

MAPY ILOŚCIOWE

Materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotów

Kartografia wglębna

oraz

Kartografia wglębna i modelowanie basenów geotermalnych

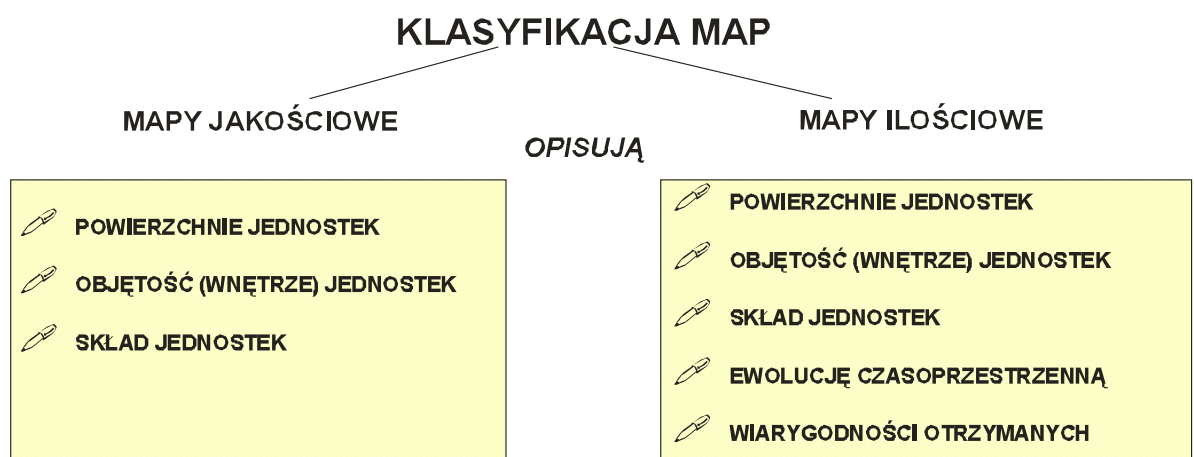
Dr inż. Bartosz Papiernik
KSE WGGiOŚ AGH KRAKÓW
Kraków 2013

MAPY ILOŚCIOWE [MI]

- Mapa ilościowa pozwala przedstawić zmienność kartowanego parametru w postaci izolinii - linii równej wartości
- Mapy ilościowe umożliwiają interpretacje ilościowe: np. policzenie objętości pułapki złożowej, określenie średniej miąższości, obliczenie amplitudy struktury, określenie wartości kartowanego parametru w dowolnym punkcie mapy itp
- Mapa ilościowa to - opisowo mówiąc - każda mapa, którą można automatycznie „policzyć” na podstawie danych zapisanych w formacie XYZ i wykreślić w postaci konturowej z wykorzystaniem komputera.

Rodzaje map ilościowych

Podstawowe rodzaje map ilościowych w zasadzie są takie same jak w przypadku map jakościowych



Wg Serra, Faber, Fried, Monchaux et al. (Main Types of Geological Maps)

Dane wejściowe do konstruowania MI

Dane wejściowe do konstruowania map ilościowych to różnego rodzaju dane geologiczne, geofizyczne, petrofizyczne, geochemiczne, statystyczne, klimatologiczne, hydrogeologiczne, hydrochemiczne i hydrochemiczne itp. Dane te mogą wykazywać różne formy przestrzennego rozkładu wpływającego na sposób konstruowania MI. Biorąc pod uwagę przestrzenną dystrybucję danych możemy wyróżnić:

Dane punktowe:

- Pomiarów wykonywanych na powierzchni terenu
- Uzyskane z profili wierceń dane wgłębne (rzędne granic, miąższości, skład mediów złożowych, pomiary porowatości, przepuszczalności, temperatury, wielkości przyływów, itp.)
- Dane uzyskane na podstawie interpretacji profilowań geofizyki wiertniczej (np. sumowania lub uśredniania krzywych w zadanych interwałach głębokościowych; przykładowo średnie prędkości , prędkości interwałowe, średnie nasycenia gazem, średnie porowatości, średnie zapiaszczenie/zailenie), itp.
- Pomiarów grawimetrycznych
- Sondowania geochemii powierzchniowej (np. koncentracje metanu/azotu w strefie przypowierzchniowej) .

Dane ułożone wzdłuż trawersów:

- Interpretacje sejsmiki 2D
- Pomiarów geochemii powierzchniowej
- Profilowania geoelektryczne

Dane o regularnej dystrybucji przestrzennej:

- Sejsmiki 3D (są to dane o tak dużej liczbie, że praktycznie nie mogą być efektywnie interpretowane „ręcznie”)
- wiercenia wykonane w regularnej siatce (np. rozpoznanie pól kopalnianych) .

Istniejące mapy

- Regularne model numeryczne (*grid*) stosowane w operacjach arytmetycznych (np. konwersja czasowo-głębokościowa) czy do liczenia map trendu na podstawie modeli szczegółowych.
- Analogowe mapy konturowe (wykorzystywane jako dane wejściowe do liczenia regularnych modeli numerycznych (grid) bądź w technikach kreślenia klasycznego do superpozycji dodatniej bądź ujemnej

Metody konstruowania map ilościowych

Metody klasyczne (analogowe)

- **Metoda trójkątów**
 - konturowanie geometryczne (mechaniczne)
 - konturowanie równoległe
- **Konturowanie równoodległościowe (ekstrapolacja)**
- **Konturowanie interpretacyjne**
 - Konturowanie równomierne i nierównomierne
- **Metoda superpozycji**
- **Metoda trawersów dla danych wejściowych ułożonych wzdłuż linii przekrojowych (np. sejsmika 2D)**

Metody numeryczne

- **TIN (wspomagana komputerowa triangulacja)**
- **GRID (regularne siatki interpolacyjne)**
 - Modele pochodne oparte na przetworzeniu pojedynczego modelu numerycznego (np. mapy kąta nachylenia)
 - Modele pochodne oparte na przetworzeniu dwóch lub większej ilości modeli numerycznych

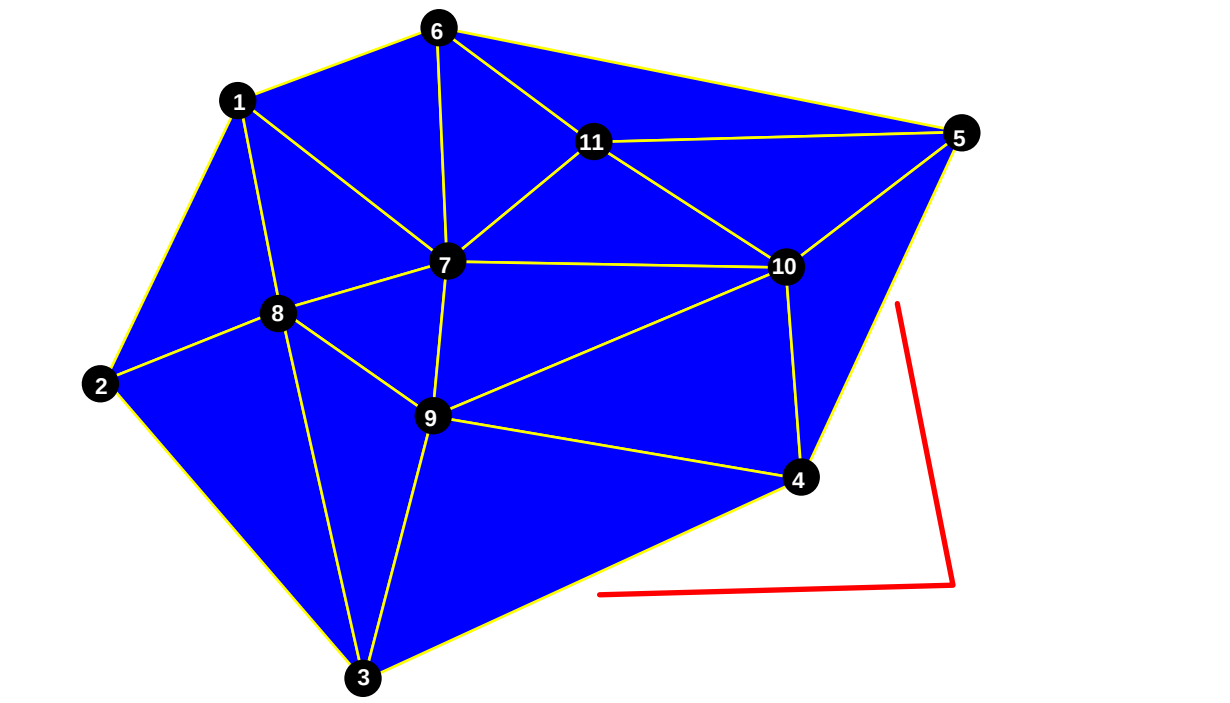
Metoda trójkątów

Została szczegółowo omówiona na ćwiczeniach, w przypadku kreślenia map ręcznie (klasycznie) jest stosowana do wykreślenia mapy na podstawie nieregularnie rozmieszczonych danych punktowych.

- **Konturowanie mechaniczne**

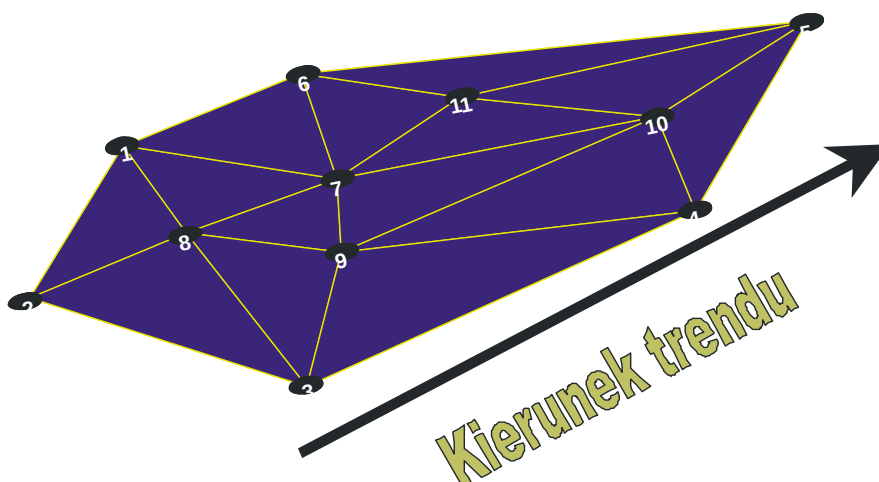
Jej najprostsza odmiana to konturowanie mechaniczne (geometryczne) zakładające podział przestrzeni na trójkąty możliwie małe i maksymalnie zbliżone do równobocznych. (Szczegóły: Kotański 1992)

Konturowanie mechaniczne



Konturowanie równoległe

Na obszarach wykazujących wyraźne kierunki trendów geologicznych konturowanie mechaniczne często przynosi złe rezultaty, w takiej sytuacji



bardziej poprawne
geologiczne mapy
można otrzymać
stosując
konturowanie

równoległe, w którym sieć trójkątów jest wyznaczana „zgodnie” z kierunkami anizotropii.

Interpolacja i ekstrapolacja

- Interpolacja jest to ocena zmienności kartowanego parametru pomiędzy dwoma znanymi punktami. Interpolacja najczęściej ma charakter liniowy i równomierny. Mapy powstałe z zastosowaniem konturowania mechanicznego bądź równoległego na ogół powstają z zastosowaniem interpolacji. Wykorzystanie interpolacji oznacza że:

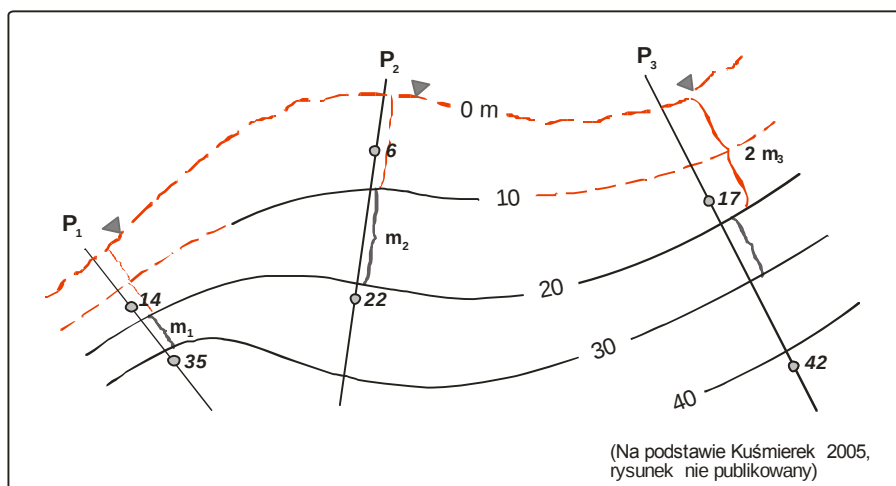
Min, Max MAPA = Min, Max DANE

- Mapy konstruowane wyłącznie z wykorzystaniem interpolacji (np. metodą trójkątów) z reguły wykazują pełną przestrzenną zgodność położenia lokalnych minimów i maksimów, z rozkładem danych wejściowych. Jest to oczywiste uproszczenie modelu wglębnego, dające poprawne rezultaty, gdy rozpoznanie obszaru badań danymi jest bardzo dobre.
- **Ekstrapolacja** to próba przeniesienia znanych gradientów zmienności kartowanego parametru na obszary nie kontrolowane danymi. Najprostszym przykładem zastosowania ekstrapolacji jest konturowanie równoodległościowe

KONTUROWANIE RÓWNOODLEGŁOŚCIOWE

KR jest to podstawowe narzędzie kartograficzne wykorzystujące technikę ekstrapolacji. Gradienty (trendy zmienności) pomierzone na obszarach rozpoznanych danymi wejściowymi (sejsmicznie, otworowo, itp.) są przenoszone na obszary jednostki geologicznej nie rozpoznane lub słabo rozpoznane

- 1) Wykreślenie mapy na obszarze kontrolowanych danymi
- 2) wyznaczenie profili prostopadłych do konturów
- 3) Określenie gradientów (modułów zmienności)
- 4) Ekstrapolacja trendów zmian na obszary nie kontrolowane danymi



- \ (pomierzony) <--- moduł ---> (zastosowany)
- Izolinie zrekonstruowane metodą równoodległościową
- 14 miąższości pomierzone w otworach
- M. wyznaczone w profilach moduły

KR jest techniką która niesie ryzyko popełnienia dużych błędów. Należy ją stosować z dużą ostrożnością. Szczególnie dobre rezultaty może dawać w przypadku rekonstrukcji nachylenia stoku na obszarach monoklinalnych, czy też w rekonstrukcji rozkładów miąższości dla środowisk wykazujących konsekwentne trendy zmienności (np. środowisko plażowe). Wykorzystanie KR umożliwia lokalną ekstrapolację trendów strukturalnych (Np. typowanie położenia osi synklin lub antyklin. Technika ta umożliwia w stosunkowo wiarygodny sposób rekonstrukcję stref wyklinowania.

