

Modelowanie z wykorzystaniem programu Petrel

Tworzenie Modelu 3D

Część 2

Bartosz Papiernik

Współpraca Grzegorz Machowski

Katedra Surowców Energetycznych

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie



KRAKÓW
Maj/czerwiec 2008



Do opracowania wykładu wykorzystano fragmenty przygotowywanej pracy doktorskiej autora

W partiach dotyczących zastosowania programu Petrel wykorzystano rysunki pochodzące z elektronicznej pomocy programu Petrel2007

Wykorzystywane do przygotowania wykładu programy Petrel 2007, Eclipse 100, zostały przekazane na WGGiOŚ AGH jako darowizna przez firmę Schlumberger Logelco Inc.

Materiały nie mogą być powielane bez zgody autora

The background of the slide is a solid dark orange color, overlaid with a pattern of lighter orange, stylized autumn leaves. The leaves are scattered across the frame, with some showing prominent veins. The text "MAKE ZONES" is centered in the middle of the slide.

MAKE ZONES

Zones tab (Make Zones)

Umożliwia m.in. Wprowadzenie dodatkowych stref (zone) pomiędzy zaimportowane do modelu horyzonty

Określamy ilość zon w modelu oraz rodzaj sekwencji

Make zones with 'Gullfaks/Gullfaks (DC)'

Execute

The calculation will be performed in the selected stratigraphic interval only.

Stratigraphic interval: Top Tarbert: Top Ness

Zones Settings Well adjustment Uncertainty

Top Tarbert

Name	Color	Input type	Input	Volume correct	Status
Tarbert-3		Isochore	 Tarbert-	☒ Yes	☒ Done
Tarbert2			 Tarbert2		☒ Done
Tarbert-2		Isochore	 Tarbert-	☒ Yes	☒ Done
Tarbert1			 Tarbert1		☒ Done
Tarbert-1		Isochore	 Tarbert-	☒ Yes	☒ Done

Top Ness

Build from: Base horizon ?

Volume correction: Proportional correction ?

Build along: Vertical thickness (TVT) ?

? Hint: Conformable means conformable to well tops

☐ Horizons with steep slopes ?

☒ Apply ☒ OK ☒ Cancel

Multi zone settings

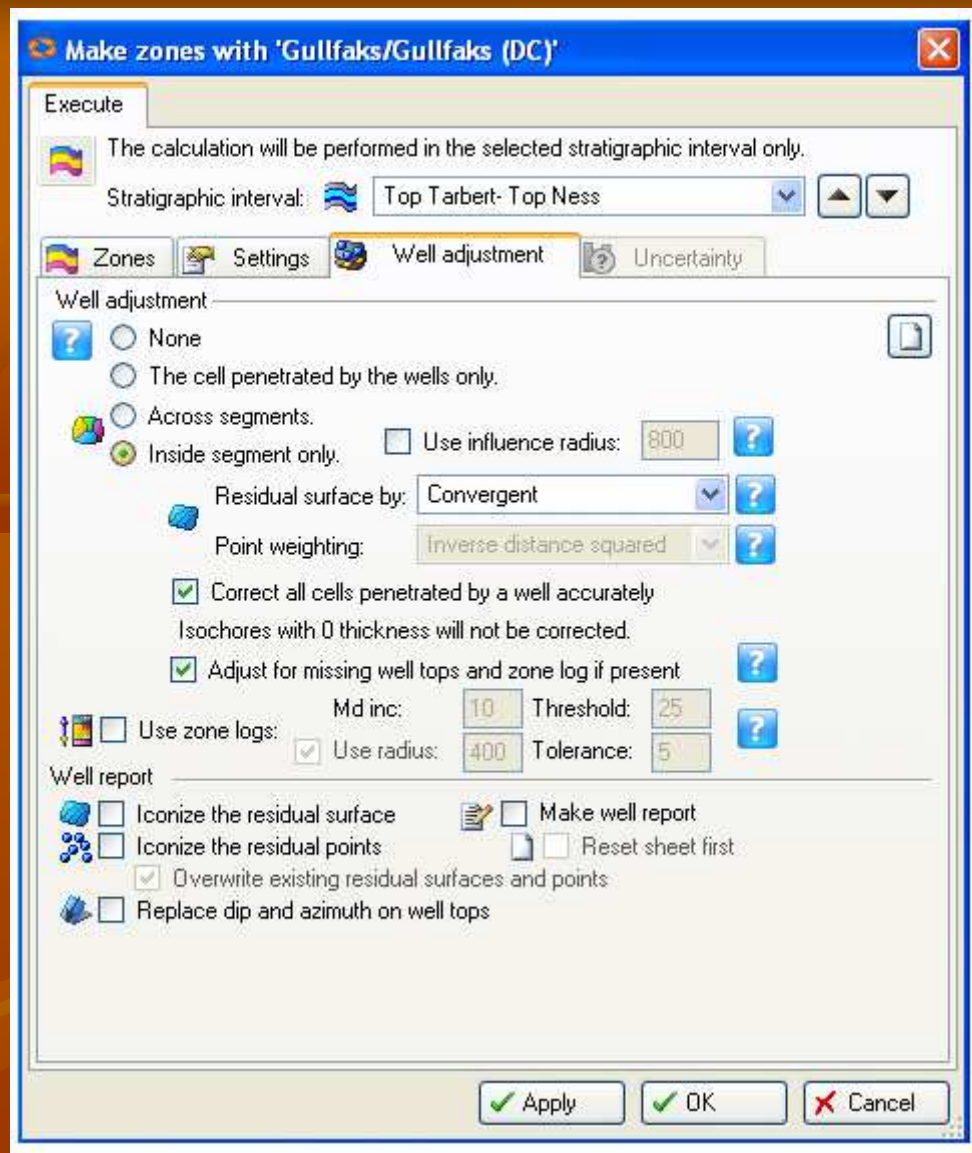
Set: Value:

☒ Number of zones: 3

☐ Input type: Isochore

☐ Do volume correction: ☒

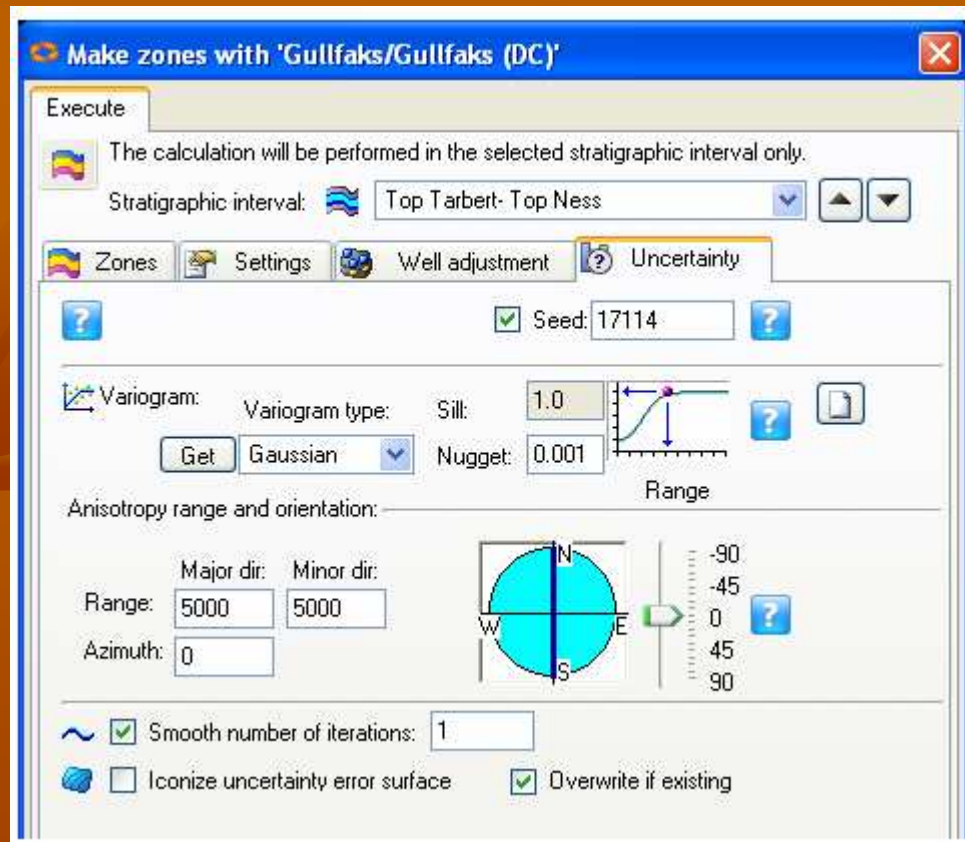
☒ Apply ☒ OK ☒ Cancel



Zakładka Well Adjustment (Make Zones)

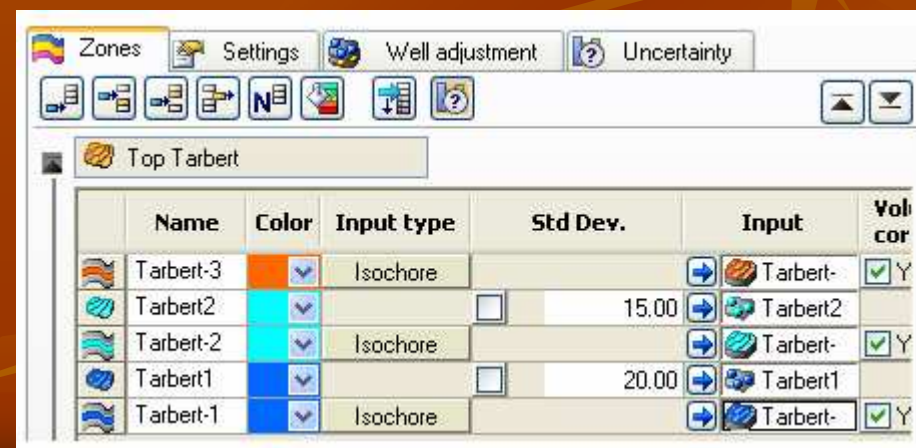
Umożliwia dowiązanie granic sekwencji do uskoków

(Patrz Wykład 5: Horyzonty)

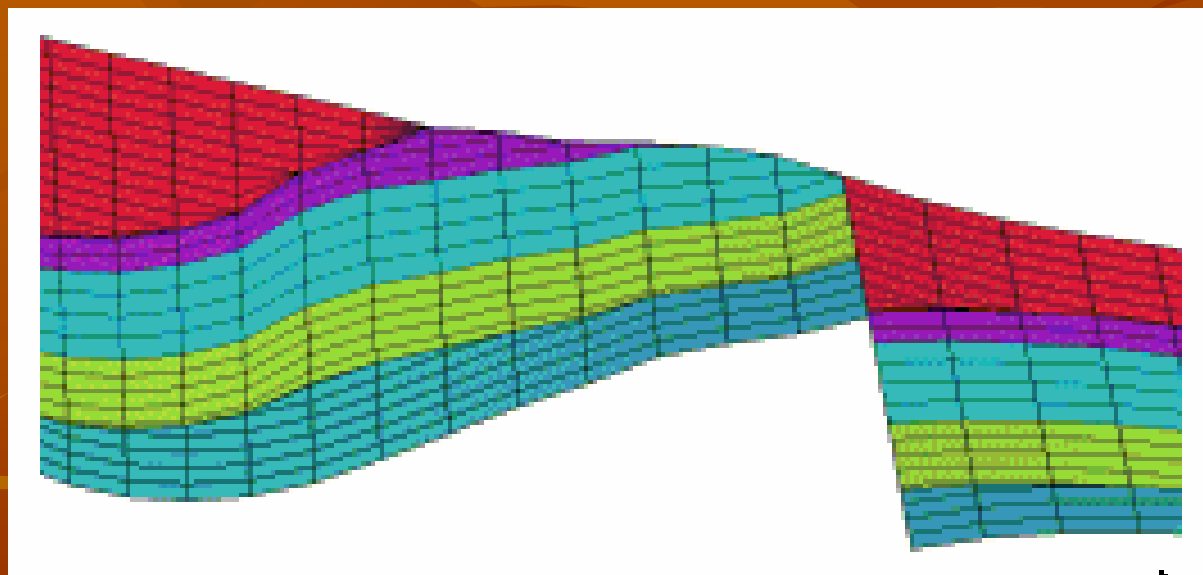


Zakładka Uncertainty (Make Zones)

