

KARTOWANIE GEOLOGICZNE

dr Wojciech Ozimkowski, Wydział Geologii UW

Wykład 1

Kartografia geologiczna, mapy geologiczne

KARTOGRAFIA GEOLOGICZNA to dział geologii zajmujący się opracowywaniem metod sporządzania i sporządzaniem map geologicznych (= wiedza o mapach geologicznych i ich sporządzaniu).

PODZIAŁ KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ:

1. Techniki badawcze, metodyka, zasady:

metody lokalizacyjne,
metody identyfikacyjne,
instrukcje przygotowania, dokumentowania i wydawania map.

2. Kartowanie geologiczne (jako metoda badań geologicznych):

zadanie i projekt badań,
zbieranie danych istniejących (publikowanych i archiwalnych),
badania terenowe: identyfikacja i lokalizacja zjawisk w terenie i na mapie,
opracowanie czystorysu mapy,
opracowanie tekstu i załączników.

3. Prace edytorskie (przygotowanie i wydawanie map geologicznych - obecnie w GIS).

KARTOWANIE GEOLOGICZNE polega na lokalizacji i graficznym utrwalaniu na podkładzie topograficznym zjawisk i procesów geologicznych stwierdzonych w wyniku badań terenowych, (lub: są to prace terenowe zmierzające do wykonania mapy geologicznej).

Termin **ZDJĘCIE GEOLOGICZNE** ma 2 znaczenia:

1. jest to mapa geologiczna, terenowa, rękopiśmienna,
2. kartowanie geologiczne (w znaczeniu prac terenowych).

MAPA GEOLOGICZNA jest to: syntetyczny, graficzny obraz stanu wiedzy geologicznej o badanym i kartowanym przez geologa terenie (lub: zmniejszony obraz zjawisk geologicznych wykonany na podkładzie topograficznym).

Treść mapy geologicznej jest przedstawiana za pomocą:

1. barw – zwykle wiek utworów (barwy są konwencjonalne),
2. sygnatur, czyli znaków umownych - np. położenia warstw, stanowiska fauny, jaskinie itp.,
3. symboli literowych - stratygrafia, litologia, czasem geneza utworów,
4. szrafur (stosowanych czasami – na ogół do oznaczenia litologii).

Zwykle **kompletna mapa geologiczna składa się z:**

1. mapy geologicznej,
2. przekroju geologicznego,
3. profilu litologiczno-stratygraficznego,
4. tekstu objaśniającego.

ad. 2. **PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY** jest to zmniejszony, graficzny obraz zjawisk geologicznych powstały w wyniku przecięcia skorupy ziemskiej płaszczyzną (zwykle pionową).

ad. 3. **PROFIL LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNY** jest to graficzne lub opisowe przedstawienie kolejności występujących w odsłonięciach lub w otworach wiertniczych warstw i ich cech litologicznych.

ad. 4. **TEKST OBJAŚNIAJĄCY** jest zwykle wydawany w postaci osobnej broszurki.

PODZIAŁY MAP GEOLOGICZNYCH - m.in.:

1. Według skali:

ogólne, przeglądowe; >1:100 000, = kompilacyjne
szczegółowe; 1:10 000 - 1:50 000, = wykonywane w terenie
wielkoskalowe, plany, specjalne; 1:500 – 1:5 000 = wykonywane w terenie.

2. Według „głębokości”:

mapy powierzchniowe („zakryte”, „odkryte”),
mapy wglębne.

3. Według tematyki:

stratygraficzne (litologiczne, litostratygraficzne),
tektoniczne,
strukturalne,
litologiczno-facjalne,
paleogeograficzne,
geologiczno-inżynierskie,
hydrogeologiczne,
surowcowe,
geomorfologiczne,
geofizyczne,
kompleksowe (= podstawowe).

KRÓTKA HISTORIA KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ

I nowoczesna mapa geologiczna - William Smith "A Geological Map of England and Wales and Part of Scotland" 1815 - 17.

I mapa geologiczna Polski („i krajów ościennych”) – Stanisław Staszic 1815.

Seryjne (arkuszowe) mapy geologiczne Polski:

Przeglądowa mapa geologiczna Polski 1:300 000 (1946 – 1955),

Szczegółowa mapa geologiczna Polski (SMGP) 1: 50 000 (1956 – 2009), w jej ramach:

Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25 000,

Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000 (1959 – 1970).

Mapa litogenetyczna Polski 1:50 000.

Mapa geologiczna Polski 1:200 000 (1969 – 1988, II wydanie: 2005 – 2027?).

Aktualnie: reambulacja / aktualizacja SMGP → wersja cyfrowa,

Mapy osuwisk 1:10 000 – program SOPO.

Wykład 2

Prace przygotowawcze do kartowania geologicznego

1. STUDIUM PUBLIKACJI I MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH.

a. **Publikacje** - Bibliografia Geologiczna Polski (wydawana rocznikami, do 2005),
na stronie PIG: <http://www.pgi.gov.pl/> → Biblioteka → Bazy Biblioteki PIG →
→ Bibliografia Geologiczna Polski:

https://katalog.pgi.gov.pl/F/?func=find-b-0&local_base=pgi03

- b. **Materiały archiwalne.** Archiwa. Bazy danych PIG:
na stronie PIG: <http://www.pgi.gov.pl/> → Dane geologiczne → Bazy danych, lub:
Centralna Baza Danych Geologicznych = CBDG (<http://baza.pgi.gov.pl/>),
oraz bazy hydrogeologiczne, złożowe i geośrodowiskowe.
- c. **Opisy wierceń** - publikowane, niepublikowane. Magazyny rdzeni.
- d. **Mapy** i przekroje geologiczne - publikowane i niepublikowane.
- e. **Okazy skał.**
- f. **Rozmowy** z osobami pracującymi w danym terenie.

2. STUDIUM ZDJĘĆ LOTNICZYCH I MAP TOPOGRAFICZNYCH.

Zdjęcia lotnicze:

- jako podkłady topograficzne,
- fotointerpretacja geologiczna (wstępna) → szkic fotointerpretacyjny,

Mapy topograficzne

- analiza rzeźby terenu i jej związków z geologią,
- wyszukiwanie możliwych odsłoneń, projektowanie marszrut.

3 - wyszukiwanie i zamawianie map topograficznych i zdjęć lotniczych.

Zamawianie: GUGiK, Wojewódzkie Ośrodki Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

Przeglądanie / pobieranie: geoportal.gov.pl.

Obecnie zamiast zdjęć lotniczych analizuje się numeryczny model terenu (NMT) o odpowiednio wysokiej rozdzielczości (→ wykład 11) oraz ortofotomapę.