Najwyższe ryzyko popełnienia błędów, niesie KR w przypadku prób ekstrapolacji budowy strukturalno- tektonicznej pasów fałdowo nasunięciowych.

KONTUROWANIE INTERPRETACYJNE

W ramach ćwiczeń omówiono trzy podstawowe typy konstruowania ilościowych map wgłębnych (konturowane mechaniczne, równoległe i równoodległościowe). Oprócz nich istnieje również tzw. technika konturowania interpretacyjnego. W przeciwieństwie do wcześniej wymienionych metod, pozwala ona interpretatorowi wykorzystywać techniki interpolacji nierównomiernej. W efekcie pozwala to wykartować strefy podwyższonych lub obniżonych gradientów.

METODOLOGIA

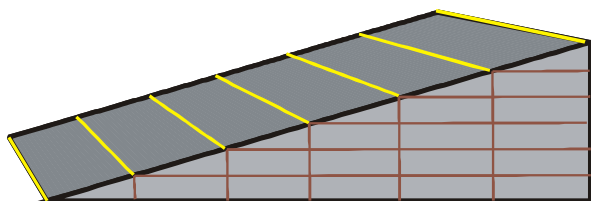
KI bywa stosowane przede wszystkim wtedy, gdy dysponujemy małą ilością danych wejściowych przydatnych do interpretacji ilościowej. Do skonstruowania mapy używane są wówczas informacje pośrednie (jakościowe i ilościowe) – takie jak przekroje sejsmiczno – geologiczne, mapy tektoniczne, mapy anomalii magnetycznych czy grawimetrycznych, mapy zmienności sąsiadujących (najczęściej w pionie) jednostek stratygraficznych (np. mapy stropu bądź spągu warstwy wyżej leżącej jednostki należącej do tego samego piętra strukturalnego).

Wykorzystanie tych map pozwala kreślić mapy, które będą odzwierciedlać znane z danego obszaru tendencje rozwojowe – tzw. trendy geologiczne. W zależności od używanych danych wejściowych mogą to być przykładowo tendencje rozwoju parametrów zbiornikowych, zmienności pola prędkości, wykształcenia miąższościowego jednostki geologicznej bądź zmienności strukturalnej.

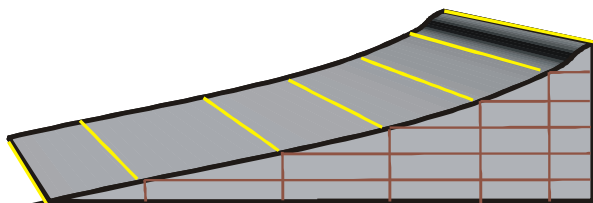
Zastosowanie KI niesie z sobą znaczne ryzyko błędnej interpretacji – wiążącej się z błędnym odczytaniem trendów geologicznych. Mapy konstruowane z zastosowaniem tej techniki nie powinny być konstruowane przez niedoświadczonych geologów.

Numeryczna technika konstruowania map zbliżona do konturowania interpretacyjnego to stosowany w programie ZMAP-Plus algorytm Trendform Gridding.

Płaskie zbocze poprawne wyniki interpolacji równomiernej



Zbocze wklęsłe (wypukłe, o zmiennym nachyleniu) poprawne wyniki interpolacji nierównomiernej



Konturowanie nierównomierne

Dodatkowe możliwości bardziej realnego odwzorowania szeroko pojętej zmienności wgłębnej (strukturalnej, miąższościowej, itp.) stwarza zastosowanie konturowania nierównomiernego.

Przykładowo w przypadku konturowania wklęsłego zbocza o nierównomiernym nachyleniu stoku, zastosowanie konturowania

równomiernego powoduje zafałszowanie geometrii mapy. Zastosowanie KN umożliwi bardziej poprawne odwzorowanie detali budowy geologicznej, poprzez zagęszczenie izohips w strefach bardziej nachylonych i ich rozrzedzenie w strefach bardziej płaskich. Jednakże by poprawnie stosować KN należy używać informacji pośrednich - takich jak przekroje sejsmiczno-geologiczne. W słabo rozpoznanych częściach kartowanego obszaru, gradienty konturowania można wyznaczać również stosując modyfikacje konturowania równoodległościowego.

Zastosowanie **KN** niesie ze sobą poważne ryzyko błędów interpretacyjnych i nie powinno być raczej stosowane przez początkujących kartografów. Mapy wykonane tą techniką są bardzo subiektywne.

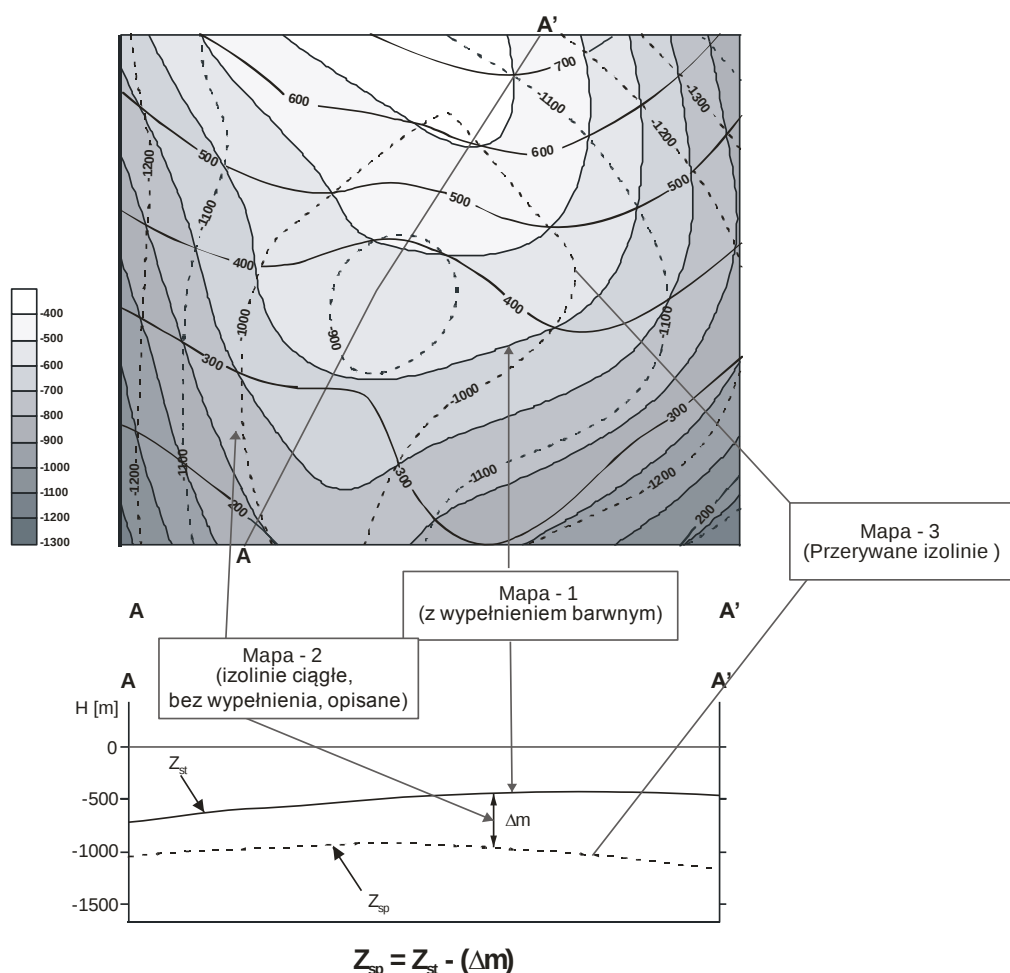
METODA SUPERPOZYCJI (na przykładzie superpozycji ujemnej)

Na mapę strukturalną stropu jednostki A (MAPA-1) nakładamy mapę miąższości jednostki A (MAPA-2)

W miejscu przecięcia izolinii wykonujemy operację arytmetyczną odejmowania:

$$\text{MAPA-1} - \text{MAPA-2} = \text{MAPA-3}$$

Obliczone wartości odpowiadają głębokości występowania spągu jednostki A (MAPA-3)



(Na podstawie Kuśmirek, Papiernik 2005, rysunek nie publikowany)

NAJCZĘŚCIEJ WYKORZYSTYWANE ILOŚCIOWE MAPY

WGŁĘBNE

Do najważniejszych rodzajów map ilościowych w prospekcji naftowej należą szeroko rozumiane mapy strukturalne i strukturalno geologiczne oraz mapy miąższości.

MAPY STRUKTURALNO – GEOLOGICZNE (MSG)

MSG ukazują zmienność strukturalną wybranych wgłębnymi powierzchniami geologicznymi. Należą one do najważniejszych ilościowych map wgłębnymi, najczęściej stanowiąc podstawę poszukiwań naftowych.

DANE WEJŚCIOWE

Dane wejściowe do ich skonstruowania stanowią dane otworowe bądź dane sejsmiczne w interpretowane w domenie głębokościowej bądź czasowej (wówczas otrzymujemy mapy izochron, a nie mapy strukturalne). Wymienione rodzaje danych używane są w procesie kreślenia mapy, w sposób bezpośredni

Dane grawimetryczne, geolektryczne bądź magnetoteluryczne oraz różnego rodzaju mapy jakościowe są używane w trakcie kreślenia map w sposób pośredni, umożliwiając w strefach słabo kontrolowanych danymi bezpośrednimi poprawne wyznaczenie trendów i kierunków zmian strukturalnych (np. – naniesienie stref uskoku czy prawidłowe zlokalizowanie stref synklinalnych i antyklinalnych).

Sposób weryfikacji i przygotowania danych omówiono wcześniej w ramach wykładów i ćwiczeń omawiając sposoby przygotowania przekrojów strukturalnych oraz ogólne zasady konstruowania map.

TECHNIKI KONSTRUOWANIA

Uogólniając, MSG kreślone w sposób tradycyjny można skonstruować jedną z czterech wcześniej wymienionych technik konturowania (geometryczne,

równoległe, równoodległościowe, interpretacyjne), stosując metodę superpozycji lub w przypadku danych sejsmicznych metodę „trawersów”.

Zastosowanie metody superpozycji

W przypadku gdy konstruowane MS odwzorowują powierzchnie słabo rozpoznane wiertniczo i/lub nie stanowią one przewodnich, dobrze śledzonych horyzontów sejsmicznych. Na dokładną, dobrze kontrolowaną wiertniczo i/lub sejsmicznie {horyzont przewodni} powierzchnię nakładamy superpozycyjnie, uogólnioną {trendową} mapę miąższości – pozornych lub rzeczywistych¹.

Techniki komputerowe

Bardzo szerokie zastosowanie w konstruowaniu map strukturalnych znajdują w ostatnich 20 latach techniki komputerowe. Są one szczególnie przydatne w przypadku opracowywania MSG na podstawie wykazujących dużą liczebność i zmienność, danych sejsmicznych. Poprawne zastosowanie technik modelowania komputerowego pozwala zachować wysoką zgodność pomiędzy modelami (mapami) i danymi wejściowymi.

Zastosowanie technik komputerowych wybitnie przyspiesza i zwiększa dokładność map konstruowanych z zastosowaniem metody superpozycji (w przypadku technik numerycznych - operacji arytmetycznych na modelach). Jest ono także bardzo przydatne (wręcz nieodzowne) w przypadku korzystania z interpretacji sejsmicznych w domenie czasowej. W tym przypadku sekwencja przetwarzania numerycznego obejmuje: estymację modeli izochron-→ estymację modeli prędkości (średnich bądź interwałowych) → obliczenie na ich podstawie modeli strukturalno-geologicznych.

¹ Mapę miąższości pozornych (izochor) konstruujemy dla obszarów wykazujących stosunkowo duże i zmienne kąty upadu oraz dla warstw o większych miąższościach. Mapy miąższości rzeczywistych (izopachytowych) są stosowane dla obszarów o upadach nie przekraczających 5° i dla kompleksów o niedużych miąższościach.

RODZAJE MAP STRUKTURALNO – GEOLOGICZNYCH

Mapy spągu jednostek litostratygraficznych [MSpJL]

Mapy te przedstawiają wykształcenie strukturalne jednorodnej genetycznie powierzchni, nie obejmując stref erozji epigenetycznej. Warstwice kreślone na nich noszą nazwę – *stratoizohipsy*.

Dla zwiększenia ilości informacji geologicznych nanosi się na nie oprócz zasięgu kartowanej jednostki, zasięg młodszej jednostki litostratygraficznej bezpośrednio na niej zalegającej.

Mapy spągu jednostek litostratygraficznych znajdują szerokie zastosowanie w regionalnych analizach geologicznych. Ich zaletą jest fakt, że na ogół przedstawiają wykształcenie powierzchni izochronicznych lub niemal izochronicznych. Ułatwia to datowanie zjawisk geologicznych w basenach sedymentacyjnych.

