

OPERACJE NA SIATKACH STEREOGRAFICZNYCH

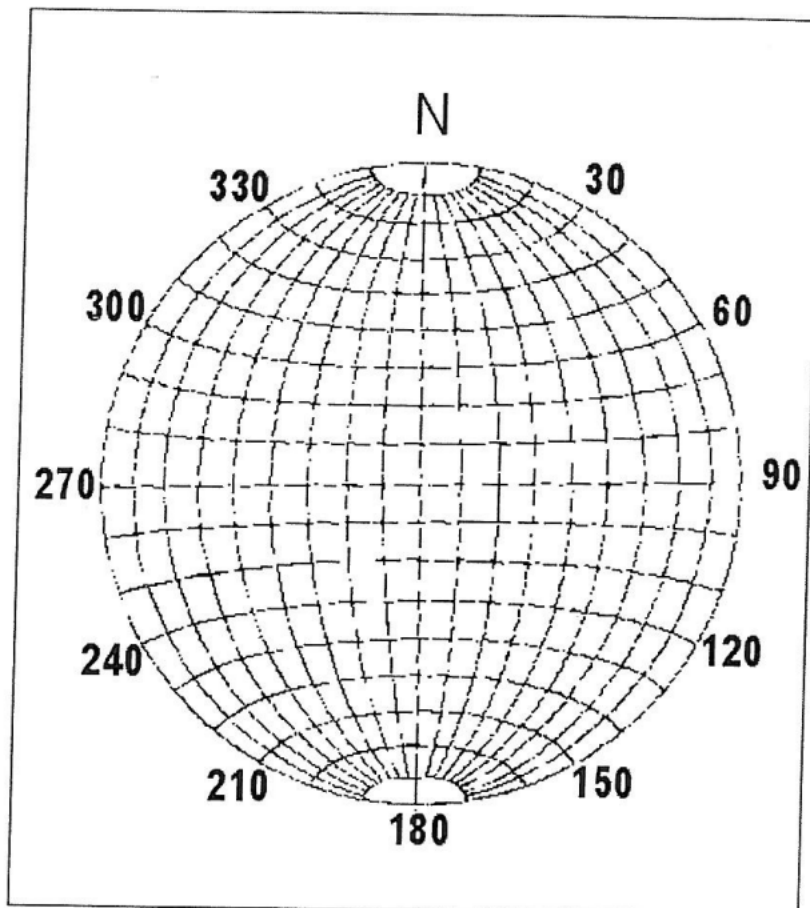
- Wprowadzenie
 - Formy zapisu położenia płaszczyzny i prostej
 - Znajdywanie położenia płaszczyzny
 - Bieguny płaszczyzn
 - Znajdywanie kąta między dwoma prostymi
 - Znajdywanie kąta między płaszczyznami
 - Znajdywanie położenia płaszczyzny na podstawie upadów pozornych
 - Znajdywanie upadu pozornego wzdłuż dowolnego przekroju
-
- Znajdywanie krawędzi przecięcia dwóch płaszczyzn (+ZADANIA)
 - Orientacja prostej na płaszczyźnie (+ZADANIA)
 - Kłady (+ZADANIA)
 - Rotacje wokół osi poziomej (+ZADANIA)
 - Rotacja wokół osi nachylonej (+ZADANIA)

WPROWADZENIE

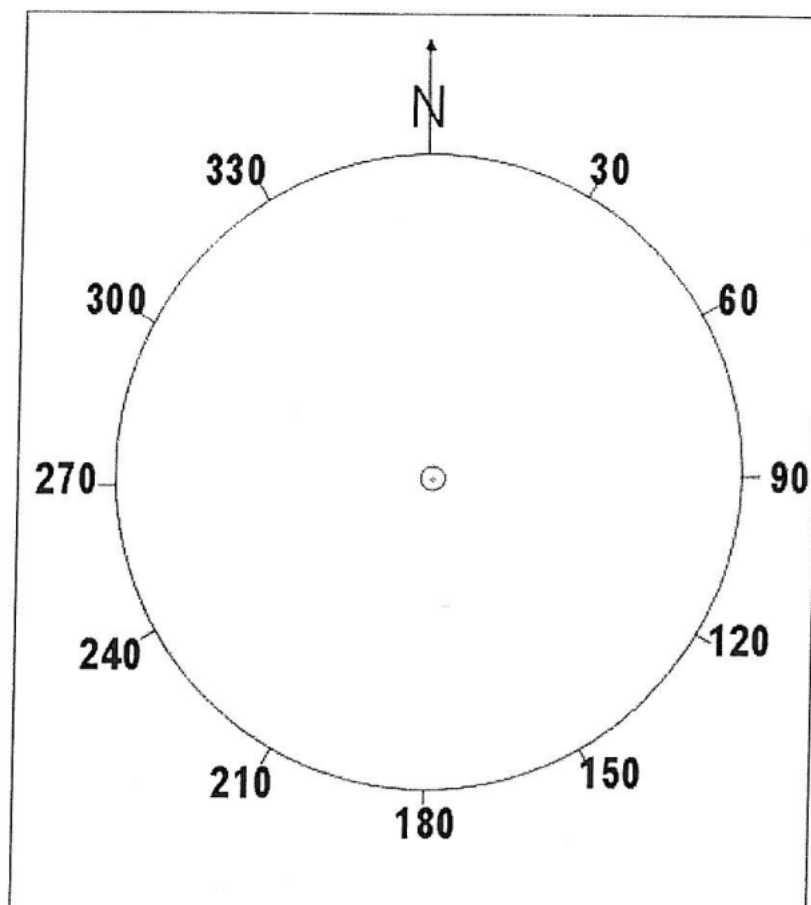
W tektonice posługujemy się na ogół dolną półkulą siatki w odwzorowaniu Lamberta-Schmidta. Siatka służy nam m.in. do przedstawienia orientacji różnych elementów strukturalnych, a więc płaszczyzn (np. warstw, ciosu) i prostych (np. osi fałdów), w odniesieniu do kierunku północy. Posługujemy się nią również w celu wykonywania operacji geometrycznych polegających np. na znajdywaniu położenia osi fałdu, kąta między skrzydłami antykliny, odtwarzaniu kierunku transportu w basenie sedymentacyjnym na podstawie pomiaru położenia hieroglifów prądowych na wychylonych warstwach itd. W sensie geometrycznym powyższe operacje sprowadzają się do znalezienia krawędzi przecięcia płaszczyzn, kąta między dwoma płaszczyznami, czy też kładu płaszczyzny wraz z naniesioną na niej prostą. Za pomocą siatki stereograficznej można również wykonywać opracowania statystyczne, np. położień warstw, ciosu, uskoków itp. oraz analizować ich geometrię. Zasadę funkcjonowania siatki najłatwiej wyobrazić sobie przyrównując ją do połówki globusa: na górze położona jest północ, na dole południe; linia pozioma – to równik, pionowa – to południk zerowy. Pozostałe

południki – to ślady przecięcia płaszczyzn o biegach = 0° i różnych wielkościach kąta upadu: po lewej stronie siatki – płaszczyzn zapadających na zachód, a po prawej – na wschód. Południk zerowy to płaszczyzna pionowa o biegu = 0°. Koło wielkie – to obraz płaszczyzny poziomej. Z siatki stereograficznej korzystamy jak z szablonu do nanoszenia położeń prostych i płaszczyzn oraz do rozwiązywania szeregu problemów geometrycznych.

Przygotowując się do pracy z siatką musimy mieć kalkę i pineskę: nabijamy środek siatki na pineskę, a na nią kalkę. Na kalce rysujemy koło wielkie, zaznaczamy kierunek północy i opisujemy co 10° zgodnie z ruchem wskazówek zegara od 0° do 360° (tak, jak azymuty w terenie). Celem ułatwienia sobie pracy zabezpieczamy kalkę przed zsuwaniem się nabijając na nią gumkę. Choć to trochę niewygodne – to w trakcie pracy utrzymujemy nieruchomo kalkę (aby kierunek północy był zawsze na swoim miejscu, tj. na górze), a kręcimy siatką, traktując ją jako szablon. Jeżeli nabierzemy dostatecznej wprawy i pewności, że nie pomylimy północy z południem, to możemy zacząć kręcić kalką.



Siatka Lamberta-Schmidta



Kalka przygotowana do pracy

Choć metody ręczne pracy z siatką wydają się anachroniczne z racji istnienia szeregu programów komputerowych, to nie można ominąć zaznajomienia się z zasadami funkcjonowania siatki. Aby osiągnąć umiejętność posługiwania się programami komputerowymi, ocenić wiarygodność uzyskanych wyników oraz poprawnie je zinterpretować – to niezbędny jest poniższy kurs. Poza tym warto jest umieć bezpośrednio w terenie rozwiązać niektóre problemy, np. położenia osi antykliny na podstawie położenia warstw w jej skrzydłach.