4. Rezultatem studiów 1 i 2 jest **PROJEKT BADAŃ**, składający się z części **tekstowej** i załączników **graficznych**. Jego **część tekstowa** powinna zawierać uzasadnienie **kategorii złożoności budowy geologicznej** kartowanego terenu:

I = prosta, II = średnio złożona, III = złożona,
od której zależy m.in. ilość wykonywanych prac.

Podstawą prawną do wykonywania projektu badań jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z 20.12.2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących **projektów robót geologicznych**, w tym robót, których wykonywanie wymaga koncesji geologicznych (DzU Nr 288, poz. 1696). Zgodnie z nim

Część tekstowa zawiera:

- lokalizację projektowanych robót, opis zagospodarowania terenu, z uwzględnieniem obszarów chronionych,
- omówienie wyników wcześniejszych badań + wykaz materiałów archiwalnych z ich interpretacją,
- opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych wraz z przewidywanymi profilami geologicznymi projektowanych wyrobisk,
- ilość i rodzaj wyrobisk, sposób zabezpieczenia horyzontów wodonośnych itp.,
- rodzaj dokumentacji geologicznej mającej powstać w wyniku robót.

Część graficzna to:

- mapa topograficzna w skali co najmniej 1:100 000, z zaznaczeniem obszaru robót i jego usytuowaniem w stosunku do siedziby gminy,
- mapa geologiczna (hydrogeologiczna, geologiczno-inżynierska, geofizyczna) i przekrój geologiczny. Ponadto projekt badań powinien zawierać:
 - wskazanie lokalizacji obszaru / miejsc planowanych robót geologicznych na:
 - a) mapie sytuacyjno-wysokościowej w skali, nie mniejszej niż 1:50 000,
 - b) mapie geologiczno-gospodarczej przedstawiającej obszary podlegające ochronie w skali, nie mniejszej niż 1:50 000,

c) przekrojach geologicznych.

Na mapie sytuacyjno-wysokościowej, zaznacza się przebieg linii energetycznych, telekomunikacyjnych, gazociągów i innych obiektów, ograniczających wykonywanie robót geologicznych.

Kategorie uprawnień w zakresie wykonywania, dozorowania i kierowania pracami geologicznymi: I - IX, w tym **kat. VIII** - wykonywanie prac kartografii geologicznej wraz z projektowaniem i dokumentowaniem tych prac.

Po wykonaniu i **ZATWIERDZENIU** projektu badań należy:

1. przygotować podkład topograficzny, na którym będziemy pracować,
2. przygotować notatnik terenowy,
3. zebrać niezbędny sprzęt.

Wykład 3

Podkłady topograficzne w kartowaniu geologicznym

(Uwaga – wykład w znacznej części pokrywa się z wykładem z geodezji).

Kartowanie geologiczne najczęściej polega na nanoszeniu treści geologicznej na już istniejący podkład – **mapę topograficzną**.

MAPA jest to zmniejszony, matematycznie określony, umowny obraz powierzchni Ziemi na płaszczyźnie.

MAPA TOPOGRAFICZNA to mapa przedstawiająca pokrycie i rzeźbę terenu (w geodezji = wyłącznie mapa wykonana na podstawie prac terenowych).

1. SKALA mapy, mianownik skali, mapy wielkoskalowe i małoskalowe, stosowane skale map, PODZIAŁKA liniowa = graficzne przedstawienie skali.

2. Mapa jest to odwzorowanie „nierozwijalnej” kuli (elipsoidy obrotowej) na płaszczyznę, stąd różne ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE:

a) rzutowanie kuli na różne powierzchnie „rozwijalne”- stąd podział na odwzorowania: płaszczyznowe, walcowe, stożkowe, inne = „umowne”,

b) podział ze względu na położenie powierzchni odwzorowania: normalne, poprzeczne, ukośne,

c) podział ze względu na zniekształcenia: odwzorowania równokątne, równopowierzchniowe, równoodległościowe.

3. Elipsoidy obrotowe i ich parametry: duża półoś = a, mała półoś = b, spłaszczenie $\mu = (a-b)/a$, najczęściej stosowane elipsoidy: Bessel (1841), Krasowski (1940), WGS-84 (1984).

4. Ramka mapy - WSPÓŁRZĘDNE.

Współrzędne GEOGRAFICZNE - długość (λ) W – E i szerokość geograficzna (φ) N - S.

Współrzędne PROSTOKĄTNE (geodezyjne, topograficzne), osie w geodezji odwrotne niż matematyczne: X \uparrow , Y \rightarrow , Z (wysokość). (w GIS = osie matematyczne = X \rightarrow , Y \uparrow).

5. Układy współrzędnych stosowane w Polsce: układy współrzędnych 1992 i 2000, 1965, 1942.

6. ORIENTACJA MAPY - kierunki północy i zależności między nimi: 1 - północ geograficzna (Pg), 2 - północ topograficzna (Pt), 3 - północ magnetyczna (Pm). Deklinacja = zboczenie magnetyczne (Pg - Pm), dewiacja = uchylenie magnetyczne (Pt - Pm),

7. Przedstawianie POKRYCIA TERENU na mapach topograficznych znaki punktowe, znaki liniowe, znaki konturowe (pola), znaki objaśniające \approx dane punktowe, wektorowe, poligony i ich atrybuty.

8. Przedstawianie RZEŻBY TERENU na klasycznych mapach topograficznych. POZIOMICICE, cięcie poziomicowe, wysokości - w m n.p.m. (różne poziomy odniesienia). Klasyczna mapa topograficzna powstaje w terenie, a poziomicowy rysunek rzeźby terenu to wynik interpolacji między punktami położonymi na „liniach szkieletowych”, stąd „wygładzenie” rzeźby. Lepsza jest rzeźba terenu uzyskana metodami fotogrametrycznymi, a obecnie z numerycznego modelu terenu – NMT (→ wykład 11).
9. Mapa topograficzna jako **podkład do kartowania geologicznego**: skala ok. 2 x większa od docelowej skali mapy geologicznej, dużo szczegółów pokrycia terenu, bardzo dokładna rzeźba terenu.
10. PODZIAŁY MAP NA ARKUSZE. GODŁO mapy. SKOROWIDZE arkuszy.
11. Podkłady WIELKOSKALOWE specjalnie na potrzeby kartowania geologicznego: zdjęcia wielkoskalowe wykonywane metodami geodezyjnymi, uproszczone zdjęcia wielkoskalowe, mapy wykonane metodami fotogrametrycznymi - lotniczymi i naziemnymi.
12. Przygotowanie mapy do pracy w terenie. Klasyczne podkłady topograficzne – pocięcie na fragmenty A4 (+ uzupełnienie współrzędnych, skorowidz), podklejenie tekturą. Mapy w wersji cyfrowej – niekiedy konieczne nadanie georeferencji = osadzenie podkładu. Wczytywanie map do urządzeń mobilnych.

