

# KARTOWANIE GEOLOGICZNE

Wojciech Ozimkowski, Wydział Geologii UW

## Wykład 1: Kartografia geologiczna. Mapy geologiczne.

**KARTOGRAFIA GEOLOGICZNA** jest 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 terenowym).

**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,
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,
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 wgłębne.
- 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 mapy geologiczne Polski.

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

Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25 000,

Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000.

Mapa geologiczna Polski 1:200 000.

Aktualnie: reambulacja SMGP – wersja cyfrowa,

Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000,

Mapa geośrodowiskowa Polski 1:50 000,

Mapa litogenetyczna Polski 1:50 000.

### **ETAPY WYKONYWANIA MAPY GEOLOGICZNEJ.**

1. Przygotowanie do prac terenowych - studiowanie materiałów archiwalnych, map, publikacji itp., zakończone wykonaniem projektu badań.
2. Prace terenowe = zdjęcie geologiczne - wykonanie mapy geologicznej terenowej, „rękopiśmiennej”.
3. Prace edytorskie (obecnie głównie GIS).

## 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/>  
Bibliografia Geologiczna Polski 1989 – 2005: <http://expertus.pgi.gov.pl/expertus/b/index.html>  
Bibliografia Geologiczna Polski od roku 2006: [http://katalog.pgi.gov.pl/F/?func=find-b-0&local\\_base=pgi0](http://katalog.pgi.gov.pl/F/?func=find-b-0&local_base=pgi0)
- b. **Materiały archiwalne.** Archiwa. Bazy danych PIG:  
Centralna Baza Danych Geologicznych = CBDG (<http://baza.pgi.gov.pl/>),  
oraz bazy hydrogeologiczne, złożowe i geośrodowiskowe (łącznie ok. 15).
- c. **Opisy wierceń** - publikowane, niepublikowane. Magazyny rdzeni.
- d. **Mapy** i przekroje geologiczne - publikowane i nie.
- e. **Okazy skał.**
- f. **Rozmowy** z osobami pracującymi w danym terenie.

### 2. STUDIUM ZDJĘĆ LOTNICZYCH I MAP TOPOGRAFICZNYCH.

- Zdjęcia lotnicze:
  - 1 - jako podkłady topograficzne,
  - 2 - fotointerpretacja geologiczna („wstępna”) → szkic fotointerpretacyjny,
  - 3 - wyszukiwanie i zamawianie zdjęć lotniczych.
- Mapy topograficzne
  - 1 - analiza rzeźby terenu i jej związków z geologią,
  - 2 - wyszukiwanie możliwych odsłoneń, projektowanie marszrut.

3. Rezultatem 1 i 2 jest **PROJEKT BADAŃ**, składający się zwykle z części **tekstowej** i załączników **graficznych** (dawniej także z kosztorysu i załączników tabelarycznych). Jego **część tekstowa** powinna zawierać m.in. uzasadnienie **KATEGORII ZŁOŻONOŚCI BUDOWY GEOLOGICZNEJ** kartowanego terenu (I = prosta, II = średnio złożona, III = złożona), od której zależy m.in. ilość (gęstość) wykonywanych prac.

**Rozporządzenie Min. Środowiska z 19.12.2001 w sprawie projektów prac geologicznych (Dz.U.153 poz.1777):**

1. Projekt prac geologicznych składa się z **części tekstowej i graficznej.**
2. **Część tekstowa:**
  - 1) informacje dotyczące **lokalizacji** projektowanych prac, w tym położenia **administracyjnego**,
  - 2) omówienie **wyników** przeprowadzonych wcześniej prac geologicznych i badań geofizycznych oraz wykaz wykorzystanych materiałów **archiwalnych** wraz z ich interpretacją oraz przedstawieniem na mapie geologicznej, w odpowiedniej skali, miejsc wykonania tych prac i badań,
  - 3) **opis budowy geologicznej** i warunków hydrogeologicznych w rejonie zamierzonych prac wraz z **przypuszczalnymi profilami geologicznymi** projektowanych wyrobisk,
  - 4) przedstawienie możliwości osiągnięcia **celu** prac geologicznych zawierające:
    - a) opis i uzasadnienie liczby, lokalizacji i rodzaju **projektowanych wyrobisk**,
    - b) schematyczną konstrukcję **otworów wiertniczych**,
    - c) wskazówki dotyczące zamykania horyzontów wodonośnych,
    - d) sposób i termin likwidacji wyrobisk,
    - e) charakterystykę i uzasadnienie zakresu oraz metod projektowanych badań

