

Ministerstwo Środowiska

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

Część II

KARTOWANIE GEOLOGICZNE ZŁÓŻ



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

Kraków 2012

REDAKCJA I OPRACOWANIE

prof. dr hab. inż. Marek Nieć

PRZY WSPÓŁDZIALE

dr. hab. inż. Jacka Muchy, prof. AGH, rozdz. 7.4.2
dr inż. Moniki Wasilewskiej-Błaszczyk, AGH, rozdz. 7.4.2
dr inż. Edyty Sermet

RECENZENCI

prof. dr hab. Krzysztof Szamałek, UW
prof. dr hab. Adam Piestrzyński, AGH
mgr Michał Gientka, KZK

OPRACOWANIE EDYTORSKIE

Danuta Nikiel-Wroczyńska
Beata Stankiewicz
Barbara Sudoł
Monika Goebel

ADRES WYDAWNICTWA

31-261 Kraków, ul. J. Wybickiego 7, IGSMiE PAN
tel. 12 632-33-00 w. 643, 647, fax 12 632-35-24
www.min-pan.krakow.pl

*Wykonano w Instytucie Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
na zlecenie Ministerstwa Środowiska,
ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej*

© *Copyright by Authors*

© *Copyright by Ministerstwo Środowiska*

Printed in Poland

ISBN 978-83-62922-11-6

IGSMiE PAN – Wydawnictwo, Kraków 2012

Objętość ark. wyd. 17,11; ark. druk. 24,0 (× 8) + wklejki
Druk i oprawa: Agencja Reklamowo-Wydawnicza „Ostoja” Maciej Hubert Krzemień,
Cianowice 348, 32-043 Skąpa

SPIS TREŚCI

Wstęp	5
1 Zadania i zasady kartografii geologiczno-złożowej	7
1.1. Zadania kartografii geologiczno-złożowej i źródła informacji o budowie złoża	7
1.2. Ogólne zasady kartografii geologiczno-złożowej	11
1.3. Skale map	15
1.4. Oznaczenia stosowane na mapach geologiczno-złożowych	16
2. Kartowanie geologiczne na powierzchni dla celów złożowych	21
2.1. Zasady ogólne	21
2.2. Dokumentacja obserwacji terenowych	24
3. Dokumentacja geologiczna otworów wiertniczych	27
3.1. Obserwacje w trakcie wiercenia	27
3.1.1. Obserwacje czasu zwiercania (chronometraż)	27
3.1.2. Krzywienie otworu	30
3.1.3. Obserwacje płuczki	32
3.1.4. Obserwacje hydrogeologiczne w trakcie wiercenia	33
3.1.5. Pobieranie rdzeni	33
3.2. Geologiczne profilowanie otworów wiertniczych	36
3.2.1. Profilowanie rdzeni	36
3.2.2. Profilowanie wierceń udarowych i obrotowych bezrdzeniowych	46
3.2.3. Profilowanie specjalne	50
3.2.4. Profilowanie geofizyczne otworów	52
3.2.5. Sporządzanie profili graficznych otworów	58
4. Kartowanie geologiczne podziemnych wyrobisk górniczych	63
4.1. Dokumentowanie geologiczne podziemnych wyrobisk górniczych	63
4.2. Warunki kartowania wyrobisk górniczych	64
4.3. Podkłady mapowe do kartowania złóż eksploatowanych	66
4.4. Metodyka kartowania podziemnych wyrobisk górniczych	69
4.4.1. Zasady ogólne	69
4.4.2. Kartowanie bezpośrednie wyrobisk górniczych	74

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

4.4.3. Kartowanie pośrednie wyrobisk górniczych – profilowanie wyrobisk	75
4.4.4. Wybór metody kartowania	82
4.4.5. Fotodokumentacja geologiczna podziemnych wyrobisk górniczych	82
4.4.6. Określanie elementów ułożenia płaszczyzn uwarstwienia i uskoków w wyrobiskach górniczych	86
5. Kartowanie geologiczne wyrobisk kopalń odkrywkowych	93
6. Zagadnienia specjalne w kartowaniu geologicznym złóż	97
6.1. Zastosowanie metod geofizycznych powierzchniowych w kartowaniu geologicznym złóż	97
6.2. Kartowanie złóż na podstawie wyników opróbowania	100
6.3. Identyfikacja i korelacja pokładów i żył	101
6.4. Obserwacje tektoniki	108
6.4.1. Problemy rozpoznania i interpretacji tektoniki złoża	108
6.4.2. Tektonika fałdowa	109
6.4.3. Tektonika uskokowa	110
6.4.4. Rozpoznawanie uskoków w otworach wiertniczych	114
6.4.5. Zaburzenia glaciektoniczne	115
7. Sporządzanie geologicznych map złożowych i przekrojów	117
7.1. Sposoby przedstawiania budowy złoża	117
7.2. Sporządzanie złożowych map geologicznych	119
7.3. Zasady konstruowania przekrojów geologicznych	125
7.4. Mapy parametrów złoża	133
7.4.1. Rodzaje map	133
7.4.2. Zasady sporządzania map izarytm (izolinii)	134
7.4.3. Mapy strukturalne	147
7.4.4. Wyznaczanie wychodni złoża i krawędzi przecięcia uskoku z pokładem	154
7.4.5. Mapy miąższości złoża	156
7.4.6. Mapy miąższości nadkładu i stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża	159
7.4.7. Mapy jakości kopaliny	160
7.4.8. Mapy zasobności złoża	163
7.4.9. Zastosowanie techniki komputerowej do sporządzania map izarytm	163
7.5. Mapy specjalne	165
7.6. Diagramy blokowe i modele przestrzenne złóż	168
7.7. Dokumentacja kartograficzna budowy złoża	170
8. Dokumentacja kartograficzna geologicznych warunków eksploatacji (hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych i gazowych)	175
8.1. Zakres badań geologicznych warunków eksploatacji	175
8.2. Dokumentowanie warunków hydrogeologicznych	176
8.3. Dokumentowanie warunków inżyniersko-geologicznych	179
8.4. Dokumentowanie warunków gazowych w złożu i jego otoczeniu	185
Literatura	189

WSTĘP

Mapy geologiczne są podstawową formą przekazu informacji geologicznej. Stanowią one zarazem podstawowy składnik każdej dokumentacji geologicznej złoża kopaliny. Opisy słowne są zwykle tylko ich uzupełnieniem. Powszechne zastosowanie technik komputerowych znacznie usprawnia i przyspiesza proces sporządzania map. Nieraz umożliwia też różne formy ich przetwarzania, których realizacja metodami tradycyjnymi jest trudna i pracochłonna, a zatem rzadko wykonywana. Technika komputerowa i oprogramowania oferowane na zasadach komercyjnych przez wiele firm, umożliwiają opracowywanie map na podstawie odpowiednio formatowanych baz danych, pochodzących zarówno z bezpośrednich obserwacji i pomiarów jak również takich, które są efektem ich przetwarzania. Dane te zlokalizowane w układzie współrzędnych stanowią cyfrowy, numeryczny model złoża i pozwalają na wielowariantową jego wizualizację. Właściwe stosowanie metod komputerowych wymaga jednak dobrego zrozumienia zasad tworzenia map geologicznych oraz umiejętnego wykonania obserwacji i zgromadzenia danych niezbędnych dla sporządzenia mapy. Stosowanie komputera na zasadzie „czarnej skrzynki” bez zrozumienia zasad opracowywania map i wyboru właściwego sposobu postępowania spośród różnych, proponowanych przez oprogramowania komercyjne, może prowadzić do poważnych błędów. Znajomość tych zasad i metod jest zatem niezbędna dla właściwego wyboru sposobu postępowania przy skomputeryzowanym opracowywaniu odpowiednich map.

W kolejnych rozdziałach przedstawione zostały podstawowe metody kartografii geologiczno-złożowej, obejmujące kartowanie na powierzchni, profilowanie otworów wiertniczych, kartowanie wyrobisk kopalń podziemnych i odkrywkowych oraz metody sporządzania map ilustrujących budowę złoża i zróżnicowanie jego parametrów. Pominięto w zasadzie wykonywanie map opartych wyłącznie na wynikach badań metodami geofizycznymi, które odgrywają doniosłą rolę w dokumentowaniu złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Ich omówienie wymagające odwołania się do opisu poszczególnych metod i interpretacji ich wyników znajdzie Czytelnik w odpowiednich podręcznikach poświęconych metodom geofizycznym. Zwrócono jednak uwagę na rolę badań geofizycznych naziemnych i otworowych jako wspomagających i często niezbędnych dla wyjaśnienia budowy złoża.

Podstawowe znaczenie dla prawidłowego sporządzenia opracowań kartograficznych (map, przekrojów), także przy wykorzystaniu metod geofizycznych lub technik kompu-

terowych, ma umiejętna interpretacja przedstawianych zjawisk, oparta na stwierdzonych faktach i wiedzy geologicznej, w szczególności znajomości geologii złóż, zasad stratygrafii, sedimentologii i tektoniki, którą geolog-dokumentator musi posiadać. Wszelkie opracowania kartograficzne, które są wynikiem tylko numerycznego przetwarzania informacji i modelowania matematycznego muszą być weryfikowane i korygowane zgodnie z zasadami tej wiedzy.

Całość opracowania metodyki dokumentowania złóż przedstawiona została w podziale na 4 części w osobnej edycji książkowej obejmujących:

Cz. I. Poszukiwanie, rozpoznawanie złóż oraz projektowanie i organizację prac geologicznych.

Cz. II. Kartowanie geologiczne złóż.

Cz. III. Opróbowanie złóż kopalin stałych.

Cz. IV. Szacowanie zasobów złóż kopalin stałych.

Część I zawiera aneksy:

A. Graniczne wartości parametrów definiujących złoża i jego granice dla poszczególnych kopalin.

B. Wskazówki metodyczne dokumentowania złóż kopalin stałych

Część IV zawiera aneks:

Podstawowe metody statystyki matematycznej i geostatystyki stosowane w dokumentowaniu złóż.

Skorowidz rzeczowy przedstawionych zagadnień znajduje się w części IV.

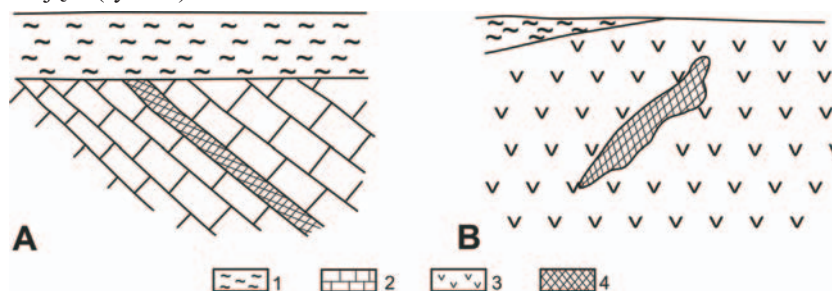


ZADANIA I ZASADY KARTOGRAFII GEOLOGICZNO-ZŁOŻOWEJ

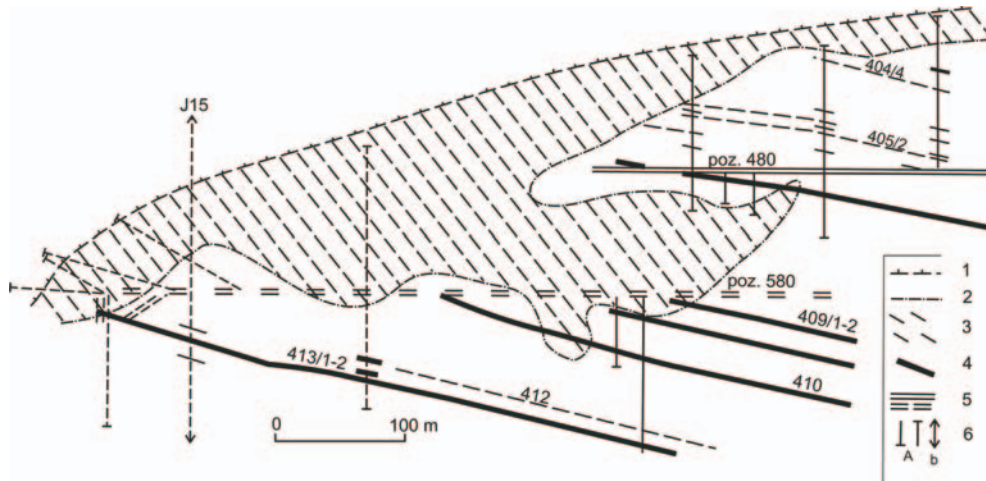
1.1. Zadania kartografii geologiczno-złożowej i źródła informacji o budowie złoża

Zadaniem kartografii geologiczno-złożowej jest przedstawienie budowy geologicznej złoża i zjawisk geologicznych występujących w jego otoczeniu w formie graficznej za pomocą map, przekrojów, diagramów blokowych lub modeli przestrzennych. Obserwacje wykonywane na powierzchni w trakcie normalnego kartowania geologicznego dostarczają tylko danych o utworach odsłoniętych na powierzchni, o wychodniach złoża oraz jego budowie w strefie przypowierzchniowej. Są one zwykle niewystarczające do poznania sposobu ułożenia złoża w przestrzeni, jego budowy i stosunku do skał otaczających. W przypadku złóż zakrytych, występujących pod nakładem utworów młodszych lub ukrytych, które nie mają wychodni na powierzchni (rys. 1.1), geologiczne mapy powierzchniowe nie dostarczają informacji o złożu.

Część złoża odsłonięta na powierzchni, lub która ma wychodnie pod nakładem skał młodszych, często różni się znacznie od części głębiej położonych. Różnice te dotyczą zarówno składu mineralnego jak i chemicznego, a w złożach rud i węgla często także formy złoża. Ich przyczyną są procesy wietrzeniowe przetwarzające zarówno skały budujące złożę jak i otaczające (rys 1.2).



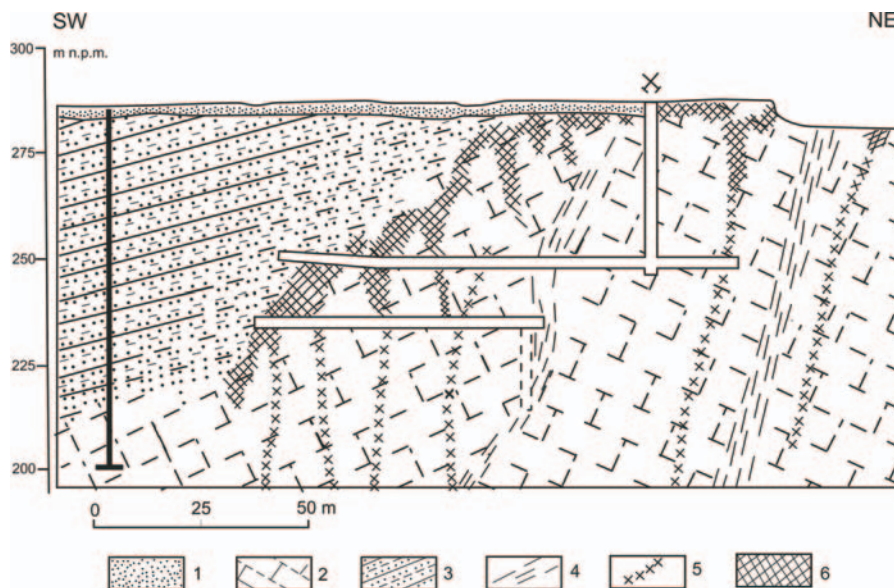
Rys. 1.1. Złóża zakryte (A) i ukryte (B)
1 – nakład utworów młodszych; 2, 3 – skały otaczające; 4 – złożę



Rys. 1.2a. Zmiany budowy złoża na wychodniach (pod przykryciem utworów młodszych).

Złoże węgla kamiennego kop. „Zofiówka” (wg I. Lipiarskiego 2000)

- 1 – granica stropu utworów karbonu (pod nakładem osadów trzeciorzędowych), 2 – granica strefy wietrzenia,
 3 – pstre utwory wietrzeniowe bezwęglowe, 4 – pokłady węgla (wyróbiska w pokładzie),
 5 – wyróbiska (przekopy) poziome, 6 – otwory wiertnicze, a – dołowe, z wyróbisk górniczych, górniczych,
 b – wykonane z powierzchni



Rys. 1.2b. Zmiany budowy złoża na wychodniach (pod przykryciem utworów młodszych).

Złoże rud miedzi „Miedzianka” k. Kielc (wg Z. Rubinowskiego 1971, uproszczony)

- 1 – utwory czwartorzędowe, 2 – wapień dewońskie, 3 – piaskowce i mułowce dolnotriasowe, 4 – iły, łupki, wapień w strefach uskokowych, 5 – żyłowa mineralizacja siarczkowa (chalkopirytowa z miedziankiem i chalkozynowa), 6 – rudy utlenione w kieszeniach kwasowych

W celu poznania budowy złoża niezbędne jest dysponowanie nie tylko obserwacjami zbieranymi na powierzchni, ale również wykonywanymi na różnych głębokościach, tak rozmieszczonymi, by można było na ich podstawie stworzyć poprawny przestrzenny obraz tej budowy. Obserwacje takie wykonuje się w otworach wiertniczych i wyrobiskach górniczych specjalnie wykonanych w celu badania złoża jako **otwory wiertnicze lub wyrobiska górnicze rozpoznawcze**. Samo wykonanie otworów lub wyrobisk nie prowadzi jeszcze do rozpoznania złoża. Osiąga się je dopiero w wyniku przeprowadzenia w nich obserwacji geologicznych. Prace wiertnicze i górnicze są tylko zabiegiem technicznym umożliwiającym wykonanie tych obserwacji. Źródłem informacji o budowie złoża mogą też być:

- wyrobiska eksploatacyjne, w których wykonuje się obserwacje geologiczne,
- otwory wiertnicze wykonywane w innych celach, na przykład do badań inżyniersko-geologicznych lub hydrogeologicznych, jeśli dostarczają one informacje, które mogą być wykorzystane w dokumentowaniu złoża.

W trakcie kartowania geologicznego bardzo istotną sprawą jest jednakowe i jednoznaczne określenie skał i typów kopaliny występujących w złożu i w jego otoczeniu, zwłaszcza jeśli kartowanie przeprowadza niezależnie kilka osób. Pomocna w tym jest wzorcowa kolekcja skał tworzących złożo i jego otoczenie. Okazy do niej pobierane powinny one być przynajmniej wielkości dłoni lub większe, jeśli wymaga tego makrotekstura. Określenie poszczególnych typów skał powinno być dokonane na podstawie badań mineralogiczno-petrograficznych (np. w ramach badania rodzaju i jakości kopaliny przy zestawianiu dokumentacji geologicznej złoża). Wyróżniane typy skał muszą dać się zidentyfikować na podstawie cech makroskopowych. Przed przystąpieniem do kartowania niezbędne jest dokładnie zapoznanie się z taką kolekcją. Ułatwia to prawidłowe określenie poszczególnych typów skał w czasie pracy. W przypadku trudności w zidentyfikowaniu jakiejś skały, zwłaszcza w czasie pracy w wyrobiskach górniczych pod ziemią, należy pobrać jej próbkę i zidentyfikować ją przez porównanie z odpowiednim okazem kolekcji wzorcowej.

Oprócz obserwacji bezpośrednich, informacje o budowie złoża zdobywane są także w sposób pośredni za pomocą badań geofizycznych. Badania te wykonuje się na powierzchni, w otworach wiertniczych i wyrobiskach górniczych. Są one nieodzowne, gdy nie możemy przeprowadzić obserwacji bezpośredniej, przykładowo gdy złożo i skały otaczające są przykryte grubym nadkładem utworów młodszych, zwykle czwartorzędowych, gdy niemożliwe jest pobranie próbek z otworu wiertniczego, lub gdy chodzi nam o prześledzenie granic poszczególnych utworów lub zaburzeń tektonicznych między punktami, w których wykonano obserwacje bezpośrednie lub na zewnątrz od nich (np. między otworami wiertniczymi lub wyrobiskami górniczymi lub na zewnątrz od nich).

Wyniki wszystkich prac rozpoznawczych wykonywanych specjalnie w celu poznania budowy złoża jak również innych dostarczających danych o nim i jego otoczeniu przedstawiane są za pomocą różnego rodzaju opracowań kartograficznych. Treść map jest zróżnicowana w zależności od rodzaju przedstawianych zagadnień. Obok map geologicznych przedstawiających rozmieszczenie poszczególnych utworów, sporządza się szereg map

Tabela 1.1
Rodzaje map geologiczno-złożowych w dokumentowaniu złóż

Przedstawiane zagadnienia	Sposób pozyskania informacji	Rodzaje map
Polożenie złoża na tle elementów chronionych środowiska	kartowanie bezpośrednie na powierzchni	mapa geosrodowiskowa (geologiczno-gospodarcza) sporządzana wg Instrukcji opracowania mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000
Budowa geologiczna terenu występowania złoża i jego otoczenia	kartowanie bezpośrednie na powierzchni	mapa geologiczna odkryta lub zakryta
	obserwacje w otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych	mapa odkryta sporządzana przy wykorzystaniu danych z odsłonięć sztucznych mapa geologiczna wgłębna* mapy geologiczne poziomowe
Ułożenie złoża w przestrzeni	obserwacje w otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych	mapy strukturalne: stropu złoża, spągu złoża, wyróżnianych warstw w obrębie złoża
Mapy parametrów złoża	obserwacje i pomiary w otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych	mapa miąższości złoża
		mapa grubości nadkładu (w złożach eksploatowanych odkrywkowo)
		mapa stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża (j.w.)
Budowa wewnętrzna złoża	obserwacje w otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych	mapy jakości kopaliny (parametrów charakteryzujących jakość kopaliny np. zawartości składników użytecznych)
		mapa zasobności złoża
		mapy specjalne wybranych cech złoża np. występowania przetworzeń płonnych, mapy skrasowienia itp.
Mapy specjalne	specjalne obserwacje, badania i pomiary w otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych	mapa występowania utworów wodonośnych
		mapy hydrogeologiczne
		mapy zwierciadła wody w poziomach wodonośnych
		mapy współczynników filtracji, wodoprzewodności
		mapy utworów stropowych, spągowych złoża
		mapy urabialności
mapy rejonizacji inżyniersko-geologicznej		
Mapy gazowe i geotermiczne	specjalne obserwacje, badania i pomiary w otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych	mapa stropu strefy gazonośnej
		mapy gazonośności (poziomowe)
		mapy geotermiczne poziomowe

* Na przykład mapa stropu utworów karbonu pod nadkładem skał młodszyczych

tematycznych ilustrujących wybrane cechy złoża lub otaczającego je górotworu oraz występujące w nich zjawiska geologiczne (na przykład hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne, gazowe). Wykonanie tych map jest z reguły niezbędne z punktu widzenia potrzeb projektowania górniczego i dla oceny oddziaływania eksploatacji na środowisko. Rodzaje zagadnień wymagających przedstawienia kartograficznego, sposób pozyskiwania informacji i sposób kartograficznego ich przedstawiania zestawiono w tabeli 1.1.

1.2. Ogólne zasady kartografii geologiczno-złożowej

Mapa geologiczno-złożowa powstaje na podstawie obserwacji wykonanych w odsłonięciach naturalnych, otworach wiertniczych lub wyrobiskach górniczych. Jej wykonanie składa się zatem z trzech etapów:

- I. Wykonania dokumentacji geologicznej odsłonięcia, otworu lub wyrobiska na podstawie przeprowadzonych obserwacji i pomiarów.
- II. Rejestracji na mapie (podkładzie mierniczym) wyników obserwacji, badań pobranych próbek lub innych badań specjalnych (na przykład hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych, geofizycznych itp.).
- III. Sporządzenia mapy, które polega na interpretacji wyników obserwacji, przede wszystkim na wykreśleniu granic występowania poszczególnych utworów lub obszarów, na których występują określone zjawiska geologiczne.

Jako podkład mierniczy służy mapa topograficzna lub mapa wyrobisk górniczych. Poszczególne utwory, zjawiska geologiczne oraz granice i obszary ich występowania zaznacza się na mapie umownymi znakami graficznymi lub barwnymi. Jako dodatkowe stosuje się symbole literowe.

Przy opracowywaniu mapy obowiązują trzy ważne zasady:

- 1) na mapie należy wyraźnie rozróżniać odpowiednią sygnaturą fakty stwierdzone od interpretowanych,
- 2) w przypadku prezentacji właściwości złoża lub skał otaczających wyrażanych w sposób ilościowy na mapie, w punktach, w których wykonano obserwacje lub pomiary **bezwzględnie** muszą być podane wartości tych cech, które zostały pomierzone lub obserwowane są to bowiem wielkości i fakty stwierdzone, a pomiędzy tymi punktami tylko interpretowane,
- 3) mapa winna być czytelna dla osób, które mają z niej korzystać.

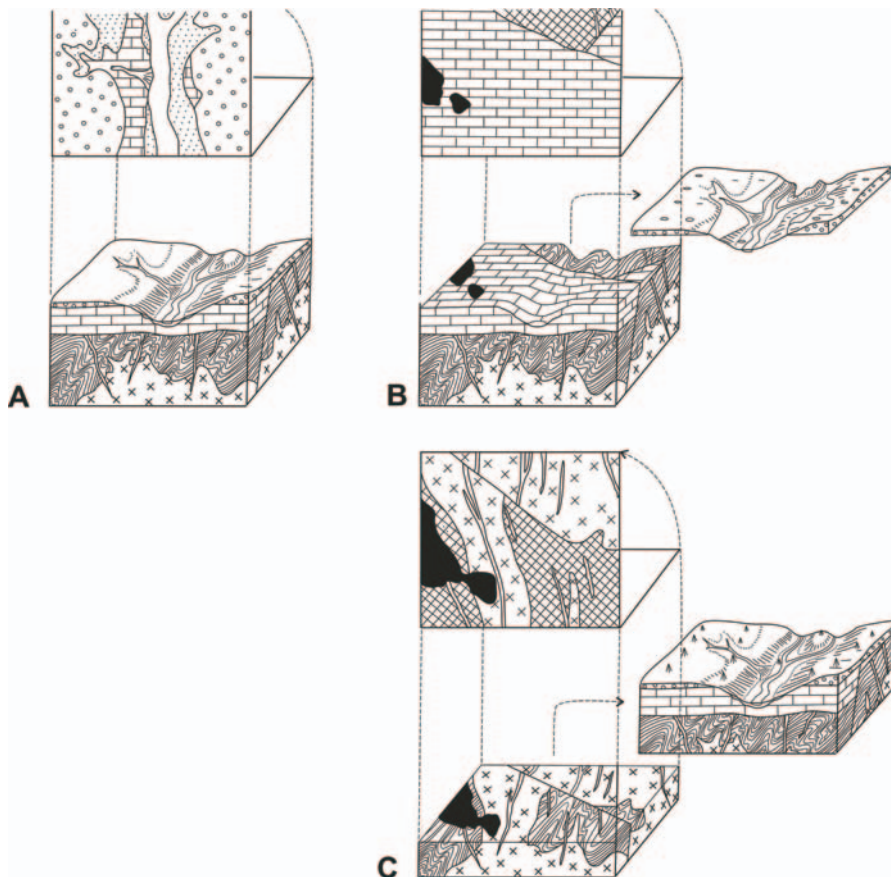
Wyróżnić można trzy rodzaje map:

- mapy geologiczne ogólne, które są obrazem rozmieszczenia wyróżnianych utworów (i położenia złoża w stosunku do nich) bądź na urozmaiconej morfologicznie powierzchni Ziemi, bądź na wybranej powierzchni leżącej poniżej. W pierwszym przypadku jest to mapa geologiczna zakryta. W drugim przypadku, jeśli powierzchnią odwzorowania jest spąg określonych utworów jest to mapa geologiczna odkryta, a jeśli powierzchnią tą jest płaszczyzna przechodząca przez otwory wiertnicze lub wyrobiska

górnicy na określonej wysokości w stosunku do poziomu morza, mapa geologiczna poziomowa (górnicza mapa geologiczna poziomowa, rys. 1.3);

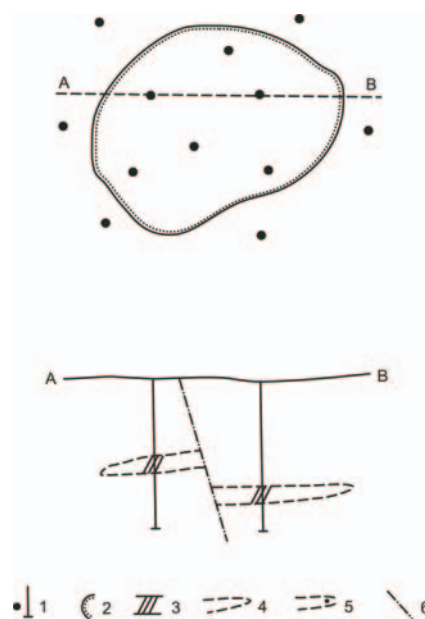
- mapy parametrów złożowych, a zatem cech złoża lub skał otaczających wyrażanych w sposób ilościowy, których zróżnicowanie przedstawia się za pomocą izarytm;
- specjalne mapy tematyczne, przedstawiające wybrane zjawiska lub właściwości górotworu, na przykład hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne, gazowe.

Uzupełnieniem map są przekroje geologiczne i rzadziej diagramy blokowe lub modele złoża. Przy sporządzaniu map geologiczno-złożowych należy sobie dobrze uświadomić fakt, że obserwacje wykonane w odsłonięciach naturalnych lub sztucznych, otworach wiertniczych, czy nawet w wyrobiskach górniczych można uważać za punktowe w stosunku do rozmiarów całego złoża. Na ich podstawie geolog ma przedstawić budowę złoża, wyznaczyć granice poszczególnych utworów i określić położenie granic złoża w przestrzeni. Dokonuje więc interpretacji budowy geologicznej między wyrobiskami górnictwami i otworami na obszarze niedostępnym dla bezpośredniej obserwacji (rys. 1.4).



Rys. 1.3. Rodzaje map (Pouba 1959)

A – powierzchniowa zakryta, B – mapa odkryta, C – mapa poziomowa

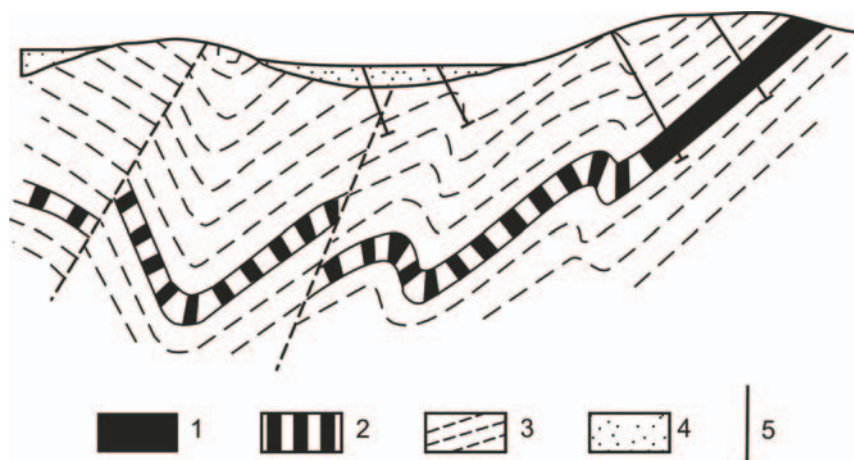


Rys. 1.4. Interpretacja granic złoża i jego budowy na podstawie „punktowych” informacji z otworów rozpoznawczych
 1 – otwory wiertnicze na mapie i na przekroju, 2 – granica złoża interpretowana na mapie,
 3 – złożo stwierdzone otworami wiertniczymi, 4 – strop i spąg złoża interpretowane na przekroju,
 5 – granica złoża na przekroju, 6 – przypuszczalny uskok

Często interpretuje ją też na obszarze położonym na zewnątrz od wyrobisk górniczych i otworów. W pierwszym przypadku mówimy o **interpolacji**, w drugim o **ekstrapolacji**. Wyróżnia się także **ekstrapolację ograniczoną**, polegającą na interpretacji budowy złoża między punktem, w którym zostało ono stwierdzone a punktem, w którym wykazano jego brak, oraz **nieograniczoną**, gdy nie dysponuje się informacją o budowie obszaru, na którym przeprowadza się ekstrapolację.

Interpolacja i ekstrapolacja dotyczy przede wszystkim wyznaczenia granic wydzielanych utworów i określenia cech złoża wyrażanych ilościowo, takich np. jak miąższość, zawartość składnika użytecznego itp. Interpolację i ekstrapolację wykonuje geolog, wykorzystując znajomość prawidłowości budowy skorupy ziemskiej i procesów w niej zachodzących. Podstawowym sposobem interpretacji jest metoda analogii. Polega ona na tym, że staramy się (często podświadomie) przedstawić budowę badanego złoża w sposób podobny do budowy złóż wcześniej dobrze już poznanych. Tworzymy zatem koncepcyjny (myślowy) model złoża, który przedstawiamy graficznie za pomocą map i przekrojów.

Interpolację i ekstrapolację znakomicie ułatwia znajomość budowy geologicznej obszaru, w którym występuje złożo. Do określenia ułożenia złoża w głębi wykorzystujemy wówczas informacje zebrane na powierzchni lub w dobrze już zbadanych wyższych jego częściach (rys. 1.5).



Rys. 1.5. Interpolacja i ekstrapolacja budowy geologicznej

1 – zbadana część złoża, interpretacja budowy na podstawie interpolacji; 2 – złożo w części nierozpoznanej, interpretacja budowy na podstawie ekstrapolacji; 3 – skały otaczające; 4 – utwory czwartorzędowe; 5 – otwory wiertnicze

Ważną rolę w kartowaniu geologiczno-złożowym spełniają metody geofizyczne. Pozwalają one często na wyznaczenie położenia granic wydzielonych utworów między punktami rozpoznawczymi lub na zewnątrz od nich.

O wiarygodności interpretacji budowy złoża i dokładności interpolacji i ekstrapolacji jego cech decydują:

- 1) ilość poszczególnych informacji i ich jakość,
- 2) umiejętność i doświadczenie geologa.

Konstruowany obraz budowy złoża będzie zawsze w mniejszym lub większym stopniu subiektywny. Subiektywizmu tego nie można całkowicie wyeliminować. Jest jedynie sprawą rzetelności zawodowej geologa, by tworzony obraz nie był dziełem jego fantazji, lecz znajdował uzasadnienie w stwierdzonych faktach, znajomości procesów geologicznych i analogii wcześniej badanych złóż. Ważne w związku z tym jest rozróżnienie, w których miejscach interpretacja jest pewna i nie ma innej możliwości jej wykonania, w których niepewna, a w których wątpliwa. Na mapach i przekrojach granice, których położenie jest pewne, powinny być zaznaczone linią ciągłą, niepewne przerywaną, a przypuszczalne, domniemane linią przerywaną ze znakiem zapytania. W niektórych przypadkach wykonuje się też kilka wariantów interpretacji, jeśli dane obserwacyjne nie pozwalają na jej jednoznaczne przeprowadzenie.

Istotne znaczenie ma także ilość i jakość informacji geologicznych wykorzystywanych dla sporządzenia mapy, przede wszystkim gęstość i rozmieszczenie punktów rozpoznawczych, a zatem miejsc, w których wykonano bezpośrednie obserwacje oraz poprawność i rzetelność obserwacji. Można oczekiwać, że punkty obserwacji rozmieszczone równomiernie powinny zapewnić jednakową dokładność mapy w granicach badanego obszaru. Jednakże najbardziej interesującymi i ważnymi dla interpretacji mapy są te miejsca, w których

występują granice różnych utworów lub zjawiska ważne z punktu widzenia interpretacji budowy geologicznej (np. zaburzenia tektoniczne). Wskazane jest zatem by obserwacje, o ile jest to możliwe, były wykonywane także w takich miejscach.

Z tej dwoistości spojrzenia na sposób gromadzenia informacji kartograficznych wynika postulat, że podstawowa sieć obserwacji powinna być równomierna na badanym obszarze, a w miejscach szczególnie interesujących powinny być wykonane obserwacje dodatkowe (np. dodatkowe wiercenia, badania geofizyczne itp.).

1.3. Skale map

Na mapach geologiczno-złożowych muszą być przede wszystkim przedstawione i wyjaśnione warunki występowania złoża oraz dane dotyczące jego budowy. W związku z tym na mapach złożowych konieczne jest bardziej szczegółowe niż na regionalnych wyodrębnienie zespołów skalnych, jak również dokładniejsze ustalenie ich zasięgu. W tym celu konieczne jest:

- 1) szczegółowe rozpozyczenie serii utworów występujących na badanym terenie; wydzielane są pakiety skalne o miąższości 10–30 m, a niekiedy nawet kilku metrów,
- 2) dysponowanie na obszarze objętym kartowaniem odpowiednią liczbą danych do sporządzenia mapy, przede wszystkim odsłoneń naturalnych i sztucznych.

W wielu przypadkach znaczenie ma nawet niewielkie zróżnicowanie cech litologiczno-facjalnych niezbędne dla zrozumienia warunków lokalizacji złoża, zróżnicowania jakości kopaliny lub przesłedzenia drobnych zaburzeń tektonicznych.

W związku z dużą szczegółowością wymaganą od zdjęć geologiczno-złożowych wykonuje się je zazwyczaj w skalach większych od 1: 25 000.

Wyróżnia się zwykle mapy podstawowe i przeglądowe. Mapy podstawowe sporządza się w dużych skalach na podstawie bezpośredniej rejestracji na mapie zjawisk geologicznych. Mapy przeglądowe powstają w wyniku zestawienia kilku arkuszy map podstawowych przedstawionych w mniejszej skali. Towarzyszy temu zwykle uogólnienie (generalizacja) przedstawianej treści mapy. Często mapy przeglądowe przedstawiają tylko wybrane zjawiska geologiczne lub grupy zjawisk, są to zatem specjalne mapy tematyczne.

Mapy, przekroje, profile geologiczne przedstawiane w dokumentacji geologicznej złoża wykorzystywane są w dalszej działalności górniczej, przede wszystkim w projektowaniu jego zagospodarowania i eksploatacji. Z tego względu powinny być sporządzane w skalach przewidywanych przez odpowiednie normy dotyczące map górniczych (Polskie Normy „Mapy górnicze” PN-G/09000/01 do PN-G/09021); zalecane jest stosowanie skal zestawionych w tabeli 1.

Dobór skali zależy w zasadzie od trzech czynników:

- 1) wielkości obszaru przedstawionego na mapach, w szczególności od wielkości złoża,
- 2) szczegółowości wydzielen geologicznych lub przedstawianych informacji,
- 3) liczby i rozmieszczenia punktów, w których dokonano obserwacji, na podstawie których powstaje mapa.

Najistotniejszą jest liczba punktów obserwacji, a przede wszystkim odległości między nimi. Nie jest właściwe wykonywanie map w dużych skalach na podstawie niewielkiej liczby punktów obserwacji, rzadko rozmieszczonych. Duża skala mapy nie oznacza w tym przypadku zwiększenia jej dokładności, która zależy przede wszystkim od dokładności wyznaczenia granic geologicznych z reguły interpolowanych.

Tabela 1.2

Stosowane skale map geologiczno-złożowych

Mapy przeglądowe	Mapy podstawowe	Profile otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych
1 : 500	1 : 500	1 : 10
1 : 1 000	1 : 1 000	1 : 20
1 : 5 000	1 : 5 000*	1 : 50
1 : 10 000	1 : 10 000*	1 : 100
1 : 25 000	1 : 25 000*	1 : 200
		1 : 250

* Stosowane wyjątkowo przy dokumentowaniu dużych obszarów złożowych, przede wszystkim na etapie prac poszukiwawczych

1.4. Oznaczenia stosowane na mapach geologiczno-złożowych

Przy sporządzaniu map, przekrojów i profilów geologicznych, w celu zapewnienia ich porównywalności i jednoznaczności, konieczne jest stosowanie stale tych samych znormalizowanych oznaczeń. Stosowane w Polsce zasady znakowania przyjęte były w normie „Mapy górnicze umowne znaki skał i surowców mineralnych” PN-76/G 09005, wzorowane na międzynarodowych normach ISO¹ 710 (I-IV), oraz PN-78/G 09010 „Mapy górnicze, umowne znaki geologiczne różne”. Na mapach starszych są używane symbole nieco odmienne. Stosowane bywają także symbole obowiązujące przy sporządzaniu „Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000” (Instrukcja opracowania... 2004). Dla uniknięcia niejasności jeśli stosowane są symbole odmienne powinny być one zawsze objaśnione.

Na mapach różne elementy budowy geologicznej oznacza się albo znakami graficznymi (tzw. szrafurą) albo barwą z literowym oznaczeniem na ich tle rodzaju skały, kopaliny lub wieku wydzielanych utworów.

W dokumentowaniu złóż najczęściej największe znaczenie mają oznaczenia litologii kartowanych utworów. Na profilach szczegółowych zwykle stosuje się znaki czarne, natomiast na mapach – kolorowe. Najważniejsze spośród tych znaków, stosowane dla oznaczenia skał osadowych, magmowych i metamorficznych przedstawione są na rysunku 1.6.

¹ *International Standard Organization*

1. Zadania i zasady kartografii geologiczno-złożowej

Charakter skały	Detrytu- sowy	Żwirowy	Piaszczy- sty	Pyłowy	Ilasty	Wapniste	Dolomi- towe	Gipso- nośny	Anhydry- towe	Solonośny (NaCl)	Solonośny (K, Mg)	Żelazisty	Krzemion- kowy	Węglowy	Bitumi- czny	
Elementy umownych znaków																
Typy główne																
1	Detrytus															
2	Żwir															
3	Piasek															
4	Pył*															
5	Il**															
6	Brekcja															
7	Zlepieniec															
8	Piaskowiec															
9	Pyłowiec*															
10	Ilowiec															
11	Łupek ilasty															
12	Wapień															
13	Dolomit															
14	Gips															
15	Anhydryt															
16	Sól kamienna															
17	Skały krzemionkowe															

W pracach terenowych dogodniejsze są symbole *



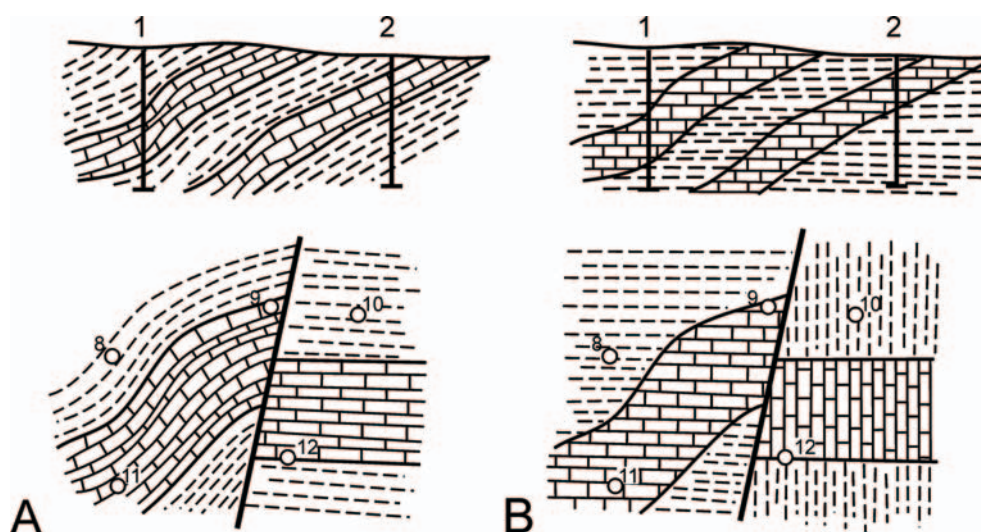
Rys. 1.6a. Umowne znaki graficzne skał osadowych na mapach geologicznych (wg PN-76/G-09005)

SKAŁY MAGMOWE					
	Granity		Ryolity		Porfiry
	Granodioryty		Ryodacyty		Melafiry
	Syenity		Dacyty		Spility
	Monzonity		Andezyty		Pegmatyty
	Dioryty		Trachity		Aplity
	Gabra		Bazalty		Tufy
	Pirokseny		Diabazy		Tufity
SKAŁY METAMORFICZNE					
	Fylity		Gnejsy		Zieleńce
	Łupki krystaliczne		Granitognejsy		Amfibolity
	Łupki łuszczkowe		Migmatyty		Serpentynty
	Łupki kwarcytowe		Marmury (wapienie krystaliczne)		Granulity
	Kwarcyty		Marmury dolomitowe		Eklogity
	Hornfelsy		Skarny		Grejzeny

Rys. 1.6b. Umowne znaki skał magmowych i metamorficznych (wg Instrukcji MGSP 2004)

Stosowane znaki są konstruowane według określonych zasad, których znajomość ułatwia umiejętne ich stosowanie. W celu oznaczenia litologii najczęściej stosuje się znaki o jednokowym motywie zasadniczym, który podlega modyfikacji dla każdego rodzaju skały. Modyfikacje te polegają na stosowaniu różnych grubości linii, linii podwójnych, wprowadzeniu dodatkowych znaków (np. piasek drobnoziarnisty – kropki drobne, gruboziarnisty – kropki duże). Dla oznaczenia skał mieszanych (np. iłu piaszczystego, wapienia dolomitycznego itp.) w tło znaku podstawowego (w danym przypadku iłu, wapienia) wplata się znak przyjęty na oznaczenie odpowiedniej domieszki.

Poszczególne elementy znaku powinny być na rysunku rozmieszczone tak, aby w miarę możliwości odzwierciedlały strukturę i teksturę skały, np. dla skał magmowych o teksturze bezkierunkowej poszczególne elementy znaku powinny być rozmieszczone w szachownicę, dla skał osadowych nieuwarstwionych bezładnie, a dla skał uwarstwionych powinny być ujęte w pasy wzajemnie równoległe, tak rozmieszczone, by ilustrowały sposób ułożenia warstw (rys. 1.7).



Rys. 1.7. Prawidłowy (A) i nieprawidłowy (B) sposób stosowania znaków graficznych (szrafury)

Przy szczegółowym kartowaniu często zachodzi potrzeba rozróżnienia skał tego samego typu, lecz o odmiennym np. zabarwieniu, uziarnieniu itd. Wprowadza się wówczas własne oznaczenia. W ogólnych zarysach powinny się one pokrywać ze znormalizowanymi. Modyfikacja może polegać na wprowadzeniu dodatkowych symboli literowych w tło znaku podstawowego, ukośnego kreskowania nałożonego na znak znormalizowany lub na różnicowaniu barwnym.

Na profilach odpowiednimi znakami podaje się również informacje o występowaniu flory, fauny, wycieków wody, miejsc pobrania próbek, przejawów mineralizacji i inne.

W złożach rud mineralizację ogólnie zaznacza się kolorem czerwonym. W przypadku zróżnicowania składu mineralnego stosuje się różne kolory, gdy konieczne jest wyróżnienie odpowiednich odmian rud (np. siarczkowych złożach rud Zn-Pb: siarczkowych i utlenionych – galmanowych).

Przy oznaczaniu stratygrafii stosuje się znaki barwne i wpisane w tło symbole literowe. Znaki graficzne są tu rzadziej stosowane. Poszczególne systemy oznacza się dużymi literami, oddziały cyfrą arabską umieszczoną z prawej strony u dołu znaku systemu (np. T₂ – trias środkowy), pododdział cyfrą arabską z prawej strony znaku systemu na wysokości znaku literowego (np. J₁ 2 – lias środkowy), piętra i podpiętra oznacza się za pomocą dwu- lub trójliterowego skrótu nazwy piętra umieszczonego po prawej stronie u dołu znaku systemu (np. D_{fr} – fran). W systemach wydziela się często mniejsze jednostki litostratygraficzne – formacje (warstwy). Oznacza się je cyframi rzymskimi umieszczonymi obok znaku literowego systemu (np. C_nV – formacja warstw siódłowych).

KARTOWANIE GEOLOGICZNE NA POWIERZCHNI DLA CELÓW ZŁOŻOWYCH

2.1. Zasady ogólne

Kartowanie geologiczne powierzchniowe, wykonywane dla celów złożowych, ma wyjaśnić budowę geologiczną obszaru, na którym występuje złożo. Wykonuje się je w dużej skali, dobranej stosownie do:

- stopnia złożoności budowy złoża i zróżnicowania otaczających je utworów,
- liczby odsłoneń (tj. takich, w których można pomierzyć upad i bieg warstw),
- możliwości interpretacji budowy geologicznej na podstawie zróżnicowania utworów eluwalnych (okruchowych) i morfologii terenu.

Mapy takie wykonuje się na ogół w skalach większych od 1 : 25 000. Typowe dla nich są skale 1 : 10 000 i 1 : 5 000. Na obszarach o skomplikowanej budowie i w przypadkach małych, nieregularnych złóż żyłowych lub gniazdowych stosuje się skale większe – 1 : 2 000, 1 : 1 000, a nawet 1 : 500.

Sposób wykonywania mapy zależy od tego, czy podkład topograficzny w danej skali istnieje i chodzi tylko o dokładne naniesienie obserwacji geologicznych, czy też podkładu topograficznego nie ma i wykonuje się go w trakcie kartowania geologicznego. Poza tym zależy w dużym stopniu od ilości szczegółów na podkładzie topograficznym, w stosunku do których możliwe jest zlokalizowanie wykonywanych obserwacji. Na terenach o gęsto rozmieszczonych osiedlach, drogach, granicach parcel lokalizacja taka jest łatwa w stosunku do tych obiektów. Wszędzie tam, gdzie nie ma dostatecznej liczby punktów orientacyjnych, np. na obszarze leśnym, pustynnym, a nawet mało zamieszkałym, konieczna jest lokalizacja miejsc wykonanych obserwacji z wykorzystaniem GPS lub wykonanie równoległe zdjęcia mierniczego.

Przy doborze podkładu topograficznego należy zwrócić uwagę na układ współrzędnych, w jakim był on sporządzony. Dla terenu Polski dostępne są mapy w skali 1 : 10 000 sporządzane w państwowym układzie współrzędnych „1992” oraz mapy zasadnicze w skali 1 : 2 000. W starszych opracowaniach wykorzystywane były mapy w układzie „68” i innych.

Właściwe prace kartograficzne powinny być poprzedzone wykonaniem orientacyjnych marszrut w terenie w celu zaznajomienia się z ogólnym rozmieszczeniem i stanem odsłoneń, stopniem dostępności i skalą trudności pracy.

W każdym przypadku jest wskazane posługiwanie się jako materiałem pomocniczym fotogrametrycznymi zdjęciami lotniczymi w możliwie dużej skali. Zdjęcia takie oprócz dokładnego obrazu topografii dostarczają wiele informacji o budowie geologicznej. Wykonanie mapy fotogeologicznej zwykle poprzedza dalsze kartowanie, które często może się ograniczyć do weryfikacji fotointerpretacji.

W trakcie kartowania geolog lokalizuje obserwacje na podkładzie mierniczym metodą dowiązania do charakterystycznych punktów topograficznych albo za pomocą **ciągów taśmowo-kompasowych** albo wykorzystując system satelitarny określania pozycji geograficznej GPS (*Global Positioning System*). Lokalizacja w tym systemie następuje na podstawie rejestracji sygnałów radiowych wysyłanych przez zespół satelitów nawigacyjnych krążących po określonych orbitach wokół Ziemi, których położenie w przestrzeni jest ściśle określone. Do celów geologicznych przy sporządzaniu map w dużych skalach wystarczające jest stosowanie odbiorników GPS zapewniających lokalizację punktów z dokładnością do 1–2 m.

W przypadku braku podkładu mierniczego prowadzi się równoległe kartowanie geologiczne i topograficzne. Użycie aparatury GPS umożliwia realizację obu zadań równocześnie. Zwykle jednak wykonanie podkładu topograficznego wyprzedza kartowanie geologiczne. Do zadań geologa należy wówczas tylko lokalizacja punktów, w których dokonuje obserwacji.

W przypadku braku dostępu do aparatury GPS lokalizacja miejsc, w których wykonywane są obserwacje jest możliwa bądź metodą wyznaczonej sieci bądź metodą doraźnego dowiązania.

W metodzie wyznaczonej sieci (w publikacjach amerykańskich metoda ta nosi nazwę hannowerskiej od nazwy kopalni Hannover) stosowanej jeśli praca odbywa się na terenach, gdzie geolog nie może z góry wskazać ważnych dla siebie punktów (np. na nizinach, obszarach zalansionych), topograf wyznacza w terenie regularną sieć utrwalonych palikami punktów, do których geolog samodzielnie za pomocą kompasu, taśmy, nawiązuje swoje obserwacje. Niekiedy metodę tę stosuje się też w terenie bardzo dobrze odkrytym, uzyskując możliwość śledzenia przebiegu poszczególnych granic w sposób ciągły na dużym obszarze. Sieć wyznaczonych punktów ułatwia ich lokalizację. Odległości między tymi punktami wynoszą zwykle 100–500 m. Często są rozmieszczane wzdłuż profilów orientowanych w poprzek osi struktur co 100–200 m. Odległości między profilami wynoszą 200–500 m.

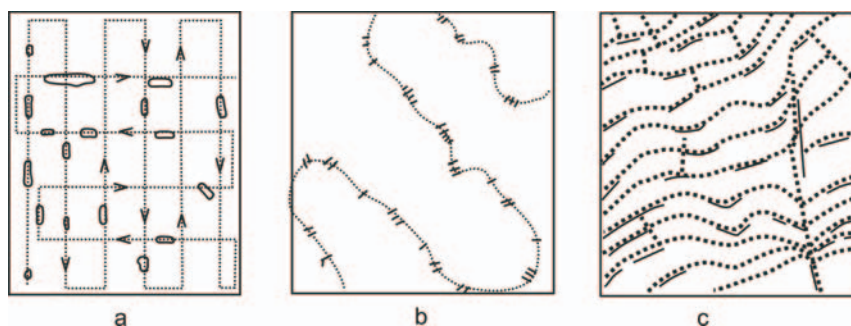
W przypadku drugim (doraźnego dowiązania – w publikacjach amerykańskich metoda ta nosi nazwę Cerro de Pasco), stosowanym na terenach dobrze odkrytych, geolog i topograf pracują równocześnie. Geolog wyznacza w terenie interesujące go punkty, które topograf lokalizuje na wykonywanej mapie sytuacyjno-wysokościowej. Punkty obserwacji powinny być odpowiednio numerowane. Ich usytuowanie geolog powinien szkicować w notatniku i co jakiś czas sprawdzać swoją numerację z numeracją topografa w celu uniknięcia pomyłek.

Miejsca, w których wykonuje się i rejestruje obserwacje powinny:

- 1) konturować odsłonięcia lub granice występowania różnych utworów, w tym także eluwialnych,
- 2) wyznaczać granice wydzielonych serii, zwłaszcza zaś granice złoża,
- 3) wyznaczać przebieg żył, uskoków,
- 4) wyznaczać położenie wyrobisk górniczych lub sztucznych odsłoneń,
- 5) lokalizować miejsca pobrania próbek.

Szczególłą uwagę należy zwracać na morfologię terenu, która z reguły odzwierciedla podstawowe cechy budowy geologicznej, na przykład progi morfologiczne na granicach występowania utworów o różnej odporności na wietrzenie, obniżenia (zwłaszcza wydłużonych) w strefach uskokowych, bezodpływowych w strefach skrasowienia w skałach węglanowych itp. Morfologia terenu ma istotne znaczenie w przypadku kartowania złóż w utworach czwartorzędowych, gdyż odzwierciedla formy akumulacji tworzących je osadów.

Wychodząc z zasady zbadania wszystkich odsłoneń naturalnych i ich okonturowania, stosuje się przy zdjęciach szczegółowych metodę obchodu sieciową lub profilową w kombinacji z metodą obchodu granic geologicznych (rys. 2.1). Trasa marszruty powinna być zaplanowana tak, aby umożliwiała obejście terenu między znanymi odsłoniętymi punktami.



Rys. 2.1. Metody obchodu terenu przy zdjęciu geologicznym
a – metoda sieciowa, b – metoda profilowa, c – metoda granic

Liczbę i gęstość odsłoniętych punktów, jakimi powinno się dysponować przy wykonywaniu zdjęcia w danej skali, można przyjmować według zasady, że na **1 cm² mapy powinien przypadać jeden punkt**. Przy skomplikowanej budowie geologicznej liczba punktów powinna być większa, w skrajnych przypadkach nawet dwukrotnie. Wskazania te należy traktować jako orientacyjne, przydatne do planowania i oceny trudności wykonywania zdjęcia. Nie można jednak uważać ich za warunek nieodzowny. W szczególności na obszarach silnie zakrytych przez utwory nieinteresujące z punktu widzenia budowy złoża (np. czwartorzędowe). Jeśli wykonanie odpowiedniej liczby odsłoneń sztucznych jest niemożliwe bądź ze względów ekonomicznych niewskazane, to skalę zdjęcia dobiera się stosownie do liczby punktów, gdyż niecelowe jest wykonywanie map o dużych skalach, ubogich w szczegóły geologiczne.

Na obszarach zakrytych, gdzie wykonywanie odsłoneń starszego podłoża jest bądź niemożliwe, bądź zbyt kosztowne, przy interpretacji granic geologicznych poszczególnych utworów, a w szczególności konturu złoża, wykorzystuje się zdjęcia geofizyczne. Najczęściej wykonuje się zdjęcia geoelektryczne – elektrooporowe i indukcyjne (VLF), dające szczególnie dobre rezultaty przy zróżnicowanej oporności skał podłoża (np. wapienie – łupki), niekiedy magnetyczne w przypadku występowania skał o wyraźnie zróżnicowanej podatności magnetycznej.

2.2. Dokumentacja obserwacji terenowych

Informacje geologiczne zbierane w terenie są przedstawiane zwykle w postaci zapisu słownego i w formie ilustracyjnej (rysunku, szkicu, fotografii). Zarówno jakość opisu, jak i rysunku wykonanego w terenie zależą w dużej mierze od umiejętności, doświadczenia, a nawet sumienności wykonawcy. Szybkość ich wykonania jest niewielka. Opis słowny często skłania geologa do swobody w stosowaniu nazewnictwa, utrudniającej późniejszą interpretację wykonywanych obserwacji, zwłaszcza gdy były one prowadzone niezależnie przez kilka osób. Opis geologiczny może być usprawniony przez standaryzację terminologii i kodowanie obserwacji. To z kolei ułatwia tworzenie komputerowej bazy danych.

Obserwacje terenowe w formie zakodowanej powinny być zapisywane w specjalnym formularzu. Przykład wzorcowy takiego formularza przedstawia rysunek 2.2. Jest on pomyślany w ten sposób, że swym formatem odpowiada kartce notatnika terenowego. W formularzu tym geolog musi podać zawsze pewne usystematyzowane informacje dotyczące lokalizacji i charakteru odsłonecia, petrografii skał, tektoniki, dajek, zakresu wykonywanych obserwacji. Dla wygody formularz jest odpowiednio podzielony na pięć segmentów, w których wydzielono poszczególne grupy informacji. Każda grupa ma przypisany numer odpowiadający jej pozycji w bazie danych. Opis poszczególnych zjawisk i utworów obserwowanych w odsłoneciu dokonuje się w formie zakodowanej. Stosuje się symbole alfanumeryczne. Niektóre z dozwolonych symboli kodowych są wymienione wprost na formularzu, inne w postaci odpowiednich list są zawarte w książeczce kodowej, którą ma każdy geolog pracujący w terenie. Jeśli jakieś informacje nie mogą być przekazane w formie zakodowanej (np. z powodu braku odpowiednich symboli na zestawionej liście), można je opisać słownie lub skrótowo na odwrocie formularza, zaopatrując tylko w symbol cyfrowy odpowiedniej grupy zjawisk. Nie wolno pod żadnym pozorem stosować dowolnych symboli kodowych. Dopuszczalne są tylko te, które znajdują się na zestawionych listach. Zaletą kodowego zapisu obserwacji jest jego jednoznaczność.

Informacje te powinny być archiwizowane w bazie danych. Na jej podstawie mogą być tworzone:

- listy specjalnych danych (np. opisów odsłoneń, pomiarów uwarstwienia, obserwacji mineralizacji itp.),
- mapy lokalizacji odsłoneń i w zależności od potrzeb z podaniem rodzaju obserwowanych skał w odsłoneciu (oznaczonych symbolami kodowymi), elementów ułożenia warstw itp.; otrzymuje się w ten sposób podkłady do sporządzenia map,
- opracowania statystyczne, np. badania zmienności ułożenia warstw, orientacji spękań itp.

2. Kartowanie geologiczne na powierzchni dla celów złóżowych

GEOMAP MAP UNIT _____ DATE: _____

A 1953 N-CD-OR E-CD-OR ALTITUDE GEOLOGIST OUTCROP NO SERIAL NO

A 1954 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

<p>TYPE OF OUTCROP</p> <p>124</p> <p>OUTCROP <5 m² A QUARRY G TECTONICS AND PRECED OBSERVATION 1 OUTCROP 5-100 m² B MINE PROSPECT H PETR. AND TECT AS PRECED OUTCROP 2 OUTCROP 100-2 000 m² C BORE-HOLE K PETROGRAPHY AS PRECED OUTCROP 3 CONTINUOUS OUTCROP D KEY-OUTCROP L TECTONIC AS PRECED OUTCROP 4 ROAD CUT <10 m E UNCERTAIN OUTCROP M PETR. AND TECT AS SECOND LAST OUTCR. 5 ROAD CUT 10-50 m F BOULDER N PETROGRAPHY AS SECOND LAST OUTCR. 6 PILE OF BOULDERS P</p>	<p>REFERENCE</p> <p>25</p>	<p>OBJECTS</p> <p>TYPE I 126</p> <p>TYPE II 127</p> <p>OBJECT NO 28 29 30 31 32 33</p> <p>126: PHOTO 1 SKETCH 2 PHOTO+SKETCH, . 3 DESCRIPTION . . . 4 PHOTO+DESCRIPF. 5 AREA DESCRIPT. . 6 OTHER 7</p> <p>127: SPECIMEN 1 SPECIMENS 2 CHEMICAL ANALYSIS 3 SPEC. CHEM. ANALYSIS 4 MICROSCOPIC ANALYSIS 5 SPEC. MICR. ANALYSIS 6</p>			
<p>PETROGRAPHY</p> <p>I 34 135 II 36 137</p> <p>STRUCTURE SEE CHART</p>	<p>LAYER THICKNESS</p> <p>138</p> <p><2 mm . . . 1 2-20 m . . . 5 2-20 mm . . . 2 >20 m . . . 6 2-20 cm . . . 3 VARIABLE 7 2-20 dm . . . 4</p>	<p>COLOUR</p> <p>39 140</p> <p>SEE CHART</p>	<p>GRAIN SIZE</p> <p>141</p> <p>mm</p> <p><0.05 1 1.5-3.0 5 0.05-0.3 2 3.0-5.0 6 0.3-1.0 3 5.0-30.0 7 1.0-1.5 4 >30 8</p>	<p>TEXTURE</p> <p>142</p> <p>EQUIGRANULAR 1 INEQUIGRANULAR 2 PORPHYRIC 3 OPHTIC 4 PORPHYROBLASTIC 5 GRAPHIC 6 CLASTIC 7 OTHER 8</p>	
<p>MEGAGRAN MINERAL</p> <p>43 144</p> <p>SEE CHART</p>	<p>HABIT</p> <p>ANGULAR ELONGATED 1 ANGULAR EQUIDIMEN 2 ANGULAR ROUNDED 3 LENTICULAR 4 ROUNDED 5 VARIABLE 6 OTHER 7</p> <p>145</p>	<p>SIZE mm</p> <p><2 1 2-5 2 5-10 3 10-20 4 20-40 5 >40 6</p> <p>146</p>	<p>QUANTITY %</p> <p><1% X 1-5% Y 10% 1 20% 2 30% 3 40% 4 etc.</p> <p>147</p>	<p>MOBILISATE</p> <p>TYPE</p> <p>PEGM. WHITE-RED 1 PEGM. WHITE-RED 2 INEOUGR WHITE-RED 3 INEOUGR WHITE-RED 4 GRANITIC WHITE-RED 5 GRANITIC WHITE-RED 6 GRANDIORITIC 7 DIORITIC 8 OTHER 9</p> <p>148</p>	
<p>MINERALOGY</p> <p>TYPE I QUANT II QUANT III QUANT IV QUANT</p> <p>49 150 151 52 153 154 55 156 157 58 159 160</p>				<p>QUANTITY %</p> <p>161 1 AS 149</p>	
<p>ROCK</p> <p>STRATIGRAPHY TYPE MINERAL ALTERATION QUANTITY % (AS 147)</p> <p>62 63 164 65 66 167 68 169 170</p>				<p>OTHER OBSERVATIONS</p> <p>71 172</p>	
<p>TECTONICS ETC.</p> <p>PLANAR STRUCTURES</p> <p>TYPE STRIKE DIP PHASE</p> <p>SS - SURFACE 1 224 25 26 27 28 29 230 S - SURFACE 2 PLANAR STRUCTURES 3 AXIAL PLANE 4 JOINT 5 233 34 35 36 37 38 239 SET OF JOINTS 6 FAULT 7 SHEAR ZONE 8 OTHER 9 241 42 43 44 45 46 247</p>				<p>JOINT FREQUENCY</p> <p>NUMBER OF JOINTS/5m STRIKE</p> <p>2-3 1 4-6 2 7-10 3 11-20 4 21-30 5 >30 6</p> <p>231 240 248</p>	<p>STRATIGRAPHICAL SEQUENCE</p> <p>NORMAL 1 INVERTED 2 0° - 179° TOP 3 180° - 360° TOP 4</p> <p>232</p>
<p>LINEAR STRUCTURES</p> <p>FOLD AXIS OBSERVED 1 FOLD AXIS CONSTRUCTED 2 MINERAL LINEATION 3 S - INTERSECTIONS 4 LINEATION UNSPEC. 5 LINEATION FOLD AXIS 6 LINEAR STRUCTURES 7 SLICKENSIDES 8 OTHER 9</p> <p>TYPE AZIMUTH PLUNGE PHASE</p> <p>249 50 51 52 53 54 255 260 61 62 63 64 65 266</p>				<p>FOLDS</p> <p>CLASS 1A A CLASS 1B (PARALLEL) B CLASS 1C C CLASS 2 (SYMLAR) 2 CLASS 3 3 CHEVRON 4 PTYGMATIC 5 INTRAFOLIAL 6 FLOW 7 OTHER 8</p> <p>TYPE WAVELENGTH AMPLITUDE SYMMETRY</p> <p>256 257 258 259 267 268 269 270</p>	
<p>DYKES ETC.</p> <p>DYKE 1 SILL 2 FILLED JOINT 3 IGNEOUS CONTACT 4 SEGREGATION 5 GLACIAL STRIATION 6 OTHER 7</p> <p>TYPE STRIKE DIP PHASE</p> <p>271 72 73 74 75 76 277</p>				<p>FILLING</p> <p>GRANITE GNEISS A MASSIVE GRANITE B PEGMATITE C APLITE D AMPHIBOLITE E DOLERITE F QUARTZ G QUARTZ + ORE H</p> <p>278</p>	<p>THICKNESS</p> <p><2cm 1 2-10 cm 2 1-2 dm 3 2-10 dm 4 1-2 m 5 >2 m 6</p> <p>ORE K CARBONATE L SKARN M OTHER N</p>

Rys. 2.2. Formularz stosowany do zapisu obserwacji w terenie w systemie Geomap (Brenner H. i in. 1972)

Samo opracowanie mapy geologicznej, a przede wszystkim wyznaczenie położenia granic wydzielonych utworów, musi być dokonane przez geologa. Różnorodność informacji ubocznych (np. morfologia terenu, geneza kartowanych utworów itp.), jakie on przy tym wykorzystuje sprawia, że zadania tego nie można wykonać w sposób zautomatyzowany.

Opracowany rękopis mapy może być następnie scyfrowany (zdygitalizowany) i przeniesiony do bazy danych, co umożliwi dalsze jego przetwarzanie i edycję z wykorzystaniem systemu GIS².

² *Geographic Information System* – bliższe dane znajdzie czytelnik w podręcznikach GIS



DOKUMENTACJA GEOLOGICZNA OTWORÓW WIERTNICZYCH

3.1. Obserwacje w trakcie wiercenia

Zasadnicze informacje o charakterze przewiercanych utworów zdobywa się w trakcie opisu próbek wydobytych z otworu, czyli w trakcie ich profilowania. Jednak jeszcze w czasie wiercenia można uzyskać pośrednio szereg cennych informacji o przewiercanych skałach na podstawie obserwacji czasu wiercenia, zachowania się płuczki, krzywienia otworu, zachowania się ścian otworu itp. (tab. 3.1). Obserwacji tych dokonuje obsługa wiercenia pod kontrolą geologa dozoru wiercenia. Dodatkowo do zadań dozoru geologicznego należy pomiar głębokości otworu i ocena zwiercalności skał oraz obserwacje hydrogeologiczne. Wyniki przeprowadzonych obserwacji notuje się w „Dzienniku robót i badań geologicznych”. Dziennik musi być wypełniony na bieżąco w trakcie pracy z dokładnym podaniem czasu wykonania obserwacji. Na wierceniach rdzeniowych do obowiązków geologa należy ponadto nadzór nad pobieraniem próbek rdzeniowych.

3.1.1. Obserwacje czasu zwiercania (chronometraż)

Prędkość zwiercania skał informuje o ich właściwościach fizycznych i pośrednio o charakterze litologicznym. Mierzy się ją liczbą minut potrzebną na przewiercenie 1 dm skały (τ). Wartość τ zależy od wielu czynników, takich jak: wytrzymałość skały na ściskanie, zwiercalność, nacisk na świder, liczba obrotów świdra, rodzaj świdra. Przy zachowaniu tych samych warunków technicznych wiercenia prędkość wiercenia będzie zależała od właściwości fizyczno-mechanicznych skał. Na tej podstawie możliwe jest ich rozróżnienie, jeśli dysponuje się wcześniej zestawionym profilem wzorcowym.

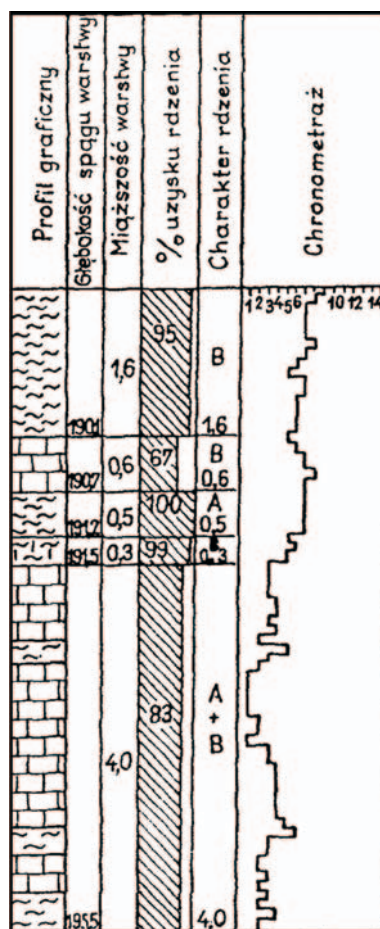
Pomiary czasu wiercenia przeprowadza się w sposób ciągły i uzyskiwane wyniki zestawia się na wykresie obok profilu otworu (rys. 3.1).

Przy interpretacji danych chronometrażu należy pamiętać o wpływie techniki wykonania wiercenia na uzyskiwane dane, np. pod koniec każdego marszu, zwłaszcza przy wierceniu rdzeniowym, zmniejsza się zwykle nacisk na koronkę i czas wiercenia ostatniego odcinka

Tabela 3.1

Informacje geologiczne pozyskiwane z otworów wiertniczych (Nieć 1992)

Sposób pozyskiwania	Rodzaj informacji	
Obserwacje w czasie wiercenia	szybkość wiercenia	właściwości mechaniczne skał i ich cechy litologiczne, granice warstw o różnych właściwościach
	krzywienie otworu	nachylenie i kierunek zapadania granic warstw (płaszczyzn uwarstwienia, uskóków)
	uzysk rdzenia i jego forma	właściwości mechaniczne skał (górotworu) – ocena stateczności (RQD)
	pomiary zwierciadła wody	położenie poziomów wodonośnych, ciśnienie wody
	opróbowanie wód podziemnych	skład chemiczny wody
	obserwacje zjawisk gazowych	położenie utworów gazonośnych
Opis geologiczny próbek (przede wszystkim rdzeni wiertniczych)	profil litologiczny nachylenie granic geologicznych zjawiska tektoniczne (spękania, zaburzenia tektoniczne) charakterystyka opisowa porowatości skał określenie miąższości warstw obserwacje rodzaju kopaliny (np. mineralizacji) dane paleontologiczne dla korelacji stratygraficznej	
Opróbowanie	rodzaj i jakość kopaliny właściwości fizykomechaniczne skał charakter petrograficzny i skład mineralny skał dane mikropaleontologiczne	
Badania hydrogeologiczne (próbne pompowanie, zatłaczanie)	współczynniki filtracji poziomów wodonośnych zasobność poziomów wodonośnych	
Profilowanie geofizyczne	radiometryczne (PG, PGG, PNG i inne.)	profil litologiczny, miąższości warstw, porowatość, gęstość przestrzenna
	elektryczne (PO, PS i inne)	cechy litologiczne skał, miąższość warstw, porowatość, przepuszczalność skał, chemizm wód
	akustyczne (PA)	właściwości fizykomechaniczne skał, stopień spękania, litologia
	mechaniczne (PSr)	jw.
	termiczne (PT)	temperatura górotworu



Rys. 3.1. Przykład wykresu chronometrażu

przed wydobyciem rdzenia na powierzchnię może być dłuższy. Stopniowe wydłużanie się czasu wiercenia następuje również w wyniku stopniowego zużycia koronki, po założeniu zaś nowej koronki obserwuje się wzrost prędkości wiercenia. Wreszcie wydłużenie czasu zwiercania, nieproporcjonalne do wytrzymałości skały, może mieć miejsce w skałach ilastych, zwłaszcza pęczniejących, powodujących przechwycenie koronki, w skałach szczelinowatych w wyniku zaklinowania się koronki lub w przypadku wiercenia w utworach stromo nachylonych, gdy w dnie otworu ukazują się jednocześnie warstwy skał o różnej wytrzymałości. Chronometraż prowadzi wiertacz (brygadzysta) pod kontrolą geologa. Istnieją urządzenia pozwalające na automatyczną rejestrację czasu zwiercania (przedstawiane w podręcznikach wiertnictwa).

Dodatkowych informacji o przewiercanych skałach dostarczają obserwacje zachowania się ścian otworu, np. osypywanie i pęcznienie. Osypywanie następuje w skałach luźnych,

silnie spękanych, zbrekujowanych lub łupkowatych, natomiast pęcznienie jest związane albo z występowaniem utworów ilastych i spowodowane wypieraniem ich ze ścian przez ciśnienie górotworu, albo ze zjawiskami pęcznienia wynikającymi z hydratacji; dotyczy to zwłaszcza minerałów typu montmorillonitu.