Wykład 4

Prace terenowe - sprzęt, metody lokalizacji

W teren zabieramy: PODKŁAD topograficzny, NOTATNIK terenowy i SPRZĘT.

1. PODKŁAD TOPOGRAFICZNY

Podkład papierowy powinien być pocięty (najlepiej do A4 = 297 x 210 mm) i podklejony tekturą. Podkład w wersji cyfrowej powinien być osadzony.

Pracę w terenie rozpoczynamy od wyznaczenia na podkładzie topograficznym kierunku północy magnetycznej.

2. **NOTATNIK TERENOWY** = zeszyt, najlepiej 100-kartkowy, w sztywnych okładkach, z ponumerowanymi kolejno stronami. Nie powinien być za duży (musi wejść do teczki A4).

3. **SPRZĘT** – absolutne minimum to:

KOMPAS geologiczny, **MŁOTEK** i/lub **SAPERKA**, oraz ołówek, gumka, linijka i kwas solny 5%.

Bardzo przydatne są: GPS, twarda podkładka pod mapę (clipboard), foliowa koszulka na mapę, calówka, lupka mineralogiczna (ok. 10 x), kątomierz, ekierka, kredki, sprzęt kreślarski (cienkopisy), papier milimetry i kalka.

Przydatne, ale nie zawsze konieczne: taśma miernicza 20 - 25 m, sonda ręczna, klizymetr, krokomierz, altymetr, lornetka, dłuto do wycinania okazów i flamaster do ich opisu, torebki foliowe na okazy, aparat fotograficzny.

Zestaw sprzętu zależy od rodzaju kartowanego terenu.

4. OGÓLNA METODYKA KARTOWANIA

Obserwacje przeprowadzamy w konkretnych **PUNKTACH** w terenie,

- te punkty są opisane w **notatniku** i

- zlokalizowane (naniesione) **na mapie**.

Numer punktu w notatniku odpowiada numerowi punktu na mapie.

Punkty w terenie lokalizujemy chodząc **marszrutami**.

Obserwacje przeprowadzamy nie tylko wzdłuż linii marszrut, ale i w bok od nich - w pasach o takiej szerokości, żeby obserwacje z sąsiednich marszrut pokryły **cały teren** między nimi.

5. **METODY LOKALIZACJI** punktów na podkładzie topograficznym.

Metody klasyczne. Marszruta geologiczna = ciąg (geodezyjny) + obserwacje geologiczne;

- ciągi KROKÓWKOWE,
- ciągi AZYMUTALNO- KROKÓWKOWE,
- ciągi AZYMUTALNO-TAŚMOWE,

CIĄGI mogą być rysowane i pisane, otwarte i zamknięte (zamykanie ciągów),

- DOMIARY: prostokątne, biegunowe, WCIĘCIA: w przód, wstecz,
- metody GEODEZYJNE,
- ciągi ALTYMETRYCZNE i ich wyrównywanie,
- metoda ALPEJSKA – kartowanie z przeciwstoku.

Lokalizacja za pomocą odbiornika GPS – punkty, marszrut.

6. **Inne techniki pomiarowe przydatne w terenie:**

- pomiar kąta nachylenia zbocza,
- wykonywanie przekroju geologiczno-morfologicznego,
- pomiar wysokości skarpy.

Wykład 5

Prace terenowe - geologia

1. Wybór **METODY KARTOWANIA** – klasycznie: kartowanie odsłoneń i kartowanie między odsłoneńciami (dawniej poprzedzane „ogólnym zapoznaniem się z terenem”).

2. **PROWADZENIE MARSZRUT.**

Wymogi formalne (projekt badań, instrukcja = długość marszrut na km²).

Klasyczne metody obchodzenia terenu: sieciowa, punktowa, profilowa, granic geologicznych.

Większość marszrut prowadzimy prostopadłe do struktur geologicznych.

Kartowanie **POMIĘDZY MARSZRUTAMI** - **cały teren** musi być pokryty obserwacjami.

Lokalizacja punktów pomiędzy marszrutami = domiarami i wcięciami lub GPS.

Na marszrutach obserwacje zbieramy (i notujemy) w **PUNKTACH**.

Punkty dzielimy na **DOKUMENTACYJNE** i **OBSERWACYJNE**. Gęstość punktów.

3. **PUNKT DOKUMENTACYJNY** dokumentuje typowy wygląd skał na danym obszarze.

Musi być dokładnie zlokalizowany w notatniku (opis lokalizacji) i na mapie (kropka i numer punktu).

OPIS PUNKTU DOKUMENTACYJNEGO w notatniku powinien zawierać:

NUMER punktu,

jego dokładną **LOKALIZACJĘ** w ciągu lub domiarem (współrzędne GPS),

OPIS punktu (odsłonięcie naturalne, sztuczne - jakie? - np. sonda itp.), **WYMIARY** (m),

OBSERWACJE GEOLOGICZNE:

- **SKŁAD MINERALNY** - wielkość i kształt ziaren,
- struktura i tekstura,
- reakcja z HCl,
- wykształcenie facjalne i ewentualna zmienność facjalna,

- objawy ZWIETRZENIA, spistość, spękania i oddzielność,
- BARWA w stanie nie zwietrzałym i zwietrzałym, suchym i wilgotnym,
- szczeliny, kawerny i ich wypełnienia,
- laminacja,
- charakter górnej i dolnej POWIERZCHNI ŁAWIC,
- żyły, ich skład i ewentualne następstwo czasowe,
- mineralizacja, konkrecje.

Z opisu ma wynikać **SYSTEMATYCZNA NAZWA SKAŁY**.

W opisie skał **OSADOWYCH** należy szczególnie zwrócić uwagę na:

- uławicenie i MIAŻSZOŚCI ławic,
- **BIEGI I UPADY** ławic,
- SKŁADNIKI skał okruchowych – stopień ich obtoczenia, procentowy udział, spoiwo, orientację osi,
- SKAMIENIAŁOŚCI – występowanie, sposób zachowania,
- WARSTWOWANIA, hieroglify itp.

Obserwacje **TEKTONICZNE** to:

- BIEG I UPAD warstw, wyróżnienie położen NORMALNYCH i ODWRÓCONYCH,
- położenia SPEKAŃ – głównie ciosowych, także – mineralizacja szczelin,
- położenia LUSTER i RYS TEKTONICZNYCH,
- pomiary DROBNYCH STRUKTUR TEKTONICZNYCH - fałdków, uskoków,
- w metamorfiku dodatkowo: foliacja, lineacja, złupkowacenie itd.

INNE obserwacje: geobotaniczne, glebowe, rolne, geologiczno-inżynierskie itp.

