

Ministerstwo Środowiska

---

# **METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH**

**Część I**

**POSZUKIWANIE I ROZPOZNAWANIE ZŁÓŻ  
PLANOWANIE I ORGANIZACJA PRAC GEOLOGICZNYCH**



MINISTERSTWO  
ŚRODOWISKA



NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA  
I GOSPODARKI WODNEJ

Kraków 2012

#### REDAKCJA I OPRACOWANIE

prof. dr hab. inż. Marek Nieć

#### PRZY WSPÓŁDZIALE

prof. dr. hab. inż. Marka Lembergera, AGH, rozdz. 2.3.2.4 i 3.5  
dr hab. inż. Barbary Radwanek-Bąk, prof. PIG-PIB, rozdz. 2.4 i 4.2.3  
dr. inż. Jerzego Góreckiego, AGH, rozdz. 4.5

#### 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](http://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 978-83-62922-10-9

IGSMiE PAN – Wydawnictwo, Kraków 2012

Objętość ark. wyd. 22,1; ark. druk. 31,0 (× 8) + wklejki  
Druk i oprawa: Agencja Reklamowo-Wydawnicza „Ostoja” Maciej Hubert Krzemień,  
Cianowice 348, 32-043 Skąpa

## SPIS TREŚCI

---

Uwagi wstępne .....	5
1. Złoże kopaliny jako obiekt prac poszukiwawczych i rozpoznawczych. Etapy badań złóż .....	7
1.1. Kopalina, surowiec mineralny złoże kopaliny .....	7
1.2. Złoże kopaliny jako przedmiot poszukiwań, rozpoznawania i eksploatacji .....	12
1.3. Modele (typy) złóż .....	12
1.4. Etapy prac poszukiwawczych i rozpoznawczych .....	17
2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych .....	25
2.1. Zasady ogólne .....	25
2.2. Prace poszukiwawcze rekonesansowe (zwiadowcze) .....	25
2.3. Poszukiwania wstępne .....	36
2.3.1. Zasady ogólne .....	36
2.3.2. Metody prac poszukiwawczych .....	45
2.3.3. Ocena wyników poszukiwań wstępnych .....	62
2.4. Ocena perspektyw złożowych i poszukiwania wstępne złóż kopalin skalnych .....	65
2.5. Poszukiwania szczegółowe .....	67
3. Rozpoznawanie złóż kopalin .....	73
3.1. Cele rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalin .....	73
3.2. Treść i zakres dokumentacji geologicznej złoża .....	74
3.3. Ogólne zasady prac rozpoznawczych .....	76
3.4. Środki techniczne rozpoznania .....	78
3.5. Zastosowanie metod geofizycznych w rozpoznawaniu złóż .....	83
3.6. Uwarunkowania sposobu rozpoznawania złóż .....	91
3.7. Metodyka rozpoznawania złoża .....	92
3.7.1. Zasady ogólne .....	92
3.7.2. Rozmieszczanie punktów rozpoznawczych .....	95
3.7.3. Kolejność wykonywania rozpoznawczych otworów wiertniczych .....	97
3.7.4. Zagęszczanie punktów rozpoznawczych .....	98
3.7.5. Rozpoznawanie granic złóż .....	100
3.7.6. Rozpoznawanie budowy wewnętrznej złóż .....	105

---

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

---

3.7.7. Czynniki geologiczne decydujące o sposobie rozpoznania złoża .....	106
3.7.8. Metodyka rozpoznawania złóż w zależności od ich formy i budowy .....	108
3.7.9. Rozpoznawanie złóż małych, kopalin powszechnie występujących („pospolitych”) .....	119
3.7.10. Rozpoznawanie uzupełniające w otoczeniu złóż eksploatowanych .....	120
3.8. Dokładność rozpoznania złoża i gęstość sieci rozpoznawczej .....	120
3.8.1. Niepewność i dokładność rozpoznania złoża .....	120
3.8.2. Dokładność rozpoznania parametrów złoża i jego zasobów .....	122
3.8.3. Gęstość sieci rozpoznawczej .....	130
3.9. Rozpoznawanie szczegółowe złóż eksploatowanych (rozpoznanie eksploatacyjne złóż)	143
4. Planowanie i organizacja prac geologicznych .....	149
4.1. Podstawy teoretyczne .....	149
4.1.1. Zadania planowania i organizacji prac geologicznych .....	149
4.1.2. Nauka o organizacji pracy i zarządzaniu (NOPIZ) w odniesieniu do prac geologicznych .....	152
4.1.3. Podstawowe prawa nauki o organizacji pracy .....	154
4.1.4. Cykl organizacyjny prac geologicznych .....	156
4.2. Planowanie prac geologicznych .....	158
4.2.1. Zasady ogólne .....	158
4.2.2. Określenie celu (obiektu) prac poszukiwawczych lub rozpoznawczych .....	161
4.2.3. Dane wyjściowe projektowania. Źródła informacji odnośnie rozwiązywanego zadania .....	165
4.2.4. Wybór metodyki realizacji prac .....	168
4.2.5. Projektowanie szczegółowe realizacji prac .....	172
4.2.6. Ocena warunków realizacji projektowanych prac .....	180
4.3. Programowanie realizacji prac geologicznych .....	186
4.3.1. Cel programowania .....	186
4.3.2. Harmonogram prac .....	188
4.3.3. Programowanie prac przy zastosowaniu metody sieciowej .....	188
4.4. Kosztorysowanie prac geologicznych .....	193
4.5. Opracowanie projektu całości prac geologicznych .....	195
4.6. Realizacja prac geologicznych .....	196
4.7. Dokumentowanie wyników prac geologicznych .....	200
4.8. Kontrola realizacji prac .....	204
4.9. Weryfikacja dokumentacji geologicznej .....	205
Literatura .....	209
Aneks IA .....	213
Aneks IB .....	227

## UWAGI WSTĘPNE

---

Dokumentacja geologiczna złoża stanowi zbiór danych geologicznych niezbędnych dla oceny możliwości jego eksploatacji i racjonalnego wykorzystania zasobów kopaliny oraz oceny możliwych skutków eksploatacji i użytkowania kopaliny dla środowisk przyrodniczego. Jej sporządzenie jest wymagane przez obowiązujące w Polsce przepisy Prawa geologicznego i górniczego, jako podstawa do opracowania projektu zagospodarowania złoża i ubieganie się o koncesję na wydobywanie kopaliny ze złoża. Niezależnie od tego, czy wymagają tego obowiązujące przepisy prawne, wykonanie dokumentacji geologicznej złoża jest zawsze nieodzowne dla planowania działalności górniczej. Na dokumentację złoża należy zatem spojrzeć przede wszystkim jak na opracowanie, zawierające określoną treść geologiczną.

Przedstawiona metodyka dokumentowania złóż obejmuje podstawowe wiadomości dotyczące poszukiwania, rozpoznawania, kartowania i opróbowania złóż oraz szacowania ich zasobów. Zwrócona została przede wszystkim uwaga na aspekty praktyczne prac geologicznych. Brak łatwo dostępnych i aktualnych opracowań z tego zakresu spowodował, że przedstawione zostały także ich podstawy teoretyczne.

Metodyka dokumentowania złóż przedstawiona została w podziale na cztery części, każda w osobnej edycji książkowej, obejmujące:

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.

Ponieważ każda z części może być także wykorzystywana niezależnie, zawierają one – jeśli jest to niezbędne – powtórzenia niektórych zagadnień.

Książki te przeznaczone są przede wszystkim dla osób podejmujących działalność zawodową w dziedzinie dokumentowania złóż kopalin stałych. Mogą stanowić zarówno podręcznik jak i poradnik dokumentowania złóż. Przepisy Prawa geologicznego i górniczego zawierają szereg wymagań formalnych odnośnie wykonywania prac geologicznych, w szczególności dokumentowania złóż, których spełnianie powinno być bezwzględnie przestrzegane. Zwrócono na nie uwagę, ale projektowanie i realizacja prac geologicznych oraz dokumentowanie złóż przedstawione zostały przede wszystkim jako czynności zawodowe. Książki te jako poradnik nie stanowią ani komentarza do przepisów prawa ani ich wykładni. Dlatego też aspekty prawne dokumentowania złóż potraktowane zostały marginalnie. Przestrzeganie obowiązujących przepisów odnośnie dokumentowania złóż jest jednak nieodzowne, gdyż zapewnia odpowiedni jednolity sposób przedstawiania informacji o złożach. Poprawne sporządzenie dokumentacji geologicznej – w myśl podanych zasad – zapewnia spełnienie również odpowiednich wymagań formalnych.

Szereg czynności związanych z dokumentowaniem złóż, przede wszystkim sporządzanie map, obliczanie zasobów, zwłaszcza gdy dysponuje się dużymi zbiorami danych, jest realizowanych przy wykorzystaniu komercyjnych oprogramowań komputerowych. Dla właściwego ich stosowania niezbędna jest znajomość podstaw stosowanych metod. Dlatego też przede wszystkim zostały przedstawione te metody, a możliwości stosowania technik komputerowych tylko zasygnalizowane.

Od osób podejmujących poszukiwanie, rozpoznawanie i dokumentowanie złóż wymagana jest znajomość geologii złóż, podstaw górnictwa, wiertnictwa i geofizyki, które nie są przedmiotem tego opracowania.

W tekście zagadnienia bardziej szczegółowe i specjalistyczne – ale takie, na które warto zwrócić uwagę – wyróżnione zostały mniejszą czcionką. Przykłady rozwiązywania omawianych problemów ujęte są w ramki.



## ZŁOŻE KOPALINY JAKO OBIEKT PRAC POSZUKIWAWCZYCH I ROZPOZNAWCZYCH. ETAPY BADAŃ ZŁOŻ

---

### 1.1. Kopalina, surowiec mineralny złoża kopaliny

**Złoże kopaliny** stanowi naturalne nagromadzenie substancji mineralnej – kopaliny, której eksploatacja jest technicznie możliwa i może przynieść korzyść gospodarczą obecnie lub w przyszłości<sup>1</sup>. Jest ono częścią środowiska naturalnego i stanowi źródło surowców niezbędnych w życiu codziennym. **Kopalina** jest skała lub wydzielana z niej w czasie eksploatacji część składowa, albo zawarta w niej ciecz lub gaz, które po wydobyciu, w formie naturalnej lub po przetworzeniu stają się użytecznym surowcem mineralnym (tab. 1.1). **Surowiec mineralny** jest produktem eksploatacji złoża; jest to substancja mineralna odłączona od pierwotnego środowiska swojego występowania, przystosowana do użytkowania praktycznego i przygotowana do przyjęcia lub przyjęta przez użytkownika, tj. znajdująca zastosowanie i mogąca być lub będąca przedmiotem sprzedaży. W przypadku kopaliny kwalifikujących się do produkcji różnych surowców, wyróżnia się je jako **wielosurowcowe** (np. wapienie spełniające równocześnie wymagania przemysłu wapienniczego, produkcji kruszywa, mączek wapiennych itp.).

Cechami istotnymi złoża kopaliny są:

- rodzaj i jakość kopaliny decydujące o jej użyteczności przez możliwość wykorzystania jej jako surowca mineralnego lub możliwość wytworzenia z niej odpowiednich surowców mineralnych,
- nagromadzenie kopaliny w wyniku procesów naturalnych w ilości umożliwiającej podjęcie eksploatacji, której celowość może być ekonomicznie uzasadniona,
- warunki geologiczne występowania umożliwiające bezpieczne wydobycie kopaliny.

---

<sup>1</sup> W przepisach Prawa geologicznego i górniczego stosowana jest równoważna definicja: „naturalne nagromadzenie minerałów i skał oraz innych, których wydobywanie może przynieść korzyść gospodarczą” (art. 6 ust. 1 pkt. 19 Ustawy z dn. 9 czerwca 2011 Prawo geologiczne i górnicze, Dz. U. Nr 163, poz. 981).

**Tabela 1.1**  
Rodzaje kopalin

Kopaliny		Uwagi
Wykorzystywane w formie naturalnej	kopaliny skalne, budowlane, drogowe	
Wykorzystywane w formie naturalnej albo przeznaczone do dalszego przetwarzania	węgle (kamienny, brunatny)	spalanie, produkcja koksu, przetwórstwo chemiczne
	kopaliny barytowe, fluorytowe, kaolinowe, bentonitowe, zeolitowe	wykorzystywane w stanie surowym albo po wzbogaceniu
Przeznaczone do dalszego przetwarzania	kopaliny ilaste, skaleniowe, krzemionkowe	produkcja wyrobów ceramicznych
	kopaliny wapiennicze, cementowe	wykorzystywane produkty przetwarzania (wapno, cement)
	kopaliny fosforowe, siarkowe	produkcja nawozów, przemysł chemiczny
	rudy metali	wykorzystywane po wzbogaceniu, w postaci koncentratów i produktów hutniczych
Wydzielane w czasie eksploatacji części składowe skał	siarka rodzima	w przypadku eksploatacji otworowej metodą podziemnego wytopienia
	złoto w złożach okrucowych, bursztyn	w przypadku zwrotu do wyrobiska materiału płonego po odzysku składnika użytecznego
Zawarte w skale ciecze lub gazy	ropa naftowa, gaz ziemny, metan pokładów węgla, gaz łupkowy	metan pokładów węgla, gaz łupkowy mogą być też uważane za wydzielane w czasie eksploatacji części składowe skał

Złoże definiowane jako naturalne nagromadzeni kopaliny może być scharakteryzowane za pomocą szeregu parametrów wyrażanych liczbowo. Są nimi:

- głębokość położenia stropu ( $h_{st}$ ) i spągu ( $h_{sp}$ ),
- miąższość ( $m$ ),
- grubość nadkładu ( $N$ ) i stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża (ważne w przypadku planowania eksploatacji odkrywkowej),
- zasoby ( $Q$ ),
- parametry charakteryzujące jakość kopaliny (np. zawartość składników użytecznych i szkodliwych, właściwości fizyczne lub technologiczne decydujące o jej użyteczności),
- zasobność wyrażana jako ilość kopaliny na metr kwadratowy powierzchni złoża ( $q \text{ t/m}^2$ )<sup>2</sup> lub tylko jako iloczyn miąższości złoża i zawartości składnika użytecznego w jego profilu (m%).

<sup>2</sup>  $q = 0,01 \text{ m} \cdot \gamma_o \cdot p$ , gdzie:  $m$  – miąższość złoża,  $\gamma_o$  – gęstość przestrzenna kopaliny,  $p$  – zawartość składnika użytecznego



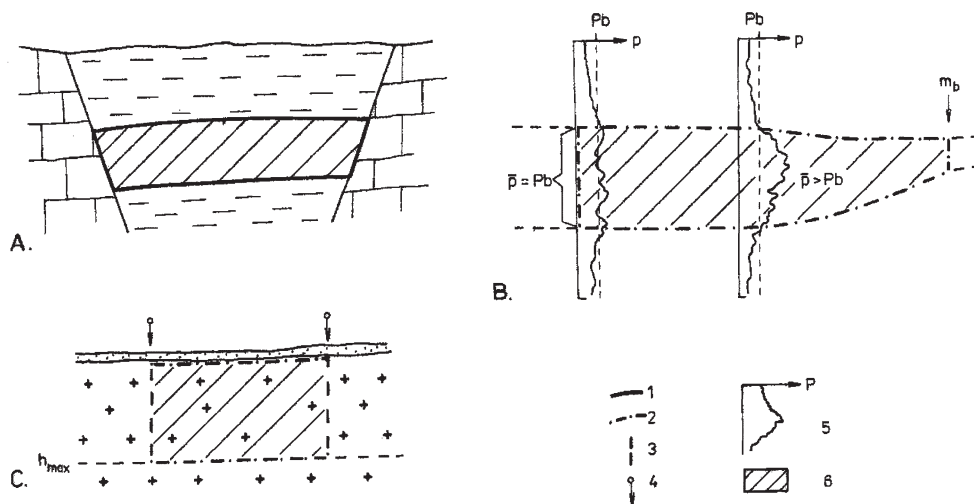
Każde złoże kopaliny jest bryłą o określonym ułożeniu w przestrzeni, wyodrębnioną z otoczenia. Granice złoża w pionie i w poziomie mogą mieć różny charakter (rys. 1.1):

- naturalny samoistny,
- naturalny umowny,
- sztuczny.

Granice naturalne (rys. 1.1a) stanowią naturalne powierzchnie geologiczne, ograniczające nagromadzenie kopaliny kwalifikowanej jako złoże: np. spąg i strop pokładu, jeśli tworząca go kopalina różni się litologicznie w sposób wyraźny od skał otaczających. W poziomie granice naturalne wyznaczać mogą wychodnie, uskoki, granice rozmyć. Złoża okonturowane w całości granicami naturalnymi są wyjątkowe.

Granice umowne (rys. 1.1b) określone są przez graniczne wartości parametrów złoża, warunkujące możliwość eksploatacji kopaliny. Są one zatem arbitralnie przyjmowane, ale dotyczą naturalnych cech złoża. Stanowią je kryteria określone jako kryteria bilansowości definiujące złoże (zob. cz. IV). Są nimi zwykle: maksymalna głębokość występowania złoża, grubość nadkładu (lub maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża), minimalna miąższość złoża, skrajne wartości parametrów charakteryzujących jakość kopaliny (np. brzeżna zawartość metalu w złożach rud). Kryteria bilansowości mogą wyznaczać granice złoża zarówno w pionie jak i w poziomie (rys. 1.1b). Sposób określania kryteriów bilansowości przedstawiony jest w IV części.

Granice sztuczne (rys. 1.1c) nie wynikają z naturalnych cech złoża lecz wyznaczane są w sposób administracyjny. Stanowią je mogą granice własności (własności nieruchomości



Rys. 1.1. Rodzaje granic złóż kopaliny stałych (Nieć 2002)

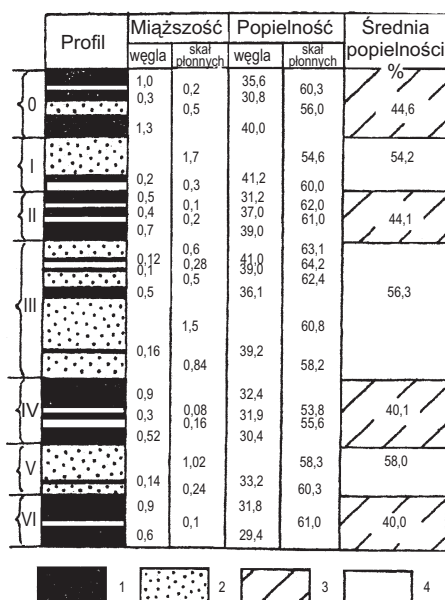
A – granice naturalne, B – granice umowne, C – granice sztuczne

Granice złoża: 1 – naturalne, 2 – umowne, 3 – sztuczne, 4 – granice własności gruntowej, 5 – wykres zawartości składnika użytecznego w profilu, 6 – złoże,  $p_b$  – zawartość brzeżna składnika użytecznego,  $\bar{p}$  – zawartość średnia składnika użytecznego w profilu złoża,  $m_b$  – miąższość brzeżna złoża,  $h_{max}$  – maksymalna głębokość możliwej eksploatacji

gruntowej), granice obszarów wyłączonych z eksploatacji (np. filarów ochronnych) itp. Tu należą także granice obszaru objętego badaniami lub prowadzone na przykład po skrajnych otworach pozytywnych. Są to często granice obszaru, w którym dokonuje się obliczenia zasobów.

Sposób definiowania granic złoża zależy też od sposobu występowania nagromadzeń kopaliny i stopnia ich jednorodności. Bywają one rozdzielane utworami pónnymi (lub nie uznanymi za kopalinę w przypadku umownych granic złoża). Utwory takie mogą też występować w mniej lub bardziej nieregularny sposób w obrębie jej nagromadzeń. W takich przypadkach bywają one zaliczane do złoża, jeśli:

- ich selektywne wydzielenie w czasie eksploatacji nie jest możliwe i muszą być wydobyte łącznie z kopaliną,
- po ich zaliczeniu do złoża nie następuje obniżenie jakości kopaliny łącznie z tymi utworami poniżej określonych granic (na przykład poniżej minimalnej zawartości składnika użytecznego lub powyżej zawartości składnika szkodliwego – rys. 1.2).

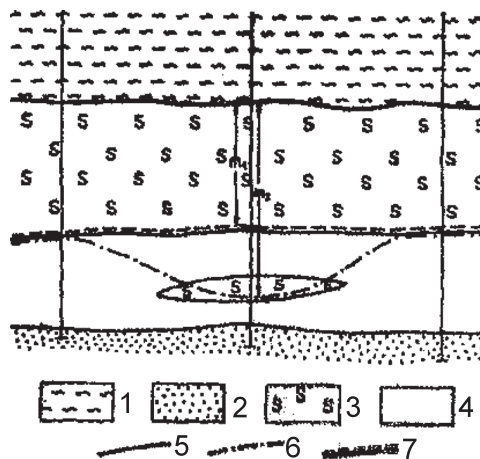


**Rys. 1.2.** Sposób wyznaczenia granic złoża o niejednorodnym profilu serii złożowej. Złoże węgla brunatnego. 1 – węgiel, 2 – przewarstwienia pónne, 3 – wyróżnione pakiety warstw (pokłady z przerostami pónnymi: II, IV, VI), 4 – odcinki profilu uznane za pónne (I, III, V) z przewarstwieniami węgla nie zaliczonymi do złoża

Typowym przykładem są pokłady węgla kamiennego zawierające przerosty pónne. Nie wydziela się ich odrębnie, lecz uznaje za część składową kopaliny jeśli ich miąższość jest mniejsza od 30 cm<sup>3</sup>. Jeśli miąższość ich jest większa, przerosty są wykazywane odrębnie (określana jest grubość pokładu wraz z przerostami i sumaryczna miąższość węgla w pokładzie).

<sup>3</sup> Dawniej przyjmowano 5 cm.

Wątpliwości odnośnie wyznaczenia położenia granic złoży, zwłaszcza położenia jego stropu i spągu, mogą pojawić się, gdy ponad właściwym stropem lub poniżej spągu występują odosobnione gniazda lub soczewy kopaliny (rys. 1.3) i istnieją wątpliwości odnośnie



**Rys. 1.3.** Wyznaczanie granic złoży i zmiana jego formy w wyniku włączenia odosobnionej wkładki (soczewy)  
 1 – iły, 2 – piaski, 3 – wapień siarkonośny, 4 – wapień płonny, 5 – strop złoży, 6 – spąg złoży w przypadku włączenia soczewy leżącej poniżej zasadniczej warstwy wapieni siarkonośnych, 7 – spąg złoży w przypadku nie włączenia jej

włączenia ich do złoży razem z oddzielającymi je od niego skałami płonnymi. W takich przypadkach rozwiązanie problemu powinno być oparte na interpretacji przekrojów przez złoże. Zwykle przyjmuje się, że nie zalicza się do złóż takich odosobnionych gniazd w jednym z trzech przypadków:

- istnieją dane, że są to zupełnie lokalne, odosobnione skupienia kopaliny (np. odosobnione, niewielkie skupienia żyłkowe lub gniazdowe minerałów rudnych, niezwiązane ze złożem zasadniczym),
- średnia zawartość składnika użytecznego (lub wartość cechy charakteryzującej jakość kopaliny) w odcinku profilu obejmującym odosobnione skupienie kopaliny oraz oddzielające je od złoży zasadniczych skały uznane za płonne jest mniejsza od przyjmowanego kryterium definiującego złoże (kryterium bilansowości złoży),
- brak możliwości określenia zasięgu poziomego takich odosobnionych skupień kopaliny i ich zaliczenie do złoży powoduje niejednoznaczność interpretacji formy i budowy złoży.

Zawsze w takich przypadkach powinna być rozpatrzona możliwość odrębnego udokumentowania takich odosobnionych skupień kopaliny (np. gniazd, soczew).

W rozważaniach na temat geologii złóż i projektowaniu prac poszukiwawczych lub rozpoznawczych użyteczne jest niekiedy wyróżnianie serii złożowych. Serią złożową stanowi zespół skał, w obrębie którego występuje złoże, zwykle genetycznie z nim związanych. W złożach wielopokładowych jest to cała seria skalna, w obrębie której występują pokłady (np. seria węglonośna).

### 1.2. Złoże kopaliny jako przedmiot poszukiwań, rozpoznawania i eksploatacji

Przedmiotem poszukiwań są zawsze złoża, które mogą kwalifikować się do gospodarczego wykorzystania przez ich eksploatację. Złoże jako obiekt ewentualnej eksploatacji musi spełniać określone wymagania odnośnie wielkości zasobów, jakości kopaliny oraz warunków występowania, które decydują o technicznej i bezpiecznej możliwości wydobycia kopaliny i jej przeróbki oraz bezpiecznego wykorzystania uzyskanego surowca. Wymaga się też, by wykorzystanie złoża było ekonomicznie uzasadnione. Warunki geologiczne występowania kopaliny, forma złoża i jego zasoby określają techniczne warunki eksploatacji i jej opłacalności. Te cechy złoża określają jego **techniczno-ekonomiczną atrakcyjność**. Złoża położone blisko powierzchni, o prostej budowie, dużych zasobach są znacznie bardziej atrakcyjne niż małe, o skomplikowanej budowie, położone na dużej głębokości, mimo że w obu przypadkach ich eksploatacja może być ekonomicznie uzasadniona. Różnorodność czynników decydujących o techniczno-ekonomicznej atrakcyjności złóż powoduje, że dotychczas nie ma jednoznacznych jej mierników<sup>4</sup>. Powinna być jednak brana pod uwagę przy podejmowaniu decyzji odnośnie prowadzenia prac poszukiwawczych, a zwłaszcza rozpoznawczych.

Punktem wyjścia dla prac poszukiwawczych lub rozpoznawczych musi być zatem określenie złoża, które jest celem poszukiwań lub badania (rozpoznawania) oraz jego oczekiwanych cech. Sprowadza się to do sformułowania poglądu odnośnie modelu złoża, które ma być – lub jest – przedmiotem badań. Stosowana jest w tym przypadku **zasada analogii** – przewidywanego podobieństwa poszukiwanego lub rozpoznawanego złoża, do wcześniej rozpoznanych, w szczególności dobrze poznanych w czasie ich eksploatacji.

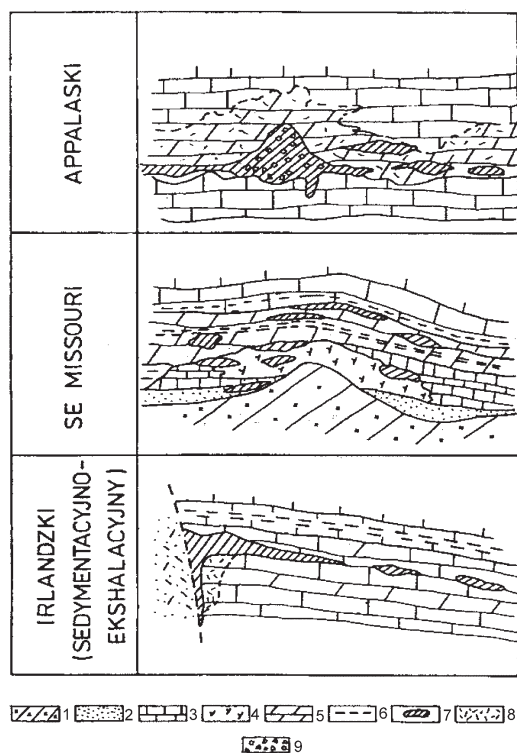
### 1.3. Modele (typy) złóż

Przez model złoża należy rozumieć koncepcyjny jego obraz tworzony na podstawie zespołu cech charakterystycznych dla grupy znanych złóż podobnego typu. Wyróżnić można modele (typy) złóż:

- opisowe, przedstawiające obserwowane charakterystyczne cechy złoża (geologiczne – jego budowy, warunków występowania – mineralogiczne, geochemiczne); uzupełnieniem może być obraz graficzny modelu złoża w postaci wyidealizowanego przekroju (rys. 1.4),
- genetyczne, oparte na przyjmowanej koncepcji warunków formowania złoża,
- ilościowe, w postaci rozkładów zasobów i jakości kopaliny znanych złóż określonego typu (modelu opisowego, rys. 1.5) i charakteryzowane dodatkowo przez kryteria bilansowości.

---

<sup>4</sup> Jedną z proponowanych dróg jest ocena możliwej wartości potencjalnego złoża oraz prawdopodobieństwa jego odkrycia lub udokumentowania oczekiwanych zasobów.



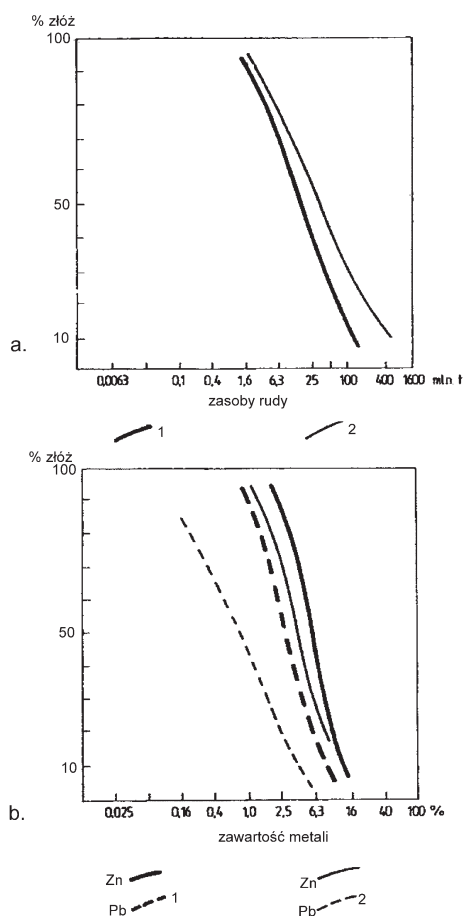
**Rys. 1.4.** Modele złóż. Przykład złóż rud Zn-Pb w skałach węglanowych – przekroje ideowe  
 1 – utwory starszego podłoża, 2 – piaskowce, zlepieńce, 3 – wapienie, 4 – wapienie rafowe, 5 – dolomity,  
 6 – skały ilaste, 7 – ciała rudne, 8 – przeobrażenia skał otaczających (dolomityzacja, sylifikacja), 9 – brekcje  
 zawałowe (krasowe)

Zasadnicze znaczenie mają modele opisowe złóż, gdyż ich geneza w wielu przypadkach nie jest dostatecznie, w sposób jednoznaczny wyjaśniona i bywa dyskusyjna. Niemniej, zwłaszcza na etapie poszukiwań, powinna być brana pod uwagę, gdyż często wyjaśnia warunki występowania złoża lub cechy jego budowy.

Model opisowy złoża określają następujące jego cechy:

- środowisko skalne w jakim złożo występuje, specyficzne geologiczne warunki występowania,
- forma złoża (bryły złożowej), jej ułożenie w przestrzeni, stosunek do skał otaczających,
- rodzaj utworów tworzących złożo i charakterystyczne cechy jego budowy,
- specyficzne cechy składu mineralnego kopaliny, tekstur i struktur kopaliny,
- charakterystyczne cechy składu chemicznego kopaliny lub innych cech charakteryzujących jej użyteczność.

W przypadku złóż rud wyróżnić można szereg modeli złóż, które charakteryzują się określonym rozkładem zasobów i zawartości podstawowych składników (rys. 1.5). Na tej podstawie można oszacować prawdopodobieństwo występowania złoża o określonej wielkości i jakości kopaliny.



**Rys. 1.5.** Modele ilościowe złóż (zasobów i jakości kopaliny). Przykład złóż rud Zn-Pb w skałach węglanowych (D. P. Cox, D. A. Singer 1986)  
1 – model irlandzki, 2 – model appalaski i SE Missouri

Systematyka podstawowych modeli złóż (w szczególności rud metali) opracowana została przez Służbę Geologiczną Stanów Zjednoczonych A.P. (www. USGS Deposit models).

Przedmiotem poszukiwań są z reguły złoża określonych typów, w szczególności wyróżnianych jako **przemysłowe typy złóż**, to znaczy takie, które bywają aktualnie przedmiotem eksploatacji.

Na etapie prac poszukiwawczych ich obiekt jest przedstawiany jako model teoretyczny złoża. Wyniki tych prac powinny pozwolić na weryfikację oczekiwań odnośnie możliwego modelu złoża. Umożliwia to porównanie z modelami koncepcyjnymi złóż o znanych zasobach (tab. 1.2).

Oceny takie, o charakterze eksperckim, w sposób oczywisty mogą być obciążone dużym błędem, często uzależnionym od osobistego doświadczenia geologa prowadzącego prace, niemniej są konieczne dla podjęcia decyzji odnośnie celowości dalszych badań.

1. Złoże kopaliny jako obiekt prac poszukiwawczych i rozpoznawczych. Etapy badań złóż

**Tabela 1.2**

Ocena modelu opisowego stwierdzanych objawów mineralizacji. Przykład bazaltowego złoża rud miedzi

Cechy złóż	Model wzorcowy	Stwierdzone w badanym obszarze
1	2	3
Złoża wzorcowe	złoża Jeziora Górnego (półwysep Keweenaw, Michigan, USA)	
Warunki geologiczne występowania	kontynentalne lub podmorskie wylewy (pokrywy) bazaltowe przewarstwiane tufami i pstrymi osadami klastycznymi (zlepieńce, piaskowce) w sąsiedztwie dużej strefy uskokowej (nasunięcia) Keweenaw	pokrywy bazaltowe przewarstwiane tufami
Skały zmineralizowane	bazalty migdałowcowe, brekcje lawowe, tufy, zlepieńce, piaskowce	bazalty migdałowcowe, tufy, rzadziej bazalty masywne
Skały otaczające	bazalty, tufy, zlepieńce, piaskowce, ilowce	bazalty, tufy
Specyficzne cechy fizyczne skał okruszczonych	wyższa porowatość (przepuszczalność) niż otaczających, zbrekcjowanie, odbarwienie skał zczerwienionych w otoczeniu utworów zmineralizowanych	nie stwierdzone
Forma złóż	bardzo zróżnicowana. Stratoidalna w poziomach law migdałowcowych, zbrekcjowanych partiach stropowych pokryw bazaltowych, w tufach piaskowcach i zlepieńcach; żyły, gniazda, strefy impregnacji w strefach uskokowych	brak danych. Prawdopodobnie soczewowo-gniazdowa
Rozmiary ciał rudnych i zasoby	bardzo zróżnicowane. Miąższość od 0,3 m do ok. 10 m (najczęściej od 2–3 do 5 m). Maksymalne rozmiary poziome od 1,5–2 km do kilku km. Zasoby w poziomach rudnych od ~80–9000 tys. t rudy. Zasoby (operatywne) złóż od ok. 0,5 do ok. 2105 tys. t Cu). Najczęściej w poszczególnych złożach zasoby miedzi poniżej 50 tys. t. W złożach żyłowych do kilku tys. t Cu i wyjątkowo 21 tys. t Cu	miąższość rejestrowanych interwałów rudnych najczęściej od 0,3 do 1 m i wyjątkowo ponad 2 m (do 2,8 m). Możliwe zasoby geologiczne (bilansowe) ciał rudnych do ok. 100 tys. t Cu
Forma występowania kruszców	drobno rozproszone (impregnacyjne), drobne żyłki, gniazdzka rzadziej nieregularne skupienia plamiste	impregnacje, wypełnienia spękań, drobne gniazdzka
Minerały kruszczowe	główne	miedź rodzima
	akcesoryczne	srebro rodzime (Ag/Cu < 1:10), chalkozyn, bornit, chalkopiryt
Minerały towarzyszące	kalcyt, kwarc, epidot, skalenie potasowe, albit, prenit, chloryt, pumpellyit, laumontyt, datolit, hematyt	kalcyt, pallagonit, zeolity, chloryt, chalcedon
Przeobrażenia okolorudne	hematytyzacja (zczerwienienie skał), okwarcowanie, utwory kalcytowo-epidotowo-zeolitowo-skaleniowe (skalenie potasowe) lub pumpellyitowo-epidotowo-kwarcowo-chlorytowe. Epidotyzyzacja zlepieńców Odbarwienie skał w strefach zmineralizowanych	nieokreślone

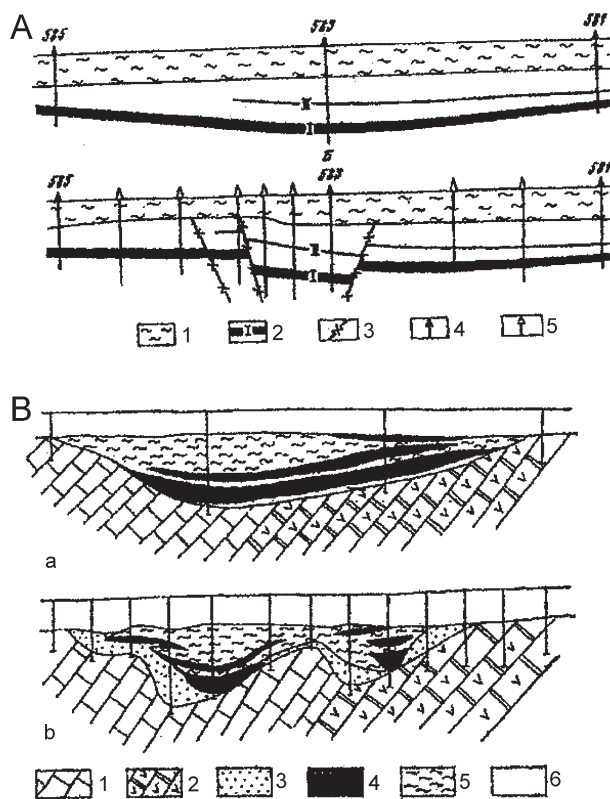
**Tabela 1.2 cd.**

1	2	3
Jakość rudy	bardzo zmienna od ok. 0,6 do ok. 4% Cu . Najczęściej ok. 1% Cu. Partie bogate soczewowe kierunkowo wydłużone szerokość kilkadziesiąt do około 200 m, długość od ok. 100 do ok. 1 km. W całej serii bazaltowej podwyższone zawartości Cu (100–200 ppm) a w partiach stropowych pokryw bazaltowych do 400 ppm	najczęściej poniżej 1% Cu, wyjątkowo 1,4 do 2,2%. Zasobność wyjątkowo większa od 20 kg/m <sup>2</sup>
Charakterystyka geochemiczna	Cu - Ag - Zn - Cd, niekiedy As, Co. Niska zawartość Zn w stosunku do Cu. Anomalnie niska zawartość Au	brak dostatecznych danych. Podwyższone zawartości Ag (duże w Cu), ślady Au (dane niepewne). Nie towarzyszące miedzi Pt i Pd
Warunki lokalizacji złóż	strefy utworów przepuszczalnych: stropowe partie pokryw bazaltowych (migdałowcowe, zbrekcjonowane) zwłaszcza o dużej miąższości, brekcje wulkaniczne, przewarstwienia tufowe, piaskowcowe, zlepieńcowe między pokrywami lawowymi (zwłaszcza o dużej miąższości). Powyżej górnej granicy stref okwarcowanych i poniżej granicy epidotyzacji. Skały „zzerwienione”. Strefy zmian (zwłaszcza gwałtownego) ułożenia warstw, strefy synklinalne. Strefy uskokowe, strefy spękań (zwłaszcza krzyżujących się). Złóża żyłowe w niskokątowych strefach spękań i uskoku. Często występowanie kilku poziomów rudnych w profilu	sąsiedztwo stref uskokowych. Poziomy bazaltów migdałowcowych zwłaszcza spękanych, tufy. Prawdopodobnie w sąsiedztwie stref występowania chalcodonu w migdałowcach
Ocena szans dalszych poszukiwań	możliwe odkrycie małego złoża rud ubogich, trudno wzbogacalnych	

Na etapie prac rozpoznawczych, gdy znane są już podstawowe cechy złoża, jego model może być uściślony i dostosowany do stwierdzonych danych o złożu. Może też ulegać modyfikacjom, nieraz znacznym, stosownie do uzyskiwanych nowych danych o złożu (rys. 1.6).

Istotnym uzupełnieniem opisowego modelu złoża jest model ilościowy, a zatem oczekiwane możliwe zasoby oraz parametry złoża. Na każdym etapie prac poszukiwawczych i rozpoznawczych przedmiotem zainteresowania jest odpowiednio oczekiwane lub stwierdzone złożo, które może spełniać lub spełnia kryteria definiujące je jako obiekt możliwej eksploatacji. W polskiej terminologii tradycyjnie określane są jako „kryteria bilansowości” (aneks I A). Nie rozstrzygają one czy złożo rzeczywiście może być eksploatowane w sposób ekonomicznie uzasadniony. Decydują o tym dopiero kryteria przemysłowe złoża, określane w trakcie projektowania jego zagospodarowania (zob. cz. IV).



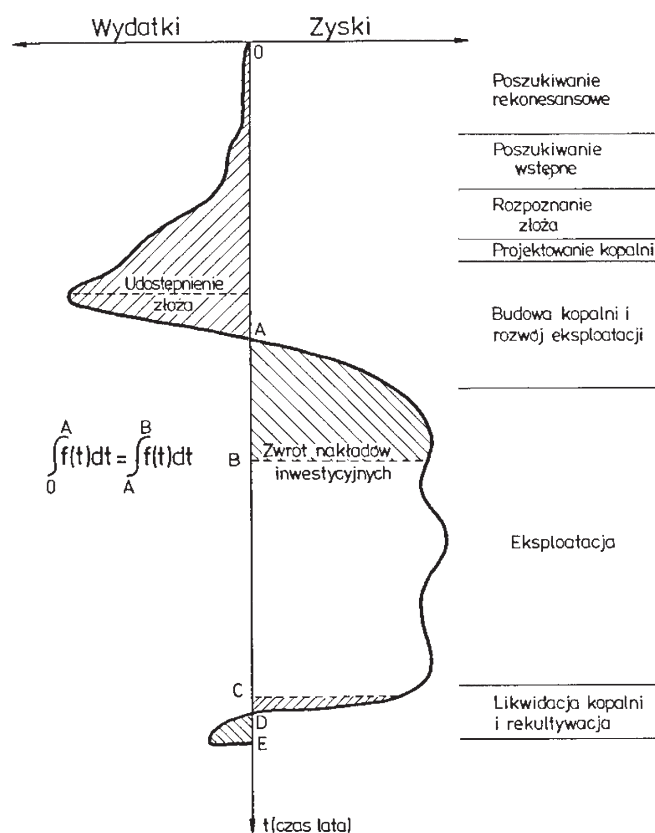


**Rys. 1.6.** Modyfikacja modelu złoża w wyniku lepszego rozpoznania  
 A – złożo węgla kamiennego: 1 – iły, 2 – pokłady węgla, 3 – uskoki, 4,5 – otwory wiertnicze pierwszego i drugiego stadium prac rozpoznawczych, B – złożo boksytu: 1 – wapień, 2 – dolomity, 3 – piaskowce, 4 – boksyty, 5 – iły, 6 – utwory czwartorzędowe

#### 1.4. Etapy prac poszukiwawczych i rozpoznawczych

Badania geologiczne złoża przed podjęciem jego eksploatacji są przedsięwzięciem wymagającym znacznych nieraz nakładów finansowych, zanim podjęta eksploatacja przyniesie zysk – przynajmniej równoważący poniesione nakłady (rys. 1.7). Uwzględnić przy tym trzeba także stratę w postaci nieosiągniętego zysku z powodu zamrożenia kapitału zaangażowanego w realizację badań, który ulokowany w innym przedsięwzięciu, lub jako oprocentowany depozyt bankowy, mógłby przynieść zysk w tym samym czasie. Równocześnie badaniu złoża towarzyszy ryzyko niepowodzenia – na etapie poszukiwań stwierdzenia braku złoża, a na etapie prac rozpoznawczych stwierdzenie, że złożo nie spełnia wymagań kwalifikujących je do zagospodarowania (eksploatacji).

Duże koszty prac geologicznych i towarzysząca im niepewność co do ich rezultatu powodują, że badania złóż przeprowadza się etapami. Po każdym etapie następuje ocena możliwej wartości gospodarczej oczekiwanego lub badanego złoża i podejmuje się decyzję



Rys. 1.7. Przepływy pieniężne w cyklu badań geologicznych i eksploatacji złoza

co do celowości dalszych prac badawczych dla uzyskania bardziej szczegółowych informacji.

Etapowość realizacji prac jest podstawową zasadą poszukiwań i rozpoznawania złożeń.

Całość prac badawczych – od momentu podjęcia poszukiwań złożeń, aż po uzyskanie informacji niezbędnych dla projektowania eksploatacji – można w sposób umowny podzielić na kilka etapów i stadiów (rys. 1.7, tab. 1.3). Są nimi przede wszystkim etapy: poszukiwań i rozpoznawania złożeń. W etapie poszukiwań można wyróżnić kolejno realizowane:

- prace zwiadowcze (rekonesansowe),
  - poszukiwania wstępne,
  - poszukiwania szczegółowe,
- a na etapie rozpoznawania złożeń:
- rozpoznanie wstępne,
  - rozpoznanie szczegółowe.

Rozpoznanie szczegółowe złożeń zwykle nie kończy definitywnie jego badań. Dalsze badania zwykle muszą być nadal wykonywane w czasie prowadzenia eksploatacji w celu uściślenia wcześniejszych danych geologicznych niezbędnych dla bieżącego kierowania

1. Złoże kopaliny jako obiekt prac poszukiwawczych i rozpoznawczych. Etapy badań złóż

**Tabela 1.3**  
Etapy badania złoże przed podjęciem jego eksploatacji

1	2	3	4	5	6	7
Etapy i stadia badania złoże	Kategoria zbadania	Cel prac	Podstawowe metody badań	Wymagany stopień zbadania dla podejmowania dalszych działań	Sposób wykorzystania rezultatów. Podejmowane dalsze prace	
Prace poszukiwawcze	Prace (poszukiwania) rekonesansowe	wyznaczenie obszarów perspektywicznych występowania złóż	analiza map geologicznych, regionalne kartowanie geologiczne, analiza przesłanek poszukiwawczych (warunków geologicznych określających możliwość występowania złóż)	określenie obszarów perspektywicznych dla występowania złóż	ocena celowości podjęcia poszukiwań wstępnych miejsca występowania złoże, projektowanie dalszych poszukiwań wstępnych	
	Poszukiwania wstępne	poszukiwanie i badanie oznak występowania złóż. Wyznaczenie miejsc prawdopodobnego występowania złóż	kartowanie geologiczne w dużej skali, badania geofizyczne, geochemiczne, częściowo wspomagane badawczymi wierceńiami i płytkami wyrobiskami górniczymi (rowy)	wskazanie miejsca prawdopodobnego występowania złoże	ocena celowości podjęcia prac poszukiwawczych szczegółowych w celu stwierdzenia złoże i projektowanie poszukiwań szczegółowych	
	Poszukiwania szczegółowe	badania obszarów, w których stwierdzono oznaki występowania złóż, potwierdzenie występowania nagromadzeń kopaliny, udokumentowanie orientacyjnej jej ilości	wiercenia, wyrobiska górnicze płytkie (rowy, szybiki), sztolnie, wspomagane badaniami geofizycznymi i w miarę potrzeb uzupełniającym kartowaniem geologicznym w dużej skali. Systematyczne opróbowanie kopaliny	potwierdzenie występowania kopaliny, której nagromadzenie może tworzyć złoże (prawdopodobnej obecności złoże)	kontynuacja prac geologicznych w celu wstępnego udokumentowania złoże	wstępna ocena możliwości wykorzystania złoże, wieloletnie plany wydobycia. Decyzja o podjęciu dalszych prac rozpoznawczych i projektowanie takich prac
		badania obszarów, w których stwierdzono oznaki występowania złóż, stwierdzenie (odkrycie) złoże i wstępne jego udokumentowanie	j.w.	stwierdzenie obecności złoże i wstępne jego zbadanie (warunków występowania, jakości kopaliny i zasobów)		

Tabela 1.3 cd.

1	2	3	4	5	6	7
	Rozpoznanie wstępne	C <sub>1</sub>	potwierdzenie wartości przemysłowej odkrytego złoża i możliwości jego zagospodarowania	wiercenia, w uzasadnionych przypadkach wyrobiska górnicze, rozmieszczone w sposób w miarę regularny na obszarze złoża wspomagane badaniami geofizycznymi. Systematyczne opробowanie, badania hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne i w zależności od potrzeb gazowe i geotermiczne	zbadanie złoża w stopniu niezbędnym dla opracowania projektu jego zagospodarowania	opracowanie projektu zagospodarowania złoża
	Rozpoznanie szczegółowe	B	uzyskanie informacji geologicznych niezbędnych dla projektowania obiektów zakładu górniczego i prowadzenia eksploatacji	wiercenia lub wyrobiska górnicze zagęszczające sieć wstępnego rozpoznania. Szczegółowe badania geofizyczne. Badania technologiczne kopaliny. Szczegółowe badania hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne, a w razie potrzeb gazowe, geotermiczne	zbadanie złoża w stopniu niezbędnym dla projektowania obiektów zakładu górniczego	projektowanie obiektów zakładu górniczego w szczególności wyrobisk udostępniających
	Rozpoznanie eksploatacyjne	A	weryfikacja i uzupełnienie danych o złożu uzyskanych we wcześniejszych stadiach rozpoznania	kartowanie geologiczne wyrobisk górniczych (w szczególności udostępniających i przygotowawczych), wyprzedzające wiercenia badawcze, systematyczne opробowanie. Badania hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne i w zależności od potrzeb gazowe	zbadanie złoża w stopniu niezbędnym dla projektowania wyrobisk eksploatacyjnych i bezpiecznego prowadzenia eksploatacji	bieżące planowanie wydobycia, opracowanie planów bezpiecznego prowadzenia eksploatacji i gospodarki złożem (planów ruchu), bieżąca informacja dla kierownictwa kopalni, sygnalizacja zagrożeń naturalnych
Prace rozpoznawcze						

\* Według Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji geologicznej złożeń.

eksploatacją, prognozowania zagrożeń, oceny poprawności i efektywności wykorzystania złoża (gospodarki złożem). Często badania takie są też niezbędne jeszcze po zakończeniu eksploatacji, w celu uzyskania danych pozwalających prognozować wpływ eksploatacji i likwidacji kopalni na otaczające środowisko. Wchodzą one w zakres obsługi geologicznej kopalń i należą do jej obowiązków. Określane są też jako **rozpoznanie eksploatacyjne**.

W miarę uzyskiwania coraz dokładniejszych danych geologicznych zmniejsza się ryzyko niepowodzenia w kolejnych etapach badań. Daje to podstawę do zwiększania nakładów na prowadzenie dalszych prac (rys. 1.7).

**Prace poszukiwawcze rekonesansowe (zwiadowcze)** mają za zadanie ocenę możliwości występowania złoża (złóż) na określonym obszarze i jeśli ocena ta jest pozytywna, wytypowanie tych jego części, w których ich występowanie może być oczekiwane (obszarów perspektywicznych). Dokonuje się tego na podstawie **przesłanek poszukiwawczych**, to jest danych wskazujących na możliwość występowania złoża określonego typu (modelu złoża). Równocześnie eliminuje się te części badanego obszaru, w których brak możliwości występowania złoża (wówczas mówimy o przesłankach negatywnych).

Celem **poszukiwań wstępnych**, podejmowanych w obszarach uznanych za perspektywiczne dla występowania złóż jest zlokalizowanie miejsc możliwego ich występowania i potwierdzenie takiej możliwości. Podstawą do tego jest stwierdzenie oznak prawdopodobnej ich obecności czyli **oznak złożowych**.

Etap poszukiwań kończą **poszukiwania szczegółowe**, których celem jest ostateczne stwierdzenie złoża lub w przypadku prac nie uwieńczonych sukcesem stwierdzenie jego braku. Przez stwierdzenie złoża należy rozumieć taki stopień jego zbadania, który chociażby wstępnie, w sposób przybliżony pozwalał na określenie: położenia możliwych jego granic, rodzaju i jakości kopaliny, jej zasobów, oraz warunków geologicznych występowania, ważnych z punktu widzenia prowadzenia eksploatacji (warunków geologiczno-górnicych – zwłaszcza hydrogeologicznych).

W praktyce często występują odstępstwa od przedstawionej wyżej teoretycznej kolejności etapów poszukiwań. Już na etapie prac rekonesansowych mogą być stwierdzone dostatecznie wyraźne oznaki występowania złoża, które od razu pozwalają na podjęcie poszukiwań szczegółowych.

Celem **prac rozpoznawczych** jest zdobycie bardziej szczegółowych informacji geologicznych o złożu i jego otoczeniu, niezbędnych do zaprojektowania zakładu górniczego. Uzyskuje się je prowadząc obserwacje bezpośrednio w odsłonięciach naturalnych i sztucznych oraz w otworach wiertniczych i wyrobiskach górniczych wykonywanych specjalnie w tym celu. Pobiera się próbki, po zbadaniu których uzyskuje się informacje ilościowe o właściwościach fizycznych i chemicznych skał budujących złoże i występujących w jego otoczeniu. Prowadzi się ponadto specjalne badania w celu wyjaśnienia niektórych zjawisk występujących w złożu i w jego otoczeniu, przede wszystkim badania hydrogeologiczne i inżyniersko geologiczne, a w uzasadnionych przypadkach także gazowe i geotermiczne.

Wyróżnia się trzy stadia prac rozpoznawczych:

- 1) rozpoznanie wstępne,

- 2) rozpoznanie szczegółowe,
- 3) rozpoznanie eksploatacyjne.

Celem prac **rozpoznawczych wstępnych** jest uzyskanie niezbędnych danych dla opracowania projektu zagospodarowania złoża i oszacowania jakości kopaliny, jej zasobów oraz warunków geologicznych eksploatacji, z dokładnością pozwalającą ocenić szanse powodzenia przedsięwzięcia górniczego lub ryzyko jego niepowodzenia. Powinny one zatem umożliwić dokonanie wyboru sposobu udostępnienia i eksploatacji złoża, metod przeróbki kopaliny oraz ocenę wielkości produkcji możliwej do uzyskania ze złoża. Tworzone są zatem założenia techniczno-ekonomiczne przyszłego zakładu górniczego.

Dla projektowania poszczególnych obiektów kopalni, zwłaszcza wyrobisk udostępniających, konieczne są z reguły jeszcze bardziej szczegółowe dane geologiczne, które uzyskuje się w wyniku **rozpoznania szczegółowego**. Zwykle ogranicza się je do wytypowanych części złoża w rejonach, w których mają być wykonane wyrobiska udostępniające (szyby, wkop otwierający). Rozpoznaniem szczegółowym obejmuje się też często tę część złoża, która ma być eksploatowana w początkowym okresie eksploatacji celem uzyskania na tyle dokładnych informacji geologicznych, by ryzyko niepowodzenia podejmowanej inwestycji było zminimalizowane. Może to być na przykład taka część złoża, której eksploatacja pozwoli na zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych (na badanie złoża oraz projektowanie i budowę zakładu górniczego). Wyniki rozpoznania szczegółowego są podstawą do opracowania projektu technicznego zakładu górniczego i poszczególnych jego części.

**Rozpoznanie eksploatacyjne**, realizowane już w czynnym zakładzie górniczym. Jego zadaniem jest weryfikacja i uściślenie danych uzyskanych we wcześniejszych etapach rozpoznania. Ma ono też dostarczyć danych do szczegółowego projektowania eksploatacji i jej prowadzenia w poszczególnych częściach złoża oraz bieżącego prognozowania zagrożeń naturalnych, które mogą towarzyszyć prowadzonej działalności górniczej.

Odpowiednio do przedstawionych etapów prac poszukiwawczych i rozpoznawczych wyróżnia się kategorie poznania złoża (i jego zasobów). W Polsce w sposób umowny oznaczane są one symbolami literowymi (określanymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji geologicznych złóż):

- D – odpowiadający początkowej fazie prac poszukiwawczych szczegółowych, w wyniku których możliwa jest tylko bardzo orientacyjna ocena obszaru występowania przewidywanego złoża i jego zasobów,
- C<sub>2</sub> – odpowiadająca etapowi poszukiwań szczegółowych,
- C<sub>1</sub> – odpowiadająca etapowi rozpoznania wstępnego,
- B – odpowiadająca etapowi rozpoznania szczegółowego,
- A – odpowiadająca etapowi rozpoznania eksploatacyjnego.

W kategorii D, w sposób nieformalny, dla lepszego scharakteryzowania stanu wiedzy o poszukiwanych złożach i ocenie ich zasobów wyróżnia się podkategorie:

- E (D<sub>3</sub>) – odpowiadająca etapowi prac rekonesansowych i ocenie zasobów teoretycznie możliwych, **domniemanych, hipotetycznych**,

- D<sub>2</sub> – odpowiadająca etapowi poszukiwań wstępnych i wyznaczenia obszarów przewidywanego występowania złóż – określanych jako **perspektywiczne**,
- D<sub>1</sub> – odpowiadająca początkowej fazie prac poszukiwawczych szczegółowych, w wyniku których zostaje stwierdzona obecność kopaliny i możliwe jest tylko bardzo orientacyjne określenie obszaru występowania przewidywanego złoża i możliwych jego zasobów określanych jako **prognostyczne**.

Począwszy od prac poszukiwawczych szczegółowych każdy etap badania złoża kończy się udokumentowaniem złoża, to znaczy sporządzeniem **dokumentacji geologicznej złoża** w odpowiedniej kategorii. Dokumentacja taka stanowi podstawę dla podejmowania decyzji odnośnie do dalszych badań oraz odpowiedniej działalności w zakresie projektowania zakładu górniczego. Stosownie do etapu badań mówi się o dokumentacji geologicznej złoża odpowiednio w kategorii: D, C<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, B i A (tab. 1.3). Prace poszukiwawcze zwiadowcze i wstępne kończą się opracowaniem sprawozdania z wykonanych badań w postaci dokumentacji wyników badań.

**Tabela 1.4**

Etapy badania złoża i kategorie poznania zasobów według różnych klasyfikacji stosowanych w skali międzynarodowej

Klasyfikacja Polska		Ramowa Międzynarodowa Klasyfikacja Zasobów ONZ (UNFC)		JORC Code*	Klasyfikacja amerykańska (USGS, McKelvy'ego)
		etapy badania złoża	rodzaj ocen złoża		
E (D <sub>3</sub> )	Prace zwiadowcze				Speculative
D <sub>2</sub>	Poszukiwania wstępne	G4 (Reconnaissance)			Hypothetical
D (D <sub>1</sub> ), C <sub>2</sub>		G3 Prospecting	Opportunity study (ocena geologiczno-gospodarcza)	Inferred	Inferred
C <sub>1</sub>	Rozpoznanie wstępne	G2 Preliminary exploration	Prefeasibility study (Projekt zagospodarowania złoża)	Indicated (probable**)	Indicated
B	Rozpoznanie szczegółowe	G1 Detailed Exploration	Feasibility study, Mining report (Projektowanie eksploatacji, biznes plan, plan ruchu)	Measured (proved**)	Measured
A	Rozpoznanie eksploatacyjne				

\* UNFC – United Nations Framework Classification of Resources, JORC Code – Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. The Joint Ore Reserves Committee of the Australasian IMM. Australian Inst. of Geoscientists and Minerals Council of Australia.

\*\* Zasoby wydobywalne (operatywne – reserves).

Przedstawiona kategoryzacja nie jest ogólnie obowiązującą. W poszczególnych krajach stosuje się bądź odmienne oznaczenia poszczególnych etapów (kategorii) poznania złoża, zwłaszcza jego zasobów, bądź w sposób nieco odmienny przeprowadza się sam podział (tab. 1.4) Próbę unifikacji różnych systemów kategoryzacji stopnia poznania złoża i jego zasobów stanowi międzynarodowa ramowa klasyfikacja zasobów ONZ (*United Nations Framework Classification of Resources/Reserves* – **UNFC**, przedstawiona w części IV).



## POSZUKIWANIE ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

---

### 2.1. Zasady ogólne

Cele prac poszukiwawczych mogą być różnie sformułowane. Może to być:

- odkrycie nowych, wcześniej nieznanymi złóż na jakimś obszarze,
- odkrycie (stwierdzenie) złóż na peryferii już znanego lub w jego sąsiedztwie.

Dobór metod prac i stopień ich szczegółowości zróżnicowany jest stosownie do wyróżnianych umownie etapów poszukiwań (tab. 2.1). W kolejnych etapach następuje też ograniczenie obszaru badań i ich koncentracja na coraz to mniejszej powierzchni.

W realizacji prac poza ich etapowością powinny być przestrzegane dwie zasady:

- 1) minimalizacji kosztów prac,
- 2) kompleksowości stosowanych metod, wzajemnie uzupełniających się.

### 2.2. Prace poszukiwawcze rekonesansowe (zwiadownicze)

Oceny możliwego występowania złóż określonego typu na jakimś obszarze i wyznaczenia jego granic dokonuje się na podstawie przesłanek poszukiwawczych (tab. 2.2). Są nimi wszelkie dane wskazujące na taką możliwość, przede wszystkim warunki geologiczne, w jakich można oczekiwać występowania złóż, oraz niekiedy stwierdzone wcześniej oznaki ich występowania (oznaki złożowe. tab. 2.4).

