

Prof. dr hab. inż. Jacek Matyszkiewicz

KATEDRA ANALIZ ŚRODOWISKA, KARTOGRAFII I GEOLOGII GOSPODARCZEJ

Kartografia - wykład

Fałdy i ich analiza na mapach
i przekrojach

Fałd – każde wygięcie warstw pochodzenia niekoniecznie tektonicznego

Gdy stratygrafia utworów budujących fałd **nie jest znana**:

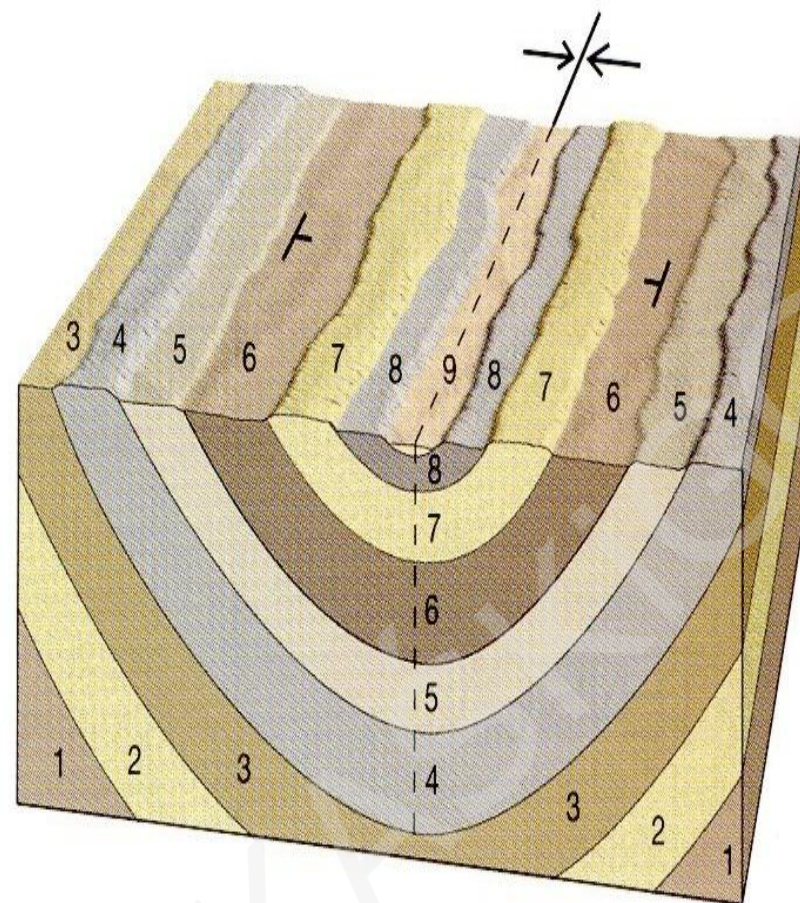
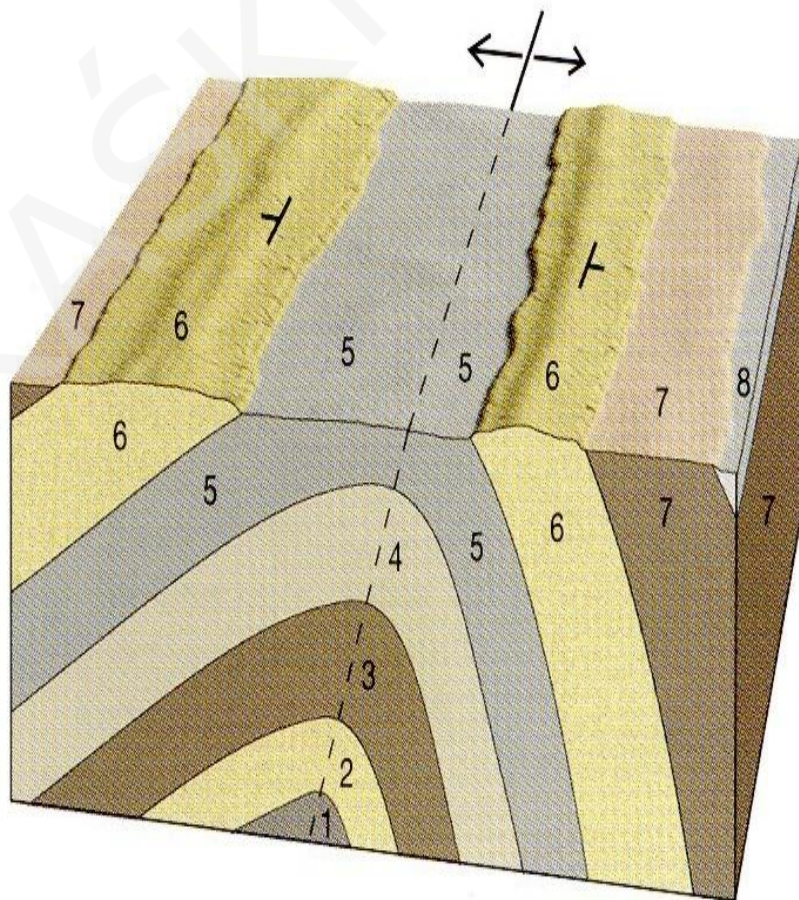
- ANTYFORMA – każda forma wypukła ku górze
- SYNFORMA – każda forma wklęsła ku górze

Gdy stratygrafia utworów budujących fałd **jest znana**:

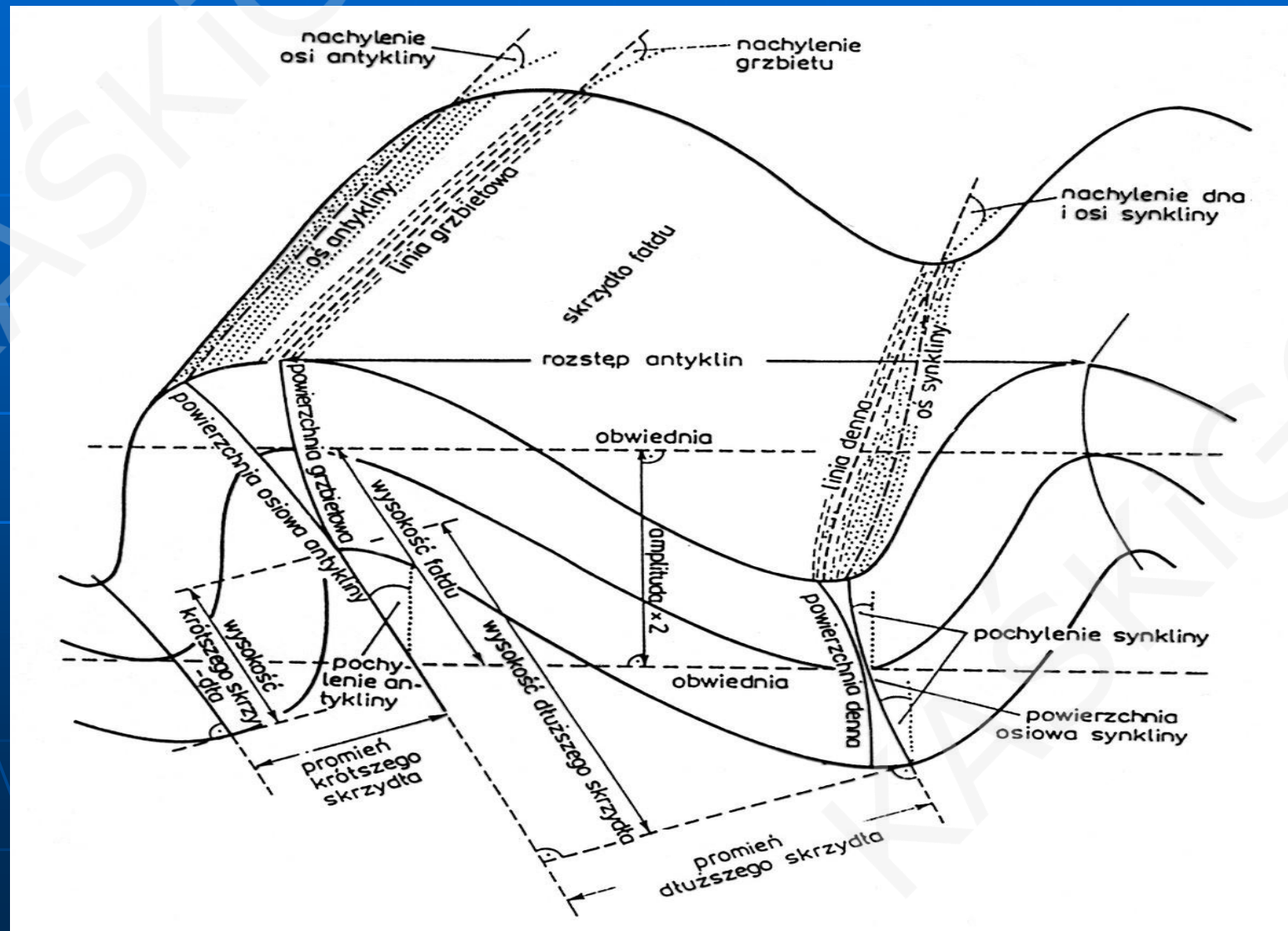
- ANTYKLINA – forma fałdu zawierająca w jądrze utwory starsze
- SYNKLINA – forma fałdu zawierająca w jądrze utwory młodsze

Budowa fałdowa

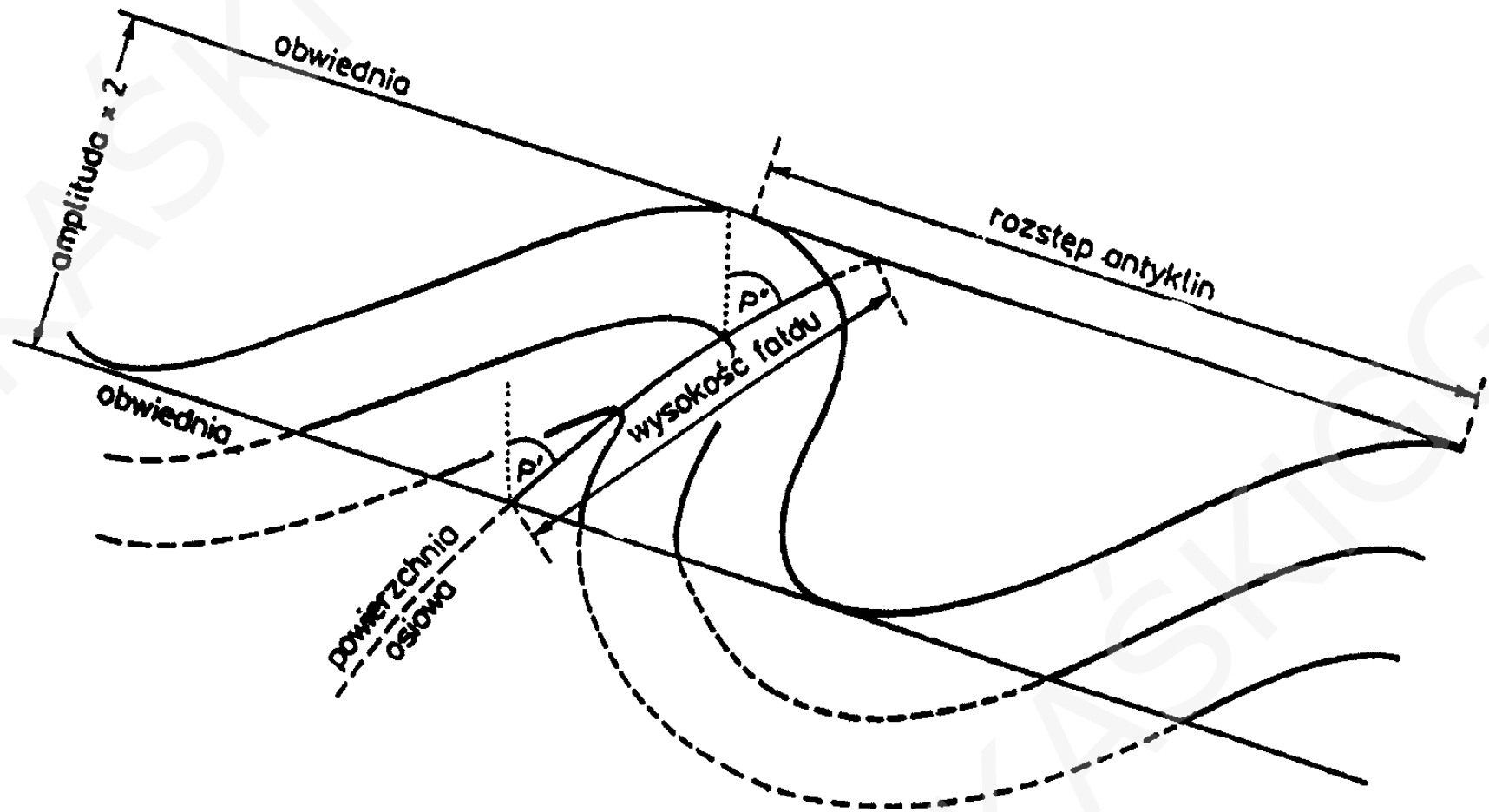
(R. M. Busch, 1999)



Elementy i parametry geometryczne fałdów (Dadlez, Jaroszewski, 1994)

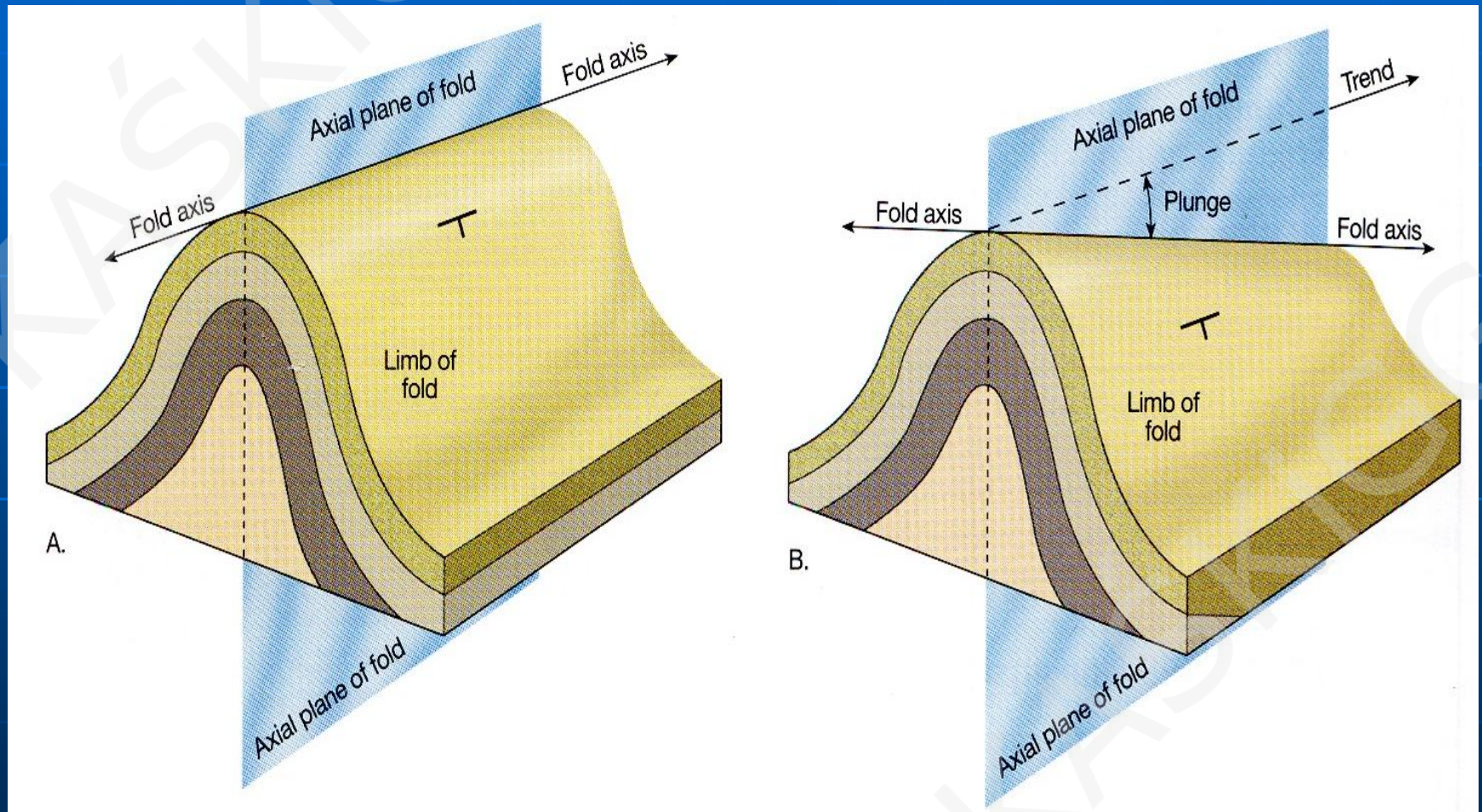


Elementy i parametry geometryczne fałdów (Dadlez, Jaroszewski, 1994)