3.1.2. Krzywienie otworu

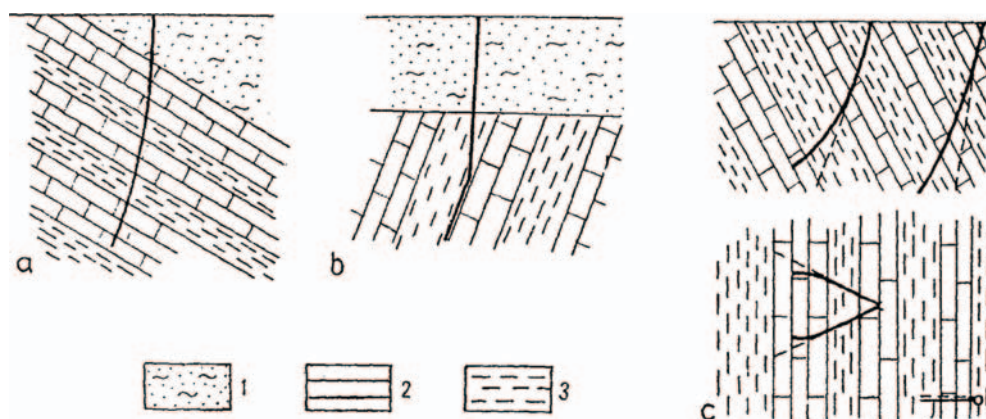
Otwory wiertnicze zazwyczaj nie są idealnie pionowe. Szczególnie przy wierceniach obrotowych odchylenie od pionu jest powodowane wyboczeniem przewodu pod własnym ciężarem lub pod wpływem zbyt dużego nacisku, albo też przyczyną skrzywienia jest nachylenie przewiercanych warstw, szczelinowatość, kawernistość itp.

Skrzywienie na ogół wzrasta z głębokością. Pojawia się zwłaszcza po przekroczeniu 100 m i może dochodzić nawet do 25% głębokości otworu. Aparaturę stosowaną do pomiaru krzywizny opisują podręczniki wiertnictwa. Wyniki pomiaru nachylenia osi otworu i kierunku skrzywienia zestawia się na inklinogramach.

Wśród geologicznych przyczyn skrzywienia otworów można wyróżnić następujące typowe przypadki (rys. 3.2):

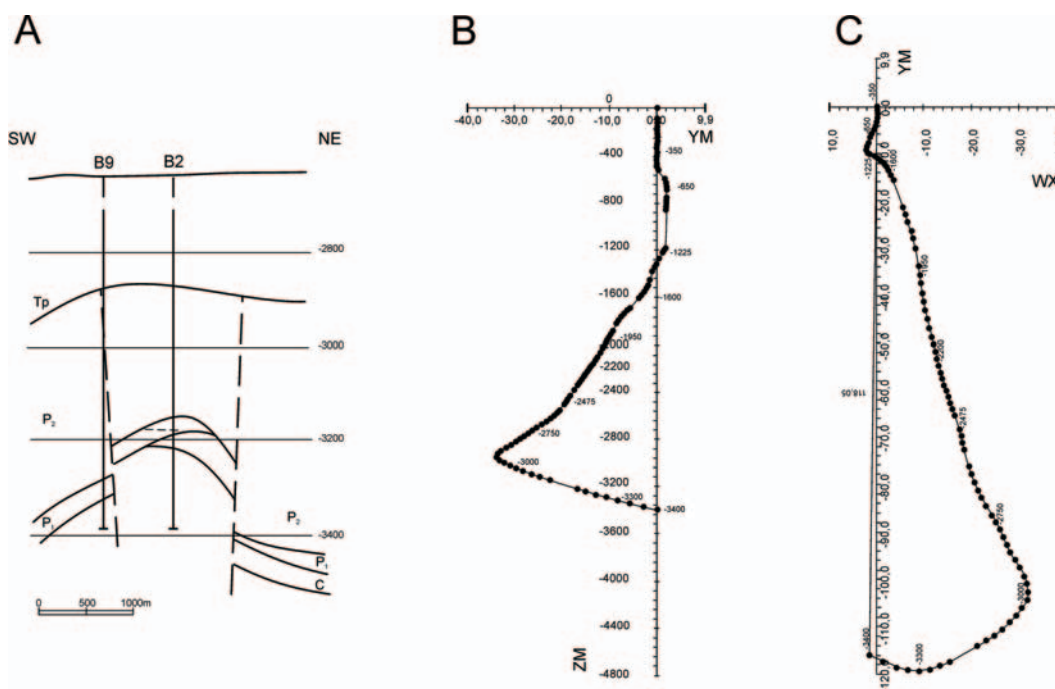
- 1) otwory przewiercające pod ostrym kątem serie warstw o naprzemiennie zmiennej zwężłości starają się przyjmować kierunek prostopadły do uwarstwienia,
- 2) przy bardzo stromym upadzie warstw, zwykle powyżej 70°, lub na stromych płaszczynach uskokowych otwór ma skłonność do ślizgania się po twardych warstwach zgodnie z ich nachyleniem,
- 3) wiercenia pochyłe, ustawione ukośnie do biegu uwarstwienia, złupkowacenia lub spękań, odchylają się tak, aby przyjąć kierunek prostopadły do ich biegu.

Na podstawie wielkości i kierunku skrzywienia można wnioskować o ułożeniu warstw. Na podobnych zasadach można też wnioskować o ułożeniu nawierconych uskoków (rys. 3.3).

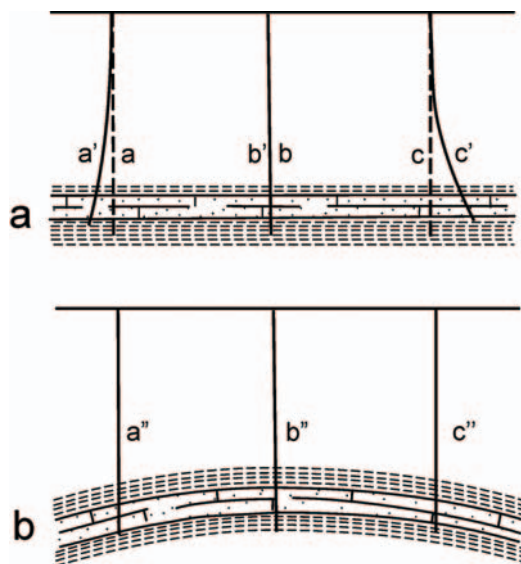


Rys. 3.2. Typowe przypadki krzywienia otworu (wg R. Krajewskiego, 1955)

a – otworu pionowego w warstwach słabo nachylonych, b – otworu pionowego w warstwach stromo ułożonych, c – otworu kierunkowego; 1 – skały sypkie, 2 – skały zwarte, 3 – skały słabo zwarte, 4 – otwory wiertnicze



Rys. 3.3. Przykład krzywienia otworu na uskoku. Złoże Daszewo
A – przekrój, B, C – inklinogramy odpowiednio w rzucie na płaszczyznę pionową i poziomą



Rys. 3.4. Przykład błędnej interpretacji przekroju spowodowanej krzywizną otworów
a – interpretacja przekroju w przypadku uwzględnienia krzywizny otworów,
b – niepoprawna interpretacja w przypadku przyjęcia, że otwory są pionowe; a, b, c – projektowany przebieg osi otworów, a', b', c' – rzeczywisty przebieg ich osi, a'', b'', c'' – otwory błędnie interpretowane

Krzywoliniowość otworów może prowadzić do fałszywej lokalizacji przewierconych utworów, a w konsekwencji do złej interpretacji sposobu ich ułożenia (rys. 3.4). Przy znacznych odchyleniach otworu popełnia się błąd przy określaniu upadu warstwy, gdyż nachylenie ich orientujemy według rdzenia, mierząc je w stosunku do osi ukośnej wiercenia, a nie pionowej.

3.1.3. Obserwacje płuczki

Obserwacje płuczki dotyczą zachowania się jej w otworze i charakteru wynoszonego przez nią materiału. Płuczka znajduje się zwykle w obiegu kołowym. Pompa pobiera ją ze zbiornika, przetłacza przez przewód i otwór, po czym od wylotu z rur płuczka jest doprowadzana korytkiem ponownie do zbiornika. Raptowne zwiększenie lub zmniejszenie ilości płuczki wypływającej w stosunku do wprowadzonej sygnalizuje nawiercenie poziomu wodonośnego. Na ubytek lub dopływ płuczki wskazuje jej stan w zbiorniku. Zbiornik płuczkowy powinien być wycechowany. Utratę za okres marszu przelicza się na jednostkę czasu. Zwiększenie ilości płuczki świadczy o ciśnieniu hydrostatycznym wyższym niż słup płuczki, a zatem o samowypływie z poziomu wodonośnego. Zmniejszenie ilości płuczki świadczy natomiast o jej ucieczce w skały porowate, kawerniste lub szczelinowate. Mogą one być bezwodne lub z wodą, ale o ciśnieniu niższym niż słup płuczki. Aby stwierdzić, jakie jest ciśnienie, trzeba przerwać wiercenie, wyciągnąć przewód i pozwolić na ustabilizowanie się zwierciadła. Stabilizację tę stwierdza się przez kilkakrotny pomiar stanu zwierciadła w pewnych odstępach czasu. Jeśli płyn w otworze znika zupełnie, co zdarza się bardzo rzadko, świadczy to o bezwodności przepuszczalnego poziomu. Jeśli ustabilizuje się na pewnej wysokości, można ustalić ciśnienie hydrostatyczne poziomu, uwzględniając ciężar właściwy płuczki.

Utwory nieprzepuszczalne nie mogą mieć żadnego wpływu na obieg płuczki. Pamiętać jednak trzeba, że płuczka ilowa może szybko zasklepić pory i spękania w ścianach otworu i uczynić je nieprzepuszczalnymi nawet w dobrych poziomach wodonośnych.

Przy przewiercaniu skał barwnych, np. węgla, czerwonych łupków, rudy hematytowej, masywnych siarczków żelaza, płuczka zmienia kolor, informując w ten sposób o rodzaju przewiercanych skał. Jest to szczególnie ważne w przypadku złóż węgla, gdyż w przypadku źle dobranych parametrów wiercenia rdzeń z pokładów węgla występujących w związłych piaskowcach może być całkowicie rozmyty przez płuczkę. Zmiana zabarwienia płuczki jest wówczas jedynym sygnałem informującym nas w trakcie wiercenia o występowaniu pokładu niestwierdzonego w rdzeniu.

Przy przewiercaniu skał solnych lub poziomów ze słoną wodą obserwuje się zasolenie płuczki. W celu uniknięcia rozpuszczania skał solnych stosuje się zasoloną płuczkę. Po nawierceniu poziomów gazonośnych pojawiają się pęcherzyki gazu.

Jeśli przewiercane są utwory gazonośne, prowadzi się ciągłe pomiary zawartości gazu w płuczce za pomocą specjalnej aparatury. Dokonuje się w niej degazacji płuczki, bowiem obok gazu swobodnego w postaci baniek występuje w niej również gaz rozpuszczony.

Wyniki takich pomiarów, zwanych profilowaniem gazowym, zestawia się w postaci wykresu w skali głębokości obok profilu litologicznego.

3.1.4. Obserwacje hydrogeologiczne w trakcie wiercenia

Określenie stosunków wodnych w otworze ogranicza się zazwyczaj do pomiarów stanu zwierciadła wody. W miarę potrzeby w niektórych otworach przeprowadza się specjalne badania hydrogeologiczne, przede wszystkim próbne pompowanie w celu określenia wydatku wody i oceny na tej podstawie współczynnika filtracji. Szczegółowo te zagadnienia omawiane są w podręcznikach hydrogeologii.

Pomiar stanu zwierciadła wody w otworach wierconych bez płuczki odbywa się za pomocą żerdzi lub liny. Ważne jest zarejestrowanie pierwszego pojawienia się wody w otworze, sygnalizujące nawiercenie poziomu wodonośnego. Rejestruje się poziom zwierciadła nawierconego i zwierciadła ustabilizowanego, jeśli przewierca się utwory wodonośne o zwierciadle napiętym. Pomiar zwierciadła ustabilizowanego powinien w zasadzie być wykonywany po dłuższej stójce otworu. Niezależnie od tego notuje się wszelkie zmiany położenia zwierciadła wody, zwłaszcza raptowne, zauważone po zakończeniu marszu. Zmiany te mogą informować o nawiercaniu nowych poziomów wodonośnych o odmiennym ciśnieniu niż już nawiercony. W wierceniach udarowych wykonywanych „na sucho”, czyli bez płuczki, zawsze wprowadza się do otworu pewną ilość wody, by rozcieńczyć urobek. W otworach takich rejestrujemy więc tylko zmiany położenia zwierciadła wody po każdym marszu. Jego zmiana informuje o napotkaniu warstwy wodonośnej lub chłonnej.

W otworach wierconych z płuczką nawiercenie poziomu wodonośnego może sygnalizować zmiana ilości płuczki wypływającej z otworu. Pomiar zwierciadła wody możliwy jest praktycznie po szczypaniu płuczki z otworu i jego przepłukaniu. Osad ilasty pozostawiony przez płuczkę na ścianach otworu utrudnia – a w przypadku małego ciśnienia wody w przewierconym poziomie wodonośnym może nawet uniemożliwić – dopływ wody do otworu.

Jeśli nawiercony poziom wody jest artezyjski i z otworu następuje samowypływ, poziom stabilizującego się zwierciadła ponad powierzchnią terenu mierzy się w rurach nadstawionych ponad wylotem otworu lub manometrem instalowanym na głowicy zamykającej otwór.

Dla oceny warunków hydrogeologicznych bada się również wydatek wody. Przy niewielkim dopływie możliwe jest to przez próbne łyżkowanie, przy większym konieczne jest odpompowanie za pomocą pomp zapuszczanych do otworu (próbne pompowanie).

3.1.5. Pobieranie rdzeni

Technika pobierania rdzeni i opis różnych typów rdzeniówek przedstawiane są w podręcznikach wiertnictwa. Rola geologa przy pobieraniu rdzeni ogranicza się do kontroli uzysku rdzenia i prawidłowego zabezpieczenia próbek. Przez **uzysk rdzenia** należy rozumieć

stosunek długości wydobytego rdzenia (L) do długości przewierconego odcinka (marszu, M) wyrażony w procentach:

$$U = \frac{L}{M} 100\% \quad (3.1)$$

Gdy rdzeń jest skruszony, określa się stosunek masy wydobytego materiału (G_w) do teoretycznej masy skał w przewierconym odcinku (G_t), który zawsze można obliczyć znając średnicę rdzenia:

$$G_t = M \frac{\pi d^2}{4} \gamma_0 \quad (3.2)$$

gdzie: M – długość przewierconego odcinka (marszu),
 d – wewnętrzna średnica koronki,
 γ_0 – gęstość przestrzenna (gęstość pozorna) przewierczanych skał, oraz:

$$U = \frac{G_w}{G_t} 100\% \quad (3.3)$$

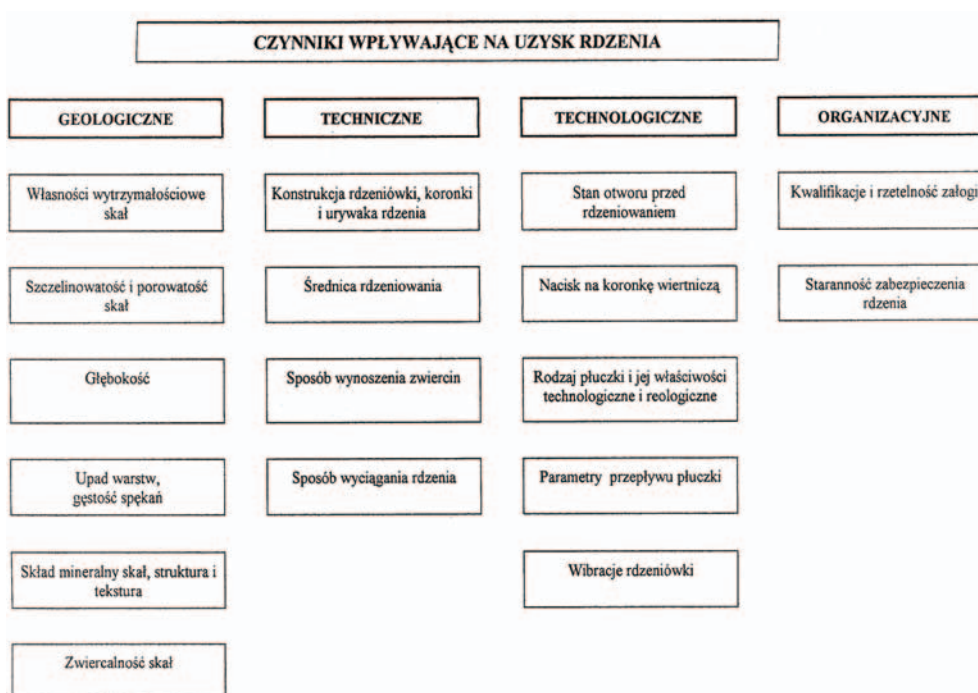
Wymaga się zwykle, by przy przewiercaniu złóż uzysk rdzenia wynosił co najmniej 90–95%. Osiągnięcie takiego uzysku w przypadku skał luźnych lub słabo zwięzłych jest trudne i wymaga starannego doboru techniki rdzeniowania. W przypadku uzysku rdzeni poniżej 80% uzyskane informacje o przewierconych utworach mogą być obarczone dużym błędem, zwłaszcza odnośnie położenia ich granic. Niepełna jest wówczas także informacja o jakości kopaliny i może być błędna. W zasadzie wyniki wierceń, w których uzysk rdzenia w strefie złożowej jest mniejszy od 80% nie powinny być wykorzystywane w dokumentowaniu złóż, a w szczególności do oceny jakości kopaliny i jej zasobów³. Przy ich wykorzystaniu zwłaszcza do interpretacji geologiczno-złożowych należy zachować dużą ostrożność.

Szczególną trudność nastęrcza zapewnienie dużego uzysku rdzenia w seriach skał o zmiennych właściwościach mechanicznych (np. wapieniach lub piaskowcach z przewarstwieniami ilów), gdyż przy nieodpowiedniej technice rdzeniowania skały słabo zwięzłe łatwo mogą ulec rozmyciu. W przypadkach takich jako zasadę należy przyjąć, że każdy marsz powinien zaczynać się w skałach słabo zwięzłych, a kończyć po przejściu leżącej niżej bardziej zwięzłej wkładki. Przy takim postępowaniu rdzeń ze skały bardziej zwięzłej łatwo wciska do rdzeniówki już uformowany odcinek rdzenia skały o niższej zwięzłości i chroni go przed rozmyciem.

³ W międzynarodowych systemach klasyfikacji zasobów wykorzystywanie danych z wierceń o uzysku rdzenia poniżej 90% jest niedopuszczalne (JORC Code).

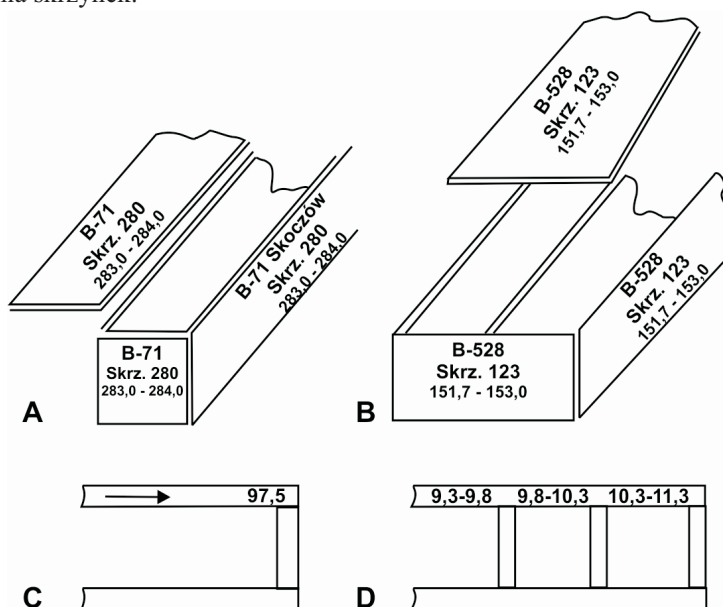
Uzysk rdzenia zależy od szeregu czynników geologicznych, technicznych, technologicznych i organizacyjnych (rys. 3.5). Podstawowe znaczenie mają czynniki geologiczne, ale niemałą rolę odgrywają też czynniki organizacyjne (np. kwalifikacja załogi wiertniczej), stan techniczny urządzenia wiertniczego, technologia wiercenia i pobierania próbek. W zależności od przewidywanych warunków geologicznych dobierany powinien być sposób wiercenia i pobierania rdzeni (typ rdzeniówki, koronek wiertniczych, urywaka rdzenia, nacisk osiowy na koronkę, szybkość przepływu płuczki i jej parametry, prędkość obrotowa koronki). W związku z tym ważne jest przy projektowaniu otworów rozpoznawczych określenie przewidywanego profilu przewierczanych skał i zwrócenie uwagi na te ich możliwe cechy, które mogą mieć wpływ na uzysk rdzenia.

Rdzeń wydobyty z otworu powinien być obmyty i ułożony w drewnianych skrzynkach. Należy zwrócić uwagę, by poszczególne odcinki rdzenia były ułożone w kolejności odpowiadającej następstwu przewierconych warstw. Skrzynki stosowane do przechowywania rdzeni mają długość 1 m. Zwykle stosuje się pojedyncze lub podwójne, rzadziej potrójne – przy rdzeniach o mniejszej średnicy. Wymiar poprzeczny zależy od średnicy rdzenia. Na bocznej i czołowej ścianie skrzynki wypisuje się nazwę, numer otworu, kolejny numer skrzynki oraz głębokość (początkową i końcową), z jakiej wydobyto rdzeń. Opis ten powinien być wykonany w sposób trwały, np. zwilżonym ołówkiem chemicznym lub mazakiem o barwie niepłowiejącej na słońcu (najlepiej czarnym). Opis głębokości powinien



Rys. 3.5. Czynniki wpływające na uzysk rdzenia (Gonet i in. 1996)

być również podany na górnej krawędzi skrzynki. Podaje się głębokość początkową i końcową rdzenia umieszczonego w skrzynce oraz dodatkowo głębokość końca marszu i początku następnego. Koniec marszu zaznacza się za pomocą poprzecznej przegródki wstawianej do skrzynki w odpowiednim miejscu. Kierunek zwiększającej się głębokości powinien być zaznaczony strzałką (rys. 3.6). Taki wielokrotny system oznakowania ma na celu zabezpieczenie informacji, która łatwo może ulec zniszczeniu w czasie transportu i składowania skrzynek.



Rys. 3.6. Typowe skrzynki na rdzenie i ich opis
 a – pojedyncza, b – podwójna, c – opis na górnej krawędzi skrzynki (widok z góry),
 d – skrzynka na próbki okruchowe (widok z góry)

Próbki zwierzyny, zasypówki, okruchowe z wierceń okrężnych i udarowych przechowuje się w skrzynkach wieloprzedziałowych. Próbki z poszczególnych marszów oddziela się przegródkami.

3.2. Geologiczne profilowanie otworów wiertniczych

3.2.1. Profilowanie rdzeni

Geologiczne profilowanie otworu wiertniczego obejmuje opis makroskopowy próbek wiertniczych (rdzeni), jak również ich opracowanie metodami specjalnymi, laboratoryjnymi, np. petrograficzne, chemiczne, paleontologiczne itd. Profilowanie odbywa się według schematu (rys. 3.7):

3. Dokumentacja geologiczna otworów wiertniczych



Rys. 3.7. Schemat pozyskiwania pierwotnej informacji geologicznej (np. opisu rdzenia z otworu wiertniczego)

- wyróżnienie odcinków rdzenia, które na podstawie zespołu obserwowanych cech uznane zostają za jednorodne według jakiegoś przyjętego kryterium,
- identyfikacja – właściwe określenie (nazwanie) tych cech,
- opis.

Makroskopowy opis wyróżnionych odcinków rdzenia polega na określeniu cech litologicznych tworzących go utworów oraz zjawisk tektonicznych, które można zaobserwować. Opis taki wykonuje geolog nadzorujący otwór. Wyposażenie potrzebne do tego celu stanowi: młotek, dłutko, nóż, miarka, kątomierz, lupa, kwas solny, a czasem także inne odczynniki. Niezbędna jest również woda dla zwilżania powierzchni rdzenia, gdyż często dopiero wówczas staje się ona czytelna. Opis sporządza się na specjalnych formularzach (rys. 3.8). W charakterystyce litologicznej podaje się nazwę skały, barwę, uziarnienie, ewentualny jej skład mineralny, w piaskowcach charakter spoiwa, strukturę, teksturę, porowatość, zwięzłość, inne cechy charakterystyczne.

Otwór wiertniczy nr		PROFIL GEOLOGICZNY				Oznaczenie archiwalne		Nr			
								Str.			
Przedsiębiorstwo Geologiczne Surowców Hutniczych K r a k ó w		Wiercenie rozp.	Współrzędna y		Kierownik wiercenia						
Miejscowość		Wiercenie ukończ.	Współrzędna x		System wiercenia						
Gmina		Rodzaj płuczki	Układ		Wykonawca						
Woj.		Kierunek otworu	Wys. n.p.m.		Miejs. przech. próbek						
		Sposób likwidacji otworu	Uwagi		Stabilizacja						
Opis sporządził		Dn.	Opis sprawdził		Ostatnia głęb.		Cel wiercenia				
Głębokość od - do m	Miaż- szość m.	Opis litologiczny (petrograficzny)			Straty- grafia	% wydob. rdzenia	Próbki	Krzywa ścis- kania	Upad warstw	Poziom hydrosta- tyczny	Głębokość przyływu ilość
1	2	3			4	5	6	7	8	9	10

Rys. 3.8. Formularz do opisu rdzeni

Porowatość ocenia się na podstawie szybkości wsiąkania kropli wody umieszczonej na powierzchni skały. W skałach silnie porowatych – o porowatości wynoszącej około 20% – kropla znika w ciągu paru sekund, w skałach o niskiej porowatości, wynoszącej do kilku procent – woda nie wsiąka w skałę w sposób widoczny. Osobno opisuje się liczbę, formę i wielkość kawern.

Zwięzłość określa się przez łamanie lub kruszenie fragmentów skały w rękach. Do skał bardzo słabo zwięzłych zalicza się te, które można rozcierać w palcach, do słabo zwięzłych te, które można rozkruszyć lub złamać w rękach, pozostałe określa się jako zwięzłe. Osobno wyróżnia się skały plastyczne (po zamoczeniu w wodzie).

Zawartość węglanu wapnia można określić orientacyjnie na podstawie reakcji z HCl i zwykle zaznacza się ją w zależności od intensywności reakcji „++”, „+”, „(+)”, „-”, (tab. 3.2). Takie oznaczenie informuje, czy wapnistość lub dolomityczność była sprawdzana.

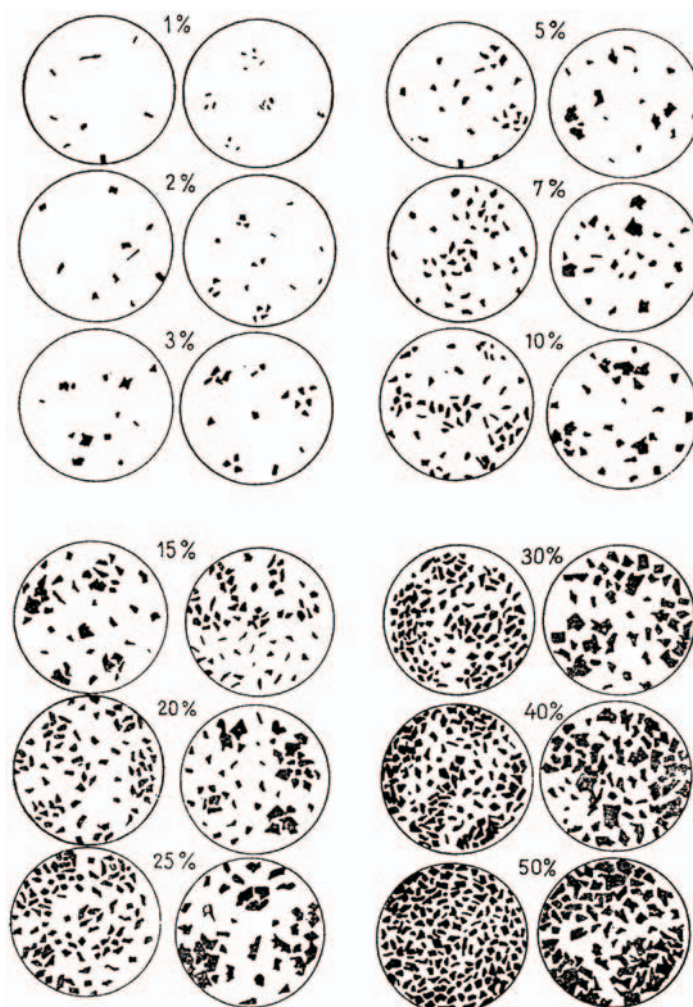
Tabela 3.2

Reakcja skał z HCl

Reakcja z HCl (5%)		Rodzaj skał	
W stanie naturalnym	silne burzenie bez residuum ilastego HCl ++	wapienie	
	silne burzenie z residuum ilastym HCl ++	skąpym	wapienie margliste
		obfitym	margle
	ślabe burzenie bez residuum ilastego HCl +	skały wapniste	
	ślabe burzenie z residuum ilastym HCl +	skąpym	skały wapniste, margle dolomityczne
		obfitym	skały margliste
Po sproszkowaniu	silne burzenie HCl (++)	dolomity	
	silne burzenie z residuum ilastym HCl (++)	dolomity margliste	
	ślabe burzenie HCl (+)	skały dolomityczne	
	ślabe burzenie z residuum ilastym HCl (+)	margle dolomitowe	

Opis powinien zawierać ponadto dokładną charakterystykę struktury i tekstury skały. Przy profilowaniu otworów wykonywanych na złożach rud uwagę należy poświęcić występowaniu przejawów mineralizacji. Opisuje się formę jej występowania, wielkość skupień, uziarnienie i częstość występowania skupień mineralnych oraz ocenia w przybliżeniu zawartość składnika użytecznego (wizualnie przez porównanie z odpowiednimi testami; rys. 3.9). Niekiedy obserwacje takie dokumentuje się rysunkiem lub fotografią, zwłaszcza gdy istnieje obawa, że ich opis mógłby być niejasny.

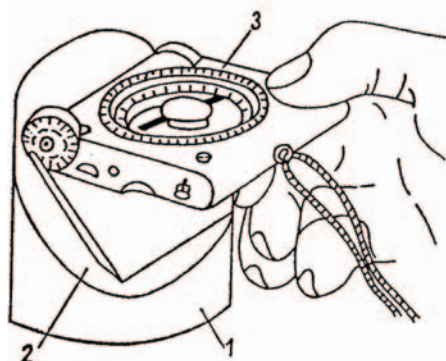
W przypadku profilowania licznych otworów, a także w grubych monotonnych seriach, wskazane jest przy opisie poszczególnych skał posługiwanie się typowymi próbkami, które można z nimi porównywać. Porównywanie ułatwia stosowanie stale tych samych określeń.



Rys. 3.9. Test do oceny zawartości procentowej składników w skale (R. D. Terry, G. V. Chillingar)

Obserwacje zjawisk tektonicznych obejmują przede wszystkim ułożenie warstw i charakterystykę spękań. Pomiary takie są możliwe tylko na próbkach rdzeniowych, jeżeli nie są one zbyt pokruszone. Nachylenie płaszczyzny mierzy się kompasem na ustawionym pionowo odcinku rdzenia (rys. 3.10). W otworach pionowych określa się w ten sposób rzeczywisty kąt upadu, w kierunkowych jest to upad pozorny. Upad rzeczywisty można określić tylko wówczas, jeżeli znane jest położenie rdzenia, jakie zajmował on w otworze (w przypadku pobierania rdzeni zorientowanych).

Przy pomiarach uwarstwienia – zwłaszcza w skałach piaszczystych – należy zwracać uwagę na obecność warstwowania przekątnego, które może być mylnie wzięte za warstwowanie właściwe.



Rys. 3.10. Pomiar kąta nachylenia płaszczyzn na rdzeniu za pomocą kompasu

Płaszczyzny spękań i uwarstwienia na pozór niewidoczne na powierzchni rdzenia ujawniają się przy rozbijaniu rdzenia lekkimi uderzeniami młotka. Jeśli z rdzenia mają być pobierane próbki do badań należy jednak w miarę możliwości unikać naruszania jego ciągłości.

Azymutu rozciągłości (lub zapadnia) warstw na rdzeniach niezorientowanych nie można pomierzyć. Jeśli otwór jest pionowy, można pomierzyć kierunek zapadania spękań w stosunku do kierunku zapadania uwarstwienia. Jeśli znamy rozciągłość warstw (np. z mapy), możemy drogą pośrednią określić orientację spękań.

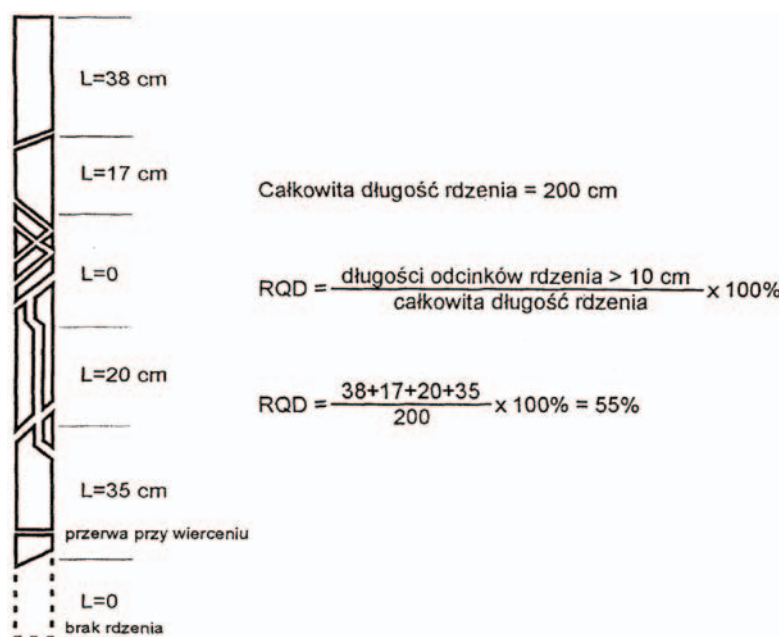
Przy opisie spękań należy zwracać uwagę na charakter ich powierzchni (złustrowana, zwietrzała, skrasowana), częstość powtarzania się spękań, ich szerokość i wypełnienie (otwarte, zabliźnione), rodzaj substancji wypełniającej, rozługowania itp. W skałach silnie spękanych ważne jest podawanie liczby spękań obserwowanych na 1 m rdzenia lub wskaźnika RQD. Przy jego wyznaczaniu bierze się pod uwagę odcinki rdzenia o długości $l_r \geq 10$ cm (rys. 3.11). Ich sumaryczna długość w stosunku do długości rozpatrywanego odcinka otworu (L) wyrażona w procentach stanowi wskaźnik RQD (*Rock Quality Designator*):

$$RQD = \frac{\sum_{r=1}^k l_r}{L} \quad (3.5)$$

Wskaźnik ten informuje o właściwościach wytrzymałościowych masywu skalnego.

Wielu informacji dostarczają też obserwacje formy wydobytego rdzenia, np. rdzeń rozkruszony, rozdrobniony, może świadczyć bądź o obecności strefy tektonicznej, której towarzyszy zbrekcjowanie lub silne spękanie skał, bądź o obecności skał (lub wkładek) łatwo rozmywalnych, słabo związanych, łatwo ulegających rozkruszeniu.

W trakcie opisu rdzenia należy przestrzegać, aby informacje były podawane stale w tej samej kolejności: nazwa skały, barwa, zwięzłość, struktura, tekstura, porowatość, kawerność, zjawiska tektoniczne, mineralizacja.



Rys. 3.11. Sposób pomiaru i obliczania wskaźnika RQD

Opis litologiczny wykonany na podstawie obserwacji makroskopowych może mieć np. następującą postać:

- piasek żółty drobnoziarnisty, zailony, przewarstwiony co kilka centymetrów kilkumilimetrycznymi warstewkami iłu szarego; rzadkie ziarna kwarcu białego do 7 mm średnicy; piasek wilgotny, ił miękkoplastyczny;
- łupek ilasty zielony, cienkowarstwowy, z blaszkami miki na płaszczyźnie uwarstwienia; HCl^-
- dolomit ciemnoszary, $HCl(++)$, mikrokrystaliczny, zwięzły, z licznymi szczątkami fauny (amfipory, brachiopody?) rozmieszczonymi bezładnie; spękania (5/m) pod kątem 30° ; powierzchnie gładkie; RQD 90%; mineralizacja FeS_2 w postaci gniazd owalnych lub nieregularnych wielkości 1–3 cm, rozmieszczonych bezładnie (15%).

W opisie powinny być przedstawiane tylko obserwowane cechy skał. Unikać należy zastępowania opisu interpretacją obserwowanych zjawisk, która może być mylna. Można ją podać ewentualnie jako uzupełniającą, zaznaczając to wyraźnie przez jej ujęcie w nawiasy.

Przykładowo:

- Wapień marglisty szary, $HCl(++)$, zwięzły nie uwarstwiony, drobnoziarnisty z nieregularnymi „przerostami” iłu szarego, wapnistego ($HCl(+)$) o grubości do kilku cm, z kilkucentymetrowymi fragmentami wapieni, nieregularnymi o krawędziach zaokrąglonych (strefa skrasowienia).

W przypadku niepełnego uzysku rdzenia powstaje problem wyznaczenia położenia granic różnych warstw. Zwykle przyjmuje się, że straty rdzenia z poszczególnych warstw są proporcjonalne do długości uzyskanego z nich rdzenia i grubość przewierconych warstw wyniesie wówczas:

$$L_i = \frac{L_p}{u} \quad (3.6)$$

gdzie: L_p – pomierzona długość warstw,
 u – uzysk rdzenia w ułamku dziesiętnym.

W przypadku przewiercania skał o bardzo zróżnicowanych właściwościach straty rdzenia mogą dotyczyć przede wszystkim skał najslabszych, najłatwiej ulegających skruszeniu lub rozmywaniu w trakcie wiercenia, co powinno być uwzględnione przy ocenie miąższości przewierczanych warstw. W każdym przypadku, gdy uzysk rdzenia jest mniejszy od 100% położenie granic przewierczanych warstw jest określane z pewnym błędem. Określenie ich rzeczywistego położenia ułatwia chronometraż i profilowanie geofizyczne otworu.

W opisach makroskopowych stale aktualne jest zagadnienie, jak daleko należy się posuwać w szczegółach opisu. Zasadą jest łączenie w jeden pakiet utworów nieróżniących się składem, uziarnieniem, barwą. Opis powinien być zarazem na tyle szczegółowy by podkreślał np. zróżnicowanie cech sedimentologicznych czy też mineralizacji (tekstur, składu mineralnego). Opis taki jest podstawą do skonstruowania obrazu profilowanej serii i powinien być tak sporządzony, by czytający mógł sobie w sposób jednoznaczny wyobrazić opisywane skały. Zarazem należy unikać zbytnej drobiazgowości opisu, która może spowodować jego nieprzejrzystość. W profilu opisowym wskazane jest w związku z tym wyraźne wyodrębnienie informacji o podstawowych cechach opisywanych utworów od uzupełniających, szczegółowych.

W trakcie opisu należy wyraźnie zaznaczyć miejsca ważne ze względu na występowanie fauny i mineralizację, co ułatwia późniejsze badania specjalne. W formularzu zwykle dokonuje się tego w osobnych rubrykach. Przy opisie geologicznym nie należy rdzenia niszczyć przez niepotrzebne rozbijanie. Należy go wprawdzie rozbić w celu określenia charakteru utworu, lecz powinno się to robić w sposób umiarkowany, aby nie niszczyć dowodu, przede wszystkim tektoniki utworów. Odbija się zwykle niewielki fragment równoległy do osi rdzenia. Jest to konieczne, gdyż obserwacje wykonane na powierzchni rdzenia mogą być mylące (rys. 3.12). Wydobyty rdzeń stanowi materiał do dalszych badań jakości kopaliny, właściwości mechanicznych skał (dla oceny warunków inżyniersko-geologicznych eksploatacji) dlatego też przed jego opróbowaniem do tych badań nie powinien być rozbijany, na przykład w poszukiwaniu fauny lub flory, ani też nie należy pobierać z niego próbek do innych badań.

Organizacja pracy profilującego powinna wyglądać w sposób następujący: otwarte skrzynki (bez wieka) z rdzeniami układa się kolejno według numeru (głębokości) obok



Rys. 3.12. Ślady tarcia koronki na poboczniczy rdzenia sugerujące laminację skały

siebie na ziemi lub jeśli profiluje się w magazynie rdzeni na stołach, w miejscu dobrze oświetlonym i osłoniętym od deszczu. Rdzeń brudny, oblepiony łem z płuczki należy obmyć.

Przed przystąpieniem do profilowania geolog powinien dokonać pobieżnego przeglądu rdzeni w celu zorientowania się w charakterze litologicznym i zmienności przewierczanych skał.

Przed rozpoczęciem opisu poszczególnych odcinków rdzenia na górnej krawędzi skrzynki z opisywanym rdzeniem układa się rozłożoną miarkę metrową, zapisuje głębokość stropu i spągu opisywanego odcinka i mierzy długość wydobytego rdzenia. Na tej podstawie oblicza się miąższość opisywanej warstwy i procentowy uzysk rdzenia (stosunek długości wydobytego rdzenia do długości przewierconego odcinka, z którego go wydobyto, wyrażony w procentach). Następnie kolejno opisuje się litologię, tektonikę i mineralizację. Bardziej interesujące odcinki rdzenia należy zwilżyć wodą, wówczas bowiem słabo widoczne szczegóły tekstury stają się wyraźniejsze. W niektórych przypadkach tekstura skały staje się dobrze widoczna po zanurzeniu rdzenia w odpowiednio dobranym odczynnikiem chemicznym lub roztworze substancji barwiącej (np. w wapieniu z krzemianami zanurzonym w roztworze błękitu metylenowego dobrze widoczne stają się niekiedy poszczególne konkracje).

W przypadku pobierania próbek do badań specjalnych w miejscu wyjątego odcinka rdzenia należy zostawić kartkę z podaną datą, celem, do którego pobrano próbkę i z nazwiskiem profilującego.

Po zakończonym profilowaniu skrzynki z rdzeniami należy zamknąć i zabezpieczyć w magazynie.

Czas potrzebny na profilowanie 10 m rdzenia wynosi orientacyjnie od około 1 h w utworach mało zróżnicowanych litologicznie do 3 h w przypadku bardzo dużego zróżnicowania, zwłaszcza gdy występuje mineralizacja, którą należy szczegółowo opisać.

Sporządzony profil powinien być przejrzysty i czytelny nie tylko dla tego, kto go sporządził, ale i dla osób, które będą z niego korzystały. Długie opisy słowne są zwykle mało przejrzyste, toteż dąży się do zastępowania ich zapisem sporządzonym w formie zakodowanej. W zapisie takim jest wymagane ściśle określone następstwo podawanych informacji, stosowanie tylko pewnych nazw i określeń (nazywanych „legalnymi”), dla których opracowano odpowiednie skróty lub symbole kodowe, wreszcie przestrzeganie znormalizowanych reguł zapisu skrótowego. Stosowanie ograniczonego zestawu nazw i określeń legalnych na pozór zuboża opis, jednak uzyskuje się dzięki temu jego jednoznaczność i porównywalność, co jest szczególnie ważne, jeśli opisy wykonuje kilka osób reprezentujących różny poziom umiejętności i doświadczenia.

Jeśli obserwacje wykonywane w trakcie profilowania mają być archiwizowane w komputerowych bazach danych wskazany jest ich zapis w formie zakodowanej, za pomocą symboli alfanumerycznych. Wpisuje się je w trakcie profilowania do specjalnego formularza. Liczba i jakość informacji uzyskanych na podstawie profilowania rdzeni wiertniczych zależą w dużej mierze od umiejętności i doświadczenia profilującego. Należy również pamiętać o pewnych czynnikach z zakresu psychologii spostrzegania. Łatwiej są zauważalne cechy znane lub te, które chce się zobaczyć, natomiast zjawiska nieznanne, nowe, pozostają bądź niezauważone, bądź ich obserwacja jest niedokładna, a przekazane informacje o nich niepełne i często zniekształcone. Wydzielenie w arkuszu kodowych cech, które geolog powinien zaobserwować w trakcie profilowania i podać o nich informację, znacznie ułatwia mu pracę i zmusza do przekazania odpowiedniego zestawu informacji. Poza tym profilujący ma możliwość zasygnalizowania odpowiednimi symbolami kodowymi, czy dana cecha była przez niego obserwowana, czy też nie potrafił odpowiednio jej rozpoznać bądź z powodu własnej niewiedzy, bądź z braku możliwości wykonania obserwacji (np. spowodowanej rozkruszeniem rdzenia). Opracowanie informacji w ten sposób jest niezmiernie ważne dla geologa korzystającego z profilu np. przy opracowywaniu map czy przekrojów, bo informuje o dokładności i wiarygodności opisu.

Jeżeli wykonuje się jednocześnie obserwacje kilku cech, a tak przeważnie jest przy profilowaniu, dokładność ich rejestracji maleje wraz ze wzrostem ich liczby. Znajduje to przede wszystkim wyraz w dość dużych rozbieżnościach między profilującymi w umiejscowieniu granic odcinków rdzenia uznanych za jednorodne ze względu na opisywany zespół cech litologicznych. Szczególnie wyraźnie zaznacza się to wówczas, gdy poszczególne cechy skały zmieniają się w sposób stopniowy i niezależnie od siebie. W takich przypadkach zaleca się prowadzenie obserwacji poszczególnych cech selektywnie, niezależnie od innych i wydzielenie odcinków jednorodnych dla każdej z nich osobno. Sprowadza się to do kilkakrotnego przeglądu rdzenia. Za każdym razem obserwuje się tylko jedną cechę lub grupę blisko ze sobą związanych cech i wyznacza położenie granic, gdzie następuje ich zmiana. Obserwacje zestawia się w formie graficznej w postaci szeregu równoległych kolumn (rys. 3.13), w których w odpowiednio dobranej skali zaznacza się położenie wydzielonych odcinków rdzenia. W szczególności wskazane jest oddzielne profilowanie cech petrograficzno-sedymentologicznych, zjawisk tektonicznych, kawernistości i mineralizacji, bowiem często występują one niezależnie od

3. Dokumentacja geologiczna otworów wiertniczych

siebie. Zarówno opis zakodowany, jak i oddzielne profilowanie poszczególnych cech skały jest wbrew pozorom szybsze od tradycyjnego sposobu profilowania rdzeni. Wymaga jedynie pewnej wprawy.

Obserwacje rdzeni wiertniczych dostarczają nam niepełnych informacji o górotworze. Wynika to z niepełnego z reguły uzysku rdzenia. Ponadto pobrane rdzenie nie są przestrzennie zorientowane, a zatem na ich podstawie nie można określić sposobu ułożenia

Profil geologiczny otworu nr										Obszar złożowy:																																																																																											
Instytucja prowadząca badania:					Miejscowość: Gmina: Województwo:					Kierownik wiercenia: System wiercenia Nadzór geologiczny																																																																																											
Zleceniodawca:					Współrzędne: x; y; z;			Układ:		Profil sporządził Opróbowal Wykonawca analiz:																																																																																											
Wykonawca					Data rozpoczęcia: Data zakończenia: Głębokość końcowa: Głębokość likwidacji					Wykonane badania specjalne Wykonawca badań: Miejsce przechowywania rdzeni:																																																																																											
Skala [m]	Zarurowanie Stratygrafia Poz. dolom. kruszc.	Lito- strat.	Uzysk rdzenia [%]	Głęb. spagu w-wy [m]	Miągkość w-wy [m]	Długość rdzenia [m]	Forma rdzenia	Profil graficzny	Opis wydzielenia litologicznego	Opis litologiczny	Zwięzłość	Upad warstw	Podziel. w-wowa	Spękania	Porowat. Kawernis	Mineralizacja																																																																																					
																Zawartość Zn [%]	Zawartość Pb [%]	Interwały złoż.	Liczbowo	Graficznie	Liczbowo	Graficznie	Ruda siarczk.	Ruda utleniona																																																																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27																																																																											
-73	dolomity diploporowe	75	73,5	3,5	1,4	F M	C/0,6	[Symbol]	Dolomit wapnisty drobnokrystaliczny żółto-szary	F 15°	BG	SZ	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	10	KC	[Symbol]	RO	SF/10	0,8	0,2	[Symbol]	[Symbol]	74,3																																																																											
-74																											69	75	77,0	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	NN	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	20	PU	[Symbol]	RO	PT/5	2,5	0,1	[Symbol]	[Symbol]	76,8																																																		
-75																																																				69	75	78,5	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	NN	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	20	PU	[Symbol]	RO	PT/5	4,6	0,1	[Symbol]	[Symbol]	78,5																									
-76																																																																													69	75	77,0	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	NN	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	20	PU	[Symbol]	RO	PT/5	2,0	0,2	[Symbol]	[Symbol]	76,8
-77																																																																																																					
-78	69	75	77,0	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	NN	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	20	PU	[Symbol]	RO	PT/5	2,0	0,2	[Symbol]	[Symbol]	76,8																																																																												
-79																										69	75	77,0	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	NN	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	20	PU	[Symbol]	RO	PT/5	2,0	0,2	[Symbol]	[Symbol]	76,8																																																			
-80	69	75	77,0	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	GL	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	5	PU	[Symbol]	RO	SF/7,5	1,7	0,2	[Symbol]	[Symbol]	78,5																																																																												
-80																										69	75	77,0	1,5	0,7	F M	C/0,1	[Symbol]	Dolomit wapnisty pelitowo-mikrytowy żółto-szary	E 15°	BG	GL	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	5	PU	[Symbol]	RO	PT/1	2,2	0,3	[Symbol]	[Symbol]	74,3																																																			

Rys. 3.13. Przykład profilu otworu ze złoża rud Zn-Pb

(w formie możliwej do archiwizacji i prezentacji komputerowej, wg R. Blajdy 1990)

Forma rdzenia: C – w odcinkach, F – we fragmentach, M – drobno rozkruszony.

Zwięzłość: E – skały zwięzłe, F – silnie zwięzłe. Podzielność warstwowa: GR – gruba (25–50 cm),

ŚR – średnia (25–10 cm), OX – nie występuje, SZ – powierzchnie szorstkie, FA – faliste.

Spękania: ZP – zespół prosty spękań, ZS – zespół sprzężony spękań (spękania krzyżujące się),

MA – mała gęstość spękań (do 2 spękań na m), SR – średnia (2–4 spękania na m), ST – strome,

SN – słabo nachylone, RW – równe, NR – nierówne. Wypełnienie (spękań i kawern) i mineralizacja:

PU – puste, CW – częściowo wypełnione, KC – kalcyt, SF – sfaleryt, GA – galena, MK – markasyt.

Porowatość i kawernistość: 1 – skały porowate, 2 – kawerniste

przewierconych warstw. Dokładniejszą informację na temat ułożenia warstw można uzyskać bądź pobierając rdzeń zorientowany bądź przy wykorzystaniu metod geofizycznych. Pobieranie rdzeni zorientowanych jest możliwe przy zastosowaniu specjalnych urządzeń (stratymetrów). Działają one na ogół w ten sposób, że przed rozpoczęciem zwiercenia rdzenia zaznacza się w skale odsłoniętej na dnie otworu kilka punktów, których ułożenie umożliwia odtworzenie orientacji rdzenia po jego wydobyciu na powierzchnię. Punktami tymi są bądź niewielkie zagłębienia, bądź otworki zwiercane w skale, mające średnicę wielokrotnie mniejszą od średnicy rdzenia. Bliższe omówienie działania tych urządzeń przedstawiane jest w podręcznikach wiertnictwa.

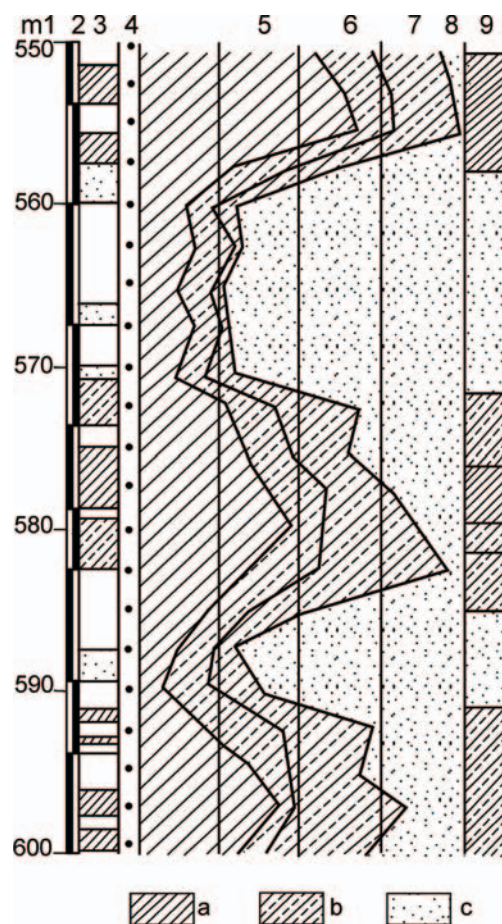
Rdzenie zorientowane pobiera się rzadko, ponieważ czynność ta jest kosztowna i znacznie przedłuża czas wiercenia. Sposób ułożenia warstw można niekiedy określać na podstawie obserwacji krzywienia otworu (rys. 3.2). Uzyskuje się w ten sposób tylko informację przybliżoną z wybranych odcinków otworu. Sposób ułożenia warstw można też określić za pomocą profilowania geofizycznego (zob. rozdz. 3.2.4), a także na podstawie bezpośrednich obserwacji ścian otworu za pomocą zapuszczonej do niego zminiaturyzowanej kamery telewizyjnej lub sondy fotograficznej. Sondami takimi fotografuje się zwykle obraz ścian otworu odbity w lustrze pochyłym, stożkowym lub sferycznym, umieszczonym przed obiektywem aparatu fotograficznego. Uzyskuje się w ten sposób obraz zdeformowany, wymagający później odpowiedniego przetworzenia. Równocześnie fotografuje się też igłę kompasu, co umożliwia odpowiednią orientację uzyskanych obrazów. Fotografie wykonuje się w sposób ciągły w miarę zapuszczania lub podnoszenia sondy, przez co uzyskuje się pełny profil otworu. Zarówno obserwacje telewizyjne, jak i profilowanie fotograficzne wymagają dobrego oczyszczenia ścian otworu. Metody te nadają się do śledzenia spękań tektonicznych i położenia granic wydzielanych utworów. Identyfikacja przewiercanych skał oraz ich tekstur i struktur napotyka na trudności ze względu na małą czytelność uzyskiwanych obrazów. Stanowią więc one mogą ważne uzupełnienie obserwacji wykonywanych na rdzeniach, ale nie mogą ich wyeliminować.

Profilowanie fotograficzne znajduje przede wszystkim zastosowanie w badaniach spękań górotworu wykonywanych w celu oceny jego zachowania się w trakcie wykonywania wyrobisk. Prowadzić je można zarówno w otworach pionowych, jak i kierunkowych wierconych np. z wyrobisk górniczych w stropie, a więc pionowo w górę. Sondę fotograficzną umieszcza się wówczas w otworze na sztywnych żerdziach.

3.2.2. Profilowanie wierceń udarowych i obrotowych bezrdzeniowych

W trakcie wiercenia sposobem okrętym, udarowym lub obrotowym bezrdzeniowym uzyskuje się próbki przewierconych skał w stanie rozkruszonym. Opisuje się je w sposób analogiczny jak próbki rdzeniowe, z tym jednak, że zakres obserwacji, które można wykonać na małych fragmentach skał, jest znacznie mniejszy niż w przypadku rdzenia. W zasadzie możliwe jest określenie tylko charakteru petrograficznego badanych fragmentów.

Obserwacje wykonuje się makroskopowo i pod binokulem. Do badań pobiera się 40–60 g okruszków w stanie suchym. W każdej próbce określa się planimetrycznie udział procentowy okruszków poszczególnych skał lub minerałów. Niekiedy stosuje się proste oznaczenia chemiczne w celu ilościowego oznaczenia zawartości niektórych składników, np. CO_2 dla ilościowego określenia zawartości węglanów. Wyniki badań przedstawia się w postaci wykresu. Na osi pionowej podaje się głębokość, z której pobrano próbki, a na osi poziomej w odpowiedniej skali udział procentowy poszczególnych rodzajów okruszków (rys. 3.14), za pomocą kolejno po sobie następujących odcinków, których sumaryczna długość wynosi 100%. W podobny sposób podaje się niekiedy informacje o występowaniu poszczególnych gatunków mikrofauny, która pozwala na uchwycenie granic stratygraficznych.



Rys. 3.14. Porównanie profilu otworu zestawionego na podstawie próbek rdzeniowych i próbek zwierziny a – il, b – il piaszczysty, c – piaskowiec; 1 – głębokość, 2 – marsze, 3 – profil według próbek rdzeniowych, 4 – miejsca pobrania próbek zwierziny, 5 – frakcja < 0,01 mm, 6 – frakcja 0,01–0,25 mm, 7 – frakcja 0,25–0,5 mm, 8 – frakcja powyżej 0,5 mm, 9 – profil na podstawie próbek zwierziny

Przy interpretacji profilu litologicznego należy pamiętać, że dno otworu nie jest idealnie oczyszczone ze zwierconego materiału i następuje mieszanie okruchów skał pochodzących z różnych głębokości.

Przy wierceniu mechanicznym obrotowym płuczka wynosi na powierzchnię drobno rozarty materiał skalny – **zwiercinę**. Obserwacje zwierciny w przypadku wiercenia rdzeniowego dostarczają dodatkowych informacji o przewierczanych skałach, a w przypadku wierceń bezrdzeniowych są jedynym – poza geofizyką – źródłem informacji o wykształceniu litologicznym przewierczanych utworów. Próbkę zwierciny pobiera się w odstępach czasu odpowiadających pogłębieniu otworu o określoną liczbę decymetrów (w zależności od potrzeb 1–5 dm) na sito o oczku 0,5–1 mm, zanurzone w strumieniu płuczki wypływającej z otworu.

Przy określaniu głębokości, z jakiej pochodzi próbka zwierciny, należy pamiętać, że od momentu nawiercenia skały do chwili ukazania się w płuczce na powierzchni zwierconego materiału upływa czas potrzebny do przebycia całej długości otworu przez ten materiał.

Moment pojawienia się zwierciny na powierzchni jest opóźniony w stosunku do momentu nawiercenia skały, a opóźnienie to jest zależne od prędkości wynoszenia okruchów. Ziarna drobne o wymiarach poniżej 0,002 mm praktycznie płyną w otworze z prędkością płuczki, ziarna większe płyną wolniej niż płuczka, gdyż wchodzi tu w grę swobodne opadanie w cieczy. Prędkość tego opadania zależy od średnicy ziarn (d), ich kształtu i gęstości przestrzennej (γ_0) oraz od gęstości właściwej płuczki (γ_p). Oblicza się ją w zależności od średnicy ziarn za pomocą różnych wzorów.

Dla ziarn o średnicy ponad 1,5 mm stosuje się wzór Reynoldsa:

$$v_0 = k_1 \sqrt{d \frac{\gamma_0 - \gamma_p}{\gamma_p}} \quad (3.7)$$

dla ziarn o średnicy poniżej 0,15 mm wzór Stockesa:

$$v_0 = k_2 d^2 (\gamma_0 - \gamma_p) \quad (3.8)$$

a dla ziarn o średnicy 0,15–1,5 mm wzory empiryczne, np. Christensena:

$$v_0 = \alpha \sqrt{d} - \beta \quad (3.9)$$

gdzie: k_1, k_2, α, β – współczynniki zależne od kształtu ziarn i ich składu mineralnego. Wartość tych współczynników określa się empirycznie. Przykładowe wartości dla ziarn niektórych minerałów podano w tabeli 3.2. Prędkość przepływu samej płuczki w otworze oblicza się ze wzoru:

$$v = \frac{Q}{F - f} \quad (3.10)$$

gdzie:

- Q – wydajność pompy płuczkowej w m^3/s ,
 F – powierzchnia przekroju otworu w m^2 ,
 f – powierzchnia przekroju przewodu w m^2 .

Czas t , po jakim ziarna grubsze (o średnicy ponad 0,002 mm) będą wynoszone wraz z płuczką na powierzchnię z głębokości h , wynosi:

$$t = \frac{h}{v - v_0} \quad (3.11)$$

a stąd łatwo obliczyć h . Ponieważ wiercenie jest w ruchu, w czasie t jego głębokość zwiększy się o $\Delta h = 60 t \cdot p$, gdzie p jest postępem wiercenia w m/min. Wielkość tę należy odjąć od obliczonej wielkości h . Prędkość wiercenia odczytuje się z chronometrażu.

Tabela 3.2

Wartość współczynników we wzorach empirycznych na prędkość opadania (w $\text{m/s} \cdot 10^{-8}$) dla niektórych minerałów

Minerał	K_1	k_2	α	β
Kwarc: ziarna kuliste	86	424	113	36
– wydłużone	75			
– tabliczkowe	61			
Galena	100	631	322	57
Piryt			250	49
Chalkopiryt			214	41
Wartości średnie	77	545		

Pobrane próbki zwierziny płucze się w celu usunięcia łu z płuczki, suszy i pakuje w woreczki plastikowe. Każda próbka musi zawierać metrykę, w której podaje się czas pobrania i głębokość wiercenia. Próbki zwierziny opisuje się podobnie jak próbki z wierzeń udarowych. Przy zestawieniu profili i ich interpretacji należy pamiętać, że w wyniku różnej prędkości wynoszenia ziarn o różnej średnicy, w każdej próbce są reprezentowane okruchy skał pochodzące z różnych głębokości. Zwykle wymieszane są okruchy pochodzące z przedziału kilkumetrowego (4–7 m). Charakter litologiczny przewiercanych skał określa się na podstawie względnego udziału okruchów poszczególnych rodzajów skał lub minerałów. Wskazane jest przy tym przeprowadzenie interpretacji profilu na podstawie obserwacji okruchów osobno dla każdej wydzielonej frakcji ziarnowej. Łatwiej bowiem jest określić wówczas czas wypływu okruchów na powierzchnię i zasięg strefy mieszania okruchów z różnej głębokości. Nie należy jednak ograniczać się do zbadania tylko jednej

frakcji ziarnowej, gdyż może występować selektywne rozkruszanie lub rozmywanie pewnych składników skały. Będą one występowały wówczas tylko we frakcjach drobniejszych.

W przypadku, gdy z wiercenia uzyskuje się tylko próbki drobno rozkruszone, zmielone, „pyłowe” – określenie cech petrograficznych skały jest niemożliwe. O ich zróżnicowaniu litologicznym można wówczas wnosić na podstawie analizy chemicznej próbek, w szczególności wybranych charakterystycznych składników. Na przykład w przypadku skał węglanowych informacji takich może dostarczyć zróżnicowanie zawartości CaO, MgO i SiO₂ (tab. 3.3).

Tabela 3.3

Przykład interpretacji zróżnicowania litologicznego skał w złożu wapieni na podstawie składu chemicznego próbek „pyłowych” (złoże Sobocin)

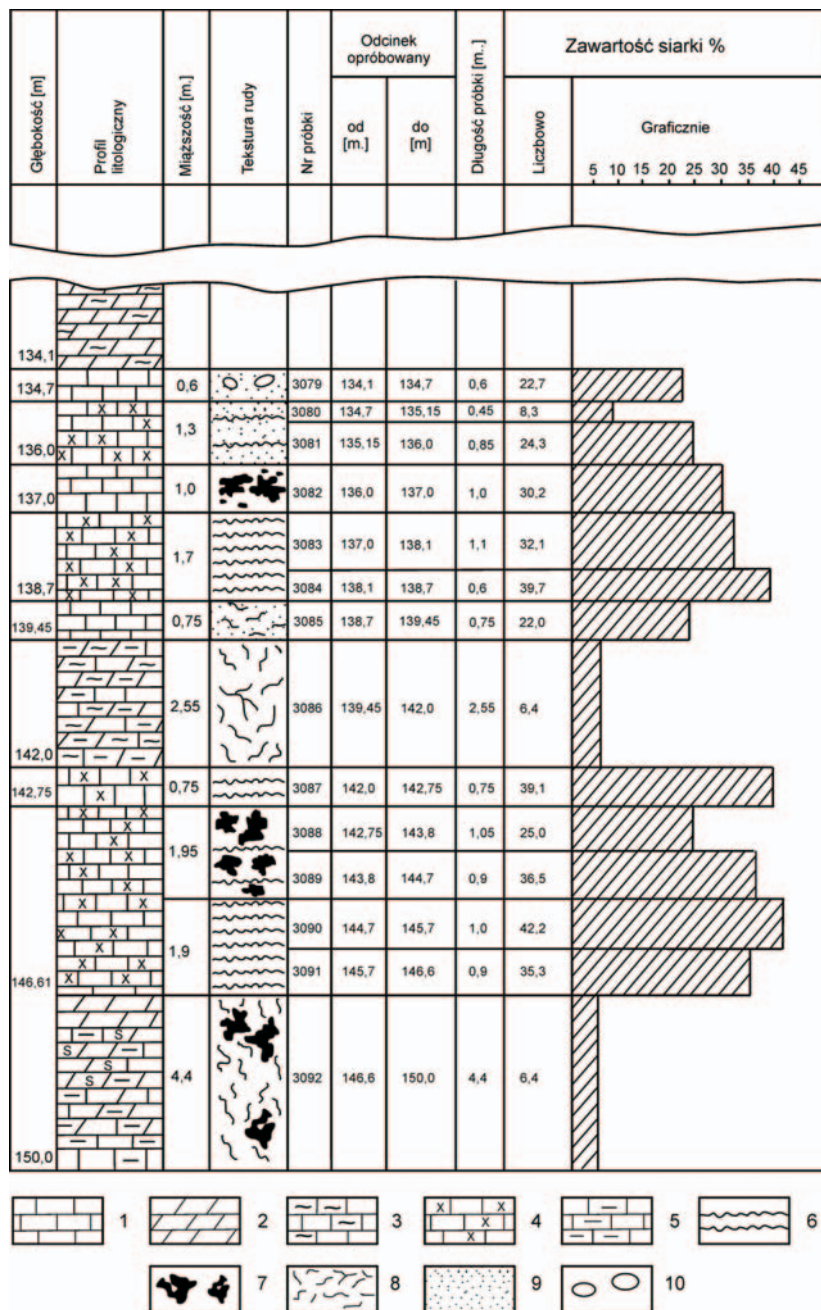
Rodzaj skał	CaO [%]	MgO [%]	SiO ₂ [%]	Al ₂ O ₃ [%]
Wapień „jasny”	na ogół ponad 50	na ogół do 3	na ogół poniżej 3	poniżej 1
Wapień „ciemny”	40–50 (zwykle poniżej 50)	rzadko do ponad 10	do około 10	zwykle 1–3
Jasne zdolomityzowane i zsylikowane	zwykle poniżej 50	do 10–20	często ponad 10	poniżej 1
Łupki	zwykle poniżej 40		ponad 10	powyżej 3

3.2.3. Profilowanie specjalne

Przy makroskopowym profilowaniu geologicznym rdzeni należy, jeśli to możliwe, unikać ich rozbijania i niszczenia, gdyż z zasady mają one być poddane jeszcze dalszym opracowaniom specjalnym. Wykonuje się je różnymi metodami, opierając się na pobranych próbkach poddanych odpowiednim badaniom. Głównie znaczenie mają badania jakości kopaliny. Najczęściej są to badania chemiczne zawartości wybranych składników lub innych cech kopaliny decydujących o jej jakości. Próbki, które mają charakteryzować jakość kopaliny powinny być pobierane w sposób ciągły z całego profilu złoża (w postaci ćwiartki lub połówki rdzenia odciętej równoległe do jego osi). Wyniki badań chemicznych pobranych próbek podaje się obok profilu litologicznego oraz przedstawia w formie graficznej, co ułatwia korelację wyników tych badań z opisem litologicznym. Zwykle robi się to w sposób pokazany na rysunku 3.15. W przypadku wielu składników wykonuje się wykres dla każdego osobno. W rudach o zróżnicowanej teksturze wskazane jest podanie tej informacji w osobnej kolumnie za pomocą specjalnych symboli (rys. 3.15).

Dla oceny przydatności niektórych kopaliny skalnych ważne są pewne właściwości technologiczne, na przykład skład ziarnowy kruszywa, własności ceramiczne skał ilastych itp. Wyniki badań tych właściwości podaje się obok profilu litologicznego w sposób

3. Dokumentacja geologiczna otworów wiertniczych



Rys. 3.15. Profil graficzny otworu wiertniczego ze złoża siarki (złoże Mishraq)

1 – wapień, 2 – dolomity, 3 – wapień marglisty, 4 – wapień przekrystalizowane,
 5 – wapień bitumiczny; tekstura rudy: 6 – smugowa, 7 – płamista, 8 – drobnopłytkowa, 9 – impregnacyjna,
 10 – druzowa

podobny jak wyniki analiz chemicznych (zwykle tylko w formie cyfrowej ze względu na wielość podawanych cech) charakteryzujących jakość kopaliny (zob. rozdz. 3.2.5).

W podobny sposób podaje się m.in. wyniki badań petrograficznych i mineralogicznych, badań właściwości fizycznych skał, badań paleontologicznych itp.

3.2.4. Profilowanie geofizyczne otworów

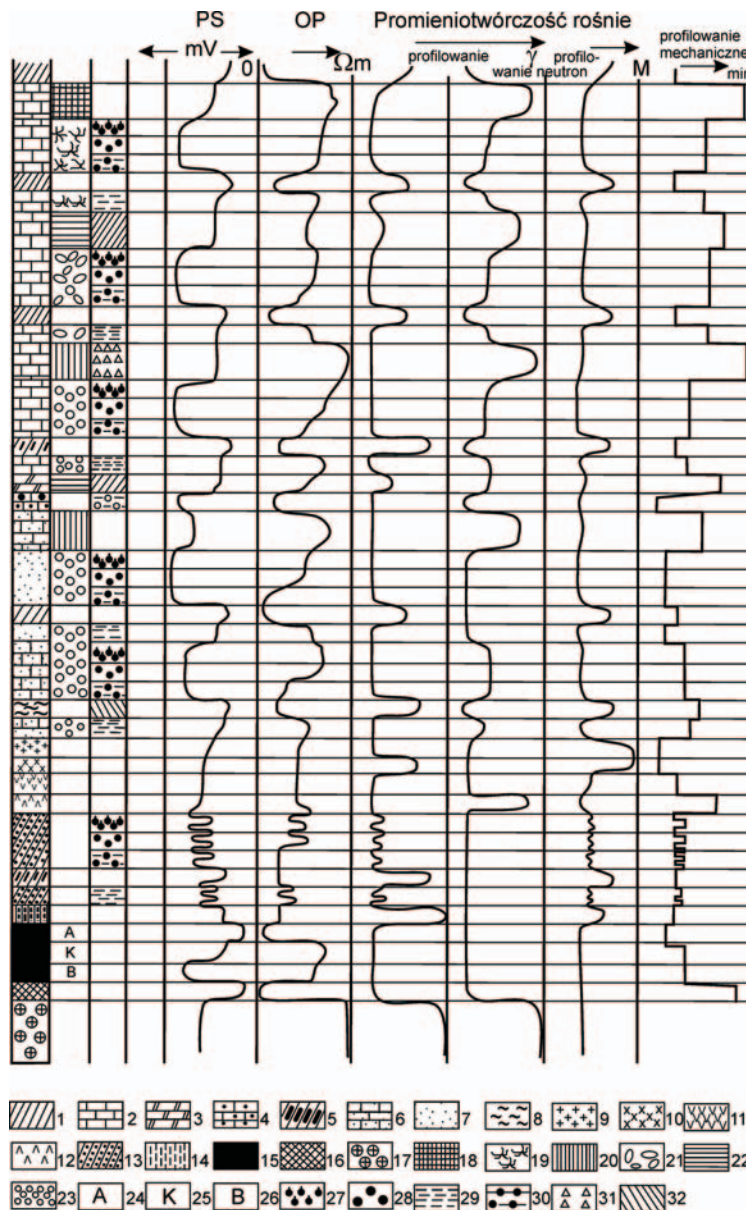
Geofizyczne profilowanie otworu wykonuje się w celu określenia rodzaju przewierczanych skał i głębokości ich występowania na podstawie ich właściwości fizycznych. Najczęściej stosuje się profilowanie oporności (PO), potencjałów polaryzacji naturalnej (PS), naturalnej promieniotwórczości gamma (PG), neutron-gamma (PNG), gamma-gamma (PGG) i średnicy otworu (PSr), akustyczne (PA) i rzadziej inne metody. Szczegółowe omówienie metod geofizyki otworowej znajdują się w podręcznikach geofizyki wiertniczej (np. J. Jarzyna i in., 1997).

Stwierdzone w trakcie profilowania geofizycznego wielkości oporu pozornego, potencjału polaryzacji, intensywności promieniowania czy innych właściwości fizycznych ośrodka skalnego są związane z litologicznymi cechami warstwy. Na podstawie rejestrowanych cech fizycznych skały pozwalają one zatem na określenie charakteru litologicznego przewierczanych utworów, składu mineralnego i niektórych ich właściwości. Interpretacja ma więc charakter pośredni. Typowe wykresy profilowania geofizycznego przedstawione są schematycznie na rysunku 3.16. Wykresy obserwowane w praktyce mogą znacznie różnić się od nich. Przyczyną tego są warunki, w jakich jest wykonywany pomiar, stan techniczny otworu, sposób przeprowadzenia pomiarów oraz zjawiska naturalne, modyfikujące właściwości skał, np. spękania, skrasowienia, mineralizacja, zróżnicowania spoiwa (w skałach klastycznych). Z jednej strony umożliwia to wykrycie zróżnicowania w warstwach na pozór nie zróżnicowanych litologicznie, z drugiej jednak może utrudnić znacząco poprawną interpretację.

Na podstawie zestawienia wyników profilowania zrealizowanego za pomocą kilku metod wzajemnie uzupełniających się można określić szereg cech skał.

Ze względu na różnorodność zjawisk wpływających na wynik profilowania geofizycznego, interpretacja jego wyników powinna być wykonywana przy współudziale geologa, który powinien zwrócić interpretatorowi uwagę na te zjawiska geologiczne, występujące w profilowanej serii skalnej, które mogą w istotny sposób wpłynąć na wynik interpretacji.

