## Modelowanie z wykorzystaniem programu Petrel

#### III. Tworzenie Modelu 3D

Część 1

#### **Bartosz Papiernik**

Współpraca Grzegorz Machowski Katedra Surowców Energetycznych Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

## AGH

#### KRAKÓW Kwiecień 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 Schlumerger Logelco Inc. Materiały nie mogą być powielane bez zgody autora

#### Utworzenie modelu 3D Modelowanie strukturalne (MS) dla obszarów o złożonej tektonice

🗢 Define model 🛛 🔀	
Execute	
This process step defines and names the model. The model is placed in the models window in the Petrel explorer, and will be indicated with a bold label as active.	
The 'Model' has an empty folder called 'Fault model' where the fault pillars and trends will be stored.	
ţ	
Name of the model: New model	
🗇 Icon for the 'Model'	
icon for the 'Fault model'	
🗸 Apply 🔤 🗸 OK 🛝 📈 Cancel	

#### Modelowanie strukturalne (MS) dla obszarów o złożonej tektonice



**Obejmuje trzy zasadnicze kroki:** 1) Stworzenie modelu uskoków (**Fault model**)

 2) Obliczenie opartego na nim Szkieletu strukturalnego (skeleton) w wyniku procesu Pillar gridding
 3) Wprowadzenie do modelu granic strukturalnych w postaci tzw. horyzontów (Horizons)
 4) Horyzonty ograniczają od dołu i góry sekwencje geologiczne (Zones) mogą być dzielone na mniejsze jednostki geologiczne (subzoneS)

#### Model uskokowy (Fault model)





Przez punkty kluczowe (*shape point*) *w* rezultacie procedury *Pillar Gridding* przechodzą trzy modele tzw. szkieletu (*skeleton*)



Szkielet i uskoki definiują geometrię poszczególnych kolumn.





#### **Make Simple Grid**

Proces *Make Simple Grid* mieści się w zakładce *Utilities*. W przypadku prostej budowy geologicznej lub regionalnego modelowania nie wymagającego wprowadzenia uskoków, możliwe jest opracowanie modelu z pominięciem etapu modelowania uskoków (*Fault model*) i związanego z nim etapu *Pillar gridding-u* oraz opracowania horyzontów (*Make horizons*). Model 3D jest wówczas budowany na podstawie gridów 2D powierzchni strukturalnej stropu i spągu warstwy (importowanych jako horyzonty).

🗢 🗠 Make simple grid with 'Gullfaks/Gullfaks (DC)' 🛛 🔀	All the second s
<ul> <li>This process creates a grid with no faults:</li> <li>Create new, named: 3D grid</li> <li>Overwrite the active 3D grid</li> <li>Boundary:</li> <li>Poundary:</li> <li>Skeleton only</li> <li>Skeleton only</li> <li>Skeleton only</li> <li>Insert horizons</li> <li>Insert horizons</li> <li>Insert horizons</li> <li>Top limit:</li> <li>Constant</li> <li>I000</li> <li>[Z-value]</li> <li>Z-value]</li> </ul>	This process creates a grid with no faults:     Create new, named: 3D grid   Overwrite the active 3D grid   Boundary:   Point data   Grid size and position   Automatic (from input data/boundary)   Ouser defined:   Ymin: 0   Ymin: 1000   Ymin: 1000   Ymin: 50   Yinc: 50   Yinc: 50   Yinc: 50
Apply V OK X Cancel	Apply V OK X Cancel



- Policz mapę stropu jury górnej i stropu triasu górnego (wykorzystaj do tego celu uskoki cenomańskie)
- 2) Geometrię modeli pobierz z powierzchni T3-stop-N (katalog SURFACE)
- 3) Używając procedury (Utilities > Make simple grid) zdefiniuj jednowarstwowy model
- 4) Wyświetl powstały grid

### Pionowy podział modelu na sekwencje geologiczne



Operacja utwórz horyzonty (Make Horizons) lub po wprowadzeniu powierzchni *Surfaces* do Simple Grida

Operacja utwórz sekwencje (Make zones)