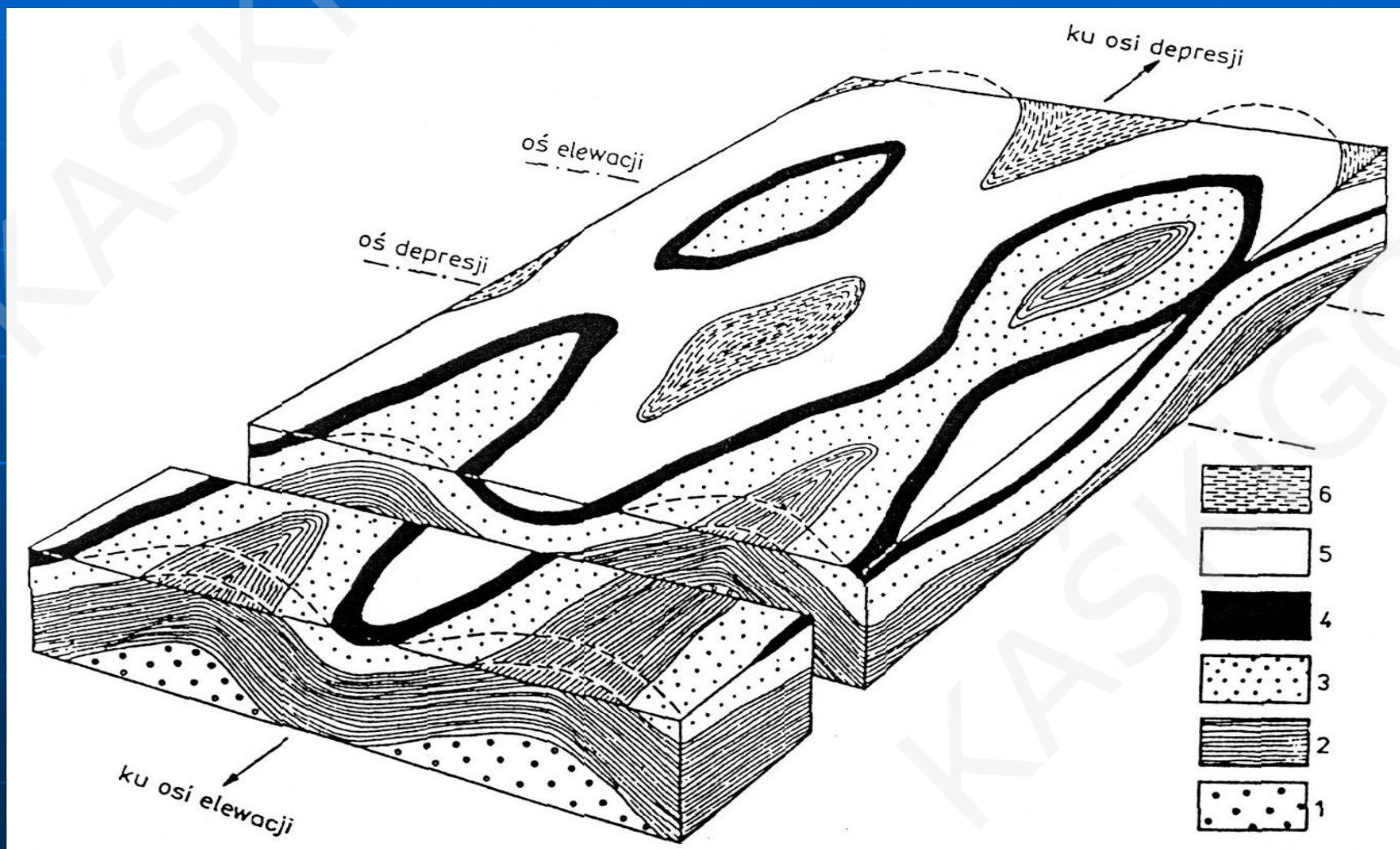
Budowa fałdowa (R. M. Busch, 1999)

Elementy i parametry geometryczne fałdów

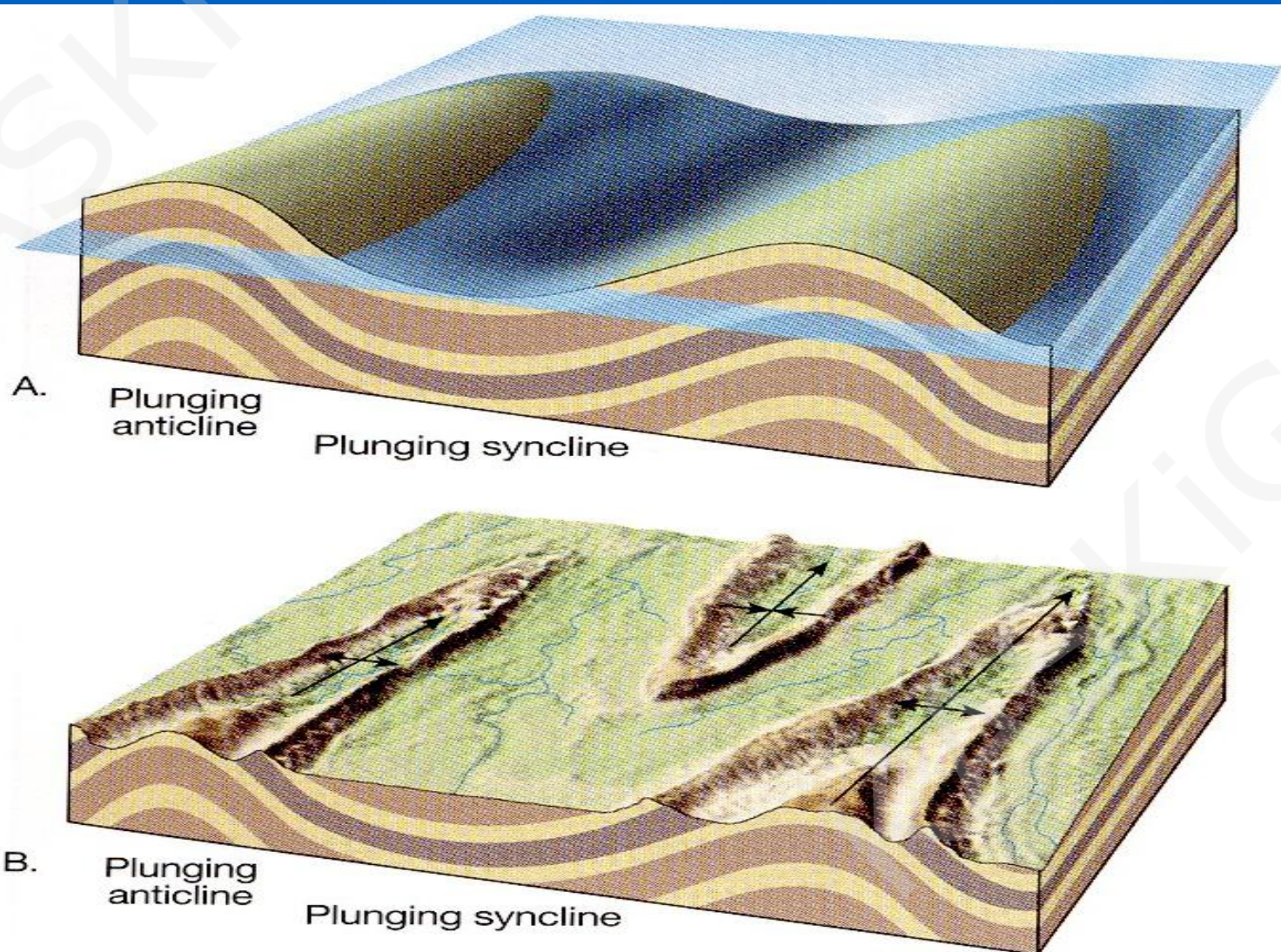


Undulacja osi fałdów wraz z ich obrazem na mapie geologicznej

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)



Efekt undulacji osi synkliny i antykliny (R. M. Busch, 1999)



Geometryczne klasyfikacje fałdów

Klasyfikacja kinematyczna

I. Kryterium – położenie powierzchni osiowych i skrzydeł oraz ogólna pozycja form fałdowych:

- fałd stojący
- fałd pochylony
- fałd obalony
- fałd leżący
- fałd przewalony

Geometryczne klasyfikacje fałdów

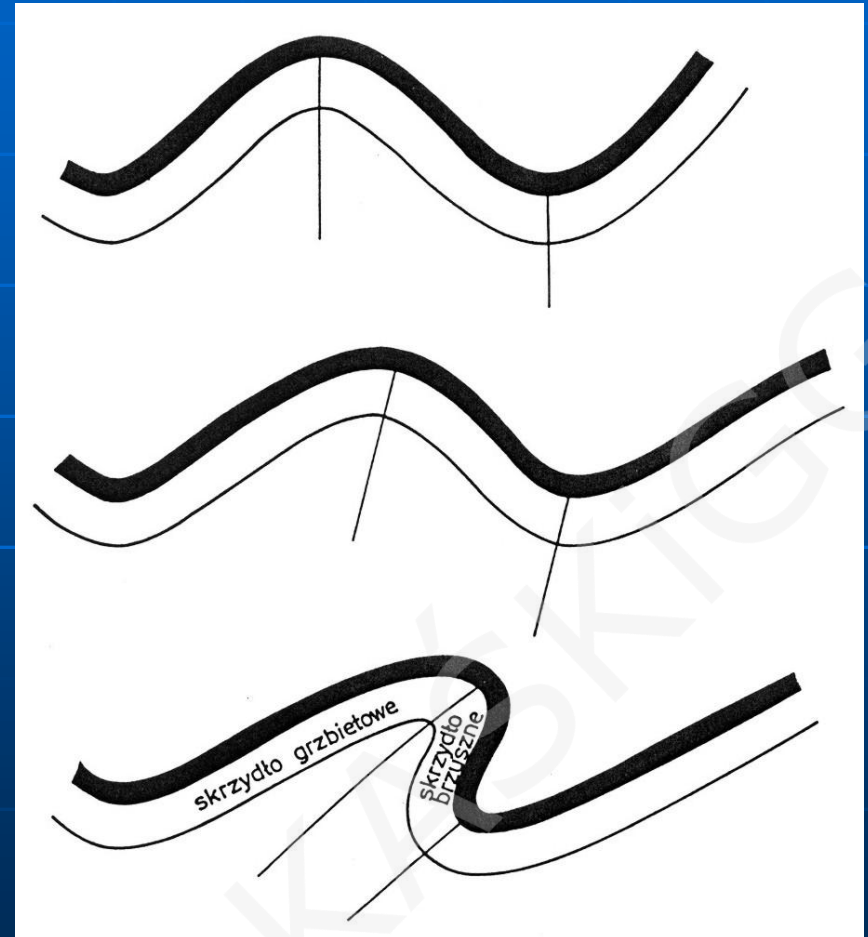
(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Kinematyczne
rodzaje fałdów:

a) fałd stojący

b) fałd pochylony

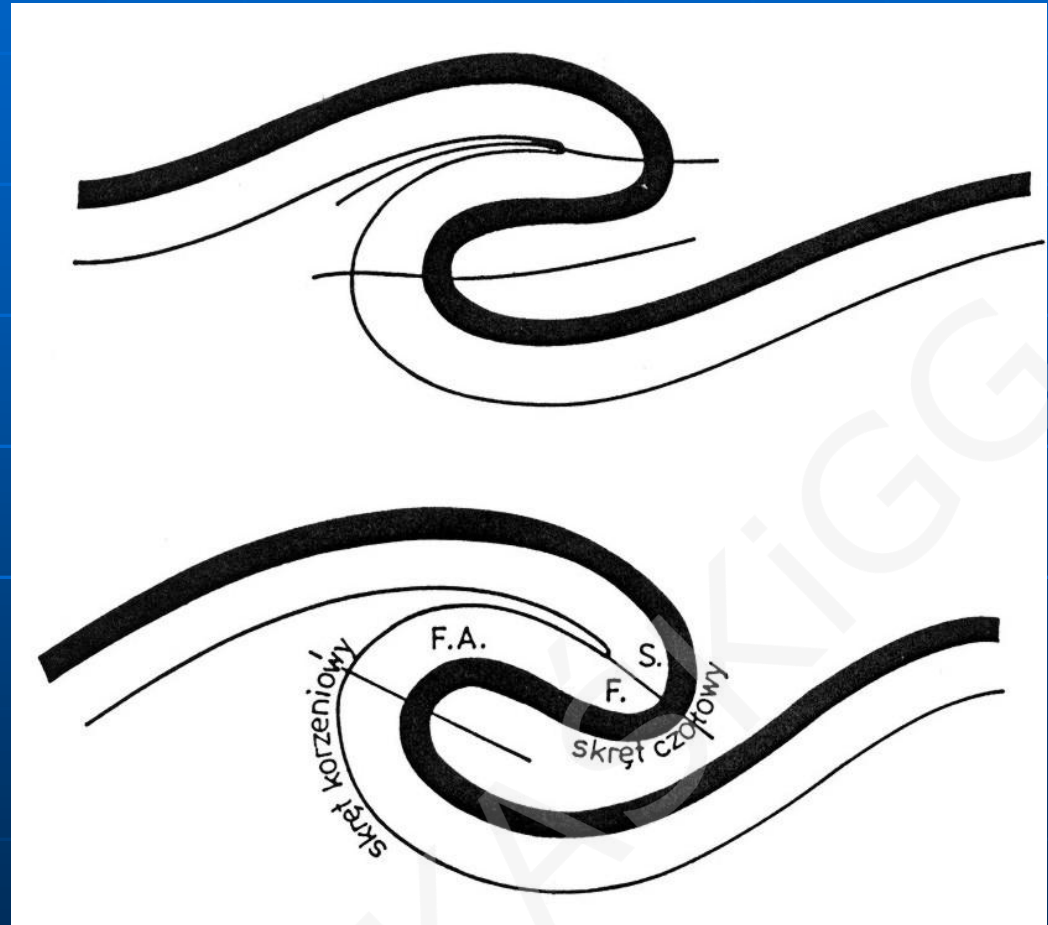
c) fałd obalony



Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

d) fałd leżący



e) fałd przewalony

F.A. – fałszywa antyklina

F.S. – fałszywa synklina

Geometryczne klasyfikacje fałdów

Klasyfikacja kinematyczna

II. Kryterium – symetria wewnętrzna
(symetryczność skrzydeł względem powierzchni osiowej):

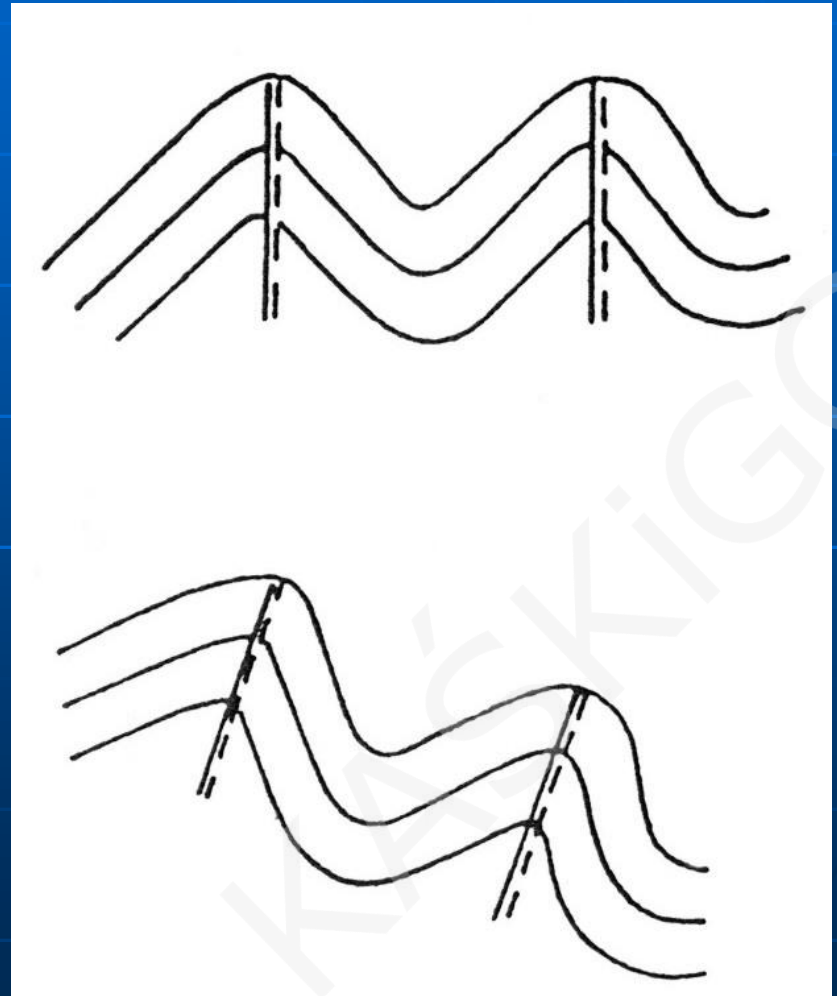
- fałdy symetryczne
- fałdy asymetryczne

Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Fałdy symetryczne:

a) stojące



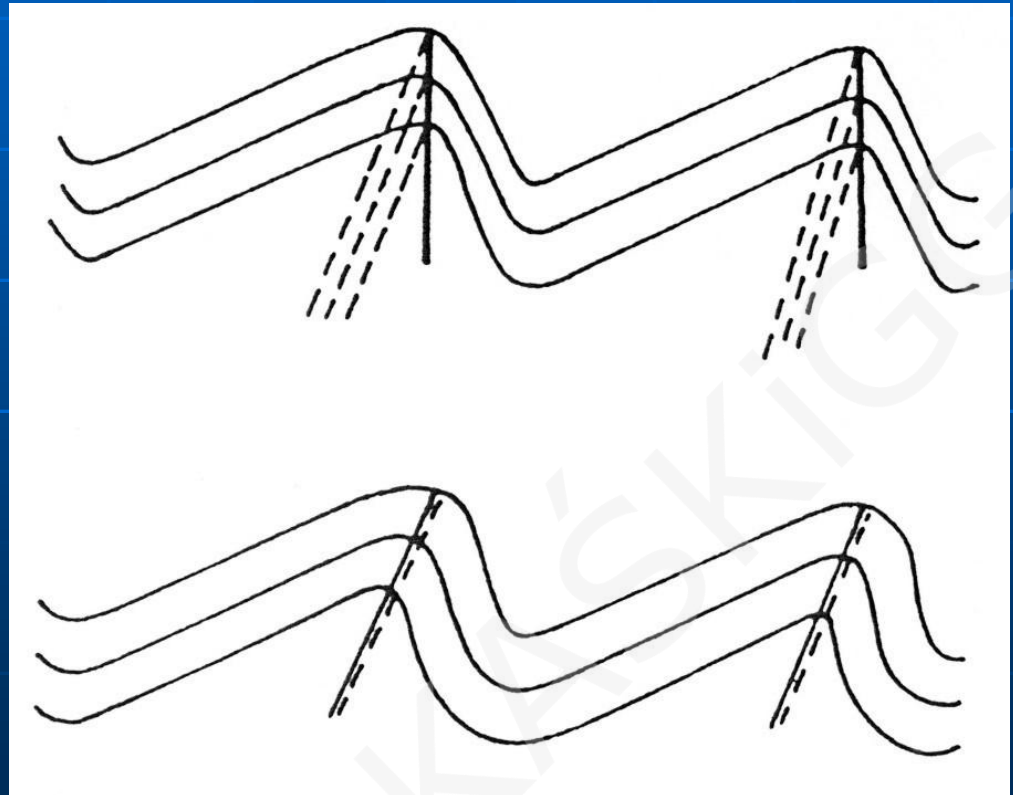
Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Fałdy asymetryczne:

a) stojące

b) pochylone



Geometryczne klasyfikacje fałdów

Klasyfikacja morfologiczna

I. Kryterium – kształt fałdów w przekroju

II. Kryterium – kąt zbieżności (kąt dwuścienny między płaszczyznami reprezentującymi średnie położenie skrzydeł fałdu):

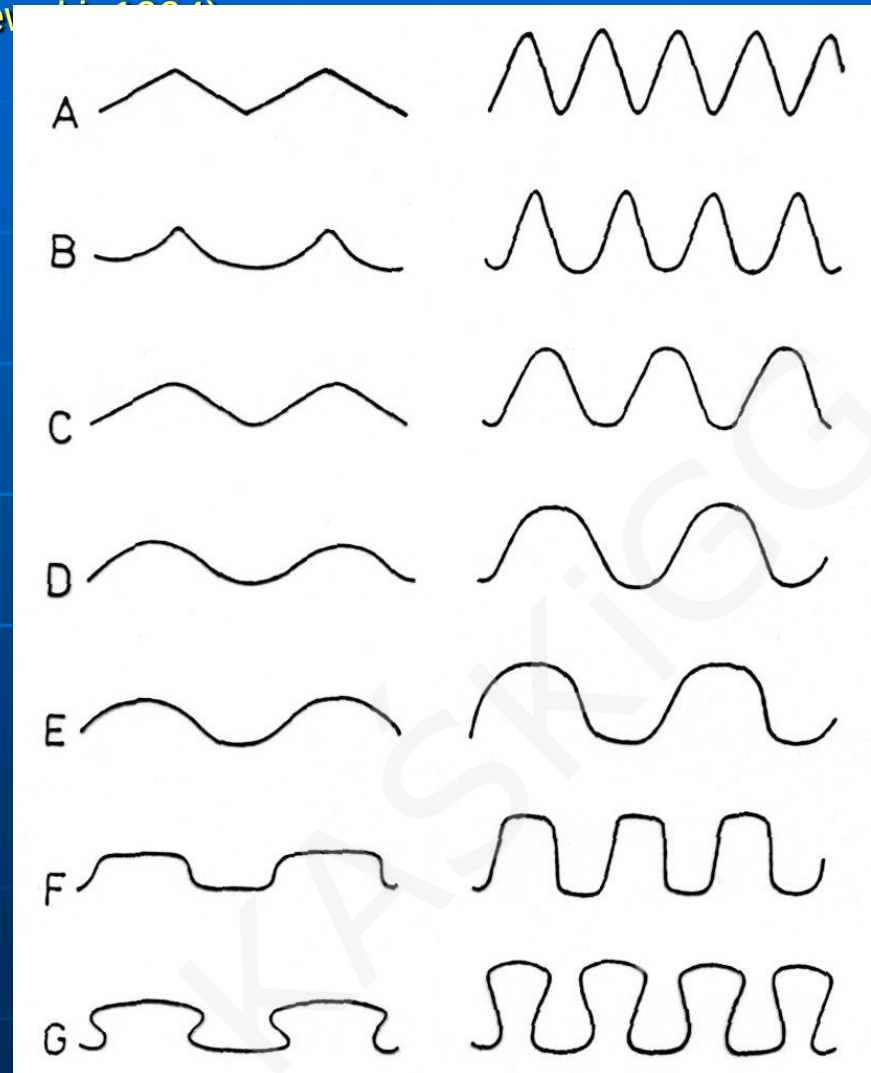
- fałd normalny
- fałd izoklinalny
- fałd wachlarzowy

Geometryczne klasyfikacje fałdów -

przykłady obrazowych określeń kształtu fałdów w przekroju

(Dadlez, Jaroszewicz 1998)

- a) zębate (zygzakowate, dachowe)
- b) grzebieniowate
- c) hiperboliczne
- d) paraboliczne
- e) półkoliste
- f) skrzynkowe (kuferkowe)
- g) wachlarzowe



Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

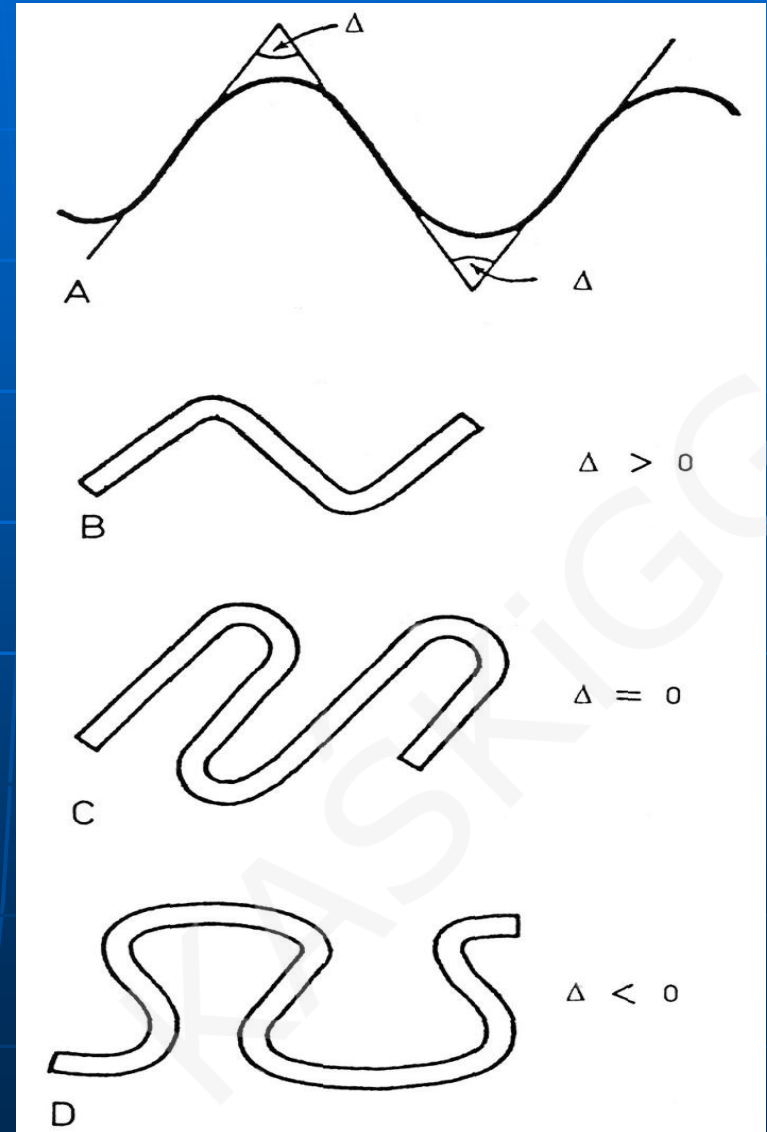
a) kąt zbieżności
fałdów Δ

Główne kategorie:

b) fałd normalny
(otwarty)

c) izoklinalny
(zamknięty)

d) wachlarzowy



Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

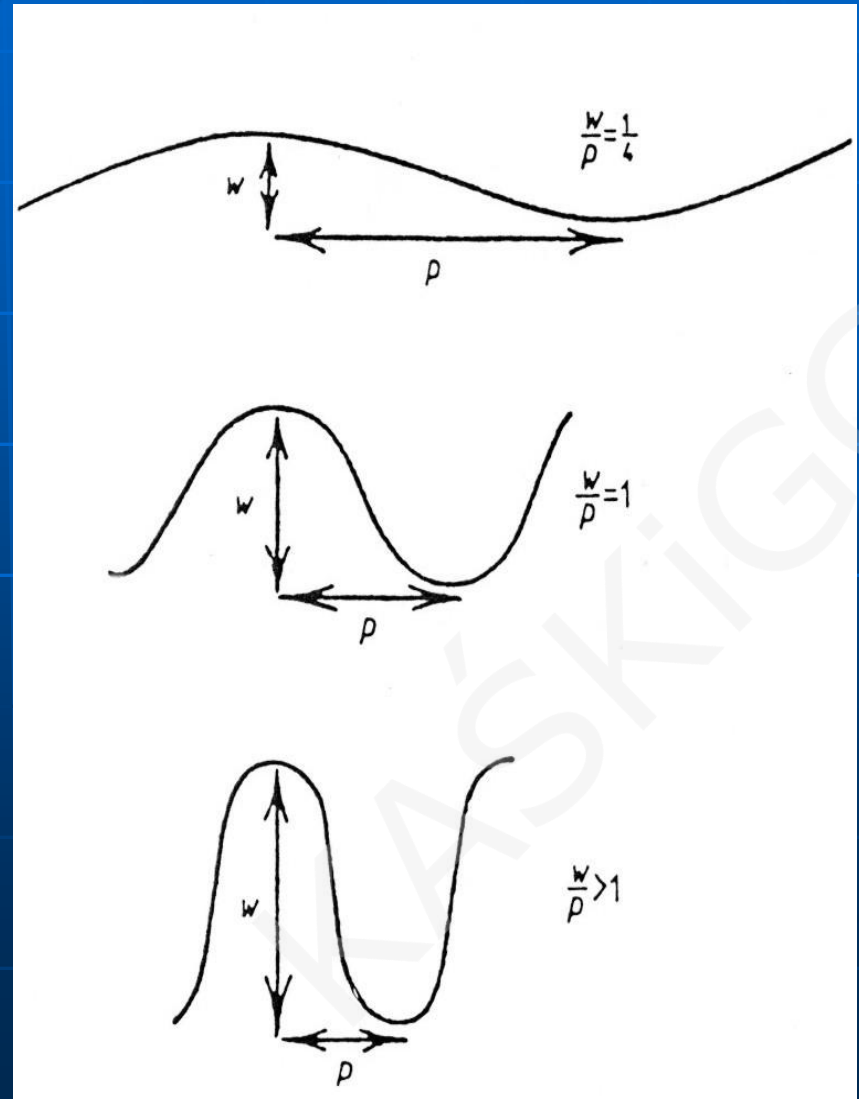
Klasyfikacja morfologiczna

III. Kryterium – stosunek wysokości fałdu do jego promienia:

a) fałd szerokopromienny

b) fałd średniopromienny

c) fałd wąskopromienny



Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

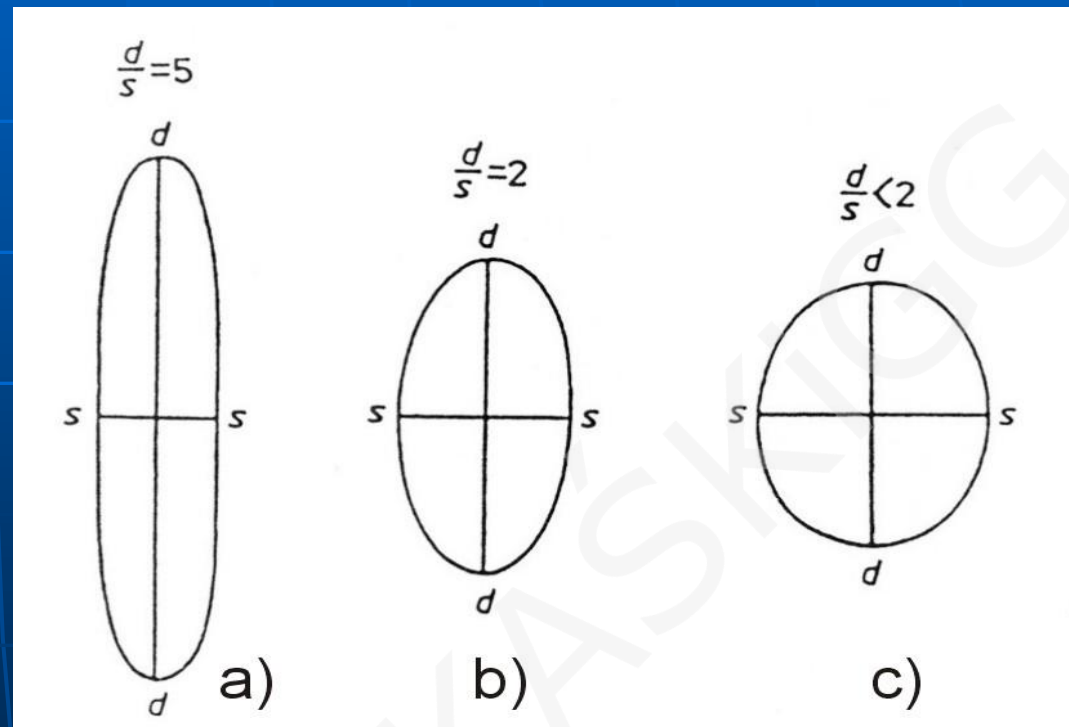
Klasyfikacja morfologiczna

IV. Kryterium – kształt fałdów w planie

a) antykliny i synkliny
linijne

b) brachyantykliny
i brachysynkliny

c) kopuły i niecki



Geometryczne klasyfikacje fałdów

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

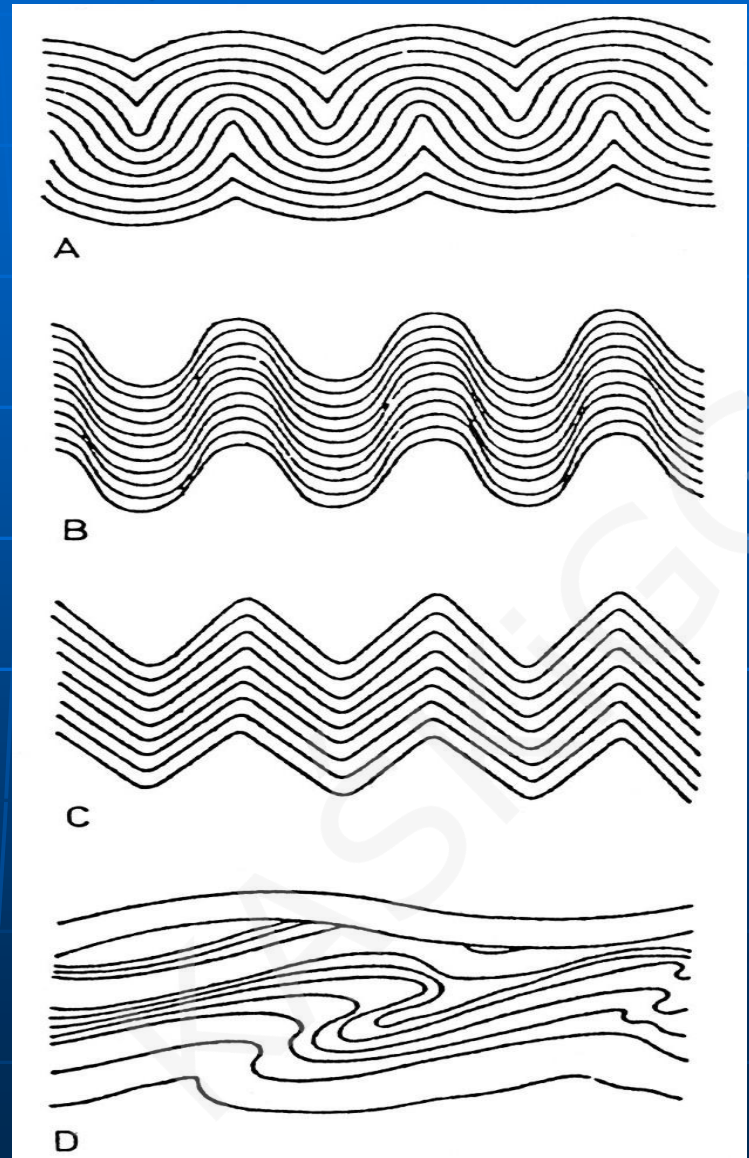
Klasyfikacja strukturalna

I. Kryterium – wzajemny stosunek ławic:

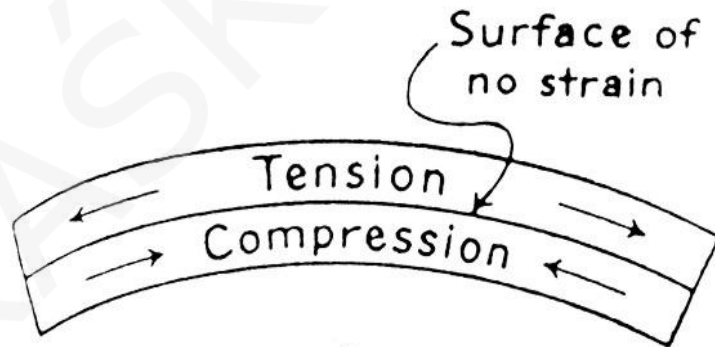
a) fałd koncentryczny

b i c) fałd symilarny

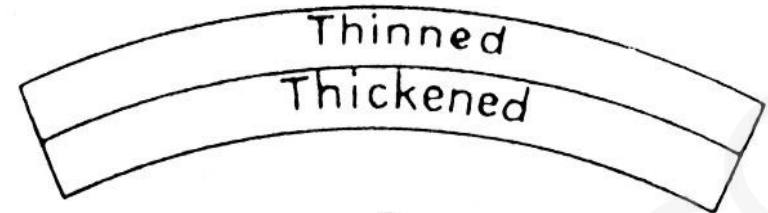
d) fałd dysharmonijny



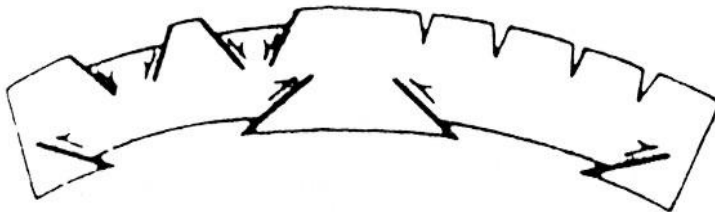
Zachowanie się ośrodków litologicznych w czasie zginania



