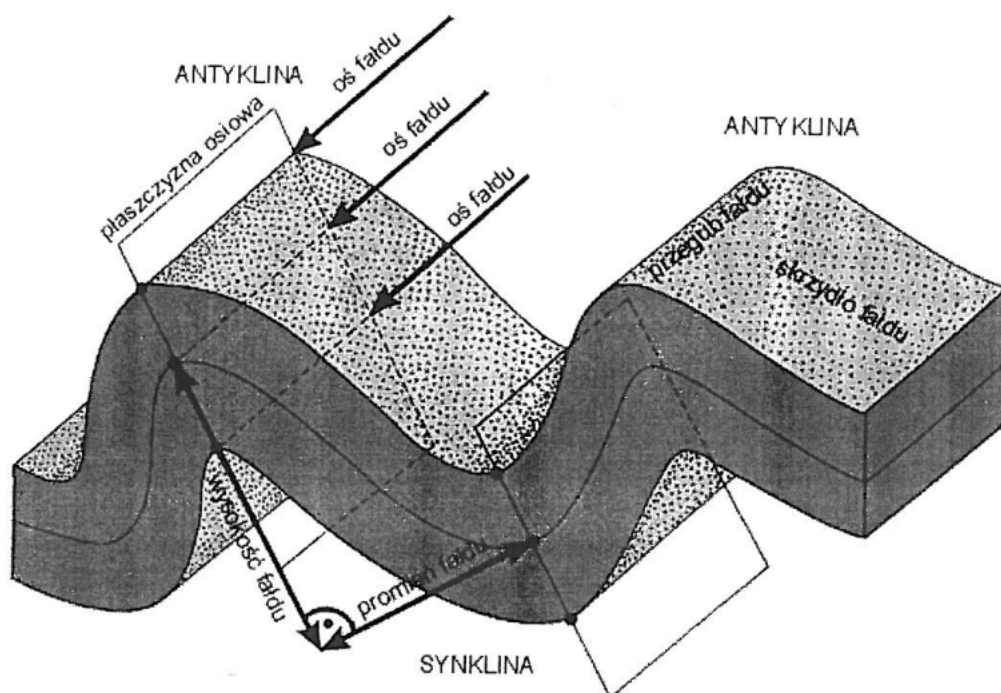


DEFORMACJE CIĄGŁE

- Wprowadzenie
- Klasyfikacje fałdów
- Mechanizmy fałdowania
- Mieszane mechanizmy fałdowania
- Fałdy powstałe w wyniku fałdowania skał o zróżnicowanej podatności
- Lineacje i formacje

WPROWADZENIE

Już tytuł sugeruje, że będzie mowa o takich odkształceniach, które nie powodują zerwania ciągłości skał, a których najprostszą formą jest fałd. Mamy dwie zasadnicze formy fałdu: **antyklinę** – zbudowaną ze starszych warstw w jądrze i młodszych w skrzydłach i **synklinę** – w której jądro budują młodsze warstwy. W praktyce terenowej interesuje nas charakter i orientacja wielu różnych parametrów fałdów. Zaczniemy od tych elementów, które powinniśmy poddać wnikliwej analizie i pomierzyć w terenie.



Podstawowe elementy fałdu

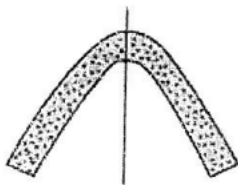
- **Skrzydła fałdu.** Mierzmy położenie warstw w skrzydłach; jeżeli są one płaskie – to nie ma problemu, a jeżeli mają bardziej złożoną krzywiznę (zmieniający się upad) – to należy wykonać kilka pomiarów.
- **Przegub fałdu** - to ta jego część, która jest najsilniej wygięta (czyli jest to strefa, w której jedno skrzydło przechodzi w drugie). Przegub może być ostro zarysowany („złamany”, np. w fałdach o płaskich skrzydłach), lub zaokrąglony, a w skrajnych przypadkach (np. w fałdach półkolistych) nie da się go oddzielić od skrzydeł. Powinniśmy określić w terenie, czy miąższość warstw w przegubie jest taka sama, jak w skrzydłach, czy też większa; czy warstwy przylegają do siebie, czy też mamy do czynienia z odspojeniami międzyławicowymi (przegubowymi); czy w zewnętrznym skręcie obecne są spękania przegubowe, czy nie.
- **Oś fałdu.** Jeżeli fałd ma płaskie skrzydła a jego przegub jest ostro zarysowany – to jest ona niejako krawędzią, wzdłuż której sąsiednie skrzydła przylegają do siebie. Inaczej możemy ją zdefiniować jako prostą biegnącą wzdłuż przegubu fałdu. Oś fałdu jest formą lineacji B (tzn. jest równoległa do osi odkształcenia B). W terenie w miarę możliwości mierzmy jej położenie (tak, jak każdego elementu liniowego). Oś fałdu nie zawsze jest prostą w sensie geometrycznym: niekiedy wygina się ku górze i ku dołowi tworząc elewacje i depresje. Takie miejsca przegięcia osi nazywamy **undulacjami**.
- **Powierzchnia osiowa.** Jest to powierzchnia łącząca osie fałdów w poszczególnych ławicach. Niekiedy jest płaszczyzną, częściej jednak wyginającą się powierzchnią. O ile warunki terenowe pozwalają nam na to – mierzmy jej położenie, a przynajmniej staramy się stwierdzić, czy jest płaska, czy nie, a także określić kierunek jej pochylenia, czyli **wergencję**. Jest to kierunek przeciwny do kierunku zapadania płaszczyzny osiowej (mówimy, że fałd ma północną wergencję, jeśli jego powierzchnia osiowa

zanurza się ku południowi).