**Operacja utwórz warsty (Layering)** 

#### Pionowy podział modelu na sekwencje geologiczne Etap I – Utwórz horyzonty (Make Horizons)

🕶 Mak	e horizons	with 'Gul	faks/Gullf	aks (DC)'				
Horizor	is Settings	Faults	Segments	Wells	🔊 Uncertain	ty Info		
Some	hints for the ta	NB 🔏 ( able: Horizo	🌇 🕎 🗗	Conform	n to: 🔽 Us	e horizon-fa	ult lines: 🔽 Inp	ut: 🔽
Index	Horizon name	Conform hor	to another izon	Status	Smooth iterations	Use horizon -fault lines	Well tops	Input #1
1 🧶	Base Creta	No	1	🗸 Done	0	Yes Yes	•	
2 🥝	Top Tarber	No	1	🗸 Done	0	Ves 🛛	•	
3 🦪	Top Ness	No	1	🗸 Done	0	Yes 🖌	•	
4 🥝	Top Etive	No	1	🗸 Done	0	Yes Yes	<b>.</b>	

Dane wejściowe:
Line data (XYZ data) - linie, kontury, przebiegi linii sejsmicznych itp.,
Point data (XYZ data) - dane punktowe, średnie porowatości w odwiertach,
Gridded surfaces (2D maps) - regularne siatki interpolacyjne,tzw gridy 2D – modele powierzchni, uskoków, itp., m.in. Gridy 2D z ZMAP+, Petrela CPS-3 …
Well tops – stropy warstw w odwiertach.

### Proces - Utwórz horyzonty (Make Horizons), zakładka Horizons

🎙 Mak	e horizons	with 'Gul	lfaks/Gullf	aks (DC)'	142			
Horizon	s) Settings	Faults	Segments	Wells	🔊 Uncertain	ty Info		
	8	NB 🔏 (		1 13				
Some	hints for the t	able: Horizo	n type: 🔽	Conform	ito: 🔽 Use	e horizon-fa	ault lines: 🚺 Inp	out: 🔽
Index	Horizon name	Conform hor	to another izon	Status	Smooth iterations	Use horizon -fault lines	Well tops	Input #1
1 🧶	Base Creta	No	1	🖌 Done	0	Yes		
2 🥝	Top Tarber	No	1	🖌 Done	0	Yes Yes	•	
Contraction in the local division in the loc	Top Ness	No	1	✓ Done	0	Yes		
3 🥪	TOP Ness	11100			1		<u> </u>	

Zakładka ta pozwala przekształcać dane wejściowe dla kilku horyzontów równocześnie, w arkuszu horyzontów znajdują się następujące pozycje:

- Index oznaczenie liczbowe H.
- Horizon nazwa H.
- Color zadeklarowany kolor H .
- Calculate Pozycja często ukryta, pojawia się po rozciągnięciu okna . Przydatna gdy w modelu trzeba przeliczyć jedną z sekwencji modelu ( np. w rezultacie dopływu nowych danych).

#### Zakładka Horizon S (cd)

🕫 Mak	e horizons	with 'Gull	faks/Gullf	aks (DC)'	1.00			
Horizon	s Settings	Faults	Segments	Wells	🔊 Uncertain	ty Info		
Some	hints for the ta	NB 🔏 ( able: Horizo	🌇 🕎 🗗	Conform	ı to: 🔽 Usi	e horizon-fa	ult lines: 🔽 Inp	ut: 🔁
Index	Horizon name	Conform hor	to another izon	Status	Smooth iterations	Use horizon -fault lines	Well tops	Input #1
1 🧶	Base Creta	No	1	🗸 Done	0	Yes		
2 🥘	Top Tarber	No	1	🗸 Done	0	Yes 🗹		
3 🥝	Top Ness	No	1	🗸 Done	0	Ves 🖌		
4 🥝	Top Etive	No	1	🖌 Done	0	✓Yes		

#### **Horizon Type:**

- Erosion niższe H, będą obcięte na tym horyzoncie
- **Base** H, leżący wyżej będzie leżał przekraczająco (Onla).
- Discontinuity kombinacja dwóch powyższych typów.
- Conformable H, na ogół zgodne z horyzontami sąsiednim, obcięty na horyzontach wszystkim w/w typów danych
- Conform to Another Horizon stosowany dla rzadkich danych opcja umożliwia wygładzenie modelu i poprowadzenie go w planie zgodnym z inną powierzchnią
- Status New lub Done, nowy H. lub istniejący
- Smooth wygładzanie modelu
- Well tops stropy w otworach
- Input #1 standardowo jedyna kolumna pliku zawierająca dane
- Input #2, Input #3 dodatkowe kolumny z danymi,



# **Ćwiczenie** 2

- W górnym panelu wejdź w zakładkę Models i wybierz dowolny horyzont
- 2) W dolnym panelu wejdź w (Structural Modelling > Make horizons)
  - W zakładce Horizons zmień ustawienia dla triasu:
    - 1) Przetestuj możliwości zmiany typu horyzontu
    - 2) Możliwość estymacji w opcji **Conform** (Uwaga: liczba wpisywana to index horyzontu, który ma sterować interpolację *Triasu górnego*
    - 3) Zwiększ Smooth Iterations do 10 w obydwu horyzontach
  - Wyświetl wyniki modelowania oraz stropy jury górnej i triasu z odpowiednich plików o rozszerzeniu csv.