Mapy spągu nie mogą być w sposób bezpośredni używane dla celów poszukiwań naftowych. Przykładowo – by przedstawić przestrzenny rozkład potencjalnych pułapek dla węglowodorów w utworach dolomitu głównego, należy dokonać kartowania spągu bezpośrednio wyżejległego horyzontu (anhydrytu podstawowego).

Mapy strukturalne stropu jednostek litostratygraficznych [MStJL]

MStJL są najpowszechniej używane w poszukiwaniach naftowych, gdyż umożliwiają prognozowanie występowania potencjalnych pułapek strukturalnych. Mapy te odzwierciedlają na ogół występowanie stref częściowej lub całkowitej erozji epigenetycznej i/lub postgenetycznej. W strefach częściowej erozji warstwice – także i w tym przypadku *stratoizohipsy* – odzwierciedlają przebieg różnych jednostek dochodzących często niezgodnie do stropu jednostki litostratygraficznych. Dla wyróżnienia obszarów częściowej erozji *stratoizohipsy* można kreślić innym stylem linii bądź wprowadzając na mapę linie zasięgu częściowej erozji (epi- bądź post-genetycznej).

Dla zwiększenia ilości informacji geologicznej na MStJL można nanieść zasięg młodszej jednostki litostratygraficznej. Gdy kartowana powierzchnia jest stropem potencjalnego horyzontu zbiornikowego, zasięg młodsze horyzontu jest na ogół zasięgiem poziomym uszczelniającego (np. Ca₂ i A₂).

Jeśli na kartowanym obszarze występują nagromadzenia HC, należy na konstruowane mapy nanieść kontury złóż. W przypadku konstruowania map w większych skalach, na mapach należy również wyróżnić graficznie potencjalne struktury złożowe.

Mapy geologiczno - strukturalne spągu jednostek chronostratygraficznych [MGSSpJC]

Mapy te są zbliżone do wcześniej opisanych map [MSpJL], jednak na ogół reprezentują dłuższy i często - w przestrzeni basenu – zmienny wycinek czasu. Jeśli kartowana granica map charakter granicy sedymentacyjnej leżącej zgodnie na niższym kompleksie powstała mapa nie różni się od wcześniej opisywanej odmiany map spągu. Jeśli jednak niżej legła powierzchnia jest niezgodnością erozyjną, a zalegająca na nich warstwa (lub zespół warstw) jest diachroniczny i dodatkowo przedstawia znaczny obszar, wówczas powstała mapa ma zupełnie inne znaczenie geologiczne, gdyż obserwowane na mapie wykształcenie powierzchni geologicznej może przedstawiać spągi wielu jednostek litostratygraficznych. W takim przypadku możliwość poprawnej interpretacji geologiczno-złożowej będzie możliwe tylko wtedy, gdy na mapę zostaną naniesione linie zasięgu jednostek litostratygraficznych współtworzących powierzchnie spągu (mapa podszewki) – pozwoli to zinterpretować przestrzenne rozkłady potencjalnych horyzontów zbiornikowych i uszczelniających. W przypadku możliwości występowania złóż w stropie powierzchni niezgodności na mapę należy także nanieść granice intersekcyjne powierzchni niezgodności i występujących pod nią warstw (geologiczna mapa odkryta).

Warstwie nanoszone na omawianym rodzaju map są *stratoizohipsami* (gdy mapa obejmuje jeden kompleks litostratygraficzny). Gdy w podłożu występuje powierzchnia denudacyjna obejmująca różne wydzielienia bądź gdy kartowany spąg jednostki stratygraficznej obejmuje diachroniczne wydzielenie zbudowane z wielu jednostek litostatygraficznych, wówczas warstwie noszą nazwę *izohips*.

Na [MGSSpJL] należy nanosić uskoki kartowane na niżejległych powierzchniach strukturalnych (jeżeli utwory należą do jednego piętra strukturalnego lub dyslokacje są młodsze od obu rozpatrywanych powierzchni strukturalnych).

Mapy strukturalne stropu jednostek chronostratygraficznych [MSStJC]

W przypadku, gdy MSStJC odzwierciedlają duże obszary i obejmują jednostki reprezentujące rozległy wycinek czasu przedstawiane przez nie obraz nie jest jednolity, obejmując zarówno powierzchnie sedymentacyjne oraz erozyjne. Przykładowo mapa stropu podkarbońskiej powierzchni strukturalnej w południowej części niecki miechowskiej obejmuje sedymentacyjną powierzchnie stropu dewonu (w rejonach przykrytych karbonem), erozyjny strop dewonu (na obszarach, gdzie dewon jest częściowo zdarty erozyjnie) oraz strop prekambriu (w strefach gdzie dewon i karbon zostały całkowicie zerodowane). Aby umożliwić jednoznaczną interpretację geologiczną takiej złożonej genetycznie powierzchni strukturalnej na mapę obok *izohips*, należy nanieść linie zasięgu kompleksów współtworzących tą powierzchnię.

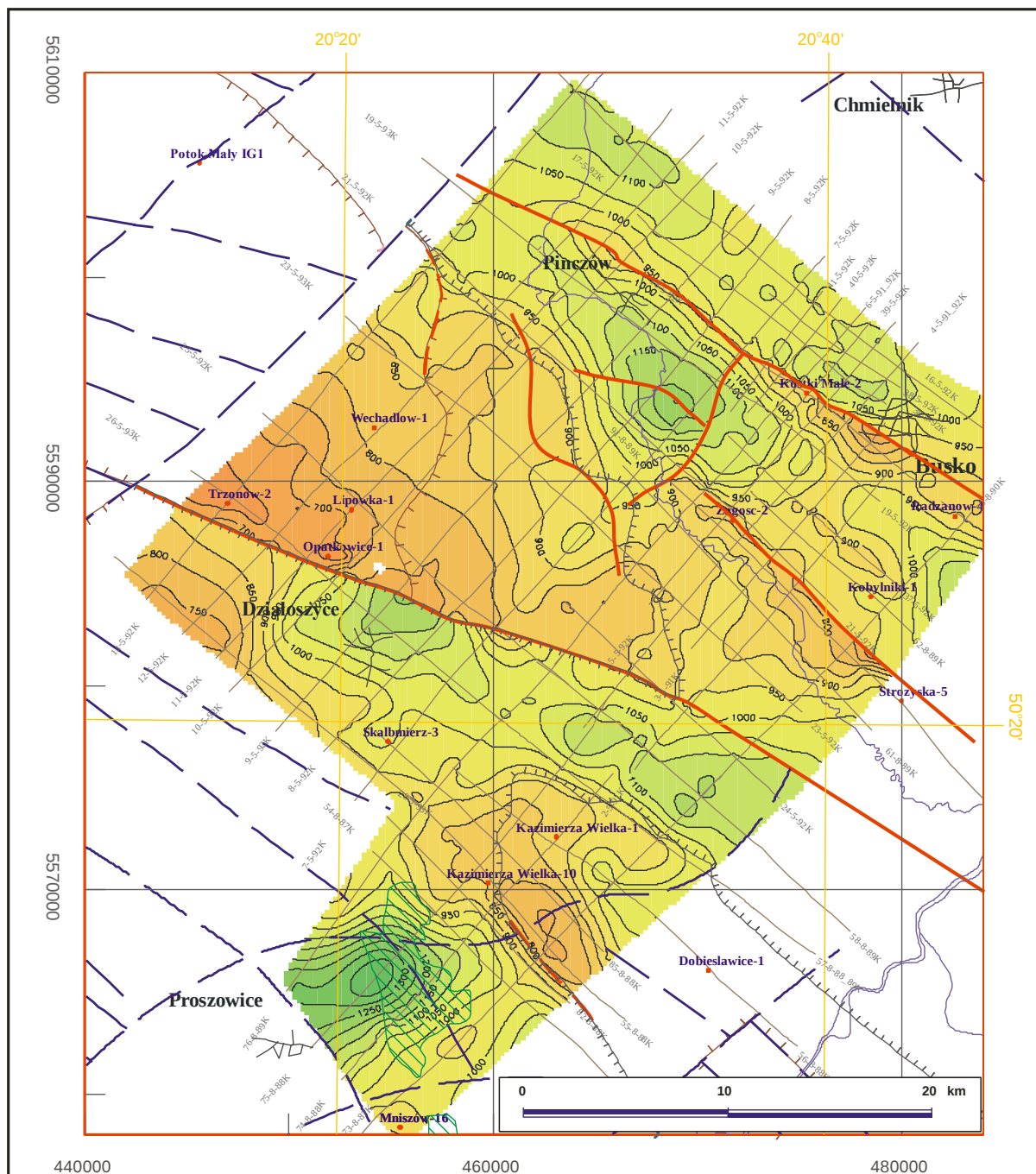
Jeżeli konstruowana mapa będzie używana dla celów poszukiwań naftowych, na mapę należy nanieść również zasięgi młodszych jednostek leżących bezpośrednio nad kartowaną powierzchnią. Umożliwi to ewentualne prześledzenie przestrzennego rozkładu horyzontów uszczelniających. W sytuacji, gdy nadległe kompleksy zalegają w sposób

przekraczający, sposób ich ułożenia umożliwia interpretację sekwencji wydarzeń prowadzących do powstania pokrywy.

Mapy strukturalne powierzchni erozyjnych [MSPU]

MSPU odzwierciedlają wykształcenie heterogenicznych powierzchni erozyjnych. W celu ułatwienia interpretacji geologiczno-złożowej należy na nie nanieść zasięgi budujących powierzchnię erozyjną warstw oraz *izohipsy*. Interpretację może ułatwić także naniesienie na mapę zasięgów wyżejleżących kompleksów, o ile zabieg ten nie spowoduje zbytniego zmniejszenia czytelności mapy.

Przekładem omawianego rodzaju map jest mapa strukturalna podmezozoicznej powierzchni erozyjnej w południowej części miechowskiej. Przedstawia ona poligenetyczną powierzchnię obejmującą stropy prekambriu, dewonu i karbonu, ukształtowane w wyniku działania postgenetycznej erozji będącej następstwem fazy waryscyjskiej.



CZASOWA MAPA HORYZONTÓW REFLEKSYJNYCH WIĄZANYCH ZE STROPEM DEWONU I PREKAMBRU

Mniszów-16

B

A

Wiercenia użyte do dowiązania sejsmiki

Wyinterpretowane sejsmiczne dyslokacje i strefy dyslokacyjne: A) pewne, B) przypuszczalne

Hipotetyczne dyslokacje wyinterpretowane w utworach piętra paleozoicznego (na podstawie materiałów archiwalnych)

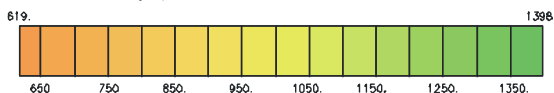


Złoża ropy naftowej w utworach K₂ i J₃

Zasięg utworów dewonu



Zasięg utworów karbonu



Geologiczne i generacyjno - akumulacyjne uwarunkowania występowania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w niecce miechowskiej - analiza, reprocessing i reinterpretacja w systemie Promax i StrataModel

ZAŁ. III.15

ZLECIENIODAWCA:

MINISTERSTWO ŚRODOWISKA
DEPARTAMENT GEOLOGII

FINANSUJĄCY:

NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY
ŚRODOWISKA I GOSPODARSTWA WODNEJ

WYKONAWCA:

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
WYDZIAŁ GEOLOGII, GEOFIZYKI I
OCHRONY ŚRODOWISKA



ZAKŁAD SUROWCÓW ENERGETYCZNYCH
AL. MICKIEWICZA 30,
30-059 KRAKÓW

Przykład map strukturalnej powierzchni erozyjnej

ANALIZA MAPY STRUKTURALNEJ

Mapa strukturalna powinna być poddana analizie strukturalnej której efektem jest wyodrębnienie struktur, a docelowo wyróżnienie elementów strukturalnych (mapa elementów strukturalnych = MES).

Wyróżniane struktury z w zależności od wielkości można podzielić na struktury pierwszego, drugiego i trzeciego rzędu (szczegóły patrz Z. Kotański „Kartografia wglębna”). Na ogół mapy strukturalne obejmują na tyle niewielki obszar że można na nich wyróżnić wyłącznie struktury 2-giego i 3-ciego rzędu.

Zarys struktur wymienionych struktur (a tym samym MES) można wykonturować podkreślając, kolorem, grubością bądź stylem linii *wyznaczone stratoizohipsy* konturujące na badanym obszarze elementy pozytywne i negatywne. W przypadku generalnego nachylenia kartowanego obszaru, *wyznaczone stratoizohipsy* mogą mieć wartości zmieniające w kierunku regionalnego zapadania (wynurzania) warstw.

Z punktu widzenia geologii naftowej największe znaczenie mają struktury III rzędu, gdyż one najczęściej akumulują złoża węglowodorów a także złoża węglowodorów.