Umożliwia określenie stopnia wiarygodności interpretacji



Warstwowanie modelu (*Layering*)



Warstwowanie modelu (*Layering*)

Layering with 'Gullfaks/Gullfaks (DC)'

Zones

Process for making the layering for each zone

Common settings

Build along: Vertical thickness (TVT) ☐ Horizons with steep slopes

☒ Use minimum cell thickness: 1 ☒ Include proportional/fractions, start from: Base

Settings for each zone

Zone division: Reference surface: Restore eroded: Restore base:

	Name	Color	Calculate	Zone division	Reference surface	Restore eroded	Restore base	Status
	Zone 1		☒ Yes	Follow base	Cell thickness: 50.00	☐ Yes	☐ Yes	✓ Done
	Tarbert-3		☒ Yes	Follow base	Cell thickness: 4.00	☐ Yes	☐ Yes	✓ Done
	Tarbert-2		☒ Yes	Follow base	Cell thickness: 4.00	☐ Yes	☐ Yes	✓ Done
	Tarbert-1		☒ Yes	Proportional	Number of layers: 7	☐ Yes	☐ Yes	✓ Done
	Ness-2		☒ Yes	Fractions	Fractions: 1,2,1	☐ Yes	☐ Yes	✓ Done
	Ness-1		☒ Yes	Follow top	Cell thickness: 4.00	☐ Yes	☐ Yes	✓ Done

Apply OK Cancel

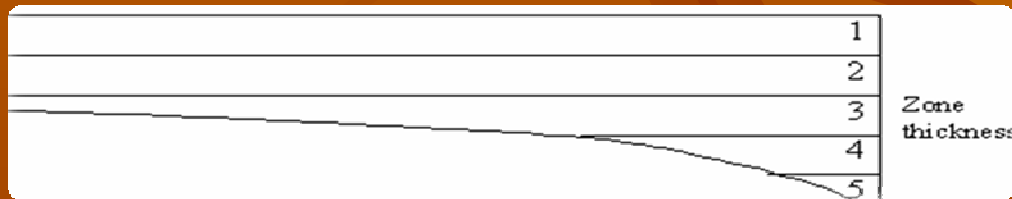
Warstwowanie sekwencji (Layering)

Warstwowanie proporcjonalne – odpowiednie dla warstw o zaleganiu zgodnym

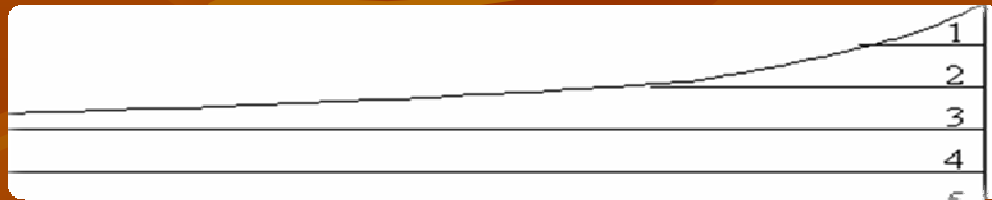


Użytkownik określa ile warstw buduje sekwencję
Ich miąższość będzie więc zmienna zależnie od
całkowitej miąższości sekwencji

Warstwowanie „Follow top” - warstwy o stałej miąższości są wprowadzane równoległe do stropu sekwencji



Warstwowanie „Follow base” - warstwy o stałej miąższości są wprowadzane równoległe do spagu sekwencji



Warstwowanie „Fraction”



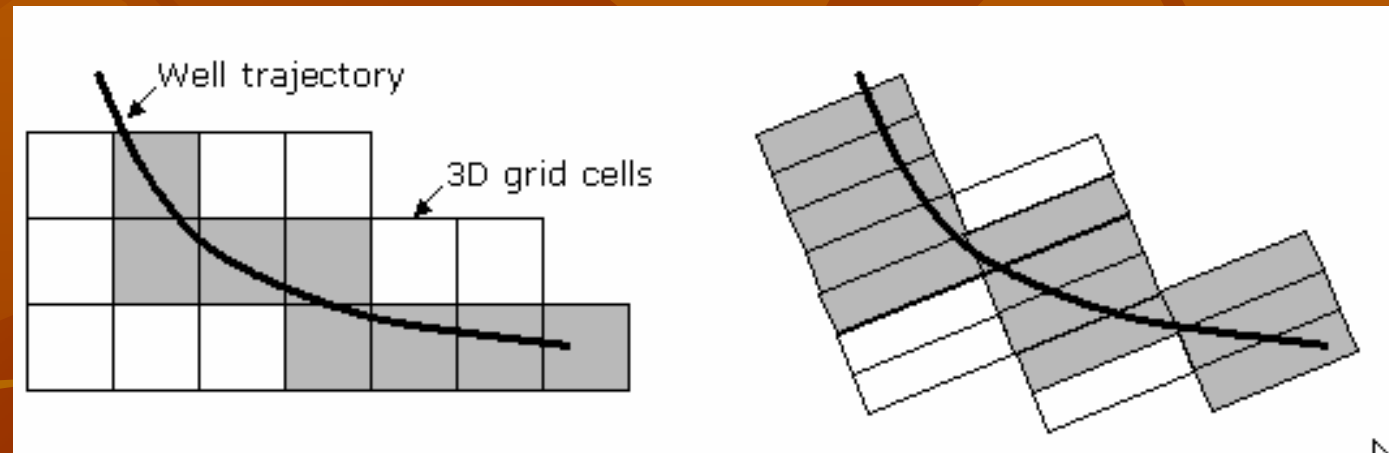
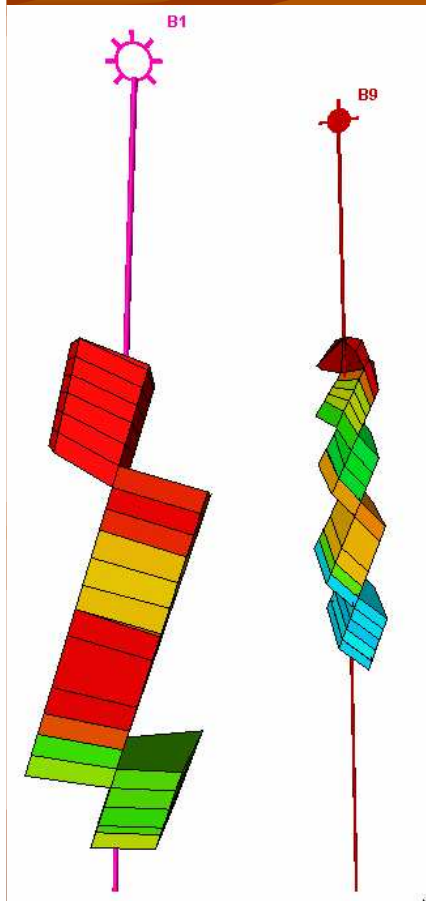
Użytkownik określa miąższość warstwy jako
procent całej miąższości sekwencji