- geofizycznych i geochemicznych oraz ich lokalizacji,
  - f) określenie kolejności wykonywanych **robót geologicznych**,
  - g) opis opróbowania wyrobisk,
  - h) zakres obserwacji i **badń terenowych**,
  - i) wyszczególnienie niezbędnych prac **geodezyjnych**,
  - j) zakres badań **laboratoryjnych**,
  - k) wielkość dopływu wód do wyrobiska,
  - l) jakość odpompowywanej wody z wyrobiska,
  - ł) sposób odwadniania i odprowadzania wody z wyrobiska,
  - 5) określenie **próbek geologicznych** podlegających przekazaniu właściwemu organowi administracji
  - 6) określenie **harmonogramu** projektowanych prac geologicznych, w tym terminów rozpoczęcia i zakończenia tych prac
3. **Część graficzna** projektu zawiera:
- 1) **mapę topograficzną** w skali co najmniej **1:100 000** z zaznaczeniem terenu projektowanych prac geologicznych i usytuowania ich w stosunku do miejscowości będącej siedzibą gminy lub punktów geodezyjnych, a w zależności od celu prac - **mapę geologiczną**, hydrogeologiczną, geologiczno-inżynierską, geofizyczną oraz **przekrój geologiczny**, jeżeli takie dokumenty zostały już sporządzone,
  - 2) wskazanie **lokalizacji** obszaru i miejsc projektowanych **prac geologicznych** oraz wyrobisk na mapie sytuacyjno-wysokościowej i geologicznej w skali, nie mniejszej niż **1:50 000** oraz na przekrojach koncepcyjnych.

**ANEKS** do projektu badań sporządzamy, jeśli wyniki robót uzasadniają zmianę projektu badań (np. potrzebne okażą się dodatkowe badania = dodatkowe koszty)..

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.**

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 = mapa wykonana na podstawie prac terenowych).

1. **SKALA** mapy, mianownik skali, mapy wielkoskalowe i małoskalowe,  
**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 (a raczej ich brak) - odwzorowania:  
równokątne,  
równopowierzchniowe,  
równoodległościowe.

### 3. Elipsoidy obrotowe i ich parametry:

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

### 4. Ramka mapy - **WSPÓLRZĘDNE**.

Współrzędne geograficzne - długość ( $\lambda$ ) W – E i szerokość geograficzna ( $\varphi$ ) N - S.  
Współrzędne prostokątne (geodezyjne, topograficzne = klasycznie osie odwrotne niż matematyczne):

X ↑,    Y →,    Z (wysokość).

(ale współrzędne stosowane w GIS = osie matematyczne =                      X→,    Y↑).

### 5. Odwzorowanie a układ współrzędnych. Podstawowe parametry układów współrzędnych.

#### **Układy współrzędnych najczęściej stosowane w Polsce:**

układ współrzędnych 1942,  
Państwowy Układ Współrzędnych 1965,  
układy współrzędnych 1992 i 2000.

### 6. **ORIENTACJA MAPY** - kierunki północy i zależności między nimi:

- 1 - północ geograficzna (Pg),
- 2 - północ topograficzna (Pt),
- 3 - północ magnetyczna (Pm).

1-3 deklinacja = zboczenie magnetyczne (Pg - Pm),

2-3 dewiacja = uchylenie magnetyczne (Pt - Pm),

### 7. Przedstawianie **POKRYCIA TERENU** na mapach topograficznych

znaki punktowe,  
znaki liniowe,  
znaki konturowe (pola),  
znaki objaśniające.