- **Promień fałdu** – jest to odległość między dwoma sąsiednimi powierzchniami osiowymi, która może być niejednakowa w przypadku fałdów asymetrycznych (krótszy promień w krótszym skrzydle, dłuższy - w dłuższym).
- **Wysokość fałdu** – jest to odległość między przegubem synkliny i antykliny mierzona mniej więcej wzdłuż powierzchni osiowej fałdu. W fałdzie asymetrycznym będzie mniejsza w krótszym skrzydle, a większa w dłuższym.

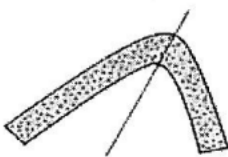
KLASYFIKACJE FAŁDÓW

A) Klasyfikacja geometryczno-kinematyczna – uwzględnia położenia skrzydeł względem powierzchni osiowej, informuje o stopniu udziału sił ścinających w procesie powstawania fałdów. W myśl tej klasyfikacji wyróżniamy:

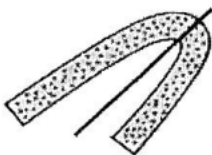


fald stojący, opionowej powierzchni osiowej

FOTOGRAFIA



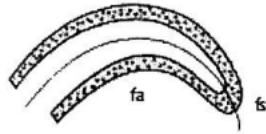
fald pochylony, o nachylonej powierzchni osiowej i skrzydłach zapadających w dwie przeciwne strony



fald obalony, o nachylonej powierzchni osiowej i skrzydłach zapadających w tą samą stronę

FOTOGRAFIA

fałd przewalony, w którym powierzchnia osiowa zapada w stronę przeciwną, niż powinna, przez co mamy do czynienia z fałszywą synkliną (fs) i fałszywą antykliną (fa)



FOTOGRAFIA

Niezależnie od powyższej klasyfikacji możemy wyróżnić:

a) ze względu na symetrię fałdów:

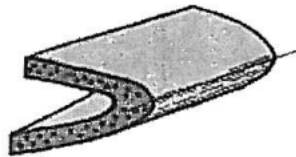


fałdy symetryczne

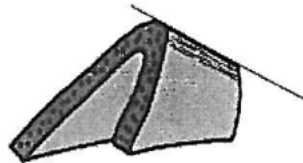


fałdy asymetryczne

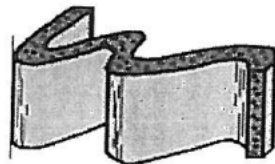
b) ze względu na położenie osi fałdu:



fałdy poziome



fałdy pochylone



fałdy pionowe

B) Klasyfikacja geometryczno-morfologiczna – ma charakter opisowy i pozwala obrazowo podzielić fałdy

a) ze względu na kształt ogólny w przekroju wyróżniamy:



fałdy zygzakowate



faldy grzebieniowate



faldy hiperboloczne



faldy paraboliczne



faldy półkoliste

faldy skrzynkowe



FOTOGRAFIA

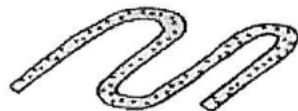


faldy wachlarzowate

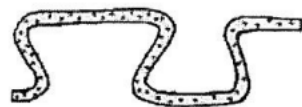
b) ze względu na kąt między skrzydłami Δ wyróżniamy:



faldy normalne ($\Delta > 0$)

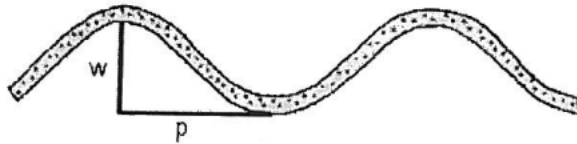


faldy izoklinalne ($\Delta = 0$)

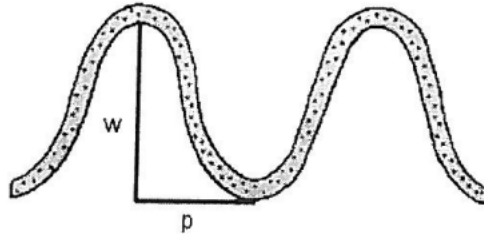


faldy wachlarzowate ($\Delta < 0$)

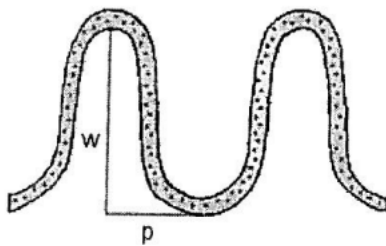
c) ze względu na stosunek wysokości fałdu do jego promienia wyróżniamy:



faldy szerokopromienne (gdy promień -p- jest przynajmniej 4 razy większy od wysokości-w)



faldy średniopromienne (pośrednie między szeroko- i wąskopromiennymi)



faldy wąskopromienne (gdy wysokość jest większa od promienia)

d) ze względu na kształt w planie wyróżniamy:



antyklina i synklina

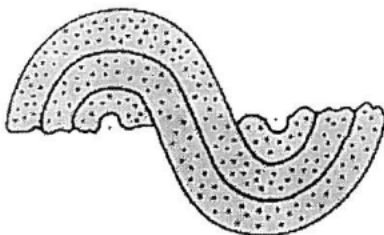


brachyantyklina i brachysynklina



kopuła i niecki

C) Klasyfikacja geometryczno-strukturalna – to klasyfikacja fałdów uwzględniająca stosunek wzajemny ławic (ich krzywiznę i miąższość) i mająca istotne znaczenie w określaniu mechanizmu fałdowania odpowiedzialnego za ich powstanie. W myśl tej klasyfikacji wyróżniamy:



faldy koncentryczne - o krzywiznie mającej wspólne centrum i stałej miąższości ławic