Ćwiczenie

- Po opracowaniu modelu obejmującego jedną sekwencję dokonaj jego podziału na warstwy
- Przetestuj różne technik warstwowania
- Uwaga! Nie stosować więcej niż 10 warstw

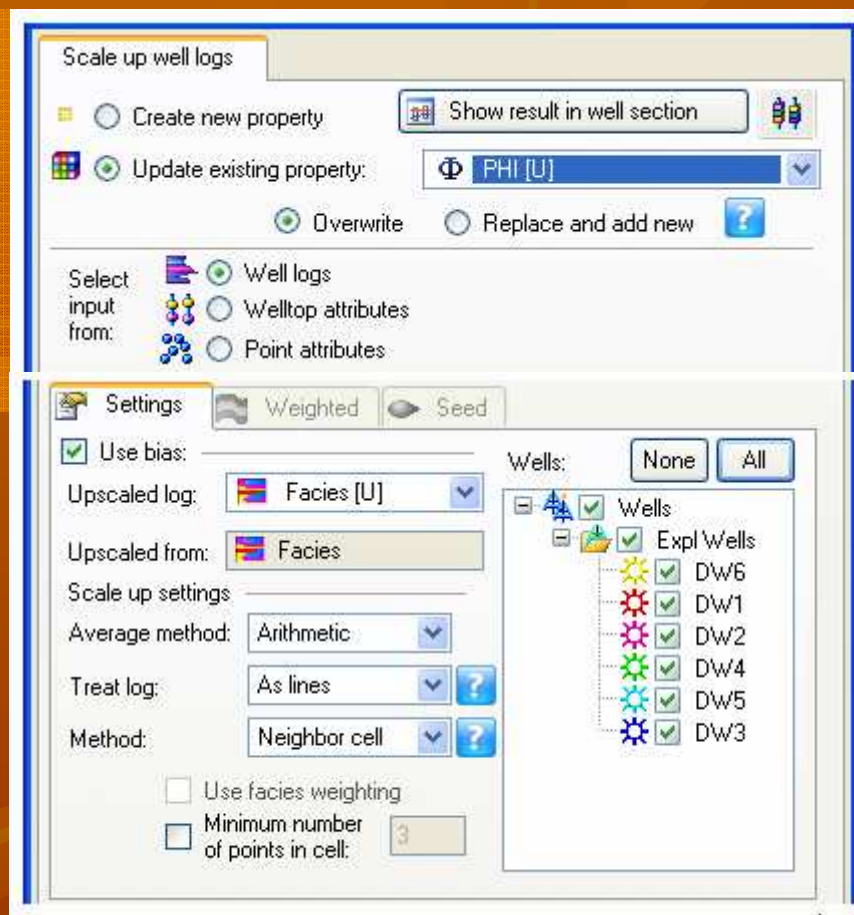
MODEL OTWOROWY Scaling up Well Logs

- Po założeniu warstwowania modelu i zaimportowaniu danych wejściowych wykonywany jest tzw. model otworowy parametrów petrofizycznych. Procedura ta nosi nazwę Scaling up Well Logs



Rozdzielczość modelu otworowego zależy od „gęstości” uwarstwienia modelu i ilości danych wejściowych w profilu odwiertu

MODEL OTWOROWY Scaling up Well Logs



Dane wejściowe to stropy (WELL TOPS), krzywe (Well logs) czy atrybuty punktowe

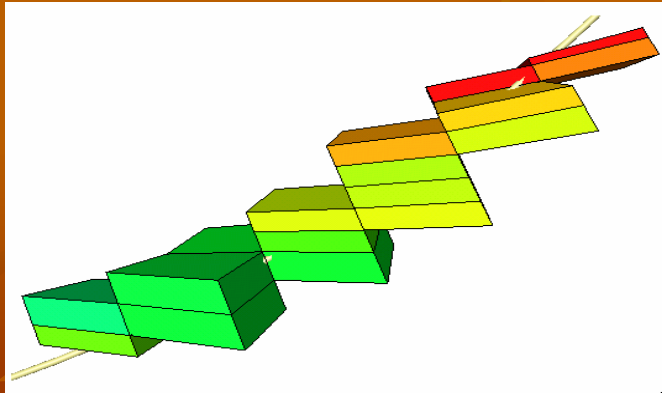
Procedura może powodować powstanie nowego modelu otworowego lub jego nadpisanie.