### 8. Przedstawianie **RZEŻBY TERENU** na klasycznych mapach topograficznych.

**POZIOMICIE**, - cięcie poziomicowe,  
wysokości - w m n.p.m. (różne poziomy morza).

Klasyczna mapa topograficzna powstaje w terenie, a poziomicowy rysunek rzeźby terenu - na podstawie interpolacji między punktami położonymi na „liniach szkieletowych”, stąd „wyglądzenie” rzeźby. Lepsza rzeźba terenu ze stereoskopowych zdjęć lotniczych.

Numeryczne modele terenu – NMT (Digital Elevation Model – DEM) → 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. Wyszukiwanie i zamawianie map topograficznych. Druk map.

Podkłady w wersjach cyfrowych.

#### 11. **PODZIAŁY MAP NA ARKUSZE.**

GODŁO mapy.

SKOROWIDZE podziałów map na arkusze.

Podstawowe podziały map na arkusze (dla układów współrzędnych stosowanych w Polsce).

Lub: <http://skorowidze.codgik.gov.pl/topo/>

#### 12. **Podkłady WIELKOSKALOWE** wykonywane specjalnie na potrzeby kartowania geologicznego:

- zdjęcia wielkoskalowe wykonywane metodami geodezyjnymi,
- uproszczone zdjęcia wielkoskalowe,
- mapy wykonane metodami fotogrametrycznymi - lotnicze i naziemne.

#### 13. Przygotowanie mapy do pracy w terenie. Klasyczne podkłady topograficzne.

Mapy w wersji cyfrowej - georeferencje. Osadzanie podkładu.

### **Wykład 4: Prace terenowe - sprzęt, metody lokalizacji.**

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

#### 1. **PODKŁAD TOPOGRAFICZNY**

Klasyczny podkład powinien być pocięty (najlepiej do formatu 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**, saperka, ołówek, gumka, linijka i kwas solny (5%).

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

**Przydatne**, ale nie zawsze konieczne są: taśma miernicza 20 - 25 m, sonda ręczna, klizometr, krokomierz, świstawka, altymetr, lornetka, dłuto do wycinania okazów i flamaster do ich opisu, torebki foliowe, 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 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);

ciągi KROKÓWKOWE,

ciągi AZYMUTALNO- KROKÓWKOWE,

ciągi AZYMUTALNO-TAŚMOWE, CIĄGI

otwarte i zamknięte,

rysowane i pisane,

zamykanie ciągów,

DOMIARY: prostokątne, biegunowe,

WCIĘCIA: w przód, wstecz,

metody GEODEZYJNE:

teodolit → pomiar kątów poziomych i pionowych,

niwelator → pomiar wysokości, wyznaczanie poziomu,

tachymetria → lokalizacja punktów przez pomiar kątów i odległości,

uproszczone metody geodezyjne: stolik z kierownicą, teletop (= busola + dalmierz),

ciągi ALTYMETRYCZNE,

metoda ALPEJSKA,

metody „nawigacyjne”,

### Lokalizacja za pomocą odbiornika GPS.

## 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.

Kartowanie odsłoneń.

Kartowanie między odsłoneńcami.

### 2. PROWADZENIE MARSZRUT. Wymogi formalne (projekt badań, instrukcja).

Metody chodzenia po terenie: sieciowa, punktowa, profilowa, granic geologicznych.

Większość marszrut prowadzimy prostopadle do struktur geologicznych.

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

Lokalizacja punktów pomiędzy marszrutami = domiarami i wcięciami, lub GPS.

### 4. Na marszrutach obserwacje zbieramy (i notujemy!) w PUNKTACH.

Punkty obserwacyjne i dokumentacyjne. Gęstość punktów.

### 5. 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,  
**OPIS** punktu (odsłonięcie naturalne, sztuczne - jakie, 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**, spoiistość, spękania i oddzielność,  
**BARWA** w stanie niezwięzłym i zwięzłym, suchym i wilgotnym,  
szczeliny, kawerny i ich wypełnienia,  
laminacja,  
charakter górnej i dolnej **POWIERZCHNI ŁAWIC**,  
żyły, ich skład i ewentualna kolejność czasowa,  
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 położenia **NORMALNYCH** i **ODWRÓCONYCH**,  
położenia **SPEKANŃ** - głównie ciosowych, także - mineralizacja szczelin,  
położenia **LUSTER** i **RYS TEKTONICZNYCH**,  
pomiar **DROBNYCH STRUKTUR TEKTONICZNYCH** - fałdków, uskoków,  
w metamorfiku dodatkowo: foliacja, lineacja, złupkowacenie itd.