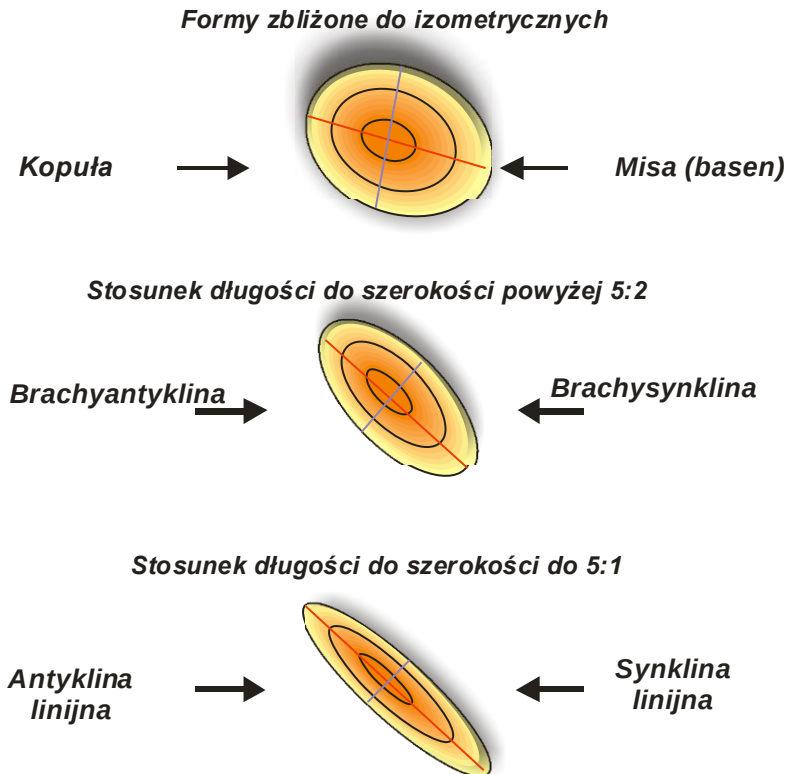
Prawidłowe wyodrębnienie struktur drugiego rzędu, będących de facto zespołami struktur III rzędu ma w poszukiwaniach naftowych szczególnie duże znaczenie na początkowych etapach poszukiwań. Pozwala ono wyznaczyć strefy potencjalnych wyniesień i obniżień podłoża, a w rezultacie zaprojektować prace wiertnicze i sejsmiczne umożliwiające szczegółowe rozpoznanie strukturalne.

Inny rodzaj klasyfikacji struktur wyróżnianych na mapach opiera się na ich podziale na struktury pozytywne i negatywne: zamknięte (np. synklina i antyklina), niezamknięte (np. nos strukturalny, zatoka strukturalne), wiążące

ZAMKNIĘTE WYODRĘBNIONE ELEMENTY STRUKTURALNE

Pozytywne

Negatywne



Za Z.Kotański 1990

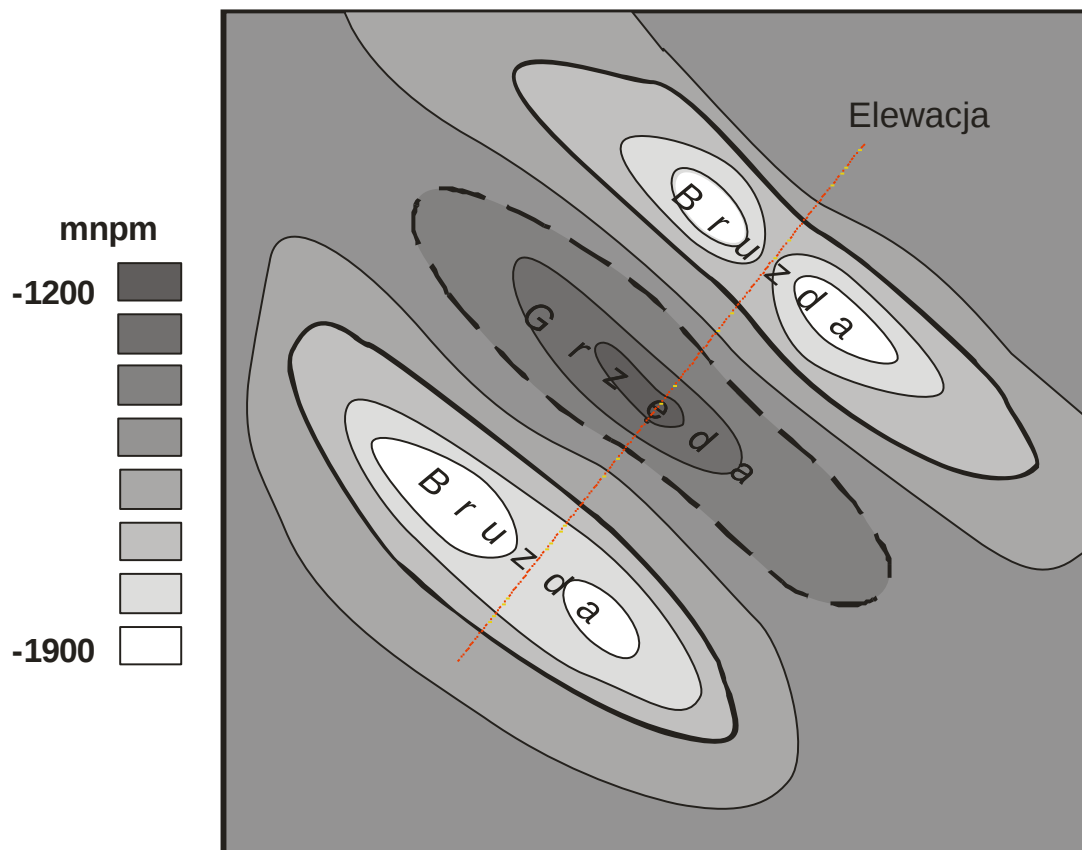
(siodło i przełęcz strukturalna) oraz struktury pośrednie (fleksura, homoklina). [Szczegóły w: Kotański – Kartografia wglębna].

Podstawowe struktury zamknięte III-rzędu –pozytywne i negatywne – a więc odpowiednio kopułę, brachyantyklinę oraz antyklinę linijną oraz misę, brachysynklinę oraz synklinę linijną ukazuje dołączony do tekstu rysunek. . Podstawa ich wyodrębniania jest stosunek dłuższej osi struktury do osi krótszej (patrz fig.2).

Podstawowe struktury II rzędu są – ujmując rzecz w pewnym uproszczeniu zespołami struktur III rzędu. W przypadku naprzemianległego występowania zespołów pozytywnych i negatywnych struktur III rzędu na

FIG.2 ZŁOŻONE ZAMKNIĘTE ELEMENTY STRUKTURALNE

Występowanie naprzemianległych złożonych form pozytywnych i negatywnych na przykładzie - grzędy i okalających ją bruzd



STRUKTURY

Wały i rowy (zespół naprzemianległych antyklin i synklin linijnych)

Grzędy i bruzdy (zespół naprzemianległych brachyantyklin i brachysynklin, stosunek długości do szerokości ok. 3:1)

Garby i niecki (zespół naprzemianległych kopuł i mis, stosunek długości do szerokości mniejszy niż 3:1)

mapach strukturalnych (zwłaszcza obszarów platformowych) w obrazie strukturalnym możemy wyodrębnić:

- **wały i rowy** będące *de facto* zespołem naprzemianległych antyklin i synklin linijnych,
- **grzędy i bruzdy** naprzemianległe brachyantykliny i brachysynkliny
- **Garby i niecki** – naprzemianległe kopuły i misy

Także i w tym przypadku duże znaczenie w określaniu typu struktury ma stosunek długości ich osi (fig.2).

Często spotykanymi elementami strukturalnymi są formy pośrednie. Przedstawia je w schematyczny sposób fig.3. Wielkoskalową formą pośrednią – w przypadku konsekwentnego zapadania warstw w jednym kierunku jest *homoklina*. Występujące w obrębie homokliny strefy spłaszczenia stoku są nazywane *tarasami strukturalnymi* strefy w których obserwowane jest większe i raczej stałe nachylenie stoku są to *monokliny*.

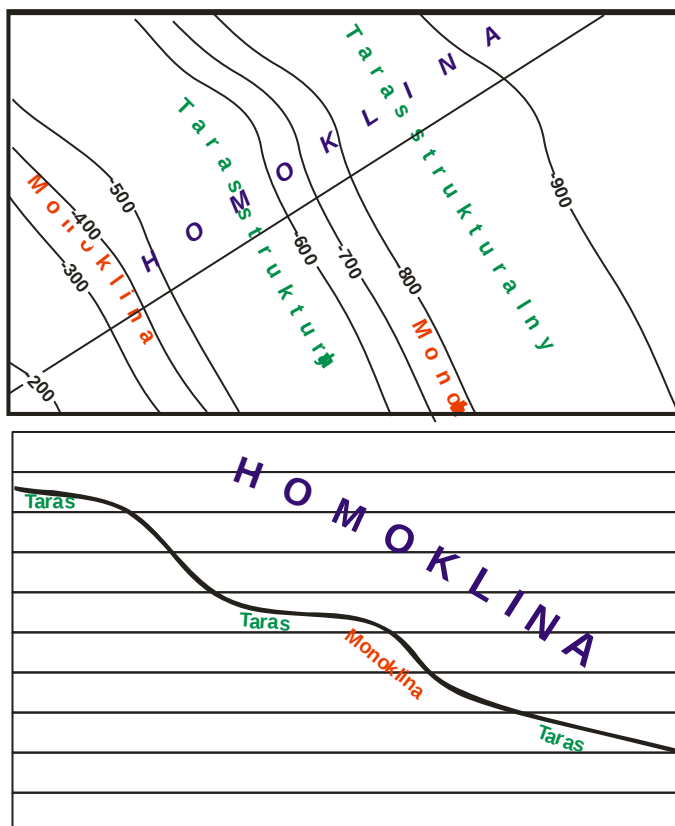


Fig.3 Pośrednie elementy strukturalne

Najważniejsze z punktu widzenia geologii naftowej niezamknięte (półotwarte) formy strukturalne przedstawia figura 4, która ukazuje w obrębie hipotetycznego basenu sedymentacyjnego występowanie takich struktur jak nosy strukturalne (struktury pozytywne) oraz zatoki strukturalne (struktury negatywne). Formy te manifestują się jako lokalne odgięcia (ucieczki) izohips (stratoizohips) od regionalnego upadu warstw.

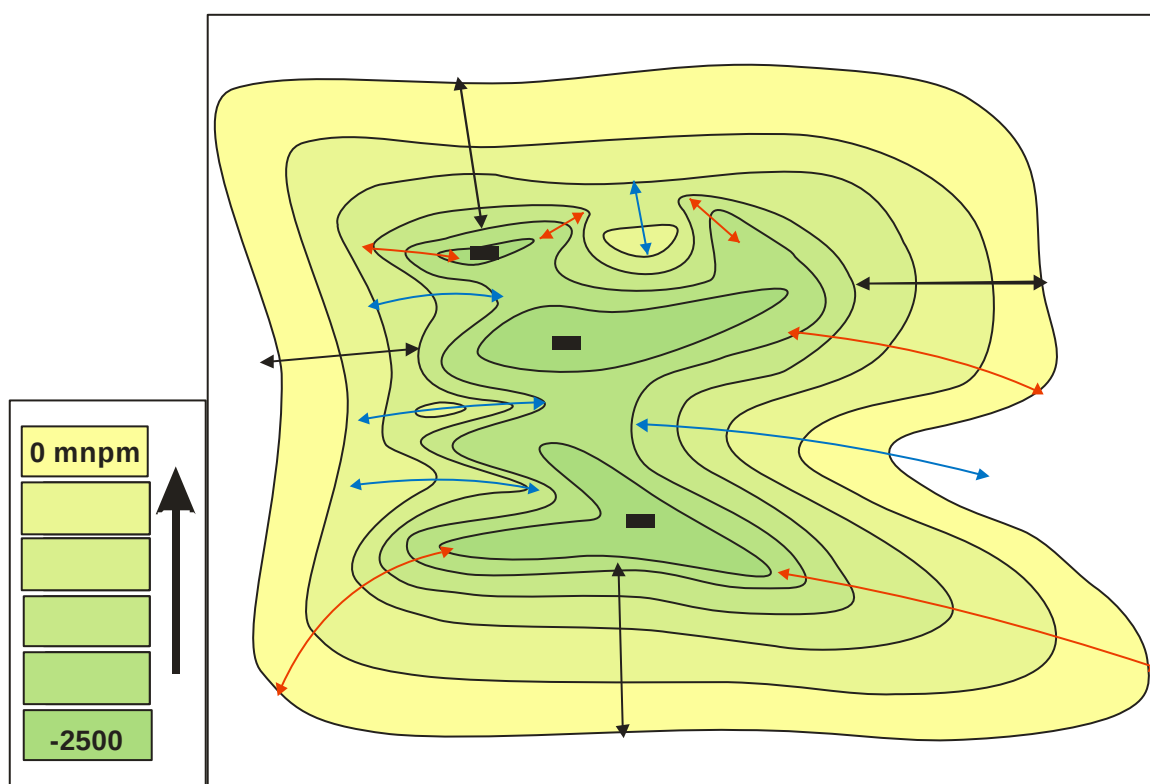


Fig .4 Niektóre elementy budowy obserwowane na mapach strukturalnych (wg. Bishop 1960)