DOKUMENTACJA GRAFICZNA punktu dokumentacyjnego to:

- rysunek odsłonięcia lub
- profil,
- przekrój morfologiczno-geologiczny,
- uczytelnione geologicznie zdjęcie fotograficzne itp.

ZASADY GRAFICZNEGO DOKUMENTOWANIA ODSŁONIEŃ.

RYSUNKI odsłoneń powinny zawierać:

SKAŁĘ (lub podziałkę liniową), STRONY ŚWIATA (azymut ściany), TREŚĆ GEOLOGICZNĄ (koniecznie!) z OBJAŚNIENIAMI i TYTUŁ zawierający:

- litologię utworów,
- ich wiek,
- geograficzną lokalizację odsłonięcia,
- NUMER PUNKTU dokumentacyjnego.

ZDJĘCIA – muszą być **uczytelnione geologicznie**, ze skalą porównawczą, opisane tak samo jak rysunki (strony świata, tytuł).

ODSŁONIECIA SZTUCZNE jako punkty dokumentacyjne.

SONDY ręczne i mechaniczne. Sposoby ich dokumentowania.

4. **PUNKTY OBSERWACYJNE** - dokładność lokalizacji taka sama jak punktów dokumentacyjnych, możliwy skrócony opis (odwołanie do punktu dokumentacyjnego).

5. **NUMERACJA PUNKTÓW** – najlepsza ciągła numeracja, bez różnicowania punktów na dokumentacyjne i obserwacyjne (można je rozróżnić np. symbolami lub kolorem).

6. **GŁĘBOKOŚĆ KARTOWANIA.**

Zagadnienie granic geologicznych wychodni, zwietrzelin in situ i deluwiów.

7. POZOSTAŁE OBSERWACJE GEOLOGICZNE.

Obserwacje GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE = rejestracja WSPÓŁCZESNYCH PROCESÓW GEOLOGICZNYCH:

- powierzchniowe ruchy masowe: osuwiska, splezywanie, soliflukcja, zerwy darniowe,
- działalność niszcząca i budująca wody, wiatru, procesy krasowe,
- rejestracja SZKÓD GÓRNICZYCH I BUDOWLANYCH.

Obserwacje HYDROGEOLOGICZNE: aktualnie tylko

- rejestracja przejawów WÓD PODZIEMNYCH NA POWIERZCHNI TERENU: źródła (lokalizacja, rodzaj, wydajność, temperatura), wsiężki i młaki.

Obserwacje SUROWCOWE – głównie surowce budowlane (piaski, żwiry itp.).

Obserwacje SOZOLOGICZNE (geośrodowiskowe)

- rejestracja zanieczyszczeń,
- zmian zagospodarowania terenu, przejawów antropopresji.

Wykład 6

Wydzielenia i granice geologiczne

1. GRANICA GEOLOGICZNA to linia przecięcia się powierzchni oddzielającej **dwa wydzielenia geologiczne** z powierzchnią terenu.

Przebieg granic = najczęściejj intersekcja.

Aby móc poprowadzić granice geologiczne, trzeba najpierw ustalić **WYDZIELENIA**.

2. Konstruowanie TABELI WYDZIELEŃ.

W terenie - kartujemy wydzielenia własne, na podstawie LITOLOGII,

potem przyporządkowujemy je formalnym wydzieleniom STRATYGRAFICZNYM.

OPISY wydzieleń muszą pozwalać na odróżnienie ich od innych wydzieleń.

KOLEJNOŚĆ wydzieleń – z reguły stratygraficzna (+ odmiany facjalne).

NUMERACJA wydzieleń - najpierw własna (numery, od najstarszych do najmłodszych), potem nadawane im klasycznie symbole literowe zgodne z instrukcją (obecnie często na mapach zastępowane numerami, od najmłodszych do najstarszych, co stwarza problemy).

3. PROWADZENIE GRANIC GEOLOGICZNYCH

Granice geologiczne na mapie rysujemy W TERENIE (wyjątkiem – interpretacja zdjęć lotniczych i NMT).

Granice **PEWNE, przypuszczalne** i hipotetyczne.

4. Granice geologiczne w STARSZYM PODŁOŻU.

Kartujemy wydzielenia litologiczne (litologia + proponowana stratygrafia).

Przebieg granic geologicznych w terenie wyznaczamy na podstawie:

- obserwacji morfologicznych (związku rzeźby terenu z litologią skał podłoża),
- obserwacji geobotanicznych, użytkowania gruntów itp.,
- KARTOWANIA ZWIETRZELIN utworów starszego podłoża.

Metody graficznego przedstawiania zwietrzelin na mapie.

Typowe **OKAZY** i **PRÓBK**I - numery okazów, metryczki, próby orientowane.

5. Granice geologiczne w utworach czwartorzędowych.

WYDZIELENIA w czwartorzędzie = litologiczne + morfologiczno-genetyczne, obserwacje głównie geomorfologiczne.

Granice geologiczne w utworach czwartorzędowych: pewne są granice, mniej pewne są wydzielenia (zwłaszcza stratygrafia).

Kwestia następstwa wiekowego utworów czwartorzędowych.

Najczęstsze wydzielenia w utworach czwartorzędowych:

gliny zwałowe (moreny czołowe i denne), residua glin zwałowych,

piaski fluwioglacjalne (sandry, ozy, kemy), piaski wysokiego zasypania,

ily zastoiskowe,

aluwia - kartuje się tarasy (krawędź i jej wysokość + opis litologii), starorzecza i ślady po nich, odsypy. Silnie zróżnicowane litologicznie: piaski, żwiry, torfy, namuły, mady,

piaski eoliczne - pola piasków przewianych i wydmy,

utwory przystokowe – **deluwia**,

zwietrzeliny in situ.

6. **ZASADA SUPERPOZYCJI** przy rysowaniu granic na mapie = młodsze granice ścinają starsze (stąd kolejność rysowania granic – od najmłodszych do najstarszych).

Wykład 7

Załączniki do mapy geologicznej, instrukcje, materiały kursowe

MAPA GEOLOGICZNA - np. arkusz Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 składa się z:

- 1 - mapy geologicznej z objaśnieniami,
- 2 - przekroju geologicznego,
- 3 - profilu litologiczno-stratygraficznego,
- 4 - tekstu objaśniającego.

1. PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY:

przebiega wyjątkowo wzdłuż linii prostej, częściej - łamanej (przez otwory wiertnicze), w miarę możliwości prostopadle do struktur geologicznych (lub w Q – do granic form geomorfologicznych), dla starszego podłoża powinien być rysowany bez przewyższenia (są wyjątki), przewyższenie (do 25x) stosowane jest głównie w przekrojach czwartorzędowych, barwy i numery wydzieleni są zgodne z mapą i profilem litologiczno-stratygraficznym.