Co się zmieniło? Czy zmiany są korzystne? Dlaczego nastąpiły?

#### Zakładka Settings (Make Horizons)

		ertainty Info		
in gaps in undefined area and 💮 💮 Converge	towards faults ent gridder	2		
Method O Minimum	curvature			
lf input data is a surface: 🤕 🥃	) Use the surface directly 🎉 🤇	Convert to points		
🔒 🗹 Locked horizon node	s influence radius: 2 [cells]	?		
🧿 🗹 Force horizons to be	calculated for all segments	?		
Collapse the zones to	) zero thickness if diff. is less than:	2		
Allow input data below	w or above the skeleton grid			
28 🛄 Toonize all points use	a (points outside the rault influenci	ej		
and an annual for a farmer than for the sec				
ault resampling from the fault mo	odel 🦳			
ault resampling from the fault mo	odel ID number 🔿 By name 🔽	1	2	
ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho	odel ID number 🔘 Byname [ orizon nodes [ 🗌 Write fau	It matching log	d	1
ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Control Lock all resampled ho pert settings for minimum curva Control Temporary pre-smoot	odel ID number O By name 👔 orizon nodes 👔 🗋 Write fau ature	It matching log	à	
ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Control Lock all resampled ho Appent settings for minimum curva Temporary pre-smoot Max allowed difference	odel ID number O By name orizon nodes eture hing, number of iterations:	It matching log	6	
Ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho Apprt settings for minimum curva Temporary pre-smoot Max allowed difference Local influence radius	odel ID number O By name orizon nodes loture hing, number of iterations: ce in Z-values: 1/2 Cell (Recommended)	It matching log	6	
Ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho pert settings for minimum curva Temporary pre-smoot Max allowed difference Local influence radius: Local method:	odel ID number O By name orizon nodes intro write fau ature hing, number of iterations: in Z-values: 1/2 Cell (Recommended) Average of points	It matching log	\$	
ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho spert settings for minimum curva Temporary pre-smoot Local influence radius: Local method: Local point weighting:	odel ID number O By name orizon nodes iture hing, number of iterations: in Z-values: 1/2 Cell (Recommended) Average of points Equal	It matching log	\$	
Ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho Apert settings for minimum curva Temporary pre-smoot Local influence radius: Local method: Local point weighting: Extrapolation method:	ID number       O By name       Image: Contract of the second sec	It matching log	<i>i</i> m	
ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho spert settings for minimum curva Temporary pre-smoot Max allowed difference Local influence radius: Local method:	odel ID number O By name orizon nodes in Write fau ature hing, number of iterations: in Z-values: 1/2 Cell (Recommended) Average of points	It matching log	\$	
Ault resampling from the fault mo Match faults by:  By Lock all resampled ho pert settings for minimum curve Temporary pre-smoot Max allowed difference Local influence radius: Local method: Local point weighting: Extrapolation method.	ID number       By name       Image: Contract of the state o	It matching log	Jm Jre	

#### Zakładka Settings (Make Horizons)

- Wybór algorytmu do estymacji grida:
  - Convergent Gridder
  - Minimum Curvature (szczegóły: patrz wcześniejsze wykłady)
- Panel: Other Settings
- Locked horizon nodes: użytkownik może zablokować niektóre węzły modelu 3D, np. wyniki ręcznej interpretacji w strefie przyuskokowej
- Force horizons to be calculated: wymuszenie estymacji nawet w strefach, gdzie nie ma danych
- Collapse the zones to zero thickness: jeśli H. ma miąższość mniejszą niż określona program redukuje ją do zera, obniżając wyższy horyzont do powierzchni erozji
- Iconize all points used: przy aktywacji tej opcji program generuje zbiór punktów wykorzystanych do estymacji
- Panel: Fault Re-sampling from the Fault Model
- Pozwala określić sposób dopasowania modelu uskokowego (Fault Model) do horyzontów (Horizons)

### Zakładka Faults (Make Horizons)

Zakładka umożliwia zdefiniowanie typu uskoku, dystansu uśredniania, stopnia wygładzenia strefy przyuskokowej, możliwość występowania uskoków nożycowych itp. Cechy te można zindywidualizować dla poszczególnych uskoków.