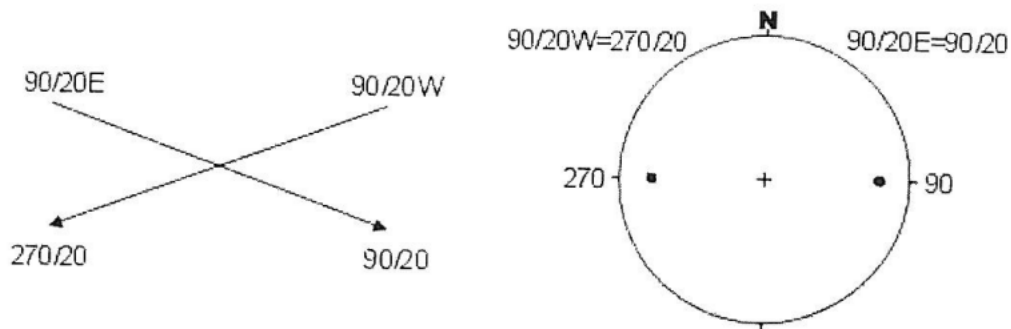
FORMY ZAPISU POŁOŻENIA PŁASZCZYZNY I PROSTEJ

Położenie prostej

- wersja „krajowa” (zapis 3-stopniowy): podajemy bieg prostej (0-180), upad (0-90) i kierunek zapadania (N, S, W, E)
- wersja „amerykańska” (zapis dwustopniowy): podajemy azymut, w którym prosta zanurza się (0° - 360°) i jej upad.

Obydwie wersje zapisu mają się do siebie następująco: prosta o biegu równoleżnikowym, (tj. 90°) zapadając pod kątem 20 w pierwszej wersji będzie miała zapis 90/20E, jeżeli zapada na wschód, i 90/20W, jeżeli zapada na zachód.

W wersji dwustopniowej prosta zapadająca na wschód będzie miała zapis $90/20$ (bo zanurza się w azymucie 90° pod kątem 20° , więc nie musimy dodatkowo informować, że na E), a prosta zapadająca na zachód $-270/20$ (bo zanurza się w przeciwną stronę tj. w azymucie $90^\circ + 180^\circ = 270^\circ$). W wersji dwustopniowej proste o tym samym biegu w zależności od kierunku zapadania prostej, będą miały zapis różniący się o 180° .



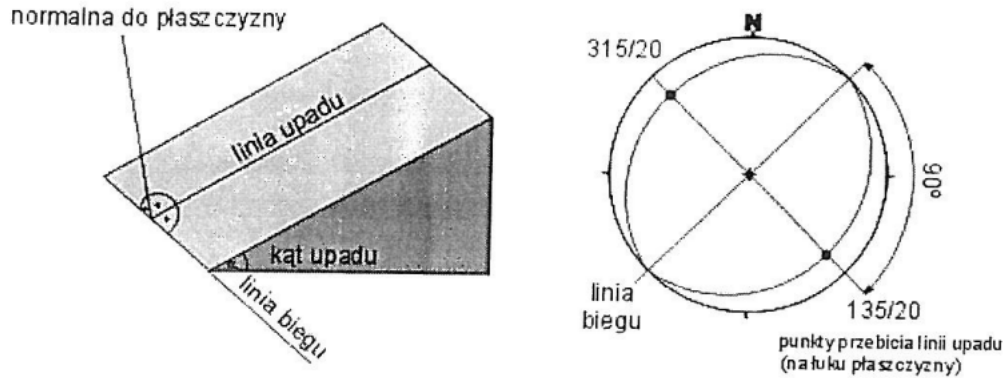
Obrazem prostej na siatce jest punkt (efekt przebicia prostej i powierzchni kuli w rzucie). Aby wyznaczyć jego położenie mając dany zapis orientacji prostej w wersji 2-stopniowej (np. $114/32$) naprowadzamy południk zerowy siatki na azymut, w którym prosta zapada (114°) i odliczamy od brzegu siatki wzdłuż południka zerowego kąt upadu prostej (32°).

Prosta pozioma ma dwa punkty przebicia położone na kole wielkim, np. obrazem prostej poziomej $75/0$ będą punkty położone na dwóch krańcach południka zerowego naprowadzonego na azymut 75° (drugi na przeciwległym końcu, tj. $75^\circ + 180^\circ = 255^\circ$). Obrazem prostej pionowej jest punkt położony w środku siatki na przecięciu się południka zerowego i równika.

Nanosząc położenie prostej zapisanej w wersji 3-stopniowej (np. $25/18S$) należy naprowadzić południk zerowy siatki na linię biegu prostej (25°), a następnie ustalić, z którego końca południka zerowego będziemy odliczali kąt upadu. Ponieważ nasza prosta ma zapadać na południe (a więc nie w azymucie 25° , lecz $25^\circ + 180^\circ = 205^\circ$), kąt upadu odliczamy „od dołu” siatki.

Położenia płaszczyzny

- wersja „krajowa” (zapis 3-stopniowy): podajemy bieg (0° - 180°), upad (0° - 90°) i kierunek zapadania (N lub S, a gdy bieg= 0° lub 180° , to W lub E)
- wersja „amerykańska” (zapis 2-stopniowy): podajemy położenie tzw. linii upadu (czyli prostej prostopadłej do linii biegu, leżącej na płaszczyźnie, a inaczej mówiąc prostej będącej krawędzią przecięcia danej płaszczyzny z płaszczyzną pionową prostopadłą do niej). Jest to więc sposób zapisu orientacji płaszczyzny za pomocą położenia prostej.



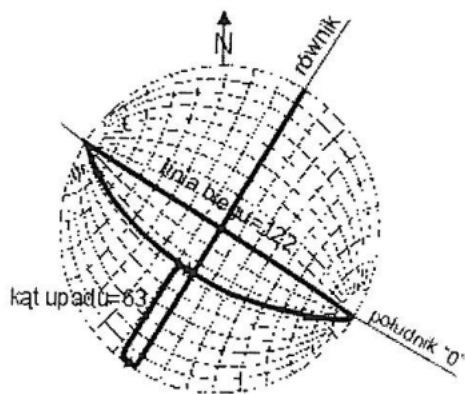
Obydwie wersje zapisu mają się do siebie następująco: płaszczyzny, których orientacja podana w wersji trójstopniowej w zależności od kierunku zapadania będzie brzmiała 45/20S i 45/20N, w wersji dwustopniowej przyjmą brzmienie 135/20 i 315/20. Bieg płaszczyzny w stosunku do linii upadu różni się o 90°, a zapis położenia linii upadu płaszczyzn o tym samym biegu lecz zapadających w przeciwne strony różni się o 180°.

ZNAJDYWANIE POŁOŻENIA PŁASZCZYZNY

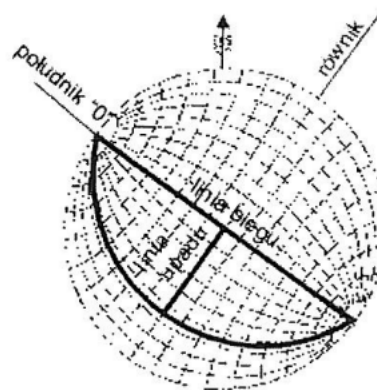
Obrazem płaszczyzny na siatce jest łuk (śląd przecięcia płaszczyzny z powierzchnią kuli w rzucie). Płaszczyzna pozioma – to koło wielkie, płaszczyzna pionowa – to południk zerowy.

Aby znaleźć położenie płaszczyzny, której orientacja zapisana jest w wersji 3-stopniowej, np. 122/63S, kręcąc siatką pod kalką naprowadzamy południk zerowy siatki na linię biegu płaszczyzny (tj. na 122°). Następnie w płaszczyźnie prostopadłej do linii biegu, tj. w płaszczyźnie równika szukamy jej kąta upadu. Problem polega na tym, że równik ma dwa końce. Ponieważ nasza płaszczyzna zapada na południe, więc kąt jej upadu (63°) odliczymy „od dołu”, tj. od tego końca równika, który położony jest na południu. W połowie odległości między południkiem 62° i 64° (siatka wyskalowana jest co 2°) rysujemy łuk płaszczyzny.

Aby znaleźć łuk płaszczyzny, dla której mamy podaną orientację linii upadu (linia upadu leży w płaszczyźnie prostopadłej do linii biegu), np. 216/34, naprowadzamy równik na azymut linii upadu, tj. 216° (wówczas południk zerowy wyznaczy nam linię biegu płaszczyzny, tj. $216° - 90° = 126°$) i wzdłuż równika od brzegu siatki odliczamy kąt upadu płaszczyzny (34°), a następnie rysujemy jej łuk. Punkt przecięcia prostej będącej linią upadu płaszczyzny leży więc na jej łuku.