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

**DOKUMENTACJA GRAFICZNA** punktu dokumentacyjnego to:

- 1 - rysunek odsłonięcia lub
- 2 - profil,
- 3 - przekrój morfologiczno-geologiczny,
- 4 - uczytelnione geologicznie zdjęcie itp.

## 6. ZASADY GRAFICZNEGO DOKUMENTOWANIA ODSŁONIEŃ.

**RYSUNKI** odsłonień powinny zawierać:

**SKAŁĘ** (lub podziałkę liniową),  
**STRONY ŚWIATA** (azymut ściany),  
**treść GEOLOGICZNĄ (!)** z **OBJAŚNIENIAMI**,  
**TYTUŁ** zawierający:  
1 - litologię utworów,  
2 - ich wiek,  
3 - geograficzną lokalizację odsłonięcia,  
4 - **NUMER PUNKTU** dokumentacyjnego.

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



7. **ODSŁONIĘCIA SZTUCZNE** jako punkty dokumentacyjne.

**SONDY** ręczne i mechaniczne. Sposoby ich dokumentowania.

8. **PUNKTY OBSERWACYJNE.**

9. **NUMERACJA PUNKTÓW** - najlepiej zachować ciągłą numerację bez roznicowania punktów dokumentacyjnych i obserwacyjnych (można rozróżnić je np. symbolami lub kolorem).

10. **GŁĘBOKOŚĆ KARTOWANIA.**

Zagadnienie granic geologicznych wychodni, zwietrzelin in situ i deluwiów.

## **Wykład 6: Wydzielenia i granice geologiczne.**

1. **GRANICA GEOLOGICZNA** jest to linia przecięcia się powierzchni oddzielającej **2 wydzielenia geologiczne** z powierzchnią terenu.

Przebieg granic = intersekcja (najczęściej).

Aby móc poprowadzić granice geologiczne, trzeba znać **WYDZIELENIA**.

2. **Konstruowanie TABELI WYDZIELEŃ.**

W terenie - kartujemy wydzielenia własne, na podstawie **LITOLOGII**, potem przyporządkowujemy je formalnym wydzieleniom **STRATYGRAFICZNYM**. **OPISY** wydzieleni muszą pozwalać na odróżnienie ich od innych.

**KOLEJNOŚĆ** wydzieleni – w zasadzie stratygraficzna (+ odmiany facjalne).

**NUMERACJA** wydzieleni - najpierw własna (numery), potem zwykle symbole literowe zgodne z instrukcją.

3. **PROWADZENIE GRANIC GEOLOGICZNYCH**

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

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.

5. **Granice geologiczne w utworach czwartorzędowych.**

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

Granice geologiczne w utworach czwartorzędowych:

- pewne granice,
- mniej pewne wydzielenia (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,  
**ilty 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).

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:**

Rejestracja przejawów WÓD PODZIEMNYCH NA POWIERZCHNI TERENU: źródła (lokalizacja, rodzaj, wydajność, temperatura), wysięki i młaki.

Przejawy WÓD PODZIEMNYCH W WYROBISKACH - poziom nawiercony i ustalony.

Pomiary GŁĘBOKOŚCI ZWIERCIADŁA WODY W STUDNIACH:

pomiary w okresie stabilnego poziomu wód,

dane o cechach wody,

dane o wahaniach zwierciadła.

**Obserwacje SUROWCOWE.**

**Obserwacje SOZOLOGICZNE**(geośrodowiskowe).

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

## **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 (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 przedstawia 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.

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: 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.