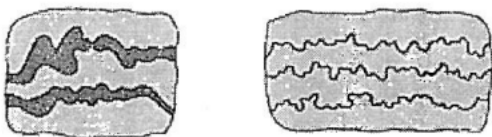
FOTOGRAFIA

fałdy symilarne - czyli podobne, w których krzywizny poszczególnych ławic są takie same, przez co w konsekwencji albo w przegubach mają zwiększoną miąższość (a), albo ścienioną na skrzydłach (b)



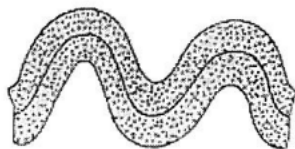
FOTOGRAFIA

fałdy dysharmonijne - w których krzywizny poszczególnych ławic są od siebie niezależne

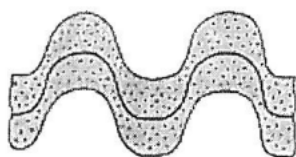


FOTOGRAFIA

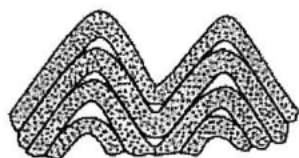
Doświadczenie uczy, że o ile fałdy dysharmonijne są łatwe do rozpoznania, to dużą trudność sprawia odróżnienie fałdów koncentrycznych od symilarnych. Choć kryteria są na pierwszy rzut oka bardzo proste, to z uwagi na fakt, że formy czyste w przyrodzie występują bardzo rzadko, musimy nauczyć się odróżniać te dwa typy strukturalne fałdów bez względu na ich pokrój. Pamiętajmy, że fałd półkolisty nie musi być fałdem koncentrycznym, a fałd zygzakowaty nie musi być symilarny. Najlepiej pokazują to rysunki.



fałdy półkoliste - koncentryczne



fałdy półkoliste - symilarne



fałdy zygzakowate - koncentryczne

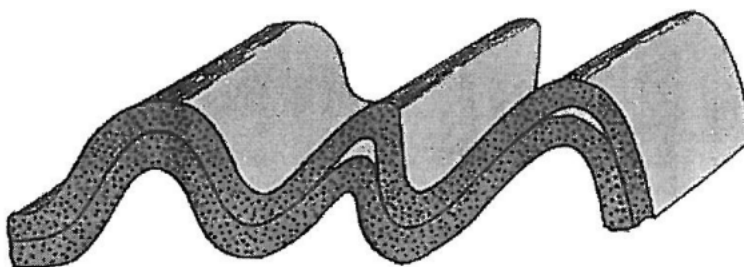


fałdy zygzakowate - symilarne

Jak widać na rysunkach, fałd o pokroju półkolistym będzie można uznać za koncentryczny tylko w wypadku, gdy spełniony zostanie warunek stałej miąższości ławic. Podobnie jeśli fałd o pokroju zygzakowatym wykazuje odspojenia ławicowe w przegubach i w związku z tym zachowuje stałą miąższość – również będzie w sensie geometryczno-strukturalnym fałdem koncentrycznym. Zygzakowaty pokrój fałdu nie musi więc nieodłącznie wiązać się z geometrią symilarną.

MECHANIZMY FAŁDOWANIA

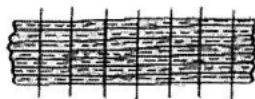
Mechanizmy odpowiedzialne za powstanie deformacji fałdowych są funkcją dwóch czynników: warunków, w jakich zachodziły oraz własności deformowanego ośrodka (własności skał). Najmniej podatnym mechanizmem odkształcenia (a więc zachodzącym w warunkach niepodatnych i dotyczącym skał mało podatnych czyli inaczej mówiąc - kruchych) jest **zginanie**. Najczęściej dotyczy skał fałdowanych w warunkach normalnych, tj. w strefie przypowierzchniowej, wyraźnie uławiconych i zdiagenezowanych. W powstawaniu tych fałdów istotną rolę odgrywa poślizg po powierzchniach międzyławicowych oraz odspojenia przegubowe, dzięki którym istnieje możliwość zachowania stałej miąższości ławic. Typową formą fałdów w sensie geometryczno-strukturalnym powstałych w wyniku zginania są fałdy koncentryczne.