2. PROFIL LITOLOGICZNO - STRATYGRAFICZNY musi być zgodny z przekrojem geologicznym (wydzielenia, ich następstwo wiekowe, miąższości, kontakty).

Zawiera on także ogniwa, które nie odsłaniają się na powierzchni oraz ma wyróżnione granice erozyjne i tektoniczne.

Jego lewa krawędź jest prosta i obok niej umieszczone są objaśnienia stratygraficzne (czasem w formie uproszczonej tabeli stratygraficznej).

Prawa krawędź powinna przedstawiać schematyczny profil odpornościowy występujących w nim utworów, a obok znajduje się szczegółowy opis litologii i podane są miąższości poszczególnych ogniw.

Na profilu utwory czwartorzędowe są przedstawiane jako nierozdzielone - dlatego zwykle sporządza się dodatkowo:

SCHEMAT WYSTĘPOWANIA UTWORÓW CZWARTORZĘDOWYCH, ukazujący wszelkie możliwe wzajemne kontakty tych utworów.

3. **TEKST OBJAŚNIAJĄCY** jest zwykle osobną broszurką. W jego skład wchodzi zwykle następujące rozdziały (np. dla Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000):

I. **WSTĘP** - położenie arkusza, realizacja i dokumentacja mapy, wykonane badania.

Wskazanie pozycji literatury w porządku stratygraficznym lub problemowym.

II. **UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI TERENU** - geomorfologia, hydrografia.

III. **BUDOWA GEOLOGICZNA**.

1. Stratygrafia. Syntetyczne omówienie utworów występujących na powierzchni terenu (powierzchni podczwartorzędowej), oraz przedstawionych na przekrojach i profilach.

2. Tektonika i rzeźba podłoża czwartorzędu. Tu też: neotektonika i glacitektonika.

3. Rozwój budowy geologicznej + tabela litologiczno-stratygraficzna. Rozdział powinien odnosić się jedynie do obszaru arkusza, pomijając informacje o charakterze regionalnym i podręcznikowym.

IV. **PODSUMOWANIE**:

najważniejsze wyniki badań i nowe ujęcia zagadnień, nierozwiązane problemy geologiczne.

V. **LITERATURA** alfabetyczny spis cytowanych prac (wg. autorów) .

4. **INSTRUKCJE**:

Instrukcje do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 - aktualnie obowiązująca:

Instrukcja opracowania i wydania Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, Wydanie II uzupełnione. PIG, Warszawa 2004, dodatkowo:

Metodyka opracowania i reambulacji Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, wydanie II poprawione i uzupełnione, 2018.

Instrukcja Kursu Kartowania Geologicznego.

5. **MATERIAŁY WYKONYWANE NA KURSIE KARTOWANIA GEOLOGICZNEGO**.

- notatnik terenowy,

- mapa geologiczna dokumentacyjna, skala 1:10 000,

- objaśnienia do mapy geologicznej dokumentacyjnej, przekroju geologicznego i schematu występowania utworów czwartorzędowych,

- mapa dokumentacyjna prac technicznych, skala 1:10 000,

- przekrój geologiczny, skala 1:10 000,

- profil litologiczno-stratygraficzny, skala 1:10 000,

- dokumentacja graficzna wybranych punktów dokumentacyjnych,

- karty wybranych punktów dokumentacyjnych,

- schemat występowania utworów czwartorzędowych.

Wykład 8

Fotointerpretacja geologiczna - zdjęcia lotnicze

1. **TELEDETEKCJA** – podziały:

według długości fali promieniowania elektromagnetycznego,

metody pasywne i aktywne,

według metody rejestracji obrazu: fotograficzne, telewizyjne, matryce CCD i CMOS,

skaniny,

metody analogowe i cyfrowe,

ze względu na nośnik aparatury rejestrującej – lotnicza i satelitarna.

podział tematyczny: m.in. → teledetekcja geologiczna, fotogeologia (fotogeologia = fotointerpretacja geologiczna i fotogrametria geologiczna).

2. ZDJĘCIA LOTNICZE.

Geometria pojedynczego zdjęcia lotniczego. **Rzut środkowy** – przesunięcia radialne.

Zagadnienie skali zdjęcia.

Zdjęcie lotnicze a mapa - rzut środkowy a ortogonalny = konieczność przetwarzania.

Klasyczne **kamery lotnicze**: formaty zdjęć, ramka zdjęcia, znaczki tłowe, obiektywy.

Filmy (czarno- białe panchromatyczne, uczulone na podczerwień, barwne, spektrostrefowe).

Rozdzielczość zdjęć fotograficznych.

Kamery cyfrowe i skanery.

Stereoskopowe zdjęcia lotnicze. Zasada widzenia stereoskopowego - baza oczna.

Pokrycie terenu zdjęciami lotniczymi - szeregi, naloty.

Stereogram - zdjęcie lewe i prawe, baza stereogramu - przewyższenie stereoskopowe.

Stereoskop. Geometria stereogramu - punktowe pomiary wysokości.

Fotogrametria lotnicza - mapy poziomicowe. **Ortofotomapa.**

Współczesne metody wizualizacji obrazów stereoskopowych i możliwości pomiarowe.

Fotogrametria naziemna. Fototeodolit. „Stereoszkice”.

3. **FOTOINTERPRETACJA GEOLOGICZNA** = odczytywanie treści geologicznej ze zdjęć lotniczych. **Analizujemy:**

- **rzeźbę terenu**: związki morfologii z litologią, sieć drenażu,

- **fortony** związane z geologią,

- pokrycie **roślinnością** i zagospodarowanie terenu,

- czasem - strukturę i teksturę.

Zwykle analizujemy wszystkie czynniki łącznie.

Odmierna specyfika analizy dla starszego podłoża i utworów czwartorzędowych.

Ogólne zasady fotointerpretacji dla obszarów występowania:

starszego podłoża: skały osadowe, skały magmowe, skały metamorficzne,

tektonika fałdowa, tektonika nieciągła,

utworów czwartorzędowych: pochodzenia glacialnego i fluwioglacialnego,

pochodzenia rzecznoego i eolicznego.

Najczęściej stosowane wydzielenia fotointerpretacyjne.

Klucze fotointerpretacyjne.

Wykład 9

Obrazy satelitarne i ich geologiczna interpretacja

1. Początki - satelity meteorologiczne, orbitalne misje załogowe, program Corona.

2. Satelity z serii LANDSAT:

LANDSAT 1, 2, 3 (1972 - 1983):

orbita 900 km, nachylona 99° do równika, obraz 185 x 185 km, pracujące parami =

powtarzalność zdjęć co 18 (9) dni, rejestracja o stałej godzinie czasu słonecznego (9.42),

urządzenia rejestrujące:

RBV - 3 kamery TV = pasma (band): 1,2,3 - zielony, czerwony, bliska IR (uległy awariom).