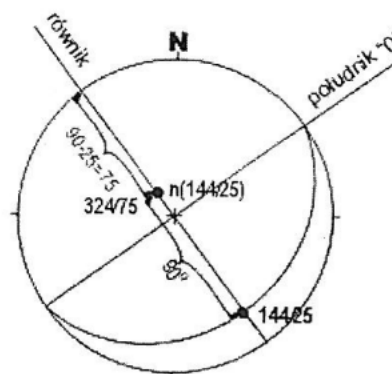
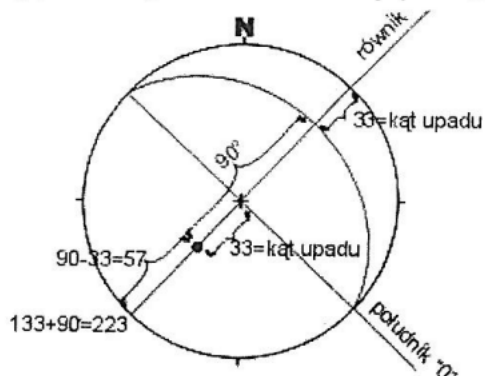
płaszczyzna 122/63S



płaszczyzna 216/34, czyli 126/34S

BIEGUNY PŁASZCZYZN

Na siatkach stereograficznych płaszczyzny są często przedstawiane w postaci **biegunów**, czyli prostych prostopadłych do płaszczyzn, zwanych inaczej **normalnymi**. Forma ta jest używana do opracowań statystycznych oraz do rozwiązywania niektórych problemów geometrycznych, np. do znajdowania kąta między płaszczyznami lub rotacji płaszczyzn.



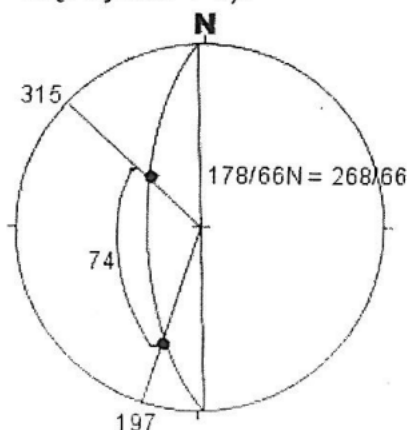
Aby znaleźć normalną (czyli biegun płaszczyzny) dla płaszczyzny zapisanej w wersji 3-stopniowej, np. 133/33N, naprowadzamy południk zerowy siatki na jej linię biegu, tj. na 133°. Łuku naszej płaszczyzny szukalibyśmy odliczając kąt upadu (33°) wzdłuż równika od jego północnego, „górnego” końca (bo płaszczyzna zapada na północ). Jak już znajdziemy punkt położony na równiku (a więc w płaszczyźnie prostopadłej do linii biegu), przez który miałby przechodzić łuk płaszczyzny, doliczamy jeszcze 90°, wyznaczając położenie normalnej. I ten punkt zaznaczamy jako biegun płaszczyzny. Gdybyśmy chcieli potraktować normalną do płaszczyzny jako zwykłą prostą i odczytać jej położenie, to byłoby ono następujące: 43/56. Zwróćmy uwagę na fakt, że azymut zapadania prostej prostopadłej do płaszczyzny różni się od linii biegu płaszczyzny o 90°, ($133° - 90° = 43°$), natomiast jej upad jest dopełnieniem do 90° upadu płaszczyzny ($33° + 57° = 90°$). Znając powyższe zależności moglibyśmy uprościć procedurę znajdowania normalnej: mając naprowadzony południk zerowy siatki na linię biegu płaszczyzny, jeżeli zamiast odliczać upad płaszczyzny i dodawać 90°, od razu odliczymy kąt upadu

płaszczyzny, ale nie od brzegu siatki tylko od jej środka, to wyznaczymy bezpośrednio punkt przebicia normalnej.

Aby znaleźć normalną do płaszczyzny mając daną jej linię upadu, np. 148/25 naprowadzamy równik na azymut upadu prostej (148°). Gdybyśmy chcieli nanieść położenie linii upadu, to wystarczyłoby odliczyć wzdłuż równika 25°, ale my chcemy znaleźć położenie prostej prostopadłej do linii upadu, więc doliczamy do 25° jeszcze 90°. Odczytajmy położenie znalezionej w ten sposób normalnej jako prostej: 328/75. Azymut normalnej do płaszczyzny (328°) różni się od azymutu linii upadu (148°) o 180°, a upad normalnej (75°) jest dopełnieniem do 90° upadu płaszczyzny (25°). W tym przypadku również możemy dokonać uproszczenia procedury znajdowania normalnej: jeżeli przy ustawieniu siatki jak do nanoszenia linii upadu, zamiast odliczać kąt upadu płaszczyzny i dodawać 90°, odliczymy ten kąt od środka siatki, to bezpośrednio wyznaczymy położenie bieguna płaszczyzny. Ponieważ częsty problem stanowi rozróżnienie prostej i płaszczyzny, to do dalszych ćwiczeń umawiamy się, że zapis położenia prostej podajemy w wersji dwustopniowej, a płaszczyzny w wersji trójstopniowej. W pierwszej części zostaną przedstawione zadania geometryczne, które można rozwiązać za pomocą siatki, a w następnej części ich zastosowanie do rozwiązywania problemów geologicznych.

ZNAJDYWANIE KĄTA MIĘDZY DWOMA PROSTYMI.

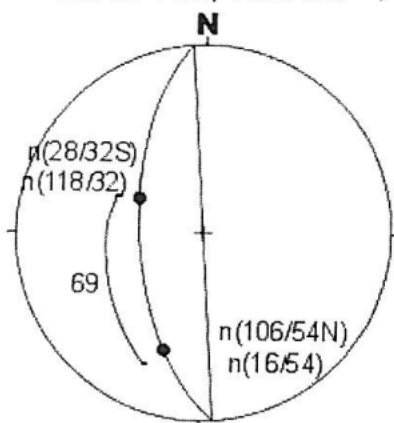
Aby znaleźć kąt między dwoma prostymi należy nanieść ich położenia na siatkę (np. 197/34 i 315/58). Ponieważ proste te przecinają się (wszystkie proste przechodzą przez środek kuli), więc należą do jednej płaszczyzny i w tej płaszczyźnie należy szukać kąta między nimi. Technicznie operacja ta polega na takim ustawieniu siatki, aby obydwa punkty znalazły się na jednym południku (kręcimy siatką aż do skutku) i odczytaniu wzdłuż niego odległości kątowej między punktami (liczymy „kratki” – kąt wynosi 74°).



ZNAJDYWANIE KĄTA MIĘDZY PŁASZCZYZNAMI.

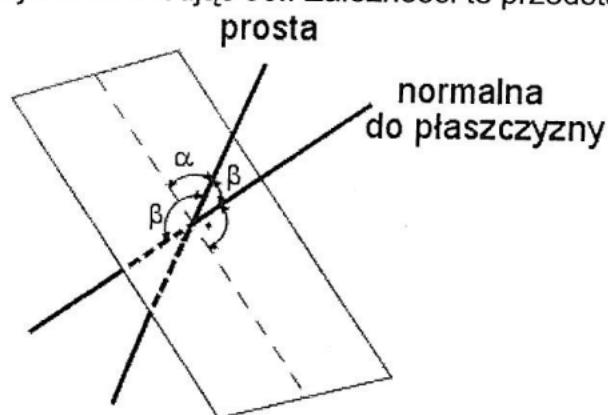
Aby znaleźć kąt między płaszczyznami (np. 28/32S i 106/54N) należy go szukać w płaszczyźnie prostopadłej do obu płaszczyzn naraz. Warunek prostopadłości spełnia płaszczyzna zawierająca normalne do obydwu płaszczyzn. Nanosimy na siatkę normalne do płaszczyzn i kręcąc siatką naprowadzamy je na wspólny południk. Wzdłuż łuku płaszczyzny odczytujemy kąt między normalnymi (69°). W

sensie geometrycznym kąt ten jednoznacznie orientuje płaszczyzny względem siebie (drugi kąt jest dopełnieniem do 180°; $180^\circ - 69^\circ = 111^\circ$).



ZNAJDYWANIE KĄTA MIĘDZY PROSTĄ A PŁASZCZYZNĄ.