**4. INSTRUKCJE:**

- instrukcja do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000,
- 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,
- mapa geologiczna konturowa, skala 1:10 000,
- dokumentacja graficzna wybranych punktów dokumentacyjnych,

- karty wybranych punktów dokumentacyjnych,
  - schemat występowania utworów czwartorzędowych
- oraz inne załączniki, wykonywane w miarę potrzeby.

## **Wykład 8: Fotointerpretacja geologiczna - zdjęcia lotnicze.**

### **I. TELEDETEKCJA – podziały:**

- według długości fali promieniowania elektromagnetycznego,
- metody pasywne i aktywne,
- według metody rejestracji obrazu:
  - fotograficzne, telewizyjne, matryce CCD i CMOS, skaning,
  - 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).

### **II. ZDJĘCIA LOTNICZE.**

1. Geometria pojedynczego zdjęcia lotniczego. Rzut środkowy. Przesunięcia radialne. Skala zdjęcia.
2. Zdjęcie lotnicze a mapa - rzut środkowy a ortogonalny.
3. 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.
4. 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.
5. Fotogrametria naziemna. Fototeodolit. „Stereoszkice”.

### **III. FOTOINTERPRETACJA GEOLOGICZNA = odczytywanie treści geologicznej ze zdjęć lotniczych.**

1. Analizujemy:
  - rzeźbę terenu:**
    - związki morfologii z litologią,
    - sieć drenażu,
  - fatotony** związane z geologią,
  - pokrycie **roślinnością** i zagospodarowanie terenu.
  - strukturę i teksturę.

Zwykle analizujemy wszystkie czynniki łącznie.  
Odmienna specyfika analizy starszego podłoża i utworów czwartorzędowych.
2. Etapy fotointerpretacji.
3. Ogólne zasady fotointerpretacji dla obszarów występowania:
  - starszego podłoża:
 

skały osadowe,	skały magmowe,	skały metamorficzne,
----------------	----------------	----------------------

- tektonika fałdowa, tektonika nieciągła,
- utworów czwartorzędowych:
- pochodzenia glacialnego i fluwioglacjalnego,
- pochodzenia rzecznoego i eolicznego.
- 4. Najczęściej stosowane wydzielenia fotointerpretacyjne.
- 5. Klucze fotointerpretacyjne.

## Wykład 9: Teledetekcja satelitarna

### 1. Satelity z serii LANDSAT:

#### LANDSAT 1, 2, 3:

orbita 900 km, nachylona pod kątem  $99^{\circ}$  do równika,  
 obraz 185 x 185 km,  
 powtarzalność zdjęć co 18 (9) dni, o stałej godzinie czasu słonecznego ( $9^{42}$ ),  
 urządzenia rejestrujące:

**RBV** - 3 kamery TV = pasma (band): 1,2,3 - zielony, czerwony, bliska IR,  
**MSS** - skaner wielospektralny = 4 pasma: 4 - zielony, 5 - czerwony, 6 i 7 -  
 bliska IR.

Zdolność rozdzielcza 79 m, obraz 185 x 185 km złożony z 7,5 mln. pikseli,  
 każde pasmo rejestrowane w 64 odcieniach szarości.

#### LANDSAT 4 – 7:

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

Rejestracja każdego pasma w 256 odcieniach szarości (każdy obraz = 35 mln. pikseli).

#### Landsat 7 (1999)

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

**Landsat 8** (2013) – Landsat Data Continuity Mission, skaner **OLI** (7 pasm, 15 m).

### 2. Inne satelity teledetekcyjne:

**SPOT 1** (Francja, 1986 – 1990, reaktywowany 1993); **SPOT 2** (1990 - ); **SPOT 3**; (1993-1996),  
**SPOT 4**: (1998 -); **SPOT 5** (2002 -) ... **SPOT 7** (2014)

Skaner **HRV**: 2 pasy skanowania o szerokości 60 km każdy,  
 2 warianty pracy - panchromatyczny i wielospektralny (rozdzielczość 10 i 20 m),  
 pasma: zielone, czerwone, bliska IR i średnia IR,  
 możliwość wykonywania zdjęć stereoskopowych (SPOT 5 - także wzdłuż orbity).