Często wystarczająca może być sama jakościowa interpretacja wyników profilowań, która pozwala na zorientowanie się w zróżnicowaniu profilu litologicznego zwłaszcza, jeśli dysponuje się danymi z wcześniej wykonanych w sąsiedztwie otworów rdzeniowych. Przy interpretacji profilu należy pamiętać, że aparatura geofizyczna rejestruje zjawiska fizyczne występujące w pewnej objętości skał wokół otworu, daje więc obraz w pewnym sensie uśredniony. Jest to szczególnie ważne w skałach niejednorodnych pod względem litologicznym, np. wapienie z przerostami ilitu czy ilitu z konglomeratami gipsu na wykresach profilowania gamma będą dawały wykres taki sam jak margle, bowiem zawartość ilitu



Rys. 3.16. Schematyczne zestawienie wyników profilowania geofizycznego wykonanego różnymi metodami (wg S.S. Itenberg 1955)

- 1 – ility jasne, 2 – wapenie i dolomity, 3 – margle, 4 – kreda, 5 – ility ciemne, 6 – piaskowce, 7 – piaski, 8 – łupki ilaste, 9 – sól kamienna, 10 – sole potasowe, 11 – gips, 12 – anhydryt, 13 – ility przewarstwiony piaskiem, 14 – tufity, 15 – węgiel, 16 – rudy siarczkowe (masywne), 17 – skały magmowe, 18 – skały zwięzłe i twarde, 19 – skały spękań, 20 – skały twarde, 21 – skały kawerniste, 22 – skały zwięzłe, 23 – skały porowate, przepuszczalne, 24 – antracyt, 25 – węgiel kamienny, 26 – węgiel brunatny, 27 – skały nasycone gazem, 28 – skały nasycone ropą, 29 – skały nasycone wodą słodką, 30 – skały nasycone solanką, 31 – skały zsylikowane, 32 – skały ilaste

w skale, od którego zależy intensywność promieniowania gamma, będzie taka sama jak w marglu. Fakt, że γ występuje nie w formie rozproszonej, lecz w większych, makroskopowo zauważalnych skupieniach może być na wykresach profilowania niedostrzegalny. Tego rodzaju zjawiska mogą być przyczyną rozbieżności profilu litologicznego zestawionego wyłącznie na podstawie badań geofizycznych i wykonanego na podstawie próbek pobranych z otworu.

Interpretacja profilu otworu opiera się zwykle na wynikach zespołu metod (rys. 3.17A). Jeśli znane są zależności, jakie istnieją między rejestrowanymi właściwościami fizycznymi skał a ich składem mineralnym, niektórymi cechami litologicznymi (na przykład porowatością) oraz rodzajem płynów nasycających pory, możliwa jest zautomatyzowana, skomputeryzowana, interpretacja ilościowa udziału poszczególnych składników skał (rys. 3.17B) i na tej podstawie określenie ich cech litologicznych oraz interpretacja profilu przewiercanych warstw. Należy jednak pamiętać, że wynik takiej interpretacji jest jedynie geofizycznym modelem profilowanych warstw. Może on różnić się, niekiedy nawet znacznie, od rzeczywistego profilu. Przyczyną mogą być odmienne właściwości fizyczne profilowanych warstw w stosunku do przyjętych w modelu, bowiem podobną charakterystykę geofizyczną mogą mieć skały litologicznie różne (rys. 3.18).

Zawsze wskazana jest konfrontacja wyników interpretacji geofizycznej z wynikami obserwacji i badania rdzeni.

Profilowanie geofizyczne oprócz określenia cech petrograficznych przewiercanych skał umożliwia także określenie ich porowatości, przepuszczalności, rodzaju płynów wypełniających pory, a zatem szeregu ważnych informacji hydrogeologicznych. Jest też podstawowym narzędziem interpretacji w geologii naftowej.

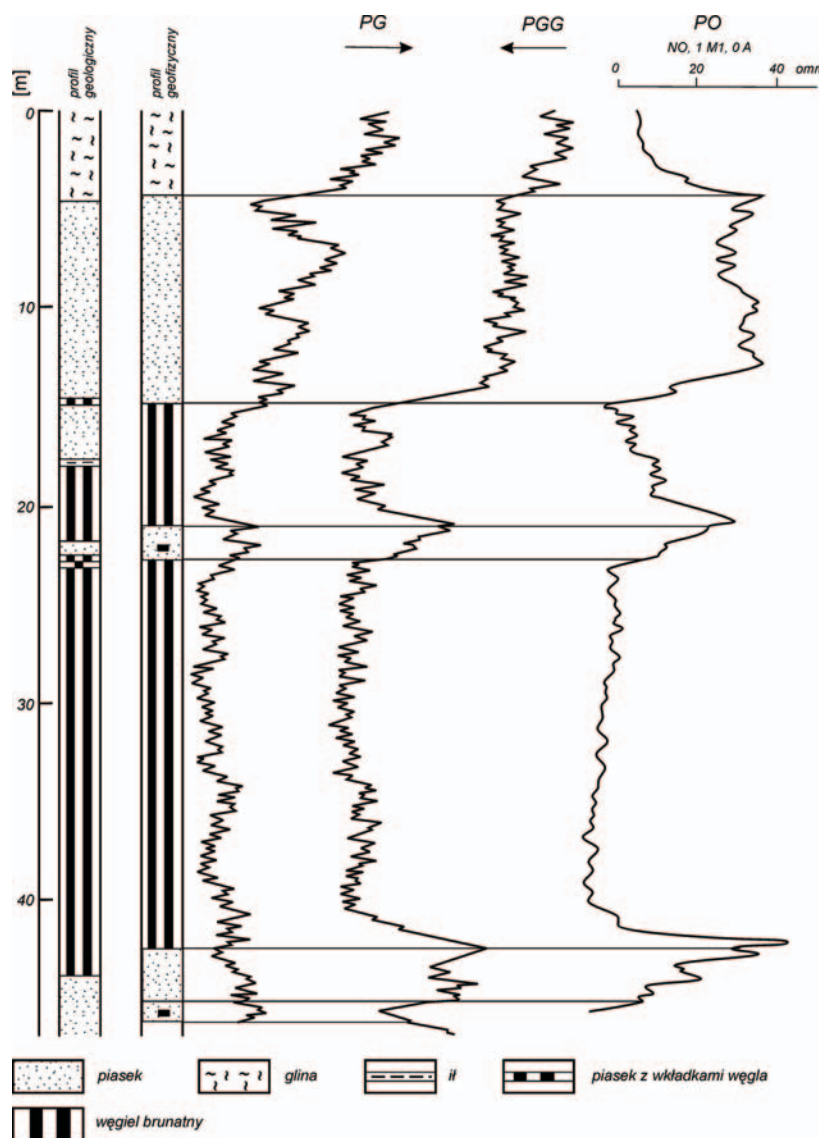
Kompleksowa interpretacja profilowania geofizycznego może być także wykorzystana w dokumentowaniu niektórych złóż kopalin stałych do określania zawartości składników użytecznych (np. siarki w złożach siarki rodzimej, miedzi w złożach rud Cu) lub szkodliwych w kopalinie np. popiołu w węglach (zob. część III).

W dokumentowaniu wstępnym i szczegółowym złóż kopalin stałych profilowanie geofizyczne otworów stosuje się jako wspomagające, gdyż zasadniczym źródłem informacji jest profilowanie bezpośrednie oparte na obserwacji rdzeni wiertniczych i ich opróbowaniu. Natomiast szersze zastosowanie ma w rozpoznawaniu eksploatacyjnym złóż, gdy konieczne jest szybkie uzyskanie danych o jakości kopaliny, którą można określić na podstawie danych z otworów wierconych przed czołem wyrobiska. Przykładowo, stosowane są w obsłudze geologicznej otworowych kopalń siarki w celu oznaczania jej zawartości w złożu w otworach eksploatacyjnych.

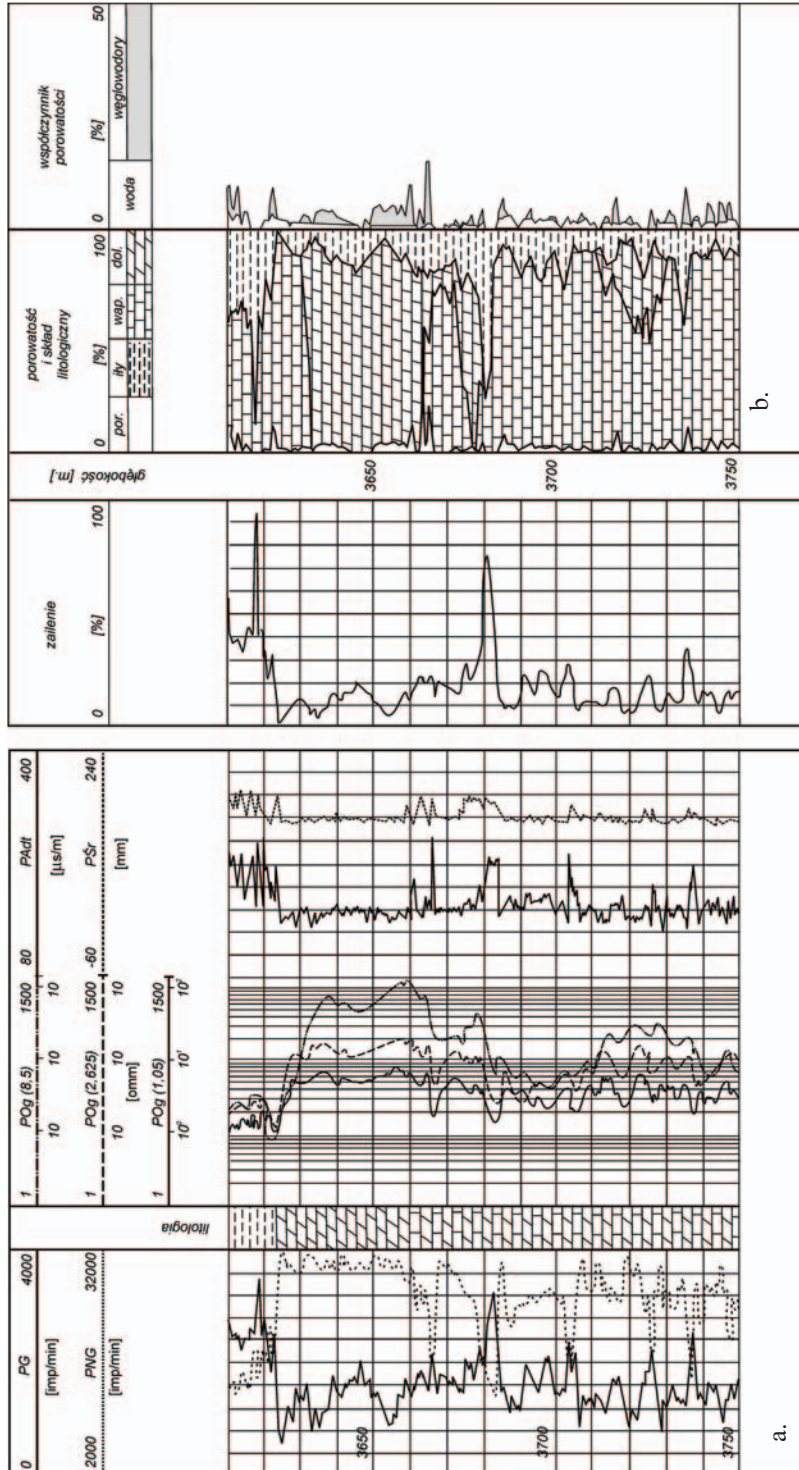
Ważną zaletą profilowania geofizycznego jest możliwość wyznaczenia granic przewiercanych utworów, gdyż profilowanie jest wykonywane w otworze w sposób ciągły. Jest to lokalizacja zwykle dokładniejsza niż uzyskana innymi metodami. Umożliwia ono także – przy zastosowaniu odpowiednich sond – ciągle określenie elementów ułożenia warstw w profilu. Służy temu profilowanie upadu warstw. Realizuje się je za pomocą pomiarów elektrycznej oporności warstw, co najmniej trzema sprzężonymi sondami zorientowanymi w otwo-

rze i dociskanymi do jego ściany (rys. 3.19). Korelacja wyników pomiarów uzyskanych z każdego ramienia sondy na różnych głębokościach pozwala na określenie rzeczywistej wielkości upadu warstw, a dzięki zorientowaniu sondy w stosunku do stron świata również kierunku zapadania.

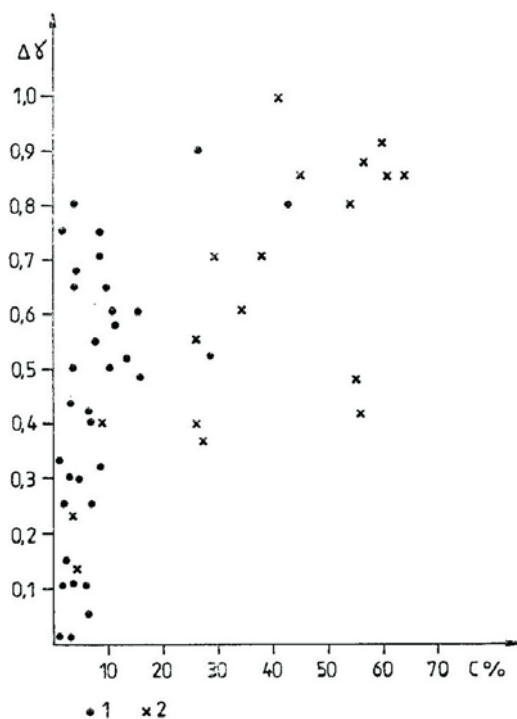
Wyniki pomiarów przedstawione na wykresie profilowania upadu (rys. 3.20) pozwalają na interpretację sposobu ułożenia warstw. Należy jednak zwrócić uwagę, że w pomiarach tych nie są rozróżniane powierzchnie uławienia, powierzchnie uskokowe oraz wewnętrzne



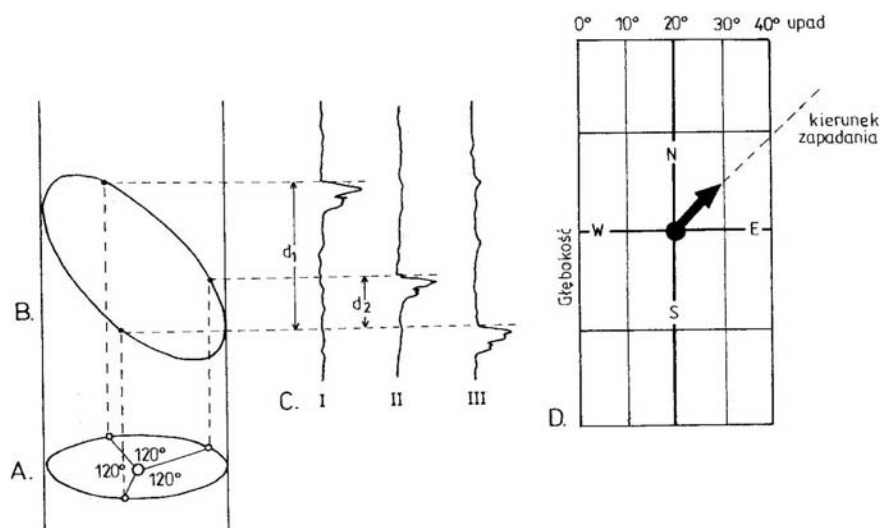
Rys. 3.17a. Interpretacja profilowania geofizycznego w złożu węgla brunatnego



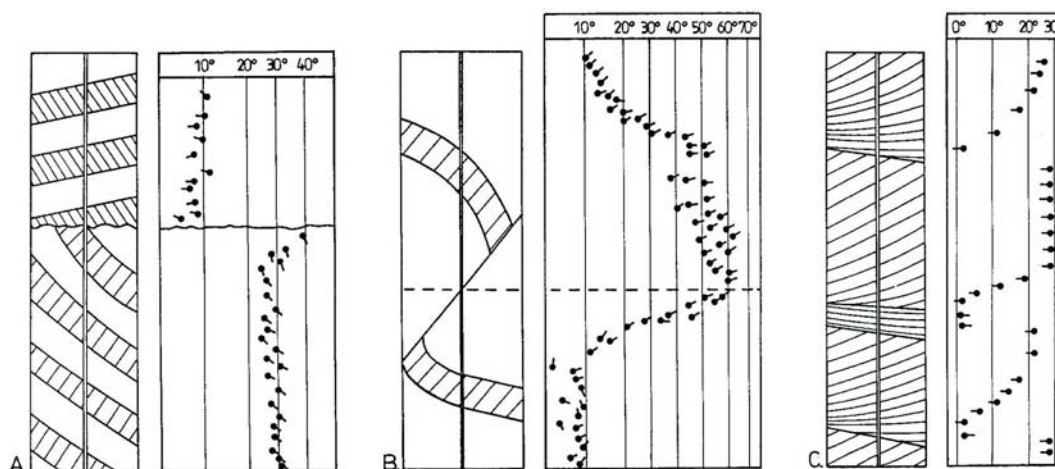
Rys. 3.17b. Kompleksowa interpretacja profilu litologicznego skał węglanowych na podstawie profilowania geofizycznego (J. Jarzyna i in. 1997)
 a – krzywe profilowania, b – wynik interpretacji składu mineralnego



Rys. 3.18. Zróżnicowanie naturalnej promieniotwórczości gamma skał ilastych i dolomitów marglistych.
Złoże siarki Mishraq
1 – dolomity i wapienie dolomityczne bitumiczne, 2 – iły, iły margliste, margle nie bitumiczne



Rys. 3.19. Określanie elementów ułożenia warstw na podstawie profilowania geofizycznego
A – układ elektrod w otworze, B – mierzona powierzchnia warstwowania, C – wykresy profilowania,
D – forma zapisu wyników pomiaru



Rys. 3.20. Przykłady profilowania upadu w różnych warunkach geologicznych

sedymenacyjne uwarstwienie poszczególnych ławic (np. uławicenie przekątne w piaskowcach). Rozróżnienie takie jest możliwe dopiero na podstawie analizy zmienności upadu rejestrowanej wzdłuż profilu (rys. 3.20). Niezmiernie pomocną jest tu znajomość ogólnych cech litologicznych profilowanych serii skalnych i ich ułożenia. Wyniki profilowania upadu powinny być zatem konfrontowane z obserwacjami rdzeni i pomiarami krzywizny otworu. Pomocną w interpretacji może być też prezentacja statystyczna wyników pomiarów na siatce stereograficznej Schmidta.

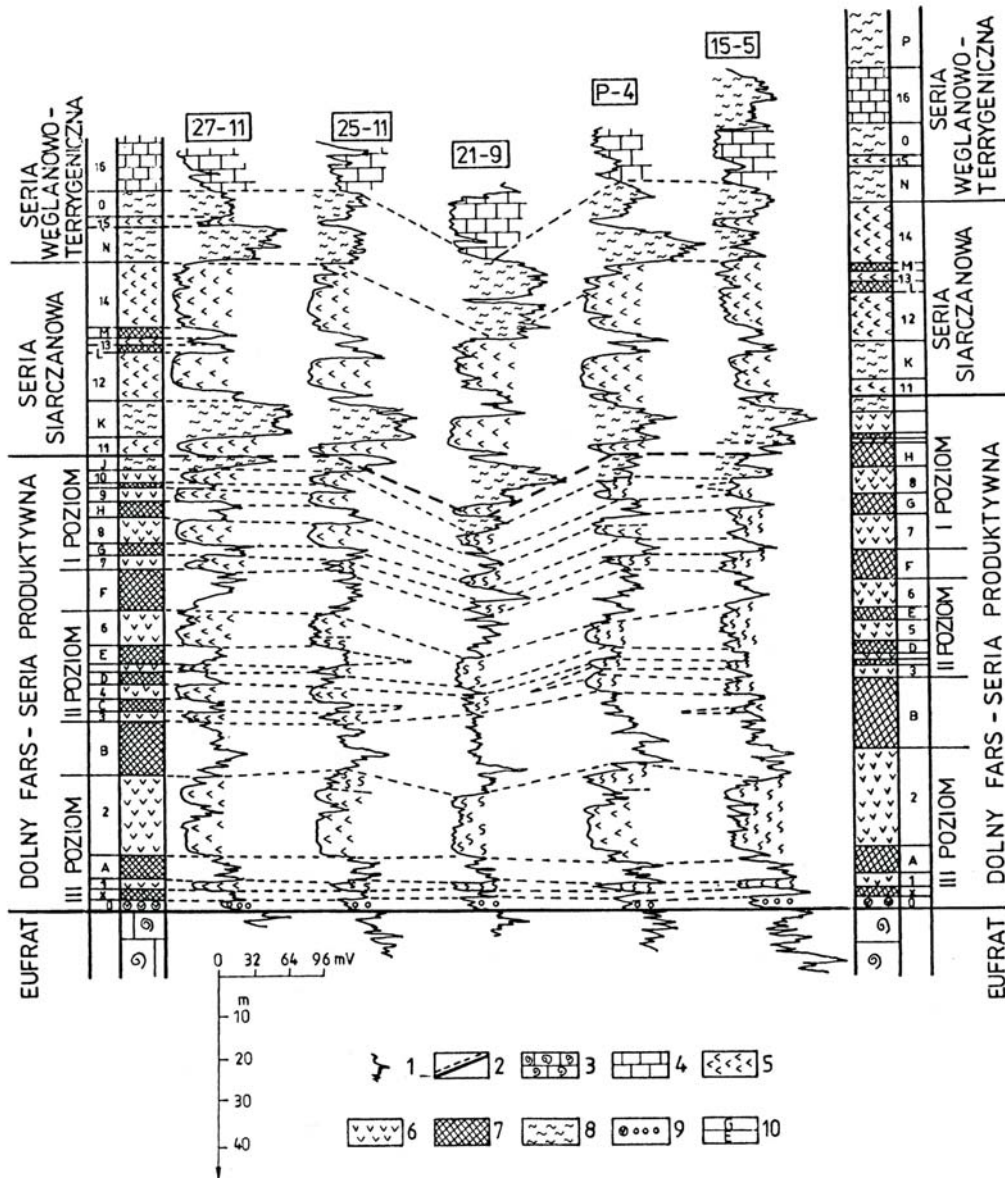
Śledzenie wykresów profilowania geofizycznego z kilku sąsiednich otworów pozwala na korelowanie poszczególnych warstw oraz na zorientowanie się w zmianach ich miąższości i właściwości, a na jej podstawie w ich ewentualnym zróżnicowaniu facjalnym (rys. 3.21).

3.2.5. Sporządzanie profili graficznych otworów

Szczegółowe opisy rdzeni lub próbek okruchowych sporządzone przez geologa profilującego składają się na profil opisowy otworu. Duża liczba i różnorodność zawartych w nim informacji sprawia, że zwykle nie jest on dostatecznie przejrzysty i trudne jest jego wykorzystanie przy zestawianiu map i przekrojów.

Na podstawie profilu opisowego opracowuje się profil graficzny, na którym zasadnicze informacje o wykształceniu litologicznym przewierczanych utworów podaje się za pomocą znaków umownych. Profile takie są z reguły zgeneralizowane. Profile przedstawia się w postaci kolumn szerokości 0,5–1 cm, w których odpowiednimi znakami graficznymi lub barwnymi znaczy się kolejno przewiercane utwory (rys. 3.22A, B); obok podaje się głębokość stropu i spągu oraz miąższość przewierczanych warstw.

Gdy uzysk rdzenia jest mały, poniżej 80%, interpretacja profilu może być ryzykowna i wówczas lepiej jest dla każdego marszu pokrywać odpowiednim znakiem przewierczanych

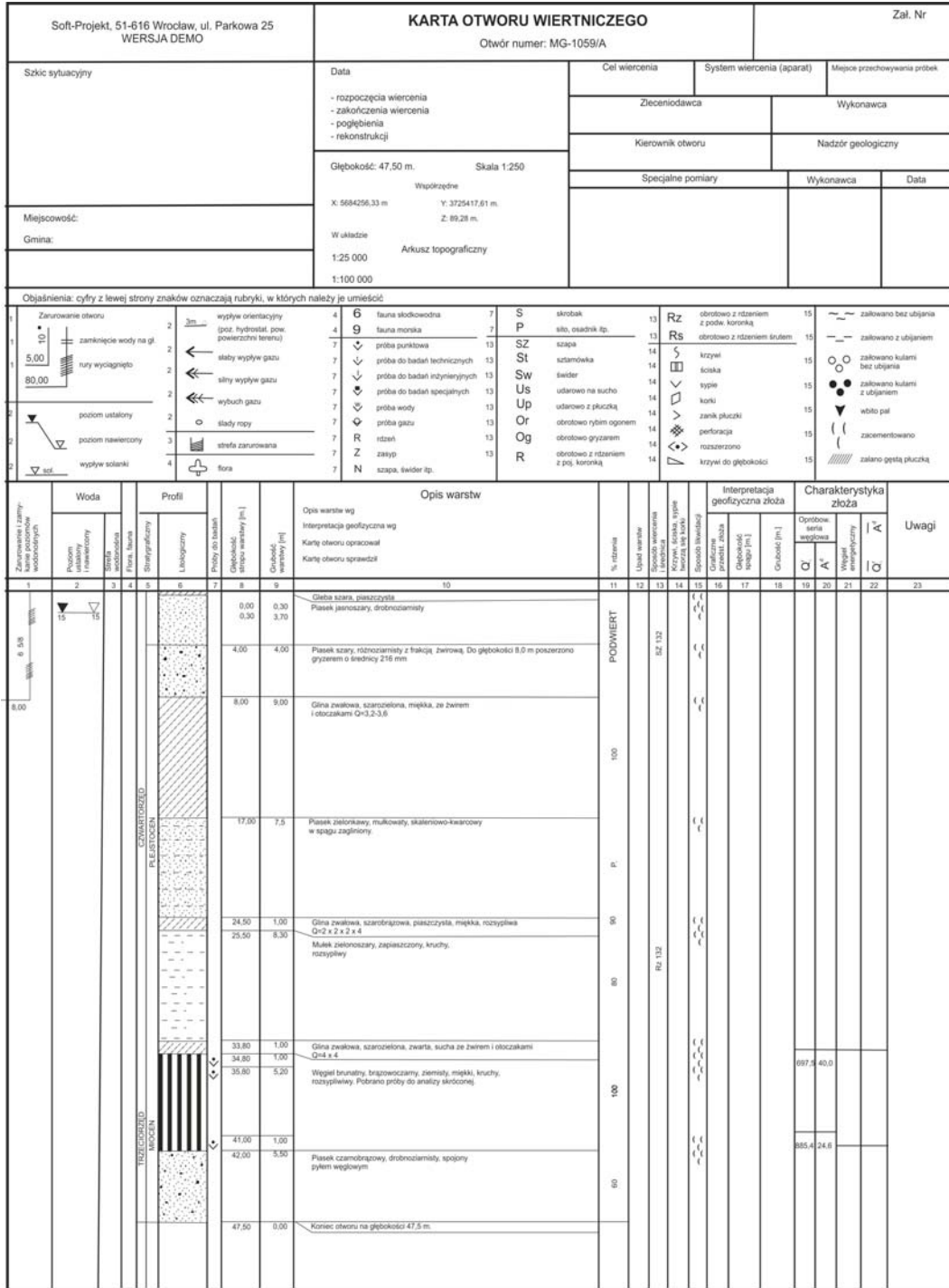


Rys. 3.21. Korelacja geofizyczna warstw. Złoże siarki Mishraq

- 1 – wykres profilowania naturalnej promieniotwórczości γ , 2 – spąg serii siarkonośnej i granice wydzielanych warstw, 3 – wapień organogeniczne, 4 – wapień pogipsowe płonne, 5, 6 – gipsy i anhydryty, 7 – dolomity, dolomity wapniste i margliste, 8 – iły, iły margliste, 8 – konkracje gipsu, 10 – symbole wyróżnionych warstw

utworów tylko część kolumny odpowiadającej rzeczywistej długości wydobytego rdenia. Jeśli dysponujemy chronometrażem lub wynikami profilowania geofizycznego, granice poszczególnych utworów wyznacza się na podstawie zarejestrowanych zmian właściwości

METODYKA DOKUMENTOWANIA ŻŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH



Rys. 3.22a. Przykład profilu graficznego otworu (karty otworu). Żłóżko węgla brunatnego

3. Dokumentacja geologiczna otworów wiertniczych

Nazwa i numer otworu: Świeradów_Test			Zal. nr 12/45																		
Pieczęć zakładu Międzylesie Świeradów-Zdrój Gmina Rolnicza Mała województwo jeleniogórskie		Wskazywanie: v5712560.1 v3840500.4 Płaszczyzna: 1121 122 8m Głębiokość otworu: 12,0m skala 1:100 Data wiercenia: 12-12-97		Wykonawca: Soft-Projekt Wrocław Zleceniodawca: Urząd Gminy Jedrychów Badania laboratoryjne wykonano: Laboratorium Zakładu Usług Geologicznych																	
System wiercenia: ręczny obrótowy Kierownik grupy wiertniczej: M. Kowalski Nazwisko geologiczny: S. Jedrychowski Kartę otworu opracował: Z. Wiśniewski		System wiercenia: ręczny obrótowy Kierownik grupy wiertniczej: M. Kowalski Nazwisko geologiczny: S. Jedrychowski Kartę otworu opracował: Z. Wiśniewski			System wiercenia: ręczny obrótowy Kierownik grupy wiertniczej: M. Kowalski Nazwisko geologiczny: S. Jedrychowski Kartę otworu opracował: Z. Wiśniewski																
PROFIL GEOLOGICZNY			BADANIA WSKAZNIK			BADANIA LABORATORYJNE - PEŁNE															
Sposób wiercenia	Średnica rur	Profil litologiczny głębokość [m]	Miej- szość warstwy [m]	Opis litologiczny wg Kowalskiego	Wydzielony kompleks	Straty- grafia	ilość ziaren [%]		Skład granulometryczny [%]							Głębokość pokranej próby [m]	Sposób likwidacji otworu				
							poniżej 2 mm	powyżej 53 mm	powyżej 2 mm	2-4 mm	4-8 mm	8-18 mm	16-31,5 mm	31,5-63 mm	63 mm			14	15	16	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		1,2	0,6	Gleba szaro-biała, piaszczysta	N-2,8																
		2,1	1,5	Piaszek pylisty, ciemnoszary, różnoziarnisty																	
		2,8	0,7	Mulek ciemnoszary																	
		3,5	3,5	Piaszek szary, gruboziarnisty z małą domieszką żwiru	P-3,5																
		6,3				Q															
		4,5	4,5	Piaszek ze żwirami, szary, gruboziarnisty	K-4,6																
		10,8																			
		12,0	1,2	Gлина звалова szara																	
		12,0		Koniec otworu																	

Kartę otworu wykonano programem Geostar. Zgodnie z PN-65/99

Rys. 3.22b. Przykład profilu graficznego otworu (karty otworu). Złoże kruszywa naturalnego

fizycznych skał. W przypadkach wątpliwych wykorzystuje się też niekiedy próbki pobrane próbnikiem bocznym.

Profil graficzny uzupełnia się przeważnie krótkim opisem, podającym zasadnicze i charakterystyczne cechy przewierczanych utworów (barwa, uziarnienie, zwięzłość itp.). Powinny to być informacje, które nie są przedstawiane graficznie. Wprowadza się również dodatkowe kolumny, w których przedstawia się za pomocą umownych znaków ważniejsze cechy litologiczne przewierczanych skał, ich teksturę itp. W osobnych kolumnach podaje się wartości kątów upadu i stratygrafię. Brak informacji o nachyleniu warstw lub kontaktów różnych utworów jest bardzo częstym błędem profili otworów. W osobnej kolumnie przedstawia się uzysk rdzenia, najlepiej obok profilu, w sposób graficzny przez zakreskowanie części powierzchni kolumny odpowiadającej procentowi uzysku rdzenia. Obok wpisuje się wielkość uzysku cyfrą i symbol oznaczający formę wydobytego rdzenia (np. A – rdzeń w całości, B – w okruchach kilkunastocentymetrowych, C – w okruchach do kilku centymetrów, Z – zasyp itp.). W osobnych kolumnach można przedstawić graficznie wyniki badań próbek (np. analiz chemicznych) i odcinki złożowe z podaniem ich miąższości (zob. rys. 3.15). Profil uzupełnia się danymi o zarurowaniu otworu, obserwacjami nawierconych poziomów wodonośnych, danymi o zjawiskach zachodzących w otworze (zaciskanie, krzywienie itp.), o sposobie likwidacji otworu i inne.

Całość profilu zestawia się w odpowiednio dobranej skali (1 : 50, 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000) w specjalnych formularzach, których przykłady przedstawiono na rysunku 3.22. W ich nagłówku podaje się obok nazwy i numeru otworu również dane o jego lokalizacji (współrzędne x, y i z), podstawowe dane techniczne wiercenia, dane o wykonanych w nim badaniach specjalnych oraz nazwiska osób odpowiedzialnych za wykonanie otworu i jego profilowanie.

W komercyjnych oprogramowaniach komputerowego opracowania danych geologicznych istnieje możliwość graficznego przedstawiania profili otworów na podstawie wyników profilowania bezpośredniego, zarchiwizowanych w bazie danych.

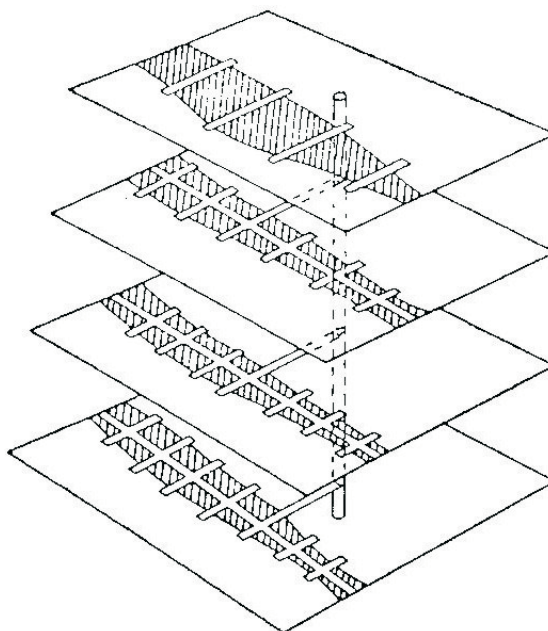


KARTOWANIE GEOLOGICZNE PODZIEMNYCH WYROBISK GÓRNICZYCH

4.1. Dokumentowanie geologiczne podziemnych wyrobisk górniczych

Ważnym źródłem informacji o złożu i otaczającym górotworze są obserwacje wykonywane pod ziemią w wyrobiskach górniczych, szybikach, szybach, sztolniach, chodnikach i wyrobiskach eksploatacyjnych. W przypadku dokumentowania złóż eksploatowanych są one podstawowym źródłem informacji o złożu i jego otoczeniu.

W wyrobiskach górniczych możliwe jest wykonywanie obserwacji na powierzchniach ścian otaczających wyrobisko; obserwacji dokonuje się zwykle na kilku ścianach. Dzięki temu można się zorientować w przestrzennym ułożeniu utworów. Ponadto odsłonięcia podziemne umożliwiają śledzenie serii utworów w sposób ciągły, bez luk obserwacyjnych. Trzeba jednak zaznaczyć, że wyrobiska odsłaniają stosunkowo małe powierzchnie, a zatem dają pogląd tylko na budowę małych fragmentów badanego złoża i jego otoczenia. Ze względu na szczegółowość obserwacji i niewielki zasięg kartowanie geologiczne wyrobisk górniczych wykonuje się w dużych skalach. Kartowanie geologiczne wyrobisk kopalnianych wykonanych na różnych głębokościach stwarza możliwość sporządzania map geologicznych wgłębnych. Mapy takie sporządzane na podstawie kartowania podziemnego różnią się zasadniczo od map powierzchniowych. Geologiczne mapy powierzchniowe przedstawiają rozmieszczenie utworów na urozmaiconej powierzchni Ziemi są więc intersekcją powierzchni ograniczających wydzielone utwory z niepłaską powierzchnią Ziemi. Geologiczne mapy podziemne przedstawiają rozmieszczenie utworów na płaszczyznach poziomych, wyjątkowo na płaszczyźnie pochylej. Są to więc przekroje poziome (lub pochyle) poprowadzone przez złoża na określonych głębokościach, zazwyczaj tam, gdzie mamy główne i liczne wyrobiska, czyli na poziomach kopalnianych (rys. 4.1). Dla tego samego obszaru może być zatem wiele map podziemnych na różnych poziomach. Niezbędnym uzupełnieniem takich map są przekroje pionowe, dające pogląd na budowę złoża pomiędzy poziomami.



Rys. 4.1. Górnicze mapy geologiczne zestawione dla wielu poziomów

4.2. Warunki kartowania wyrobisk górniczych

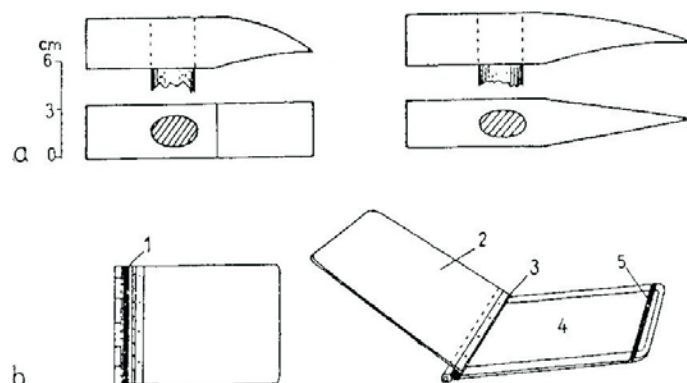
Kartowanie podziemnych wyrobisk górniczych jest prowadzone w znacznie gorszych warunkach niż na powierzchni, przede wszystkim z powodu:

- sztucznego oświetlenia, słabszego niż naturalne, o małym zasięgu, utrudniającym rozpoznanie skał,
- atmosfery kopalnianej wpływającej ujemnie na samopoczucie fizyczne i psychiczne geologa, co odbija się na jego pracy,
- stopniowego obudowywania ścian wyrobiska,
- wycieków wody utrudniających notowanie i szkicowanie,
- pracy w sąsiedztwie urządzeń mechanicznych w ruchu (taśmociągi, ładowarki itp.) wymagających zachowania dużej ostrożności w poruszaniu się i ograniczających jego swobodę.

Ubranie kartującego powinno być dostosowane do pracy w kopalni, a w kopalniach mokrych ponadto nieprzemakalne. Zawsze obowiązuje ochronny hełm na głowę.

Podstawowe wyposażenie geologa kartującego:

- 1) mapa wyrobisk górniczych naklejona na kartonie w odcinkach znormalizowanych, najlepiej A-5,
- 2) papier kratkowany formatu A-4 do profilowania z drukiem odpornym na wilgoć, w aluminiowej lub twardej plastikowej okładce (rys. 4.2),
- 3) notatnik kratkowany z papieru odpornego na wilgoć w twardej oprawie (najlepiej plastikowej),



Rys. 4.2. Kształt młotków geologicznych (a) i okładka do szkicownika (b)
1 – guma zaciskająca, 2 – okładka, 3 – zawiąski, 4 – arkusz papieru A-4, 5 – guma przytrzymująca

- 4) ołówki B, HB i H, nożyk do temperowania, papier szklany do ostrzenia ołówka i miękka gumka,
- 5) taśma parczana 20- lub 25-metrowa, miarka stalowa lub drewniana (składana) 1- lub 2-metrowa,
- 6) kompas lub inne urządzenie służące do pomiaru elementów zalegania,
- 7) lupa powiększająca 8–12 razy,
- 8) miarka 20-centymetrowa z podziałem milimetrycznym,
- 9) młotek z końcem motyczkowym, jeśli kartuje się w skałach słabo zwięzłych, uwarstwionych, lub młotek kilofkowy, jeśli pracuje się w skałach zwięzłych (rys. 30a),
- 10) torba geologiczna formatu A-4 z klapą dobrze osłaniającą wewnątrz, z góry i z boków przed dostawaniem się do niej wody,
- 11) lampa z możliwie jasnym światłem lub reflektorem,
- 12) kwas solny lub inne charakterystyczne odczynniki.

Wyposażenie uzupełniające:

- 1) kredki i ołówek chemiczny,
- 2) kreda biała,
- 3) haki lub gwoździe do zawieszania taśmy,
- 4) dłuta do odspajania okazów i próbek punktowych,
- 5) papier i woreczki płócienne do pakowania próbek oraz kartki do ich opisu.

Jedną z największych trudności przy pracy geologicznej pod ziemią jest ochrona wykonywanych szkiców i notatek przed wodą kapiącą ze stropu. Konieczne są zatem: dobry papier, jak najlepsza jego osłona i taka organizacja pracy, by szkicowanie szło jak najsprawniej. Papier używany do profilowania powinien być niewsiąkliwy, niepęczniejący, niezalewający, odporny na wymazywanie gumką. Kratka powinna być o gęstości co najmniej 5 mm, z grubszymi liniami co 2 cm. Arkusz powinien być znormalizowany (A-4), zaopatrzone w nadruk nazwy zakładu pracy. W trakcie pracy arkusz napina się wewnątrz okładki na dolnej płytce przez uchwycenie przy nagłówku zamkiem sprężynowym lub opaską gumową. Wierzchnia płyta okładki ustawiona ukośnie pełni rolę osłaniającego daszka. Papier map górniczych używany przy kartowaniu bezpośrednim musi być również odpowiednio trwały i niewrażliwy na wodę.

Do pomiarów kierunków stosuje się **kompas zaopatrzony w lusterko i klinometr**, a do pomiaru elementów ułożenia płaszczyzn (uwarstwienia, ciosu) – kompas zaopatrzony w płytkę odchylaną do poziomu wokół bębna wyskalowanego w wartościach kąta nachylenia. Kompas powinien pracować bezbłędnie. W sąsiedztwie przedmiotów stalowych, gdzie pomiar kompasem jest niemożliwy, stosuje się specjalne **orientowniki** (omówione w rozdz. 4.4.6).

W kopalniach surowców o specyficznych właściwościach fizycznych konieczne jest ponadto wyposażenie specjalne, np. **lampa luminescencyjna**, **radiometr** lub **magnes kieszonkowy**, umożliwiające szybkie odróżnienie rudy od skał otaczających.

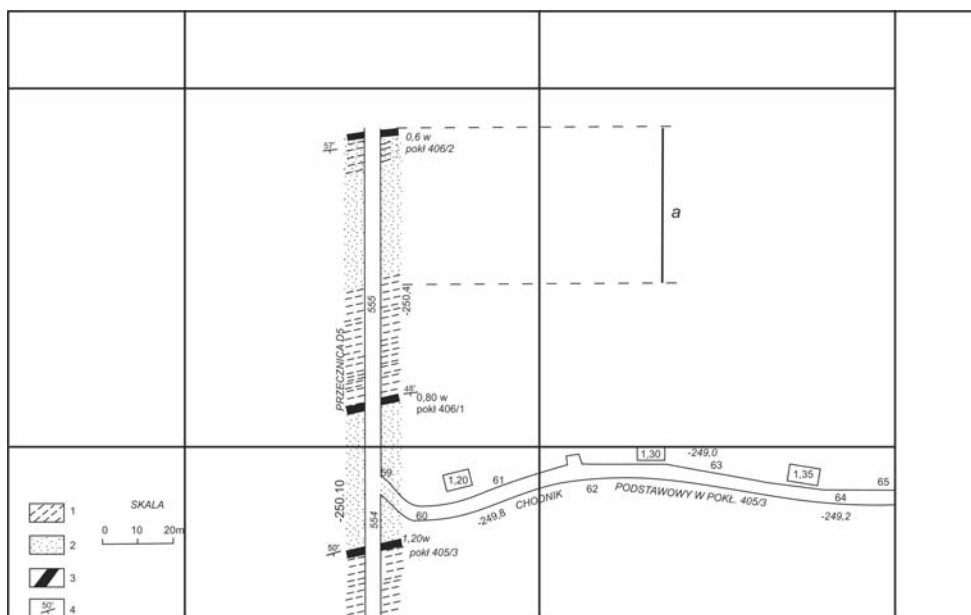
Przy wykonywaniu prac pod ziemią bezwzględnie obowiązuje przestrzeganie górniczych przepisów bhp.

4.3. Podkłady mapowe do kartowania złóż eksploatowanych

Podkłady miernicze dla górniczych map geologicznych stanowią mapy wyrobisk górniczych, wykonywane jako podstawowe w skalach 1:2 000 i 1:1 000, a w skomplikowanych złóżach także 1:500 lub jako przeglądowe w skalach mniejszych 1:5 000 i 1:10 000.

Ze względu na treść wyróżnia się mapy poziome i pokładowe.

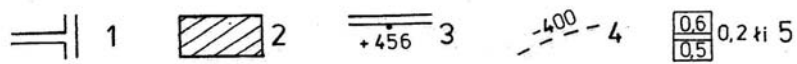
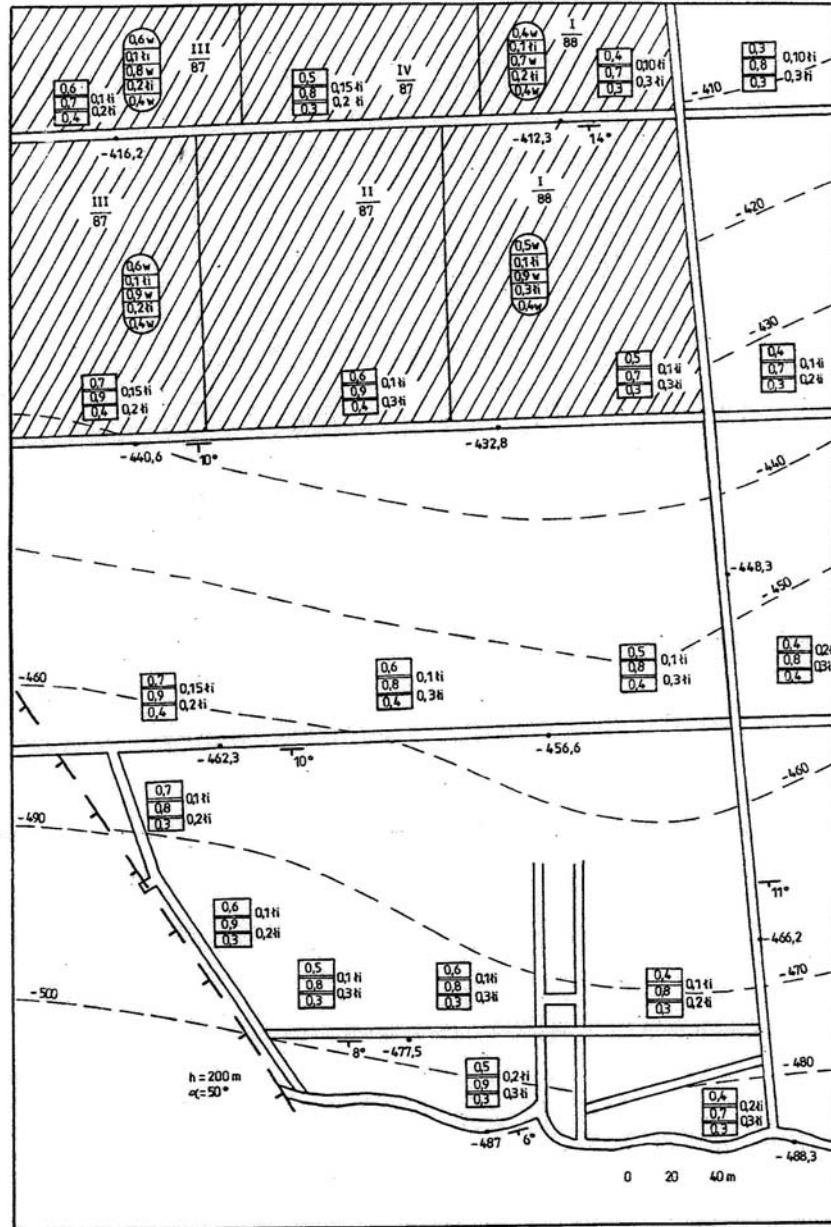
Mapy poziome przedstawiają przede wszystkim wyrobiska wykonane w danym poziomie (rys. 4.3a). Zwykle są to mapy przeglądowe. Przedstawia się na nich także zarysy



Rys. 4.3a. Przykłady map górniczych złoża węgla kamiennego. Fragment mapy poziomej (S. Dużniak i W. Gabzdyl, 1991)

1 – iłowce, 2 – piaskowce, 3 – węgiel, 4 – elementy ułożenia warstw

4. Kartowanie geologiczne podziemnych wyrobisk górniczych

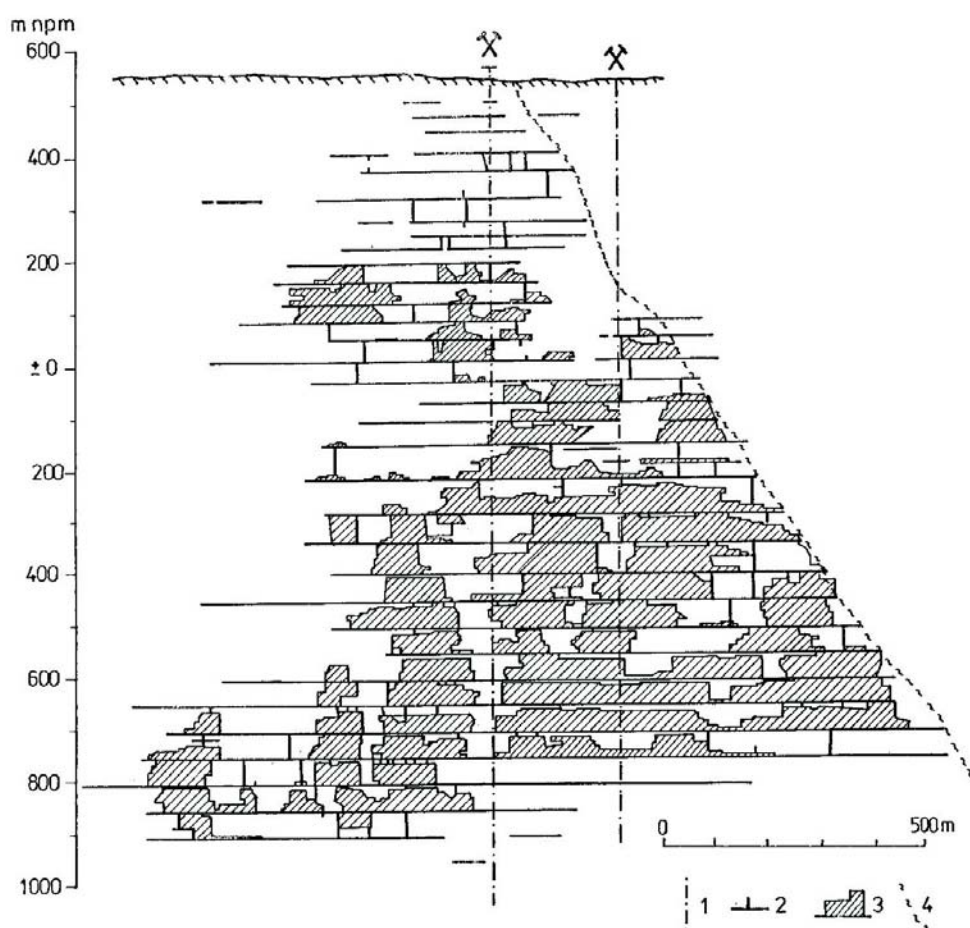


Rys. 4.3b. Przykłady map górniczych złoża węgla kamiennego. Fragment mapy pokładowej (S. Duźniak i W. Gabzdyl, 1991)

- 1 – wyrobiska przygotowawcze i udostępniające, 2 – pokład wyeksploatowany, 3 – rzędna spągu pokładu, 4 – miąższość węgla (w) i przerostów (h), 4 – izartytm spągu pokładu, 6 – uskók

filarów ochronnych i granicznych, zarysy części wyeksploatowanych z datami wybrania oraz – nawet jeśli nie jest to mapa geologiczna – przebieg ważniejszych uskoków, a w złożach wielopokładowych (np. węgla kamiennego) także przebieg pokładów w danym poziomie. Wyrobiska chodnikowe na mapie przeglądowej są rysowane w pewnym powiększeniu, natomiast w przypadku wyrobisk obszerniejszych skala jest zachowana.

Na **mapach pokładowych** są przedstawione wyrobiska wykonane w danym pokładzie oraz ważniejsze wyrobiska udostępniające. Są to zwykle mapy podstawowe. Podane są na nich dokładne zarysy wyrobisk górniczych, poszczególne filary, wyrobiska eksploatacyjne z datami stanu przodków. Zaznaczone są na nich punkty poligonowe i wysokościowe. Ze szczegółów powierzchni podaje się tylko najważniejsze, np. ważne dla ochrony przed uszkodzeniami. Ponadto zawsze zaznacza się na nich przebieg uskoków, wychodni,



Rys. 4.4. Mapa rzutu pionowego wyrobisk górniczych. Złoże Przybram, żyła Matkobożska (J. Bambas 1990)

1 – szyby pionowe, 2 – wyrobiska poziome i pionowe międzypoziomowe,
3 – złoże wyeksploatowane, 4 – uskok

granic złoża, wymyć itp. oraz dane o miąższości złoża (rys. 4.3b). W złożach wielopokładowych lub żyłowych mapy pokładowe sporządza się osobno dla każdego pokładu lub żyły, a w złożach grubych wybieranych warstwami nawet dla każdej warstwy.

Mapy pokładowe złóż stromych (o upadzie ponad 50°) są nieczytelne, ponieważ wyrobiska pochyłe są na niej bardzo skrócone, a wyrobiska poziome wypadają bardzo blisko siebie. W takich przypadkach sporządzane są mapy pokładowe w rzucie na płaszczyznę pionową, to znaczy są to **mapy rzutu pionowego złoża**. Sporządza się je w szczególności dla stromo ułożonych złóż żyłowych (rys. 4.4).

Mapy pokładowe są wykorzystywane do sporządzania map strukturalnych, miąższości i jakości kopalin, na których zróżnicowanie odpowiednich cech złoża przedstawia się za pomocą izarytm (omówionych w rozdz. 7.4.2).

Mapy górnicze muszą być wykonane zgodnie z obowiązującymi normami (PN/G-09002 „Mapy górnicze”). Są one okresowo uzupełniane (aktualizowane) przez mierniczych górniczych. Mapy podstawowe aktualizowane są co miesiąc (obrazują stan na koniec miesiąca), mapy przeglądowe w zasadzie raz na kwartał lub raz na rok.

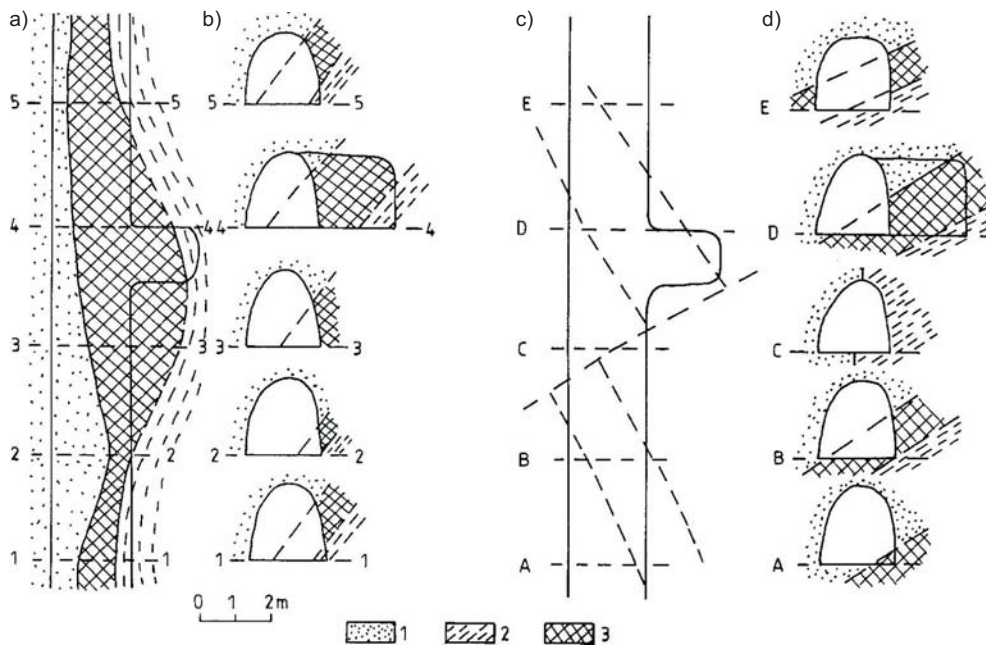
4.4. Metodyka kartowania podziemnych wyrobisk górniczych

4.4.1. Zasady ogólne

Kartowanie podziemnych wyrobisk górniczych może być bezpośrednie lub pośrednie. Kartowanie bezpośrednie polega na nanoszeniu obserwacji wprost na mapę górniczą. Ten sposób stosuje się przy mapach przeglądowych wówczas, gdy wydzieliła się większe jednostki lub gdy są one wyraźnie rozgraniczone.

Kartowanie pośrednie polega na wykonywaniu rysunku zjawisk geologicznych obserwowanych na ścianach wyrobisk w skalach większych niż mapa, np. 1:100, 1:200 i następnie skonstruowaniu na ich podstawie mapy. Kartowanie pośrednie prowadzi się w złożach o urozmaiconej, skomplikowanej budowie, z zasady równoległe z postępem wyrobisk. Na mapie wynikowej sporządzanej w mniejszej skali niż profile wyrobisk przedstawia się obraz uogólniony (zgeneralizowany). W razie potrzeby zawsze można wrócić do tych profili i uwzględnić na mapie te szczegóły, które wcześniej przy generalizacji zostały pominięte, a okazały się w przyszłości ważne.

Jako płaszczyznę zdjęcia, a zatem tę, na której przedstawia się rysunek mapy, wybiera się zwykle spąg wyrobiska, gdyż jest on najbardziej stałym elementem w przekroju wyrobiska górniczego. Pewnym utrudnieniem jest wówczas zanieczyszczenie gruzem z odstrzału i materiałem opadającym z ociosów dolnych części ściany wyrobiska. Przyjęcie płaszczyzny spągu wyrobiska za płaszczyznę zdjęcia powoduje, że obserwacje wykonane na stropie lub na ścianach wyrobiska musimy przenieść na płaszczyznę zdjęcia. Ekstrapolacja konturów w dół, aż do przecięcia się z płaszczyzną spągu, nie sprawia zwykle trudności (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Ekstrapolacja obserwacji z ociosu na spąg
a, c – mapa, b, d – przekroje przez wrobisko; 1 – piaskowce, 2 – łupki, 3 – złoże

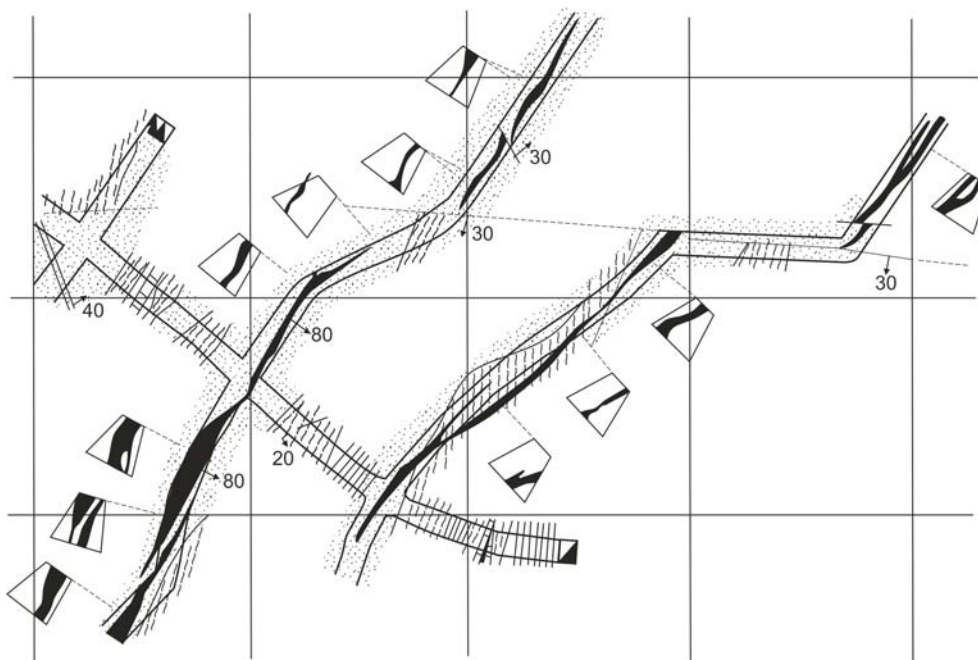
Niekiedy zaleca się wykonywanie mapy w płaszczyźnie na wysokości klatki piersiowej kartującego, ponieważ na tej wysokości wykonuje się pomiary. Sposób ten stosowany jest w kopalniach amerykańskich.

W złożach żyłowych, zwłaszcza cienkich, ściany boczne (ociosy) wrobisk często nie dostarczają informacji o budowie złoża. Uzyskuje się je przez kartowanie stropu. Płaszczyzną odniesienia jest wówczas płaszczyzna przebiegająca w stropie wrobiska. Uzupełnieniem mapy są okresowo wykonywane profile przodka, dające wraz z obrazem widocznym na stropie pełne wyobrażenie o budowie żyły (rys. 4.6).

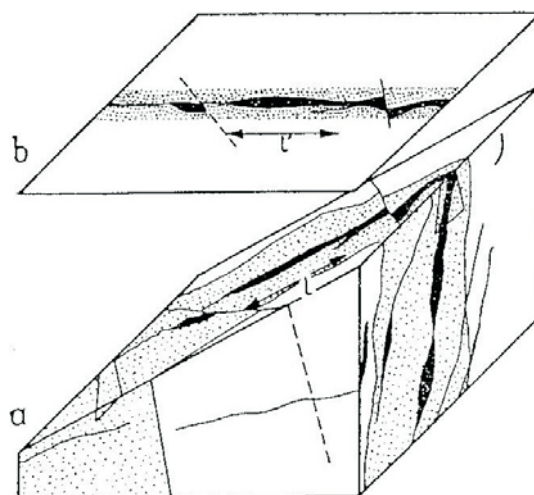
Bez względu na to, jaką wybierze się płaszczyznę mapy, należy pamiętać, że chodniki poziome mają niewielki upad w kierunku do szybu, a więc ściśle biorąc mapa poziomowa nie odpowiada płaszczyźnie poziomej. W przypadku kartowania wrobisk nachylonych ponad 10° w stosunku do wybranej płaszczyzny odniesienia obraz budowy geologicznej obserwowany w tych wrobiskach należy odrzutować na wybraną płaszczyznę odniesienia (rys. 4.7). Poszczególne odcinki ulegają wówczas skróceniu w myśl zależności:

$$l' = l \cos \varphi \quad (4.1)$$

gdzie: l' – długość rzutu,
 l – długość mierzonego odcinka w wrobisku,
 φ – kąt nachylenia wrobiska.



Rys. 4.6. Zdjęcie geologiczne złoża żyłowego, mapa stropu uzupełniona okresowo wykonywanymi profilami przodków (Z. Poubá 1959)



Rys. 4.7. Odrzutowanie obserwacji z wyrobisk nachylonych (a) na płaszczyznę poziomą mapy (b). Odcinek *l* ulega skróceniu (Z. Poubá 1959)

Na mapę geologiczną podziemną nanosi się:

- granice wydzielanych serii zgodnie z wymaganiami skali i charakteru złoże,
- bieg i nachylenie warstw,
- ważne szczegóły dyslokacyjne,
- w złożach rud strefy mineralizacji, jej intensywność, rodzaj, formę występowania (teksturę rudy).

Dodatkowo zaznacza się:

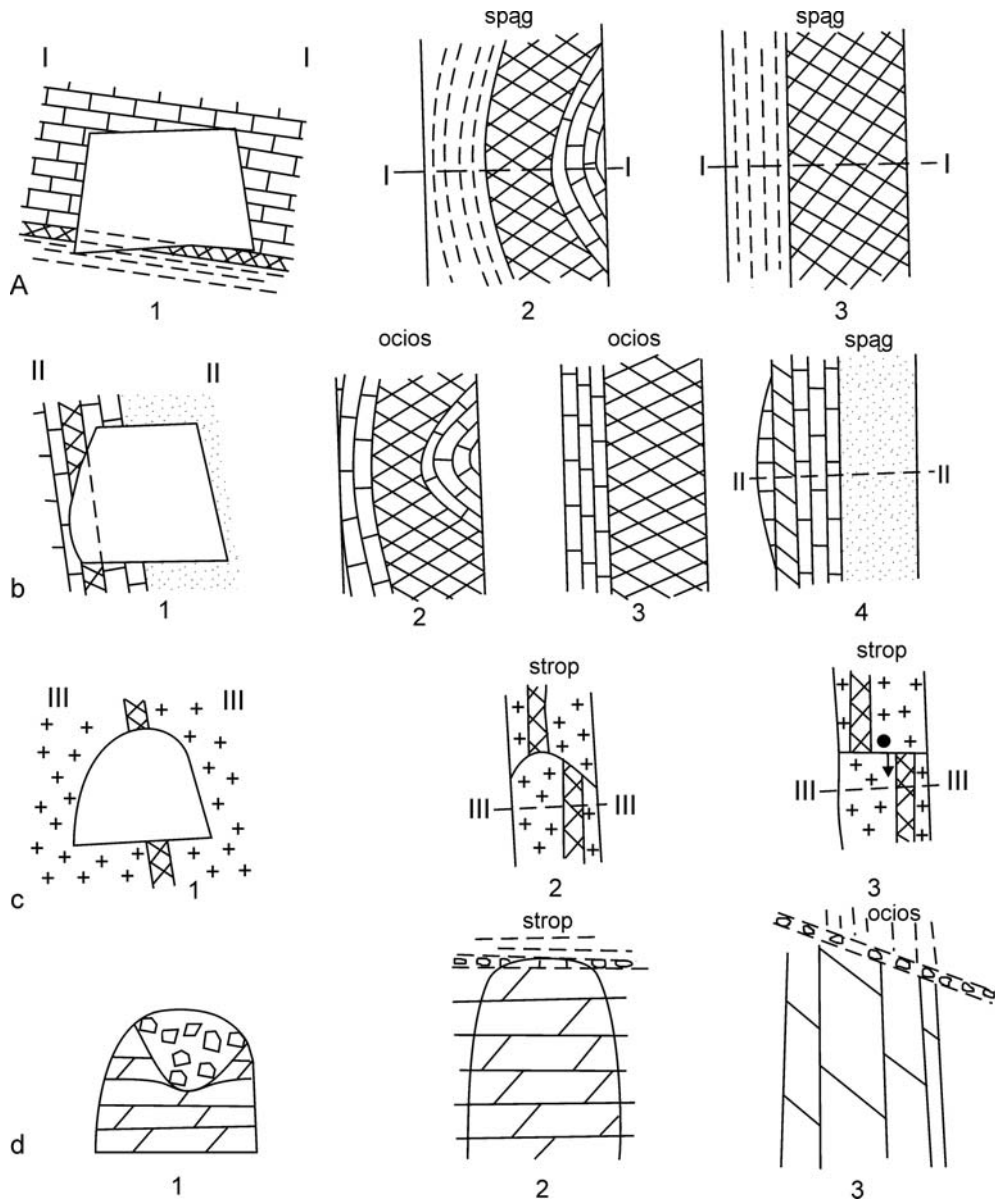
- wycieki wód, o ile nie wykonuje się odrębnego kartowania hydrogeologicznego,
- zjawiska geologiczno-inżynierskie niestateczności górotworu (obrywy, zawały, wyciskanie spągu itp.),
- przejawy gazowe,
- miejsca występowania znalezisk fauny i flory kopalnej.

Ponieważ na mapie nie można umieścić wszystkich informacji, przy ich wyborze należy kierować się następującymi zasadami:

- 1) zwraca się przede wszystkim uwagę na złoże i zjawiska bezpośrednio z nim związane, a później na inne,
- 2) w pierwszej kolejności przedstawia się zjawiska łatwiejsze do obserwowania i do opisu, a w ich tle umieszcza tylko nieodzowne fakty dalsze,
- 3) niektóre szczegóły podaje się za pomocą znaków umownych, a nie odwzorowuje (np. ławicowość), aby nie zaciemniać rysunku.

Pewne trudności występują przy interpretacji obserwacji wykonanych na ścianach wyrobisk przecinanych pod małym kątem przez powierzchnie graniczne wydzielonych serii. W intersekcji warstw płasko leżących nawet niewielkie zmiany położenia spągu powodują duże przesunięcia i dają obraz podrzędnych sfałdowań (rys. 4.8a). Podobnie przy stromo uławiconej serii intersekcja z nierówną płaszczyzną ociosu chodnika powoduje wrażenie zmian w biegu serii (rys. 4.8b). Należy zatem przestrzegać zasady, aby do intersekcji przy upadkach mniejszych niż 10° obserwacje brać z ociosów bocznych, a przy przekraczających 70° , jeśli to jest możliwe, ze stropu. Należy także pamiętać, że intersekcja płaszczyzn przecinających oś chodnika na wysklepionym stropie przedstawia się w postaci linii krzywych. Właściwy przebieg tych płaszczyzn interpretuje się wówczas na podstawie obserwacji wykonywanych na ociosach, a rysunek stropu wykreśla się w rzucie na płaszczyznę poziomą (rys. 4.8c). Podobnie w postaci linii krzywej będą się nam ukazywać granice warstw lub uskoki prostopadłe do osi chodnika, odsłonięte na nierównej powierzchni przodka (rys. 4.8d).

Ściany wyrobisk, zwłaszcza wilgotne, są zwykle pokryte pyłem lub zwietrzeliną i niewiele można na nich dojrzeć. Konieczne jest zawsze ich oczyszczenie przez obmycie strumieniem wody, odmuchanie sprężonym powietrzem lub oczyszczenie narzędziami górniczymi. Oczyszczenie może być całkowite, obejmujące całą powierzchnię ściany, lub częściowe, ograniczone do pasów szerokości przynajmniej dłoni, prostopadłych do uławicenia. Odstępy między pasami zależą od lokalnej tektoniki i powinny być tak dobrane, aby można było uchwycić wszystkie istotne granice. Przebieg konturów gorzej widocznych zaznacza się na ociosie kredą.



Rys. 4.8. Typowe błędy przy kartowaniu wyrobisk podziemnych

a – intersekcja słabo nachylonych warstw na nierównym spągu: 1 – przekrój chodnika, 2 – obraz obserwacji na nierównym spągu, 3 – intersekcja z płaszczyzną poziomą zdjęcia; b – intersekcja stromo nachylonych warstw na nierównym ociosie: 1 – przekrój chodnika, 2 – obraz obserwowany na ociosie niewyrównanym, 3 – obraz obserwowany na ociosie wyrównanym, 4 – obraz obserwowany na spągu; c – intersekcja uskoku na wysklepionym stropie: 1 – przekrój chodnika, 2 – obraz obserwowany na stropie, 3 – intersekcja z płaszczyzną zdjęcia; d – intersekcja płaszczyzny uskoku prostopadłej do wyrobiska z nierówną powierzchnią przodka: 1 – obraz obserwowany w przodku, 2 – intersekcja z płaszczyzną zdjęcia, 3 – obraz obserwowany na ociosie

Najlepiej jest prowadzić obserwacje na bieżąco w ślad za postępem wyrobiska, na świeżych ociosach, zwłaszcza po odstrzale. Jest to szczególnie wskazane w złożach rud, gdy chodzi nam o zaobserwowanie rozmieszczenia i form mineralizacji. Ocios zabrudzony, pokryty pyłem, na ogół nie daje się odczyścić w takim stopniu, by obserwacje można było wykonać na dłuższych odcinkach.

Z odmienną sytuacją spotykamy się w złożach solnych, w których skały świeżo odsłonięte często nie są wyraźnie widoczne. Dopiero późniejsze działanie powietrza kopalnianego, zwłaszcza wilgotnego, preparuje warstwy z wielką wyrazistością.

4.4.2. Kartowanie bezpośrednie wyrobisk górniczych

Wiele informacji o budowie złoża i jego tektonice można uzyskać już z mapy górniczej. Chodniki prowadzone po biegu złoża odtwarzają w sposób stosunkowo wierny zmiany jego rozciągłości spowodowane czy to zafałdowaniem, czy to zuskokowaniem. Położenie granic złoża, np. zakrytej wychodni, można niekiedy odtworzyć przez prześledzenie zasięgu eksploatacji i sposobu prowadzenia wyrobisk przygotowawczych. W złożach rud kształt wyeksploatowanej przestrzeni często dość dobrze odwzorowuje rzeczywisty kształt poszczególnych ciał rudnych. Obserwuje się to szczególnie na starszych mapach kopalnianych. Mogą być one cenne w przypadku złóż już nie eksploatowanych, w których nie były prowadzone systematyczne obserwacje geologiczne.

Właściwe kartowanie prowadzi się przede wszystkim w wyrobiskach przecinających złoże w poprzek jego biegu. Chodniki prowadzone po biegu złoża, zwłaszcza w złożach grubych, wnoszą na ogół mniej danych, podobnie jak i wyrobiska eksploatacyjne. W złożach cienkich, np. żyłowych, chodniki po biegu są natomiast bardzo istotnym źródłem informacji o budowie żyły, obejmują bowiem często również jej otoczenie. Wyrobiska obudowane nie mają znaczenia dla kartowania.

Przed podjęciem kartowania, po przeprowadzeniu analizy map kopalnianych, należy dokonać obchodu wyrobisk w celu oceny ich dostępności, zorientowania się w stanie odsłonięcia ścian oraz w charakterze odsłoniętych utworów, sposobie ich ułożenia, zaburzeniach tektonicznych. Zasadnicze kartowanie polega na systematycznym nanoszeniu na mapę obserwacji wykonywanych w kolejnych wyrobiskach górniczych. Położenie granic wyróżnianych utworów i rejestrowanych zjawisk określa się zawsze za pomocą taśmy, dowiązując je do punktów utrwalonych w wyrobisku przez mierniczego lub do charakterystycznych punktów zaznaczonych na mapie (np. skrzyżowanie chodników). W miarę potrzeby za pomocą gwoźdźcia lub haka wbijanego w obudowę stabilizuje się doraźnie punkty pośrednie (służą one zarazem do zaczepienia taśmy).

Zlokalizowane obserwacje nanosi się bezpośrednio na mapę, której wycinek powinien być wpięty w okładkę szkicownika. Sygnaturę utworów daje się w polu chodnika lub jego bokach. Znakowanie powinno być zgodne z normami. Lepiej przy tym używać oznaczeń czarnych, a kolorami zaznaczać tylko najważniejsze utwory w złożu, jak np. mineralizację i jej zróżnicowanie. Obserwacje, których nie można ująć bezpośrednio na mapie, trzeba

opisać w dzienniku według normalnych zasad zdjęcia geologicznego i kolejno ponumerować. Numery należy podać na mapie obok punktu oznaczającego miejsce, którego dotyczy. W miarę potrzeby opis uzupełnia się specjalnym szkicem fragmentów ociosów lub mapką wykonaną dla ważnych odcinków odręcznie w większej skali.

4.4.3. Kartowanie pośrednie wyrobisk górniczych – profilowanie wyrobisk

Profilowanie wyrobisk polega na wykonaniu szczegółowego rysunku ich ścian (ociosów) w dużej skali. Wykonuje się je w skalach: 1 : 250, 1 : 200, 1 : 100, 1 : 50. Innych skal nie należy stosować. Wybór skali zależy od wymaganej dokładności. Zazwyczaj całość chodników profiluje się w skalach 1 : 200 lub 1 : 100, a tylko fragmenty są przedstawiane na rysunkach szczegółowych w skali 1 : 50 lub większych, 1 : 20, 1 : 10. Duża skala w jakiej wykonuje się profile zmusza do możliwie dokładnego wykonania rysunku obserwowanych zjawisk.