Aby znaleźć kąt między prostą (np. 72/18) i płaszczyzną (np. 120/40S) należy zaznaczyć na siatce położenie prostej i bieguna płaszczyzny. Oba naniesione punkty naprowadzamy na wspólny południk i obliczamy kąt między nimi. Odczytana wartość (\circ) – to kąt między prostą a normalną do płaszczyzny, która jest dopełnieniem do 90° kąta między prostą a płaszczyzną ($90^\circ - \circ = \circ$). W przypadku, gdy odczytany na siatce kąt między normalną a prostą jest większy od 90°, oznacza to, że zmierzaliśmy ten kąt „z drugiej strony”. Aby znaleźć szukany kąt należy od zmierzonej wartości odjąć 90°. Zależności te przedstawia rysunek.



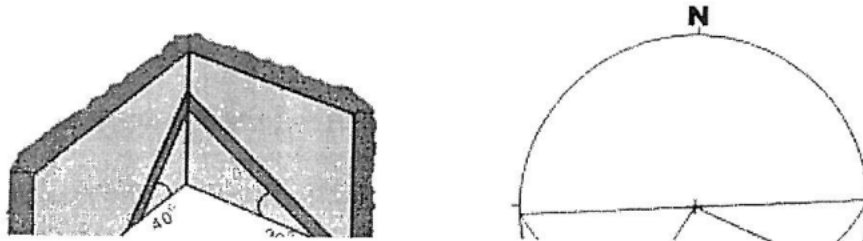
α = szukany kąt = kątowi między prostą a płaszczyzną

β = znaleziony kąt między prostą a normalną do płaszczyzny jeżeli $\beta > 90^\circ$, to $\alpha = \beta - 90^\circ$.

ZNAJDYWANIE POŁOŻENIA PŁASZCZYZNY NA PODSTAWIE UPADÓW POZORYCH

Jeżeli w dwóch skośnych względem siebie ścianach kamieniołomu z powodu np. trudnych warunków terenowych udało się nam zmierzyć tylko upady pozorne interesującej nas płaszczyzny, np. poziomu złotońskiego, to za pomocą siatki łatwo ustalimy jej orientację. Od strony geometrycznej problem ten sprowadza się do znalezienia położenia płaszczyzny na podstawie położenia dwóch prostych

należących do tej płaszczyzny. W terenie musimy mieć pomierzone biegi ścian kamieniołomu (np. 33. i 115.) oraz upady pozorne w każdej ze ścian (np. 40. ku S w pierwszej i 26. ku S w drugiej ścianie). Następnie należy zapisać położenia prostych będących krawędziami przecięcia pionowych ścian kamieniołomu z rozpatrywaną płaszczyzną (33/40S i 115/20S, czyli w wersji 2-stopniowej 213/40 i 115/20). Płaszczyznę, do której należą obie proste znajdziemy naprowadzając je na wspólny południk i odczytując położenie płaszczyzny (87/46S lub 177/46).

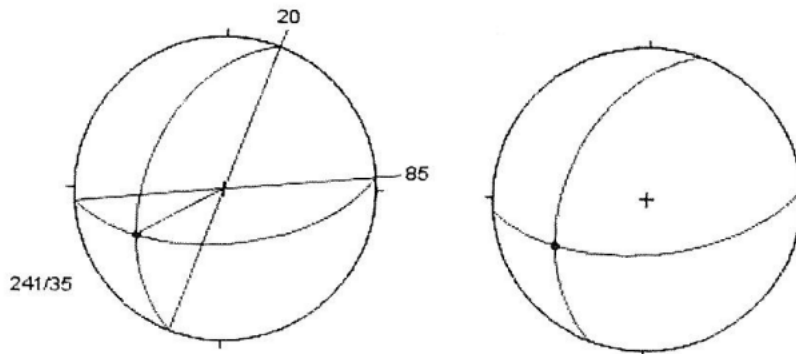


ZNAJDYWANIE UPADU POZORNEGO WZDŁUŻ DOWOLNEGO PRZEKROJU

Wystarczy za pomocą siatki nanieść płaszczyznę, dla której będziemy chcieli znaleźć upad pozorny. Następnie naprowadzamy południk zerowy siatki na linię wybranego przekroju. Znajdujemy punkt, gdzie południk zerowy przecina łuk płaszczyzny i wzdłuż niego odczytujemy upad pozorny. Możemy to zadanie odwrócić: znaleźć taki przekrój, wzdłuż którego płaszczyzna będzie zapadała pod kątem np. 30°. Wówczas na południku zerowym znajdujemy upad 30. i tak długo kręcimy siatką, aż ten punkt naprowadzimy na łuk płaszczyzny. Położenie południka zerowego wskaże nam azymut przekroju, na którym płaszczyzna będzie miała upad pozorny 30°.

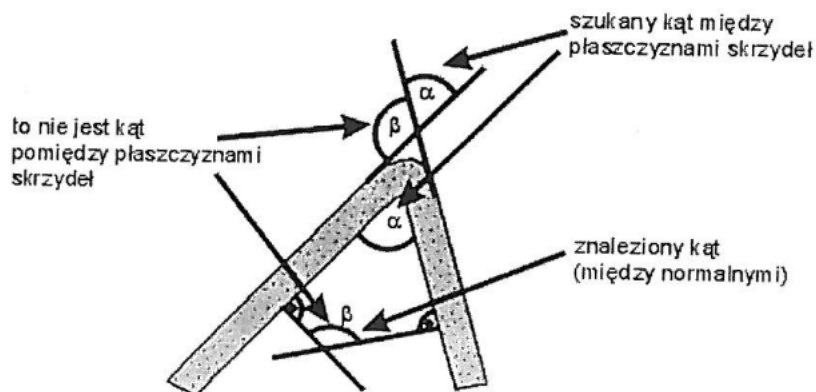
ZNAJDYWANIE KRAWĘDZI PRZECIĘCIA DWÓCH PŁASZCZYZN.

Efektom geometrycznym przecięcia się dwóch płaszczyzn (np. 20/46N i 85/60S) jest prosta. Aby ją znaleźć nanosimy obydwie płaszczyzny na siatkę w postaci łuków. W miejscu przecięcia się obydwu łuków znajduje się punkt przebicia krawędzi przecięcia dwóch płaszczyzn. Wystarczy na jego podstawie podać zapis położenia prostej (naprowadzamy na ten punkt południk zerowy, który wskaże nam azymut zapadania prostej oraz odliczamy jej kąt upadu wzdłuż południka).



Zadanie: W wapieniach dewonu pomierzono położenia warstw w skrzydłach antykliny: 162/54S i 26/40S. Jakie jest położenie osi antykliny oraz kąt między jej skrzydłami?

Od strony geometrycznej szukamy krawędzi przecięcia dwóch płaszczyzn oraz kąt między nimi. Do rozwiązania potrzebne nam będą zarówno łuki płaszczyzn jak i ich normalne, więc po naprowadzeniu południka zerowego siatki na linię biegu pierwszej płaszczyzny (162°) rysujemy jej łuk, odliczając kąt upadu (54°) od brzegu siatki wzdłuż równika z jego południowego końca, oraz doliczając 90° celem znalezienia punktu przecięcia normalnej. Następnie naprowadzamy południk zerowy siatki na linię biegu drugiej płaszczyzny (26°) i wzdłuż równika według tych samych zasad, co uprzednio szukamy położenia łuku płaszczyzny i jej bieguna. W miejscu przecięcia się łuków położony jest punkt przecięcia osi fałdu, której położenie odczytujemy naprowadzając go na południk zerowy (określamy azymut, w którym prosta zanurza się i jej kąt upadu). Następny problem – to kąt między skrzydłami antykliny. Aby go znaleźć naprowadzamy już naniesione bieguny płaszczyzn na wspólny południk i liczymy kąt między normalnymi do płaszczyzn. Odczytany kąt między normalnymi jest zarazem kątem między płaszczyznami w sensie geometrycznym, lecz nie między skrzydłami rozpatrywanej antykliny: aby go znaleźć należy odczytaną wartość odjąć od 180°. Zależność tą wyjaśnia rysunek.

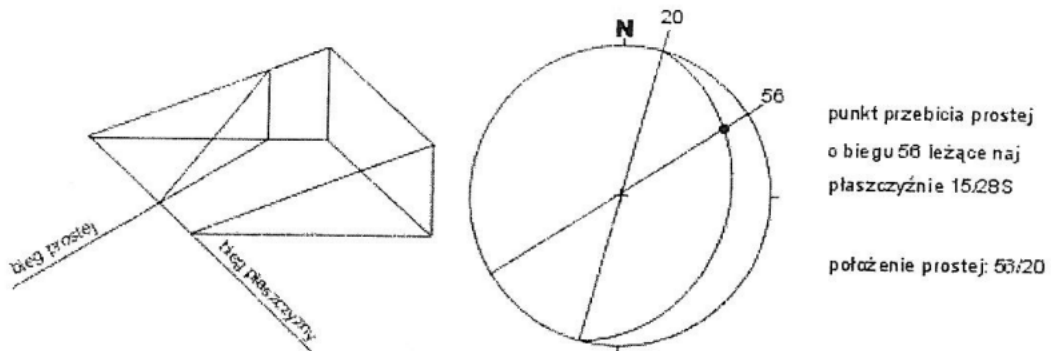


Zadanie: Kliważ o położeniu 26/76N rozwinięty jest w obrębie kredowych margli o położeniu 63/15S. Jaki jest kąt pomiędzy powierzchniami warstw i kliważu i jaka jest orientacja krawędzi przecięcia kliważu i powierzchni warstwy?

