z menu Delete, 357
Dissolve Vertices
opcja z menu Delete, 356
dodanie
modyfikatora (siatki), 365
dodatki (add-ons)
instalacja, 269, 285
ustawienia aktywnych, 264
usuwanie, 286
dodawanie
modyfikatora (siatki), 341
nowego materiału (BI), 389
nowego układu ekranu, 284
nowej sceny, 287
dopasowywanie
modelu do konturu, 77
Duplicate
polecenie z menu Mesh, 347
polecenie z menu Object, 302, 303
przykład użycia, 95
Duplicate Area into New Window
polecenie z menu View, 34
Duplicate Linked
polecenie z menu Object, 302
dwa monitory
praca z, 34
Dynamic Spacebar Menu
programowe rozszerzenie Blendera (add-on), 264

E

E, *Patrz* Extrude Region
Edge Crease
polecenie z menu Mesh, 353
Edge Loops
opcja z menu Delete, 355
Edge Slide
polecenie z menu Edge Specials, 349
polecenie z menu Mesh, 349
przykład użycia, 77
Edge Specials
podręczne menu edycji siatki, 349
Edge Split
modyfikator siatki, 387
edgeloop, *Patrz* linia,wierzchołków
linia wierzchołków, 349, 351
Edgeloop
Erase,przykład użycia, 102
Edges
opcja z menu Delete, 357
submenu menu Mesh, 385
Editing
sekcja okna User Preferences, 262
edycja
tryb pracy, włączanie, 326
edytor
wybór typu, 28
ekran
przełączenie na inny układ, 283
stworzenie nowego układu, 284
układ
Default, 283
UV Editing, 283
układ do modelowania, 72
układ okien, zarządzanie, 283
usunięcie jednego z układów, 284

zmiana nazwy układu, 284
Empty
obiekt, zastosowanie, 280
polecenie z menu Add, 298
Emulate Numpad
opcja z sekcji Input okna User Preferences, 32
przełącznik z sekcji User Preferences Input, 263
Esc, *Patrz* rezygnacja, z polecenia
wyjście z trybu selekcji, 329
Extrude
przykład użycia, 74, 105
Extrude Region
polecenie z menu Mesh, 339

F

F, *Patrz* Make Edge/Face
F12, *Patrz* Image:polecenie z sekcji Render
F3, Patrz Save Image
Face
opcja z panelu Mesh Display, 381
Fake user
bloku danych, 395
File
sekcja okna User Preferences, 265, 270
File Browser
okno, 256, 270, 285
filtr
w sekcji Add-Ons okna User Preferences, 286
Flip Normals
polecenie z menu Mesh, 382
Flip to Top
polecenie z menu Header, 29
Fly Navigation
polecenie z menu View, 45
formowanie
kabina — fazki na ramce oszklenia, 185
kadłub — chłodnice, 231
kadłub — chwyt powietrza do sprężarki, 174
kadłub — hierarchia cześci kabiny, 198
kadłub — kanały chłodnic, 231, 232
kadłub — klapy chłodnicy, 234
kadłub — krawędzie ogona, 147
kadłub — krawędź kabiny, 143
kadłub — luk kółka ogonowego, 150
kadłub — narożniki przed kabiną, 144
kadłub — narożniki wlotu powietrza, 166
kadłub — osłona awaryjnego zrzutu paliwa, 233
kadłub — osłona silnika, 155
kadłub — osłony chłodnic, 163, 247
kadłub — osłony luf nkm, 169, 171
kadłub — osłony silnika, 154
kadłub — oszklenie grzbietu, 182
kadłub — oszklenie za zagłówkiem pilota, 182
kadłub — otwór kabiny pilota, 190, 194
kadłub — otwór kolektora spalin, 177
kadłub — owiewka kabiny, 189
kadłub — owiewka kabiny pilota, 192
kadłub — pierścień klap chłodnicy, 234
kadłub — podłużnice, 203
kadłub — podział osłony silnika na panele, 160
kadłub — pokrywa kółka ogonowego, 240
kadłub — połączenia dwóch części, 158
kadłub — połączenie ze skrzydłem, 145
kadłub — ramka oszklenia grzbietu, 183
kadłub — ramka owiewki kabiny, 196, 197, 199
kadłub — struktura wewnętrzna, 205
kadłub — szyna owiewki kabiny, 195
kadłub — ściany wewnętrzne, 201
kadłub — tylna krawędź, 148
kadłub — wgłębienia za zagłówkiem pilota, 179
kadłub — wgłębienie, poprawianie, 187
kadłub — wiatrochron kabiny, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 199
kadłub — wnęka kółka ogonowego, 240
kadłub — wręga początkowa, 142
kadłub — wręgi, 204
kadłub — wylot z chłodnicy, 232, 248
kadłub — wytłaczania, 143
kadłub — zagłębienia, 165
kadłub — zaokrąglenia wlotu powietrza, 164
kołpak śmigła, 74
korekta osłony chłodnicy, 247
korekta owiewki podwozia, 248
korekta wylotu z chłodnicy, 248
lotka, 113
lotka — oś obrotu, 114
lotka — przednia krawędź, 112
lotka — żebra, 114
łopaty śmigła, 81, 82, 84, 85
oprofilowania płata, 223
oprofilowania płata — powierzchnie dolne, 228
oprofilowania usterzenia, 218
oprofilowanie statecznika pionowego, 220
oprofilowanie statecznika poziomego, 219
poprawianie błędu, 187
przesuwanie podłużnic, 157
ramka oszklenia za zagłówkiem pilota, 183

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

skrzydła — domknięcie końcówki, 106
skrzydła — komora lotki, 116
skrzydła — końcowki, 101
skrzydła — krawędź spływu, 99
skrzydła — kształt podstawowy, 98
skrzydła — lotka, wycięcie, 111
skrzydła — otwór podwozia, 119
skrzydła — podłużnice, 95
skrzydła — położenie podłużnic, 93
skrzydła — profil końcowy, 97
skrzydła — profil początkowy, 95, 97
skrzydła — wstawienie żeber, 101
skrzydła — wycięcie końcówki, 102
skrzydła — wznios i kąt zaklinowania, 122
skrzydła — zaokrąglanie końcówki, 105
skrzydło — klapa, 238
skrzydło — owiewki podwozia, 207, 208, 211, 213, 214, 216, 248
skrzydło — wnęka klapy skrzydła, 237
skrzydło — wnęka podwozia głównego, 237
statecznik pionowy, 137
statecznik poziomy, 129
statecznik poziomy — tylna ścianka, 129
ster kierunku — końcówka, 138
ster kierunku — krawędź spływu, 138
ster kierunku — podstawa, 138
ster wysokości, 131
ster wysokości — końcówki, 131
ster wysokości — krawędź spływu, 132
ster wysokości — szczeliy na okucia, 133
steru kierunku — przednia krawędź, 137
steru wysokości — podstawa, 132
stożka oprofilowania płata, 225
usterzenie pionowe — końcówka, 136
usterzenie pionowe — kształt podstawowy, 135
usterzenie pionowe — położenie podłużnic, 135
usterzenie poziome — grubość końcówek, 125
usterzenie poziome — końcówki, 127
usterzenie poziome — kształt podstawowy, 125
usterzenie poziome — podłużnice, 124
usterzenie poziome — profil początkowy, 124
weryfikacja kształtu krawędzi siatki, 158
wgłebienia w kadłubie, 179
wykorzystanie wzorcowej powłoki, 171
zagęszczenie siatki, 169
zwielokrotnienie podłużnic, 156
Front
polecenie z menu View, 39
Full Copy
opcja z menu New Scene, 287