#### IRS-1c (Indie, 1995)

4-pasmowy skaner o rozdzielczości 20 m (panchromatycznie – 10 m),  
 Razem z IRS-1d (1997) 12-dniowy cykl powtarzalności obrazów,  
 od 2005 IRS = **Cartosat 1, 2** (2007), **2A** (2008) - wzrost rozdzielczości - 2,5 - 0,8 m,  
**Cartosat 3** (2009?) - rozdzielczość 25 cm.

**RESURS-01 3** (Rosja, 1994) pas 600 km, rozdzielczość 170 m (IR termalna 680 m), także skaner o dużej rozdzielczości (45 m), RESURS-DK 1 (2006) 0,9 i 1,5 m.

**TERRA** (USA + Japonia), 24.02.2000, 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.

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

(komercyjne, konsorcjum Orbimage + SpaceImaging, od 2006 = GeoEye).

Rozdzielczość poniżej 1 m (GeoEye 1 = 41 cm) w paśmie panchromatycznym, obrazy wielospektralne o nieco mniejszej rozdzielczości (GeoEye 1 = 1,6 m),

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

**Obrazy satelitarne** w Internecie: Google Earth, WorldWind (NASA), GLCF (Global Land Cover Facility).

**Wyszukiwarki** obrazów satelitarnych: DESCW, EOLI-SA, GLCF.

### 3. GEOLOGICZNA INTERPRETACJA obrazów satelitarnych.

Zaletą duży obszar (do kilkudziesięciu tys. km<sup>2</sup>) na 1 obrazie = łatwa interpretacja sieci drenażu, regionalnych struktur tektonicznych.

#### Czytelność litologii:

Cyfrowy zapis + wielospektralność =

- na podstawie cech spektralnych poszczególnych rodzajów skał tworzone „**biblioteki spektralne**”,
- możliwość przetwarzania obrazu w **kompozycje barwne** (zwykle w barwach fałszywych),
- potencjalna możliwość stosowania „**indeksów**” (prostych operacji arytmetycznych między poszczególnymi kanałami) = niekiedy możliwa czytelność litologii.

#### Czytelność struktur tektonicznych:

struktury **faldowe** - czytelne na podstawie ich intersekcyjnego przebiegu.

struktury **nieciągłe** = lineamenty.

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

Geologiczne uwarunkowania lineamentów.

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

## Wykład 10: Obrazy radarowe (lotnicze i satelitarne)

**Radar bocznego wybierania** (SLAR). Rozdzielczość poprzeczna i podłużna; syntetyczna apertura (**SAR**) - rozdzielczość **radarów lotniczych** do 1 m.

**Radary satelitarne.** Radary satelitarne na promach kosmicznych (SIR) - rozdzielczość rzędu

kilkudziesięciu m. Satelity radarowe: Almaz, ERS 1 (1991- 1999), JERS-1 (1992 - 1996), Radarsat 1 i ERS-2 (1995), Radarsat 2 (2004), Sentinel (2014, 2015).

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 (pionowy V, poziomy H).

Różne pasma + kierunki polaryzacji = możliwość tworzenia kompozycji barwnych.

Różne kąty nachylenia wiązki = możliwość tworzenia obrazów stereoskopowych.

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

Na obrazach radarowych nie są widoczne: chmury, zamglenia i roślinność, przy niektórych pasmach (o większej długości fal) – również zwierzęta. Dobrze czytelna rzeźba terenu.

Mniejszy kąt padania wiązki = lepsza czytelność rzeźby, 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.

Zniekształcenia w obrazowaniu stoków.

### **GEOLOGICZNA INTERPRETACJA OBRAZÓW RADAROWYCH:**

- interpretacja rzeźby terenu = jej związków z litologią i tektoniką (jak w fotointerpretacji),
- mikrorelief = możliwość interpretacji litologii.

SATELITARNA INTERFEROMETRIA RADAROWA (InSAR),

Persistent Scatterer Interferometry (PSI, PSInSAR).

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

Obrazy **TERMALNE**: lotnicze i satelitarne.

Badania **LUMINESCENCJI**: FLD, Luminex.