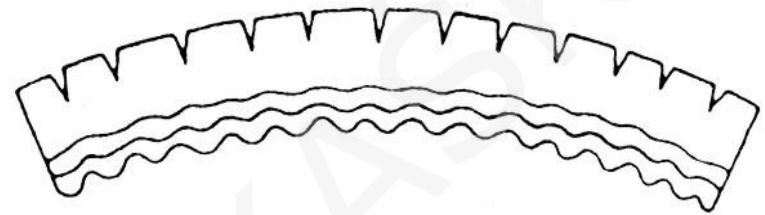
A



B



C



D

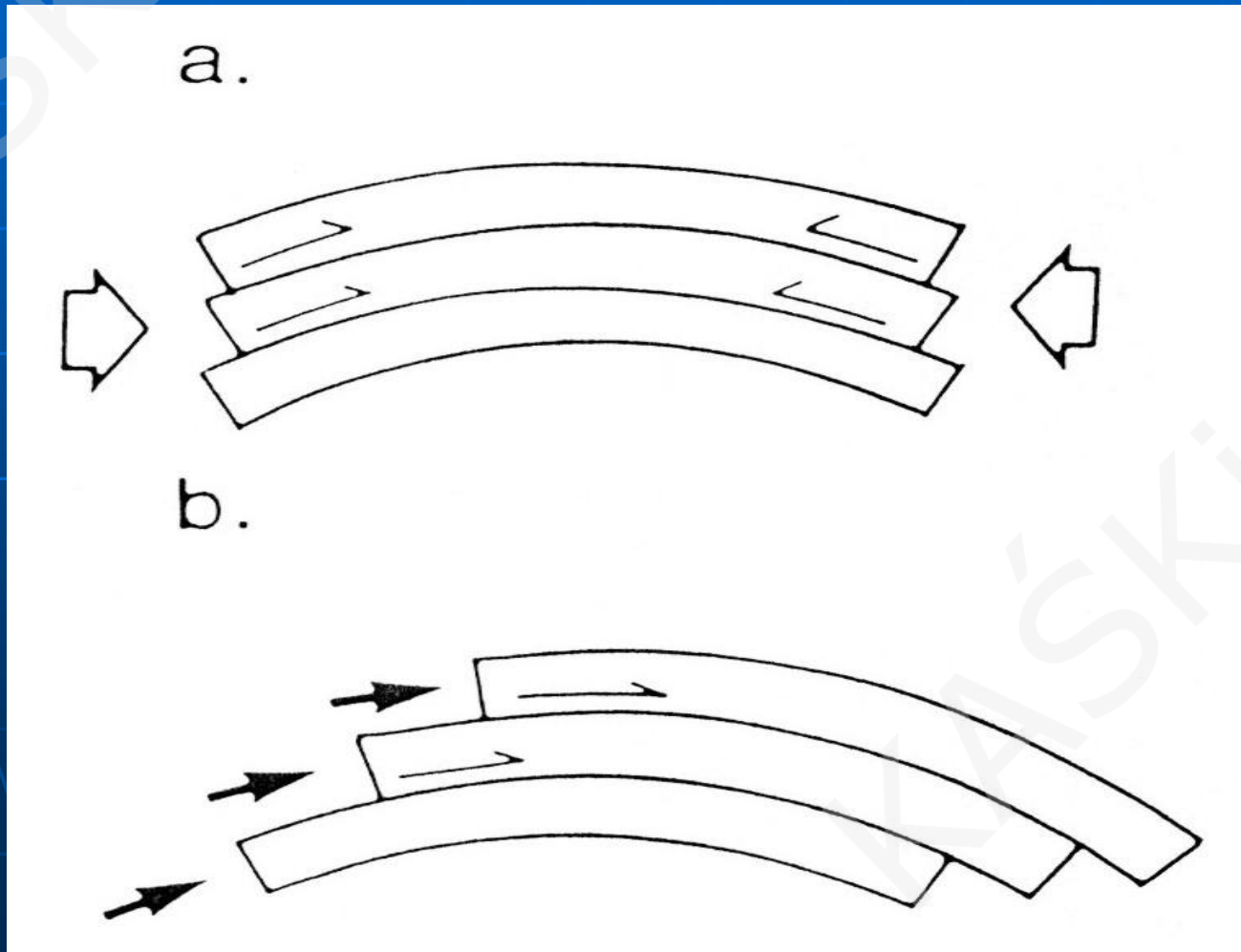
Mechanizmy fałdowania:

- zginanie
- ścinanie
- płynięcie

Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Przemieszczanie ławic wzdłuż powierzchni międzyławicowych



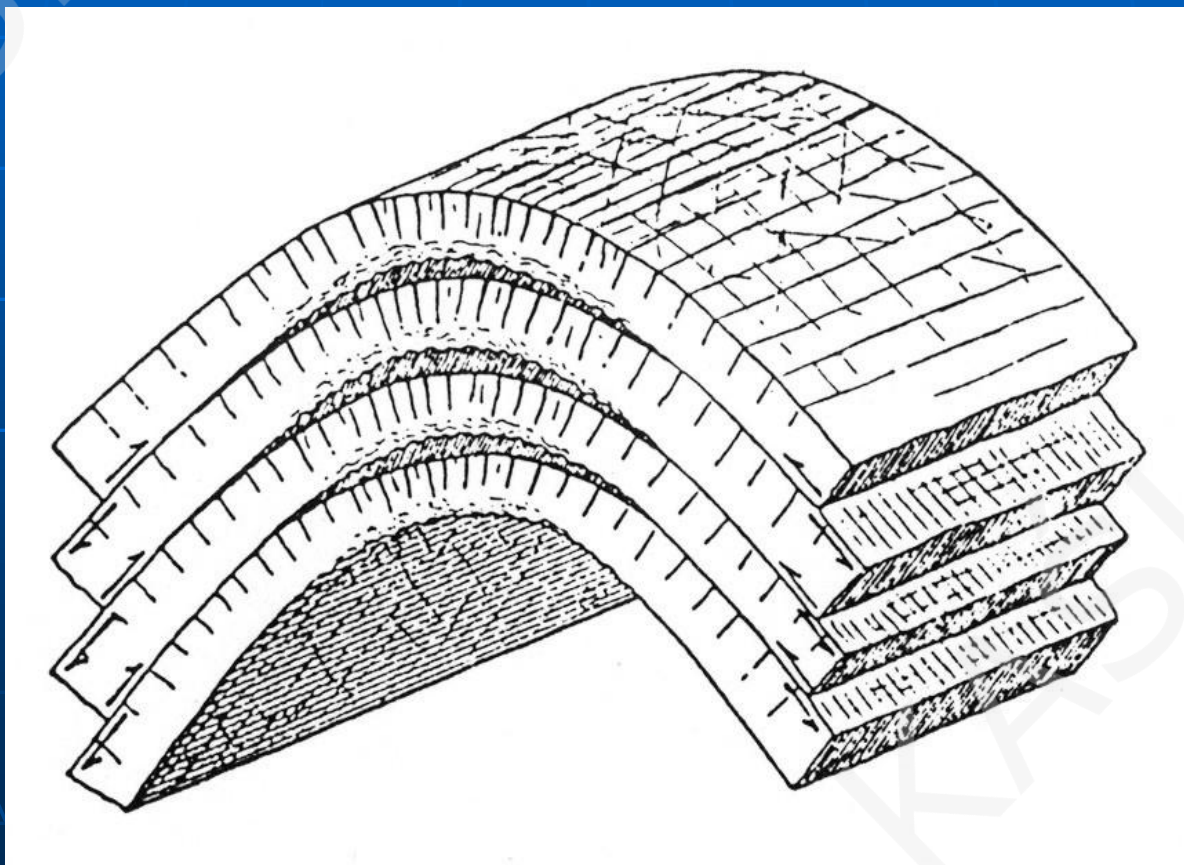
Fałdowanie ze zginania :

- polega na przemieszczeniu masy skalnej wzdłuż powierzchni międzyławicowych;
- ławice zachowują mniej więcej stałą miąższość, czego efektem jest powstawanie struktur koncentrycznych (przy dużym zróżnicowaniu litologicznym kompleksu i znaczącym udziale ławic grubszych), bądź symilarnych (w monotennie wykształconych i gęsto uławiconych kompleksach), w których zmiany miąższości ograniczają się do przegubów;
- występują odspojenia przegubowe;

Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Schemat genezy odspojień przegubowych



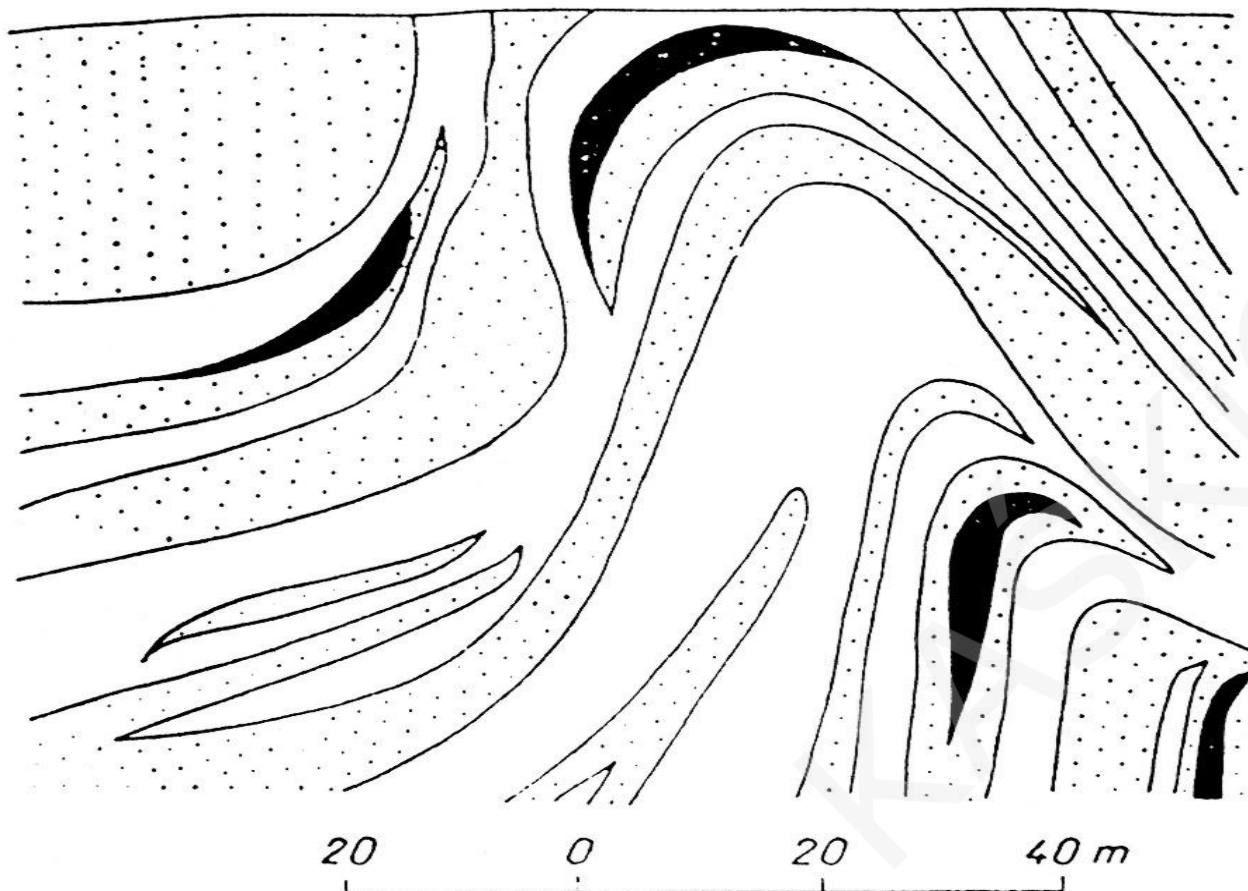
Fałdowanie ze zginania :

- tworzą się żyły siodłowe (często o wartości złożowej);
- powstają fałdy harmonijkowe, będące efektem przełamania fałdu w strefie osiowej;
- powstają uskoki epiantyklinalne (w dużych strukturach);
- występują wachlarzowo- lub radialno-koncentryczne pola naprężeń;
- mogą występować zjawiska: posuwu fałdowego, kliważu spekaniowego i budinażu;
- mogą tworzyć się fałdki ciągnione i fałdy pasożytnicze.

Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Powstawanie żył siodłowych



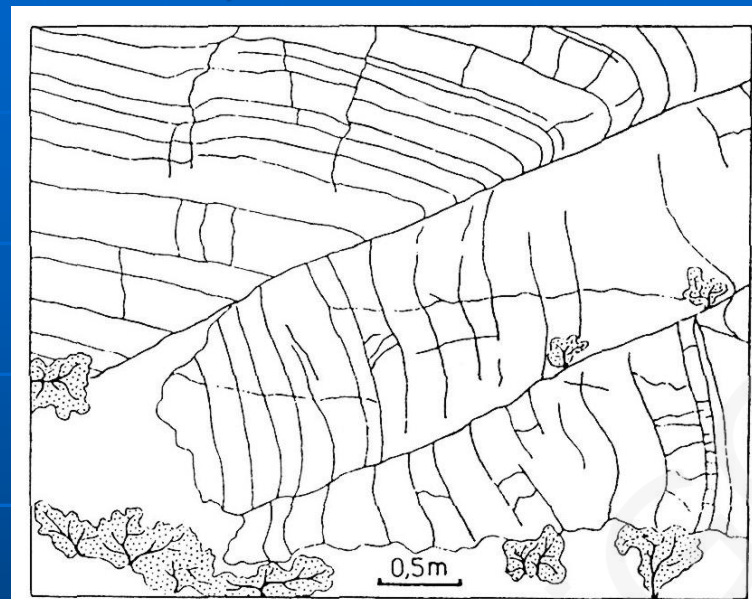
Fałdowanie ze zginania :

- tworzą się żyły siodłowe (często o wartości złożowej);
- powstają fałdy harmonijkowe, będące efektem przełamania fałdu w strefie osiowej;
- powstają uskoki epiantyklinalne (w dużych strukturach);
- występują wachlarzowo- lub radialno-koncentryczne pola naprężeń;
- mogą występować zjawiska: posuwu fałdowego, kliważu spekaniowego i budinażu;
- mogą tworzyć się fałdki ciągnione i fałdy pasożytnicze.

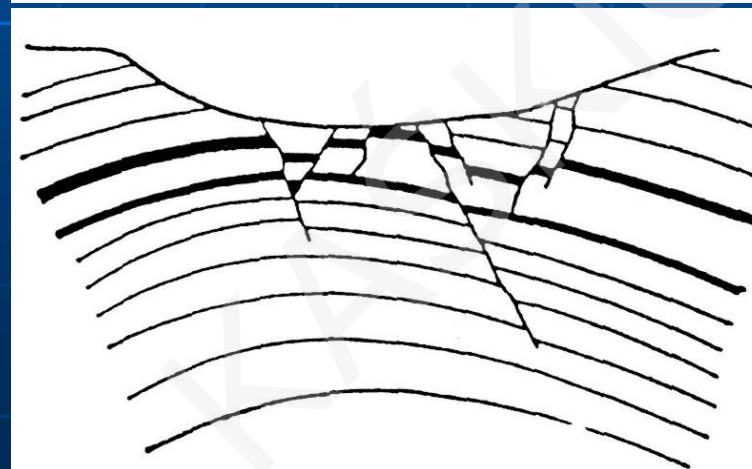
Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

- Pochylona antyklina typu harmonijkowego, z zaczątkowym nasuwaniem się skrzydła górnego na dolne wzdłuż pęknięcia w strefie osiowej.
Górnokredowy flisz Topolnicy w Bułgarii



- System uskoków epiantyklinalnych. Półwysep Apszeroński koło Baku, (wg Biełołusowa)

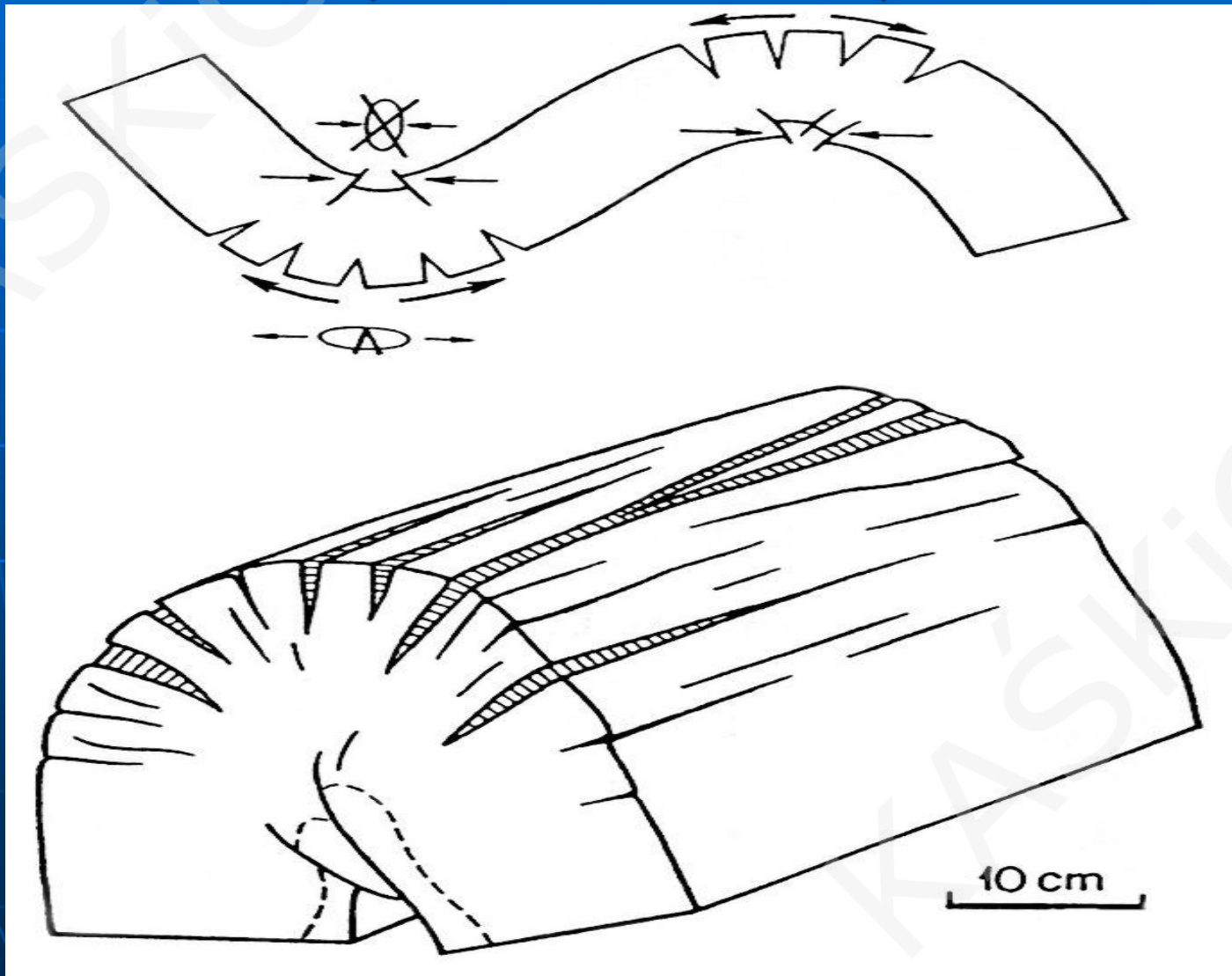


Fałdowanie ze zginania :

- tworzą się żyły siodłowe (często o wartości złożowej);
- powstają fałdy harmonijkowe, będące efektem przełamania fałdu w strefie osiowej;
- powstają uskoki epiantyklinalne (w dużych strukturach);
- występują wachlarzowo- lub radialno-koncentryczne pola naprężeń;
- mogą występować zjawiska: posuwu fałdowego, kliważu spekaniaowego i budinażu;
- mogą tworzyć się fałdki ciągnione i fałdy pasożytnicze.

Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)



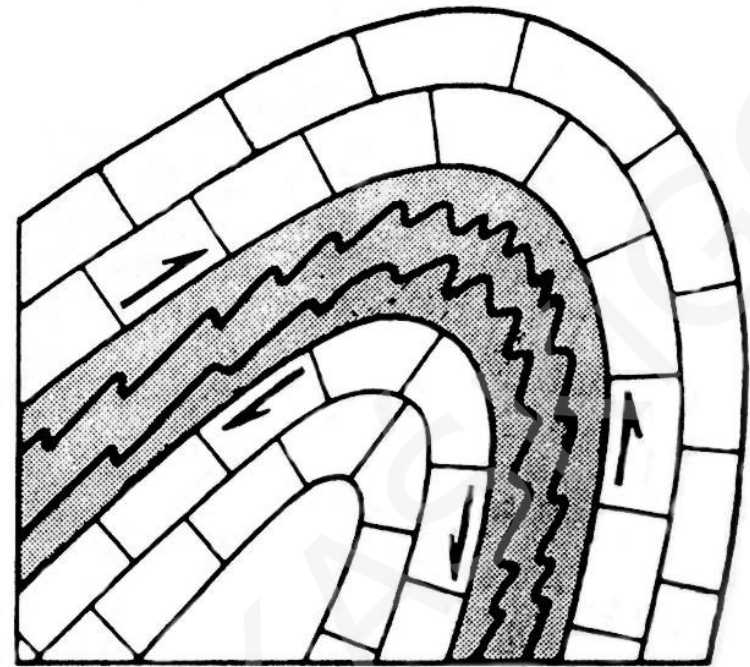
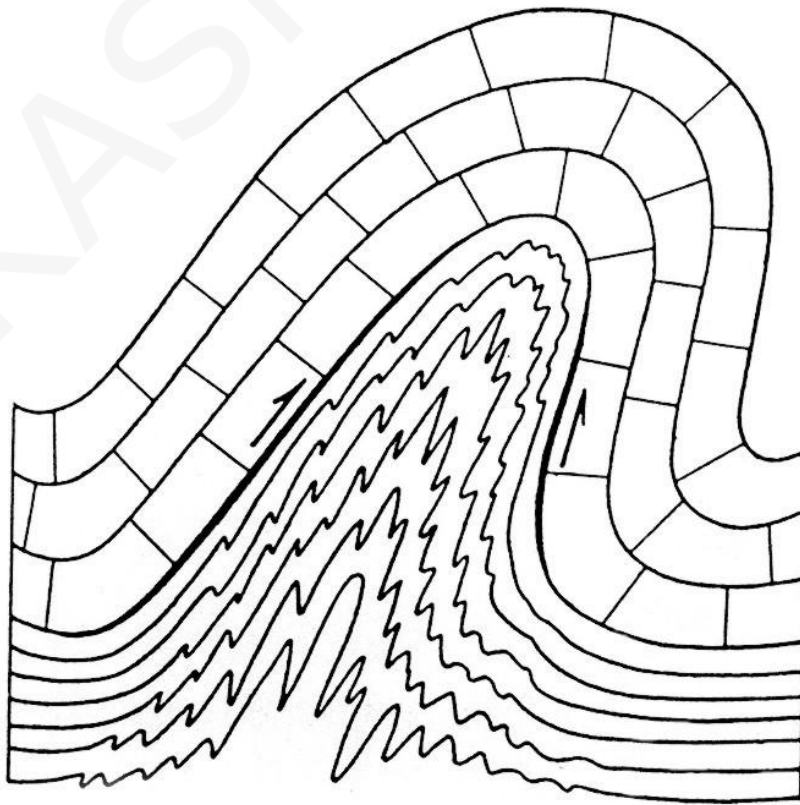
Fałdowanie ze zginania :

- tworzą się żyły siodłowe (często o wartości złożowej);
- powstają fałdy harmonijkowe, będące efektem przełamania fałdu w strefie osiowej;
- powstają uskoki epiantyklinalne (w dużych strukturach);
- występują wachlarzowo- lub radialno-koncentryczne pola naprężeń;
- mogą występować zjawiska: posuwu fałdowego, kliważu spekaniowego i budinażu;
- mogą tworzyć się fałdki ciągnione i fałdy pasożytnicze.

Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

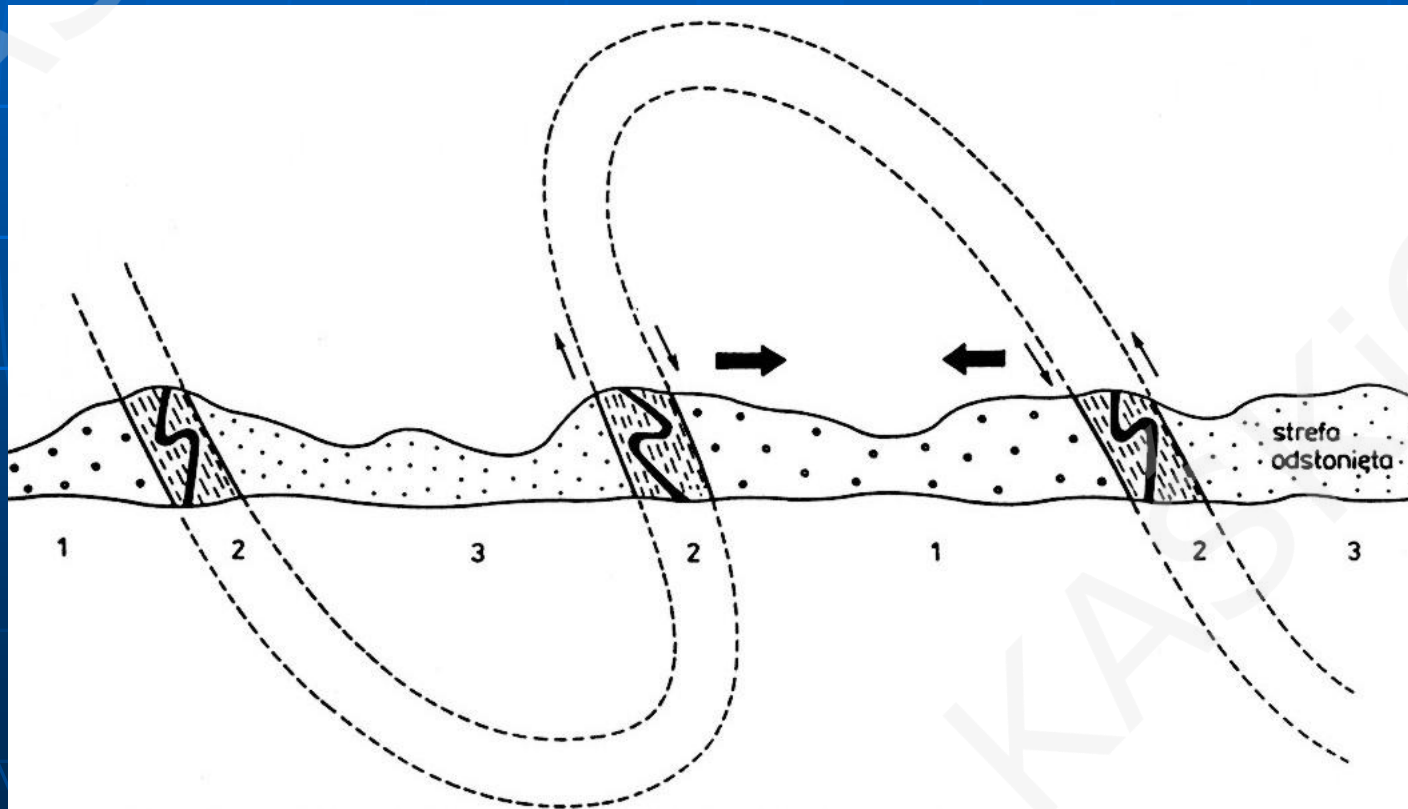
fałdki ciągnione



Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

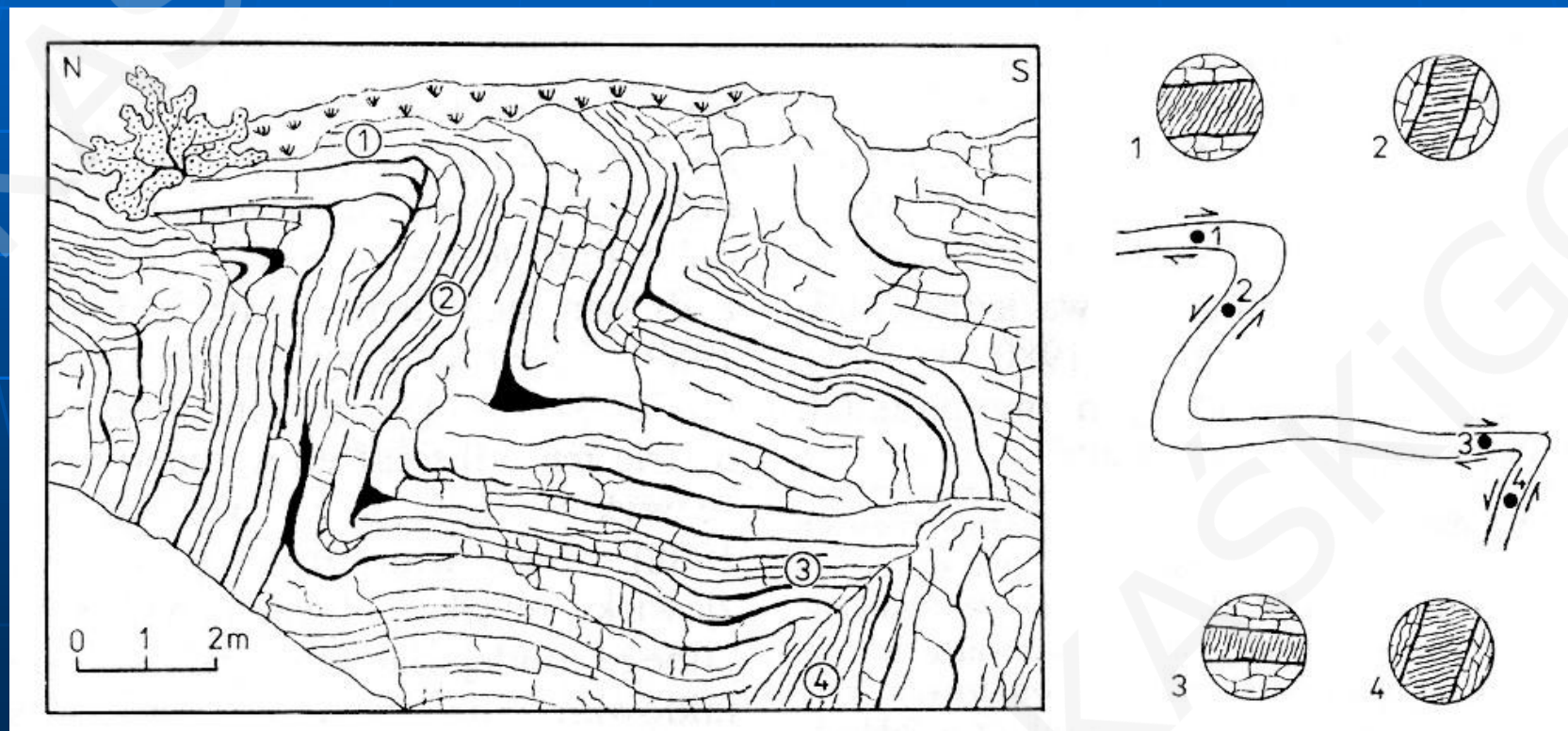
Interpretacja fałdów i następstwa warstw
z pomocą fałdków ciągnionych



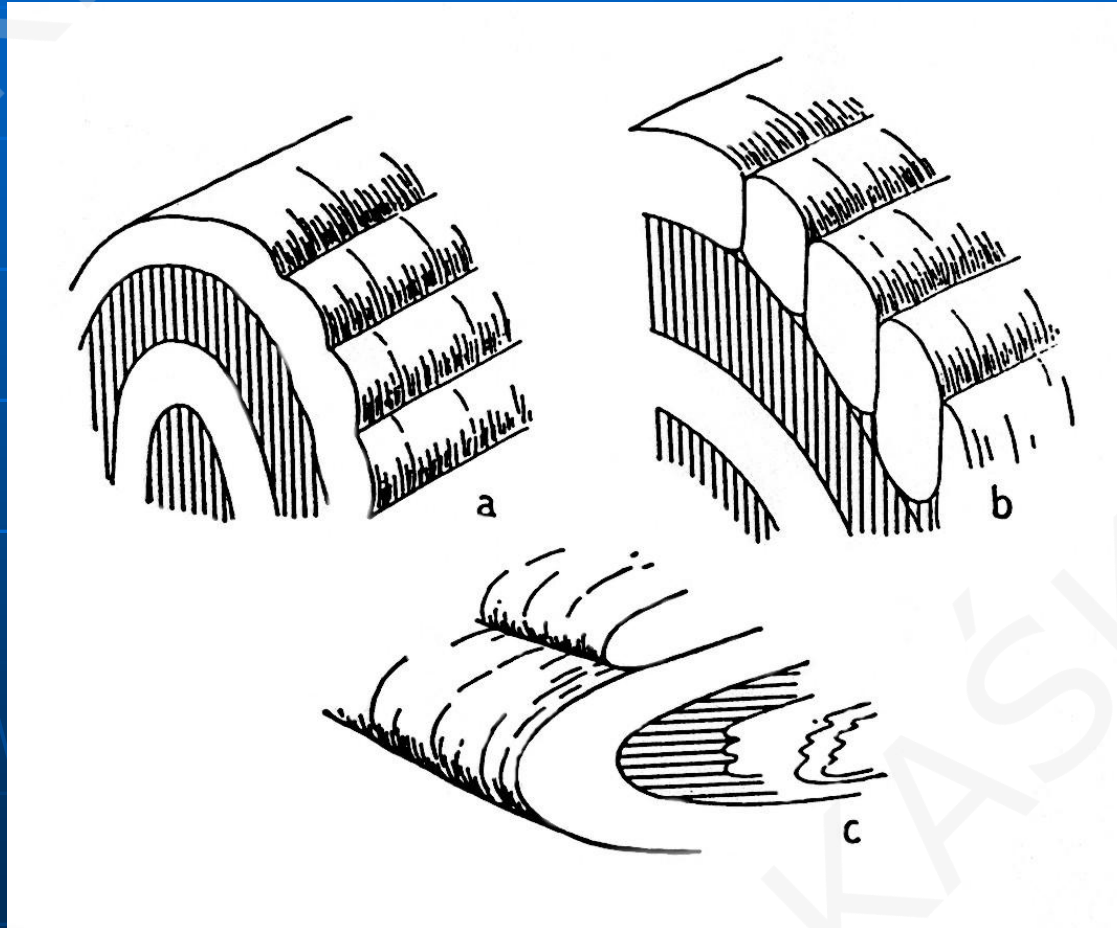
Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Kliważ spękaniaowy we wkładkach ilasto-marglistych
wśród wapieni franu – fragment fałdów śluchowickich
koło Kielc (dewon)



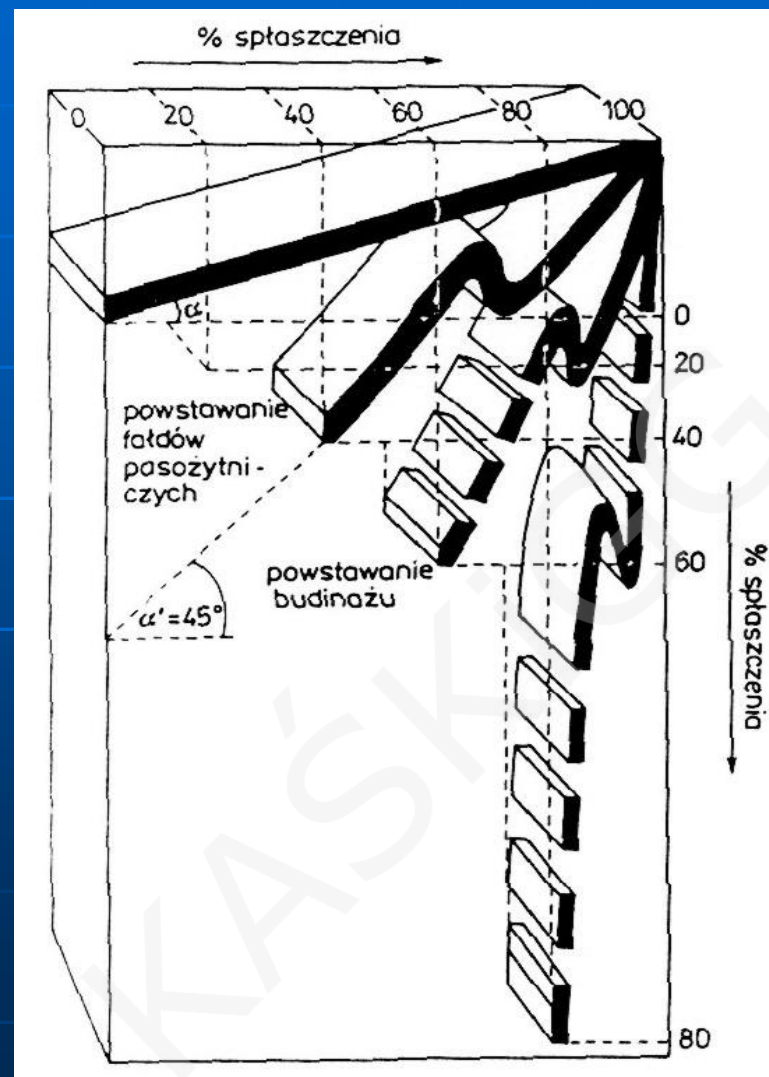
Fałdowanie ze zginania budinaż



Fałdowanie ze zginania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Zmiana długości ławicy o wyjściowym nachyleniu α (nadanym przez fałdowanie ze zginania) w procesie dalszego fałdowania ze spłaszczaniem plastycznym: powstawanie fałdów pasożytniczych i budinażu