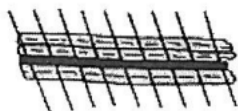
Fałdy ze zginania

Względnie bardziej podatnym mechanizmem fałdowania i dotyczącym skał bardziej podatnych jest **ścianienie**. Powierzchnie ścięć są tymi powierzchniami, wzdłuż których następuje załamanie ławic, ich przesunięcie bądź ścienienie, prowadzące w efekcie do skrócenia. Z takimi warunkami fałdowania wiąże się możliwość transportu masy skalnej w obrębie ławicy, przez co możliwe są

nabrzmięcia w przegubach fałdów. Taki mechanizm fałdowania pozwala na zachowanie stałej geometrii ławic i prowadzi do powstania fałdów symilarnych. Fałdy powstałe ze ścinania będziemy różnie nazywać, w zależności od tego, jaka jest natura powierzchni ścięć. Jednym ze szczególnych przypadków fałdów ze ścinania są fałdy **kolankowe**, nazywane inaczej **załomowymi**. Rozwijają się często na powierzchniach ścięć komplementarnych, wzdłuż których przemieszczenie jest zastąpione obecnością fałdków kolankowych. Innym szczególnym przypadkiem fałdów ze ścinania są fałdki **kliważowe**, za powstanie których odpowiedzialne są powierzchnie kliważu (to wzdłuż nich załamują się lub przemieszczają poszczególne laminy dając geometryczny efekt fałdów). W tego typu przypadkach powierzchnie kliważu są zarazem powierzchniami osiowymi fałdków (dlatego ten typ kliważu nazywany jest kliważem osiowym). Fałdowanie ze ścinania nazywane jest też fałdowaniem **translacyjnym**, gdyż niekiedy wzdłuż gęstych powierzchni ścięć (powierzchni kliważu) mogą mieć miejsce niewielkie przemieszczenia (często bez żadnych dodatkowych deformacji), które również prowadzą do uzyskania geometrycznego efektu fałdów.

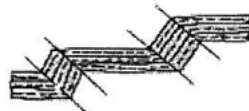


fałdowanie kliważowe



fałdowanie translacyjne

fałdy kolankowe



FOTOGRAFIA

Należy przy okazji zwrócić uwagę na fakt, że z mechanizmem ścinania najczęściej spotykamy się w skałach metamorficznych, gdyż warunki metamorficzne są względnie bardziej podatne niż warunki normalne (czyli panujące na powierzchni Ziemi). Dlatego też, jeśli mamy do czynienia ze skałami metamorficznymi i na dodatek stwierdzamy w nich kliważ, to fałdki, które w nich znajdziemy będą prawdopodobnie fałdkami powstałymi na drodze ścinania. Nie oznacza to jednak, że skały metamorficzne mają wyłączność na fałdy ze ścinania. Przykładem mogą być fałdki kolankowe spotykane np. w marglach, które chociaż były odkształcane w warunkach powierzchniowych a więc kruchych, to z uwagi na swoją litologię w procesie deformacji zachowały się w sposób względnie podatny. Kolejnym mechanizmem fałdowania związanym z bardzo podatnymi warunkami odkształcenia i/lub dotyczącym skał podatnych jest **płynięcie**. Proces ten polega na lepkoplastycznym płynięciu masy skalnej i często wiąże się z nim – np. w przypadku skał metamorficznych - znaczna przebudowa mineralna i teksturalna.

Powstałe w wyniku płynięcia fałdy cechuje geometria dysharmonijna i związana z nią zmienna miąższość ławic (a w przypadku skał metamorficznych – lamin mineralnych). Warunki, w których skały ulegają fałdowaniu z płynięcia, na ogół znajdujemy na znacznych głębokościach, gdzie panuje podwyższona temperatura i ciśnienie. Z płynięciem możemy też mieć do czynienia w warunkach powierzchniowych (czyli normalnych) w skałach bardzo podatnych, np. wsolach, albo w skałach słabo zdiagenezowanych.

Podsumowując wywód dotyczący mechanizmów fałdowania zauważmy, że bardzo pomocna w ich określaniu jest klasyfikacja geometryczno-strukturalna fałdów.

Możemy zastosować na ogół sprawdzające się uproszczenie, w myśl którego:

fałdy koncentryczne - powstają na ogół ze zginania

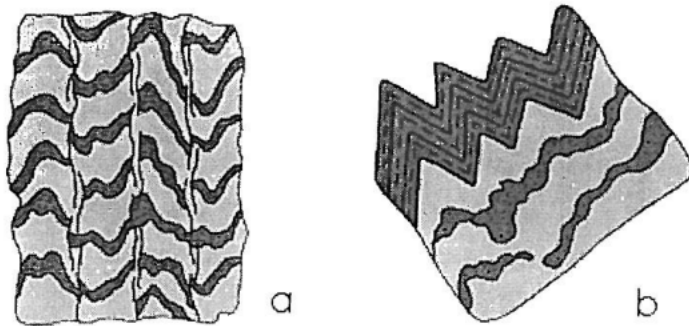
fałdy symilarne - wskazują na mechanizm ścinania

fałdy dysharmonijne - związane są z płynięciem

Zauważmy również, że istotna wskazówka dotycząca określania mechanizmu fałdowania zawarta jest w samej litologii skały: np. po średnioławicowych piaskowcach możemy się spodziewać, że były fałdowane w wyniku zginania i mają geometrię koncentryczną fałdów, natomiast gnejsy są podejrzane o fałdowanie z płynięcia i fałdy o geometrii dysharmonijnej.