G

G, *Patrz* Grab/Move
geometria
profilu lotniczego, 416
głębokość
widoku, 43
Götingen
profile (lotnicze), 417
Grab On Axis
polecenie z menu Object, 53
Grab/Move
polecenie z menu Mesh, 332
polecenie z menu Object, 51, 320

H

H, *Patrz* Hide Selected
Header
menu kontekstowe, 29, 30
Hide Selected
polecenie z menu Object, 315
hierarchia
elementów skrzydła, 116
elementów usterzenia poziomego, 133
ustalanie dla obiektów, 306
wyłączanie obiektu z, 307

I

I, *Patrz* Inverse
ignore snap
opcja polecenia Knife, 346
Image
polecenie z sekcji Render, 67
tryb wyświetlania obiektów Empty, 280
Individual Centers
wybór z listy Pivot, 56
Info
okno, 24, 37
okno informacji, 31
typ okna, 256
informacje
o stanie sceny, 37
informacji
okno, 24
Input
sekcja okna User Preferences, 263
instalacja
dodatków, 269, 285

Install Add-On
przycisk okna File Browser, 285
przycisk z sekcji Add-Ons okna User Preferences, 285
Interface
sekcja okna User Preferences, 262
Intersect
polecenie z menu Mesh, 311
Separate
opcja polecenia, 311
Intersection, *Patrz* przecięcie, powłok
a polecenia *Boolean*, 103
add-on, 308
okno dialogowe, 309
przykład użycia, 103
Use both meshes
opcja polecenia, 309
Use diagonals
opcja polecenia, 310
Use selected faces
opcja polecenia, 309
wykorzystanie rezultatów, 103
zasada działania, 310
Inverse
polecenie z menu Select, 328

J

J, *Patrz* Vertex Connect
jednostka
do jedn. rzeczywistych, 71
Join
polecenie z menu Object, 312
przykład użycia, 120
Join Areas, Patrz scalanie:okna

K

kabina
formowanie — poprawianie wgłębienia, 187
formowanie oszklenia za zagłówkiem pilota, 182
formowanie otworu na, 190, 194
formowanie owiewki, 189, 192
formowanie owiewki wiatrochronu, 195
formowanie podłużnic, 203
formowanie ramki oszklenia za zagłówkiem pilota, 183
formowanie ramki owiewki, 196, 197, 199
formowanie ramki wiatrochronu, 191, 192, 199
formowanie struktury wewnętrznej, 205
formowanie szyny owiewki, 195
formowanie ścian wewnętrznych, 201
formowanie wgłębienia za zagłówkiem pilota, 179
formowanie wiatrochronu, 190, 191
formowanie wręg, 204
formowanie wzmocnienia wiatrochronu, 193, 194
hierarchia części, 198
krawędź otworu, 143
kadłub
formowanie chłodnic, 231
formowanie chwytu powietrza do sprężarki, 174
formowanie kanałów chłodnicy, 231, 232
formowanie klap chłodnicy, 234
formowanie narożników wlotu powietrza, 166
formowanie oprofilowania płata, 223, 225, 228
formowanie oprofilowania usterzenia, 218
formowanie osłony awaryjnego zrzutu paliwa, 233
formowanie osłony chłodnic, 163, 247
formowanie osłony luf nkm, 169, 171
formowanie osłony silnika, 154, 155
formowanie otworu kabiny pilota, 190, 194
formowanie otworu na kolektor spalin, 177
formowanie owiewki kabiny pilota, 189, 192
formowanie owiewki wiatrochronu kabiny, 195
formowanie pierścienia klap chłodnicy, 234
formowanie podłużnic, 203
formowanie ramki owiewki kabiny, 196, 197, 199
formowanie ramki wiatrochronu kabiny, 191, 192, 199
formowanie struktury wewnętrznej, 205
formowanie szyny owiewki kabiny, 195
formowanie tylnej krawędzi, 148
formowanie wewnętrznych ścian kabiny, 201
formowanie wgłębienia za zagłówkiem pilota, 179
formowanie wiatrochronu kabiny pilota, 190, 191
formowanie wręg, 204
formowanie wylotu z chłodnicy, 232, 248
formowanie wzmocnienia wiatrochronu kabiny, 193, 194
formowanie zagłębienia, 165
formowanie zaokrąglenia wlotu powietrza, 164
hierarchia części osłony kabiny, 198
krawędź kabiny, 143
krawędź przenikania ze skrzydłem, 145
luk kółka ogonowego, 150, 240
narożniki przed kabiną, 144
pierwsza wręga, 142
podział osłony silnika na panele, 160
połączenie z osłoną silnika, 158
przesuwanie podłużnic, 157
weryfikacja kształtu krawędzi siatki, 158
wytłaczanie, 143

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

zwielokrotnienie podłużnic, 156
kamera
warstwa dla, 267
widok z, 47
katalog
z konfiguracją Blendera, 268
kąt zaklinowania
skrzydła, 122
klapy
skrzydła, przygotowanie, 110
klawiatura
kiedy stosować skróty, 30
laptopa, 263
numeryczna, 263
Knife
opcja angle constrain, 346
opcja cut through, 346
opcja ignore snap, 346
opcja midpoint snap, 346
opcje działania, 346
polecenie z przybornika Toolbox, 345
przykład użycia, 102
kolejność
elementów listy, 289
paneli, zmiana, 61
kolor
materiału, 390
kołpak śmigła
formowanie, 74
kontekst
okna Properties, 62
zablokowanie w oknie Properties, 62
kontrolki
podpowiedzi, 33
końcówka
łopaty śmigła, 85
skrzydła, formowanie, 101, 106
usterzenia poziomego, formowanie, 127
kopiowanie
obiektu, 302
korekta
kształtu grzbietu kadłuba, 246, 247
owiewki podwozia, 248
przesunięcie chłodnicy cieczy, 247
wylotu z chłodnicy cieczy, 248
kółko ogonowe
formowanie luku, 150
formowanie pokryw, 240
formowanie wnęki, 240
krawędzie
ostre, automatyczna korekta normalnych, 384
ostre, korygowanie kierunku normalnych, 384, 385, 387
ostre, max. kąt automatycznej korekty, 384
ostre, minimalizowanie zaburzeń kierunku normalnych, 386
ostre, wybiórcza korekta normalnych, 385
ostre, zaburzenia interpolacji normalnych, 384
zastosowanie flagi Sharp, 385
krawędziowe
punkty, krzywych podziałowych, 400
punkty, powierzchni podziałowych, 407
krawędź
barwa zaznaczonej, 327
cienie wzdłuż ostrego załamania, 161
częściowo ostre, 413
formowanie wokół otworu, 143, 147
ostra (powłoki podziałowej), 411
podział, 348
powierzchni podziałowych, 410
przecięcia dwóch siatek, 308, 311
regulacja ostrości, 353
spływu, skrzydła, 99
stworzenie, 361
ustawienie bieżącego widoku równolegle lub prostopadle, 370
usuwanie, 357
usuwanie linii, 355
wyostrzenie, 78
wytłoczenie, 339
zaokrąglenia, wyznaczanie, 171
krzywa ostateczna
linii podziałowych, 399
krzywe podziałowe
a NURBS, 401
krzywa ostateczna, 399
odwzorowanie okręgu, 403
otwarte, 405
punkty krawędziowe, 400
punkty sterujace, 399
punkty wierzchołkowe, 400
segmenty, 401
wielobok oryginalny, 399
wielobok sterujacy, 399
właściwości, 402
wprowadzenie, 399
wyrażenia algebraiczne, 401
zakres wpływu, 402

kursor
3D, 55, 272
3D, wyjaśnienie pojęcia, 58
sceny, 272
wpływ opcji Cursor Depth, 274
kursor 3D
umieszczanie w wybranym wierzchołku siatki, 373
kwadrat
utworzenie, 295