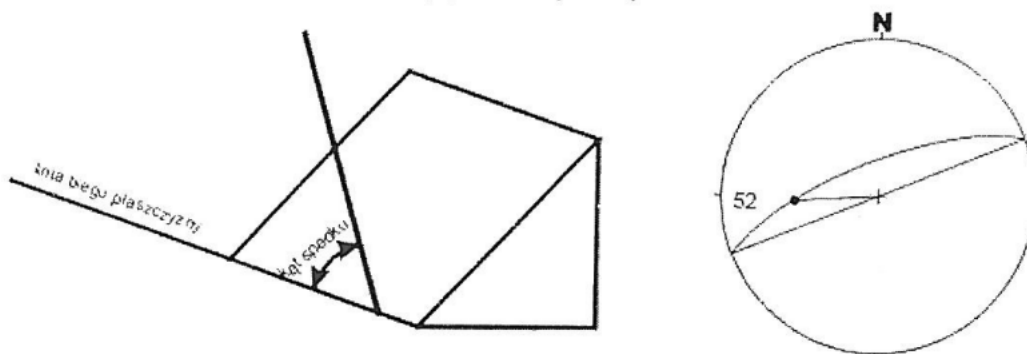
Od strony geometrycznej mamy znaleźć krawędź przecięcia dwóch płaszczyzn (czyli punkt przecięcia się dwóch łuków) oraz kąt między dwoma płaszczyznami (czyli kąt między normalnymi do tych płaszczyzn).

ORIENTACJA PROSTEJ NA PŁASZCZYŹNIE

Teoretycznie rzecz biorąc orientację płaszczyzny wraz z leżącą na niej prostą moglibyśmy podawać mierząc w terenie oddzielnie położenie płaszczyzny i oddzielnie prostej. Metoda ta ma jednak tę wadę, że jest niedokładna i pomierzona przez nas prosta przy próbie naniesienia jej na siatkę przeważnie nie chce znaleźć się na łuku płaszczyzny. Aby uniknąć takich nieścisłości oraz uprościć pracę w terenie stosujemy dwie metody pomiaru położenia prostej na płaszczyźnie, zależne od kąta upadu płaszczyzny. Na powierzchniach połogich (do ok. 45°) wystarczy nam pomiar biegu prostej. Jej orientację na siatce znajdujemy nanosząc łuk płaszczyzny a następnie naprowadzając południk zerowy siatki na linię biegu prostej i znajdując jego punkt przecięcia z łukiem płaszczyzny. Na podstawie obrazu uzyskanego za pomocą siatki możemy podać dokładne położenie prostej. Zasadę postępowania wyjaśnia rysunek.

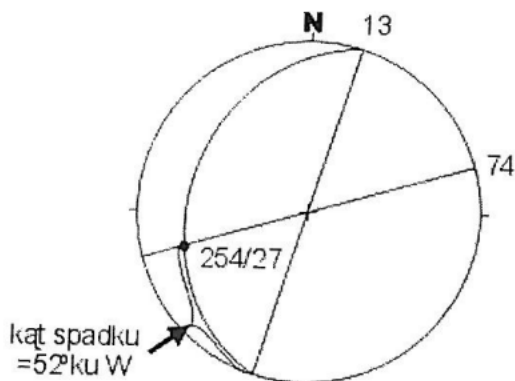


W przypadku płaszczyzny np. 68/72N mającej stromy upad (większy niż ok. 45°) musimy skorzystać z innej metody, gdyż na takiej powierzchni bieg położonej na niej prostej będzie się zmieniał w bardzo małym zakresie, a w przypadku płaszczyzny pionowej – nie będzie się zmieniał wcale. Wówczas dajemy sobie radę mierząc tzw. kąt spadku, czyli kąt zawarty między linią biegu płaszczyzny a leżącą na niej prostą (oczywiście mierzony w danej płaszczyźnie) i podając kierunek zanurzania się prostej – np. 52° ku W. Aby z pomocą siatki podać położenie prostej, wykreślamy na kalce łuk płaszczyzny a następnie od linii biegu wzdłuż łuku odliczamy kąt spadku 52°. Mamy dwa końce linii biegu i dwie możliwości znalezienia kąta 52°, ale ponieważ nasza prosta na płaszczyźnie ma zanurzać się ku zachodowi, więc odliczamy kąt spadku od zachodniego „końca” linii biegu płaszczyzny. Mając znalezioną prostą na płaszczyźnie – możemy odczytać jej położenie: 268/48. Zwróćmy uwagę na fakt, że kąt upadu prostej (mierzony w płaszczyźnie pionowej zawierającej prostą) nie ma nic wspólnego z jej kątem spadku (mierzonym w danej płaszczyźnie).



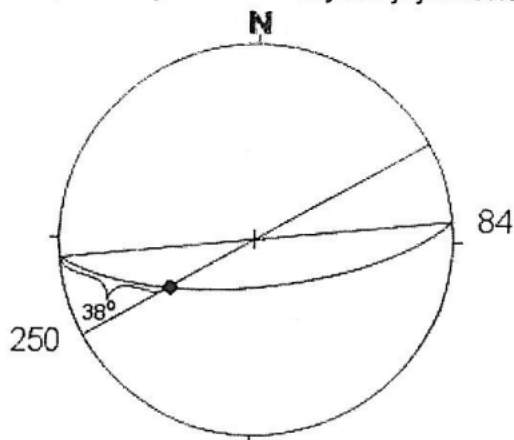
Zadanie: Na powierzchni lustra tektonicznego 13/38N pomierzono bieg rysy ślizgowej = 74°. Podaj zapis położenia rysy ślizgowej jako prostej oraz jej kąt spadku.

Wykreślamy łuk płaszczyzny a następnie naprowadzamy południk zerowy na bieg rysy ślizgowej, tj. 74° i znajdujemy punkt przecięcia z łukiem płaszczyzny. Odczytujemy położenie prostej: azymut, w którym prosta zanurza się 74°+180° = 254°, i kąt upadu wzdłuż południka zerowego = 27°. Aby określić kąt spadku musimy wrócić z południkiem zerowym na linię biegu płaszczyzny (13°) i wzdłuż łuku policzyć kąt zawarty między linią biegu i punktem przebicia prostej, który wynosi 52° ku W.



Zadanie: W spągu piaskowców o położeniu 84/70S stwierdzono występowanie hieroglifów prądowych o kącie spadku 38° ku W. Podaj zapis położenia hieroglifu jako elementu liniowego.

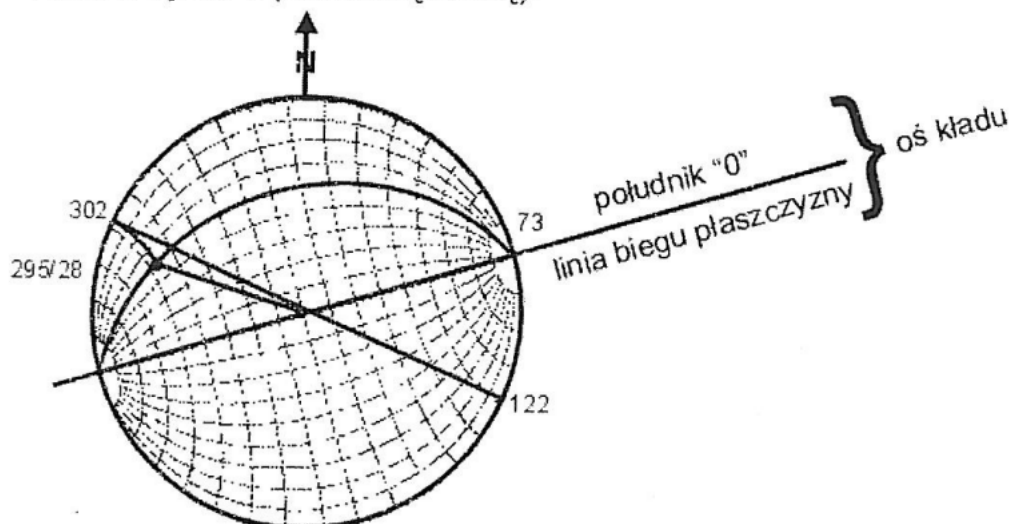
Zaczynamy od wykreślenia łuku płaszczyzny i wzdłuż niego od jego zachodniego końca (bo nasza prosta ma zapadać na zachód) odliczamy kąt spadku = 38°. Mamy więc graficzne rozwiązanie zadania polegającego na znalezieniu położenia prostej na płaszczyźnie, wystarczy teraz odczytać jej orientację = 248/33.