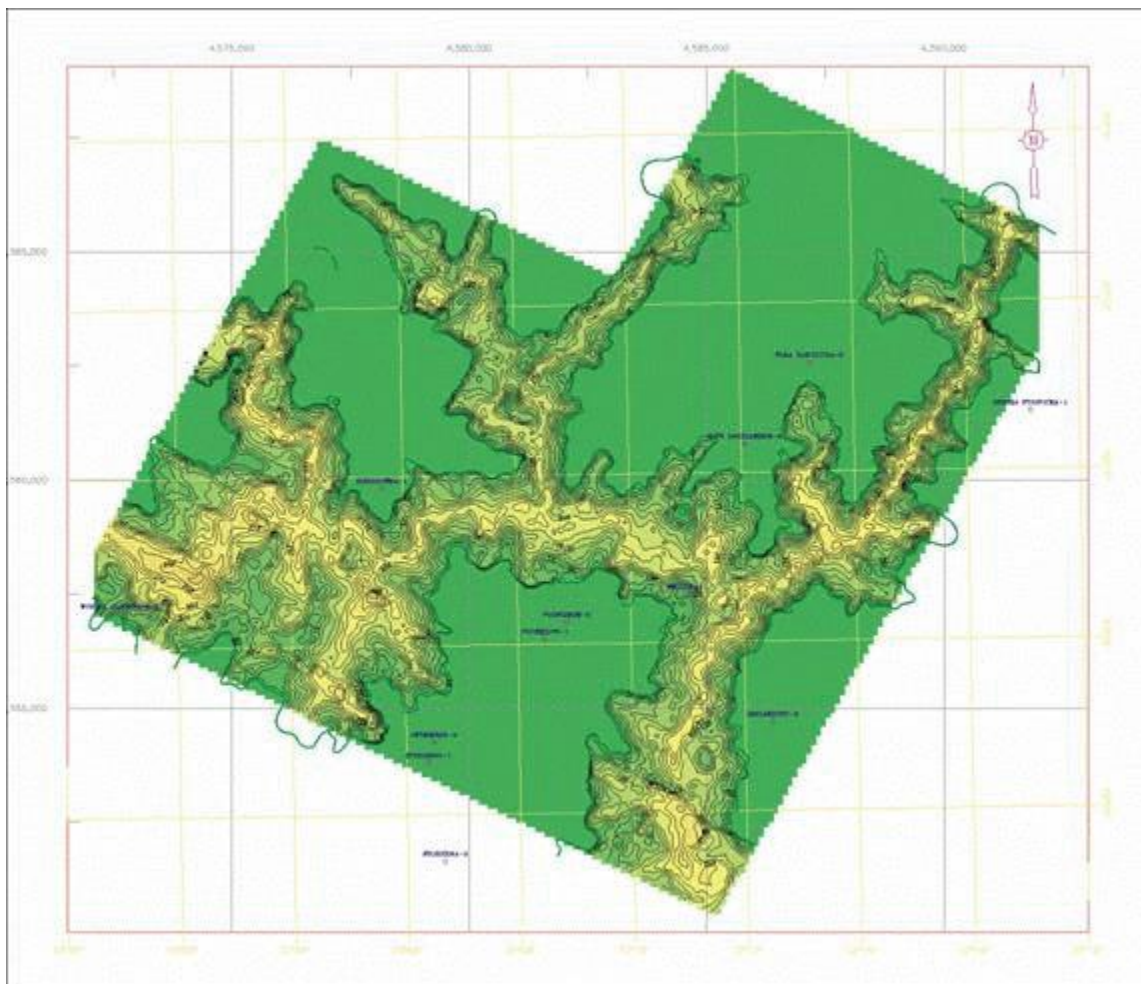
- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---------------------|
| ↔ | Upad regionalny
Nos strukturalny | ↔ | Zatoka strukturalna |
| ↔ | Nos strukturalny | ■ | Synklina |

MAPY MIĄŻSZOŚCI [MM]

Mapy miąższości są używane zarówno w regionalnych poszukiwaniach naftowych, jak i na etapie rozpoznawania stref złożowych, obliczania zasobów. Ich odmiany są powszechnie wykorzystywane do konwersji czasowo głębokościowej wykorzystującej mapy prędkości interwałowej i mapy interwałów czasowych.

Mapy miąższości najczęściej kreślimy w postaci map:

- Współczesnych miąższości pozornych (przewierconych), tzw. map izochor;



Mapa miąższości pozornych ewaporatów badenu projekt Sokołów3D. (Papiernik 2006)

- Współczesnych miąższości rzeczywistych [stratygraficznych] (mierzonych prostopadle do stropu i spągu warstwy), tzw. map izopachytowych;

W strefach wykazujących nieznaczne nachylenie warstw, miąższości pozorne nieznacznie różnią się od rzeczywistych. Z tej przyczyny w takich rejonach jak np. niecki brzeżne czy monoklina przedsudecka w praktyce nie robi się rozróżnienia między mapami miąższości pozornych i rzeczywistych. W rejonach o dużym i zmiennym nachyleniu warstw – np. Karpaty czy strefy silnie zaburzone tektoniką solną MRZ bardzo różnią się od MPZ. W takich rejonach należy przeliczyć dane lub mapy do miąższości rzeczywistych. Jeśli miąższości rzeczywiste liczymy w profilu wiercenia można do tego celu zastosować równanie:

$$M_{rz} = H_{st} - H_{sp} (\cos\delta \cos\alpha - \sin\delta \sin\alpha \cos\gamma)$$

Gdzie:

H_{st} i H_{sp} to pograżenie stropu i spągu warstwy, odpowiednio

δ kąt upadu warstw, α kąt odchylenia wiercenia

γ - kąt odchylenia kierunku nachylenia warstw i kierunku odchylenia wiercenia

Jeśli mapy miąższości pozornych obliczono w wyniku odejmowania gridów strukturalnych

M_{rz} można skonstruować w wyniku operacji arytmetycznych na siatkach wg wzoru:

$$M_{rz} = M_{pz}(\cos\delta)$$

Gdzie

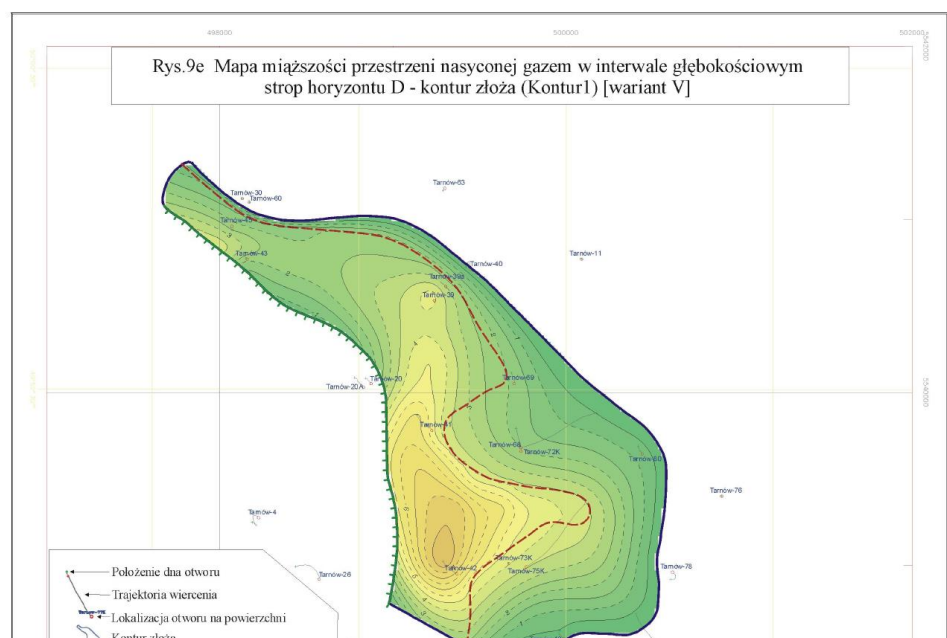
M_{pz} – to miąższość pozorna obliczona w wyniku odejmowania siatek powierzchni strukturalnych

$\cos\delta$ to model (GRID) „cosinusa” kąta nachylenia powierzchni stropu analizowanego interwału

- trendów efektywnych miąższości wydzielonych pięter strukturalnych lub pokryw tektonicznych, kompleksów stratygraficznych bądź perspektywicznych formacji naftowych; umożliwiają one prognozowanie głębokości zalegania granic jednostek geologicznych na obszarach nie

rozpoznanych wiertniczo i geofizycznie oraz służą do projektowania nowych wierceń i prac polowych

- paleomiąższości kompleksów stratygraficznych w celu rekonstruowania ewolucji strukturalnej basenów naftowych, a zwłaszcza modeli subsydencji, tempa sedimentacji, rozmiaru erozji, tj. procesów skalujących rozwój systemów naftowych;
- miąższości efektywnych skał macierzystych dla generowania węglowodorów w celu obliczenia pierwotnego potencjału węglowodorowego;
- miąższości geologicznych efektywnych skał zbiornikowych w aspekcie prognozowania ich pojemności zbiornikowej, a także konturowania potencjalnych pułapek litologicznych i stratygraficznych; mapy te są używane do liczenia zasobów metodą objętościową;



Do konstruowania map rozkładów miąższości mogą być wykorzystane: profile odsłonień i wierceń, przekroje wgłębne oraz mapy strukturalne. W przypadku konstruowania map miąższości rzeczywistych dane te wymagają

przeliczaniu miąższości pozornych w profilach na miąższości geologiczne. Mapy miąższości konstruowane na podstawie map strukturalnych są wykonywane metodą superpozycji lub w rezultacie zastosowania operacji arytmetycznych na siatkach interpolacyjnych.

PRZYKŁADY ILOŚCIOWYCH MAP OPISUJĄCYCH SKŁAD JEDNOSTEK

WYKORZYSTYWANE W POSZUKIWANIACH NAFTOWYCH MAPY ILOŚCIOWE OPISUJĄCE SKŁAD JEDNOSTEK

W poszukiwaniach naftowych obiektem kartowania mogą być składniki charakteryzujące skałę macierzystą [SM], zbiornikową [SZ], i uszczelnienie [SU]. W każdym przypadku interesujące będą nieco inne parametry decydujące o jakości składnika elementu systemu naftowego.

Dane wejściowe

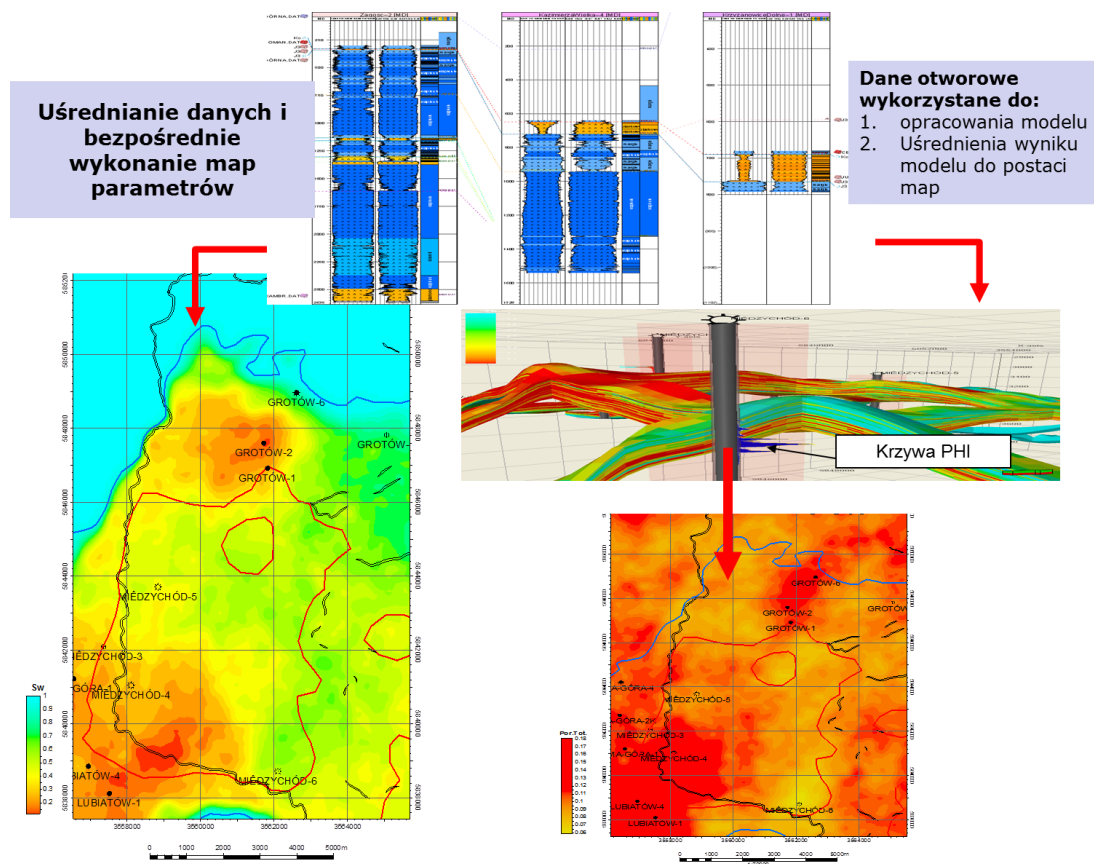
Generalizując, dane wejściowe do kartowania zmienności parametrów definiujących składniki systemu naftowego są uzyskiwane w wyniku statystycznej analizy badań prowadzonych na materiale rdzeniowym lub próbkach płynów złożowych

- - dojrzałości materii organicznej, (Ro, TMAX, TAI) itp. [SM]
- badań macierzystości i dojrzałości wykonywanych analizatorem Rock – Eval (HI, S1, S2, itp. TOC) i innymi metodami (np. zawartość węgla organicznego) [głównie SM]
- oznaczeń geochemicznych skały macierzystej, gazów i rop [SM i SZ]
- składu mineralnego skały determinującego np. jego kruchość [SM i SZ]
- statycznych własności geomechanicznych, determinujących zdolność do szczelinowania [SM i SZ]

- oznaczenia porowatości, przepuszczalności, krętości i szerokości porów - porozymetry rtęciowe, helowe, porozymetry dla skał o niskiej przepuszczalności, rezonans magnetyczny [SM i SZ, SU]
- określenie zmienności litologicznej, facjalnej sedimentologicznej [SM i SZ, SU]

Alternatywnym, uzupełniającym, a czasami wyłącznym zbiorem danych wejściowych do map ilościowych składu są interpretacje krzywych geofizycznych, m.in.:

- Krzywe prędkości V , V_p , V_s i gęstości $RHOB$ wykorzystywane do konstruowania map prędkości, określania impedancji akustycznej, obliczania dynamicznych modułów geomechanicznych [SM i SZ, SU];
- Krzywe składu litologicznego (zawartość ilu, piaskowców, soli anhydrytów, wapieni itp.) [SM i SZ, SU];



Przykład możliwości wykorzystania krzywych geofizycznych do opracowania map parametrów zbiornikowych (PHI, SW) .