L

lampa
warstwa dla, 267
laptop
klawiatura, 263
Left
polecenie z menu View, 39
Lens
pole z panelu Properties
View, 43
licznik użycia
bloku danych Blendera, 394
Limited Dissolve
opcja z menu Delete, 355
linia
wierzchołków, 325, 328
linie podziałowe, *Patrz* krzywe podziałowe
Link Material
opcja panelu z zestawu Material, 318
Link Object Data
opcja z menu New Scene, 287
Link Objects
opcja z menu New Scene, 287
lista
kontrolka w Blenderze, 288
menu kontekstowe elementów, 289
wyszukiwanie (filtr), 288
z okna Properties
menu kontekstowe, 289
szczegóły obsługi, 288
wyszukiwanie (filtr), 288
zmiana nazwy elementu, 288
zmiana uporządkowania, 289
zmiana nazwy elementu, 288
zmiana uporządkowania elementu, 289
lista rozijalna, *Patrz* przycisk, listy rozwijalnej
Load factory Settings
polecenie z menu File, 35
Location
sekcja z panelu Properties
3D Cursor, 273
zespół współrzędnych z panelu View, 57
Loop Cut
polecenie z menu Edge Specials, 351
przykład użycia, 76, 105, 106
lotka
oś obrotu, 114
przednia krawędź, 112, 113
żebra, formowanie, 114
lustrzane odbicie
siatki, 365

Ł

Ła-5
przykładowy model, 36
łącze
materiału
aktywne, 379
dodanie nowego do siatki, 379
usunięcie z siatki, 379
ze ścianami siatki, 379
łopata śmigła
formowanie, 81, 85
formowanie końcówki, 85
formowanie obrysu z przodu, 84
kształt w rzucie z boku, 91
powielenie, 90
skręcenie, 87
typowy przekrój, 83
wytłaczanie podstawowego kształtu, 82

M

M, *Patrz* Move to Layer
Make Edge/Face
polecenie z menu Mesh, 359, 361
przykład użycia, 95, 105
Make Links
polecenie z menu Object, 379
Make Parent
przykład użycia, 90
Manipulate center points
przełącznik w oknie 3D View, 319
rezultat działania, 320
Mark Sharp
polecenie z menu Mesh, 385
Material
polecenie z menu Object, 379
zestaw paneli okna Properties, 378

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

material slot
łącze materiału, 379
materiał
dla elementów pomocniczych, 171
dodanie nowego łącza do siatki, 379
łącze aktywne na liście Material, 379
łącze ze ścianami siatki, 379
przykład zastosowania, 171
przypisanie do fragmentu siatki, 379
przypisanie do obiektu, 318
przypisanie do siatki, 318, 378
przypisanie do wielu siatek, 378, 379
przypisanie różnych do indywidualnych ścian, 380
skopiowanie przypisania, 379
usunięcie łącza z siatki, 379
utworzenie nowego (BI), 389
wklejenie przypisania, 379
zmiana barwy, 390
zmiana nazwy, 389
Maximize Area
polecenie z menu Header, 30, 36
Median Point
jako punkt odniesienia, 334
menu
kontekstowe
elementów listy, 289
menu button
przycisk listy rozwijalnej, 64
Mesh
w Blenderze, 393
Mesh Display
panel paska właściwości, 381, 382
midpoint snap
opcja polecenia Knife, 346
Mirror
Merge Limit
automatyczne scalanie wierzchołków, 366
modyfikator siatki, 365
modyfikator, przykład użycia, 124
panel, przykład użycia, 135
model
Ła-5 (przykład), 36
modelowanie
układ ekranu dla, 72
Modifiers
sekcja okna Properties, 293, 297, 341, 365
modyfikator
'utrwalenie', 365
dodadnie, 341, 365
Subdivision Surface, 293, 297, 341
usuwanie, 342
modyfikatory
utworzenie, 293, 297, 341, 365
Move to Layer
polecenie z menu Object, 317

N

N, *Patrz* Properties:przybornik
NACA
profile lotnicze, 93, 124, 135, 417
NACA 2215
profil (lotniczy), 417
nacięcie
nowej krawędzi siatki, 345
nadlewka
artefakt powierzchni podziałowej, 213
nagłówek
okna, 27
okna 3D View, w trybie edycji obiektów, 291
okna 3D View, w trybie edycji siatki, 326
okna, przełączanie, 29
okna, przesuwanie, 52
panelu, 60, 61
narożnik
powierzchni podziałowej, 412
nazwa
obiektu, 304
obiektu, przykład nadania, 79
siatki, 304
siatki, przykład nadania, 79
system określania, 304
zmiana dla materiału, 389
zmiana dla sceny, 287
zmiana dla układu ekranu, 284
New
opcja z menu New Scene, 287
polecenie z menu File, 261, 268
przycisk z zestawu Material, 378, 389
New Scene
opcje tworzenia nowej sceny, 287
n-gon
wyszukiwanie w siatce, 371
nie używane
bloki danych, 395
Normal
polecenie z menu Orientation, 147
Normal Size
kontrolka z panelu Mesh Display, 381

normalne
automatyczna korekta dla ostrych krawędzi, 384
do ściany siatki, 381
korekta dla wybranych krawędzi, 385
korygowanie kierunku dla ostrych krawędzi, 384, 385, 387
max. kąt automatycznej korekty, 384
minimalizowanie zaburzeń kierunku na ostrych krawędziach, 386
minimalizowanie zaburzeń za pomocą dodatkowych ścian siatki, 386
przeliczenie 'do wewnątrz', 382
przeliczenie 'na zewnątrz', 129, 381
przełączenie kierunku na przeciwny, 382
rozmiar wyświetlanych, 381
ujednolicanie kierunku, 342
w wierzchołku siatki, 382
wizualizacja kierunku, 381, 382
wpływ na siatkę, 381, 383
zaburzenia interpolacji przy ostrych krawędziach, 384
zastosowanie flagi Sharp, 385
Normals
Angle
graniczny kąt dla Auto Smooth, 384, 385
Auto Smooth
automatyczne wykrywanie ostrych krawędzi, 384
panel z zestawu Object Data, 384
nowe
okno (Blender), 26
numer
warstwy, 52
numeric button
pole numeryczne, 65, 66
numeryczna
klawiatura (emulacja), 263
NURBS
a krzywe podziałowe, 401
a powierzchnie podziałowe, 408

O

obiekt, *Patrz* Object
aktywny, 48
dopasowanie widoku do lokalnego układu współrzędnych, 316
interaktywna zmiana parametrów, 292, 296, 297
kopiowanie, 302
nadanie nazwy, 304
scalanie siatek, 312
tryb pracy, włączanie, 291
ukrywanie, 315
utworzenie (okręgu), 292
utworzenie (przez podział), 363
utworzenie (walca), 296
utworzenie w aktualnym widoku, 262
wybór całej gałęzi hierarchii (Outliner), 323
wybór pojedynczego, 322
wyszukiwanie wg nazwy (Outliner), 323
zmiana hierarchii, 306, 307
zmiana położenia środka, 314
zmiana skali, 300
zmiana warstwy, 317
Object
opcja panelu z zestawu Material, 318
w Blenderze, 393
obracanie
widoku w oknie 3D View, 41
obraz
pozycjonowanie w kilku rzutach, 72
przejrzystość, 276, 282
rozmiar na tle widoku, 276
wyświetlanie przez obiekt Empty, 280
obrót
obiektu, 55
wierzchołków (siatki), 337
wokół selekcji, 262
wokół wybranej osi obiektu, 337
obrys
profilu lotniczego, 416
odsunięcie
fragmentu siatki od dotychczasowej powierzchni, 367, 377
przykład użycia, 129
odtworzenie
pliku Blendera, 258
zmian, 58
odzyskanie
pliku Blendera po awarii programu, 258
odzyskiwanie
danych (bo błędzie programu), 270
ogniskowa
widoku, 43
okno
aktywne, 25
domyślny układ ekranu, 267
Info, 256
informacji, 24
nagłówek, 27
przesuwanie, 52