Znaczenie poszczególnych przesłanek jest różne dla poszczególnych grup kopalin (tab. 2.2) i dla różnych typów złóż, określonych przez zakładany ich model. Dla każdego typu złóż muszą być w związku z tym rozpatrywane indywidualnie (tab. 2.3). Dla oceny perspektyw występowania złóż na podstawie przesłanek konieczna jest dobra znajomość geologii i warunków występowania złóż, które mają być przedmiotem poszukiwań. Przesłanki wynikają z ogólnych znanych prawidłowości występowania złóż kopalin. Niektóre z nich mogą też mieć specyficzne cechy regionalne (np. stwierdzany wcześniej związek złóż z określonym typem zaburzeń tektonicznych w jakimś obszarze lub z utworami o charak-

**Tabela 2.1**

Metody stosowane w poszczególnych etapach poszukiwań

Etap prac orientacyjny obszar badań	Metody poszukiwań	Oczekiwane rezultaty
Poszukiwawcze rekonesansowe (zwiadowcze), zwykle na obszarze ponad 1000 km <sup>2</sup>	analiza map geologicznych, kartowanie geologiczne dużych obszarów w małej skali (co najmniej, 1:50000, zwykle 1: 200000) przy wykorzystaniu fotogeologii i zdjęć satelitarnych. Specjalistyczne badania sedimentologiczne, tektoniczne, petrograficzne itp. w zależności od potrzeb. Badania geochemiczne, litochemiczne „skalne” dla określenia specjalizacji geochemicznej formacji skalnych. Geofizyczne badania lotnicze (aeromagnetyczne, aeoroelektromagnetyczne, aeroradiometryczne, spektrometryczne itp.). Naziemne regionalne badania grawimetryczne, magnetyczne, sejsmiczne. Zdjęcia szlichowe, geochemiczne aluwialne potoków rozsiania, hydrogeochemiczne	określenie obszarów prawdopodobnego występowania złóż kopalin albo złóż określonego typu ma podstawie analizy przesłanek poszukiwawczych. Na podstawie analogii do znanych obszarów złożowych ocena zasobów, których odkrycie jest możliwe (zasobów hipotetycznych, domniemanych)
Poszukiwawcze wstępne, na obszarach perspektywicznych, zwykle n.100 – n.1000 km <sup>2</sup>	kartowanie geologiczne w dużej skali, zwykle 1:50000 i większych, wspomagane fotogeologiczną interpretacją zdjęć lotniczych. Multispektralna analiza zdjęć satelitarnych. Badania okruchowych aureoli i potoków rozsiania, szczegółowe zdjęcia szlichowe, badania geochemiczne litochemiczne (skalne) glebowe, aluwialnych potoków rozsiania, atmochemiczne, biogeochemiczne, botaniczne. Badania geofizyczne naziemne w zależności od rodzaju złóż: grawimetryczne, magnetyczne, elektroporowe, potencjałów własnych, polaryzacji wzbudzonej, indukcyjne, radiometryczne	wyznaczenie miejsca prawdopodobnego występowania złoża lub złóż na podstawie stwierdzonych oznak (bezpośrednich lub pośrednich). Ocena na podstawie oznak pośrednich – możliwych zasobów – perspektywicznych (D <sub>2</sub> ), a na podstawie oznak bezpośrednich – zasobów prognostycznych (D <sub>1</sub> )
Poszukiwawcze szczegółowe w miejscach prawdopodobnego występowania złoża, zwykle poniżej n.10 km <sup>2</sup>	wiercenia, rowy poszukiwawcze, niekiedy szybiki, sztolnie lub płytkie szyby z przekopami lub chodnikami. Badania geofizyczne w otworach (profilowanie geofizyczne). W zależności od potrzeb naziemne badania geofizyczne w celu określenia położenia granic złoża i jego tektoniki	odkrycie złoża. Wstępne określenie obszaru jego występowania, rodzaju i jakości kopaliny, zasobów warunków geologicznych eksploatacji. Udokumentowanie złoża w zależności od stopnia jego zbadania w kategorii C <sub>2</sub> lub D <sub>1</sub>

terystycznych cechach litologicznych), a zatem mają charakter przesłanek szczegółowych o znaczeniu lokalnym. Część takich przesłanek ma też ścisły związek z oznakami złożowymi. Wśród przesłanek występowania złóż można zatem wyróżnić trzy grupy:

- „uniwersalne, ogólne”, wynikające z ogólnych prawidłowości występowania złóż, które są konsekwencją procesów prowadzących do ich utworzenia, chociaż sama natura tych procesów nie zawsze jeszcze jest jasna,

2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

**Tabela 2.2**

Podstawowe przesłanki występowania złóż

Rodzaj przesłanek	Charakterystyka	Znaczenie	Szczególne warunki stosowania
1	2	3	4
Geotektoniczne	związek złóż z określonymi jednostkami geotektonicznymi (w ujęciu tektoniki płyt)	uniwersalne, bardzo ogólne	złoża wszystkich typów, w szczególności złóż rud
Tektoniczno-strukturalne	związek złóż z określonymi typami struktur i zaburzeniami tektonicznymi	uniwersalne ogólne i szczegółowe lokalne	przede wszystkim złoża rud metali
Stratygraficzne	występowanie niektórych złóż, w kompleksach skalnych o określonej pozycji wiekowej	ogólne	niektóre złoża osadowe (np. węgla, soli, fosforytów) złoża związane z kompleksami skał proterozoicznych (np. wstęgowych rud Fe)
		szczególne lokalne	związane z litologiczno-facjalnymi
Paleogeograficzno-facjalne	związek złóż z określonymi strefami paleogeograficznymi, strefami paleoklimatycznymi, warunkami fizyczno-chemicznymi środowiska sedimentacji, które określają fację osadów	uniwersalne ogólne i szczególne lokalne	złoża osadowe (węgiel, rud Fe, Mn, Al, fosforytów)
Litologiczne	związek złóż z kompleksami skalnymi o określonych cechach litologicznych znamionujących środowisko sedimentacji lub podatnych dla wtórnej mineralizacji albo będących źródłem substancji tworzących złoża (np. czarne łupki)	ogólne i szczególne lokalne	złoża pochodzenia osadowego oraz złoża epigenetyczne w kompleksach skalnych podatnych na mineralizację
Petrologiczno-magmowe	związek złóż z kompleksami skał magmowych o określonych cechach petrograficznych, petrologicznych i geochemicznych (specjalizacji geochemicznej). Także związek z charakterystycznymi produktami wietrzenia skał magmowych	uniwersalne ogólne i niekiedy szczególne lokalne	złoża związane z działalnością magmową i pomagmową (przede wszystkim rud metali i niektórych kopalin niemetalicznych – magnezyt, diamenty) oraz niektóre residualne wietrzeniowe (np. laterytowe)
Geochemiczne	występowanie kompleksów skalnych o specyficznych cechach geochemicznych (specjalizacji geochemicznej) wskazujących na możliwość tworzenia się lub występowania złóż określonego typu	ogólne	przede wszystkim złoża rud

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

**Tabela 2.2 cd.**

1	2	3	4
Geochemiczne	regionalne anomalie geochemiczne (związane z procesami złożotwórczymi)		
	anomalie geochemiczne	lokalne miejscowe	związane z oznakami złożowymi rud metali
Mineralogiczne	występowanie przejawów mineralizacji sygnalizujące rozwój procesów, które mogły doprowadzić do powstania koncentracji złożowych	szczegółowe, lokalne i miejscowe	związane z charakterystycznymi oznakami złożowymi
Metalogeniczne, złożowe	współwystępowanie złóż określonych typów, stwierdzona obecność złóż lub wystąpień kopalin	szczegółowe lokalne	złoża stwierdzone w badanym obszarze lub w jego sąsiedztwie
Geofizyczne	regionalne anomalie charakterystyczne dla kompleksów skalnych goszczących złoża	ogólne	wszystkie złoża
	anomalie charakterystyczne dla koncentracji złożowych	lokalne miejscowe	związane z oznakami złożowymi
Hydrogeologiczne i hydrochemiczne	warunki hydrogeologiczne i skład chemiczny wód wglębnych, umożliwiające tworzenie się i zachowanie niektórych złóż	uniwersalne, ogólne	np. złoża siarki rodzimej, rud uranu (piaskowcowych, kalkretowych)
Paleogeomorfologiczne	specyficzne cechy rzeźby terenu, współczesne lub kopalne, warunkujące powstanie złóż	uniwersalne	złoża residualno-wietrzeniowe (laterytowe, krasowe np. boksytów), aluwialne, lodowcowe, wodnolodowcowe
Geomorfologiczne	możliwość zachowania złóż w zależności od przebiegu procesów erozyjnych (głębokości ściecia erozyjnego)	lokalne	wszystkie złoża
	formy akumulacji osadów tworzących złoża	uniwersalne	złoża lodowcowe, wodnolodowcowe, aluwialne, złoża w utworach krasowych
Historyczne, archeologiczne, toponomastyczne	ślady prac górniczych, przeróbki kopalin, działalności hutniczej, użytkowania kopalin, informacje o wcześniejszych pracach poszukiwawczych i działalności górniczej, nazwy miejscowe związane z górnictwem, występowaniem kopalin lub ich przeróbką	szczegółowe lokalne i miejscowe	wszystkie złoża. Związane z oznakami złożowymi

- „szczegółowe, lokalne” określone przez stwierdzenie w jakimś obszarze prawidłowości przejawów procesów złożotwórczych, sygnalizowanych przez rejestrowane oznaki złożowe lub stwierdzone już złoża,
- „miejscowe” – tożsame z oznakami złożowymi, wskazujące na perspektywność jakiegoś obszaru i pozwalające na określenie „lokalnych” przesłanek występowania złóż.

Na obszarach, w których stwierdzono już wcześniej obecność oznak złożowych lub nawet złóż, istotne znaczenie ma określenie prawidłowości ich występowania. Pozwala to na sformułowanie wniosków odnośnie lokalnych przesłanek poszukiwawczych. Mogą też występować przesłanki „negatywne”, to jest warunki wykluczające możliwość występowania złóż jakiegoś typu (np. boksytów w seriach skalnych utworzonych w warunkach paleoklimatu suchego).

Na etapie prac rekonesansowych, w celu stwierdzenia istnienia przesłanek lub ich wykluczenia – konieczne może być wykonanie odpowiednich badań regionalnych. Przede wszystkim niezbędne są:

- kartowanie geologiczne, interpretacja geologiczna zdjęć satelitarnych i lotniczych,
- inwentaryzacja wcześniej stwierdzonych oznak złożowych i określenie prawidłowości ich występowania,
- badania geofizyczne regionalne dobrane odpowiednio do celu badań: aerogeofizyczne (lotnicze: radiometryczne, magnetyczne, elektromagnetyczne) i naziemne sejsmiczne, regionalne grawimetryczne, magnetyczne i inne,
- wyniki regionalnych badań geochemicznych, specjalizacji geochemicznej wydzielanych kompleksów skalnych.

Analiza i badanie przesłanek poszukiwawczych i ocena na ich podstawie perspektyw złożowych wybranego obszaru ma często charakter badań podstawowych, naukowych i wymaga wiedzy specjalistycznej w zakresie geologii określonych typów złóż, w szczególności gdy przedmiotem poszukiwań mają być złoża rud metali.

W analizie przesłanek, w wielu przypadkach wykorzystuje się już istniejące odpowiednie dane (np. mapy geologiczne sporządzane w wyniku rutynowego kartowania geologicznego kraju lub wyniki niezależnie wykonywanych regionalnych badań geofizycznych), wyniki prowadzonych niezależnie badań naukowych sedymentologicznych, petrologicznych, tektonicznych i innych. Punktem wyjścia dla realizacji prac rekonesansowych jest zatem zebranie wszystkich istniejących danych, pozwalających na ocenę możliwości znalezienia złoża. Ocena perspektyw złożowych powinna być oparta na zespole przesłanek. Wynik ich analizy może też być negatywny albo wskazywać na konieczność uzyskania dodatkowych danych.

Często konieczne bywa wykonanie specjalnych uzupełniających badań w celu stwierdzenia istnienia odpowiednich przesłanek. Konieczne może być nawet wykonanie wierceń badawczych w celu uzyskania brakujących informacji niezbędnych dla oceny perspektyw złożowych, np. wyjaśnienia niejasnych elementów budowy geologicznej, potwierdzenia hipotez odnośnie warunków występowania mineralizacji sygnalizującej możliwość występowania złóż rud itp.

**Tabela 2.3**  
Przykłady przesłanek i pośrednich oznak poszukiwawczych dla wybranych typów złóż

Przesłanki poszukiwawcze	Złóża					
	Porfirowe Mo		Pirytowe Cu, wulkaniczno-osadowe (SEDEX)		Biochemiczne siarki	
1	Typ Climax („wysokofluorowe”)	Typ niskofluorowy	2	3	4	5
Geotektoniczne	ryfty żałukowe i kontynentalne. Epiplatformowe strefy orogeniczne o budowie mozaikowej. Strefy aktywizacji tektoniczno-magmowej	aktywne brzegi płyt kontynentalnych	wulkaniczne łuki wyspowe dla typu Kuroko, ryfty oceaniczne lub ich relikty (w strefie subdukcji lub obdukcji) dla typu cypryjskiego, ekstensyjne baseny żałukowe dla typu Beshi	strefy głębokich rozłamów wzdłuż granic rowów przedgórskich i platform; aulakogeny w brzeźnych częściach platform, rzadziej obniżenia zapadlak śródgórskich		
Stratygraficzne	bez znaczenia	bez znaczenia	mają znaczenie lokalne	poziomy skał ewaporatowych w utworach trzeciorzędowych, jurajskich i permjskich		
Magmowe	intruzje skał kwaśnych. Płytkie wielofazowe intruzje z wyraźnie wypiętrzonymi strefami apikalnymi tworzącymi lokalne kopuły	intruzje skał średnio kwaśnych szeregu wapniowo-alkalicznego	intensywny wulkanizm podmorski-utwory piroklastyczne deponowane w środowisku morskim. Skały szeregu toleitowego dla złóż typu cypryjskiego, wapniowo-alkaliczne dla złóż typu Kuroko	bez znaczenia		
Petrograficzne	granity alaskitowe z dużym udziałem odmian porfirowych. Silne wtórne przeobrażenia: feldszpacytacja w strefie złożowej, poniżej greizenizacja, wyżej okwarcowanie i serycytacja; kaolinizacja w strefie najbardziej zewnętrznej	granodioryty, dioryty, monzonity. Silne wtórne przeobrażenia: feldszpacytacja w strefie złożowej, propylityzacja na peryferiach	serie spilitowo-keratofrowe, ofiolitowe, bazaltowo-andezytowe i bazaltowo-ryodacytowe	w seriach gipsowo-anhydrytowych kawerniste wapienie („szkieletowe”), często przekryształizowane (kalcytolity), wapienie, rzadziej dolomity rozsypane często impregnowane wtórnym gipsem („briscale”)		

2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

Tabela 2.3 cd.

1	2	3	4	5
Litologiczno-facjalne			serie wulkaniczne z dużym udziałem utworów piroklastycznych (współczynnik eksplozywności ponad 70 %) serie wulkaniczno-osadowe. Ciemne ilaste utwory pirytonośne bogate w metale lub ich metamorficzne odpowiedniki	serie skalne gipsowo-anhydrytowe występujące zwłaszcza w brzeźnych częściach basenów solonośnych, często przewarstwiane skalami węglanowymi lub na przejściu do facji węglanowej, podścielone skalami węglanowymi lub piaszczystymi, przykryte utworami ilastymi; czapy gipsowo-anhydrytowe wysadów solnych pod przykryciem skał ilastych
Strukturalne	strefy dużych rozłamów kontrolujące rozmieszczenie intruzji. Skrzyżowanie rozłamów z poprzecznymi strefami dyslokacyjnymi. Skrzyżowania kilku różnokierunkowych stref dyslokacyjnych. Rejon zmiany biegu stref dyslokacyjnych			zdyslokowane struktury antyklinalne typu pułapek ropno-gazowych ze zerodowaną częściowo okrywą skał nieprzepuszczalnych (struktury półotwarte), strefy lokalnych wypiętrzeń w strukturach monoklinalnych, struktury zrębowe, strefy zaburzeń uskokowych, wysady solne, zwłaszcza w brzeźnej części ich czap
Mineralogiczne, metalogiczne (minerogeniczne)	ponad złożem i na peryferii płonne sztokwerki kwarcowe i żyły kwarcowe z molibdenitem, żyły rodochrytowo-fluorytowe z mineralizacją polimetaliczną. W wystąpieniach mineralizacji przewaga Mo nad Cu. Przejawy mineralizacji wolframowej	ponad złożem i na peryferii rozproszona mineralizacja polimetaliczna drobnożyłkowa i sztokwerkowa kwarcowa	skały wulkaniczne przeobrażone w metasamaity serycytowo-kwarcowe i chlorytowe spirytywane (w spagu złóż i w strefach korzeniowych), epidotyzacja skał zasadowych. Rozproszona mineralizacja w utworach piroklastycznych	śladowe osiarkowanie w gipsach, anhydrytach, wapieniach itp.; wapienie kawerniste z celestynem i barytem, markasytem, hauerytem, w klimacie suchym bogate we wtórne siarczany (ałuny, jarosy, kopiałpit)

Tabela 2.3 cd.

1	2	3	4	5
	akcesoryczny topaz w skałach przeobrażonych		albitofiry. Utwory krzemionkowe hemaitytonośne i i syderitytonośne oraz bogate w Mn w seriach wulkaniczno-osadowych (peryferie złoża lub utwory stropowe)	
Geochemiczne	skały magmowe bogate w SiO <sub>2</sub> (ponad 75%) i K <sub>2</sub> O (ponad 4,5%), ubogie w Na <sub>2</sub> O (poniżej 3,6%), Bogate w fluor (ponad 0,1% F), Rb/Sr 1–7, Nb> 50 ppm, Ce/Y 4–10, Sr <sup>87</sup> /Sr <sup>86</sup> >0,706. Aureole W, Nb, (Sn, Bi) w bezpośrednim otoczeniu złoża, Cu, Pb, Zn Ag, Mn na zewnątrz	skały magmowe niezbyt kwaśne ubogie w fluor (< 0,25% F), Nb 20–50 g/t, Rb/Sr 0,3–1,0	skały wulkaniczne szeregu sodowego. Aureole Mo, Cu, Co, Ba pod złożem, Ba, Pb, Zn, Ag nad złożem i na jego peryferii. Anomalie atmochemiczne Hg i niekiedy związków siarkoorganicznych	brzeżne strefy prowincji ropno-gazonośnych, wystąpienia asfaltu lub ozokerytu, rozproszone osiarkowanie lub pirytyzacja skał towarzyszących utworom gipsowo-anhydrytowym; charakterystyczny skład izotopowy węgla w węglanach ( $\delta C^{12} < -10$ ) i siarki w siarczanach ( $\delta S^{32} > 22$ ). Negatywne: czerwone serie ilasto-piaskowcowe towarzyszące gipsom
Geofizyczne	anomalie grawimetryczne i magnetyczne wskazujące na występowanie ukrytych intruzji. Pierścieniowe anomalie magnetyczne. Strefy dyslokacyjne interpretowane na podstawie danych geofizycznych		silne anomalie elektromagnetyczne, niekiedy grawimetryczne dla złoża płytko położonych	struktury antyklinalne zrębowe w obszarze występowania serii gipsowo- anhydrytowych wykrywane metodami geofizycznymi
Paleogeomorfologiczne	mały stopień ścięcia erozyjnego nie głębiej niż 300–400 m ponad stropem intruzji		mały stopień ścięcia erozyjnego	strefy krawędziowe głębokich wcięć erozyjnych współczesnych lub pogrzebanych wypełnionych utworami terygenicznymi, neogensko-czwartorzędowymi; ścięte częściowo erozyjnie struktury antyklinalne i zrębowe



Tabela 2.3 cd.

1	2	3	4	5
Hydrogeologiczno- -hydrochemiczne		niecharakterystyczne	wody siarczanowe, podwyższone zawartości Zn, Cu	poziomy chłorkowych wód artezyjskich typu okalających, złoża ropne i gazowe w strefie wymiany z wodami powierzchniowymi; wody siarkowodorowe, chłorkowo- -sodowo-wapniowe z dużą zawartością SO <sub>4</sub> o podwyższonej zawartości NH <sub>4</sub> i temperaturze, kontaktujące z wodami siarczanowymi bogatymi w H <sub>2</sub> S

Wierceniami badawczymi w syneklizie perybałtyckiej stwierdzona została w utworach pstręgo piaskowca mineralizacja uranowa w sąsiedztwie skał klastycznych o lepiszczu węglanowym. Na tej podstawie sformułowano hipotezę o możliwości wykorzystania obecności skał o takim lepiszczu, jako przesłanki poszukiwawczej. Ich występowanie i rozprzestrzenienie może być śledzone przy wykorzystaniu profilowania sejsmicznego (Szewczyk 1987). Potwierdzenie sformułowanej hipotezy o ich związku z mineralizacją uranową wymaga wykonania wierceń badawczych zaprojektowanych na podstawie wyników wcześniejszych badań sejsmicznych.

Niekiedy istniejące dane pozwalają na rozpatrywanie możliwości występowania złóż różnych typów. W takich przypadkach konieczne może być uzyskanie danych dodatkowych przez wykonane badań uzupełniających (rys. 2.1).

Bardzo częste są przypadki, że w obszarze, którego perspektywy złożowe mają być oceniane, znane są już oznaki występowania złóż (omówione niżej). Ułatwia to znacznie ocenę jego perspektywności. Niekiedy może też pozwolić od razu na podjęcie prac poszukiwawczych wstępnych lub nawet szczegółowych w zidentyfikowanych miejscach prawdopodobnego występowania złóż.

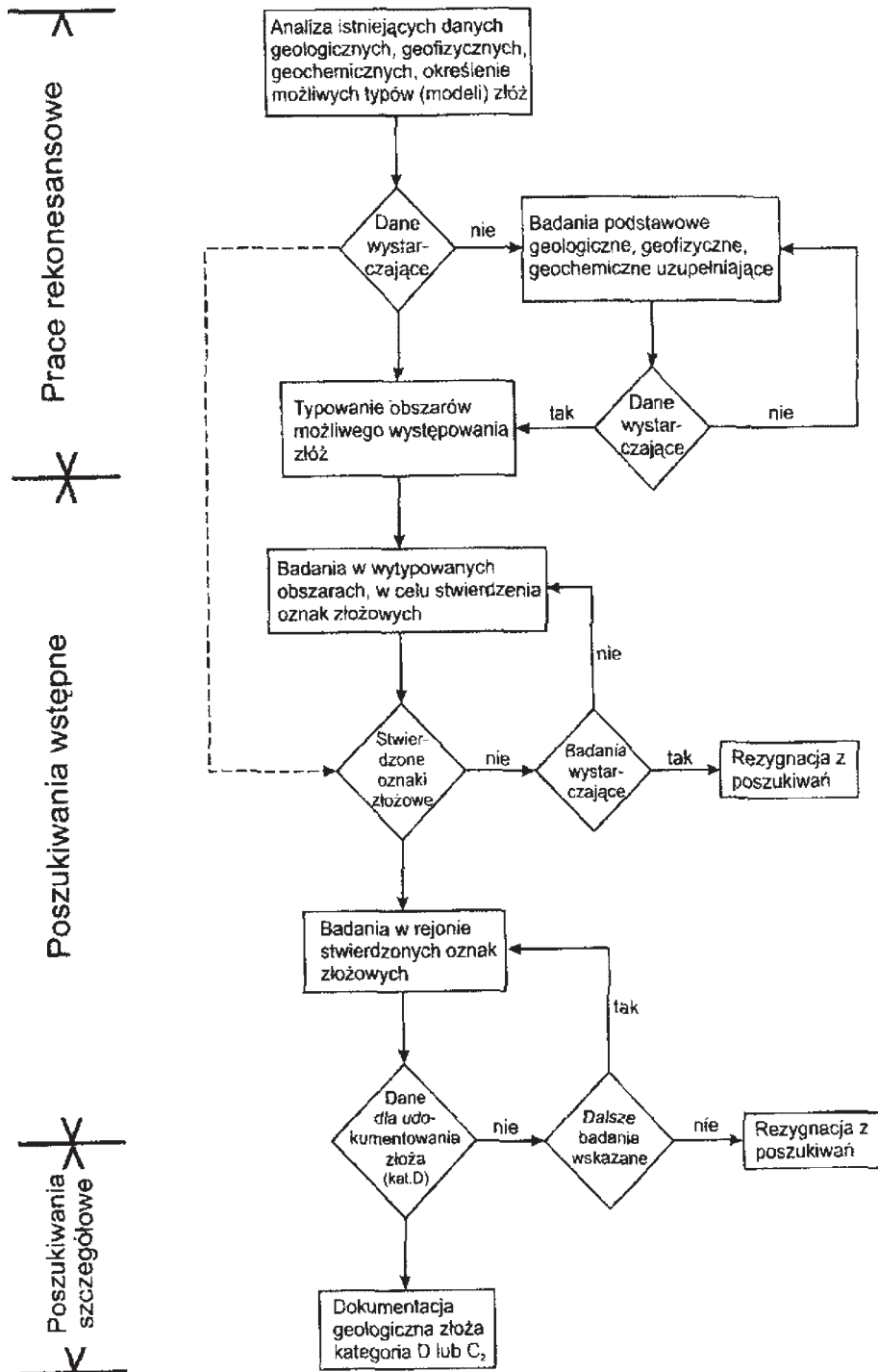
Superpozycja (nałożenie) map występowania poszczególnych elementów budowy geologicznej stanowiących przesłanki poszukiwawcze pozwala na wyznaczenie obszarów perspektywicznych i ocenę stopnia perspektywiczności na podstawie liczby i rodzaju współwystępujących przesłanek. Dla wyznaczenia obszarów perspektywicznych na podstawie zespołu przesłanek stosowane są metody GIS (Bonham-Carter 1994).

Wyznaczane są w ten sposób „minerotekty” („metalotekty” w przypadku rud metali), to jest jednostki geologiczne lub ich odpowiednie części (wydzielane na podstawie kryteriów litologicznych, stratygraficznych, tektonicznych), w których granicach zarejestrowano złoża, lub występowanie kopalin bądź oznak ich obecności, związanych z charakterystycznymi elementami budowy tych jednostek lub procesami geologicznymi, które ją ukształtowały.

W obszarach wyznaczonych jako perspektywiczne dla występowania złoża lokalizacja oczekiwanego złoża (lub złóż) jest jeszcze nieznaną lub znana tylko w grubym przybliżeniu. Szanse odkrycia złoża i możliwą jego wielkość (zasoby) ocenia się metodą analogii do innych obszarów o zbliżonej budowie geologicznej, w których złoża oczekiwanego typu zostały już stwierdzone.

Przesłanki poszukiwawcze określają tylko w sposób bardzo ogólny możliwość występowania złóż i pozwalają na wyznaczenie obszarów, w których mogą być one obecne (lub wskazanie obszarów, w których nie ma szans na ich odkrycie, lub w których szanse takie są nikłe).

Istotne znaczenie dla oceny perspektyw złożowych z punktu widzenia możliwości podejmowania dalszych prac poszukiwawczych ma głębokość położenia kompleksów skalnych, w obrębie których mogą się znajdować poszukiwane złoża. Wynika ona z możliwości podejmowania ich eksploatacji. W przypadku większości złóż kopalin skalnych jest to na ogół głębokość od kilku do kilkunastu metrów. Dla złóż węgla brunatnych do około 100–300 m,



Rys. 2.1. Schemat realizacji prac poszukiwawczych

dla węgla kamiennych, rud metali w zasadzie do około 1000 m. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na metale i wyczerpywaniem się znanych złóż rozpatrywana jest także możliwość poszukiwania złóż głębiej położonych nawet do 2000 m.

### **2.3. Poszukiwania wstępne**

#### **2.3.1. Zasady ogólne**

Celem poszukiwań wstępnych jest zlokalizowanie miejsc prawdopodobnego występowania złóż na podstawie bezpośrednich i pośrednich oznak wskazujących na możliwą ich obecność (tab. 2.4). Dla stwierdzenia tych oznak konieczne jest przeprowadzenie odpowiednich prac poszukiwawczych, nastawionych przede wszystkim na ich wykrycie. Pracami takimi są przede wszystkim:

- szczegółowe kartowanie geologiczne (w dużej skali), które zazwyczaj jest wspomagane wykonywaniem wierceń, płytkich wyrobisk górniczych (np. wkopów, rowów, szybków), w celu identyfikacji utworów znajdujących się pod pokrywą osadów czwartorzędowych lub zwietrzeliny,
- śledzenie aureoli rozproszenia odruchów skalnych lub ziarn minerałów za pomocą zdjęcia odpowiednio okruchowego lub szlichowego,
- badania geofizyczne przy zastosowaniu metod dobranych odpowiednio do rodzaju poszukiwanej kopaliny lub oczekiwanych warunków jej występowania,
- badania geochemiczne (zdjęcie – kartowanie geochemiczne litochemiczne, glebowe, aluwialne, hydrochemiczne, atmochemiczne),
- kartowanie geobotaniczne,

Zwykle prowadzi się poszukiwania przy wykorzystaniu zespołu kilku metod dobranych odpowiednio do rodzaju poszukiwanego złoża.

Szczególnie ważne na etapie prac poszukiwawczych wstępnych jest określenie kryteriów, na podstawie których wynik tych prac zostanie oceniony jako pozytywny. Są nimi minimalne rozmiary oczekiwanego złoża i maksymalna możliwa głębokość jego położenia. Stanowi to podstawę dla doboru metod prac poszukiwawczych, sposobu ich realizacji, między innymi doboru gęstości obserwacji (np. punktów pomiarów geofizycznych, opróbowania w badaniach geochemicznych, rozmieszczenia i głębokości wierceń).

Istotne znaczenie dla realizacji prac poszukiwawczych wstępnych ma położenie złoża względem powierzchni terenu i stopień przykrycia kompleksów skalnych goszczących złoża przez utwory młodsze. Warunkuje to możliwość stosowania odpowiednich metod. Z tego punktu widzenia wyróżnia się złoża (rys. 2.2, tab. 2.5):

- odsłonięte,
- zakryte, płytko i głęboko położone,
- ukryte, płytko i głęboko położone,
- ukryte i zakryte.

2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

**Tabela 2.4**  
Podstawowe oznaki możliwego występowania złóż (oznaki poszukiwawcze)

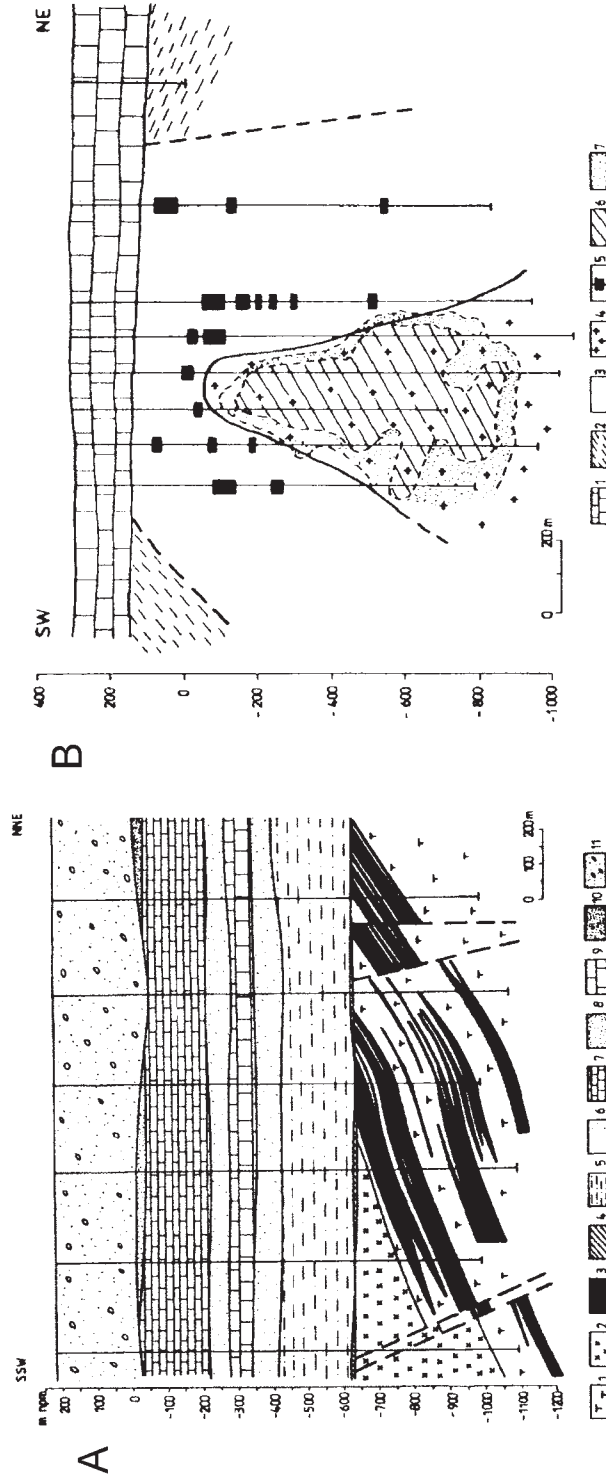
Rodzaj oznak	Charakterystyka	Zakres stosowania	Metody poszukiwań		
1	2	3	4		
Bezpośrednie bliskie	Wychodnie	odsłonięte skały tworzące złoża lub w niewielkim stopniu przeobrażone przez wietrzenie	kopaliny skalne, częściowo węgle, niektóre typy rud metali	kartowanie geologiczne w dużej skali, metody fotogeologiczne	
	Czapy wietrzeniowe na wychodniach złóż	produkty wietrzenia skał tworzących kopalinę; czapy żelazne (limonitowe) na wychodniach złóż siarczków	rudy metali, złoża siarki		
	Geomorfologiczne (charakterystyczne formy rzeźby terenu)	wzniesienia, zagłębienia, które są wynikiem różnej odporności na wietrzenie pochodni kopaliny w stosunku do otoczenia	niektóre złoża rud metali, soli i kopalin skalnych		
		wzniesienia zagłębienia, które są wynikiem różnych warunków akumulacji osadów	złoża kopalin okrzuchowych i łałstych w utworach lodowcowych i polodowcowych		
	Botaniczne	charakterystyczne rośliny lub zespoły roślin, zmiany chorobowe roślin	niektóre złoża rud metali, soli i kopalin skalnych		kartowanie botaniczne, metody fotogeologiczne
	Archeologiczne	ślady wyrobisk, hałdy	wszystkie złoża		kartowanie
		organoleptyczne	rudy siarczkowe		wykorzystanie tresowanych psów
	Specyficzne zjawiska towarzyszące złożu	efekty radiestezyjne (rózdzkarskie) wykorzystywane wyjątkowo ze względu na niewyjaśniony charakter zjawiska, indywidualne reakcje operatorów i łatwość oszustw	j.w.		rejestracja zachowania różdżki w rękach operatora wzdłuż wybranych profili

Tabela 2.4 cd.

1		2	3	4
Bezpośrednie bliskie i oddalone	Okruchowe	aureole i potoki rozszania okruchów kopaliny lub skał współwystępujących	wszystkie złoża	kartowanie geologiczne
	Mineralogiczne	szlichowe	złoża rud metali szlachetnych (Au, Pt) i odpornych na wietrzenie (Sn, Cr, Ti, TR, Nb-Ta).	zdjęcie szlichowe
	Mineralogiczne	szlichowe	np. topaz turmalin (złoża Sn, W w greizenach), złoża diamentów (wskaźnikowy pirop, ilmenit magnезowy, diopsyd chromowy)	
Pośrednie bliskie i oddalone	Mineralogiczne	występowanie rozproszonej mineralizacji w otoczeniu złoża lub charakterystycznych minerałów wskaźnikowych (także wietrzeniowych)	przede wszystkim złoża rud metali	kartowanie geologiczne, niekiedy metody geofizyczne (magnetyczne, polaryzacji wzbudzonej, indukcyjne)
		skały przeobrażone w charakterystyczny sposób w otoczeniu złoża lub w jego pobliżu	złoża hydrotermalne rud metali (przeobrażenia okołorudne)	kartowanie geologiczne, metody fotogeologiczne, niekiedy geofizyczne (np. magnetyczna, elektrooporowa, potencjałów własnych, indukcyjne)
	Petrograficzne	przeobrażenia wietrzeniowe skał	niektóre złoża rud siarczokowych, siarki, niekiedy złoża węgla (produkty przeobrażeń związanych z naturalnym wypaleniem węgla)	
Pośrednie bliskie	Geofizyczne (lokalne anomalie geofizyczne)	anomalie własności fizyczne masywu skalnego rejestrowane na pewnym	złoża kopalin o większej podatności magnetycznej od otoczenia (np. rudy magnetytowe, pirotynowe, zasadowe skały magmowe)	kartowanie magnetometryczne lotnicze i naziemne

Tabela 2.4 cd.

1	2	3	4
	strefy obniżonej lub podwyższonej oporności pozornej, anomalie polaryzacji naturalnej lub wzbudzonej	rudy siarczkowe	metody elektryczne: elektrooporowa, potencjałów własnych, potencjałów wzbudzonych, elektromagnetyczne (lotnicze i naziemne)
	lokalne anomalie grawimetryczne	duże złoża rud masywnych (np. żelaza, siarczkowych), barytu, węgla (brunatnych)	metody grawimetryczne
	lokalne anomalie naturalnej promieniotwórczości (gamma), anomalie emanometryczne (radonowe)	złoża rud pierwiastków radioaktywnych lub z podwyższoną ich zawartością	metody radiometryczne: zdjęcie radiometryczne gamma (lotnicze spektrometryczne, naziemne), emanometryczne – radonowe)
	aureole litochemiczne pierwotne skalne	przede wszystkim złoża rud metali	zdjęcie geochemiczne litochemiczne „skalne”
	aureole glebowe (litochemiczne wtórne)		zdjęcie geochemiczne glebowe („metalometryczne”)
	aluwialne potoki rozproszenia	złoża siarczkowych rud metali, siarki, soli	zdjęcie (profilowanie) aluwialne
	anomalie i aureole hydrogeochemiczne		badania (zdjęcie) hydrogeochemiczne
	aureole atmochemiczne (gazowe)	złoża rud metali, siarki	badania atmochemiczne (zdjęcie gazowe, merkurometryczne, emanometryczne)
	aureole i anomalie biogeochemiczne	złoża rud metali	badania (zdjęcie) biogeochemiczne zwykle skojarzone z kartowaniem botanicznym
Pośrednie częściowo oddalone	Podwyższone zawartości charakterystycznych pierwiastków, grup pierwiastków lub składników chemicznych w skałach w otoczeniu złoża, w utworach eluwialnych, deluwialnych, aluwialnych, lodowcowych, wodach, powietrzu glebowym i atmosferycznym, w roślinach		
	Geochemiczne (aureole i anomalie geochemiczne)		



**Rys. 2.2.** Złoże zakryte i ukryte  
 A – Złoże zakryte rud Fe-Ti-V Krzemianka (wg. M. Subiety 1979): 1 – noryty i anortozyty, 2 – granodioryty, 3 – ciała rudne, 4–11 – pokrywa osadowa, utwory: 4 – górnoproterozoiczne, 5 – dolnotriasowe, 6 – środkowojurajskie, 7 – górnopaleozoiczne, 8 – dolnokredowe, 9 – górnokredowe, 10 – oligoceni, 11 – plejstoceni; B – złoże ukryte (i zakryte) rud Mo-W-Cu Myszaków: 1 – utwory mezozoiczne i kenozoiczne, 2 – łupki sylurskie, 3 – zmetamorfizowane osady prekambryjskie, 4 – granitoidy, 5 – miejsca nawiercenia dajek porfirowych, 6 – złoże rud Mo-W-(Cu), 7 – uboga mineralizacja Mo-W-Cu (granice złoże wg J. Muchy i In. 1994)



## 2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

**Tabela 2.5**

Możliwości stosowania metod poszukiwań w zależności od głębokości położenia złoża w stosunku do powierzchni terenu

Rodzaj złoża	Metody poszukiwań	
	podstawowe	wspomagające
Odsłonięte	kartowanie geologiczne szczegółowe na powierzchni w odpowiedniej skali 1: 50000 lub większej	śledzenie aureoli okruchowych, płytkie roboty górnicze (rowy) i wiercenia, metody botaniczne
Zakryte płytko położone	śledzenie aureoli okruchowych, zdjęcia szlichowe, metody geofizyczne, geochemiczne	kartowanie na powierzchni w odpowiedniej skali, płytkie roboty górnicze (rowy, szybiki), płytkie wiercenia dla celów kartograficznych
Zakryte głęboko położone	metody geofizyczne, kartowanie wgłębne za pomocą wierceń	niekiedy metody geochemiczne (hydrogeochemiczne, atmogeochemiczne glebowe)
Ukryte płytko położone	metody geofizyczne, geochemiczne (litochemiczne, hydrogeochemiczne, atmogeochemiczne), biogeochemiczne, botaniczne	śledzenie aureoli okruchowych (skał towarzyszących złożu), zdjęcia szlichowe, kartowanie wgłębne za pomocą wierceń
Ukryte głęboko położone	metody geofizyczne	metody geochemiczne, (litochemiczne „skalne”, hydrogeochemiczne, atmogeochemiczne) kartowanie wgłębne za pomocą wierceń
Ukryte i zakryte	metody geofizyczne, kartowanie wgłębne za pomocą wierceń	

Dobór odpowiednich metod poszukiwań i sposób ich realizacji zależą przede wszystkim od rodzaju kopaliny (tab. 2.6), a także od:

- rodzaju (typu) poszukiwanego złoża,
- warunków terenowych wykonania odpowiednich badań.

Nie można zatem podać jednolitego schematu ich doboru i realizacji. W każdym przypadku muszą one być projektowane indywidualnie.

Z reguły prace poszukiwawcze realizowane są etapami, polegającymi na:

- stopniowym zawężaniu obszaru badań,
- zagęszczaniu punktów obserwacji (miejsc opróbowania w badaniach geochemicznych, pomiaru w badaniach geofizycznych, wierceń badawczych),
- stosowaniu kolejno poszczególnych metod; zwykle rozpoczyna się od badań najtańszych, przeglądowych i stosuje się kolejne w zależności od wyników wcześniejszych badań.

Istotne znaczenie dla sukcesu poszukiwań ma właściwy dobór odległości między miejscami, w których przeprowadza się odpowiednie obserwacje lub pomiary (miejscami pomiarów geofizycznych, pobierania próbek do badań geochemicznych, wierceń) oraz ich

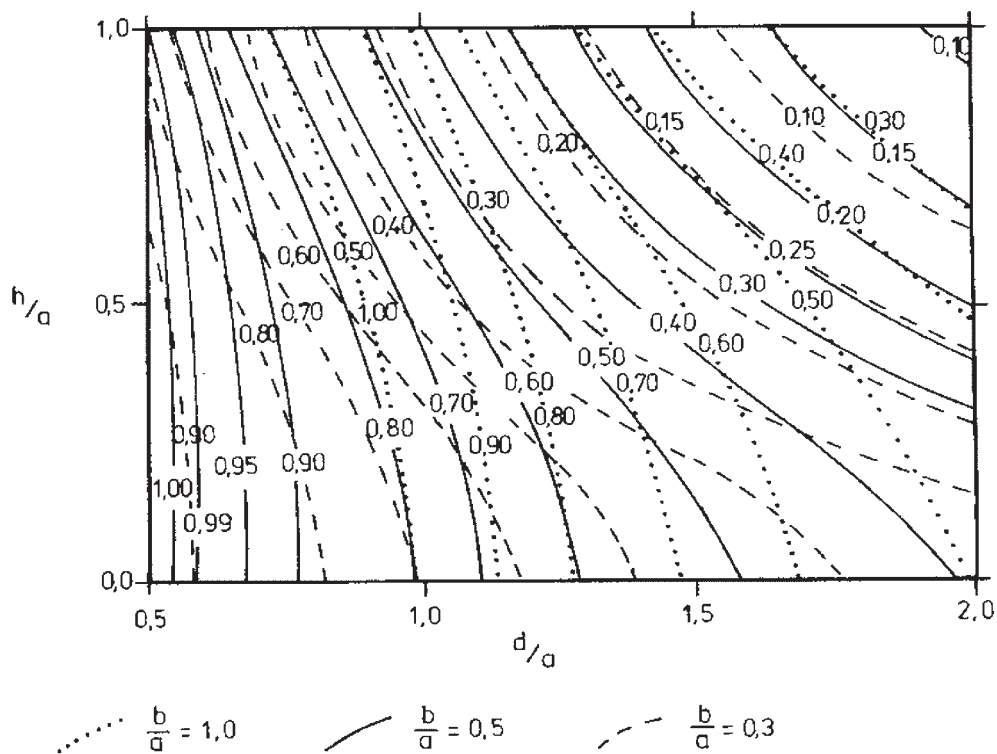
**Tabela 2.6**  
Oznaki i metody poszukiwań złóż kopalin stałych

Rodzaj poszukiwanej kopaliny	Oznaki występowania złoża			Metody poszukiwań złóż zakrytych i ukrytych	
	złoża odsłonięte	złoża zakryte	złoża ukryte	podstawowe	pomocnicze
1	2	3	4	5	6
Węgiel kamienny	wychodnie węgla, skały przeobrażone w wyniku naturalnych pożarów (porcelanity, „erdbrandy”), Obniżenia w morfologii (usunięcie węgla w wyniku wietrzenia)	anomalie grawimetryczne, niekiedy anomalie magnetyczne w otoczeniu pokładów wypalonych		interpretacja badań sejsmicznych, wiercenia	(grawimetryczne)
Węgiel brunatny		anomalie grawimetryczne		grawimetryczne	interpretacja badań sejsmicznych
Rudy metali	wychodnie utworów zmineralizowanych i produktów ich wietrzenia, czapy wietrzeniowe na wychodniach (rud siarczkowych), wychodnie skał przeobrażonych (okolorudnych)	anomalie geofizyczne w zależności od rodzaju kopaliny i intensywności mineralizacji: geoelektryczne – elektrooporowe, potencjałów naturalnych, wzbudzonych, indukcyjne, radiofalowe –VFL (rudy siarczkowe), magnetyczne (rudy magnetytowe, pirotynowe) grawimetryczne (rudy masywne), radiometryczne, anomalie geochemiczne (złoża zakryte nie grubym nadkładem), atmochemiczne, hydrogeochemiczne	anomalie geofizyczne w zależności od rodzaju kopaliny i intensywności mineralizacji: elektryczne – elektrooporowe potencjałów własnych, wzbudzonych (rudy siarczkowe), magnetyczne (rudy magnetytowe, pirotynowe) grawimetryczne (rudy masywne). Anomalie geochemiczne: litogeochemiczne-skalne, hydrogeochemiczne, atmochemiczne – glebowe	metody geofizyczne: magnetyczne, grawimetryczne, elektromagnetyczne, polaryzacji naturalnej, polaryzacji wzbudzonej, radiometryczne stosownie do rodzaju kopaliny. Metody geochemiczne	wiercenia zwiadowcze

Tabela 2.6 cd.

1	2	3	4	5	6
Sól kamienna, sole potasowe	wychodnie (w klimacie suchym), obniżenia morfologiczne	anomalie hydrochemiczne, anomalie grawimetryczne		metody grawimetryczne	Metody hydrogeochemiczne, botaniczne
Kopaliny skalne	wychodnie	anomalie geofizyczne w zależności od rodzaju skał tworzących złoża: magnetyczne elektrooporowe, radiofale		metody geofizyczne, wiercenia zwiadowcze	

rozmieszczenie. Odległości powinny być tak dobrane, by istniały szanse na natrafienie złoża lub związanej z nim anomalii. Jeśli szukane jest złożo, którego zasoby powinny wynosić przynajmniej wielkość  $Q$ , to obszar jego występowania powinien wynosić  $F = Q/(m \cdot \gamma_o)$ , gdzie  $m$  – przewidywana lub oczekiwana miąższość złoża, a  $\gamma_o$  – przewidywana gęstość przestrzenna kopaliny. Prawdopodobieństwo stwierdzenia złoża lub związanej z nim anomalii o powierzchni  $F$  zależy od odległości między miejscami wykonania odpowiednich obserwacji lub pomiarów  $d$  i od formy szukanego złoża. Wyliczenia tego prawdopodobieństwa przy założeniu kołowego lub eliptycznego jego kształtu (rys. 2.3) mogą mieć tylko znaczenie orientacyjne. Przy założeniu, że szukane złożo jest w przybliżeniu izometryczne, optymalnym jest rozmieszczanie obserwacji w sieci trójkątnej równobocznej. W przypadku oczekiwania, że jest ono wyraźnie wydłużone w jednym kierunku (np. wychodnia złoża pokładowego, żyły) obserwacje rozmieszcza się w liniach w poprzek jego przewidywanej rozciągłości. Odległości między liniami są wówczas 2 do 3 razy większe niż między punktami w linii.



**Rys. 2.3.** Prawdopodobieństwo stwierdzenia złoża o kształcie eliptycznym  
 $k = b/a$ ,  $b$ ,  $a$  – osie elipsy,  $d$  – odległości między profilami,  $h$  – odległości między punktami badań na profilu

## 2.3.2. Metody prac poszukiwawczych

## 2.3.2.1. Metody bezpośrednie kartograficzne

Bezpośrednie, kartograficzne metody poszukiwań mają zastosowanie przede wszystkim wówczas, gdy:

- teren jest dostatecznie odkryty i istnieją szanse zarejestrowania bezpośrednich oznak złożowych w postaci wychodni utworów tworzących złożę lub produktów ich wietrzenia,
- możliwe jest występowanie okrucowych aureoli lub potoków rozsiania w zwietrzelinie i osadach powierzchniowych.

Zakres prac kartograficznych zależy od stopnia odsłonięcia terenu i grubości nadkładu przykrywającego utwory goszczące złoża (tab. 2.7).

Tabela 2.7

Zakres stosowania kartowania geologicznego na powierzchni w poszukiwaniu i dokumentowaniu złóż

Nadkład serii złożowej	Przedmiot obserwacji na powierzchni			Prace dodatkowe
	odsłonięcia	morfologia terenu	rumosz w pokrywie glebowej	
Brak	++	(+)		
Nieciągły o małej miąższości, liczne odsłonięcia podłoża	++	+	++	wyjątkowo płytkie wkopy, rowy dla usunięcia zwietrzliny
Ciągły cienki do 1 m, nieliczne odsłonięcia podłoża	(+)	+	++	wkopy, rowy
Ciągły o grubości 2–5 m, brak odsłonięć podłoża lub odsłonięcia rzadkie	((+))	(+)	—	płytkie wiercenia, sondy, rzadziej rowy, wyjątkowo szybiki
Ciągły o dużej miąższości	—	—	—	wiercenia wspomagane przez badania geofizyczne

Wspomagają prace kartograficzne jest interpretacja geologiczna zdjęć satelitarnych i lotniczych. Zdjęcia te są wykorzystywane przede wszystkim dla śledzenia tych elementów budowy geologicznej, które nie są bezpośrednio widoczne w trakcie kartowania naziemnego, w szczególności:

- cech strukturalnych kartowanych utworów: zaburzeń fałdowych w ułożeniu warstw, stref nieciągłości (uskokowych, spękaniowych),
- zasięgu obszarów o różnicowanych cechach ich odwzorowania na zdjęciach: barwie, multispektralnych kompozycji barwnych, fototonie, fakturze, formach morfologicznych, które mogą być identyfikowane z różnymi utworami geologicznymi.

Interpretacja zdjęć satelitarnych czy lotniczych zwykle wyprzedza kartowanie naziemne i powinna być zawsze przez nie zweryfikowana.

Celem prac kartograficznych jest rozpoznanie budowy geologicznej badanego obszaru i lokalizacja miejsc możliwego występowania złóż na podstawie rejestracji wychodni utworów stanowiących kopalinę, produktów jej wietrzenia, skał charakterystycznie przeobrażonych w otoczeniu złoża oraz na podstawie śledzenia materiału okruchowego w utworach powierzchniowych (eluwialnych, glebowych). Kartowanie powinno być przeprowadzone w stopniu szczegółowości odpowiednim dla sporządzenia mapy w skali 1:50 000–1:25 000, a jeśli już istnieją takie mapy, w wybranych obszarach w skali większej 1:10 000. W przypadku stwierdzenia wychodni złóż lub oznak pozwalających na wskazanie miejsc ich lokalizacji powinno być przeprowadzone kartowanie w skali większej, które jest już elementem poszukiwań szczegółowych i rozpoznawania złóż (omówione w części II).

W terenach słabo zbadanych właściwe kartowanie geologiczne naziemne poprzedza się interpretacją zdjęć satelitarnych i lotniczych, a następnie wykonaniem obserwacji zwiadowczych wzdłuż wybranych tras. Równolegle, w zależności od rodzaju poszukiwanych złóż, wykonuje się zwykle badania utworów okruchowych i otoczków w osadach aluwialnych, deluwialnych, lodowcowych, badania szlichowe oraz wstępne badania geochemiczne (aluwialne, glebowe, litogeochemiczne skalne).

Przy śledzeniu aureoli okruchowych i potoków rozsiania powinno być rejestrowane rozmieszczenie i częstotliwość występowania okruchów i otoczków kopaliny lub produktów jej wietrzenia oraz stopień obtoczenia otoczków. Na tej podstawie można wnosić o długości ich transportu od źródła i wyznaczać możliwe położenie obszaru źródłowego.

W przypadku stwierdzenia utworów specyficznych, które mogą być produktami wietrzenia kopaliny lub przeobrażeń wietrzeniowych skał w otoczeniu złoża (tab. 2.8) niezbędne jest zbadanie ich składu mineralnego i chemicznego. Na wychodniach złóż rud siarczkowych są to zwykle czapy limonitowe („żelazne”) pozbawione makroskopowo widocznych minerałów rudnych, innych niż uwodnione tlenki Fe.

Oznaką możliwego występowania złóż, w szczególności złóż rud, może też być pojawianie się w skałach otaczających specyficznych, nietypowych składników mineralnych lub skał w sposób charakterystyczny przeobrażonych (tab. 2.9). Niektóre okołorudne przeobrażenia skał magmowych i metamorficznych są podobne jak powstające w wyniku ich wietrzenia. Różnią się od wietrzeniowych tym, że zwykle współwystępuje kilka ich typów rozmieszczonych strefowo (rys. 2.4). Często towarzyszą im anomalie geochemiczne.

W przypadku kartowania naziemnego, gdy brak dostatecznej liczby odsłoneń, wykonuje się odsłonięcia sztuczne (wkopy, szybiki, rowy).

Jeśli poszukiwane są złoża zakryte, sporządzenie map podłoża pod przykrywającymi je utworami młodszymi jest możliwe na podstawie badań geofizycznych elektrooporowych, magnetycznych lub za pomocą wierceń rozmieszczonych w liniach w poprzek przewidywanej rozciągłości warstw lub granic różnych utworów. W ten sposób mogą być poszukiwane zakryte wychodnie złóż przede wszystkim osadowych lub występujących w utworach o określonym położeniu w profilu stratygraficznym. W przypadku poszukiwania

## 2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

**Tabela 2.8**

Cechy specyficzne utworów wietrzeniowych na wychodniach niektórych złóż i w ich otoczeniu

Złoża kopalin	Cechy utworów przeobrażonych na wychodniach	Utwory przeobrażone w otoczeniu wychodni
Węgle kamienne, brunatne	zmniejszenie miąższości lub zanik pokładu	niekiedy utwory przeobrażone w wyniku naturalnego wypalenia węgla (porcelanity, „erdbrandy”)
Rudy siarczkowe	czapy limonitowe „żelazne”, niekiedy charakterystyczne struktury komórkowe limonitu po niektórych minerałach siarczkowych, jazyty, barwne minerały rudne strefy wietrzeniowej, kawerny po usuniętych skupieniach siarczków	mineralizacja infiltracyjna uwodnionymi tlenkami Fe, w skałach węglanowych niekiedy syderytowo-ankerytowa, a w sąsiedztwie rud Zn smitsonitowa (galmanowa), wtórna sylikifikacja
Wapienie siarkonośne	kawerniste wapienie o charakterystycznym dużym udziale lekkich izotopów węgla ( $\delta C^{12} < -20\%$ )	siarczany: wtórny gips, uwodnione siarczany Fe, Al. (w klimacie suchym)

złóż stratoidalnych, zakrytych lub ukrytych, głęboko położonych w kompleksach skał osadowych, podstawową metodą kartografii wgłębnej jest interpretacja wyników badań sejsmicznych.

### 2.3.2.2. Metody szlichowe

Metody szlichowe polegają na śledzeniu w luźnych osadach klastycznych (aluwialnych, deluwialnych, eluwialnych) aureoli i potoków rozproszenia minerałów odpornych na wietrzenie, zwykle ciężkich, cięższych od pospolitych minerałów skałotwórczych. Polegają one na:

- pobieraniu próbek osadów luźnych, przede wszystkim aluwialnych wzdłuż cieków wodnych, rzadziej z utworów deluwialnych, eluwialnych, lodowcowych lub w produktach działalności zwierząt ryjących (kretów, termitów wyrzucających materiał okruchowy z pewnej głębokości),
- wydzielaniu z próbek metodą płukania na miejscu ciężkich frakcji ziarnowych,
- określanie laboratoryjne składu mineralnego frakcji ciężkiej i zawartości w niej minerałów wskaźnikowych.  
Wskaźnikowymi mogą być minerały:
- tworzące złoża (kasyteryt, złoto, diamenty, platyna, kolumbit, cyrkon, monacyt, minerały tytanu),
- płonne towarzyszące złożu,
- charakterystyczne dla skał goszczących złoża (np. pirop, ilmenit magnezowy, diopsyd chromowy dla kimberlitów w przypadku złóż diamentów, topaz, turmalin dla greizenów goszczących złoża Sn, W).

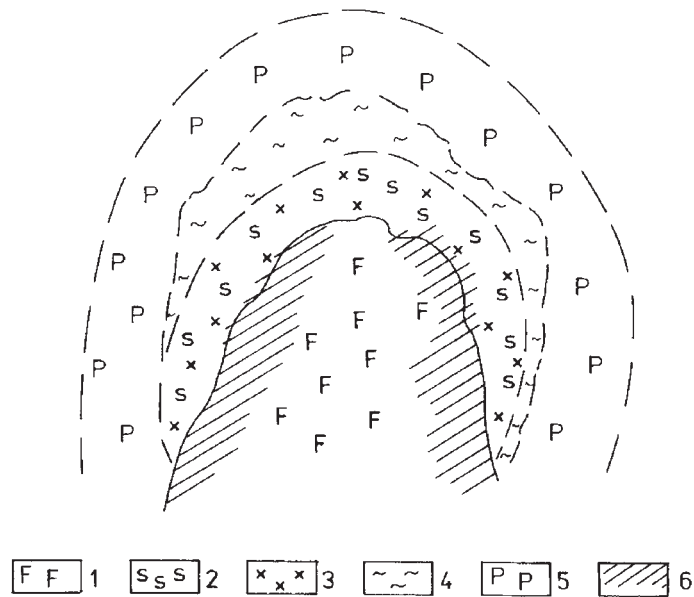
**Tabela 2.9**

Typowe przeobrażenia około rudne

Skały przeobrażone, rodzaj przeobrażeń		Typowe skały przeobrażone	Typowe złoża
rodzaj	podstawowe składniki mineralne		
Greizeny	kwarc, muskowit (topaz, turmalin, fluoryt)	granity	greizenowe cyny, wolframu
Albityty	albit (kwarc), w skałach zasadowych: egiryn, rybekit	magmowe, metamorficzne	uranu w metasomatytach, ziem rzadkich, Nb-Ta
Episjenity	skalenie, chloryt, zeolity	granity	uranu śródgranitowe
Gumbeity	ortokaz, albit, ankeryt, kwarc, piryty, rutyl	granit, dioryty	złoża hydrotermalne
Feldszpatyzacja,	skalenie potasowe	kwaśne i średniokwaśne skały magmowe	porfirowe Cu, Mo, Au
Berezyty	kwarc, muskowit (serycyt) piryty	kwaśne skały magmowe	żyłowe Au
Propility (propilityzacja)	chloryt, epidot (piryt)	średniokwaśne skały magmowe	porfirowe Cu, Mo, żyłowe polimetaliczne i złota
Sylifikacja	kwarc, chalcedon	różne skały	złoża hydrotermalne
„Wtórne kwarcyty”	kwarc, chalcedon, opal	kwaśne i średniokwaśne skały wulkaniczne	złoża hydrotermalne
Serycytyzacja	serycyt, składniki skały przeobrażonej	skały magmowe, metamorficzne	złoża hydrotermalne
Chlorytyzacja	chloryt, składniki skały przeobrażonej	skały magmowe, metamorficzne	złoża hydrotermalne
Kaolinizacja	kaolinit, składniki skały przeobrażonej	skały magmowe, metamorficzne	złoża hydrotermalne
Ałunicyzacja, montmorillonizacja	ałunit, minerały ilaste, składniki skały przeobrażonej	skały wulkaniczne kwaśne i średniokwaśne	złoża hydrotermalne
Listwenityzacja	ankeryt, syderyt, kwarc, aktynolit, serpentyn, chloryt, piryty, składniki skały przeobrażonej	skały zasadowe i ultrazasadowe, niekiedy dolomity	złoża hydrotermalne
Ankerytyzacja, dolomityzacja	ankeryt, syderyt, dolomit	węglanowe	rudy Zn-Pb

Pobierane są próbki o objętości około 0,02 m<sup>3</sup>. Po usunięciu otoczek są one płukane w odpowiednich misach (bateach). W wyniku tego uzyskuje się albo szlich szary zawierający jeszcze lżejsze minerały albo – po dłuższym płukaniu – szlich czarny pozbawiony lżejszych





**Rys. 2.4.** Strefowość zmian okolorudnych (złoża porfirowe)

1 – metasomatoza potasowa (feldspatyżacja), 2 – serycytyzacja, 3 – pirytyzacja, 4 – argilityzacja (przeważnie kaolinizacja), 5 – propilityzacja, 6 – strefy złóżowe (mineralizacji kruszczowej)

składników, zawierający cięższe minerały z reguły ciemne. Próbkę pobierane są co kilkaset metrów, w szczególności w miejscach, w których w sposób naturalny może dochodzić do koncentracji frakcji cięższej w wyniku zmniejszenia prędkości przepływu wody (np. w zakolach meandrowych, za naturalnymi przeszkodami, poniżej progów skalnych itp.) oraz bezpośrednio za miejscem połączeń cieków, w celu wyeliminowania tych, które nie nosią materiału z potencjalnej strefy złóżowej. Minerale ciężkie gromadzą się także w spagowych, grubiej ziarnistych partiach osadów.

Wyniki badania próbek nanosi się na mapę w postaci diagramów kołowych, ilustrujących stwierdzony skład mineralny szliczu i udział procentowy jego składników, albo tylko w postaci naniesionych punktów opróbowania ze stwierdzeniem obecności lub braku obecności badanego minerału i podaniem jego udziału w stosunku do innych składników szliczu.

### 2.3.2.3. Metody geochemiczne

Podstawą dla poszukiwań geochemicznych jest występowanie w otoczeniu złoża aureoli podwyższonych, anomalnych zawartości charakterystycznych pierwiastków. Występują one zwykle na większej przestrzeni niż samo złożo, co ułatwia ich poszukiwanie. Aureole te są dwojakiego rodzaju:

- pierwotne, których powstanie jest wynikiem procesów formujących złożo,
- wtórne, formujące się w trakcie późniejszych przeobrażeń złoża, w szczególności wietrzeniowych, powodujących migrację pierwiastków w otoczenie złoża.

W zależności od środowiska występowania wokółłożowych aureoli rozszania pierwiastków wyróżnia się szereg ich typów wymienionych w tabeli 2.10.

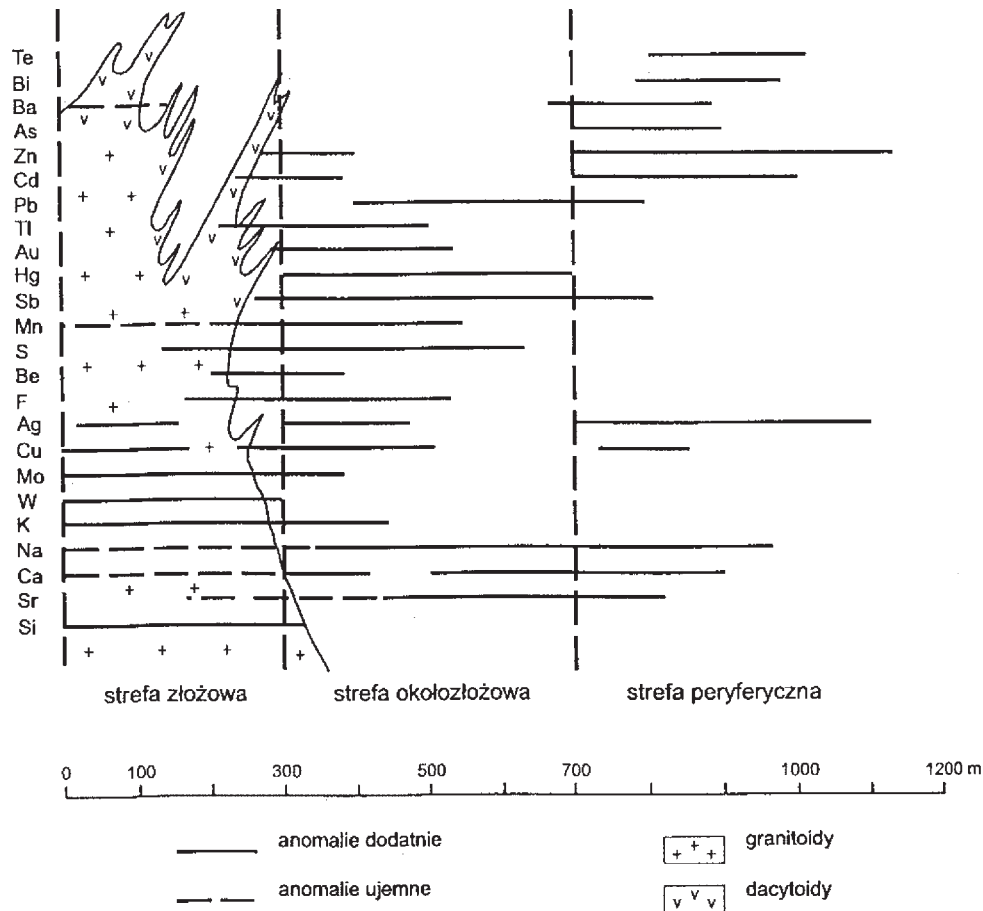
**Tabela 2.10**

Typy anomalii geochemicznych i odpowiednie metody ich poszukiwań

Środowisko występowania aureoli	Charakter aureoli i anomalii	Metody poszukiwań		Uwagi
Skąły zwięzłe w otoczeniu złoża	pierwotne, rzadziej wtórne	litogeochemiczne (zdjęcie litogeochemiczne skalne)		
Utwory tworzące glebę, pokrywy wietrzeniowe	wtórne	geochemiczne glebowe, podglebowe		różne warianty w zależności od miejsca pobierania próbek w profilu glebowym
Osady denne cieków powierzchniowych, jezior	wtórne	geochemiczne aluwialne (potoków rozszania)		
Wody podziemne	wtórne, wyjątkowo pierwotne	hydrogeochemiczne		
Powietrze	wtórne, wyjątkowo pierwotne	atmogeochemiczne	glebowe	badania powietrza glebowego
			powierzchniowe	badania nad powierzchnią gleby lub szaty roślinnej
Rośliny	wtórne	biogeochemiczne	różne części roślin określonego gatunku, niekiedy w określonych porach roku	

Kształt aureoli bywa zróżnicowany w zależności od warunków przemieszczania się pierwiastków w otoczenie złoża. Ich anomalne zawartości pojawiają się nie tylko w bezpośrednim jego sąsiedztwie, ale także w większej odległości od niego, jeśli istnieją dogodne warunki dla ich dalekiej migracji lub transportu i koncentracji z dala od złoża. W wyniku tej migracji mogą tworzyć się „aureole oderwane”. Należy mieć także na uwadze, że można spotkać anomalne zawartości pierwiastków, nie związane ze złożami kopalin („aureole fałszywe”), jeśli istniały dogodne warunki dla ich koncentracji (w strefach barier geochemicznych, np. w osadach bogatych w substancje organiczne).