Można ją wykonać dla wszystkich odwiertów lub dla wybranej grupy otworów

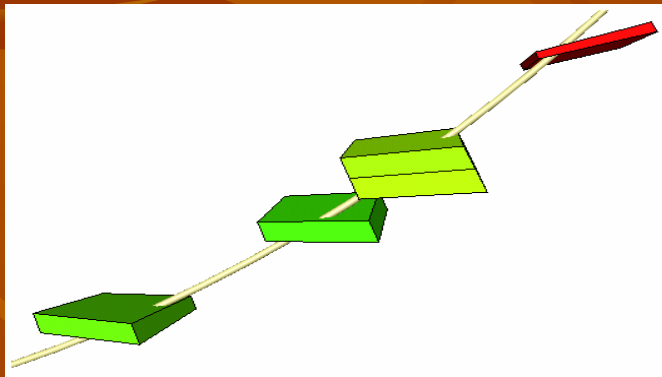
Dane wykorzystywane w upscalingu, są traktowane (*Treat log*) jako linie lub jako punkty (Pierwsza opcja na ogół daje większą ciągłość modelu)

Minimum number of points in cell - określa minimalną ilość danych niezbędnych do powstania modelu otworowego

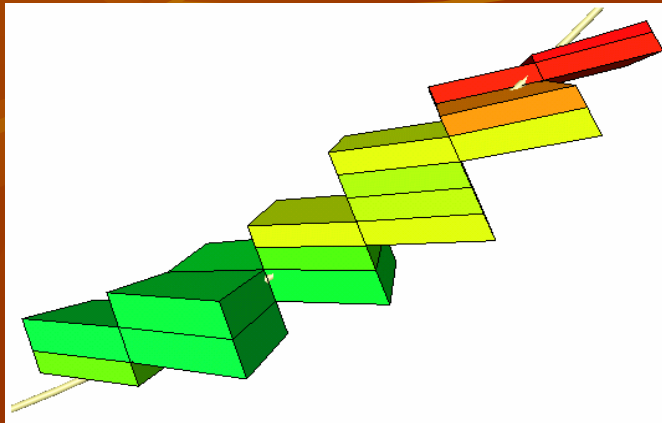
Metoda skalowania (Scale up well logs)



Simple – Wszystkie „przebite” przez odwiert komórki gridu 3D wchodzi w skład modelu otworowego

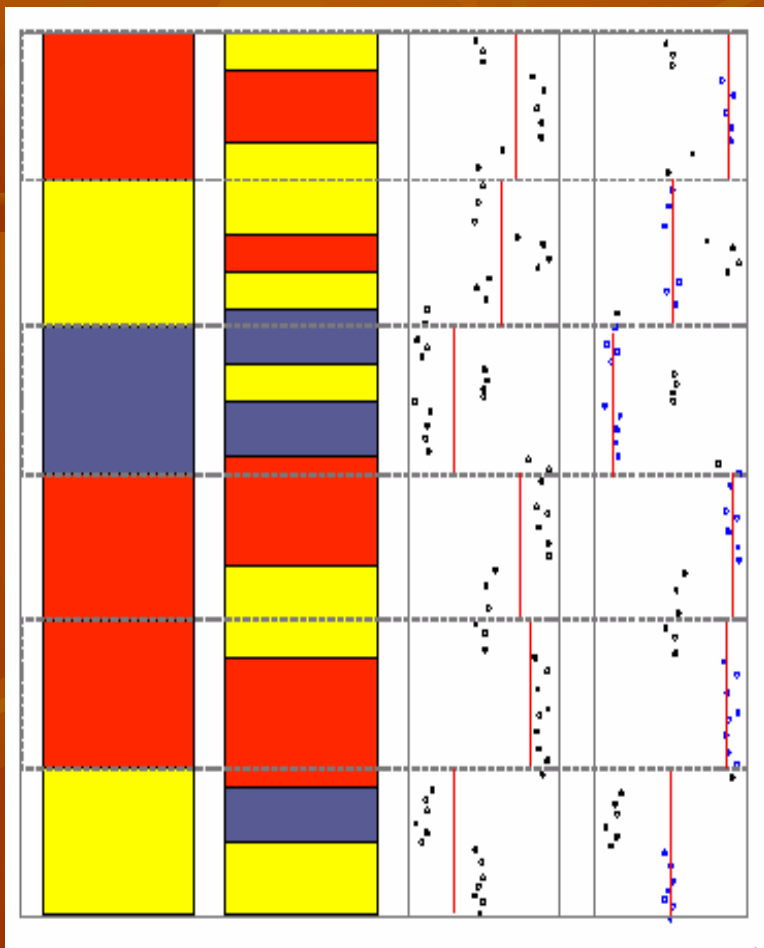


Through cell – w skład modelu otworowego wejdą tylko komórki w których trajektoria odwiertu przebiła tylko przeciwległe ściany



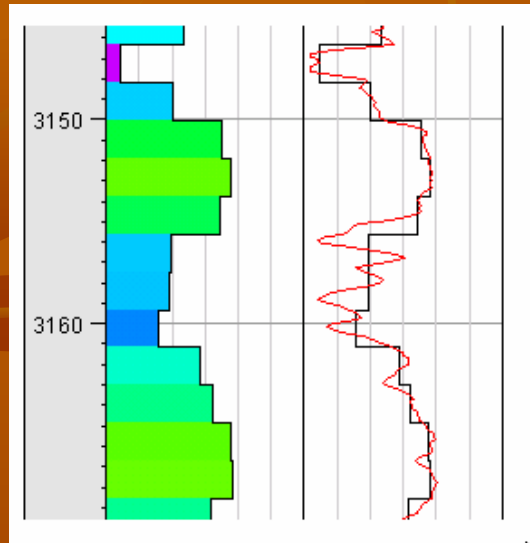
Neighbor cell – średnia jest wyciągana z bezpośrednio przyległych komórek należących do tej samej warstwy