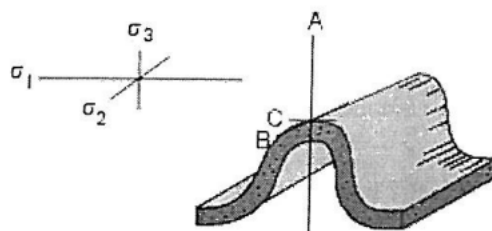
MIESZANE MECHANIZMY FAŁDOWANIA

Pamiętajmy, że w naturze rzadko spotkamy się z przypadkami „czystymi”, tzn., że w sposób jednoznaczny będziemy mogli zaklasyfikować fałd pod względem geometryczno-strukturalnym i określić mechanizm odpowiedzialny za jego powstanie. Najczęściej będziemy mieć do czynienia z **mieszanymi mechanizmami fałdowania**. Jak sobie z tym poradzić? Zaczynamy od najważniejszego, tzn. od określenia litologii skały, która może nam odpowiedzieć, jaki mechanizm fałdowania jest najbardziej prawdopodobny. Następny krok polega na zdecydowaniu, czy chcemy odróżnić zginanie od ścinania, czy ścinanie od płynięcia. Może się również zdarzyć, że nasz kłopot będzie polegał na oddzieleniu zginania od płynięcia (np. w słabo zdiagenezowanych skałach osadowych odkształcanych w warunkach normalnych). Następnie szukamy argumentów przemawiających np. za ścinaniem i za płynięciem. Możliwe, że w jednym okazy fałdu dopatrzymy się obu mechanizmów fałdowania. Oznaczać to może np., że najpierw zachodziło fałdowanie na drodze ścinania, a później, na skutek upodatkowania warunków, wcześniej ukształtowane fałdy ze ścinania uległy płynięciu. W tym wypadku zmiana warunków odkształcenia zadecydowała o zaistnieniu różnych mechanizmów fałdowania. Musimy również liczyć się z tym, że za mieszany mechanizm fałdowania odpowiedzialna jest zmienna litologia skały, np. w pakiecie łupków ilasto-mułowcowych w partii mułowcowej można zaobserwować fałdy o geometrii symilarnej wskazujące na ścinanie, natomiast część ilasta ma cechy fałdów dysharmonijnych powstałych z płynięcia.

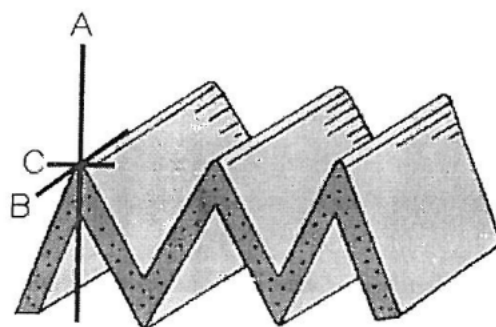


Przejściowe mechanizmy fałdowania od ścinania do płynięcia na skutek a) zmiany warunków odkształcenia; b) zróżnicowania podatności skał

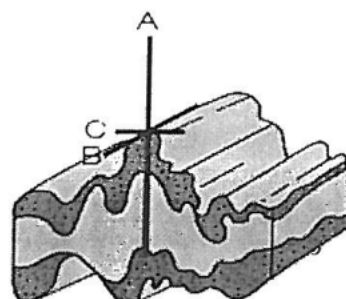
Fałdy, tak jak i inne drobne struktury tektoniczne, pozwalają nam na określenie kierunku największego wydłużenia (A) największego skrócenia (C), oraz kierunku neutralnego pokrywającego się z osią fałdu, czyli osi b. Na podstawie odkształceń wnioskujemy o naprężeniach odpowiedzialnych za ich powstanie. Osie odkształceń najłatwiej wyznaczyć dla fałdów symilarnych, większe trudności napotykamy w przypadku fałdów koncentrycznych, które w przypadku klasycznym nie mają powierzchni osiowej, ale wówczas kierunki odkształceń możemy określać na podstawie zespołu fałdów. Choć mogło by się wydawać, że fałdy dysharmonijne nie pozwalają nam na wyciągnięcie wniosków odnośnie orientacji osi odkształceń, to zwróćmy uwagę, że płynięcie nie odbywa się w sposób nieuporządkowany, lecz zawsze w kierunku działania najmniejszego naprężenia, a kierunek skrócenia też jest na ogół prosty do wyznaczenia.