W aureoli wokółłożowej pojawiają się podwyższone zawartości pierwiastków, które tworzą minerały stanowiące podstawowe składniki kopaliny, jak również mogą się pojawiać podwyższone zawartości charakterystycznych pierwiastków występujących w niej w ilościach śladowych, lub takie, które pojawiają się tylko w aureoli wokółłożowej. Cechą charakterystyczną wielu typów złożeń rud (np. porfirowych złożeń rud Cu, Mo) jest strefowe zróżnicowanie zawartości różnych pierwiastków w ich otoczeniu (rys. 2.5).



Rys. 2.5. Strefowość aureoli geochemicznej złoża porfirowego Mo-W-Cu Myszków (wg K. Lasonia 2003)

Istotą metod poszukiwań geochemicznych jest odpowiednie opróbowanie, w celu wykrycia anomalnych zawartości pierwiastków tworzących aureole wokółzłożowe. W zależności od typu złoża znaczenie wskaźnikowe mogą mieć podwyższone zawartości niektórych pierwiastków, zwykle ich zespołów, lub stosunki ich zawartości, a także obecność pierwiastków charakterystycznych.

Sposób pobierania próbek i ich rozmieszczenie zależy od rodzaju badanych utworów (tab. 2.11).

Zawartości poszczególnych pierwiastków tworzących aureole wokółzłożowe zwykle są niewielkie, „śladowe”. Ich zróżnicowanie cechuje się dużą zmiennością lokalną. W celu minimalizacji wpływu tej zmienności zaleca się pobieranie próbek w każdym wytypowanym miejscu w trzech punktach odległych od siebie o około 0,5–1 m w postaci porcji o jednokowej wielkości. Powinny to być próbki o masie 0,2–0,5 kg. Stanowią one łącznie próbkę, którą po wymieszaniu pomniejsza się w myśl zasad przedstawionych w części III.

**Tabela 2.11**  
Metody poszukiwań geochemicznych

Metody poszukiwań		Opróbowywane utwory	Miejsce opróbowania	Sposób rozmieszczania próbek
Litogeochemiczne (zdjęcie litogeochemiczne) skał		skały przypuszczalnie otaczające poszukiwane złoża	odsłonięcia naturalne lub sztuczne, otwory wiertnicze. Powinny być pobierane próbki odrębnie z każdego wyróżnianego typu skał	w miarę regularny
Geochemiczne glebowe, podglebowe („metalometryczne”)		gleba lub zwietrzeliny podglebowe, także luźne utwory przykrywające skały starsze	wkopy lub płytkie otwory (sondy) do tego samego odcinka profilu glebowego; Wskazane wstępne eksperymentalne określenie, który odcinek tego profilu jest najbardziej wzbogacony w badane pierwiastki	regularna sieć wyznaczonych punktów lub wzdłuż linii w poprzek strefy prawdopodobnego występowania złoża (np. w poprzek wychodni warstw, stref uskokiowych)
Geochemiczne aluwialne (potoków rozsiania)		osady denne mułkowo-ilaste cieków powierzchniowych	wzdłuż cieku z dna cieku lub osadów facji powodziowej tarasu łęgowego. Niekiedy osady denne jezior	w możliwe stałych odstępach wzdłuż cieku
Hydrogeochemiczne		wody podziemne	źródła, ujęcia wód podziemnych	uzależniony od miejsc dostępności do wód podziemnych
Atmogeochemiczne	glebowe	powietrze glebowe	płytkie otwory (sondy)	regularna sieć lub linie jak w przypadku zdjęcia glebowego
	powierzchniowe	powietrze bezpośrednio nad powierzchnią ziemi		regularna sieć lub linie miejsc pomiaru
Biogeochemiczne		wybrane części określonych gatunków roślin po ich spopieleniu		wskazane regularne, ale jest uzależnione od występowania badanych roślin, często tylko w określonych porach roku

Odległości między punktami pobrania próbek powinny być dobrane odpowiednio do wielkości oczekiwanego złoża i aureoli wokółzłożowej w taki sposób, by aureola anomalnych zawartości badanych pierwiastków wskaźnikowych mogła zostać wykryta. W przypadku zdjęcia glebowego powinny być to odległości w fazie wstępnej 100–50 m, a w rejonie stwierdzonych zawartości anomalnych badanych pierwiastków zagęszczane do około 25 m, w szczególności wzdłuż linii w poprzek przypuszczalnej rozciągłości poszukiwanego złoża. W przypadku pobierania próbek w siatce regularnej zaleca się, by w fazie wstępnej była to sieć trójkątna równoboczna.

Próbki osadów aluwialnych, we wstępnej fazie poszukiwań, pobiera się co około 500 m wzdłuż cieków. Następnie zagęszcza się je w sąsiedztwie stwierdzonych anomalii (do ok. 100 m).

W przypadku opróbowania osadów aluwialnych i zdjęcia glebowego do badań powinna być wydzielona (odsiana na sucho) frakcja mułkowo-ilasta, która jest wzbogacona w składniki sorbowane (zwłaszcza metale). Frakcja piaskowa może być wykorzystana do badań szlichowych.

W poszukiwaniach hydrogeochemicznych przedmiotem badań jest też ogólny skład chemiczny wód, którego zróżnicowanie warunkuje migracje poszczególnych składników i wskazywać może na obecność utworów, w tym złóż kopalin, które mogą być ich źródłem (np.  $\text{SO}_4^{2-}$  złóż siarczków,  $\text{Cl}^-$  złóż soli). Badane powinny być także osady źródeł.

W poszukiwaniach atmochemicznych przedmiotem badań jest przede wszystkim zawartość pierwiastków i składników lotnych (Hg, Rn, J,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ) w powietrzu glebowym. Wskazane jest wykonywanie ich na kilku głębokościach w celu stwierdzenia migracji tych składników ku powierzchni. Sygnalizują one pośrednio obecność złóż jako składniki towarzyszące wskaźnikowe (Hg dla wielu złóż siarczków metali i złota, Rn – uranu), stref uskokowych (Rn), czap wietrzeniowych złóż siarczkowych, złóż siarki ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ).

Przy projektowaniu poszukiwań geochemicznych należy starannie dobrać zakres analiz pobieranych próbek stosownie do rodzaju poszukiwanego złoża i takich ich metod, które pozwolą na wykrycie zróżnicowania zwykle niewielkich („śladowych”) zawartości pierwiastków występujących w aureoli i tle.

W początkowej fazie badana jest zwykle możliwie duża lista pierwiastków w celu wykrycia tych, które mogą być charakterystyczne dla aureoli wokółzłożowej. W dalszych fazach badań (zagęszczania opróbowania) lista ta może być odpowiednio skrócona.

Obecność podwyższonych zawartości niektórych pierwiastków można wykryć prostymi metodami polowymi. Stosowane są także często metody geofizyczne (tab. 2.12). Oznaczenia zawartości wybranego pierwiastka lub ich zespołów przeprowadza się za pomocą przenośnych urządzeń. Ich zaletą jest szybkość pomiaru i możliwość ich wykonania w wielu punktach. Ich zagęszczenie jest zresztą konieczne ze względu na niewielką powierzchnię okna pomiarowego stosowanych urządzeń. Pomiar dotyczy niewielkiej przestrzeni. Zróżnicowanie lokalne zawartości badanych składników oraz naturalne błędy oznaczeń wynikające z nierówności powierzchni i wpływu na jego wynik obecności innych składników (efektu matrycy) itp. powoduje, że dopiero na podstawie wyniku serii pomiarów blisko siebie wykonywanych można uzyskać właściwą informację o zawartości oznaczanego składnika.

Szczególne miejsce w poszukiwaniach geochemicznych, ze względu na zakres stosowania, mają metody radiometryczne. Przedmiotem pomiaru w badaniach wstępnych, przeglądowych jest całkowite promieniowane gamma skał mierzone licznikami scyntylacyjnymi na powierzchni (rys. 2.6). W bardziej zaawansowanych pomiarach odrębnie mierzy się natężenie tego promieniowania emitowanego przez potas ( $\text{K}^{40}$ ), pierwiastki szeregu uranowego i torowego. Wykonywane są pomiary aeroradiometryczne (lotnicze),

**Tabela 2.12**

Metody geofizyczne stosowane w poszukiwaniach geochemicznych

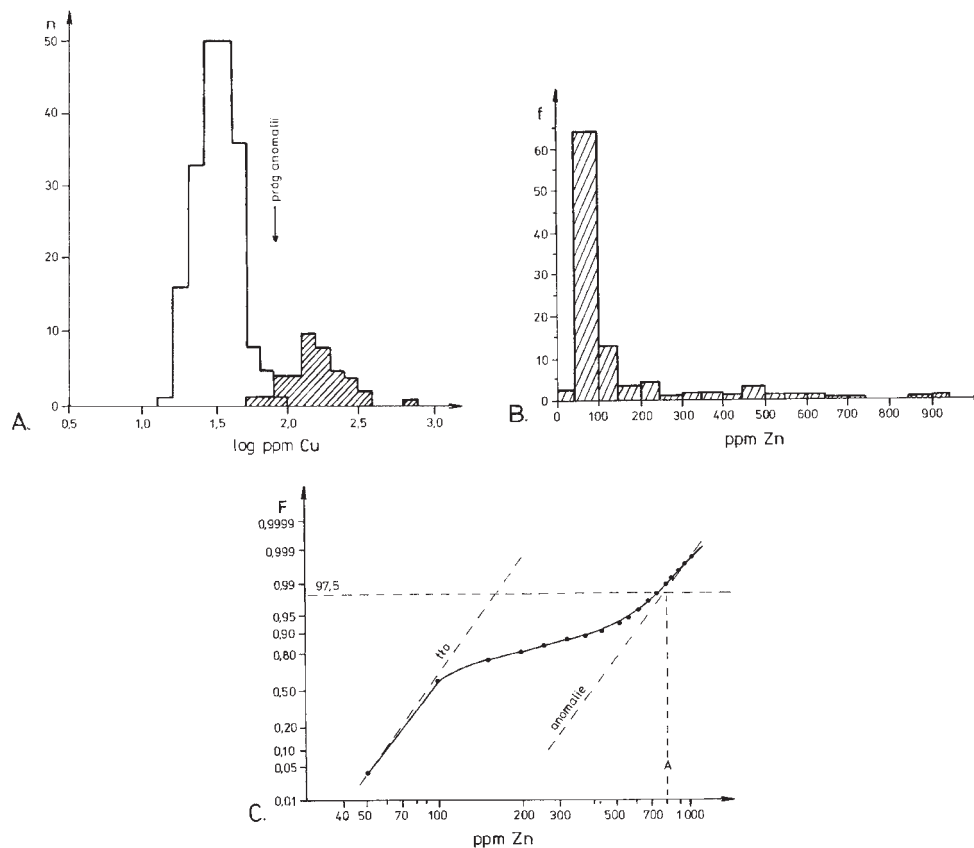
Rodzaj badań	Wykrywane pierwiastki	Zakres stosowania
Radiometryczne, spektrometryczne	radioaktywne szeregu uranu, toru, $K^{40}$	poszukiwania bezpośrednie złóż rud uranu i toru, soli potasowych, pośrednie złóż kopalin w których występuje wzbogacenie w U lub Th (fosforytów, ziem rzadkich) oraz złóż wokół których pierwiastki radioaktywne tworzą aureole. Wyznaczanie obszarów perspektywicznych dla występowania rud metali na podstawie zróżnicowania radioaktywności kwaśnych skał magmowych i zróżnicowania zawartości potasu (feldszpatyzacji)
Emanometryczna	Rn, Tn	poszukiwanie bezpośrednie złóż rud uranu i toru, wokół których tworzą się aureole i anomalie radonowe i toronowe wykrywane w powietrzu glebowym
Merkurometryczna	Hg	poszukiwania bezpośrednie złóż rud rtęci, pośrednie złóż rud metali (Zn-Pb, pirytowych, złota), wokół których tworzą się aureole rtęciowe (gazowe) wykrywane w powietrzu glebowym
Fotoneutronowa (gamma neutronowa)	Be	poszukiwania bezpośrednie złóż rud berylu (aureoli berylowych litochemicznych, glebowych)
Rentgenofluorescencyjna	metale ciężkie (Sn, Cu, Zn, Pb) i inne o liczbie atomowej ponad 32	poszukiwania bezpośrednie rud metali – wykrywanie i określanie zawartości metali w odślonięciach naturalnych i rdzeniach wiertniczych

naziemne ciągi samochodowe wzdłuż profili i piesze w wybranych punktach wzdłuż określonych linii lub w sieci (zwykle w glebie w płytkich otworach-sondach).

Wyniki badań geochemicznych przedstawia się na przekrojach w postaci wykresu zawartości oznaczanych pierwiastków lub na mapach izolinii ich zawartości. W praktyce, za anomalię geochemiczną i oznakę możliwości występowania złoża może być uznany w miarę zwarty obszar, w którym pojawiają się zawartości badanych pierwiastków wyraźnie wyższe niż w jego otoczeniu, stwierdzone poza badanym obszarem, które charakteryzują lokalne tło geochemiczne. Orientacyjnie można przyjąć, że strefę anomalii wyznacza przynajmniej łącznie stwierdzenie odpowiednio wysokich zawartości badanych pierwiastków w dziewięciu blisko położonych (najlepiej sąsiadujących) próbkach, nie leżących w jednej linii (najlepiej na trzech sąsiednich profilach i w trzech próbkach na profilu, w przypadku dużej odległości między profilami).

W sytuacji, gdy pobierane próbki z konieczności są odosobnione – jak w przypadku poszukiwań hydrogeochemicznych – wyniki ich badań przedstawia się na mapie w postaci odpowiednich znaków graficznych (np. diagramów słupkowych, kołowych) w miejscach opróbowania.

Dla wyznaczenia wartości anomalnych proponowane są różne kryteria oparte na wykorzystaniu metod statystyki matematycznej. W początkowej fazie badań wstępnie można przyjąć, że powinny to być wartości wyraźnie wyższe (3–5 krotnie) od klarkowych dla danego typu utworów. W bardziej zaawansowanej fazie wyznaczenie progu anomalii powinno być oparte na analizie rozkładów zawartości badanych pierwiastków. Jeśli są to rozkłady złożone, dwumodalne, za próg anomalii przyjmuje się zawartość uznaną za rozgraniczającą oba rozkłady (rys. 2.7a). W przypadku częstych rozkładów jednomodalnych, zwykle skośnych dodatnio (zawartość najczęstsza jest mniejsza od średniej arytmetycznej) za próg anomalii można przyjąć zawartości przynajmniej dwukrotnie większe od najczęstszych charakteryzujących tło (rys. 2.7b)<sup>5</sup>. Rozkłady zawartości pierwiastków śladowych są zwykle logarytmnormalne. Można wówczas założyć, że średnia wartość logarytmów



**Rys. 2.7.** Wyznaczanie wartości anomalnych

A – w przypadku rozkładu dwumodalnego, B– w przypadku rozkładu skośnego, C – j. p. na podstawie dekompozycji rozkładu (na wykresie probabilistycznym) f – częstość, F – częstość skumulowana

<sup>5</sup> Przy założeniu, że rozkład zawartości charakteryzujący tło jest symetryczny(normalny), a zawartość najczęstsza (modalna), a ściślej środek przedziału wartości najczęstszych, odpowiada średniej arytmetycznej zawartości charakteryzującej tło.

zawartości badanego pierwiastka (zarazem najczęstsza) charakteryzuje tło geochemiczne. Za próg anomalii można w takim przypadku umownie przyjąć zawartość większą o podwójne lub potrójne odchylenie kwadratowe logarytmów zawartości. Niejednokrotnie są to też rozkłady niejawnie złożone. Zauważa się to na wykresie rozkładu skumulowanego, przedstawionego w skali probabilistycznej w postaci jego załamania (rys. 2.7c). Możliwe jest wówczas wyróżnienie populacji próbek charakteryzujących tło i anomalie. Zakłada się, że w obu przypadkach rozkłady zawartości mogą być normalne (lub lognormalne). Reprezentują je linie proste styczne do odpowiednich części wykresu badanego rozkładu. Próg wartości anomalnych wyznacza percentyl 97,5% (zob. także aneks do części IV).

W Polsce i innych krajach rozwiniętych gospodarczo stosowanie metod geochemicznych: zdjęcia glebowego, aluwialnego, metod hydrogeochemicznych jest utrudnione przez antropogeniczne zanieczyszczenia gleb osadów rzecznych i wód podziemnych. Na terenach dawnej działalności górniczej fałszywe anomalie pojawiają się wzdłuż dawnych dróg transportu rudy, miejsc jej składowania i przeróbki.

#### 2.3.2.4. Metody geofizyczne

Metody geofizyczne w poszukiwaniu złóż spełniają dwojaką rolę jako sposób pozyskiwania informacji:

- wykorzystywanej pośrednio dla zbadania wglębnej budowy geologicznej,
- wykorzystywanej bezpośrednio – o występowaniu anomalii właściwości fizycznych górotworu związanych ze złożami kopalin (geofizycznych oznak złożowych).

Podstawowymi są metody sejsmiczne, grawimetryczne, magnetyczne, geoelektryczne i radiometryczne stosowane w różnych wariantach w zależności od cech fizycznych górotworu, które są przedmiotem badań, zastosowanych technik ich pomiaru i sposobów interpretacji wyników. Wybór metody zależy od celu poszukiwań (tab. 2.13). Zawsze – o ile to jest możliwe i uzasadnione – powinno się stosować kilka odpowiednio dobranych metod, których wyniki mogą się wzajemnie uzupełniać.

Stwierdzane anomalie geofizyczne są zawsze związane ze zróżnicowaniem właściwości fizycznych ośrodka skalnego w szczególności obecnością utworów o specyficznych właściwościach. Mogą one stanowić kopalinę albo utwory w charakterystyczny sposób przeobrażone w jej otoczeniu. Mogą też być niezwiązane z obecnością takich utworów, a spowodowane obecnością skał o specyficznym składzie mineralnym. Należy też mieć na uwadze, że interpretacja rodzaju utworów, których obecność powoduje stwierdzoną anomalię może być niejednoznaczna.

Rozmiary i kształt obszaru występowania anomalii i jej wyrazistość w stosunku do otoczenia (kontrastowość), zależą od rozmiarów ciała, które ją wywołuje, sposobu jego ułożenia i głębokości położenia (rys. 2.8). Wielkość i położenie ciała wywołującego anomalię można ocenić na podstawie jej interpretacji ilościowej, przy założeniu określonego jego modelu (kształtu, głębokości położenia).



Tabela 2.13

Metody geofizyczne stosowane w poszukiwaniu złóż

Metody	Fizyczne podstawy metody	Przedmiot pomiaru, jednostki pomiaru, odwzorowywane właściwości ośrodka skalnego	Sposób przedstawiania wyników. Zakres stosowania w poszukiwaniach złóż kopalin stałych. Wykrywanie anomalii jako oznak złożowych	Zasięg głębokościowy (w pracach poszukiwawczych)
1	2	3	4	5
Sejsmiczne (refrakcyjna, refleksyjna) (2D i 3D)	zróżnicowanie prędkości rozchodzenia się sztucznie wzbudzanych fal sejsmicznych w zależności od sprężystych właściwości skał	prędkość rozchodzenia się fal sprężystych [m/s]	przekroje sejsmiczne (sekcje czasowe). Mapy strukturalne wybranych powierzchni warstw. Rozpoznanie głębokiej budowy geologicznej. Niekiedy wykrywanie anomalnych cechy właściwości górotworu lub jego budowy związanych ze złożami	w zależności od techniki wzbudzania fal sejsmicznych i sposobu rejestracji do ponad 2 km
Grawimetryczne	zróżnicowanie ziemskiego pola grawitacyjnego	siła ciężkości; Mili gale (mg) zróżnicowanie gęstości przestrzennej skał	mapy anomalii siły ciężkości (anomalii residualnych), gradientu siły ciężkości, profile grawimetryczne. Rozpoznanie głębokiej budowy geologicznej. Wykrywanie złóż kopalin o dużej gęstości przestrzennej (rud Fe, Cr, masywnych siarczkowych, barytu) lub małej (wysady solne, węgle brunatne) w stosunku do otoczenia	w zależności od różnicy gęstości skał i rozmiarów ciała powodującego anomalie do kilkuset metrów
Magnetyczne (nazienne, lotnicze)	zróżnicowanie ziemskiego pola magnetycznego i podatności magnetycznej skał	natężenie pola magnetycznego całkowite (T), składowej pionowej (Z) i rzadziej poziomej (H); Nanotesla (nT) lub $\gamma$ , podatność magnetyczna skał	mapy natężenia pola magnetycznego i anomalii ( $\Delta T$ ), anomalii składowej pionowej ( $\Delta Z$ ), gradientów; mapy profili natężenia pola, profile magnetometryczne. Rozpoznanie budowy geologicznej, tektoniki (kartowanie geologiczne). Wykrywanie masywów skał i złóż z dużym udziałem minerałów ferromagnetycznych: skał zasadowych i ultrazasadowych, złóż rud magnetytowych, tytanomagnetytowych, pirotynowych, chromitu, aureoli rozproszonej mineralizacji magnetytovej wokół złóż rud (np. porfirowych), w otoczeniu wypalonych pokładów węgla, anomalie ujemne w strefach wokółzłożowych skał zmienionych o zmniejszonej podatności magnetycznej	w zależności od podatności magnetycznej skał i rozmiarów ciała powodującego anomalie do kilkuset metrów

Tabela 2.13 cd.

1	2	3	4	5
<p>Elektrooporowe (sondowania, profilowanie)</p> <p>Potencjałów własnych (polaryzacji naturalnej)</p> <p>Polaryzacji wzbudzonej</p>	<p>deformacje rozkładu pola elektrycznego</p> <p>wytworzonego sztucznie w środowisku skalnym, spowodowane zróżnicowaniem oporności skał</p>	<p>oporność pozorna (łączna kompleksu skalnego) [Ωm]</p> <p>oporność, przewodność skał</p>	<p>wykresy sondowań, profile, mapy, przekroje oporności (geoelektryczne).</p> <p>Kartowanie geologiczne (śledzenie granic utworów o różnych cechach litologicznych pod nadkładem skał młodszych), lokalizacja stref uskokowych.</p> <p>Wykrywanie złóż kopalin o wyraźnej różnej oporności w stosunku do otoczenia (rud siarczkowych, węgla, kopalin ilastych, kwarcu żyłowego itp.).</p> <p>Wykrywanie stref występowania wokół złożowych skał zmienionych</p>	<p>w zależności od układu pomiarowego do około 200–300 m.</p> <p>Przy odpowiednich układach pomiarowych do 1–2 km</p>
	<p>zróżnicowanie naturalnego pola elektrycznego w środowisku geologicznym w wyniku różnych właściwości skał lub zachodzących w nim procesów elektrochemicznych (wietrzeniowych, hydrotermalnych), dyfuzyjno-absorpcyjnych, filtracyjnych</p>	<p>różnica potencjałów, gradient potencjałów [mV]</p> <p>Przewodność, utlenialność</p>	<p>mapy i profile potencjałów własnych.</p> <p>Wykrywanie rud siarczkowych (przede wszystkim masywnych), kopalin grafitowych, stref wokółzłożowych skał zmienionych</p>	<p>do kilkudziesięciu m</p>
	<p>chwilowa polaryzacja elektryczna utworów skalnych wywołana przepływem impulsu prądu</p>	<p>polaryzowalność (spadek przemijającej różnicy potencjałów mV po impulsie prądowym w czasie, ms), współczynnik polaryzacji wzbudzonej η%;</p> <p>Zróżnicowanie oporu ośrodka w zależności od częstotliwości prądu wzbudzającego</p>	<p>profile polaryzacji wzbudzonej, mapy, mapy profili, wykresy sondowań, przekroje.</p> <p>Wykrywanie mineralizacji siarczkowej (masywnej i rozproszonej), stref wokółzłożowych skał zmienionych, aureoli rozproszonej mineralizacji (pirytowej, magnezytowej)</p>	<p>do kilkuset m</p> <p>w zależności od źródła prądu, czułości aparatury, wielkości wykrywanego obiektu.</p> <p>Stosunków współczynników polaryzacji obiektu i otoczenia</p>

Geoelektryczne i elektromagnetyczne

2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

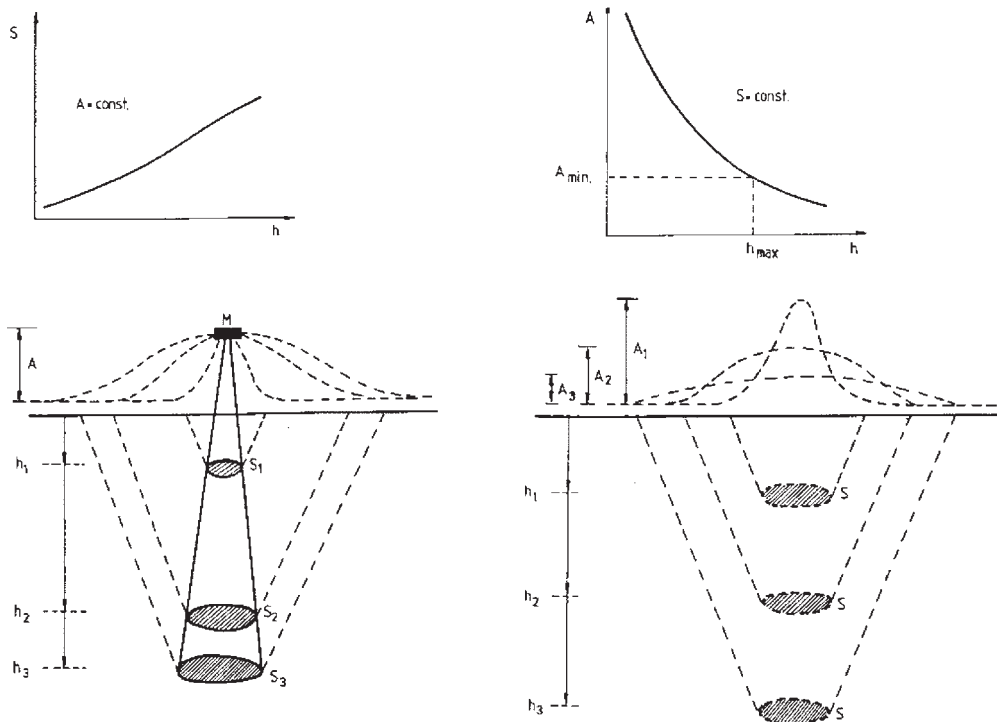
Tabela 2.13 cd.

1	2	3	4	5
Ładunku elektrycznego (ciała naładowanego)	pole elektryczne w środowisku geologicznym wokół sztucznie naelektryzowanego przewodnika (złoża)	różnica potencjałów, gradient potencjałów [mV]	profile i mapy potencjału. Określanie zasięgu wcześniej wykrytych nagromadzeń kopalin stanowiących zwarte przewodniki elektryczne (np. masywnych magnetytowych, siarczkowych)	do 200–250 m w zależności od formy i ułożenia złoża
Elektromagnetyczne (naziemna, lotnicza)	pole elektromagnetyczne w ośrodku skalnym sztucznie wzbudzone przez pole elektromagnetyczne o zmiennej częstotliwości	pozioma i pionowa składowa oraz kąt nachylenia wypadkowej pola magnetycznego (elipsy polaryzacji), stosunki amplitud i przesunięcie faz składowych wypadkowego pola magnetycznego, zróżnicowanie potencjałów pola elektrycznego, oporność skał	profile i mapy mierzonych parametrów. Rozpoznanie wgłębnej budowy geologicznej, stref uskokowych Wykrywanie rud metali, kopalin grafitowych	zwykle do około 100 m, Sondowania do około 1000 m
Radiofalowe (VLF)	pole elektromagnetyczne wzbudzone w ośrodku skalnym przez fale radiowe, odbicie i pochłanianie fal radiowych	składowe pola magnetycznego i elektrycznego, oporność pozoma skał [Ωm]	profile i mapy mierzonych parametrów. Rozpoznanie wgłębnej budowy geologicznej. Wykrywanie złóż rud metali, złóż kruszywa piaskowo-żwirowego, ilów, kopalin skalnych w otoczeniu utworów o odmiennych właściwościach geoelektrycznych	do kilkudziesięciu m (zwykle do ok. 30 m)
Magnetotelluryczne	zmiany (wariacje) naturalnego pola elektromagnetycznego (magnetotellurycznego), których źródłem jest działalność Słońca i jonosfera, lub które są sztucznie wzbudzone z odległych kontrolowanych źródeł fal EM (metoda CSAMT)	składowe pola elektrycznego (E) i magnetycznego (H), czasokres wariacji magnetotellurycznej; natężenie pola tellurycznego (elektrycznego); zróżnicowanie oporności skał [Ωm]	wykresy sondowań, przekroje oporności pozomej (magnetotelluryczne), profile i mapy natężenia tellurycznego pola elektrycznego. Rozpoznanie wgłębnej budowy geologicznej. Wykrywanie stref mineralizacji siarczkowej i wokółzłożowych skał zmienionych	do ponad 2 km

Tabela 2.13 cd.

1	2	3	4	5
Radiometryczna naturalnej promieniotwórczości gamma (naziemna, samochoodowa, lotnicza)	naturalna promieniotwórczość skał	natężenie promieniowania gamma impulsy/s (cps) [ $\mu\text{R}/\text{s}$ ]	profile, mapy natężenia promieniowania gamma. Wykrywanie złóż rud pierwiastków radioaktywnych, fosforytów, soli potasowych, rud ziem rzadkich; Wykrywanie stref uskokowych. Śledzenie zróżnicowania litologicznego skał, zróżnicowania masywów kwaśnych skał magmowych	pod nadkładem do około 0,5–1 m
Spektrometryczna gamma (naziemna, lotnicza)	zróżnicowanie zawartości pierwiastków i izotopów promieniotwórczych, przede wszystkim U, Th i $\text{K}^{40}$	natężenie składowych widma promieniowania gamma	profile, mapy natężenia promieniowania gamma w przeliczeniu na zawartości U, Th, $\text{K}^{40}$ oraz stosunków ich zawartości. Wykrywanie złóż rud pierwiastków radioaktywnych, fosforytów, soli potasowych, rud ziem rzadkich. Śledzenie zróżnicowania litologicznego skał. Ocena potencjalnej rudonośności skał na podstawie zróżnicowania zawartości U, Th, $\text{K}^{40}$ i ich stosunków, wykrywanie stref feldszpatyzacji	j.w.
Emanometryczna	zróżnicowanie zawartości Rn, Tn w powietrzu glebowym	stężenie emanacji Rn, Tn (jonizacji cząsteczkami $\alpha$ ) eman = $10^{-10}$ Ci/dm <sup>3</sup>	profile, mapy natężenia emanacji. Wykrywanie rud pierwiastków radioaktywnych (U, Th), stref uskokowych	do kilkudziesięciu i więcej m w zależności od możliwości migracji emanacji Rn i Tn ku powierzchni
Merkurometryczna	zróżnicowanie zawartości par rtęci w powietrzu glebowym. Zjawisko Zeemana w atomach par rtęci – rozszczepienia linii widmowych w polu magnetycznym	zmiana intensywności absorpcji światła przez pary rtęci w polu magnetycznym przeliczone na zawartość gHg/m <sup>3</sup> ( $10^{-6}$ )	profile mapy zawartości Hg. Wykrywanie złóż rud metali, którym towarzyszą atmochemiczne aureole rtęciowe (Hg, Au, Zn-Pb, pirytowych Cu)	do kilkudziesięciu i więcej m w zależności od możliwości migracji par rtęci ku powierzchni

Radiometryczne



Rys. 2.8. Zależność anomalii od głębokości położenia i rozmiarów ciała, które jest jej źródłem (schemat)

Istotne znaczenie dla wykrycia i interpretacji anomalii ma gęstość i rozmieszczenie punktów pomiaru. Przy zbyt rzadkiej sieci tych punktów stwierdzone anomalie mogą być rozproszone i zinterpretowane w sposób niewłaściwy. W takich przypadkach, gdy interpretacja wyników badań może budzić wątpliwości, konieczne jest zagęszczenie siatki punktów pomiaru. W szczególności zagęszczone powinny być w otoczeniu odosobnionych anomalii, które mogą pochodzić na przykład od cienkich utworów żyłowych nie napotkanych w innych miejscach pomiaru.

W poszukiwaniu złóż zakrytych i ukrytych ważnych informacji dostarczają metody pozwalające na śledzenie zróżnicowania właściwości ośrodka skalnego w przekroju lub na różnych głębokościach (w przekrojach poziomych). Szczególnie użyteczne są metody geoelektryczne, magnetotelluryczne (rys. 2.9).

Metody geofizyczne mają najszersze zastosowanie w poszukiwaniu złóż zakrytych i ukrytych, w szczególności rud metali. Anomalie geofizyczne są często podstawowymi i jedynymi oznakami pośrednimi ich obecności. Pozwalają na wstępne określenie obszaru występowania prawdopodobnego złoża. Interpretacja ilościowa anomalii pozwala niekiedy także na wstępne określenie hipotetycznych zasobów.

Metody geofizyczne znajdują również zastosowanie w dalszym rozpoznawaniu złóż, omówionym w rozdz. 3.5.

### 2.3.3. Ocena wyników poszukiwań wstępnych

Stwierdzone oznaki złożowe wskazują tylko na możliwość występowania złoża w miejscu ich stwierdzenia lub w ich pobliżu. Dla stwierdzenia złoża konieczne są dalsze badania. Ocenę szans sukcesu, którym może być znalezienie złoża, przeprowadza się w sposób ekspercki na podstawie waloryzacji stwierdzonych oznak.

Przykładowo: W obszarze perspektywnym dla występowania złóż porfirowych Mo, nisko-fluorowych na etapie poszukiwań wstępnych stwierdzono obecność małej intruzji diorytowo-monzonitowej z przejawami mineralizacji sztokwerkowej, kwarcowej z molibdenitem. Złoża porfirowe Mo mają zasoby od kilkunastu do około 500 mln t i przeciętnie około 100 mln t rudy o zawartości Mo od 0,05 do 0,13% Mo, przeciętnie około 0,08% Mo. Rozmiary intruzji i obszaru występowania przejawów mineralizacji sugerują możliwość występowania nawet dużego złoża. Dalsza kontynuacja prac poszukiwawczych – poszukiwania szczegółowe w celu stwierdzenia złoża – może być uzasadniona, jeśli ich wynik będzie interesujący dla finansującego te prace i zechce podjąć ryzyko ich prowadzenia.

Ocena wyników poszukiwań wstępnych, które jeszcze nie doprowadzają do stwierdzenia złoża może być przeprowadzona tylko w sposób opisowy, wspomagany oceną wskaźnikową znaczenia stwierdzonych oznak złożowych.

Wstępną taką ocenę można przeprowadzić metodą waloryzacyjną – punktową w sposób przedstawiony w tabeli 2.14 a i b.

**Tabela 2.14a**

Ocena punktowa oznak złożowych

Cechy oznak	Ocena punktowa [m]		
	2	1	0
Mineralizacja	intensywna, bogata, wyraźnie widoczna lub wyraźne oznaki jej obecności (np. kawerny po wyługowanych, dających się identyfikować, minerałach rudnych)	mało intensywna, uboga	brak lub tylko śladowa
Anomalie geochemiczne lub geofizyczne	wyraźne kontrastowe	mało wyraźne, niekontrastowe	brak lub słabo zaznaczone
Zmiany skał otaczających	intensywne o szerokim rozprzestrzenieniu, charakterystyczne dla określonych typów złóż	mało intensywne, występujące na niewielkim obszarze	brak lub nietypowe
Rozprzestrzenienie	duże na znacznym obszarze (np. pola żyłne, strefy mineralizacji lub anomalii)	małe (np. pojedyncze cienkie żyły, niewielkie strefy mineralizacji lub anomalii)	punktowe (odosobnione odsłonięcia, okruchy w aluwkach)
Warunki występowania	charakterystyczne dla złóż określonego typu	mało charakterystyczne	niecharakterystyczne, nie określone

2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

**Tab. 2.14b**

Ocena wartości kopaliny i oczekiwanej, możliwej wielkości złoża (w danych warunkach geologicznych).

Oceniana cecha	Ocena punktowa ( $k_1, K_2$ )		
	3	2	1
Wartość kopaliny ( $k_1$ )	wyjątkowo cenne (np. rudy Au, W, U)	o dużej wartości (np. rudy Cu, Zn-Pb)	o przeciętnej lub małej wartości
Możliwa wielkość złoża (przewidywanego typu złoża) $k_2$	duże bogate	małe ubogie	bardzo małe ubogie lub nieokreślone

Ostateczną ocenę oznak złożowych opisuje formuła:

$$M = k_1 k_2 \sum_{i=1}^5 m_i$$

Na tej podstawie można oceniać celowość podejmowania poszukiwań szczegółowych w zależności od klasy oznak (tab. 2.14c)

**Tabela 2.14c**

Ocena oznak złożowych

Klasa oznak	Ocena punktowa M	Charakterystyka oznak złożowych	Proponowane dalsze prace poszukiwawcze	Oczekiwane wyniki
I	ponad 60	bardzo wyraźne oznaki złożowe, typowe dla określonych typów złóż cennych kopalin, rokujące duże nadzieje na znalezienie złoża	poszukiwania szczegółowe w rejonie stwierdzonych oznak i najbliższym otoczeniu (kartograficzne, geochemiczne, geofizyczne z użyciem wyrobisk górniczych lub wierceń)	udokumentowanie złoża w kategorii D ( $D_1$ lub $C_2$ )
II	31–60	wyraźne oznaki rokujące nadzieje na znalezienie złoża	poszukiwania w rejonie stwierdzonych oznak i ich otoczeniu (kartograficzne, geochemiczne, geofizyczne w miarę potrzeby z użyciem wyrobisk górniczych lub wierceń)	określenie rozprzestrzenienia oznak, sprecyzowanie poglądów odnośnie możliwości występowania złoża (określonego typu) i możliwej, oczekiwanej jego wielkości
III	11–30	wyraźne oznaki rokujące nadzieje na znalezienie złoża kopalin mało cennych lub mało wyraźne oznaki kopalin cennych	jak wyżej	jak wyżej
IV	poniżej 30	oznaki kopalin mało cennych lub mało interesujące, nikłe, nie wskazujące na możliwość występowania złoża godnego zainteresowania	dalsze szczegółowe prace poszukiwawcze mało celowe	

**Tabela 2.15**  
Wskaźniki oceny atrakcyjności i wartości obszaru dla ubiegania się o koncesję na prace poszukiwawcze lub rozpoznawcze (metoda Kilkburna)

Lokalizacja w stosunku do anomalii i objawów mineralizacji w sąsiedztwie I		Wystąpienia kopaliny w badanym obszarze (mineralizacji w przypadku złóż rud) m		Anomalie w badanym obszarze a		Warunki geologiczne g	
Rodzaj	Punkty	Rodzaj	Punkty	Rodzaj	Punkty	Rodzaj	Punkty
Jedna lub współwystępujące dwie charakterystyczne różne anomalie w sąsiedztwie	1,3	obszar występowania kopaliny wskazującej na złożę przynajmniej o wartości nie mniejszej niż 50% wymaganej dla złoża	2	jedna anomalia geochemiczna lub geofizyczna	2	jedna lub dwie cechy geologiczne charakterystyczne dla złóż określonego typu	2
Trzy lub więcej charakterystycznych anomalii w sąsiedztwie	1,5	obszar wystąpienia objawów kopaliny uznany za złożowy	3	dwie lub trzy różne skorelowane charakterystyczne anomalie	3	trzy lub więcej cech geologicznych charakterystycznych dla złóż określonego typu	3
Stwierdzony w sąsiedztwie obszar wystąpienia kopaliny (mineralizacji) wskazujący na złożę, przynajmniej o wartości nie mniejszej niż 50% wymaganej	1,5	złożę o wartości co najmniej 50% w stosunku do wymaganej dla złoża (pozabilansowe)	5	cztery lub więcej skorelowanych charakterystycznych anomalii	3,5		
Stwierdzony w sąsiedztwie obszar występowania kopaliny (mineralizacji) uznanej za złożową	2	złożę bilansowe	6-7				
Stwierdzone w sąsiedztwie złożę o wartości co najmniej 50% w stosunku do wymaganej dla złoża (pozabilansowe)	2,5	była kopalnia	7-8				
Stwierdzone w sąsiedztwie złożę bilansowe	3	była duża kopalnia	9-10				
W sąsiedztwie złożę eksploatowane obecnie lub w przeszłości	4						
Duże złożę eksploatowane obecnie lub w przeszłości	5						



Stosowana jest też bardziej złożona metoda Kilburna. Ocenia się w niej na podstawie wyników poszukiwań „techniczną” wartość koncesji dla dalszych prac:

$$W = l.m.a.g$$

gdzie: l, m,a,g – odpowiednio ocena punktowa lokalizacji, mineralizacji, anomalii, cech budowy geologicznej (tab. 2.15). Proponowane są też różne metody oparte na zastosowaniu oceny wartości potencjalnego złoża oparte na przyjęciu możliwego modelu ilościowego oczekiwanych zasobów i uproszczonego rachunku ekonomicznego (H. Wirth i in. 2009).

#### **2.4. Ocena perspektyw złożowych i poszukiwania wstępne złóż kopalin skalnych**

Kopaliny skalne w większości przypadków eksploatowane są sposobem odkrywkowym, a zatem ze złóż płytko położonych. Upraszcza to znacznie wyznaczanie obszarów perspektywicznych ich występowania i ich dalsze poszukiwania, gdyż podstawą dla nich są przede wszystkim wyniki kartowania geologicznego na powierzchni, zarejestrowane rozmieszczenie wychodni odpowiednich utworów i interpretowany ich możliwy zasięg pod nakładem utworów młodszych. Rozpatrywane są zatem łącznie przesłanki i oznaki złóż. Przyjmuje się, że dla wyznaczenia obszarów perspektywicznych występowania złóż tych kopalin wystarczające są mapy geologiczne w skali 1:50 000 (np. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski). Ograniczenia dla możliwego wykorzystania złóż stwarza: zabudowa terenu i wymagania ochrony środowiska w szczególności jego walorów krajobrazowych. Przyjmuje się w związku z tym, że obszary perspektywicznego występowania kopalin powinny być przedstawiane na Mapach Geośrodowiskowych. Na mapach tych przedstawiane są także obszary objęte ochroną krajobrazu, główne zbiorniki wód podziemnych, obszary występowania gleb chronionych, lasy, a zatem czynniki ograniczające możliwość wykorzystania złóż. Sposób sporządzania takich map określa „Instrukcja opracowania mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000” (Instrukcja... 2005).

Obszarem perspektywicznym występowania kopaliny jest teren zarejestrowanego występowania odpowiedniej jednostki surowcowej. Jednostką surowcową jest zespół utworów, charakteryzujących się określonymi cechami litologicznymi i właściwościami decydującymi o ich przydatności surowcowej. Wydziela się w nich serie, kompleksy i zespoły.

Seria surowcowa jest to duży kompleks utworów (warstw) o podobnych cechach litostratygraficznych i facjalnych (np. wapienna jury górnej, dolomitowa triasu środkowego).

Kompleks surowcowy stanowi grupa warstw o zbliżonych cechach litologicznych (mineralogiczno-petrograficznych) i właściwościach fizycznych, chemicznych, technologicznych określających ich przydatność surowcową (np. dolomitowy – kruszywowy).

Zespół surowcowy obejmuje występujące w profilu sąsiadujące kompleksy surowcowe niezależnie od ich pozycji (przynależności do określonych serii), ale kwalifikujących się łącznie do określonych zastosowań.

Możliwe relacje serii, kompleksów i zespołów surowcowych ilustruje schemat na rysunku 2.10.

Serie	Kompleksy	Zespoły
IV	10	Kwalifikujący się do ...
	9	Kwalifikujące się do...
	8	
	7	Kwalifikujące się do...
III	6	Kwalifikujące się do...
	5	
	4	
II	3	Kwalifikujący się do...
	2	
(Kompleks płonny)		
I	1	Kwalifikujący się do ...

**Rys. 2.10.** Przykładowy schemat relacji między wyróżnianymi jednostkami litologiczno-surowcowymi (wg K. Wyrwickiej i S. Kozłowskiego 1988 zmodyfikowany)

Obszar występowania określonej jednostki surowcowej wyznacza się na podstawie odsłoneń naturalnych i wyników wierceń, sond lub wyjątkowo badań geofizycznych, oraz interpretacji kartograficznej jej zasięgu. Przyjmuje się, że jednostka surowcowa o znaczeniu perspektywicznym może występować pod nakładem nie większym niż około pięć metrów w przypadku kopaliny ilastych lub kruszywa naturalnego żwirowo-piaskowego i kilkunastu metrów w przypadku kopaliny zwięzłych (wapienie, dolomity, piaskowce, skały magmowe i meramorficzne) przy odpowiednim stosunku grubości nakładu do miąższości potencjalnej kopaliny (tab. 2.16). Jeśli brak jest danych bezpośrednich o grubości nakładu, zasięg odpowiedniej jednostki surowcowej pod jego przykryciem można interpretować na podstawie przekrojów geologicznych. Nie wyznacza się obszarów perspektywicznych na terenach z trwałą zabudową powierzchni (powinny to być tereny, na których odległości między zabudowaniami są mniejsze od 200 m) oraz na terenach parków narodowych i rezerwatów przyrody. W przypadku kopaliny powszechnie występujących lub pospolitych w danym regionie nie wyznacza się w zasadzie obszarów perspektywicznych na obszarach parków krajobrazowych, siedlisk Natury 2000 oraz na terenach zalesionych.

Wyróżnić można przynajmniej trzy rodzaje obszarów perspektywicznych (niezaznaczanych w sposób odrębny na mapach geodrodowskich), wyznaczanych na podstawie stwierdzenia występowania:

**Tabela 2.16**

Orientacyjne kryteria dla wyznaczania obszarów perspektywicznych kopalin skalnych

Rodzaj kopalin	Parametry wyznaczające granice obszaru perspektywicznego		
	minimalna możliwa miąższość złoża [m]	Maksymalna grubość nadkładu N [m]	N/Z
Zwięzłe skalne nie bloczne	10	10–15	0,2
Zwięzłe skalne bloczne	5	10–15	1
Ilaste budowlane	2	5	0,5
Ilaste ceramiki szlachetnej	2	10–15 (200*)	2
Piaski budowlane (skaleniowo-kwarcowe)	2	3–5	0,3
Żwiry, piaski ze żwirem	2	5	0,5–1
Piaski kwarcowe (szklarskie)	2	10	0,5

\* W przypadku możliwej eksploatacji podziemnej.

1) kopaliny o odpowiedniej jakości (znanej bądź w wyniku przeprowadzonych wcześniej badań, bądź sygnalizowanej przez podejmowaną jej eksploatację, w istniejących lub zaniechanych wyrobiskach odkrywkowych),

2) utworów o cechach litologicznych analogicznych do cech podobnych utworów w obszarach, gdzie ich właściwości jako kopaliny zostały stwierdzone,

3) utworów o cechach litologicznych pozwalających przypuszczać, że mają one właściwości kopaliny.

Obszary zbadane w stopniu umożliwiającym orientacyjne określenie miąższości i jakości kopaliny oraz wstępne wyznaczenie granic terenu jej występowania i zasobów, określa się i zaznacza na mapie jako prognostyczne oraz wykazuje i dokumentuje jako zbadane w kategorii D.

### 2.5. Poszukiwania szczegółowe

O odkryciu złoża, a zatem zakończeniu poszukiwań można mówić, gdy zostanie określony chociażby w sposób przybliżony obszar jego występowania, stwierdzony rodzaj kopaliny tworzącej złożo, jej jakość i jej zasoby. Taki stan zbadania złoża wymaga uzyskania informacji o nim w przestrzeni trójwymiarowej, a zatem nie tylko w powierzchniowym obrazie kartograficznym, ale także na różnej głębokości w obszarze oczekiwanego występowania złoża.

Dla udokumentowania złoża na tym etapie, przynajmniej w kat. D, niezbędne jest zbadanie jakości kopaliny albo co najmniej w kilku punktach rozpoznawczych (odsłonięciach, otworach wiertniczych, wyrobiskach górniczych), albo dysponowanie danymi geo-

fizycznymi, które pozwalają na nie budzącą wątpliwości identyfikację kopaliny potwierdzoną zbadaniem jej właściwości w pobranych próbkach.

W przypadku poszukiwań złóż kopalin skalnych stwierdzonych w odsłonięciach na powierzchni, wystarczające dla wstępnego udokumentowania złoża mogą być: kartowanie geologiczne na powierzchni, badania geofizyczne i opróbowanie odsłoneń. Jednakże trzeba mieć na uwadze, że mogą być one zmodyfikowane w strefie przypowierzchniowej przez procesy wietrzeniowe. W takich przypadkach wykonanie dodatkowo otworów wiertniczych może być nieodzowne w celu uzyskania próbek do badań jakości kopaliny poniżej strefy wietrzenia.

#### **Złoże dolomitu przewidzianego do eksploatacji jako kruszywo naturalne**

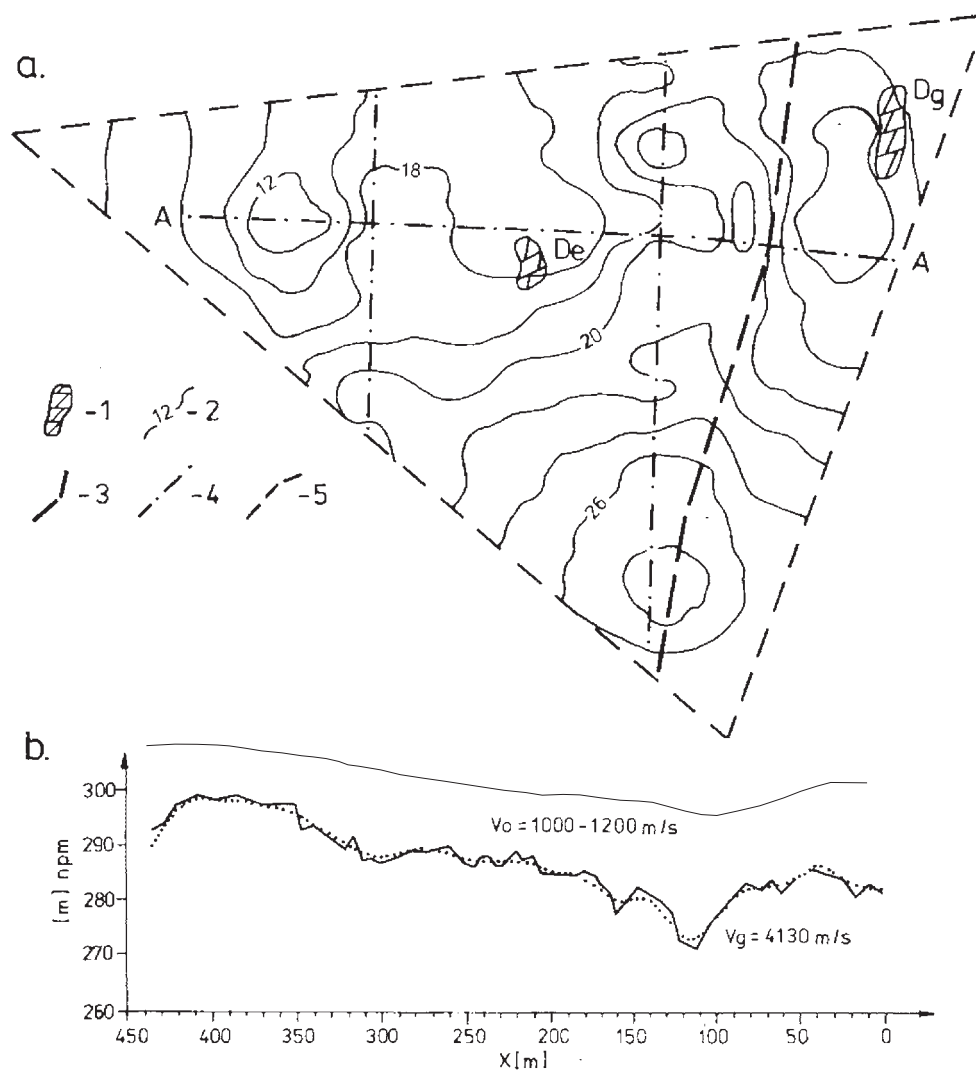
W odsłonięciach naturalnych stwierdzono dolomity dewońskie eiflu i żywetu. Ich rozmieszczenie i obniżenie morfologiczne między nimi wskazuje, że rozcięte są uskokiem. Otoczaki skał skandynawskich sygnalizują obecność w nadkładzie osadów lodowcowych. Próby pobrane z odsłoneń wskazują na odpowiednią jakość kopaliny, znaną też z innych złóż takich dolomitów. Wykonane na obszarze przewidywanego złoża profile sejsmiczne pozwalają na określenie grubości nadkładu i dolomitów zwietrzałych, o obniżonych parametrach fizyczno-mechanicznych, oraz występowanie dolomitu o bardzo dobrych właściwościach poniżej (rys. 2.11). Na tej podstawie możliwe jest wstępne udokumentowanie złoża.

#### **Złoże wapieni jurajskich**

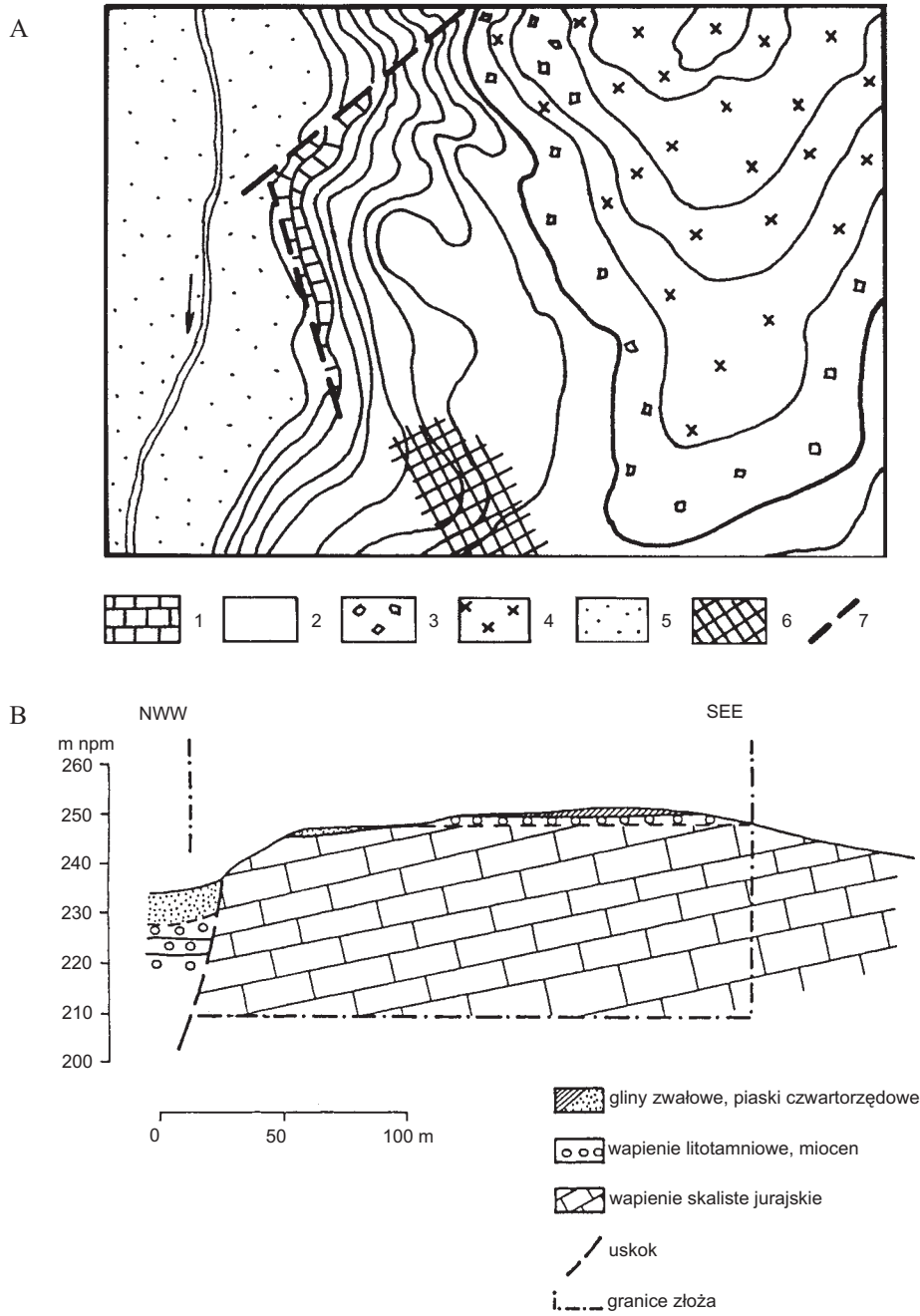
W odsłonięciach w stromym brzegu potoku stwierdzono występowanie zbrekcjonowanych wapieni skalistych. Ich właściwości są znane w innych złożach. Na podstawie kartowania geologicznego stwierdzono obecność otoczków skał skandynawskich w szczytowej części wzniesienia i niżej, okruchów wapieni litotamniowych, które zanikają poniżej progu morfologicznego. W części południowej obszaru obecne są lejki krasowe z ogładzonymi bryłami wapieni. Obserwacje kartograficzne pozwalają na interpretację budowy złoża i jego nadkładu (rys. 2.12) oraz jego udokumentowanie w kategorii D. Dla jego udokumentowania w kategorii wyższej konieczne jest wykonanie co najmniej dwóch otworów wiertniczych w celu uzyskania próbek do badań jakości kopaliny (wapieni) i badań geofizycznych (elektrooporowych) dla wyznaczenia zasięgu stref skrasowienia.

W większości przypadków – zwłaszcza złóż zakrytych lub ukrytych – konieczne jest wykonanie wierceń lub wyrobisk górniczych rozmieszczonych w sposób w miarę regularny na badanym obszarze. Powinny być one rozmieszczone w taki sposób, by można było albo stwierdzić albo wykluczyć obecność złoża, którego zasoby, jakość kopaliny i warunki występowania pozwalają na uznanie go za interesujące z punktu widzenia możliwości jego eksploatacji. Sposób realizacji prac poszukiwawczych szczegółowych jest zbliżony do wykonywanych w celu rozpoznania złoża, omówionych w rozdziale 3.

Na etapie poszukiwań szczegółowych wykonane obserwacje powinny pozwolić na wstępną ocenę wartości gospodarczej złoża. Stanowi to podstawę dla zainteresowania złożem i dla podjęcia ewentualnego jego dalszego rozpoznania.



**Rys. 2.11.** Rozpoznanie złoża dolomitów na podstawie kartowania i opróbowania na powierzchni oraz badań geofizycznych (wg J. Góreckiego 2000)  
 a – mapa miąższości nadkładu, 1 – odsłonięcia dolomitów, 2 – izolinie miąższości nadkładu, 3 – uskok interpretowany na podstawie mapy geologicznej i profilowania sejsmicznego, 4 – profile sejsmiczne, 5 – granice obszaru dokumentowanego, b – profil sejsmiczny A-A



**Rys. 2.12.** Wstępna dokumentacja złoża na podstawie kartowania powierzchniowego (Lubania koło Chmielnika)  
 A – mapa: 1 – odsłonięcia wapieni jurajskich, 2 – wapień pod przykryciem gleby, 3 – okruchy wapieni litotamniowych w glebie, 4 – otoczaki skał skandynawskich, 5 – osady aluwialne, 6 – strefa występowania lejów krasowych i ogładzonych bloków wapieni; B – przekrój

## 2. Poszukiwanie złóż kopalin stałych

W sposób bardzo ogólny, wstępny, ocenę porównawczą różnych złóż na etapie prac poszukiwawczych szczegółowych można przeprowadzić metodą wloryzacyjną – punktową w skali 0–10 punktów (tab. 2.17). Bardziej szczegółowa ocena wymaga wykonania pogłębionych prac studialnych i analiz ekonomicznych na temat możliwości i celowości zagospodarowania złoża. Uzyskane dane o złożu powinny zarazem umożliwić przeprowadzenie wstępnych studiów nad zagospodarowaniem przestrzennym rejonu, w którym złożo występuje. Pozytywny wynik oceny złoża może być podstawą dla podjęcia dalszych badań w celu uzyskania danych niezbędnych dla projektowania górniczego. Stanowią one już etap rozpoznawania złoża.