KŁADY

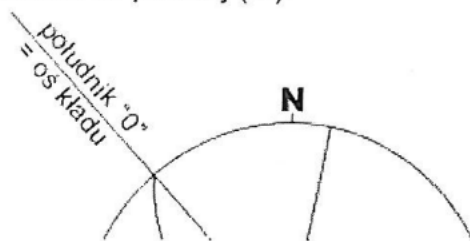
Kładu płaszczyzny dokonujemy wtedy, gdy np. mając pomiar hieroglifu prądowego na wychylonej powierzchni warstwy chcemy dowiedzieć się, jaki był kierunek prądu odpowiedzialny za jego powstanie. Aby odtworzyć warunki z etapu sedymentacji musimy przywrócić warstwowi położenie poziome, czyli dokonać ich kładu. Zasady takiej operacji najlepiej widać na przykładzie globusa, którym jeśli zakręcimy – to każdy położony na nim punkt będzie poruszał się po swoim równoleżniku. Tak samo będzie na siatce: każdy punkt położony na łuku płaszczyzny (np. 73/40N), a więc i punkt przebicia położonej na niej prostej (np. o biegu 115°), w trakcie obrotu będzie przemieszczał się po swoim równoleżniku. W przeprowadzonym zabiegu

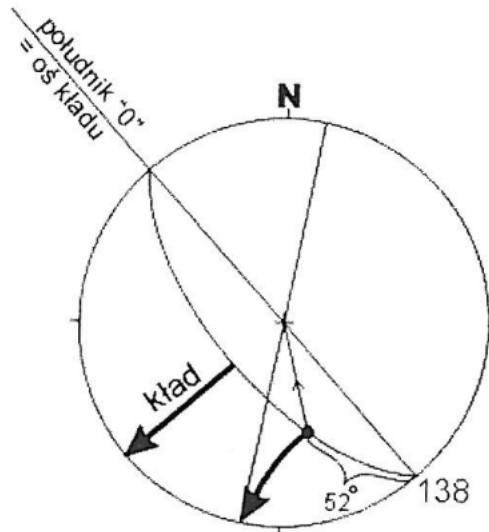
chodzi nie tyle o położenie płaszczyzny (bo z góry wiemy, że efektem kładu będzie płaszczyzna pozioma), ile o zbadanie jakie położenie przyjmie na zpoziomowanej płaszczyźnie znajdująca się na niej prosta (hieroglify prądowy). Techniczna strona takiej operacji polega na naniesieniu za pomocą siatki na kalkę łuku płaszczyzny oraz położonej na niej prostej (dla której mamy podany kąt spadku lub bieg – w zależności od kąta upadu płaszczyzny). Następnie mając naprowadzony południk zerowy siatki na linię biegu płaszczyzny przesuwamy po równoleżniku punkt przebicia prostej z łuku na koło wielkie. Po dokonaniu kładu płaszczyzny – również położona na niej prosta staje się prostą poziomą, a jej obrazem są dwa punkty położone po dwóch stronach koła wielkiego. Zwróćmy uwagę na fakt, że kładu dokonujemy obracając płaszczyznę wokół jej linii biegu o kąt równy kątowi upadu płaszczyzny (linia biegu = osi obrotu, kąt upadu = kątowi kładu). Często hieroglify pozwala nam nie tylko na określenie kierunku prądu ale i jego zwrotu, który zwykle określamy podając, czy przepływ miał miejsce „w górę”, czy „w dół” warstwy. W takim przypadku możemy sprecyzować odpowiedź na pytanie o kierunek prądu podając azymut, w którym płynął (0°-360°), a nie tylko bieg (0°-180°), co w przytaczanym przykładzie oznacza, że prąd o biegu 122° płynął w azymucie 122° lub 302° (tzn. w tę, lub w przeciwną stronę).



Zadanie: W spągu piaskowców ciężkowickich o położeniu 138/64S stwierdzono obecność hieroglify prądowych o kącie spadku 52°S świadczących o przepływie w górę warstwy. Jaki był kierunek i zwrot prądu odpowiedzialnego za powstanie tych hieroglify?

Naprowadzamy południk zerowy siatki na linię biegu płaszczyzny i nanosimy jej łuk. Następnie od jego południowego końca (płaszczyzna ma zapadać ku S) odliczamy wzdłuż łuku 52°. Na znaleziony punkt na prowadzamy południk zerowy i odcytujemy położenie prostej (7°).





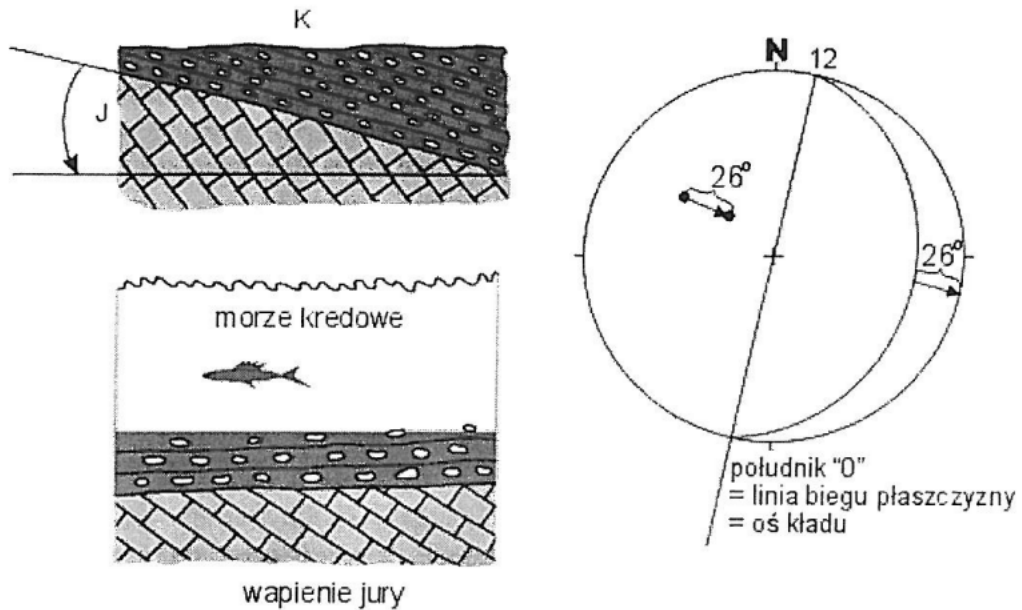
ROTACJE WOKÓŁ OSI POZIOMEJ

Obracać na siatce możemy zarówno proste, jak i płaszczyzny, z tym, że płaszczyzny musimy mieć naniesione w postaci biegunów (a więc też prostych), na podstawie których odtwarzamy położenie płaszczyzny po rotacji. Nie można rotować płaszczyzn przedstawionych w postaci linii upadu, gdyż nie posiadają one takich własności, jak ich bieguny i nie pozwalają na prawidłowe odtworzenie położenia płaszczyzny po rotacji.

Z rotacji na siatce korzystamy m.in. wówczas, gdy wychylone młodsze utwory (np. kredowe 12/26S) leżą niezgodnie na starszych (np. jurajskich 34/48S), co do których chcemy się dowiedzieć, jakie miały położenie w trakcie osadzania się na nich młodszych warstw (czyli jakie było położenie warstw jury w kredzie, gdy ta dopiero się osadzała i miała położenie poziome). Wówczas dokonujemy kładu młodszych warstw o kąt równy kątowi ich upadu (26°) i staramy się dowiedzieć, jak to wpłynie na położenie starszych warstw. Starsze warstwy mamy naniesione na kalkę jako normalną i w trakcie przywracania młodszych warstw położenia poziomego (co wykonujemy przy południku zerowym siatki naprowadzonym na linię biegu młodszych warstw, czyli na 12°) normalna do starszych warstw przemieści się po swoim równoleżniku w tę samą stronę, co kładziona młodsza płaszczyzna o kąt równy jej kątowi upadu (26°). Na podstawie nowego położenia normalnej do płaszczyzny odczytujemy położenie starszych warstw po rotacji, a więc w trakcie sedymentacji młodszych warstw (gdy były one poziome).