- Krzywe porowatości, całkowitej i efektywnej, nasycenia przestrzeni porowej wodą i węglowodorami, przepuszczalności, itp, [SM i SZ, SU];
- Dyskretne krzywe zmienności facjalnej /litologicznej[SM i SZ, SU];
- Krzywe zawartości węgla organicznego[SM];

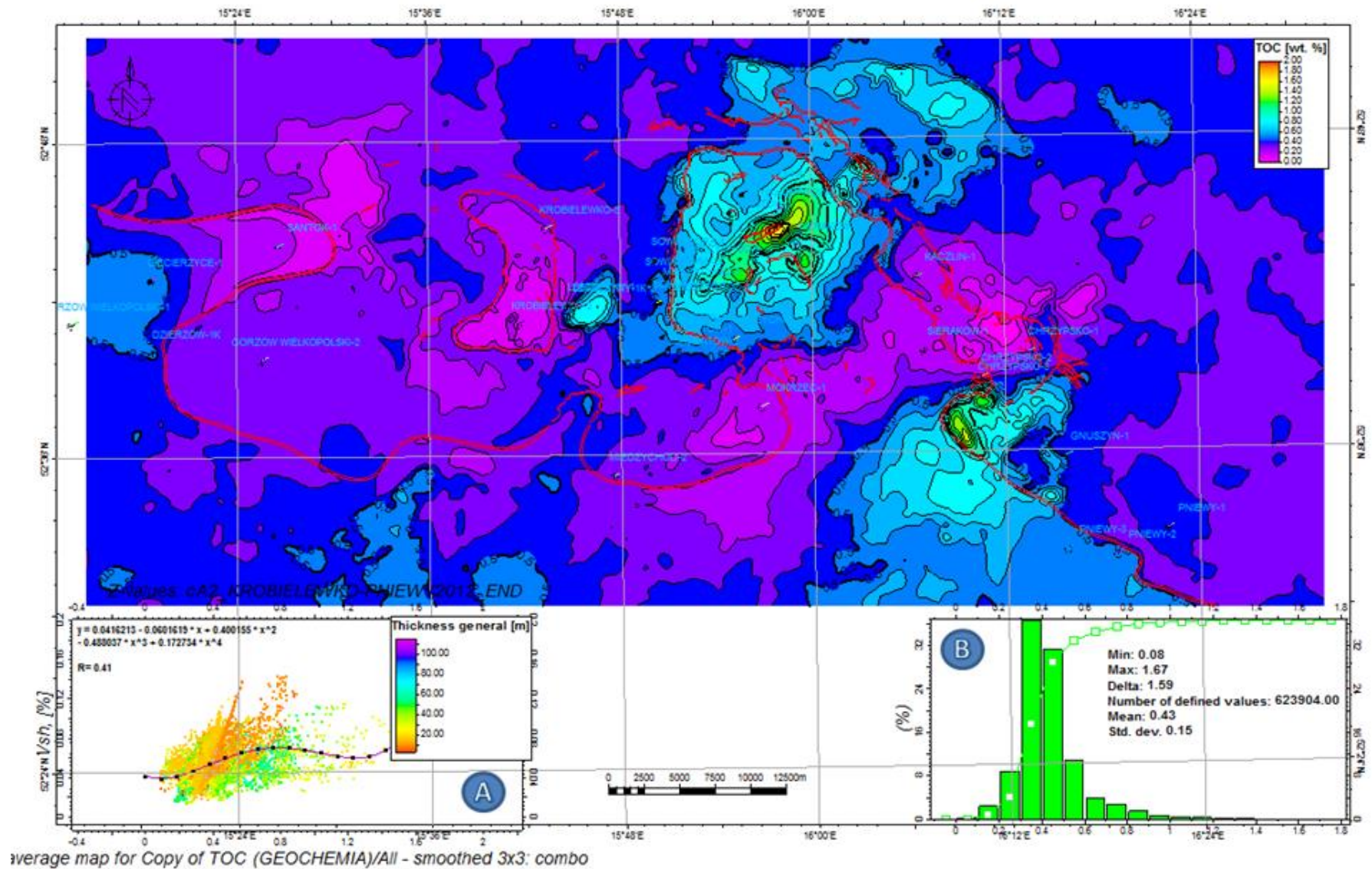
Do pracowania map uśrednionych parametrów można również wykorzystywać atrybuty sejsmiczne zwłaszcza uzyskiwane z wolumenów sejsmiki 3D, uśredniane w interwałach arbitralnych lub stratygraficznych – w domenie czasu lub głębokości. Wyniki te można wykorzystywać bezpośrednio jeśli uśredniane są np. inwersyjne wolumeny zailenia czy porowatości.

Mapy uśrednionych parametrów opisujących skład jednostek można również opracować w wyniku uśredniania 3D modeli parametrycznych – jest to dogodna forma kartowania umożliwiającą złożone filtrowanie wyników – np. pod kątem zmian litologicznych bądź facjalnych .

Przykłady map opisujących skład skały macierzystej

Typowe mapy opisujące skład skały macierzystej to np.:

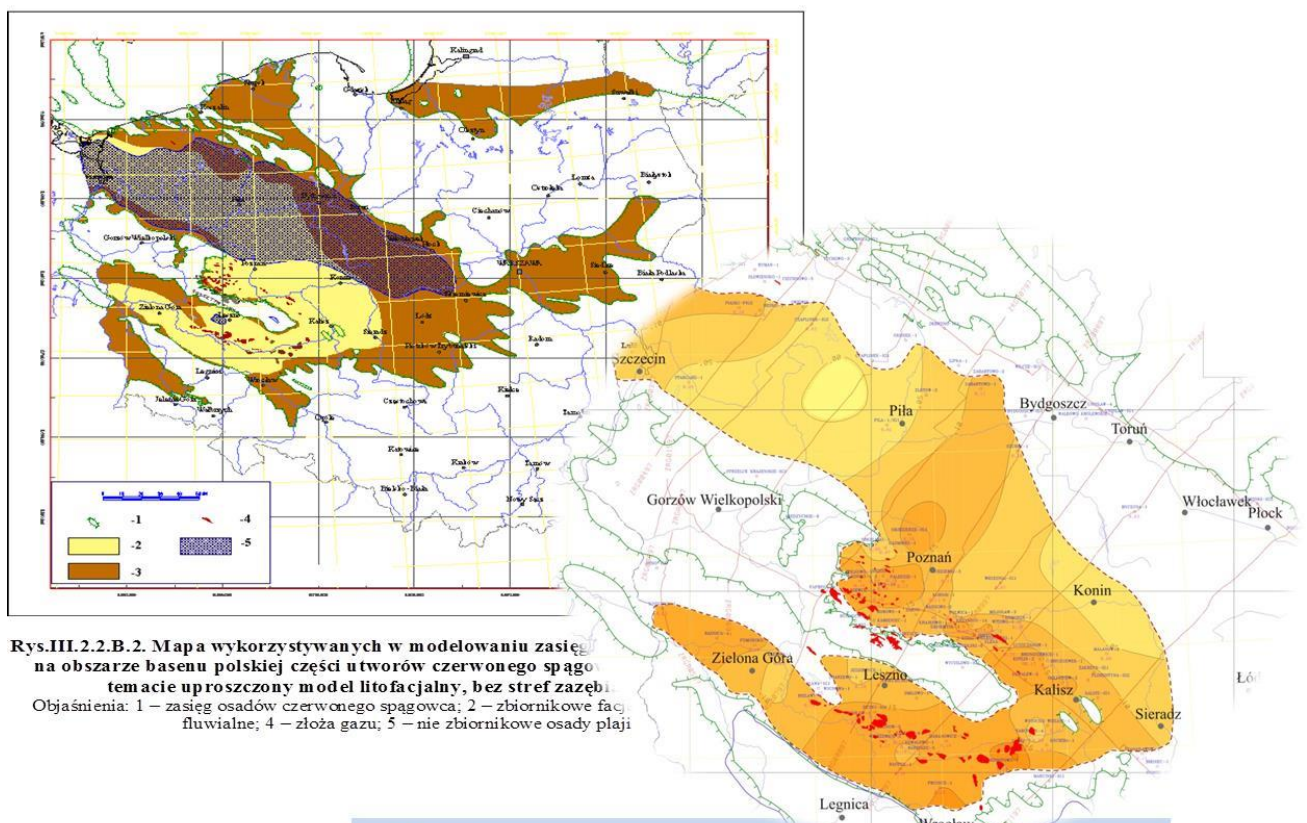
- mapy zailenia poziomów macierzystych (większe zailenie na ogół koreluje się z wyższą macierzystością)
- mapy zawartości węgla organicznego
- mapy współczynnika refleksyjności R_o
- Mapy rozkładu współczynnika TMAX
- **Mapy potencjału generacyjnego HI**
- Mapy składu izotopowego skały macierzystej
- Mapy ilości wygenerowanych węglowodorów S1 i stopnia konwersji kerogenu S2 (na podstawie parametrów RockEval).



- Rys. VII.4 8.4. Mapa zawartości węgla organicznego (TOC) w utworach dolomitu głównego na obszarze Gorzów -Pniewy. A) Zależność zawartości TOC od zailenia (skala barwna miąższość utworów Ca2); B - Histogram rozkładu zawartości TOC w profilu na podstawie mapy

Mapy skał zbiornikowych mogą obejmować m in.

- Typowe mapy opisujące skład skały zbiornikowej to np.:
- mapy zailenia poziomów zbiornikowych (większe zailenie na ogół koreluje się z niższą przepuszczalnością i porowatością)
- mapy zawartości wapienia i dolomitu
- mapy porowatości – efektywnej i całkowitej wydzielanych kompleksów, np. mapy porowatości efektywnej:
 - utworów eolicznych czerwonego spągowca
 - utworów fluwialnych/aluwialnych czerwonego spągowca
 - utworów jeziornych (playa) czerwonego spągowca

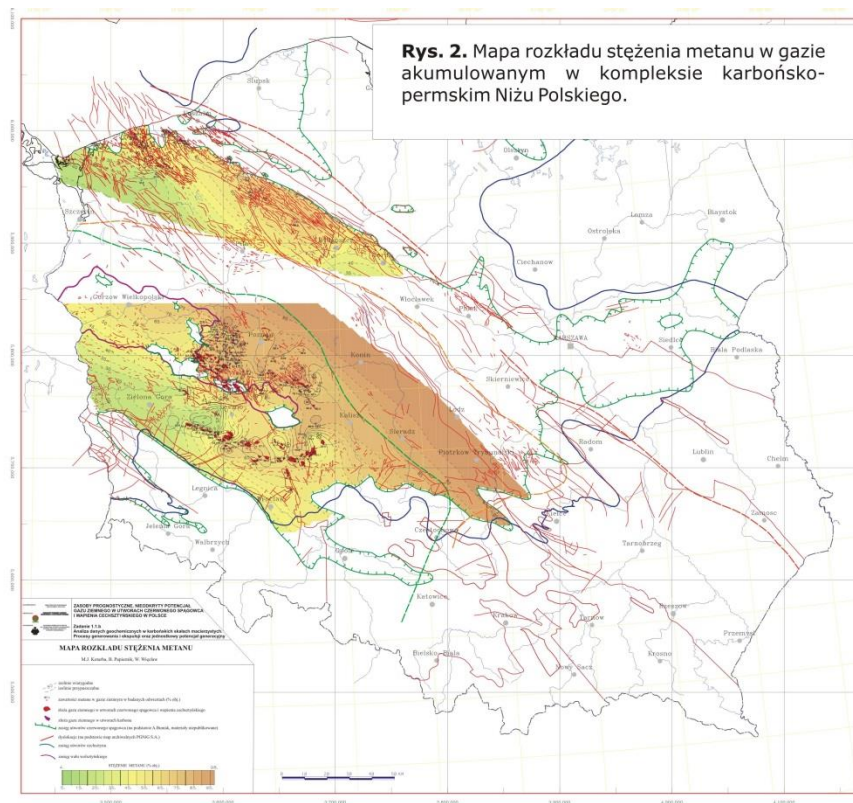


Rys.III.2.2.B.2. Mapa wykorzystywanych w modelowaniu zasięgu na obszarze basenu polskiej części utworów czerwonego spągowca uproszczony model litofacyjny, bez stref zazębienia. Objaśnienia: 1 – zasięg osadów czerwonego spągowca; 2 – zbiornikowe fały fluwialne; 4 – złoża gazu; 5 – nie zbiornikowe osady plaży

Model porowatości utworów eolicznych czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego na podstawie laboratoryjnych badań petrofizycznych i interpretacji geofizyki wiertniczej

- mapy przepuszczalności [SU, SZ]
- mapy pojemności zbiornikowej
- mapy nasycenia węglowodorami

- mapy składu złóż węglowodorów izotopowego węglowodorów,



Skąły uszczelniające

W przypadku uszczelnienia obiektem głównego zainteresowania przede wszystkim jego jakość którą najlepiej przedstawić wykonując mapy

- Składu mineralnego
- Porowatości
- Przepuszczalności

MAPY „HYDROGEOLOGICZNE” I MAPY TEMPERATUR WYKORZYSTYWANE W GEOTERMII

Kartowanie wgłębne i modelowanie przestrzenne jest podstawowym narzędziem umożliwiającym okonturowanie położenia potencjalnych zbiorników geotermalnych oraz określenie ich zasobów. Oprócz kartowania położenia (mapy strukturalne i miąższości) niezbędnym krokiem jest tu również zwizualizowanie wewnętrznej zmienności jednostek wpływającej na potencjał geotermalny, a więc porowatości, przepuszczalności własności termicznych czy hydrogeologicznych.

Z punktu widzenia geotermii mapy hydrogeologiczne mają bardzo duże znaczenie, pozwalają one kolejno określić wielkość mineralizacji, gradient mineralizacji odniesiony do stropu jednostki, gęstość wód złożowych.

Dane wejściowe

Podstawą wykonania mapy powinny być analizy wód złożowych, które nie są zmienione pod wpływem płuczki wiertniczej, jej filtratu, wody technicznej (zatłoczonej do otworu) lub cieczy kwasującej w przypadku intensyfikacji przyływu w kolektorach węglanowych. Analizy uzyskane w archiwum w oderwaniu od opisu przebiegu opróbowania mają małą wartość i mechaniczne stosowanie ich może doprowadzić do nieodwracalnych w skutkach błędów (Bojarski: w Kotański, Sokołowski 1971).