**Tabela 2.17**

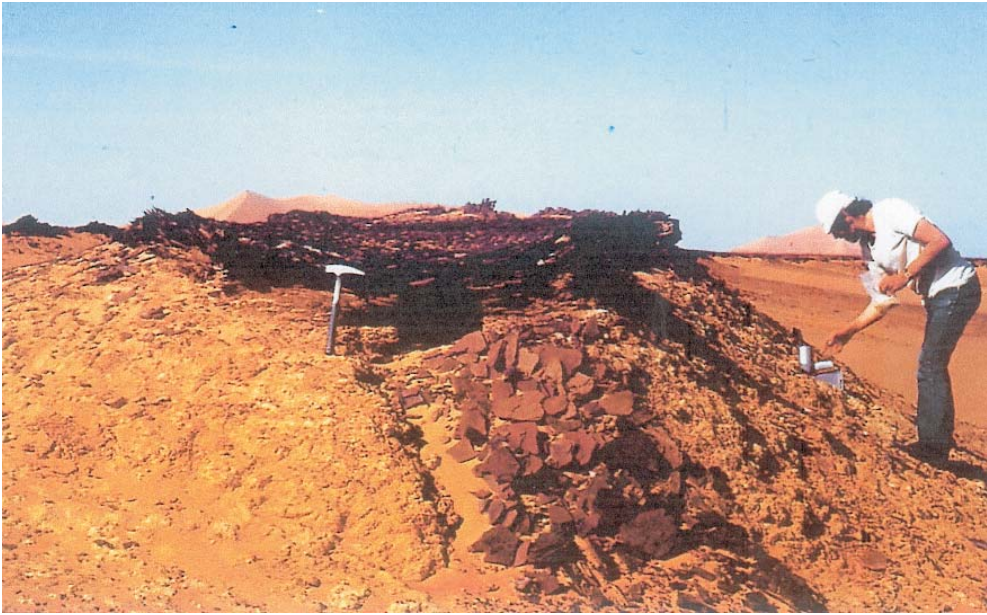
Wstępna ocena złóż (W. M. Kreiter 1960)

Cechy złoża (oczekiwane – możliwe lub stwierdzone)	Ocena punktowa		
	2	1	0
Zasoby	duże	przeciętne	małe
Jakość kopaliny	wysoka	przeciętna	niska
Zasobność (ilość kopaliny na m <sup>2</sup> )	duża	przeciętna	niska
Geologiczne warunki eksploatacji	korzystne	przeciętne	niekorzystne
Uwarunkowania przyrodnicze i planistyczne zagospodarowania złoża*	brak ograniczeń	zagospodarowanie złoża utrudnione	silne ograniczenia dla zagospodarowania złoża

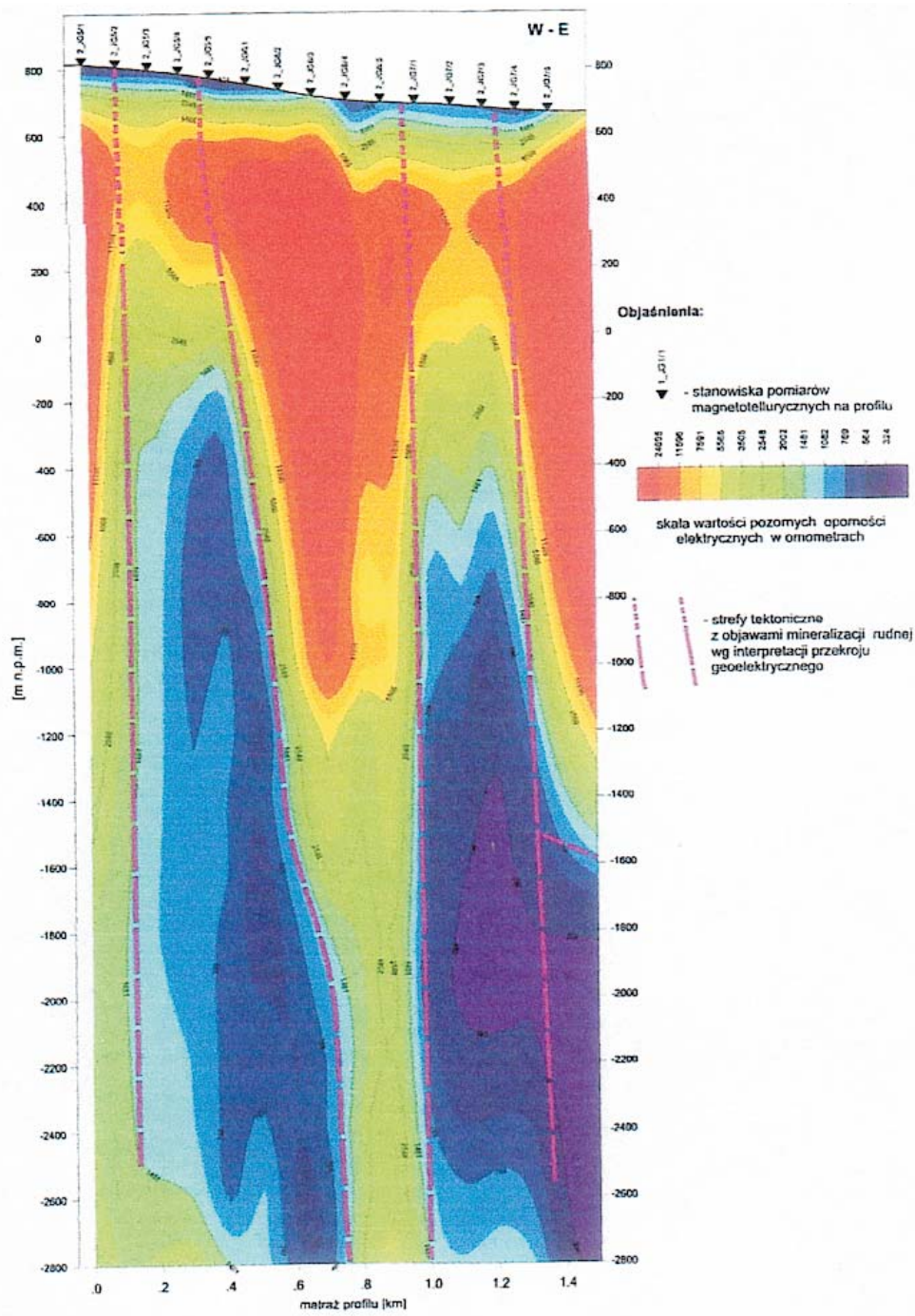
\* W oryginalnej klasyfikacji zagospodarowanie rejonu występowania złoża.







**Rys. 2.6.** Pomiar radioaktywności skał w odsłonięciu licznikiem scyntylacyjnym



Rys. 2.9. Magenetotelluryczny przekrój opornościowy przez strefę mineralizacji rudnej w Czarnowie (Rudawy Janowickie, Dolny Śląsk wg M. Stefaniuka i in. 2011)

## ROZPOZNAWANIE ZŁÓŻ KOPALIN

---

### 3.1. Cele rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalin

Podstawą dla projektowania i prowadzenia eksploatacji złoża oraz działań zmierzających do ochrony środowiska w związku z tą eksploatacją są dane geologiczne o złożu i jego otoczeniu. Zdobywane są one w wyniku prowadzenia systematycznych badań przed podjęciem działalności górniczej.

Zadaniem prac poszukiwawczych jest znalezienie złoża, które może być przedmiotem zainteresowania jako obiekt przyszłej eksploatacji. Prace rozpoznawcze powinny dostarczyć danych niezbędnych dla oceny możliwości zagospodarowania złoża, projektowania i podejmowania jego eksploatacji oraz planowania użytkowania kopaliny. Przedstawiane są one w **dokumentacji geologicznej**, sporządzanej w myśl określonych zasad. Jej zadaniem jest prezentacja danych o złożu w sposób uporządkowany w celu ułatwienia jej wykorzystania przez jej użytkowników. Są nimi nie tylko geolodzy, ale także projektanci górniczy, ekonomiści i osoby zajmujące się planowaniem zagospodarowania przestrzennego.

W dokumentacji geologicznej przedstawione zostają informacje o złożu i jego otoczeniu w formie:

- opisu słownego,
- opracowań kartograficznych,
- zestawień tabelarycznych,

wykonanych według określonego schematu. Przepisy prawa geologicznego i górniczego formułują w stosunku do dokumentacji geologicznych złóż pewne wymagania formalne. Należy jednak pamiętać, że są to przede wszystkim opracowania zawierające określoną treść geologiczną, podporządkowaną potrzebom projektowania wykorzystania złoża przez jego eksploatację. W stosunku do tego wymagania formalne są kwestią wtórną, a nie nadrzędną, ale ich przestrzeganie **bezwzględnie** obowiązuje.

W warunkach rynkowych poszukuje się takich sposobów realizacji prac zmierzających do odkrycia i zbadania złoża, których koszty będą minimalne. Ma to istotne znaczenie zarówno dla metodyki prac poszukiwawczych jak i rozpoznawczych. Powinny także prowadzić do uzyskania oczekiwanych wyników w możliwie najkrótszym czasie.

Z eksploatacją złoża kopaliny użytecznej wiąże się zawsze duże ryzyko, określane jako ryzyko górnicze. Jest to niepewność, z jaką podejmuje się projektowanie zakładu górniczego i jego budowę, wynikające z niedokładnej znajomości złoża, które ma być eksploatowane. Niepewność ta towarzyszy także górnikowi w trakcie prowadzenia eksploatacji. Powodują ją dodatkowo zjawiska naturalne zachodzące w górotworze w wyniku wykonania w nim wyrobisk górniczych. Ryzyko to jest związane z:

- występowaniem zagrożeń naturalnych istotnych dla bezpieczeństwa pracy,
- możliwością nieosiągnięcia oczekiwanych korzyści ekonomicznych,
- występowaniem niepożądanych skutków w środowisku, nie dających się przewidzieć i opanować.

Zadaniem rozpoznawania złóż, a następnie obsługi geologicznej kopalń jest dostarczenie informacji, które pozwalają na ograniczenie ryzyka górniczego.

### 3.2. Treść i zakres dokumentacji geologicznej złoża

Potrzeby planowania górniczego, oceny ekonomicznej złoża i planowania zagospodarowania przestrzennego terenu jego występowania oraz potrzeba prognozowania ewentualnych zmian w środowisku w przypadku podjęcia jego eksploatacji określają wymagania odnośnie treści dokumentacji geologicznej. Zarazem określają one wymagania odnośnie do zakresu badań i sposobu przedstawiania ich wyników (tab. 3.1). Zakres informacji przedstawianych w dokumentacji i sposób ich prezentacji (zwłaszcza kartograficznej) powinien być dostosowany do potrzeb ich użytkowników i wymagań formalnych.

Podstawą dla projektowania i prowadzenia eksploatacji, której efekty mają przynieść korzyść gospodarczą jest znajomość:

- warunków występowania złoża (geograficznych, geologicznych),
- budowy geologicznej złoża i jego otoczenia,
- rodzaju i jakości kopaliny,
- zasobów złoża,
- szczególnych uwarunkowań geologicznych eksploatacji złoża: hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych, niekiedy także gazowych i geotermicznych,
- wymagań ochrony środowiska w otoczeniu złoża, które będzie narażone na przekształcenia w wyniku prowadzonej eksploatacji.

Dane na ten temat muszą być uzyskane w trakcie badań geologicznych. Przedmiotem tych badań jest samo złożo i otaczający je górotwór, w którym mają być lub mogą być prowadzone wyrobiska górnicze, oraz który będzie poddany wpływowi prowadzonej eksploatacji (rys. 3.1). Badaniami powinno być objęte także otoczenie złoża w takim obszarze, w którym można się spodziewać oddziaływania prowadzonej działalności górniczej na środowisko przyrodnicze.

### 3. Rozpoznawanie złóż kopalin

**Tabela 3.1**

Informacje geologiczne wykorzystywane w projektowaniu górnictwem

Rodzaj informacji		Sposób pozyskania informacji	Sposób przekazywania informacji	Wykorzystanie informacji
1		2	3	4
Forma, struktura złoża, budowa otaczającego górotworu		kartowanie geologiczne powierzchniowe i podziemne; opis litologiczny profili wierceń; opis zjawisk tektonicznych; badania geofizyczne naziemne; profilowanie geofizyczne otworów wiertniczych	profile geologiczne otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych; mapa geologiczna powierzchniowa i mapy geologiczne wglębne (poziomowe); mapy strukturalne spągu i stropu złoża; mapa miąższości złoża, grubości nadkładu; mapy budowy złoża; przekroje geologiczne i geofizyczne; diagramy blokowe	projektowanie udostępnienia złoża i struktury kopalni; projektowanie metod eksploatacji
Rodzaj i jakość kopaliny		opróbowanie; analizy chemiczne, badania mineralogiczne, petrograficzne; badania właściwości fizycznych skał; badania technologiczne	mapy jakości kopaliny; opracowania statystyczne	ocena surowcowa kopaliny i kierunków jej wykorzystania; projektowanie przeróbki lub uszlachetniania kopaliny; projektowanie eksploatacji (np. selektywnej)
Zasoby złoża		opróbowanie; pomiary miąższości złoża; pomiary gęstości przestrzennej kopaliny	mapa zasobności; mapa zasobów (obliczenia zasobów)	ocena ekonomiczna złoża; projektowanie eksploatacji
Geologiczne warunki eksploatacji (geologiczno-górnictwa)	Warunki hydrogeologiczne	kartowanie hydrogeologiczne na powierzchni; obserwacje i pomiary hydrogeologiczne w otworach wiertniczych i wyrobiskach górniczych; opróbowanie wody	mapa hydrogeologiczna powierzchniowa; mapy hydrogeologiczne poziomów wodonośnych (zwierciadła wody, przepuszczalności, wodoprzewodności itp.); przekroje hydrogeologiczne; mapy hydrogeochemiczne	ocena spodziewanych dopływów wody do wyrobisk; ocena zagrożeń wodnych kopalni; ocena wpływu eksploatacji na warunki wodne w otoczeniu kopalni; ocena możliwości użytkowania wody
	Warunki geologiczno-inżynierskie (geotechniczne)	dokumentacja geotechniczna otworów wiertniczych (opis litologiczny i zjawisk tektonicznych, stopnia spękania skał itp.);	mapa geomorfologiczna; mapy geologiczno-inżynierskie, powierzchniowe i wglębne (poziomowe, pokładowe);	projektowanie wyrobisk górniczych; projektowanie systemów eksploatacji; ocena stateczności górotworu (stateczności skarp w kopalniach)



Tabela 3.1 cd.

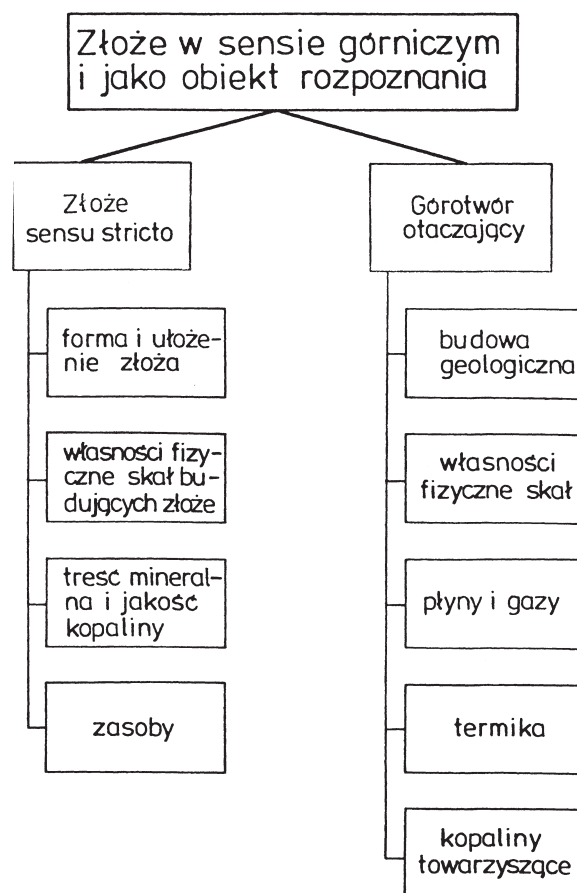
1	2	3	4
	<p>obserwacje zjawisk geologiczno-inżynierskich na powierzchni i w wyrobiskach górniczych; opróbowanie i badanie właściwości fizycznych skał (inżyniersko-geologicznych)</p>	<p>mapy geologiczno-inżynierskie złoże (jakości stropu, spągu, urabialności itp.); przekroje geologiczno-inżynierskie; mapy rejonizacji geologiczno-inżynierskiej (geologiczno-inżynierskich warunków eksploatacji)</p>	<p>odkrywkowych, wytrzymałości stropu i spągu w podziemnych itp.), prognoza osiadań; ocena zagrożeń ruchami górotworu (np. tąpniętami); dobór maszyn urabiających</p>
Warunki gazowe	<p>pomiary gazonośności w otworach i wyrobiskach górniczych; obserwacje zjawisk gazowych (np. samowypływów); analiza gazów</p>	<p>mapy gazonośności i zagrożeń gazowych; prezentacja gazonośności na profilach i przekrojach; obliczenia zasobów gazu</p>	<p>projektowanie wentylacji; ocena zagrożeń gazowych i gazodynamicznych; projektowanie eksploatacji; ocena możliwości wykorzystania gazu; ocena zagrożeń dla środowiska naturalnego przez emisję gazów</p>
Warunki geotermiczne	<p>pomiary temperatur w otworach wiertniczych</p>	<p>mapy geotermiczne (poziomowe); przekroje geotermiczne</p>	<p>projektowanie wentylacji i klimatyzacji kopalni</p>

### 3.3. Ogólne zasady prac rozpoznawczych

Prace rozpoznawcze powinny być prowadzone tak, aby przy możliwie najmniejszym nakładzie sił i środków uzyskać informacje o budowie geologicznej złoże i jego otoczenia, niezbędne do zaprojektowania i budowy zakładu górniczego, prowadzenia racjonalnej gospodarki złożem, polegającej na możliwie pełnym jego wykorzystaniu, oraz do prognozowania zmian w środowisku geologicznym, które mogą być spowodowane jego eksploatacją i użytkowaniem wydobytej kopaliny. Znajduje to wyraz w odpowiednim doborze metod i środków technicznych rozpoznania.

W miarę postępującego badania złoże następuje zwykle ograniczenie obszaru objętego badaniami. Ogranicza się w ten sposób koszty prac do niezbędnego minimum. Ponadto zdobyte doświadczenia przy rozpoznaniu części złoże mogą być wykorzystane przy projektowaniu rozpoznania niezbadanych dostatecznie, pozostałych jego części. Pełny cykl prac geologicznych związanych z rozpoznaniem złoże obejmuje:

- poszukiwania szczegółowe, kończące się udokumentowaniem złoże w kategorii C<sub>2</sub>,
- rozpoznanie wstępne, kończące się udokumentowaniem złoże w kategorii C<sub>1</sub>,
- rozpoznanie szczegółowe, kończące się udokumentowaniem złoże w kategorii B,



Rys. 3.1. Złoże i otaczający górotwór jako obiekt prac rozpoznawczych

- rozpoznanie eksploatacyjne realizowane w czynnym zakładzie górnicy, pozwalające na udokumentowanie dobrze zbadanych części złoża w kategorii A.

Pracami poszukiwawczymi szczegółowymi obejmuje się w zasadzie całe złożo. Rozpoznanie wstępne w przypadku złóż dużych wykonuje się zwykle tylko w części złoża najbardziej interesującej z punktu widzenia przemysłowego. W przypadku złóż małych obejmuje się nim całe złożo. Rozpoznanie szczegółowe przeprowadza się na całym złożu tylko wówczas, gdy jest ono niezbędne z punktu widzenia potrzeb projektowania górnicy lub oceny ekonomicznej złoża. W przypadku złóż dużych wykonuje się je tylko jedynie w wydzielonej części złoża. Jest to z reguły ta część, w której mają być projektowane i wykonane wyrobiska udostępniające. Jej rozmiary określa się dodatkowo w zależności od zasobów, które powinny być takie w jej obrębie, aby zapewniały nieprzerwaną działalność kopalni w okresie potrzebnym do zwrotu nakładów inwestycyjnych poniesionych na jej budowę. Powinna to być zarazem część złoża, w której ma ono typową, łatwą do interpretacji budowę. Od niej powinno się rozpoczynać eksploatację złoża.

Rozpoznanie eksploatacyjne prowadzi się już z reguły w obszarze udostępnionym wyrobiskami górniczymi lub w najbliższym jego otoczeniu, a zatem niewielkim. W przypadku, gdy odpowiednim rozpoznaniem objęta jest tylko część złoża, w miarę postępu jego eksploatacji prowadzi się wyprzedzająco rozpoznanie niedostatecznie zbadanych pozostałych jego części. Prowadzenie takiego rozpoznania należy do podstawowych zadań i obowiązków geologicznej obsługi kopalń.

Z punktu widzenia racjonalnej gospodarki złożami w rejonach, w których występuje wiele złóż blisko siebie, ważnym zagadnieniem jest wyznaczenie obszarów całkowicie pozbawionych złóż. Tylko w nich powinny być budowane osiedla, zakłady wzbogacania, zakłady dalszego przetwarzania surowców, bez obawy uwięzienia części zasobów w filarach ochronnych. Z tego powodu dobrze powinny być także określone granice każdego złoża. Wskazane jest także zbadanie czy w otoczeniu złoża nie występują inne kopaliny, które mogłyby być przedmiotem uzasadnionej ekonomicznie eksploatacji, zwłaszcza takie, których wydobywanie jest możliwe przy okazji eksploatacji złoża, określane jako kopaliny towarzyszące.

### 3.4. Środki techniczne rozpoznania

Rozpoznanie złóż prowadzi się na podstawie istniejących odsłoneń naturalnych i sztucznych, za pomocą otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych oraz przy wykorzystaniu metod geofizycznych.

Sposoby wykonywania wierceń i wyrobisk górniczych omawiane są w podręcznikach wiertnictwa i górnictwa. Zwrócić trzeba jednak uwagę na te ich cechy, które decydują o sposobie ich wykorzystania w pracach rozpoznawczych.

Podstawowym środkiem technicznym rozpoznania złoża są wiercenia. Wyrobiska górnicze w celu rozpoznania złoża stosowane są w sytuacjach szczególnych, tak ze względu na ich pracochłonność, jak i duże koszty. Wyjątek stanowią wkopy i rowy, których zadaniem jest odsłonięcie wychodni utworów skalnych, zakrytych niezbyt grubym nadkładem utworów młodszych lub przez zwietrzelinę.

Wiercenia wykonywane w celu rozpoznania złoża dzieli się ze względu na technikę ich wykonania na:

- okrętne ręczne lub mechaniczne,
- udarowe,
- mechaniczne obrotowe rdzeniowane i bezrdzeniowe.

Z punktu widzenia badań geologicznych podział ten jest ważny ze względu na charakter wydobywanych z otworu próbek, na podstawie których wnioskuje się o rodzaju przewiercanych skał i ich wzajemnym ułożeniu.

**Otwory okrętne**, ręczne lub mechaniczne wykonuje się jedynie w skałach luźnych lub słabo zwięzłych, piaszczystych, ilastych. Osiągają głębokość 15–25 m, niekiedy, w sprzyjających warunkach mogą być głębsze. Próbkę z takich otworów wydobywane są w stanie



naruszonym przy wyciąganiu narzędzia wiertniczego (świdra) lub łyżką wiertniczą. W skałach spoistych na ogół zachowane jest następstwo przewiercanych warstw, natomiast w skałach luźnych materiał próbki może być wymieszany.

**Otwory udarowe** stosuje się wyjątkowo przy rozpoznawaniu złóż. Głębokość ich może dochodzić do kilkuset metrów. Próbki wydobywa się łyżką wiertniczą. Zawierają one materiał rozkruszony, przemieszany, pochodzący z całego przewierconego odcinka, osypujący się ze ścian otworu, oraz nie wybrany materiał pochodzący z marszu poprzedniego. Otwory udarowe stosuje się wówczas, gdy zachodzi obawa, że w przypadku stosowania otworów mechanicznych obrotowych zachodziłoby selektywne rozmywanie niektórych składników przewiercanych skał przez płuczkę, prowadzące do zubożenia o te składniki wydobywanych próbek.

Otwory udarowe stosowane bywają niekiedy przy rozpoznawaniu złóż rud molibdenu. Podstawowy ich składnik użyteczny, molibdenit, odznacza się małą twardością i znaczną kruchością. Występuje zazwyczaj w towarzystwie kwarcu w kwaśnych skałach magmowych. Ulega łatwo wykruszeniu i może być usunięty z próbek rdzeniowych, nawet całkowicie, przez płuczkę krążącą w otworze.

**Wiercenia mechaniczne obrotowe** są podstawowym i najczęściej stosowanym środkiem technicznym przy rozpoznawaniu złóż. Mogą to być otwory **rdzeniowe** lub **bezzrdzeniowe**. Głębokość wiercenia powinna być przewidywana stosownie do głębokości położenia złoża. Średnica otworu powinna być dobrana stosownie do:

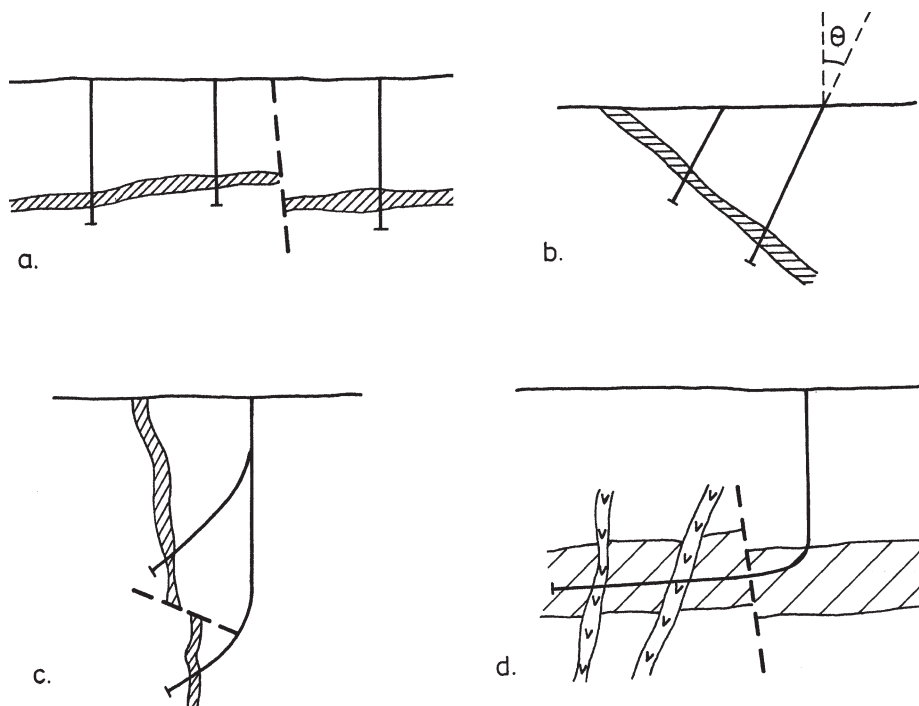
- rodzaju i wielkości próbek, które mają być pobrane do badań,
- średnicy sond, jeśli ma być wykonywane profilowanie geofizyczne,
- średnicy pomp jeśli przewidywane jest wykorzystanie otworu do badań hydrogeologicznych (próbne pompowanie).

Odpowiednio dobrany powinien być rodzaj (typ) urządzenia wiertniczego, moc silnika napędowego i pomp płuczkowych.

Współcześnie możliwe jest wykonywanie wierceń do znacznych głębokości. W rozpoznawaniu złóż kopalin stałych głęboko położonych maksymalne głębokości wierceń dochodzą do 1500–2000 m. W przypadku większości złóż wynoszą najczęściej od kilkunastu do około 1000 m.

W złożu prawie zawsze obowiązuje pobieranie rdzeni. Jako pełnordzeniowe na całej długości (a zatem w złożu oraz w utworach tworzących nadkład i występujących pod złożem) wykonuje się otwory w początkowych okresach badania złoża, na etapie poszukiwań szczegółowych i rozpoznania wstępnego. Bezzrdzeniowo wykonuje się otwory w skałach nie interesujących z punktu widzenia prowadzonych prac rozpoznawczych, na przykład w nadkładzie złoża, jeśli został on już dostatecznie poznany. Bezzrdzeniowo mogą też być wykonywane otwory w złożu na etapie rozpoznania szczegółowego i eksploatacyjnego jeśli ich zadaniem jest dostarczenie tylko informacji o jakości kopaliny w z góry określonych granicach jej występowania lub gdy wyznaczenie tych granic na podstawie pobieranych próbek zwierzchni nie następuje trudności.

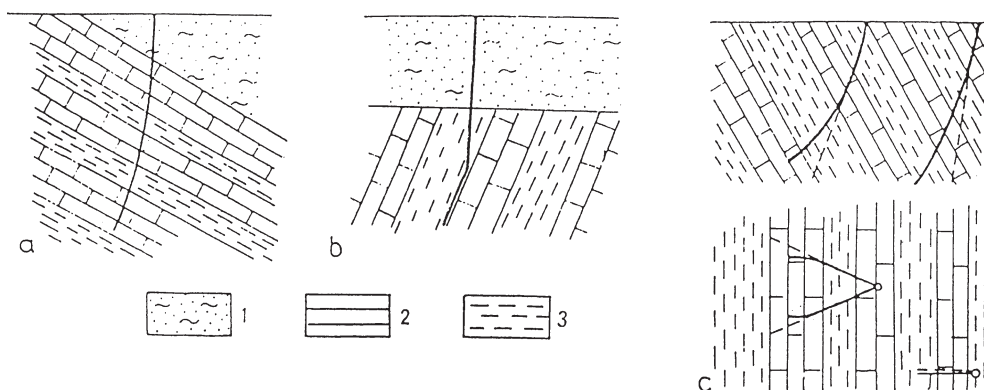
Ważną zaletą wierceń obrotowych jest możliwość ich wykonywania w dowolnym kierunku lub zmieniania ich kierunku w trakcie wiercenia. Wyróżnia się wiercenia: pionowe, kierunkowe (pochyłe) – wiercone w ściśle zadanym kierunku i kierowane oraz sterowane, których kierunek zmienia się w sposób świadomy w czasie wiercenia (rys. 3.2).



**Rys. 3.2.** Otwory rozpoznawcze  
a – pionowe, b. – kierunkowe, c – kierowane, d – kierowane poziomo (sterowane)

**Otwory pionowe** zwykle nie są idealnie pionowe na całej swej długości, lecz ulegają mniejszemu lub większemu skrzywieniu. Skrzywienie może być spowodowane przyczynami technicznymi, na przykład zbyt dużym naciskiem na koronkę, powodującym wyboczenie przewodu wiertniczego lub przez uszkodzenie koronki, bądź przyczynami naturalnymi. Typowe przypadki krzywienia otworu z przyczyn naturalnych przedstawia rysunek 3.3. W skałach nachylonych pod niewielkim kątem, nierównomierna szybkość zwiercania różnych skał powoduje dążność do ustawiania się osi koronki i osi otworu prostopadle do płaszczyzn uwarstwienia, natomiast w warstwach stromo ustawionych może wystąpić tendencja do ślizgania się koronki po powierzchni warstw bardziej odpornych na zwiercanie. Z tego powodu rozpoznawanie złóż stromo ułożonych za pomocą otworów pionowych może być źródłem błędnych informacji o złożu i jest z zasady niedopuszczalne.

**Otwory kierunkowe**, czyli pochyłe, są wykonywane pod zadanym kątem. Kąt nachylenia otworu ( $\theta$ ) jest to kąt zawarty między linią pionową a osią otworu (rys. 3.2b). Otwory takie są też wykonywane często z wyrobisk górniczych w dół, w górę lub poziomo. Przy ich



**Rys. 3.3.** Typowe przypadki krzywienia otworów wiertniczych  
1 – piaski, mułki, 2 – skały zwarte, 3 – skały mało zwarte

projektowaniu należy brać pod uwagę możliwość ich krzywienia pod wpływem ciężaru aparatu wiertniczego i wywieranego nań nacisku. Ma to szczególne znaczenie w przypadku otworów poziomych.

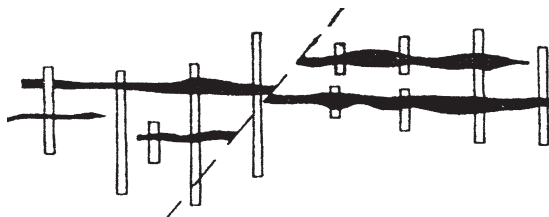
**Otwory kierowane** (rys. 3.2c) różnią się od kierunkowych tym, że zmienia się ich kierunek w trakcie wiercenia. Zmian dokonuje się zwykle w płaszczyźnie pionowej. Czynniki techniczne powodują zwykle odchylenie osi otworu w bok od zadanego kierunku. Rzeczywisty przebieg otworu może być zatem mniej lub bardziej kręty. Najważniejszą zaletą tego rodzaju otworów jest możliwość kolejnego ich krzywienia na różnych głębokościach. Umożliwia to uzyskanie kilku przecięć złoża, na różnych głębokościach z jednego miejsca na powierzchni terenu.

Otwory kierunkowe i kierowane wykonuje się zawsze w ten sposób, by kąt zawarty między osią otworu a powierzchnią stropu złoża w miejscu ich przecięcia był możliwie jak najmniej ostry. Nie powinien być on mniejszy od  $30^\circ$ . Zapobiega to nadmiernemu krzywieniu otworu na tej granicy lub jego ślizganiu się po niej w przypadku jej stromego ułożenia. Kąt zapadania złoża jest zazwyczaj chociażby w przybliżeniu znany, toteż można określić kąt pod jakim należy wykonać wiercenie, aby był spełniony podany warunek.

Szczególnym rodzajem otworów kierowanych są otwory sterowane wykonywane do określonej głębokości jako pionowe, a następnie krzywione w taki sposób, że oś otworu przybiera kierunek poziomy (rys. 3.2d). Umożliwia to wykonanie poziomego odcinka otworu w określonej warstwie, zwłaszcza w samym złożu. Otwory krzywione do poziomu – ze względu na ich duże koszty – stosuje się wyjątkowo w rozpoznawaniu złóż kopalin stałych, gdy uzyskanie odpowiednich, niezbędnych informacji, innym sposobem nie jest możliwe: przykładowo dla uściślenia położenia uskoku lub dajek tnących złoża, gdy ich lokalizacji nie można ustalić przy zastosowaniu metod geofizycznych.

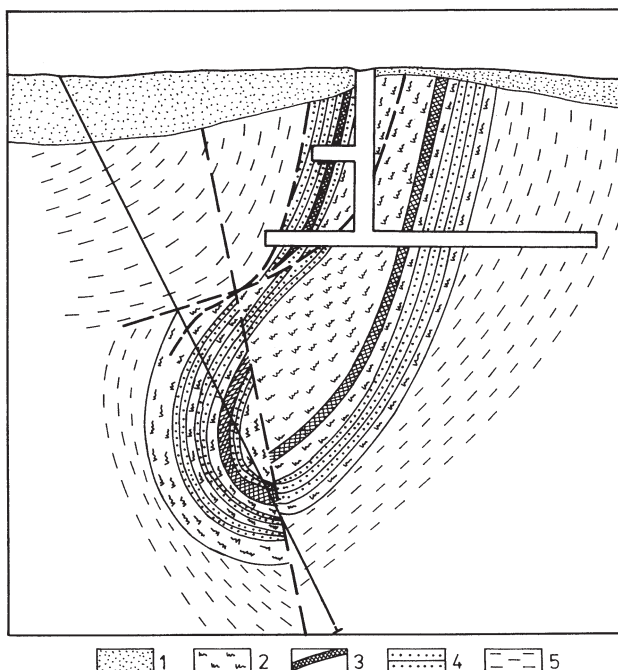
**Wyrobiska górnicze** wykonywane w celu rozpoznania złoża dzieli się na płytkie i głębokie. Do płytkich należą wkopy (szurfy), rowy, szybki i sztolnie, do głębokich szyby wraz z przekopami, chodnikami, upadowymi i pochylniami.

Zadaniem **wkopów** i **rowów** jest odsłonięcie utworów starszych przykrytych młodszymi, czwartorzędowymi lub usunięcie zwietrzeliny. Głębokość ich wynosi zwykle 1–2 m, wyjątkowo 3–4 m, gdyż wówczas wymagają obudowy w celu zabezpieczenia ścian. Rowy prowadzi się przeważnie w poprzek przypuszczalnego biegu warstw lub wychodni złoża w celu uzyskania informacji o ich ułożeniu lub w poprzek domniemych zaburzeń tektonicznych w celu ich lokalizacji (rys. 3.4).



Rys. 3.4. Rozpoznanie wychodni złoża za pomocą rowów

**Szybiki** są wyrobiskami pionowymi o głębokości od kilku do kilkunastu metrów. Czasami wykonuje się je głębsze do 30, a nawet 40 m. Niekiedy prowadzi się z nich przekopy lub chodniki poziome. Zasięg takich wyrobisk poziomych nie przekracza zwykle kilkunastu metrów (rys. 3.5). Ograniczenie zasięgu pionowego i poziomego wyrobisk chodnikowych

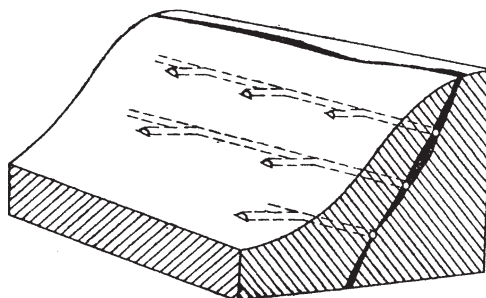


Rys. 3.5. Rozpoznanie wystąpienia rud żelaza szybikami (Brzeziny k. Kielc)

1 – utwory czwartorzędowe, 2–4 – ordowik: 2 – łupki, 3 – szamozytowo hematytowo-syderytowe rudy żelaza, 4 – piaskowce, 5 – łupki kambryjskie

wykonywanych z szybików wynika z ograniczonych możliwości odstawy urobku i wentylacji za pomocą prostych urządzeń.

**Sztolnie** spełniają podobną rolę jak szybiki i towarzyszące im wyrobiska poziome. Wykonuje się je w terenie górzystym (rys. 3.6). Zasięg poziomy sztolni teoretycznie może być dowolny w zależności od potrzeb, praktycznie zaś zależy od jakości urządzeń wentylacyjnych, którymi się dysponuje. Ze sztolni mogą być wykonywane wcinki w bok w celu lepszego zbadania niektórych utworów w jej otoczeniu.



Rys. 3.6. Rozpoznanie złoża za pomocą sztolni

Przy rozpoznawaniu kopalin skalnych, gdy niezbędna jest ocena właściwości technologicznych kopaliny i możliwości uzyskania z niej odpowiednich surowców, wykonanie wyrobisk górniczych może być nieodzowne dla uzyskania odpowiedniej ilości urobku niezbędnej dla przeprowadzenia odpowiednich badań.

### 3.5. Zastosowanie metod geofizycznych w rozpoznawaniu złóż

Metody geofizyczne, należące do podstawowych metod poszukiwania złóż, w etapie rozpoznania mają odmienne zastosowanie. Stosowane są do wyjaśnienia szczegółów budowy złoża i otaczającego górotworu oraz dla wyznaczenia granic złoża. Ich wykorzystanie jest z reguły nieodzowne. Stosowane są metody geofizyki naziemnej i otworowej.

**Metody geofizyczne naziemne (powierzchniowe)** stosowane w rozpoznawaniu złóż wykorzystywane są przede wszystkim do (tab. 3.2):

- 1) kartowania szczegółowego utworów nie odsłoniętych na powierzchni,
- 2) rozpoznania tektoniki (lokalizacji uskoków, stref spękań),
- 3) rozpoznania grubości nadkładu,
- 4) rozpoznawania niektórych szczegółów budowy wewnętrznej złóż (np. skrasowienia złóż kopalin węglanowych, zróżnicowania właściwości fizycznych kopalin skalnych),
- 5) określenia położenia nieodsłoniętych granic złoża (w szczególności w złożach zakrytych).

Do celów kartograficznych stosuje się przede wszystkim metody geoelektryczne: profilowania i sondowania elektrooporowe oraz metody radiofalowe (VLF), rzadziej magne-

**Tabela 3.2**

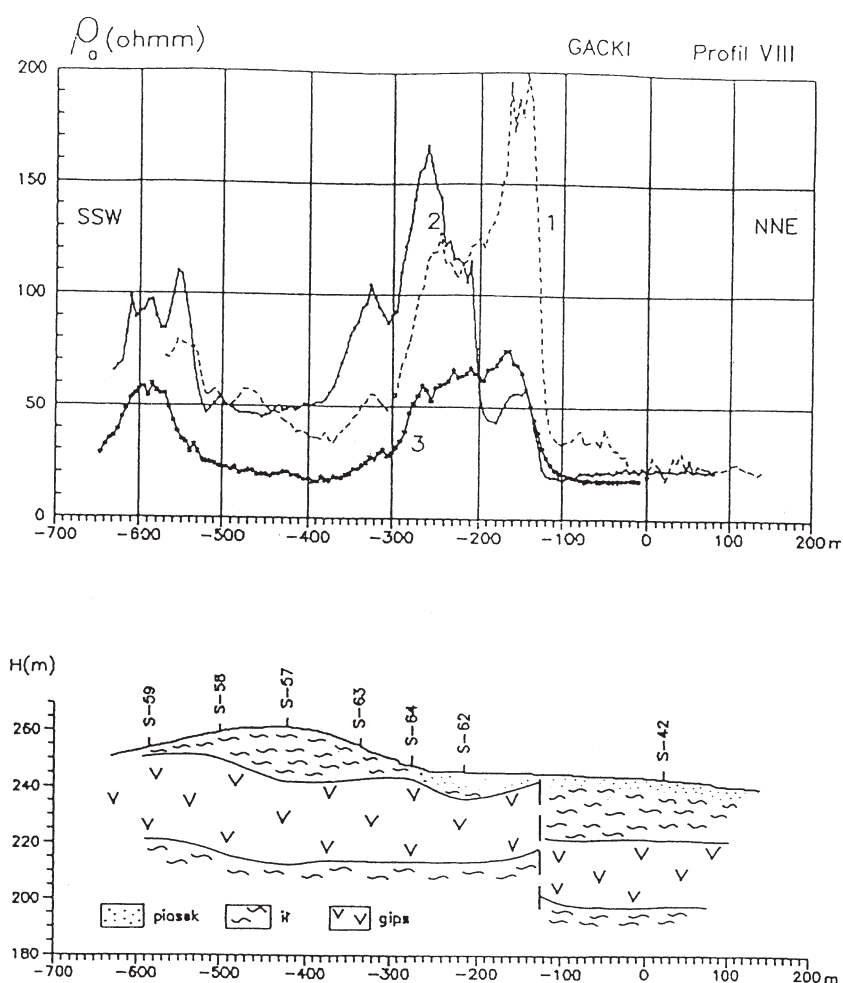
Zastosowanie metod geofizycznych naziemnych w rozpoznawaniu złóż

Rodzaj kopaliny	Metody geofizyczne stosowane w rozpoznawaniu złóż	Cel stosowania
Węgiel kamienny	sejsmiczne	rozpoznanie tektoniki; częściowo korelacja pokładów
	grawimetryczne	lokalizacja uskoków, wychodni pokładów
Węgiel brunatny	grawimetryczne	wyznaczenie granic złoża, śledzenie zmian miąższości złoża, lokalizacja uskoków
Rudy metali, siarczkowe	polaryzacji wzbudzonej	lokalizacja ciał rudnych (w złożach gniazdowych)
Baryt	grawimetryczne	lokalizacja złoża i położenia jego granic
Sól kamienna (złoża wysadowe)	grawimetryczne, sejsmiczne	określenie położenia granic wysadu
Kopaliny węglanowe	profilowania i sondowania elektrooporowe	określenie grubości nadkładu, położenia stref skrasowienia, położenia naturalnych granic złoża
	sejsmiczne	określenie grubości nadkładu i strefy wietrzenia
Kruszywo naturalne piaskowo-żwirowe	profilowania i sondowania elektrooporowe profilowania radiofalowe (VLF)	lokalizacja naturalnych granic złoża, określenie grubości nadkładu i miąższości złoża
Ilaste	elektrooporowe	lokalizacja naturalnych granic złoża, określenie grubości nadkładu i miąższości złoża
Piaskowce, skały magmowe, metamorficzne	elektrooporowe, radiofalowe (VLF), i magnetyczne	określenie grubości nadkładu, położenia naturalnych granic złoża, śledzenie zróżnicowania litologicznego,
	sejsmiczne	określenie grubości nadkładu, śledzenie zróżnicowania właściwości skał

tyczne. Na podstawie profilowań elektrooporowych można na ogół dokładnie wyznaczyć granice utworów różniących się opornością pozorną. Daje więc ta metoda dobre rezultaty na obszarach występowania utworów o zróżnicowanych właściwościach elektrycznych (np. łupki, wapień). Do tych samych celów można wykorzystać także zdjęcia magnetometryczne wykonywane magnetometrami o dużej czułości, pozwalające na wydzielenie na mapie skał różniących się nawet w nieznaczny stopniu właściwościami magnetycznymi. Na zdjęciach magnetometrycznych szczególnie dobrze śledzi się zasadowe skały magmowe.

Ważną rolę spełniają metody geofizyczne w wykrywaniu i lokalizacji zaburzeń tektonicznych. Niektóre elementy tektoniki zwłaszcza położenie i przebieg uskoków, można wyinterpretować pośrednio z mapy lub przekrojów sporządzanych na podstawie zdjęcia

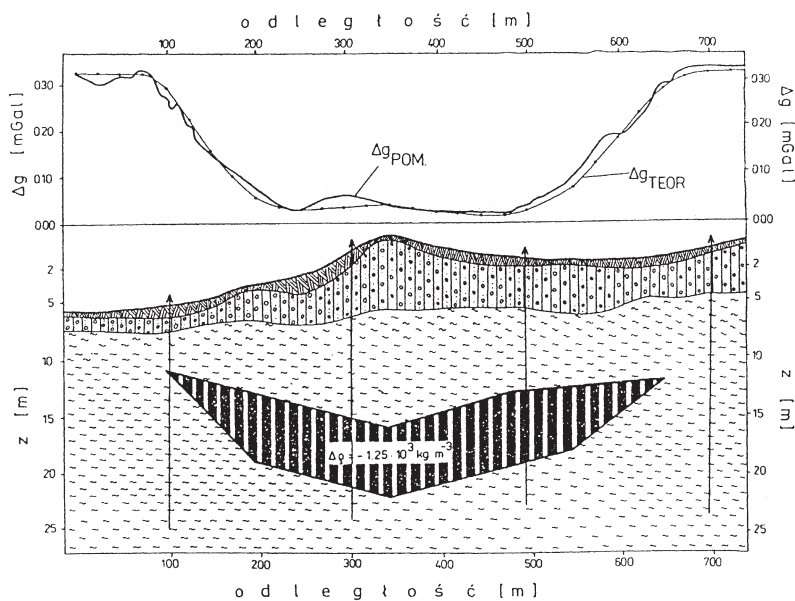
geofizycznego (rys. 3.7). Metodami geoelektrycznymi daje się ponadto wykryć w sposób bezpośredni występowanie uskoków i stref spękań, bowiem w ich obrębie obserwuje się zwykle znaczne niższe oporności pozorne niż w skałach otaczających (rys. 3.8). Jest to szczególnie ważne w utworach poziomo leżących lub o słabo zróżnicowanych właściwościach elektrycznych. Do tego celu wykorzystuje się także metody grawimetryczne (mikrogravimetryczne), gdyż gęstość przestrzenna skał spękanych i występujących w strefie uskokuwej jest niższa niż nie zburzonych. Zróżnicowana bywa też gęstość przestrzenna skał występujących w skrzydłach uskoku. Niekiedy strefy takie można wykryć metodami radiometrycznymi (np. emanometrycznymi, gamma), dzięki występującej w nich podwyższonej radioaktywności lub emanacji radonu.



Rys. 3.7. Wyznaczanie położenia uskoku i interpretacja miąższości nadkładu na podstawie profilowania elektrooporowego (1,2) i indukcyjnego (3). Złoże gipsu „Leszcze” (wg J. Antoniuka i J. Mościckiego 1995)  
Układy pomiarowe: 1 – A-60m-M-20m-N, 2 – M-20m-N-60m-B, 3 – HD20(Tx-20m-Rx)



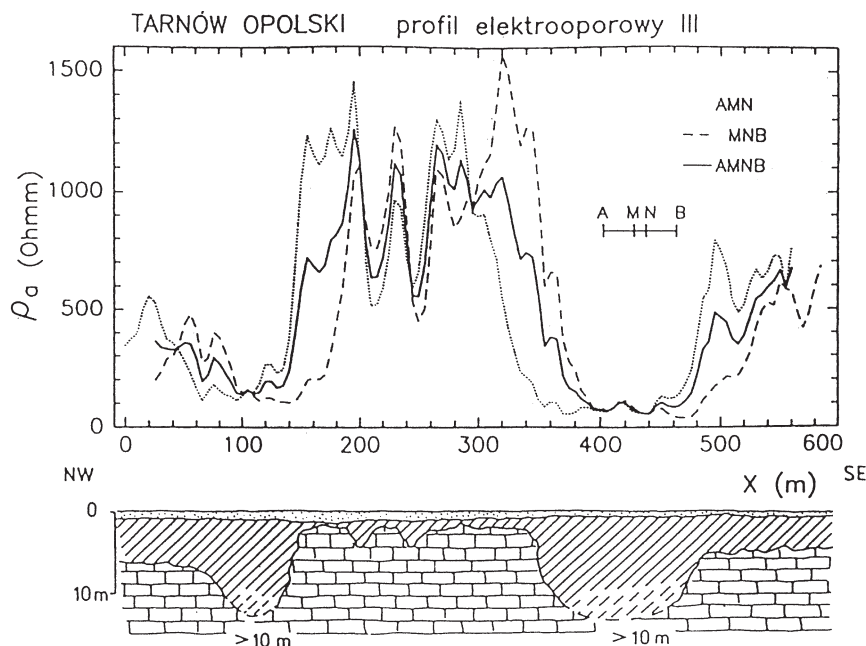
Wyznaczenie granic złoża w poziomie metodami geofizycznymi jest możliwe tylko wówczas, gdy istnieje wyraźne zróżnicowanie właściwości fizycznych (magnetycznych, elektrycznych, gęstości przestrzennej) skał tworzących złożę i otaczających je, a ponadto, gdy granica ta jest dostatecznie wyraźna (rys. 3.9). Zróżnicowanie wielkości anomalii geofizycznej w zależności od głębokości występowania złoża sprawia, że często granic złoża nie da się wyznaczyć w sposób pewny. Mimo to metody geofizyczne przy konturowaniu złóż są w wielu przypadkach nieodzowne. Przede wszystkim umożliwiają one śledzenie wychodni złoża ukrytych pod nakładem utworów młodszych. W przypadku złóż poziomo leżących można niekiedy prześledzić zależność wielkości anomalii od miąższości złoża i na tej podstawie wyznaczyć linię jego wyklinowania. Metody geofizyczne znajdują także zastosowanie do określania położenia granicy złoża gdy stanowi ją uskoki, brzeg wymycia lub linia, wzdłuż której następuje wzrost grubości nakładu (głębokości położenia stropu złoża), powodujący że przestaje być ono przedmiotem zainteresowania jako obiekt możliwej eksploatacji. Umożliwiają też one śledzenie wyznaczonych na ich podstawie granic w sposób ciągły. Jest to zwłaszcza ważne w tych przypadkach, w których rozpoznaje się złożę liniami otworów. Zdjęcie geofizyczne umożliwia nam wówczas powiązanie obserwacji wykonanych w poszczególnych liniach i śledzenie ewentualnych zmian wykształcenia złoża i przebiegu jego granic między nimi.



**Rys. 3.9.** Interpretacja położenia granicy złoża węgla brunatnego na podstawie badań grawimetrycznych. Rozkład wartości mikroanomalii siły ciężkości pomierzonej i obliczonej teoretycznie. Złożę węgla brunatnego Nowa Polska Wieś (M. Nieć, J. Śliz 1987)

W wielu przypadkach metody geofizyczne umożliwiają wykrycie niejednorodności budowy złoża, rozmyć, stref skrasowienia (w złożach skał węglanowych, rys. 3.10). Naj-



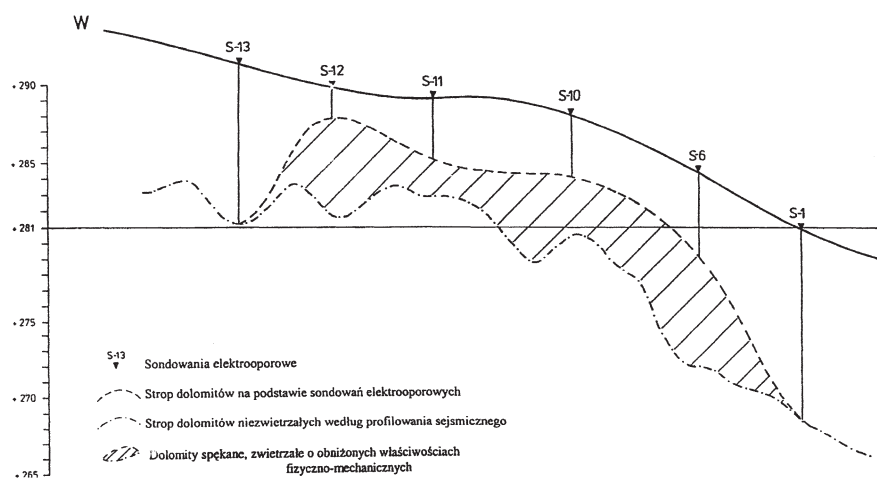


**Rys. 3.10.** Interpretacja położenia kotłów krasowych na podstawie profilowania elektrooporowego. Złoże wapieni Tarnów Opolski (J. Antoniuk, J. Mościcki 1995)

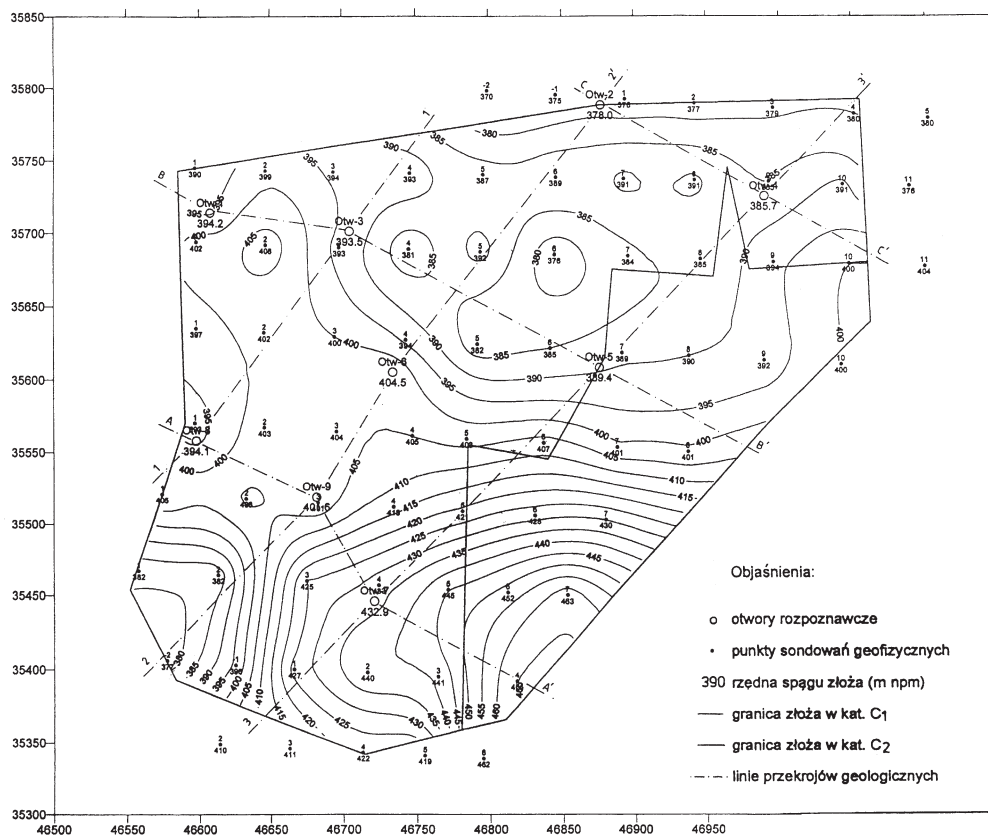
częściej stosuje się w tym celu metody elektrooporowe (sondowania), radiofalowe, rzadziej grawimetryczne. Mogą też być stosowane metody sejsmiczne (sejsmiki inżynierskiej). W przypadku złóż położonych blisko powierzchni i poziomo ułożonych metody te umożliwiają też określenie grubości nadkładu, morfologii stropu złoże oraz grubości skał zwietrzałych (rys. 3.11). Sondowania elektrooporowe lub tomografia elektrooporowa pozwalają na interpretację zróżnicowania skał w profilu złoże. Gdy skały budujące nadkład i złoże oraz występujące poniżej złoże różnią się dostatecznie właściwościami możliwe jest także określenie morfologii spągu złoże (rys. 3.12) i jego miąższości. W przypadku dużych złóż wielopokładowych – zwłaszcza węgla kamiennego – stosowane są metody sejsmiczne dla śledzenia ułożenia całego zespołu warstw.

Dużą rolę odgrywają metody geofizyczne przy rozpoznawaniu małych złóż gniazdowych i żyłowych. Wierceniami, czy wyrobiskami górniczymi zazwyczaj rozpoznaje się tylko większe ciała gniazdowe. Zawsze jednak pozostaje niepewność, czy w trakcie prac rozpoznawczych nie zostały pominięte ciała mniejsze między wykonanymi wyrobiskami. Zagęszczenie wyrobisk zwykle nie jest celowe ze względu na ich duże koszty. W złożach siarczkowych rud metali zastosowanie znajdują metody potencjałów wzbudzonych do śledzenia rozmieszczenia gniazd rudnych. Metody geofizyczne znajdują też zastosowanie do śledzenia niejednorodności złoże między wyrobiskami (uskoków, wymyć, zmian litologicznych, np. w pokładach węgla) w wersji umożliwiającej prześwietlanie górotworu np. akustyczne (sejsmiczne), radiofalowe i in.

METODYKA DOKUMENTOWANIA ŻŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH



Rys. 3.11. Interpretacja morfologii stropu złoża i miąższości dolomitów zwiertzałych na podstawie profilowania i sondowania elektrooporowego i profilowania sejsmicznego (złoże dolomitu Jańczyce I)



Rys. 3.12. Mapa spągu złoża zwiertzałego, rozsypliwego granitu, kopaliny skaleniowej Karpniki na podstawie wyników sondowania elektrooporowego (wg Z. Kokesza i in. 2002)

Zaletą metod geofizycznych są na ogół ich stosunkowo niewielkie koszty w porównaniu z kosztami wierceń czy wyrobisk górniczych, dzięki czemu mogą dostarczyć wstępnych informacji o złożu przed ich wykonaniem. Umożliwiają bardziej racjonalne rozmieszczanie otworów rozpoznawczych czy wyrobisk górniczych, zwłaszcza dodatkowych, których zadaniem jest wyjaśnienie szczegółów budowy złoża (położenia granic, zaburzeń tektonicznych, rozmyć, stref skrasowienia itp.). Metody geofizyczne często też są źródłem pierwszych informacji o zróżnicowaniu budowy złoża, na podstawie których projektuje się sposób rozmieszczania otworów, które mają dostarczyć bezpośrednich obserwacji o sygnalizowanych zjawiskach. Zastosowane po wykonaniu otworów rozpoznawczych umożliwiają interpretację budowy złoża pomiędzy nimi.

Metody geofizyczne mogą być stosowane na każdym etapie rozpoznania złoża. Istotne znaczenie dla doboru odpowiednich metod geofizycznych dla rozpoznania złoża, sposobu ich stosowania (gęstości profili, punktów rejestracji) oraz interpretacji jest wstępne określenie modelu badanego złoża (na przykład na podstawie wcześniej wykonanych badań). Z tego powodu zazwyczaj stosowane są jako uzupełniające rozpoznanie wstępne i wyprzedzające rozpoznanie szczegółowe.

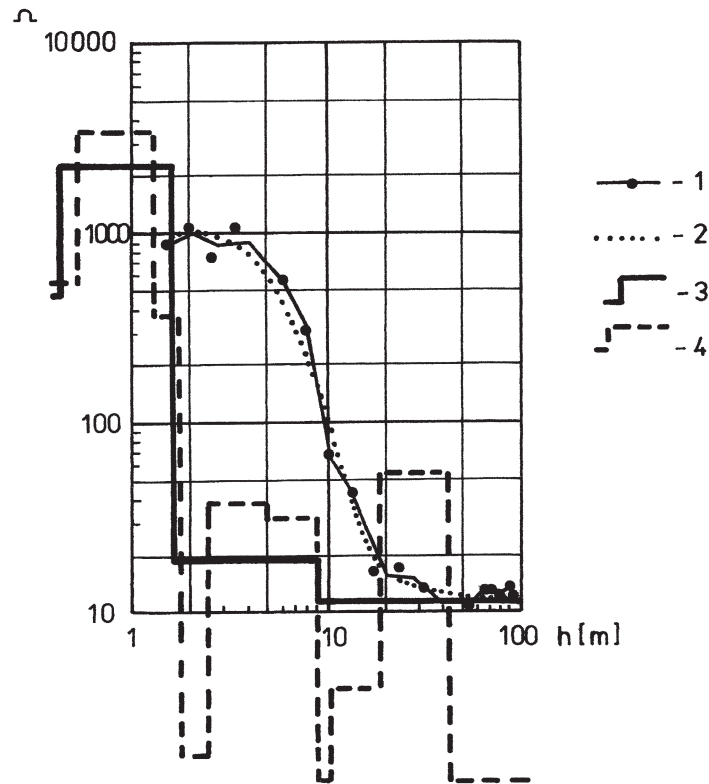
Stosując metody geofizyczne zawsze trzeba mieć na uwadze, że obserwowane zróżnicowanie pola fizycznego – zwłaszcza jego anomalie, przy założeniu sprawności aparatury pomiarowej i poprawności przeprowadzenia badań – są zawsze odzwierciedleniem zróżnicowania właściwości fizycznych górotworu. Przyczyny tego zróżnicowania mogą być różne i obowiązkiem interpretatora jest rozpatrzenie różnych ich możliwości. Dowiązanie obserwacji geofizycznych do geologicznych przeprowadzonych w wykonanych otworach wiertniczych, wyrobiskach górniczych, czy nawet odsłonięciach powierzchniowych pozwala na wskazanie przyczyn najbardziej prawdopodobnych i właściwą ich interpretację.

Do interpretacji wyników pomiarów stosuje się różne metody komputerowego ich modelowania przy założeniu określonej budowy ośrodka skalnego i jego właściwości. Dążność do maksymalnej rachunkowej zgodności modelu teoretycznego z danymi pomiarowymi może jednak prowadzić do interpretacji mało prawdopodobnej, nie dającej się pogodzić z istniejącymi danymi geologicznymi (rys. 3.13).

**Metody geofizyki otworowej**<sup>6</sup> – profilowanie geofizyczne otworów (karotaż) dostarcza danych do interpretacji profilu przewierczanych utworów, oceny ich właściwości fizycznych, zawodnienia, a w niektórych przypadkach także oceny jakości kopaliny. Profilowanie przeprowadza się stosując zespół metod: przede wszystkim radiometrycznych, elektrycznych, akustycznych. Dobór metod zależy od rodzaju informacji jakie mają być uzyskane za ich pomocą. Profilowanie geofizyczne otworów wykonuje się z reguły w otworach wykonywanych bezrdzeniowo. Często stosuje się je także w przypadku otworów rdzeniowanych, gdyż dostarczają szeregu danych trudnych do interpretacji lub nawet nieosiągalnych na podstawie wydobytych rdzeni – informacji o właściwościach skał w otoczeniu otworu, a więc z przestrzeni większej niż wydobyty rdzeń. Umożliwiają one przede

---

<sup>6</sup> Omawiane są także w części II.



Rys. 3.13. Automatyczna interpretacja sondowania elektrooporowego. Złoże piasków szklarskich Unewel (piaski suche i zawadnione pod nakładem czwartorzędowym)

1 – krzywa połowa, 2 – krzywa teoretyczna, 3, 4 – interpretacja: 3 – realny model trój warstwowy ( $\epsilon = 15,1\%$ ), 4 – model dziesięciowarstwowy nierealny mimo mniejszego błędu dopasowania ( $\epsilon = 14,4\%$ )

wszystkim lokalizację granic warstw w przypadku niepełnego uzysku rdzenia oraz ocenę parametrów fizycznych i hydrogeologicznych górotworu w otoczeniu otworu.

Specjalnym zastosowaniem metod geofizycznych jest prześwietlanie górotworu między otworami wiertniczymi lub między nimi a powierzchnią. W przypadku złóż gniazdowych, trudnych do wykrycia bezpośrednio za pomocą otworów wiertniczych, prześwietlenia radiofalowe, czy w niektórych przypadkach profilowanie magnetyczne bądź grawimetryczne mogą umożliwić wskazanie ich położenia w sąsiedztwie otworu lub wykluczyć możliwość ich występowania. W wysadowych złożach soli za pomocą prześwietlań sejsmicznych między powierzchnią a otworami wykonanymi w złożu lub za pomocą badań radarowych możliwe jest wyznaczenie położenia ścian (granic) wysadu.