W celu szybkiej lokalizacji zdejmowanego obiektu rozpina się wzdłuż ociosu taśmę równoległą do spągu. Stanowi ona jakby oś odciętych. Rzędne wskazanych na ścianie punktów domierza się 2-metrową taśmą metalową lub składaną miarką. Przy wyrobiskach poziomych lub pochyłych za podstawę domiaru uważa się spąg, w szybach o przekroju prostokątnym – krawędzie ścian, a w szybach o przekroju okrągłym – wyznaczone z góry kierunki N-S lub W-E.

Kartowanie pośrednie wyrobisk w czynnej kopalni odbywa się na bieżąco przez uzupełnianie danych w miarę posuwania się wyrobiska. Ściany są wówczas świeże, co umożliwia powiązanie fragmentów budowy geologicznej widocznych na różnych ścianach. Jest to szczególnie ważne w przypadku kartowania żył lub warstw o stromym upadzie w chodnikach prowadzonych po biegu. W takich przypadkach obserwacje wykonane na stropie nie zawsze wystarczają do zrozumienia występujących zjawisk geologicznych.

Przed przystąpieniem do profilowania należy:

- 1) zidentyfikować profilowane wyrobisko na mapie; jest to niezbędne w celu określenia położenia na mapie dla uniknięcia pomyłki, zwłaszcza przy robotach eksploatacyjnych,
- 2) oczyścić ociosy,
- 3) wyszukać stały punkt mierniczy, do którego przez pomiar taśmą nawiązuje się początek profilowanego odcinka.

Następnie należy przeprowadzić ogólny przegląd występujących na profilowanym odcinku utworów i zjawisk geologicznych i wydzielić na ociosach wyrobiska zasadnicze elementy, które mają być przedstawione, a jeśli nie są one wyraźnie widoczne, obwodzi się je kredą. Elementami takimi są grubsze kompleksy skał, ważniejsze linie tektoniczne. Dopiero po ich naniesieniu na rysunek przystępuje się do wrysowania drugorzędnych elementów, obrazujących budowę wewnętrzną poszczególnych kompleksów.

Przy profilowaniu należy przestrzegać tych samych zasad, jakie podano już przy omawianiu ogólnych zasad zdjęcia podziemnego. Należy zwracać szczególnie uwagę na moż-

liwą błędną interpretację przebiegu granic geologicznych, spowodowaną ich intersekcją z nierówną powierzchnią ociosu (rys. 4.8). Przy rysowaniu profilu należy ponadto kierować się następującymi wytycznymi:

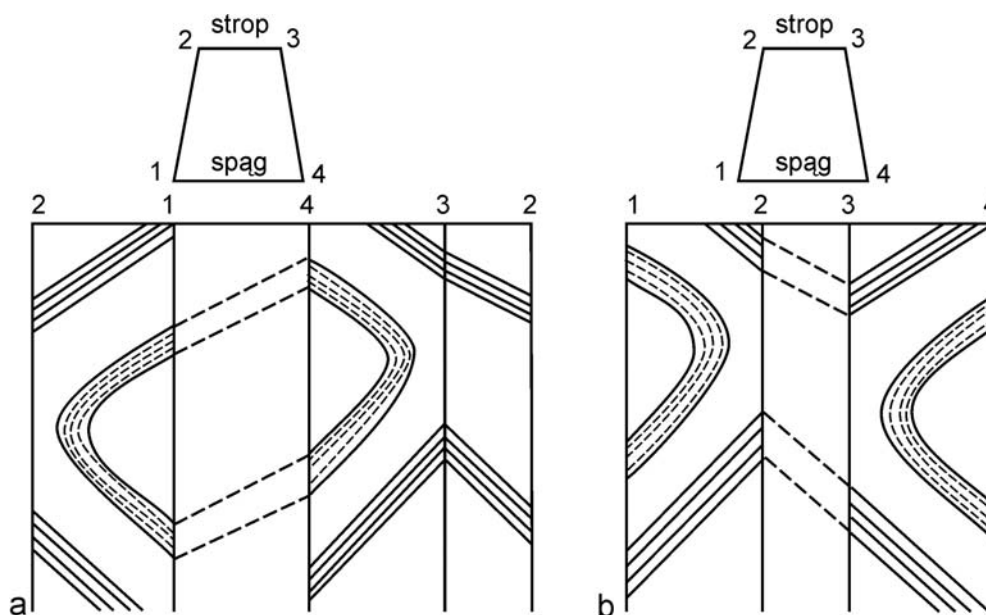
- 1) nie dawać zbyt wielu linii; rysować tylko te, które ilustrują przebieg ważniejszych granic, np. warstw różnych litologicznie, a pomijać podrzędne; rysunek z powodu nadmiaru linii może być nieczytelny i dowodzi, że autor nie zrozumiał obserwowanych faktów; profil nie ma być dziełem sztuki, lecz rysunkowym przekazem informacji geologicznych;
- 2) stosować linie rysowane odrębnie, gdyż najlepiej oddają one charakter konturów napotykanych w przyrodzie;
- 3) szczegóły oddawać, jeśli to jest możliwe, wiernie w przyjętej skali; fragmenty ważne, nie dające się ująć w danej skali, przedstawia się jako szczegóły w skali większej lub opisuje w dzienniku, ewentualnie fotografuje;
- 4) znakowanie skał stosować według norm, starając się układem znaku oddać teksturę skały;
- 5) przyjęte oznaczenia – jeśli są różne od ogólnie przyjętych – zanotować w dzienniku lub na szkicu.

Zależnie od charakteru wyrobiska – chodniki, szybik, czy wyrobisko eksploatacyjne – dalszy tok pracy nieco się różni.

Profilowanie wyrobisk poziomych i nachylonych (sztolni, przekopów, chodników, pochylni). W wyrobiskach takich profiluje się przeważnie oba ociosy, rzadziej strop. Jeśli profiluje się tylko jeden ocios, to należy go oznaczyć na mapie kopalnianej przez pogrubienie. W przypadku stromego upadu warstw lub stromo nachylonych żył i gdy chodnik jest prowadzony w kierunkach zgodnych z ich biegiem profiluje się przede wszystkim strop wyrobiska i przodek.

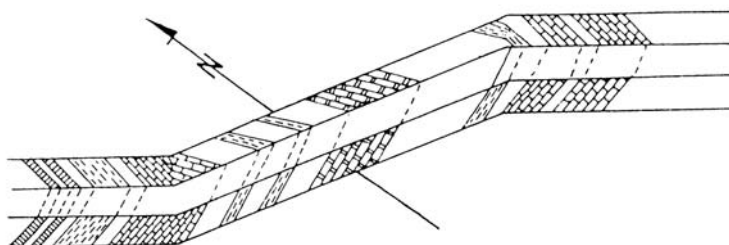
Profilowane ociosy boczne rysuje się po obu stronach spągu chodnika (rys. 4.9a), obróciwszy je jakby na zawiasach wokół ich krawędzi przy spągu i położywszy na jego płaszczyźnie. Profil stropu można dorysować jako dalszy kład boczny obok kładu jednego z ociosów, otrzymując rozwinięty profil chodnika. Ponieważ otrzymuje się wówczas obraz stropu, na który trzeba patrzeć z dołu do góry, jest on niewygodny do przenoszenia na mapę geologiczną i dlatego stosuje się go wyjątkowo. Częściej profil stropu wykonuje się na osobnym rysunku w rzucie prostopadłym na płaszczyznę poziomą. Niekiedy rysuje się też profile ociosów po obu stronach stropu, dokonując ich kładu na płaszczyznę przechodzącą przez strop (rys. 4.9b).

Rysunek w szkicowniku możemy zorientować dowolnie, zwykle jednak wykonuje się go tak, aby kierunkowi chodnika odpowiadała dłuższa krawędź arkusza. Ułatwia to nanoszenie domiarów pionowych według krutek arkusza. Obok rysunku wpisuje się azymut oraz uzupełnia strzałką wskazującą północ. Chodniki kręte dzieli się na poszczególne elementy prostoliniowe i rysuje bądź oddzielnie, bądź na wspólnym arkuszu w sposób pokazany na rysunku 4.10. Ponieważ płaszczyzną odniesienia wysokości jest spąg, a pomiary wysokościowe wykonuje się do niego pionowo, nie uwidacznia się na profilu nachylenia chodników. Wynika ono ze zdjęcia mierniczego. Przy niewielkich nachyleniach (kilka



Rys. 4.9. Rozwinięty profil chodnika

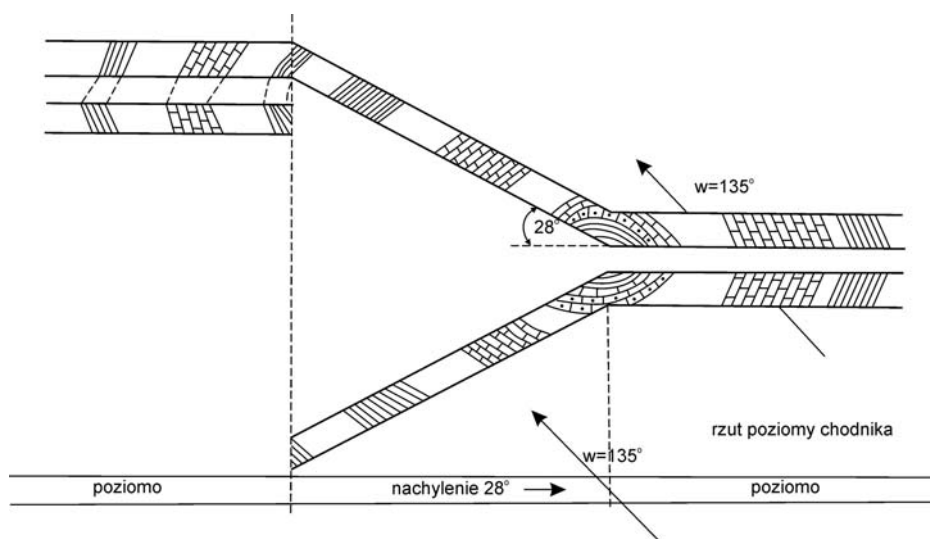
a – rozwijanie profilu przez kład na płaszczyznę spągu, b – rozwijanie profilu przez kład na płaszczyznę stropu



Rys. 4.10. Rozwinięty profil chodnika krętego

promil) można go nie uwzględniać. Przy większych zmianach nachylenia (kilka procent) powinno się je podać liczbowo dla poszczególnych odcinków. Przy nachyleniach ponad 5° trzeba je uwzględnić już w trakcie wykonywania rysunku i zwracać uwagę, czy pomiary są brane prostopadle do spągu, czy też pionowo.

Przy raptownych zmianach nachylenia, podobnie jak i przy zasadniczych zmianach azymutu, poszczególne dłuższe odcinki muszą być traktowane jako odrębne jednostki, a zatem rysowane na oddzielnych arkuszach. Jeżeli sam przegub nachylenia zasługuje na specjalną uwagę, dołącza się go do jednego z odcinków, rozsuwając ociosy nachylone, jak to przedstawia rysunek 4.11.

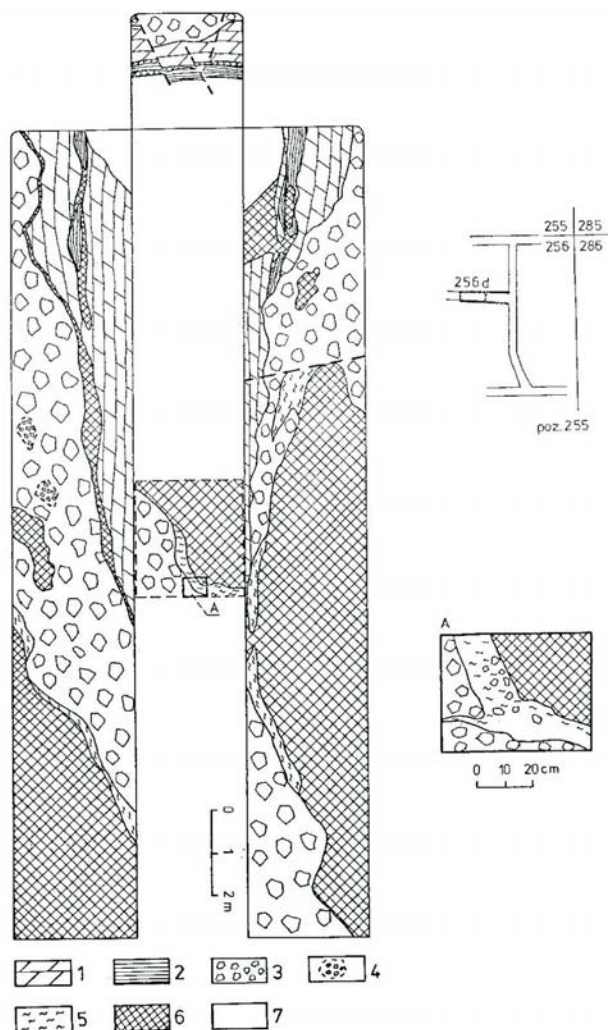


Rys. 4.11. Rozwinięty profil chodnika nachylonego (wg R. Krajewskiego, 1955)

W złożach o prostej budowie i nieskomplikowanej tektonice w zasadzie wystarczające informacje o geologii złoża uzyskuje się z profilowania jednego ociosu. Obserwacje wykonywane na drugim ociosie umożliwiają interpretację elementów ułożenia metodami wykreślnymi (rys. 4.21a). W złożach o skomplikowanej budowie konieczne jest profilowanie obu ociosów, uzupełnione wykonywanymi okresowo profilami przodków oraz rysunkami szczegółów w większej skali (rys. 4.12). Przy cienkich, stromych warstwach lub żyłach struktura złoża, na której szczególnie nam zależy, nie jest widoczna na ociosach, ale w spągu i w stropie. Spąg z zasady jest zatarty i nie nadaje się do profilowania. Obserwacje prowadzi się wówczas na stropie. Profilowanie wyrobiska nie różni się wówczas zasadniczo od kartowania bezpośredniego.

Przy profilowaniu stropu położenie granic wyróżnianych utworów określa się w stosunku do osi wyrobiska. Jeżeli profilowanie przeprowadza się na bieżąco w miarę postępu chodnika, cennym uzupełnieniem profilu stropu są okresowo wykonywane profile przodka, rysowane obok profilu stropu (rys. 4.6). W przypadku, gdy strop jest trudno dostępny lub zasłonięty obudową, przodek należy profilować często, np. codziennie w trakcie pędzenia wyrobiska. Otrzymuje się wówczas szereg równoległych profilów, które pozwalają poznać budowę interesującej części złoża i zinterpretować jego budowę na mapie.

Profilowanie wyrobisk eksploatacyjnych. Wyrobiska eksploatacyjne przedstawiają zwykle większe przestrzenie, których kształt zależy od stosowanego systemu eksploatacji. Niekiedy mają one nieregularne wymiary, a także nierówny strop lub spąg. Ich zdjęcie polega na profilowaniu ścian w miarę posuwania się przodka. Wynikiem jest szereg równoległych lub nieco ukośnie do siebie ustawionych profilów. W celu zorientowania wyrobisk w przestrzeni nanosi się je na mapę. Najlepiej jest wyznaczyć ich zarys za pomocą domiarów



Rys. 4.12. Profil chodnika. Złoże rud Zn-Pb Bolesław

1 – dolomity, 2 – dolomity ilaste cienko ławicowe, 3 – brekcje sedymentacyjne, 4 – brekcje krasowe, 5 – ility, 6 – masywne rudy Zn-Pb, 7 – ospisko; A – szkic szczegółu w większej skali

do napiętej taśmy, której punkt początkowy jest ustalony, a azymut wyznaczony; jeśli taśma napięta jest zgodnie z nachyleniem spągu, trzeba to nachylenie pomierzyć. W dużych, nieregularnych wyrobiskach komorowych wykonuje się zwykle tylko zdjęcia bezpośrednie (szkic) w dużej skali, a jedynie fragmenty ociosów profiluje.

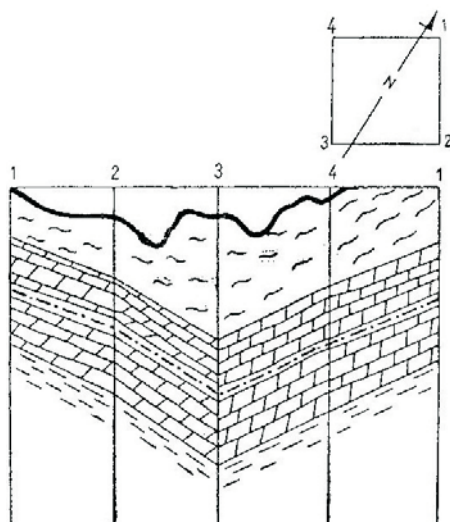
Systematyczne zdjęcia wyrobisk eksploatacyjnych prowadzi się rzadko, zwykle tylko w złożach bardzo nieregularnych, na przykład w celu wyjaśnienia sposobu występowania mineralizacji w złożach rud, charakteru zaburzeń tektonicznych, formy złoża itp. W przypadku złożeń regularnych kontroluje się w tych wyrobiskach przebieg ważniejszych granic

utworów śledzonych w chodnikach. W złożach pokładowych o prostej budowie przy braku zaburzeń tektonicznych i sedymentacyjnych można ograniczyć się do wykonania wzdłuż przodka eksploatacyjnego (np. ściany) kilku rozmieszczonych w regularnych odstępach profili słupkowych, w szczególności w tych miejscach, w których pobierane są próbki brzdowe.

Profilowanie szybików i nadsiewłomów. Wyrobiska te mają zazwyczaj przekroje prostokątne lub kwadratowe. Profilowanie odbywa się w analogiczny sposób jak w przypadku chodników, z tym że taśma umocowana jest pionowo, a poziomo do niej na ścianie robi się domiary boczne. Profilowanie nadsiewłomów prowadzi się z pomostu ułożonego na wieńcach obudowy lub z drabiny. Szybiki profiluje się odcinkami w czasie głębenia, przed obudowaniem ociosów, stojąc na dnie.

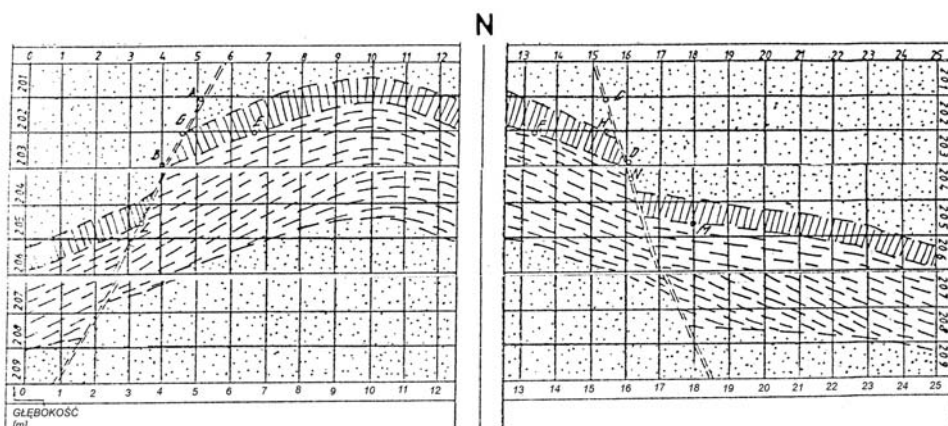
W złożach o prostej budowie pokładowej profiluje się co najmniej dwie ściany o wspólnej krawędzi, ustawione do siebie pod kątem prostym, gdyż w skalach uwarstwionych pozwala to jednoznacznie określić układ warstw. Jeśli jednak powierzchnie ograniczające utwory nie są płaskie, konieczne jest profilowanie wszystkich czterech ścian (rys. 4.13). Przy zmiennym i urozmaiconym wykształceniu poszczególnych utworów rysunek uzupełnia się opisem umieszczonym obok. Rysunki poszczególnych ścian zestawia się obok siebie w postaci rozwiniętego profilu (rys. 4.13). Przed profilowaniem należy zorientować bieg ścian w stosunku do północy, oznaczyć poszczególne krawędzie i schematycznie podać je w postaci szkicu na formularzu. Profil rozwinięty oznacza się odpowiednimi liczbami przy krawędziach.

W przypadku profilowania szybów (lub szybików) o przekroju kołowym jako „krawędź” odniesienia trzeba wybrać dowolną linię pionową (zwykle w miejscu wskazującym północ). W stosunku do niej określa się położenie granic, mierząc odległość do niej wzdłuż obwodu wyrobiska (rys. 4.14).



Rys. 4.13. Rozwinięty profil szybika

4. Kartowanie geologiczne podziemnych wyrobisk górniczych



Rys. 4.14. Rozwinięty profil szybika o przekroju kołowym (wg S. Duźniaka i W. Gabdyla, 1991)

Profilowanie wyrobisk jest czynnością pracochłonną. Czas potrzebny na profilowanie wyrobiska zależy od bogactwa szczegółów obserwowanych na ociosach. Orientacyjnie wynosi w wyrobiskach poziomych 2–4 h na 10 m w przypadku niezbyt skomplikowanej budowy, do 4–8 h na 10 m w złożach o urozmaiconej mineralizacji i skomplikowanej budowie. Profilowanie wyrobisk pionowych jest do 50% wolniejsze.

Wykonywane profile powinny być bardzo szczegółowe, gdyż stanowią one podstawowe źródło informacji o budowie i wykształceniu złoża.

Tabela 4.1

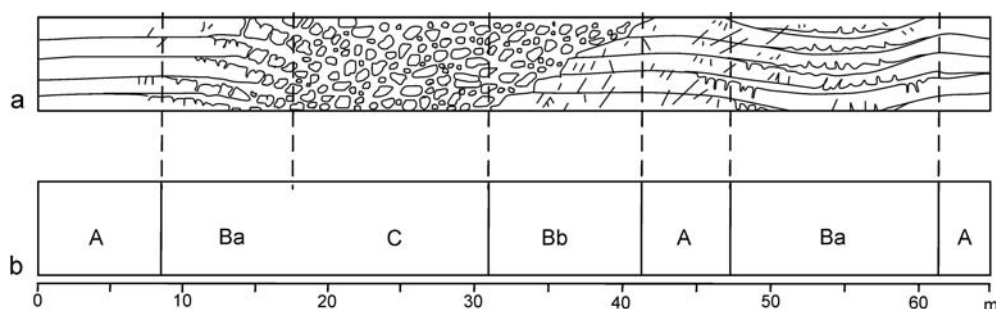
Wybór metody kartowania w zależności od rodzaju złoża

Grupa zmienności złoża	Charakterystyka złoża	Sposób kartowania
I	złoża masywowe i pokładowe o znacznej miąższości, prostej budowie, niezaburzone lub słabo zaburzone tektonicznie	kartowanie bezpośrednie przekopów
I, II	złoża pokładowe, żyłowe i masywowe, słabo zaburzone tektonicznie, o niezbyt urozmaiconej budowie	kartowanie bezpośrednie przekopów i ważniejszych wyrobisk (przygotowawczych) po biegu złoża; profilowanie na odcinkach o bardziej skomplikowanej budowie
II, III	złoża pokładowe i żyłowe zaburzone tektonicznie, o urozmaiconej budowie	kartowanie bezpośrednie lub profilowanie przekopów i wyrobisk przygotowawczych; okresowe profilowanie przodków i wyrobisk eksploatacyjnych
III	złoża pokładowe, żyłowe, gniazdowe, kominowe i sztokwerkowe silnie zaburzone tektonicznie, o bardzo urozmaiconej budowie	profilowanie wszystkich wyrobisk, w tym również eksploatacyjnych

4.4.4. Wybór metody kartowania

Przystępując do kartowania wyrobisk górniczych należy zdecydować się co do metody kartowania. Wybór zależy przede wszystkim od struktury i zmienności złoża oraz od wymaganej dokładności przedstawiania budowy geologicznej. Trudno w związku z tym sformułować ściśle zasady postępowania. Ogólne wskazówki, którą metodę kartowania wybrać, zestawiono w tabeli 4.1.

W wielu przypadkach kartowanie pośrednie jest utrudnione z przyczyn organizacyjnych, np. w wyniku znacznej mechanizacji i szybkiego postępu wyrobisk. Możliwości zwiększenia szybkości profilowania są ograniczone, bowiem odbija się to na jakości uzyskiwanych map. Można wówczas zastąpić profilowanie kartowaniem bezpośrednim, wydzielając na mapie części złoża różniące się typem wykształcenia (rys. 4.15). Jedynie w częściach o bardzo skomplikowanej budowie lub bardzo interesujących z punktu widzenia interpretacji budowy złoża wykonuje się wówczas profilowanie.



Rys. 4.15. Wydzielanie typów wykształcenia złoża rud Zn-Pb rejonu olkuskiego dla kartowania bezpośredniego
a – profil ociosu, b – obraz na mapie; A – dolomity niezbrekcjowane, Ba – dolomity spękane, częściowo zbrekcjowane, Bb – strefa kontaktu brekcji z dolomitem niezbrekcjowanym, C – brekcje

4.4.5. Fotodokumentacja geologiczna podziemnych wyrobisk górniczych

Dokładność i wierność wykonywanych rysunków powstających w trakcie kartowania podziemnego zależy od doświadczenia i umiejętności kartującego. Przy skomplikowanej budowie geologicznej możliwie wierne oddanie na rysunku jej szczegółów jest zadaniem bardzo pracochłonnym. Treść zależy także w wielu przypadkach od czynników subiektywnych, wyrażających się w sposobie interpretacji i generalizacji na rysunku faktów obserwowanych przez kartującego. Pewne szczegóły uważane za mniej ważne są na rysunku pomijane, natomiast obiekty interesujące profilującego (np. skupienia rudne) są powiększane.

Obiektywne zobrazowanie budowy geologicznej umożliwiają **metody fotograficzne** lub **fotogrametryczne**.

Zdjęcia fotograficzne w wyrobiskach podziemnych wykonuje się według tych samych zasad ogólnych, co i na powierzchni. Są one omawiane w podręcznikach fotografii. Specyfika pracy w wyrobisku górniczym i charakter fotografowanych obiektów powoduje, że na pewne czynności w trakcie wykonywania zdjęć i dobór sprzętu należy szczególnie zwrócić uwagę.

Fotografowanie odbywa się w wyrobiskach nieoświetlonych, w atmosferze często zanieczyszczonej cząsteczkami pyłu, dymem po spalonych gazach z materiałów wybuchowych oraz skraplającą się parą wodną. Konieczne jest stosowanie lampy błyskowej. W kopalniach gazowych mogą być stosowane tylko lampy dopuszczone przez Urząd Górniczy.

Specyfika warunków fotografowania pod ziemią powoduje, że przed przystąpieniem do systematycznego fotograficznego profilowania wyrobisk należy drogą wstępnych prób określić optymalne warunki wykonywania zdjęć. Na zdjęciu powinno się uzyskać możliwie jak największe zróżnicowanie fotografowanych utworów. Stosowanie filtrów pozwala na uzyskanie odpowiedniego kontrastu nawet kosztem zniekształcenia ich barwy czy jasności (fototonu), rejestrowanych wizualnie. Niekiedy może być nawet wskazane fotografowanie tego samego obiektu przy użyciu różnych filtrów.

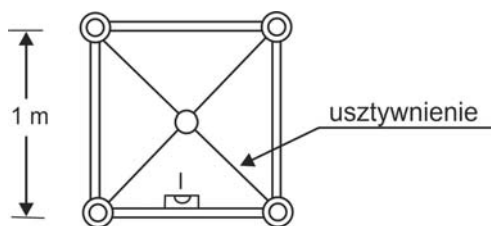
W większości kopalń ociosy wyrobisk są zasnuwane warstwą pyłu. Przed rozpoczęciem zdjęć należy je oczyścić, bądź obmywając strumieniem wody, bądź dmuchając strumieniem sprężonego powietrza. Fotografować należy ociosy obeschnięte, aby uniknąć refleksów utrudniających interpretację zdjęć. Mniej wyraźne granice obwodzi się kredą.

Przy profilowaniu dłuższych odcinków ociosów, przy wykonywaniu kolejnych zdjęć odległości aparatu od ociosu nie są identyczne. Zdjęcia sąsiadujące ze sobą nie będą miały zatem tej samej skali i wobec tego nie będą wzajemnie idealnie dopasowane wzdłuż granic. Sklejone w szereg obok siebie tworzą **fotoszkie**. Gdy zależy nam na dużej dokładności otrzymanych profilów fotograficznych, wszystkie zdjęcia powinny być sprowadzone do tej samej skali.

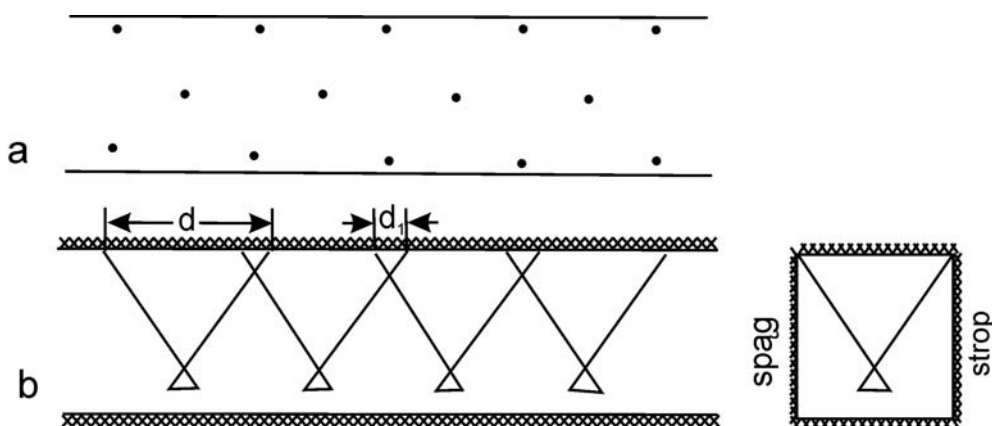
W tym celu na ociosie wyznacza się sieć punktów, stanowiących osnowę pomiarową, ułatwiającą powiązanie sąsiadujących zdjęć, uzyskanie odbitek w określonej skali oraz ścisłą lokalizację fotografowanych obiektów. Punkty tej osnowy, tzw. fotopunkty, wyznacza się za pomocą szablonu kwadratowego w postaci ramy z pierścieniami w narożnikach, zaopatrzonej w libelkę (rys. 4.16). Długość boku wynosi 1 m. Ramę przykładają się do ociosu, poziomują i kredą lub jaskrawą farbą znaczą punkty w miejscu pierścieni narożnikowych. Po naniesieniu pierwszych czterech punktów ramę przenosi się w kierunku pomiaru i ustawia tak, by dwa skrajne pierścienie pokryły dwa skrajne punkty zaznaczone w poprzednim położeniu (rys. 4.17). Końce wyznaczone na ociosie ciągu punktów powinny być dowiązane do punktów podziemnej sieci poligonowej.

Przy wykonywaniu zdjęć seryjnych należy zwracać uwagę, aby aparat fotograficzny i źródło światła znajdowały się zawsze możliwie w tej samej odległości od zdejmowanego ociosu i mniej więcej w połowie wysokości wyrobiska i oś ogniskowa aparatu ustawiona prostopadłe do powierzchni ociosu. Uzyskuje się to przez ustawienie aparatu umieszczonego na statywie w taki sposób, aby fotopunkty oświetlone lampami górniczymi obserwowane na matówce lub ekranie leżały w liniach równoległych do ich krawędzi. Fotopunkty umożliwiają przetworzenie wykonanych zdjęć do jednej skali. Po ich zestawieniu w jednym ciągu uzyskuje się fotoplan.

Zawsze wskazane jest wykonanie szkicu sytuacyjnego profilowanych wyrobisk, na którym podaje numery kolejnych zdjęć i ewentualnie informacje o fotografowanych zjawiskach. Wskazane jest



Rys. 4.16. Rama kwadratowa do wyznaczania fotopunktów (wg Z. Kowalczyka, 1960)
1 – libelka

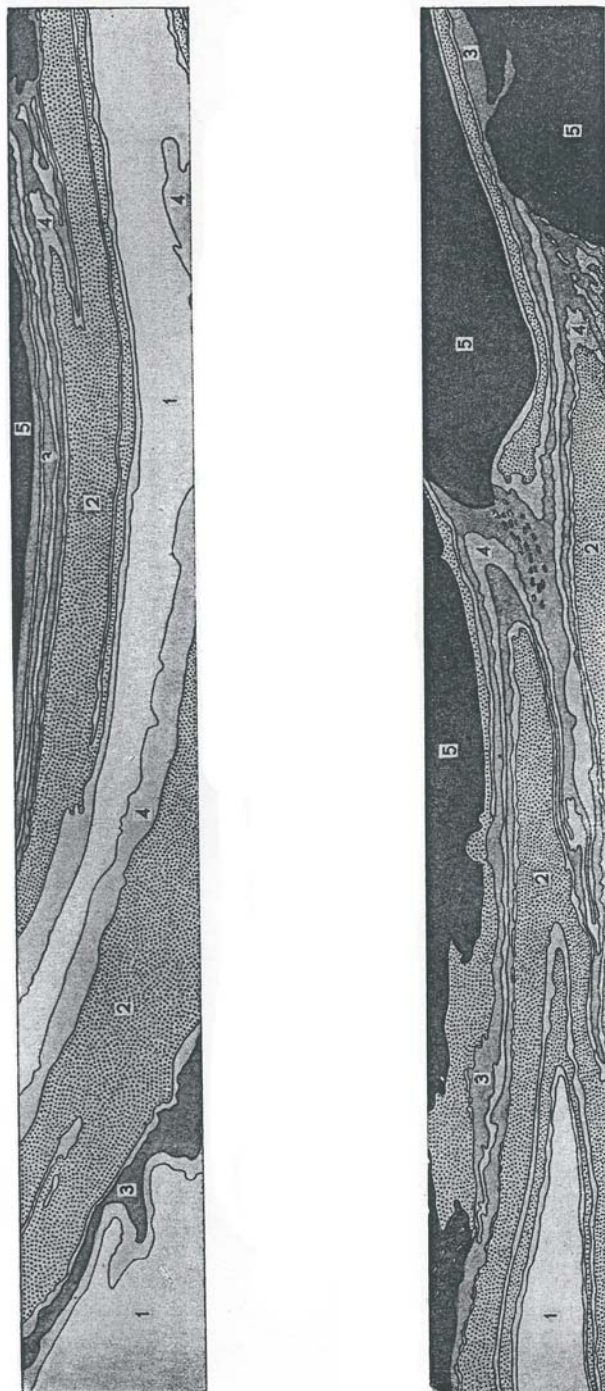


Rys. 4.17. Schemat wykonania dokumentacji fotograficznej ociosu (wg Z. Kowalczyka, 1960)
a – rozmieszczenie fotopunktów na ociosie, b – widok z góry i z boku;
d – długość fotografowanego odcinka ociosu, d₁ – odcinek pokrywania się sąsiadujących zdjęć

również wykonywanie szkiców ważniejszych lub mniej czytelnych fragmentów ociosu. Ułatwia to późniejszą interpretację zdjęć. Zwraca się uwagę na te szczegóły, które mogą okazać się niewyraźne na zdjęciu lub są szczególnie ważne jak na przykład charakter petrograficzny skał. Należy też wykonywać pomiary elementów ułożenia warstw.

Wykonywane zdjęcia fotograficzne wymagają zwykle uczytelnienia. Polega ono na podkreśleniu tuszem poszczególnych granic i oznakowaniu utworów. Gdy jest to utrudnione, należy interpretację przeprowadzić pod ziemią, porównując wykonany fotoszkic z ociosem. W przypadku fotografowania ociosu niepłaskiego należy przy tym zwracać uwagę na możliwe błędy interpretacji przebiegu granic spowodowane intersekcją warstw na nierównym ociosie. Fotoszkiace przeznaczone do uczytelnienia graficznego powinny być wykonane na papierze matowym. Przy obróbce komputerowej powinny być zachowane zdjęcia oryginalne i uczytelnione.

Zdjęcia odznaczają się zwykle dużym bogactwem szczegółów, które nie mają znaczenia z punktu widzenia potrzeb praktycznych. Dlatego też na podstawie uczytelnionego fotopłanu należy sporządzić profil ociosu przez skopiowanie interesujących nas elementów budowy geologicznej.



Rys. 4.18. Profil chodnika wykonany na podstawie fotoszkieł kop. Wieliczka (wg Z. Kowalczyka 1960)
1 – sól czysta, 2 – sól pasiasta, 3 – sól zailona, 4 – ilowce z anhydrytem, 5 – ilowce

Wykonane starannie fotoplany odznaczają się dużą dokładnością (rys. 4.18). Błąd określenia położenia punktu na podstawie fotoplanu wynosi najwyżej kilka centymetrów. Źródłem największych błędów są nierówności ociosu, powodujące przesunięcia radialne odwzorowywanych punktów. Fotoplany i sporządzone na ich podstawie plany graficzne można wykorzystać do obliczania procentowego udziału poszczególnych typów skał w złożu, współczynnika rudonośności itp. Na podstawie zdjęcia fotograficznego dokonywano np. oceny procentowego udziału magnezytu w serpentynie w złożach dolnośląskich. Dokładność pomiarów wykonywanych na fotoplanach wynosi od 2 do 6%.

Mimo niewątpliwych zalet metody fotodokumentacyjnej nie znajdują szerszego zastosowania do profilowania wyrobisk, gdyż są na ogół bardziej kłopotliwe w realizacji w warunkach pracy pod ziemią niż zwykle profilowanie. Samo wykonanie zdjęcia trwa krótko, natomiast dokładne oczyszczanie ociosu, obróbka laboratoryjna lub komputerowa zdjęć, wreszcie uczytelnianie (połączone zwykle z koniecznością powtórnego zjazdu pod ziemię i przejrzanie zdejmowanego ociosu) są pracochłonne. Uzyskiwane dokładności wykraczają poza potrzeby dokumentacji geologicznej. Metody fotograficzne są natomiast przydatne do dokumentowania najważniejszych i najbardziej interesujących szczegółów.

4.4.6. Określanie elementów ułożenia płaszczyzn uwarstwienia i uskoków w wyrobiskach górniczych

W trakcie zdjęcia geologicznego dokonuje się pomiarów elementów ułożenia powierzchni warstwowania, płaszczyzn uskokowych, spękań. Wykonuje się je albo bezpośrednio kompasem na osłoniętej powierzchni, albo pośrednio na podstawie obserwacji intersekcji płaszczyzny mierzonej ze ścianami wyrobiska.

Kompasem geologicznym mierzy się bądź azymut biegu płaszczyzny i kąt zapadania, podając zarazem kierunek zapadania, bądź azymut kierunku zapadania i kąt zapadania. Podawanie kierunku zapadania jest w tym przypadku zbędne. Wyniki pomiarów zapisuje się w postaci następującej: kierunek rozciągłości/kąt upadu/kierunek zapadania, np. 305/42/NE lub azymut kierunku zapadania/kąt upadu, np. 35/42. Często posługujemy się pomiarami **biegu skierowanego** – jest to ten z dwu możliwych kierunków biegu, przy którym upad płaszczyzny jest skierowany w prawo. Azymut biegu skierowanego jest zawsze mniejszy od azymutu kierunku zapadania o 90°:

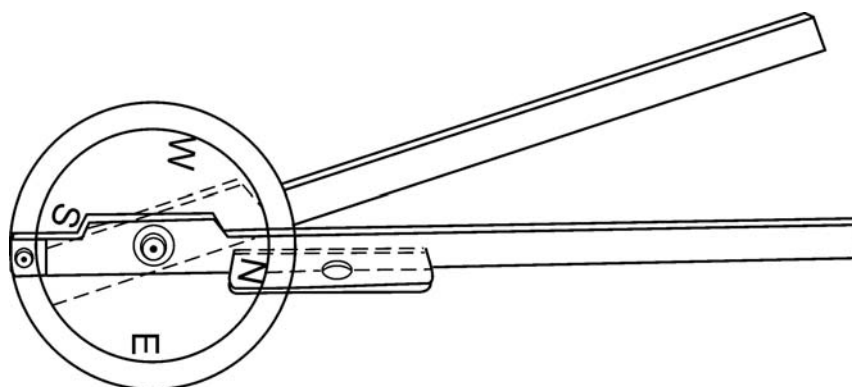
$$\sigma_r = \sigma_z - 90^\circ$$

Przy bezpośrednim pomiarze biegu skierowanego nie musi się podawać kierunku zapadania, niemniej jest to wskazane, gdyż łatwo tu o pomyłkę. Zwykle azymut biegu skierowanego oblicza się z pomiarów azymutu kierunku zapadania.

Pomiary kompasem są możliwe wyłącznie poza strefą oddziaływania przedmiotów stalowych i urządzeń, wokół których powstaje pole elektromagnetyczne (np. przewodów elektrycznych), gdyż powodują one całkowitą dezorientację igły kompasu. Szerokość tej strefy wynosi dla łuków obudowy ŁP-0,5 m, dla żelaznych stojaków i szyn – 1 m, ko-

łowrotów i wózków kopalnianych – 1,5 m, a dla elektrowozów 5–8 m. W odległości większej od podanych, gdy odchylenia igły wynoszą od kilku do kilkunastu stopni, dokonuje się kompasem pomiaru względnego. Jeżeli w tym samym miejscu, gdzie dokonano pomiaru azymutu biegu (lub upadu), pomierzy się azymut chodnika, to różnica azymutów jest kątem odchylenia kierunku biegu (upadu) od kierunku chodnika, niezależnie od błędów w odczycie tych azymutów, spowodowanego obecnością przedmiotów zaburzających pole magnetyczne. Ponieważ kierunki ścian wyrobisk są rysowane na mapie (na podstawie zdjęcia mierniczego), można kątomierzem nanieść kąt odchylenia biegu (upadu) od ściany, wyznaczony z różnicy pomierzonych azymutów.

W przypadku występowania silnego zaburzenia pola magnetycznego do określenia kątów między kierunkiem ściany wyrobisk a biegiem mierzonej płaszczyzny można stosować specjalne mechaniczne orientowniki (rys. 4.19).



Rys. 4.19. Orientownik do pomiaru ułożenia powierzchni (orientownik Krögera)

Dolne ramię ustawia się w położeniu wskazującym na tarczy azymut wyrobiska, wyznaczony zdjęciem mierniczym i unieruchamia śrubą dociskową, w czasie pomiarów ustawia się je równoległe do kierunku wyrobiska. Górne ramię przykłada się poziomo dłuższą krawędzią do mierzonej płaszczyzny i odczytuje na wyskalowanej tarczy kierunek rozciągłości

Pomiar bezpośredni dotyczy stosunkowo małego odcinka powierzchni i jest w związku z tym obarczony błędem wynikającym z lokalnych zmian elementów ułożenia płaszczyzn uwarstwienia lub nierówności tej powierzchni. Dokładność pomiaru ułożenia płaszczyzn zależy od ich nachylenia. W przypadku małych kątów zapadania dokładność pomiaru upadu wynosi $\pm 1,5^\circ$, a rozciągłości $\pm 30-50^\circ$. W przypadku dużych kątów zapadania dokładność pomiaru upadu zmniejsza się do $\pm 4-5^\circ$, natomiast rozciągłości zwiększa do $\pm 2-4^\circ$. W przypadku nierówności powierzchni dokładność pomiaru może być mniejsza.

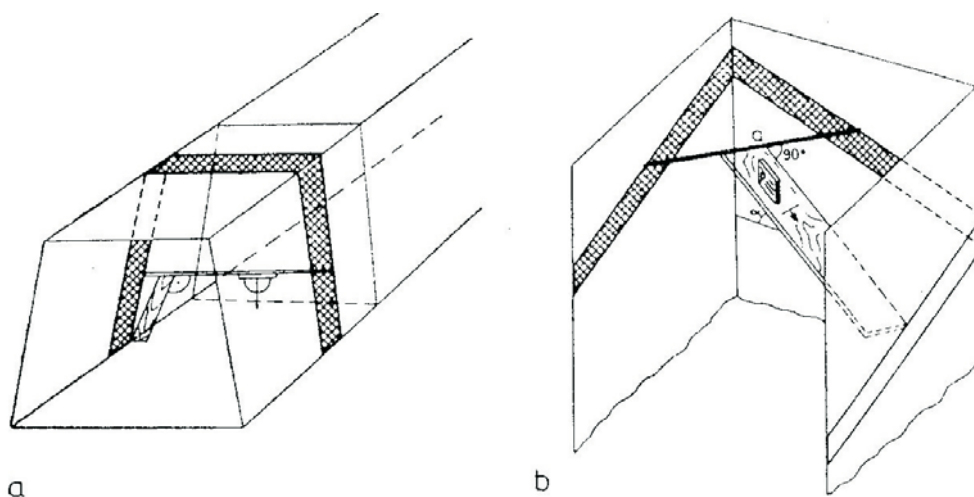
Mała dokładność pomiaru kompasem powoduje, że wskazane jest określanie elementów ułożenia warstw sposobem pośrednim na podstawie obserwacji wykonywanych na ociosach wyrobiska. Obserwacje wykonuje się na ścianach poziomych lub pionowych w celu uniknięcia dodatkowych komplikacji, które powoduje intersekcja płaszczyzny badanej na ścianie dowolnie nachylonej. Konieczna jest znajomość azymutów ścian wyrobiska. Kierunek

rozciągłości i upad wyznacza się bądź od razu w wyrobisku, bądź sposobem konstrukcyjnym na podstawie profilów ścian.

Wyznaczanie biegu i upadu w chodnikach. Przecięcie się warstwy z poziomym spągiem lub stropem chodnika wyznacza kierunek biegu. Można go odczytać za pomocą kompasu, nastawiając z ręki jego dłuższą krawędź równoległe do śladu mierzonej płaszczyzny na spągu lub też nastawiając w lusterku odbicie jej śladu ze stropu na kierunek N-S.

Rzeczywistą wielkość nachylenia można zmierzyć bezpośrednio na ociosie tylko wówczas, gdy bieg jest prostopadły do płaszczyzny ociosu. We wszystkich innych przypadkach na ociosie mierzy się kąt pozorny. Jest on tym mniejszy, im ostrzejszy jest kąt zawarty między ociosem a kierunkiem biegu. Jeśli linia biegu danej płaszczyzny przecina się z kierunkiem chodnika pod kątem różnym od prostego, to wyznaczyć go można rozpinając sznurek między dwoma punktami położonymi na mierzonej płaszczyźnie, na przeciwległych ociosach, na jednakowej wysokości. Po obraniu dowolnego trzeciego punktu na krawędzi intersekcyjnej badanej płaszczyzny z ociosem można przezeń i przez wyznaczoną linię biegu poprowadzić płaszczyznę (np. wyznaczoną za pomocą deski), której nachylenie daje nam kąt upadu (rys. 4.20a). Na podstawie profilu wyrobiska zadanie to (rys. 4.21a) można rozwiązać graficznie następująco:

- 1) znajduje się dwa punkty leżące na tej samej wysokości (A, B), wyznaczające rozciągłość (najlepiej na krawędziach przecięcia ociosów chodnika z jego spągiem);
- 2) przez dowolny punkt na danej płaszczyźnie (L) prowadzi się płaszczyznę pionową prostopadłą do linii biegu danej płaszczyzny i w kładzie ($NL = NL'$) wyznacza się rzeczywisty kąt upadu φ (NOL').



Rys. 4.20. Pomiar pośredni elementów ułożenia warstwy
A – w chodniku, B – w szybiku

Wielkość rzeczywistego kąta upadu (φ) można też wyliczyć z zależności:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg}\alpha'}{\cos\gamma} \quad (4.2)$$

gdzie: α' – pozorny kąt upadu na ociosie,

γ – kąt ostry między kierunkiem zapadania i kierunkiem chodnika.

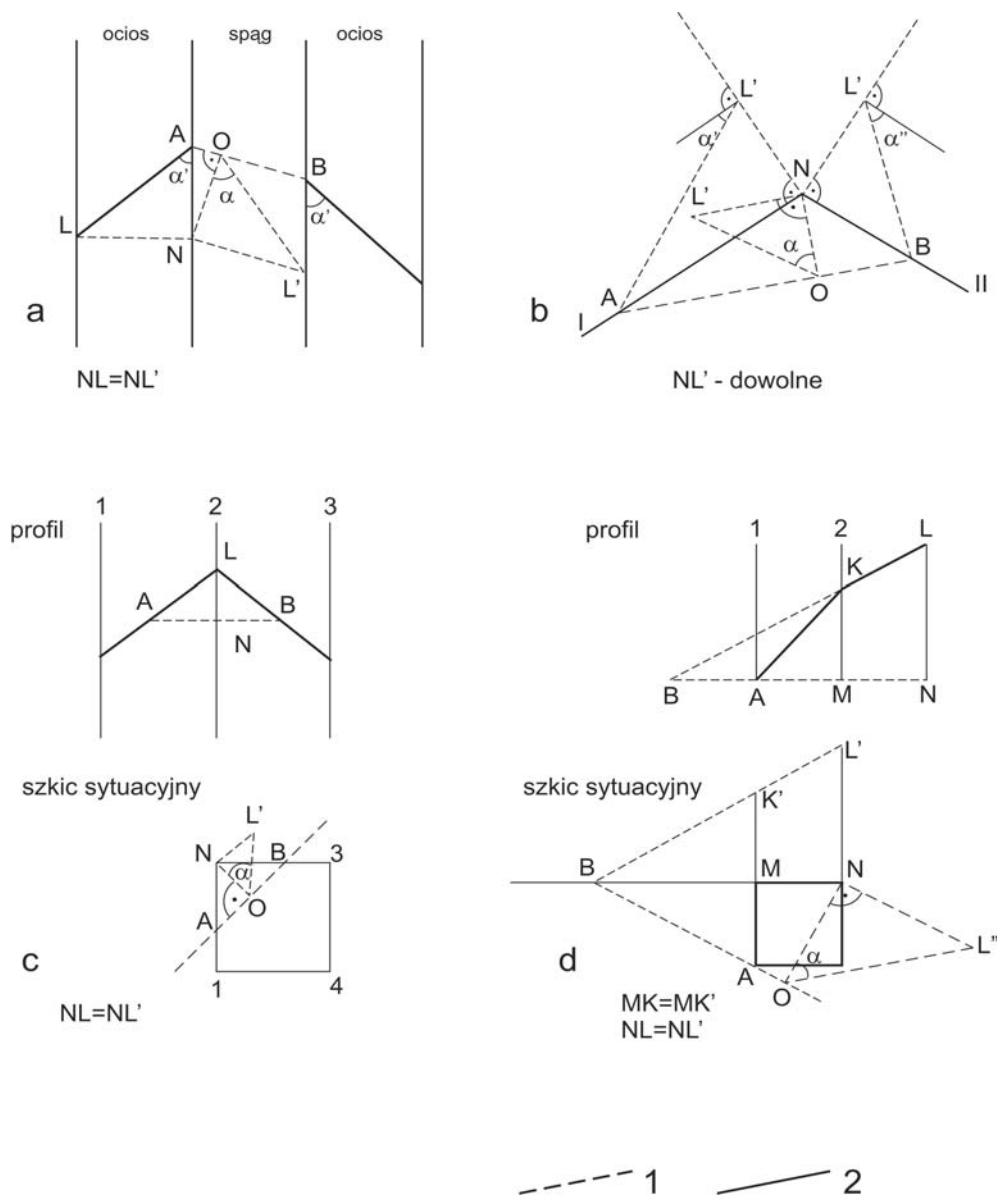
Wyznaczanie biegu i upadu w szybach i szybikach pionowych. W szybiku pomiary elementów ułożenia warstw przeprowadza się na ścianach. Ponieważ bieg odpowiada poziomemu kierunkowi w płaszczyźnie uwarstwienia, zatem połączenie dwóch punktów tej samej warstwy, leżących na jednakowej wysokości w szybiku, daje od razu kierunek biegu. Nachylenie wyznacza się w płaszczyźnie prostopadłej do biegu, przechodzącej przez jakikolwiek trzeci punkt warstwy, leżący na innym poziomie. Można to wykonać przy użyciu sznurka (taśmy), deski, poziomicy i kompasu. Po zamocowaniu sznura w jednym z punktów warstwy na ociosie szybiku szuka się na jego ociosach drugiego takiego punktu, do którego można by ten sznur napiąć poziomo za pomocą poziomicy. Jeśli taki punkt już został wyznaczony, to azymut rozpiętego między tymi punktami sznura wyznacza bieg. Następnie bierze się zrównaną pod kątem prostym deskę, przykładając do sznura jej szerokością, a krawędzią długą odnajduje na ociosie punkt w danej warstwie. Nachylenie deski wyznacza upad warstwy, a jej krawędź długa, prostopadła do sznura – azymut upadu (rys. 4.20b).

Ten sam wynik można uzyskać konstrukcyjnie, jeśli dysponuje się przynajmniej dwoma profilami ścian pionowych o wspólnej krawędzi i ich azymutami. Zadanie to można rozwiązać trzema sposobami.

I. Mając rysunek ścian 1–2 i 2–3 (rys. 4.21c) widzimy od razu, że linia biegu musi przejść przez punkty A i B jako leżące na tym samym poziomie. A zatem w planie prosta $A-B$ jest kierunkiem biegu. Upad mierzymy w płaszczyźnie prostopadłej do biegu, np. od najwyższego punktu na krawędzi 2. Na planie szybiku prowadzi się przez krawędź, na której leży punkt L , prostą prostopadłą do odcinka AB . Następnie wykonuje kład odcinka NL i po połączeniu otrzymanego punktu L' z punktem O otrzymuje się rzeczywisty kąt upadu α . Konstrukcja ta nadaje się też najlepiej do wyznaczania biegu i upadu w szybiku o przekroju kołowym. Należy wówczas na profilu wybrać dowolne dwa punkty leżące na tej samej wysokości i trzeci leżący między nimi, położony najwyżej lub najniżej w stosunku do nich, oraz określić ich położenie na planie szybika.

II. Mając szkice dwu ścian 1–2 i 2–3 ze stale podnoszącą się warstwą, konstrukcję można przeprowadzić tak jak na rysunku 4.21d. Punkt K leży o wielkość KM wyżej niż A , punkt L jeszcze wyżej o wielkość NL . Kładąc te dwa punkty w planie wokoło boku szybiku 2–3, otrzymamy punkty K' i L' . Przedłużając łączącą je prostą do przecięcia się z przedłużeniem boku 2–3, otrzymamy punkt B (poza szybikiem), leżący w poziomie punktu A . Prosta łącząca punkty B i A wyznacza bieg warstwy. Nachylenie można np. wyznaczyć w stosunku do

punktu L . Przez krawędź 3 (z punktu N) prowadzi się prostą prostopadłą do biegu AB i wokół niej dokonujemy kładu odcinka NL . Otrzymany punkt L' łączy się z O . Kąt α zawarty między NO i OL' jest rzeczywistym nachyleniem warstwy (upadem).



Rys. 4.21. Konstrukcyjne wyznaczenie rzeczywistego biegu i upadu warstw

A – w chodniku, B – w odkrywce, C i D – w szybiku pionowym, α – rzeczywisty kąt upadu, α' i α'' – pozorne kąty upadu; 1 – bieg warstw, 2 – ślad płaszczyzny uwarstwienia na ociosie

W przypadku ścian pionowych ustawionych do siebie pod kątem – co dość często zdarza się w wyrobiskach eksploatacyjnych i odkrywkach naturalnych – wielkość upadu i jego kierunek można wyznaczyć na podstawie pomiarów upadów pozornych (α' i α'') mierzonych na dwóch sąsiadujących ze sobą ścianach (rys. 4.21b). Z naroża N wyprowadzamy ślady ścian I i II . Wokół śladów dokonujemy kładu ścian i na dowolnej wysokości NL' odkłada się odpowiednio obserwowane pozorne kąty nachylenia warstw: kąt α' dla ściany I i α'' dla ściany II . Ich ramiona tną ślady ścian w punktach A i B leżących na jednym poziomie. A zatem kierunek AB wyznacza bieg. W płaszczyźnie prostopadłej do niego i przechodzącej np. przez N będzie leżał kierunek upadu. Wykonujemy więc kład odcinka NL' koło prostej NO i jego koniec L' łączymy z O . Rzeczywisty kąt upadu wynosi α (kąt $L'ON$).



KARTOWANIE GEOLOGICZNE WYROBISK KOPALŃ ODKRYWKOWYCH

Metodyka kartowania wyrobisk kopalń odkrywkowych nie różni się w sposób zasadniczy od kartowania wyrobisk podziemnych i kartowania na powierzchni. Zdjęcie geologiczne polega tu albo na profilowaniu skarp i zestawieniu na ich podkładzie map poszczególnych poziomów, albo rejestracji przy użyciu GPS bezpośrednio na mapie położenia obserwowanych zjawisk geologicznych.

Profilowanie wykonuje się, dowiązując profil do ustabilizowanych punktów mierniczych lub punktów zlokalizowanych za pomocą zdjęcia mierniczego (na przykład otworów rozpoznawczych, studni odwadniających). Pomiarów długości dokonuje się taśmą wzdłuż dolnej lub górnej krawędzi skarpy, a wysokości łątą mierniczą, miarką składaną (przynajmniej 2-metrową) lub taśmą obciążoną na końcu, spuszczoną z górnej krawędzi skarpy. Trudności przy profilowaniu skarp wynikają z ich znacznych wysokości (10 i więcej metrów) i często ich niedostępności do bezpośredniej obserwacji ze względu na niebezpieczeństwo obrywów. Jeśli wysokość skarpy jest stała (zwykle ok. 10 m) i gdy nie jest wymagana duża dokładność zdjęcia, lokalizację punktów w pionie można oceniać „na oko”, dzieląc całą wysokość na odpowiednią liczbę części. Przy pewnej wprawie sposób ten jest wystarczająco dokładny. Profiluje się zazwyczaj w ścisłym powiązaniu ze zdjęciem mierniczym, przy czym praca geologa może wyprzedzać zdjęcie miernicze lub może następować bezpośrednio po nim.

W pierwszym przypadku geolog w czasie profilowania sporządza szkic odręczny i oznacza punkty, które mają być zlokalizowane w czasie zdjęcia mierniczego, a po jego wykonaniu notuje profil we właściwym układzie współrzędnych. W przypadku drugim geolog posługuje się już gotowym zdjęciem mierniczym skarpy, na którym zostały zlokalizowane przez mierniczego punkty ułatwiające dowiązanie obserwacji geologicznych. Szczególnie wskazane jest w tym przypadku posługiwanie się zdjęciami fotogrametrycznymi skarp, na których uwidacznia się wiele elementów budowy geologicznej (granice poszczególnych utworów, zaburzenia tektoniczne itp.).

Profilowanie powinny prowadzić przynajmniej dwie osoby: geolog profilujący, odpowiedzialny za treść geologiczną profilu i pomocnik dokonujący domiarów i ewentualnie stabilizujący punkty do zdjęcia mierniczego. Profilowanie skarp znacznie ułatwia także ich zwykła dokumentacja fotograficzna. Wykonane zdjęcia zazwyczaj wymagają jednak uczytelnienia, gdyż nie wszystkie szczegóły budowy geologicznej są na nich dostatecznie czytelne (rys. 5.1).

Znaczne usprawnienie profilowania, zwłaszcza w dużych kopalniach odkrywkowych, umożliwia zastosowanie technologii GPS z wykorzystaniem dalmierza laserowego. Gdy istotne znaczenie ma lokalizacja szczegółów – na przykład położenia zaburzeń tektonicznych – wykorzystywane są bardziej precyzyjne pomiary geodezyjne np. tachimetrie elektroniczne pozwalające na wykonywanie pomiarów nawet z odległości do 500 m (Kaczarewski i in. 2006). Lokalizuje się w ten sposób przede wszystkim punkty przecięcia uskoku z górną i dolną krawędzią skarpy. Po naniesieniu ich na mapę i uwzględnieniu obrazu rejestrowanego na profilu skarpy ewentualnie dodatkowych danych i pomiarów uzyskanych np. z rowów wykonanych na górnym i dolnym poziomie w stosunku do skarpy możliwe jest przedstawienie przestrzenne ułożenia uskoku. Zebrane dane mogą być przechowywane w odpowiednich plikach danych dla dalszej obróbki komputerowej.

W złożach o skomplikowanej budowie, zwłaszcza gdy prowadzona jest eksploatacja selektywna różnych gatunków lub rodzajów kopaliny, wykonane profile skarp są wykorzystywane na bieżąco do kierowania tą eksploatacją, na przykład do projektowania otworów strzałowych. Na podstawie tych profili i wyników opróbowania złoża sporządza się przekroje poprzeczne do skarpy, ułatwiające określenie parametrów strzelania oraz przewidywanie jakości urobku.

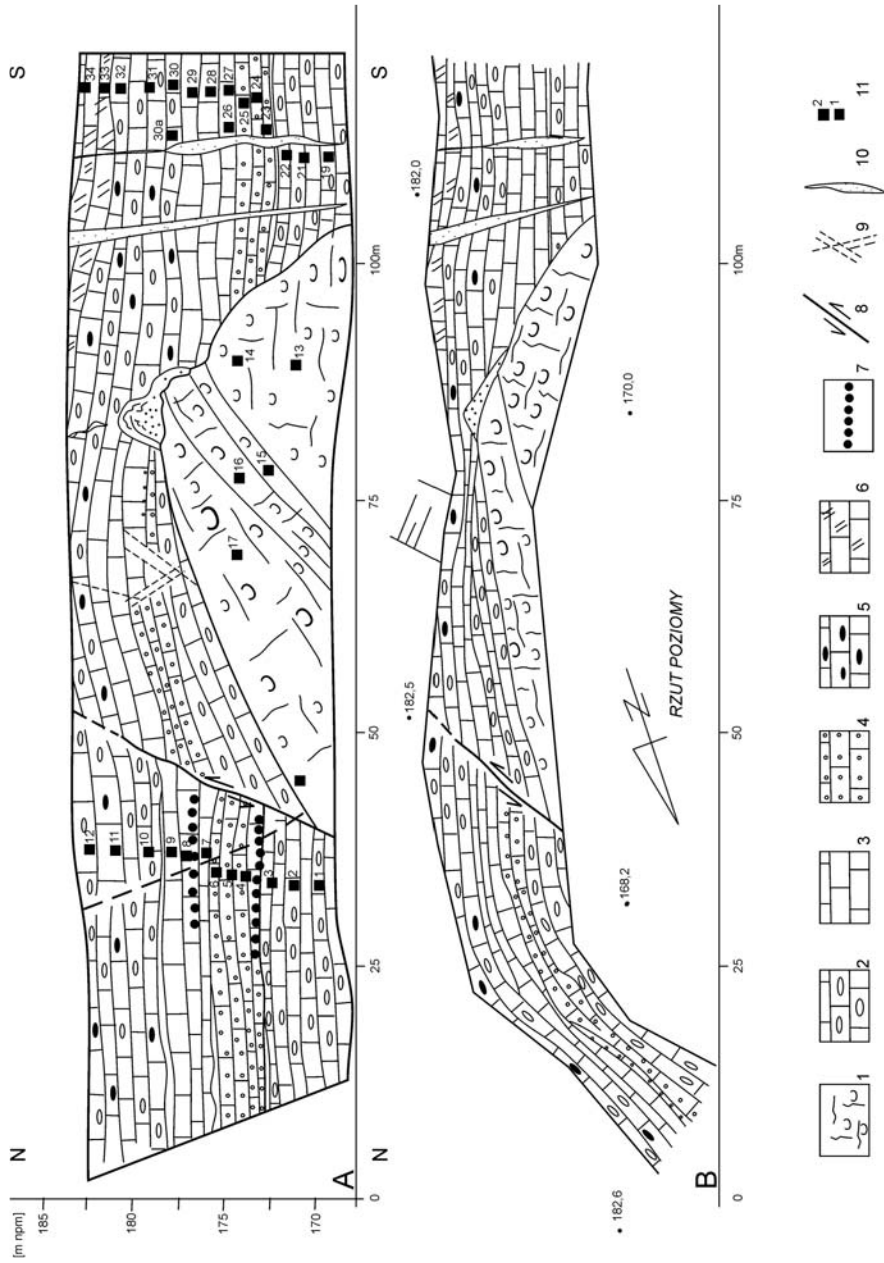
Skala profilu zależy od bogactwa szczegółów i wymaganej dokładności ich poznania. Te same czynniki wpływają na okresowość wykonania profilów. Orientacyjne dane są zawarte w tabeli 5.1. W zależności od potrzeb wykonuje się zdjęcia szczegółów w większej, odpowiednio dobranej skali.

Wykonane profile skarp nachylonych pod kątem do poziomu, zależnie od potrzeb, przetwarza się na profil pionowy (przekrój przez złożo wzdłuż skarpy) lub odrzutowuje na płaszczyznę poziomą (rys. 5.2). Na podstawie sukcesywnie wykonywanych profilów,

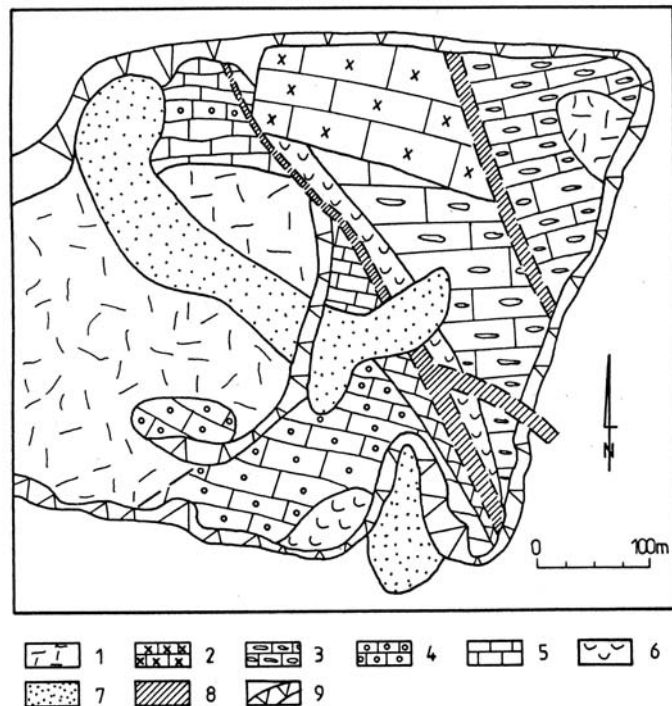
Tabela 5.1

Zalecane skale i częstotliwości wykonywania profilów skarp

Typ złoża	Sposób eksploatacji	Skala profilu	Częstotliwość wykonywania
Bardzo regularne pokładowe lub masywowe o znacznej miąższości	masowa	1 : 1000	raz na kwartał lub rzadziej
Pokładowe, żyłowe i masywowe, zaburzone tektonicznie, skrasowiałe	masowa	1 : 500 1 : 200	raz na miesiąc lub częściej
Bardzo nieregularne, gniazdowe lub pokładowe, silnie zaburzone tektonicznie, silnie skrasowiałe	selektywna	1 : 200 1 : 100	na bieżąco w ślad za postępem robót górniczych



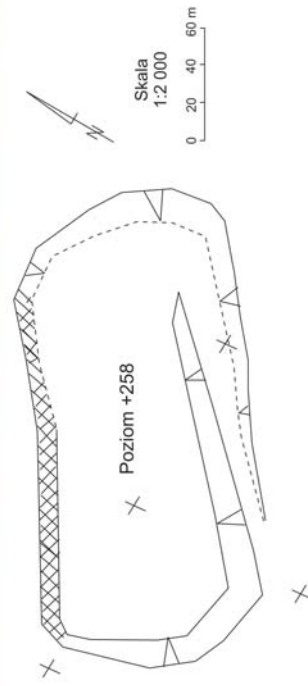
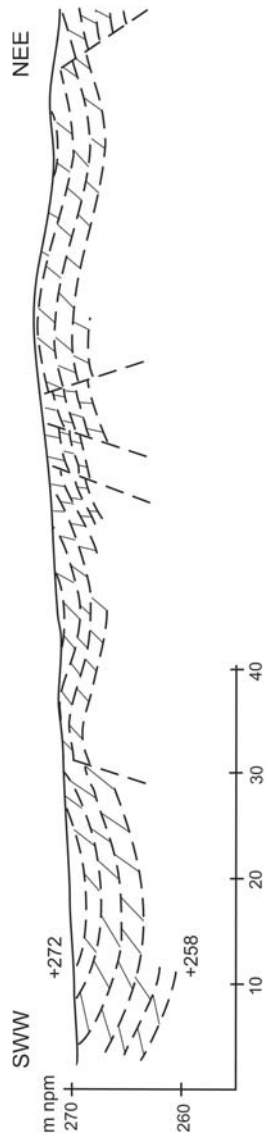
Rys. 5.2. Profil skarpy i jej rzut na mapę (wg P. Smiczjewa i in. 1996, zmodyfikowany)
 1 – wapienie skaliste, 2 – wapienie plamiste dolne, 3 – wapienie ławicowe, 4 – wapienie gruzłowe, 5 – wapienie plamiste górne, 6 – wapienie skrasowiałe, 7 – buty krzemienne, 8 – uskok, 9 – spęknięcia, 10 – kanały krasowe wypelnione glinami, 11 – miejsca opróbowania i numer próbki



Rys. 5.3. Mapa kopalni wapienia Tarnów Opolski (wg P. Smiczyjewa i in. 1996)

1 – wapienie skaliste, 2 – wapienie cukrowate, 3 – wapienie gruzłowe, 4 – wapienie krynowide,
5 – wapienie laminowane, 6 – wapienie plamiste, 7 – leje krasowe, 8 – strefy uskokowe, 9 – skarpy odkrywki

danych z otworów wiertniczych i obserwacji wykonywanych na spażu wyrobiska sporządza się mapę geologiczną złoża na poszczególnych poziomach (rys. 5.3). Przy eksploatacji wielopoziomowej zestawia się niekiedy profile poszczególnych skarp na jednej mapie. Dają one pogląd na przestrzenne wykształcenie złoża.



Rys. 5.1. Profil fotograficzny i uczytelniiony skarpy. Złoże dolomitu „Piskrzyń”



ZAGADNIENIA SPECJALNE W KARTOWANIU GEOLOGICZNYM ZŁÓŻ

6.1. Zastosowanie metod geofizycznych powierzchniowych w kartowaniu geologicznym złóż

Sporządzenie mapy geologicznej sprowadza się do interpretacji przebiegu granic różnych utworów pomiędzy punktami, w których przeprowadzono ich obserwacje. Poprawność tej interpretacji zależy od gęstości punktów obserwacji, wiedzy i doświadczenia geologa. Zawsze istnieje jednak niepewność odnośnie poprawności tej interpretacji, wyznaczenia położenia granic różnych utworów oraz występowania zjawisk nie obserwowanych bezpośrednio, np. zaburzeń tektonicznych, lecz przewidywanych na podstawie obserwowanego ułożenia warstw i ich wykształcenia.

Tam, gdzie nie można przeprowadzić obserwacji bezpośredniej, informacji o budowie geologicznej dostarczyć mogą metody geofizyczne. Umożliwiają one powiązanie obserwacji bezpośrednich wykonanych w poszczególnych punktach i śledzenie budowy geologicznej między nimi wzdłuż wykonywanych linii (profilu).

Wykorzystywane są one przede wszystkim do:

- 1) kartowania szczegółowego utworów nieodsłoniętych na powierzchni, wyznaczania granic ich występowania, w szczególności do określenia położenia granic złoża,
- 2) lokalizacji zaburzeń tektonicznych,
- 3) śledzenia niektórych szczegółów budowy wewnętrznej złóż, a niekiedy także ich morfologii.

Należy przy tym mieć na uwadze, że różne zjawiska geologiczne mogą wyrażać się podobnym zróżnicowaniem pola geofizycznego, a zatem interpretacja obserwowanych zjawisk geofizycznych może być niekiedy niejednoznaczna. Stwierdzenie zróżnicowania właściwości fizycznych ośrodka skalnego zawsze jednak zmusza do zastanowienia się nad jego przyczyną.

Dobór metody zależy od rodzaju zadania i charakteru litologicznego utworów i ich ułożenia w przestrzeni. Zawsze pamiętać należy, że metody geofizyczne dostarczają nam

informacji tylko o zróżnicowaniu właściwości fizycznych ośrodka skalnego. Na tej podstawie wnioskuje się o przyczynach tego zróżnicowania, a zatem informacja geologiczna uzyskiwana jest metodą pośrednią. Poprawność interpretacji zależy od:

- 1) właściwego doboru metody badań geofizycznych i aparatury pomiarowej oraz sposobu realizacji pomiarów,
- 2) właściwego zrozumienia zjawisk geologicznych, które mają być interpretowane.

Tabela 6.1

Zastosowanie metod geofizycznych w kartografii geologiczno-złożowej złóż kopalin stałych*

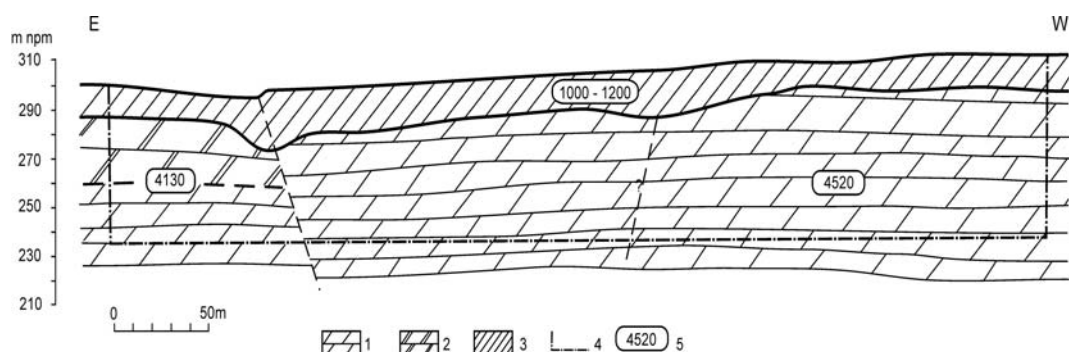
Rodzaj zadań	Metody podstawowe	Metody rzadziej stosowane	Uwagi
Kartowanie utworów nieodsłoniętych na powierzchni	geoelektryczne (elektrooporowa, indukcyjne) radiofalowa VLF, magnetotelluryczna	magnetyczna	
Określenie grubości nadkładu i strefy skał zwietrzałych	geoelektryczne j.w. (sondowania oporności)	sejsmiczna	wskazana kombinacja metod: geoelektrycznej i sejsmicznej
Budowa wgłębna górotworu	złoża płytko położone	geoelektryczne	sejsmiczna
	złoża głęboko położone	sejsmiczne	
Lokalizacja zaburzeń tektonicznych	pośrednie	geoelektryczne	grawimetryczne
	bezpośrednie	geoelektryczne	radiometryczne

* Bliższe dane na temat poszczególnych metod, sposobu i zakresu ich stosowania przedstawiane są w podręcznikach geofizyki.

Do celów kartograficznych stosuje się przede wszystkim metody geoelektryczne (elektrooporową, indukcyjne, radiofalową VLF, magnetotelluryczną). Na podstawie rejestrowanego zróżnicowania oporności masywu skalnego można na ogół wyznaczyć granice utworów różniących właściwościami geoelektrycznymi. Dają te metody dobre rezultaty na obszarach występowania utworów o wyraźnie zróżnicowanych tych właściwościach (np. łupki, wapień, skały magmowe). Przede wszystkim umożliwiają one śledzenie wychodni różnych utworów i złóż ukrytych pod nadkładem utworów młodszych (rys. 6.1). Umożliwiają też określenie miąższości nadkładu oczywiście pod warunkiem, że skały budujące nadkład i oraz występujące poniżej różnią się dostatecznie właściwościami.