Warunkiem przyjęcia analiz do opracowania jest uzyskanie czystej wody złożowej według następujących kryteriów: dobra przezroczystość wody, osad w butelce 1-litrowej mniejszy od 1mm, stałość zawartości chlorków stwierdzona 5-8 pomiarami, różniącymi się od siebie więcej niż o 5%, sčerpanie łyżką lub kompresorem 2-5 objętości otworu, gwarantujące całkowite oczyszczenie wody z płuczki.

Niestety duża część wód złożowych do oznaczeń mineralizacji ogólnej uzyskano w wyniku opróbowania horyzontu wód złożowych rurowym próbnikiem złoża. Bojarski (op.cit) podaje, że w przypadku badań próbnikami

rurowymi, w przewodzie nad próbnikiem zbiera się 0,5 – 2 m³ płuczki wypychanej przez wodę złożową. Gdy jest mały przypływ wody, przy zawsze stosowanym krótkim badaniu w ciągu 0,5 – 5 godz., przeważnie pobiera się „zasolny” filtrat płuczki. Świadczy to, że w złożu jest solanka, jednak analizy wód nie należy uwzględniać w opracowaniu. Z doświadczenia wynika, że 70% analiz wód z próbnika jest fałszywych.

Zestawienie materiału

Podstawa do rozpoczęcia opracowywania map są analizy chemiczne wód, zebrane w postaci tabel zawierających następujące dane (Bojarski op.cit) :

1. Nazwa otworu i wysokość w m n.p.m.
2. Stratygrafia poziomu, głębokość od powierzchni terenu.
3. Mineralizacja w g/l.
4. jednostki miary : mg/l, mval/l, %.
5. Oznaczenia chemiczne: Cl^- , Br^- , J^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} i inne aniony, Fe, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , $Na^+ + K^+$ i inne kationy.
6. Stosunki jonów podstawowe:

$$\frac{rNa^+}{rCl^-}; \frac{Cl^-}{Br^-}; \frac{rCa^{2+}}{rNa^{2+}}; \frac{rSO_4^{2-} - 100}{rCl^-}$$

7. Stosunki jonowe uzupełniające:

$$\frac{rCl^- - rNa^+}{rMg^{2+}}; \frac{rNa^+ - rCl^-}{rSO_4^{2-}}; \frac{J^-}{Br^-}; \frac{rCl^-}{rMg^{2+}} \quad itp.$$

Najczęściej wykorzystywane w geotermii mapy hydrogeologiczne i „termiczne”

W geotermii najczęściej wykonywane mapy hydrogeologiczne to mapy gradientów mineralizacji, mapy mineralizacji wód złożowych, odniesione do stropu horyzontu złożowego, mapy temperatur, mapy gęstości wód i mineralizacji wód. W poszukiwaniach naftowych często wykorzystywane są

mapy stosunków jonowych, (np. współczynnika metamorfizmu $\frac{rNa^+}{rCl^-}$;).

Podstawowe mapy hydrogeologiczne obejmują:

Mapę gradientu hydrochemicznego, dla której „punktowe dane wejściowe są obliczane na podstawie następującego wzoru:

$$G_M = \frac{M_z}{Z} \cdot 100 \quad [kg / m^3 / 100m]$$

gdzie:

GM - gradient hydrogeochemiczny badanego poziomu [kg/m³/100m]

MZ - mineralizacja wód badanego poziomu [kg/m³]

Z - głębokość do opróbowanego poziomu [m]

Mapę mineralizacji wód złożowych w stropie można obliczać wg następującego wzoru:

$$M_S = G_M \cdot \frac{(Z_P - Z_S)}{100} \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

gdzie:

M_S - mineralizacja wód badanego poziomu [kg/m³]

G_M - gradient hydrogeochemiczny badanego poziomu [kg/m³/100m]

Z_P - rzędna powierzchni terenu [m]

Z_S - rzędna stropu badanego poziomu [m. npm]

Najprostszym sposobem ich wykonania jest zastosowanie operacji arytmetycznych na regularnych siatkach interpolacyjnych (grid) wyżej wymienionych parametrów. W przypadku wykorzystania metod ręcznych, wg podanego wzoru przeliczamy dane w punktach dokumentacyjnych a mapę konstruujemy metoda trójkątów.

Mapę gęstości wód złożowych – obliczono na podstawie wzoru

$$g_w = \left[998.2 + \left(\frac{700 \cdot MS}{MS + 998.2} \right) \right] - 0.375 \cdot (T_S - 20) \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

gdzie:

g_w - gęstość wód badanego poziomu [kg/m³]

M_S - mineralizacja wód badanego poziomu [kg/m³]

T_S - temperatura w stropie badanego poziomu [°C]

998.2 - gęstość wody przy MS = 0 i TS = 20 [°C]

Podobnie jak w poprzednim przypadku – najdogodniejszym i najdokładniejszym sposobem konstruowania map gęstości jest wykorzystanie regularnych siatek interpolacyjnych (gridów). Do obliczenia gęstości wód niezbędne jest temperatur w stropie badanego horyzontu. Sposoby konstruowania tych map opisano dalej.

Mapy temperatury w stropie horyzontu wodonośnego

Istotne znaczenie z punktu widzenia geotermii mają również mapy temperatury mierzonej w stropie horyzontu wodonośnego. Mapy te można sporządzać bezpośrednio na podstawie danych otworowych bądź przez przemnożenie mapy (odmiana superpozycji najczęściej stosowana dla modeli komputerowych) strukturalnej stropu horyzontu z mapą gradientu geotermicznego, liczonego wg wzoru:

$$G_T = \frac{(T_Z - T_P)}{z}; \quad \left[\frac{^{\circ}C}{m} \right]$$

gdzie:

G_T - gradient geotermiczny [$^{\circ}C/m$]

T_Z - temperatura na badanej głębokości [$^{\circ}C$]

T_P - średnia roczna temperatura na powierzchni terenu [$^{\circ}C$]

z - głębokość do opróbowanego poziomu [m]

Dane wejściowe do obliczenia temperatury w stropie i w konsekwencji zrobienia mapy temperatur w stropie horyzontu (metodą trójkątów lub komputerowo) obliczamy w następujący sposób:

$$T_S = \frac{G_T \cdot (Z_P - Z_S)}{T_P}; \quad [^{\circ}C]$$

gdzie:

T_S - temperatura w stropie badanego poziomu [$^{\circ}C$]

G_T - gradient geotermiczny badanego poziomu [$^{\circ}C$]

Z_P - rzędna powierzchni terenu [m]

Z_S - rzędna stropu badanego poziomu [m. nrm]

T_P - średnia roczna temperatura na powierzchni terenu [$^{\circ}C$]

Przy założeniu stosunkowo łagodnej, stopniowej zmiany gradientu geotermicznego i w przypadku gdy posiadane mapy strukturalne są dokładne (np. mapy sejsmiczne), mapy temperatur obliczane z zastosowaniem schematu superpozycyjnego wykazują nieporównanie wyższą dokładność niż mapy temperatury policzone bezpośrednio na podstawie danych otworach. Dzieje się tak, gdyż wiarygodne pomiary temperatur ustalonej wykonano w nieco ponad 200 otworach na terenie całej Polski, a np. wierceń przebijających strop czerwonego spągowca jest ponad 2100. Mała ilość oznaczeń temperatury ustalonej jest przede wszystkim efektem czasochłonności tego zabiegu. Poprawny pomiar ustalonej temperatury na dnie tworu powinien trwać ok. 30 dni (Plewa,1995). Oprócz map gradientu temperatury i temperatury w stropie wykonywane są również mapy temperatur odniesione do określonych głębokości.

Obliczanie zasobów dyspozycyjnych energii geotermalnej na podstawie powyższych materiałów

Z punktu widzenia geotermii mapy hydrogeologiczne mają bardzo duże znaczenie, pozwalają one kolejno określić wielkość mineralizacji, gradient mineralizacji odniesiony do stropu jednostki, gęstość wód złożowych. To umożliwia określenie przydatności wód dla celów energii geotermalnej i policzenie zasobów dyspozycyjnych tej energii, z wykorzystaniem równania:

$$E = Q * (T_s - 25) * w * c_w * t$$

gdzie:

Q - nominalna wydajność potencjalnego otworu wydobywczego, [m³/h]

Q_{max} = 300 m³/h

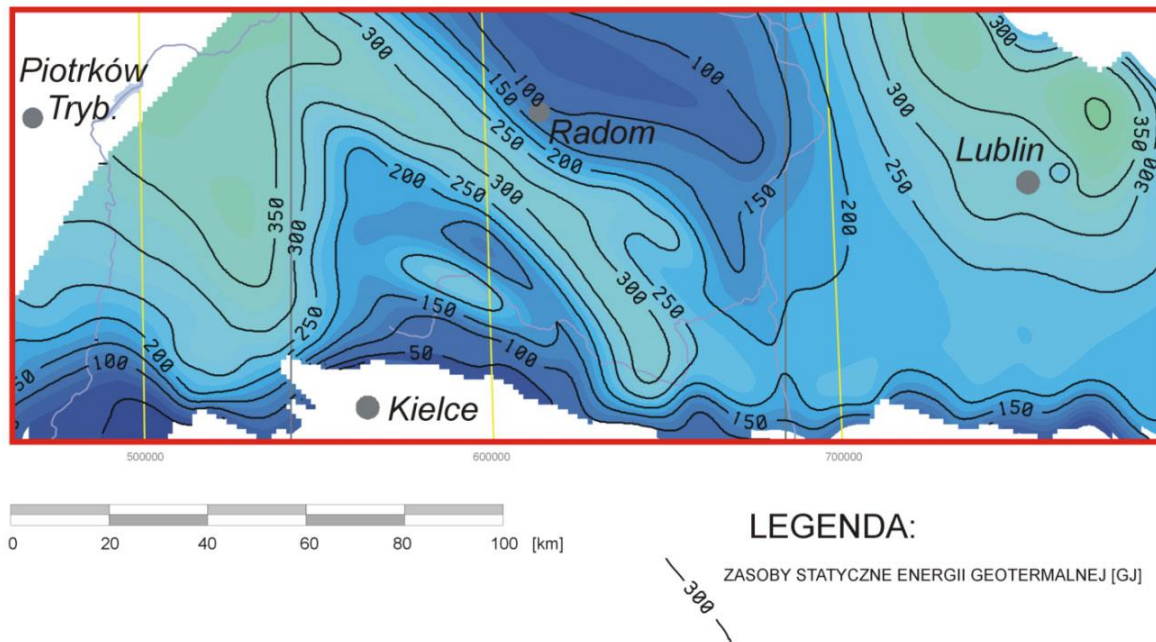
T_s - temperatura w stropie warstwy wodonośnej, [°C]

w - gęsto wody [kg/m³]

c_w - ciepło właściwe wody 4100 [J/kg*°C]

t - czas eksploatacji dubletu geotermalnego - 1 rok [h]

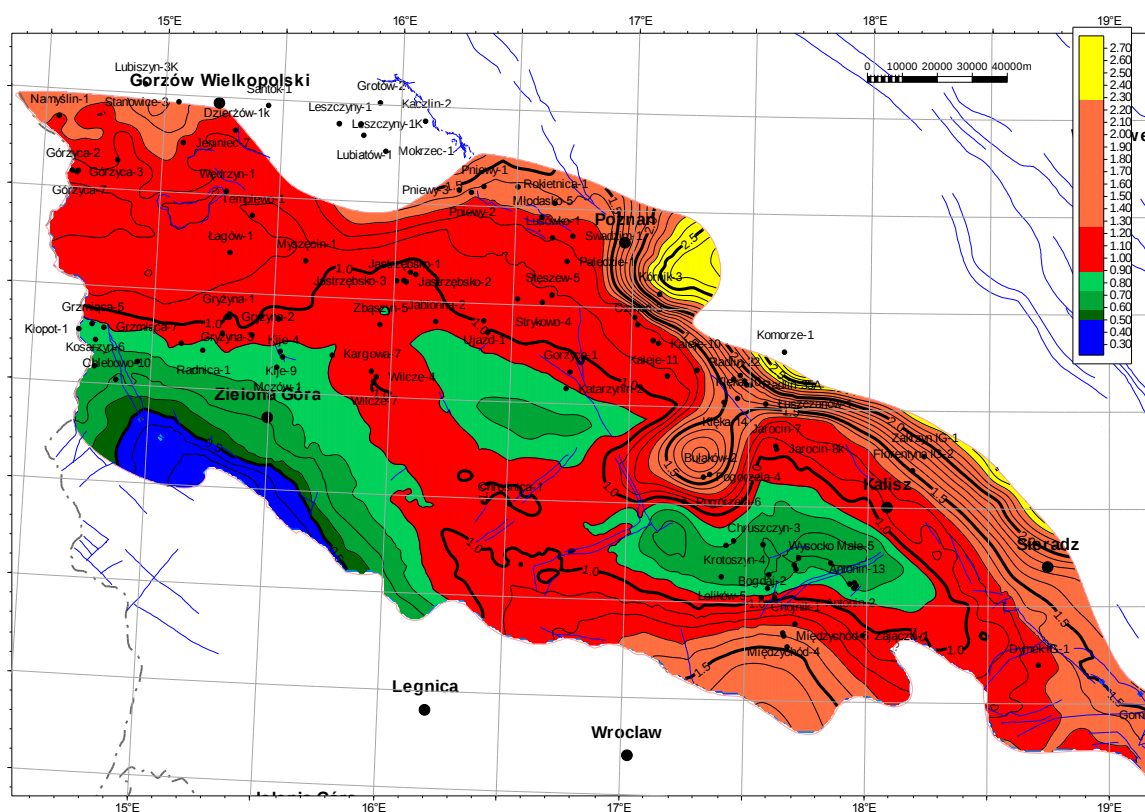
MAPA ZASOBÓW STATYCZNYCH ENERGII GEOTERMALNEJ