### 3.6. Uwarunkowania sposobu rozpoznawania złóż

O sposobie rozpoznawania złoża decydują przede wszystkim czynniki geologiczne: głębokość jego położenia i sposób ułożenia oraz charakter skał otaczających. Mają na to wpływ także czynniki geograficzne, ekonomiczne i techniczne: rzeźba terenu badań i jego dostępność, stan zagospodarowania, baza energetyczna, możliwość zatrudnienia odpowiednio wykwalifikowanych pracowników.

Wykonanie otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych jest prawie zawsze nieodzowne, gdy niezbędne jest pobranie odpowiednich próbek do badań rodzaju i jakości kopaliny oraz właściwości skał otaczających. Rzadkie są przypadki, gdy rozpoznanie złoża jest możliwe tylko na podstawie odsłoneń naturalnych lub na podstawie badań geofizycznych.

Rozpoznanie otworami wiertniczymi jest znacznie szybsze niż wyrobiskami górniczymi, poza tym kilkakrotnie tańsze. Otwory kierunkowe i kierowane są około 30% droższe od pionowych, ale i tak tańsze niż wyrobiska górnicze. Zaletą rozpoznania wiertniczego jest mniejsze zużycie energii, materiałów oraz siły roboczej. Powoduje to, że rozpoznanie za pomocą wyrobisk górniczych stosuje się obecnie bardzo rzadko. Otwory wiertnicze stosuje się z reguły przy rozpoznawaniu złóż występujących na głębokości większej od 20 m, a także zawsze w przypadku mniejszej głębokości, jeśli złożo znajduje się wśród skał słabo związanych, luźnych lub silnie zawodnionych, w których utrzymanie wyrobisk górniczych jest bardzo trudne.

Otwory wiertnicze ustępują jednak wyrobiskom górniczym pod względem możliwości przeprowadzenia obserwacji geologicznych. W otworach przeprowadza się je tylko na pobranych z otworu próbkach lub na podstawie profilowania geofizycznego. Na tej podstawie wnioskuje się o przewierczonych utworach. Dostarczają one mniej informacji niż wyrobiska górnicze, w których istnieje możliwość przeprowadzenia obserwacji bezpośrednich jednocześnie, na co najmniej dwóch ścianach. Zatem już w czasie ich wykonywania można zorientować się w sposobie ułożenia złoża i skał otaczających, nierzadko określić jego formę, przebieg zaburzeń tektonicznych i innych zjawisk występujących w złożu. W przypadku rozpoznawania złoża otworami wiertniczymi interpretacja ułożenia złoża jest możliwa dopiero na podstawie co najmniej kilku otworów. W związku z tym metraż wykonywanych otworów musi być większy niż metraż wyrobisk górniczych. Różnica ta powiększa się szczególnie w przypadku złóż bardzo zmiennych, nieregularnych, gniazdowych, żyłowych, sztokwerkowych, gdyż informacje uzyskane z otworów wiertniczych są wówczas niewystarczające dla odtworzenia ich budowy, zwłaszcza gdy są to na przykład niewielkie gniazdowe ciała rudne lub cienkie żyły. Wyrobiska górnicze umożliwiają ponadto pobranie dużych próbek, jakie są potrzebne do badań technologicznych kopaliny tworzącej złożo. Niekiedy mogą też być wykorzystane jako wyrobiska przyszłej kopalni (udostępniające, przygotowawcze, wentylacyjne itp.).

Istotnym ograniczeniem dla stosowania wyrobisk górniczych w rozpoznawaniu złóż oprócz dużych ich kosztów w przypadku szybików jest ograniczony ich zasięg głębokościowy, zwykle nie większy niż do 20 m, zatem stosowane są one do rozpoznania złóż bardzo

zmiennych, płytko położonych lub tylko ich części przypowierzchniowych. Wyjątek stanowi rozpoznawanie złóż w terenach górzystych, gdzie stosowanie wierceń może napotykać na trudności, gdyż urozmaicona morfologia terenu utrudnia ustawienie urządzeń wiertniczych. Chętnie stosuje się wówczas badanie złoża za pomocą sztolni rozmieszczonych na odpowiednich wysokościach. Zaletą poziomych wyrobisk górniczych: sztolni, przekopów, chodników jest możliwość zmiany ich kierunku. W zależności od aktualnych potrzeb można je także prowadzić albo po rozciągłości złoża, w celu stwierdzenia jego ciągłości lub zmian ułożenia, albo wykonywać z nich wcinki w bok w celu zbadania skał otaczających lub sąsiednich ciał rudnych, żył, pokładów itp.

Wychodnie złóż lub części złóż znajdujące się pod niegrubym nadkładem przeważnie bada się za pomocą rowów prowadzonych w poprzek rozciągłości złoża, a niekiedy także po biegu. Szybiki stosowane są tylko w przypadku rozpoznawania złóż płytko położonych, o skomplikowanej budowie, bardzo zmiennej jakości kopaliny. Stosowano je na przykład do rozpoznania rud niklu, występujących w laterytowych pokrywach zwietrzelinowych (złoża w Szklarach na D. Śląsku). W przypadku złóż małych, zmiennych, stromo ułożonych – na przykład żyłowych lub silnie zaburzonych tektonicznie – ich części położone blisko powierzchni rozpoznaje się wyrobiskami górniczymi, szybikami wraz z prowadzonymi z nich wyrobiskami poziomymi, a głębsze – otworami wiertniczymi wierconymi z wcześniej wykonanych wyrobisk.

### 3.7. Metodyka rozpoznawania złoża

#### 3.7.1. Zasady ogólne

Rozpoznanie złoża jest kontynuacją prac poszukiwawczych szczegółowych. Realizowane jest przede wszystkim za pomocą otworów wiertniczych i w wyjątkowych przypadkach wyrobisk górniczych. Ważnym źródłem informacji są też badania geofizyczne, a na terenach odsłoniętych także kartowanie geologiczne, szczegółowe obszaru badań, wykonywane w dużej skali. Badania geofizyczne pozwalają często na znaczne ograniczenie zakresu prac wiertniczych, a nawet niekiedy na ich wyeliminowanie. Jest to możliwe wówczas, gdy wyniki tych badań mogą być w sposób jednoznaczny zinterpretowane. Najczęściej w rozpoznawaniu złóż stosuje się kombinację rozpoznania wiertniczego i badań geofizycznych.

Rozpoznanie wstępne powinno umożliwić uzyskanie:

- uściślonych danych o złożu stwierdzonym w wyniku poszukiwań szczegółowych,
- danych niezbędnych dla projektowania zagospodarowania złoża.

Na tym etapie złoża powinno być zbadane w sposób równomierny na całym obszarze jego występowania. Preferowane jest rozpoznanie za pomocą otworów wiertniczych rozmieszczonych w sposób regularny. Jeśli nie dostarczają one zadowalającej informacji o budowie złoża, to albo powinna być zagęszczona sieć otworów przez odwiercenie dodatkowych albo wykonane badania geofizyczne dowiązane do otworów już wykonanych.

Sposób realizacji i kolejność wykonywanych prac mogą być różne w zależności od stopnia odsłonięcia terenu, rodzaju kopaliny, formy i budowy złoża, warunków jego występowania, możliwego zakresu stosowania badań geofizycznych. Kolejność wykonywania badań w celu rozpoznawania złoża może być zatem bardzo zróżnicowana.

W przypadku złóż zakrytych i ukrytych kolejność prac często bywa następująca:

- wykonanie wierceń umożliwiające stwierdzenie i wstępne udokumentowanie złoża (w kat. C<sub>2</sub>),
- wykonanie wierceń uszczegółwiających wcześniejsze badania, rozmieszczonych w sposób równomierny na obszarze złoża, w sieci regularnej, zagęszczającej często nieregularną sieć otworów odwierconych na etapie poszukiwań szczegółowych, lub wykonanie badań geofizycznych powierzchniowych, dowiązanych do wykonanych wierceń, w celu uściślenia interpretacji budowy złoża (np. tektoniki) pomiędzy otworami lub dla wyznaczenia granic złoża,
- wykonanie wierceń dodatkowych, w miejscach wymagających szczegółowego wyjaśnienia budowy geologicznej lub interpretacji geofizycznej i rozmieszczonych w taki sposób, by możliwe było wyjaśnienie szczegółów budowy złoża uznanych za ważne z punktu widzenia projektowania przyszłego jego zagospodarowania i umożliwiających jego odpowiednie udokumentowanie.

W przypadku kopalin – w szczególności skalnych, występujących także w odsłonięciach na powierzchni – nieodzowne jest kartowanie geologiczne, szczegółowe obszaru badań. Wyprzedzać ono powinno badania geofizyczne i wykonanie wierceń.

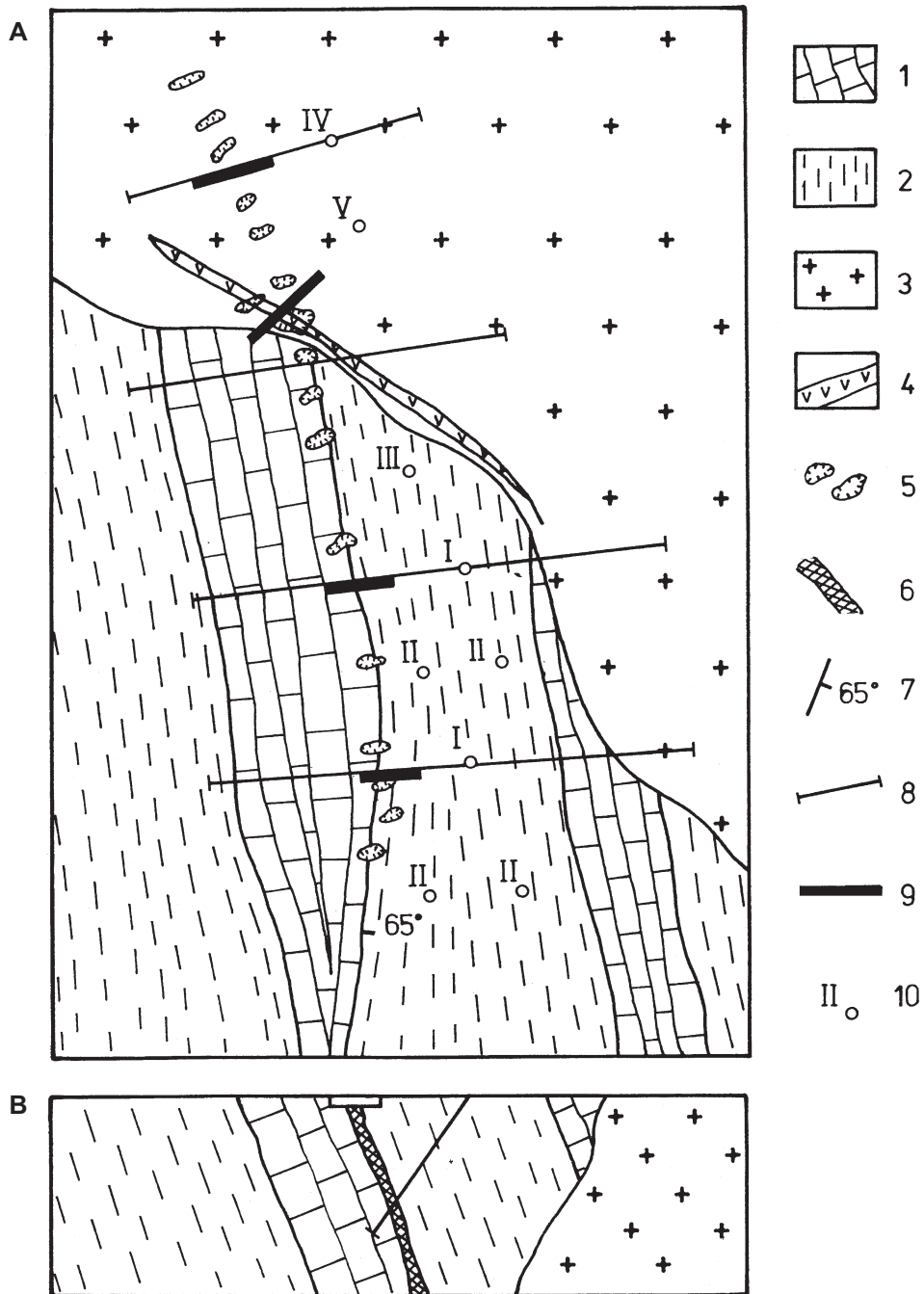
Jeśli możliwe jest wskazanie położenia przypuszczalnej wychodni złoża pod niegrubym nakładem, wówczas powinno być ono potwierdzone przez badania geofizyczne i wykonane rowy badawcze. W ślad za tym powinny być dopiero wykonywane wiercenia dla potwierdzenia występowania złoża na większej głębokości (rys. 3.14). Rozmieszczenie wierceń powinno być uzależnione od ułożenia złoża przewidywanego na podstawie jego badań w strefie przypowierzchniowej. W przypadku urozmaiconej morfologii powierzchni należy przy tym mieć na uwadze, że elementy ułożenia warstw, w szczególności kąta, a nawet kierunku zapadania, mogą być zniekształcone przez haki zboczowe.

W zależności od stopnia zbadania złoża i dokładności określenia jego parametrów uznaje się je za rozpoznane wstępnie lub szczegółowo (odpowiednio w kategorii C<sub>1</sub> lub B).

Często zasadnicze badanie złoża kończy się na etapie rozpoznania wstępnego, które powinno dostarczyć danych niezbędnych dla opracowania projektu zagospodarowania złoża. Stawia to określone wymagania odnośnie rodzaju i zakresu danych geologicznych jakich musi dostarczyć to rozpoznanie. Wynikają one z wymaganego zakresu „Projektu Zagospodarowania Złoża”, ale powinny być zawsze uzgodnione z przyszłym projektantem zagospodarowania złoża i jego użytkownikiem. Projekt zagospodarowania złoża może także określać wymagania odnośnie szczegółowego rozpoznania złoża (potrzebę jego wykonywania, obszar w jakim powinno być zrealizowane, oczekiwaną jego dokładność).

Rozpoznanie szczegółowe realizowane jest w zasadzie za pomocą otworów wiertniczych zagęszczających sieć otworów wcześniej wykonanych. W przypadku złóż o skompliko-





**Rys. 3.14.** Rozpoznanie złoża za pomocą rowów, profili geofizycznych i otworów wiertniczych  
 A – mapa, B – przekrój, 1 – wapnienie, 2 – łupki, 3 – granity, 4 – ryolit, 5 – ślady starych wyrobisk i rud utlenionych (Cu, Zn, Pb), 6 – przypuszczalne położenie złoża, 7 – elementy ułożenia warstw, 8 – profile geofizyczne (elektrooporowe), 9 – rowy, 10 – wiercenia i przewidywana kolejność wykonania



wanej budowie geologicznej konieczne jest często wykonanie badawczych wyrobisk górniczych.

### 3.7.2. Rozmieszczanie punktów rozpoznawczych

Przez **punkt rozpoznawczy** należy rozumieć miejsce, w którym uzyskuje się informację o złożu. Zwykle jest to miejsce przecięcia złoża przez otwór wiertniczy lub wyrobisko górnicze wykonane w celu jego zbadania, w którym można określić jego miąższość i pobrać próbki do badań jakości kopaliny. Może to być także odsłonięcie naturalne lub miejsca wykonania badań geofizycznych (np. sondowania elektrooporowego). Punkty te powinny być rozmieszczone w taki sposób, by na ich podstawie można było zinterpretować budowę przestrzenną złoża i przedstawić ją za pomocą map i przekrojów. Powinny one zapewniać równomierne zbadanie złoża lub wyróżnianej jego części. Z tej zasady równomierności wynika, że punkty te powinny być rozmieszczone w miarę możliwości regularnie. Stosuje się trzy sposoby rozmieszczania punktów rozpoznawczych (rys. 3.15):

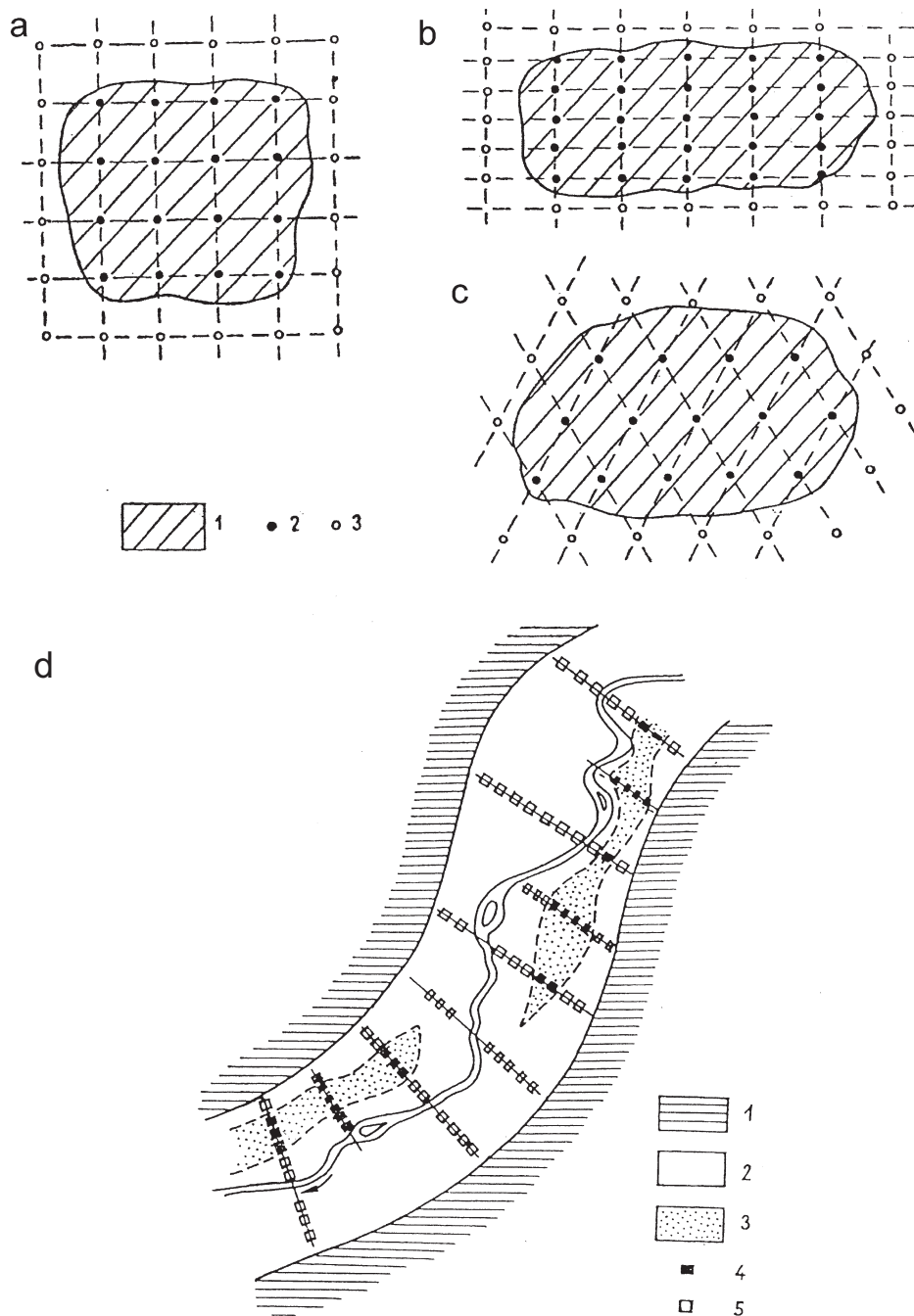
- sieciowy,
- liniowy,
- gniazdowy.

Odpowiednio jest to rozpoznanie złoża za pomocą sieci otworów lub wyrobisk górniczych, rozpoznanie liniami lub rozpoznanie gniazdowe.

**Rozpoznanie za pomocą sieci** stosuje się w przypadku złóż rozległych, leżących poziomo lub nachylonych pod niewielkim kątem. Oczka sieci mogą być kwadratowe, prostokątne lub rombowe (rys. 3.15a,b,c). Odległości między punktami rozpoznawczymi w złożu są przeważnie stałe w poszczególnych kierunkach. Określa się je na powierzchni środkowej złoża, to jest powierzchni, obrazującej sposób jego ułożenia w przestrzeni. Punkty, z których są wykonane otwory lub wyrobiska górnicze stanowią **węzły sieci**. W praktyce często niemożliwe jest wykonanie odpowiedniego wyrobiska czy otworu ściśle w wyznaczonym węźle. Przyczyną mogą być trudności terenowe, np. zabudowa, drogi, ciekły powierzchniowe itp. Zawsze jednak dąży się do tego, by zniekształcenie sieci było możliwie jak najmniejsze.

Sieć kwadratową i rombowa lub jej odmianę w postaci trójkątnej równobocznej stosuje się w przypadku złóż izometrycznych sieć prostokątną w przypadku złóż wydłużonych, orientując dłuższe boki prostokątów w kierunku wydłużenia złoża.

Przy **rozpoznaniu liniami** punkty rozpoznawcze są rozmieszczone gęsto w liniach zorientowanych w poprzek złoża lub równoległe do kierunku maksymalnej jego zmienności. Odległości między liniami są znacznie większe niż punktów rozpoznawczych w linii. Ten sposób rozpoznania stosuje się w przypadku złóż bardzo nachylonych, żyłowych, pokładowych, soczewowych oraz złóż bardzo wydłużonych w jednym kierunku, na przykład okruchowych, występujących w młodych tarasach rzecznych (rys. 3.15d). Rozpoznanie liniami stosuje się także w przypadku występowania w złożu wyraźnie zorientowanych struktur, np. stromych fałdów, łusek, fleksur lub wydłużonych stref o zróżnicowanej jakości kopaliny (np. mineralizacji). Linie rozpoznawcze orientuje się w poprzek takich struktur lub



**Rys. 3.15.** Sposoby rozmieszczenia punktów rozpoznawczych. Sieci rozpoznawcze a – kwadratowa, b – prostokątna, c – rombowa, 1 – złoża, 2 – otwory wiertnicze pozytywne, 3 – otwory negatywne, d – rozmieszczenie liniowe, 1 – skały starszego podłoża, 2 – utwory aluwialne, 3 – złoża piasków złotośnych, 4 – szybiki pozytywne, 5 – szybiki negatywne

stref. Punkty rozpoznawcze są rozmieszczane tak, aby na ich podstawie można było wykonać przekroje poprzeczne w stosunku do złoża. W przypadku gdy złoże jest rozpoznawane wyrobiskami górnictwymi na różnych poziomach mogą to być przekroje poziome (mapy poziomowe).

**Gniazdowe rozmieszczenie punktów rozpoznawczych** polega na zagęszczeniu ich w pewnych rejonach wymagających rozpoznania. Stosuje się je przede wszystkim w przypadku badania złóż utworzonych przez szereg gniazd grupujących się w pewnych strefach (rys. 3.17e). Za pomocą rzadkiej sieci otworów rozpoznaje się położenie strefy występowania gniazd, a następnie stopniowo zagęszcza w otoczeniu przypuszczalnych gniazd.

### 3.7.3. Kolejność wykonywania rozpoznawczych otworów wiertniczych

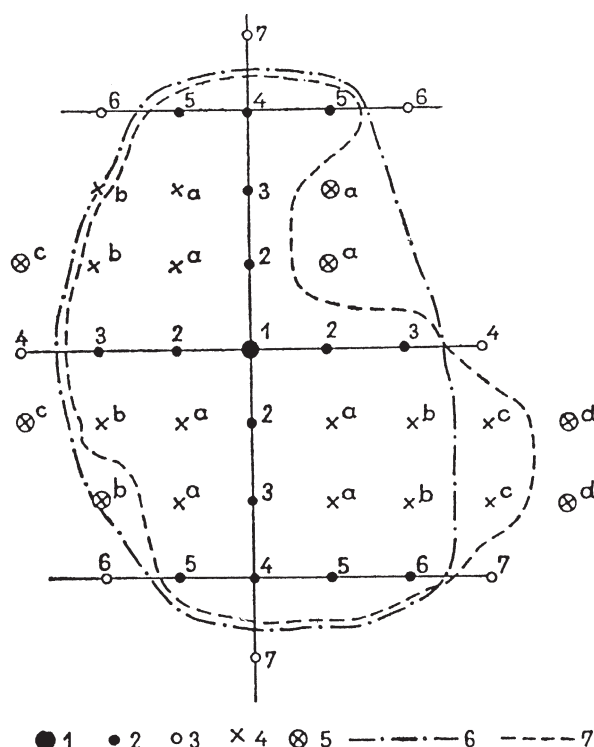
Badanie złoża za pomocą otworów wiertniczych lub wyrobisk górnictwowych zaczyna się przeważnie w trakcie szczegółowych prac poszukiwawczych. Rozpoczyna się je od miejsca, w którym występowanie złoża nie budzi wątpliwości lub jest najbardziej prawdopodobne. Kolejne otwory lub wyrobiska wykonuje się w kierunku do granic złoża, które z reguły nie są dokładnie znane. Zwykle wykonuje się po kilka otworów jednocześnie (rys. 3.16). Należy jednak pamiętać, by nie były one rozmieszczone obok siebie w jednej linii. Unika się w ten sposób odwiercenia nadmiernej liczby otworów, które mogą się okazać negatywne, położone już za konturem złoża, w skałach płonnych.

Przy projektowaniu prac rozpoznawczych należy zawsze mieć rezerwę otworów, których lokalizacja wcześniej nie zostaje wyznaczona, a która pozwala na:

- 1) szczegółowe rozpoznanie stref silnie tektonicznie zaburzonych, których budowa i przebieg nie są jasne na podstawie danych uzyskanych z podstawowej sieci otworów,
- 2) określenie położenia granicy złoża w tych miejscach, w których znajduje się ona dalej niż to przewidywano na podstawie wcześniejszych danych i brak możliwości wyznaczenia jej za pomocą innych metod (np. geofizycznych).

Rezerwę tę uzupełniają otwory, z których odwiercenia zrezygnowano w wyniku wcześniejszego niż to było założone dla określenia położenia granic złoża.

Przy planowaniu i wykonywaniu otworów rozpoznawczych zwrócić należy uwagę na przypadki, gdy wykonanie otworu albo nie dostarcza informacji o złożu albo dostarcza informacji, która może być błędnie zinterpretowana. Przykładowo, w złożu występującym blisko powierzchni, rozciętym dolinami potoków, niecelowe i niewłaściwe jest wykonywanie wierceń w tych dolinach, gdyż albo nie dostarczają one informacji o złożu albo informacja ta jest ułomna. Takie projektowanie otworów jest kardynalnym błędem. W przypadku złóż żwirowo-piaskowych otwory usytuowane w starorzeczach dostarczają ograniczonej informacji o złożu i może być ona błędnie zinterpretowana, gdyż w wąskiej strefie starorzecza ma ono odmienne parametry i budowę niż na reszcie obszaru.



Rys. 3.16. Stopniowe rozwijanie sieci rozpoznawczej

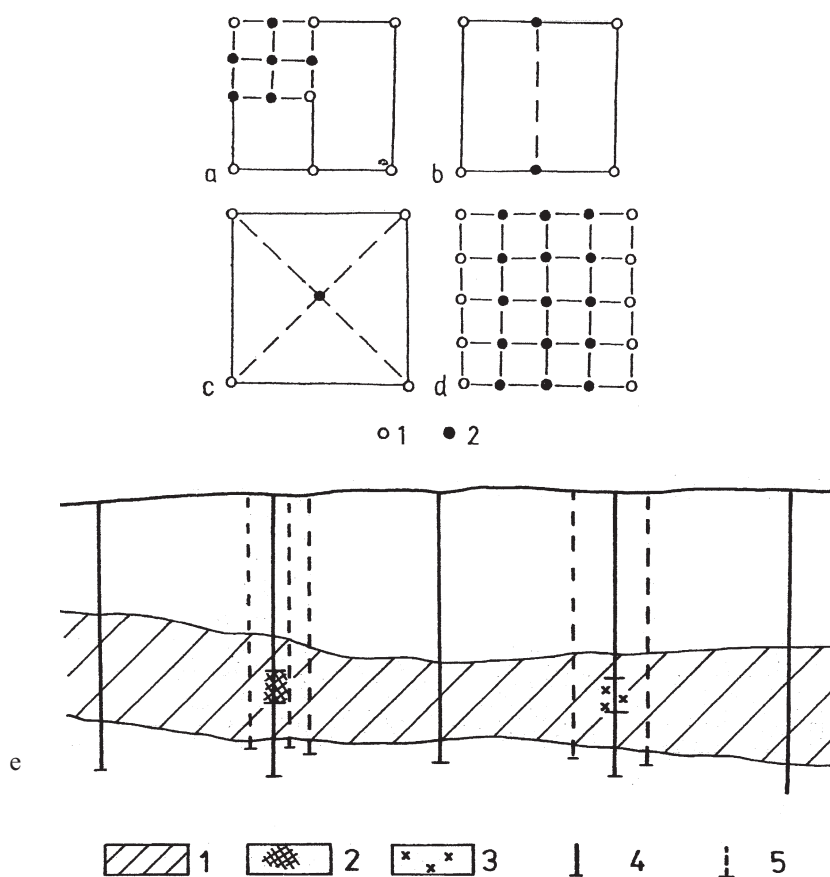
1 – otwór wyjściowy, 2 – otwory pozytywne pierwszego etapu rozpoznania (1, 2, 3... kolejno wykonywane otwory), 3 – otwory negatywne pierwszego etapu rozpoznania, 4 – otwory pozytywne drugiego etapu rozpoznania (a, b, c... kolejno wykonywane otwory), 5 – otwory negatywne drugiego etapu rozpoznania, 6 – kontur złoża wyznaczony na podstawie otworów pierwszego etapu rozpoznania, 7 – kontur złoża wyznaczony na podstawie otworów drugiego etapu rozpoznania

### 3.7.4. Zagęszczanie punktów rozpoznawczych

Rozpoznanie wstępne i szczegółowe złoża wymaga uzyskania dodatkowych informacji o złożu i zwiększenia jej dokładności. Prowadzi się je zatem, zagęszczając stopniowo sieć punktów rozpoznawczych w kolejnych etapach. W początkowym etapie poszukiwań szczegółowych wykonuje się rzadką sieć punktów rozpoznawczych, która powinna objąć całe złożo. Zagęszczenie tej początkowej sieci można przeprowadzić albo równomiernie bez zmiany kształtu oczek sieci lub ze zmianą kształtu oczek (rys. 3.17a).

Zagęszczenie równomierne powoduje znacznie większy dopływ informacji o złożu, i wzrost dokładności oszacowania jego parametrów i zasobów w stopniu, który nie zawsze jest konieczny i nie usprawiedliwia ponoszenia kosztów wiercenia dużej liczby dodatkowych otworów. Zmniejszenie liczby dodatkowych otworów wiąże się ze zmianą kształtu sieci.

Najczęstsze są zmiany sieci kwadratowej na prostokątną lub rombowa. Zmianę sieci kwadratowej na prostokątną (rys. 3.17b) stosuje się wówczas, gdy w trakcie rozpoznania



Rys. 3.17. Sposoby zagęszczania sieci rozpoznawczej

a – równomierne, b – zmiana kształtu sieci z kwadratowej na prostokątną, c – zagęszczenie kopertowe, d – zmiana rozpoznania liniowego na sieciowe; 1 – otwory rozpoznawcze wcześniejszego etapu, 2 – otwory zagęszczające, e – zagęszczanie gniazdowe: 1 – strefa rudonośna 2 – stwierdzone wystąpienie rudy, 3 – stwierdzone oznaki sąsiedztwa rud, 4 – otwory wiertnicze rozpoznające strefę rudonośną, 5 – otwory zagęszczone gniazdowo

wykryte zostaną liniowo wydłużone (zorientowane w jednym kierunku) elementy strukturalne lub strefy, w których kopalina ma różne cechy jakościowe. Niekiedy w takich przypadkach przechodzi się z rozpoznania sieciowego na liniowe.

Zmiana sieci kwadratowej na rombową (zwaną też **zagęszczeniem kopertowym**, rys. 3.17c) stosuje się wówczas, gdy chodzi jedynie o uzyskanie nieco większej gęstości punktów rozpoznawczych, dla osiągnięcia lepszej dokładności rozpoznania złoża niż ta, jaką osiągnięto w etapie wcześniejszym. Zagęszczenie kopertowe stosuje się też wówczas, gdy chodzi nam o zmianę orientacji sieci o  $45^\circ$ .

Zmianę rozpoznania liniowego na sieciowe stosuje się rzadko. Przykładem mogą być złoża pokładowe jednokierunkowo wydłużone (np. złoża siarki rodzimej). Na początku, na etapie poszukiwań szczegółowych, bada się je za pomocą linii orientowanych w poprzek

struktur, w których te złoża występują, a następnie wstępnie okonturowane złoża rozpoznaje się za pomocą sieci otworów (rys. 3.17d).

Przejście z rozpoznania sieciowego na gniazdowe stosuje się w złożach rud, nieciągłych stratoidalnych i gniazdowych. W początkowym okresie bada się je za pomocą regularnej sieci otworów. Ich zadaniem powinno być przede wszystkim rozpoznanie warunków występowania utworów, w których lokuje się ciała rudne. Następnie grupuje się je w otoczeniu miejsc, w których stwierdzono objawy złożowe, nawiercone lub stwierdzone badaniami geofizycznymi (rys. 3.17e).

Sposób rozmieszczenia otworów zawsze powinien być uzależniony od spodziewanej formy złoża i warunków jego lokalizacji.

Złoża rud uranu typu *roll front* mają formę nieregularnych gniazd sierpowatych w przekroju pionowym, lokujących się w piaskowcach na granicy strefy redukccyjnej i utleniającej. Za pomocą rzadkiej regularnej siatki otworów wiertniczych określa się przypuszczalne położenie granicy tej strefy, która jest barierą geochemiczną dla związków uranu migrujących z wodami infiltracyjnymi. Sieć otworów zagęszcza się najpierw w strefie prawdopodobnego występowania bariery geochemicznej dla uściślenia jej położenia, a następnie w jej obrębie, w szczególności w sąsiedztwie stwierdzonych wystąpień mineralizacji uranowej (rys. 3.18).

Zagęszczenie punktów rozpoznawczych może być dokonane na obszarze całego badanego złoża albo tylko na jego części, na przykład tej, która ma być przedmiotem eksploatacji w czasie amortyzacji zakładu górniczego (na podstawie informacji o budowie tej części złoża projektuje się zwykle zakład górniczy).

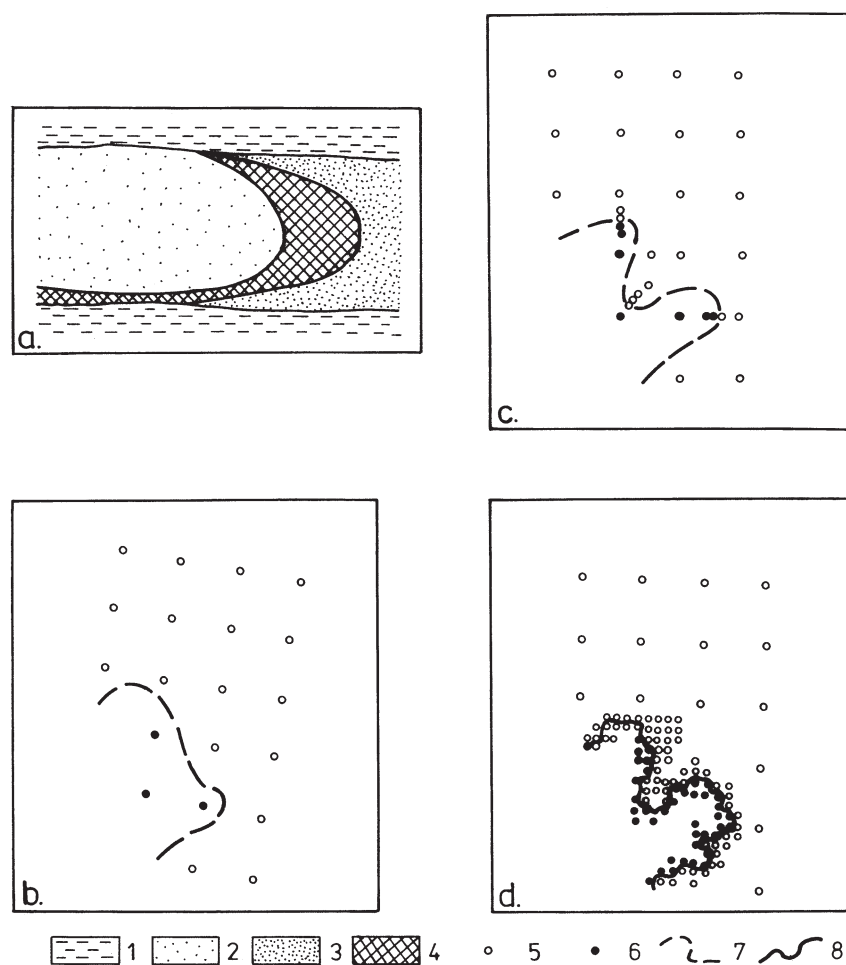
Często punkty rozpoznawcze zagęszcza się również w części przykonturowej złoża oraz w sąsiedztwie ważniejszych stref dyslokacyjnych. Umożliwia to bardziej dokładne wyznaczenie ich przebiegu. W obu przypadkach rezygnuje się z regularnego rozmieszczenia punktów rozpoznawczych, a sytuuje się je w miejscach, gdzie istnieje największe prawdopodobieństwo uzyskania informacji o położeniu granicy złoża lub zaburzenia tektonicznego. Położenie takich punktów ustala się często na podstawie badań geofizycznych.

Zagęszczanie regularne sieci otworów nie zawsze jest zatem konieczne i wskazane. Często wykonanie dodatkowych otworów jest celowe tylko w tych miejscach, w których można uzyskać jak najwięcej dodatkowych informacji o budowie złoża lub rodzaju i jakości kopaliny.

### 3.7.5. Rozpoznawanie granic złóż

Granice złoża stanowią: w płaszczyźnie pionowej jego strop i spąg, a w poziomej granica występowania nagromadzenia kopaliny.

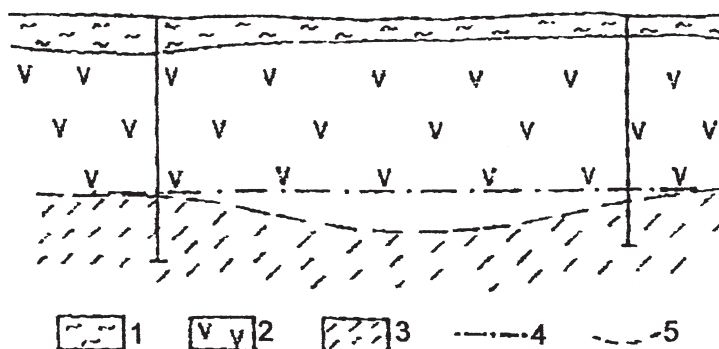
Wyznaczenie położenia powierzchni stropowej i spągowej w otworach rozpoznawczych (lub wyrobiskach górniczych) nie sprawia na ogół problemów, gdyż jest możliwe albo na podstawie obserwacji bezpośrednich albo na podstawie wyników opróbowania (jeśli granice te wyznaczają odpowiednie wartości parametrów charakteryzujących jakość kopaliny).



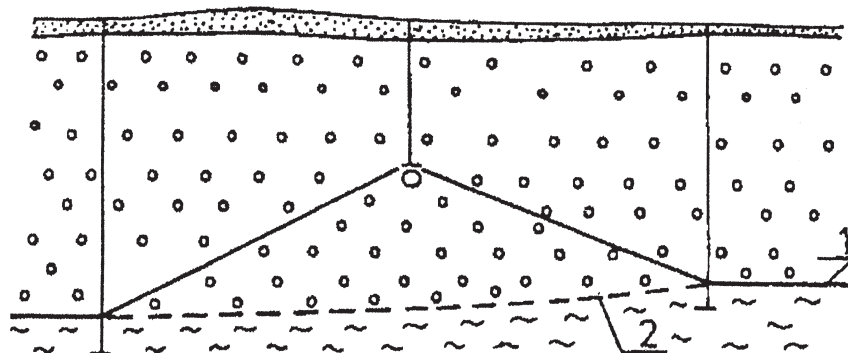
Rys. 3.18. Rozpoznawanie złóż gniazdowych typu *roll front* (schemat)

a – model złoża, b – początkowe stadium rozpoznania, c – uściślenie położenia strefy występowania ciał rudnych (gniazdowe zagęszczenie otworów), d – zagęszczenie otworów w strefie występowania ciał rudnych,  
 1 – łupki, 2 – piaskowce w strefie utlenienia, 3 – strefa redukcyjna, 4 – mineralizacja uranowa, 5 – otwory w strefie utlenienia, 6 – otwory w strefie redukcyjnej, 7 – interpretowane położenie granicy strefy utlenienia, 8 – stwierdzone położenie granicy strefy utlenienia i redukcji i lokalizacji ciał rudnych

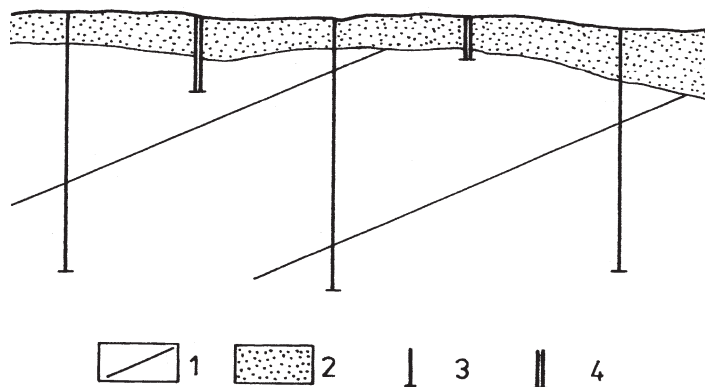
Położenie stropu i spągu złoża między otworami jest interpretowane, a zatem tylko przybliżone (rys. 3.19), zwłaszcza w przypadku dużej zmienności parametrów złoża. Jeśli otwory rozpoznawcze nie są dowiercone do spągu złoża powinny być pominięte w określaniu jego położenia. Wyznaczanie spągu na głębokości do jakiej został dowiercony taki otwór jest błędem (rys. 3.20). W złożach kopalin skalnych, występujących pod niegrubym nadkładem można uściślić obraz położenia stropu złoża wykonując dodatkowe zagęszczające płytkie otwory lub szybiki tylko do jego stropu (rys. 3.21). Szybiki często dawniej chętnie wykonywane, obecnie nie są stosowane ze względu na ich pracochłonność i koszty. Uści-



**Rys. 3.19.** Niepewność interpretacji położenia spągu złoże (złoże diabazu Niedźwiedzia Góra)  
 1 – otwory czwartorzędowe, 2 – diabazy, 3 – łupki, 4 – interpretowany spąg złoże na podstawie danych z otworów rozpoznawczych, 5 – rzeczywisty spąg złoże



**Rys. 3.20.** Błędna interpretacja położenia spągu złoże w miejscu niedowierconego otworu  
 1 – błędnie interpretowane położenie spągu złoże, 2 – interpretacja poprawna



**Rys. 3.21.** Rozpoznanie położenia stropu złoże za pomocą dodatkowych płytkich otworów lub szybików  
 1 – złoże, 2 – nadkład, 3 – otwory wiercone w celu rozpoznania złoże, 4 – otwory dla zbadania położenia stropu złoże i nadkładu



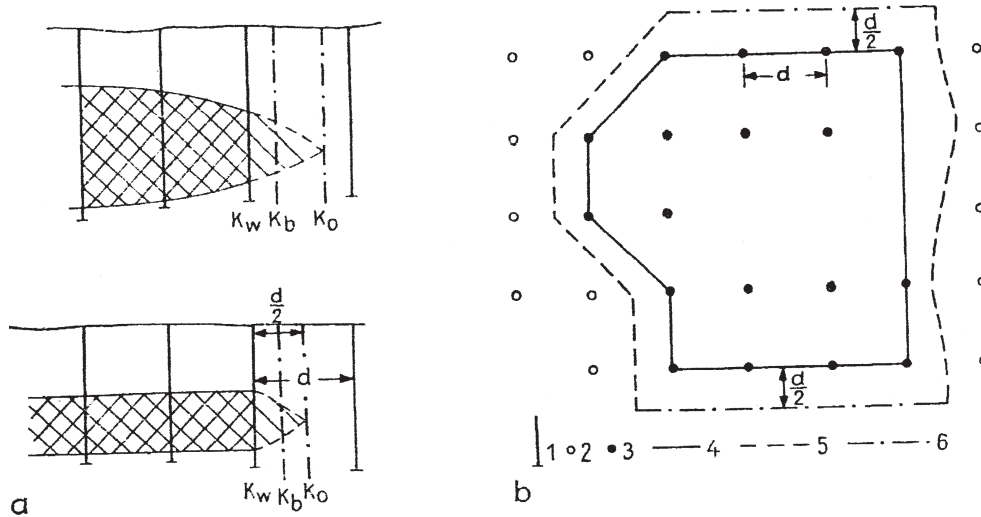
ślenie informacji o położeniu stropu złoża umożliwiają badania geofizyczne pod warunkiem, że istnieje dostatecznie duża różnica odpowiednich właściwości skał tworzących złożę i nadkład (rys. 3.11).

Przypadkiem szczególnym, ale częstym zwłaszcza w złożach kruszywa piaskowo-żwirowego jest wyznaczanie spągu złoża na głębokości odpowiadającej położeniu zwierciadła swobodnego wód podziemnych. Należy wziąć przy tym pod uwagę, że położenie tego zwierciadła podlega wahaniom. W związku tym należy wyznaczać położenie tak określonego spągu złoża na podstawie pomiarów położenia zwierciadła wody wykonywanych w tym samym czasie albo – jeśli pomiary były wykonane w różnych okresach czasu nieraz bardzo odległych – zdecydować czy ma to być najniższy czy najwyższy stan zwierciadła wód podziemnych. Jeśli występują duże wahania tego zwierciadła wyznaczany powinien być spąg złoża suchego, częściowo okresowo zawodnionego w strefie wahań sezonowych zwierciadła wody i ewentualnie stale zawodnionego poniżej.

Jednym z ważnych zagadnień w rozpoznawaniu złóż jest określenie położenia granic złoża w poziomie, w tych przypadkach, gdy nie są to granice sztuczne wynikające na przykład z praw własności nieruchomości gruntowych. Potrzeba określenia możliwego położenia tych granic wynika z postulatu racjonalności jego wykorzystania, polegającego na możliwie pełnym wydobyciu kopaliny. Celem tego postulatu jest dążenie do ograniczenia potrzeby podejmowania eksploatacji kolejnych złóż, a zatem minimalizacja przekształceń środowiska związanych z działalnością górnictwem.

W czasie rozpoznania wstępnego należy okonturować złożę, to znaczy wyznaczyć jego granice. Wskazane jest – o ile warunki geologiczne na to pozwalają – stosowanie do tego odpowiednio dobranych metod geofizycznych. Jeśli metody geofizyczne nie mogą być zastosowane np. ze względu na małą kontrastowość właściwości fizycznych kopaliny tworzącej złożę i skał otaczających, wówczas granice złoża wyznacza się na podstawie wykonywanych wierceń. Osiąga się to, gdy na końcu każdej linii otworów znajdują się otwory usytuowane już poza konturem złoża lub, co rzadko się zdarza, na samym konturze. Często, jeśli otwór znajduje się blisko konturu – o czym wnosimy na podstawie interpretacji przekroju, na którym można stwierdzić wyklinowywanie się złoża (rys. 3.22) lub interpretować położenie jego wychodni – rezygnuje się z wykonania otworu pozakonturowego. Gdy brak danych geologicznych dla interpretacji położenia granicy złoża wyznacza się ją w sposób formalny między otworem pozytywnym i negatywnym w połowie albo jednej czwartej odległości między otworami (rys. 3.22). Jeśli znana jest struktura zmienności parametrów złoża opisana za pomocą wariogramu (zob. rozdz. 3.8.2 i aneks do części IV), wówczas granice złoża można wyznaczyć na zewnątrz od skrajnych otworów pozytywnych w odległości równej zasięgowi autokorelacji parametrów złoża (zasięgu wariogramu) lub w sposób bardziej ostrożny w odległości 1/3 lub 2/3 tego zasięgu jeśli występuje duża zmienność lokalna tych parametrów (duża wartość  $C_0$  wariogramu).

Wyznaczanie granicy złoża po skrajnych otworach pozytywnych (niestety, często praktykowane) jest kardynalnym błędem dokumentowania złóż o ile nie wynika to z jakichś dodatkowych potrzeb (na przykład stwierdzenia parametrów złoża wzdłuż sztucznie usta-

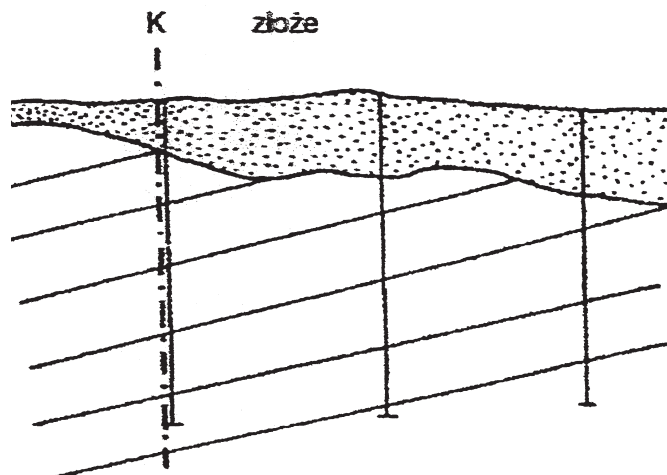


Rys. 3.22. Interpretacja granicy złoża

a – w przekroju, b – na mapie, 1 – otwory na przekrojach, 2 – otwory negatywne na mapie, 3 – otwory pozytywne na mapie, 4 – granica wyznaczona przez skrajne otwory pozytywne (kontur wewnętrzny złoża,  $K_w$ ), 5–6 – interpretowana granica złoża ( $K_o$  – „zerowa”, pełnego wyklinowania,  $K_b$  – złoża bilansowego), 5 – granica interpolowana, 6 – granica ekstrapolowana

lanej jego granicy). Złoże zawsze występuje także na zewnątrz od skrajnych pozytywnych otworów rozpoznawczych (rys 3.23).

Zawsze dąży się do tego, by liczba otworów pozakonturowych, negatywnych, była możliwie jak najmniejsza, gdyż podnoszą one koszty rozpoznania nie wnosząc informacji



Rys. 3.23. Niewłaściwa interpretacja położenia granicy złoża (K) po skrajnych otworach pozytywnych bez uwzględnienia cech jego budowy (grubości nadkładu)

o samym złożu. Wykonanie pewnej ich liczby jest jednak często nieodzowne, gdyż dostarczają one także informacji o budowie geologicznej otoczenia złoża, której znajomość może być ważna dla oceny wpływu przyszłej eksploatacji na środowisko (np. warunków krążenia wód podziemnych).

### 3.7.6. Rozpoznawanie budowy wewnętrznej złóż

Jedną z cech złóż istotną dla ich późniejszej eksploatacji jest ich budowa wewnętrzna: zróżnicowanie rodzaju kopaliny lub jej odmian (typów) o różnych zastosowaniach surowcowych, nieciągłość złoża, przerosty skał płonnych lub inne formy występowania takich skał, zaburzenia tektoniczne itp. (tab. 3.3).

**Tabela 3.3**

Cechy budowy wewnętrznej złoża, ich znaczenie praktyczne, możliwości rozpoznania i dokumentacji

Cechy budowy wewnętrznej		Znaczenie praktyczne	Możliwości rozpoznania i sposób dokumentowania
Zaburzenia tektoniczne		ocena warunków eksploatacji, stateczności wyrobisk, możliwych zmian jakości kopaliny w sąsiedztwie zaburzeń tektonicznych	możliwe stwierdzenie i prezentacja zróżnicowania ułożenia warstw na mapach i przekrojach. Ograniczone możliwości stwierdzenia drobnych zaburzeń tektonicznych (zwłaszcza uskokuwowych) i ich prezentacji i interpretacji na mapach i przekrojach. Zwykle możliwy jest tylko opis słowny
Zróżnicowanie litologiczne, stopień zwietrzenia, przeobrażenia epigenetyczne		zróżnicowanie właściwości kopaliny	możliwe stwierdzenie i prezentacja (na mapach i przekrojach) na podstawie wyników prac rozpoznawczych (obserwacji bezpośrednich i wyników opróbowania)
Utwory obce w obrębie złoża	przewarstwienia płonne	zanieczyszczenie urobku, zubożenie kopaliny (obniżenie właściwości surowca), możliwa konieczność eksploatacji selektywnej	możliwe stwierdzenie na podstawie wyników prac rozpoznawczych (obserwacji bezpośrednich i wyników opróbowania) oraz prezentacja na mapach i przekrojach
	utwory krasowe	zanieczyszczenie urobku, zubożenie kopaliny (obniżenie właściwości), ograniczenie możliwości eksploatacji	ograniczone możliwości wykrycia w czasie prac rozpoznawczych i prezentacji miejsc występowania na mapach i przekrojach. Niezbędny opis słowny
	utwory żyłowe		

Granice wstępowania rodzajów lub odmian kopaliny, przerostów płonnych wyznacza się na zasadzie interpolacji ich położenia między otworami rozpoznawczymi. Gdy niezbędne jest uściślenie interpretacji tego położenia niezbędne jest wykonanie otworów lokalnie zagęszczających podstawową siatkę wierceń.

Nieregularne wystąpienia skał płonnych (na przykład produktów krasowienia w skałach węglanowych), płonnych utworów żyłowych są stwierdzane w sposób przypadkowy w czasie rozpoznania wiertniczego. Możliwe może być za pomocą odpowiednio zagęszczonych badań geofizycznych dowiązanych do wykonanych wierceń. Dalsze uściślenie położenia wykrytych w ten sposób stref płonnych (lub o odmiennej budowie) może być dokonane za pomocą wierceń rozmieszczonych w sposób gniazdowy.

### 3.7.7. Czynniki geologiczne decydujące o sposobie rozpoznania złoża

Podstawowymi czynnikami geologicznymi, od których zależy sposób rozpoznania złoża, jest przede wszystkim jego forma i sposób ułożenia w przestrzeni. Decydują one o użyciu odpowiednich środków technicznych do jego realizacji.

Z punktu widzenia metodyki rozpoznawania wyróżnia się pięć typów złożeń w zależności od formy bryły złożowej:

- 1) pokładowe i pokładopodobne (stratoidalne),
- 2) żyłowe, strefy żyłne i strefy zmineralizowane (szlirowe),
- 3) masywowe, sztokwerkowe, wysadowe,
- 4) kominowe i cygarokształtne,
- 5) małe gniazdowe i nieregularne.

Do grupy pierwszej należą złoże, których dwa wymiary są znacznie większe od trzeciego poprzecznego, to jest miąższości (wymiar  $a \approx b \gg c$ ) i ułożone są mniej lub bardziej zgodnie z ułożeniem skał otaczających. Tu należą złoże:

- **pokładowe**, zajmujące stałą pozycję stratygraficzną (np. węgla kamiennego),
- **stratoidalne**, nie będące stałym poziomem stratygraficznym, ale generalnie ułożone zgodnie ze skałami otaczającymi, zwykle bardzo nieregularne, o urozmaiconej morfologii powierzchni stropowej i spągowej (np. złoże rud miedzi w łupkach i piaskowcach),
- **pokrywowe** (blanketowe), np. metalonośne pokrywy zwietrzelinowe na skałach magmowych (np. boksyty laterytowe).

Zalicza się do tej grupy także złoże soczewkowe, na przykład okruczowe złota. Ze względu na niewielkie rozmiary i zmienne rozmieszczenie w profilu wyróżniane bywają też one jako osobny typ złożeń.

Cechami charakterystycznymi złożeń pokładowych i stratoidalnych są:

- związek z profilem stratygraficznym,
- płytopodobna forma, duże rozprzestrzenienie,
- często prosta budowa wewnętrzna,

- położenie stropu i spągu wyraźne lub możliwe do wyznaczenia na podstawie wyników opróbowania.

Pokłady często występują po kilka w profilu, tworząc wiązki pokładów lub całe serie. Typowe jest to zwłaszcza dla złóż węgla. Cały kompleks skał zawierający więcej niż jeden pokład lub zespół skał tworzących złożę określa się jako „serię złożową”.

**Złoża żyłowe i strefy żyłne** mają generalnie formę płytopodobną (wymiary  $a \approx b \gg c$ ). Są one zwykle związane ze spękaniem tektonicznymi. Często są to zespoły żył równoległych, łączących się lub rozwidlających. Złoża te mają na ogół małą miąższość, są nieciągłe tak po rozciągłości jak i w kierunku upadu. Ich budowa wewnętrzna jest zwykle skomplikowana. Kontakty ze skałami otaczającymi bywają ostre, ale też w wielu przypadkach w skałach, otaczających żyły kruszcowe, obserwuje się aureolę mineralizacji rozproszonej lub drobnożyłkowej o zmiennym zasięgu, która też może być przedmiotem eksploatacji i jest zaliczana do złoża. Podobnymi cechami charakteryzują się złoża występujące w postaci zmineralizowanych stref (złoża szlirowe). Mają one formę płytopodobną lub soczewkową i nieraz cechują się dużą miąższością.

**Złoża masywowe, sztokwerkowe, wysadowe** mają zwykle formy izometryczne (wymiary  $a \approx b \approx c$ ). Wyróżnić wśród nich można złoża o prostej budowie, zwłaszcza kopalin skalnych, oraz złoża o złożonej budowie wewnętrznej przede wszystkim sztokwerkowe. Szczególnym rodzajem są wysady solne.

Złoża **masywowe** kopalin skalnych stanowią zwykle wydzieloną w sposób sztuczny część utworów o określonych cechach surowcowych. Granice takich „złóż” często stanowią granice własności gruntowej terenu, na którym występuje złożę lub granice obszaru, na którym przewiduje się rozpoznanie złoża.

Złożę **sztokwerkowe** tworzy masyw skalny, w którym występuje mineralizacja impregnacyjno-żyłkowa. Złoża takie cechują się brakiem wyraźnych granic ze skałami otaczającymi i w związku z tym powierzchnie ograniczające je dają się wyznaczyć jedynie na podstawie wyników opróbowania.

**Wysady solne** stanowią typ pośredni między złożami masywowymi i kominowymi. Z reguły posiadają bardzo skomplikowaną budowę wewnętrzną, spowodowaną sfałdowaniem skał kompleksu solnego w czasie piętrzenia wysadu.

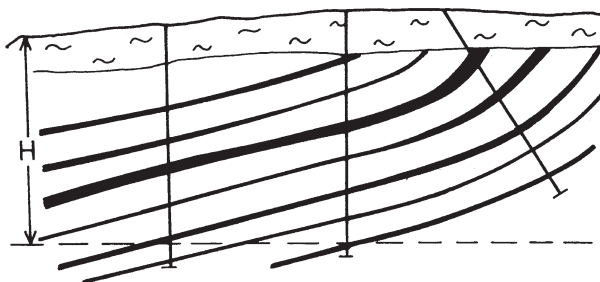
**Złoża kominowe i cygarokształtne** są rzadkie. Wspólną ich cechą jest silne wydłużenie w jednym kierunku, przy niewielkich w porównaniu z nim wymiarach w przekroju poprzecznym i zwykle izometryczne w tym przekroju ( $a \approx b \ll c$ ). Złoża kominowe wydłużone są w kierunku pionowym, cygarokształtne w kierunku poziomym. Cienkie złoża tego typu mają zwykle skomplikowany przebieg, uzależniony od lokalnych zaburzeń tektonicznych.

**Złoża gniazdowe** i niektóre soczewkowe są małe, cechują się z reguły bardzo skomplikowaną budową oraz nieregularnym rozmieszczeniem. Często gniazda lub soczewki grupują się w pewnych strefach uwarunkowanych tektoniką lub litologią skał otaczających. Gniazda, soczewki lokujące się w zespole warstw o określonych cechach litologicznych tworzą złoża stratoidalno-gniazdowe (lub stratoidalno-soczewkowe).

### 3.7.8. Metodyka rozpoznawania złóż w zależności od ich formy i budowy

#### 3.7.8.1. Złóża pokładowe i stratoidalne

Złóża pokładowe i stratoidalne, leżące poziomo i występujące na niedużej głębokości, rozpoznaje się płytkimi otworami wiertniczymi, niekiedy tylko okrętnymi w przypadku niektórych złóż kopalin skalnych np. ilów do produkcji ceramiki budowlanej, piasków itp. Rzadko, w przypadkach uzasadnionych skomplikowaną budową złoża, stosuje się szybiki. Złóża głębiej położone, a także nachylone lub zaburzone tektonicznie, rozpoznaje się otworami wiertniczymi rdzeniowymi (rys. 3.2a, 3.24). W przypadku nachylenia złoża pod kątem większym od  $45^\circ$  stosuje się wiercenia kierunkowe (pochyłe), a w przypadku złóż bardzo stromo ułożonych, otwory kierowane (rys. 3.2b), przede wszystkim w celu uniknięcia krzywienia („ślizgania się”) otworu na płaszczyznach uwarstwienia. Wyrobiska rozpoznawcze (otwory wiertnicze) rozmieszcza się w sieci lub wzdłuż linii. Rozpoznaniem obejmuje się całą serię utworów, aż do skał podłożowych. W złożach nachylonych otwory wykonuje się do głębokości, do której możliwe jest prowadzenie eksploatacji (rys. 3.24).



**Rys. 3.24.** Rozpoznawanie złoża wielopokładowego poziomo leżącego otworami pionowymi i nachylonego kierunkowymi  
H – głębokość możliwej eksploatacji

W złożach wielopokładowych do tej głębokości rozpoznaje się całą serię złożową. Głębsze otwory rozpoznawcze, zwykle tylko wybrane, są wykonywane wówczas, gdy dla projektowania prac górniczych konieczne są dane o rodzaju skał podłożowych, ich właściwościach fizycznych, zawodnieniu, gazonośności. Wykonuje się je także, gdy poniżej złoża występują kopaliny towarzyszące, których wykorzystanie jest możliwe.

W złożach nachylonych siatka otworów rozpoznawczych powinna być tak orientowana, by jeden z jej boków był równoległy do ogólnego kierunku zapadania.

Typowy tok badania złóż dużych pokładowych i stratoidalnych począwszy od etapu poszukiwań szczegółowych może być następujący:

1. Poszukiwania szczegółowe:

- badania wiertnicze za pomocą odosobnionych otworów lub rzadkiej ich sieci, wspomaganie w miarę możliwości geofizycznymi badaniami granic złoża.

2. Rozpoznanie wstępne:

- zagęszczenie sieci otworów,
- badania geofizyczne w celu wyjaśnienia budowy wewnętrznej złoża i jego tektoniki oraz uściślenia położenia jego granic,
- wiercenie dodatkowych otworów w celu uściślenia interpretacji geofizycznej lub w przypadku niemożności stosowania metod geofizycznych w celu wyjaśnienia szczegółów budowy złoża lub położenia jego granic.

3. Rozpoznanie szczegółowe:

- zagęszczenie sieci otworów w wytypowanych częściach złoża, wykonanie wyrobisk górniczych w celu pobrania prób do badań jakości kopaliny w skali półtechnicznej lub przemysłowej.

Od podanego schematu postępowania istnieją liczne odstępstwa, uzasadnione zwykle warunkami występowania złoża lub jego budową. W każdym przypadku tok postępowania w rozpoznaniu złoża musi być zaprojektowany indywidualnie.

Różnice w sposobie rozpoznawania występują w przypadku złóż, które mają wychodnie na powierzchnię oraz złóż zakrytych i ukrytych.

W przypadku złóż, które mają wychodnie na powierzchni obszar badań jest ograniczony przez tę wychodnię. Jeśli jej przebieg nie jest wyraźnie wyznaczony odsłonięciami naturalnymi, bada się je za pomocą rowów. Siatkę rozpoznawczych otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych orientuje się tak, by jeden z jej boków był prostopadły do wychodni, a równoległy do kierunku zapadania złoża (rys. 3.14).