Do celów kartograficznych można też wykorzystać zdjęcia magnetometryczne, wykonywane magnetometrami o dużej czułości, pozwalające na wydzielenie na mapie skał różniących się nawet w nieznacznym stopniu właściwościami magnetycznymi. Na zdjęciach magnetometrycznych szczególnie dobrze śledzi się zasadowe skały magmowe.

Interpretację wgłębnej budowy geologicznej umożliwiają metody geoelektryczne i sejsmiczne (rys. 6.2). Metody geoelektryczne stosowane są do jej badania w zasadzie do głębokości kilkudziesięciu metrów, natomiast sejsmiczne na większej głębokości.



Rys. 6.2. Przekrój przez złożę dolomitów Wszachów interpretowany na podstawie badań sejsmicznych (wg J. Góreckiego 1998)

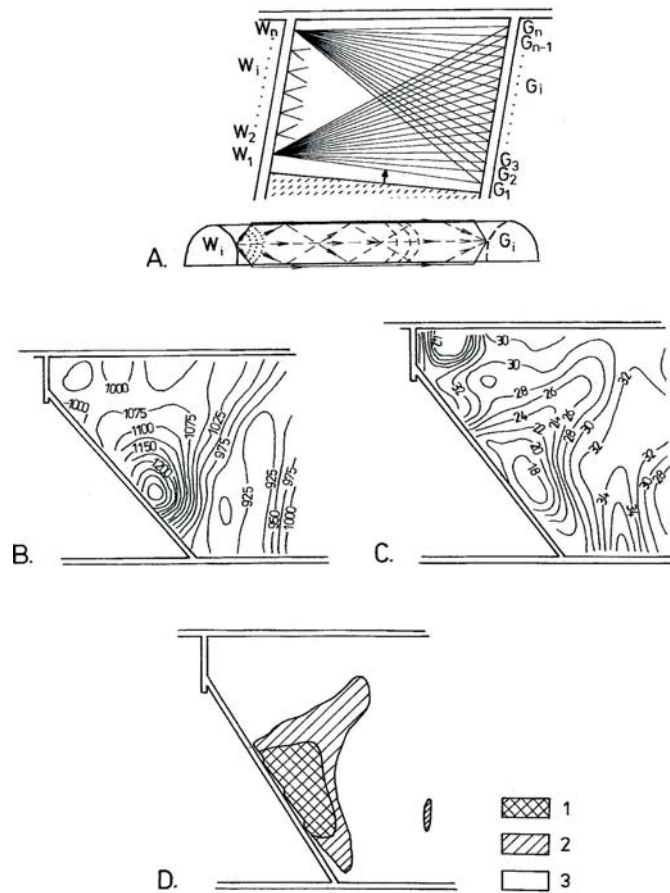
1 – dolomity eiflu, 2 – dolomity żywetu, 3 – dolomity spękane, 4 – granice złoża, 5 – prędkość fal sejsmicznych

Ważną rolę spełniają metody geofizyczne w lokalizacji zaburzeń tektonicznych, zwłaszcza stref uskokowych. Można je wyinterpretować z mapy i przekrojów sporządzonych na podstawie zdjęcia geofizycznego dzięki zróżnicowaniu właściwości masywu skalnego w skrzydłach strefy uskokowej (rys. 6.3). Metodami geoelektrycznymi daje się też wykryć w sposób bezpośredni występowanie uskoków i stref spękanych w skałach nieodróżnionych litologicznie, bowiem w ich obrębie obserwuje się często znacznie niższe oporności pozorne niż w skałach otaczających. Jest to szczególnie ważne w utworach poziomo leżących lub o słabo zróżnicowanych właściwościach elektrycznych poza strefą uskokową. Obecność zaburzeń uskokowych często manifestuje się także niewielkim podwyższeniem naturalnej promieniotwórczości skał lub migracją radonu. Do ich wykrywania można zatem stosować metody radiometryczne (np. gamma, emanometryczne).

W wielu przypadkach metody geofizyczne umożliwiają wykrycie niejednorodności budowy złoża, stref skrasowienia, rozmyć. Najczęściej stosuje się w tym celu metody elektrooporowe (sondowania, profilowania) i mikrograwimetryczne. Znajdują też zastosowanie do śledzenia niejednorodności złoża między wyrobiskami (np. uskoków, wymyć w pokładach węgla) w wersji umożliwiającej „prześwietlenie” górotworu, np. sejsmiczne (rys. 6.4), radiofalowe i inne.

Interpretacja wyników badań geofizycznych opiera się na znanych współzależnościach między właściwościami fizycznymi skał i ich cechami litologicznymi. Zależności te są złożone, co powoduje możliwość niejednoznacznej interpretacji. Zawsze, o ile to jest możliwe, wskazane jest jej dowiązanie do wyników wcześniej wykonanych bezpośrednich obserwacji geologicznych – na przykład we wcześniej wykonanych otworach wiertniczych – lub jej weryfikacja za pomocą specjalnie w tym celu wykonanych otworów. Z tego powodu metody geofizyczne, w celach kartograficznych, stosowane są po wstępnym zbadaniu złoża otworami wiertniczymi (w kategorii D lub C₂)⁴.

⁴ Oczywiście nie dotyczy to zastosowania metod geofizycznych do poszukiwania złóż przed ich wstępnym zbadaniem (przedstawionych w części I).



Rys. 6.4. Rozpoznawanie budowy pokładu węgla metodą sejsmiczną (wg J. Dubińskiego i R. Siaty, 2000)
 A – schemat badań sejsmicznych metodą prześwietłań między wyrobiskami, B–D przykład: rozkład prędkości rozchodzenia się fali kanałowej (B) i współczynnika transmisji jej amplitudy w paśmie częstotliwości 500–700 Hz (C) oraz interpretacja zróżnicowania miąższości pokładu (D),
 a – miąższość poniżej 0,6 m, b – miąższość 0,6–1,2 m, c – miąższość ponad 1,2 m

6.2. Kartowanie złóż na podstawie wyników opróbowania

W wielu złożach kopalni – w szczególności złożach rud, ale także niektórych kopalni skalnych – granice złoża nie są wyraźnie określone przez zróżnicowanie litologiczne utworów stanowiących złożo w stosunku do otaczających. Kopalinę tworzącą złożo definiuje się wówczas na podstawie cech charakteryzujących jej jakość, np. zawartości składnika użytecznego w złożach rud, zawartości zespołu składników chemicznych w złożach wapieni

przeznaczonych dla przemysłu wapienniczego lub cementowego, zespołu właściwości fizycznych w złożach kopaliny ilastych ceramiki budowlanej itp. Granice złoża są w takich przypadkach definiowane w sposób umowny na podstawie wyników opróbowania. Wyznaczają je wymagane graniczne wartości parametru charakteryzującego jakość kopaliny określone w pobranych próbkach. Wymaga to odpowiedniego opróbowania złoża. W profilu pionowym, granice złoża, to jest jego strop i spąg, wyznaczają minimalne wartości parametru charakteryzującego jakość kopaliny, stwierdzone w pobranych próbkach odcinkowych. Próbkę w takich przypadkach powinny być pobierane w sposób ciągły w poszczególnych otworach lub wyrobiskach, wzdłuż całego profilu, odcinkami o długości zapewniającej odpowiednią dokładność wyznaczenia położenia stropu i spągu złoża. Przykładowo, w dolnośląskich złożach rud miedzi pobierane są próbki odcinkami o długości 0,2 m, w złożach rud Zn-Pb o długości 0,5 m, a w złożach siarki 1,0–1,5 m. W złożach kopaliny skalnych, np. wapieni, bywają niekiedy dłuższe. Jeśli zmienność parametru, na podstawie którego wyznacza się granice złoża, jest bardzo duża i występują na przemian wartości wyższe i niższe od przyjętych granicznych, wówczas granice złoża wyznacza się w taki sposób, by średnia wartość tego parametru (lub parametrów) który charakteryzuje jakość kopaliny była w całym profilu co najmniej równa przyjętej wartości granicznej. Zatem włącza się w granice tak definiowanego złoża również częściowo utwory uznane za płonne. W wyniku tego następuje nieuniknione uogólnienie (generalizacja) obrazu złoża i wyznaczenie umownych jego granic.

Sposób zaliczania do złoża przewarstwień lub partii płonnych jest kwestią umowną, ale zawsze musi być jednoznacznie określony. Przykładowo: w przypadku dokumentowania złóż węgla kamiennego przyjmuje się zasadę, że nie wyróżnia się przerostów płonnych o miąższości do 0,3 m (Polska norma PN-G 04501:1998). Przed rokiem 1998 nie wyróżniano przerostów o miąższości poniżej 0,05 m. Powoduje to, że w przypadku obecności przerostów miąższość pokładu jest większa od miąższości sumarycznej warstw węgla w pokładzie.

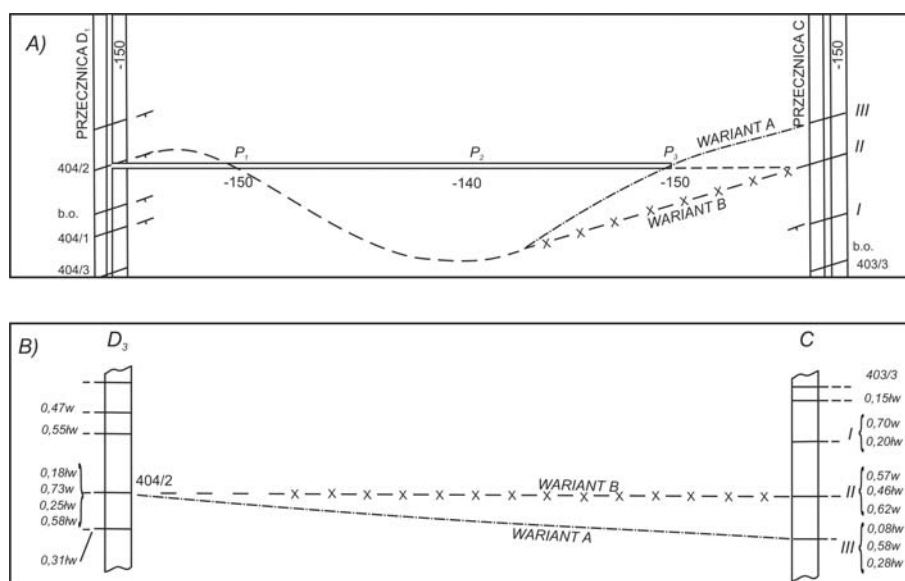
Miejsca pobrania próbek i wyniki ich badań nanosi się na profile odpowiednio otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych i na tej podstawie wyznacza się na nich położenie stropu i spągu złoża. Wyniki opróbowania służą też do sporządzania map jakości kopaliny. Przedstawia się na nich albo rozmieszczenie wyróżnianych odmian lub typów kopaliny albo zróżnicowanie wartości parametrów charakteryzujących jej jakość (zob. rozdz. 7.4.8 i część III).

6.3. Identyfikacja i korelacja pokładów i żył

Zagadnieniem szczególnie ważnym, jakie pojawia się w kartowaniu geologicznym złóż jest właściwa identyfikacja i korelacja kartowanych utworów, w szczególności pokładów i żył budujących złoża.

Przez identyfikację należy rozumieć przeprowadzenie dowodu tożsamości pokładu lub żyły stwierdzonej w dwu lub kilku nie łączących się ze sobą odsłonięciach. Przez korelację

pokładów rozumiemy ustalenie odpowiedniości pozycji poszczególnych warstw w profilu. W kopalni można przeprowadzić **bezpośrednią identyfikację** i korelację pokładu w chodnikach poziomych lub przy znacznym zbliżeniu wyrobisk prowadzonych z dwu różnych stron, jeżeli nie są one rozdzielone zaburzeniem tektonicznym. Mimo stosowania różnych metod, nawet w przypadku blisko siebie położonych pokładów, występujących wśród utworów podobnych litologicznie, ich właściwa identyfikacja i korelacja często może być jednak obciążona niepewnością (rys. 6.5).

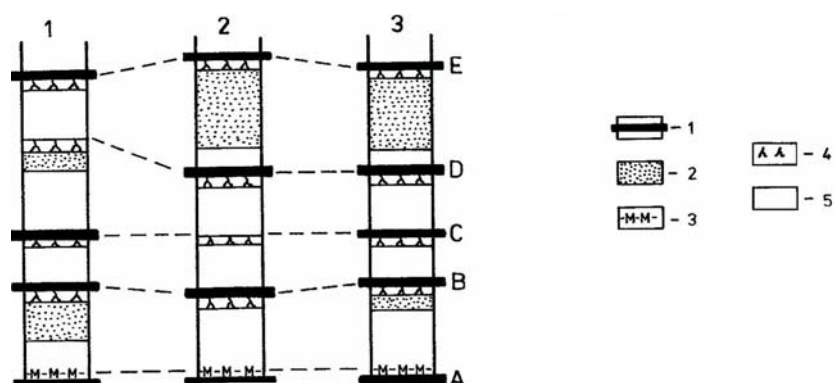


Rys. 6.5. Przykład niepewności korelacji pokładów (S. Duźniak, W. Gabzdyl, 1991)

Gdy nie można przeprowadzić bezpośredniej identyfikacji i korelacji pokładu, w przypadku stwierdzenia go w odległych od siebie miejscach (na przykład w otworach wiertniczych) stosujemy **pośrednie metody identyfikacji** – polowe lub laboratoryjne.

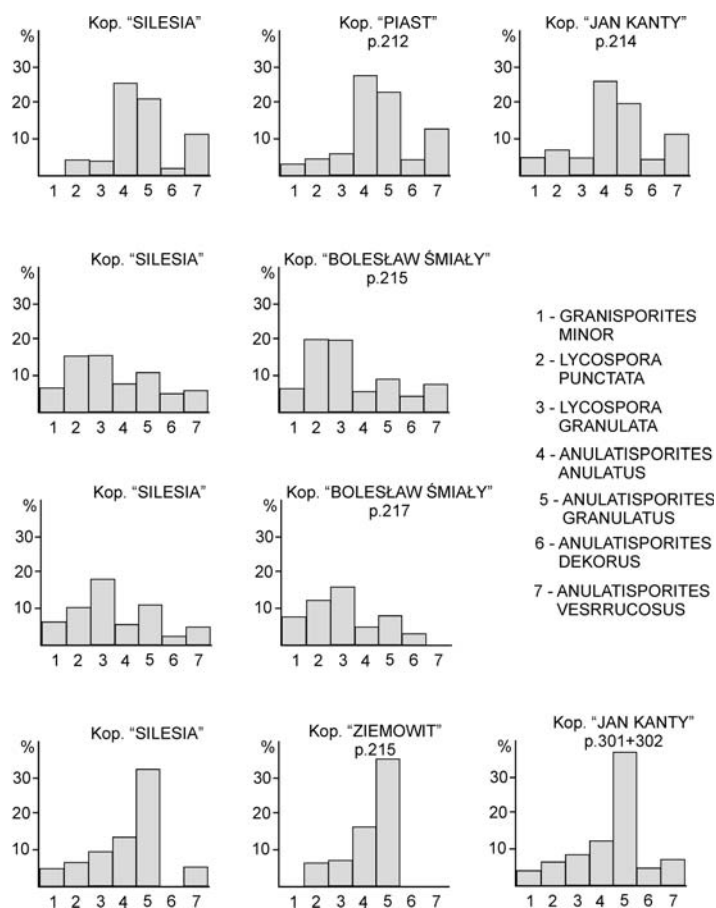
Identyfikacja pokładów metodami polowymi polega na stwierdzeniu ich podobnego położenia w profilu stratygraficznym i odległości od charakterystycznych warstw, uważanych za przewodnie, łatwo rozpoznawalnych na podstawie cech litologicznych (rys. 6.7). Są to warstwy (poziomy) **reperowe**. Przykładowo, w Zagłębiu Górnos Śląskim poziomami przewodnimi są niektóre grube i stałe pokłady węgla (pokład 510, 405), poziomy z fauną (morską, słodkowodną) lub poziomy tufitowe itp.

Innymi cechami ułatwiającymi identyfikację jest podobieństwo litologiczne pokładów, analogiczny profil, obecność charakterystycznych przerostów nieraz o stałej miąższości i stałym położeniu w pokładzie, np. łupki ogniotrwałe (tzw. tonsteiny) w niektórych pokładach węgla, oraz specyficzne wtrącenia mineralne np. w pokładach węgla, piryty, syderyty (tzw. blackbandy), niekiedy dolomitu. Miejsca możliwego położenia pokładu (w przypadku nie stwierdzenia węgla) wyznaczają poziomy gleb stigmariowych (rys. 6.6).



Rys. 6.6. Korelacja pokładów węgla (schemat)

1 – węgiel, 2 – piaskowce, 3 – poziom z fauną morską, 4 – gleby stigmariowe, 5 – iłowce, mułowce



Rys. 6.7. Przykład identyfikacji i korelacji pokładów na podstawie badań palynologicznych (wg M. Domagałowej i K. Kruszewskiej 1978)

W utworach o zróżnicowanej litologii przydatne do identyfikacji i korelacji poszczególnych warstw są wyniki profilowania geofizycznego otworów. Kryterium identyfikacyjnym są wówczas nie tylko wartości poszczególnych parametrów fizycznych rejestrowanych w trakcie profilowania, ale także kształt wykresu, zwłaszcza charakterystycznych warstw (rys. 3.21).

Pomocna w identyfikacji może być miąższość pokładu, jeśli nie ulega ona zmianie na znacznym obszarze, a także podobieństwo litologiczne skał tworzących strop lub spąg pokładów. W tym ostatnim przypadku należy brać pod uwagę nie tylko ogólny charakter petrograficzny skał, lecz również drugorzędne cechy litologiczne, jak np. barwę, sposób uwarstwienia, obecność flory, fauny, kongrecji itp.

Przydatność poszczególnych cech identyfikacyjnych jest zróżnicowana i zależy od odległości między punktami obserwacji pokładów (tab. 6.2). Z reguły identyfikację i korelację przeprowadza się na podstawie zespołu różnych cech i uwzględnia rozmieszczenie pokładów w profilu. Identyfikację prowadzi się przeważnie nie dla pojedynczych warstw lub pokładu, lecz dla całej serii, wykorzystując jako cechę identyfikacyjną następstwo poszczególnych warstw, ich położenie w profilu oraz charakterystykę litologiczną serii.

Czynnikiem ograniczającym stosowanie polowych metod identyfikacji jest zmienność facjalna identyfikowanej warstwy oraz zmienność facjalna skał stropowych i spągowych, a także analogiczne wykształcenie różnych warstw (pokładów).

Identyfikacja metodami polowymi może być przeprowadzona na podstawie szczegółowych i systematycznych obserwacji, natomiast identyfikacja metodami laboratoryjnymi wymaga wykonania badań w odpowiednio wyposażonej placówce badawczej. Przeprowadza się ją na podstawie systematycznie pobranych próbek. Metody laboratoryjne polegają na określeniu w miarę możliwości ścisłej pozycji stratygraficznej pokładu na podstawie badań paleontologicznych, makro- i mikropaleontologicznych, palynologicznych, a niekiedy także geochemicznych i mineralogicznych.

Znaczenie wskaźnikowe przypisuje się zespołom mikroskamieniałości (rys. 6.7). Szczególną rolę odgrywają tu formy o małym zasięgu pionowym oraz te, które są szczególnie licznie reprezentowane w pewnych warstwach lub wykazujące zmienną częstotliwość występowania, mimo iż ich zasięg pionowy jest znaczny.

Zespoły mikroskamieniałości wyodrębnia się w profilach przez porównanie obserwowanego ich składu w poszczególnych próbkach oraz porównanie procentowego udziału poszczególnych form, zwykle gatunków. Dokonuje się tego za pomocą metod taksonomicznych, pozwalających na ilościową ocenę podobieństwa lub różnic wydzielanych zespołów.

Niekiedy pomocniczymi dla identyfikacji okazują się badania petrograficzne, np. gdy występują skały zawierające składniki nie obserwowane w innych, np. minerały ciężkie, lub chemiczne, gdy skład chemiczny danego pokładu wyróżnia go spośród innych. Niekiedy znaczenie wskaźnikowe mogą mieć pierwiastki śladowe.

Punktem wyjścia do identyfikacji i korelacji jest zestawienie **normalnych profilów** wyrobisk, tzn. zestawionych prostopadle do uwarstwienia w postaci kolumnienek. Profile te

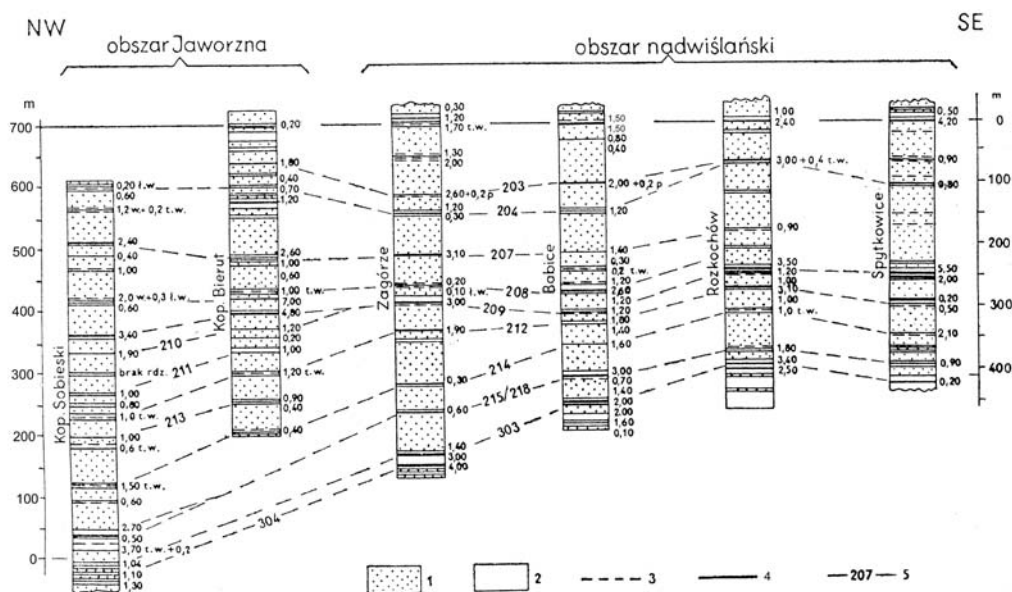
Tabela 6.2

Przydatność cech korelacyjnych przy identyfikacji pokładów węgla

Grupa cech	Cecha korelacyjna	Zasięg identyfikacji			
		dla pojedynczego pokładu			dla grupy pokładów
		do 10 km	10–50 km	50 km	
Geologiczno-stratygraficzne	położenie w stosunku do poziomów przewodnich (reperowych)	+++	+++	+++	+++
Litologiczne	miąższość	++	+	+	+
	budowa pokładu	+	0	0	0
	charakter skał stropowych i spągowych	+	0	0	0
	wkładki łupków ogniotrwałych, tonszteinów i tufitów	+++	+++	++	+
	konkrecje	++	+	0	++
Petrograficzne makroskopowe i mikroskopowe	skład petrograficzny węgla	+	0	0	+++
	rozmieszczenie poszczególnych litotypów węgla humusowych w profilu pokładu	+++	++	+	+
	wkładki innych litotypów węgla	+++	++	+	0
	zawartość składników w profilach średnich	+	+	0	+++
	skład jakościowy i struktura węgla (stratyfikacje)	+++	++	+	+
	wkładki o charakterystycznym składzie	+++	++	+	+++
	charakter substancji nieorganicznych	+	0	0	0
	stopień uwęglenia	+	+	+	++
minerały akcesoryczne	++	+	0	0	
Chemiczne i fizyczne	typ węgla	++	++	+	++
	skład chemiczny	+	+	+	++
	właściwości fizyczne	++	++	+	+
	skład popiołu	+	+	0	+
	pierwiastki śladowe	+	0	0	+
Paleobotaniczne	makroflora	+	+	+	++
	mikroflora	+++	++	+	+++

+++ cecha przydatna dla korelacji, ++ cecha średnio przydatna, + przydatna w komplecie z innymi, 0 nieprzydatna

tak ustawia się względem siebie, aby uzyskać najwięcej odpowiedników i najlepsze powiązanie pokładów. Zestawione obok siebie profile normalne ważniejszych wyrobisk danej kopalni i kopalni sąsiadujących tworzą **przekrój korelacyjny**. Powiązanie poszczególnych poziomów stratygraficznych i pokładów zaznacza się na nim linią przerywaną (rys. 6.8).



Rys. 6.8. Korelacja pokładów węgla we wschodniej części Górnosląskiego Zagłębia Węglowego (wg Z. Dembowskiego 1972)

1 – piaskowce i zlepińce, 2 – iłowce i mułowce, 3 – łupki węglowe,
4 – pokłady węgla (przy profilach podano ich miąższość w m), 5 – numery pokładów

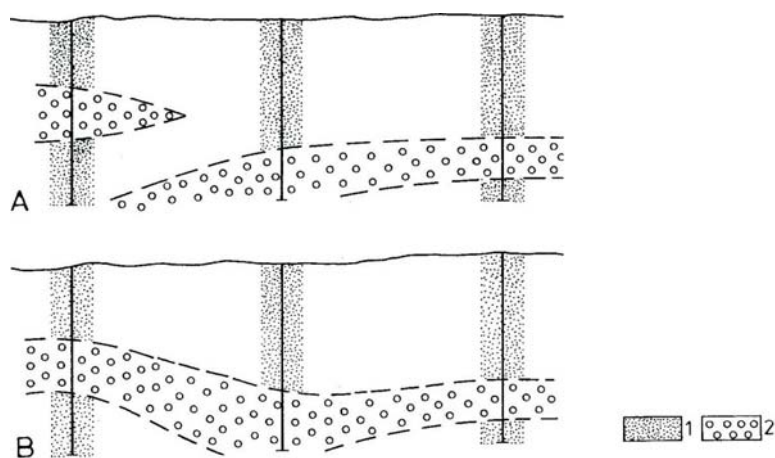
Poprawna identyfikacja i korelacja pokładów ma istotne znaczenie dla prawidłowego udokumentowania złoża, obliczenia zasobów (zasobów poszczególnych pokładów), a następnie jego udostępnienia i eksploatacji.

W złożach wielopokładowych dla lepszej orientacji poszczególne pokłady numeruje się, oznacza się literami lub nadaje im nazwy. System oznakowania powinien umożliwiać łatwą identyfikację pokładów rozszczepiających się. Na Górnym Śląsku pokłady węgla mają numerację trzycyfrową. Pierwsza cyfra oznacza jednostkę stratygraficzną, a dwie kolejne są numerami pokładu, licząc od stropu danej jednostki, np. pokład 501 jest najwyższym pokładem warstw siodłowych, 502 niższym itd. Ponieważ w żadnej z wydzielonych jednostek nie występuje ponad 100 pokładów, numeracja taka jest wystarczająca. Pokłady powstałe przez rozszczepienie oznaczają się dodatkowymi cyframi, np. 419/1, 419/2.

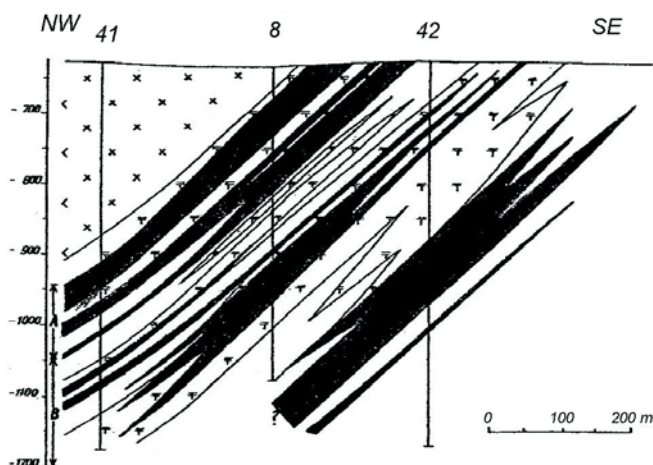
W złożach utworzonych przez dwa typy skał występujące naprzemianległe poszczególne warstwy oznacza się symbolami literowymi i cyfrowymi, przy czym cyfry zwykle oznaczają warstwy produktywne, a litery – płonne.

Z dużą ostrożnością należy korelować pokłady nieciągłe, wyklinowujące się, gdyż łatwo tu o pomyłki nawet w przypadku niedużych odległości między nimi. Dotyczy to także korelacji warstw o różnych cechach litologicznych w obrębie złoża (np. w złożach kruszywa piaskowo-żwirowego). Korelacja wyróżnianych warstw może być uzależniona od przyjętej koncepcji budowy złoża (na przykład genezy, warunków sedymentacji), znajdującej wyraz w sposobie przedstawiania tej budowy na przekrojach (rys. 6.9).

Przy identyfikowaniu żył w złożach żyłowych bierze się pod uwagę treść mineralną żył, ich budowę, miąższość, charakter skał otaczających. Bardzo duże znaczenie dla identyfikacji i korelacji żył ma analiza ich ułożenia przestrzennego na tle tektoniki, zwłaszcza gdy skład mineralny żył zmienia się wraz z głębokością i nie jest kryterium identyfikacyjnym.

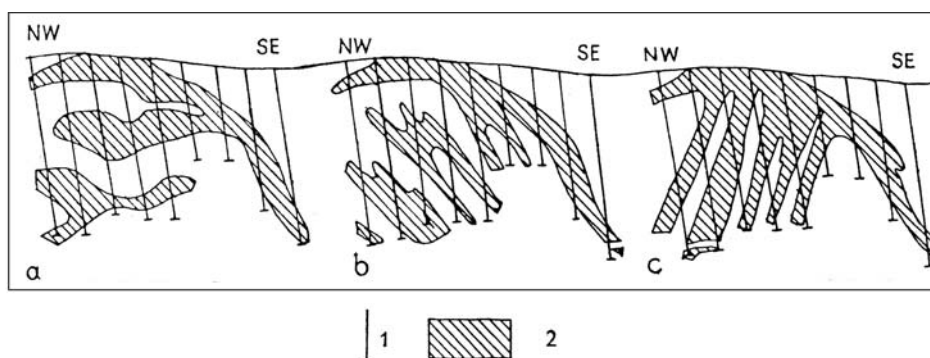


Rys. 6.9. Korelacja warstw zależna od przyjętej koncepcji budowy złoża
1 – piaski, 2 – żwiry



Rys. 6.10. Interpretacja budowy złoża na podstawie średniego kąta upadu. Złoże rud V-Ti-Fe Krzemianka (wg M. Subiety 1979)

Szczególnie trudne są identyfikacja i korelacja poszczególnych stref zmineralizowanych w złożach sztokwerkowych i szlirowych, ze względu na zmienne położenie tych stref. Przeprowadza się je najczęściej w sposób geometryczny na podstawie średniego kąta upadu żyłek lub powierzchni ograniczających poszczególne smugowe skupienia kruszców (rys. 6.10) Można jednak w takim przypadku pomylić się, jeśli złożo jest słabo poznane. Niejednokrotnie istnieje też możliwość różnej interpretacji (rys. 6.11). Wskazuje to wówczas na niski stopień rozpoznania złoża.



Rys. 6.11. Trzy możliwości interpretacji budowy złoża sztokwerkowego
 a – przy założeniu poziomego rozprzestrzenia ciał rudnych, b – przy założeniu, że są one ułożone zgodnie z kierunkiem zapadania systemu żyłek nachylonych ku E, c – jw. z kierunkiem żyłek nachylonych ku W;
 1 – otwory wiertnicze, 2 – złożo

6.4. Obserwacje tektoniki

6.4.1. Problemy rozpoznania i interpretacji tektoniki złoża

Tektonice w trakcie kartowania geologicznego złóż należy poświęcać szczególną uwagę, gdyż decyduje ona między innymi o sposobie udostępniania złoża i jego eksploatacji, kierunku wybierania, trwałości stropu, zmianach jakości kopaliny (zwłaszcza w złożach epigenetycznych). Niekiedy wykonuje się nawet specjalne zdjęcia strukturalne w celu zarejestrowania wszystkich elementów tektoniki.

Z jednej strony istnieją duże wymagania odnośnie danych na jej temat i oczekiwania poprawności jej interpretacji, z drugiej strony informacje jakimi dysponuje się w wyniku prac rozpoznawczych są zawsze ułomne, zwłaszcza gdy ich źródłem są tylko otwory wiertnicze. Trudności te polegają na:

- możliwości różnej interpretacji obserwowanych zjawisk w przypadku niepełnej lub mało dokładnej informacji (może też wynikać z nieumiejętności wykonania prawidłowych obserwacji),

- ograniczonej możliwości wykrycia zaburzeń drobnych i możliwość przedstawienia na mapach i przekrojach tylko zaburzeń na tyle dużych, że przedstawienie ich interpretowanego położenia na mapach i przekrojach nie budzi wątpliwości,
- ograniczonej dokładności lokalizacji interpretowanych zaburzeń,
- możliwości występowania nie wykrytych zaburzeń.

Interpretacja tektoniki na mapach i przekrojach powinna być wzajemnie zgodna. Jeśli istnieją zasadnicze wątpliwości, co do interpretacji i możliwe są różne jej warianty wówczas powinny być one przedstawione.

6.4.2. Tektonika fałdowa

W utworach nie objętych budową płaszczowinową śledzenie zaburzeń fałdowych jest stosunkowo łatwe. Interpretacja ich nie nastęrcza trudności.

Obserwacje tektoniki fałdowej sprowadza się do dokładnych pomiarów elementów ułożenia warstw i odtworzenia następstwa stratygraficznego. W utworach silnie sfałdowanych zagadnieniem zasadniczym jest rozróżnienie fałdów normalnych i odwróconych. W monottonnych seriach skał osadowych umożliwiają rozróżnienie tych fałdów cechy sedimentologiczne, np. ułożenie hieroglifów, warstwowanie frakcjonalne, gleby stigmariowe itp., w seriach zmetamorfizowanych stosunek kliważu i fałdek ciągnionych do uwarstwienia.

W przypadku, gdy złoże jest rozpoznane tylko za pomocą otworów wiertniczych, podstawą dla interpretacji zaburzeń tektonicznych ciągłych (fałdowych) są zawsze pomiary nachylenia płaszczyzn uwarstwienia na rdzeniach wiertniczych. Dodatkowo źródłem informacji o kierunku ich nachylenia mogą być:

- pomiary krzywizny otworu (rys. 3.2),
- pomiary na rdzeniach orientowanych,
- pomiary elementów ułożenia warstw metodami geofizycznymi (rys. 3.19, 3.20),
- obserwacje ułożenia warstw w odsłonięciach na powierzchni lub interpretowane na podstawie kartowania powierzchniowego (w terenie dostatecznie odsłoniętym), ekstrapolowane w głąb (rys. 1.5).

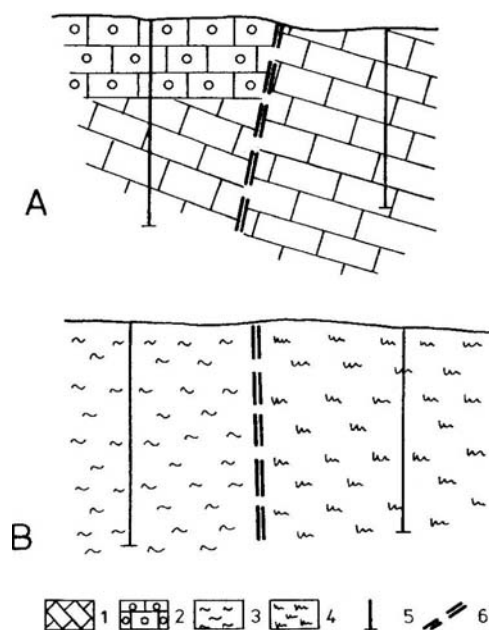
Duża zmienność nachylenia warstw rejestrowana w czasie profilowania otworów wskazuje na występowanie drobnych zafałdowań, które mogą być przedstawione na mapach lub przekrojach tylko w przypadku małej odległości między otworami. Drobne formy fałdowe mogą być prawidłowo przedstawione dopiero na podstawie profilowania wyrobisk górniczych. Ich znajomość jest ważna, gdyż zaburzenia o małej amplitudzie są jedną z przyczyn zubożenia kopaliny w czasie jej eksploatacji w wyniku przybierania skały płonnej lub jej strat w częściach osiowych synklin i antyklin. Przy eksploatacji odkrywkowej nachylenie skrzydeł drobnych form fałdowych, skierowane do wyrobiska, może być szczególnie niebezpieczne ze względu na możliwość powstawania osuwisk.

Równoległe z obserwacją zaburzeń fałdowych należy prowadzić obserwację zmian miąższości warstw i gęstości spękań, gdyż oba te parametry zależą niekiedy od miejsca położenia w obrębie fałdów (przegub, skrzydło).

6.4.3. Tektonika uskokowa

W przypadku rozpoznania złoża otworami wiertniczymi dokładna lokalizacja położenia uskoku jest utrudniona. Możliwe jest tylko przedstawienie przybliżonego położenia dużych dyslokacji (rys. 6.12). Dokładność ich lokalizacji zależy od gęstości sieci rozpoznawczej i jej orientacji w stosunku do tych dyslokacji. Obecność drobnych uskoków może być tylko sygnalizowana na podstawie obserwacji rdzeni wiertniczych (zob. rozdz. 6.4.4). Na mapach i przekrojach, zwłaszcza sporządzonych w małej skali i gdy odległości między otworami wiertniczymi są duże, wyznaczenie położenia uskoku o małym, kilkumetrowym zrzucie jest praktycznie niemożliwe. Informację o możliwym występowaniu uskoku można uzyskać wówczas, gdy zostanie on przecięty przez otwór. Na mapach i przekrojach domniemany uskok, którego obecność i lokalizacja nie jest pewna, powinien być zaznaczony linią przerywaną ze znakiem zapytania.

Właściwa interpretacja tektoniki uskokowej może być dokonana w trakcie sporządzania map strukturalnych (spągu lub stropu złoża) oraz przekrojów (zob. rozdz. 7.4.4). W przypadku złóż występujących w terenie dobrze odsłoniętym, zwłaszcza kopalni skalnych, podstawowe zaburzenia tektoniczne mogą być interpretowane na podstawie szczegółowego kartowania geologicznego na powierzchni oraz obserwacji morfologii. Obecność uskoków sygnalizują obniżenia terenowe, skarpy itp. W interpretacji zaburzeń należy zwrócić uwagę na jej poprawność z punktu widzenia geologii strukturalnej. Jest to szczególnie ważne przy



Rys. 6.12. Interpretacja uskoku na przekroju między otworami wiertniczymi
 A – w złożu wapieni, B – w złożu kopalni ilastych; 1 – wapień jurajskie, 2 – wapień litotamniowe,
 3 – iły, 4 – mułowce, 5 – otwory wiertnicze, 6 – uskok

skomputeryzowanym opracowywaniu map strukturalnych, gdyż często obraz uzyskany w wyniku zadanego algorytmu interpolacyjnego może być nielogiczny i geologicznie nieuzasadniony.

Wykrycie obecności uskoków w kompleksie skał osadowych, rozpoznany otworami wiertniczymi, nie nastręcza trudności w przypadku dostatecznie wyraźnego zróżnicowania litologicznego lub wiekowego warstw (rys. 6.12). Dokładne umiejscowienie uskoku często jest niemożliwe zwłaszcza w przypadku dużych odległości między otworami (rys. 1.4). Wątpliwości interpretacyjne mogą pojawić się w przypadku dodatkowo możliwych zmian facjalnych. Występowanie granic różnych utworów musi być wówczas uzasadnione.

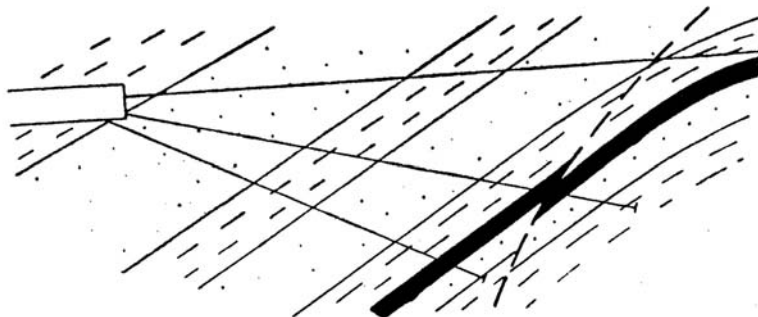
Prawidłowe rozpoznanie tektoniki uskokowej bywa możliwe (lecz nie zawsze) za pomocą wyrobisk górniczych. W utworach dobrze uwarstwionych, zróżnicowanych litologicznie, uskok przecięty wyrobiskiem górniczym jest zazwyczaj łatwy do rozpoznania na podstawie profilowania. Przebieg uskoku między wyrobiskami usytuowanymi w jego skrzydłach, jeśli brak jest jakichkolwiek informacji o jego położeniu, wyznaczamy geometrycznie w połowie odległości między nimi. Należy pamiętać, że położenie uskoku interpretowane między wyrobiskami może być i zwykle jest obarczone dużym błędem, zwłaszcza jeśli wyrobiska te są bardzo oddalone od siebie. Praktycznie przebieg uskoku można wyznaczyć tylko wówczas, gdy dysponuje się obserwacjami wykonanymi w wyrobisku górniczym prowadzonym w poprzek jego rozciągłości.

W skałach litologicznie niezróżnicowanych, spękanych, wykrycie uskoków, zwłaszcza o niewielkich (parometrych) zrzutach, może nastręczać trudności i jest niemożliwe bez wnikliwego i dokładnego przesledzenia zaburzeń towarzyszących, np. stref zbrekcjowania, spękania, które mogą być jedynymi oznakami jego występowania.

Niepewność informacji o położeniu uskoku powoduje, że w złożach eksploatowanych wśród zagadnień związanych z rozpoznawaniem uskoków najważniejsze są dwa:

- 1) wykrycie momentu zbliżania się do uskoku w trakcie drażenia wyrobiska,
- 2) określenie kierunku przemieszczenia skrzydła za uskokiem.

Wykrycie sąsiedztwa uskoku lub momentu zbliżania się do niego wyrobiskiem górniczym jest możliwe na podstawie zmian występujących w skałach w bezpośrednim jego sąsiedztwie. Obserwuje się np. zmniejszenie wytrzymałości skał, intensywniejsze spękanie, rozłaskowanie, przeobrażenie hydrotermalne lub wietrzeniowe, pojawienie się mineralizacji. Często w sąsiedztwie uskoków obserwuje się zwiększony dopływ wody. O bliskości uskoków mogą również świadczyć zmiany rozciągłości i kąta upadu warstw, pojawienie się systemów spękań nie obserwowanych w innych częściach kopalni (spękań opierających). Większym uskokiom towarzyszą często drobne, stopniowo przemieszczające się względem siebie skrzydła. Wymienione zjawiska pojawiają się dopiero w bliskim sąsiedztwie uskoków (do paru metrów), tak że można je wykorzystać jedynie w trakcie drażenia wyrobiska. W przypadku, gdy konieczne jest wyznaczenie rzeczywistego położenia uskoku ze znacznym wyprzedzeniem przed wykonaniem wyrobiska, wykonuje się specjalne wiercenia badawcze (przedwierty, rys. 6.13).



Rys. 6.13. Rozpoznawanie zaburzeń tektonicznych za pomocą otworów wyprzedzających wierconych z wyrobiska

Zagadnienie określenia położenia złoża w skrzydle za uskokiem pojawia się wówczas, gdy brak jest informacji z wyrobisk rozpoznawczych o wzajemnym położeniu skrzydeł. W skałach uwarstwionych, dobrze rozpoziomowanych stratygraficznie, zagadnienie sprowadza się do określenia pozycji stratygraficznej utworów napotkanych za uskokiem. W innych przypadkach korzystamy z informacji pomocniczych, których dostarczają (rys. 6.14):

- 1) morfologia uskoku,
- 2) budowa strefy uskokowej,
- 3) zjawiska w strefie przyuskokowej.

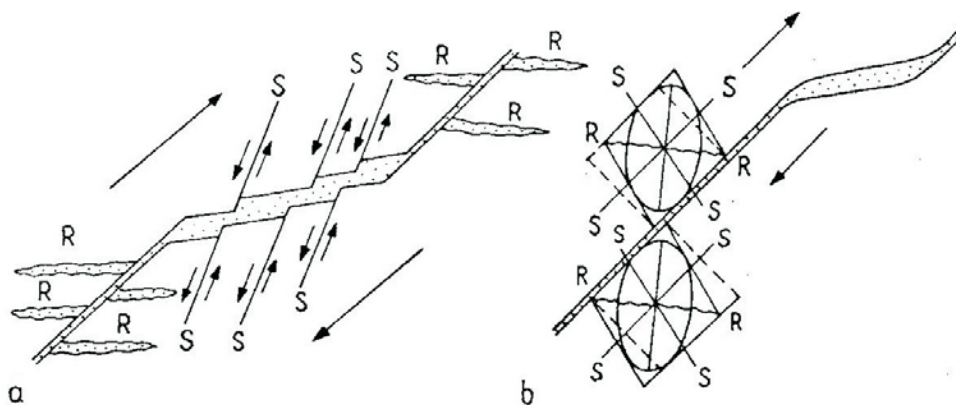
Do pierwszej grupy zalicza się bruzdy, rysy i zadziory obserwowane na wygładzonej powierzchni uskokowej. Kierunek przemieszczenia można określić na podstawie resztek wleczonego wzdłuż uskoku materiału złobiącego rysy, np. fragmentów rozartego materiału żylnego, fragmentów brekcji itp. W sąsiedztwie tych fragmentów obserwuje się rysy w kierunku przeciwnym do kierunku przemieszczenia. W kierunku, w którym zachodziło przemieszczanie skrzydła zauskokowego, często pogłębiają się one i rozszerzają. Informacji o kierunku przemieszczania części zauskokowej dostarczają również zadziory obserwowane na płaszczyźnie uskokowej, które są śladami odrywania się (rozrywania) materiału skalnego lub ścinania.

Poza tym gdy uskok przecina zespół skał o zróżnicowanym wykształceniu litologicznym, w szczególności jakieś charakterystyczne poziomy, o kierunku przesunięcia skrzydeł może informować wielkość, ilość i sposób ułożenia fragmentów skalnych tworzących brekcję w szczelinie uskokowej.

Najwięcej informacji o kierunku przemieszczania dostarcza na ogół strefa przyuskokowa. Są one tym cenniejsze, że pozwalają określić kierunek przemieszczania części zauskokowej zanim uskok zostanie przecięty wyrobiskiem. W strefie przyuskokowej obserwuje się często wygięcie warstw w kierunku skrzydła przemieszczonego, pojawienie się drobnych uskoków stopniowo, schodowo przemieszczających pokład lub żyłę w tym samym kierunku co uskok zasadniczy, wreszcie o kierunku przemieszczenia informuje układ spękań opierających, zwłaszcza tensyjnych, często dobrze widocznych dzięki ich rozwarciu lub wypełnieniu treścią mineralną.

Objawy przemieszczenia		Kierunek przemieszczenia		
		w górę	w dół	
W strefie przyskokowej	wygięcia warstw			
	uskoki schodowe			
	spękania opierające / tensyjne ✕ kompresyjne			
Na płaszczyźnie uskokuwej	rysy i fragmenty rozartego materiału żylnego			
	zadziory	z odrywania		
		ze ścinania		
W szczelinie uskokuwej	wypełnienie szczeliny uskokuwej-parwaki			
	brekcje			

Rys. 6.14. Interpretacja kierunku przemieszczenia skrzydła zauskokowego



Rys. 6.15. Przesuwca strefa uskokuwa (a) i schemat ilustrujący sposób powstawania spękań i wolnych przestrzeni (b)

R, S – spękania opierające: R – z rozciągania (tensyjne), S – ze ścinania (kompresyjne)

W złożach rud ważnym zagadnieniem jest rozróżnienie uskoków przedmineralizacyjnych i pominalizacyjnych. W pierwszym przypadku mogą one być miejscem lokalizacji kruszców lub spełniać rolę ekranu dla mineralizacji. Uskoki pominalizacyjne przemieszczają złoża i mogą być drogą przenikania wód powierzchniowych do złoża, ułatwiając jego głębokie wietrzenie.

Trudnymi do wykrycia i interpretacji są często uskoki przesuwcze, zwłaszcza w skałach poziomo ułożonych lub nieuwarstwionych. Mają one jednak nieraz duże znaczenie dla kształtowania właściwości mechanicznych górotworu, migracji wody i gazów, rozmieszczenia mineralizacji itp. Układ spękań opierających (rys. 6.15), rysy na płaszczyznach uskokowych informują o kierunku przemieszczenia skrzydeł. Należy też mieć na uwadze, że często uskoki mają charakter zrzutowo-przesuwczy z mniej lub bardziej zaznaczoną składową poziomą przemieszczenia.

6.4.4. Rozpoznawanie uskoków w otworach wiertniczych

Mimo, że uskoki często są przecinane przez otwory wiertnicze, rzadko obserwuje się je w rdzeniu. Wynika to przede wszystkim z małej średnicy rdzenia, która utrudnia interpretację przestrzennych stosunków przewiercanych skał, oraz z małego uzysku rdzenia ze strefy uskokowej w wyniku większego spękania skał przylegających do uskoku i obniżonej ich wytrzymałości mechanicznej. O obecności uskoku przeciętego przez otwór lub występującego w bliskim sąsiedztwie wnioskuje się więc często na podstawie obserwacji pośrednich:

- 1) silnego spękania skał w niektórych odcinkach rdzenia, pojawienie się mineralizacji żyłkowej,
- 2) zbrekcjowania skał,
- 3) niskiego uzysku rdzenia i złego stanu jego zachowania (rdzeń silnie rozkruszony), co jest wynikiem silnego z reguły jego spękania,
- 4) nienormalnego następstwa warstw (brak lub podwójne występowanie), ich nadmiernej lub zbyt małej miąższości w porównaniu z obserwowanymi,
- 5) zmiany właściwości fizycznych skały (np. rozłaskowania).

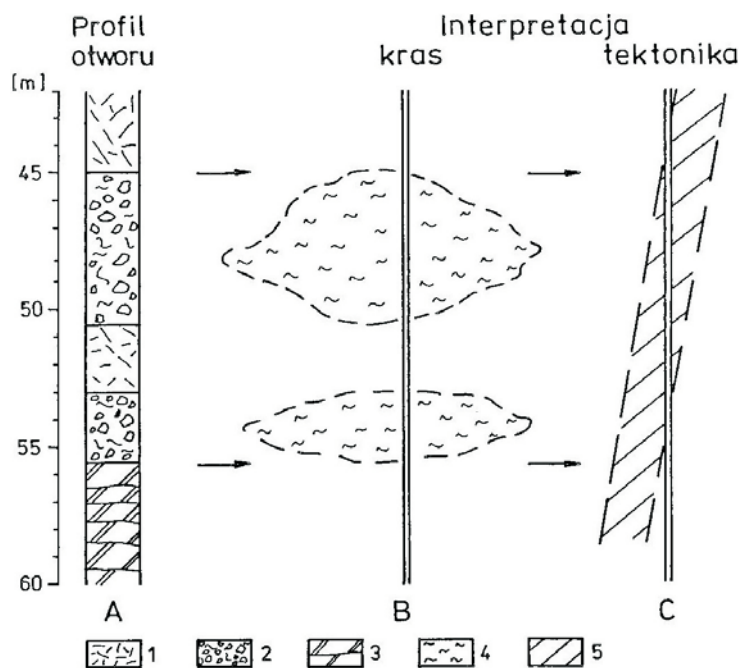
O obecności uskoku mogą również świadczyć zaniki płuczki wiertniczej obserwowane w trakcie wiercenia otworu, gwałtowne jego krzywienie nieraz w kierunku przeciwnym niż wynikające z naturalnego układu warstw (rys. 3.3) oraz zaciskanie otworu.

Informacji o występowaniu zaburzeń uskokowych dostarczyć mogą także wykresy profilowania geofizycznego. Mają one wówczas nietypowy przebieg, który można stwierdzić porównując z wykresem otrzymanym z tych samych warstw niezaburzonych. Obecność stref uskokowych sygnalizować może zwiększenie średnicy otworu, duża kawernistość (skał rejestrowana na profilach gamma-gamma), silne zawodnienie sygnalizowane przez niską oporność pozorną itp.

Ostatecznie o obecności uskoku wnioskujemy na podstawie interpretacji przekrojów i map strukturalnych, gdyż omówione zjawiska mogą być związane także z innymi pro-

cesami, które mogą powodować drobne, nieciągłe zaburzenia warstw o niewielkim zasięgu pionowym.

W kompleksach skał węglanowych strefy szczelin uskokowych wypełnionych utworami ilastymi (glinkami tektonicznymi) z okruchami skał otaczających bywają błędnie interpretowane jako strefy krasowienia (rys. 6.16).



Rys. 6.16. Interpretacja profilu otworu: błędna (kras) i poprawna (strefa uskokowa). Złoże dolomitu Jańczyce
 A – profil otworu. Opis skał wg. oryginalnego profilu w dokumentacji geologicznej złoże, B – interpretowane na przekroju wypełnienie kieszeni krasowych, C – poprawnie zinterpretowana strefa uskokowa;
 1 – dolomity szare silnie spękane ze śladami luster tektonicznych i z żyłkami kalcytowo-dolomitowymi,
 2 – gliny z okruchami dolomitu, 3 – dolomity ciemnoszare, spękane, brekcjowate z żyłkami dolomitu, 4 – ility interpretowane jako wypełnienie pustek krasowych, 5 – utwory ilaste i brekcje w strefie uskokowej

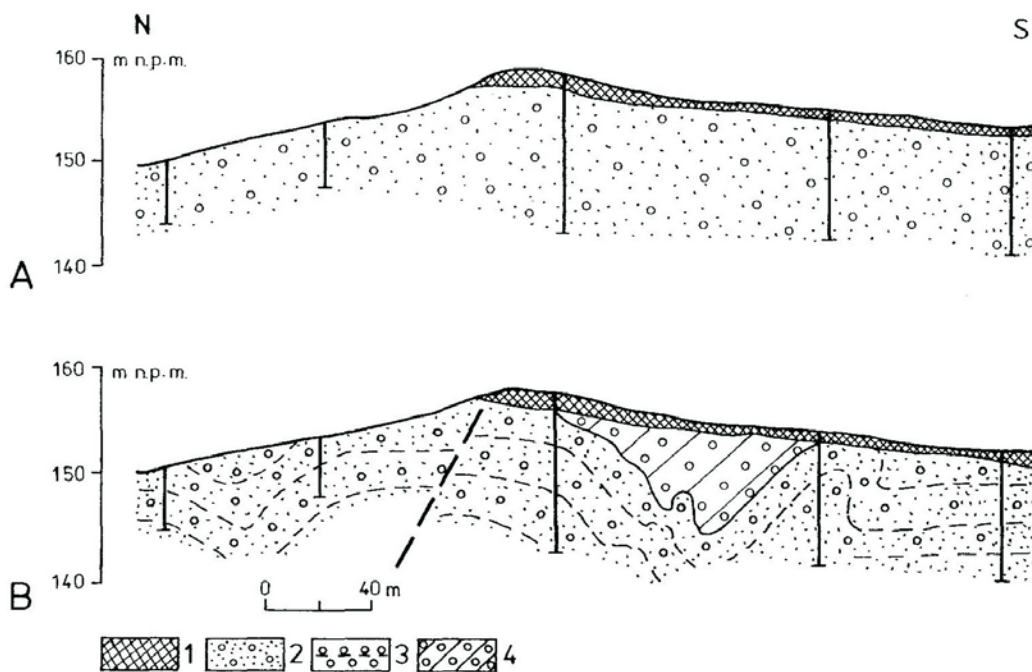
6.4.5. Zaburzenia glacitektoniczne

Zaburzenia glacitektoniczne mają istotne znaczenie w dokumentowaniu złóż na terenach występowania utworów lodowcowych (w szczególności kruszywa piaskowo-żwirowego). Cechuje je duża lokalna nieregularność form. W połączeniu ze zmiennością litologiczną osadów lodowcowych powoduje ona poważne trudności prawidłowej ich interpretacji na podstawie wierceń. Praktycznie jest możliwa tylko na podstawie obserwacji w odsłonięciach naturalnych lub sztucznych. W trakcie rozpoznawania złoże otworami wiertniczymi na

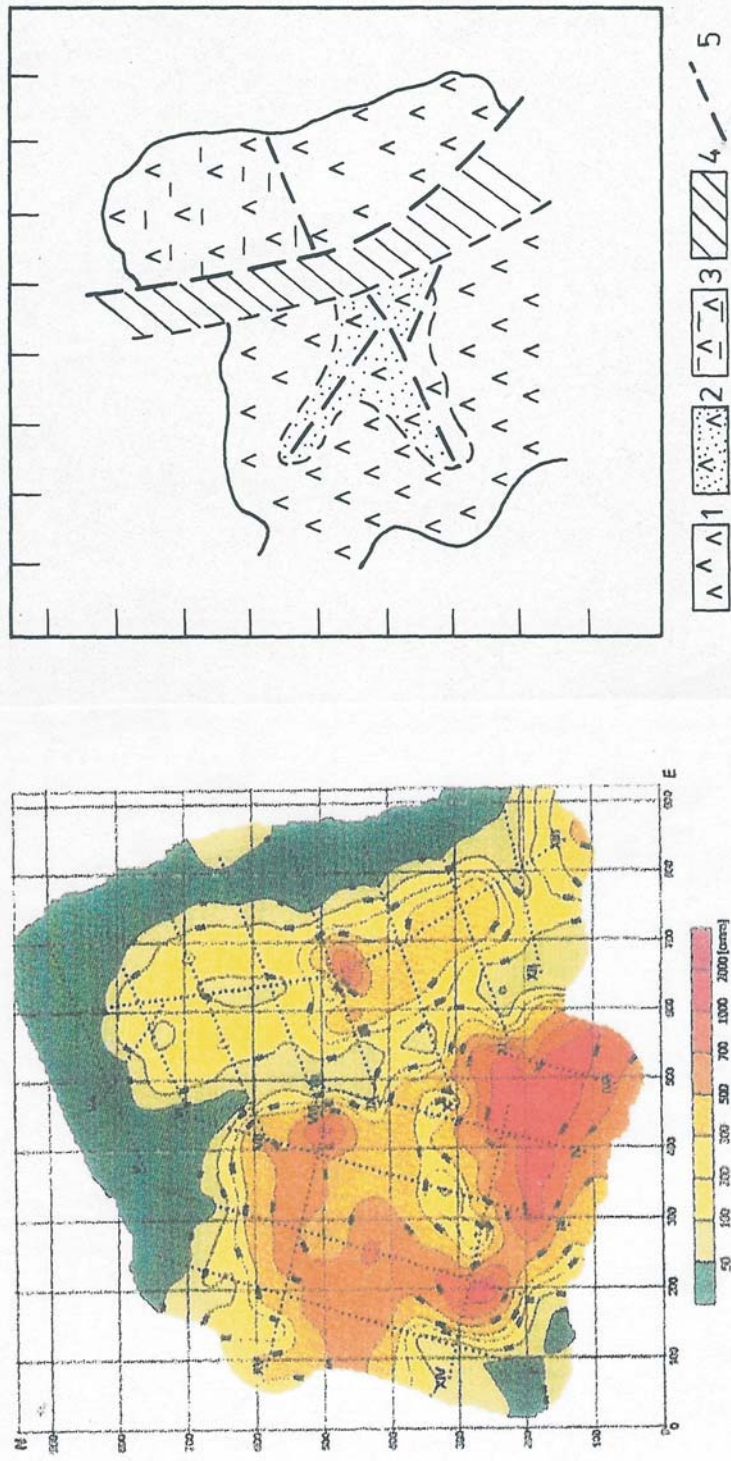
terenie, gdzie takie zaburzenia mogą występować niezbędne jest skrupulatne rejestrowanie wszelkich zjawisk wskazujących na ich istnienie:

- zmienności litologicznej warstw,
- nachylenia warstw, zwłaszcza ich kontaktów (w szczególności glin, ilów, mułków).

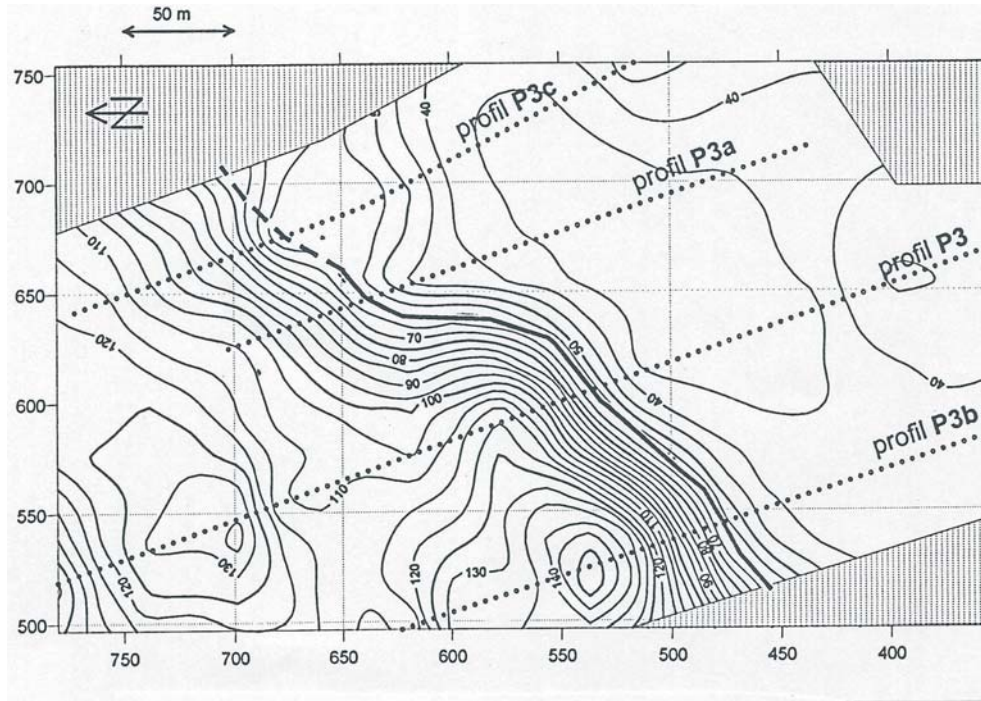
Obecność zaburzeń glacitektonicznych może powodować, że rzeczywisty obraz złoża (nawet w przypadku małych złóż) może znacznie różnić się od interpretowanego na podstawie wyników wierceń. Dopiero po udostępnieniu złoża obraz jego budowy może być skorygowany na podstawie bezpośredniej obserwacji odsłonięć (rys. 6.17).



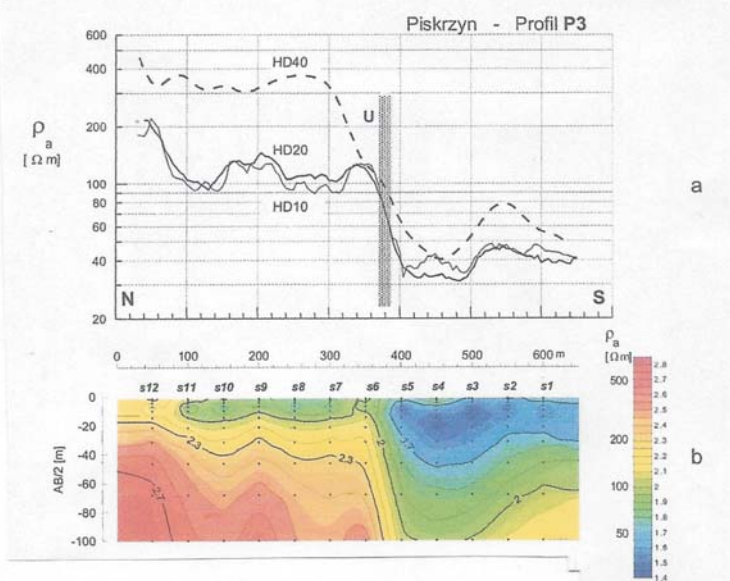
Rys. 6.17. Interpretacja budowy złoża kruszywa żwirowo-piaskowego na podstawie rozpoznania otworami wiertniczymi i po odsłonięciu w wyrobisku górniczym. Złoże Lipsk Kolonia
 1 – gleba, 2 – piaski ze żwirem (wg opisu próbek z otworów), 3 – nieregularne przewarstwienia piasków, piasków ze żwirem i żwirów piaszczystych (stwierdzone w wyrobisku), 4 – gliny zwalowe



Rys. 6.1. Interpretacja budowy złoża na podstawie badań geofizycznych. Złoże melafiru „Grzędz” (wg J. Farbisza i in. 2000)
 A – mapa oporu elektrycznego na podstawie badań metodą radiofalową (VLF), B – interpretacja budowy złoża, 1 – melafir o dużej miąższości 2 – melafir o obniżonych właściwościach, 3 – melafir małej miąższości, 4 – strefa bezzłożowa (uskokowa ?), 5 – przypuszczalne strefy zaburzeń tektonicznych (spękań)



a)



b)

Rys. 6.3. Interpretacja położenia uskoku ograniczającego złożę na podstawie profilowania elektrooporowego. Złożę dolomitu „Piskrzyn” (wg J. Antoniuka i in. 2005)
 a – mapa oporności pozornej na podstawie badań indukcyjnych (Ωm), b – interpretacja na przekroju



SPORZĄDZANIE GEOLOGICZNYCH MAP ZŁOŻOWYCH I PRZEKROJÓW

7.1. Sposoby przedstawiania budowy złoża

Obserwacje dotyczące złoża wykonane bezpośrednio na powierzchni, w otworach wiertniczych, a następnie w wyrobiskach górniczych wraz z wynikami opróbowania złoża przedstawia się w formie graficznej:

- a) w rzutach płaskich jako różnego rodzaju mapy i przekroje, dające dwuwymiarowe obrazy na płaszczyźnie,
- b) w rzutach przestrzennych jako diagramy blokowe (stereogramy, modele), przedstawiające złoża na płaszczyźnie, lecz trójwymiarowo.

Niekiedy sporządza się modele przestrzenne bryłowe, dające pomniejszony obraz złoża.

Podstawową, najbardziej powszechną formą przedstawiania złoża są mapy i przekroje, zestawione na podstawie wyników profilowania otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych.

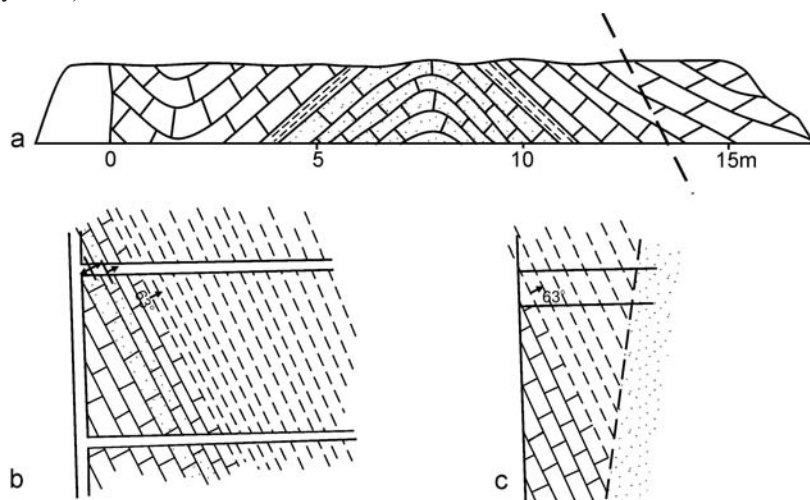
Profile szczegółowe otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych sporządzone w dużych skalach: 1 : 250, 1 : 100, 1 : 50, stanowią podstawową dokumentację dla dalszych opracowań kartograficznych.

W stosunku do profiliów szczegółowych mapy ze względu na mniejszą skalę (1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 10 000) wymagają uogólnienia (generalizacji) budowy geologicznej. Polega ono na połączeniu wydzielonych na profilach szczegółów w większe zespoły lub przez pominięcie mniej istotnych, które by zaciemniały obraz (rys. 7.1).

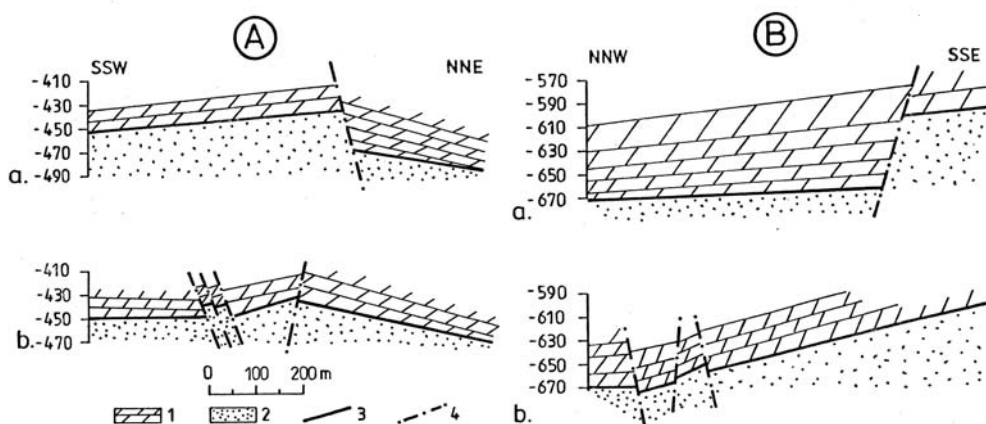
Podstawą do łączenia utworów w większe zespoły może być: podobieństwo litologiczne, przynależność do tego samego ogniwa stratygraficznego, analogiczne warunki tworzenia się (wykształcenie facjalne) itp. Przy generalizacji należy zwracać uwagę, aby nie wyeliminować z treści mapy faktów ważnych z punktu widzenia złożowego. Z punktu widzenia potrzeb górniczych zwykle najistotniejsze jest wykształcenie litologiczne utworów, znajdujące odzwierciedlenie w ich właściwościach fizyczno-mechanicznych.

Mapy sporządzone na podstawie prac rozpoznawczych w szczególności wierceń są uzupełniane i korygowane w miarę wykonywania dalszych prac, a w szczególności wyrobisk

górnicych (udostępniających, przygotowawczych i eksploatacyjnych). Pozwala to na korektę wcześniejszych interpretacji, zorientowanie się w szczegółach budowy złoża i otaczającego górotworu. Ułatwia to wykonywanie map dla niedostatecznie jeszcze zbadanych części złoża lub niedostępnych wyrobiskami górnicych. Należy się też liczyć z tym, że w przypadku skomplikowanej budowy geologicznej obserwacje w kolejno wykonywanych wierceniach lub wyrobiskach górnicych mogą zmusić do zmiany interpretacji budowy złoża (rys. 7.2).



Rys. 7.1. Kolejne stadia opracowywania mapy geologicznej i zasady generalizacji (wg R. Krajewskiego 1955)
a – profil ociosu chodnika, b – wycinek mapy podstawowej, c – wycinek mapy przeglądowej



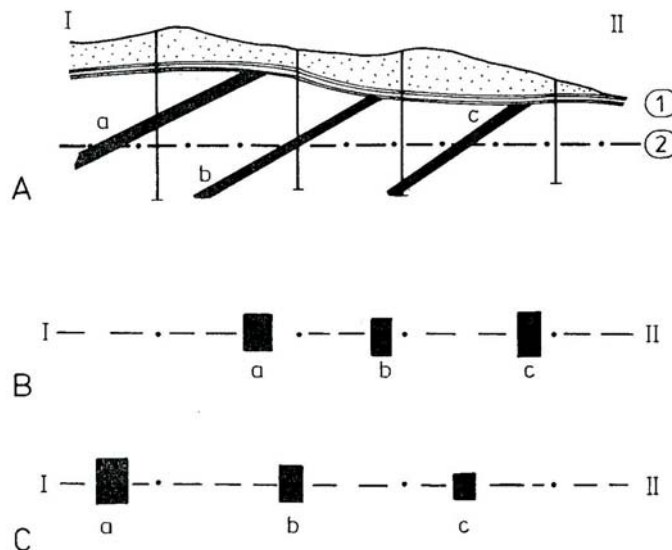
Rys. 7.2. Zmiany obrazu budowy geologicznej w przekroju w wyniku lepszego rozpoznania (złoże rud miedzi LGOM, wg W. Salskiego 1975)

a – interpretacja na podstawie danych z otworów wiertniczych, b – interpretacja na podstawie obserwacji w wyrobiskach górnicych; 1 – dolomity, 2 – piaskowce, 3 – łupki, 4 – uskoki

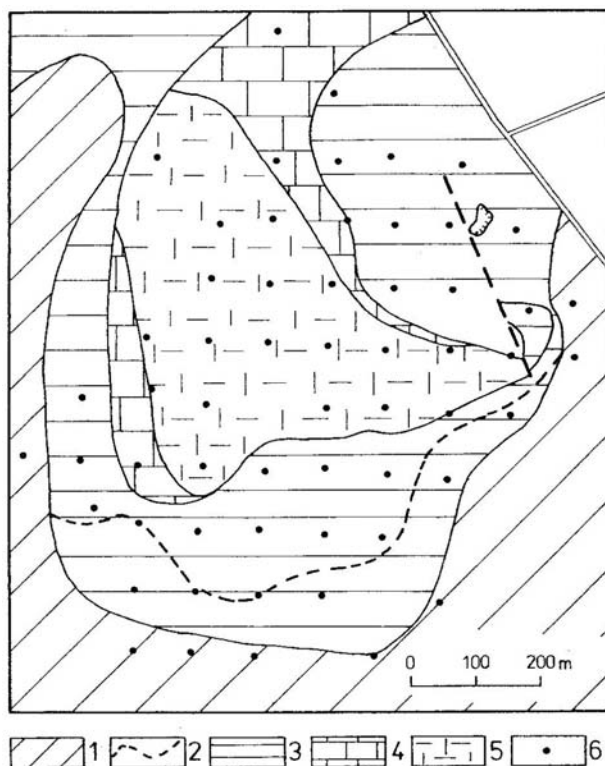
Interpretacja położenia granic różnych utworów powinna być zgodna z zasadami wiedzy geologicznej (stratygrafii, sedimentologii, tektoniki) i wiedzy na temat budowy geologicznej złóż poszczególnych typów. Przy kreśleniu mapy należy unikać przedstawienia granic liniami prostymi, gdyż takich w przyrodzie na ogół się nie spotyka. Należy bardzo wyraźnie odróżniać granice niewątpliwe, stwierdzone (kreślone linią pełną) od przypuszczalnych (linia przerywana) i hipotetycznych (linia przerywana z pyłajnikiem). Mapa tak wykonana pozwala od razu zorientować się, które części złoża są dobrze zbadane, a które niedostatecznie. W częściach niedostatecznie zbadanych mapa przedstawia tylko pogląd na ich budowę geologiczną. Wydzielone na mapie utwory znaczą się symbolami omówionymi w rozdziale 1.4.