orizons Settings Faults Seg Use default Active fault Growth fault	ments Wells Disp	Uncertainty Info lacement: lin: 0	
Fault name	Distance	Displacement	
Gefault for all faults     Default for each fault     Gefault for each fault	100	Smooth N: 5, Hinge	
E Top Etive			
Boundary Fault West	100	Smooth N; 5, Hinge	
Main Fault West 2	100	Smooth N; 5, Hinge	
Main Fault West 3	100	Smooth N; 5, Hinge	
Main Fault NS 1	100	Smooth N; 5, Hinge	
Main Fault East 2	100	Smooth N; 5, Hinge	
Main Fault West 1	100	Smooth N; 5, Hinge	
Main Fault NS 2	100	Smooth N. S. Hinge	
Main Fault East 1	100	Smooth Nr. 5, Hinge	
Minine cours	100	Smooth N. 5. Hinge	
Main Fault NE	100	Smooth N: 5, Hinge	
Boundary Fault	100	Smooth N: 5, Hinge	
Branched Fault NW	100	Smooth N: 5. Hinge	
	100		🔀 Cance

### Zakładka Faults (Make Horizons)



#### Zakładka Wells (Make Horizons)

- Zakładka umożliwia dowiązanie stratygrafii w odwiertach do horyzontów. Pozwala również na ilościowe raportowanie błędów
- Well adjustment (dopasowanie odwiertów)
- Procedura dopasowania nie różni się prawie od używanej w procesie Utilities -> Make/Edit Surface
- (Brak dopasowania, tylko komórki przebite przez odwiert, cały model, tylko jeden segment modelu

#### Wybór opcji:

- Correct all cells penetrated by a well accurate.
- Adjust for missing well tops and zone log Umożliwia poprawne dopasowanie miąższości w odwiertach, w których profil stratygraficzny jest niepełny

**Use Zone logs:** Opcja ta zapobiega przecinaniu horyzontów między odwiertami. By ją wykorzystać trzeba stworzyć **Zone logs** na wcześniejszym etapie pracy



#### Zakładka Wells (Make Horizons)

Przykłady modeli wykonanych bez wykorzystania **Adjust for missing** well tops and zone log

Przykłady modeli wykonanych z wykorzystaniem Adjust for missing well tops and zone log



## **Ćwiczenie 3**

- 1) Przekształć pliki typu Well top (stropy J3 i T3) w Pointsety (kolumna Z)
- 2) W zakładce Horizons w pozycje Well Tops wprowadź odpowiednie Pointsety
- 3) Wejdź do zakładki Wells (Przetestuj dowiązanie
  - tylko komórek przebitych przez odwiert,
  - Across segment
    - Z algorytmem Moving Average
- Czy coś się zmieniło?
- Co?
- Jaka jest tego przyczyna?

#### Zakładka Uncertainty (Make Horizons)

- Zaawansowana opcja umożliwiająca statystyczne szacowanie błędu interpretacji strukturalnej
- The principle for including structural uncertainty in Petrel is to identify the possible error representing one standard deviation and to multiply that error with a stochastic surface with values around zero, which again will be added to the base case surface. In other words:
- Sr = Sbc + U1s \* Usgs
- Sr realizacja powierzchni strukturalnej
- Sbc podstawowy (deterministyczny) model powierzchni ,
- U1s powierzchnia lub stała reprezentująca błąd odchylenia standardowego
- Usgs stochastycznie policzona powierzchnia błędu.

	?
Variogram: Variogram type: Sill: 1.0	
Get Gaussian 📝 Nugget: 0.001	
Anisotropy range and orientation:	je
Major dir: Minor 🞝	-90 45
Range: 5000 5000	0
Azimuth: 0	45

#### Zakładka Segments (Make Horizons)

- Umożliwia wybór segmentów, które będą przetwarzane w model.
- Segment to część modelu położona między dwoma uskokami

## **Ćwiczenie** 4

- Przekształć Horizont w Surface (ustaw kursor na nazwie Horyzontu)
- Kliknij prawym klawiszem myszy
- Przekształć H w Surface
- Plik pojawi się w zakładce Input
- Ustaw kursor na powstałym pliku, kliknij prawym klawiszem myszy.
- W otwartym oknie wejdź do zakładki Operations –> Arithmetic
- Wykonaj odejmowanie (odjmij pierwotną powierzchnię stropu T3)
- Obejrzyj wynik odejmowania