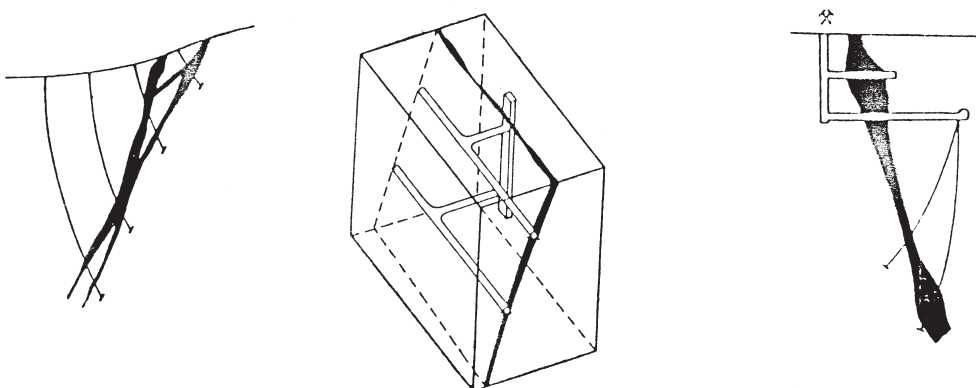
W przypadku złóż zakrytych wskazane jest podobne orientowanie siatki rozpoznawczej w stosunku do zakrytej wychodni o ile jej położenie może być domniemane lub interpretowane na podstawie istniejących danych (np. badań geofizycznych).

Złoża stratoidalne nieciągłe, stratoidalno-gniazdowe lub soczewkowe rozpoznaje się podobnie jak gniazdowe (zob. rozdz. 3.7.8.5)

### 3.7.8.2. Złoża żyłowe

Rozpoznanie wstępne takich złóż przeprowadza się często otworami wiertniczymi kierunkowymi, rozmieszczanymi w liniach w poprzek rozciągłości żył (rys. 3.25a). Przypowierzchniowe części wielu złóż kruszcowych są silnie zwietrzałe, nieraz do znacznej głębokości. Otwory rozpoznawcze powinny być więc tak rozmieszczane, aby umożliwiły poznanie budowy złoża zarówno w części zwietrzalej jak i niezwiertzalej – oraz by pozwoliły na określenie głębokości do jakiej występują zmiany wietrzeniowe. Wychodnie złoża rozpoznaje się rowami wykonanymi prostopadle do jego rozciągłości (rys. 3.4). Ze względu na bardzo złożoną budowę żył i stref żylnych wskazane jest wstępne zbadanie ich przebiegu i ułożenia za pomocą badań geofizycznych poprzedzających wykonanie otworów wiertniczych (na przykład geoelektrycznych w przypadku rud siarczkowych, grawimetrycznych w przypadku złóż barytowych (rys. 3.26).





**Rys. 3.25.** Rozpoznawanie złóż żyłowych

a – otworami kierunkowymi, b – wyrobiskami górniczymi, c – otworami wierconymi z wyrobisk górniczych

Na ogół w celu rozpoznania szczegółowego złóż żyłowych konieczne jest stosowanie wyrobisk górniczych (rys. 3.25b). Wykonuje się je po rozciągłości żyły na kilku poziomach. W żyłach o dużej miąższości z wyrobisk tych wykonuje się wcinki w bok lub krótkie otwory wiertnicze, aż do nacięcia niezmineralizowanych skał otaczających. Sieć wyrobisk prowadzonych w złożu łączy się za pomocą przekopów z szybem wykonanym poza złożem i usytuowanym tak, by filar pozostawiony wokół szybu nie obejmował złoża. W przypadku rozpoznawania stref żylnych badaniami obejmuje się całą strefę.

Górnice wyrobiska rozpoznawcze prowadzi się jedynie w częściach złoża położonych najbliżej powierzchni. Części głębsze rozpoznaje się otworami wiertniczymi wykonywanymi bądź z powierzchni bądź – częściej – z wyrobisk górniczych (rys. 3.25c). Zwykle wykonuje się w tym celu specjalne wcinki, umożliwiające postawienie urządzenia wiertniczego i wykonanie wiercenia w zadanym kierunku. Decyzja wykonania otworów z powierzchni bądź z wyrobisk górniczych jest podejmowana w zasadzie w zależności od kosztów tych prac. Wybierany powinien być jednak zawsze wariant zapewniający pełną realizację zamierzonych badań w najkrótszym czasie.

W terenach górzystych złoża żyłowe i pokładowe stromo ustawione rozpoznaje się często sztolniami i prowadzonymi z nich chodnikami po biegu złoża (rys. 3.6).

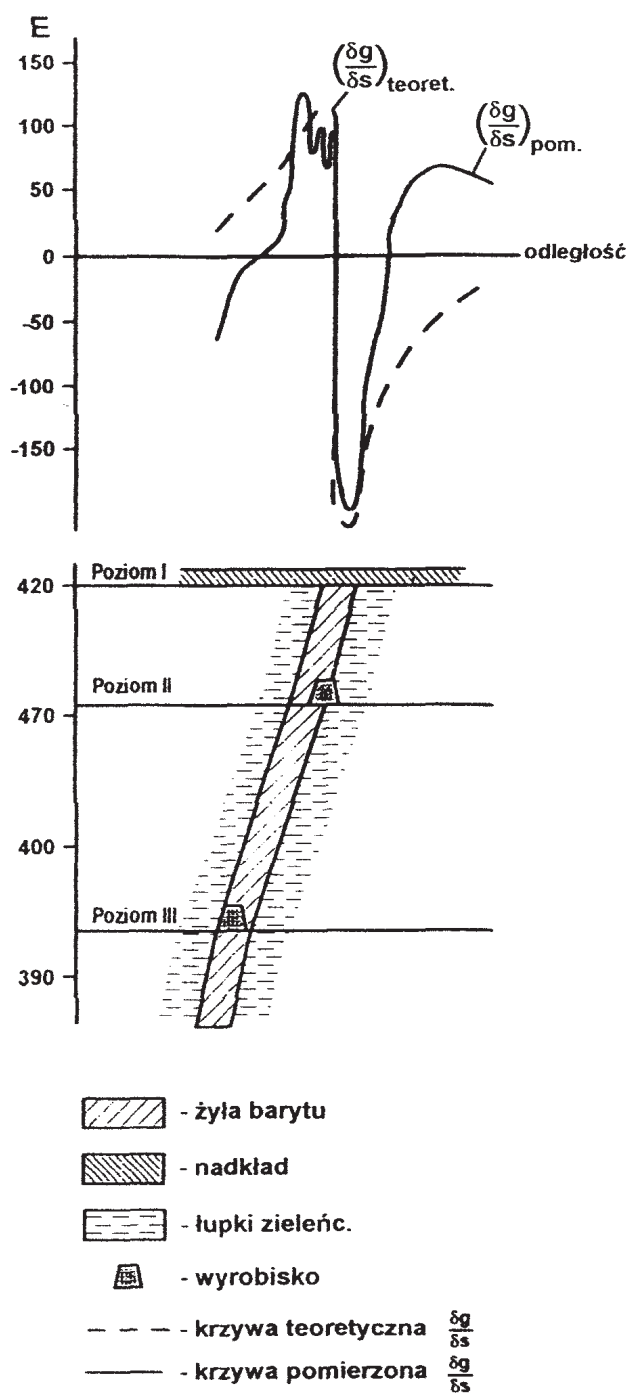
### 3.7.8.3. Złoża masywowe i sztokwerkowe

Sposób rozpoznawania tych złóż zależy od głębokości ich występowania, rodzaju kopalin, a także specyficznych cech budowy wewnętrznej.

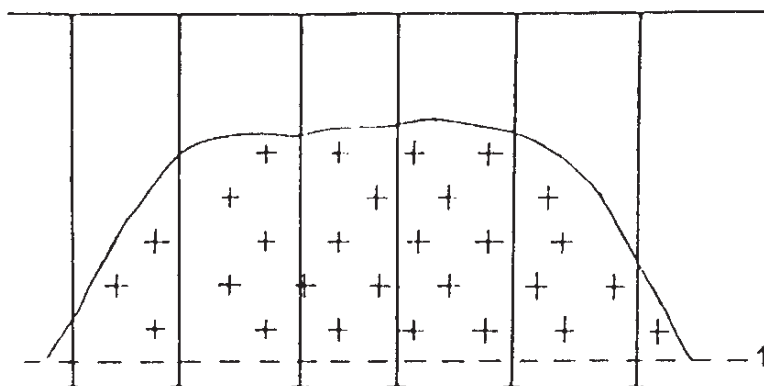
Złoża zakryte i ukryte rozpoznawane są zawsze pionowymi otworami wiertniczymi do głębokości, do której możliwe jest prowadzenie eksploatacji, lub do której jest ona przewidywana (rys. 3.27).

Szczególnym, ale częstym przypadkiem jest rozpoznawanie złóż kopalin skalnych, odsłaniających się na powierzchni nieraz na znacznym obszarze. Jeśli są to złoża o prostej





Rys. 3.26. Rozkład gradientu poziomego siły ciężkości nad żyłą barytu – złożo Stanisławów (wg M. Bały i in. 1995)



**Rys. 3.27.** Rozpoznanie złoża masywowego za pomocą otworów wierconych z powierzchni  
1 – maksymalna głębokość przewidywanej eksploatacji

budowie, łatwej do interpretacji, wystarczających informacji dla przedstawienia tej budowy mogą dostarczyć odsłonięcia powierzchniowe lub sztuczne (w rowach, wkopach) i wyniki kartowania powierzchniowego. Wykonanie otworów może być jednak niezbędne dla pobrania próbek do badań właściwości kopaliny. W przypadku złóż skał magmowych, metamorficznych, piaskowców, wapieni, jeśli złożo tworzy jednorodny litologicznie masyw skalny, wystarczające dla rozpoznania złoża mogą być dane o nim uzyskane z odsłoneń naturalnych (partii niezwiertzałych) uzupełnione badaniami geofizycznymi, wskazującymi strefy występowania utworów o odmiennych właściwościach fizycznych (w przekroju i w poziomie). W złożach takich, częściowo zakrytych, miąższość nadkładu może być określona za pomocą płytkich otworów, sond lub wkopów. Szerokie zastosowanie znajdują też do tego celu metody geofizyczne. Pozwalają one równocześnie na wykrycie niejednorodności właściwości fizycznych masywu skalnego związanej ze zróżnicowaniem litologicznym utworów tworzących złożo.

W przypadku złóż kopaliny skalnych posiadających wychodnie możliwe jest zatem zawsze oparcie ich rozpoznania w fazie początkowej na danych szczegółowego kartowania geologicznego, opróbowaniu wychodni lub odsłoneń sztucznych (np. w rowach) i wykonaniu badań geofizycznych w celu określenia grubości nadkładu oraz zróżnicowania właściwości fizycznych niżej występującej kopaliny. W dalszej kolejności w zależności od potrzeb powinny być wykonane otwory wiertnicze w celu zbadania wglębnej budowy złoża oraz w celu pobrania próbek dla uzyskania danych o jakości kopaliny. Rozmieszczenie takich otworów oraz ich liczba muszą być w każdym przypadku rozpatrywane indywidualnie.

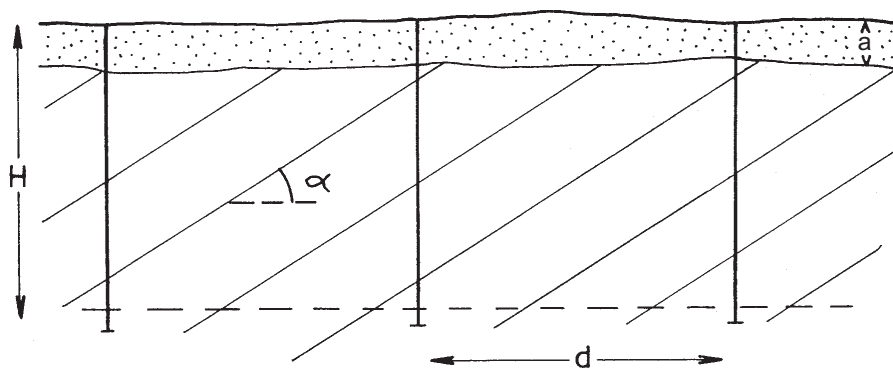
Przykład A: Rozpoznanie złoża dolomitów do produkcji kruszywa łamanego. Brak odsłoneń na powierzchni. Etap I – wykonanie otworów wiertniczych w siatce prostokątnej o boku dłuższym w poprzek przewidywanej rozciągłości warstw. Etap II – wykonanie profilowania elektrooporowego wzdłuż profili równoległych do boków siatki wierceń i sondowań elektrooporowych w sieci

punktów rozmieszczonych w miarę regularnie wzdłuż profili w celu określenia grubości nadkładu i jego zróżnicowania litologicznego. Wykonanie profilowań sejsmicznych wzdłuż wybranych profili w celu określenia grubości strefy dolomitów zwietrzałych, silnie spękanych o gorszych parametrach fizycznych.

Przykład B: Rozpoznanie złoża granitów leukokratycznych i gnejsów do produkcji surowców ceramicznych (skaleniowych) i kruszywa łamanego. Etap I – kartowanie geologiczne na powierzchni. Etap II – wykonanie szybków i rowów rozmieszczonych w liniach prostopadłych do granic leukogranitów z gnejsami i otaczającymi łupkami. Etap III – wykonanie profilowań elektrooporowych w celu uściślenia przebiegu granic geologicznych.

Niejednokrotnie przydatność surowcowa kopaliny jest trudna do ustalenia na podstawie wyników opróbowania odsłoneń, a także wierceń. W takich przypadkach może być konieczne pobranie dużych prób i zbadanie właściwości kopaliny w warunkach przemysłowych dla sformułowania opinii o ich użyteczności. Konieczne jest wówczas przeprowadzenie badań w skali półtechnicznej, polegających na wytworzeniu odpowiedniego surowca lub produktu finalnego. Niezbędne jest w tym celu dysponowanie odpowiednio dużą ilością materiału do badań, wynoszącą nieraz od kilku do kilkunastu ton. Niekiedy uzyskać ją można drogą komasacji próbek z otworów wiertniczych. Częściej jednak pobranie odpowiednio dużych prób wymaga wykonania wyrobisk górniczych, a nawet w celu szczegółowego rozpoznania złoża przeprowadzenie jego próbnej eksploatacji. W przypadku kopalin blocznych jest to nieodzowne dla prawidłowej oceny ich bloczności.

W złożach kopalin skalnych, które tworzy kompleks utworów nachylonych, o zróżnicowanych cechach litologicznych, rozpoznany powinien być on w całości. Jeśli są one płytko położone, pełne rozpoznanie skał w profilu umożliwiają rowy prowadzone w poprzek ich rozciągłości. W przypadku konieczności zbadania kompleksu skalnego tworzącego złożo na większej głębokości niezbędne jest odpowiednie projektowanie rozmieszczenia otworów wiertniczych oraz odległości ( $L$ ) między nimi w poprzek rozciągłości warstw, tak by zbadane i opróbowane były wszystkie warstwy. Spełniony powinien być warunek (rys. 3.28):

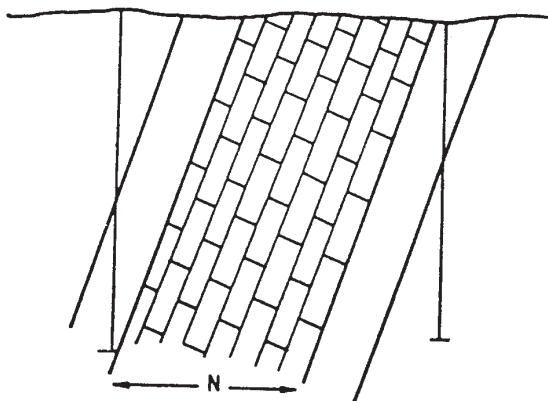


Rys. 3.28. Odległości między otworami w zależności od kąta upadu złoża

$$L < (h - a) \operatorname{ctg} \alpha \quad (3.1)$$

gdzie:  $h$  – głębokość projektowanych otworów (maksymalna głębokość badania złoża),  
 $\alpha$  – kąt nachylenia warstw,  
 $a$  – grubość nadkładu.

W złożach zbudowanych z warstw stromo nachylonych konieczne może być zastosowanie otworów kierunkowych, gdyż otwory pionowe mogą nie gwarantować uzyskania prawidłowej informacji (rys. 3.29). Jest to szczególnie ważne w tych złożach (na przykład skał węglanowych), w których o jakości kopaliny decydują jej właściwości chemiczne. Może to nawet zmusić do zróżnicowania odległości między otworami stosownie do obserwowanej zmienności litologicznej. Nie opróbowanie wszystkich warstw w tych przypadkach jest zasadniczym błędem rozpoznania.



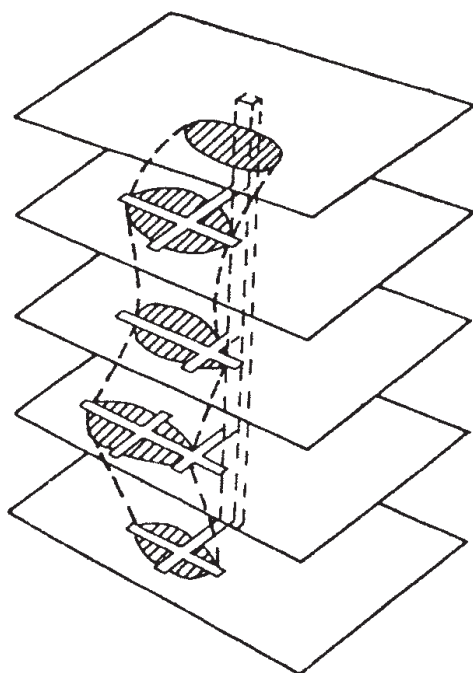
Rys. 3.29. Błędne rozpoznanie złoża wapieni o stromym upadzie (N – nieopróbowany pakiet warstw)

Głównym zadaniem prac rozpoznawczych w przypadku złóż sztokwerkowych jest wyjaśnienie granic złoża. Rozpoznanie ich prowadzi się przeważnie otworami rdzeniowanymi pionowymi. W przypadku złóż stromo ułożonych np. stref zmineralizowanych stosuje się też otwory kierunkowe. Złoża o bardzo skomplikowanej budowie wewnętrznej powinny być dodatkowo zbadane poziomymi wyrobiskami górniczymi wykonywanymi na różnych głębokościach, połączonymi z szybikami lub szybami.

W przypadku wysadowych złóż kopaliny solnych ważne jest wyznaczenie położenia granic wysadu i położenia stropu soli poniżej czapy gipsowej (zwierciadła solnego). Zasięg wysadu w poziomie może być określony wstępnie na podstawie badań grawimetrycznych. Samo złożo rozpoznawane jest za pomocą otworów pionowych do głębokości możliwej jego eksploatacji. Dane o morfologii ścian wysadu mogą być uściślone za pomocą prześwietlań sejsmicznych między otworami usytuowanymi w wysadzie i powierzchnią lub za pomocą badań radarowych.

#### 3.7.8.4. Złóża kominowe i cygarokształtne

Złóża tego typu o niewielkiej powierzchni przekroju poprzecznego rozpoznaje się prawie zawsze wyrobiskami górniczymi (rys. 3.30). Złóża kominowe o dużej powierzchni przekroju poprzecznego (np. niektóre kominy kimberlitowe) rozpoznaje się otworami pionowymi. Ponadto wykonuje się otwory kierunkowe w celu rozpoznania granic bocznych złoża (rys. 3.31).

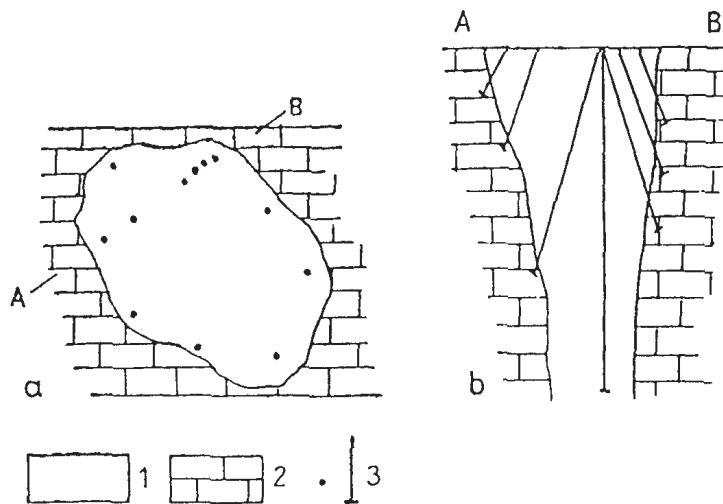


Rys. 3.30. Rozpoznanie złoża kominowego wyróbiskami górniczymi

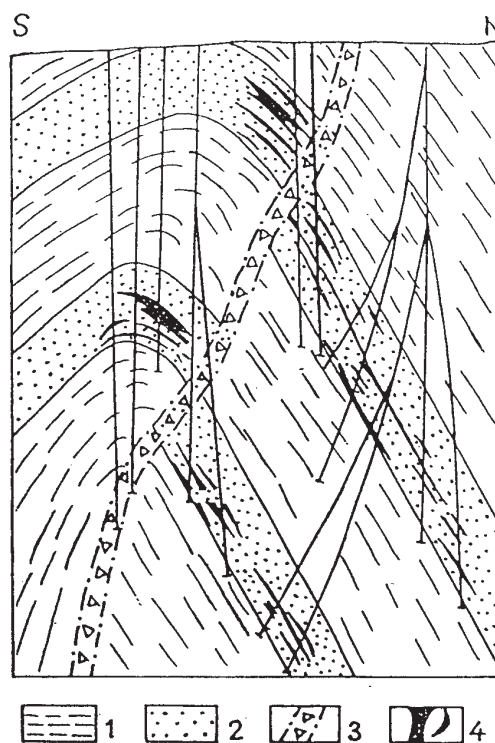
#### 3.7.8.5. Złóża gniazdowe i soczewowe

Na etapie poszukiwań szczegółowych powinno się dążyć do poznania warunków lokalizacji gniazd i poznania sposobu występowania utworów, w których są one zlokalizowane lub czynników rządzących ich rozmieszczeniem (np. stref uskokowych w złożach rud). Realizowane jest to w podobny sposób jak złóż pokładowych lub żyłowych, za pomocą otworów wiertniczych wykonanych w regularnej sieci lub liniach (rys. 3.32), albo za pomocą odpowiednio dobranych badań geofizycznych (także w kombinacji z otworami wiertniczymi).

Jeśli gniazda są dostatecznie duże i wykrycie miejsc ich występowania jest możliwe przy wykorzystaniu odpowiednio dobranych metod geofizycznych (np. gniazd rudnych), w tych miejscach lokalizuje się wiercenia. W przypadku potwierdzenia występowania gniazdowego skupienia kopaliny, w sąsiedztwie miejsca stwierdzenia wykonuje się kolejne otwory w celu



Rys. 3.31. Rozpoznanie dużego złoża kominowego otworami z powierzchni (złoże kimberlitów diamentonośnych „Mir” w Jakucji wg P.M. Tatarinowa, f. M. Nieć 1990)  
a – mapa, b – przekrój A–B, 1 – kimberlit, 2 – wapień, 3 – otwory wiertnicze



Rys. 3.32. Przykłady rozpoznawania złoża soczewkowo-gniazdowego (Nikitowskie złożo rtęci wg A. Dobrianskiego f. M. Nieć 1990)  
1 – łupki, 2 – piaskowce, 3 – brekcje tektoniczne, 4 – ciała rudne

określenia granic gniazd (rys. 3.17e). Tak samo można postępować w złożach rud, jeśli stwierdzone zostały tylko oznaki możliwego bliskiego położenia ciała rudnego, na przykład skały w charakterystyczny sposób przeobrażone, przejawy mineralizacji itp. Odległości między otworami i ich rozmieszczenie powinny być dobierane stosownie do przewidywanych rozmiarów i formy gniazd.

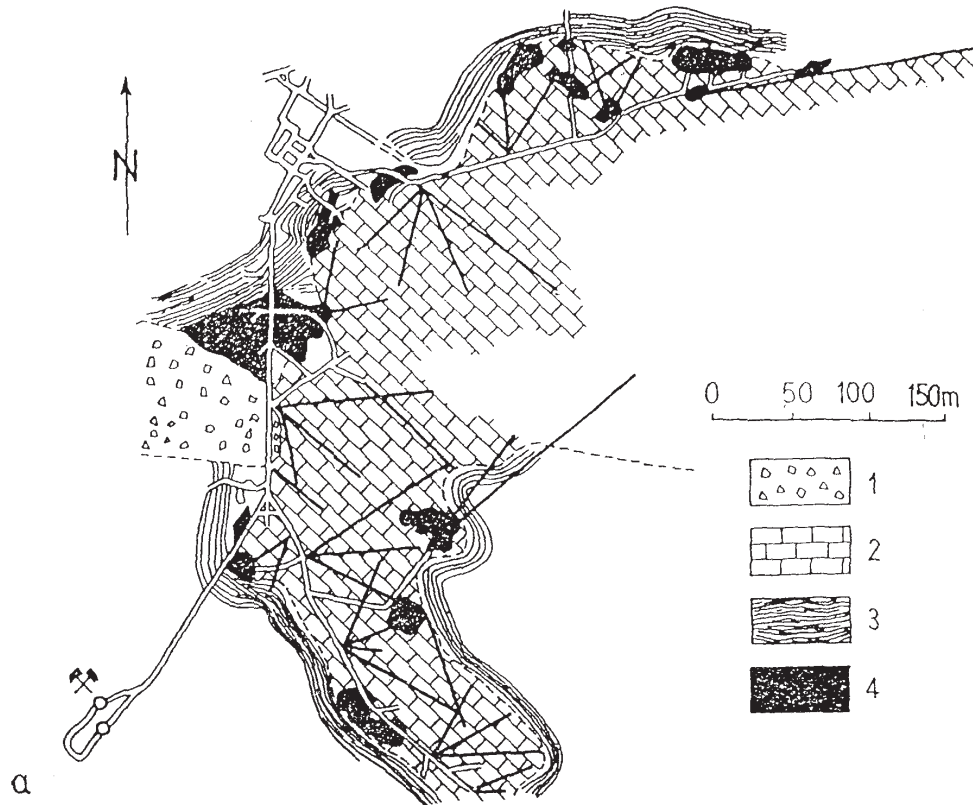
Rozpoznanie złóż stratoidalnych nieciągłych i gniazdowych rud Zn-Pb w skałach węglanowych obejmuje kolejno:

- wykonanie wierceń w siatce regularnej w celu rozpoznania budowy geologicznej obszaru złożowego i wstępne stwierdzenie obecności rud w badanym obszarze,
- badania geofizyczne geoelektryczne metodą polaryzacji wzbudzonej w celu lokalizacji gniazd rudnych nie wykrytych przez wiercenia,
- wykonanie otworów w otoczeniu miejsc stwierdzenia wystąpień rud Zn-Pb i anomalii geofizycznych wskazujących na występowanie gniazd rudnych w celu określenia ich rozmiarów (odległości między otworami powinny być dobrane stosownie do oczekiwanych wymiarów gniazd, które mogą kwalifikować się do eksploatacji),
- wykonanie dodatkowych otworów w sąsiedztwie tych, w których stwierdzono obecność mineralizacji kalcytowej, barytowej, markasytowej, monheimitowej, intensywne zbrekcjowanie dolomitów, pojawiające się w otoczeniu ciał rudnych i wskazujące na możliwość ich bliskiego występowania.

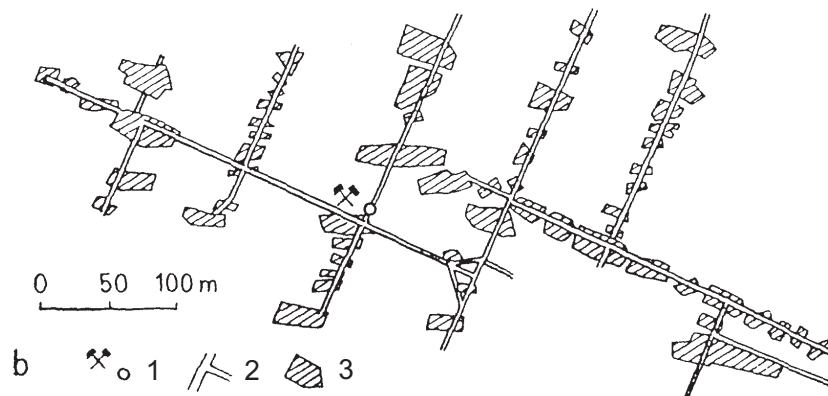
W złożach rud Zn-Pb rejonu olkusko-zawierciańskiego odległości między otworami powinny wynosić poniżej 60 m, co wynika z przeciętnych wymiarów gniazd rudnych.

W przypadku gniazd małych nieregularnie rozmieszczonych, jeśli nie ma możliwości ich wykrycia przy zastosowaniu metod geofizycznych, właściwe rozpoznanie gniazd możliwe jest w zasadzie dopiero za pomocą wyrobisk górniczych i wierconych z nich pęków otworów różnie zorientowanych (rys. 3.33). Drobne gniazda rozmieszczone nieregularnie rozpoznaje się odpowiednio gęstą siecią wyrobisk górniczych. Takie rozpoznanie bywa skojarzone z sukcesywną eksploatacją stwierdzanych gniazd (rys. 3.34).

Szczególnym przypadkiem jest rozpoznanie złoża od początku przez jego eksploatację. Dotyczy to złóż małych, w których o jakości kopaliny decyduje wielkość wydobywanych skupień minerału użytecznego i w których składnik ten występuje w formie drobnych skupień gniazdowo, nieregularnie rozmieszczonych w złożu. Wykrycie miejsc występowania takich skupień jest niemożliwe wcześniejszym rozpoznanem. Za pomocą otworów wiertniczych lub przy wykorzystaniu metod geofizycznych można jedynie rozpoznać warunki występowania utworów zawierających gniazdowe skupienia składnika użytecznego. Typowym przykładem są złoża pegmatytowe muskowitu lub kamieni półszlachetnych i szlachetnych. W przypadku występowania gniazd kopaliny na znacznym obszarze (np. niektórych bursztynu), w czasie poszukiwań (wstępnych lub szczegółowych) wykonywanych za pomocą wierceń można natrafić na pewną ilość gniazd. Jeśli są to wiercenia wykonywane w siatce regularnej stosunek liczby otworów „pozytywnych” do całkowitej ich



Rys. 3.33. Przykład rozpoznania złoża gniazdowego otworami wierconymi z wyrobisk górniczych (złoże rud Zn-Pb Trepča w Jugosławii wg K. Głowacza i in. f. M. Nieć 1990)  
1 – brekce, 2 – wapienie, 3 – kwarcyty, 4 – gniazda rudy



Rys. 3.34. Rozpoznanie złoża gniazdowego za pomocą wyrobisk górniczych (bryłowe złożo soli kamiennej w Wieliczce wg A. Gawła)  
1 – szyb, 2 – poziome wyrobiska górnicze, 3 – bryły (gniazda) soli zielonej (wyeksplotowane)



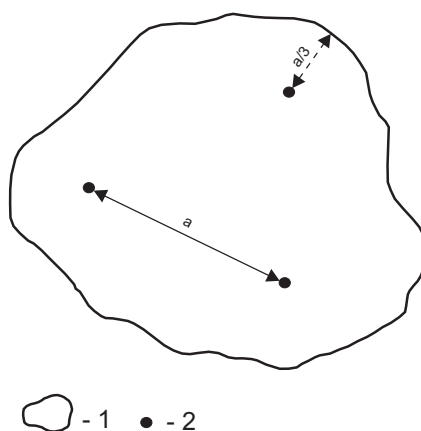
ilości traktowany jest jako odpowiadający stosunkowi powierzchni gniazd do powierzchni całości badanego obszaru i na tej podstawie ocenia się zasobność złoża.

### 3.7.9. Rozpoznawanie złóż małych, kopalin powszechnie występujących („pospolitych”)

W przypadku małych złóż kopalin, zwłaszcza powszechnie występujących o prostej budowie, ryzyko niepowodzenia eksploatacji z tytułu niedoskonałej znajomości złoża jest niewielkie. Pozwala to na znaczne uproszczenie zakresu prac rozpoznawczych lub nawet rezygnację z wykonywania specjalnych badań. Rozróżnić można dwa typowe przypadki:

- 1) złożo stanowi część większej rozpoznanej jednostki surowcowej<sup>7</sup>,
- 2) złożo jest niewielkim samodzielnym obiektem.

W pierwszym przypadku zarówno parametry geometryczne złoża (miąższość, grubość nadkładu) i jakość kopaliny mogą być oszacowane na podstawie danych z obszarów przyległych. Specjalne rozpoznanie złoża nie jest konieczne, ale może być wskazane dla wyjaśnienia szczegółów jego budowy lub uzyskania dokładniejszych danych o jakości kopaliny. Można to osiągnąć za pomocą 1–2 otworów lub metodami geofizycznymi. W drugim przypadku niezbędne jest wykonanie przynajmniej 3–4 otworów wspomaganych wykonaniem badań geofizycznych w celu wyznaczenia położenia granic złoża (rys. 3.35).



**Rys. 3.35.** Rozpoznawanie małych złóż w przypadku braku z ich otoczenia informacji o możliwej ich formie i jakości kopaliny

1 – kontur złoża przypuszczalny lub wyznaczony metodami geofizycznymi, 2 – otwory rozpoznawcze

Przypadkiem szczególnym są złoża wydymowe piasku wyraźnie zaznaczone w morfologii terenu. Jeśli nie stawia się szczególnych wymagań kopalinie, dla jego udokumentowania

<sup>7</sup> Jednostka profilu litostratygraficznego, której położenie i rozprzestrzenienie daje się przedstawić na mapie i przekrojach, wyróżniana na podstawie cech litologicznych i surowcowych (fizycznych, chemicznych, technologicznych), np. wapieni blocznych, kruszywa naturalnego żwirowego itp.

wystarczająca jest mapa topograficzna warstwiczna, w odpowiednio dużej skali, pozwalająca na określenie zasięgu wydm i obliczenie jej objętości i zasobów złoża piasku (metodą izolacji). Jeśli rozpoznawane jest złożo wydmowych piasków kwarcowych niezbędne jest jednak zbadanie budowy wewnętrznej wydmy za pomocą otworów, gdyż jakość kopaliny w jej obrębie może być zróżnicowana i zdarzają się przypadki występowania w poziomach piasków zapylnych gorszej jakości.

### 3.7.10. Rozpoznawanie uzupełniające w otoczeniu złóż eksploatowanych

W złożach eksploatowanych zachodzi niekiedy konieczność aktualizacji lub zmiany dokumentacji (opracowanie dodatku) z powodu przewidywanej zmiany ich granic – poszerzenia terytorialnego eksploatacji lub zwiększenia jej głębokości (udostępnienia złoża na głębszych poziomach) poza granice obszaru górniczego. Jeśli łączy się to z koniecznością zmiany obszaru górniczego niezbędne może być uzupełniające rozpoznanie dołączanych części złoża. W części eksploatowanej złożo jest już zwykle dobrze poznane. Dodatkowe prace rozpoznawcze mogą być zatem bardzo ograniczone.

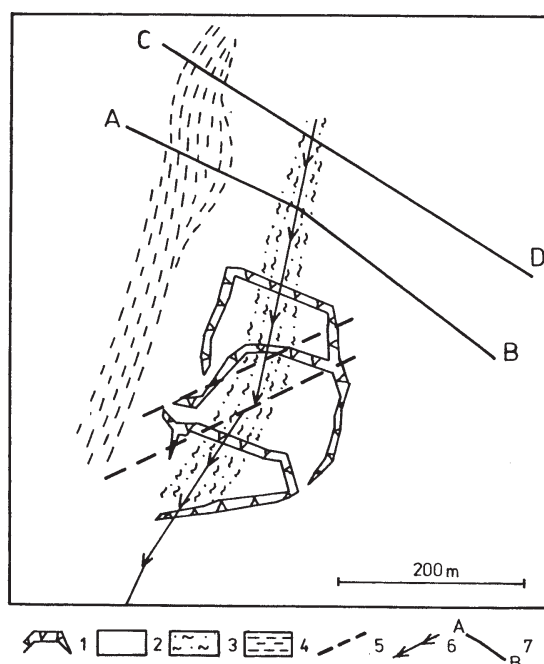
Zazwyczaj, zwłaszcza w przypadku wielu kopalni skalnych, jakość kopaliny jest dobrze znana na podstawie danych pochodzących z bieżącego wydobycia. Również budowa złoża jest znana w obszarze rozciętych wyrobiskami eksploatacyjnymi i może być bezpośrednio obserwowana na ścianach wyrobisk. Dane te mogą być wystarczające dla udokumentowania nowych, peryferyjnych części złoża. Jeśli zachodzi obawa, że w nowej części złoża może mieć ono odmienną budowę lub odmienna może być jakość kopaliny, konieczne może być wykonanie dodatkowych prac rozpoznawczych. Jeśli wyjaśnienia wymagają tylko wybrane cechy złoża mogą być one odpowiednio ograniczone. Przykładowo, gdy ma być wyjaśnione położenie naturalnej granicy złoża, określona przez grubość nadkładu, wystarczające do tego celu mogą być metody geofizyczne bez konieczności wykonania wierceń. W przypadku kopalni skalnych zwłaszcza zwięzłych, o których jakości decydują właściwości fizyczne (np. do produkcji kruszywa) badania geofizyczne mogą być też wystarczające dla stwierdzenia, czy budowa złoża i jakość kopaliny nie uległa zmianie poza granicami wyrobiska (rys. 3.36).

## 3.8. Dokładność rozpoznania złoża i gęstość sieci rozpoznawczej

### 3.8.1. Niepewność i dokładność rozpoznania złoża

Na każdym etapie rozpoznania złoża uzyskujemy informację o nim w odosobnionych punktach, na podstawie których tworzony jest jego obraz. Jest on w różnym stopniu zgodny z rzeczywistością. Zależy to od:

- stopnia złożoności budowy złoża,



**Rys. 3.36.** Rozpoznanie geofizyczne złoża na przedpolu wyrobiska (złoże piaskowców cergowskich Lipowica k. Dukli, wg J. Góreckiego i E. Sermet 2004)  
 1 – wyrobisko, 2 – piaskowce, 3 – łupki z przewarstwieniami piaskowca, 4 – łupki, 5 – uskoki, 6 – oś antykliny, 7 – profile geofizyczne elektrooporowe

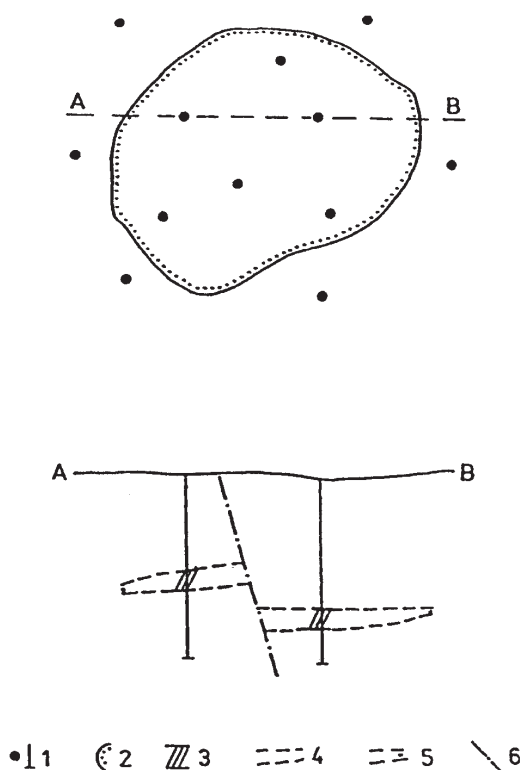
- zrozumienia tej budowy przez interpretującego wyniki prac rozpoznawczych, uzależnione od jego wiedzy, umiejętności jej wykorzystania i doświadczenia.

Zawsze istnieje jednak niepewność w interpretacji wyników rozpoznania, w szczególności odnośnie położenia granic złoża, charakteru i lokalizacji zaburzeń tektonicznych (rys. 3.37), lokalizacji stref nieciągłości (rozmyć, skrasowienia itp.). Ograniczona jest też informacja o takich cechach złoża, jak jego miąższość, jakość kopaliny, znanych tylko z odosobnionych punktów rozpoznawczych. Na ich podstawie wnioskuje się o cechach całego złoża i jego zasobach. Mamy zatem do czynienia z sytuacją podobną do wnioskowania statystycznego o cechach jakiejś populacji generalnej (złożu) na podstawie losowanej populacji próbkowej (zbioru wyników badania złoża w punktach rozpoznawczych).

W rozpoznawaniu złóż rozróżnia się, zatem:

- **niepewność** – brak możliwości oceny stopnia zgodności przewidywań z rzeczywistością (zgodności przyjętego modelu budowy złoża z rzeczywistością, znaną tylko fragmentarycznie),
- **dokładność** – możliwy, dający się oszacować z określonym prawdopodobieństwem błąd oceny średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów.

Zależą one od naturalnej zmienności złoża i gęstości sieci obserwacji, to jest od gęstości sieci rozpoznawczej.



Rys. 3.37. Ograniczoność informacji geologicznej o złożu: interpretowanym położeniu jego granicy i położeniu uskoku

1 – otwory wiertnicze, 2 – interpretowana granica złoża na mapie, 3 – złożo stwierdzone w otworze wiertniczym, 4 – interpretowane położenie stropu i spagu złoża, 5 – granica złoża interpretowana na przekroju, 6 – przypuszczalny uskoku

Ocena poprawności i dokładności rozpoznania budowy złoża jest zawsze obciążona niepewnością, tym większą im bardziej złożona jest ta budowa. Zawsze należy się liczyć z możliwością nawet znacznych różnic między rzeczywistą budową złoża a przyjętym jej modelem. Różnice te mogą już zostać ujawnione w czasie kolejnych etapów rozpoznania złoża, ale ostatecznie stwierdzone są dopiero w czasie jego eksploatacji.

### 3.8.2. Dokładność rozpoznania parametrów złoża i jego zasobów<sup>8</sup>

Zagadnienie dokładności rozpoznania złoża i charakteryzujących ją mierników jest złożone ze względu na różnorodność cech, które mają być zbadane. W odniesieniu do cech złoża wyraźnych w formie liczbowej, takich jak np. miąższość, zawartość składnika użytecznego – zwanych parametrami złoża i jego zasobów – wymagania odnośnie tej do-

<sup>8</sup> Podstawowe metody statystyczne i geostatystyczne wykorzystywane w rozpoznawaniu i dokumentowaniu złóż są przedstawione w aneksie do części II.

kładności mogą być sformułowane w sposób ilościowy. W przypadku niemierzalnych cech budowy złoża lub trudnych do wyrażenia w formie liczbowej, takich jak jego budowa, tektonika, dokładność ta może być charakteryzowana w zasadzie tylko w sposób opisowy. Niekiedy, ale tylko częściowo może być wyrażona w sposób ilościowy (liczbowy).

Dokładność rozpoznania złoża ocenia się zwykle na podstawie osiągniętej dokładności poznania jego parametrów oraz zasobów. Określa się ją przez maksymalny możliwy błąd oszacowania ich wartości średnich.

Badając złożo możemy oczekiwać, że średnie wartości parametrów złoża, określone na podstawie stosunkowo niewielkiej liczby punktów rozpoznawczych, mogą się różnić od rzeczywistych wartości średnich tych parametrów, które poznajemy dopiero po wyeksploatowaniu całego złoża lub odpowiedniej jego części. Na podstawie danych rozpoznawczych dokonujemy więc tylko oszacowania tych wartości, zakładając że różnica między wartościami oszacowanymi a rzeczywistymi jest niewielka. Miarą dokładności rozpoznania może być różnica między oszacowanymi wartościami średnimi parametrów złoża  $\bar{U}$  a rzeczywistymi ich wartościami średnimi  $M$ , a zatem maksymalna wartość błędu oceny wartości średniej wynosi:

$$\varepsilon = |\bar{U} - M| \quad (3.2)$$

Rzeczywistej wartości średniej  $M$  nie znamy. Gdy parametry złoża są zmiennymi losowymi, to stosując metody statystyki matematycznej można oszacować maksymalną wartość  $\varepsilon_{\max}$ , która z pewnym prawdopodobieństwem  $P(\varepsilon_{\max}) = 1 - \alpha$  nie zostanie przekroczona, a zatem:

$$P\{|\bar{U} - M| \leq \varepsilon_{\max}\} = 1 - \alpha \quad (3.3)$$

gdzie  $\alpha$  – prawdopodobieństwo, że błąd oszacowania będzie większy od założonego, dopuszczalnego.

Jeśli założy się, że parametry złoża są zmiennymi losowymi, wówczas estymatorem wartości  $M$  jest średnia arytmetyczna obserwacji:

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} \quad (3.3)$$

Miarą zróżnicowania wartości parametru  $U$  jest jego wariancja  $\sigma^2$ . Jej estymatorem jest:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{n-1} \quad (3.4a)$$

Dla  $n > 30$  przyjmuje się w uproszczeniu z niewielkim błędem

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{n} \quad (3.4b)$$

Jeśli średnia wartość parametru złożowego jest określona na podstawie dostatecznie dużej liczby obserwacji – co najmniej trzydziestu – można oczekiwać, że będzie ona miała rozkład normalny. Oznacza to, że gdybyśmy dokonali szeregu niezależnych oszacowań wartości średniej, np. na podstawie kilku serii niezależnie wierconych otworów, to zbiór takich średnich będzie miał rozkład normalny (Gaussa) z wartością średnią  $M$ . Średnie odchylenie kwadratowe wartości średniej ( $S_{\bar{U}}$ ) szacowanej na podstawie dostatecznie dużej liczby obserwacji ( $n > 30$ ) wynosi:

$$S_{\bar{U}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

gdzie:  $S$  – odchylenie kwadratowe poszczególnych obserwacji parametru ( $S = \sqrt{S^2}$ ),  
 $n$  – liczba obserwacji.

Rozkład normalny ma tę własność, że 99,7% obserwacji mieści się w przedziale  $[M-3\sigma, M+3\sigma]$ . Odpowiednio w przedziale  $\pm 2\sigma$  mieści się 95,5% obserwacji, a w przedziale  $\pm \sigma$  mieści się 68,3% obserwacji.

Można zatem przyjąć, że z prawdopodobieństwem 95,5% obliczona wartość średnia będzie się różnić od rzeczywistej o wartość nie większą niż  $\pm 2S_{\bar{U}}$ . Jest to więc szukana wartość określająca maksymalny możliwy błąd oszacowania wartości średniej  $\epsilon_{\max}$  z prawdopodobieństwem  $1-\alpha = 95,5\%$ . Zatem:

$$\epsilon_{\max} = \frac{2S}{\sqrt{n}} \quad (3.6)$$

i możemy określić przedział w jakim prawdopodobnie będzie zawarta rzeczywista wartość średnia z prawdopodobieństwem 95,5%:

$$P\{(\bar{U} - \epsilon_{\max}) \leq M \leq (\bar{U} + \epsilon_{\max})\} = 95,5\% \quad (3.7)$$

Przedział w jakim spodziewamy się, że jest zawarta rzeczywista wartość średnia jest **przedziałem ufności**, a prawdopodobieństwo  $1-\alpha$  **poziomem ufności**<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Wartość  $\alpha$  określana jest jako poziom istotności. Jest to prawdopodobieństwo, że oczekiwana wartość znajdzie się poza granicami przedziału ufności.

Wybór prawdopodobieństwa, z jakim oceniamy możliwy błąd oszacowania wartości średniej jest kwestią umowną. Teoretycznie można przyjąć dowolne prawdopodobieństwo. Wówczas  $\varepsilon_{\max} = zS_{\bar{U}}$ , gdzie  $z$  jest współczynnikiem prawdopodobieństwa zależnym od przyjętego poziomu ufności. Jego wartość można odczytać z tablic rozkładu normalnego. Dla poziomu ufności 68,3% –  $z = 1$ , dla poziomu 99,7% –  $z = 3$ , dla poziomu ufności 90% –  $z = 1,65$ .

Dla większości rozwiązań praktycznych przyjmuje się poziom ufności 95,5%. Dopuszcza się więc, że w około 5 przypadkach na 100 rzeczywista wartość średnia może się znaleźć poza wyznaczonym przedziałem ufności. Ryzykujemy więc popełnienie takiego błędu, który w praktyce wydaje się możliwy do przyjęcia. Wyższy poziom ufności wymaga większej liczby obserwacji, tak aby przedział ufności był dostatecznie wąski. Wiąże się to ze wzrostem kosztów rozpoznania. Zmniejszenie poziomu ufności zwiększa z kolei ryzyko, że rzeczywista wartość średnia może bardzo odbiegać od oszacowanej, a więc rośnie ryzyko błędnego oszacowania. Poziom ufności 95% jest zatem wyrazem kompromisu między wymaganiami odnośnie dokładności rozpoznania a jego kosztami.

Ocena stopnia rozpoznania złoża może być dokonana w odniesieniu do poszczególnych jego parametrów, takich jak miąższość, zawartość składnika lub składników użytecznych i szkodliwych itp. Jednym z podstawowych parametrów złożowych jest zasobność złoża „ $q$ ” definiowana jako ilość kopaliny (lub składnika użytecznego), a zatem jej zasoby na obszarze  $1 \text{ m}^2$ :

$$q = 0,01m\gamma_o p \quad (3.8)$$

gdzie:  $m$  – miąższość złoża,  
 $\gamma_o$  – gęstość przestrzenna kopaliny (masa w jednostce objętości kopaliny  $\text{t/m}^3$ ),  
 $p$  – zawartość składnika użytecznego w procentach (jeśli szacowane są jego zasoby).

Zasobność złoża jest zmienna w obszarze złoża. Jej wartość średnia pomnożona przez powierzchnię złoża daje zasoby całego złoża ( $Q$ ):

$$Q = \bar{q}F \quad (3.9)$$

Jeśli wielkość powierzchni złoża przyjmiemy za stałą<sup>10</sup>, w przyjętych jego granicach (przy pominięciu niepewności odnośnie jej położenia), wówczas błąd oszacowania średniej zasobności będzie decydował o możliwym błędzie oszacowania zasobów:

$$\varepsilon_Q = \varepsilon_{\bar{q}}F \quad (3.10)$$

<sup>10</sup> Pomijamy w tych rozważaniach problem wyznaczania granic złoża i jego powierzchni, jak również błąd pomiaru tej powierzchni.

W rozważaniach na temat gęstości sieci rozpoznawczej wygodnie jest posługiwać się wartościami  $\varepsilon_{\max}$  wyrażonymi w % wartości średniej, zależnymi od współczynnika zmienności:

$$V = \frac{S}{\bar{U}} 100\% \quad (3.11)$$

wówczas:

$$\varepsilon_{w\max} \% = \frac{\varepsilon_{\max}}{\bar{U}} 100 = \frac{zS}{\bar{U}\sqrt{n}} 100 = \frac{zV}{\sqrt{n}} \quad (3.12)$$

Zagadnienie komplikuje się, gdy dokonuje się oszacowania wartości średniej na podstawie nielicznych obserwacji, w przypadku gdy ich liczba jest mniejsza od 30. Średnia szacowana nie ma wówczas rozkładu normalnego, a więc przedstawionego toku postępowania nie można stosować. Zagadnienie jest rozwiązywalne wówczas tylko wtedy, gdy badany parametr ma rozkład normalny (w praktyce przyjmuje się takie założenie, chociaż nie ma często na to dowodu). Wartości średnie mają wówczas rozkład Studenta (Gosseta). Jego postać zależy od liczby obserwacji i w związku z tym zróżnicowany jest współczynnik prawdopodobieństwa oznaczany symbolem „t”. Wzór określający dokładność rozpoznania przybiera postać:

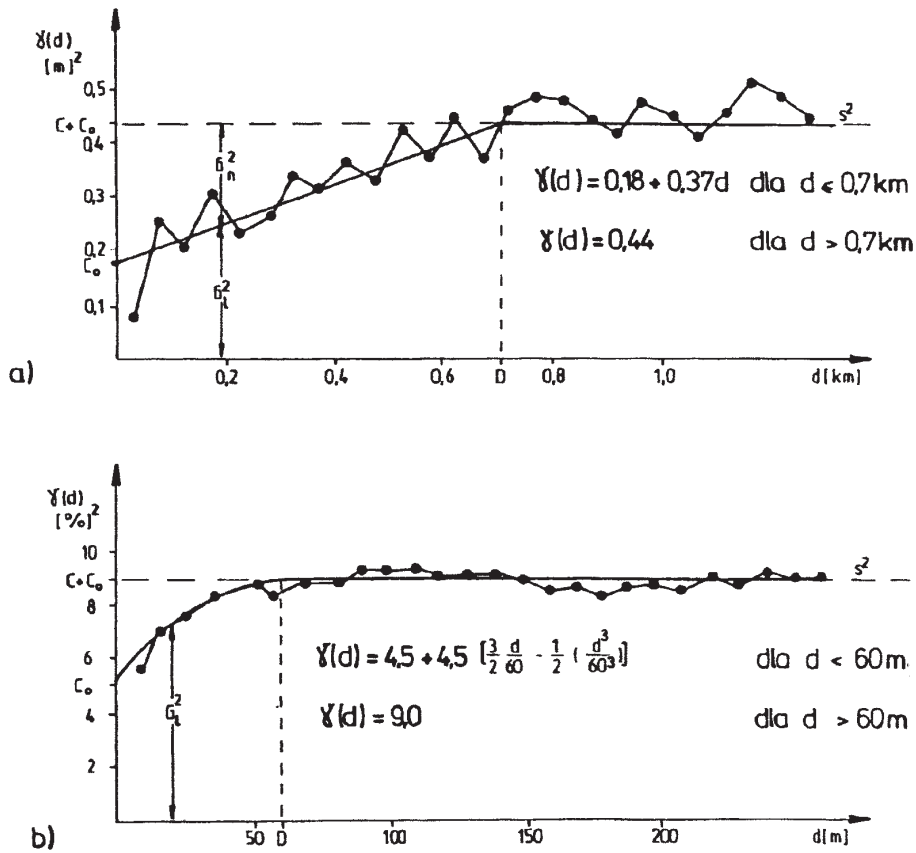
$$\varepsilon_{w\max} \% = \frac{t_{\alpha} V}{\sqrt{n}} \quad (3.13)$$

gdzie:  $t_{\alpha}$  – statystyka Studenta (Gosseta); wartość jej w zależności od liczby obserwacji ( $n-1$  stopni swobody) i poziomu ufności  $\alpha$  można znaleźć w tablicach statystycznych (dla  $\alpha = 95,5\%$  i  $n > 30$ ,  $t \approx 2$ , dla  $n < 30$ ,  $t > 2$ ). Odpowiedniej zmianie ulegają też wzory na liczbę punktów rozpoznawczych i przedział ufności. Warto też zwrócić uwagę, że dla  $n > 30$  i poziomu ufności 95% można przyjąć  $t = 2$ , a więc wzór [3.13] nie różni się od [3.12]. Wzór [3.13] należy zatem traktować jako bardziej ogólny.

W praktyce, jeśli dysponujemy nielicznymi obserwacjami, postać rozkładu parametru złożowego nie jest znana. Mimo to stosuje się ten wzór jako pierwsze przybliżenie.

W przypadku, gdy parametry złoża są zmiennymi zregionalizowanymi i w ich zmienności zaznacza się wyraźnie składnik nielosowy, zróżnicowanie ich wartości zależy od wzajemnych odległości między punktami, w których dokonano ich pomiaru. Do opisu ich zmienności właściwszym jest posłużenie się metodami geostatystycznymi. Zróżnicowanie zmienności wartości parametru złożowego, zależnej od odległości między punktami ich obserwacji (strukturę zmienności), opisuje się za pomocą semiwariogramu. Jest to funkcja przedstawiająca średnie kwadratów różnic wartości parametru w punktach odległych o dystans „d” w zależności od tego dystansu (rys. 3.38):





Rys. 3.38. Przykłady semiwariogramów (Z. Kokesz, M. Nieć 1992)

a – miąższość pokładu węgla kamiennego 358/1 kop. Sośnica, b – zawartość cynku w złożu kop. Pomorzany

$$\gamma_d = \frac{1}{2n_d} \sum_{i=1}^{n_d} (u_i + u_{i+d})^2$$

gdzie:  $n_d$  – liczba par obserwacji,

$u_i, u_{i+d}$  – odpowiednio wartości parametru w punktach „i” oraz odległych od nich o dystans  $d$  („i+d”).

W obliczeniach posługujemy się semiwariogramem teoretycznym (modelem) aproksymującym semiwariogram empiryczny. Najczęściej spotykane semiwariogramy można aproksymować za pomocą modelu sferycznego:

$$\gamma_d = c_0 + \left( \frac{3d}{2D} - \frac{d^3}{2D^3} \right) \quad \text{dla } d < D \quad (3.15a)$$

$$\gamma_d = c_0 + c \quad \text{dla } d > D \quad (3.15b)$$

Wśród możliwych modeli teoretycznych, jakie mogą opisywać semiwariogram empiryczny najprostszym jest liniowy Matherona<sup>11</sup>

$$\gamma_d = c_0 + bd \quad \text{dla } d < D \quad (3.16a)$$

$$\gamma_d = c_0 + c = s^2 \quad \text{dla } d > D \quad (3.16b)$$

gdzie:  $b$  – jest współczynnikiem kierunkowym prostej opisującej wariogram empiryczny.

Dla odległości między punktami rozpoznawczymi („ $d$ ”), które są mniejsze od promienia skorelowania obserwacji („ $D$ ”) bardzo często semiwariogram empiryczny można aproksymować modelem liniowym z dostateczną dla praktyki wiarygodnością.

Jeśli parametr złożowy jest zmienną zregionalizowaną, to konsekwencją tego jest skorelowanie wartości w dostatecznie blisko siebie położonych punktach. Powinno to być uwzględniane w ocenie średnich wartości parametrów złoża. Wielkość błędu, jaki możemy przy tym popełnić charakteryzowana jest w geostatystyce przez wariancję ekstensji, czyli wariancję rozprzestrzenienia wyników obserwacji punktowych na cały oceniany blok (złoże lub wydzieloną jego część):

$$\sigma_E^2 = 2\bar{\gamma}(S, A) - \bar{\gamma}(S, S) - \bar{\gamma}(A, A) \quad (3.17)$$

gdzie:  $\bar{\gamma}(S, A)$  – średnia wartość semiwariogramu dla wszystkich możliwych odcinków łączących punkty, w których dokonano obserwacji oznaczony symbolem „ $S$ ” z ocenianym blokiem  $A$  (wszystkimi punktami w bloku),

$\bar{\gamma}(S, S)$  – średnia wartość semiwariogramu dla wszystkich możliwych odcinków łączących punkty rozpoznawcze w obrębie rozpatrywanego bloku i w jego otoczeniu,

$\bar{\gamma}(A, A)$  – średnia wartość semiwariogramu dla wszystkich możliwych odcinków, których końce leżą w obrębie ocenianego obszaru (bloku). Sposób obliczenia średnich wartości semiwariogramu przedstawiony jest w aneksie do części IV.

W rozważaniach na temat gęstości sieci rozpoznawczej interesuje nas przede wszystkim błąd przeniesienia obserwacji z punktu rozpoznawczego na obszar w bezpośrednim jego otoczeniu o promieniu równym połowie odległości do sąsiedniego punktu rozpoznawczego. Możemy wówczas przyjąć, że  $(S, A)$  – odpowiada średniej wartości semiwariogramu w bloku wyznaczonym wokół punktu rozpoznawczego (np. otworu), to jest dla wszystkich odcinków, których jeden koniec znajduje się w punkcie rozpoznawczym (oznaczonym symbolem

---

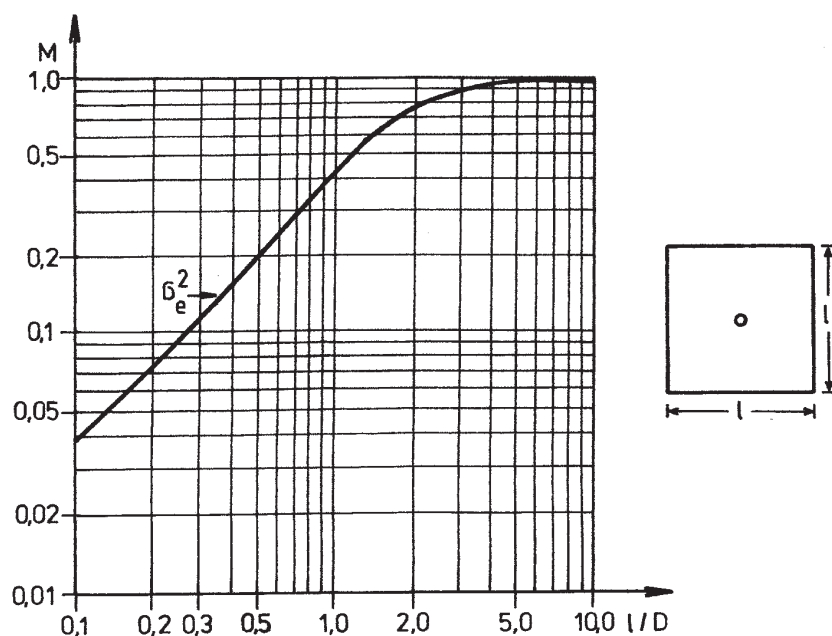
<sup>11</sup> Nazwany imieniem twórcy geostatystyki G. Matherona, profesora Ecole des Mines w Paryżu.

„S”) , a drugi przemieszcza się swobodnie w obrębie ocenianego bloku, a  $(A,A)$  odpowiada średniej wartości semiwariogramu dla wszystkich możliwych odcinków w obrębie tego bloku  $\gamma(S,S)$  – w tym przypadku wynosi  $c_0$ .

W przypadku regularnej sieci otworów rozpoznawczych i sferycznego modelu semiwariogramu w bloku wokół otworu rozpoznawczego o boku  $l$  równym odległości między otworami

$$\sigma_E^2 = c_0 + Mc \quad (3.18)$$

gdzie:  $M$  – współczynnik odczytany z wykresu na rys. 3.39.



Rys. 3.39. Diagram dla wyznaczania błędu ekstensji w otoczeniu otworu w przypadku sferycznego modelu semiwariogramu (wg F.W. Wellmera 1998)

W przypadku modelu liniowego

$$\sigma_E^2 = 0,244 bl \quad (3.19)$$

gdzie:  $b$  – jest współczynnikiem kierunkowym prostej opisującej wariogram empiryczny.

Maksymalny możliwy błąd względny oszacowania wartości parametru w bloku rozpoznany za pomocą  $n$  otworów wyniesie:

$$\varepsilon_{w\max} = \frac{t_{\alpha} \sqrt{\sigma_E^2}}{\bar{u} \sqrt{n}} \quad (3.20)$$

### 3.8.3. Gęstość sieci rozpoznawczej

Gęstość sieci rozpoznawczej określa się liczbą punktów rozpoznawczych przypadającą na jednostkę powierzchni:

$$g_s = \frac{n}{F} \quad (3.21)$$

gdzie:  $n$  – liczba punktów rozpoznawczych,  
 $F$  – powierzchnia rozpatrywanego złoża lub jego części.

W praktyce częściej wykorzystuje się odległości między punktami rozpoznawczymi  $d$ , określanymi jako rozstaw lub wymiar sieci rozpoznawczej. Z gęstością sieci łączą je proste zależności, wynikające z geometrii sieci, np. dla sieci kwadratowej:

$$d = \sqrt{\frac{1}{g_s}} \quad (3.22)$$

Gęstość sieci zależy od dokładności ( $\varepsilon$ ), z jaką chcemy rozpoznać dane złożo i od zmienności złoża ( $V$ ):

$$d = f(\varepsilon, V) \quad (3.23)$$

Z tych dwu czynników znana jest wymagana dokładność rozpoznania złoża, bowiem zależy ona od wyboru miernika dokładności i sprecyzowania wymagań odnośnie jej wielkości, nieznana jest natomiast zmienność złoża, gdyż informację na ten temat uzyskuje się dopiero w trakcie jego rozpoznawania. Wcześniej jedynie przez analogię można przyjąć, że zmienność badanego złoża nie będzie się zasadniczo różniła od zmienności znanych już złóż tego typu. Wyniki wstępnych prac rozpoznawczych, a nieraz nawet prac poszukiwawczych pozwalają się przekonać, czy założenie takie było słuszne.