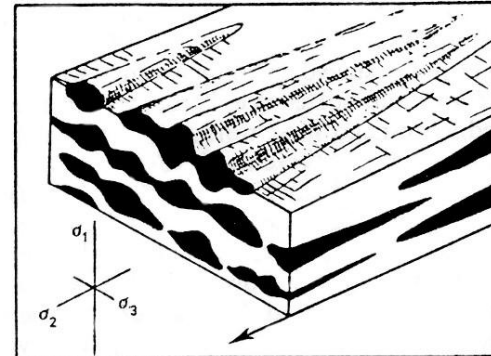


Fałdowanie ze zginania

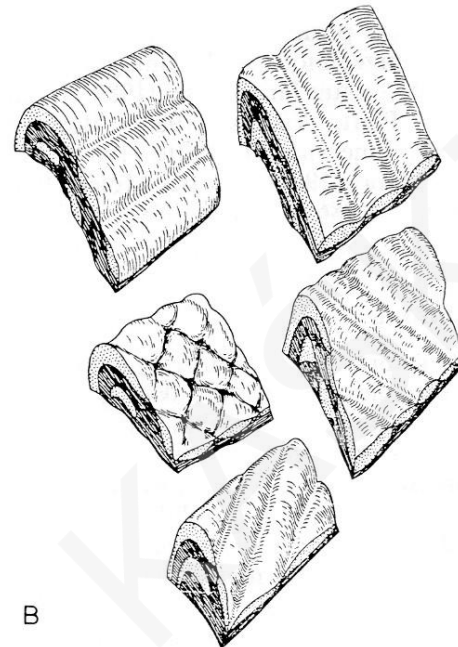
(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Budinaż:

- a) budiny w przeławiceniach piaskowcowych wśród łupków ilastych
- b) możliwe orientacje budin w fałdach



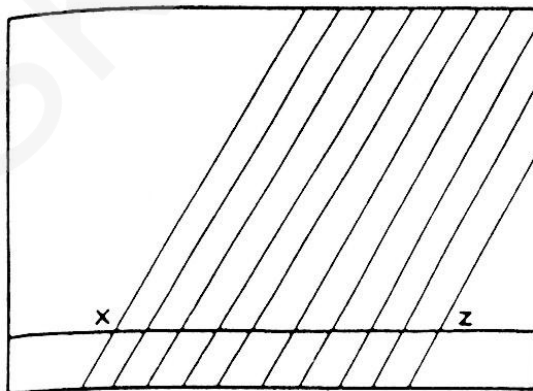
A



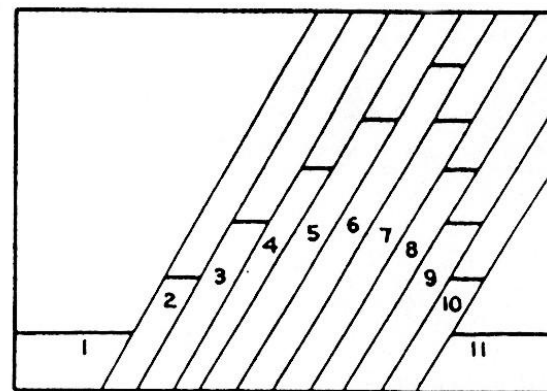
B

Fałdowanie ze ścinania

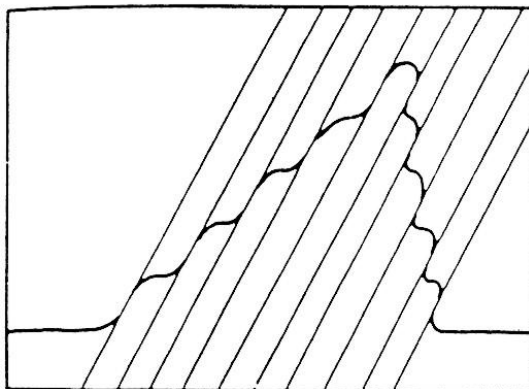
geneza powstania



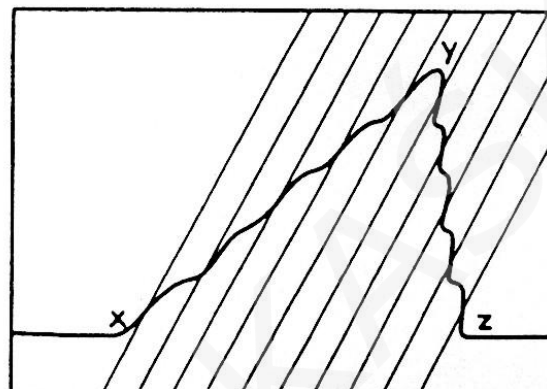
A



B



C



D

Fałdowanie ze ścinania:

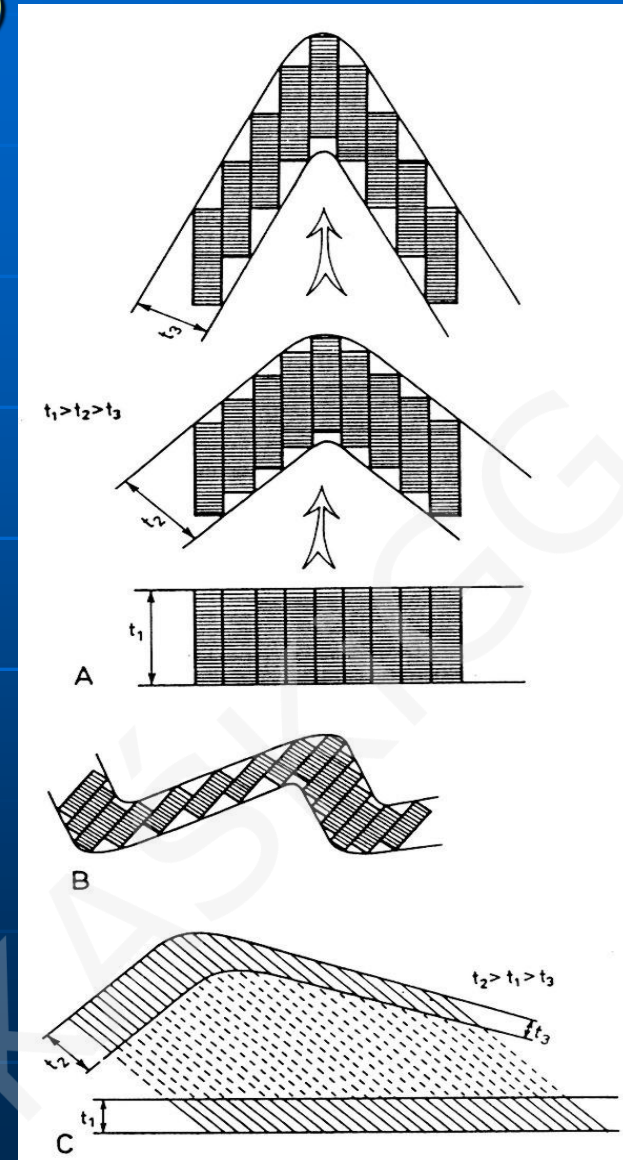
- polega na przemieszczeniu masy skalnej wzdłuż gęstych powierzchni przecinających uławicenie, równoległe do powierzchni osiowych fałdów;
- występuje tzw. fałdowanie kliważowe;
- ma miejsce wzrost smukłości fałdów w wyniku ich przemieszczenia wzdłuż powierzchni poślizgu;
- zachodzi zróżnicowanie miąższości na przegubach (wzrost) i w skrzydłach (spadek);
- może występować zróżnicowanie miąższości ławic w skrzydłach stromych (wzrost) i połogich (spadek).

Fałdowanie ze ścinania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Schemat fałdowania ze ścinania

- a) kliważ pionowy i prostopadły do pierwotnego ułożenia warstw
- b) kliważ wtórnie pochylony (zrotowany) pierwotnie prostopadły do warstw
- c) kliważ skośny względem pierwotnego położenia warstw



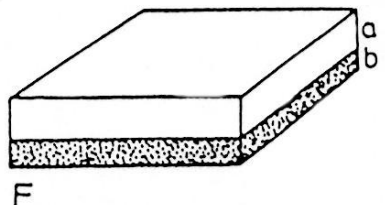
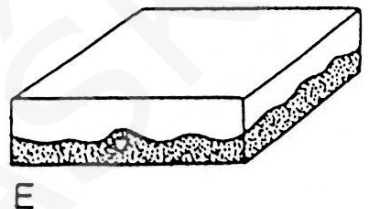
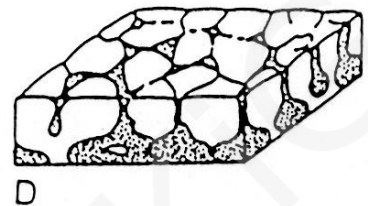
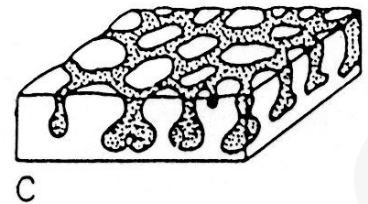
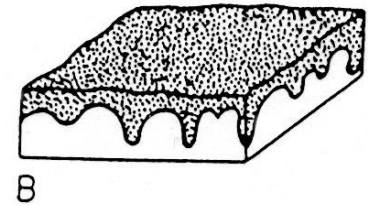
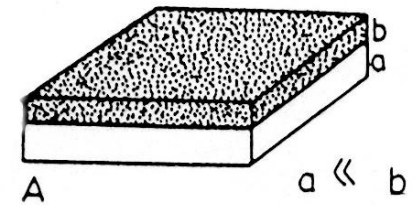
Fałdowanie z płynięcia:

- fałdy powstałe w ten sposób cechują znaczne zgrubienia na przegubach i ścienienia na skrzydłach
- fałdowanie z płynięcia jest głównym mechanizmem rozwoju diapiryzmu

Fałdowanie z płynięcia

(Cegła, Dżułyński)

W wyniku niestatecznego warstwowania gęstościowego następuje całkowite lub częściowe odwrócenie układu warstw

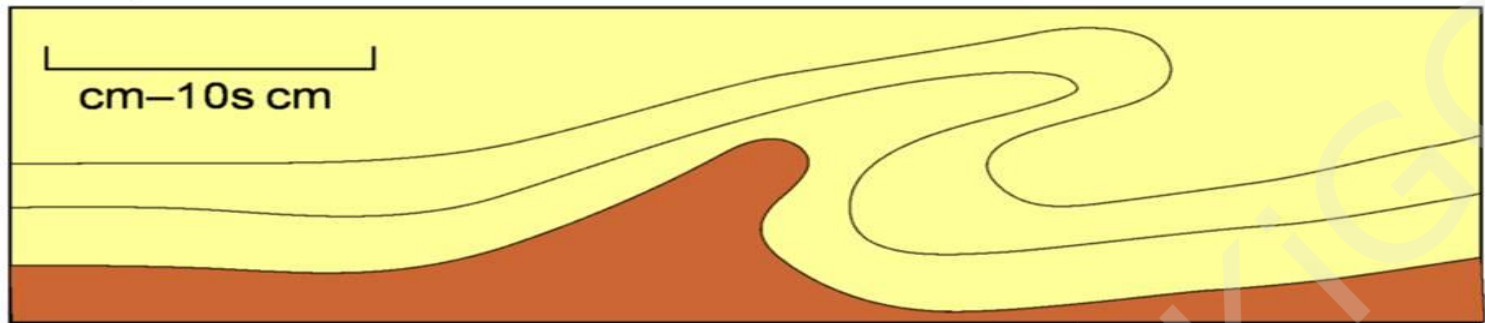


Fałdowanie z płynięcia

18-5

Convolute lamination and bedding due to liquefaction

Slump structures



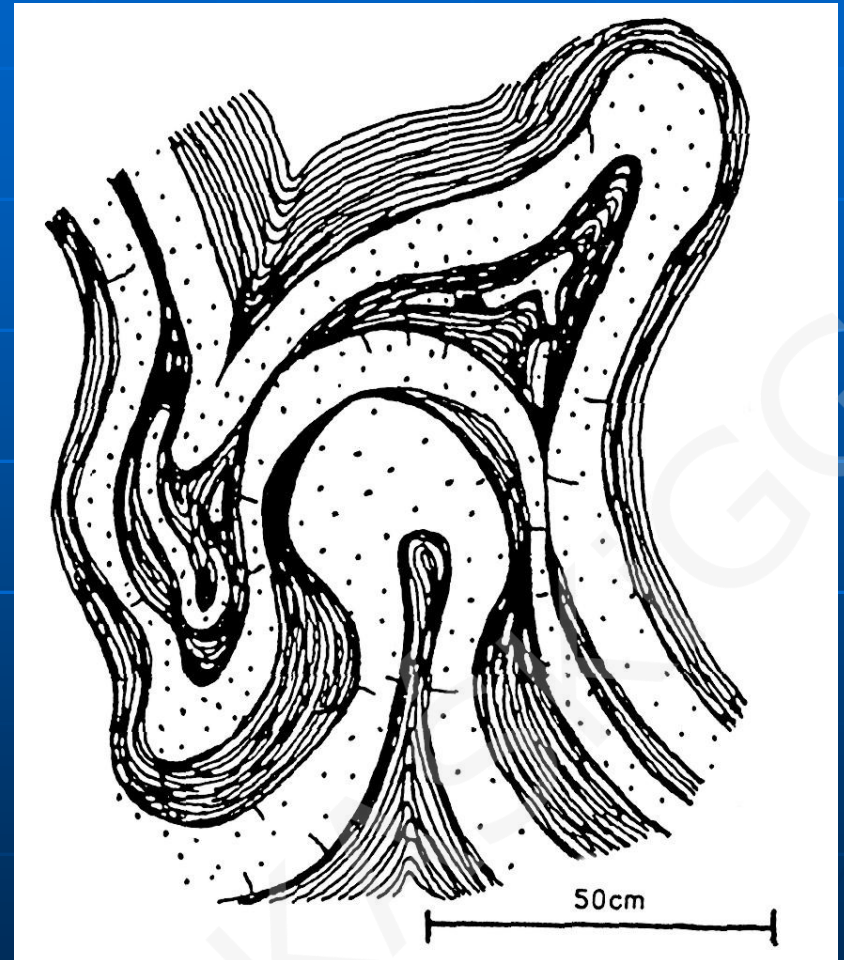
Gary Nichols
Sedimentology
& Stratigraphy



WILEY-
BLACKWELL

Fałdowanie z płynięcia

Drobne fałdy
z płynięcia o silnie
nabrzmiątych
przegubach
i ścienionych
skrzydłach

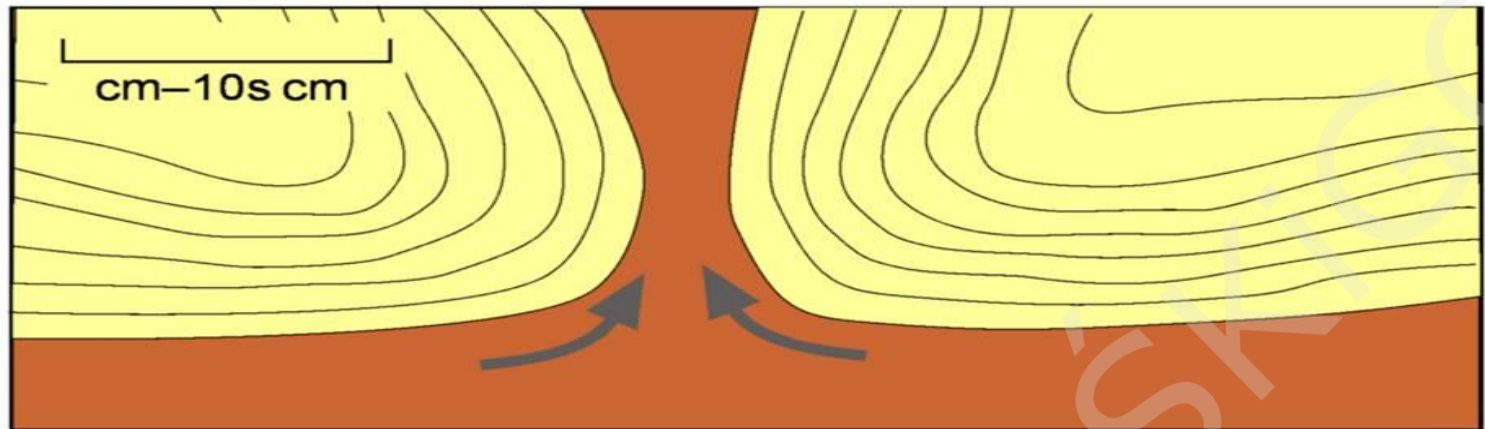


Fałdowanie z płynięcia

18-12

Dewatering structures due to movement of fluid

Dewatering structures



Gary Nichols
Sedimentology
& Stratigraphy



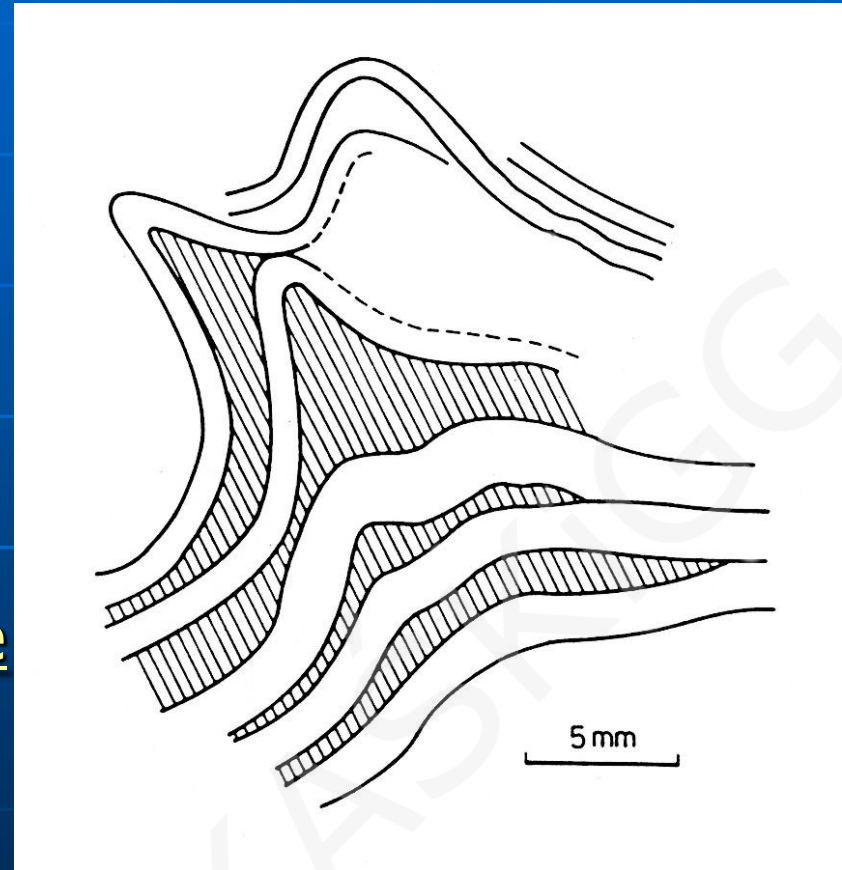
WILEY-
BLACKWELL

Fałdowanie

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Zmienność mechanizmu
fałdowania zależnie od
litologii:

- laminy kwarcowe (białe)
sfaldowane przez zginanie
- partie serycytowe
(zakreskowane)
sfaldowane przez ściananie
i płynięcie



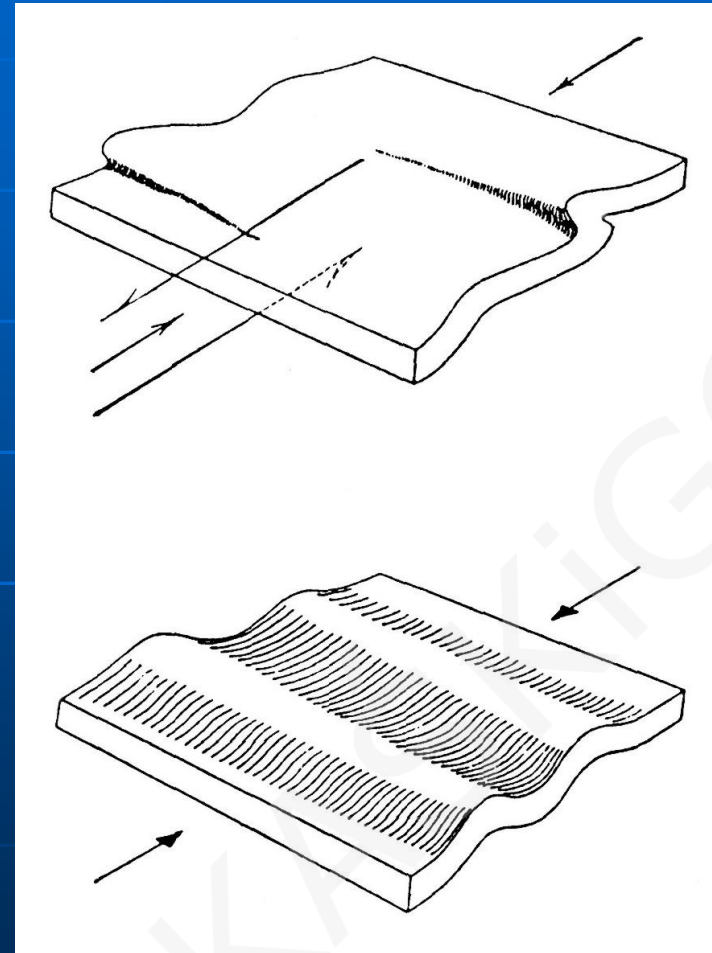
Przyczyny fałdowania:

- proste ściskanie
- para sił w płaszczyźnie pionowej
- para sił w płaszczyźnie poziomej
- ruchy pionowe i strome
- specjalne przyczyny fałdowania (ześlizg i spływanie grawitacyjne, zaburzenia niestatecznego rozkładu gęstości, kompakcja grawitacyjna, wzrost objętości skał, glacitektonika)

Przyczyny fałdowania

(Dadlez, Jaroszewski, 1994)

- Proste ściskanie (u dołu)
- Para sił w płaszczyźnie pionowej (u góry)



Przyczyny fałdowania (Dadlez, Jaroszewski, 1994)

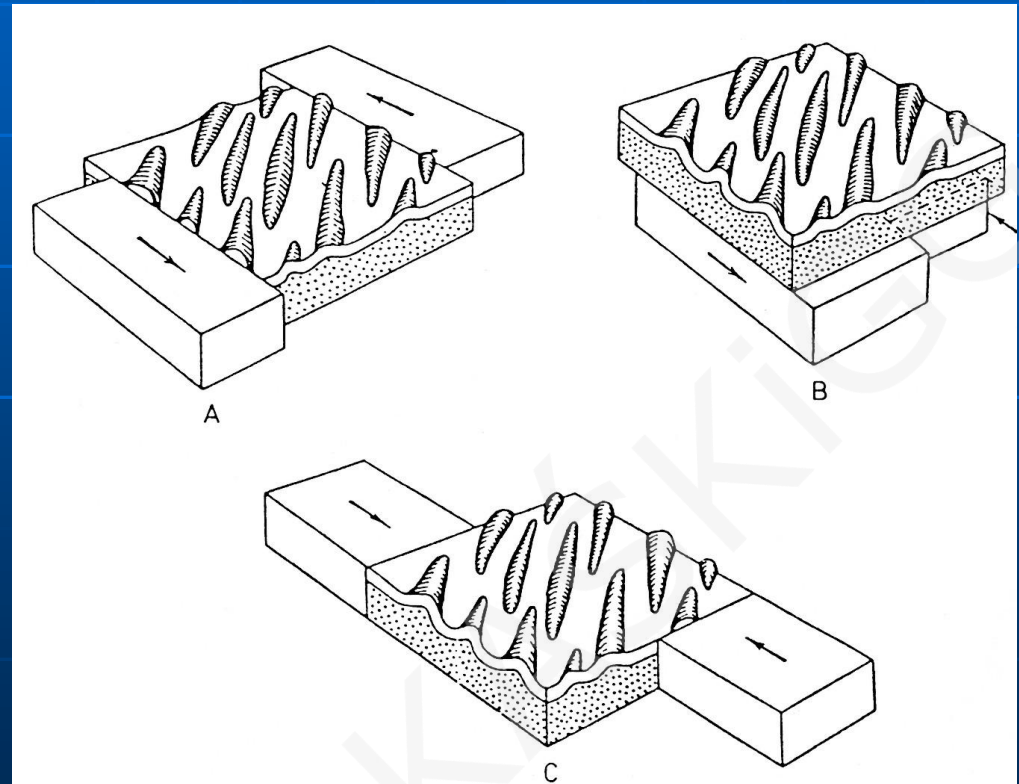
Para sił w płaszczyźnie poziomej

Fałdowanie kulisowe

Spowodowane działaniem pary sił w płaszczyźnie poziomej

ruch występuje wzdłuż:

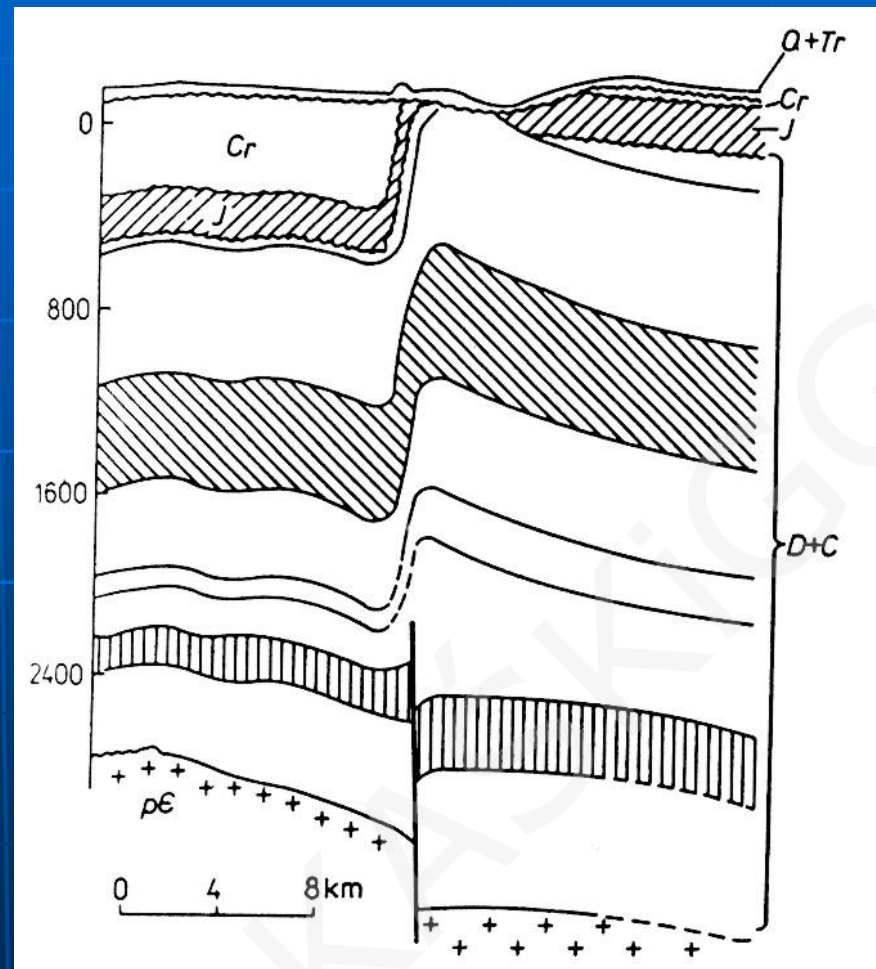
- a) sąsiednich uskoków przesuwczych
- b) w głębnego uskoku przesuwczego
- c) mimośrodowe ściskanie poziome



Przyczyny fałdowania (Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Ruchy pionowe i strome

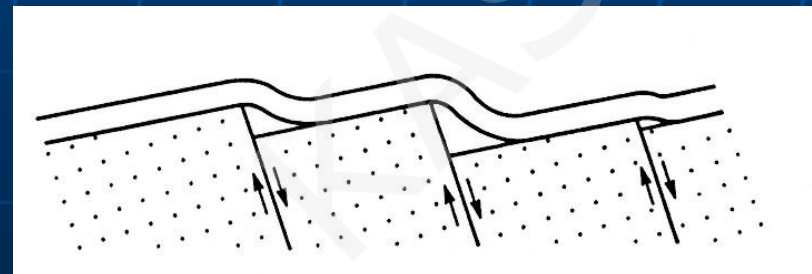
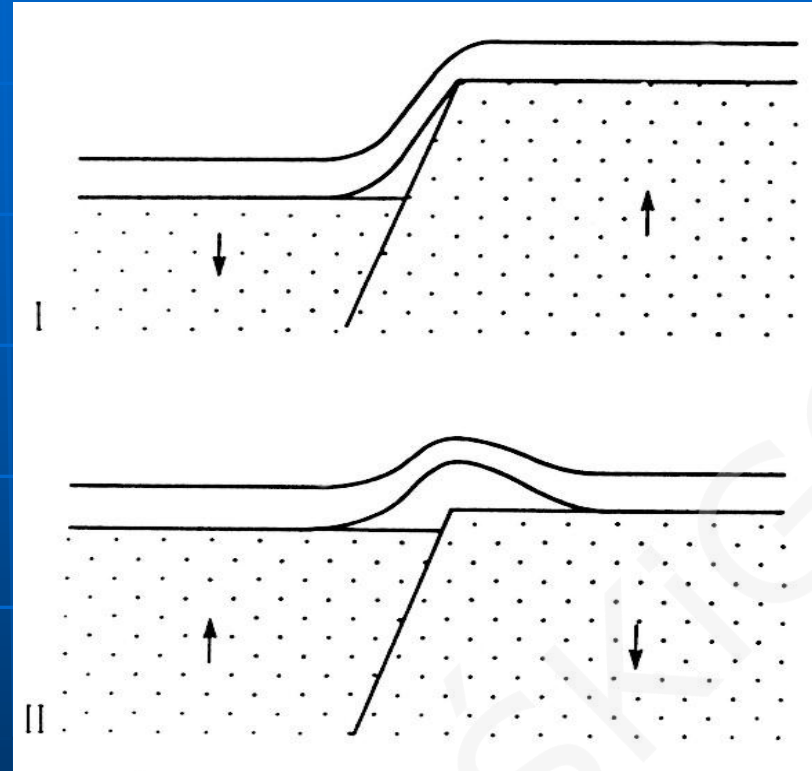
Fałd naduskokowy
typu fleksuropodobnego



Przyczyny fałdowania (Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Ruchy pionowe i strome

- Hipoteza powstawania fałdów naduskokowych; stadia I i II (wg Riezwoja i in.)
- Fałdy naduskokowe nad stopniami antytecznymi

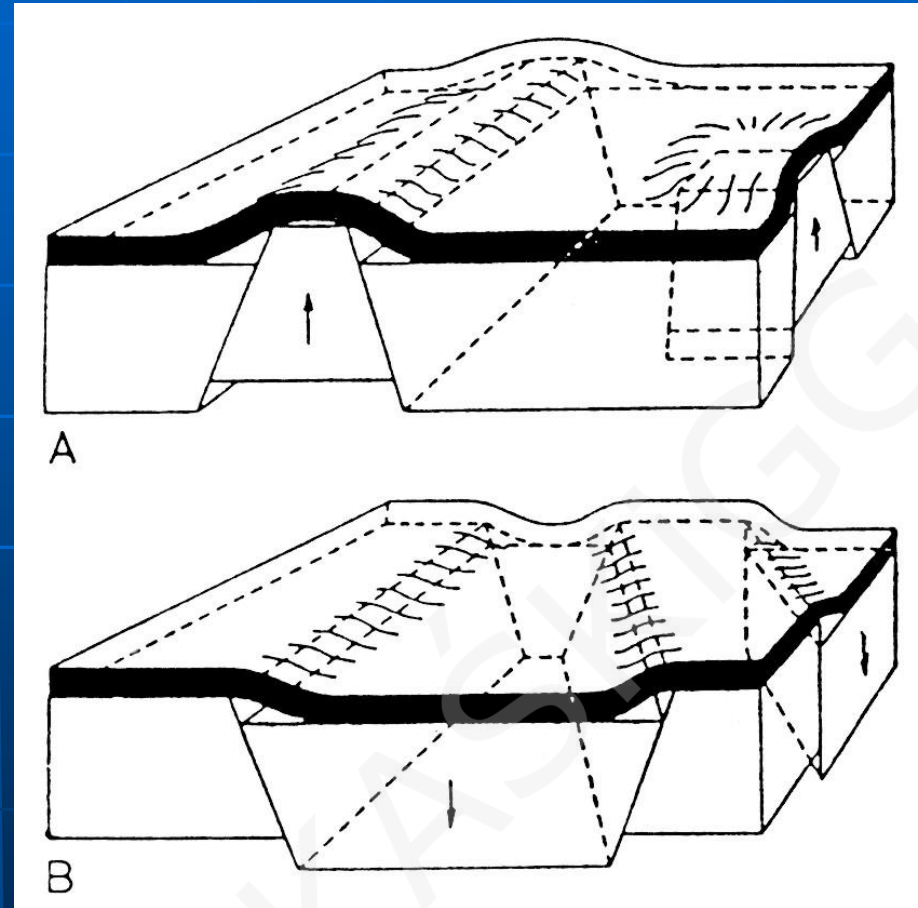


Przyczyny fałdowania (Dadlez, Jaroszewski, 1994)

Ruchy pionowe i strome

Fałdy ze zginania
poprzecznego,
którego przyczyną jest

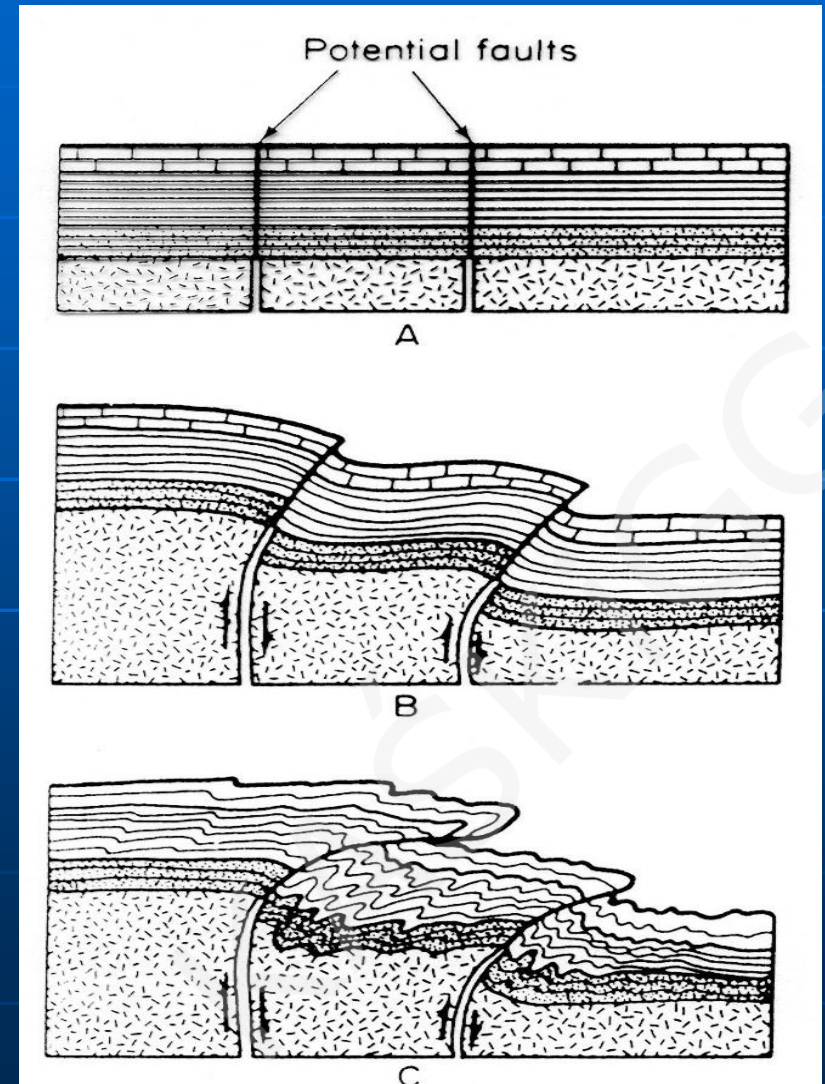
- a) wznoszenie się
 - b) obniżanie
- bloków uskokowych
w podłożu