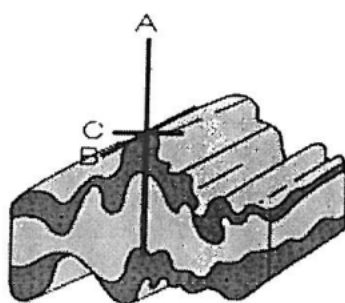
koncentrycznych



symilarnych



dysharmonijnych

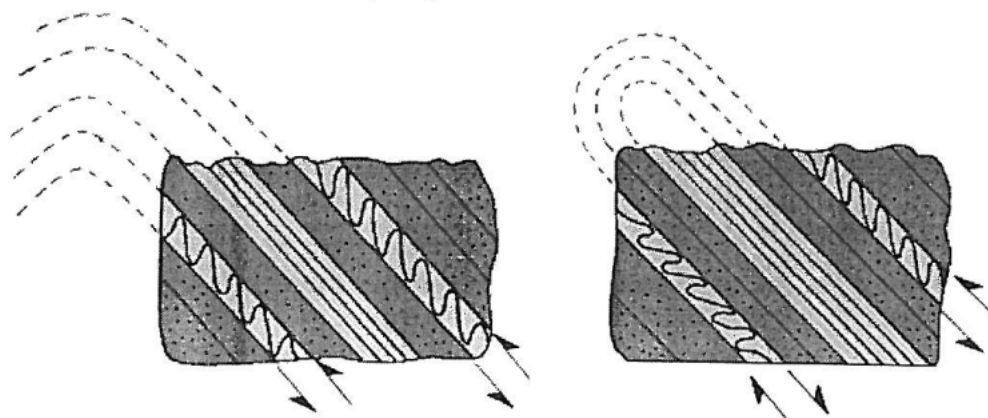


dysharmonicznych

Osie naprężeń i odkształceń w fałdach

FAŁDY POWSTAŁE W WYNIKU FAŁDOWANIA SKAŁ O ZRÓŻNICOWANEJ PODATNOŚCI

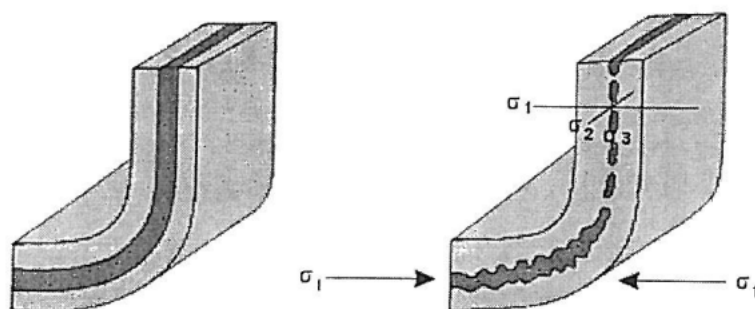
W tej grupie omówimy szczególne rodzaje fałdów, które powstają w sytuacji, gdy sfałdowaniu ulega pakiet skał niejednorodny litologicznie, a mówiąc ściślej – o zróżnicowanej podatności. Jednym z takich przypadków są **fałdki ciągnione**, które mają dużą użyteczność w analizie strukturalnej. Najczęściej można je spotkać w skałach o charakterze fliszowym, np. we fliszu karpackim, który cechuje się zmiennością litologiczną: pomiędzy pakietami piaskowców pojawiają się wkładki łupków. W procesie zginania takiego niejednorodnego litologicznie pakietu skał ma miejsce posuw międzyławicowy, a w konsekwencji wzdłuż powierzchni ławic działają pary sił ścinających. W następstwie ich działania w pakiecie łupkowym rozwijają się fałdki o charakterze ciągnionym, dysharmoniczne względem sąsiednich ławic. Są one asymetryczne, a ich powierzchnie osiowe są zwykle pochylone w stronę przegubu antykliny. Powierzchnie osiowe fałdków ciągnionych wykazują też zwykle równoległość do powierzchni osiowych struktur nadrzędnych (reguła Pumpelly'go). Te dwa fakty są zwykle pomocne w przypadku, gdy w terenie znajdziemy odsłonięcie, w którym warstwy wykazują pozornie monoklinalne położenia: wówczas z obecności fałdków ciągnionych możemy wnioskować o geometrii struktury nadrzędnej.



Fałdki ciągnione i ich użyteczność w analizie strukturalnej

Innym przykładem fałdków powstających w wyniku fałdowania niejednorodnych litologicznie pakietów skał są **fałdki parazytyczne**, czyli **Pasożytnicze**. Powstają one w sytuacji, gdy cienka ławica lub żyła skał względnie mało podatnych ulega sfałdowaniu w otoczeniu skał względnie bardziej podatnych (np. żyła kwarcu w

łupkach serycytowych). Warunkiem powstania fałdków parazytycznych jest ściskanie w płaszczyźnie mniej więcej równoległej do uławicenia, gdyż ściskanie w płaszczyźnie prostopadłej doprowadziło by do porozrywania warstwy niepodatnej i powstania **budinażu**. Budinaż, choć należałoby go zaliczyć do struktur nieciągłych, często współwystępuje z fałdkami parazytycznymi i nie sposób go pominąć w tym miejscu. Z równoczesnym występowaniem fałdków parazytycznych i budinażu mamy do czynienia przeważnie w przypadku fałdowań nałożonych (wielokrotnych), gdy w wyniku wcześniejszych deformacji warstwa niepodatna została już sfałdowana i ma zmienne położenie względem późniejszej orientacji osi naprężenia największego. Na odcinku, w którym ma ona orientację prawie równoległą do kierunku kompresji (osi σ_1) powstaną fałdki parazytyczne jako efekt skrócenia, a na odcinku, gdzie jest położona z grubsza prostopadle – dojdzie do porozrywania warstwy niepodatnej i powstanie budinaż. To porozrywanie nie ma charakteru przypadkowego, a jego efektem są **budiny** mające charakter walcowatych, równoległe do siebie ułożonych fragmentów skały niepodatnej tkwiącej w podatnym otoczeniu. Osie budin są zorientowane zgodnie z położeniem osi odkształcenia pośredniego, a więc są formą lineacji b, której pomiar w terenie pozwala na bezpośrednie wyznaczenie osi naprężenia neutralnego (σ_2). Zwykle w oparciu o budinaż nie jesteśmy w stanie wyznaczyć położenia pozostałych osi naprężeń, jedynie uzyskujemy informację, że osie σ_1 i σ_3 działały w płaszczyźnie prostopadłej do osi budiny.