MODEL OTWOROWY Scaling up Well Logs



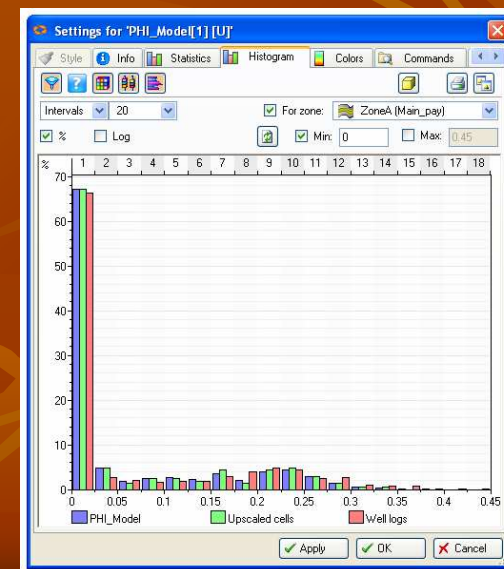
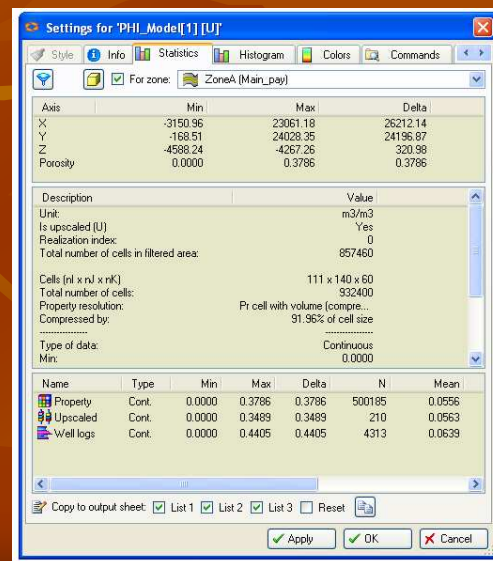
Bias – Sterowanie procedury tworzenia modelu otworowego zmienną litologiczną – czasami pozwala uzyskać bardziej adekwatne uśrednienie modelu

MODEL OTWOROWY Scaling up Well Logs



Wyniki modelowania można obejrzeć w Well Selection window na tej samej ścieżce (Track), na której wyświetlane są dane wejściowe

Statystycznie jakość modelu można ocenić wybierając w zakładce Models ->Property Model odpowiedni model. Opcje *Histogram* i *Statistics* pozwalają porównać dane wejściowe i modelowane



MODEL OTWOROWY Scaling up Well Logs

Do najprostszych i często stosowanych należy metoda średniej arytmetycznej, wykorzystywana zwłaszcza do przetwarzania danych o dużej liczebności i ciąglej zmienności, takich jak np. zailenie czy porowatość, a znacznie rzadziej przepuszczalność. Metoda jest stosowana powszechnie względem danych punktowych (np. laboratoryjnych pomiarów porowatości).

Arytmetyczna średnia ważona jest stosowana dla tzw. danych liniowych czyli wykazujących równomierne próbkowanie, jak np. krzywe geofizyczne. Na ogół jako waga wykorzystywany jest dystans pomiędzy poszczególnymi próbkami w obrębie komórki czyli w praktyce miąższość atrybutu o danej wielkości.

Metoda średniej harmonicznej bywa wykorzystywana do uśredniania pionowej przepuszczalności efektywnej, gdy skała zbiornikowa jest zbudowana z naprzemianległych warstw o jednorodnej przepuszczalności. Istotną zaletą opisywanej metody jest czułość na warstwy o niskich wartościach przepuszczalności (Warren, Price 1961, Ahmed 2001, Cosentino 2001). Zastosowanie tej metody daje dobre rezultaty, gdy uśredniany parametr wykazuje „lognormalny” rozkład zmienności.

Metoda ważonej średniej harmonicznej bywa stosowana, gdy uśredniane parametry mają zmienną liczebność w obrębie komórek. Podobnie jak w przypadku ważonej średniej arytmetycznej, jako waga wykorzystywany jest dystans pomiędzy próbkami w obrębie komórki.

Metoda średniej geometrycznej bywa stosowana dla obliczania przepuszczalności gdy parametr ten nie wykazuje korelacji przestrzennej (Warren, Price 1961, Ahmed 2001, Cosentino 2001) oraz przejawia zmienność „lognormalną”.

Dla danych wykazujących nierównomierne odległości w obrębie komórek stosowana bywa metoda ważonej średniej geometrycznej. Obydwie metody geometryczne nie mogą być wykorzystywane dla danych obejmujących wartości ujemne.

Metoda *RMS (Root Mean Square)* polega na uśrednianiu danych w komórkach w sposób opisany przez poniższe równanie:

Uśrednianie metodą RMS powoduje systematyczne zawyżanie uzyskanych wyników.

Metoda *Minimum* powoduje przypisanie do komórki najniższej wartości parametru odczytanej z populacji próbek wpadających w obręb komórki. Podobnie działa uśrednianie metodą *Maximum*, które jednak powoduje przypisanie do komórki najwyższej wartości parametru odczytanej z populacji próbek wpadających w obręb komórki.

Dla warstw o znacznej miąższości, oraz stosunkowo licznych zbiorów danych wykazujących zmienność normalną (także danych dyskretnych) wiarygodne wyniki można uzyskać stosując uśrednianie metodą medianową (*Median*).

Do *upscaling'u* danych dyskretnych (przykładowo, tworzenia modelu litologicznego) można wykorzystać technikę uśredniania modalnego (*Most of*), która przypisuje komórce wartość najczęściej występującą (np. litologia 1) w próbkach znajdujących się w jej obrębie.