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

nagłówek, przełączanie, 29
nowe (Blender), 26
osi czasu, 24
otworzenie dodatkowego ekranu Blendera, 34
podstawowe elementy, 27
pomniejszanie, 37
powiększanie, 36
praca z dwoma monitorami, 34
przesuwanie granic, 24
przybornik, 27
przybornik właściwości (Properties), 28, 266
przybornik z narzędziami (Tool Shelf), 28, 266
scalanie, 25, 26
struktury sceny, 24
typ, 28
uchwyty, 26
ustawienia barw, 264
ustawień Blendera, 261, 285
w Blenderze, 24
widoku, 24
właściwości, 24, 60
właściwości transformacji, 57
zapisanie, 260
zmiana układu, 283
okrąg
interaktywna zmiana parametrów, 292
odwzorowanie w krzywych podziałowych, 403
parametry domyślne, 292
utworzenie, 292
Online Manual
polecenie z menu kontekstowego formantu, 29
Only Faces
opcja z menu Delete, 358
Opacity
suwak z panelu Background Images, 276, 282
opcja, *Patrz* przycisk, opcji
Open
polecenie z menu File, 256, 261
Open Blender File
przycisk okna File Browser, 257
Open Recent
polecenie z menu File, 258
operation button
przycisk polecenia, 64
Origin to 3D Cursor
polecenie z menu Object, 314
osi czasu
okno, 24
ostateczna
krzywa,linii podziałowych, 399
powierzchnia,powłok podziałowych, 405
ostra
krawędź (powłoki podziałowej), 411
ostra krawędź
częściowo gładka, 413
wpływ na powierzchnię podziałową, 413
ostrość
krawędzi powierzchni podziałowych, 353
ostry
wierzchołek (powłoki podziałowej), 411
oś
obrotu, 56, 319, 337
obrót wokół wybranej, 337
przesuwanie wzdłuż wybranej, 332
skalowania, 300, 334
otwarcie
pliku Blendera, 256, 258
otwarte
krzywe podziałowe, 405
powierzchnie podziałowe, 410
otwór
deformacja krawędzi wokół, 415
formowanie, 212
poprawny kształt krawędzi, 143, 147
otwór prostokątny
przykład wykonania, 111
Outliner
okno, 24
przykład użycia, 116
wybór obiektów w oknie, 323
owiewka
kabiny pilota, tor ruchu, 143

P

P, *Patrz* Separate
Pan, *Patrz* przesuwanie,widoku
panel
nagłówek, 60, 61
przesuwanie, 61
w oknie Properties, 60
zawartość, 64
zestawy oknie Properties, 62, 63
Parent
przykład użycia, 116
submenu z menu Object, 306
Paste Material
polecenie z zestawu Material, 379
Persp/Ortho

polecenie z menu View, 42, 44
perspektywiczny
widok, 42
Pivot
lista w oknie 3D View, 56, 300, 319, 334, 337
Plane
polecenie z menu Add, 295
przykład użycia, 93
plany
wyświetlanie w widoku 3D, porównanie dwóch metod, 280
plik
lista ostatnich, 258
odtworzenie ostatnio otwartego, 258
taktyka zapisywania, 259
plik Blendera
struktura, 395
plik startowy
Blendera, 261, 268
plik ustawień
Blendera, 33, 268
pliki
przykładowe dla tej książki, 73
pliki tymczasowe
zapisywanie roboczych, 270
podłużnice
położenie na skrzydle, 93
położenie na usterzeniu pionowym, 135
położenie na usterzeniu poziomym, 124
skrzydła, 95
podpowiedzi
do kontrolek, 33
podwozie
formowanie owiewek goleni, 207, 208, 248
formowanie pokryw podwozia, 211, 214
formowanie wewnętrznych ścian owiewki, 213
otwór w skrzydle, 119
owiewka — złożenie, 216
podział
podziały ściany, 361, 371
podziałowe
krzywe, 399
linie, *Patrz* krzywe podziałowe
powierzchnie, 405
powłoki, *Patrz* powierzchnie podziałowe
pole
numeryczne, 65, 66
tekstowe, 66
ze ścieżką do pliku, 66
polecenia
ustawienia skrótów do, 263
polecenie, *Patrz* przycisk, polecenia
obrót obiektu, 55
odtworzenie, 58
przesunięcie obiektu, 51
rezygnacja z, 51
skalowanie obiektu, 57
wycofanie, 58
pomniejszanie
okna, 37
porządkowanie modelu
podział obiektów na warstwy, 242
wzorce, 242
powierzchnia
podziałowa — poziom, 293, 297
powierzchnia ostateczna
powłok podziałowych, 405
powierzchnie
krawędź przecięcia — wyznaczanie, 308, 311
powierzchnie podziałowe
a NURBS, 408
deformacja krawędzi otworu, 415
deformacje w narożnikach, 213
krawędzie, 410
narożniki wewnętrzne, 412
narożniki zewnętrzne, 412
odwzorowanie sfery, 409
ostre krawędzie, 411
ostre wierzchołki, 411
otwarte, 410
powierzchnia ostateczna, 405
punkty krawędziowe, 407
punkty sterujace, 405
punkty środkowe, 406
punkty wierzchołkowe, 407
segmenty, 409
stałość rzutu na płaszczyznę, 414
wpływ ostrej krawędzi, 413
wprowadzenie, 405
zakres wpływu, 409
powiększanie
okna, 30, 36
w oknie 3D View, 40, 44, 45
efekt ‘niewidzialnej ściany’, 44, 45
widoku
blokada w widoku perspektywicznym, 44, 45
powłoki podziałowe, *Patrz* powierzchnie podziałowe
poziom

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

podziału powierzchni, 293, 297
profil
skrzydła, 93
skrzydła, formowanie, 95
usterzenia, 124, 135
usterzenia, formowanie, 125, 135
profil (lotniczy)
cięciwa, 416
Clark Y, 416
geometria, 416
Götingen (Uniwersytet), 417
NACA, 417
NACA 2215, 417
obrys górny i dolny, 416
rysowanie, 418
szkieletowa, 416
Properties
kontekst, 62
kontrolka listy, 288
okno, 24, 60
polecenie z menu View, 57
przybornik, 275
przybornik okna 3D View, 42
przybornik właściwości, 28, 266
zablokowanie zmian kontekstu, 62
przecięcie
powłok
podział ścian, 311
wyznaczanie krawędzi, 308
przełączanie
konfiguracji Blendera, 269
przełącznik, *Patrz* przycisk, wyboru, *Patrz* przycisk, wyboru
przesunięcie
dokładne, 54
linii wierzchołków, 349
nagłówka okna, 52
obiektu, 51, 320
skokowe, 53
w oknie 3D View, 40
wierzchołka wzdłuż krawędzi, 350
wierzchołków (siatki), 332
wzdłuż osi, 53
wzdłuż wybranej osi obiektu, 332
przesuwanie
granic okien, 24
przybornik
nakładany na edytor, 266
okna, 27
zmiana rozmiaru obrazu w edytorze po wysunięciu, 266
przycisk
listy rozwijalnej, 64
opcji, 64
polecenia, 64
wyboru (jednej z alternatyw), 64
przyciski
interfejs użytkownika, 64
przykładowe
pliki dla tej książki, 73
przypisanie
istniejącego materiału materiału do obiektu, 318
nowego materiału materiału do siatki, 318
punkty kontrolne, *Patrz* punkty sterujące
punkty krawędziowe
krzywych podziałowych, 400
powierzchni podziałowych, 407
punkty sterujące
krzywych podziałowych, 399
powierzchni podziałowych, 405
zakres wpływu, 402, 409
punkty środkowe
powierzchni podziałowych, 406
punkty wierzchołkowe
krzywych podziałowych, 400
powierzchni podziałowych, 407