Gęstość sieci rozpoznawczej określa się:

- metodą analogii,
- na podstawie wymagań odnośnie dokładności określenia średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów,
- na podstawie oceny stopnia zbadania budowy złoża i jego tektoniki,
- metodą minimalizacji ryzyka ekonomicznego.

## 3.8.3.1. Określanie gęstości sieci rozpoznawczej i stopnia zbadania złoża metodą analogii

Wielość czynników decydujących o dokładności rozpoznania złoża powoduje, że w praktyce – zwłaszcza w początkowych etapach badania złoża – gęstość sieci rozpoznawczej dobiera się metodą analogii. Na podstawie doświadczeń w rozpoznawaniu złóż formułowane są zalecenia odnośnie gęstości sieci rozpoznawczej wyrażane przez odległości między punktami rozpoznawczymi, jakie należy stosować przy badaniu złóż. Zalecenia takie opracowane zostały w Polsce przez Komisję Zasobów Kopalin (tab. 3.4) na podstawie analizy stopnia rozpoznania udokumentowanych złóż (Optymalizacja... 1976). Są one zróżnicowane w zależności od rodzaju kopaliny i typu złoża oraz spodziewanego stopnia skomplikowania jego budowy i zmienności określanej przez grupę złoża (tab. 3.5).

Przyjmuje się w praktyce, że złożo może być wstępnie udokumentowane (w kategorii  $C_2$ ), jeśli odległości między punktami jego stwierdzenia (w praktyce otworami wiertniczymi) mieszczą się w granicach podanych w tabeli 3.4. Zalecenia te należy traktować tylko jako orientacyjne. Dla rozpoznania wstępnego (w kategorii  $C_1$ ) i szczegółowego (w kategorii B) odległości między punktami powinny być odpowiednio 2–4-krotnie mniejsze albo określa się pożądaną gęstość sieci w zależności od stwierdzanej zmienności złoża i wymagań odnośnie dokładności jego rozpoznania.

## 3.8.3.2. Określanie gęstości sieci rozpoznawczej i stopnia zbadania złoża na podstawie wymagań odnośnie dokładności określenia średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów

Wymaga się, by na każdym etapie rozpoznania złoża jego parametry były zbadane z określoną dokładnością  $\varepsilon_{w\max}$  %. Liczba punktów rozpoznawczych niezbędna dla zbadania złoża z tą dokładnością wynosi (po przekształceniu wzoru (3.13)):

$$n = \frac{t^2 V^2}{\varepsilon_{w\max}^2} \quad (3.24)$$

Należy jednak mieć na uwadze, że w przypadku gdy rozkład parametru nie jest normalny, obliczone wartości  $n$  mogą ulec dużym zmianom po uzyskaniu większej ilości informacji o złożu.

Chcąc określić projektowaną gęstość sieci rozpoznawczej należy sprecyzować wymagania odnośnie dokładności rozpoznania. Miarą dokładności może być na przykład różnica, jaka może wystąpić między zasobami oszacowanymi na podstawie prac rozpoznawczych a stwierdzanymi w czasie eksploatacji. W tym przypadku jest ona miarą ryzyka nie stwierdzenia oczekiwanych zasobów. Wymagane dokładności rozpoznania zestawiono w tabeli 3.6.

Zmienność parametrów złoża  $V$  jest znana dopiero wtedy, gdy dysponujemy dostateczną liczbą obserwacji, pozwalających na jej określenie. Natomiast na etapie projektowania rozpoznania musimy przyjąć wartości  $V$  na zasadzie analogii podobnych złóż.

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

**Tabela 3.4**

Orientacyjne odległości między punktami rozpoznania dla projektowania rozpoznania złoże w kategorii C<sub>2</sub>

Kopalina	odległości między wyrobiskami w metrach		
	złóża grupy I	złóża grupy II	złóża grupy III
Węgiel kamienny	4 000–2 000	2 000–1 000	1 000–500
Węgiel brunatny	2 000–1 000	1 000–500	500–200
Rudy Cu (złóża stratoidalne)		2 000–1 000	1 000–500
Rudy Cu, Mo, W (złóża porfirowe, skarnowe)		1 000–500	500–100
Rudy Zn-Pb, Ni (złóża stratoidalne)		500–300	300–150
Rudy Fe (złóża pokładowe)	4 000–2 000	2 000–1 000	1 000–500
Rudy Fe, Ti-V		1 000–500	500–250
Rudy uranu (złóża stratoidalne)		1 000–500	500–100
Rudy siarki		1 200–600	600–300
Fosforyty		1 000–500	500–250
Sole kamienne i potasowe		3 000–1 000	1 000–500
Gips i anhydryt	1 000–500	500–300	300–150
Skały magmowe głębinowe	1 000–600	600–300	300–150
Skały wylewne i metamorficzne	600–400	400–200	200–100
Piaskowce i kwarcyty	600–400	400–200	200–100
Chalcedonit i diatomit	600–400	400–200	200–100
Wapienie, margle	1 000–600	600–300	
Kreda jeziorna		600–300	300–150
Dolomity	1 000–500	500–250	250–125
Skały kaolinowe	600–300	300–150	150–75
Ilaste ceramiki szlachetnej	600–300	300–150	150–75
Ilaste ceramiki budowlanej, kruszyw lekkich, przemysłu cementowego	800–400	400–200	200–100
Ilaste ogniotrwałe	800–400	400–200	200–100
Piaski szklarskie, formierskie	600–300	300–150	150–75
Piaski budowlane i podsadzkowe	700–500	500–300	< 300
Kruszywo naturalne grube (żwirowe)	750–300	300–150	150–50
Magnezyt		300–150	150–75
Baryt, fluoryt (złóża żyłowe)		500–300	300–150
Kwarc żyłowy		400–200	200–100
Rudy pierwiastków ziem rzadkich		200–100	100–50
Torf		300–150	150–75

### 3. Rozpoznawanie złóż kopalin

**Tabela 3.5**

Grupy złóż z uwagi na stopień skomplikowania ich budowy i zmienność parametrów

Grupa złóża	Cechy budowy złóża	Zmienność parametrów złóża, współczynnik zmienności V %	Stopień trudności interpretacji budowy złóża	Ryzyko błędnego modelu złóża
I	Złoża o prostej budowie, ciągłe, niezaburzone tektonicznie lub w niewielkim stopniu zaburzone, wewnętrznie mało zróżnicowane, warunki hydrogeologiczne i inżyniersko-geologiczne proste	poniżej 30%	budowa geologiczna, warunki hydrogeologiczne i inżyniersko-geologiczne łatwe do interpretacji	małe
II	Złoża o budowie zróżnicowanej, lokalnie nieciągłe, tektonicznie zaburzone, warunki hydrogeologiczne i inżyniersko-geologiczne zróżnicowane na obszarze złóża	30–60%	trudna interpretacja budowy geologicznej oraz warunków hydrogeologicznych i inżyniersko-geologicznych	duże
III	Złoża o budowie skomplikowanej, nieciągłe, gniazdowe, silnie tektonicznie zaburzone, warunki hydrogeologiczne i inżyniersko-geologiczne złożone	ponad 60%	budowa geologiczna bardzo trudna do interpretacji, nie dająca się przedstawić na mapach i przekrojach w sposób jednoznaczny, warunki hydrogeologiczne i inżyniersko-geologiczne trudne do interpretacji	bardzo duże

**Tabela 3.6**

Wymagane dokładności rozpoznania średnich wartości parametrów złóża i jego zasobów

Etap badania złóża	Kategoria	Maksymalny dopuszczalny błąd oszacowania zasobów +/- % na poziomie ufności 95,5% według		
		R. Krajewskiego*	G.B.Fettweisa**	Rozporządzenia Ministra Środowiska***
Poszukiwania szczegółowe	D <sub>1</sub>			>40
	C <sub>2</sub>	40	60	40
Rozpoznanie wstępne	C <sub>1</sub>	25	40	30
Rozpoznanie szczegółowe	B	15	20	20
Rozpoznanie eksploatacyjne	A	10	10	10

\* Krajewski R, 1959 – Kwalifikowanie zasobów i określanie wielkości prób złożowych przy użyciu rachunku statystycznego. Zesz. Nauk. AGH, Górnictwo, z. 6, Kraków.

\*\* Fettweis G. B., 1976 – Weltkohlenworräte. Eine vergleichende Analyse ihrer Erfassung und Bewertung. Glückauf. Essen.

\*\*\* Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 22 grudnia 2011 w sprawie dokumentacji geologicznej złóża kopaliny. Dz. U. z 2011 r. Nr 291, poz. 1712.

Współczynnik zmienności  $V$  jest zróżnicowany w szerokich granicach i zwykle różny dla poszczególnych parametrów złoża (tab. 3.7). Zwykle jest największy dla zasobności.

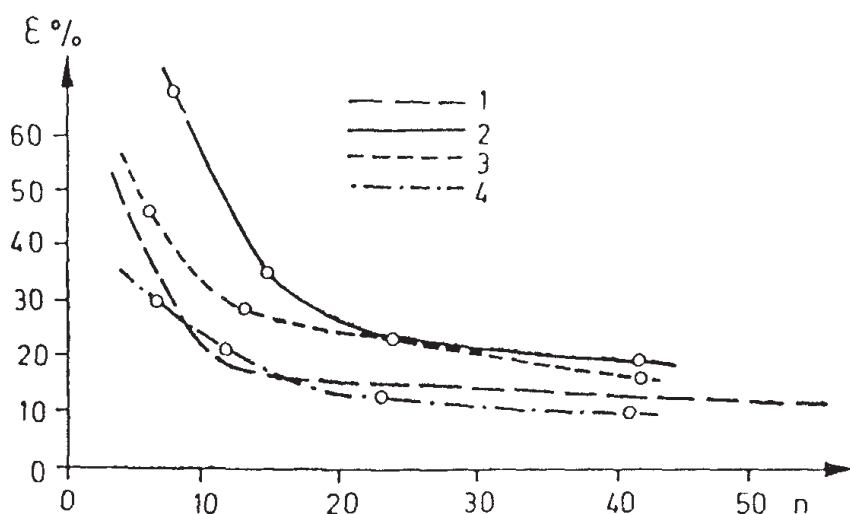
**Tabela 3.7**  
Zróżnicowanie współczynników zmienności parametrów złożowych

Klasa zmienności	$V$ [%]	Przykłady
Mała	<20	miąższość pokładów węgla kamiennego, parametry fizyczno-mechaniczne kopalin skalnych, zawartość S w złożach siarki
Średnia	20–40	zawartość popiołu w pokładach węgla, miąższość złóż węgla brunatnego, wapieni siarkonośnych, zawartości $Fe_2O_3$ i $TiO_2$ w złożach piasków szklarskich
Duża	40–100	miąższość złóż rud Zn-Pb, miedzi, zawartość Cu w złożach miedzi, Zn w złożach rud Zn-Pb
Bardzo duża	100–150	zawartość Pb w złożach rud Zn-Pb
Skrajnie duża	>150	zawartość Au w złożach żyłowych

W przypadku złóż o dużej zmienności może się okazać, że osiągnięcie wymaganej dokładności rozpoznania pociąga za sobą konieczność wykonania znacznej liczby otworów, co powoduje, że rozpoznanie złoża staje się bardzo kosztowne. Obserwuje się też często, że zwiększenie liczebności otworów ponad pewną wielkość w niewielkim tylko stopniu wpływa na zmniejszenie wartości  $\epsilon_{max}$ , a tym samym na wzrost dokładności rozpoznania (rys. 3.40). Rozpoznawanie można, zatem zakończyć, gdy uzyskamy taką dokładność oszacowania zasobów ( $\epsilon_0$ ) średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów, że zwiększenie liczby punktów rozpoznania w niewielkim stopniu wpływa na jej polepszenie. Jest to dokładność, jaka można praktycznie osiągnąć przy danej zmienności złoża. W przypadku, gdy parametry złoża mają różną zmienność, gęstość sieci rozpoznawczej określa się w stosunku do parametru najbardziej zmiennego. Jest nim najczęściej zasobność złoża.

Przedstawiony tok postępowania opierający się na statystyce matematycznej pozwala obliczyć liczbę punktów rozpoznawczych niezbędnych do zbadania złoża z żadaną dokładnością, nie określa zaś bezpośrednio gęstości sieci rozpoznawczej i odległości między punktami rozpoznawczymi. Co więcej, ze wzorów tych wynika, że taką samą liczbą punktów rozpoznawczych musimy dysponować niezależnie od wielkości obszaru. Jest to na pozór sytuacja paradoksalna, ma ona jednak głęboki sens. Jeśli złożo zostało rozpoznane za pomocą sieci otworów, których liczba wynosi „ $n$ ”, wówczas w małej części złoża będzie się znajdowała tylko część tych otworów. Dokładność określenia średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów w tej części będzie uzależniona tylko od danych z otworów, jakie się na niej znajdują. Jeśli to będzie na przykład tylko jeden otwór, a obszar złoża odpowiednio duży, to jasną jest rzeczą, że po rozcięciu złoża wyrobiskami górniczymi stwierdzony jego obraz może znacznie się różnić od oczekiwanego na podstawie informacji uzyskanej z tego





Rys. 3.40. Zależność dokładności rozpoznania (maksymalnego możliwego błędu względnego  $\varepsilon'_w$  %) od liczby obserwacji – otworów rozpoznawczych ( $n$ ). Zasobność złóż siarki. Złoże Grzybów: 1 – pole D, 2 – pole C, złoże siarki Jeziórko: 3 – pole B, 4 – pole A

jednego otworu. Jeśli rozpatrujemy duży obszar złoża zbadany wieloma otworami, to można oczekiwać, że lokalnie napotkamy znaczne odstępstwa rzeczywistych wartości parametrów złoża od przewidywanych na podstawie danych rozpoznawczych. Różnice te będą raz dodatnie raz ujemne, a więc będą się wzajemnie niwelowały, i można oczekiwać, że średnie wartości oszacowane dla całego złoża będą się niewiele różniły od rzeczywistych.

Zmniejszanie się dokładności rozpoznania w miarę zmniejszania rozpatrywanego obszaru przy stałej gęstości sieci rozpoznawczej nazywane jest **regresją stopnia rozpoznania**.

Znajomość tego zjawiska ma ogromne znaczenie praktyczne. Wynika bowiem z niego, że wielkość wydobycia kopaliny – przewidywana na podstawie informacji geologicznych o zasobach złoża – zostanie osiągnięta dopiero wówczas, gdy eksploatacja obejmie znaczny obszar złoża. W krótkich okresach czasu trzeba się liczyć z możliwością znacznych odstępstw między planowaną a uzyskaną wielkością produkcji z powodu lokalnego zróżnicowania parametrów złożowych i niewielkiej liczby informacji na temat ich wielkości. Możemy jedynie każdorazowo przewidzieć prawdopodobną wielkość tych różnic. Nie powinny one bowiem przekraczać wyliczonych wartości  $\pm \varepsilon$ .

Chcąc określić gęstość sieci rozpoznawczej korzystając wzoru (3.24) konieczne jest sprecyzowanie wielkości obszaru złoża, na którym ma być zrealizowane rozpoznanie złoża z dokładnością wymaganą ( $\varepsilon_d$ ) lub dokładnością praktycznie osiągalną ( $\varepsilon_0$ ). Powierzchnię tę można określić za pomocą wzoru:

$$F = \frac{Wa}{\bar{q}\eta} \quad (3.25)$$

gdzie:  $W$  – przewidywane wydobycie w przyszłej kopalni, np. roczne,  
 $\bar{q}$  – średnia zasobność złoża,  
 $\eta$  – stopień wykorzystania złoża,  
 $a$  – okres (np. w latach), po którym powinno nastąpić zbilansowanie zasobów i produkcji,  
to znaczy gdy spełniony zostanie warunek:

$$|Wa - \bar{q}\eta F| \leq \varepsilon_d \quad \text{lub} \quad \varepsilon_0 \quad (3.26)$$

gdzie:  $\varepsilon_d$  i  $\varepsilon_0$  – oznaczają błąd oszacowania zasobów, odpowiednio dopuszczalny lub oczekiwany możliwy.

Wartości  $W$ ,  $\eta'$  i  $a$  określa się już w trakcie prac studyjnych na temat zagospodarowania złoża, wykonanych po zakończeniu poszukiwań szczegółowych, których rezultatem jest dokumentacja geologiczna złoża w kategorii  $C_2$ . Określenie wielkości  $a$  może wynikać z planów działalności kopalni. Mogą to być okresy roczne, pięcio- lub wieloletnie. Można na przykład postulować, aby gęstość sieci rozpoznawczej w kategorii A zapewniała dokładne rozpoznanie części złoża eksploatowanych w okresach rocznych, w kategorii B w okresach pięcioletnich, natomiast w kategorii  $C_1$  na całym obszarze złoża przewidzianego do eksploatacji. Przy takim założeniu odległości między punktami rozpoznawczymi wyniosą w przypadku sieci kwadratowej:

$$d = \sqrt{\frac{Wa}{\bar{q}\eta n}} = \frac{\varepsilon}{tV} \sqrt{\frac{Wa}{\bar{q}\eta}} \quad (3.27)$$

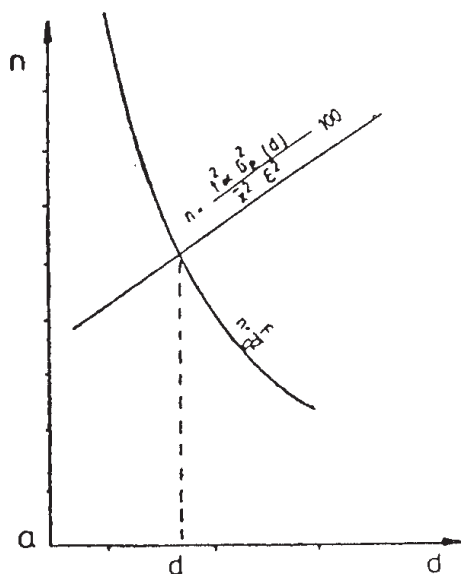
W omówionym sposobie określania gęstości sieci rozpoznawczej przyjmuje się, że parametr złożowy jest zmienną losową. Często jednak zmienność wartości parametrów złożowych ma charakter złożony i wyróżnić w niej można składnik losowy i nielosowy. Wartości parametrów złożowych zależą wówczas od położenia miejsca ich pomiaru w granicach złoża. Są one zmiennymi zregionalizowanymi. Wówczas:

$$n = \frac{t_\alpha \sigma_e^2}{\bar{u} \varepsilon_{W \max}} \quad (3.28)$$

W tym przypadku również nie zostaje określona odległość między punktami rozpoznawczymi. Musi być zatem niezależnie określona powierzchnia ( $F$ ) złoża (lub jego części), na którym oczekiwana dokładność rozpoznania ma być osiągnięta. Powinna ona wynosić:

$$F = nd^2 \quad (3.29)$$

Jeśli przyjmiemy, że ma to być powierzchnia określona w myśl zasady ujętej we wzorze (3.25), wówczas ze wzorów (3.28) i (3.29) łatwo można wyznaczyć liczbę punktów rozpoznawczych ( $n$ ) i odległości między nimi ( $d$ ) gwarantujące ocenę średnich wartości parametrów złoża (i jego zasobów) z żądaną dokładnością. Rozwiązanie graficzne tego zagadnienia ilustruje rysunek 3.41.



Rys. 3.41. Wyznaczanie odległości między punktami rozpoznawczymi

W przypadku często stosowanej sieci kwadratowej punktów rozpoznawczych i dla liniowego modelu semiwariogramu<sup>12</sup>, dla bloku kwadratowego wokół punktu rozpoznawczego o boku  $l$   $\sigma_E^2$  wynosi:

$$\sigma_E^2 = 0,244 bl + c_0 \quad (3.31)$$

gdzie:  $b$  – współczynnik kierunkowy prostej aproksymującej wariogram liniowy,  
 $l$  – odległości między punktami rozpoznawczymi,  
 $c_0$  – zmienność lokalna („efekt samorodków”).

Ze wzoru (3.28) łatwo wyliczyć, że:

$$n = \frac{t_\alpha^2 (0,244bl + c_0)}{\epsilon_{w\max}^2 \bar{u}^2} \quad (3.32)$$

<sup>12</sup> W większości przypadków model liniowy może być zastosowany, jeśli odległości między punktami rozpoznawczymi są mniejsze od promienia autokorelacji (zasięgu semiwariogramu).

Jeśli parametry złoża są zmiennymi zregionalizowanymi, a zatem występuje ich auto-korelacja o zasięgu „D”, wówczas można przyjąć, że punkty rozpoznawcze odległe o dystans  $d < D$  nie będą w sposób istotny wzbogacać informacji o złożu. Przyjmuje się też w związku z tym, że rozpoznanie złoża może być zadowalające, gdy odległości między tymi punktami wynoszą  $1/3D < d < 2/3D$ .

### 3.8.3.3. Określanie gęstości sieci rozpoznawczej na podstawie oceny stopnia zbadania budowy złoża i jego tektoniki

Określenie dokładności oszacowania średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów oraz dobór gęstości sieci rozpoznawczej na tej podstawie nie rozwiązuje w pełni zagadnienia dokładności rozpoznania złoża, która również zależy od stopnia poznania jego budowy geologicznej, a zatem czynnika, który nie jest w prosty sposób mierzalny. Często zdarza się, że sieć rozpoznawcza wystarczająco gęsta z punktu widzenia dokładności oszacowania średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów jest niewystarczająca dla rozpoznania tej budowy.

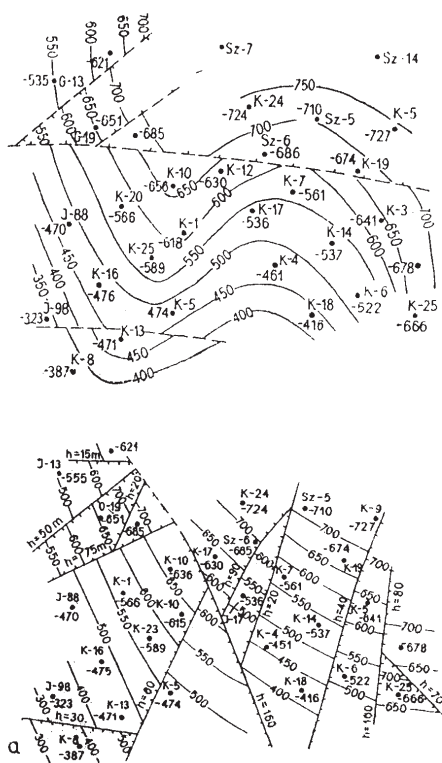
Budowę złoża interpretuje się na podstawie wykonanych prac rozpoznawczych. Interpretacja ta jest zawsze obciążona subiektywnym jej ujęciem przez geologa – dokumentatora. Zależy ona od jego wiedzy i doświadczenia oraz możliwości wykrycia prawidłowości budowy złoża na podstawie istniejących danych. Miarą dokładności interpretacji budowy złoża, zwłaszcza jego ułożenia w przestrzeni, morfologii bryły złożowej i tektoniki, jest zgodność przedstawionego obrazu złoża na mapach i przekrojach ze stwierdzanym w czasie jego eksploatacji. Przed podjęciem eksploatacji wstępny pogląd na ten temat można sobie wyrobić porównując obraz złoża uzyskiwany w kolejnych etapach badania. Istniejące dane pozwalają też często na różną interpretację budowy złoża i podanie więcej niż jeden jego wariantów. Miarą dokładności (albo wiarygodności) interpretacji może być odwrotność liczby wariantów możliwych interpretacji budowy, a zatem swoiste prawdopodobieństwo poprawności interpretacji (rys. 3.42). Wymagania odnośnie tak rozumianej dokładności interpretacji budowy złoża w poszczególnych etapach jego badania przedstawia tabela 3.8.

Na tej podstawie można jedynie stwierdzić czy rozpoznanie złoża (a zatem istniejąca gęstość punktów jego stwierdzenia) spełnia wymagania odpowiedniej kategorii.

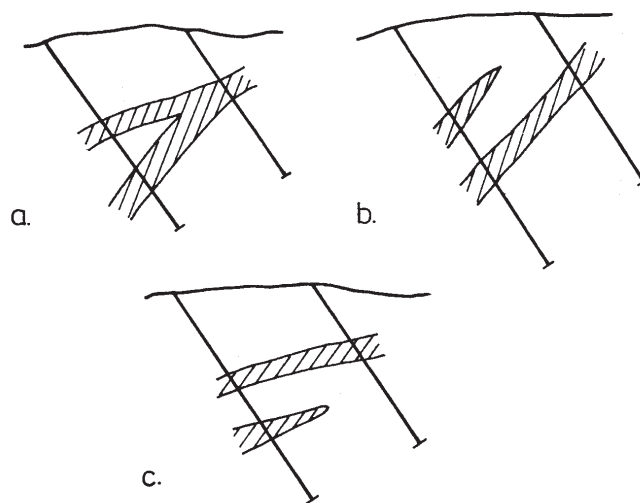
O możliwej dokładności interpretacji można też przekonać się, porównując mapy izoliniowe parametrów złożowych sporządzane w kolejnych etapach badania złoża (rys. 3.43a) lub sporządzane na podstawie sieci obserwacji sztucznie rozrzedzanych. Miarą dokładności może być stopień podobieństwa map wykonanych na podstawie sieci obserwacji o różnej gęstości. Za miarę tego podobieństwa można przyjąć średnią wielkość odchyłeń wartości obserwowanych w poszczególnych punktach ( $U_{ok}$ ) od interpolowanych w tych punktach na podstawie rzadszej sieci obserwacji ( $U_{ik}$ ):

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^n |U_{ok} - U_{ik}|}{n} \quad (3.33)$$

A



B



Rys. 3.42. Różne możliwości interpretacji budowy złoża na podstawie tych samych otworów rozpoznawczych A – interpretacja tektoniki złoża pokładowego (pokładu węgla) – mapy strukturalnej (wg F. Kozubskiego f. M. Nieć 1990); B – ciało rudnych w przypadku braku dodatkowych danych o ich ułożeniu

Rozpoznanie można uznać za dostatecznie dokładne, gdy wartości  $\bar{\Delta}$  nie przekraczają wartości uznanej za dopuszczalną lub zmieniają się już nieznacznie w miarę zwiększania zagęszczenia sieci obserwacji (rys. 3.43b). Można też porównywać nie odchylenia, lecz histogramy wartości interpolowanych z histogramem wartości obserwowanych. Sieć najrzadszą, przy której porównywane histogramy nie różnią się istotnie, co można stwierdzić za pomocą statystycznego testu Smirnowa–Kolmogorowa<sup>13</sup>, uznaje się za sieć dostatecznego rozpoznania, a rozpoznanie za pomocą sieci zagęszczonej za wystarczająco dokładne.

**Tabela 3.8**

Wymagania odnośnie interpretacji budowy złoża

Etap badania złoża	Kategoria	Liczba możliwych wariantów interpretacji budowy	
		w skali całego złoża	w granicach wydzielanych bloków uważanych za jednorodne
Poszukiwania szczegółowe	D1	więcej niż dwa	więcej niż dwa
	C2	nie więcej niż dwa	
Rozpoznanie wstępne	C1	jeden	nie więcej niż dwa
Rozpoznanie szczegółowe	B	jeden	jeden
Rozpoznanie eksploatacyjne	A	jeden	jeden

W złożach, które tworzą uwarstwione skały osadowe, nie ułożone poziomo, wówczas gdy różnią się one jakością kopaliny, odległości między otworami powinny być tak dobrane, by zbadane były wszystkie warstwy. Spełniony powinien być warunek określony wzorem 3.1.

Szczególnym zagadnieniem jest rozpoznanie tektoniki uskokowej. Jej dobre rozpoznanie jest ważne z punktu widzenia projektowania eksploatacji, gdyż decyduje ona o sposobie udostępnienia złoża, sposobie jego eksploatacji, warunkach jej prowadzenia, występowaniu zagrożeń (wodnych, gazowych, tąpniowych), o możliwości mechanizacji i automatyzacji prac wydobywczych, a także o stopniu wykorzystania złoża.

Miarą zuskokowania złoża jest wskaźnik jego zuskokowania  $K_u$ , określający stosunek sumarycznej długości uskoku do powierzchni złoża wyrażony w m/ha.

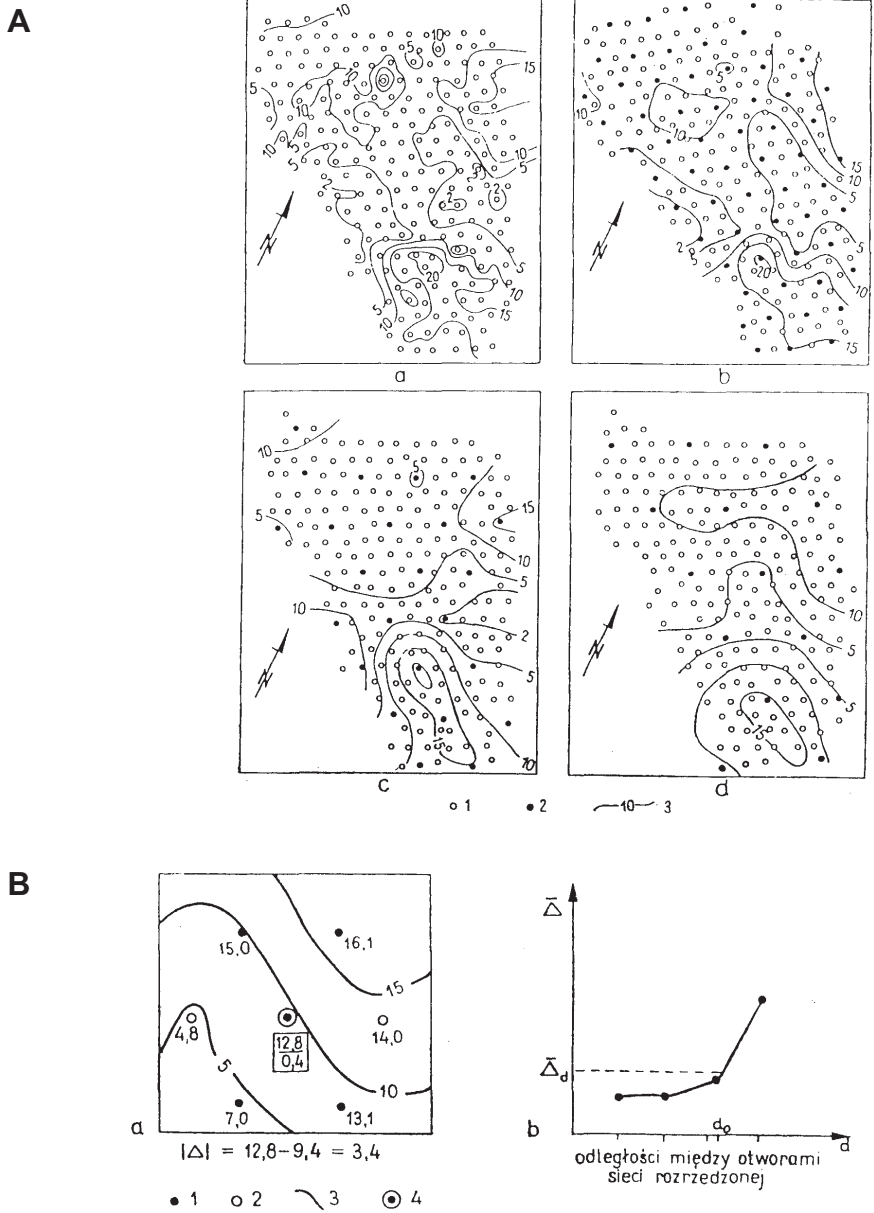
Dla scharakteryzowania ułożenia niesfałdowanego złoża w bloku niezaburzonym uskokami mogą wystarczyć cztery otwory wiertnicze plus jeden sprawdzający w centrum sieci (rys. 3.44). Przy takim założeniu odległości między otworami powinny wynosić:

$$d = \frac{10000\sqrt{2}}{K_u} \quad (3.34)$$

Dokładność lokalizacji uskoku wynosi  $\varepsilon_u = d/2$ . Chcąc dokładniej go zlokalizować musimy zagęścić sieć otworów.

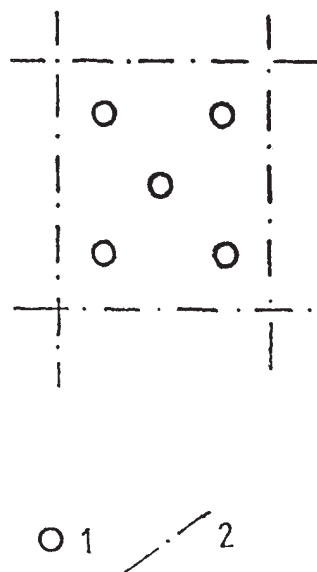
---

<sup>13</sup> Jego omówienie można znaleźć w podręcznikach statystyki matematycznej.



**Rys. 3.43.** Ocena rozpoznania złóż metodą porównywania map

A – Mapy zasobności siarki sporządzone przy różnej gęstości sieci otworów  
 Mapy sporządzone przy gęstości sieci otworów: a – co 45 m, b – dwukrotnie rzadszej, c – trzykrotnie rzadszej, d – czterokrotnie rzadszej; 1 – wykonane otwory wiertnicze, 2 – otwory w sieci rozrzedzonej, 3 – izarytmy zasobności; B – Wyznaczanie różnicy  $\Delta$ (a) i wartości średniej  $\Delta$  odpowiadającej sieci dostatecznego rozpoznania (b)  $\Delta_d$  – dopuszczalna średnia różnica,  $d_0$  – rozstęp między otworami w sieci dostatecznego rozpoznania; 1 – otwory rozpoznawcze, 2 – otwory w sieci sztucznie rozrzedzonej, 3 – izarytmy interpolowane na podstawie danych z otworów w sieci rozrzedzonej, 4 – otwór, dla którego przykładowo obliczono wartość  $\Delta_i$



**Rys. 3.44.** Otwory rozpoznawcze w bloku ograniczonym uskokami, sieć otworów rombowa  
1 – otwory, 2 – uskoki

Uskoki mają zwykle przebieg nierównoległy do linii otworów rozpoznawczych i są nachylone. Wymaganą dokładność ich lokalizacji ( $\epsilon$ ) udaje się zatem uzyskać mniejszą liczbą otworów niż przyjęta do wyprowadzenia wzoru (3.34). Dodatkowe otwory wykonywane w celu uściślenia położenia uskoku powinny być wiercone nie w sieci regularnej, lecz w miejscach tak dobranych, aby szanse uściślenia położenia uskoku i jego przebiegu były jak największe. Często informacji o przebiegu uskoku dostarczają też wyniki badań geofizycznych. Wystarczy wówczas wykonać tylko takie otwory dodatkowe, które są niezbędne dla uściślenia lub sprawdzenia interpretacji geofizycznej. Należy jednak mieć na uwadze, że w trakcie prac rozpoznawczych mogą być wykryte jedynie uskoki o dostatecznie dużym zrzućcie, których obecność może być interpretowana na podstawie sporządzanych map (map strukturalnych) i przekrojów.

W złożach przewidzianych do eksploatacji odkrywkowej występujących pod grubym nadkładem (np. złożach węgla brunatnego) konieczne jest dobre jego zbadanie, niezbędne dla projektowania sposobu jego zdejmowania. Jeśli budowa tego nadkładu jest złożona wówczas dla jej zbadania może być konieczne większe zagęszczenie otworów niż dla udokumentowania samego złoża.

#### 3.8.3.4. Określanie gęstości sieci rozpoznawczej metodą minimalizacji ryzyka ekonomicznego

Ograniczona dokładność rozpoznania złoża pociąga za sobą ryzyko nieosiągnięcia zamierzonych efektów ekonomicznych w trakcie jego eksploatacji. Miarą tego ryzyka może być:



$$R = C\varepsilon \quad (3.35)$$

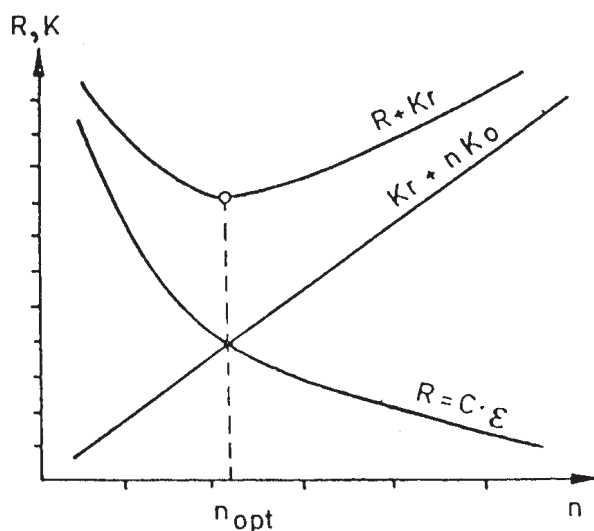
gdzie:  $C$  – cena 1 tony kopaliny, a  $\varepsilon$  jest miarą dokładności oszacowania zasobów, którą określa wzór (3.28) lub (3.24).

Zmniejszenie tego ryzyka wymaga dalszego rozpoznania złoża, którego koszty wyniosą:

$$K_r = K_o n \quad (3.36)$$

gdzie:  $K_o$  – koszt otworu,  
 $n$  – liczba otworów.

Z punktu widzenia ekonomicznego za optymalne można uznać rozpoznanie, przy którym  $R + K_r = \min$  (rys. 3.45).



Rys. 3.45. Wybór optymalnej liczby punktów rozpoznawczych ( $n$ ) z uwagi na koszty rozpoznania ( $K$ ) i możliwe straty z tytułu słabego zbadania złoża ( $R$ )

### 3.9. Rozpoznawanie szczegółowe złóż eksploatowanych (rozpoznanie eksploatacyjne złóż)

Każde rozpoznanie złoża przed podjęciem jego eksploatacji umożliwia przedstawienie w dokumentacji geologicznej – tylko w sposób przybliżony – jego budowy geologicznej, jakości kopaliny oraz warunków geologiczno-górnicznych prowadzenia wydobycia kopaliny. Dla realizacji prawidłowej racjonalnej eksploatacji złoża i zapewnienia bezpieczeństwa prac

górnictwa niezbędne jest w czynnym zakładzie górnictwa stałe uściślanie i korygowanie tych danych na podstawie:

- bieżąco wykonywanych obserwacji, opróbowania, badań, pomiarów w wykonywanych wyrobiskach udostępniających, przygotowawczych i eksploatacyjnych,
- w zależności od potrzeb, uzupełniającego rozpoznania złoża na przedpolu prac górniczych (w granicach obszaru górnictwa).

Rozpoznanie takie określane jako eksploatacyjne jest końcowym etapem badania złoża. Prowadzi się je w czynnej kopalni przed frontem robót eksploatacyjnych. Jego zadaniem jest dostarczenie szczegółowych informacji o złożu niezbędnych do planowania i prowadzenia bieżącej eksploatacji i jest ono prowadzone przez prawie cały czas działalności kopalni. Wyprzedzające, szczegółowe rozpoznanie złoża przed frontem eksploatacji należy do podstawowych zadań geologicznej obsługi kopalń.

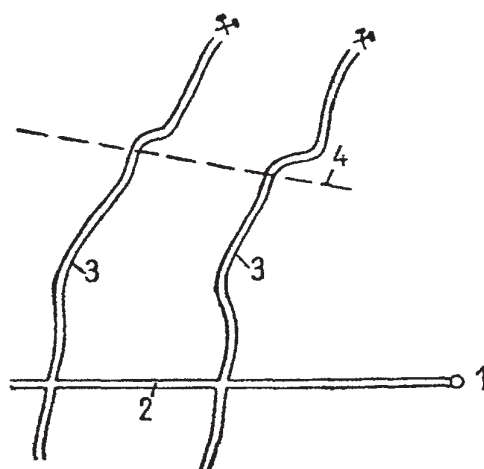
Sposób prowadzenia tego rozpoznania zależy przede wszystkim od przewidywanego sposobu wybierania złoża. Rolę wyrobisk rozpoznawczych spełniają przede wszystkim wyrobiska udostępniające i przygotowawcze, w związku z czym rozpoznanie to wyprzedza nieraz na rok lub dwa lata prace eksploatacyjne.

W złożach pokładowych o małej miąższości, eksploatowanych systemem ścianowym, rozpoznanie przeprowadza się za pomocą chodników przygotowawczych poziomych i piętrowych (rys. 3.46) oraz łączących je upadowych. Jeśli miąższość złoża jest większa od wysokości wyrobisk przygotowawczych wykonuje się dodatkowo otwory prostopadłe do stropu i spągu złoża (rys. 3.47). Odległości między takimi otworami są tym mniejsze im większa jest zmienność złoża. W stromo ułożonych złożach żyłowych, eksploatowanych systemem ścianowym rolę wyrobisk rozpoznawczych spełniają chodniki poziome oraz łączące je nadsiewłomy. Złoże na poziomie niższym, jeszcze nie przygotowanym, rozpoznaje się otworami kierunkowymi wierconymi z wyrobisk poziomu wyższego (rys. 3.48).

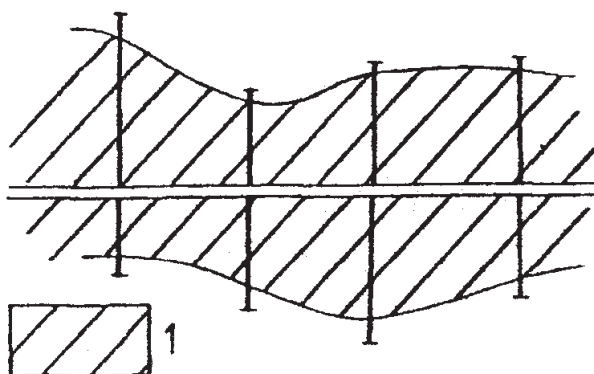
Złoże o dużej miąższości, eksploatowane systemem komorowym, wymagają szczególnie dokładnego rozpoznania, przede wszystkim w celu określenia konturu tej części złoża, która ma być wybierana. Na podstawie informacji o położeniu tego konturu projektuje się otwory strzałowe. Błędne jego wyznaczenie może być przyczyną pozostawienia części złoża nie wyeksploatowanego lub przedostania się do urobku skał płonnych. Rozpoznanie przeprowadza się zwykle otworami wierconymi z wyrobisk przygotowawczych wykonywanych poniżej spągu złoża i wyrobiskami wykonywanymi ponad jego stropem (rys. 3.49).

Rozpoznanie eksploatacyjne złóż gniazdowych przeprowadza się otworami wierconymi z wyrobisk udostępniających przeważnie położonych poza strefą złożową. Po natrafieniu otworem na kopalinę zagęszcza się otwory w jego otoczeniu tak, aby możliwe było określenie konturów gniazda. Zagęszczenie to prowadzi się nieraz etapami.

Złoże eksploatowane systemem zabierkowym z reguły rozpoznaje się górnictwem wyrobiskami przygotowawczymi. W przypadku gdy są to złoża nieregularne, gniazdowe, z wyrobisk tych wykonuje się otwory w celu uzyskania bardziej szczegółowej informacji o złożu w bloku przewidzianym do eksploatacji (rys. 3.50).

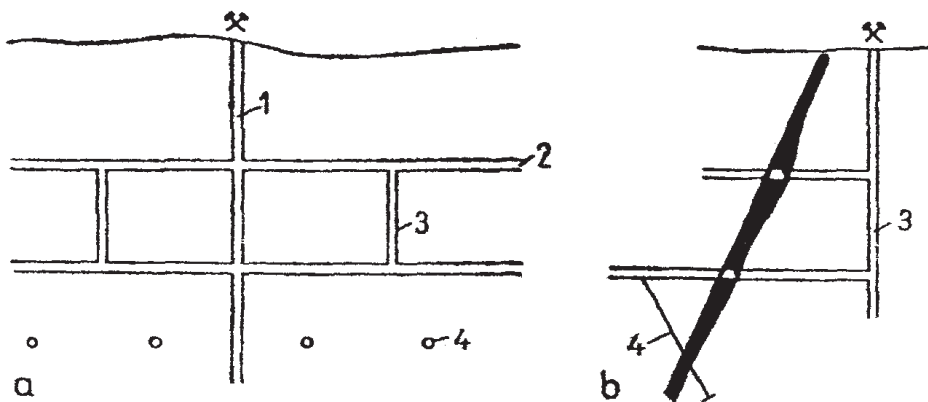


Rys. 3.46. Rozpoznanie eksploatacyjne złoża pokładowego  
1 – szyb, 2 –przekop udostępniający, 3 – chodniki poziome po biegu złoża, 4 – uskoki

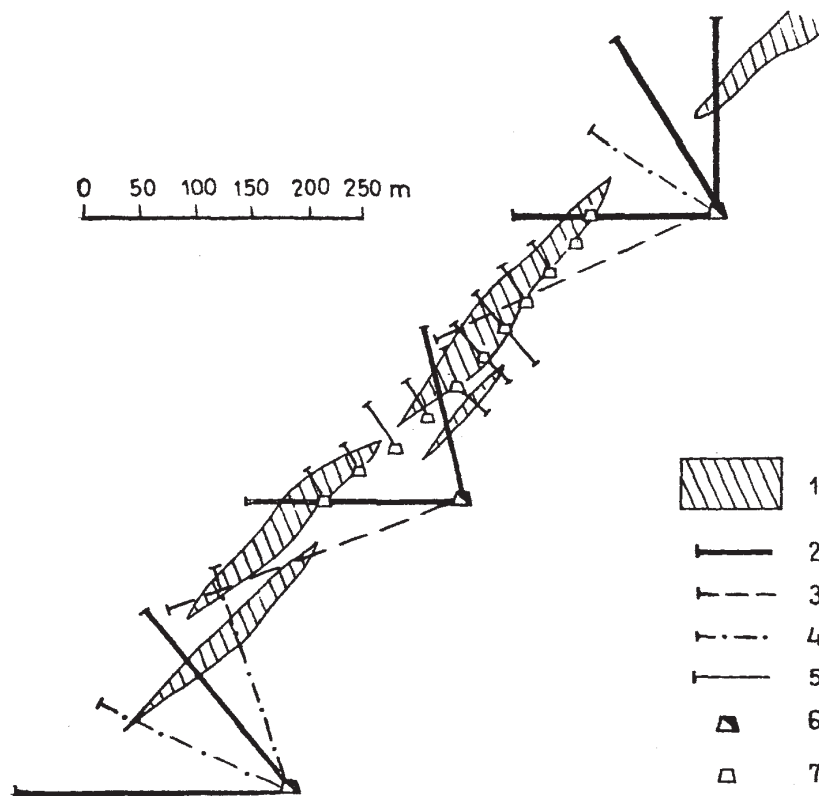


Rys. 3.47. Rozpoznawanie stropu i spągu złoża otworami wierconymi z chodników prowadzonych w złożu  
1 – złożo

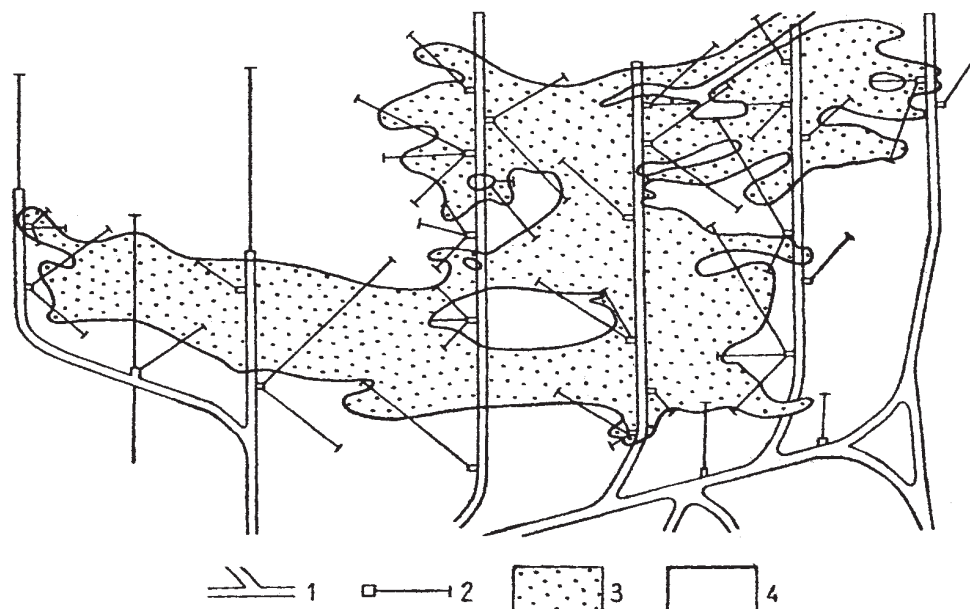
Rozpoznanie eksploatacyjne złóż eksploatowanych odkrywkowo sprowadza się przede wszystkim do wykonania serii otworów przed frontem eksploatacji lub dla zbadania złoża na poziomach niższych. Otwory takie wykonuje się często już po zdjęciu nadkładu (rys. 3.51), co daje znaczną oszczędność finansową i czasową. Zadaniem tych otworów jest często dostarczenie danych o jakości kopaliny, niezbędnych dla odpowiedniego sterowania eksploatacją w celu uzyskania surowca o możliwie jednorodnych cechach jakościowych. Często wykonuje się je jako bezrdzeniowe, gdy ocenę jakości kopaliny można przeprowadzić na podstawie analizy zwiercin. Rolę otworów rozpoznawczych mogą spełniać także otwory barier odwadniających lub otwory strzałowe. Jeśli jakość kopaliny jest dostatecznie dobrze znana na podstawie danych uzyskiwanych z bieżącej produkcji i może być na tej



**Rys. 3.48.** Rozpoznanie eksploatacyjne złoża żyłowego  
 a – rzut na płaszczyznę pionową, b – przekrój poprzeczny; 1 – szyb, 2 – chodniki po biegu złoża, 3 – szybiki, 4 – otwory wiertnicze

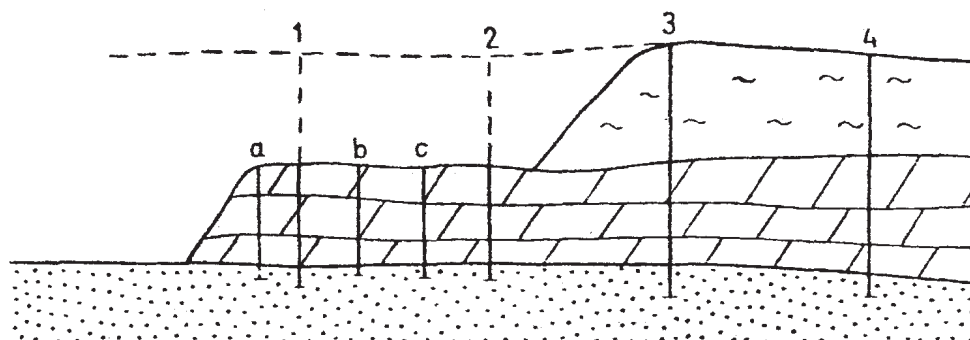


**Rys. 3.49.** Rozpoznanie eksploatacyjne złoża soczewowo-gniazdowego o dużej miąższości  
 1 – ciała rudne, 2, 3 – otwory pierwszego etapu rozpoznania, 4 – otwory zagęszczające, 5 – otwory drugiego etapu rozpoznania, 6 – przekopy kierunkowe (równoległe do biegu złoża), 7 – przekopy podpiętrowe, chodniki odstawcze



**Rys. 3.50.** Rozpoznanie eksploatacyjne złoża o skomplikowanej formie (złoże bogatej rudy magnetytowej w Krzywym Rogu)

1 – wyrobiska górnicze, 2 – otwory dołowe, 3 – bogata ruda magnetytowa, 4 – kwarcyty żelaziste



**Rys. 3.51.** Rozpoznawanie złoża eksploatowanego odkrywkowo

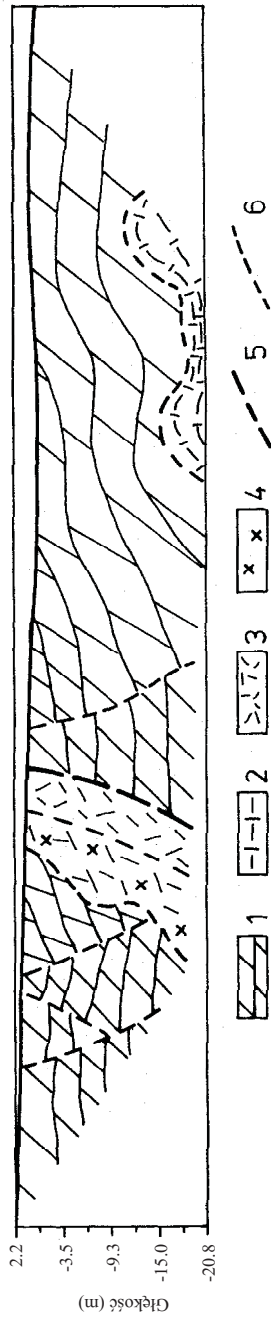
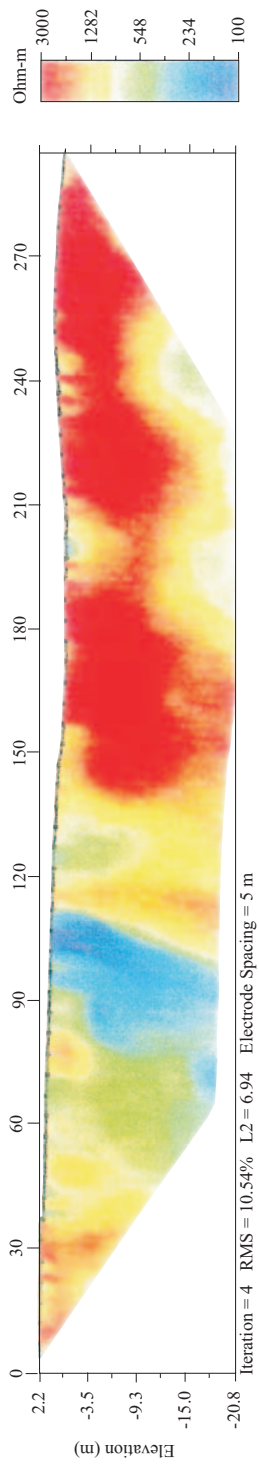
1, 2, 3, 4 – otwory rozpoznawcze (w kat. B), a, b, c – otwory wyprzedzające przed frontem eksploatacji

podstawie prognozowana, wówczas dla rozpoznania złoża na przedpolu frontu eksploatacyjnego wystarczające mogą być tylko badania geofizyczne dowiązane do obserwacji, które można wykonać na skarpach wyrobiska odkrywkowego.

W kopalniach eksploatujących złoża sposobem otworowym (np. soli, siarki) do rozpoznania eksploatacyjnego złoża wykorzystuje się otwory eksploatacyjne wiercone z pew-

nym wyprzedzeniem w stosunku do już pracujących. W przykonturowych częściach złoża pewna ich część może już jego nie stwierdzać. Pozwalają one na uściślenie położenia granic złoża. Natomiast w przypadku stwierdzenia w nich złoża mogą stać się one otworami wydobywczymi.

Wyniki rozpoznania eksploatacyjnego oraz wszystkie wyniki badań prowadzonych w kopalni dotyczących złoża i warunków geologicznych jego eksploatacji muszą być zawsze uwzględnione w przypadku sporządzania dokumentacji geologicznej złoża eksploatawanego lub dodatku do wcześniej wykonanej dokumentacji zwłaszcza, gdy była ona sporządzona na podstawie rozpoznania złoża przed podjęciem budowy kopalni.



**Rys. 3.8.** Strefa uskokowa na przekroju elektrooporowym (złoże wapieni i dolomitu Budy)  
 A – wyniki pomiarów, B – interpretacja: 1 – dolomity, 2 – margle dolomityczne, 4 – strefa uskokowa, 5 – prawdopodobna rozproszona mineralizacja pirytowa,  
 6 – uskok, 7 – przypuszczalne strefy spękań







## PLANOWANIE I ORGANIZACJA PRAC GEOLOGICZNYCH

---

### 4.1. Podstawy teoretyczne

#### 4.1.1. Zadania planowania i organizacji prac geologicznych

Można wyróżnić dwa rodzaje badań geologicznych (rys. 4.1):

a) badania, których celem jest wyjaśnienie jakichś zjawisk lub procesów geologicznych, a zatem mające cel poznawczy (np. wyjaśnienie warunków sedymentacji wapieni, genezy złoża, warunków występowania mineralizacji, budowy geologicznej jakiegoś obszaru itp.); są to badania naukowe realizowane przez instytucje powołane do wykonywania tych badań,

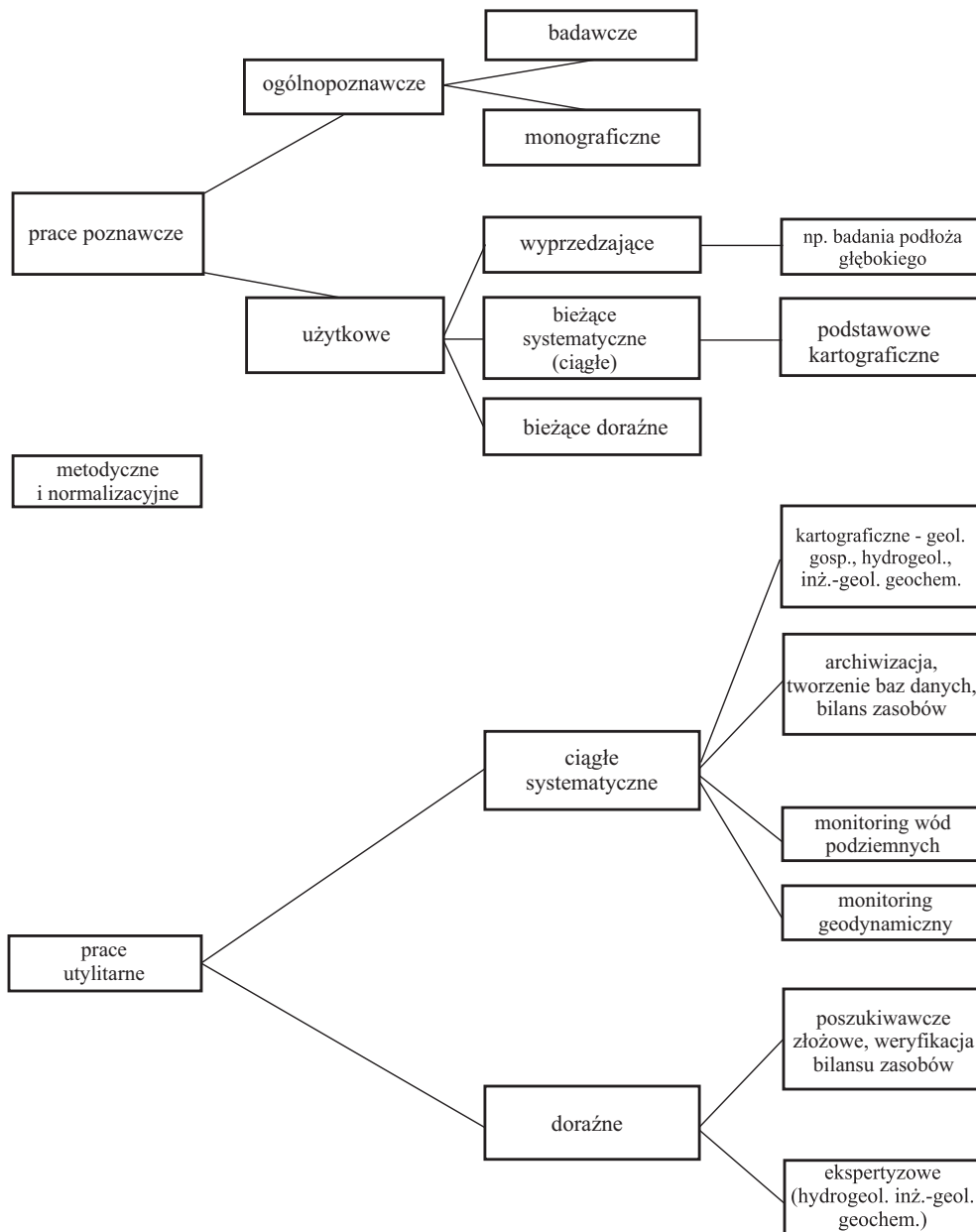
b) badania, których celem jest uzyskanie informacji geologicznych (danych o budowie geologicznej lub procesach geologicznych) niezbędnych dla dalszej działalności gospodarczej, której celem może być eksploatacja zasobów środowiska (kopalin, wód podziemnych), prace inżynierskie, planowanie przestrzenne lub ochrona środowiska (np. ochrona wód podziemnych itp.).

Badania geologiczne, w szczególności realizowane dla potrzeb praktycznych, w terminologii stosowanej w prawie geologicznym i górnictwym określane są jako **prace geologiczne**. Ich realizacja związana jest często z koniecznością wykonania otworów wiertniczych, wkopów, szybków określanymi jako **roboty geologiczne**. Zalicza się do nich także niektóre badania geofizyczne – zwłaszcza sejsmiczne wymagające użycia materiałów wybuchowych. Wiercenia o głębokości ponad 100 m oraz roboty geologiczne wykonywane z użyciem materiałów wybuchowych mogą być wykonywane tylko za zgodą i pod nadzorem organów nadzoru górnictwego<sup>14</sup>.

Rozróżnienie badań naukowych od prac, które mają służyć celom praktycznym jest nieostre. Badania, których zadaniem jest służyć celom praktycznym prawie zawsze zawierają w sobie elementy poznawcze, gdyż dostarczają nowych lub uzupełniających informacji o budowie geologicznej obszaru, w którym są wykonywane. Do obu rodzajów prac

---

<sup>14</sup> Szczegółowe wymagania w tym zakresie określają przepisy prawa geologicznego i górnictwego.



Rys. 4.1. Rodzaje badań geologicznych

stosują się te same zasady ich realizacji, zwłaszcza jeśli wykonywane są przez duże zespoły ludzkie i przy zaangażowaniu dużych sił i środków. W każdym przypadku do ich realizacji nieodzowne są określone nakłady finansowe. Istnieje zatem potrzeba dobrego ich uzasadnienia. Jednym z elementów takiego uzasadnienia jest często oczekiwanie zwrotu tych nakładów po osiągnięciu celu, do którego realizacji niezbędne były badania geologiczne.

Zagadnienie zwrotu nakładów nie jest proste w przypadku prac wykonywanych na potrzeby planowania przestrzennego lub ochrony środowiska. Zwrot nakładów nie realizuje się tu bezpośrednio. Natomiast bardzo wyraźnie można to zagadnienie prześledzić na przykładzie prac geologicznych prowadzonych dla przygotowania eksploatacji złóż kopalin. Prace te obejmują poszukiwanie i rozpoznanie złoża. Poniesione na nie nakłady mogą być zwrócone dopiero po podjęciu eksploatacji. Do czasu uruchomienia produkcji kapitał zaangażowany w realizację prac geologicznych nie przynosi dochodu – jest zamrożony. Istnieje też ryzyko, że wynik prac geologicznych będzie niezadowolający, to znaczy odkryte lub rozpoznane złożo nie będzie obiektem atrakcyjnym dla zagospodarowania. Powoduje to, że prace geologiczne prowadzone są etapami przy możliwie jak najmniejszym zaangażowaniu sił i środków. Ich wyniki oceniane są po każdym etapie i podejmowana jest decyzja bądź o dalszej ich realizacji, bądź modyfikacji, bądź zaniechaniu. Ważnym jest również czas realizacji określający czas zamrożenia kapitału. Dąży się zatem do minimalizacji kosztów prac ( $K$ ) i czasu ich wykonania ( $t$ ) przy założeniu, że zachowane powinny być określone wymagania odnośnie wiarygodności i dokładności oczekiwanych wyników ( $\varepsilon = c$ ):

$$(K, t)_{\varepsilon=c} = \min$$

Celem projektowania i organizacji prac jest spełnienie tego warunku. W przypadku prac poszukiwawczych i rozpoznawczych spełniony musi być też warunek, że zysk z eksploatacji stwierdzonego i zbadanego złoża zapewni zwrot poniesionych na nie nakładów finansowych.