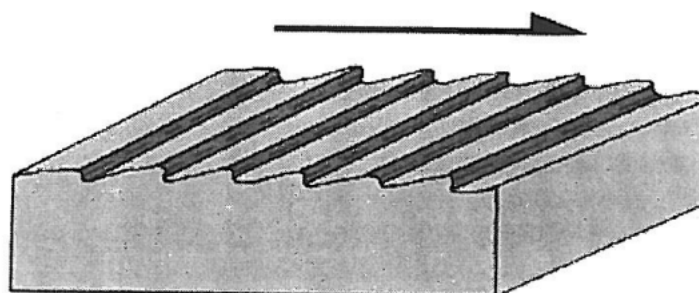


Fałdki parazytyczne i budinaż

Należy zaznaczyć, że w literaturze zachodniej (np. Reynolds 1996) fałdki parazytyczne są utożsamiane z fałdkami ciągnionymi i wiązane raczej ze skałami osadowymi, natomiast fałdowanie w warunkach wysokiego ciśnienia względnie podatnego pakietu skalnego zawierającego ciekłą niepodatną wkładkę (np. żyłę kwarcu) prowadzi do powstania fałdków określanych jako **ptygmatyczne**.

W przypadku ściskania pakietu skał o odwrotnych proporcjach, tzn., gdy w obrębie materiału niepodatnego tkwi wkładka skał względnie bardziej podatnych, dojdzie do powstania **struktur mulionowych**. Są one niejako odwrotnością budinażu, a powstają przez nabrzmienia warstwy podatnej tkwiącej w niepodatnym otoczeniu. Aby odróżnić struktury mulionowe od budinażu należy stwierdzić, czy deformacja dotyczy wkładki bardziej czy mniej podatnej od otoczenia i czy mamy do czynienia raczej ze strukturami powstałymi w wyniku nabrzmień (muliony), czy rozerwania (budiny). Struktury mulionowe mogą powstawać także na granicy materiału podatnego i niepodatnego i wówczas przypominają zafałdowania. Kolejnym, szczególnym typem drobnych struktur fałdowych związanych z fałdowaniem pakietu skał, których powstanie wiąże się z przemieszczeniami wzdłuż powierzchni ławic i towarzyszącym mu tarciem, jest **gufraż** czyli zmarszczkowanie tektoniczne. W przeciwieństwie do np. fałdków ciągnionych zafałdowania nie obejmują całej ławicy, lecz tylko jej powierzchnię. Są to bardzo

drobne fałdki, których rozmiary nie przekraczają kilku milimetrów, o asymetrycznym pokroju wskazującym na zwrot ruchu wzdłuż powierzchni ławicowych czy powierzchni złupkowacenia. Można je spotkać zarówno w skałach osadowych jak i metamorficznych.



Gufraż

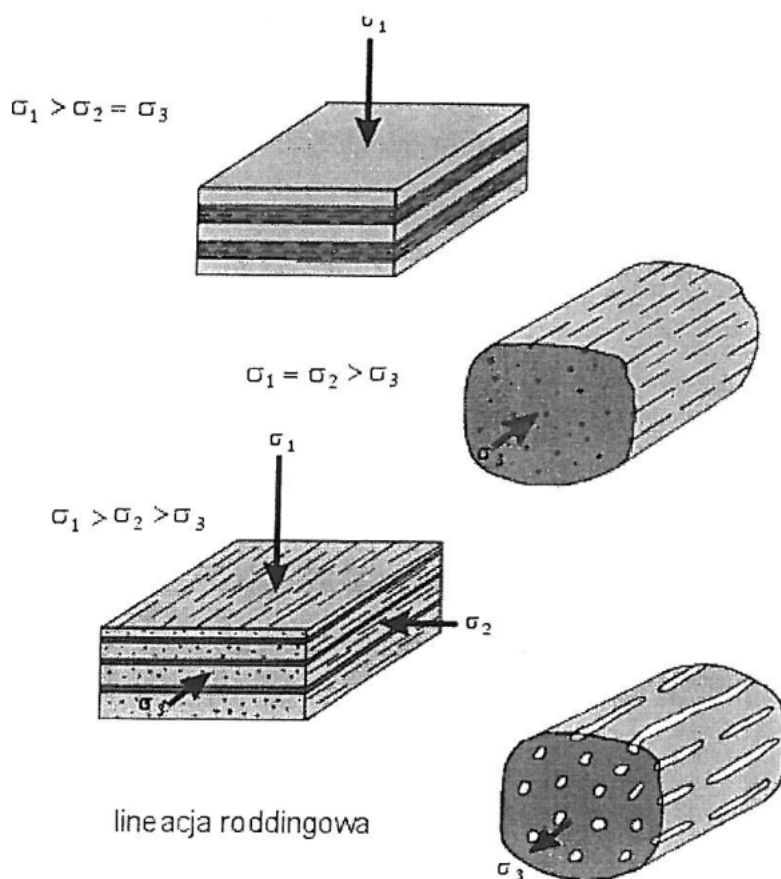
LINEACJE I FOLIACJE

Pojęcia lineacji i foliacji mają znacznie szerszy kontekst niż ten, w którym zostaną tu omówione, tj. jako tekstury kierunkowe (linearne bądź planarne) występujące w skałach metamorficznych i magmowych. Przypomnijmy, że pojęcia lineacja możemy użyć również np. odnośnie budinażu, osi fałdów czy kłiwu ołówkowego. Lineacje i foliacje występujące w skałach metamorficznych i magmowych mają bardzo dużą użyteczność w analizie strukturalnej (zwanej też analizą teksturalną) szczególnie wówczas, gdy brakuje innych struktur pozwalających na rekonstrukcję układu naprężeń.