MSS - skaner wielospektralny = 4 pasma: 4 - zielony, 5 - czerwony, 6 i 7 – bliska IR. Zdolność rozdzielcza 79 m, obraz 7,5 MP, każde pasmo rejestrowane w 64 odcieniach szarości.

LANDSAT 4 – 7 (1982 - 2022):

Niższa orbita (705 km), późniejsza godzina rejestracji (11.00) = słabiej czytelna rzeźba terenu (brak cienia), częstsza powtarzalność - co 16 (8) dni, obraz 183 x 170 km, skaner **TM** (Thematic Mapper) - 7 pasm: 1,2,3 - światło widzialne BGR, 4,5,7 -bliska IR (7 - specjalnie do rozróżniania skał – 2,08-2,35 nm), 6 - IR termalna. Zdolność rozdzielcza: Landsat 4 - 30 m (IR termalna 120 m), w następnych 20 m i 15 m (oprócz IR termalnej).

Rejestracja każdego pasma w 256 odcieniach szarości, obraz 35 MP.

Landsat 7 (1999 - 2022) - skaner **ETM+** - 8 pasm (panchromatyczne, 6 światła widzialnego, IR termalna), rozdzielczość odpowiednio 15, 30 i 60 m, 1 obraz = 3,8 GB.

Landsat 8 (2013 -) = Landsat Data Continuity Mission, **Landsat 9** (2021-).

Skaner **OLI** (Operational Land Imager) - 8 pasm + panchromatyczne, rozdzielczość 30 m widzialne i IR, 15 m panchromatyczne), IR termalna rejestrowana osobno (TIRS).

3. Inne satelity teledetekcyjne:

SPOT (Francja) **SPOT 1 - 4** (1986 - 2013); **SPOT 5** (2002 -2015) , **SPOT 6 i 7** (od 2012 i 2014). Skaner **HRV**: 2 pasy skanowania o szerokości 60 km każdy, 2 warianty pracy - panchromatyczny i wielospektralny (rozdzielczość 10 i 20 m →1,5 i 6 m), możliwość wykonywania zdjęć stereoskopowych.

TERRA (USA + Japonia), od 2000, w ramach programu EOS (Earth Observing System), m.in. skaner **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), 14 pasm, rozdzielczość 15 – 90 m/piksel, 3 subsystemy:

WNIR = Visible and Near IR: pasma 1, 2, 3,

SWIR = Shortwave IR: pasma 4 - 9,

TIR = Thermal IR: pasma 10 - 14.

Możliwość wykonywania zdjęć stereoskopowych.

Sentinel 2A i 2B (od 2015 i 2017) - ESA - pas skanowania 290 km, powtarzalność co 10 dni, 13 pasm światła widzialnego i IR, rozdzielczość 10, 20 i 60 m.

4. Satelity o **dużej rozdzielczości**– **Ikonos, Quick Bird, OrbView, GeoEye, Pleiades**.

Komercyjne. Rozdzielczość poniżej 1 m (GeoEye 1 = 41 cm) w paśmie panchromatycznym, obrazy wielospektralne o mniejszej rozdzielczości (GeoEye 1 = 1,6 m). Wysoka rozdzielczość = mała szerokość skanowanego pasa.

5. **Współczesne tendencje** w teledetekcji satelitarnej. Mikrosatelity.

Obrazy satelitarne w Internecie. Google Earth.

6. **GEOLOGICZNA INTERPRETACJA obrazów satelitarnych**.

Zaletą duży obszar (do kilkudziesięciu tys. km²) na 1 obrazie = łatwa interpretacja sieci drenażu, regionalnych struktur tektonicznych.

Wadą - brak rzeźby terenu (obrazy satelitarne z reguły nie są stereoskopowe).

Czytelność litologii: możliwości rozpoznawania skał podobne do interpretacji zdjęć lotniczych (ale: różnica skali, brak rzeźby terenu).

Dobrze czytelne są obszary pozbawione roślinności.

Dodatkowo: cyfrowy zapis + wielospektralność =

- na podstawie cech spektralnych różnych rodzajów skał tworzone „biblioteki spektralne”,
- możliwość przetwarzania obrazu w **kompozycje barwne** (zwykle w barwach fałszywych),

Czytelność struktur tektonicznych:

struktury **fałdowe** - czytelne głównie na podstawie ich intersekcyjnego przebiegu; łatwo rozpoznać zamknięcia fałdów, trudno odróżnić antykliny od synklin (a także kierunek zapadania osi).

Struktury **nieciągłe** = uskoki i lineamenty – czytelne głównie na podstawie sieci drenażu i przebiegu pasm górskich.

Lineament (W.H.Hobbs 1904) to możliwa do zinterpretowania cecha liniowa powierzchni terenu lub ich kompozycja, zorientowana na pewnych odcinkach prostoliniowo lub lekko krzywoliniowo i odzwierciedlająca prawdopodobnie pewne zjawiska w podłożu.

Geologiczne uwarunkowania lineamentów (niekoniecznie uskoki).

Struktury pierścieniowe (koliste) - prawdopodobnie ślady dawnego wulkanizmu lub kraterów uderzeniowych (metamorfizmu uderzeniowego?).

Wykład 10

Obrazy radarowe, termalne, luminescencja, metody laserowe

1. Lotniczy radar boczny wybierania (SLAR - Side-Looking Airborne Radar).

Rozdzielczość poprzeczna i podłużna; syntetyczna apertura (**SAR** - wykorzystanie efektu Dopplera) - rozdzielczość **radarów lotniczych** do 1 m.

2. Radary satelitarne. Radary satelitarne na promach kosmicznych (SIR - Shuttle Imaging Radar) - rozdzielczość rzędu kilkudziesięciu m.

Satelity radarowe: ERS 1 (1991- 2023), JERS-1 (1992 - 1998), Radarsat 1 (1995 - 2013), ERS-2 (1995 -), Radarsat 2 (2007 -), Sentinel 1 i 2 (2014 -, 2016 -).

Stosowane **pasma** (długości fal): $k \approx 1$ cm, $x \approx 3$ cm, $c \approx 5$ cm, $s \approx 7$ cm, $l \approx 25$ cm, $p > 30$ cm

Różne kierunki **polaryzacji** wiązki emitowanej i odbieranej- pionowa V, pozioma H, kołowa.

Różne pasma + kierunki polaryzacji = możliwość tworzenia kompozycji barwnych.

Różne kąty nachylenia wiązki = możliwość tworzenia obrazów stereoskopowych.

3. Charakterystyka obrazów radarowych - różnice między lotniczymi i satelitarnymi.

Na obrazach radarowych nie są widoczne: chmury, zamglenia i wegetacja, przy większej długości fal – również zwietrzliny. Dobrze czytelna rzeźba terenu, choć zniekształcona (efekt „rybiej łuski”). Mniejszy kąt padania wiązki = lepsza czytelność rzeźby przez radary lotnicze, ale większe martwe pola.