7.2. Sporządzanie złożowych map geologicznych

Na podstawie rozpoznania złoża otworami wiertniczymi (także wspomaganego badaniami geofizycznymi) możliwe jest sporządzenie mapy geologicznej odkrytej oraz map poziomych na płaszczyznach położonych na określonych rzędnych w stosunku do poziomu morza. Dysponujemy wówczas jednak tylko obserwacjami punktowymi, między którymi należy przeprowadzić granice geologiczne różnych utworów, przedstawić przewidywane położenie uskoków itp. Ich przebieg najłatwiej jest wyznaczyć na podstawie przekrojów geologicznych (rys. 7.3, 7.4). Można na nich określić ich położenie interpretowane w cięciu odpowiadającym położeniu powierzchni mapy. Oczywiście obraz przedstawiony na



Rys. 7.3. Zasada interpretacji mapy metodą przekrojów, na podstawie danych z otworów wiertniczych
 A – przekrój, dane do interpretacji: 1 – mapy odkrytej, 2 – mapy poziomej;
 B – przeniesienie danych na mapę odkrytą; C – j.p. na mapę poziomą

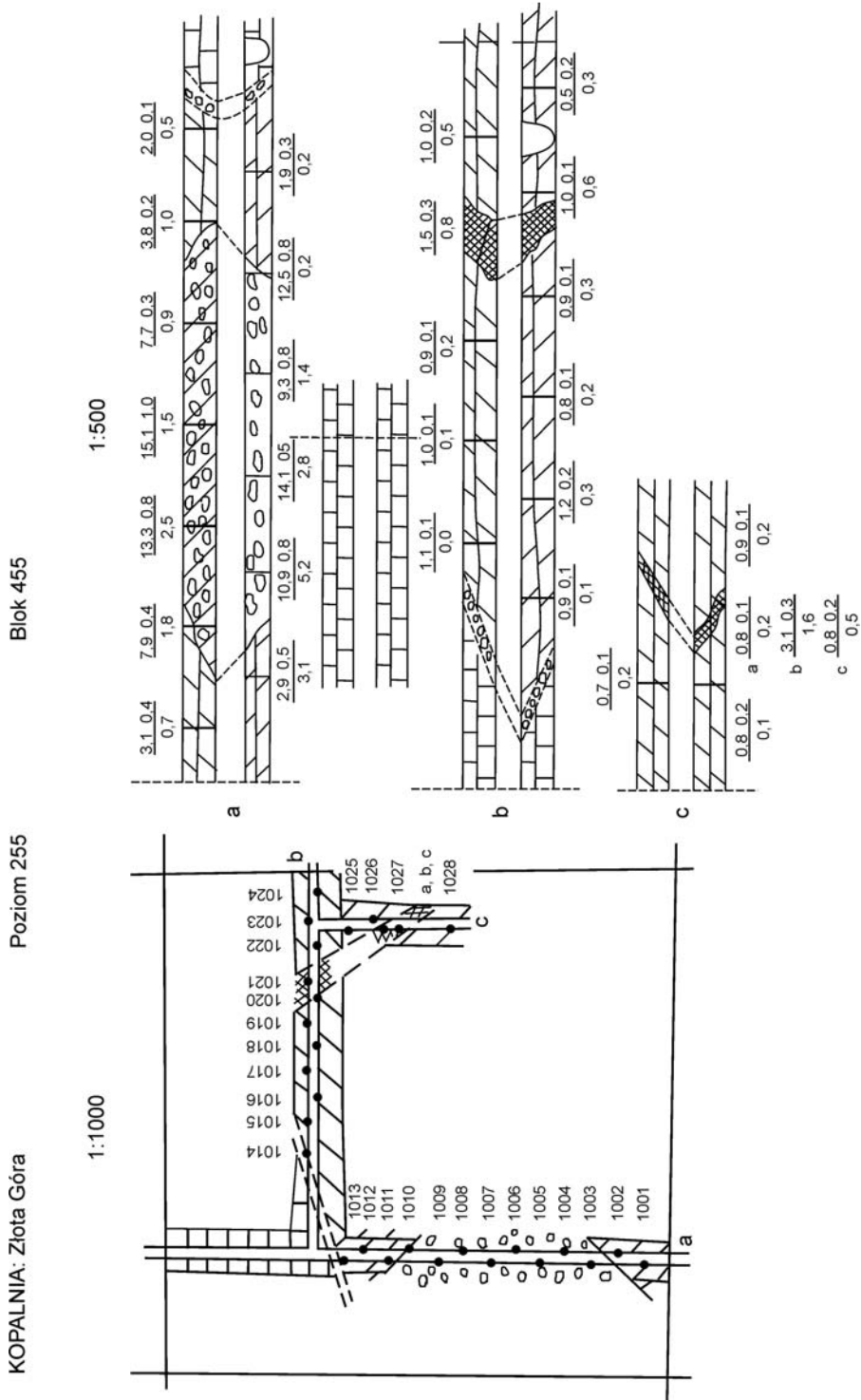


Rys. 7.4. Mapa odkryta złoże interpretowana na podstawie danych z otworów wiertniczych.
Złoże margli i wapieni Latosówka
1 – wapień skaliste, 2 – zasięg wapieni skalistych pod płytowymi, 3 – wapień płytowe,
4 – wapień margliste, 5 – margle, 6 – otwory wiertnicze

mapie będzie odzwierciedleniem przyjętej koncepcji geologicznej, znajdującej także wyraz w sposobie interpretacji przekrojów.

Mapy geologiczne odkryte powinny być sporządzane na tle map morfologii spągu utworów nadległych. Na mapie takiej zaznacza się przede wszystkim położenie zakrytych wychodni złoże. Typowym przykładem są mapy stropu utworów karbonu z zaznaczonymi wychodniami pokładów węgla, przykrytymi przez młodsze osady (rys. 8.1). Przy interpretacji przebiegu granic różnych utworów na takiej mapie obowiązują zasady intersekcji.

W przypadku, gdy dysponuje się wynikami kartowania wyrobisk górniczych, wykształcenie złoże na dłuższych odcinkach lub w obrębie sieci wyrobisk można poznać na podstawie profilów zbiorczych, zestawionych w skalach mniejszych (1 : 500–1 : 1000) na mapach wycinkowych wybranych części złoże w obrębie zasadniczych chodników, np. pola lub piętra. Na mapie, obok zaznaczonych na niej wyrobisk, można wrysować zgeneralizowane profile ociosów. Pozwalają one szybko zorientować się w ułożeniu utworów w bloku, a także różnicowaniu jakości kopaliny, gdy na profil naniesione zostaną miejsca pobrania próbek i wyniki ich analizy (rys. 7.5).



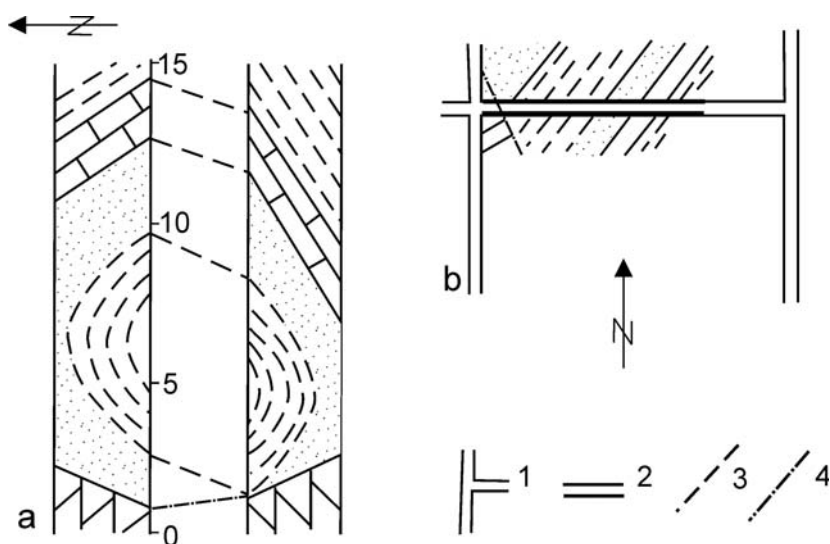
Rys. 7.5. Zestawienie wyników profilowania wyrobisk (schemat). Miejsca pobrania próbek i ich numerację na mapie oznaczono punktami, na profilach zaś pionowymi kreskami, a przy nich podano wyniki analiz (Zn, ZnO, Pb)

Dla złóż o prostej budowie, gdy tak szczegółowa dokumentacja nie jest konieczna, profile zbiorcze rysuje się tylko przy najbardziej charakterystycznych chodnikach, zazwyczaj wzdłuż przekopów lub przecznicy, np. w złożach soli, węgla itp. (rys. 4.3a).

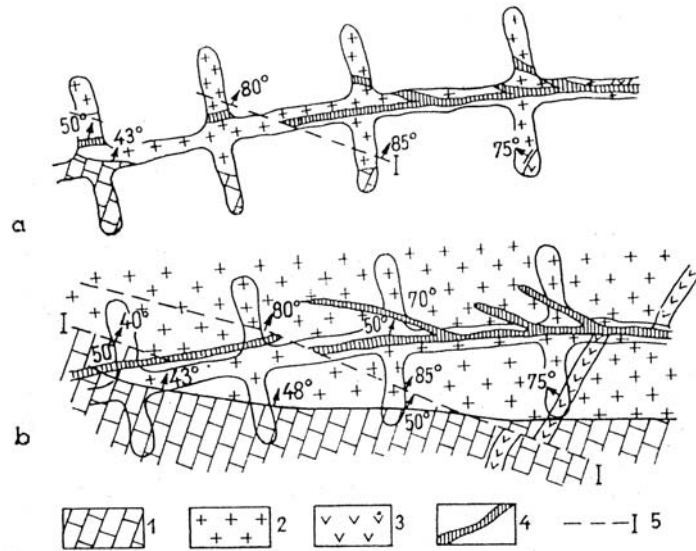
Położenie granic wydzielanych utworów przedstawia się na podstawie kartowania bezpośredniego lub wyznacza się na płaszczyźnie spągu wyrobisk na podstawie profilów ich ociosów (rys. 7.6).

Na mapach interpretuje się (interpoluje) przebieg granic wydzielonych utworów między otworami wiertniczymi (rys. 7.4) lub wyrobiskami górniczymi na odcinkach o rozmaitej długości (rys. 7.7). Wobec ogromnej różnorodności warunków geologicznych trudno podać ogólnie obowiązujące zasady. Zasady postępowania zależą od stylu budowy geologicznej. Uwzględniając pomierzone elementy ułożenia warstw, przede wszystkim ich rozciągłości, przebieg ich granic można interpretować nieraz w różny sposób, tak jak to pokazano na rysunku 7.8. Zarówno uogólnienie, jak i interpretacja budowy geologicznej oparta na interpolacji przebiegu granic różnych utworów są – nieraz nawet w dużym stopniu – uzależnione od osobistego ujęcia ich przez geologa i zrozumienia przez niego budowy geologicznej, a często również warunków, w jakich się złożę utworzyło, a zatem jego genezy.

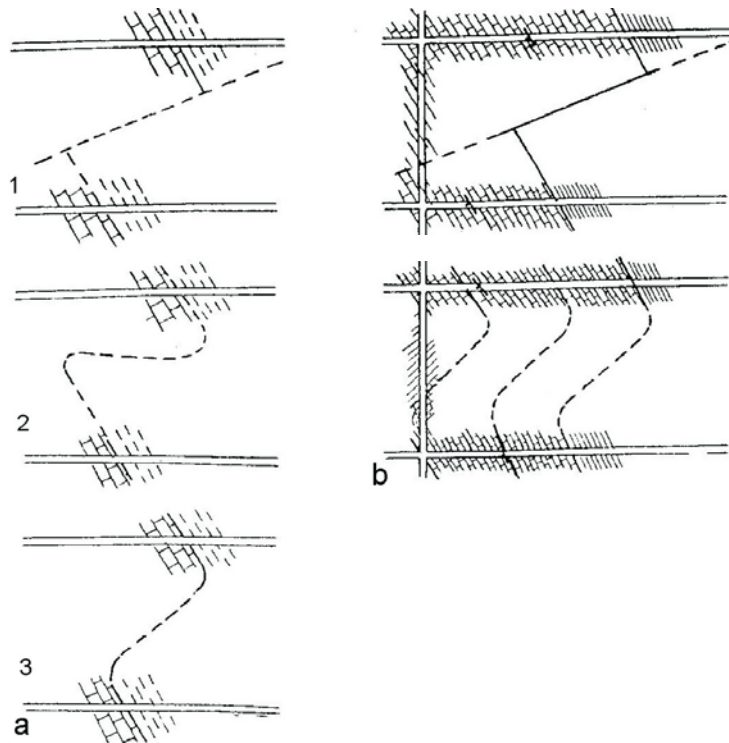
Wadliwe wykonanie map może wynikać z nieumiejętności generalizacji i w związku z tym z pominięcia w profilach zbiorczych tych szczegółów, które mogłyby pomóc w przeprowadzeniu granic warstw. Interpretację mapy, to znaczy przebiegu granic wydzielanych utworów, a zwłaszcza zaburzeń tektonicznych, ułatwiają obserwacje w wyrobiskach górniczych wzajemnie przecinających się, zwłaszcza poprzecznych do rozpatrywanych (7.8b).



Rys. 7.6. Wyznaczanie granic warstw na mapie na podstawie profilów ociosów
a – rozwinięty profil chodnika z interpretacją profilu spągu, b – obraz przeniesiony na mapę; 1 – wyrobiska górnicze na mapie, 2 – odcinek profilowany, 3 – granice warstw interpretowane na mapie, 4 – uskok



Rys. 7.7. Interpretacja mapy geologicznej (b) na podstawie kartowania wyrobisk (a)
 1 – wapień krystaliczny, 2 – granodioryty, 3 – diabazy, 4 – żyła kruszcowa, 5 – uskoki



Rys. 7.8. Możliwości interpretacji przebiegu granic geologicznych między dwoma wyrobiskami równoległymi (a; 1, 2, 3) i ich uzasadnienie (b)

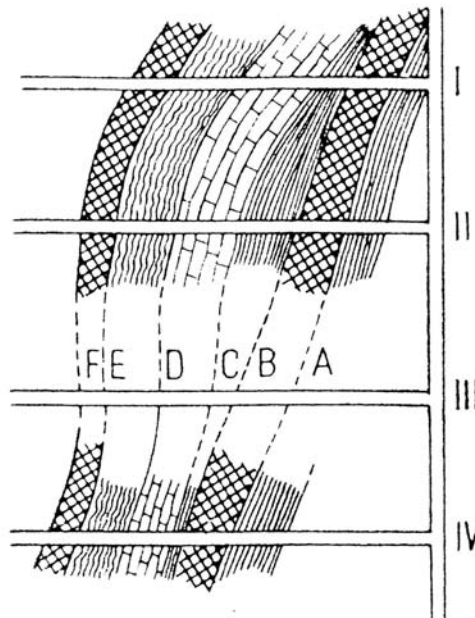
Pozwalają one na rozstrzygnięcie, czy mamy do czynienia z utworami sfałdowanymi czy przeciętymi uskokiem. Należy jednak przy tym pamiętać, że w skałach niezróżnicowanych litologicznie, o słabo widocznym uławiceniu, ewentualna szczelina uskokowa może niczym nie różnić się od ciosowego spękania i w związku z tym można jej nie zauważyć, zwłaszcza gdy spotykane są uskoki przesuwcze. W tym przypadku zachowanie stałego upadu wskazywać może na istnienie uskoku, zmienny zaś upad nakazywałby interpolowanie warstw wzdłuż granicy fałdowej. Rysunek 7.8 ilustruje zarazem trudności, na jakie może napotkać geolog interpretujący budowę geologiczną, nawet w przypadku gdy dysponuje się danymi z wyrobisk górniczych.

Przy interpretacji i przeprowadzaniu granic należy uwzględnić:

- 1) przebieg granic sąsiednich utworów,
- 2) przebieg tych samych granic na powierzchni lub na innych poziomach, zwłaszcza gdy ich interpretacja nie budzi wątpliwości,
- 3) styl tektoniki danego obszaru i budowy geologicznej.

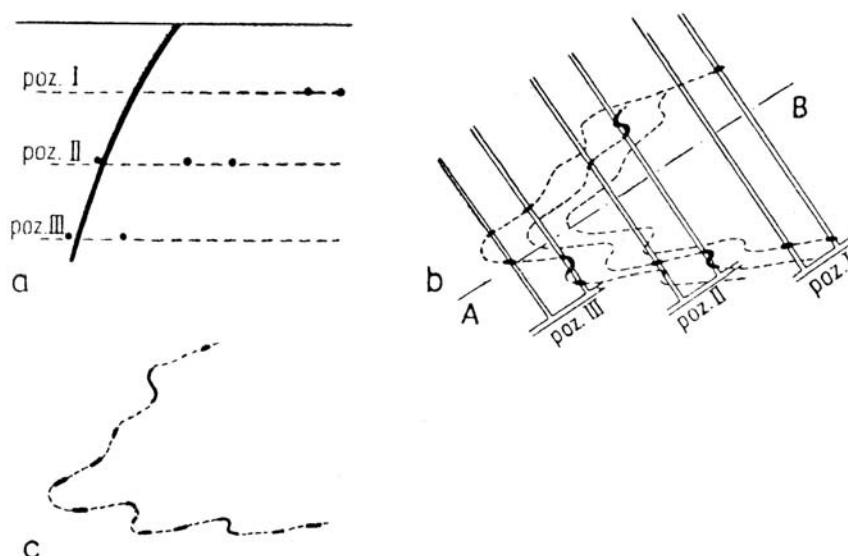
Interpretacja granic musi być oparta na stwierdzonych faktach.

Na poziomach słabo poznanych położenie granic występowania różnych utworów można interpretować analogicznie jak na innych poziomach, zwykle wyższych, lepiej poznanych, zwłaszcza objętych już eksploatacją. Przy konstruowaniu map dla słabo poznanych poziomów pośrednich bardzo wskazane jest wykonanie szeregu równoległych przekrojów pionowych przez złożę, połączenie ze sobą odpowiednich utworów i przeniesienie tak otrzymanych granic na badany poziom słabo poznany, w nawiązaniu oczywiście do istniejących tam danych (rys. 7.9).



Rys. 7.9. Interpretacja mapy poziomowej (poziomu III) na podstawie przekrojów (wg R. Krajewskiego 1955)

Niekiedy w celu wykonania map poziomych należy zestawić na jednej mapie dane z kilku poziomów, gdyż często uzupełniają one obraz przebiegu granic geologicznych. Ma to zwłaszcza znaczenie przy wykreślaniu granic utworów pokładowych sfałdowanych. Przy założeniu analogii w przebiegu granic na wszystkich poziomach otrzymujemy uzupełnienie obserwacji z różnych poziomów. Ich połączenie daje dla każdego z poziomów najbardziej prawdopodobny przebieg granicy (rys. 7.10).



Rys. 7.10. Interpretacja granic geologicznych przy uwzględnieniu danych z różnych poziomów kopalni (wg H. E. McKinstry 1957)

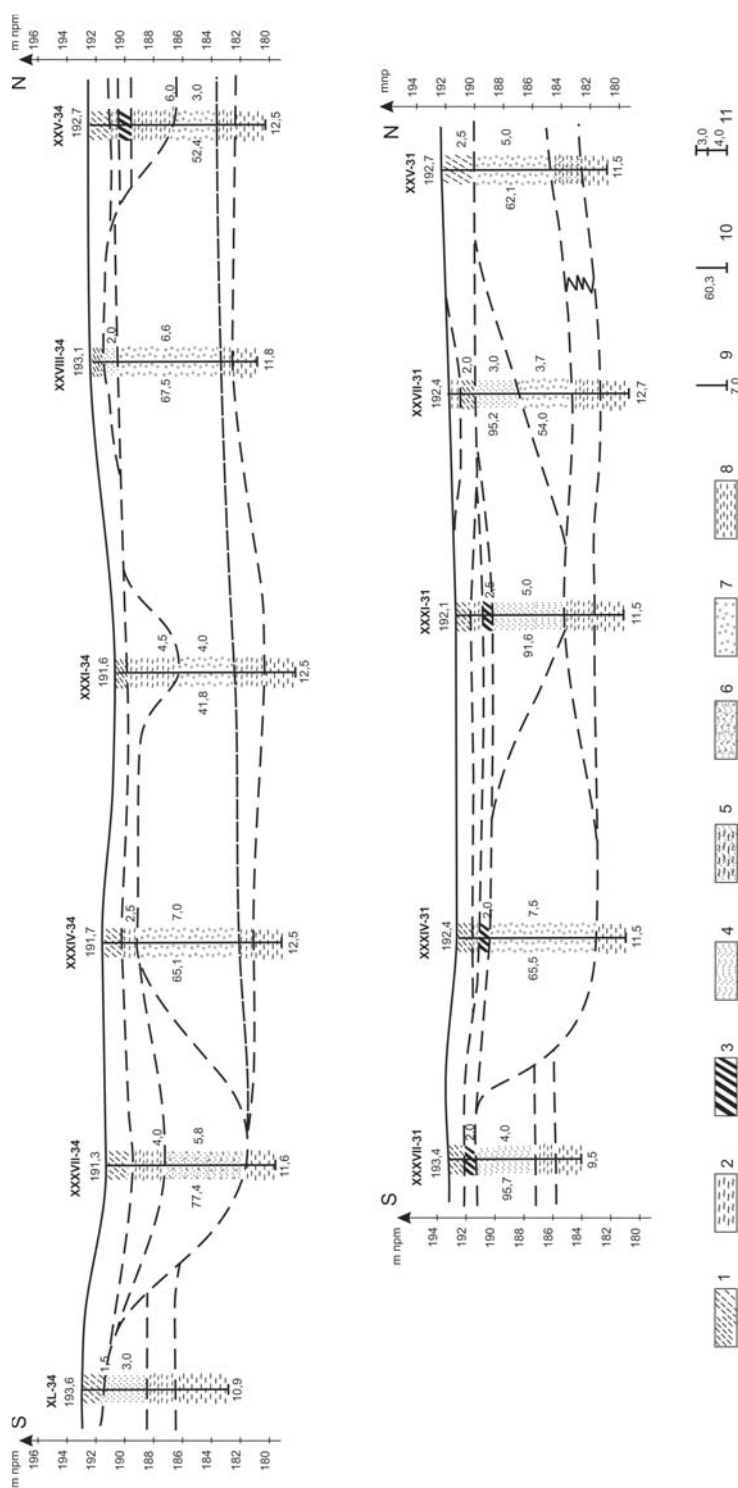
a – przekrój, b – zestawienie map trzech poziomów, c – wyinterpretowany kontur

7.3. Zasady konstruowania przekrojów geologicznych

Ważnym uzupełnieniem map geologicznych – a często także podstawą dla ich sporządzenia – są przekroje. Pozwalają one na powiązanie faktów obserwowanych na różnych poziomach i zrozumienie przestrzennej budowy złoża. Wykonuje się je według tych samych zasad co i mapy. W przeciwieństwie do nich nie są rzutem obrazu budowy geologicznej na płaszczyznę, lecz przedstawiają budowę geologiczną interpretowaną wzdłuż określonej płaszczyzny pionowej lub poziomej.

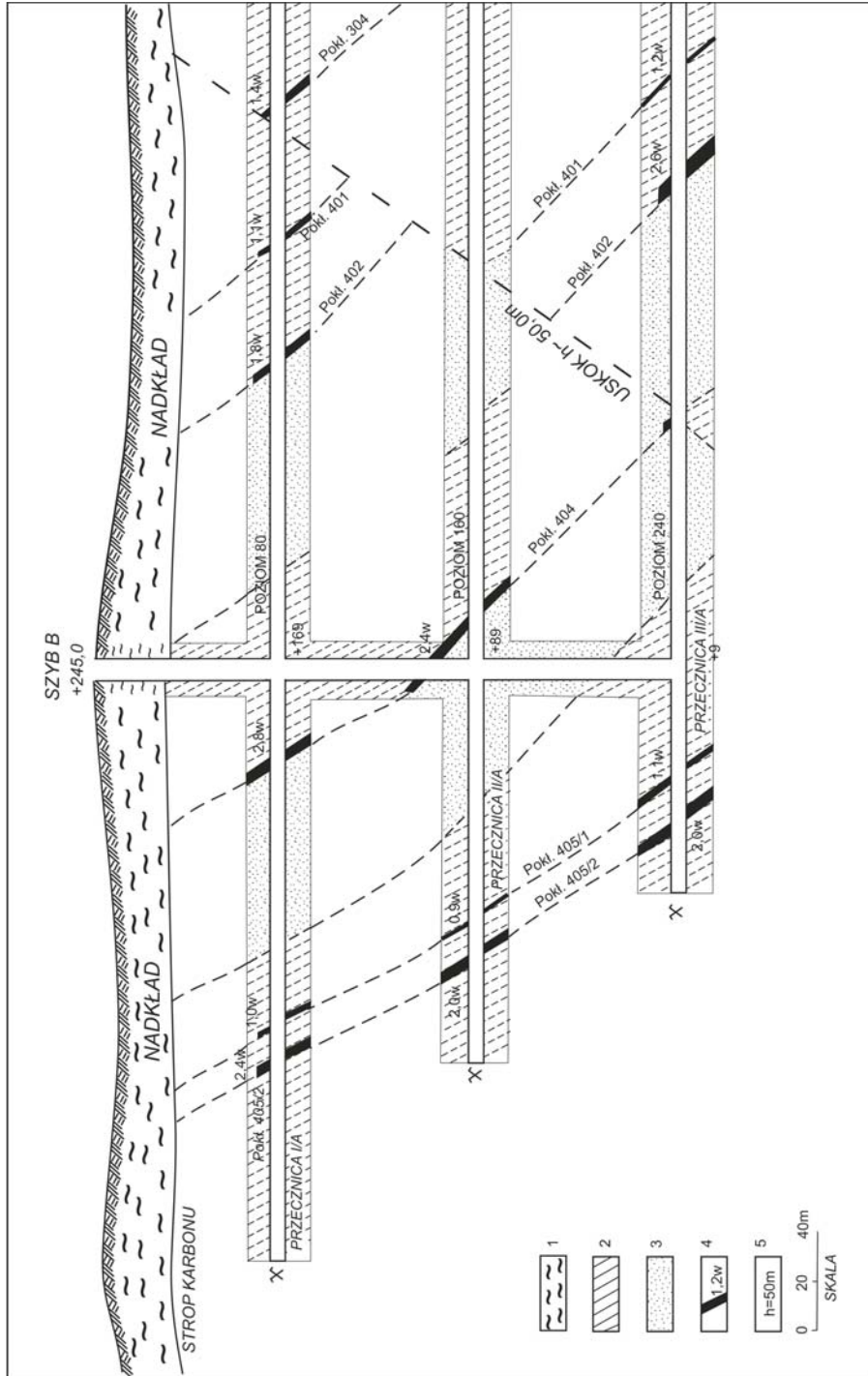
Stosowane niekiedy terminy „mapa przekroju” albo „mapa profilu” nie są poprawne. Należy tu odróżnić przekroje od map sporządzanych w rzucie na płaszczyznę pionową.

Konstrukcję przekroju przeprowadza się bądź metodą bezpośrednią, bądź pośrednią.



Rys. 7.11. Interpretacja budowy złożeń na przekrojach zestawionych na podstawie danych z wierceń. Złoże kruszywa naturalnego żwirowo-piaskowego Węgrzce Wielkie

1 – mułki (mady), 2 – ily, 3 – torf, 4 – piaski, 5 – piaski załone, 6 – piaski z domieszką żwiru, 7 – pospółki, 8 – iltolupki, 9 – głębokość otworów, 10 – punkt piaskowy, 11 – miąższości warstw

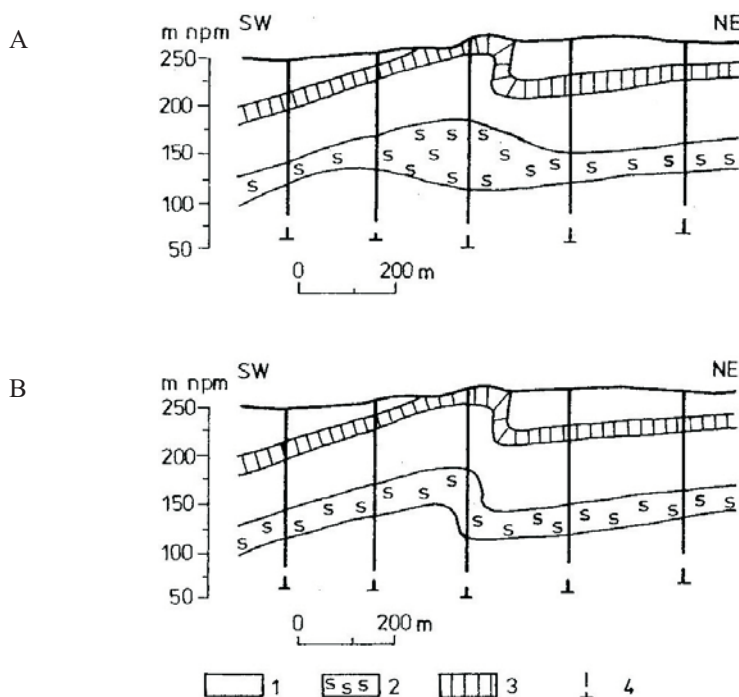


Rys. 7.12. Przekrój przez złożę węgla kamiennego na podstawie kartowania wyrobisk górniczych (wg S. Duźniaka i W. Gabzdyla, 1991)
 1 – il, 2 – ilowce, 3 – piaskowce, 4 – węgiel, 5 – zrzut uskoku

W **metodzie bezpośredniej** przekrój powstaje na podstawie zgeneralizowania profilów otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych, przez które przechodzi płaszczyzna przekroju. Profile te nanosi się na przekrój i interpretuje przebieg granic poszczególnych utworów (rys. 7.11, 7.12). Interpretacja ta nie zawsze może być jednoznaczna. Jest ona wynikiem koncepcji przyjętej przez sporządzającego (rys. 7.11), musi być jednak zgodna z całością obserwowanych faktów i zasadami stratygrafii, sedimentologii, tektoniki. Ich zaniedbanie i czysto geometryczne kreślenie granic może prowadzić do kardynalnych błędów (rys. 7.13).

Interpretacja przekrojów na podstawie danych z wyrobisk górniczych wykonanych na kilku poziomach jest zwykle ułatwiona przez połączenie ich wyrobiskami pionowymi. Mogą jednak wystąpić takie same problemy interpretacyjne jak w przypadku sporządzania map poziomych.

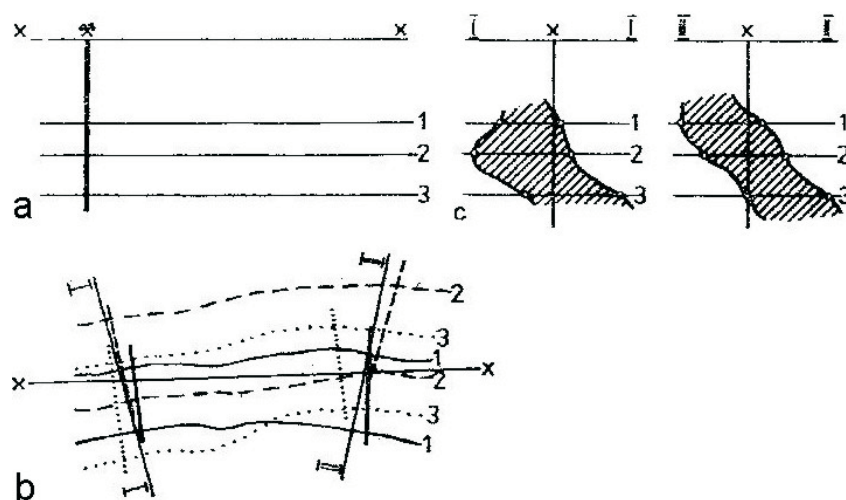
W **metodzie pośredniej** wykorzystuje się mapy poziome wykonane wcześniej na podstawie kartowania wyrobisk, z których przenosi się w odpowiednim układzie współrzędnych długości i wysokości, dane o rozmieszczeniu wyrobisk i granice geologiczne (rys. 7.14). W celu naniesienia odległości mierzonych w poziomie obiera się dowolny punkt zaznaczony na wszystkich mapach poziomych i w stosunku do niego określa się wzdłuż



Rys. 7.13. Błędna interpretacja przekroju, bez uwzględnienia upadów warstw. Złoże siarki Mishraq w Iraku

A – interpretacja niepoprawna, B – interpretacja poprawna

1 – iły, dolomity, 2 – seria złożowa – wapienie siarkonośne, 3 – wapienie kawerniste płonne, 4 – otwory wiertnicze



Rys. 7.14. Konstrukcja przekroju geologicznego metodą pośrednią
 a – przekrój podłużny przez kopalnię (x-x) z zaznaczonymi poziomami (1, 2, 3), b – granice złoża na poszczególnych poziomach (1 – na poziomie 1, 2 – na poziomie 2, 3 – na poziomie 3);
 c – przekroje poprzeczne przez złożo (I-I, II-II)

linii przekroju położenie poszczególnych granic geologicznych, wyrobisk górniczych lub innych szczegółów, które mają być naniesione na przekrój. Punktami takimi są osie szybów pionowych, skrzyżowanie współrzędnych lub tym podobne.

Często zdarza się, że liczba otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych leżących na jednej płaszczyźnie jest zbyt mała, by można było zestawić przekrój. W przypadkach takich budowę geologiczną interpretuje się na podstawie przekrojów poprzecznych, kreślonych przez otwory lub wyrobiska leżące po obu stronach zestawionego przekroju. Miejsce, w którym przedstawiana jest taka interpretacja zaznacza się na mapie jako „punkt wiązany”, a na przekroju linią przerywaną.

Otwory leżące w pobliżu linii przekroju można odrzutować na przekrój, stosując jedną z dwu poniższych zasad:

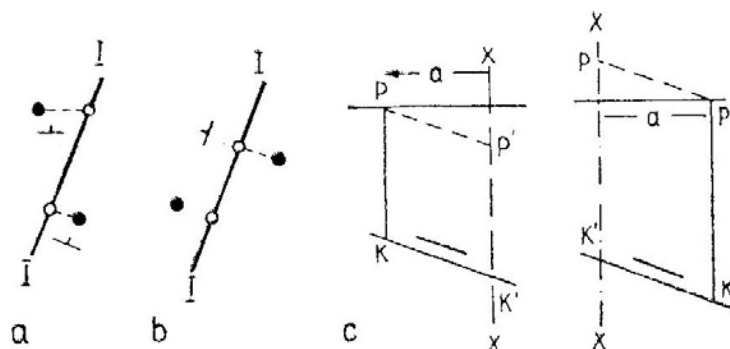
1. W przypadku, gdy linia przekroju jest prostopadła lub skośna do rozciągłości, kierunkiem rzutowania jest kierunek rozciągłości (rys. 7.15a).
2. W przypadku, gdy linia przekroju jest równoległa do rozciągłości, profil wyrobiska odrzutowuje się na płaszczyznę przekroju po prostopadłej do kierunku linii przekroju z uwzględnieniem poprawki położenia profilów w pionie (rys. 7.15b).

$$x = a \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (7.1)$$

gdzie: a – odległość wyrobiska od płaszczyzny przekroju,

α – kąt upadu warstw.

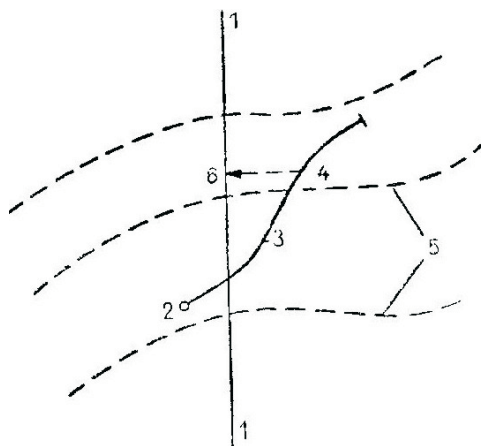
Otwory odrzutowane na przekrój zaznacza się linią przerywaną.



Rys. 7.15. Sposób rzutowania otworu pionowego na przekrój (objaśnienia w tekście)

W przypadku otworów kierowanych zagadnienie odrzutowania ich na przekrój znacznie się komplikuje ze względu na zmienny przebieg osi otworu i wymaga przeprowadzenia dość skomplikowanych operacji rachunkowych i graficznych. Najprościej jest wykonać wówczas przekrój na podstawie wcześniej sporządzonej mapy strukturalnej wybranych poziomów i na skonstruowany przekrój wnieść rzut osi otworu przez połączenie punktów, w których przecina ona poszczególne warstwy odrzutowane na linię przekroju równoległe do odpowiednich warstw (rys. 7.16). Otwory lub wyrobiska odrzutowane na przekrój znaczą się linią przerywaną.

Na ogół wykonuje się przekroje pionowe wzdłuż linii prostej. Załamania mogą prowadzić do stworzenia fałszywego obrazu w wyniku różnej intersekcji warstw na płaszczyznach pionowych o odmiennej orientacji. Należy zatem unikać kreślenia przekrojów wzdłuż linii łamanych. Jeśli jednak sporządzenie takiego przekroju jest konieczne, miejsca



Rys. 7.16. Odrzutowanie otworu skrzywionego na przekrój na podstawie mapy strukturalnej
 1 – linia przekroju, 2 – otwór na powierzchni, 3 – rzut osi na płaszczyznę mapy,
 4 – punkt przebicia spągu pokładu przez otwór, 5 – warstwy spągu pokładu,
 6 – punkt przebicia spągu pokładu odrzutowany na linię przekroju

załamania muszą być na nim albo wyraźnie zaznaczone albo lepiej gdy odpowiednie odcinki przekrojów są wzajemnie rozsunięte i przekrój rysowany jest w postaci odrębnych odcinków.

Na podstawie ułożenia przekrojów w stosunku do przeważającego biegu złoża wyróżnia się **przekroje poprzeczne** – tnące złoża mniej więcej prostopadle do biegu, **podłużne** – zbliżone kierunkiem do biegu i **przekroje ukośne** – pośrednie. Dla zobrazowania złoża przekroje prowadzi się prostopadle i równoległe do rozciągłości (poprzeczne i podłużne) bądź w złożach nieuwarstwionych w dwu kierunkach wzajemnie prostopadłych. Przy złożach wydłużonych równoległe do najkrótszej i najdłuższej osi.

W przekrojach ukośnych do linii rozciągłości należy uwzględnić pozorny kąt upadu warstw w płaszczyźnie przekroju obliczony z zależności:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma \quad (7.2)$$

gdzie: α' – pozorny kąt upadu na przekrój,
 α – rzeczywisty kąt upadu,
 γ – kąt między kierunkiem zapadania a kierunkiem przekroju.

Przekrojów powinno być tyle, aby dawały pełny obraz złoża i ilustrowały najważniejsze elementy jego budowy. Rozstaw między przekrojami zależy od skali i stylu budowy. W złożach regularnych, np. węglowych Górnego Śląska, wystarczające może być wykonywanie przekrojów w odstępach 100–500 m, a w złożach żyłowych co 50–100 m. W złożach nieregularnych, gniazdowych, zwłaszcza eksploatowanych systemami komorowymi, przekroje wykonuje się co 20–30 m. Są one podstawą do projektowania i prowadzenia eksploatacji, a przede wszystkim projektowania otworów strzałowych.

W przypadku, gdy miąższość złoża jest zbyt mała, by można ją przedstawić w danej skali, konstruuje się przekrój przewyższony. Zniekształceniu ulegają wówczas elementy określające ułożenie warstw:

$$\operatorname{tg} \alpha'' = n \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (7.3)$$

gdzie: α'' – kąt upadu na przekroju przewyższonym,
 n – wielkość przewyższenia,
 α – rzeczywisty kąt upadu.

Przy tektonice fałdowej przewyższenie prowadzi do dużych deformacji kształtu struktur, miąższości warstw i morfologii poszczególnych granic. Z tych względów kreślenie przekrojów przewyższonych należy ograniczać tylko do koniecznych przypadków.

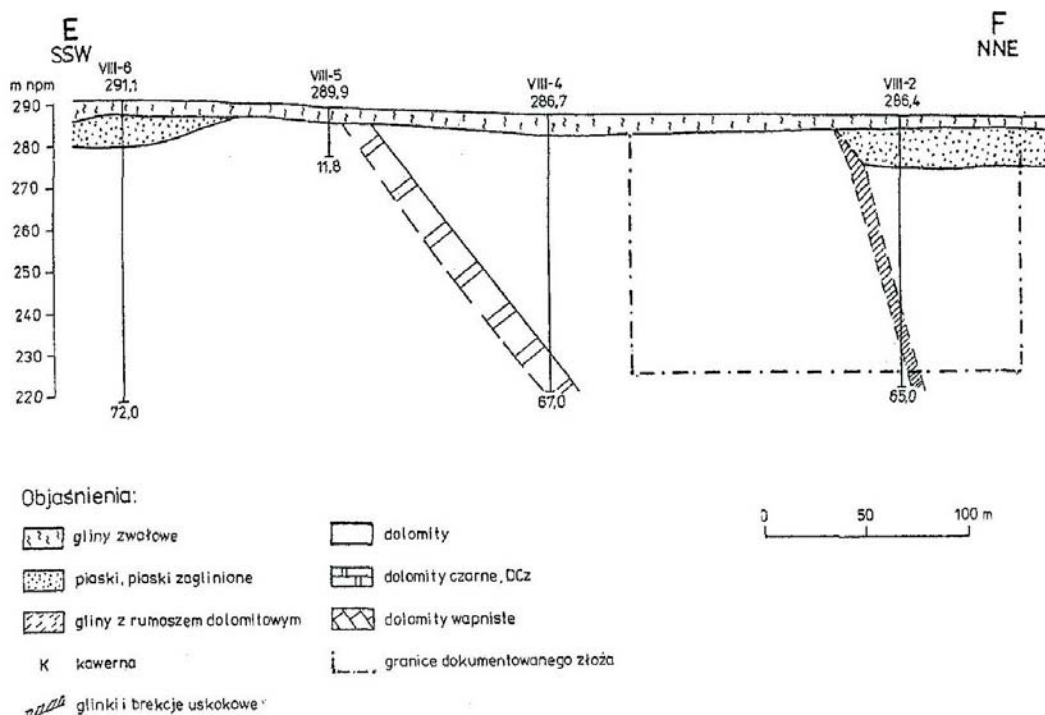
Szczegóły budowy złoża na przekroju nieprzewyższonym można pokazać za pomocą dodatkowych profili kreślonych w większej skali poniżej poszczególnych punktów stwierdzenia złoża (np. otworów) przedstawionych na przekroju.

Przy interpretacji granic geologicznych na przekroju napotyka się na podobne problemy jak przy sporządzaniu map. W przypadku wykonywania przekrojów na podstawie danych z otworów wiertniczych nieodzowne są informacje o upadach warstw uzyskiwane w czasie profilowania rdzeni. Kierunek ich zapadania można odczytać z wcześniej sporządzonej mapy strukturalnej (zob. rozdz. 7.4.4).

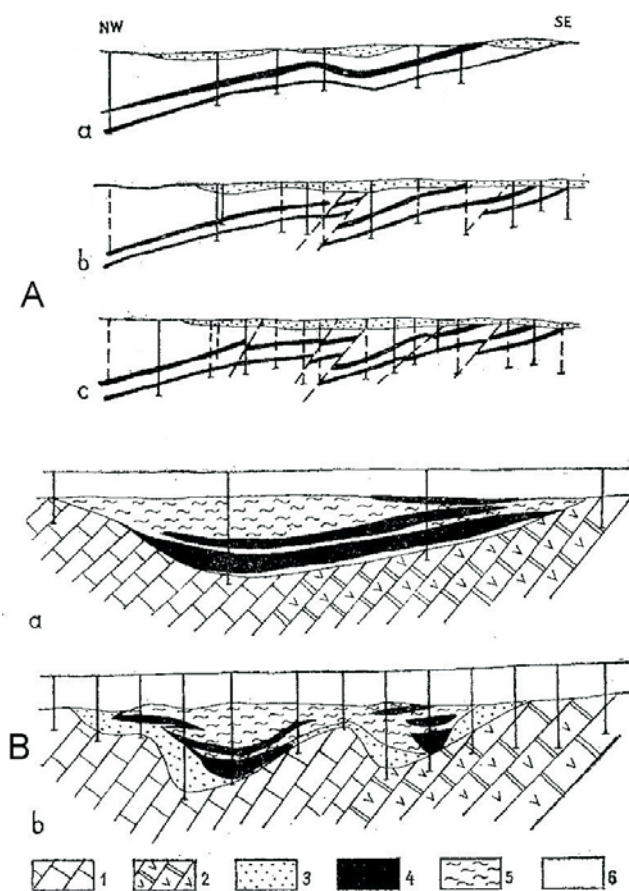
Na przekrojach przedstawiających kompleksy skał uwarstwionych, bezwzględnie należy zaznaczyć ułożenie warstw. Przedstawia się je albo za pomocą odpowiedniego układu znaków graficznych (szrafury), albo pokazuje się tylko ułożenie dających się wyróżnić warstw charakterystycznych (rys. 7.17).

Przy sporządzaniu przekrojów należy pamiętać, że przedstawiają one obraz budowy złoża interpretowany na podstawie dostępnych danych i wiedzy geologa, który go sporządza. Przedstawiany na nich obraz złoża jest tylko jego modelem. Zawsze jest on obciążony subiektywizmem sporządzającego, nawet wówczas gdy korzysta się z pomocy technik komputerowych. W miarę zwiększania ilości informacji o złożu, obraz jego budowy może ulec nieraz daleko idącym modyfikacjom (rys. 7.18).

W przypadku sporządzania wielu przekroi powinny być one ponumerowane lub oznaczone literami (odpowiednio umieszczonymi na końcach przekrojów). Zawsze też należy zaznaczyć orientację przekroju w stosunku do stron świata.



Rys. 7.17. Zaznaczenie upadu warstw na przekroju za pomocą obrazu ułożenia warstw przewodnich (Złoże dolomitu Jańczyce)



Rys. 7.18. Zmiany w interpretacji przekroju wraz ze wzrostem ilości obserwacji
(E.C. Pogrebicki, W. J. Tiernowej 1974)

A – złożo węgla kamiennego, B – złożo boksytu; a, b, c – kolejne stadia rozpoznania;
1 – wapień, 2 – dolomity, 3 – piaskowce, 4 – boksyty, 5 – iły, 6 – utwory czwartorzędowe

Jeśli przekroje są wykreślane przy wykorzystaniu techniki komputerowej pozwalającej na automatyczną ich interpretację, interpretacja taka bezwzględnie musi być zweryfikowana z punktu widzenia poprawności geologicznej, gdyż mechaniczne kreślenie granic różnych utworów może prowadzić do tworzenia niewłaściwego obrazu (rys. 7.19).

7.4. Mapy parametrów złoża

7.4.1. Rodzaje map

Mapy i przekroje geologiczne przedstawiają budowę złoża na tle skał otaczających scharakteryzowaną wzajemnym stosunkiem utworów wydzielonych w sposób bardziej lub

mniej szczegółowy w zależności od skali, nie podają natomiast cech złoża ważnych dla projektowania i prowadzenia eksploatacji, albo czynią to w sposób niedostateczny, niezbyt przejrzysty i trudny do wykorzystania. Takimi cechami złoża są: jego kształt, sposób ułożenia, tektonika, miąższość, jakość kopaliny. Cechy te można przedstawić w formie liczbowej na podstawie przeprowadzonych pomiarów, na przykład położenia stropu lub spągu złoża w stosunku do wybranej płaszczyzny odniesienia, miąższości złoża, lub na podstawie wyników badań pobranych próbek, np. zawartości składników użytecznych lub szkodliwych albo innych cech charakteryzujących jakość kopaliny. Cechy złoża wyrażone liczbowo określa się jako jego parametry, Zróżnicowanie ich między punktami, w których zostały pomierzone, przedstawia się za pomocą izarytm⁵, na specjalnych mapach, a niekiedy także na przekrojach.

Najczęściej sporządzanymi są mapy:

- 1) strukturalne, obrazujące ułożenie spągu lub stropu złoża,
- 2) miąższości złoża, grubości nadkładu, stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża,
- 3) jakości kopaliny (parametrów charakteryzujących jej jakość),
- 4) zasobności.

7.4.2. Zasady sporządzania map izarytm (izolinii)

7.4.2.1. Sposoby interpolacji izarytm

Podstawą dla sporządzania każdej mapy izarytm jest założenie, że wartości przedstawianego na niej parametru mogą być interpolowane pomiędzy punktami, w których dokonano jego pomiaru. Zakłada się więc, że zróżnicowanie jego wartości u w granicach złoża jest funkcją tego położenia, czyli:

$$u = f(x,y) \quad (7.4)$$

gdzie: x i y współrzędne położenia punktów w granicach złoża, w których wartość parametru u jest określana.

Mapa izolinii powinna być zatem graficznym obrazem tej funkcji, opisującej zróżnicowanie badanego parametru na obszarze złoża. Postać tej funkcji jest nieznana. Występowanie losowych składników zmienności powoduje, że każde próby deterministycznego jej przedstawiania jest daleko idącym uproszczeniem. Zakłada się jedynie, że wartość parametru zależy od położenia w obrębie złoża punktu, w którym dokonuje się pomiar jego wartości, a wyniki pomiarów w sąsiadujących ze sobą punktach są wzajemnie skorelowane. W tym ujęciu parametry złoża traktowane są jako **zmienne zregionalizowane**.

⁵ Linii równych wartości, nazywanych także izoliniami.

Dostatecznie dobrze wiadomo z praktyki, że rzeczywisty obraz zróżnicowania wartości parametru złożowego może nawet znacznie odbiegać od przewidywanego na podstawie wcześniej sporządzonej mapy izarytm. Jest to szczególnie widoczne, gdy mapa sporządzana jest na podstawie niewielkiej liczby obserwacji w początkowych stadiach rozpoznania złoża. Różnice te ujawniają się, gdy porównuje się mapy sporządzone na podstawie otworów wiertniczych w kolejnych stadiach rozpoznania złoża, lub gdy sporządza się mapy izolinii na podstawie sztucznie rozrzedzanej sieci punktów obserwacyjnych (Górecki, Nieć 1974).

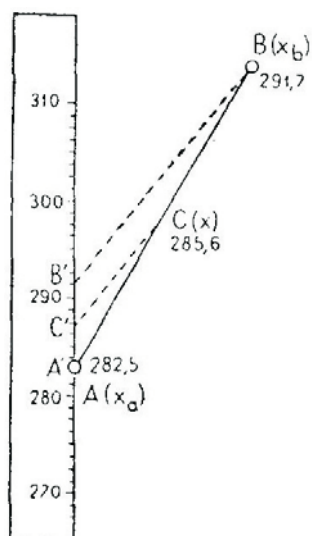
Badania zmienności parametrów złożowych dowodzą, że w wielu przypadkach parametry złoża w szczególności charakteryzujące jakość kopaliny posiadają cechy zmiennych losowych, to znaczy takich, których dokładnej wartości w konkretnym punkcie złoża nie można przewidzieć. Jeśli nie bierze się tego pod uwagę powstają w związku z tym mapy merytorycznie bezwartościowe, dające natomiast bardzo sugestywny obraz zróżnicowania cech złoża, który użytkownika dokumentacji zwłaszcza projektanta górniczego wprowadza w błąd. W przypadku gdy zmienność parametru, który ma być przedstawiany na mapie jest losowa lub bardzo silnie zaznaczony jest składnik losowy tej zmienności (o czym informuje omówiona niżej postać semiwariogramu), zróżnicowanie rozpatrywanego parametru powinno się ograniczać tylko do pokazania jego wartości pomierzonych w punktach, w których był badany za pomocą odpowiednich znaków graficznych.

Przebieg izarytm parametru, dla którego sporządzana jest mapa, wyznacza się przez interpolację wartości między punktami, w których jego wielkość została pomierzona. Stosowane są trzy rodzaje interpolacji (wyznaczania wartości interpolowanych):

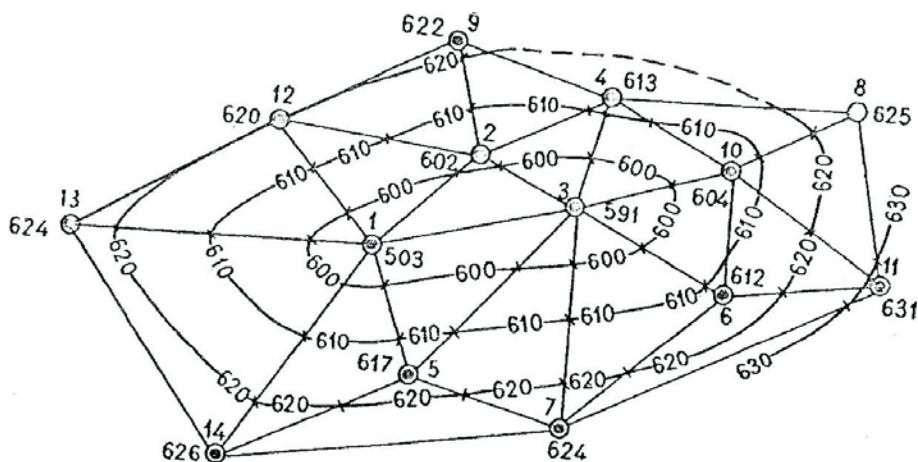
- liniowa – wzdłuż linii łączących punkty, w których wykonano obserwacje,
- sieciowa – w węzłach regularnej, odpowiednio gęstej siatki punktów (węzłów interpolacji),
- interpretacyjna – na podstawie interpretacji zróżnicowania parametru, na przykład na przekrojach przedstawiających to zróżnicowanie.

7.4.2.2. Interpolacja liniowa

Interpolacja liniowa wzdłuż linii łączących punkty, w których wykonano obserwacje stosowana jest gdy mapę wykonuje się ręcznie, na podstawie niewielkiej liczby takich punktów. Zadanie to przeprowadza się konstrukcyjnie, wykorzystując twierdzenie Talesa o proporcjonalności odcinków zawartych między prostymi równoległymi przecinającymi pęk prostych (rys. 7.20). W ten sposób między punktami rozpoznawczymi uzyskuje się wartości interpolowane w punktach pośrednich rozmieszczonych wzdłuż boków trójkątów (rys. 7.21). Poszczególne wyinterpolowane punkty z jednakowymi wartościami parametru łączy się ze sobą w sposób płynny, bez ostrych załamań. Likwiduje się także ostre kąty w ich przebiegu, powstające wówczas, gdy interpolację przeprowadza się wzdłuż boków trójkąta ostrokątnego. Należy też mieć na uwadze, że interpretowane izarytmy nie mogą się przecinać lub łączyć ze sobą. Punkty rozpoznawcze można łączyć odcinkami w różny sposób uzyskując różną sieć trójkątów, za każdym razem można też uzyskać nieco inny rysunek izarytm.



Rys. 7.20. Graficzny sposób wyznaczania izarytm między dwoma punktami (A i B)

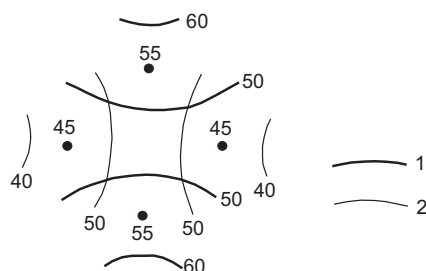


Rys. 7.21. Wyznaczanie izarytm metodą trójkątów

Należy wybierać taki sposób by boki trójkątów, wzdłuż których dokonuje się interpolacji, były możliwie jak najkrótsze. W przypadku, gdy w zależności od sposobu konstruowania trójkątów uzyskuje się odmienny obraz izarytm (rys. 7.22) należy wybrać ten, który może być bliższy przyjętej koncepcji budowy złoża.

Ręczne opracowywanie map izarytm – poza jej pracochłonnością – ma dodatkowe istotne cechy:

- 1) umożliwia interpolację tylko wzdłuż określonych odcinków pozostawiając swobodę interpretacji przebiegu izarytm między nimi (wewnątrz trójkątów),



Rys. 7.22. Różne możliwości interpretacji przebiegu izarytm (1,2) na podstawie tych samych danych

- 2) zakłada liniowe zróżnicowanie wartości parametru między sąsiadującymi punktami rozpoznawczymi.

7.4.2.3. Interpolacja sieciowa

Interpolacja sieciowa – polega na obliczeniu wartości interpolowanych w węzłach regularnej, odpowiednio gęstej siatki punktów. Umożliwia to technika komputerowa. Stwarza ona także możliwość interpolowania wartości rozpatrywanego parametru w dowolnych punktach na obszarze mapy oraz stosowanie różnych algorytmów interpolacyjnych, dopuszczających nieliniowe zróżnicowanie jego wartości.

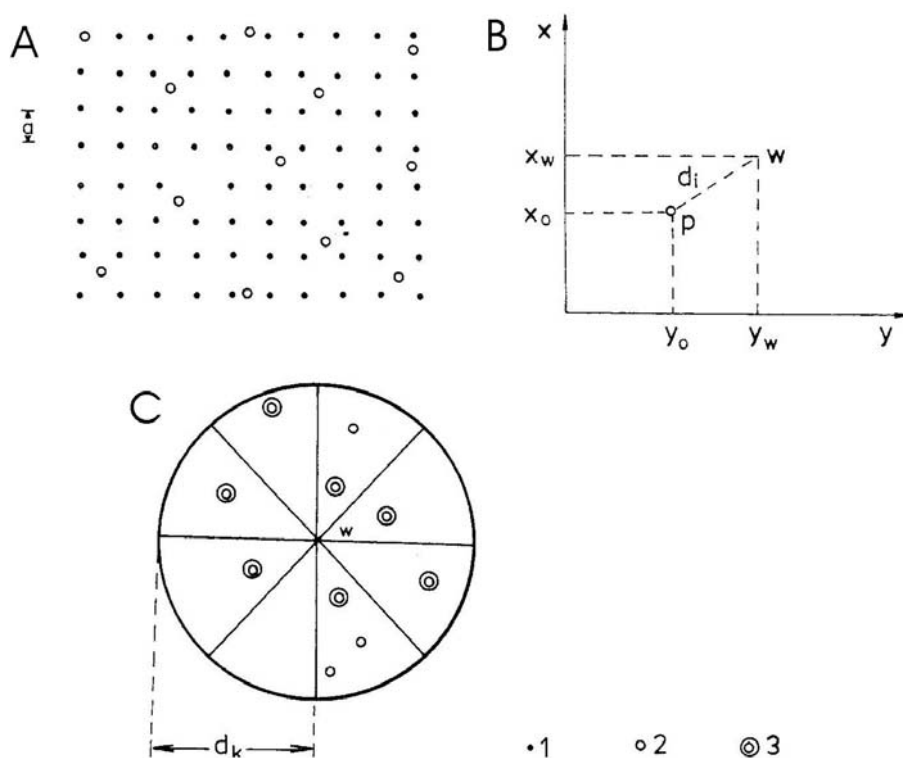
Proces tworzenia mapy można podzielić na kilka etapów:

- 1) wybór sieci punktów interpolacyjnych zwanych węzłami interpolacji,
- 2) wybór punktów, które dostarczają danych do przeprowadzenia interpolacji,
- 3) wybór algorytmu interpolacyjnego,
- 4) wykreślenie mapy,
- 5) ostateczna interpretacja mapy.

Punkty, w których dokonuje się interpolacji (węzły interpolacji) wyznacza się w taki sposób, aby tworzyły sieć kwadratów w płaszczyźnie mapy na rozpatrywanym obszarze. Ich rozstęp powinien być mniejszy od najmniejszego rozstępu punktów rozpoznawczych. Wyznaczanie węzłów interpolacyjnych dokonuje się przez określenie ich współrzędnych x_w, y_w (rys. 7.23a). W węzłach wyznaczonej sieci interpolacyjnej interpoluje się wartości rozpatrywanego parametru na podstawie danych pochodzących z najbliższych położonych punktów rozpoznawczych. Istnieje kilka sposobów wyszukiwania takich punktów. Gdy punkty rozpoznawcze są rozmieszczone regularnie na mapie, wybiera się punkty odległe od węzła interpolacyjnego o dystans d_i mniejszy od zadanej z góry wielkości d_k . Odległość danego punktu od węzła interpolacyjnego określa wzór (rys. 7.23b):

$$d_i = \sqrt{(x_w - x_o)^2 + (y_w - y_o)^2} \quad (7.5)$$

gdzie: x_w, y_w – współrzędne węzła interpolacji,
 x_o, y_o – współrzędne punktu rozpoznawczego.



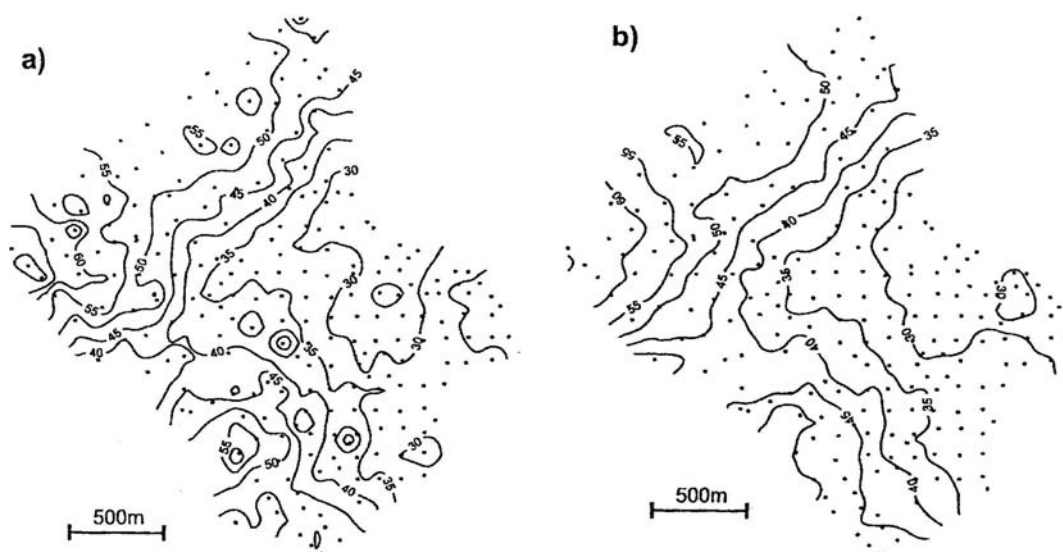
Rys. 7.23. Wyznaczanie współrzędnych węzłów interpolacyjnych i wartości interpolowanych

A – sieć węzłów interpolacji, B – odległość punktu rozpoznawczego od węzła interpolacji,
 C – sposób wyszukiwania punktów rozpoznawczych położonych najbliżej węzła interpolacji;
 1 – węzły interpolacyjne, 2 – punkty rozpoznawcze, 3 – punkty rozpoznawcze położone w sektorach najbliżej
 węzła interpolacji, x_w, y_w – współrzędne węzła interpolacji (w), x_o, y_o – współrzędne punktu rozpoznawczego,
 d_i – odległość tego punktu od węzła, d_k – promień obszaru przeszukiwanego wokół węzła interpolacji

Z wyszukanych punktów najbliżej położonych, dla których $d_i < d_k$, często wybiera się jeszcze tylko kilka najbliższych (np. 4 lub 5), co jest uzasadnione tym, że wartości parametru w węźle interpolacji w mniejszym stopniu są uzależnione od punktów dalej usytuowanych.

Gdy punkty są rozmieszczone nieregularnie, może wystąpić zjawisko grupowania się punktów rozpoznawczych obok siebie i nierównomierne ich rozmieszczenie wokół węzła interpolacji. W takich przypadkach dzieli się obszar o promieniu d_k , wyznaczony wokół węzła interpolacji, na kilka sektorów (rys. 7.23c) i wyszukuje się w każdym punkcie leżący najbliżej węzła. Jeśli w kilku (np. 4) sąsiednich sektorach brak jest punktów rozpoznawczych, przyjmuje się, że brak jest dostatecznych danych do przeprowadzenia interpolacji. Sytuacja taka zdarza się w pobliżu granic złoża.

Wartość interpolowaną u_{int} można obliczyć różnymi metodami. Dostępne oprogramowania komputerowe oferują możliwość przeprowadzenia interpolacji przy zastosowaniu



Rys. 7.24. Różne interpretacje izarytm w zależności od zastosowanego algorytmu interpolacyjnego (na podstawie tej samej bazy danych). Mapy punktu piaskowego w złożu kruszywa żwirowo-piaskowego (wg Z. Kokesza 2010) sporządzone metodami
a – wagowania odwrotnością odległości, b – krigingu zwyczajnego

różnych algorytmów (interpolatorów). Oparte są one na różnych założeniach odnośnie zróżnicowania wartości parametrów złoża, które mają być przedstawione na mapach. Dobór algorytmu zależy od dokumentatora. W zależności od zastosowanego algorytmu można uzyskać różne obrazy izarytm na mapie (rys. 7.24). W każdym przypadku sporządzona mapa izarytm przedstawia tylko model zróżnicowania wartości przedstawianego na niej parametru. Może on znacznie różnić się od jego rzeczywistego zróżnicowania. Nie zależy to od gęstości siatki węzłów interpolacji, natomiast zależy od:

- odległości między punktami rozpoznawczymi, w których dokonano pomiaru odwzorowywanego parametru i rozmieszczenia tych punktów,
- struktury zmienności przedstawianego parametru.

Wartości interpolowane w węzłach sieci wynoszą:

$$u_{\text{int}} = \sum_{i=1}^k w_i u_i \quad (7.6)$$

gdzie: u_i – wartości parametru pomierzone w punktach w otoczeniu tego, w którym dokonuje się interpolacji,

w_i – wagi przypisane wartościom u_i ,

k – liczba punktów, w których pomierzono wartości u_i .

Stosowane są dwa podstawowe rodzaje algorytmów interpolacji (interpolatorów), to znaczy wyznaczania wag w_i :

- deterministyczne, nie uwzględniające struktury zmienności parametrów złoża,
- geostatystyczne – uwzględniające strukturę zmienności parametrów złoża (to znaczy złożony jej charakter), występowanie w niej składnika losowego oraz pozwalające na oszacowanie możliwych błędów interpolacji.

Interpolacja deterministyczna

Metoda wagowania odwrotnością odległości

Metodą najprostszą jest obliczenie wartości interpolowanej jako średniej ważonej z wartości zarejestrowanych w najbliższych punktach rozpoznawczych. Wagą zwykle jest odwrotność odległości (d_i) węzła interpolacji od punktu rozpoznawczego podniesiona do potęgi p , czyli:

$$w_i = \frac{1}{d_i^p} \quad (7.7)$$

i wartości interpolowane wynoszą:

$$U_{\text{int}} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i d_i^{-p}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-p}} \quad (7.8)$$

W praktyce najczęściej jako wagę stosuje się odwrotność odległości (d_i^{-1}) lub odwrotności kwadratu odległości (d_i^{-2}).

Metoda trójkątów (triangulacyjna)

Wartości interpolowane oblicza się w punktach leżących pomiędzy trzema najbliższymi, w których dokonano pomiaru wartości parametru przedstawianego na mapie. Wyznaczają one boki trójkąta. Zakłada się, że w obszarze tego trójkąta zróżnicowanie parametru u opisuje równanie:

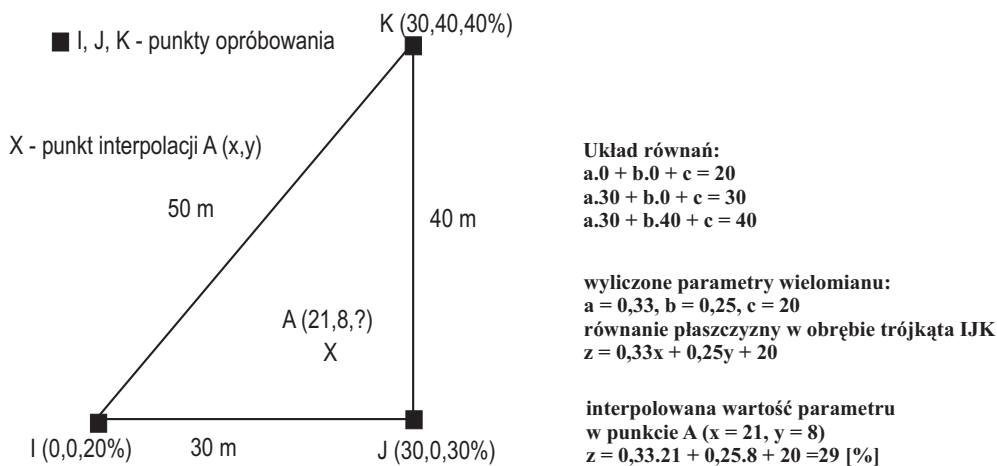
$$u = ax + by + c \quad (7.9)$$

gdzie x i y są współrzędnymi położenia punktu, oraz a , b , c współczynnikami wyznaczanymi z układu równań:

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= ax_1 + by_1 + c \\ u_2 &= ax_2 + by_2 + c \\ u_3 &= ax_3 + by_3 + c \end{aligned} \right\} \quad (7.10)$$

gdzie: x_i, y_i – współrzędne punktów w wierzchołkach trójkąta,
 u_i – wartości rozpatrywanego parametru w tych punktach.

Po wyliczeniu wartości współczynników a, b, c możliwe jest określenie wartości interpolowanych w dowolnym punkcie w obrębie każdego trójkąta (rys. 7.25). Należy jednak zwrócić uwagę, że w każdym trójkącie wartości tych współczynników będą różne!



Rys. 7.25. Interpolacja metodą triangulacyjną

Interpolacja geostatystyczna (kriging liniowy zwyczajny)

Interpolację geostatystyczną (określaną mianem krigingu) stosuje się, gdy zakładamy, że w zróżnicowaniu wartości parametru złożowego występują składniki losowe i nielosowe, oraz że można strukturę takiej zmienności opisać za pomocą semiwariogramu, który obrazuje prawidłowości zróżnicowania wartości parametru złożowego (u_i) między punktami odległymi o dystans d :

$$\gamma(d) = \frac{1}{2n_d} \sum_{i=1}^{n_d} (u_i - u_{i+d})^2 \quad (7.11)$$

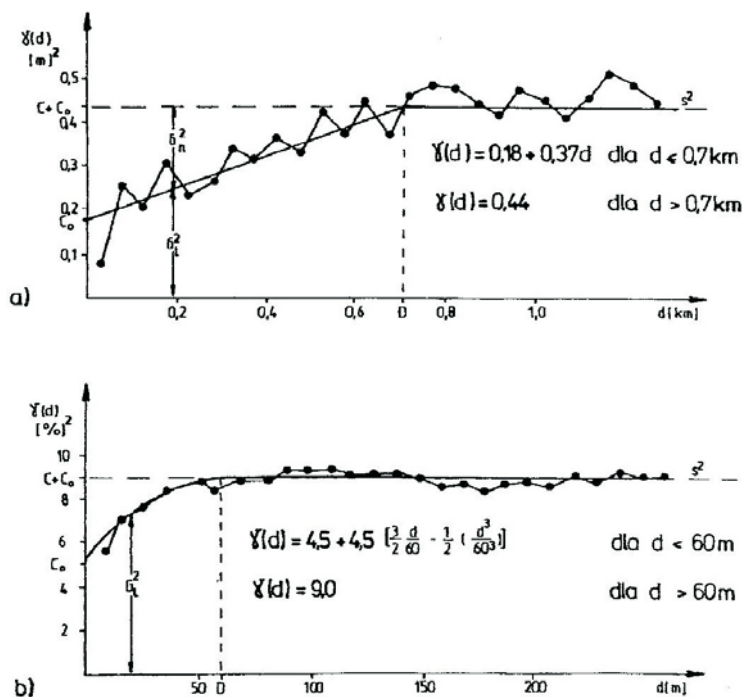
gdzie: u_i, u_{i+d} – wartość badanego parametru złożowego w kolejnych punktach wzajemnie odległych o dystans d ,
 n_d – liczba par punktów odległych o dystans d ,

W przypadku występowania efektu proporcjonalności, wyrażającego się większym zróżnicowaniem wartości parametru w obszarach jego wyższych średnich wartości, wskazane bywa obliczanie semiwariogramu względnego (relatywnego):

$$\gamma_R(d) = \frac{\frac{1}{2n_d} \sum_{i=1}^{n_d} (u_{i+d} - u_i)^2}{(\bar{u}_d)^2} \quad (7.12)$$

gdzie: N_d – liczba par próbek odległych o d ,
 z_{id}, z_i – wartości parametrów w próbkach odległych o d ,
 \bar{z}_d – średnia wartość parametru we wszystkich parach punktów pomiarowych odległych o d .

Na podstawie wykonanych obserwacji (pomiarów) obliczany jest semiwariogram empiryczny (rys. 7.26). Do dalszych zastosowań konieczny jest jego opis za pomocą odpowiednio dobranej funkcji matematycznej. Funkcje ciągłe, za pomocą których opisuje się semi-



Rys. 7.26. Semiwariogramy empiryczne i ich modele

a – miąższość pokładu węgla kamiennego (pokł. 358/1 kop. Sośnica),

b – zawartość cynku w złożu rud Zn-Pb kop. Pomorzany;

C_0 – zmienność lokalna (efekt samorodków), D – zasięg semiwariogramu (zasięg autokorelacji obserwacji),

s^2 – wariancja ($s^2 = C + C_0$), σ_1^2, σ_n^2 – składnik losowy i nielosowy zmienności

wariogramy empiryczne są geostatystycznymi modelami zmienności. Podstawowe takie modele zmienności przedstawiono w aneksie do części IV. Dobór funkcji aproksymujących dane empiryczne – można przeprowadzić metodą najmniejszych kwadratów lub lepiej w sposób wizualny, gdyż wówczas eliminuje się wpływ przypadkowych wartości semiwariogramu empirycznego na obraz dopasowywanej funkcji.

Strukturę zmienności parametrów charakteryzującą następujące parametry modeli geostatystycznych (rys. 7.26):

- D – zasięg semiwariogramu określający maksymalny zakres odległościowy występowania autokorelacji między wartościami badanego parametru,
- C_0 – wariancja składnika losowego lokalnej zmienności parametru (efekt samorodków, lub zmienność wynikająca z przypadkowych błędów obserwacji),
- C – wariancja składnika nielosowego zmienności parametru.

W przypadku odległości między obserwacjami większych od zasięgu wariogramu D nie występuje ich autokorelacja i zaznacza się tylko zmienność losowa w ich zróżnicowaniu. Wówczas $C_0 + C = S^2$ (wariancji statystycznej).

Wartość C_0 jest interpretowana na podstawie przyjętego modelu wariogramu i jego ekstrapolacji dla wartości $d < d_{\min}$ (minimalnej odległości między punktami obserwacji parametru, którego zmienność opisuje semiwariogram).

Stosunek C_0 do sumy $(C + C_0)$ wyraża liczbowo znaczenie składnika losowego w całkowitej zmienności badanego parametru złożowego:

$$w_L = \frac{C_0}{C_0 + C} \cdot 100\% \quad (7.13)$$

Wielkość wskaźnika w_L pozwala wstępnie ocenić efektywność (dokładność) interpolacji procedurą krigingu. Jest ona tym wyższa im mniejsza jest wartość w_L oraz większy zasięg autokorelacji D .