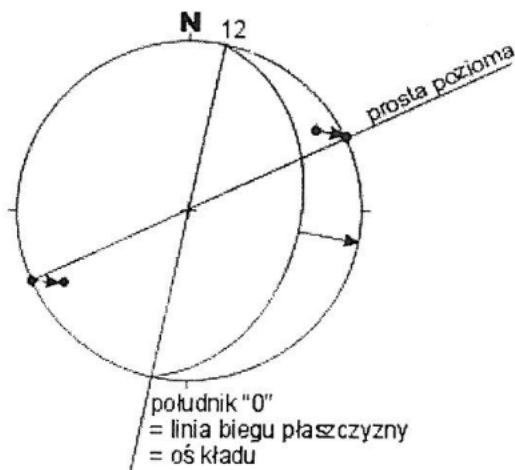
Prześledźmy jeszcze raz powyższe operacje punkt po punkcie:

- 1) przedstawiamy warstwy jury jako normalną do płaszczyzny 38/48S
- 2) naprowadzamy południk "0" siatki na oś kładu, którą jest linia biegu warstw kredy, czyli 12°
- 3) dokonujemy kładu warstw kredy o kąt równy kątowi upadu, czyli 26° (wynik operacji znamy z góry: kreda będzie pozioma)
- 4) przy tym samym ustawieniu siatki przemieszczamy po równoleżniku normalną do warstw jury o kąt 26° w tę samą stronę, w którą kładliśmy płaszczyznę kredy
- 5) na podstawie nowego położenia normalnej odczytujemy położenie warstw jury w kredzie



Może się zdarzyć, że w trakcie dokonywania kładu młodszych warstw (12/35S), normalna do starszych warstw (np. do płaszczyzny 145/78S) przyjmie wcześniej położenie poziome niż kładzona płaszczyzna (już po obrocie o kąt 18°). Ponieważ pracujemy na jednej (dolnej) półkuli, to od momentu, gdy rotowana normalna, czyli w sensie geometrycznym prosta przyjmie położenie poziome, a jej obrazem będą dwa punkty przebicia, w dalszej wędrówce po równoleżniku będzie uczestniczył punkt z drugiej strony siatki, należący do drugiego „końca” prostej (bo ten pierwszy znajdzie się na górnej półkuli, której nie mamy). Z przeciwległego krańca siatki kontynuujemy obrót o dopełnienie do kąta rotacji (tj. $35^\circ - 18^\circ = 17^\circ$). Na podstawie orientacji normalnej możemy odczytać położenie warstw po rotacji, albo raczej przed ich wychyleniem (147/71N).

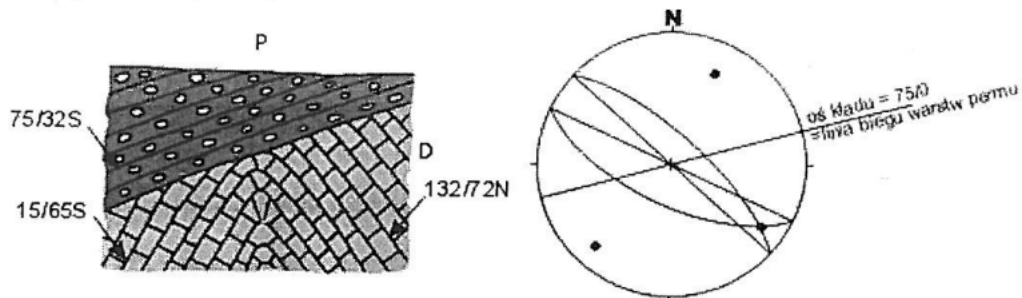
Operacji rotacji dokonujemy też wówczas, gdy np. chcemy się dowiedzieć, jakie było pierwotne położenie ciosu w sfałdowanych warstwach, zakładając jego przedfałdową genezę.



Zadanie: Na antyklinie zbudowanej z wapieni dewonu o położeniu warstw w skrzydłach 115/65S i 132/72N leżą zlepieńce permskie - 75/32S. Jakie było położenie osi i warstw w skrzydłach antykliny w permie?

Aby rozwiązać problem musimy przywrócić zlepieńcom permu położenie poziome, tzn. dokonać ich kładu. Za pomocą siatki nanosimy na kalkę normalne do skrzydeł

antykliny zbudowanej z wapieni dewonu i za jednym ustawianiem siatki wykreślamy łuki płaszczyzn celem znalezienia położenia osi. Następnie naprowadzamy południk zerowy siatki na oś rotacji, czyli linię biegu warstw permu (75.) i przesuwamy punkty przebicia osi oraz normalnych do warstw po równoleżnikach, na których leżą o kąt upadu warstw permu, czyli o 32. ku S. W trakcie obrotu normalnej do południowego skrzydła doprowadzamy ją do położenia poziomego, przenosimy się na przeciwległy brzeg siatki i kontynuujemy rotację o dopełnienie kąta do 32. Mając zrotowane obie normalne do warstw i oś antykliny, odczytujemy ich położenia w permie. Chcąc sprawdzić prawidłowość wykonanego zadania możemy na podstawie normalnych zrekonstruować położenia warstw w skrzydłach; jeśli łuki płaszczyzn przecięły się nam w punkcie położenia zrotowanej osi, to wszystko w porządku.



Zadanie: W obrębie wapieni płytowych o położeniu 58/25S pomierzono zespół spękań ciosowych 85/72S. Jakie było położenie spękań w momencie zakładania ciosu?

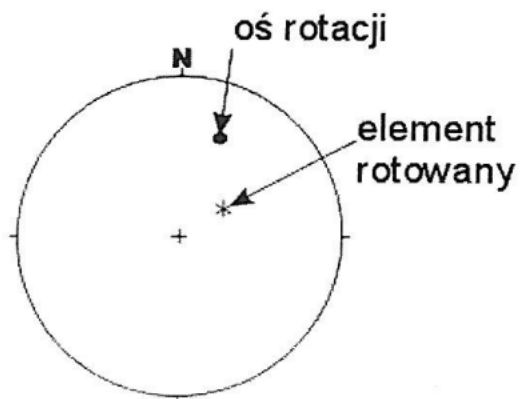
Znajdujemy normalną do powierzchni spękań, bo to ich położenie będzie nas interesowało po dokonaniu kładu warstw (a położenie warstw po rotacji z góry znamy: będzie poziome!). Następnie naprowadzamy południk zerowy siatki na linię biegu wapieni (58.) i punkt przebicia normalnej do spękań przesuwamy o kąt 25. ku S (o kąt upadu wapieni). Na podstawie zrotowanej normalnej odczytujemy położenie płaszczyzny spękań w zpoziomowanych warstwach.

ROTACJA WOKÓŁ OSI NACHYLONEJ

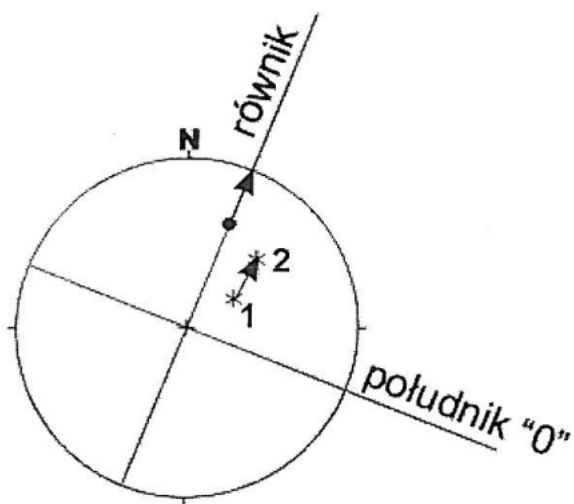
Jest to złożenie trzech rotacji. Jeżeli chcemy obrócić prostą lub biegun płaszczyzny wokół osi nachylonej musimy najpierw doprowadzić oś rotacji do położenia poziomego dokonując jej obrotu wokół prostej poziomej, prostopadłej do jej biegu, o kąt równy jej kątowi upadu. W trakcie dokonywania kładu osi musimy równocześnie poddać rotacji nasz rotowany element (prostą lub normalną do płaszczyzny). Następnie dokonujemy rotacji prostej lub normalnej (znaną już metodą) wokół zpoziomowanej osi, a na koniec podnosimy oś do położenia wyjściowego (dokonując obrotu wokół prostej prostopadłej do jej biegu o kąt równy jej kątowi upadu).