Kierunek nalotu i jego wpływ na czytelność rzeźby terenu.

Rozpraszanie, odbijanie i pochłanianie wiązki przez różnego rodzaju powierzchnie - wpływ własności dielektrycznych powierzchni.

4. GEOLOGICZNA INTERPRETACJA OBRAZÓW RADAROWYCH:

interpretacja rzeźby terenu = jej związków z litologią i tektoniką – jak w klasycznej fotointerpretacji, ale bez problemów stwarzanych przez wegetację).

Mikrorelief = niekiedy możliwość interpretacji litologii.

5. SATELITARNA INTERFEROMETRIA RADAROWA (InSAR) - możliwość pomiaru pionowych odkształceń powierzchni terenu, np. po trzęsieniu ziemi.

Persistent Scatterer Interferometry (PSI, PSInSAR) - metoda punktowych pomiarów odkształceń pionowych powierzchni terenu.

Radary „naziemne” – GPR (Ground Penetrating Radar) = płytka geofizyka, przydatne głównie w badaniach podłoża zwietrzelin, w archeologii itp.

6. Obrazy **TERMALNE**: lotnicze i satelitarne.

Pomiary emisji ciepłej (wulkanizm, geotermia).

Pomiary bezwładności termicznej = możliwość rozpoznawania różnych rodzajów skał.

7. Badania **LUMINESCENCJI**: FLD, Luminex.

8. Techniki **LASEROWE** - LIDAR = **L**ight **D**etecting **A**nd **R**anging. Skanowanie powierzchni terenu, umożliwiające uzyskanie numerycznego modelu terenu (NMT), oraz klasyfikacji jego pokrycia (budynki, wegetacja).

LIDAR w Polsce - program ISOK. Dostępność NMT ISOK w Geoportalu.

9. **Inne techniki uzyskiwania NMT** - radar orbitalny (**SRTM-3**, **SRTM-1** - globalny NMT o słabej rozdzielczości (90 m i 30 m),

NMT na podstawie satelitarnych obrazów (stereoskopowych) ze skanera ASTER satelity **TERRA = ASTER GDEM** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model) - globalny NMT o rozdzielczości ok. 30 m.

10. Możliwości stwarzane przez NMT – wizualizacja powierzchni terenu (reliefu), możliwość jej dowolnego przewyższania, oświetlania i oglądania z dowolnego kierunku, generowanie poziomicy i hipsometrii, mapy spadków i kierunków ekspozycji stoków, pomiary wysokości – punktowe i przekroje morfologiczne, wyznaczanie linii intersekcyjnych itp.

Wykład 11

DEM, GPS i GIS

1. Podstawy geologicznej interpretacji NMT – różne możliwości wizualizacji NMT, kwestia doboru właściwych parametrów iluminacji i przewyższania.

Czytelność litologii (na podstawie zróżnicowanej odporności skał na wietrzenie) i tektoniki (możliwość określenia położenia warstw z ich intersekcji + tektonika nieciągła).

2. GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) – a właściwie **GNSS** (Global Navigation Satellite Systems).

Na system GPS składają się **3 elementy**:

1. 24 (+ 4) **satelity** z nadajnikami na 6 kołowych orbitach na wysokości 20 000 km, okrążające Ziemię w 12 godzin – z każdego punktu Ziemi widoczne jest jednocześnie 4 - 5 satelitów. Wszystkie satelity transmitują sygnał na tej samej częstotliwości, używając tylko różnych kodów;

2. **segment kontrolny**: Główna Stacja Kontrolna (Colorado Springs) i 4 stacje monitorujące;

3. **odbiorniki użytkowników**.

Systemy pokrewne: GLONASS, Galileo, Beidou.

Odczyt polega na określeniu odległości od satelity (o znanej w danym momencie pozycji) przez **pomiar czasu**, jaki potrzebuje sygnał z satelity na dotarcie do odbiornika.

Do dokładnego ustalenia pozycji potrzebny odczyt z min. 4 satelitów.

Różne **metody** odczytu:

zwykajna - dokładność ok. **10 m** (dla najprostszych odbiorników),

różnicowa - DGPS (Differential GPS) = $\pm 1 \text{ m}$ dla większych obszarów (kontynentów)
WAAS/EGNOS – poprawki przesyłane satelitarne, dla mniejszych – poprawki rozsyłane sieciami komórkowymi z lokalnych stacji referencyjnych (np. ASG-EUPOS), dokładność lokalizacji rzędu cm.

Praktyczne aspekty stosowania GPS w trakcie kartowania geologicznego.

Wymagania sprzętowe. Urządzenia mobilne z modułem GPS.

Ograniczenia wynikające z rzeźby i pokrycia terenu.

Kwestia odpowiedniego podkładu topograficznego do pracy z GPS.

Nanoszenie na mapę „klasyczną”: siatka geograficzna, siatka współrzędnych topograficznych (kilometrowa),

układy współrzędnych dostępne w GPS (domyślny: WGS-84, UTM/UPS),

definiowanie układu użytkownika w odbiorniku GPS.

3. GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

GIS - system komputerowy przeznaczony do przetwarzania i analizy **danych geograficznych** (= wszelkich danych przestrzennych, w których ważna jest nie tylko wielkość zmiennej, lecz także jej położenie w przestrzeni).

Geomatyka (ang.: Geomatics) - dziedzina wiedzy i technologii zajmująca się problemami pozyskiwania, zbierania, utrzymywania, analizy, interpretacji, przesyłania i wykorzystywania informacji geoprzestrzennej (przestrzennej, geograficznej), czyli odniesionej do Ziemi.

Warstwy tematyczne. Warstwy rastrowe, linowe, poligonowe, punktowe.

Bazy danych.

Najczęściej stosowane oprogramowanie: **ArcGIS** (ESRI) vs GRASS, **QGIS**.

Wykład 12

Geologiczna kartografia wglębna

1. Źródła danych dla geologicznej kartografii wglębnej:

- wiercenia i karotaż (geofizyka otworowa),
- geofizyka: sejsmika, grawimetria, magnetyka, geoelektryka,
- teledetekcja,
- + zgodność z danymi powierzchniowymi.

2. Mapy geologiczne wglębne przedstawiają:

- **geologię** na wybranej powierzchni wglębnej (np. powierzchni niezgodności),
- **geometrię** struktur (powierzchni, brył) wglębnych,
- **skład** skał budujących te struktury (litologię, jej zróżnicowanie).