W przypadku występowania dostatecznie wyraźnie zaznaczonego składnika nielosowego zmienności, strukturę zmienności parametru można opisać za pomocą odpowiedniego modelu semiwariogramu, wartości tego parametru interpolowane w węzłach założonej siatki interpolacyjnej (punktach interpolacji) oblicza się jako średnią ważoną :

$$u_{k \text{ int}} = \sum_{i=1}^n w_i u_i \quad (7.14)$$

gdzie: u_i – wartości parametru, dla którego sporządzana jest mapa izarytm w n punktach znajdujących się w otoczeniu węzła interpolacji, w różnej od niego odległości,
 w_i – wagi przypisane poszczególnym obserwacjom wyliczone na podstawie semiwariogramu, które spełniać muszą też warunek:

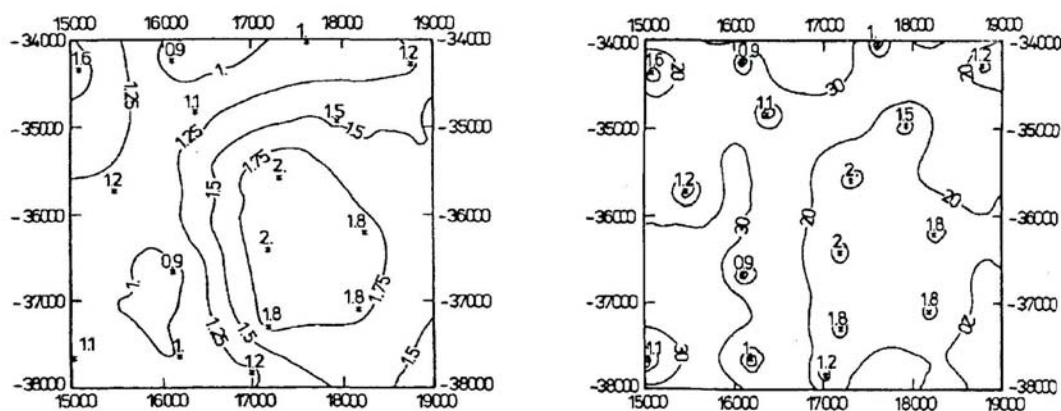
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (7.15)$$

Istotą krigingu jest określanie wartości liczbowych współczynników wagowych w w taki sposób, by oszacowana wartość interpolowana była nieobciążona błędem systematycznym i przy założeniu minimalizacji błędu przypadkowego (losowego). Wartości liczbowe tych współczynników (w_i) wylicza się rozwiązując odpowiedni układ równań (równań krigingu). W każdym węźle sieci interpolacyjnej (A) oprócz interpolowanej wartości parametru można też oszacować wariancję krigingu $\sigma_k^2(A)$ oraz wielkość standardowego błędu krigingu $\sigma_k(A)$, to jest błędu oszacowania wyinterpolowanej wartości parametru. Sposób rozwiązywania równań krigingu, wyznaczania wag oraz wielkości błędu interpolacji przedstawiony jest w aneksie do części IV.

Przez podzielenie błędu bezwzględnego krigingu σ_K przez oszacowaną wartość parametru z^*_k i wymnożenie wyrażenia przez 100% otrzymuje się względny (relatywny) błąd standardowy krigingu σ_{KR} . W przypadku stosowania w procedurze krigingu modeli semiwariogramów relatywnych uzyskuje się bezpośrednio błąd względny oszacowania wartości parametru (w ułamku dziesiętnym lub po wymnożeniu wartości błędów przez 100, w procentach).

Uzyskane dla każdego węzła sieci interpolacyjnej (lub bloku) pary oszacowań wartości badanego parametru i błędu interpolacji stanowią podstawę wykreślenia przebiegu izolinii obu wielkości. Szczególną zaletą metody krigingu jest zatem możliwość wykreślenia obok mapy izoliniowej parametru, również mapy błędów interpolacji, która stanowi podstawę oceny wiarygodności mapy izoliniowej analizowanego parametru (rys. 7.27).

Istotne znaczenie dla prawidłowego sporządzania map izarytm ma właściwy dobór modelu semiwariogramu. Należy unikać stosowania komercyjnych oprogramowań sporządzania map izarytm, w których nie jest przewidziana możliwość doboru modelu semiwa-



Rys. 7.27. Mapa miąższości (A) pokładu węgla (pokład 206/1 KWK Piast) i błędów względnych interpolacji (B) metodą krigingu (Z. Kokesz, M. Nieć 1992)

riogramu przez interpretatora. Automatyczny dobór modelu semiwariogramu może bowiem prowadzić do niewłaściwej interpretacji przebiegu izarytm. Semiwariogram empiryczny i jego model (formuła matematyczna i obraz graficzny) powinny być zawsze przedstawione na mapie, gdyż stanowi to podstawę dla oceny poprawności jej sporządzenia.

Weryfikację poprawności dopasowania modeli teoretycznych do semiwariogramów empirycznych i poprawności interpolacji można przeprowadzić przy wykorzystaniu testu krzyżowego. Istotą jego jest porównanie dla przyjętego modelu zmienności oszacowanych wartości parametru w każdym punkcie opróbowania (z wyłączeniem punktu, dla którego odbywa się szacowanie) z wartościami stwierdzonymi parametru w tych punktach. Wynikiem procedury jest zbiór względnych błędów oceny parametrów w punktach opróbowania ε_{wi} , które stanowią stosunek różnicy między oceną i rzeczywistą wartością parametru w punktach opróbowania do wartości prognozowanego błędu oceny (błędu krigingu):

$$\varepsilon_{wi} = \frac{z_{iK}^* - z_i}{\sigma_{iK}} \quad (7.16)$$

gdzie: z_{iK}^* – oszacowana wartość parametru w punkcie opróbowania i ,
 z_i – rzeczywista wartość parametru w punkcie opróbowania i ,
 σ_{iK} – błąd krigingu (prognozowany przez metodę krigingu punktowego – błąd interpolacji).

W przypadku idealnego doboru modelu do danych empirycznych wynikiem weryfikacji jest zbiór względnych błędów oceny parametrów w punktach opróbowania mający rozkład normalny z wartością średnią $\bar{\varepsilon}$ równą zero i odchyleniem standardowym s_{ε} wynoszącym 1. Porównanie wyników testu krzyżowego dla różnych modeli semiwariogramów lub różnych parametrów tego samego modelu umożliwia dobór modelu optymalnego.

Dla procedury interpolacyjnej zasadnicze znaczenie ma postać semiwariogramu dla odległości między obserwacjami $d < D$. W większości przypadków semiwariogramy mogą być aproksymowane w tym przedziale wartości za pomocą modelu liniowego:

$$\gamma(d) = C_0 + b \cdot d \quad (7.17)$$

gdzie: b – współczynnik kierunkowy prostej wyznaczany z modelu semiwariogramu.

Zmienność parametru odwzorowywanego na mapie jest z reguły traktowana jako izotropowa, niezależna od kierunku w złożu. Sposób badania anizotropii zmienności przedstawiono w aneksie do części IV. Gdy zmienność badanego parametru jest wyraźnie anizotropowa wskazane może być jej uwzględnienie w procedurze krigingu. Jednakże dla małych odległości między obserwacjami jest ona zwykle praktycznie niezauważalna i może być zaniedbana.

Metodę krigingu jako procedurę interpolacyjną można stosować tylko wtedy, gdy jest dostatecznie dużo danych do konstrukcji semiwariogramu. Model teoretyczny powinien być określony na podstawie tych wartości semiwariogramu eksperymentalnego, które zostały obliczone na podstawie co najmniej 30 par obserwacji. W związku z tym kriging do sporządzania map izarytm można stosować tylko w bardziej zaawansowanych stadiach rozpoznania złoża. Należy też mieć na uwadze, że kriging jest procedurą interpolacyjną bardziej złożoną niż na przykład wagowanie odwrotnością kwadratów odległości między obserwacjami. Dane empiryczne pokazują, że nie prowadzi do wyższej dokładności uzyskanej mapy.

Wadą procedury krigingu zwyczajnego jako procedury interpolacyjnej jest „wygładzanie” wartości interpolowanych parametrów w węzłach sieci interpolacyjnej. Wygładzenie przejawia się na mapach izoliniowych przeszacowaniem niskich wartości parametru i niedoszacowaniem wartości wysokich. W rezultacie mapy pokazują znacznie mniejszy zakres zmienności wartości wyinterpolowanych niż danych z opróbowań, co jest zniekształceniem rzeczywistej zmienności parametru. Efekt wygładzenia nie jest charakterystyczny jedynie dla metody krigingu zwyczajnego ale towarzyszy wszystkim metodom interpolacji bazującym na średniej ważonej, np. metodzie odwrotnej odległości.

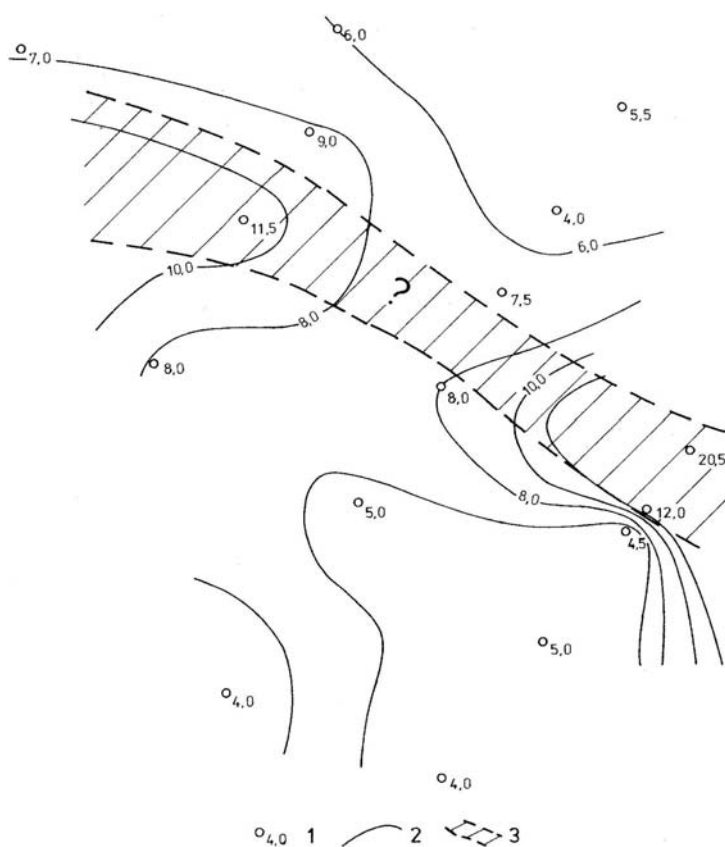
Właściwsze odtworzenie w procedurze interpolacyjnej rzeczywistej zmienności parametrów zapewnia zaproponowana przez Yamamoto (2005) korekta efektu wygładzenia dla krigingu zwyczajnego (Mucha, Wasilewska 2006).

7.4.2.4. Interpolacja interpretacyjna

Wykonanie mapy izarytm w sposób w pełni zautomatyzowany przy wykorzystaniu przedstawionych algorytmów nie zawsze prowadzi do stworzenia obrazu zróżnicowania przedstawianego parametru, wiarygodnego z geologicznego punktu widzenia. Ma to miejsce wówczas gdy istnieją dodatkowe dane geologiczne odnośnie tego zróżnicowania lub przesłanki dla określonej jego interpretacji. Występuje to zwłaszcza w przypadku map izarytm ilustrujących ułożenie powierzchni (stropu lub spągu warstw), bowiem:

- 1) powierzchnia, którą odwzorowujemy za pomocą izarytm nie zawsze jest powierzchnią ciągłą,
- 2) istnieć może możliwość wykorzystania dodatkowych opisowych informacji o ułożeniu tej powierzchni (np. kątach jej nachylenia).

Nie można więc całkowicie zautomatyzować na przykład kreślenia map strukturalnych w przypadku występowania tektoniki uskokowej oraz map paleomorfologicznych, których rysunek musi być zgodny z zasadami geomorfologii. W tych przypadkach mapy izarytm uzyskane za pomocą komputera traktujemy jako przybliżone. Wymagają one korekty przez geologa (rys. 7.28). Korektę taką można przeprowadzić na podstawie przekrojów geologicznych, na których przedstawia się koncepcję budowy złoża. Koncepcja tej budowy zawsze musi być oparta odpowiednio na wykonanych obserwacjach w otworach wiertniczych, wyrobiskach górniczych, w czasie kartowania geologicznego na powierzchni oraz wynikach badań geofizycznych.



Rys. 7.28. Korekta geologiczna mapy izarytm grubości nadkładu. Złoże piasków szklarskich Unewel
 1 – otwory wiertnicze i grubość nadkładu, 2 – izarytm grubości nadkładu interpolowane metodą „odwrotności kwadratu odległości”, 3 – interpretowany przypuszczalny przebieg rynn erozyyjnej

7.4.3. Mapy strukturalne

Mapy strukturalne przedstawiają sposób ułożenia i tektonikę złoża za pomocą izarytm odległości jego stropu lub spągu w stosunku do obranej płaszczyzny odniesienia (rys. 7.29). Zwykle płaszczyzną taką jest poziom morza i są to wówczas warstwice lub izohipsy, odpowiednio – stropu lub spągu. Rzadziej płaszczyzną odniesienia dla mapy strukturalnej jest płaszczyzna pionowa lub wyjątkowo pochyła. Odstępy między warstwicami dobiera się tak, by za ich pomocą można było zobrazować wszystkie istotne elementy ułożenia i ukształtowania odwzorowywanej powierzchni. Na mapach strukturalnych złóż pokładowych o prostej budowie, np. węgla kamiennego, wystarczające może być przedstawienie warstwic w odstępach co 50–100 m. W przypadku złóż o urozmaiconej morfologii stropu lub spągu

(np. złóż węgla brunatnego, siarki) dla zobrazowania szczegółów może być konieczne prowadzenie warstwic co 10, 5 lub nawet mniej metrów. W przypadku złóż eksploatowanych przede wszystkim przedstawia się te warstwicę, które odpowiadają wysokości poziomów lub pięter eksploatacyjnych.

Przed rozpoczęciem kreślenia mapy odstęp między izarytmami można wyznaczyć na podstawie znanego lub przewidywanego kąta nachylenia odwzorowywanej powierzchni i odległości warstwic, jakie chcemy otrzymać na mapie. Odległości między warstwicami (izohipsami) na mapie, czyli ich **moduł** (a) jest związany z odstępem między nimi (różnic wysokości h) i kątem nachylenia odwzorowywanej powierzchni (α) zależnością:

$$a = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (7.18)$$

Podstawą do wykreślenia warstwic stropu czy spągu złoża są dane z otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych. Na górniczych mapach pokładowych danymi do konstrukcji warstwic są punkty niwelacyjne w wyrobiskach górniczych (punkty przebiecia pokładu przekopami i punkty niwelacyjne spągu złoża w chodnikach).

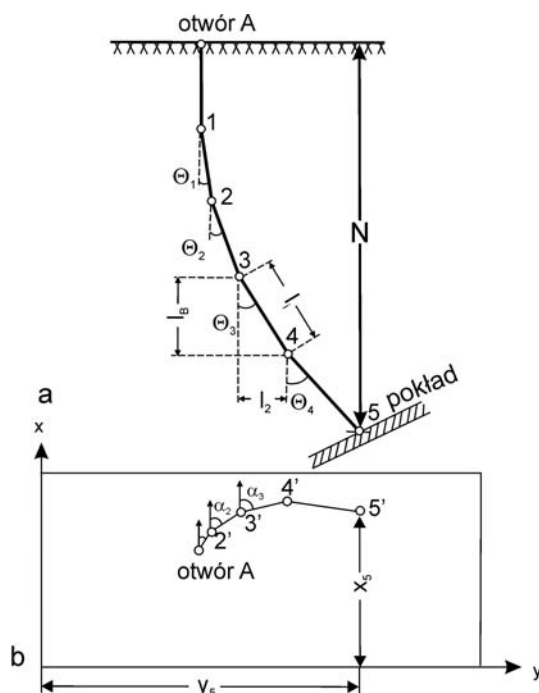
Wysokość stropu lub spągu złoża (z_s) w otworze pionowym (w stosunku do poziomu morza) równa jest różnicy wysokości początku otworu (rzędnej z) i głębokości do stropu lub spągu danego pokładu (h):

$$z_s = z - h \quad (7.19)$$

W przypadku otworów nachylonych lub skrzywionych należy uwzględnić rzeczywiste położenie punktu przebiecia pokładu przez otwór i głębokość położenia tego punktu mierzoną w pionie, gdyż w przeciwnym przypadku otrzymuje się zniekształcony obraz odwzorowanej powierzchni. Współrzędne tego punktu określa się za pomocą wzorów (rys. 7.30):

$$\left. \begin{aligned} x_k &= x_o + \sum_{i=1}^k l_i \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \cos \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2} \\ y_k &= y_o + \sum_{i=1}^k l_i \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \sin \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2} \\ z_k &= z_o + \sum_{i=1}^k l_i \cos \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (7.20)$$

gdzie: x_k, y_k, z_k – współrzędne punktu przebiecia warstwy przez otwór,
 x_o, y_o, z_o – współrzędne ujścia otworu na powierzchni,
 θ_i, α_i – kąt nachylenia osi otworu i azymut stycznej do osi otworu w miejscu pomiaru krzywizny,
 l_i – długość odcinka między punktami pomiaru krzywizny.

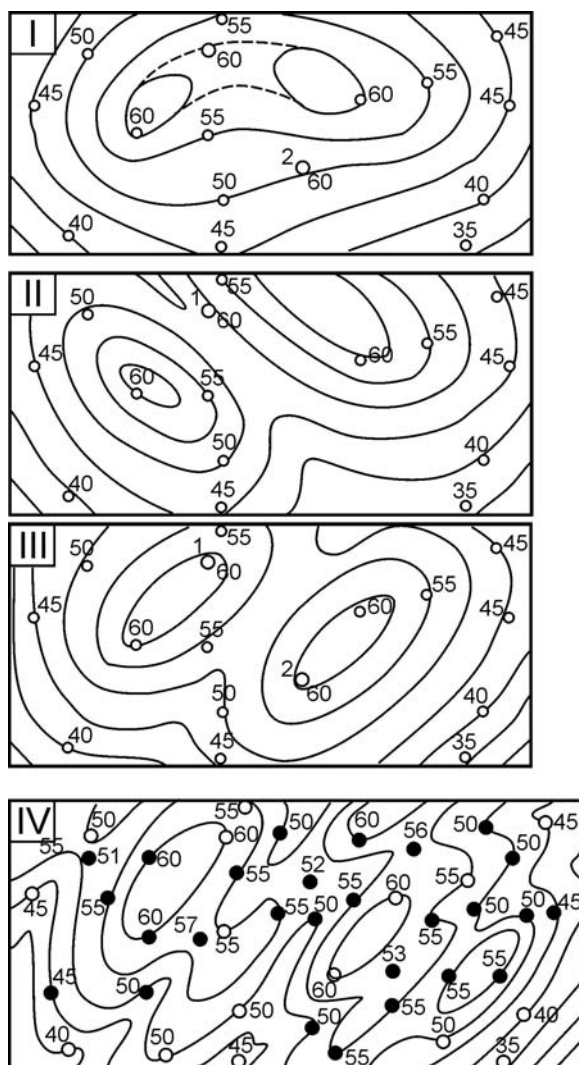


Rys. 7.30. Wyznaczanie współrzędnych punktów wzdłuż osi otworu skrzywionego

Izohipsy na mapie wyznacza się bądź drogą interpolacji jedną z metod przedstawionych w rozdziale poprzednim, bądź metodą przekrojów.

Metodą interpolacji można prawidłowo zilustrować ułożenie powierzchni jeśli jej ułożenia nie naruszają uskoki, a punkty rozpoznawcze znajdują się dostatecznie blisko siebie. Wraz ze wzrostem odległości między punktami rozpoznawczymi zmniejsza się dokładność interpolacji warstw i oczekiwać można znacznych różnic między rzeczywistym a interpolowanym położeniem danej powierzchni. Zagęszczenie punktów rozpoznawczych powoduje z reguły zmiany interpretacji przebiegu izarytm (rys. 7.31). Dlatego też wiarygodny ich obraz można uzyskać dopiero w zaawansowanych stadiach rozpoznania złoża. W przypadku punktów bardzo odległych można, a niekiedy trzeba, odstąpić od zasady interpolacji, gdyż może ona prowadzić do nienaturalnej interpretacji ułożenia powierzchni. Zwłaszcza przy konstruowaniu map izarytm na podstawie rzadkiej sieci punktów rozpoznawczych (w kat. C₂), czysto geometryczna interpretacja warstw może prowadzić do stworzenia fałszywego obrazu. Przebieg warstw interpretuje się wówczas na podstawie ogólnie przyjętej koncepcji budowy geologicznej danego obszaru. Zwykle konieczne i możliwe jest w takim przypadku wykreślenie kilku wariantów map (rys. 7.32).

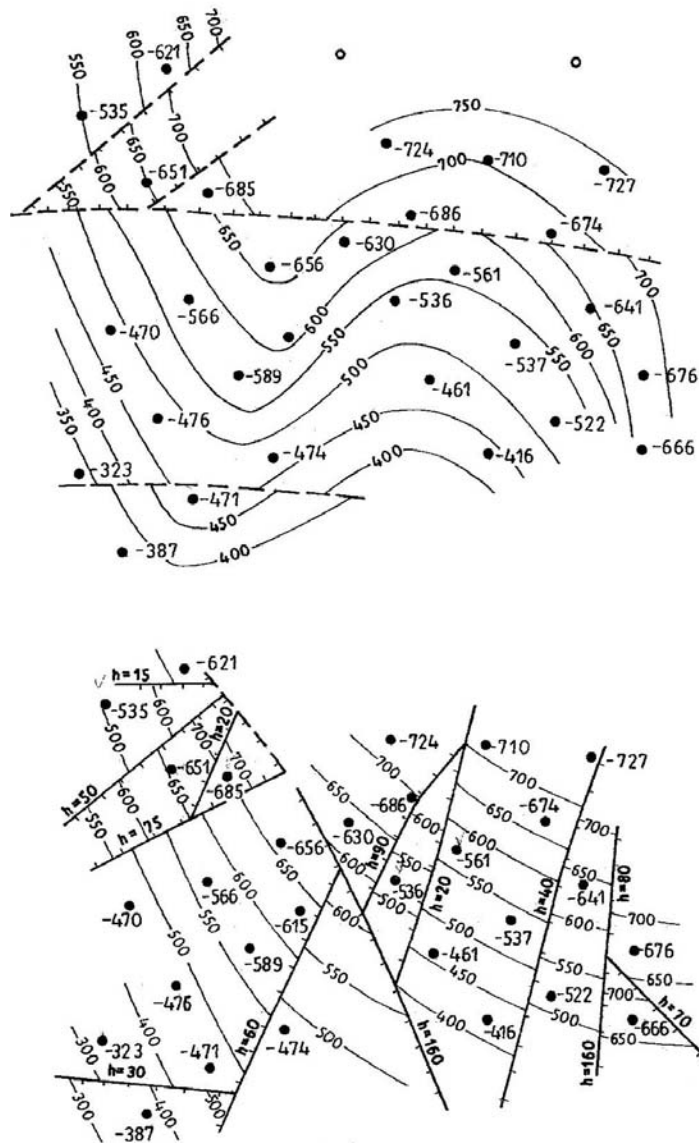
Wyznaczenie izohips drogą interpolacji, zwłaszcza w sposób zautomatyzowany, często napotyka na trudności z powodu występowania zaburzeń tektonicznych i zafałdowań lub przerwania ciągłości odwzorowywanej powierzchni przez zaburzenia uskokowe. W takich



Rys. 7.31. Zmiany interpretacji mapy strukturalnej w miarę przybywania danych (wg Z. Kotańskiego 1987). Mapy I i II przedstawiają dwa warianty uzyskane na podstawie czternastu istniejących otworów wiertniczych.

Po przeprowadzeniu piętnastego otworu (nr 1 z podwójnym kółkiem) odpadł wariant II i bardziej prawdopodobny stał się wariant I. Po odwierceniu szesnastego otworu (nr 2) najbardziej prawdopodobny stał się wariant III. Mapka IV przedstawia obraz po odwierceniu nowych 28 otworów (czarne kółka)

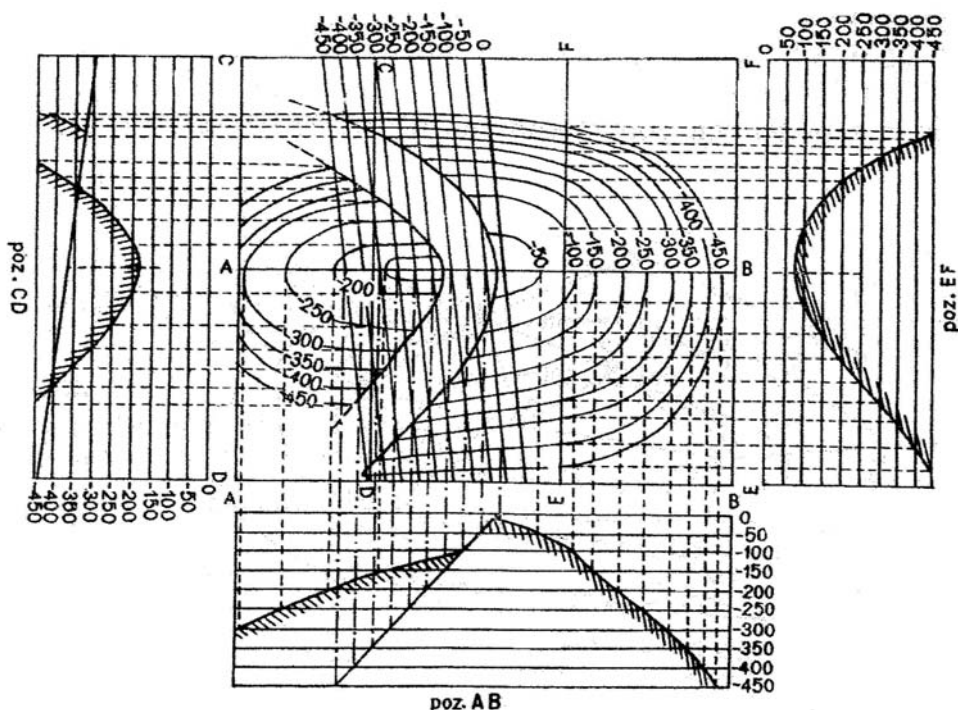
przypadkach mapę strukturalną wykonuje się metodą przekrojów. Polega ona na wykonaniu przekrojów wzdłuż linii łączących poszczególne punkty, między którymi mają być wyinterpolowane warstwy, z zaznaczonymi liniami poziomymi odpowiadającymi poszczególnym wartościom izohips. Punkty przecięcia tych linii ze stropem lub spągami (zależnie od rodzaju mapy) danej warstwy na przekroju odrzutowuje się linią poziomą i przenosi na mapę (rys. 7.33).



Rys. 7.32. Dwie możliwości interpretacji mapy spągu pokładu węgla na podstawie tych samych danych (wg F. Kozubskiego 1961)

Metodę przekrojów stosuje się także wówczas, gdy posiadamy dodatkowe informacje wskazujące na sposób ułożenia odwzorowywanej powierzchni. Mogą to być na przykład dane o elementach ułożenia warstw uzyskane na podstawie obserwacji w otworach wiertniczych lub w odsłonięciach na powierzchni między otworami.

W praktyce często stosuje się kombinację zautomatyzowanego kreślenia izohips z metodą przekrojów. W pierwszej fazie uzyskuje się mapę jedną z metod interpolacyjnych (trójkątów,



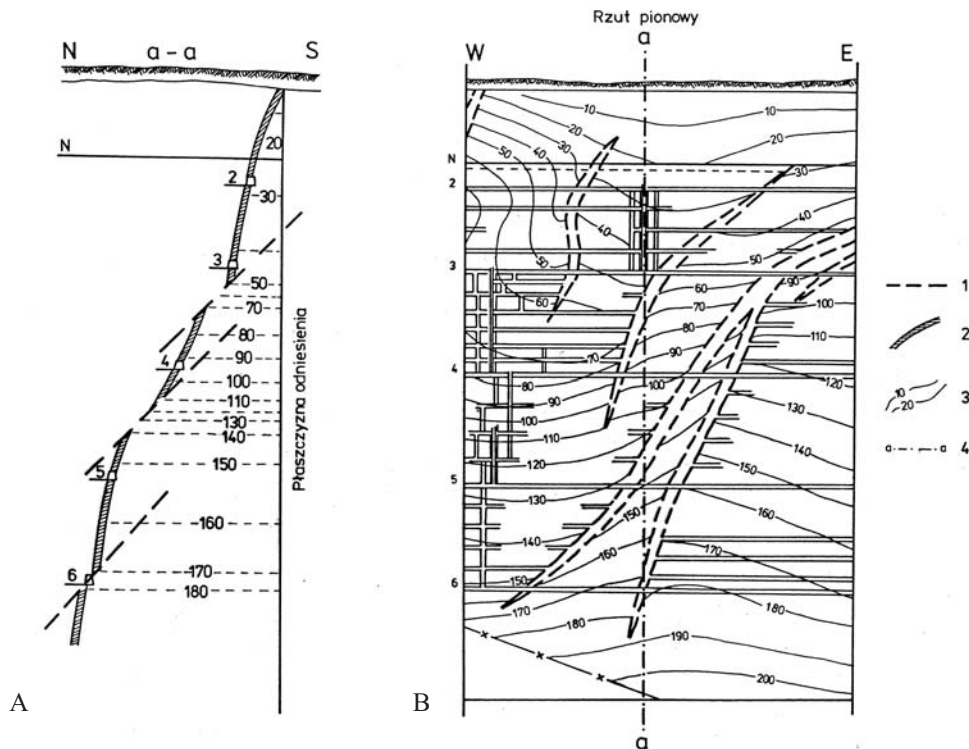
Rys. 7.33. Interpretacja mapy strukturalnej metodą przekrojów

wagowania odwrotnością odległości punktów lub krigingu). Na mapie takiej przebieg izol linii, na przykład ich zagęszczenie, gwałtowne zmiany ich kierunku itp. mogą sugerować występowanie zaburzeń tektonicznych. W takich miejscach metodą przekrojów można interpretować ich przebieg oraz ułożenie powierzchni odwzorowywanej w ich sąsiedztwie.

Stromo ułożone złoża pokładowe lub żyłowe często łatwiej można przedstawić w rzucie na płaszczyznę pionową przeprowadzoną w niewielkiej odległości od jego spągu. Przy kreśleniu takich map najczęściej posługujemy się metodą przekrojów prowadzonych prostopadle w stosunku do płaszczyzny odniesienia (rys. 7.34A). Odległości spągu czy stropu złoża od tej płaszczyzny mierzy się wówczas w kierunku prostopadłym do niej. Ich zróżnicowanie przedstawia się na płaszczyźnie rzutowej w postaci mapy warstwicznej⁶, izarytmami odległości odpowiednio – stropu lub spągu złoża od płaszczyzny odniesienia (rys. 7.34B).

Zasadniczym zagadnieniem przy konstrukcji map strukturalnych jest przyjęcie właściwej interpretacji tektoniki. Sprowadza się to przede wszystkim do odpowiedzi na pytanie, czy w danym rejonie mamy do czynienia z zaburzeniami ciągłymi (fałdowymi) czy nieciągłymi

⁶ Mapy takie noszą niekiedy nazwę diagramów Conolly'ego



Rys. 7.34. Konstrukcja mapy izarytm w rzucie na płaszczyznę pionową
 A – przekrój poprzeczny (a-a), B – mapa izarytm spągu złoża w rzucie na płaszczyznę pionową
 1 – uskoki, 2 – złożo w przekroju, 3 – izarytmy odległości spągu złoża od płaszczyzny rzutowej, 4 – ślad przekroju na płaszczyźnie rzutowej

(uskokowymi). Niekiedy obecność uskoku sugeruje układ warstw na mapie, np. gwałtowna zmiana kierunku zapadania lub kąta zapadania, niekiedy zamknięte wydłużone obniżenia. W przypadku sporządzania map warstwicznych na podstawie danych z otworów wiertniczych pewnych informacji o uskokach może dostarczyć niekiedy sam profil otworu.

W przypadku złóż osadowych duże znaczenie w ukształtowaniu ich powierzchni stropowej i spągowej mogły mieć procesy rzeźbotwórcze. Są to zatem często powierzchnie paleomorfologiczne. Interpretację map warstwicznych ułatwia wówczas analiza charakteru osadów nadległych. Należy przy tym też uwzględnić związek rzeźby z litologią niżej leżących warstw i ich tektoniką.

Mapy strukturalne są niezbędne przede wszystkim dla projektowania wyrobisk górniczych, szczególnie tych, które mogą być prowadzone w złożu. Zagadnieniem typowym jest tzw. „naprowadzanie wyrobisk na pokład”, to znaczy wyznaczanie miejsca przebiegu pokładu przez wyrobisko. Zbliżonym zagadnieniem jest wyznaczanie głębokości otworów rozpoznawczych. Sprowadza się to do rozwiązania znanego z geometrii rzutów cechowanych zadania poszukiwania punktu przebicia powierzchni przez prostą.

Porównanie mapy strukturalnej z mapą miąższości czy jakości kopaliny może dostarczyć wielu cennych informacji o warunkach występowania złoże i prawidłowościach jego wykształcenia.

Mapy strukturalne, w szczególności spągu złoże, są nieodzownym składnikiem każdej dokumentacji geologicznej złoże.

7.4.4. Wyznaczanie wychodni złoże i krawędzi przecięcia uskoku z pokładem

Wychodnię złoże wyznacza się jako strefę zawartą między liniami przecięcia powierzchni stropowej i powierzchni spągowej złoże z powierzchnią terenu. Linie te otrzymuje się przez połączenie punktów przecięcia jednoimiennych warstw (np. spągu złoże i powierzchni terenu). Aby konstrukcja taka była możliwa, konieczne jest wyznaczenie w wyniku ekstrapolacji warstw powierzchni ograniczających złoże na zewnątrz od stwierdzających je otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych. W podobny sposób wyznacza się wychodnie uskoku i krawędzie przecięcia uskoku z pokładem.

W złożach udostępnionych wyrobiskami górniczymi częstym zadaniem jest wyznaczenie rozciągłości uskoku, gdy znana jest tylko krawędź przecięcia uskoku z pokładem. Krawędź tę zwykle wyznaczają punkty przebicia uskoku chodnikami prowadzonymi w danym pokładzie na różnych poziomach, a zatem na różnych wysokościach. Chcąc wyznaczyć rozciągłość uskoku musimy znaleźć dwa punkty leżące na tej samej wysokości. Jednym może być dowolny punkt przebicia, drugi znajdujemy konstrukcyjnie. Będzie się on znajdował od znanego punktu przebicia uskoku w odległości:

$$a = b \operatorname{ctg} \varphi \quad (7.21)$$

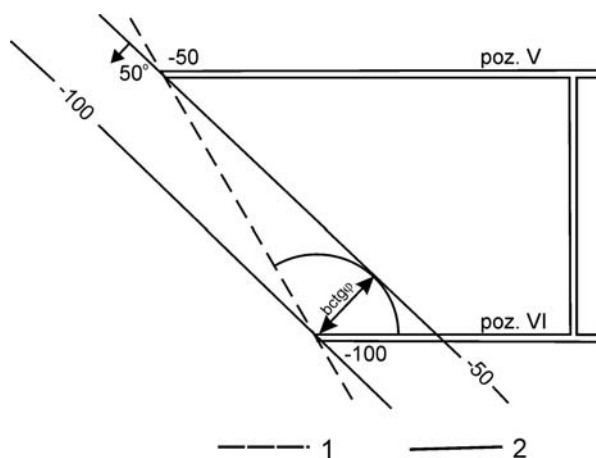
gdzie: b – różnica wysokości między oboma punktami przebicia,
 φ – kąt nachylenia uskoku.

Wokół jednego z punktów przebicia zataczamy łuk o promieniu a i prowadzimy przez drugi punkt przebicia styczną do tego łuku (rys. 7.36). Wyznacza ona rozciągłość uskoku. Równoległe do tej linii można poprowadzić warstwice płaszczyzny uskokowej.

Metodą konstrukcyjną można też wyznaczyć warstwice pokładu w skrzydle przemieszczonym przez uskok (zrzuconym). W tym celu wzdłuż warstw płaszczyzny uskokowej z punktów leżących na krawędzi przecięcia uskoku z pokładem (A, B, C, D na rys. 7.35) odkłada się w stronę skrzydła przemieszczonego odcinki o długości:

$$a = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha \cos \gamma} + c \quad (7.22)$$

gdzie: h – zrzut uskoku,

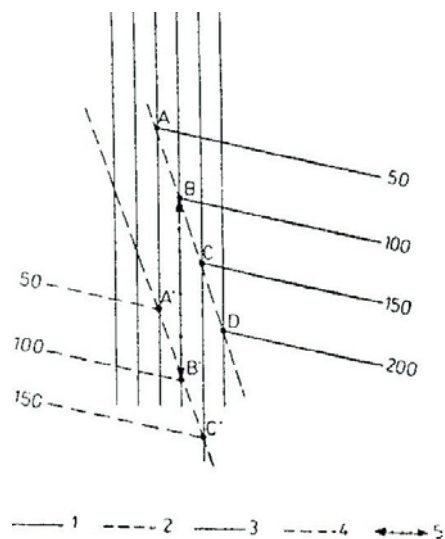


Rys. 7.35. Wyznaczanie rozciągłości uskoku

1 – krawędź przecięcia uskoku z pokładem, 2 – warstwie powierzchni uskokowej

- α – kąt nachylenia pokładu,
- γ – kąt między rozciągłością uskoku a kierunkiem zapadania pokładu,
- c – szerokość szczeliny uskokowej.

Końce tych odcinków wyznaczają krawędź przecięcia uskoku z pokładem w skrzydle zrzuconym (rys. 7.36). Rzędne tych punktów (A' , B' , C') są identyczne z rzędnymi punktów, z których odpowiednie odcinki zostały wyprowadzone.



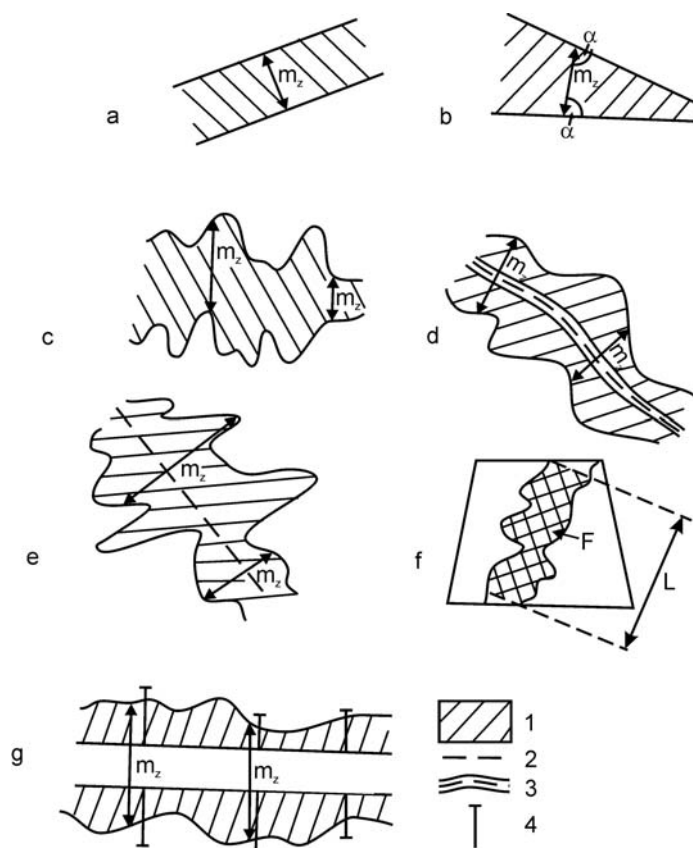
Rys. 7.36. Wyznaczanie warstwic pokładu w skrzydle zrzuconym

1 – warstwie pokładu w skrzydle wiszącym, 2 – warstwie pokładu w skrzydle zrzuconym,
 3 – warstwie powierzchni uskokowej, 4 – krawędź przecięcia uskoku z pokładem, 5 – $a = h$ lub $(\text{tg } \alpha \cos \gamma) + c$

Jeśli dysponuje się wieloma punktami stwierdzeń uskoku (na różnych poziomach), lub na podstawie znajomości jego kąta nachylenia, można wykreślić mapę warstwicową powierzchni uskokuwej. Jej nałożenie na mapę warstwicową stropu i spągu złoża umożliwia wyznaczenie krawędzi przecięcia uskoku z pokładem.

7.4.5. Mapy miąższości złoża

Miaższość złoża określana jest jako najkrótsza odległość między stropem a spągiem złoża mierzona wzdłuż linii prostopadłej do płaszczyzny środkowej złoża, obrazującej sposób jego ułożenia. Sposób pomiaru nie budzi wątpliwości w przypadku złoża pokładowego, gdy powierzchnie stropu i spągu są wyraźne i wzajemnie równoległe (rys. 7.37a).

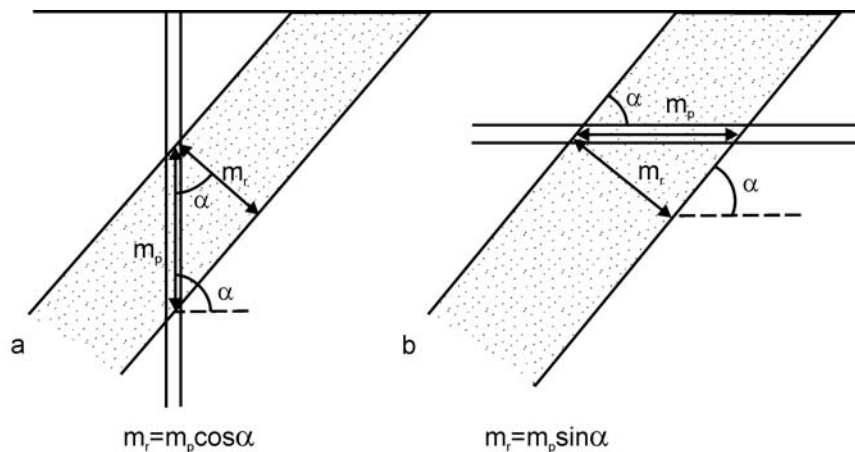


Rys. 7.37. Sposób określania miąższości złoża

a – złożo pokładowe, b – złożo soczewkowe, c – złoża stratoidalne o nieregularnym stropie i spągu leżące poziomo, d – j.p. nachylonego z warstwą przewodnią, e – j.p. w przypadku braku charakterystycznych powierzchni odniesienia w złożu, f – j.p. na podstawie pomiaru powierzchni przekroju złoża w odsłonięciu, g – złoża niecałkowicie odsłoniętego (na podstawie danych z dodatkowych otworów badawczych; 1 – złożo, 2 – powierzchnia „środkowa” złoża, 3 – warstwa przewodnia, 4 – otwory badawcze

Gdy powierzchnie te są nie równoległe, miąższością jest odległość między nimi mierzona wzdłuż linii nachylonej pod jednakowym kątem do obu tych powierzchni (rys. 7.37b). Określenie miąższości jest trudniejsze w przypadku złóż, których strop i spąg tworzą powierzchnie nieregularne wzajemnie nierównoległe. W przypadku takich złóż ułożonych poziomo pomiaru dokonuje się wzdłuż linii pionowej (rys. 7.37c). W takich nachylonych złożach, miąższość powinna być mierzona wzdłuż linii prostopadłej do powierzchni obrazującej sposób ułożenia złoża (rys. 7.37d). Może nią być strop lub spąg jakiejś warstwy, dającej się zidentyfikować na podstawie cech litologicznych (np. w dolnośląskich złożach rud miedzi taką warstwą przewodnią są łupki miedzionośne). Jeśli brak takiej naturalnej powierzchni, za charakteryzującą sposób ułożenia złoża przyjmuje się powierzchnie środkową złoża poprowadzoną w taki sposób, by w całości znalazła się w jego obrębie i dzieliła go na dwie mniej więcej równe części (rys. 7.37e). Dokonać tego można na wcześniej sporządzonych przekrojach (rys. 7.37f).

Miąższość złoża mierzona w omawiany sposób stanowi **miąższość rzeczywistą**. W praktyce jej pomiar bezpośredni często jest niemożliwy, można natomiast bez trudu pomierzyć miąższość złoża wzdłuż osi otworu lub wyrobiska górniczego. Jest to zwykle **miąższość pozorna**, większa od rzeczywistej (rys. 7.38). Jeśli pomiar był wykonany w kierunku



Rys. 7.38. Związki między miąższością rzeczywistą i pozorną mierzoną w płaszczyźnie prostopadłej do rozciągłości złoża

pionowym – np. w pionowym otworze wiertniczym – jest to miąższość określana jako pionowa, jeśli w wyrobisku poziomym jako miąższość pozioma. Na podstawie pomiaru miąższości pozornej (m_p) w otworze wiertniczym lub wyrobisku prostopadłym do biegu złoża miąższość rzeczywistą (m_r) można określić na podstawie prostych relacji trygonometrycznych (rys. 7.38). W otworze lub wyrobisku pionowym:

$$m_r = m_p \cos \alpha \quad (7.23)$$

a w wyrobisku poziomym:

$$m_r = m_p \sin \alpha \quad (7.24)$$

gdzie α jest kątem zapadania złoża.

Trudniejsze jest określenie miąższości, jeśli oś otworu lub wyrobiska, wzdłuż której dokonuje się jej pomiaru jest nachylona w stosunku do rozciągłości złoża (i kierunku jego zapadania). Rzeczywistą miąższość oblicza się wówczas za pomocą wzoru Leontowskiego:

$$m_r = m_p(\cos \theta \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha \cos \gamma) \quad (7.25)$$

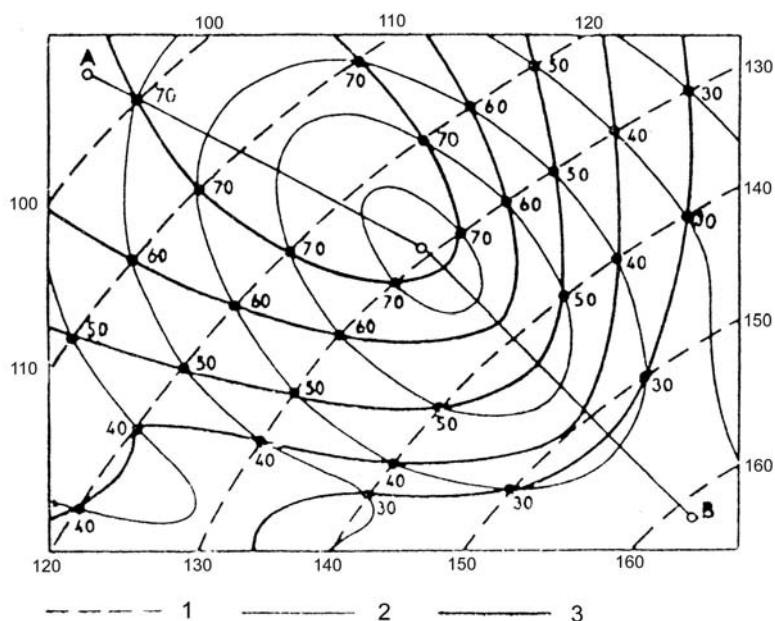
gdzie: α – kąt zapadania warstw,
 θ – kąt nachylenia otworu w stosunku do pionu,
 γ – kąt zawarty między kierunkiem osi otworu a kierunkiem przeciwnym do zapadania warstw.

W złożach nachylonych pod niewielkim kątem miąższość pionowa różni się nieznacznie od rzeczywistej. Przy upadzie do 15° można posługiwać się wprost pomiarami miąższości pionowej, ponieważ $\cos(\alpha \geq 15^\circ)$ wynosi $> 0,996$ i błąd oceny miąższości z tego tytułu nie przekracza 3,5% i jest zwykle mniejszy od błędu samego pomiaru. Podobnie można zaniedbać redukcję miąższości poziomej, gdy kąt upadu złoża jest większy od 75° .

Zróznicowanie miąższości złoża przedstawia się na mapie za pomocą linii równej miąższości, czyli izopachyt. Można je wykonać w trojaki sposób:

- a. Metodą **interpolacji** na podstawie wyników pomiarów miąższości w otworach lub wyrobiskach górniczych, dokonując interpolacji między punktami rozpoznawczymi.
- b. Metodą **superpozycji**, to jest przez przedstawienie na jednej mapie warstw stropu i spągu złoża (rys. 7.39). Odejmując w poszczególnych punktach wysokości spągu od wysokości stropu otrzymujemy miąższość. Konstrukcja map izopachytowych metodą superpozycji jest nieodzowna w przypadkach, gdy dysponujemy różną ilością informacji o ukształtowaniu stropu i spągu utworów, których miąższość przedstawiamy na mapie.
- c. Metodą **przekrojów**, na podstawie danych o miąższości złoża uzyskanych z wcześniej wykonanych przekrojów geologicznych.

Mapy miąższości wykonane jednym z powyższych sposobów wymagają niekiedy korekty jeśli posiadamy dodatkowe informacje o przyczynach zróznicowania miąższości, np. o redukcji miąższości w sąsiedztwie uskoków, w strefach rozmyć złoża (np. pokładów węgla) itp., jeśli tylko przebieg tych zjawisk jest bądź znany bądź może być przewidywany (np. na podstawie morfologii stropu złoża). W przypadku złożeń stromo nachylonych mapy miąższości sporządza się w rzucie na płaszczyznę pionową. W każdym przypadku, gdy kąt nachylenia złoża jest większy od 15° należy zaznaczyć czy odwzorowywana na mapie jest jego miąższość rzeczywista, czy pozorna.



Rys. 7.39. Sporządzanie mapy miąższości złoża metodą superpozycji
1 – warstwice spągu złoża, 2 – warstwice stropu złoża, 3 – izorytmy miąższości złoża

Mapy miąższości wykorzystuje się do konstrukcji map strukturalnych spągu złoża, gdy informacje o jego położeniu są uboższe niż o położeniu stropu. Nakładając na mapę stropu mapę miąższości i odejmując w dowolnym punkcie miąższość od rzędnej stropu otrzymujemy rzędną spągu. Uzyskane w ten sposób dane służą do konstrukcji mapy warstwicznej spągu.

Mapy miąższości wykorzystywane są również przy obliczaniu zasobów złoża. Niezbędne są przy obliczaniu ich objętości „metodą izarytm” (zob. część IV).

Mapy miąższości są niezbędne dla projektowania eksploatacji, przede wszystkim wysokości wyrobisk eksploatacyjnych i pośrednio wyboru sposobu eksploatacji. W złożach o bardzo zróżnicowanej miąższości konieczne może być stosowanie różnych systemów eksploatacji, odpowiednio dobranych do miąższości złoża z uwzględnieniem wymagań wynikających z mechaniki górotworu.

7.4.6. Mapy miąższości nadkładu i stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża

Grubość nadkładu i wzajemny stosunek grubości nadkładu (N) do miąższości złoża (Z) są ważnymi cechami złoża w przypadku, gdy przewidywana jest eksploatacja odkrywkowa i niekiedy także otworowa (np. siarki metodą podziemnego wytapiania). Mapy takie są podstawą do:

- wyznaczania granic złoża, jeśli kryterium wyznaczającym tę granicę jest maksymalna grubość nadkładu (minimalna w przypadku eksploatacji otworowej) lub maksymalny stosunek N/Z ,
- obliczenia kubatury mas płonnych, które będą usuwane w miarę eksploatacji złoża.

Wybór sposobu sporządzenia mapy grubości nadkładu zależy od morfologii powierzchni i budowy nadkładu. Jeśli powierzchnia terenu występowania złoża nie jest morfologicznie urozmaicona można ją sporządzić metodą interpolacji między punktami, w których miąższość nadkładu została pomierzona (na przykład otworami wiertniczymi, punktami sondowań elektrooporowych). W przypadku urozmaiconej morfologii powierzchni terenu mapa miąższości nadkładu powinna być sporządzana metodą superpozycji. Miąższość nadkładu w dowolnym punkcie stanowi wówczas różnica między rzędnymi: powierzchni terenu i stropu złoża. Przy ręcznym sporządzaniu mapy umożliwia to naniesienie warstwicy stropu złoża na mapę topograficzną i odjęcie wysokości stropu złoża od wysokości powierzchni odczytanych w tym punkcie z mapy. W przypadku opracowań komputerowych sprowadza się to do obliczenia wartości różnic w poszczególnych punktach mapy numerycznej powierzchni terenu i stropu złoża.

W przypadku urozmaiconej morfologii powierzchni można także sporządzić mapę miąższości nadkładu bardziej pracochłonną metodą przekrojów.

Metodę przekrojów powinno się stosować w przypadkach, gdy nadkład ma zróżnicowaną budowę i bezpośrednio nad złożem występują różnowiekowe utwory o różnym rozprzestrzenieniu rozdzielone niezgodnościami sedymentacyjnymi. Na przekrojach interpretuje się zasięg poszczególnych utworów i odpowiednio interpretuje miąższość całego nadkładu. W przypadku operowania mapami numerycznymi wskazane jest odrębne sporządzenie map miąższości odpowiednich utworów wydzielanych w nadkładzie i na ich podstawie drogą sumowania tworzenie mapy miąższości całego nadkładu.

Przy sporządzaniu map grubości nadkładu zaniedbanie zróżnicowania morfologii powierzchni lub złożonej jego budowy i posługiwanie się w takich przypadkach metodą interpolacji może prowadzić do poważnych błędów obrazu zróżnicowania tej grubości na mapie (np. w strefach obniżen morfologicznych między wykonanymi otworami wiertniczymi).

7.4.7. Mapy jakości kopaliny

Mapy jakości kopaliny (omówione także w części III), przedstawiają jej zróżnicowanie w granicach złoża. Wykonuje się je na podstawie wyników analiz pobranych próbek.

Mogą one ukazywać:

- 1) zawartości procentowe poszczególnych składników chemicznych charakteryzujących jakość kopaliny (np. metali w złożach rud, CaO , MgO , SiO_2 i innych w złożach wapieni itp.),
- 2) skład mineralny,
- 3) wartości pewnych wskaźników charakteryzujących jakość kopaliny i jej przydatność surowcową, na przykład stosunki zawartości niektórych składników, tzw. moduły,

np. charakteryzujące surowiec cementowy: moduł krzemianowy $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$, moduł glinowy $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ itp.,

- 4) właściwości fizyczne decydujące o jakości kopaliny (np. wartość opałową w przypadku węgla, ogniotrwałość w przypadku glin ogniotrwałych),
- 5) typy lub gatunki kopaliny – jeśli wyróżnia się je na podstawie zespołu różnych cech (np. typy węgla określane na podstawie wartości opałowej, zawartości części lotnych, właściwości koksowniczych i in.).

Mapy jakości kopaliny są podstawą do projektowania eksploatacji, zwłaszcza gdy prowadzi się ją selektywnie. Dostarczają też informacji na temat procesów formowania złoża.

W zależności od liczby danych i gęstości sieci opróbowania, mapy jakości kopaliny sporządza się jako szczegółowe lub przeglądowe.

Mapy szczegółowe jakości kopaliny wykonuje się, gdy dysponuje się licznymi wynikami analiz próbek pobranych w wyrobiskach górniczych. Sporządza się je w skali górniczych map podstawowych 1 : 1000–1 : 2000, a także jako mapy wycinkowe w skali 1 : 200 do 1 : 500. Podaje się na nich miejsca pobrania próbek, wyniki ich analizy i miąższości złoża, ewentualnie jego opróbowanej części. Jakość kopaliny ilustruje się za pomocą wykresów wartości badanego parametru. Rysuje się je w przyjętej skali obok wyrobiska, z którego pochodzą próbki. Zazwyczaj można w ten sposób przedstawić jedną lub kilka cech, np. zawartość kilku metali w rudzie polimetalicznej. Zróżnicowaną jakość kopaliny w profilu przedstawia się za pomocą wykresów słupkowych (rys. 3.15).

Mapy przeglądowe jakości kopaliny obejmują zwykle całość złoża. Zróżnicowanie parametru charakteryzującego jakość kopaliny przedstawiane jest za pomocą izarytm. Odstęp między nimi powinien być większy od dokładności określenia wartości tego parametru w pobieranych próbkach, których wyniki badań są podstawą do sporządzenia mapy.

Mapy takie dostarczają informacji o zróżnicowaniu jakości kopaliny w złożu. Pozwalają zorientować się w prawidłowościach tego zróżnicowania. Dla ułatwienia interpretacji tych prawidłowości na mapę nanosi się też, w zależności od potrzeb, ważniejsze elementy budowy geologicznej (tektonikę, charakter litologiczny utworów itp.). Dla szacowania zasobów i projektowania eksploatacji szczególnie ważne jest stwierdzenie, czy w złożu można wyróżnić części różniące się rodzajem lub jakością kopaliny oraz czy obserwuje się anizotropię zróżnicowania jakości. Kierunek wybierania złoża powinien być w miarę możliwości zgodny z kierunkiem najmniejszej zmienności jakości kopaliny, gdyż zapewnia to stabilizację jakości urobku. Jest to kierunek, w którym występuje najmniejsze zagęszczenie izarytm. Zróżnicowanie obszarowe jakości pozwala na projektowanie eksploatacji selektywnej odmian kopaliny o różnych właściwościach i zastosowaniach surowcowych (na przykład w przypadku wapieni o zróżnicowanej zawartości CaO do produkcji wapna lub cementu) bądź też projektowanie eksploatacji uśredniającej, to jest tak prowadzonej w różnych częściach złoża, że w jej wyniku otrzymuje się urobek o możliwie stałych cechach jakościowych.

W przypadku, gdy o jakości kopaliny decyduje zawartość wielu składników (np. wapieni, rud polimetalicznych) trzeba wykonywać oddzielne mapy dla każdego składnika,

np. Zn, Cu, Ag, Pb. Interesujące jest często zachowanie nie tylko zasadniczych składników, lecz i składników towarzyszących, użytecznych lub szkodliwych.

Dla zwiększenia czytelności wskazane jest wykonywanie mapy jakości kopaliny w kolorach, według kolejności barw widmowych. Rozpoczyna się zatem skalę od fioletu (barw zimnych) – dla zawartości niskich, a kończy na czerwieni (barw gorących) – dla wysokich. Stosuje się też zróżnicowanie odcieni tej samej barwy od jasnych dla wartości niskich do ciemnych dla wysokich.

W złożach nieregularnych o granicach nieostrych, na mapach jakości kopaliny powinny być szczególnie wyraźnie zaznaczone dwie izarytmy: izarytma najniższej zawartości, przy której eksploatacja jest jeszcze możliwa (zawartości brzeżnej) oraz izarytma wyznaczająca granice szczególnie bogatych części złoża. Pierwsza z nich odpowiada granicy złoża (w obrębie której dokonuje się obliczenia zasobów bilansowych), druga prowadzona wzdłuż linii średniej zawartości składnika użytecznego lub jakiejś innej obranej powyżej niej, orientuje w rozkładzie najbogatszych części złoża i zwykle najdobitniej wskazuje główne kierunki zróżnicowania jakości.

Oprócz map uwzględniających wyniki badań chemicznych, można wykonać również mapy ilustrujące skład mineralny lub właściwości fizyczne kopaliny decydujące o jej jakości. Przeważnie zestawia się je w celu wydzielenia typów kopaliny ze względu na sposób użytkowania (np. w złożach węgla kamiennego rozmieszczenie różnych jego typów) lub ze względu na wymagania przeróbki (np. w górnośląskich złożach cynku osobno przedstawia się zawartość cynku w rudach utlenionych, a osobno w siarczkowych, gdyż każdy z tych typów rud wymaga innej technologii przeróbki). Na podstawie wyników specjalnych badań wzbogacalności sporządza się mapy technologicznych typów rudy, zaznaczając obszary ich występowania.

Dla złóż bardzo stromo nachylonych mapy jakości wykonuje się w rzucie na płaszczyzny pionowe, gdyż obraz w rzucie na płaszczyznę poziomą może nie być czytelny z powodu dużych skrótów odległości między punktami opróbowania. Mapy takie ułatwiają śledzenie zjawisk zróżnicowania jakości kopaliny zależnie od głębokości (np. zasięgu stref utleniania lub strefowości mineralizacji w złożach rud).

Należy mieć szczególnie na uwadze, że izarytmowe mapy jakości kopaliny wykonujemy tylko wówczas, gdy zawartości składników przedstawione na mapie zmieniają się w sposób nielosowy, lub gdy w ogólnej zmienności składnik nielosowy jest dostatecznie wyraźnie zaznaczony (zwykle, gdy stanowi ponad 50% zmienności ogólnej). Z tego też względu z reguły niecelowe jest sporządzanie map jakości kopaliny w początkowych etapach badania złoża (w kategorii C_1 i C_2), gdy liczba informacji jest niewielka i nie można stwierdzić, czy istnieją prawidłowości zróżnicowania cech jakościowych złoża. Mapy takie, z reguły zdecydowanie różnią się od sporządzanych na podstawie zagęszczonej sieci punktów rozpoznawczych czy danych eksploatacyjnych. Dostarczają tym samym błędnej informacji projektantowi zakładu górniczego.

W początkowym stadium badania złoża ze względu na nieliczne dane pochodzące przeważnie z otworów przedstawianie informacji o jakości kopaliny powinno być ograniczone do przedstawienia wyników badań próbek w postaci kolumnienek o wysokości odpowiedniej do wartości badanego parametru umieszczonych obok otworów badawczych.

Zróżnicowanie jakości kopaliny w zależności od potrzeb przedstawia się także na przekrojach. Ma to szczególne znaczenie, gdy przewidywane jest prowadzenie eksploatacji selektywnej odmian kopaliny różniących się jakością, przeznaczonych do różnych zastosowań surowcowych (np. w złożach wapieni – przeznaczonych w zależności od ich jakości, przede wszystkim zawartości CaO, dla przemysłu wapienniczego lub cementowego).

7.4.8. Mapy zasobności złoża

Zasobność złoża (q) jest to ilość kopaliny na 1 m^2 jego powierzchni. Stanowi ją iloczyn miąższości złoża (m) i gęstości przestrzennej kopaliny (γ_o). W złożach rud określa się zasobność składnika użytecznego, która obok jego zawartości jest ważnym parametrem charakteryzującym jakość kopaliny:

$$q = m \cdot \gamma_o \quad (7.26)$$

lub w złożach rud:

$$q = 0,01 m \cdot \gamma_o \cdot p \quad (7.28)$$

gdzie: p – zawartość składnika użytecznego (w procentach).

Zasobność wyraża się w t/m^2 lub w przypadku składników użytecznych w kg/m^2 . Zasobność metali szlachetnych (Au, Pt) określa się w g/m^2 .

W złożach rud, w których gęstość przestrzenna jest zróżnicowana w zależności od zawartości składnika użytecznego, często gęstość przestrzenna jest pomijana i zasobność wyraża się tylko jako iloczyn miąższości złoża i zawartości tego składnika wyrażanej w procentach. Jednostką zasobności jest wówczas „m%” (metroprocent).

Zróżnicowanie zasobności przedstawia się na mapach jej izarytm. Są one wykorzystywane w obliczaniu zasobów złoża.

Podobnie jak w przypadku innych map izarytm, mapy zasobności dają tylko przybliżony obraz jej zróżnicowania. Podlega on zmianom w miarę rozpoznania złoża i uzyskiwania nowych informacji o jego parametrach. W złożach charakteryzujących się dużą zmiennością mapy zasobności sporządzone na podstawie danych z wyrobisk górniczych zasadniczo różnią się od wykonanych na podstawie wyników rozpoznania wiertniczego, a zatem na podstawie znacznie mniejszej liczby danych, rzadko rozmieszczonych (rys. 7.40).

7.4.9. Zastosowanie techniki komputerowej do sporządzania map izarytm

Danymi wyjściowymi dla sporządzania map izarytm są dane pierwotne, źródłowe (np. pomiary miąższości) jak również przetworzone, obliczone na ich podstawie (np. zasobność

złoża). W przypadku dużej ich liczby, gdy opracowanie map przeprowadza się przy wykorzystaniu techniki komputerowej, powinny być one zgromadzone w bazie danych. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych złóż, zwłaszcza eksploatowanych, gdy w wyniku lepszego rozpoznania uzyskiwane są nowe informacje o złożu uzupełniające tę bazę i umożliwiające korektę wcześniej wykonanych map.

W bazie danych powinny być również przechowywane interpolowane wartości parametrów złoża, na podstawie których wykreślane są mapy izarytm. Stanowią one **cyfrowy model złoża (mapę numeryczną)**, który można modyfikować w miarę dopływu nowych danych.

Dane pierwotne, źródłowe oraz powstające w wyniku ich przetwarzania, przechowywane są w bazie danych w „tablicach” – odpowiednio sformatyzowanych zestawieniach tabelarycznych. Zawierają one następujące rodzaje danych:

1. Pierwotne:
 - pochodzące z istniejących opracowań (dokumentów) podstawowych: profile otworów, obserwacji w wyrobiskach, wyników laboratoryjnych badań próbek,
 - uzyskiwane w wyniku bieżących pomiarów, obserwacji i opróbowania złoża.
2. Wstępnie przetworzone:
 - skorygowane w wyniku weryfikacji lub korekty istniejących danych,
 - obliczone na podstawie istniejących danych,
 - zmodyfikowane w wyniku interpretacji geologicznej.
3. Obliczone w wyniku interpolacji (modele cyfrowe).

Położenie wszystkich danych pierwotnych, przetworzonych, obliczonych i interpolowanych jest określone przez podanie współrzędnych ich położenia (x, y, z). Baza danych jest stale uzupełniana w miarę napływu nowych informacji, a w razie potrzeby informacje błędne są eliminowane lub korygowane.

Tworzenie modelu cyfrowego jest procesem złożonym ze względu na konieczność uwzględnienia wszystkich danych. Mapy izarytm sporządzane na podstawie danych zawartych w bazie mogą być odpowiednio korygowane w przypadku uzyskania nowych danych lub stwierdzenia danych błędnych.

Numeryczny model złoża tworzy zbiór danych wyjściowych i interpolowanych w poszczególnych jego punktach. Umożliwia on łatwe, zautomatyzowane dokonywanie różnych przekształceń odwzorowywanych cech złoża przez odpowiednie operacje matematyczne wykonywane na zbiorach wartości interpolowanych (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie itp.⁷). Na przykład:

- odejmowanie modelowanych powierzchni stropu i spągu złoża, których wynikiem jest mapa miąższości złoża otrzymywana metodą superpozycji, które sprowadza się do odejmowania rzędnych spągu od rzędnych stropu złoża interpolowanych w poszczególnych jego punktach,

⁷ Szersze omówienie możliwych działań znajdzie czytelnik w podręcznikach geometrii wykreślnej (rzutów cechowanych) lub w podręczniku P.A. Ryzowa – Rzuty stosowane w geologii i miernictwie górniczym. Wyd. Geol. Warszawa 1956.

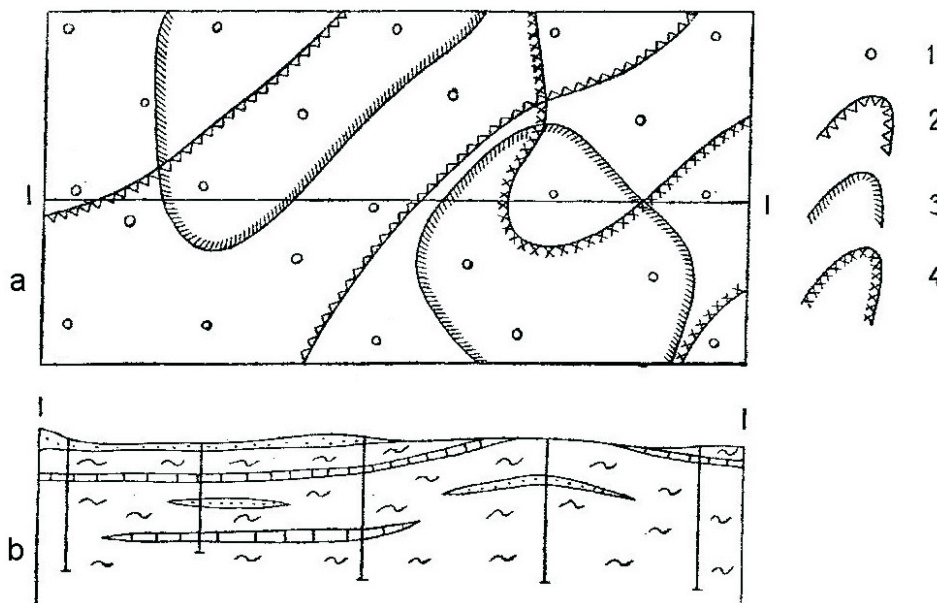
- określanie stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża, który jest stosunkiem wartości tych parametrów określonych w poszczególnych węzłach interpolacji⁸,
- wyznaczanie krawędzi przecięcia modelowanych powierzchni, na przykład stropu lub spągu złoża z uskokiem, które sprowadza się do wyznaczenia punktów, w których wyinterpolowane rzędne obu powierzchni są sobie równe (ich różnica wynosi 0).

Numeryczne modele jakości kopaliny umożliwiają wyróżnianie w złożu obszarów występowania jej odmian, charakteryzujących się różnym zespołem cech kwalifikujących ją do różnych zastosowań.

Numeryczne mapy zasobności umożliwiają też szybkie obliczanie zasobów (Q) dla dowolnych bloków złoża (zob. część IV).

7.5. Mapy specjalne

Na mapach specjalnych, w zależności od potrzeb, przedstawia się wykształcenie facjalne lub litologiczne złoża (np. grubość ziarna w złożach okrucowych), występowanie przerostów (rys. 7.41), rodzaj skał stropowych, rozmycia jak również skrasowienie.



Rys. 7.41. Zasięg przerostów w złożu kopaliny ilastej (złożo ilów ceramiki budowlanej „Niedary”) na mapie (a) i przekroju (b)

1 – otwory wiertnicze, 2 – zasięg dolnego przerostu wapiennego, 3 – zasięg przerostu piaskowca, 4 – zasięg górnego przerostu wapiennego; I-I – linia przekroju

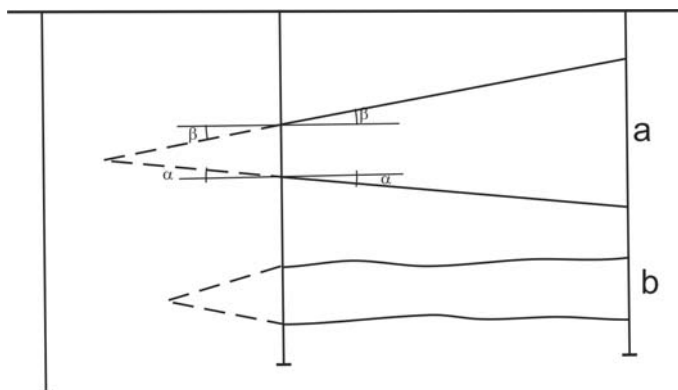
⁸ Wartość tego stosunku (N/Z) w poszczególnych punktach obliczyć można na podstawie określonych w tych punktach rzędnych powierzchni terenu (z), stropu (s_t) i spągu złoża (s_p): $N/Z = (z - s_t)/(s_t - s_p)$.

Zasadniczym zagadnieniem przy sporządzaniu takich map jest wyznaczenie położenia granic poszczególnych utworów. Przypadki gdy znamy to położenie są rzadkie. Niekiedy może być ono wyznaczone na podstawie badań geofizycznych. Najczęściej jednak musi być interpretowane na podstawie posiadanych informacji z otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych.

Sposób interpretacji zależy od przewidywanego charakteru granicy. Granicę mogą wyznaczać:

- 1) wyklinowanie odpowiednich utworów,
- 2) zaburzenia tektoniczne,
- 3) rozmycia (wymycia),
- 4) zmiany facjalne.

Gdy występują objawy wyklinowania się danych utworów, granice ich zasięgu wyznacza się w odległości wynikającej z kąta wyklinowania ekstrapolowanego poza skrajne miejsca ich stwierdzenia (np. otwory rozpoznawcze, rys. 7.42a). Ekstrapolację taką najwygodniej jest wykonać na mapie izopachyt, bowiem moduł izopachyt jest proporcjonalny do kąta wyklinowania.



Rys. 7.42. Wyznaczanie zasięgu utworów na podstawie kąta wyklinowania (a) i na podstawie odległości między otworami (b)

W pozostałych przypadkach, gdy brak przesłanek wskazujących położenie granicy danego utworu, wyznacza się ją w sposób umowny, w określonej odległości między sąsiednimi otworami wiertniczymi lub odsłonięciami, najczęściej w połowie odległości między nimi lub w $1/4$ odległości na zewnątrz od skrajnego punktu, w którym stwierdzono dany utwór (rys. 7.42b). Możliwy zasięg ekstrapolacji może też być określony na podstawie wariogramu. Nie może być on większy od promienia autokorelacji D (zasięg wariogramu), to jest maksymalnej odległości między obserwacjami, po przekroczeniu której zachowują się one jak zmienne losowe. Zwykle jako zasięg ekstrapolacji przyjmuje się $1/2 D$ lub $2/3 D$. Jeśli kontur ekstrapolowany stanowi izolinia określonej wartości parametru przedstawianego na mapie, wówczas jej przebieg można wyznaczyć metodą krigingu (zob. rozdz. 7.4.2.3).

Na ukształtowanie złóż osadowych i na stosunki wodne w złożu często duży wpływ mają wymycia. Sięgają one niekiedy aż do spągu złoża. Na mapie podaje się granice obszaru zajętego przez wymycie, a odpowiednim znakiem graficznym lub barwą charakter wypełniających je utworów.

Dla złóż występujących w skałach węglanowych i gipsowych – w których są rozwinięte zjawiska krasowe prowadzące niekiedy do zniszczenia znacznych części złoża lub powodujące taką zmianę jakości kopaliny, że nie nadaje się ona do eksploatacji – wykonuje się mapy skrasowienia. Ilustrują one przestrzenne rozmieszczenie form krasowych. Mapy takie podają na określonym poziomie lub na powierzchni złoża zarysy przestrzeni wypełnionych utworami krasowymi i rodzaj wypełnienia. Powinny być zawsze powiązane z mapą tektoniczną złoża.

W złożach wielopokładowych sporządza się niekiedy mapy miąższości przerostów skał płonnych rozdzielających pokłady (mapy odległości pokładów). Mają one szczególne znaczenie w przypadku eksploatacji prowadzonej na zawał. Umożliwiają wyznaczenie granic obszarów, w których eksploatacja podbierająca może naruszyć pokład podbierany w stopniu uniemożliwiającym jego eksploatację.

Grubość warstwy rozdzielającej pokłady powinna wynosić według różnych autorów od 8 do 20 M (M – miąższość wybranego pokładu). Na mapy odległości pokładów nanosi się dodatkowo profile słupekowe, obrazujące wykształcenie litologiczne utworów rozdzielających pokłady. Dane do konstrukcji tych map uzyskuje się z otworów rozpoznawczych i specjalnie wierconych otworów badawczych dołowych, wykonywanych pionowo w górę z wyrobisk prowadzonych w eksploatowanym pokładzie.