Techniki **LASEROWE** - LIDAR = **L**ight **D**etecting **A**nd **R**anging.

## **Wykład 11: DEM, GPS i GIS**

### **NUMERYCZNE MODELE TERENU**

Numeryczne modele terenu – nazewnictwo:

**NMT** – numeryczny model terenu (rzeźby terenu), **NMPT** – Numeryczny Model Pokrycia Terenu.

**DEM** = **D**igital **E**levation **M**odel. **DTM** = **D**igital **T**errain **M**odel. **DSM** – **D**igital **S**urface **M**odel. **TIN** i **GRID**.

Sposoby pozyskiwania danych wysokościowych do DEM.

Modele globalne:

Misja **SRTM** (**S**huttle **R**adar **T**opographic **M**ission), SRTM - 3, SRTM - 1.

ASTER GDEM – na podstawie obrazów satelitarnych w świetle widzialnym,

TerraSAR-X/TanDEM-X – radarowy, satelitarny (z wykorzystaniem pary satelitów).

Modele wielkoskalowe (o wysokiej rozdzielczości)

ALS – laserowy skanowanie lotnicze (LIDAR) – model **ISOK**. Laserowy skanowanie naziemne.

**Podstawy geologicznej interpretacji NMT** – różne możliwości wizualizacji NMT,

kwestia doboru właściwych parametrów iluminacji i przewyższenia.

Czytelność litologii (odporność na wietrzenie) i tektoniki (możliwość określenia położenia warstw + tektonika nieciągła).

## GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)

Na system składają się **3 elementy**:

- 1. 24 (+ 4) satelity** z nadajnikami na 6 kołowych orbitach na wysokości 20 000 km, okrążające Ziemię w 12 godzin – teoretycznie z każdego punktu Ziemi widoczne jest jednocześnie 4 - 5 satelitów. Wszystkie satelity transmitują sygnał na tej samej częstotliwości (1575,42 MHz = 19 cm), 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. Potrzebny odczyt z min. 4 satelitów (3 do określenia pozycji + 1 do zlikwidowania błędu zegara odbiornika).

Różne **metody** odczytu:

- „**zwyczajna**” - dokładność ok. **10 m** (dla najprostszych odbiorników),
- **różnicowa** - DGPS (Differential GPS) =  $\pm 1$  m, różnicowa dla większych obszarów:
- WAAS/EGNOS,
- **śledzenia fali nośnej** =  $\pm 1$  cm.

### Praktyczne aspekty stosowania GPS w trakcie kartowania geologicznego.

Wymagania sprzętowe:

- ilość kanałów (min. 6, do 12, >12, teraz - więcej kanałów niż satelitów),
- pamięć (min. kilka MB + karty),
- zasilanie (= czas pracy bez ładowania),
- wodo- i wstrząsoodporność,
- możliwość współpracy z PC.

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,
- układy współrzędnych dostępne w GPS (domyślny: WGS-84, UTM/UPS),
- **definiowanie układu użytkownika w odbiorniku GPS**,
- podkłady w wersji cyfrowej.

Programy komputerowe do współpracy z GPS.

Podkłady topograficzne możliwe do wykorzystania w urządzeniach mobilnych z GPS.

## 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.

Obrazy rastrowe i wektorowe.

Warstwy rastrowe, linowe, poligonowe, punktowe.

Bazy danych.

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

Osadzanie map i obiektów – ogólne zasady dla obiektów wektorowych i rastrowych.

Atrybuty obiektów – zasady ich przypisywania.

Możliwości stwarzane przez GIS.

**KOMPUTEROWA REDAKCJA MAP GEOLOGICZNYCH** na przykładzie Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000.

**Warstwy informacyjne SMGP** w wydaniu komputerowym - łącznie 23 warstwy:

1 - 3 topografia:

1 – treść sytuacyjna

2 – hipsometria

3 - hydrografia

4 -13 geologia:

4 – wydzielienia geologiczne,

5 – 7 – znaki konwencjonalne,

8 – dokumentacje itp.,

9 – wiercenia,

10 – punkty dokumentacyjne,

11 – dokumentacje geofizyczne,

12 – linie przekrojów geologicznych,

13 – warstwa rysunkowa,

14 - skorowidz map,

15 - 19 przekroje geologiczne,

20 - 23 profile litologiczno–stratygraficzne.