3. GEOLOGIA na wybranej powierzchni wglębnej:

- **mapy STRUKTURALNO-GEOLOGICZNE** - przedstawiają geologię wybranej powierzchni wglębnej (najczęściej powierzchni niezgodności lub zrównania) + stratoizohipsy tej powierzchni. Gdy ta powierzchnia niezgodności (zrównania) jest ściśle jednowiekowa, to są to:

- **mapy PALEOGEOLOGICZNE** przedstawiające budowę geologiczną utworów pod powierzchnią niezgodności.

Jeśli mapa przedstawia budowę geologiczną utworów powyżej tej powierzchni, to jest to:

- **mapa ZASIĘGU UTWORÓW PRZYKRYWAJĄCYCH.**

w związku z tym mówimy odpowiednio o mapach „oczami **ptaka**” i „oczami **robaka**” (mapa utworów przykrywających jest „oglądana” od dołu).

4. GEOMETRIA struktur = mapy strukturalne i miąższościowe.

- **Mapy STRUKTURALNE** = mapy izoliniowe przedstawiające położenie (wysokość lub głębokość) jakiejś powierzchni geologicznej względem poziomu morza. Jej izohipsy = stratoizohipsy.

- **Mapy MIĄŻSZOŚCIOWE.** Mapy **izoliniowe** przedstawiające miąższość wybranych utworów. Miąższość rzeczywista = **izopachyty**, miąższość pozorna = **izochory**.

5. SKŁAD = litologia skał. Mapy składu **jakościowe i ilościowe.**

- **Mapy litologiczne JAKOŚCIOWE** - wyznaczone pola o przewadze jednego typu litologicznego (mapy LITOFACJALNE), **metoda profili kładzionych** dla mieszanych typów utworów.

- **Mapy litologiczne ILOŚCIOWE** - materiałem wyjściowym profile wierceń rozbite na litologiczne odmiany skał - sumaryczne miąższości poszczególnych odmian już się nadają do konstrukcji:

- **mapy IZOLITÓW** = mapy sumarycznej miąższości danego składnika litologicznego.

Bardziej złożone ILOŚCIOWE MAPY SKŁADU to izoliniowe mapy **zawartości 2 składników**, lub mapy **uśrednionego składu** dla **3 składników**.

Mapy DWUSKŁADNIKOWE dla składników $A \leftrightarrow B$:

mapy procentowe - 0% - 100% $A = 100\% - 0\% B$, lub:

mapy współczynników = 0 - ∞ (1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, 16) A i $\infty - 0$ (16, 8 1/8, 1/16) B .

Najczęściej stosowane **WSPÓŁCZYNNIKI**:

- **klastyczności**: Σm klastycznych : Σm nieklastycznych

- **piaskowcowo - łupkowy**: Σm gruboklastycznych : Σm drobnoklastycznych

- **węglanowości**: Σm wapieni : Σm (piaskowców + łupków).

Mapy UŚREDNIONEGO SKŁADU dla 3 SKŁADNIKÓW:

Wykorzystują **trójkąt klasyfikacyjny** – konstruowany dla procent lub współczynników.

Różne sposoby podziału trójkąta klasyfikacyjnego na klasy = możliwe różne mapy.

Mapa **ODCHYLEŃ OD OPTYMALNEJ FACJI**.

To wszystko były mapy **zmienności poziomej**. Są też:

mapy **ŚCIECIA POZIOMEGO**, zwykle sporządzane na podstawie przekroi, oraz

mapy **ZMIENNOŚCI PIONOWEJ** – np. mapy ilości warstw (w danym wydzieleniu).

6. METODY SPORZĄDZANIA MAP WGLĘBNYCH:

- geologiczna intersekcja wglębna,

- interpolacja,

- superpozycja.

7. GEOLOGICZNA INTERSEKCJA WGLĘBNA.

Geologiczna intersekcja wglębna = intersekcja jakiejś powierzchni strukturalnej z dawną powierzchnią terenu (= obecną powierzchnią niezgodności).

Materiały wyjściowe do geologicznej intersekcji wgłębnej to:

1. mapa strukturalna (stratoizohips) jakiejś powierzchni wgłębnej = odpowiada powierzchni warstwy w „zwykłej” intersekcji,
2. mapa izohips powierzchni niezgodności (zrównania) = odpowiada powierzchni terenu.

8. INTERPOLACJA. Praktycznie wszystkie mapy izoliniowe wykonywane są interpolacyjnie.

Interpolacja jest przeprowadzana zwykle w trójkątach (nie powinny być rozwartokątne).

Klasyczne (manualne) **metody „konturowania” izolinii:**

- **mechaniczne** = geometryczne: równy podział odcinków, łączenie w najprostszy sposób (ale z zaokrągleniami izolinii). Pozorny obiektywizm, wymagana duża gęstość danych,
- **równoległe** = założenie w przybliżeniu stałych biegów (= zmienne upady),
- **równoodległościowe** = założenie stałego upadu (= modułu), za to zmienne biegi,
- **interpretacyjne** = z założeniem modelu struktur = izolinie zwykle w przybliżeniu równoległe (współkształtne). Wymaga doświadczenia i wiedzy regionalnej, ale daje najlepsze rezultaty.

Programy interpolujące (np. Surfer).

Podstawowy problem interpolacji: pomiędzy punktami mogą być nieznanne struktury (mogą się zmieniać położenia warstw, mogą być uskoki).

9. SUPERPOZYCJA; mapy superpozycyjne.

Superpozycja = nałożenie na siebie 2 map izoliniowych, a następnie:

- wyznaczenie wzajemnych przecięć izolinii („węzłów”) tych 2 map,
- wykonanie działań arytmetycznych dla wartości obu izolinii dla wszystkich węzłów,
- interpolacja między otrzymanymi w ten sposób w węzłach wartościami.

Możliwe 4 działania arytmetyczne w węzłach = możliwe **4 rodzaje superpozycji:**

1. **ujemna** – np. strop – spąg = miąższość.
2. **dodatnia** – najczęściej strop + miąższość = spąg (na następnej mapie strukturalnej).
Superpozycja (dodanie) map strukturalnych → **miąższość sumaryczna.**
Jej przeciwieństwem – **miąższość łączna** (od razu dla całej jednostki), mniej dokładna.
3. **mnożenie** wartości w węzłach: np. miąższość warstwy x zawartość % składnika = jego rzeczywista miąższość,
4. **dzielenie** – np. miąższość wydzielenia : ilość warstw = średnia miąższość warstwy.

Superpozycja w poszukiwaniach surowcowych - zwykle nałożenie na siebie kilku map w celu znalezienia obszarów spełniających jednocześnie kilka warunków niezbędnych do wystąpienia złoża (np. mapa strukturalna + współczynnika klastyczności + skał przykrywających = możliwe skały zbiornikowe dla węglowodorów).

10. GEOLOGIA 3D – przestrzenne modele budowy geologicznej i stwarzane przez nie możliwości.