Ćwiczenie

- Wykonaj model otworowy Litologii stosując różne metody
- Zwizualizuj wynik modelowania w Well selection Window
- Powtórz Cwiczenie dla zmiennej VILU oraz PHI

Modelowanie Facji

ALGORYTMY:

Facies modeling, common settings

Truncated Gaussian Simulation

Truncated Gaussian with trends

Sequential Indicator Simulation

Indicator Kriging

Object Modeling

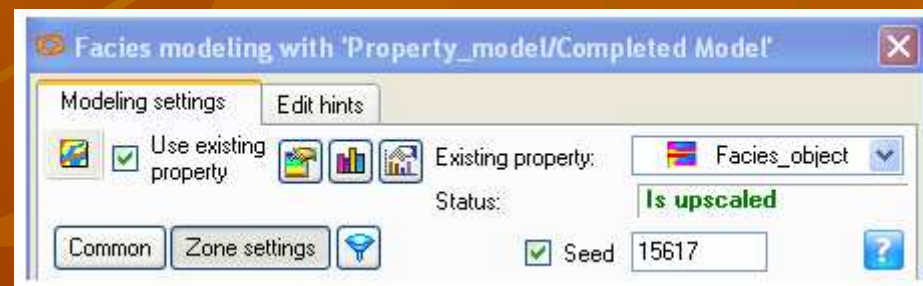
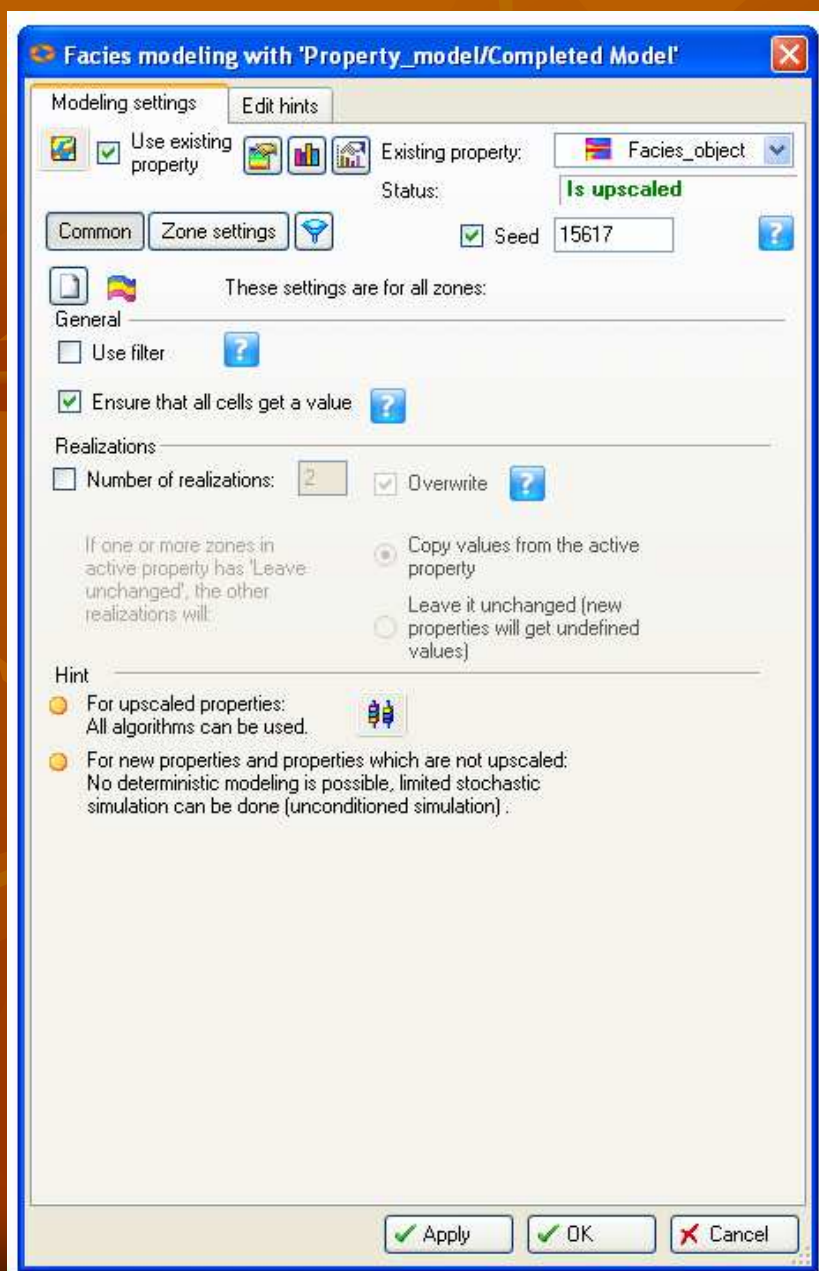
Assign values