Q

Quit
polecenie z menu File, 34

R

R, *Patrz* Rotate
radio button
przycisk wyboru (jednej z alternatyw), 64
Radius
parametr polecenia Add Circle, 292
parametr polecenia Add Plane, 295
Rear
polecenie z menu View, 39
Recalculate Inside
polecenie z menu Mesh, 382
Recalculate Outside
polecenie z menu Mesh, 129, 381
Recalulate Outside
polecenie z menu Mesh, 342
Recent
panel okna File Browser, 256

Recover Auto Save
polecenie z menu File, 270
Recover Last Session
polecenie z menu File, 34, 258
Redo
polecenie, 58
Region Overlap
przełącznik z sekcji User Preferences System, 266
Relations
panel zestawu Object, 317
Relative Paths, *Patrz* ścieżka, względna
Remove
przycisk z panelu dodatku (Add-On), 286
Remove Doubles
polecenie z menu Mesh, 344
polecenie z menu Specials, 344
przykład użycia, 75, 86
render
artefakt
czarne obszary na szkle, 384
Render
pole z panelu Subdivision Surface, 341
rendering
warstwa kamer i lamp, 267
renderowanie
modelu Ła-5, 67
ostatecznego obrazu, 22
przerywanie, 68
wskaźnik postępu, 68
zapisanie rezultatu, 260
zapisanie rezultatu, 68
Reset to Default Value
polecenie z menu kontekstowego formantu, 29
rezygnacja
z polecenia, 25, 51, 300, 332, 334, 337
Right
polecenie z menu View, 39
Rotate
polecenie z menu Mesh, 337
polecenie z menu Object, 55
Rotate Around Selection
przełącznik z sekcji User Preferences Interface, 262
Rotation
zespół kątów obrotu z panelu View, 57
rozmycie ruchu
czasy dla metody Sampled Motion Blur, 69
rysowanie
profilu lotniczego, 418
rzut na płaszczyznę
powierzchni podziałowej, 414
rzut z przodu
wykryte błędy, 126, 140

S

Sampled Motion Blur
czas przetwarzania, 69
Save
polecenie z menu File, 259
Save a Copy
polecenie z menu Image, 68
Save As
polecenie z menu File, 259
Save As Image
polecenie z menu Image, 260
Save Screenshot
zapisanie obrazu ekranu, 260
Save Startup File
polecenie z menu File, 34, 261, 268
Save User Settings
przycisk z okna User Preferences, 32, 261, 268
scalanie
obiektów, 312
okna, 25, 26
parametry scalania wierzchołków, 344
Scale
polecenie z menu Mesh, 334
polecenie z menu Object, 57, 300
przykład użycia, 75
zespół współrzędnych z panelu View, 57
scena, *Patrz* scene
opcje tworzenia, 287
przykład zastosowania, 242
usuwanie, 287
utworzenie nowej, 287
zarządzanie, 287
zmiana nazwy, 287
Scene, *Patrz* scena
pojęcie w Blenderze, 397
Screen layout
kontrolka z nagłówka okna Info, 283
Screen lay-out, *Patrz* układ ekranu:wybór
scripts
folder konfiguracji Blendera, 268
segmenty
krzywych podziałowych, 401
powierzchni podziałowych, 409

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

sekcja, *Patrz także*:zestaw, paneli
Modifiers, 293, 297, 341, 365
Select Hierarchy
polecenie z menu kontekstowego obiektu, 323
Select Linked
polecenie z menu Select, 311
Select/Deselect All
polecenie z menu Select, 48, 328
selekcja, *Patrz* wybór
Separate
polecenie z menu Mesh, 363
przykład użycia, 111
Set Active Object as Camera
polecenie z menu View, 299
Set Parent
polecenie menu Object, 306
sfera
odwzorowanie w powierzchni podziałowej, 409
Shade Flat
polecenie z menu Specials, 343, 354
tryb cieniowania siatki, 383
Shade Smooth
polecenie z menu Specials, 342
przykład użycia, 75
tryb cieniowania siatki, 381, 383
Sharp
oznaczanie ostrych krawędzi, 385
Shift, *Patrz* przesunięcie,dokładne
Shift-, (przecinek):, *Patrz* Median Point
Shift-1, *Patrz* Align View to Selected (Front)
Shift-3, *Patrz* Align View to Selected (Left)
Shift-7, *Patrz* Align View to Selected (Top)
Shift-Ctrl-N, *Patrz* Recalculate Inside
Shift-D, *Patrz* Duplicate, *Patrz* Duplicate
Shift-E, *Patrz* Edge Crease
Shift-F, *Patrz* Fly Navigation
Shift-K, *Patrz* Knife
Shift-S, Patrz Snap
Shift-V, *Patrz* Verte Slide
Show Hidden
polecenie z menu Object, 315
Show Python Tooltips
opcja z sekcji Interface okna User Preferences, 33
Shrink/Fatten
polecenie z przybornika Tools, 367
przykład użycia, 129
siatka, *Patrz* Mesh
'utrwalenie' modyfikatora, 365
aktywne łącze materiału, 379
cienie przy ostrych krawędziach, 384
dodadnie modyfikatora, 341, 365
dodanie nowego łącza materiału, 379
interpolacja kierunków normalnych, 383
lustrzane odbicie, 365
łącze materiału, 379
nacięcie nowej krawędzi, 345
nadanie nazwy, 304
odsuwanie wierzchołków, 367, 377
ostrość krawędzi, 353
oznaczanie ostrych krawędzi, 385
podział krawędzi, 348
powielenie wierzchołków, 347
przeliczenie kierunku normalnych 'do wewnątrz', 382
przeliczenie kierunku normalnych 'na zewnątrz', 129, 381
przypisanie do materiału, 378
przypisanie indywidualnych ścian do różnych materiałów, 380
przypisanie wielu materiałów, 379
przypisanie wielu siatek do jednego materiału, 378, 379
scalenie ścian trójkątnych, 362
scalenie wierzchołków, 344
skok do, 55, 272
skopiowanie przypisania do materiału, 379
stworzenie krawędzi, 361
stworzenie ściany, 164, 359, 360
ustawienie bieżącego widoku w płaszczyźnie krawędzi, 370
ustawienie bieżącego widoku w płaszczyźnie ściany, 370
usunięcie krawędzi, 357
usunięcie łącza materiału, 379
usunięcie ściany, 358
usunięcie wierzchołków, 356
utworzenie kwadratu, 295
utworzenie okręgu, 292
utworzenie walca, 296
wklejenie przypisania do materiału, 379
wpływ kierunków normalnych, 381
wybór linii wierzchołków, 328
wybór wierzchołka, 327
wybór wszystkich połączonych ścian, 311
wydzielenie fragmentu w nowy obiekt, 363
wyświetlenie normalnych, 381, 382
wytłoczenie (rozbudowa), 339
zmiana kierunku normalnych na przeciwny, 382
siatki