Z problemem rotacji wokół osi nachylonej możemy się zetknąć np. przy określaniu położenia warstw w skrzydłach uskoków rotacyjnych o nachylonych powierzchniach uskokowych. Wykonujemy wówczas rotację jednego skrzydła względem drugiego wokół prostej prostopadłej do płaszczyzny uskoku. Jest to czynność 3-etapowa: 1) dokonujemy kładu osi rotacji wokół prostej prostopadłej do

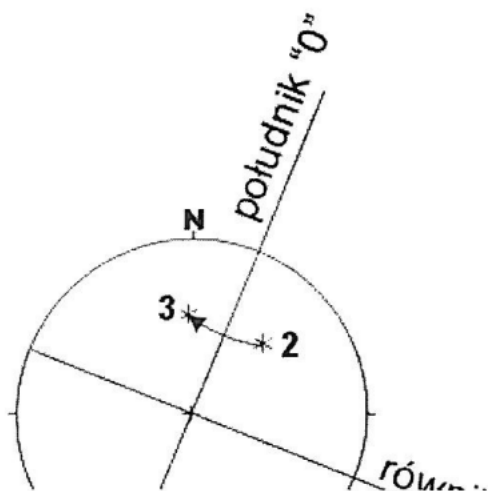
jej biegu; 2) wykonujemy rotację wokół poziomej osi; 3) podnosimy oś rotacji do położenia wyjściowego obracając ją wokół prostej prostopadłej do jej biegu.



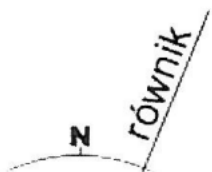
położenie wyjściowe

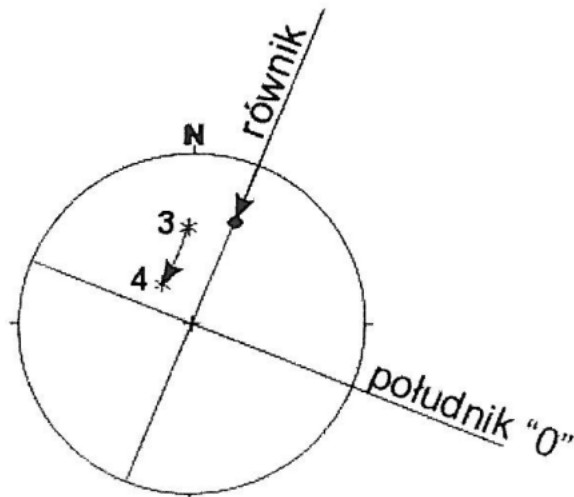


kład osi rotacji



rotacja wokół osi poziomej

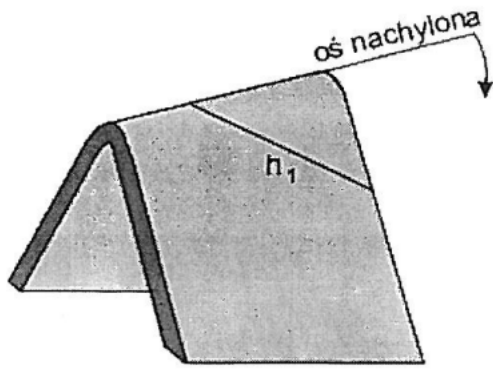




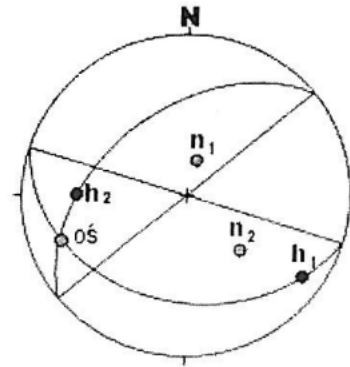
powrót do pierwotnego położenia
osi rotacji

Zadanie: W piaskowcach kredowych fliszu karpackiego pomierzono położenia warstw w skrzydłach antykliny: 75/60N i 104/32S. W jej południowym skrzydle stwierdzono występowanie hieroglifów prądowych o biegu 145 $^{\circ}$ świadczących o przepływie „w górę” warstwy, a w północnym hieroglif o kącie spadku 56 $^{\circ}$ świadczący o przepływie „w dół”. Czy wszystkie hieroglify powstały przy tym samym kierunku prądu?

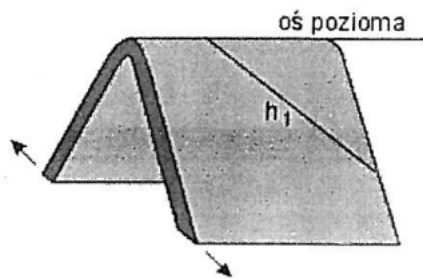
Z pozoru mogłoby się wydawać, że jest to banalne zadanie na kłady, ale z faktu, że biegi warstw w skrzydłach fałdu nie są do siebie równoległe wynika, że oś struktury nie jest pozioma. Jeśli tak, to możemy wnioskować o dwóch etapach tektonicznych: pierwszy polegał na sfałdowaniu warstw, drugi – na blokowym wychyleniu fałdów. Dużym błędem by więc było dokonywanie kładu każdego skrzydła oddzielnie wokół jego linii biegu. Chcąc przywrócić piaskowcom pierwotną pozycję („rozwinąć fałd”) należy najpierw zpoziomować jego oś. Nanosimy płaszczyzny skrzydeł z pomocą siatki na kalkę w postaci łuków, znajdujemy z krawędzi przecięcia dwóch płaszczyzn położenie osi fałdu i poziomujemy ją wykonując obrót wokół prostej prostopadłej do jej linii biegu o kąt jej upadu. Wcześniej powinniśmy mieć również zaznaczone położenia normalnych do obu płaszczyzn oraz hieroglifów prądowych w obu skrzydłach fałdu i w trakcie dokonywania kładu osi obrócić oba hieroglify i obie normalne. Jeżeli zrobiliśmy wszystko bezbłędnie, to normalne do płaszczyzn po rotacji powinny znaleźć się na południku zerowym, co oznacza, że płaszczyzny te mają równoległe do siebie biegi. W fałdzie o poziomej osi dokonujemy kładu („rozwinęcia”) skrzydeł. Ponieważ nie mamy łuków płaszczyzn, tylko ich normalne, to aby płaszczyzna zajęła położenie poziome, to jej normalna powinna stać się pionowa, czyli zawędrować na środek siatki. Wraz z rotacją normalnej do pionu musimy jednocześnie obracać położony na niej hieroglif. Jeżeli płaszczyzna przyjęła położenie poziome, to hieroglif z tej płaszczyzny również powinien być poziomy, czyli powinien mieć dwa punkty przebicia po dwóch stronach koła wielkiego. Teraz wystarczy porównać położenia hieroglifów z obydwu skrzydeł, aby odpowiedzieć na pytanie, czy powstały przy tym samym kierunku prądu.



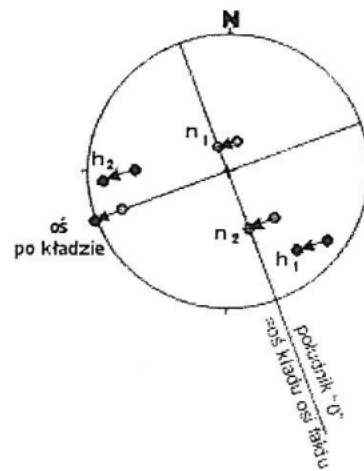
antyklina o nachylonej osi



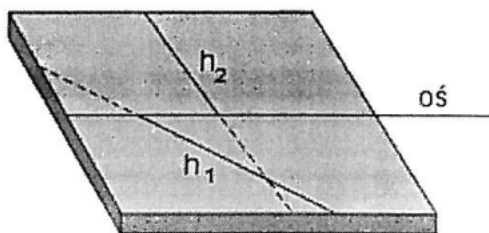
znajdujemy położenia normalnych do warstw oraz osi i hieroglifów



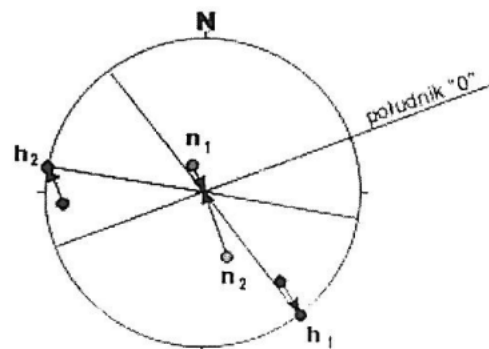
antyklina po zpoziomowaniu osi



kładziemy oś fałdu (wokół prostej prostopadłej do jej biegu), a wraz z nią obracamy normalne i hieroglify o kąt upadu osi fałdu



antyklina ze zpoziomowanymi skrzydłami



rozwijamy skrzydła fałdu (normalne wędrują na środek siatki, a hieroglify - na koło wielkie)

[POPZEDNIA] [SPIS TREŚCI] [DO GÓRY] [NASTĘPNA]

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

Data ostatniej zmiany: 01.10.2002
Polskie znaki kodowane są zgodnie z normą ISO-8859-2