**Mapa geologiczna jako baza danych** – konsekwencje.

**GIS na Wydziale Geologii.**

## **Wykład 12: Geologiczna kartografia wglębna**

**Źródła danych** dla geologicznej kartografii wglębnej:

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

**Mapy geologiczne wglębne przedstawiają:**

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

1. **Geologia** na wybranej powierzchni wglębnej:

- **mapy STRUKTURALNO-GEOLOGICZNE** - przedstawiają geologię wybranej powierzchni wglębnej (najczęściej powierzchni niezgodności lub zrównania) + izohipsy 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**”.

## 2. 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**.

## 3. Mapy SKŁADU

- **LITOFACJALNE** - przedstawiają zmienność wykształcenia skał w poziomie;
- mapy litologiczne **JAKOŚCIOWE** - stare rozwiązanie = wyznaczone pola o przewodzie jednego składnika.
- mapy litologiczne **IŁOŚCIOWE**: materiałem wyjściowym profile wierceń rozbite na litologiczne odmiany skał (sumaryczne miąższości poszczególnych odmian); ta sumaryczna miąższość już się nadaje do konstrukcji;
- mapy **IZOLITÓW** = mapy sumarycznej miąższości danego składnika litologicznego.

Bardziej złożone są **mapy ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW** = DWUSKŁADNIKOWE (mapy izoliniowe):

Dla 2 składników  $A \leftrightarrow B$

- procentowe = 0% - 100% i 100% - 0%, lub
- współczynników = 0 -  $\infty$  (1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, 16)

Najczęściej stosowane **WSPÓLCZYNNIKI**:

- **klastyczności**:  $\Sigma m$  klastycznych :  $\Sigma m$  nieklastycznych
- **piaskowcowo - łupkowy**:  $\Sigma m$  gruboklastycznych :  $\Sigma m$  drobnoklastycznych
- **węglanowości**:  $\Sigma m$  wapieni :  $\Sigma m$  piaskowców + łupków

Mapy **kombinacji współczynników**.

Mapy **UŚREDNIONEGO SKŁADU** = dla 3 SKŁADNIKÓW.

Trójkąt klasyfikacyjny – konstruowany dla procent lub współczynników.

Różne podziały trójkąta na klasy = możliwe różne mapy.

Mapa **ODCHYLEŃ OD OPTYMALNEJ FACJI**.

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

- mapy **ŚCIĘCIA POZIOMEGO**, zwykle sporządzane na podstawie przekroji, oraz
- mapy **ZMIENNOŚCI PIONOWEJ** – np. mapy ilości warstw (w danym wydzieleniu).

**METODY SPORZĄDZANIA MAP WGŁĘBNYCH:**

1 - geologiczna intersekcja wgłębna, 2 – interpolacja, 3 – superpozycja.

### 1 - Geologiczna intersekcja wgłębna.

„Zwykła” intersekcja geologiczna = przebieg granic na powierzchni terenu.

Geologiczna intersekcja wgłębna = intersekcja 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.

2 - **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).
- **interpretacyjne** = z założeniem modelu struktur = zwykle w przybliżeniu równoległe (współkształtne). Wymaga doświadczenia i wiedzy regionalnej, daje najlepsze rezultaty.

**Programy** interpolujące (np. Surfer).

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

3 - **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 - **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).
  - 3. **mnożenie** wartości w węzłach: np. mapa miąższościowa x mapa składu (%) = rzeczywista miąższość składnika,
  - 4. **dzielenie** – np. mapa miąższościowa : mapę ilości 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. strukturalna + współczynnika klastyczności + skał przykrywających).

Geologia 3D – **przestrzenne modele budowy geologicznej** i stwarzane przez nie możliwości.  
Przestrzenny model wgłębnej budowy geologicznej Polski: [model3d.pgi.gov.pl](http://model3d.pgi.gov.pl)