Mówiąc o lineacji będziemy mieli na myśli takie wewnętrzne uporządkowanie minerałów o pokroju igiełkowym, pręcikowym czy słupowym, ich dłuższe osie są ustawione względem siebie mniej więcej równolegle. To wewnętrzne uporządkowanie tekstury skały związane jest z możliwością wzrostu minerałów w kierunku najmniejszego naprężenia (σ_3), gdzie ściskanie było najmniejsze, a więc układają się one zgodnie z kierunkiem największego wydłużenia (a prostopadle do osi kompresji σ_1), czyli zgodnie z osią A elipsoidy odkształceń. Inaczej mówiąc równoległe ułożenie minerałów o wydłużonym pokroju jest formą **lineacji A**. Z takim uporządkowaniem możemy się spotkać np. w gnejsach, czy łupkach łyszczykowych zawierających np. piroksen. Obecność samej lineacji, jak np. pochodzącej od piroksenu w skałach kwarcowo-piroksenowych, a niekiedy od amfibolu w amfibolitach, pozwala w sposób jednoznaczny określić orientację osi A, wskazującej na kierunek naprężenia najmniejszego (σ_3) i na tej podstawie wyznaczyć płaszczyznę prostopadłą, w której działały pozostałe dwa naprężenia. O ile w skale nie zaznacza się żadne dodatkowe uporządkowanie tekstur, to można przypuszczać, że pozostałe dwa naprężenia mogły być równe co do wartości, a więc: $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$.

Równie użyteczna jest foliacja występująca głównie w skałach metamorficznych. Za jej obecność odpowiedzialne jest płasko-równoległe ułożenie minerałów blaszkowych i tabliczkowych lub naprzemienny układ składników mineralnych powstałych w procesie metamorfizmu, np. naprzemienne występowanie smug biotytowych i skaleniowo-kwarcowych w gnejsach. Występowanie płasko-

równoległych struktur w skałach metamorficznych pozwala w sposób jednoznaczny określić kierunek największego skrócenia (kompresji) jako prostopadły do foliacji, natomiast co do pozostałych dwóch kierunków naprężeń – to jeżeli nie mamy dodatkowych informacji pochodzących np. z lineacji mineralnej, to można jedynie stwierdzić, że były one położone w płaszczyźnie foliacji. **lineację roddingową**. Powstaje ona na skutek wrzecionowatego wydłużenia wcześniej istniejących agregatów mineralnych prowadzącego np. do przemiany gnejsu oczkowego (poprzez rozciągnięcie w nim „oczek”) w skałę o wyrazistej lineacji A. Lineacja roddingowa jest jednym z przypadków tzw. **lineacji elongacyjnej** (czyli lineacji z rozciągania), która może prowadzić np. do porozrywania wzdłuż kierunku rozciągania porfiroblastów lub rekrytalizacyjnej rozbudowy mineralnej powodującej liniowe uporządkowanie ziarn. Z lineacją elongacyjną można się spotkać także w skałach osadowych, gdzie przejawia się wydłużeniem ooidów, skamieniałości, otoczków czy konglomeratów.

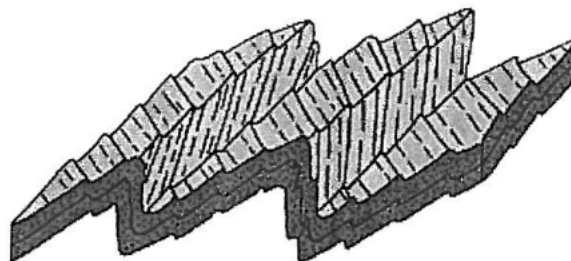


Możliwości interpretacji układu naprężeń na podstawie lineacji i foliacji

Należy pamiętać, że nie każda lineacja mineralna jest pochodzenia tektonicznego, np. w skałach magmowych może się wiązać z kierunkami przemieszczania się magmy. Przypadki takie należy eliminować np. stwierdzając dużą zmienność kierunków lineacji.

Skały metamorficzne często noszą ślady kilkakrotnej deformacji i na struktury o charakterze lineacji i foliacji nałożone są deformacje fałdowe. Może się zdarzyć, że kierunki naprężeń odczytane np. z obecności lineacji nie zgadzają się z kierunkami wyinterpretowanymi na podstawie struktur fałdowych. Wówczas można

przypuszczać, że odczytany z lineacji kierunek tektoniczny jest starszy, niż ten określony na podstawie orientacji osi fałdów.



Stosunek fałdów do lineacji (struktury nałożone)

[\[POPZEDNIA\]](#) [\[SPIS TREŚCI\]](#) [\[DO GÓRY\]](#) [\[NASTĘPNA\]](#)

Informacje o uzupełnieniach oraz sprostowania i uwagi proszę kierować do [webmastera](#)

Data ostatniej zmiany: 12.10.2001

Polskie znaki kodowane są zgodnie z normą [ISO-8859-2](#)