Neural Net

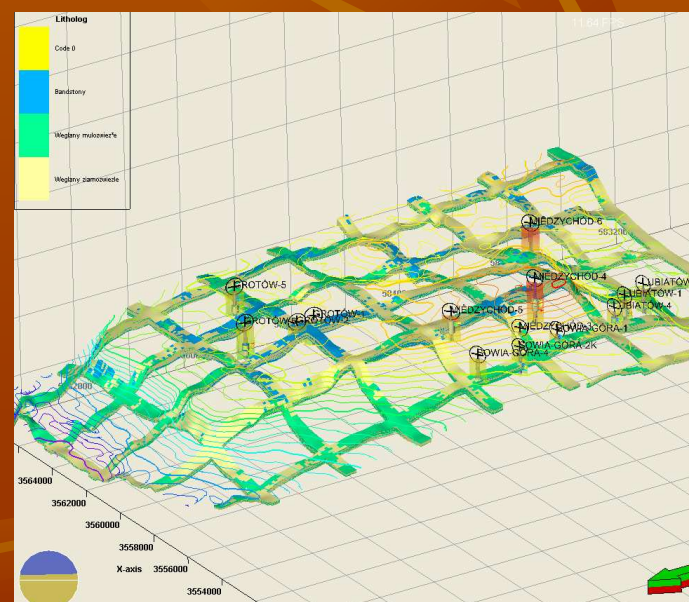
User defined algorithm

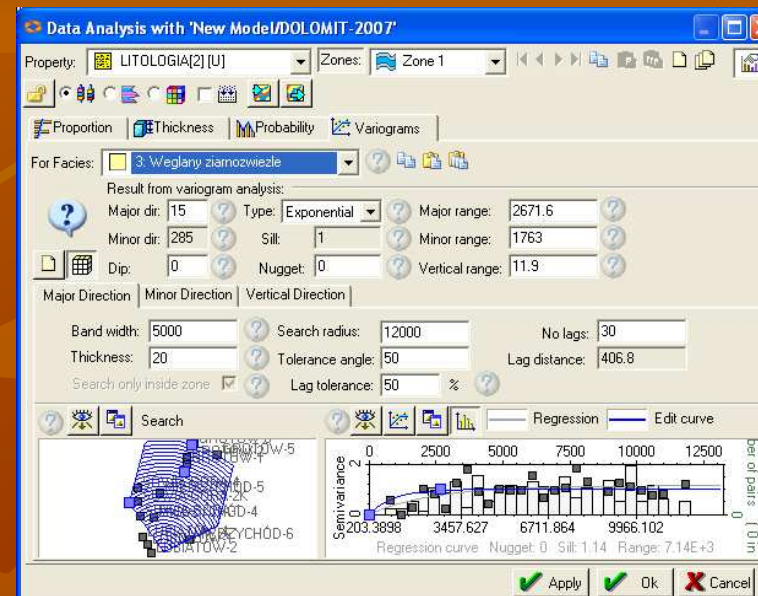
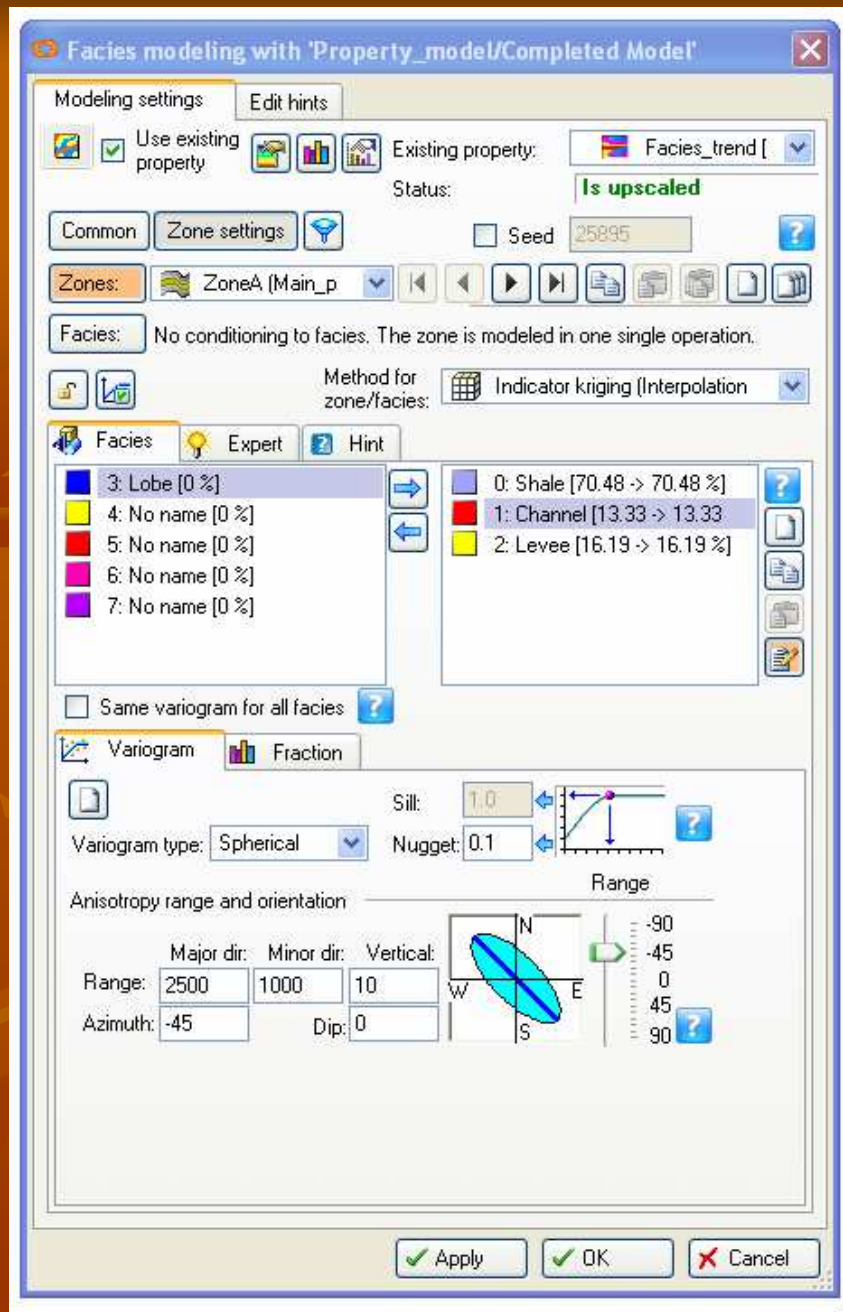
Interactive Facies Modeling

Modelowanie facji (*Facies Modeling*)



Przykładowe okno modelowania facji





- Okno analizy danych – tworzenie wariogramu umożliwia bardziej precyzyjne ustawienie parametrów modelowania niż okno algorytmu
- Pozostałe zakładki również umożliwiają uzyskanie wyższej zgodności modelu i danych wejściowych

Modelowanie własności petrofizycznych

ALGORYTMY:

Sequential Gaussian Simulation (SGS)

Kriging / Kriging by Gslib (interpolation)

Moving Average / Functional (Interpolation)

Closest (Interpolation)

Assign values

Neural Net

User defined algorithm (Petrophysical modeling)