krawędź przecięcia, 308, 311
Size
pole panelu Background Images, 276
skalowanie
obiektów, 300
obiektu, 57
środków obiektów, 320
wierzchołków (siatki), 334
wzdłuż osi, 300, 334
skok
do węzła siatki, 55, 272
skróty klawiatury
kiedy stosować?, 30
skrypty
Blendera, 264, 285
skrzydło
formowanie klapy, 238
formowanie oprofilowania kadłuba, 223, 225, 228
formowanie owiewki podwozia, 207, 208, 211, 213, 214, 216, 248
formowanie profilu, 95
formowanie wnęki klapy skrzydła, 237
formowanie wnęki podwozia głównego, 237
hierarchia elementów, 116
kąt zaklinowania, 122
klapy, 110
komora lotki, 116
końcówka,formowanie, 101
krawędź przenikania z kadłubem, 145
kształt podstawowy, 98
otwór,podwozia, 119
podłużnice, 95
położenie podłużnic, 93
profil końcowy, 97
profil początkowy, 95, 97
profile lotnicze, 93
przekrój krawędzi spływu, 99
wycięcie końcówki, 102
wycięcie lotki, 111
wznios, 122
zaokrąglanie końcówki, 105
żebra, 101
slider
typ pola numerycznego, 65
Smooth Shade
efekt uboczny na ostrych krawędziach, 383, 384
Snap
polecenie z menu *Mesh*, 321
polecenie z menu Object, 55, 272, 319
Solid
tryb rysowania, 54
Solidify
modyfikator, 377
polecenie z menu Mesh, 377
przykład zastosowania, 160
thickness
szerokość pogrubienia, 377
Specials
menu (Edit Mode), 342, 354
podręczne menu edycji siatki, 344, 348, 360
Split Area, *Patrz* nowe:okno (Blender)
startup.blend
ustawienia Blendera, 36, 261, 268
statecznik pionowy
formowanie, 137
formowanie oprofilowania, 220
statecznik poziomy
formowanie, 129
formowanie oprofilowania, 219
ster kierunku
końcówka, formowanie, 138
krawędź spływu, formowanie, 138
podstawa, formowanie, 138
przednia krawędź, formowanie, 137
ster wysokości
końcówka, formowanie, 131
krawędź spływu, formowanie, 132
podstawa, formowanie, 132
przednia krawędź, formowanie, 131
szczelina, formowanie, 133
sterujące
punkty, krzywych podziałowych, 399
punkty, powierzchni podziałowych, 405
sterujący
wielobok,krzywych podziałowych, 399
struktura
pliku Blendera, 395
struktury
okno, 24
stworzenie
krawędzi, 361
ściany, 164, 359, 360
ściany czworokątnej, 362
Subdivide
Number of Cuts
opcja polecenia, 348
polecenie z menu Mesh, 348
przykład użycia, 95

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Quad/Tri Mode
opcja polecenia, 348
subdivision curves, *Patrz* krzywe podziałowe
Subdivision Surface
modyfikator, 293, 297, 341
przykład użycia, 74
subdivision surfaces, *Patrz* powierzchnie podziałowe
Subdivisions
Render
w modyfikatorze Subsurf, 293, 297
View
w modyfikatorze Subsurf, 293, 297
Subsurf
panel, przykład użycia, 135
przykład użycia dla linii, 96
suwak
typ pola numerycznego, 65
system
nazewnictwa, 304
System
panel okna File Browser, 256
sekcja okna User Preferences, 265, 266
szkieletowa
profilu lotniczego, 416

Ś

ściana
kierunek normalny do, 381
podział, 361, 371
scalenie trójkątnych, 362
stworzenie, 164, 359, 360
ustawienie widoku równolegle do, 370
usuwanie, 358
ściany
łączenie dwóch rzędów wierzchołków, 164, 360
wytłoczenie, 339
ścieżka
względna (do plików), 66
śmigło
kształt w rzucie z boku, 91
powielenie łopat, 90
skręcenie łopaty, 87
typowy przekrój łopaty, 83
środek
3D Cursor, 300, 334, 337
3D Cursor, 335
Bounding Box Center, 300, 334, 337
Median Point, 334
zmiana dla obiektu, 314
środkowe
punkty, powierzchni podziałowych, 406

T

T, *Patrz* Tool Shelf
Tab, *Patrz* tryb edycji), *Patrz* tryb, przełączanie)
text button
pole tekstowe, 66
Themes
sekcja okna User Preferences, 264
Tile Area
polecenie z menu Header, 30
Timeline
okno, 24
Timer
interwał autozapisywania, z sekcji File, 270
tło
dopasowanie rozmiaru do widoku 3D, 71, 72, 277
problem z małą rozdzielczością obrazu, 279
przejrzystość obrazu, 276, 282
rozmiar obrazu, 276
ustawienie w kamerze, 282
ustawienie w wielu oknach, 279
użycie obiektów Empty, 280
widoku 3D, 71, 275
To Scene
polecenie z menu Object, 287
toggle button
wybór opcji, 64
Tool Shelf
przybornik z narzędziami, 28, 266
Tooltips
opcja z sekcji Interface okna User Preferences, 33
Top
polecenie z menu View, 39
tor ruchu
owiewki kabiny pilota, 143
Transform
panel z przybornika Properties, 97
transformacja
rezygnacja (z polecenia), 300, 332, 334, 337
Triple Buffer
opcja Window Draw Method (User Preferences System), 266
Tris to Quads
polecenie z menu Mesh, 362
przykład użycia, 106
tryb
edycji, włączanie, 326

obiektu, włączanie, 291
tryb rysowania
okna widoku, 54

U

uchwyty
okna, 26
układ ekranu
Animation, 31
Default, 31
predefiniowany, 31
UV Editing, 31
wybór, 31
układ współrzędnych
zmiana aktualnego, 147
ukrywanie
obiektów, 315
Undo
polecenie, 58
User Preferences
command from the File menu, 32
okno, 261, 274, 285
sekcja Add-Ons, 264
sekcja Editing, 262
sekcja File, 265, 270
sekcja Input, 32, 263
sekcja Interface, 32, 33, 262
sekcja System, 265, 266
sekcja Themes, 264
window, 32
userpref.blend
ustawienia Blendera, 33, 268
ustawienia
Add-Ons, 264
aktywnych dodatków (add-ons), 264
autozapis, 265, 270
barw okna, 264
Blendera dla tej książki, 269
czcionek ekranu, 265
domyślnego układu ekranu, 267
Editing, 262
File, 265
folder config, 268
folder scripts, 268
Input, 263
Interface, 262
nadpisanie istniejących, 269
plik startowy, 261, 268
plik startup.blend, 261, 268
plik userpref.blend, 33, 268
plik z konfiguracją programu, 33, 268
położenie katalogu, 268
programu, zapisywanie, 32
przełączanie, 269
skrótów klawiatury, 263
System, 265, 266
Themes, 264
wczytywanie pliku startup.blend, 36
zapisywanie, 261, 268, 269
usterzenie
formowanie profilu, 125, 135
profile lotnicze, 124, 135
usterzenie pionowe
formowanie podstawowego kształtu, 135
końcówka, 136
położenie podłużnic, 135
usterzenie poziome
grubość końcówek, 125
hierarchia elementów, 133
końcówka,formowanie, 127
położenie podłużnic, 124
uformowanie podstawowego kształtu, 125
usuwanie
aktualnej sceny, 287
dodatków, 286
krawędzi, 357
linii wierzchołków, 355
menu Delete, 355, 356, 357, 358
modyfikatora, 342
okno opcji, 355
okno opcji, 356
okno opcji, 357
okno opcji, 358
ścian, 358
układu ekranu, 284
wierzchołków, 356
utworzenie
linii wierzchołków, 351
nowego materiału (BI), 389
nowej sceny, 287
powiązania obiektu i materiału, 318
powiązania siatki i materiału, 318
UV Editing
układ ekranu, 31, 283