Dla obszarów, w których występują złoża zakryte⁹ szczególne znaczenie mają mapy rzeźby stropu utworów, w których znajduje się złożo, np. na Górnym Śląsku wykonuje się mapy stropu karbonu. Służą one do wyznaczania wychodni pokładów pod nadkładem młodszych utworów triasowych i mioceńskich, a w przypadku występowania w nadkładzie utworów zawodnionych są również podstawą do oceny zagrożenia wodnego i projektowania filarów ochronnych. Mapy takie konstruuje się na podstawie danych z otworów wiertniczych wierconych z powierzchni i ewentualnie z wyrobisk górniczych oraz punktów przebicia powierzchni stropowej wyrobiskami górniczymi. Na mapach stropu karbonu, wykonywanych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, oprócz warstw stropu karbonu znaczy się zasięg wychodni pokładów i zasięg poszczególnych utworów występujących w nadkładzie (triasu, trzeciorzędu i czwartorzędu).

⁹ Przez złożo zakryte rozumiemy takie, które występuje w utworach przykrytych niezgodnie przez młodsze utwory. Np. złożo węgla kamiennego w utworach karbonu przykryte przez utwory triasowe i mioceńskie.

7.6. Diagramy blokowe i modele przestrzenne złóż

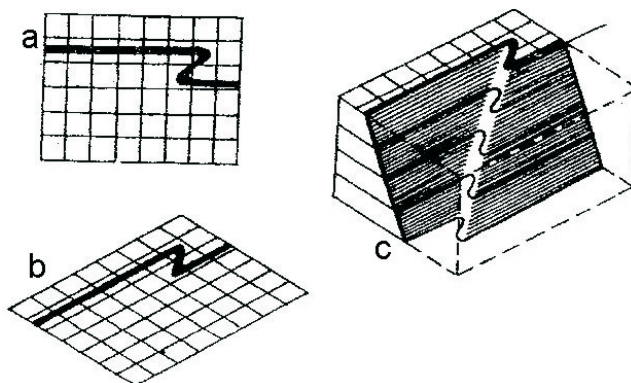
Mapy i przekroje geologiczne – zwłaszcza złóż o skomplikowanej budowie – nie zawsze dają przejrzysty, łatwo zrozumiały jej obraz. W związku z tym wykonuje się diagramy blokowe lub modele złóż. Ułatwiają one interpretację budowy złoża na odcinkach mniej zbadanych między poszczególnymi poziomami lub przekrojami.

Diagramy blokowe są rysunkowym odwzorowaniem przestrzennej budowy złoża na płaszczyźnie. Wykonuje się je na zasadzie rzutu aksonometrycznego lub afinicznego.

Spośród różnego rodzaju rzutów aksonometrycznych w praktyce najczęściej stosuje się rzut izometryczny bez zniekształcenia w kierunku poszczególnych osi. Jest to tzw. **izometria techniczna**. Zasady sporządzania blokdiagramów są następujące:

1. Przyjmuje się układ trzech osi odchylonych od siebie o 120° . Wysokość przedstawia się na osi pionowej, odległości poziome na odpowiednich osiach pochyłych.
2. Usytuowanie każdego punktu następuje na podstawie odmierzenia jego współrzędnych w przestrzeni, równoległe do tych osi.

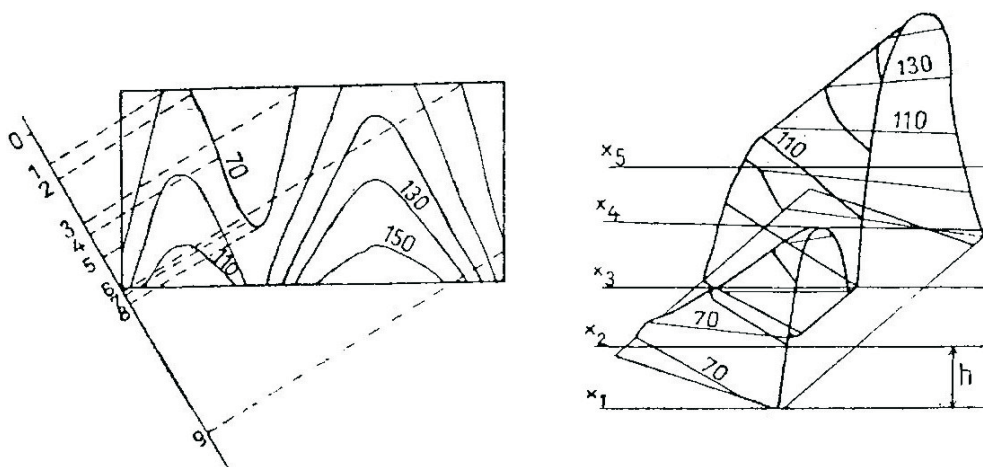
Diagramy aksonometryczne sporządza się przez przerobienie ortogonalnych map na skośne, które przedstawia się jedne nad drugimi wzdłuż osi pionowej w odstępach zgodnych z ich odległościami w danej skali (rys. 7.43).



Rys. 7.43. Zasada konstrukcji diagramu blokowego

Podobnie postępuje się z przekrojami pionowymi. Zależnie od orientacji przedstawia się je ukośnie w płaszczyźnie zx lub zy i zestawia w odpowiednich dla danej skali odstępach wzdłuż osi x lub osi y .

Diagramy blokowe w rzucie afinicznym wykonuje się najczęściej na podstawie map warstwicznych. Sporządza się je w ten sposób (rys. 7.44), że: obiera oś x_1-x_1 nierównoległą do głównych kierunków warstwic występujących na mapie i wyznacza na niej punkt O . W stosunku do tej osi wyznacza się dla każdego punktu na mapie odcięte i rzędne. Z kolei przenosi oś x_1-x_1 na rysunek diagramu wraz z odciętymi punktów poziomu najniższego i wyznacza rzędne tych punktów z zależności:



Rys. 7.44. Konstrukcja diagramu blokowego w rzucie afinicznym (objaśnienia w tekście)

$$y_p = y \sin \varphi \quad (7.28)$$

gdzie: φ – kąt zawarty między kierunkiem rzutowania a osią rzędnych leżącą w płaszczyźnie odwzorowywanej mapy; wygodnie jest przyjąć $\varphi = 30^\circ$, wówczas bowiem $\sin \varphi = 0,5$.
Następnie wyznacza się oś x_2-x_2 odległą od osi x_1-x_1 o wartość h obliczoną ze wzoru:

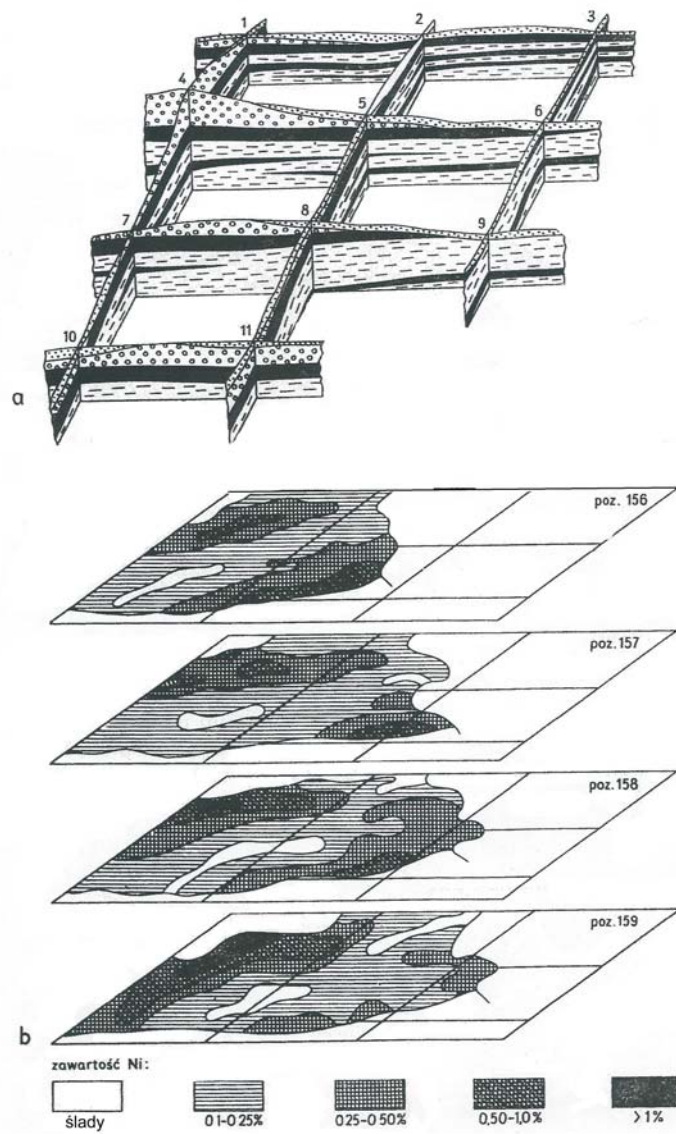
$$h_p = h \cos \varphi \quad (7.29)$$

Na oś x_2-x_2 nanosi się odcięte punktów tego poziomu i wyznacza ich rzędne w sposób analogiczny jak poprzednio. Określone w ten sposób punkty położone na każdym poziomie łączy się liniami i otrzymuje diagram w rzucie afinicznym. Blokdiagramy sporządzone w ten sposób nadają się szczególnie do przedstawienia struktury złoża.

Modele przestrzenne złóż przedstawiane bywają najczęściej za pomocą blokdiagramów:

- kasetonowych, które tworzą przekroje podłużne i poprzeczne zestawione na jednym rysunku (rys. 7.45a),
- plastrowych, utworzonych przez zespół przekrojów poziomych (map poziomych, (rys. 7.45b) lub pionowych ustawionych skośnie względem siebie,
- bryłowych lub klockowych, które tworzy zespół brył (rys. 7.46),
- powierzchniowych – „powłokowych”, przedstawiających przestrzenną zmienność parametrów złoża (rys. 7.44),
- szkieletowych, które przedstawiają przestrzenny obraz rozmieszczenia obiektów liniowych, np. wyrobisk górniczych, otworów rozpoznawczych.

Komercyjne komputerowe programy sporządzania map z reguły pozwalają na sporządzanie diagramów blokowych, rzutowanych na płaszczyznę pod dowolnym kątem. Umożliwiają też odpowiednie ich przekształcanie w zależności od kierunku rzutowania, a zarazem na ich obroty w wybranych kierunkach.

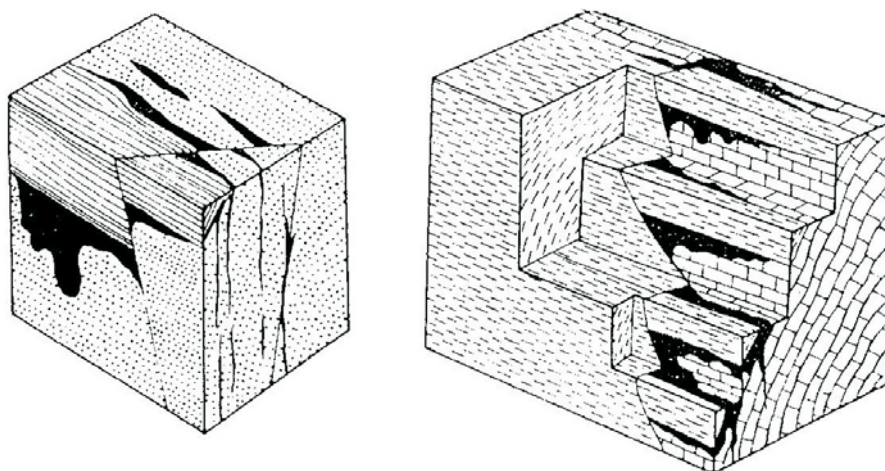


Rys. 7.45. Blokdiagramy
a – kasetonowy (cyframi na przekrojach oznaczono otwory wiertnicze), b – plastrowy

7.7. Dokumentacja kartograficzna budowy złoża

Pełna charakterystyka kartograficzna budowy złoża powinna obejmować:

- 1) profile geologiczne otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych, wyniki badań geofizycznych,



Rys. 7.46. Diagramy blokowe bryłowe (wg Z. Pouby 1959 i W. J. Smirnowa)

- 2) mapę sytuacyjno-wysokościową z przedstawieniem położenia wykonanych otworów wiertniczych, wyrobisk górniczych, badań geofizycznych (profilu, miejsc sondowań),
- 3) mapę geologiczną powierzchni złoża w przypadku gdy złożo i utwory jej otaczające są w dostateczny sposób odsłonięte, lub gdy istnieją dostateczne dane by można było sporządzić mapę geologiczną odkrytą,
- 4) mapę spągu i/lub stropu złoża,
- 5) mapę miąższości złoża, a w przypadku złóż, których eksploatacja prowadzona jest sposobem odkrywkowym także mapy miąższości nadkładu i stosunku grubości nadkładu do grubości złoża,
- 6) mapy obrazujące jakość kopaliny,
- 7) przekroje geologiczne, przede wszystkim poprzeczne i w miarę potrzeby także podłużne,
- 8) mapy obrazujące wewnętrzną budowę złoża (np. rozmieszczenie i rodzaj przerostów płonnych), mapę stropu serii złożowej (w złożach wielopokładowych, np. stropu karbonu w złożach węgla kamiennego).

Dobór map ilustrujących budowę złoża zależy od rodzaju złoża i kopaliny (tab. 7.1).

Bezwzględnie muszą być wykonane te mapy, które są niezbędne dla obliczenia zasobów i późniejszego projektowania i prowadzenia eksploatacji (wykorzystywane przy opracowywaniu projektu zagospodarowania złoża). Należy jednakże mieć przy tym na uwadze, że do sporządzenia poszczególnych map w żądanej skali niezbędne jest dysponowanie odpowiednią liczbą danych. W przypadku sporządzania map izarytm parametrów złoża nieodzowne jest wcześniejsze stwierdzenie, że ich zróżnicowanie nie jest losowe.

Uzupełnieniem dokumentacji kartograficznej są ponadto mapy ogólne w mniejszej skali ilustrujące położenie złoża i jego otoczenie:

- a) topograficzna, ilustrująca położenie geograficzne złoża w stosunku do najbliższych miejscowości, dróg itp. (w skali 1 : 10 000–1 : 50 000 w zależności od wielkości złoża),

Tabela 7.1

Mapy niezbędne dla przedstawienia budowy złoża i jakości kopaliny

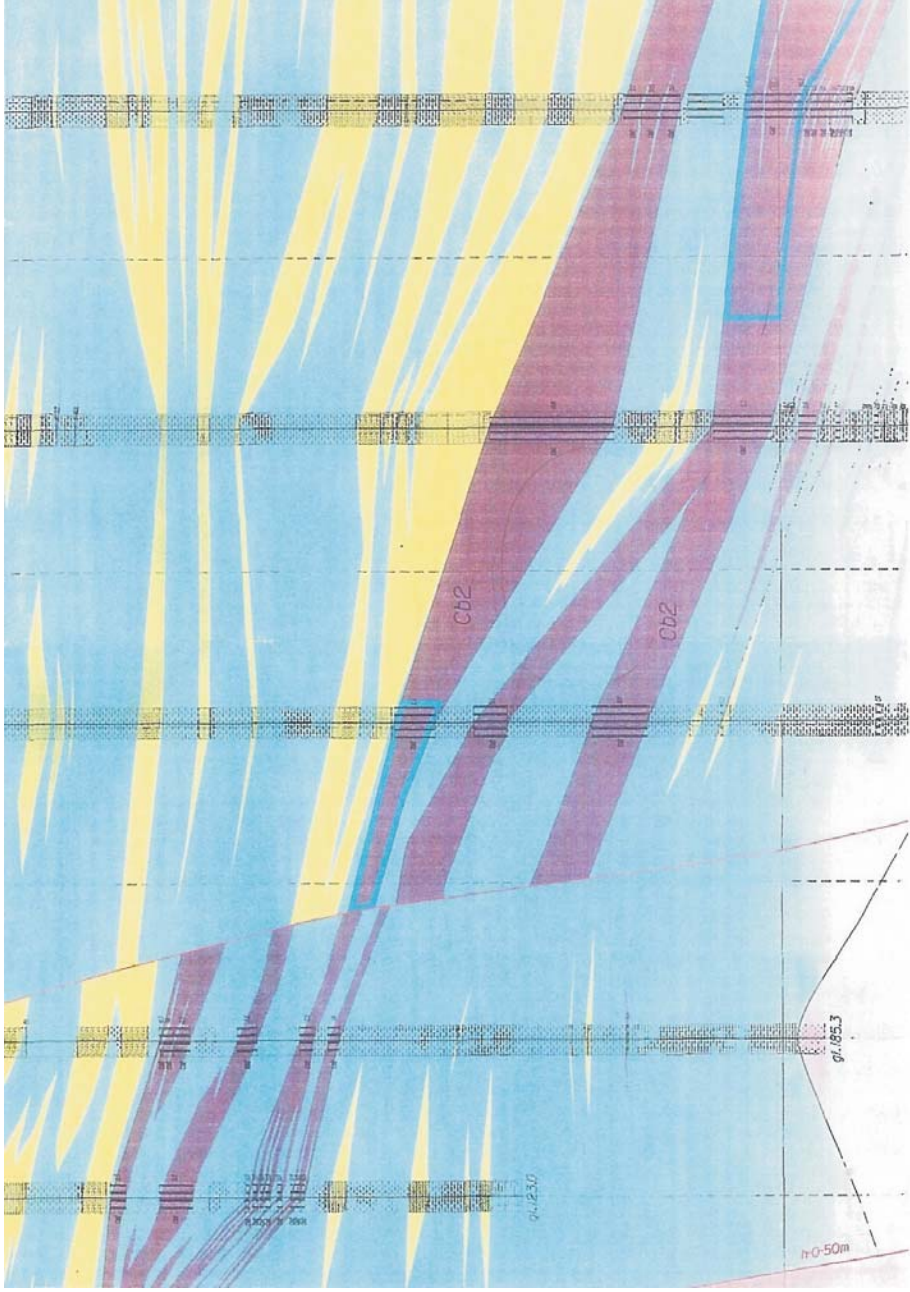
Złoża kopalin	Rodzaj przewidywanej eksploatacji	Mapy niezbędne	Mapy wskazane lub rzadziej wykonywane
1	2	3	4
Węgli kamiennych	podziemna	stropu serii węglonośnej (utworów karbonu), spągu poszczególnych pokładów łącznie z miąższością i typami węgla (mapy pokładowe)	mapy jakości węgla (wykonywane wyjątkowo)
Węgiel brunatny	odkrywkowa	stropu złoża, spągu złoża, miąższości złoża, grubości nadkładu i stosunku N/Z, jakości węgla,	mapy spągu i miąższości wybranych kompleksów litologicznych w nadkładzie
Rudy miedzi	podziemna	spągu łupku miedzionośnego, miąższości złoża, zasobności złoża	zawartości Cu, Ag, Cu _{ekw.} i innych metali (jeśli ich zróżnicowanie nie jest losowe),
Rudy Zn-Pb	podziemna	spągu dolomitów kruszczośnych miąższości złoża, spągu złoża, zasobności złoża	zawartości Zn i Pb (jeśli ich zróżnicowanie nie jest losowe),
Sól kamienna	podziemna	spągu złoża, stropu złoża, miąższości złoża, w złożach wysadowych mapy geologiczne poziomowe	jakości soli
	otworowa (wysady solne)	stropu soli (zwierciadła solnego), miąższości i litologii czapy (gipsowo-ilastej)	
Siarka rodzima (wapienie siarkonośne)	odkrywkowa, otworowa	spągu złoża, stropu złoża, miąższości złoża, grubości nadkładu, stosunku N/Z (tylko eksploatacja odkrywkowa) zasobności	zawartości siarki, typów litologicznych rudy, wytapialności
Gips	odkrywkowa	spągu złoża, stropu złoża, miąższości złoża, grubości nadkładu i stosunku N/Z	mapy jakości gipsu
Masywowe kopaliny skalnych do produkcji kruszywa łamanego i bloków	odkrywkowa	miąższości nadkładu, miąższości złoża, w przypadku małej miąższości złoża mapy: spągu złoża i stosunku N/Z	litologiczne budowy wewnętrznej złoża (odkryta, poziomowe), mapa bloczności,

7. Sporządzanie geologicznych map złożowych i przekrojów

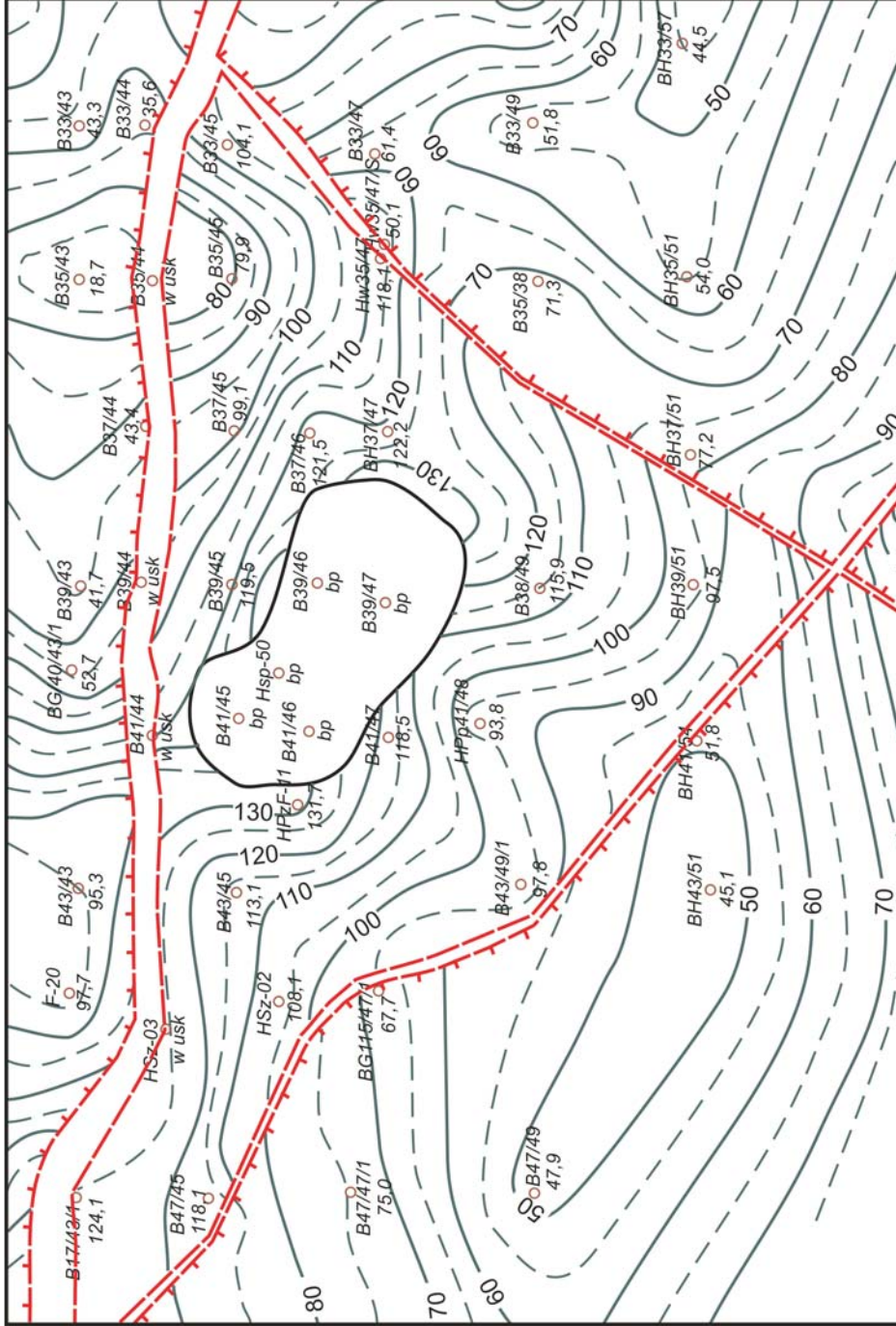
Tabela 7.1. cd.

1	2	3	4
Masywowe skał węglanowych (wapienniczych, cementowych, dolomitowych)	odkrywkowa	stropu złoża, grubości nadkładu, jakości kopaliny (odpowiednio zawartości składników charakteryzujących tą jakość)	litologiczne (odkryta i poziome), skrasowienia, w przypadku małej miąższości złoża mapa stosunku N/Z
Piasków szklarskich	odkrywkowa	spągu złoża, stropu złoża, grubości nadkładu i stosunku N/Z, jakości piasku (zawartości Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , SiO ₂ , składu ziarnowego, klasy piasku)	
Żwirowo-piaskowe	odkrywkowa	spągu złoża, stropu złoża, grubości nadkładu i stosunku N/Z	jakości kopaliny (punktu piaskowego, zawartości frakcji żwirowej, pyłów mineralnych)
Ilaste	odkrywkowa	stropu złoża, miąższości złoża, grubości nadkładu	w przypadku małej miąższości złoża mapy spągu złoża i stosunku N/Z, mapy budowy wewnętrznej złoża (rozmoszczenia przerostów płonnych, zróżnicowania jakości)
Kredy jeziornej, torfu	odkrywkowa	stropu złoża, miąższości złoża, grubości nadkładu	jakości kredy/torfu

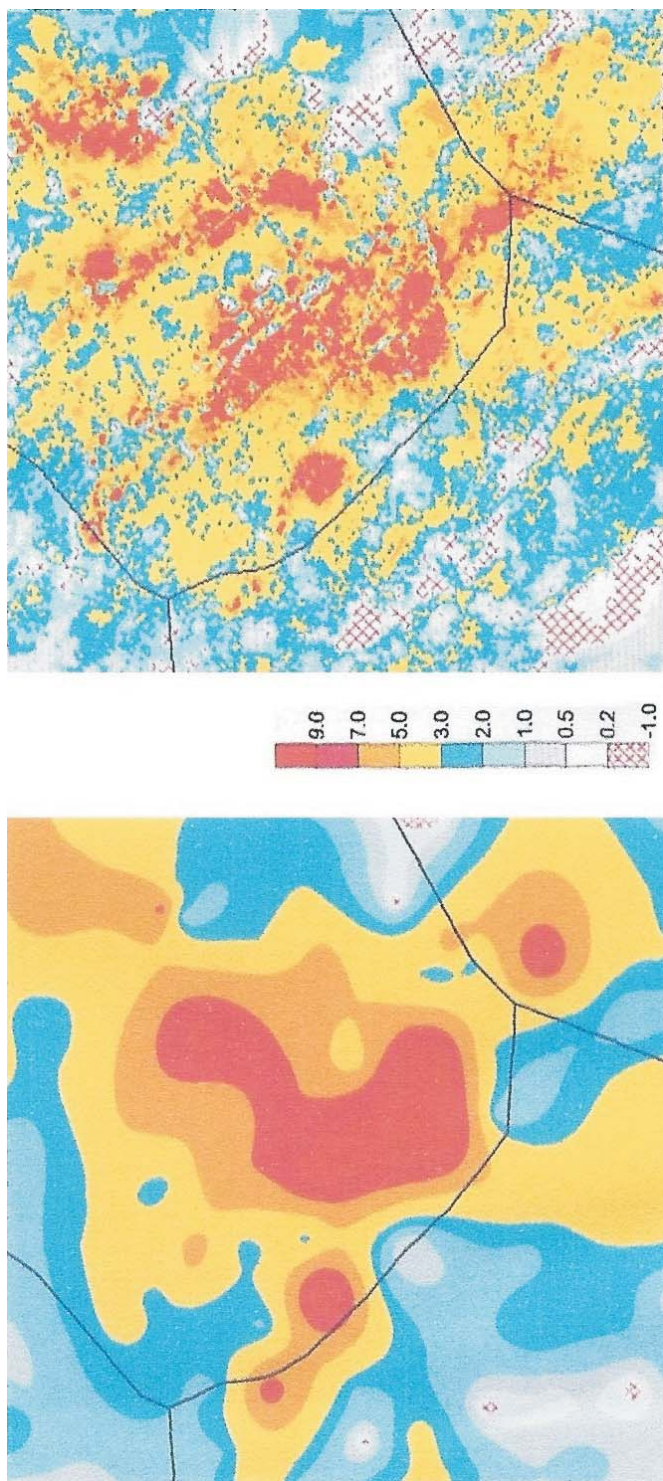
- b) geologiczna, przedstawiająca położenie złoża na tle budowy geologicznej jego otoczenia (zwykle w skali 1 : 25000 lub 1:50000),
- c) geośrodowiskowa (geologiczno-gospodarcza), przedstawiająca położenie złoża, złóż sąsiednich i ewentualnie obszarów prognostycznych oraz perspektywicznych dla występowania złóż na tle elementów środowiska podlegających ochronie (w skali 1 : 50 000 lub 1 : 25 000).



Rys. 7.19. Przykład błędnego przekroju wykonanego techniką komputerową. Złoże węgla brunatnego; niewłaściwa interpretacja miąższości węgla w strefie przysuszkowej; wątpliwa korelacja warstw węglowych



Rys. 7.29. Mapa strukturalna spągu pokładu węgla brunatnego w złożu Turów (M. Nieć i in. 1999)



Rys. 7.40. Mapy zasobności złóż miedzi (wg R. Leszczyńskiego 2011)
 A – na podstawie danych z otworów rozpoznawczych, B – na podstawie danych wyrobisk górniczych



DOKUMENTACJA KARTOGRAFICZNA GEOLOGICZNYCH WARUNKÓW EKSPLOATACJI (HYDROGEOLOGICZNYCH, INŻYNIERSKO-GEOLOGICZNYCH I GAZOWYCH)

8.1. Zakres badań geologicznych warunków eksploatacji

Zakres badań geologicznych warunków eksploatacji (geologiczno-górnictwa): hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych i gazowych jest zróżnicowany w zależności od stopnia rozpoznania złoża.

Określenie geologiczno-górnictwa warunków eksploatacji powinno zawierać w szczególności:

- a) określenie głębokości występowania złoża i budowy jego nadkładu, a w przypadku eksploatacji odkrywkowej również stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża i jego zróżnicowania,
- b) wyjaśnienie powierzchniowych warunków wodnych i hydrogeologicznych w złożu i jego otoczeniu, tj. w obszarze możliwych wpływów eksploatacji,
- c) określenie inżyniersko-geologicznych warunków prowadzenia górniczych robót udostępniających, przygotowawczych i eksploatacyjnych oraz ocenę możliwości występowania zjawisk zagrażających bezpiecznemu prowadzeniu eksploatacji,
- d) opis stanu obiektów powierzchniowych, w tym między innymi zbiorników wodnych, zabytków kultury i przyrody, itp. ze wskazaniem tych, które mogą być zagrożone robotami górniczymi i powinny być chronione przed wpływami eksploatacji.

W złożach eksploatowanych sposobem podziemnym należy dodatkowo:

- e) wyjaśnić stosunki gazowe w złożu i jego otoczeniu w zakresie występowania gazów eksplozywnych i innych, stanowiących zagrożenie życia i zdrowia załóg górniczych,
- f) określić warunki geotermalne planowanej eksploatacji.

W początkowym okresie badania, kończącym poszukiwania szczegółowe, których wynikiem jest udokumentowanie złoża w kategorii C₂ wystarczająca jest ogólna, wstępna charakterystyka warunków geologiczno-górnictwa na podstawie uzyskanych danych

geologicznych i ich interpretacji metodą analogii do złóż o podobnej budowie geologicznej.

Niezbędna jest identyfikacja poziomów wodonośnych w obszarze występowania złoża i w najbliższym jego otoczeniu, rejestracja położenia ustabilizowanego zwierciadła wody lub ciśnień w przypadku poziomów o zwierciadle napiętym, wstępna charakterystyka jakości wód podziemnych. Warunki inżyniersko-geologiczne mogą być ocenione na podstawie cech litologicznych skał budujących złoża i otaczający je górotwór oraz na podstawie zarejestrowanych zjawisk tektonicznych. Ocena warunków gazowych powinna być oparta na obserwacjach przejawów gazowych, a w przypadku silnej gazonośności złoża także na wykonanych pomiarach gazonośności skał i ewentualnie ciśnienia gazu występującego w stanie wolnym.

Wstępne rozpoznanie złoża w kategorii C_1 powinno dostarczyć danych dla projektowania jego zagospodarowania. W związku z tym ocena warunków geologiczno-górnicznych powinna być oparta na wynikach systematycznych badań w otworach rozpoznawczych lub wyrobiskach górniczych oraz w otworach specjalnie wykonywanych dla przeprowadzenia oceny tych warunków. Zakres badań należy dostosować do przewidywanego sposobu eksploatacji: podziemnego, otworowego lub odkrywkowego i jego skali.

W przypadku rozpoznania szczegółowego w kategorii B dla oceny warunków geologiczno-górnicznych niezbędne jest wykonanie specjalnie programowanych badań uzgodnionych z instytucją opracowującą projekt zagospodarowania złoża (założenia techniczno-ekonomiczne eksploatacji). W czynnych zakładach górniczych wykonywane są systematyczne obserwacje i pomiary przez kopalniane służby geologiczne w wyrobiskach udostępniających, przygotowawczych i eksploatacyjnych; charakterystykę warunków geologiczno-górnicznych należy opierać wówczas także na wynikach badań wykonanych dla potrzeb eksploatacji przez wszystkie kopalniane służby specjalne.

Zwykle w takich przypadkach – zwłaszcza gdy warunki hydrogeologiczne lub inżyniersko-geologiczne są skomplikowane – wymagane jest sporządzenie odrębnej dokumentacji hydrogeologicznej lub inżyniersko-geologicznej.

8.2. Dokumentowanie warunków hydrogeologicznych

Celem dokumentowania warunków hydrogeologicznych jest dostarczenie danych, na podstawie których przy opracowywaniu projektu zagospodarowania złoża i projektowania jego eksploatacji możliwe będzie:

- określenie spodziewanego dopływu wody do wyrobisk i wskazanie możliwości jego ograniczenia,
- prognozowanie wpływu eksploatacji złoża na warunki wodne w jego otoczeniu i na powierzchni w wyniku osuszania górotworu,
- ocena i prognoza zagrożeń wodnych (spowodowanych nagłym dopływem wody do wyrobisk), wskazanie stref występowania takich zagrożeń i określenie sposobu zabezpieczenia się przed nimi,

- wskazanie sposobu wykorzystania wód kopalnianych lub jeśli ich skład jest nieodpowiedni – sposobu bezpiecznego ich usuwania, w szczególności zabezpieczenia wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem.

W trakcie rozpoznawania złoża należy w związku z tym zbadać warunki występowania i krążenia wód podziemnych i przedstawić przestrzenne występowanie warstw wodonośnych, określić źródła ich zasilania i drenażu, a także kontakty hydrauliczne pomiędzy poszczególnymi warstwami i z powierzchnią terenu, a także zbadać jakość wód podziemnych w poszczególnych poziomach wodonośnych.

Źródłem danych są obserwacje hydrograficzne na powierzchni, w ujęciach wód podziemnych, wykonywane w otworach rozpoznawczych oraz badania wykonywane w specjalnych otworach hydrogeologicznych.

Obserwacje warunków występowania wód podziemnych powinny być powiązane danymi meteorologicznymi i hydrograficznymi, gdyż jest to niezbędne dla oceny współzależności między wodami podziemnymi i powierzchniowymi.

Podstawowe obserwacje obejmują: identyfikację utworów wodonośnych, obserwacje położenia zwierciadła wody, określenie jej ciśnienia oraz pobieranie prób do badań chemizmu. We wszystkich otworach rozpoznawczych powinny być wykonane podstawowe obserwacje poziomów wodonośnych dotyczące: litologii, miąższości, porowatości, szczelinowatości, kawernistości oraz położenia nawierconego i ustabilizowanego zwierciadła wody. Odpowiednie cechy litologiczne powinny być uwidocznione na profilach otworów w opisie wyróżnianych warstw, a położenie zwierciadła wody (nawierconego i ustabilizowanego) w odrębnej kolumnie na profilu graficznym.

Parametry hydrogeologiczne warstw wodonośnych (porowatość, przepuszczalność) mogą być określone także na podstawie profilowania geofizycznego otworów przy zastosowaniu odpowiedniego zestawu metod (profilowania elektrooporowego przy zastosowaniu sond różnej długości, profilowania potencjałów naturalnych, profilowania gamma i neutron gamma).

Celem specjalnych badań hydrogeologicznych jest określenie parametrów utworów wodonośnych, przede wszystkim ich przepuszczalności, na podstawie próbnego pompowania realizowanego w hydrowęzłach. Uważa się, że wystarczający jest jeden hydrowęzeł, na co najmniej 10 km² rozprzestrzenienia badanych utworów wodonośnych. W utworach wodonośnych szczelinowo-krasowych konieczne może być ich większe zagęszczenie, a ich lokalizacja powinna być poprzedzona badaniami geofizycznymi w celu wykrycia stref wzmoczonej przepuszczalności. Rozmieszczenie otworów obserwacyjnych (piezometrów) w hydrowęzle powinno być takie, by możliwe było określenie zróżnicowania przepuszczalności w różnych kierunkach.

Przedmiotem badań powinny być wszystkie poziomy wodonośne w złożu i w jego nadkładzie oraz występujące poniżej złoża w zasięgu możliwego oddziaływania jego eksploatacji.

Wyniki tych badań przedstawia się na mapach położenia zwierciadła wody lub jej ciśnienia w wyróżnianych poziomach wodonośnych oraz na przekrojach.

Na mapach, które powinny być wykonane dla każdego poziomu wodonośnego przedstawia się hydroizohipsy ustabilizowanego zwierciadła wody, to jest izarytmy jego położenia w stosunku do poziomu morza. Ważne jest, by pomiary jego położenia były wykonywane możliwie krótkim czasie, aby uniknąć jego zróżnicowania w wyniku wahań sezonowych. Jeśli pomiary były wykonane w różnych przedziałach czasu i występują zmiany sezonowe zwierciadła wody na mapie powinny być przedstawione odrębnie hydroizohipsy zwierciadła wody przy niskim i wysokim jego stanie, a na przekrojach zakres zmian sezonowych.

W przypadku złóż eksploatowanych zwracać trzeba uwagę czy pomiary dotyczą stanu przed podjęciem eksploatacji, czy wykonywane były w czasie jej trwania, gdy położenie to zostało już zmienione. Powinno być pokazywane położenie zwierciadła wody przed podjęciem eksploatacji i w czasie jej prowadzenia.

W przypadku występowania wielu poziomów wodonośnych powinny być określone warunki ich zasilania i wyraźnie pokazane możliwe kontakty między nimi.

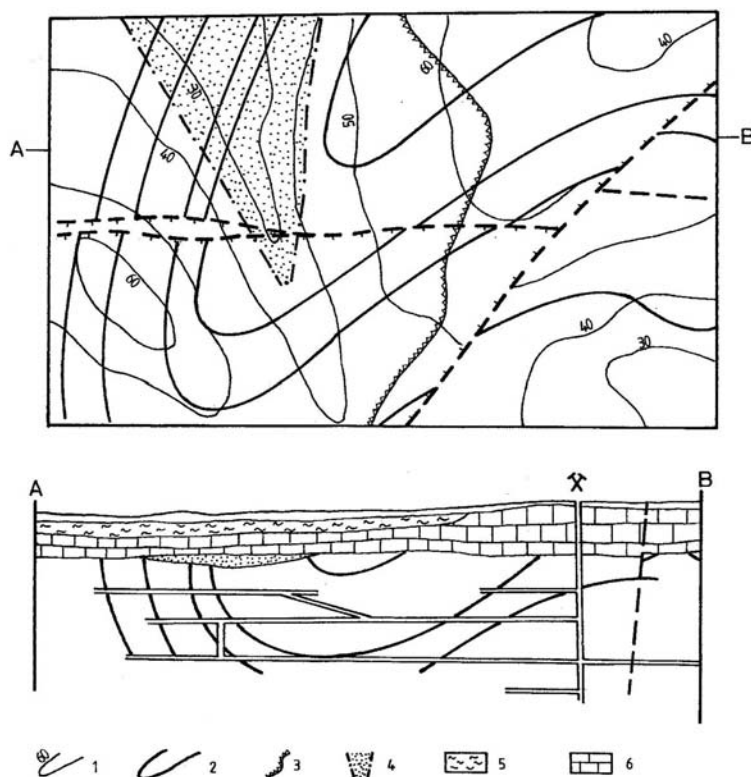
W przypadku głęboko położonych złóż zakrytych ważne jest przedstawienie kontaktów złoża i utworów wodonośnych w jego otoczeniu z poziomami wodonośnymi w nadkładzie.

Przy dokumentowaniu złóż węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym na mapie stropu utworów karbonu powinny być zaznaczone wychodnie pokładów, grubszych kompleksów piaskowców w serii węglonośnej oraz obszar występowania w nadkładzie zawodnionych osadów (rys. 8.1).

Na przekrojach powinny być pokazane warstwy wodonośne i nieprzepuszczalne w otoczeniu złoża. Szczególnie wyraźnie należy zaznaczyć skały skrasowiałe, skłonne do tworzenia kurzawki oraz te, w których mogą rozwijać się zjawiska suffoacyjne. Utwory te są szczególnie niebezpieczne dla prowadzenia eksploatacji, bowiem z nich mogą nastąpić gwałtowne wdarcia wody lub kurzawki, a po odprowadzeniu z nich wody istnieje możliwość osiadania zapadowego powierzchni.

Na etapie wstępnego rozpoznania złoża (w kategorii C_1) powinny być zbadane parametry hydrogeologiczne wydzielonych warstw wodonośnych: porowatość, szczelinowatość i kawerność. W przypadku ich wyraźnego zróżnicowania przestrzennego – przedstawiona ich rejonizacja (na tle mapy hydroizohips). Ma to szczególne znaczenie w przypadku występowania utworów wodonośnych szczelinowych i szczelinowo-krasowych. Wykrycie stref podwyższonej wodonośności (stref spękań, skrasowienia) często nie jest możliwe za pomocą otworów wiertniczych. Ocena wodonośności takich poziomów na podstawie odosobnionych i zwykle nielicznych otworów hydrogeologicznych i wyniki badania warunków filtracji w hydrowęzłach ulokowanych, bądź poza strefami wzmożonej filtracji lub w takich strefach mogą być mylące. Położenie stref wzmożonej przepuszczalności powinno być wyznaczone przy wykorzystaniu metod geofizycznych i przedstawione na mapach.

W zależności od potrzeb, o ile liczba danych jest do tego celu wystarczająca, sporządza się mapy współczynników filtracji, wodoprzewodności, mapy hydrochemiczne. Zwykle



Rys. 8.1. Mapa stropu utworów karbonu

- 1 – izohipsy stropu karbonu, 2 – pokłady węgla, 3 – zasięg osadów ilastych miocenu,
 4 – piaskowce dolno triasowe, 5 – łył miocenijskie (na przekroju),
 6 – wapień i dolomity środkowotriasowe (na przekroju)

jednak w czasie dokumentowania złoża dane na ten temat są nieliczne i nie upoważniają do przedstawiania kartograficznego ich zróżnicowania. Miejsca wykonanych takich badań powinny być jednak wyraźnie zaznaczone na mapach odpowiednich poziomów wodonośnych.

Dane przedstawione w dokumentacji geologicznej powinny pozwalać na oszacowanie spodziewanych dopływów wody do kopalni i ocenę zasięgu leja depresji wokół niej. Oceny takie nie należą do zadań dokumentacji geologicznej, gdyż wymagają znajomości zamierzeń w zakresie eksploatacji złoża i powinny być przedstawiane w projekcie jego zagospodarowania.

8.3. Dokumentowanie warunków inżyniersko-geologicznych

Celem badań inżyniersko-geologicznych jest dostarczenie danych niezbędnych dla przewidywania zachowania się górotworu w trakcie wykonywania i po wykonaniu wyrobisk

górnictwa. Daje się ono zazwyczaj przewidzieć na podstawie teoretycznych złożeń mechaniki górotworu. Przeszkodą w uzyskaniu dostatecznie ścisłych takich prognoz jest niejednorodność masywu skalnego. Dlatego do podstawowych zadań w czasie dokumentowania złóż należy:

- zbadanie podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych skał budujących złoża i otaczający górotwór (w szczególności w nadkładzie złoża),
- prześledzenie zróżnicowania tych właściwości w obrębie wyróżnianych kompleksów skalnych, zwłaszcza ich niejednorodności,
- wskazanie stref występowania obniżonych właściwości fizyczno-mechanicznych.

Zakres badań inżyniersko-geologicznych i sposób ich realizacji powinien być dostosowany do przewidywanego lub istniejącego sposobu wydobycia kopaliny oraz do wielkości i głębokości położenia złoża. Podstawowe znaczenie ma:

- wydzielenie w profilu złoża i w jego nadkładzie warstw o różnych właściwościach fizyczno-mechanicznych (inżyniersko-geologicznych) oraz określenie głębokości ich występowania, miąższości, rozprzestrzeniania i korelacji poszczególnych wydzieleni (litotypów),
- określenie właściwości fizyczno-mechanicznych wydzielonych litotypów w nawiązaniu do budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych dokumentowanego obszaru w zakresie niezbędnym dla: oceny warunków stropowych, spągowych i skłonności do tępowań w przypadku eksploatacji podziemnej; stateczności skarp przy eksploatacji odkrywkowej, urabialności kopaliny i skał otaczających, wraz z podaniem dokładności oznaczania tych właściwości,
- ocena osłabienia strukturalnego górotworu na podstawie systematycznych obserwacji i pomiarów podzielności warstwowej, spękań bądź innych drobnych zaburzeń tektonicznych, oraz na podstawie badań geofizycznych i wskazanie miejsc i stref szczególnie osłabionych,
- wyjaśnienie możliwości występowania zjawisk i utworów utrudniających prowadzenie robót górniczych i skali trudności, jak np. skał o charakterze kurzawkowym, skłonnych do suffozji, słabych, wtórnie zmienionych, skrasowiałych, zwietrzałych, spękanych, zaburzonych tektonicznie oraz trudno urabialnych; określenie ich rozprzestrzenienia i zagrożeń z tym związanych,
- ocena możliwości występowania zjawisk geodynamicznych w obszarze przewidywanej eksploatacji lub informacje o ich występowaniu (osuwisk, suffozji itp.)
- prognoza zmian właściwości skał w czasie udostępniania i eksploatacji złoża pod wpływem zawodnienia lub osuszenia, po zamrożeniu i odmrożeniu, w wyniku wietrzenia itp.,
- dane niezbędne dla oceny zagrożeń naturalnych, związanych z właściwościami inżyniersko-geologicznymi górotworu oraz dla rejonizacji tych zagrożeń,
- dane umożliwiające ocenę wpływu eksploatacji na powierzchnię (osiadań, wstrząsów) i związanych z tym zagrożeń dla obiektów podlegających ochronie oraz ocenę możliwości lokalizacji projektowanego zakładu górniczego i obiektów towarzyszących z punktu widzenia warunków geologiczno-górnictwa.

Wyniki tych badań i obserwacji powinny być przedstawiane na mapach i przekrojach. Mapy powinny spełniać trzy funkcje:

- dokumentacyjną wyników przeprowadzonych badań i obserwacji,
- rejonizacyjną przez przedstawienie zróżnicowania warunków inżyniersko-geologicznych,
- prognoz zachowania się górotworu w czasie eksploatacji złoża.

W czasie wstępnego badania złoża, w kategorii C₂, wystarczająca może być ocena warunków inżyniersko-geologicznych w sposób opisowy na podstawie cech litologicznych skał budujących złożę i występujących w jego otoczeniu, stopnia ich spękania (wskaźnika RQD rejestrowanego w czasie profilowania otworów, zob. rozdz. 3.2.1).

Na etapie wstępnego rozpoznania złoża (w kategorii C₁) niezbędne jest wykonanie specjalnych badań, których wyniki są wykorzystywane w projektowaniu zagospodarowania złoża i jego eksploatacji. Zakres tych badań należy uzgadniać z projektantem zagospodarowania złoża.

W przypadku eksploatacji podziemnej przedmiotem zainteresowania jest zachowanie się skał stropowych i spągowych istotne dla sposobu prowadzenia i obudowy wyrobisk górniczych. Zachowanie się skał stropowych może być zróżnicowane w zależności od ich litologii, zróżnicowania w profilu, podzielności warstwowej, stopnia spękania.

Na mapach stropu przedstawia się charakter litologiczny skał stropowych, klasę stropu z uwagi na jego właściwości geomechaniczne (tab. 8.1). Zwykle profil litologiczny jest stały na większych obszarach, w związku z tym mapy stropu mogą być sporządzane w małych skalach jako przeglądowe i tylko w przypadku zróżnicowania terytorialnego skał stropowych. Zaznacza się wówczas zasięg wyróżnionych typów stopu. Są to zatem mapy rejonizacji, a gdy przedstawiają także klasy stropu są mapami prognoz. Mapę taką uzupełnia się profilami litologicznymi skał stropowych, odrębnie dla każdego rejonu (rys. 8.2). O zachowaniu się stropu decyduje także gęstość spękań. Jeśli jest ona stała – jak w przypadku dobrze uwarstwionych skał osadowych – nie wymaga przedstawiania na mapie. Należy ją natomiast przedstawić w przypadkach, gdy jest wyraźnie zróżnicowana. Szczególnie przedstawione powinny być strefy, w których obserwuje się gęstszą sieć spękań, bowiem prowadzenie wyrobisk w takich strefach może być szczególnie trudne i niebezpieczne. Strefy takie występują często w sąsiedztwie uskoków, przegięć fleksuralnych. Mogą też pojawiać się niezależnie od innych zaburzeń tektonicznych.

Gdy ocena właściwości inżyniersko-geologicznych skał stropowych może być przedstawiona tylko na podstawie danych z otworów rozpoznawczych konieczna jest ocena jakości stropu i jego osłabienia strukturalnego na podstawie obserwacji i pomiarów podzielności i spękań skał na rdzeniach wiertniczych. Użyteczny do tego celu jest wskaźnik RQD (zob. rozdz. 3.2.1). Zróżnicowanie tego wskaźnika można przedstawić na mapie izarytm jego wartości.

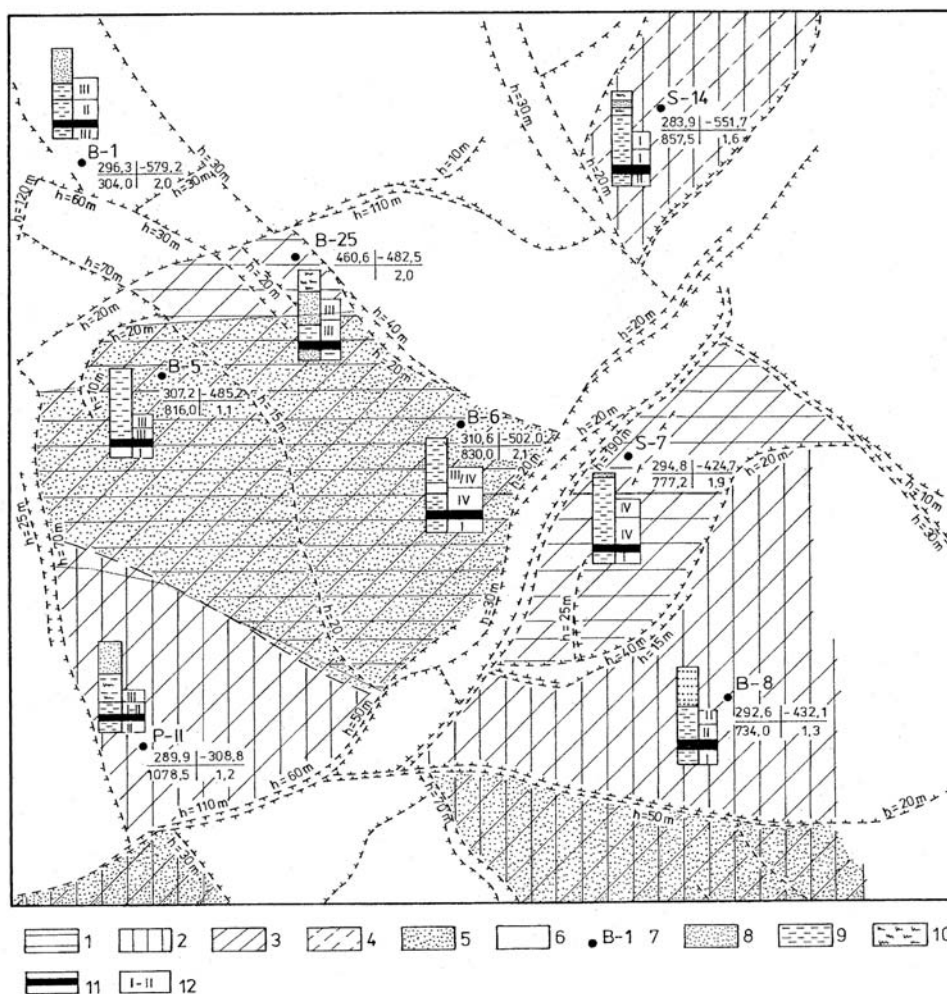
O trwałości stropu decyduje też morfologia spękań i rodzaj substancji wypełniającej. Wypełnienie substancją ilastą – lub często spotykane w niektórych skałach metamorficznych lub magmowych chlorytem, serycytem lub talkiem, niekiedy drobnoluseczkowatym hematyt-

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

Tabela 8.1

Klasyfikacja jakości górotworu (*Rock Mass Rating RMR*) Bieniawskiego

Parametr		Zakres wartości						
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]		>250	250–100	100–50	50–25	5–25	1–5	<1
Nota punktowa		15	12	7	4	2	1	0
RQD [%]		90–100	75–90	50–75	25–50	<25		
Nota punktowa		20	17	13	8	3		
Rozstęp spękań [m]		>2	0,6–2	0,2–0,6	0,06–0,2	<0,06		
Nota punktowa		20	15	10	8	5		
Charakter spękań	długość [m]	<1	1–3	3–10	10–20	20		
	nota punktowa	6	4	2	1	0		
	szerokość szczelin [mm]	0	<1	0,1–1	1–5	5		
	nota punktowa	6	5	4	1	0		
	chropowatość	bardzo twarde	twarde	lokalnie twarde	miękkie	gładkie		
	nota punktowa	6	5	3	1	0		
	Stan zwietrzenia	Brak	mocne <5 mm	mocne >5 mm	miękkie <5 mm	miękkie > 5 mm		
	nota punktowa	6	4	2	2	2		
	cechy ścian	niezwietrzałe	lekko zwietrzałe	zwietrzałe	mocno zwietrzałe	w stanie rozkładu		
nota punktowa	6	5	3	1	0			
Zawodnienie, dopływ na 10 mb wyrobiska [dm ³ /min]		zupełnie sucho	wilgotno 10	mokro 10–25	wykroplenia 25–125	dopływ stały >125		
Nota punktowa		15	10	7	4	0		
Poprawka na ułożenie płaszczyzn nieciągłości								
Orientacja rozciągłości i upadu		bardzo korzystna	korzystna	przeciętna	niekorzystna	bardzo niekorzystna		
Nota punktowa	wyrobiska górnicze podziemne	0	–2	–5	–10	–12		
	skarpy	0	–5	–25	–50	–60		
Klasy masywu skalnego								
Suma not punktowych		81–100	61–100	41–60	21–40	<21		
Klasa		I	II	III	IV	V		
Charakter górotworu		bardzo mocny	mocny	średnio mocny	słaby	bardzo słaby		



Rys. 8.2. Mapa warunków inżyniersko-geologicznych (Fragment). Kop. Barbara-Chorzów pokład 816
 1, 2 – przypuszczalne warunki stropowe: 1 – korzystne, klasy III i IV, 2 – strop słaby, opadający klasy I, II,
 3,4 – przypuszczalne warunki spągowe: 3 – spąg średniej i dużej nośności lasy I i II, 4 – spąg o małej nośności
 klasy III, 5 – obszary o dużej skłonności do tępów pokładowych, 6 – nierozpoznane warunki
 inżyniersko-geologiczne, 7 – otwory wiertnicze, 8–11 profil otworu: 8 – piaskowce, 9 – mułowce, 10 – iłowce,
 łupki ilaste, 11 – węgiel, 12 – klasa stropu i spągu

tem – ułatwia w wyrobiskach górniczych samorzutne odspajanie bloków od calizny w wyniku zmniejszenia tarcia między nimi. Strefy występowania spękań i substancji wypełniającej spękania powinny być zaznaczone na mapach.

W kopalniach otworowych istotne znaczenie ma ocena warunków pracy otworów eksploatacyjnych oraz ich zróżnicowania. Na tej podstawie ocenia się skalę trudności prowadzenia eksploatacji.

W złożach siarki eksploatowanych metodą otworową (podziemnego wytopienia) przebieg pracy otworów i jej efekty zależą od szeregu cech złoża, które można ocenić metodą punktową (tab. 8.2) i wyniki oceny przedstawić na mapie rejonizacji złoża (rys. 8.3).

Tabela 8.2			
Ocena warunków eksploatacji złoża siarki			
a. Ocena warunków złożowych			
Cechy złoża	Ocena punktowa		
	1	2	3
Osiarkowanie rudy [%]	>25	11 – 24	<10
Typ litologiczny rudy	w przewodze wapienny	w przewodze marglisty	w przewodze ilasto-marglisty
Wielkość skupień siarki	w przewodze duże plamiste, smugowe (kilkucentymetrowe)	w przewodze średnie, gniazdkowe, żyłkowe (kilkumilimetrowe)	w przewodze drobne (impregnacje)
Porowatość rudy [%]	8–16	3–8 lub 16–22	poniżej 3 lub ponad 22
Wytrzymałość rudy na ściskanie po wytopie [MPa]	> 1,5h	1,0–1,5	<1,0
	Oceniana na podstawie cech makroskopowy		

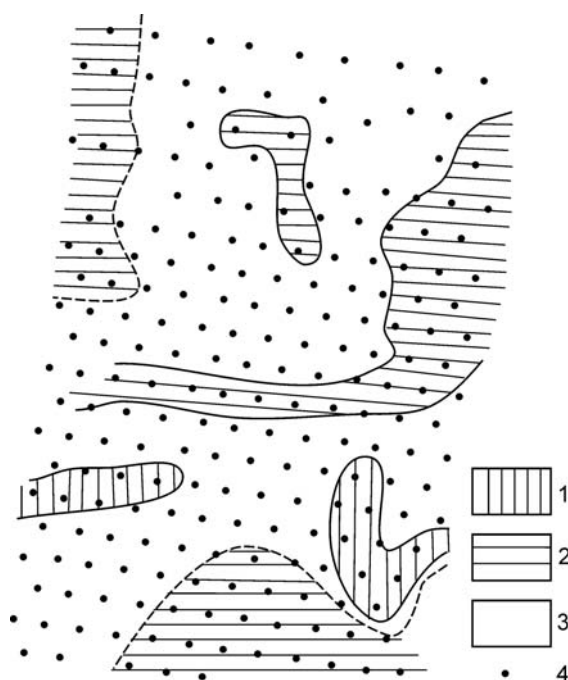
b. Ocena warunków pracy otworów eksploatacyjnych

Warunki pracy otworu	Suma punktów
Bardzo dobre	13–15
Dobre	9–12
Niekorzystne	5–6

W przypadku eksploatacji odkrywkowej zasadnicze znaczenie ma stateczność skarp. Zatem podstawowym zadaniem badań warunków inżyniersko-geologicznych jest rozpoznanie, budowy nadkładu, właściwości budujących go skał oraz ich zróżnicowania.

Niekorzystne warunki dla stateczności skarp istnieją, gdy warstwy są nachylone w stronę wyrobiska i tak samo spękania umożliwiające odspajanie się większych mas skalnych. Niezbędna jest zatem znajomość ich przestrzennego ułożenia. Na etapie rozpoznania złoża za pomocą wierceń możliwe jest przedstawienie nachylenia warstw, natomiast układ spękań może być dopiero zbadany i przedstawiony po udostępnieniu złoża przynajmniej wkopem otwierającym.

Właściwa prezentacja warunków inżyniersko-geologicznych i prognoza stateczności skarp jest możliwa na przekrojach w poprzek planowanych lub istniejących skarp, a zatem



Rys. 8.3. Mapa rejonizacji geologiczno-inżynierskiej złoża siarki eksploatowanego metodą otworową (S. Rybicki 1973) Warunki eksploatacji (tab. 8.2)
1 – dobre, 2 – przeciętne, 3 – niekorzystne, 4 – otwory wiertnicze

dopiero w projekcie zagospodarowania złoża albo na etapie rozpoznania szczegółowego, gdy podstawowe założenia odnośnie sposobu zagospodarowania złoża są już znane.

We wcześniejszych etapach badania złoża możliwa jest tylko ogólna charakterystyka właściwości inżyniersko-geologicznych skał nadkładu i przedstawienie na ogólnych przekrojach występowania w nadkładzie kompleksów skalnych różniących się tymi właściwościami. Powinno być na nich zaznaczone występowanie stref skał osłabionych, zaburzeń tektonicznych lub glącitektonicznych.

8.4. Dokumentowanie warunków gazowych w złożu i jego otoczeniu

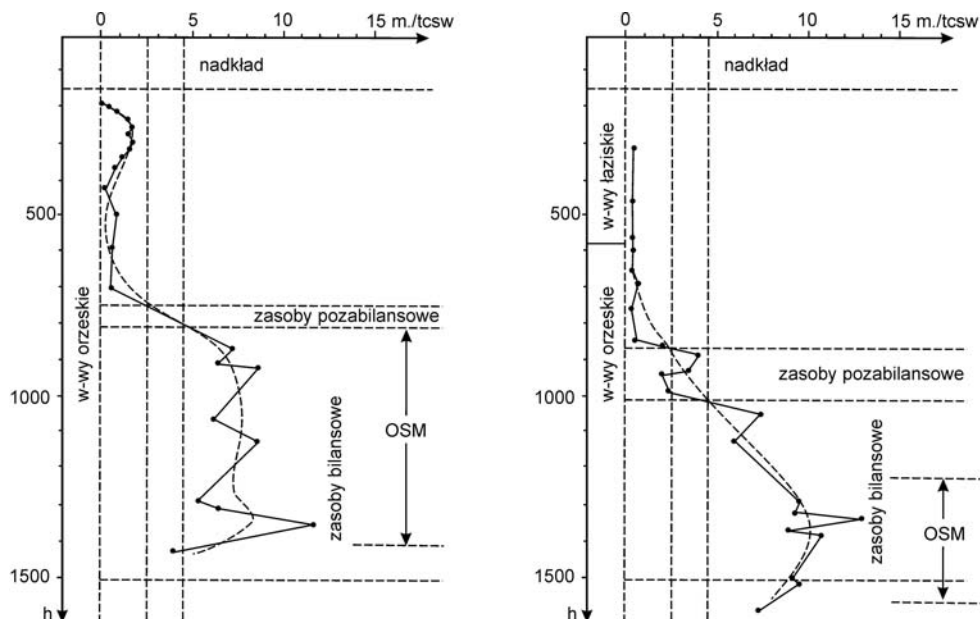
Dokumentacja warunków gazowych złoża jest zadaniem specyficznym. Najczęściej dotyczy występowania metanu w złożach węgla ze względu na:

- zagrożenia wybuchowe,
- możliwość odzysku metanu w czasie eksploatacji węgla jako kopaliny towarzyszącej.

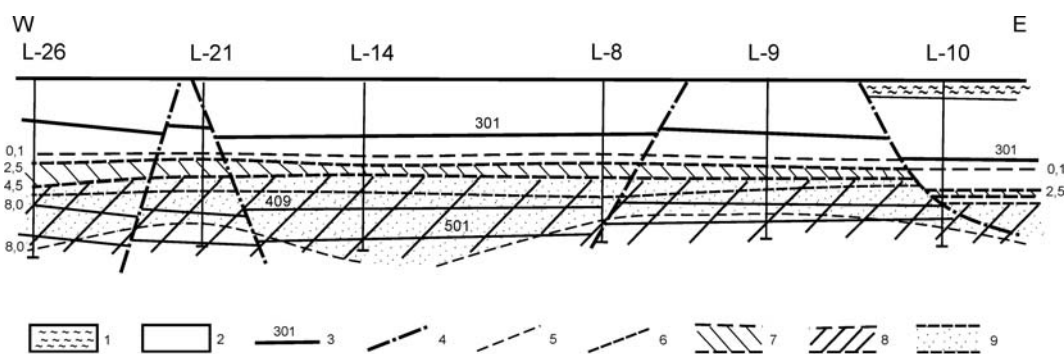
Zróznicowanie metanonośności pokładów węgla przedstawia się na profilach na podstawie badań pobranych próbek, odrębnie dla każdego otworu wiertniczego, w którym takie badania były przeprowadzone (rys. 8.4).

Na mapach i przekrojach przedstawia się:

- położenie stropu strefy metanonośnej (ponad 2,5 i 4,5 m³CH₄/t_{csw}¹⁰),
- metanonośność poszczególnych pokładów lub na wybranych poziomach oraz na przekrojach (rys. 8.5), za pomocą izarytm,
- rejonizację złoża z uwagi na stopień zagrożenia metanowego (tab. 8.3).



Rys. 8.4. Zróżnicowanie metanonośności pokładów węgla w wybranych otworach wiertniczych (M. Nieć 1993)
OSM – strefa optymalnej metanonośności



Rys. 8.5. Zróżnicowanie metanonośności w przekroju złoża (KWK Ziemowit)

- 1 – nadkład, 2 – utwory karbonu, niemetanonośne, 3 – wybrane pokłady węgla, 4 – uskoki,
5 – izarytmny metanonośności, 6 – izolinie stropu strefy II i III kategorii zagrożenia metanowego,
7 – metanonośność 2,5–4,5 m³/t_{csw}, 8 – metanonośność ponad 4,5 m³/t_{csw}, 9 – optymalna strefa metanonośności

¹⁰ Na tonę czystej substancji węglowej (suchej bezpopiołowej).

W złożach eksploatowanych na mapach i przekrojach oraz profilach otworów powinny być zaznaczone – o ile występują – miejsca wypływu metanu („fukacze”, fontanny gazowe) i wyrzutów gazowo-skalnych.

Tabela 8.3

Kategorie zagrożenia metanowego (wg B. Kozłowskiego 1980)

Kategoria	Metanonośność węgla [$\text{m}^3/\text{t}_{\text{csw}}$] na podstawie badań próbek (pobieranych do naczyń hermetycznych)	Zawartość metanu w otworze badawczym wykonanym w węglu [%]	Wydzielanie metanu do wytrobisk [m^3/t węgla]
Niemetanowa	<0,02	<0,15	–
Podejrzana o metanowość	<0,02	<1,0	–
Eksploatowanych	0,02–2,5	1–60	<5
II	2,5–4,5	60–80	5–10
III	4,5–8,0	>80	10–15
IV	>8	>80	>15

LITERATURA

1. ADAMUS B., 1986 – Dulne geologicka fotodokumentace. SNTL, Praha.
2. ANNELS E. J., 1991 – Mineral deposits evaluation. Chapman Hall, London.
3. *ANTONIUK J., GÓRECKI J., MOŚCICKI W., SZWED E., 2005 – Geofizyczne wspomaganie prac dokumentacyjnych na świętokrzyskich złożach kopalin węglanowych. Prace Nauk. Polit. Wrocławskiej nr 109, s. 3–12.
4. *BAMBAS J., 1990 – Březovohorsky rudni rewir. Kom. Syp. Hornicka Příbram ve vede a technice. Příbram.
5. *BLAJDA R., 1990 – Nowe zasady profilowania rdzeni dostosowane do komputerowych metod dokumentowania i modelowania złóż rud Zn-Pb obszaru śląsko-krakowskiego. Przegl. Geol. Nr 7–8 (447–448), s. 304–306.
6. *BRENER H., EKSTROM T., LILJEQUIST R., STEPHANSSON O., WIKSTROM A., 1972 – GEOMAP – a Data System for Geological Mapping. Intern. Geol. Congr. 24–th, Sec. 16. Montreal.
7. *DOMAGAŁA M., KRUSZEWSKA K., 1978 – Zarys palinologii karbonu produktywnego Polski. Wyd. Geol., Warszawa.
8. *DEMBOWSKI Z., 1972 – Krakowska seria piaskowcowa w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Prace IG 61.
9. *DUBIŃSKI J., SIATA R., 2000 – Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej pokładów węgla metodą sejsmiczną. Zesz. Nauk. Polit. Śląskiej, Górnictwo z. 246, Górnictwo zrównoważonego rozwoju, s. 81–92.
10. *DUŻNIAK S., GABZDYŁ W., 1991 – Geologiczno-górniczne rozpoznawanie złóż w kopalniach węgla kamiennego. Polit. Śląska, Skrypty Uczelniane nr 1520, Gliwice.
11. *FARBISZ J., GÓRECKI J., KANCLER M., 2000 – Dokumentowanie złóż kopalin skalnych wybranymi metodami geofizycznymi na przykładzie złoża melafiru „Grzędy” pole D oraz złóż granitu „Żółkiewka II” i „Zimnik I”. Górn. Odkrywk. r. 42, nr 2–3, s. 149–156.
12. *GONET A., ZIĘBA P., PAWLIKOWSKA J., WÓJCIK M., 1996 – Technika i technologia rdzeniowania otworów. Skrypt AGH 1451, Wyd. AGH, Kraków.
13. *GÓRECKI J., 1998 – Niekonwencjonalne metody dokumentowania na przykładzie złoża dolomitów we Wszachowie. [W:] Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalin oraz geologicznej obsługi kopalń. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków, s. 203–213.

* Pozycje z których zaczerpnięto materiał ilustracyjny

14. GÓRECKI J., MIEĆ M., 1974 – Wyznaczanie gęstości sieci rozpoznawczej metodą porównywania map. *Przeł. Geol.* r. 22, nr 12, s. 611–613.
15. Instrukcja opracowania i wydania szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. PIG, Warszawa 2004.
16. Instrukcja opracowania mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000. PIG, Warszawa 2005.
17. *ITENBERG S.S., 1955 – Geofizyka kopalniana dla geologów naftowych. Wyd. Geol., Warszawa.
18. JARZYNA J., BAŁA M., ZAORSKI T., 1997 – Metody geofizyki otworowej. Wyd. AGH, Kraków.
19. KACZAREWSKI T., WIŚNIEWSKI J., WOJNA B., 2006 – Dokumentowanie elementów tektoniki złoża w BOT KWB „Turów” S.A. *Górn. Odkrywk.* r. 48, nr 1–2, s. 113–118.
20. *KOKESZ Z., 2010 – Sporządzanie map izoliniowych procedura krigingu zwyczajnego – korzyści i ograniczenia. *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN* nr 79, s. 363–382
21. *KOTAŃSKI Z., 1987 – Geologiczna kartografia węglbna. Wyd. Geol., Warszawa.
22. *KOWALCZYK Z., 1960 – Fotogrametryczne kartowanie i profilowanie wyrobisk górniczych na przykładzie kopalni w Wieliczce. *Prace Inst. Geol.* t. XXX, cz. II, Warszawa, s. 177–208.
23. KOZŁOWSKI B., 1980 – Zagrożenia wyrzutami gazów i skał w górnictwie węglowym. PWN, Warszawa.
24. *KOZUBSKI F., 1962 – Zagadnienie dokładności rozeznania tektoniki złóż za pomocą wierceń w świetle potrzeb projektowania głębokich kopalń. *Przeł. Geol.* r. 10, nr 12(117), s. 629–632.
25. *KRAJEWSKI R., 1955 – Geologiczna obsługa kopalń. Wyd. Geol., Warszawa.
26. KUZAK R., ŻABA J., 2011 – Podstawy geologii strukturalnej. *Struktury fałdowe.* PWN, Warszawa.
27. KUŽVART M., BEHMER M., 1986 – *Prospecting and Exploration of Mineral Deposits.* Academia. Praha.
28. *LESZCZYŃSKI R., 2011 – Model złoża – porównanie modeli z pierwszych dokumentacji geologicznych z modelami obecnymi. [W:] *Geolodzy w służbie polskiej miedzi.* TKP. Lubin, s. 21–34.
29. *LIPIARSKI I., 2000 – *Utwory karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zmienione pod wpływem fosylnego wietrzenia.* Wyd. AGH, Kraków.
30. MAGIERA J., 1998 – Zastosowanie globalnego systemu określania pozycji (GPS) w badaniach złóż kopalni. [W:] *Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalni oraz geologicznej obsługi kopalni.* Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 111–117.
31. *McKINSTRY H.E., 1957 – *Mining Geology.* Prentice Hall, Englewood.
32. MARKS L., BER A., 1999 – Metodyka opracowania szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. PIG, Warszawa.
33. MULARZ S., 1981 – Geologiczne kartowanie skarp kopalni odkrywkowej na podstawie zdjęć fotogrametrycznych. *Przeł. Geol.* nr 3, Warszawa.
34. NIEĆ M., 1991 – *Geologia kopalniana.* Wyd. Geol., Warszawa.
35. *NIEĆ M., 1993 – Złoża metanu w formacjach węglonośnych. *Mat. Szkoły eksploatacji podziemnej.* Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków, t. 2, s. 281–301.

36. NIEĆ M., UNRUG R. red., 1974 – Standardowy opis rdzeni wiertniczych ze skał osadowych. Materiały do ćwiczeń z geologii kopalnianej. Skrypt AGH nr 720, Kraków.
37. *NIEĆ M., WACHELKA L., SIATA E., KŁOS M., WIŚNIEWSKI J., SOŁOWCZUK M., 1999 – Cyfrowe modele złoża i ich wykorzystanie w dokumentowaniu złóż i obsłudze geologicznej kopalń. [W:] Optymalizacja wydobywania kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych. AWiR Silesia, Katowice.
38. OBERC J., 1988 – Interpretacja mapy geologicznej z elementami tektoniki geometrycznej. Uniw. Wrocław.
39. PETERS W.C., 1978 – Exploration and Mining Geology. J. Willey a. Sons Inc. New York.
40. *POGREBICKIJ E.O., TERNOWOJ W.I., 1974 – Geologo-ekonomiczskaja ocena miastorożdienij pokoznych iskopajemych. Niera, Leningrad.
41. *POUBA Z., 1959 – Geologicke mapovani. CSAV. Praha.
42. *RUBINOWSKI Z., 1971 – Rudy metali nieżelaznych w Górach Świętokrzyskich i ich pozycja metalogeniczna. Biul IG 247, Z badań złóż kruszców w Polsce, t. VIII.
43. *RYBICKI S., 1973 – Geologiczno-inżynierskie problemy otworowej eksploatacji siarki. Zesz. Nauk. AGH, Geologia z. 20.
44. RYŻOW P.A., 1956 – Rzuty stosowane w geologii i miernictwie górniczym. Wyd. Geol., Warszawa.
45. *SALSKI W., 1974 – Znaczenie badań tektonicznych w kopalniach głębiowych. Przegl. Geol. r. 22, nr 2–3, s. 72–77.
46. *SMICZYJEW P., SZYNKIEWICZ A., SOWIŃSKI L., 1996 – Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej i kopaliny źródłem racjonalnego wykorzystania złoża na przykładzie kamieniołomu wapieni w Tarnowie Opolskim. Górn. Odkrywk. Subiekta. 38, nr 3, Subiekta. 123–137.
47. *SUBIETA M., 1979 – Suwalskie złoża rud żelaza, tytanu i wanadu. Prace IG, Wyd. Geol., Warszawa.