Przyczyny fałdowania

Specjalne przyczyny fałdowania

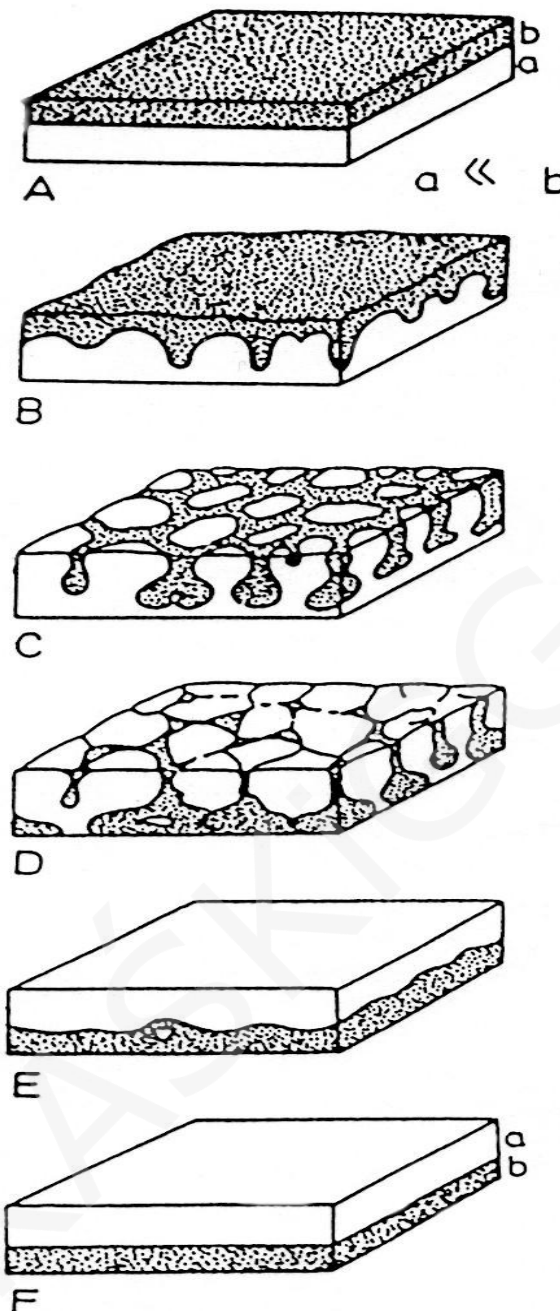
Fałdowanie w wyniku
uskokowania



Przyczyny fałdowania

Specjalne przyczyny fałdowania
(wg Cegła, Dżułyński)

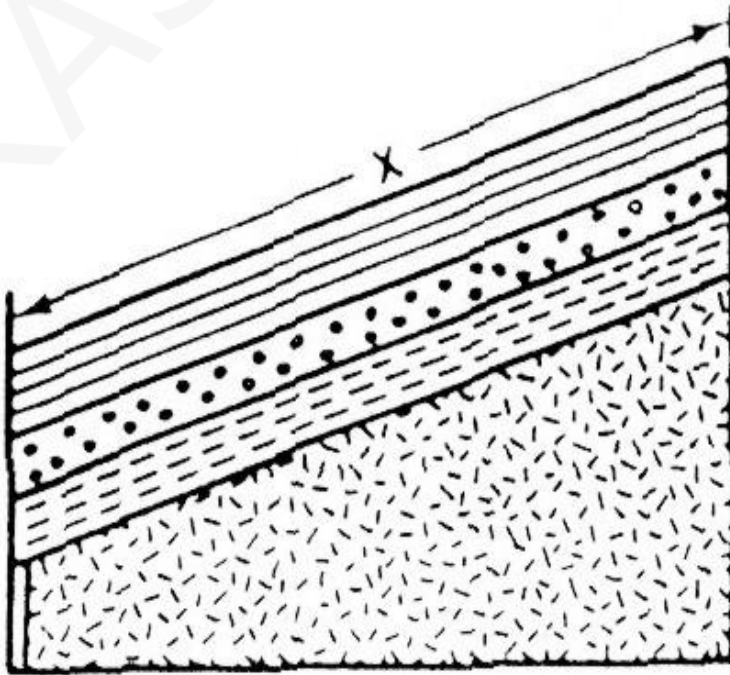
W wyniku niestatecznego
warstwowania gęstościowego
tworzą się fałdy z płynięcia o
pogrubionych przegubach



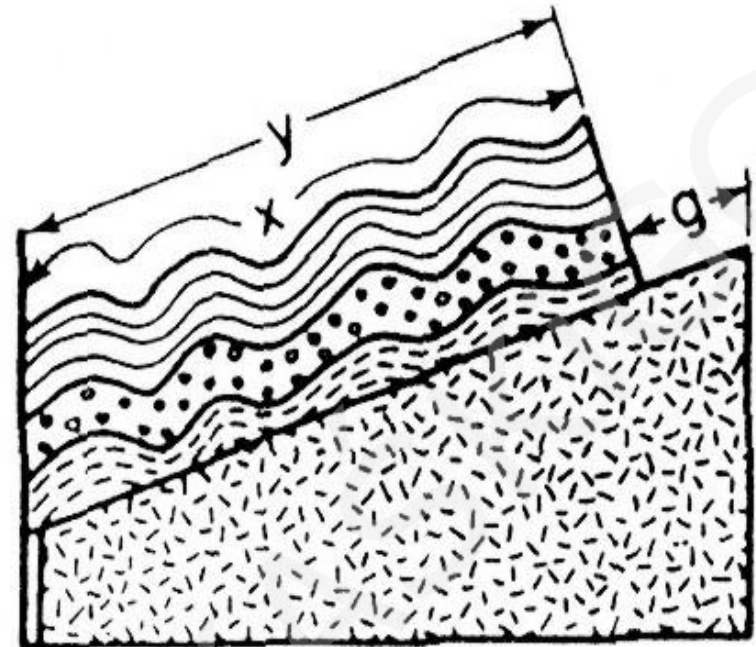
Przyczyny fałdowania

Specjalne przyczyny fałdowania

ZEŚLIZG GRAWITACYJNY



A



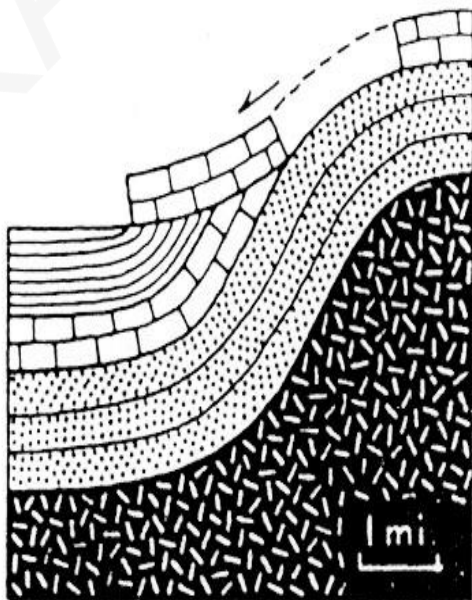
$$g = x - y$$

B

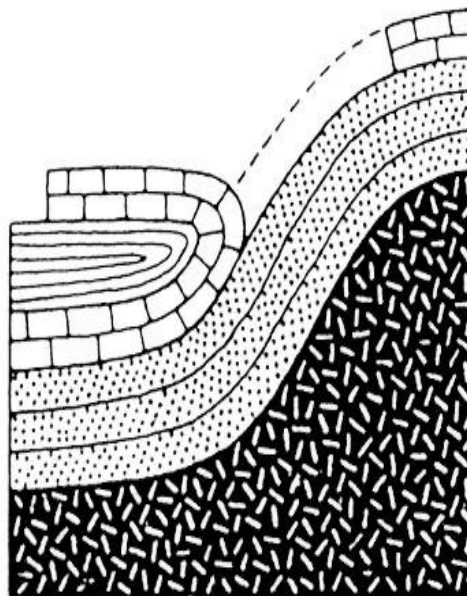
Przyczyny fałdowania

Specjalne przyczyny fałdowania

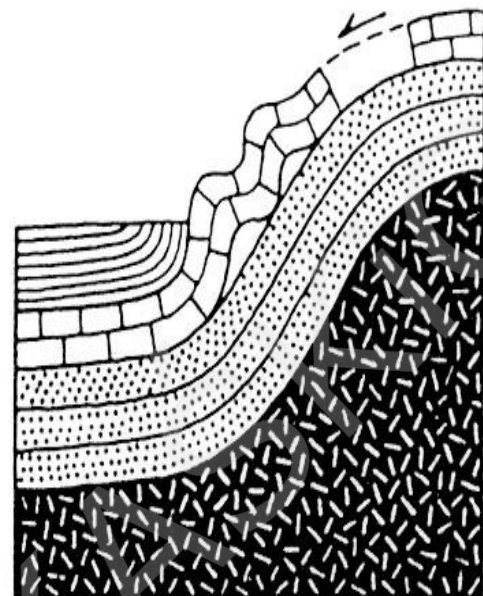
ZEŚLIZG GRAWITACYJNY



A



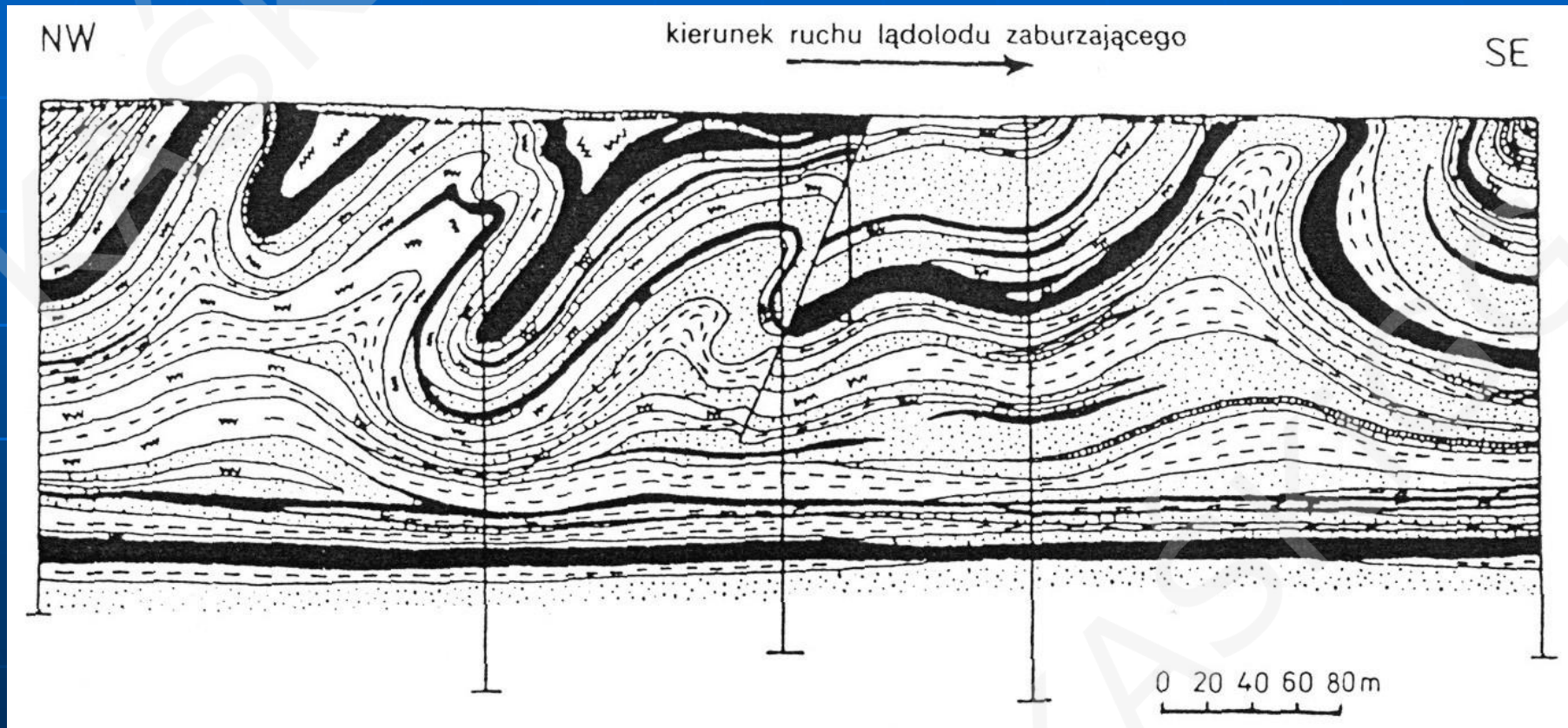
B



C

Fragment przekroju fałdów glacitektonicznych łuku mužakowskiego nad Nysą Łużycką

(wg Dyjora i Chlebowskiego)

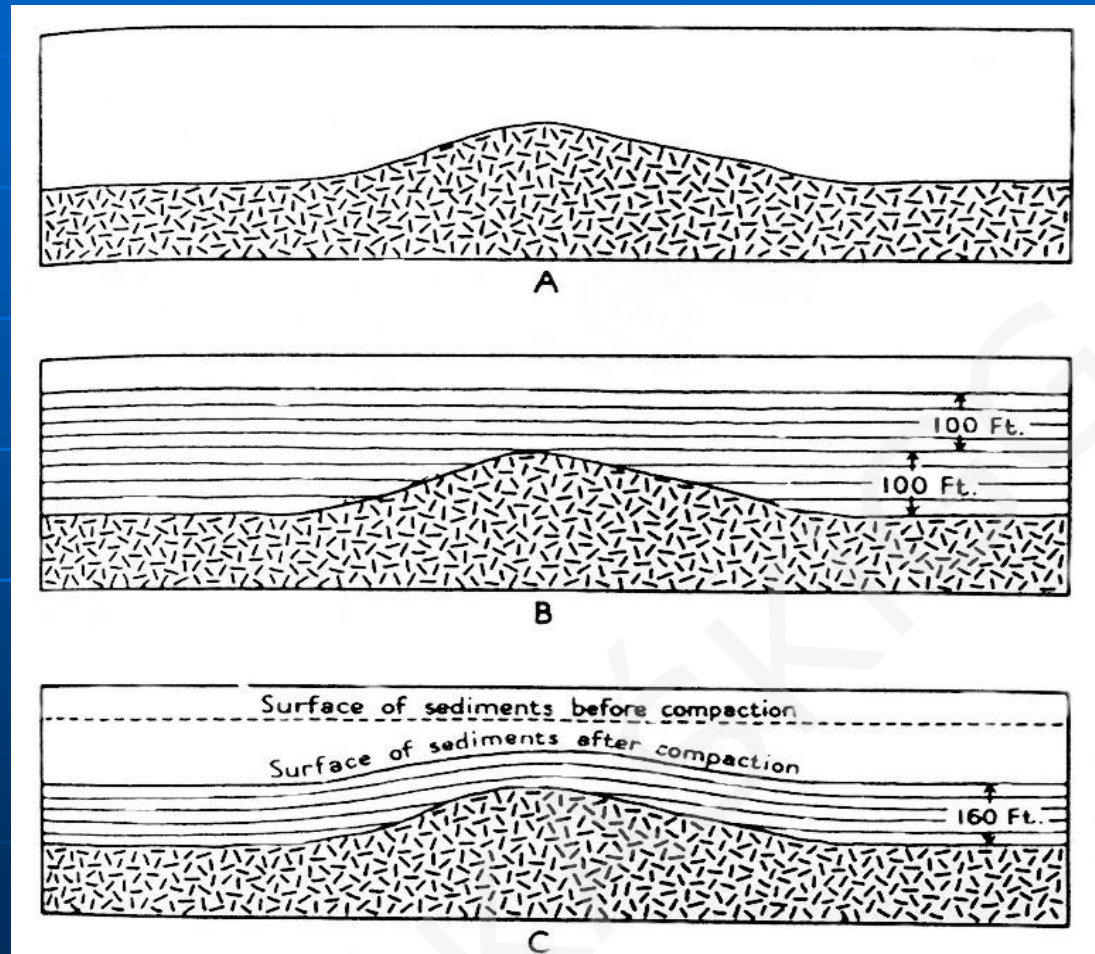


Przykład spągowego odkłucia pakietu zdeformowanego przez lądolód

Przyczyny fałdowania

Specjalne przyczyny fałdowania

FAŁDOWANIE KOMPAKCYJNE



Przyczyny fałdowania

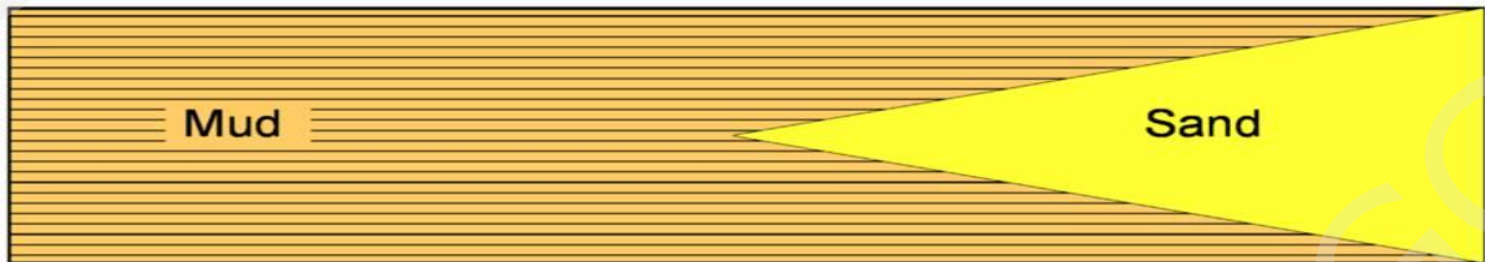
Specjalne przyczyny fałdowania

Fałdowanie kompakcyjne

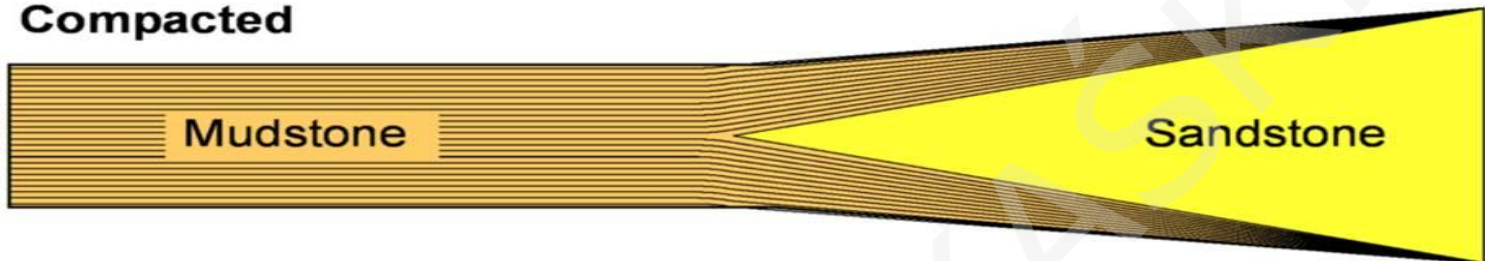
18-19

Differential compaction between sandstone and mudstone

Uncompacted



Compacted



Gary Nichols
Sedimentology
& Stratigraphy



WILEY-
BLACKWELL