V

Vertex Connect
polecenie z menu Mesh, 361, 371

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

przykład użycia, 110
Vertex Slide
Clamp
przesuwanie poza granice krawędzi, 350
polecenie z menu Mesh, 350
Vertices
opcja z menu Delete, 356
parametr polecenia Add Circle, 292
parametr polecenia Add Cylinder, 296
Vertices Only
polecenie z menu Extrude, 340
View
(New Objects Align to) opcja z sekcji User Preferences Editing, 262
panel z przybornika Properties, 43, 273, 277
pole z panelu Subdivision Surface, 341
View 3D
okno, 24
Viewport Shading
tryb rysowania obiektów sceny, 54

W

W, *Patrz* Specials, *Patrz* Specials, menu
walec
interaktywna zmiana parametrów, 296, 297
parametry domyślne, 296
utworzenie, 296
warstwa
kamer i lamp, 267
numeracja, 52
pojęcie, 38
przykład zastosowania w Blenderze, 242
przypisanie obiektów, 317
zastosowanie, 38
widok
aksonometryczny, 44
atrefakty w perspektywie (okno 3D View), 43
efekt ‘niewidzialnej ściany’ (w 3D View), 44, 45
obracanie (w 3D View), 41
ogniskowa, 43
okno, 24
perspektywiczny, 42
powiększanie (w 3D View), 40, 44, 45
przesuwanie (w 3D View), 40
wizualizacja normalnych, 381
właściwości, 42
wyrównanie do obiektu, 316
z dołu, 39
z góry, 39
z kamery, 47
z lewej, 39
z prawej, 39
z przodu, 39
z tyłu, 39
zakres głębokości, 43
wielobok oryginalny, *Patrz* wielobok sterujący
wielobok sterujący
krzywych podziałowych, 399
wierzchołek
dodanie przez podział krawędzi, 348
kierunek normalny do, 382
linia (na siatce), 325, 328
obrót, 337
odsunięcie od powierzchni, 367, 377
ostry (powłoki podziałowej), 411
parametry scalania duplikatów, 344
powielenie na siatce, 347
przesunięcie, 332
przesunięcie linii, 349
przesunięcie wzdłuż wybranej krawędzi, 350
scalenie duplikatów, 344
usuwanie, 356
utworznie linii (wierzchołków), 351
wybór, 327
wybór linii (siatki), 328
wybór obszarem prostokątnym, 329
wybór okręgiem, 329
wybór wielokrotny, 327
wytłoczenie, 340
zmiana skali, 334
wierzchołkowe
punkty, krzywych podziałowych, 400
punkty, powierzchni podziałowych, 407
Window Draw Method
opcje z sekcji User Preferences System, 266
Wireframe
tryb rysowania, 54
właściwości
krzywych podziałowych, 402
okno, 24, 60
transformacji, 57
widoku, 42
wpisywanie
współrzędnych kursora, 273, 277
wprowadzanie
dokładnych wartości parametrów tranformacji, 57
wręga

początkowa kadłuba, 142
współrzędne
transformacji
wpisywanie dokładnych wartości, 57
wybór
gałęzi hierarchii obiektów (Outliner), 323
grupy obiektów, 49, 322
linii wierzchołków, 328
obiektów w oknie Outliner, 323
obiektu, 48
obszarem prostokątnym, 329
odwrócenie, 328
okręgiem, 329
pojedynczego obiektu z grupy, 322
połączonych ścian siatki, 311
skok do, 272, 319, 321
ścian wielobocznych, 371
typowe błędy, 330
typu okna, 28
wielu wierzchołków (siatki), 327
wierzchołka (siatki), 327
wskazówki, 330
wykluczanie linii wierzchołków, 328
wykluczanie z, 327, 329
wykluczenie grupy obiektów z, 49
wyłączenie, 48, 328
wyszukiwanie obiektów wg nazw (Outliner), 323
zaznaczenie wszystkiego, 328
wycofywanie
zmian, 58
wydzielenie
fragmentu siatki w nowy obiekt, 363
wyłączenie
obiektów z selekcji, 49
wyboru, 48
wyprofilowanie
owiewki podwozia i skrzydła, 210
wyszukiwanie
elementów na liście, 288
wytłoczenie
kadłuba, 143
krawędzi, 339
metoda rozbudowy siatki, 339
obszaru (ścian), 339
wierzchołków, 340
wznios
skrzydła, 122
wzorce
zachowanie na później, 242
wzory
algebraiczne,krzywych podziałowych, 401

X

X, *Patrz* Delete
pole panelu Background Images, 276, 282

Y

Y
pole panelu Background Images, 276, 282

Z

zakładka
na krawędzi otworu, 212
zakres wpływu
punktów sterujących, 402, 409
zaokrąglenie
czubka, 75
zapisanie
okna Blendera, 260
plików tymczasowych, 270
pliku Blendera, 259
rezultatu renderowania, 68
ustawień Blendera, 261
wyniku renderowania, 260
zapisywanie
konfiguracji, 261, 268, 269
stanu pracy, 259
zarządzanie
scenami, 287
układem okien na ekranie, 283
zastąpienie
konfiguracji Blendera, 269
zaznaczanie, *Patrz* wybór
wyboru, 48
zestaw
paneli w oknie Properties, 62, 63
zmiana
aktualnego układ współrzędnych, 147
typu edytora, 28
zmiana nazwy
elementu listy, 288
zmiany
odtwarzanie, 58
wycofywanie, 58
Zoom, *Patrz* powiększanie,widoku
Zoom In
polecenie z menu View, 40
Zoom Out

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

polecenie z menu View, 40, 44

skrzydła, 101

Ż

żebro

Słownik

GPL, licencja — *General Public Licence*, udostępniająca produkt za darmo wszystkim odbiorcom. Licencja ta jest sformułowana w ten sposób, aby uniemożliwić komercyjne rozpowszechnianie produktu.

materiał — to w Blenderze zestaw cech, używanych przy nanoszeniu obiektu na ostateczny obraz (renderowaniu). Cechy materiału to: barwa, połyskliwość, tekstura, i dziesiątki innych parametrów. Z materiałem może być związanych wiele tekstur (nierówności, barwy), zmieniających "ogólne" właściwości materiału dla pojedynczych pikseli renderowanego obrazu.

NURBS (***N**on-**U**niform **R**ational **B**-**s**plines*) — inny sposób wygładzania powłoki, złożonej z jednorodnych ścian. Powierzchnie NURBS stawiają wygładzanym powłokom wyższe wymagania. Muszą mieć jednorodne ściany (zazwyczaj czworokątne), a zespół ścian powinien także być regularnym czworokątem. NURBS jest starszym o ponad 30 lat modelem obliczeniowym od powierzchni podziałowych. Przez ten czas stał się standardem w systemach CAD/CAM. Osobiście sądzę, że okres jego świetności ma się ku końcowi (choć wielu specjalistów może się ze mną nie zgodzić).

rastrowy, obraz — popularna metoda reprezentacji, polegająca na zapisie obrazu jako zbioru kolorowych lub czarno-białych punktów (pikseli). Tak jest np. wyświetlany obraz na ekran telewizyjnym, monitorze komputera. Wadą reprezentacji rastrowej jest pogorszenie jakości obrazu w dużych powiększeniach — gdy zaczynają być wyraźnie widoczne pojedyncze piksele. Zaletą jest stosunkowo prosty algorytm wyświetlania zawartości. Istnieje wiele różnorodnych sposobów zapisu (formatów) przechowywania obrazów rastrowych w plikach. Najpopularniejsze to **.jpg*, **.png*, **.bmp*, **.tif*.