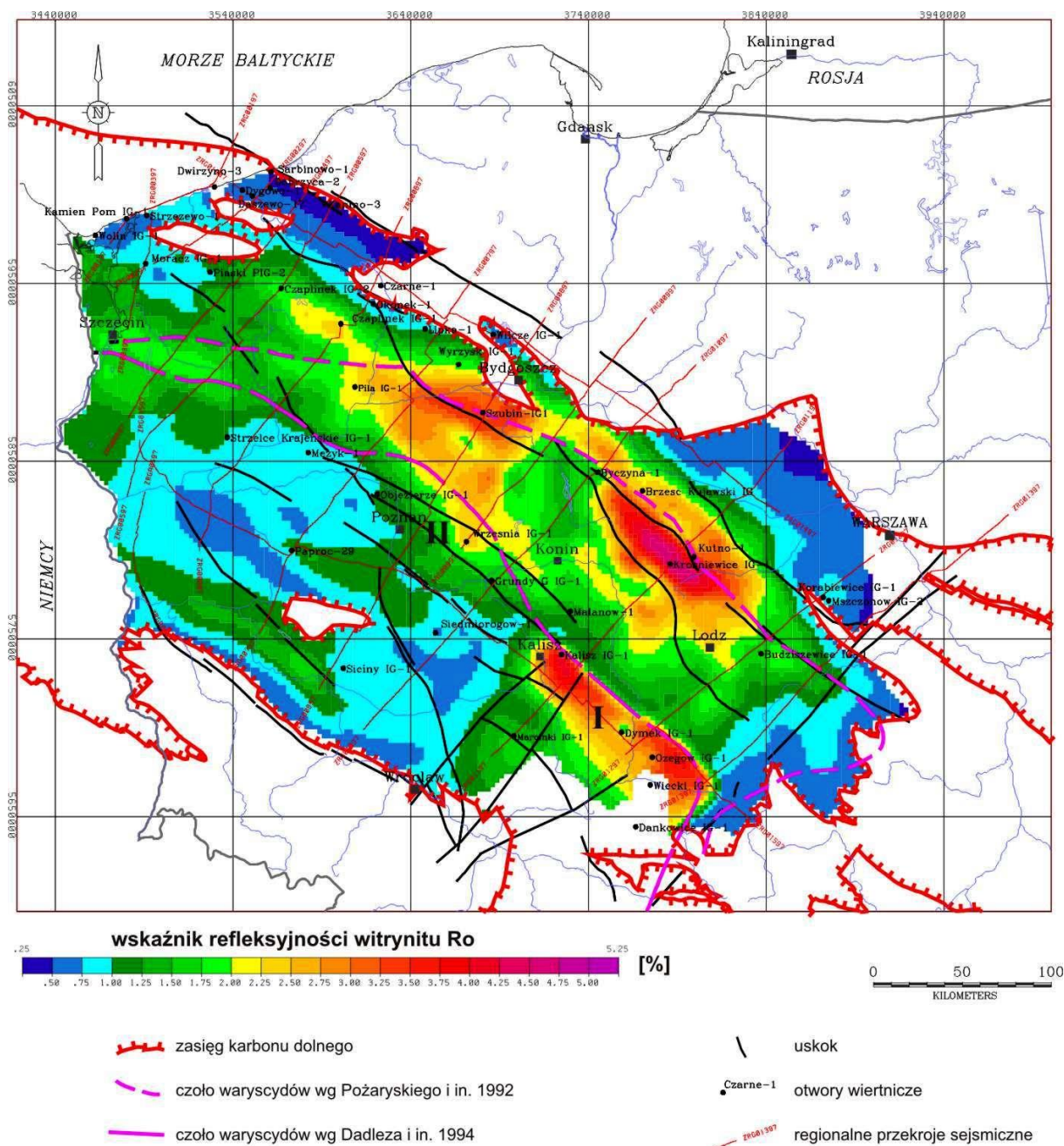
MAPY ODWZOROWUJĄCE DYNAMIKĘ PROCESÓW

Mapy odwzorowujące dynamikę procesów obrazują ewolucję basenu, stopień zaawansowania procesów, czy dynamikę ich zmian. Do tej grupy można zaliczyć np.:

- Mapę maksymalnej dojrzałości materii organicznej wyrażoną, jako refleksyjność witryny lub parametr TMAX
- Mapy stopnia transformacji termicznej kerogenu w różnych stadiach rozwoju basenu wyrażony jako współczynnik TR bądź jako Ro dla wybranego momentu ewolucji basenu
- Mapy rozmiaru erozji (równocześnie zalicza się też do map miąższości) oraz mapy tempa erozji
- Mapy ilości wygenerowanych węglowodorów, tempa i wielkości ekspulsji itp.
- Mapy temperatury odniesionych do stropu wybranych jednostek stratygraficznych bądź na wybranej głębokości



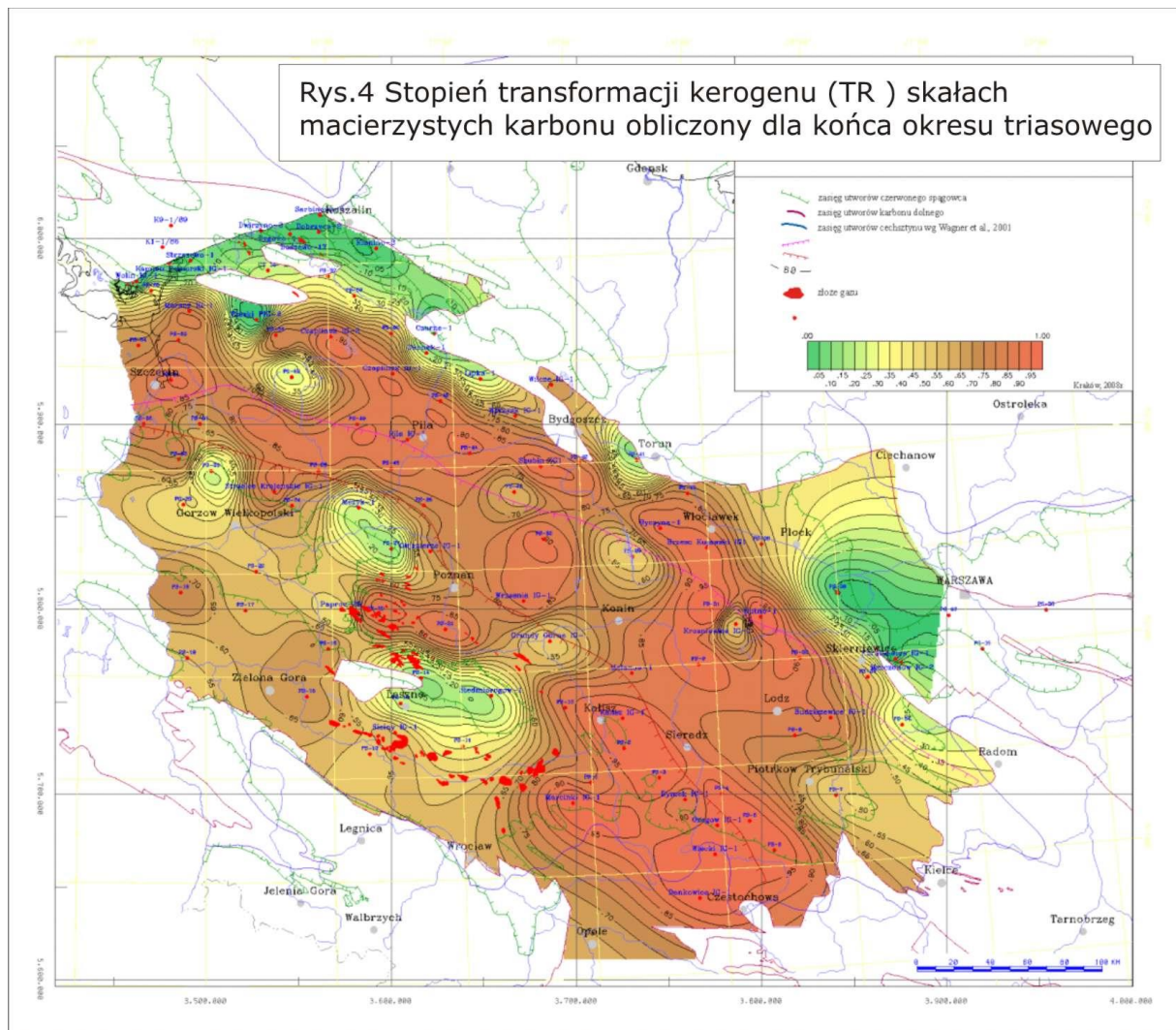
Mapa refleksyjności witryny Ro w utworach Ca_2 (Papiernik, Kosakowski nie publikowane 2012)



I, II strefa wysokiego stopnia przeobrażenia termicznego w okresie waryscyjskim

Rys. 7. Stopień przeobrażenia termicznego (%Ro) w stropie karbonu dolnego u schyłku wczesnej jury

- Mapy tempa subsydencji
- Mapy tempa sedymentacji
- Mapy zmian ciśnienia złożowego, nasycenia przestrzeni porowej węglowodorami itp.



Modele dynamiki można obliczać na podstawie danych punktowych uzyskiwanych najczęściej w wyniku przeprowadzenia serii dynamicznych modelowań jednowymiarowych, bądź w wyniku „migawkowej” wizualizacji wybranych procesów dla wybranych zdarzeń czasowych lub interwałów czasowych. Dane takie mogą pochodzić przykładowo z programów Petromod 1D i 3D, BasinMod, czy w przypadku danych złożowych z programu Eclipse.

Literatura:

- Górecki W. (red.), 2006 - Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznych na Niżu Polskim.
- Górecki W. (red.), 2011 - Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat
- Górecki W. (red.), 2013 – Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Wschodnich
- Kotański Z., Sokołowski J., - 1971 Podstawowe zasady i metody geologicznej kartografii wgłębniej. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa
- Kotański Z., 1990, Geologiczna kartografia wgłębnia Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.
- Kuśmierk J., Machowski G., Papiernik B., 2012 – Elementy wgłębniej kartografii naftowej. W: Poradnik górnika naftowego. Tom 1A: Geologia naftowa. Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego, Kraków.
- PLEWA M., PLEWA S., SROKA K., ŚMIESZEK R. 1995 – New Determinations of the Terrestrial Heat Flow in Poland. Bull. Of the Polish Academy of Sciences. Vol. 43, no.4, 207-223. Kotański Z., Sokołowski J. – 1971
- Serra O (red), 1997, Main Types of Geological Maps: Purpose, Use and Preparation. Editions TECHNIP, 1 sty 1997 – 348. Oford & IBH PUBLISHING CO. PVT. LTD 66 JANPATH, NEW DELHI/

METODY KOMPUTEROWE

- Coburn T. C., Yarus J. M., Chambers R. L. (eds),: Stochastic modeling and geostatistics: Principles, methods, and case studies, volume II. AAPG Computer Applications in Geology, 409 p., 2007.
- Cosentino L., 2001, Integrated Reservoir Studies. Enfield Distribution. (March 01.2001)
- Davis J.,C., (1986): Statistic and data analysis in geology. John Wiley & Sons, New York, Second Edition.
- Dubrule O., 1998, Geostatistics in Petroleum Geology. AAPG Continuing Education Course Note Series #38. AAPG. Tulsa, Oklahoma, USA 1998.45 pages. 125 figs.
- Dubrule O., 2003, Geostatistics for Seismic Data Integration in Earth Models. 2003 Distinguished Instructor Short Course. Distinguished Instructor Series. No. SEG/EAGE. Tulsa, Oklahoma,USA.2003.279 p.

Harbaugh J.,W., Doveton J.,H., Davis J.,C., 1977 - Probability Methods In Oil Exploration. John Wiley & Sons, New York.

Jóźwiak W., Papiernik B., 2003 - Cyfrowe mapy sejsmiczne NW obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Metodyka przetwarzania numerycznego. Biuletyn PIG, 405: 61 - 86.

Papiernik B., 1998 - Processing of analog contour maps into grid based computer maps. PB-2, Extended Abstract Book. Conference and Exhibition: "Modern Exploration and Improved Oil and Gas Recovery Methods". 1 – 4 wrzesień 1998, Kraków.

Papiernik B., 2002 - Zalety i ograniczenia wykorzystania programu ZMAP - PLUS do konstruowania sejsmicznych map czasowych i głębokościowych na podstawie sejsmiki 2D. Materiały konferencyjne: „Release 2003 - Nowoczesność i konieczność”. Szkolenie użytkowników stacji Landmark. 6-8 listopad 2002, Kraków.

Papiernik B., Gładzik J., Krzywiec P., 2001a - Zastosowanie procedur programu ZMAP-Plus do oceny i poprawy jakości danych sejsmicznych modeli numerycznych. (Na przykładzie sejsmicznych map czasowych z rejonu Biszczka - Książ w zapadlisku przedkarpackim). Materiały konferencyjne: Nauki o Ziemi w badaniach podstawowych, złożowych i ochronie środowiska na progu XXI wieku. Jubileusz 50-lecia Wydziału Geologii, Geochemii i Ochrony Środowiska., Kraków 2001.

Papiernik B., Gładzik J., Krzywiec P., 2001b - Zastosowanie procedury Mistie Reduction do oceny i poprawy jakości danych używanych do konstruowania map sejsmicznych. Przegl. Geol. Nr. 5 Maj 2001. T. 49. s 456.

Swan A.,R.,H., Sandilands M., (1996): Introduction to Geological Data Analysis. Blackwell Science.

Watson D., F., 1992 Contouring. A Guide To The Analysis and Display of Spatial Data. Computer Methods in the Geosciences v. 10. Pergamon Press.

Wygrala B., 2011 – Unconventional Oil and Gas Resources – Efficient Early-Stage Exploration Workflows. Aachen Technology Center, Germany, 1-12.

Zakrevsky K.,E., 2011, Geological 3D modeling. EAGE Publications. 261 p., 3990 DB Houten, Netherlands.

Zakrevsky K.,E., 2011, Geological 3D modeling. EAGE Publications. 261 p., 3990 DB Houten, Netherlands.