renderowanie (ang. *rendering*) — w tej książce oznacza tworzenie ostatecznego obrazu (lub sekwencji obrazów — animacji) przygotowanej wcześniej trójwymiarowej sceny. W pierwszych wersjach *Autodesk 3D Studio* (początek lat 90-tych XX wieku) było przetłumaczone na polski jako *powlekanie*, ale ta nazwa się nie przyjęła.

shear (ang.) — przekoszenie (określane także jako "ścinanie"). Transformacja obrazu w GIMP. Przekształca kształt prostokąta w rąb (przeciwległe boki zachowują równoległość).

subdivision surface (pol.: powierzchnia podziałowa) — sposób wygładzania kształtu oryginalnej powłoki, złożonej z dowolnych ścian. W Blenderze występuje jako modyfikator siatki *Subsurf* (p. str. 341). Szczegółowy opis powierzchni (i linii) podziałowych znajdziesz na str. 399.

tekstura — obraz (zazwyczaj rastrowy), nakładany na trójwymiarową powierzchnię. Stosowany w grafice komputerowej do "urealniania" obiektów (nieregularności barw, napisy, itp.). Zastosowanie tekstur wykracza poza odwzorowanie barw — są stosowane także do zamodelowania drobnych nierówności powierzchni obiektów (tzw. *bump maps*).

wektorowy, obraz — metoda reprezentacji, polegająca na zapisie obrazu jako zbioru kolorowych linii i obszarów. Każdy element obrazu ma określone współrzędne i kształt (prosta, łuk, koło, krzywa Beziera, ...). W ten sposób są zapisywane stworzone na komputerze rysunki techniczne. Zaletą reprezentacji wektorowej jest zachowanie dokładności przy dowolnym powiększeniu. Wadą jest złożony algorytm wyświetlania (gdyż oznacza przekształcenie na postać rastrową). Jednym ze sposobów zapisu danych wektorowych jest format **.svg*, stosowany m.in. przez Inkscape.

wireframe (pol.: *siatka?*) — oznacza sposób reprezentacji modelu w którym nie rysowane są żadne ściany, tylko krawędzie łączące poszczególne wierzchołki. Jest ich zazwyczaj dużo i są cienkimi liniami. Stąd obrazowo w literaturze anglojęzycznej taka reprezentacja jest nazywana "drucianą siatką" czyli "*wireframe*".

© Witold Jaworski, 2009 - 2015.

Bibliografia

Publikacje

[1] Ton Roosendaal, Stefano Selleri, **Blender 2.3 — Oficjalny podręcznik**, Helion, 2005.

[2] Kamil Kuklo, Jarosław Kolmaga, **Blender — Kompedium**, Helion, 2007.

[3] Marek Ryś, **Curtiss P-40 cz.1**, AJ Press, 2000 ("Monografie Lotnicze", nr 64).

[4] Zbigniew Kolacha, Marek Ryś, **Curtiss P-40 cz.2**, AJ Press, 2000 ("Monografie Lotnicze", nr 65).

[5] Krzysztof Janowicz, **Curtiss P-40 cz.3**, AJ Press, 2000 ("Monografie Lotnicze", nr 66).

[6] Krzysztof Janowicz, Leszek A. Wieliczko, **Curtiss P-40 vol.1**, Kagero, 2007.

[7] Krzysztof Janowicz, **Curtiss P-40 vol.2**, Kagero, 2009.

[8] Leszek A. Wieliczko, Tom Żmuda, **Curtiss P-40D/E**, Kagero, 2008.

[9] Francis H. Dean, **America's Hundred Thousand — The US Production Fighter Aircraft of World War II**, Shiffer Military History, 1997.

[10] Francis H. Dean, Dan Hagedorn **Curtiss Fighter Aircraft — A Photographic History 1917-1948**, Shiffer Military History, 2007.

[11] Ernest R. McDowell, **Curtiss P-40 in action**, Squadron/Signal Publications, 1976.

[12] Paweł Sembart, **Kittyhawk I/IA**, ROSSAGRAPH, 2006 (Model Detail Photo Monograph nr 14).

[13] Anis Elbeid, Daniel Laureult, **P-40 Curtiss From 1939 to 1945**, Histoire & Collections, 2002.

[14] Brett Green, **Modelling the P-40**, Osprey Publishing, 2005 (Osprey Modelling nr 15).

[15] Władysław Niestoj, **Profile modeli latających**, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 1980.

[16] Estman N. Jacobs, Kenneth E. Ward, Robert M. Pinkerton, **The Characteristics of 78 related airfoil sections…**, NACA report nr 460, 1937.

[17] Jerzy Bukowski, Wiesław Łucjanek, **Napęd śmigłowy — teoria i konstrukcja**, Wydawnictwo MON, 1986

[18] Denis Zorin et all, **Subdivision for Modeling and Animation**, SIGGRAPH 2000 Course Notes, 2000

[19] Gerald Farin, **Curves and Surfaces for CAGD**, Academic Press, 1997

[20] Justin Peatross, Michael Ware, **Physics of Light and Optics**, Brigham Young University, 2011

Internet

[1] http://www.p40warhawk.com

[2] http://www.blender.org

[3] http://www.gimp.org

[4] http://www.inkscape.org

[5] http://www.python.org

[6] http://www.simmerpaintshop.com

[7] http://www.freewebs.com/p40-tomahawk/ — Hume Bates, **Long Nose Hawks**, (artykuł), dostępny w wersji PDF pod adresem http://downloads.hyperscale.com/longnosehawks_download.html (opublikowany w lipcu 2008)

[8] http://www.ipmsstockholm.org, m.in. Martin Waligorski: **Interior Colours of US Aircraft, 1941-45** (opublikowany w lutym 2004).

[9] http://www.ratomodeling.com — artykuł o malowaniu P-40 z AVG.

[10] http://wiki.blender.org — dokumentacja funkcji Blendera, i nie tylko!

[11] http://www.graphics.cornell.edu/~westin/misc/fresnel.html — opis efektu Fresnela

W XX wieku można było robić miniatury samolotów z kartonu i z plastiku. Na początku wieku XXI przyszedł czas na jeszcze jedną odmianę tego hobby: modele komputerowe. Ta nowa gałąź modelarstwa redukcyjnego rodziła się „po cichutku”. Mało kto kilkanaście lat temu mógł wydać (prywatnie!) parę tysięcy dolarów na odpowiedni program. A tymi „nieodpowiednimi” nie było się co chwalić… Nieliczni zapaleńcy siedzieli więc przy monitorach i tworzyli pierwsze modele, ucząc się na własnych błędach.

Teraz to się zaczyna zmieniać, bo niezbędne oprogramowanie jest dostępne za darmo (na licencji Open Source). Jeżeli więc Twój komputer ma mniej niż 6 lat, to masz już wszystko czego potrzeba, by zacząć! Ta książka dostarcza niezbędnego *know how*. Pokazuje krok po kroku, jak zrobić takie modele, jak na ilustracjach obok. I, podobnie jak oprogramowanie które opisuje, także jest bezpłatna!

„Wirtualne modelarstwo” jest kierowane nie tylko do modelarzy. Może zainteresować wszystkich tych, którzy chcą się poznać takie ogólnodostępne programy, jak Blender, GIMP, czy Inkscape.

ISBN: 978-83-936992-5-4

Bezpłatna publikacja elektroniczna, udostępniana na licencji *Creative Commons*

Samolot z 3-go dywizjonu AVG („Hell’s Angels”), Kunming 1942, wg opracowania Janusza Światłonia. (Tło: © Tomo Yun, *www.yunphpto.net*)