Jest rzeczą oczywistą, że całkowite nakłady na prace poszukiwawcze i rozpoznawcze powinny być mniejsze niż spodziewana wartość złoża, w szczególności korzyści z jego eksploatacji. Istotne znaczenie ma zatem odpowiednie zaplanowanie i organizacja prac. Zapewnia to przestrzeganie określonych ich reguł.

Dobre zaplanowanie prac leży przede wszystkim w interesie finansującego je, niezależnie od wymagań formalnych, wynikających z przepisów prawa geologicznego i górniczego. W Polsce w myśl tych przepisów wymagane jest sporządzanie tylko projektu robót geologicznych. Jeśli dotyczy on złóż kopalin, które nie są własnością Skarbu Państwa, podlega zatwierdzeniu przez odpowiedni organ administracji geologicznej (Marszałka Województwa lub Starostę). W pozostałych przypadkach stanowi załącznik do wniosku o udzielenie koncesji na poszukiwanie lub rozpoznawanie złoża kopaliny. We wniosku o udzielenie koncesji na poszukiwanie lub rozpoznanie złoża kopaliny określa się cel, zakres i rodzaj prac geologicznych oraz zamieszcza się informację o pracach, które mają być wykonywane dla osiągnięcia zamierzonego celu, w tym o ich technologiach. W istocie

wymagane jest zatem przedstawienie całości projektu prac, w którym tylko projekt robót geologicznych ma mieć postać dokumentu sporządzonego według określonych zasad.

#### 4.1.2. Nauka o organizacji pracy i zarządzaniu (NOPIZ) w odniesieniu do prac geologicznych

Każde działanie – jeśli ma być skuteczne – powinno być odpowiednio zorganizowane. Pojęcie organizacji ma różne znaczenia. Rozumie się przez nią:

- 1) uporządkowanie rzeczy złożonych, zbiorów przedmiotów lub pojęć,
- 2) ład i porządek w jakiejś dziedzinie działalności,
- 3) określone następstwo działań.

Organizacja jest też rozumiana jako:

- a) zbiór ludzi działających w sposób zorganizowany, dla osiągnięcia określonego celu,
- b) uporządkowany zespół powiązanych ze sobą działań, czynności lub rzeczy,
- c) proces organizowania – czynności zmierzające do tworzenia lub udoskonalenia zorganizowanego zespołu lub zapewnienia określonego następstwa działań podejmowanych w celu osiągnięcia określonego celu.

Przedmiotem organizacji są działania podejmowane dla osiągnięcia określonego celu. W sposób oczywisty powinny to być działania skuteczne. Ich wynik może być jednak korzystny bądź niekorzystny. Niekorzystny, niezadowolający jest wówczas, gdy wartość uzyskanych wyników jest mniejsza niż poniesionych kosztów (rozumianych nie tylko w sensie finansowym). Należy się też liczyć z możliwością niezawinionego podejmowania działań, które okażą się nieskuteczne. W procesie organizowania prac należałoby ich unikać, ale nie jest to możliwe, gdyż ich przyczyną bywa ograniczona posiadana wiedza o obiekcie badań. Sytuacja taka ma miejsce szczególnie w przypadku prac geologicznych. Znaleźć to może wyraz w niewłaściwym wyborze metodyki prac lub interpretacji ich wyników.

Cel działań powinien być zawsze jasno określony, aczkolwiek może być złożony. Wyróżnić często można cel główny, cele uboczne i pośrednie.

Cel uboczny to taki uzyskany wynik, który jest mniej ważny dla podejmującego określone działania, i nie zasługujący na ich podejmowanie wyłącznie dla jego osiągnięcia. Cel lub cele pośrednie są zadaniami, które należy zrealizować dla osiągnięcia celu głównego.

Ważnym elementem organizowania działań jest ich planowanie i projektowanie.

Prace geologiczne definiowane są jako: *projektowanie i wykonywanie badań oraz innych czynności w celu ustalenia budowy geologicznej kraju, a w szczególności poszukiwania i rozpoznawania złóż kopalin oraz wód podziemnych, określania warunków hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich, a także sporządzanie map i dokumentacji geologicznych oraz projektowanie i wykonywanie badań na potrzeby wykorzystania ciepła Ziemi lub korzystania z wód podziemnych.*

Zatem prace geologiczne stanowią szczególny rodzaj prac określony przez ich cel. Jest nim uzyskanie informacji o budowie geologicznej jakiegoś obszaru lub o zachodzących procesach geologicznych i ocena możliwości jej wykorzystania dla dalszych celów ba-

dawczych lub działalności praktycznej. Mimo tej specyfiki prac geologicznych stosują się do nich ogólne zasady organizacji pracy.

Zasady organizacji pracy i sposobów jej doskonalenia są przedmiotem nauki o pracy i zarządzaniu. Podstawy tej dziedziny wiedzy powstały w drugiej połowie XIX i na początku XX wieku w związku z gwałtownym rozwojem produkcji przemysłowej. Określano ją jako „Naukową Organizację Pracy”. Ogólne zasady nauki o organizacji pracy i zarządzaniu są proste. Wyprowadzone zostały one z obserwacji warunków pracy w zakładach przemysłowych i wydawać się mogą oczywiste, nie zasługujące na miano „naukowych”. Obserwacja życia praktycznego pokazuje jednak, że nie są one w sposób naturalny zawsze przestrzegane. Istnieje zatem konieczność ich uporządkowania w zespół zalecanych reguł i poszukiwania metod zapewniających ich stosowanie.

W XVIII wieku A. Smith, a za nim w połowie XIX Ch. Babbage sformułowali zasadę podziału pracy jako podstawy osiągnięcia odpowiedniej jej wydajności i skuteczności. Za twórcę nauki o organizacji pracy uchodzi F.W. Tylor (1856–1915), który podjął badania czynników wpływających na wydajność pracy. Miały one szczególne znaczenie dla organizacji produkcji przemysłowej. Określano je jako system Tylora (tayloryzm). We Francji badania nad organizacją pracy podjął H. Fayol (1841–1925) uważany też za jednego z twórców nauki o organizacji pracy. Zasady opracowane przez Tylora i Fayola rozwinął H. Le Chatelier (1850–1936). Sformułował on zasady cyklu działania zorganizowanego, który obejmuje kolejne etapy organizowania każdej działalności.

Ważnym wkładem w rozwój nauki o organizacji pracy były badania K. Adamiciego (1866–1933), który prowadził je w zakładach przemysłowych Cesarstwa Rosyjskiego. Sformułował on szereg praw naukowej organizacji (podziału pracy, harmonii, koncentracji, przekory). Zasadniczym, nadrzędnym w stosunku do nich może być prawo najmniejszego wysiłku uważane przez niego za zasadnicze prawo ekonomii, czyli dążenie do osiągnięcia największego efektu przy najmniejszym nakładzie sił i środków. Obowiązuje ono w całej przyrodzie i powinno być stosowane w działalności ludzkiej. Do przedstawiania wzajemnych powiązań, czasu trwania i następstwa w czasie wyodrębnionych czynności K. Adamiciego proponował stosowanie harmonogramów. Głoszone przez Adamiciego zasady naukowej organizacji pracy zostały zastosowane w okresie międzywojennym w polskim górnictwie w kopalni „Grodziec” oraz w hucie „Pokój” przyczyniając się do polepszenia efektywności produkcji. Dalszy rozwój nauki o organizacji miał miejsce w połowie XX wieku w związku z realizacją dużych projektów badawczych w szczególności związanych z budową broni jądrowej oraz projektowaniem i realizacją lotów kosmicznych. Opracowane zostały wówczas metody prezentacji złożonych zespołów działań za pomocą diagramów sieciowych oraz metody matematycznej ich analizy w celu poszukiwania najskuteczniejszych sposobów organizacji przedsięwzięć o dużej złożoności zadań. Do tego nurtu badawczego należy też prakseologia – nauka o sprawnym działaniu T. Kotarbińskiego. Współcześnie dużą uwagę poświęca się zagadnieniom zarządzania, które ma istotne znaczenie dla sprawnego działania dużych organizacji i realizacji ich złożonych zadań.

#### 4.1.3. Podstawowe prawa nauki o organizacji pracy

W organizacji pracy obowiązują dwie naczelne zasady:

- przyczynowości zjawisk, która głosi, że każde zjawisko ma swoją przyczynę, która je wywołała (i nie ma zjawisk bez przyczyny),
- wzajemnego powiązania zjawisk (dialektyki) – która głosi, że każde zjawisko jest uzależnione od innych wcześniejszych zjawisk.

Istnieje kilka podstawowych zasad albo praw organizacji:

- 1) gospodarności,
- 2) podziału pracy,
- 3) koncentracji,
- 4) harmonizacji (harmonii),
- 5) oporu (przekory, bezwładności lub inercji),
- 6) wąskiego gardła.

**Prawo gospodarności** – „najmniejszego wysiłku” jest naczelną zasadą, z której poniekąd wynikają pozostałe. Nakłada ono obowiązek osiągnięcia celu i najlepszych wyników przy minimum nakładów, sił i środków.

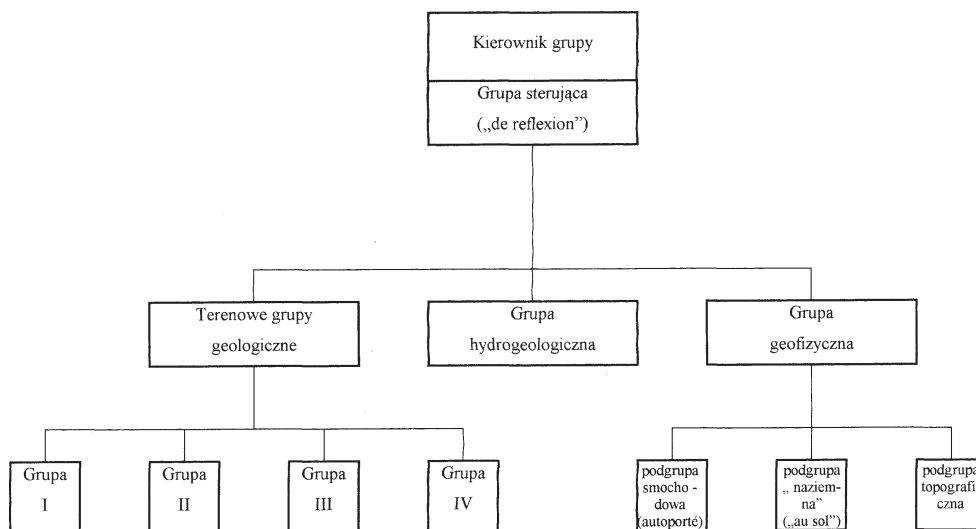
**Prawo podziału pracy** orzeka, że podejmowane działania powinny być podzielone na dające się wyodrębnić zadania proste lub nieznacznie złożone, których realizację powierza się pojedynczym osobom lub wyodrębnionym zespołom pracowników o odpowiednich kwalifikacjach. Podział pracy związany jest z jej specjalizacją. Zatem prawo to oznacza podział zadania na wyodrębnione części składowe realizowane przez poszczególne wyspecjalizowane jednostki organizacyjne. Podział może być przeprowadzony według trzech kryteriów jako:

- czynnościowy,
- przedmiotowy,
- terytorialny.

W pierwszym przypadku kryterium podziału jest rodzaj wykonywanych czynności (np. kartowanie geologiczne, badania geoelektryczne, opróbowanie). W drugim za kryterium podziału mogą być przyjęte wydzielane cele pośrednie realizowanych prac (np. wyjaśnienie tektoniki, zbadanie warunków hydrogeologicznych). Trzecim kryterium jest obszar badań. Często stosowane są te kryteria w sposób mieszany (rys. 4.2) i hierarchiczny, np. podział prac według wydzielonych obszarów i w odniesieniu do prac wykonywanych w poszczególnych obszarach według określonych celów i przewidywanych czynności.

**Prawo koncentracji** – polega na łączeniu podobnych zadań w celu ich wykonania przez wyspecjalizowane zespoły. Jego konsekwencją jest wymaganie, specjalizacja ludzi i zespołów powoływanych do wykonania określonych zadań.

**Prawo harmonii** – wymaga dobrej koordynacji działań wykonywanych przez różne zespoły uczestniczące w realizacji określonego zadania. Konieczność jego przestrzegania wynika z praw podziału i koncentracji pracy. Specjalizacja pracy wymaga koordynacji między wyodrębnionymi zespołami (lub jednostkami organizacyjnymi). Realizacja prawa harmonii wymaga:



**Rys. 4.2.** Przykład schematu organizacyjnego prac według podziału mieszanego (tematyczno-terenowego).  
Prace poszukiwawcze na Saharze algierskiej (grupa Eglab)

- odpowiedniego doboru współpracujących ze sobą jednostek organizacyjnych,
- uzgodnienia ich działalności w czasie, obejmującym ich następstwo czasowe i czas trwania poszczególnych działań.

Prawo harmonii oznacza zharmonizowanie wszystkich czynności, to znaczy koordynacji czasu ich trwania i kolejności lub równoczesności ich wykonania. Konieczne jest zatem określenie wzajemnych powiązań w czasie przewidywanych czynności. Umożliwiają to odpowiednie wykresy ilustrujące powiązania działań i ich wzajemną harmonizację, przedstawiane w formie harmonogramów lub wykresów sieciowych, do opisu których można stosować metody matematyczne.

**Prawo wąskiego gardła** – określa, że w realizacji działalności zespołowej, w której uczestniczy szereg wyodrębnionych, wyspecjalizowanych jednostek organizacyjnych, realizacja całego zadania jest uzależniona od czynności najbardziej pracochłonnych. Dotyczy to w szczególności czasu realizacji całości prac, który zależy od czasu wykonania czynności najbardziej czasochłonnych.

**Prawo oporu (przekory, bezwładności, inercji)** – opisuje powszechnie występujące zjawisko, że działania których wynikiem ma być zmiana istniejącego stanu, napotykać na ogół na sprzeciw lub opór ludzi, których te zmiany mają dotyczyć. Określa ono dążność do zachowania dotychczasowego stanu bez zmian. Wprowadzanie jakichś zmian wymaga przełamania tych oporów. Najlepiej, gdy można uzyskać to drogą wyjaśnienia i perswazji w celu uzyskania życzliwego stosunku do proponowanych zmian. Ostatecznością może być zastosowanie przymusu, co nie jest korzystne. Z reguły brak psychicznej akceptacji powoduje gorsze wyniki pracy i może wywoływać świadome, a nawet złośliwe, przeciwdziałanie.

Bardzo istotnymi czynnikami warunkującymi sprawną realizację zadań są uwarunkowania społeczne i predyspozycje psychiczne pracowników.

Akceptacja podejmowanych zadań i osobiste, ambicjonalne, zaangażowanie pracowników jest jednym z warunków sprawnej ich realizacji. Może być potęgowane zachętami materialnymi w postaci odpowiednich zarobków lub nagród lub niematerialnymi w postaci pochwał, wyróżnień, odznaczeń.

Predyspozycje psychiczne wyrażają się określonymi zainteresowaniami, wynikającymi niekiedy z odpowiedniego wykształcenia lub zdobytego doświadczenia. Mogą być też uzależnione od możliwości fizycznych lub stanu zdrowotnego pracownika. Rodzaj powierzanych zadań powinien być zgodny z tego rodzaju predyspozycjami. W pracy zespołowej wzajemna akceptacja członków zespołu i akceptacja osób nim kierujących jest podstawowym warunkiem sprawnej realizacji zadań. W przypadku prac geologicznych jest to szczególnie ważne, gdyż są one prowadzone przez dłuższy czas z dala od miejsca zamieszkania, zwłaszcza w trudnych warunkach terenowych.

#### 4.1.4. Cykl organizacyjny prac geologicznych

Podstawą dobrej i sprawnej organizacji, gwarantującej uzyskanie najlepszych wyników, jest przestrzeganie zasad cyklu działania zorganizowanego (cyklu organizacji pracy) sformułowanego przez H. Le Chatelier'a. Obejmuje on pięć etapów:

1. Sformułowanie jasnego, ściśle określonego celu działań; określenie zastanej sytuacji.
2. Zbadanie warunków wykonania prac oraz określenie sposobów i środków niezbędnych do ich realizacji (wariantowo i wybór wariantu optymalnego), które muszą być zastosowane, by osiągnąć zamierzony cel. Ustalenie co sprzyja, a co przeszkadza realizacji zadania.
3. Pozyskanie i przygotowanie środków i warunków, których zastosowanie lub stworzenie uznane jest za niezbędne. Opracowanie planu działań.
4. Wykonanie zamierzonych czynności stosownie do zamierzonego planu.
5. Kontrola wyników i wyciągnięcie wniosków.

W odniesieniu do badań geologicznych można poszczególne etapy nieco inaczej sformułować:

I Etap: Planowanie prac, obejmujący:

- określenie problemu, który ma być rozwiązany i ściśle określenie celu prac,
- zebranie wszystkich informacji odnośnie rozwiązywanego problemu, ich krytyczną ocenę,
- zbadanie i określenie warunków realizacji prac; rozważenie możliwych rozwiązań postawionego zadania i wybór rozwiązania optymalnego,
- określenie środków niezbędnych dla realizacji prac (materialnych, ludzkich, finansowych),
- określenie sposobu realizacji prac w czasie (harmonogramu prac).

II Etap: Organizacja prac, obejmujący:

- zgromadzenie środków niezbędnych dla realizacji prac (sprzętu, materiałów),
- dobór wykonawców,



- stworzenie odpowiednich warunków dla realizacji prac,
- zapewnienie odpowiednich środków finansowych niezbędnych dla realizacji prac.

III Etap: Realizacja prac i kontrola wyników, obejmujący:

- realizację prac zgodnie z przyjętym sposobem ich przeprowadzenia,
- opracowanie wyników prac (dokumentacji),
- ocenę wyników, wyciągnięcie wniosków.

Warunkiem nieodzownym sprawnej realizacji prac jest ściśle określenie ich celu oraz poprawne ich zaprojektowanie i przygotowanie. Konieczność sformułowania celu działania wydaje się rzeczą oczywistą. Istotne jest określenie go w sposób ścisły, dokładny i jednoznaczny. Powinien być przedstawiony wykonawcom w sposób zrozumiały, nie budzący wątpliwości. Następnie trzeba ustalić warunki, w jakich będą realizowane planowane prace, określić wszelkie okoliczności jakie mogą wystąpić w czasie ich realizacji. Powinny być też one sklasyfikowane w zależności od stopnia ważności, zwłaszcza w przypadku czynników nie sprzyjających realizacji zadania. Podstawą dla pomyślnej jego realizacji jest dobre określenie niezbędnych środków (sprzętu, pracowników, środków finansowych) i ich pozyskanie lub zapewnienie możliwości pozyskania. Wszystkie te wymienione działania składają się na planowanie (projektowanie) prac i przygotowanie ich realizacji. Zdarzyć się może, że w czasie projektowania prac i ich przygotowywania okaże się, że osiągnięcie zamierzonego celu jest nierealne. Konieczna jest wówczas albo odpowiednia weryfikacja i modyfikacja celu prac, albo nawet rezygnacja z dalszej ich realizacji. Często niemożliwe jest jednoznaczne zaprojektowanie prac geologicznych, gdyż można oczekiwać, że w zależności od uzyskanych wyników sposób ich realizacji powinien być zmodyfikowany. W takich przypadkach, jeśli jest to możliwe, konieczne jest projektowanie wariantowe i etapowe realizacji prac.

Realizacja projektu prac wymaga zwykle podjęcia stosownej decyzji, a wykonanie prac powinno przebiegać zgodnie z tym projektem. Wystąpić jednak mogą okoliczności nieprzewidziane (niemożliwe do wcześniejszego przewidzenia), które mogą zmusić do zmiany planu działań lub nawet do odstąpienia od ich realizacji. Możliwość wystąpienia takich sytuacji powinna być uwzględniona w projektowaniu prac. Zmusza też do prowadzenia bieżącej kontroli realizacji prac i uzyskiwanych wyników oraz szybkiego reagowania na stwierdzane nowe sytuacje. Projektowanie i wykonanie prac są zatem ściśle ze sobą związane i często muszą być **realizowane sposobem iteracyjnym**. Sprowadza się to do korekty i modyfikacji projektu po wykonaniu każdego zaplanowanego etapu prac stosownie do uzyskanych wyników. Kontrola realizacji prac przeprowadzana na bieżąco umożliwia ocenę poprawności uzyskiwanych wyników i ocenę możliwości osiągnięcia założonego celu. Umożliwia także wyciągnięcie wniosków, które pozwalają albo na modyfikację początkowego założonego programu prac albo podjęcie decyzji o ich przerwaniu, w przypadku niepomyślnych ich wyników.

## 4.2. Planowanie prac geologicznych

### 4.2.1. Zasady ogólne

Prace geologiczne muszą być odpowiednio zaplanowane. Podstawą dla ich realizacji powinno być opracowanie projektu prac, czyli planu działań prowadzących do osiągnięcia wyznaczonego celu. Projektowanie prac geologicznych obejmuje określenie:

- celu prac i oczekiwanych ich rezultatów,
- metodyki i strategii ich osiągnięcia,
- hierarchii zadań niezbędnych i kolejności ich realizacji,
- środków niezbędnych dla realizacji poszczególnych zadań na tle istniejących, znanych warunków geologicznych i geograficznych,
- wpływu realizacji prac na środowisko przyrodnicze i środków przeciwdziałania ich niepożądanym skutkom,
- sposobu przedstawienia wyników i kryteriów ich oceny.

W procesie projektowania występuje interakcja czterech podstawowych elementów, którymi są:

- stan znajomości budowy geologicznej obszaru, na którym mają być realizowane projektowane prace,
- stan znajomości środowiska geograficznego (warunków terenowych), określającego warunki realizacji prac,
- model obiektu, który jest celem badań i sprecyzowanie wymagań odnośnie oczekiwanych wyników,
- wiedza i umiejętność jej wykorzystania oraz doświadczenie projektanta.

Podstawą powodzenia projektowanych prac jest umiejętne, wyraźne określenie ich celu i sformułowanie koncepcji ich realizacji i osiągnięcia oczekiwanego ich rezultatu.

Korzyści dobrego projektowania są oczywiste:

- zmniejsza się niepewność osiągnięcia zamierzonego celu,
- ogranicza się powtarzanie czynności, marnotrawstwo sił i środków,
- umożliwia się kontrolę poprawności realizacji przedsięwzięcia.

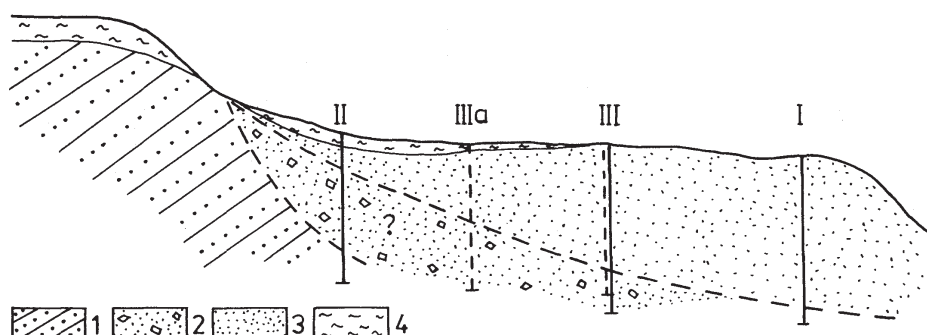
Zasadą ogólną jest takie zaprojektowanie prac, by możliwe było uzyskanie jak największej ilości informacji dotyczących obiektu prac przy jak najmniejszych kosztach ich pozyskania oraz przy jak najmniejszym ryzyku niepowodzenia przedsięwzięcia. Umożliwia to:

- planowanie wariantowe realizacji prac w zależności od możliwych, dających się przewidzieć wariantów sytuacji geologicznej, stwierdzanych dopiero w czasie realizacji prac,
- przewidywanie możliwości zmiany lokalizacji projektowanych prac (np. lokalizacji otworów wiertniczych), której konieczność może być spowodowana sytuacją geologiczną stwierdzaną dopiero w czasie ich realizacji (odmienną od przewidywanej),
- projektowanie możliwości wykonania dodatkowych prac w przypadku stwierdzenia wcześniej nie przewidywanych lub nie dających się umiejscowić ważnych zjawisk geologicznych,

- podział realizacji całego przedsięwzięcia na etapy, po których następuje analiza i ocena uzyskanych wyników i podejmowana jest albo decyzja o dalszej realizacji prac albo dokonuje się niezbędnej modyfikacji ich przebiegu.

Przykład projektowania wariantowej realizacji prac związanych z rozpoznaniem złoża.

Rozpoznane ma być złożo aluwialne piasku w tarasie rzeki, między już zbadaną częścią złoża w środku doliny a jej krawędzią. Otoczenie doliny budują piaskowce dewońskie, nie odsłonięte na powierzchni w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Tworzą one próg morfologiczny. Morfologia doliny w pobliżu jej brzegu sugeruje możliwość albo płytkiego występowania piaskowców w jej podłożu, albo rumoszy deluwialnych. Projektowane jest rozpoznanie złoża za pomocą trzech rzędów otworów równoległe do brzegu doliny (rys. 4.3). Proponowane jest rozpoczęcie rozpoznania od otworów oznaczonych na przekroju symbolem I. W zależności od głębokości, na jakiej napotka się utwory stanowiące podłoże piasków (piaskowce lub rumosze deluwialne lub zwietrzelinowe) wykonane będą otwory linii II. Jeśli podłoże stwierdzone tymi otworami położone jest głęboko, wówczas można nie wykonywać otworów linii III. Może w trakcie realizacji prac powstać jednak sytuacja, że otwory linii II nie napotkają piasków lub stwierdzą piaski o znacznie mniejszej miąższości niż oczekiwana. Dla wyznaczenia granic złoża może być wskazane wówczas odwiercenie otworów w linii III, ale rozważyć należy możliwość zmiany ich lokalizacji (IIIa).



**Rys. 4.3.** Wariantowe projektowanie wykonania otworów (złożo piasków Suków)  
1 – piaskowce dewońskie, 2 – rumosze zwietrzelinowe lub piaski, 3 – piaski, 4 – łąki, mułki

Planowanie i projektowanie prac nie może być zbyt sformalizowane. Może bowiem wówczas utrudniać szybkie reagowanie na doraźne czynniki zmuszające do zmiany sposobu realizacji przedsięwzięcia. Jest to szczególnie ważne przy realizacji prac geologicznych, gdy stwierdzana w czasie tych prac budowa geologiczna odbiega nieraz w sposób zasadniczy od przewidywanej, interpretowanej na podstawie wcześniejszych danych. Niezbędną jest zatem elastyczność realizacji prac.

Podział całego przedsięwzięcia na etapy jest konieczny w przypadku dużej niepewności odnośnie oczekiwanych rezultatów. W takich przypadkach szczegółowo projektuje się prace

przewidywane w pierwszym etapie i w sposób ogólny w następnych, zastrzegając możliwość późniejszego ich szczegółowego zaprojektowania, w zależności od wyników etapu poprzedzającego. Na możliwość modyfikacji projektu prac należy zwrócić szczególną uwagę. W projektowaniu geologicznym obiekt badany jest bądź jeszcze nieznan, bądź znany jest tylko fragmentarycznie. Na podstawie posiadanych danych geologicznych i posiadanej wiedzy tworzy się jego model pojęciowy. Może się on jednak daleko różnić od stwierdzanego w czasie realizacji prac, na co projektant nie ma żadnego wpływu. Jest to istotną różnicą w stosunku do innych rodzajów projektowania inżynierskiego, które ma charakter kreatywny; taki, którego celem jest stworzenie określonego obiektu.

Podstawowe ogólne wymagania stawiane projektom to ich:

- 1) realizowalność fizyczna – możliwość wykonania przy zastosowaniu posiadanych lub możliwych do zdobycia środków technicznych i w określonych warunkach terenowych,
- 2) wykonalność finansowa – możliwość realizacji w ramach posiadanych lub możliwych do uzyskania środków finansowych,
- 3) opłacalność ekonomiczna – wynik realizacji prac projektowanych powinien gwarantować opłacalność ekonomiczną dalszych działań (np. eksploatacji udokumentowanego złoża).

W projektowaniu należy ponadto przestrzegać kilku dalszych podstawowych zasad (Bieniawski 1992):

- 1) niezależności – która zakłada, że cel prac jaki ma być osiągnięty jest nadrzędny i określa kierunki i sposoby planowanych działań zmierzających do jego osiągnięcia; musi być jednakże jasno i możliwie dokładnie sformułowany,
- 2) minimum niepewności – ustala, że muszą być zebrane wszystkie dostępne dane geologiczne, geograficzne i inne określające warunki realizacji prac,
- 3) prostoty – polega na dążności do osiągnięcia postawionego celu możliwie najprostszymi środkami, to znaczy możliwie najmniej kosztownymi i czasochłonnymi,
- 4) *State of the Art* – wymaga, by w projektowanym rozwiązaniu zadania wykorzystany był istniejący stan wiedzy i najlepsze dostępne technologie realizacji prac,
- 5) optymalizacji – określa, że spośród możliwych sposobów osiągnięcia celu wybrany powinien być wariant optymalny. Kryteria optymalizacji mogą być różne formułowane. Zwykle jest nim osiągnięcie celu przy najmniejszych możliwych kosztach i w możliwie najkrótszym czasie. W odniesieniu do pracy, w wyniku której uzyskiwane są nowe informacje geologiczne wymaga się uzyskania ich z żądaną dokładnością, na przykład osiągnięcie określonej dokładności rozpoznania złoża i jego zasobów,
- 6) sprawnej realizacji – wymaga, by poszczególne zadania i czynności były projektowane w kolejności zapewniającej jak największą ich efektywność.

W procesie opracowywania projektu prac można wyróżnić dwa etapy:

- a) planowanie (projektowanie) wstępne – koncepcyjne,
- b) projektowanie szczegółowe, „techniczne”.

W etapie wstępnym projektowania formułowana jest ogólna koncepcja realizacji zadania. Obejmuje ona:

- 1) analizę zadania,
- 2) analizę warunków zewnętrznych realizacji zadania (geologicznych, geograficznych – terenowych, organizacyjnych, formalno-prawnych,
- 3) poszukiwanie rozwiązania postawionego zadania i przedstawienie możliwych jego wariantów,
- 4) wybór i uzasadnienie najwłaściwszego (optymalnego) wariantu.

Projektowanie szczegółowe obejmuje szczegółowe przedstawienie sposobu realizacji projektowanych prac i przewidywanych czynności oraz określenie:

- aktualnej sytuacji w jakiej prace mają być realizowane,
- warunków wykonania prac i ustalenie czynników sprzyjających i przeszkadzających w ich realizacji.

Prace geologiczne są przedsięwzięciem – zbiorem czynności o określonym początku i zakończeniu. Wymagają one sprawnego kierowania, którego zadaniem jest doprowadzenie do wykonania prac w określonym czasie, w granicach posiadanego budżetu i zgodnie z ich specyfikacjami przedstawionymi w projekcie.

#### 4.2.2. Określenie celu (obiektu) prac poszukiwawczych lub rozpoznawczych

Każdy projekt prac geologicznych powinien mieć jasno sformułowany cel i określone oczekiwane wyniki prac, które będą mogły być uznane za zadowalające. Jest to niezbędne dla:

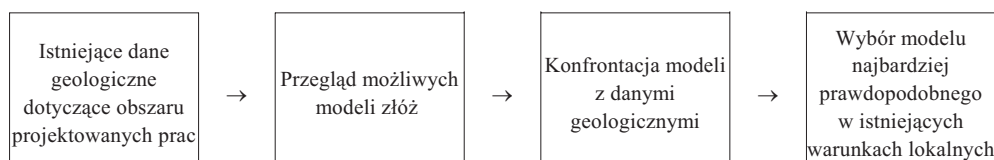
- oceny celowości podjęcia prac,
- oceny szans ich sukcesu (lub ryzyka niepowodzenia),
- doboru metod i sposobu realizacji prac,
- oceny wyników prac (zgodności z oczekiwaniami).

Oczywiście, zawsze istnieje ryzyko, że w rezultacie wykonanych prac można nie uzyskać oczekiwanych wyników. Może to być spowodowane stwierdzonymi odmiennymi warunkami geologicznymi niż przewidywane.

W przypadku prac geologicznych poszukiwawczych i rozpoznawczych dobre zdefiniowanie obiektu poszukiwań lub rozpoznawania jest podstawowym wymaganiem. Powinien być dobrze określony typ (model) poszukiwanego lub rozpoznawanego złoża. Definiując cel badań geologicznych konieczne jest także zdefiniowanie, co będzie uważane za wynik zadowalający. Przede wszystkim określone powinny być oczekiwane, satysfakcjonujące warunki występowania złoża, oczekiwane zadowalające minimalne jego rozmiary i wielkość zasobów oraz oczekiwana jakość kopaliny, która może być uznana za zadowalającą. Porównanie uzyskanych wyników z oczekiwanymi pozwala na ocenę skali sukcesu lub porażki i ocenę celowości ewentualnego podejmowania dalszych działań.

W projektowaniu prac poszukiwawczych określenie modelu złoża, jakie ma być przedmiotem badań, wymaga każdorazowo konfrontacji istniejących danych geologicznych dotyczących obszaru, w którym mają być realizowane prace i koncepcyjnych

modeli złoża, które w danych warunkach mogą być rozpatrywane. Realizowane jest to w myśl schematu:



W każdym przypadku konfrontacji modeli teoretycznych, koncepcyjnych, z istniejącymi danymi można wyróżnić cechy zgodne, niezgodne oraz takie, w odniesieniu do których brak dostatecznych danych.

Stopień zgodności modelu z istniejącymi danymi można ocenić w sposób orientacyjny, przypisując poszczególnym cechom odpowiednie wagi np. (2) – cechy zgodne wskazujące jednoznacznie na dany model złoża, (1) – cechy częściowo zgodne, częściowo lub niejednoznacznie wskazujące na wybrany model złoża, (-1) – cechy niezgodne i (0) – nieokreślone. Suma wag w stosunku do całkowitej ich możliwej wielkości (2n, gdzie n – liczba rozpatrywanych cech) może być miarą zgodności zarejestrowanych danych z modelem teoretycznym (tab. 4.1). Istnieje też możliwość rozpatrywania w ten sposób kilku konkurencyjnych modeli. Porównanie sum punktów wskazuje na najbardziej prawdopodobny model złoża w danych warunkach.

**Tabela 4.1**

Porównanie wystąpień mineralizacji w Rędzinach z modelem złóż metasomatycznych Sn (replacement Sn, wg B.L. Reeda 1986)

Cechy charakterystyczne	Żłóża modelowe <sup>1</sup>	Mineralizacja w Rędzinach <sup>2</sup>	Zgodność cech
1	2	3	4
Cechy podstawowe, forma występowania	stratoidalne kasyterykowo-siarczkowe (głównie pirotynowe) metasomatyczne w skałach węglanowych i stowarzyszone żyłowe w sąsiedztwie masywów granitowych	rozproszona mineralizacja kasyterykowa w łupkach i w dolomitach oraz żyłowa w strefach spękań w osłonie metamorficznej granitu karkonoskiego	1
Skały goszczące	wapień, dolomity, skały okwarcowane, osady pelityczne, żelaziste, wulkaniczne i granitoidy	dolomity, skały okwarcowane (kwarcolity), łupki chlorytowo-mikowe, hornfelsy	2
Środowisko skalne występowania	niezbyt głębokie intruzje granitowe (epizonalne) w środowisku skalnym zawierającym skały węglanowe	w okrywie metamorficznej granitu zawierającej soczewy skał dolomitowych. W stropowej części granitu skały kwarcowo-serycytowe (kwarcolity)	2
Warunki tektoniczne występowania	późnoorogeniczne lub poorogeniczne intruzje granitowe w strefach zaburzeń fałdowych		2

Tabela 4.1 cd.

1	2	3	4
Związane typy złóż	greizenowe, skarnowe	w sąsiedztwie złoża arsenopirytowo-polimetaliczne w Czarnowie uważane za żyłowo-skarnowe	1
Skład mineralny	pirotyn, arsenopiryt, kasyteryt, chalkopiryt (bywa głównym składnikiem), ilmenit, fluoryt, podrzędnie piryt, sfaleryt, galena, stannin, tetradryt, magnetyt	kasyteryt, pirotyn, arsenopiryt, piryt, chalkopiryt, sfaleryt, siarkosole Cu (Ag), Pb, Bi(Sn).	2
Tekstury/struktury rudy	żyłowe, sztokwerkowe, masywne, laminowane naśladujące warstwowanie	rozproszone, gniazdowe, żyłowe, smugowe	2
Zmiany skał otaczających	greizenizacja skał magmowych, syderytyzacja dolomitu, turmalinizacja skał klastycznych	okwarcowanie, częściowa greizenizacja sąsiadujących granitów	1
Warunki występowania	zastępowanie selektywne skał mineralizowanych, żyły w strefach uskoku (uskoki bywają kanałami migracji roztworów mineralizujących)	strefy występowania łupków w dolomitach, strefy zaburzeń tektonicznych (spękań uskoku)	1
Cechy geochemiczne	Sn, As, Cu, B, W, F, Li, Pb, Zn, Rb	Sn, As, Cu, Bi, Pb, Ag, V	1
Zasoby rudy	1–27 mln t, przeciętnie ok. 5		0
Zawartości Sn	0,5–1,2%, przeciętnie ok. 0,8%		0
Łączna ocena punktowa w stosunku do maksymalnie możliwej 15/24 (62%)			

<sup>1</sup> Rennison Bell, Mt. Bishof i in.<sup>2</sup> Na podstawie prac A. Pieczki i in. (2006).

Prace poszukiwawcze, jeśli są uwieńczone sukcesem, powinny kończyć się jego udokumentowaniem w kategorii D lub C<sub>2</sub>. Przewidywany model i oczekiwana wielkość złoża mogą decydować o celowości podjęcia kolejnego etapu prac.

Przy projektowaniu prac poszukiwawczych konieczna jest zatem odpowiedź na cztery podstawowe pytania:

- 1) jaki model złoża może być oczekiwany w danych warunkach geologicznych,
- 2) jakich zasobów można oczekiwać w przypadku stwierdzenia występowania złoża,
- 3) czy wielkość możliwych do odkrycia zasobów uzasadnia celowość podjęcia prac poszukiwawczych i ich finansowania,
- 4) jakie powinny być rozmiary obszaru zajętego przez złożo, o oczekiwanych zasobach i przy przyjęciu określonego jego modelu.

Odpowiedź na ostatnie z tych pytań ma istotne znaczenie:

- dla stwierdzenia, czy istnieją szanse na odkrycie i udokumentowanie złoża o oczekiwanych cechach,



- dla określenia orientacyjnej gęstości sieci punktów rozpoznawczych (w szczególności otworów wiertniczych) i/lub punktów pomiaru albo profili geofizycznych niezbędnych do zbadania złoża z oczekiwaną dokładnością.

Jest oczywiste, że analiza taka jest dokonywana w warunkach ogromnej niepewności, niemniej zwykle można chociażby w sposób przybliżony oszacować wielkość złoża, którego znalezienie jest możliwe, zwłaszcza wówczas, gdy dysponuje się wynikami wcześniej wykonanych badań.

Na etapie prac rozpoznawczych zwykle istnieją już wstępne dane o złożu: jego położenie, warunki występowania, możliwa jakość kopaliny oraz wstępnie oszacowane zasoby. Złoże jest zwykle udokumentowane w kategorii D1 lub C2. Na podstawie tych danych należy odpowiedzieć także na trzy zasadnicze pytania:

1) czy celowe jest rozpoznanie złoża, a zatem czy w przypadku podjęcia jego eksploatacji stwarza ono szansę, że będzie ona ekonomicznie uzasadniona (zwykle – czy można oczekiwać określonego zysku z eksploatacji<sup>15</sup>),

2) jakie jest ryzyko niepowodzenia prac (stwierdzenia po rozpoznaniu złoża, że jego zasoby, jakość kopaliny lub warunki występowania nie gwarantują gospodarczo uzasadnionej eksploatacji),

3) jakie cechy złoża i otaczającego górotworu wymagają zbadania i z jaką dokładnością umożliwiają opracowanie projektu zagospodarowania złoża.

W przypadku prac poszukiwawczych i rozpoznawczych należy także ocenić możliwą atrakcyjność górniczą (techniczną) złoża, które albo może być odkryte, albo udokumentowane. Ocenic to należy na podstawie istniejących już danych geologicznych. Jest rzeczą oczywistą, że ocena taka jest zawsze obarczona niepewnością, szczególnie dużą na etapie podejmowania wstępnych poszukiwań. Niemniej pozwala na oszacowanie ryzyka niepowodzenia. Pozwala też na wykrycie takich przypadków, w których na podstawie konfrontacji oczekiwanego celu prac z istniejącymi danymi geologicznymi można orzec z góry, że planowane prace nie będą miały szans powodzenia, bądź też że szanse te będą nikłe.

Przykład: Poszukiwane jest złożo rud miedzi rodzimej, stratoidalne w zasadowych skałach wulkanicznych. Za wynik satysfakcjonujący uznać można odkrycie złoża o zasobach ponad 1 mln ton Cu, o miąższości ponad 1 m i zawartości miedzi co najmniej 0,5%. Oczekiwane złożo o zasobach 1 mln t powinno występować na obszarze 1280–7700 ha, to znaczy – przyjmując izometryczny kształt złoża w płaszczyźnie poziomej – w obszarze o średnicy około 3,5–8,7 km. W obszarze zbadanym za pomocą otworów wiertniczych zarejestrowano przejawy mineralizacji typowej dla „bzałtowych złóż miedzi”. Warunki jej występowania sugerują, że możliwość obecności złoża utworzonego przez szereg małych ciał rudnych soczewowo-gniazdowych rozmieszczonych na różnych wysokościach w profilu serii miedzionośnej się w trzech poziomach rudonośnych i zgrupowanych w kilku rejonach oddalonych od siebie o kilka km. Rozmiary poziome ciał

<sup>15</sup> Wskazane może być opracowanie wstępnego, orientacyjnego „biznes planu” przedsięwzięcia górniczego, uwzględniającego także koszty prac geologicznych, lub ocena możliwej (oczekiwanej) wartości złoża.



mogą wynosić do kilkuset metrów, miąższość około 1–1,5 m. Stwierdzone zawartości miedzi są niskie od 0,5% do 2,2%, ale najczęściej poniżej 1%. Nie należy więc oczekiwać wyższych średnich zawartości niż około 1%. Odległości między wykonanymi otworami, z których znaczna część jest negatywna, są takie, że nie ma szans na występowanie między nimi złoże o wymaganych parametrach. Liczyć się można z udokumentowaniem w całym obszarze około 500 000 t Cu. Ewentualne złoże może być jednak trudne do zagospodarowania ze względu na duże rozproszenie ciał rudych w poziomie i w pionie. Należy zatem przerwać prace i ich wynik uznać za negatywny.

W przypadku rozpoznania złoże celem szczegółowym prac jest zbadanie z odpowiednią założoną dokładnością:

- budowy złoże i warunków jego występowania,
- rodzaju i jakości kopaliny,
- zasobów,
- warunków geologicznych eksploatacji i warunków geologicznych determinujących wpływ eksploatacji na środowisko (hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych, gazowych, geotermicznych).

Projektowane prace muszą dostarczyć tych informacji z dokładnością umożliwiającą odpowiednie projektowanie, bądź dalszych prac szczegółowych, bądź projektowanie zagospodarowania złoże.

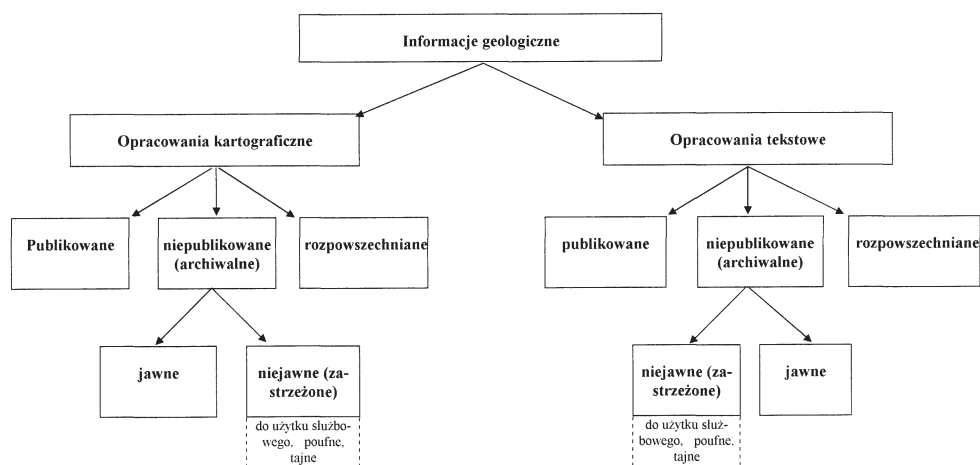
#### 4.2.3. Dane wyjściowe projektowania. Źródła informacji odnośnie rozwiązywanego zadania

Dobre rozpoznanie zastanych warunków, w jakich mają być realizowane planowane prace ma podstawowe znaczenie dla racjonalnego ich projektowania i często ich powodzenia. Dotyczy ono warunków geologicznych oraz geograficznych (terenowych). Stan znajomości warunków geologicznych obszaru, w którym mają być realizowane badania ma istotne znaczenie dla określenia zakresu niezbędnych badań i doboru ich metod. Znajomość warunków geograficznych, terenowych ma istotne znaczenie dla określenia sposobu realizacji badań, skali trudności ich realizacji, a niekiedy nawet decyduje o możliwości ich wykonania.

Wstępne informacje mogą być poszukiwane za pomocą internetu. Uzyskiwane tą drogą są często bardzo ogólnikowe i niewystarczające. Mają one niejednokrotnie charakter reklamy. Zwracać też trzeba zawsze uwagę na ich rzetelność i wiarygodność. Często jednak informacje uzyskiwane w ten sposób mogą być początkiem poszukiwania informacji bardziej szczegółowych.

Punktem wyjścia dla projektowania prac geologicznych musi być zawsze analiza stanu znajomości budowy geologicznej obszaru, na którym mają być prowadzone. Analiza taka musi odpowiedzieć na pytanie, jakie fakty ważne z punktu widzenia realizacji projektowanych prac są już znane, a zarazem, jakie zagadnienia wymagają wyjaśnienia. Zdarzają się też sytuacje, że niektóre istniejące już dane geologiczne wymagają weryfikacji lub uściślenia.

Źródłem informacji geologicznych są sprawozdania z wcześniejszych badań przedstawiane w formie opracowań tekstowych i kartograficznych. Opracowania te mogą być ogólnie dostępne w formie publikacji bądź dostępne tylko w archiwach. Niektóre z nich mogą mieć klauzulę poufności lub nawet tajności i dostęp do nich możliwy jest tylko na określonych zasadach (rys. 4.4).



Rys. 4.4. Rodzaje informacji geologicznej

Najłatwiejszy dostęp do opracowań publikowanych jest w specjalistycznych bibliotekach. Najważniejszymi w zakresie publikacji geologicznych są w Polsce biblioteki: Państwowego Instytutu Geologicznego i Polskiego Towarzystwa Geologicznego, a także biblioteki wyższych uczelni i Polskiej Akademii Nauk. Poszukiwanie informacji publikowanych umożliwiają publikowane opracowania bibliograficzne i komputerowe bazy danych. Do najważniejszych publikacji dotyczących terenu Polski należy: Bibliografia geologiczna Polski – rocznik publikowany przez Państwowy Instytut Geologiczny i dostępny w sieci Internet na stronach Państwowego Instytutu Geologicznego.

W publikowanych zeszytach Bibliografii skorowidze: rzeczowy i geograficzny umożliwiają szybkie wyszukiwanie informacji o publikacjach dotyczących określonego rejonu lub zagadnienia, które ukazały się drukiem w danym roku.

Do ważniejszych baz geologicznych danych bibliograficznych o zasięgu ogólnosiątkowym należą: brytyjska GeoBase, amerykańska GeoRef i GeoArchive, francuska Pascal.

Opracowania geologiczne niepublikowane dostępne są tylko w gromadzących je archiwach. W Polsce są to przede wszystkim:

- Centralne Archiwum Geologiczne przy Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie,
- Archiwa Geologiczne Wojewódzkich Urzędów Marszałkowskich.

Gromadzone w nich materiały są własnością Skarbu Państwa. Ich dysponentem jest Minister Środowiska. Udostępniane są na określonych zasadach. Ich wykorzystanie w działalności praktycznej wymaga nabycia prawa do informacji geologicznej. Wysokość opłat za jego nabycie określa Minister Środowiska.

Opracowania niepublikowane są też gromadzone w archiwach przedsiębiorstw geologicznych prowadzących badania. Są one jednak zwykle publicznie niedostępne.

W innych krajach prowadzenie archiwów opracowań geologicznych zazwyczaj należy także do obowiązków służb geologicznych. Ich udostępnianie i upowszechnianie rozwiązywane jest różnie i regulowane przez obowiązujące miejscowe przepisy.

Znajomość warunków geograficznych (terenowych) realizacji prac jest nieodzowna dla prawidłowego zaprojektowania ich realizacji, a niejednokrotnie może zadecydować o ich powodzeniu. W terenach niezagospodarowanych rozpatrzone powinny być takie elementy jak:

- morfologia terenu, jej zróżnicowanie, warunki hydrograficzne, pokrycie szatą roślinną decydujące o jego dostępności i swobodzie poruszania się,
- dostępność – drogi dojazdowe i ich stan,
- warunki klimatyczne,
- zaludnienie i stan zagospodarowania,
- dostępność źródeł energii (zwłaszcza elektrycznej),
- zaludnienie, dostępność niewykwalifikowanej siły roboczej,
- dostęp do wody pitnej i przemysłowej,
- warunki mieszkaniowe, możliwość zakwaterowania realizatorów prac,
- dostępność środków spożywczych,
- dostępność usług, zwłaszcza usług remontowych,
- możliwości zaopatrzenia w sprzęt i materiały,
- dostępność opieki medycznej.

Wstępnym źródłem informacji o warunkach terenowych są mapy topograficzne w dostatecznie dużej skali i zdjęcia lotnicze. Często nieodzowną jest wizja terenowa i zebranie niezbędnych informacji na temat warunków realizacji prac na miejscu. W warunkach polskich i większości krajów europejskich warunki realizacji prac można stosunkowo łatwo określić. Trudniejszym jest to zadanie w przypadku projektowania prac w terenach odległych, słabo zaludnionych, o odmiennych warunkach klimatycznych: pustynnych, tropikalnych, polarnych, wysokogórskich. Wówczas szczegółowa analiza warunków wykonywania prac nabiera szczególnego znaczenia.

W przypadku realizacji prac w krajach o odmiennych tradycjach kulturowych (np. muzułmańskich) niezmiernie ważną jest znajomość tych tradycji, miejscowych zwyczajów, przyjętych zasad postępowania. Jest to warunkiem nieodzownym harmonijnej, bezkonfliktowej współpracy z miejscową ludnością. Często jest też warunkiem bezpieczeństwa zatrudnionych przy realizacji prac.

#### 4.2.4. Wybór metodyki realizacji prac

Wybór sposobu realizacji prac geologicznych, a zatem metod, za pomocą których ma być osiągnięty ich cel, zawsze musi być rozpatrywany indywidualnie, w zależności od etapu prac poszukiwawczych lub rozpoznawczych.

Przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu złóż z reguły wykorzystuje się zespół kilku metod (tab. 4.2) dobieranych odpowiednio do rodzaju złoża i etapu prac. Dobór i kolejność stosowania poszczególnych metod mogą być różne w zależności od oczekiwanych wyników. Zasadą jest, że wcześniej wykonuje się te badania, których wyniki mogą mieć istotne znaczenie dla wyboru i sposobu realizacji następnych. Dotyczy to zarówno kolejności badań różnymi metodami, jak i sposobu realizacji badań konkretną metodą (np. kolejności wykonywania wierceń). Przestrzegana powinna być przy tym zasada stopniowego przechodzenia od metod tańszych, stosowanych na większym obszarze, do uszczegółwiających na obszarze mniejszym, bardziej kosztownych, w miarę uzyskiwanych rezultatów i zmniejszania się ryzyka niepowodzenia podjętych prac.

W pracach poszukiwawczych rekonesansowych ważną rolę odgrywają metody teledetekcyjne stosowane w pierwszej kolejności – interpretacja zdjęć satelitarnych, metody geofizyczne lotnicze (aromagnetyczne, aeroradiometryczne), nie stosowane w zasadzie w dalszych etapach.

W pracach poszukiwawczych wstępnych z zasady w pierwszej kolejności stosuje się kartowanie geologiczne, badania geofizyczne i geochemiczne, a dopiero po ich wykonaniu wiercenia lub wyrobiska górnicze. Wykonanie wierceń może być niekiedy jednak nieodzowne już na etapie kartowania geologicznego dla wyjaśnienia budowy geologicznej, której interpretacja na podstawie obserwacji na powierzchni sprawia trudności. W terenach zakrytych kartowanie może nie być celowe, a pierwszym źródłem informacji o jego budowie wgłębnej mogą dostarczać badania geofizyczne.

Dane uzyskane w wyniku prac rekonesansowych i poszukiwań wstępnych są wyjściowymi dla projektowania i realizacji prac poszukiwawczych szczegółowych, a następnie rozpoznawczych. Prace te mają dostarczyć dane niezbędne dla dokumentowania złoża z właściwą dla każdego etapu dokładnością. Każde złożo jest bryłą o określonym ułożeniu w przestrzeni (w górotworze). Zatem zarówno prace poszukiwawcze szczegółowe jak i rozpoznawcze powinny dostarczać informacji geologicznych w przestrzeni trójwymiarowej. Użycie otworów wiertniczych lub wyrobisk górniczych jest zwykle nieodzowne, poza pewnymi przypadkami szczególnymi przedstawionymi w rozdz. 3.7.8.3.

Dobór odpowiednich metod i sposobu ich zastosowania zależy przede wszystkim od warunków geologicznych i terenowych w jakich mają być realizowane prace oraz wielkości poszukiwanego lub rozpoznawanego złoża. Wielkość obiektu, który ma być przedmiotem prac oraz wymagana dokładność informacji geologicznej decydują o projektowanej ich szczegółowości (np. liczbie i rozmieszczeniu projektowanych otworów, zagęszczeniu profili i punktów pomiaru w badaniach geofizycznych, skali wykonywanych map geologicznych).

4. Planowanie i organizacja prac geologicznych

**Tabela 4.2**

Podstawowe metody prac geologicznych w poszukiwaniu i rozpoznawaniu złóż kopalin stałych

Grupa metod	Metody	Zakres stosowania w poszczególnych etapach badań				
		prace poszukiwawcze			prace rozpoznawcze	
		rekonesansowe	wstępne	szczegółowe (C <sub>2</sub> )	wstępne (C <sub>1</sub> )	szczegółowe (B)
1	2	3	4	5	6	7
Kartograficzne Geologiczne	naziemne	+	+	+	+	(+)
	fotogeologiczne	+	+	(+)	(+)	
	satelitarne	+	(+)	(+)		
Geochemiczne	glebowe		+	(+)		
	potoków rozszania	+	+			
	litochemiczne-skalne	+	+	(+)		
	hydrochemiczne	+	(+)			
	atmochemiczne	(+)	(+)			
	biogeochemiczne	(+)	+			
Biologiczne	botaniczne	(+)	(+)			
	węchowe (psie)		(+)			
Mineralogiczno- -petrograficzne	szlichowe	+	+			
	aureoli i potoków rozszania	+	+			
Geofizyczne	sejsmiczne głębokie	+	+	(+)		
	sejsmiczne płytkie		+	+	+	(+)
	grawimetryczne	+	+	(+)	(+)	(+)
	aeromagnetyczne	+	(+)			
	magnetyczne naziemne	+	+	(+)	(+)	(+)
	geoelektryczne		+	+	+	(+)
	aeroradiometryczne	+	(+)			
	radiometryczne naziemne	+	+	(+) +*	+*	+*
Wyrobiska górnice	rowy, wkopy		(+)	+	(+)	
	sztolnie, szybiki, chodniki		(+)	+	+	+
Otwory wiertnicze	profilowanie geologiczne	(+)	(+)	+	+	+
	profilowanie geofizyczne	(+)	(+)	+	+	+
	badania specjalne (np. hydrogeologiczne, inżyniersko geologiczne)			(+)	+	+

**Tabela 4.2 cd.**

1	2	3	4	5	6	7
Opróbowanie i badania laboratoryjne	chemiczne lub właściwości surowcowych	(+)	(+)	+	+	+
	mineralogiczne, petrograficzne	+	+	+	(+)	(+)
	właściwości fizycznych			+	+	+
Badania specjalne	tektoniczne	+	(+)	(+)	(+)	(+)
	stratygraficzne (paleontologiczne)	+	(+)	(+)	(+)	(+)

\* „+” w przypadku złóż pierwiastków radioaktywnych

Projekt powinien określać przede wszystkim:

- 1) rodzaje proponowanych prac i robót geologicznych wraz z uzasadnieniem celowości ich zastosowania,
- 2) sposób przeprowadzenia prac i wymaganą ich dokładność,
- 3) określenie kolejności proponowanych prac i jej uzasadnienie.

Projekt powinien być możliwie szczegółowy, a zarazem elastyczny, dający możliwość realizatorowi prac modyfikację sposobu ich prowadzenia stosownie do uzyskiwanych wyników. Możliwość modyfikacji powinna być w projekcie przewidziana i ich dopuszczalny zakres określony. Zilustrować to można na przykładzie projektowania wierceń. W prawidłowo wykonanym projekcie powinien być określony sposób rozmieszczenia wierceń, ich liczba, lokalizacja i głębokość. Powinien przy tym być przewidziany zakres możliwych modyfikacji:

- zmiany liczby wierceń – jej zmniejszenie, jeśli uzyskiwane wyniki wskażą, że wykonanie niektórych jest niecelowe (np. mogą być położone poza stwierdzonymi granicami badanego złoża), lub jej zwiększenie w przypadku stwierdzenia zjawisk geologicznych wymagających bardziej szczegółowego zbadania (np. zaburzeń tektonicznych) – zwykle w tym celu przewiduje się możliwość wykonania pewnej liczby wierceń wcześniej nie zlokalizowanych,
- zmiany lokalizacji wierceń w zależności od lokalnych warunków terenowych, które mogą uniemożliwić ich wykonanie,
- zmiany lokalizacji wierceń w zależności od uzyskanych wcześniej wyników badań (np. geofizycznych lub wierceń wcześniej wykonanych),
- zmiany głębokości wierceń – jej zmniejszenie w przypadku wcześniejszego osiągnięcia zamierzonego celu lub jej zwiększenie w określonych granicach, jeśli ich cel nie został osiągnięty.

W przypadku wierceń nie zlokalizowanych możliwość ich wykonania powinna być przewidziana w kolejnym etapie badań, który wymagać może odrębnego zaprojektowania.

Brak elastyczności projektu prac geologicznych jest jedną z podstawowych jego wad i może zaważyć na poprawności ich wyników. Tak samo brak możliwości podejmowania rozwiązań alternatywnych może – w przypadku stwierdzenia w czasie realizacji prac warunków odmiennych od zakładanych – doprowadzić do wyniku, który nie będzie satysfakcjonujący.

Niepewność odnośnie wyniku planowanych prac powoduje często, że ich realizacja projektowana jest etapami i prace kolejnego etapu podejmuje się po ocenie wyników poprzedniego. W takich przypadkach szczegółowo projektuje się prace pierwszego etapu. Prace kolejnego etapu (lub etapów) przedstawia się wariantowo, jeśli możliwe rezultaty wcześniejszego etapu można przewidywać. Jeśli jest to niemożliwe, prace kolejnych etapów przedstawia się tylko w sposób ogólny. Szczegółowy ich zakres i sposób realizacji ustala się po zakończeniu prac etapu wcześniejszego.

W przypadku projektowania alternatywnych rozwiązań możliwe drogi postępowania można przedstawić za pomocą drzewa decyzyjnego. Jest to wykres rozgałęzionych ciągów czynności i możliwych kryteriów ich wyboru, w którym określa się koszty każdej z możliwych ścieżek realizacji przedsięwzięcia oraz prawdopodobieństwa zajścia określonych zdarzeń i osiąganych wyników.

W czasie opracowywania projektu nie zawsze jest możliwe i nie zawsze też jest wskazane podawanie dokładnej lokalizacji przewidywanych otworów wiertniczych. O miejscu ich usytuowania mogą decydować lokalne warunki terenowe, dostęp do terenu wymagający zgody jego użytkowników – nie zawsze możliwe do ustalenia we wstępnym etapie przygotowywania prac. Ponadto lokalizacja wierceń może być uzależniona od wyników wcześniejszych badań (kartowania geologicznego, badań geofizycznych itp.). Jeśli przewidywane jest wykonywanie wielu otworów, lokalizacja kolejnych może być uzależniona od wyników wcześniej odwierconych. W takich przypadkach wskazane jest przedstawienie w projekcie: ogólnej liczby przewidywanych otworów, przewidywanego ich łącznego metrażu (co jest niezbędne dla sporządzenia kosztorysu prac), przewidywany syntetyczny ich profil z podaniem możliwych odstępstw od niego w poszczególnych rejonach badanego obszaru oraz zasad wyboru ich wykonywania. W razie potrzeby, lub gdy na przykład wymagają tego obowiązujące przepisy prawa, wykonanie poszczególnych otworów lub ich zespołów musi być dodatkowo, odrębnie sukcesywnie projektowane.

Rozmieszczenie projektowanych otworów, wyrobisk górniczych, profili geofizycznych lub miejsc wykonania badań geofizycznych (np. sondowań elektrooporowych) powinno być przedstawione na mapie sytuacyjno-wysokościowej sporządzonej w odpowiednio dobranej skali umożliwiającej przejrzystą ich prezentację. Na mapie takiej powinny być też przedstawione miejsca wcześniej wykonanych badań (wierceń, badań geofizycznych, geochemicznych itp.).

W projekcie prac powinien być także przedstawiony przekrój (lub w razie potrzeby przekroje) koncepcyjny przez badane złożę, przedstawiający sposób projektowania otworów badawczych (rys. 4.3).

W przypadku rozpoznawania złóż kopalin ważnym elementem projektowanej metodyki prac jest określenie:

- 1) sposobu opróbowania złoża i skał otaczających:
  - jego celu i niezbędnego zakresu (złoża i skał otaczających),
  - sposobu pobierania próbek, ich wielkości, rozmieszczenia, częstotliwości,
  - rodzaju i zakresu niezbędnych badań laboratoryjnych i wymagań odnośnie sposobu ich wykonania i dokładności;
- 2) zakresu niezbędnych badań hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich złoża i jego otoczenia, a w zależności od potrzeb także gazowych, geotermicznych.

#### 4.2.5. Projektowanie szczegółowe realizacji prac

##### 4.2.5.1. Projektowanie otworów i wyrobisk górniczych (robót geologicznych)

Projekt otworu wiertniczego rozpoznawczego składa się z dwóch części: geologicznej i wiertniczej. W projekcie badań przedstawia się zazwyczaj tylko dane geologiczne odnośnie przewidywanych otworów i wyrobisk górniczych. W przypadku wierceń głębokich, o głębokości ponad 100 m, dane techniczne odnośnie sposobu ich wykonania – zwłaszcza dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy – przedstawiane są w planach ruchu.

Część geologiczna projektu rozpoznawczego otworu lub wyrobiska górniczego powinna zawierać:

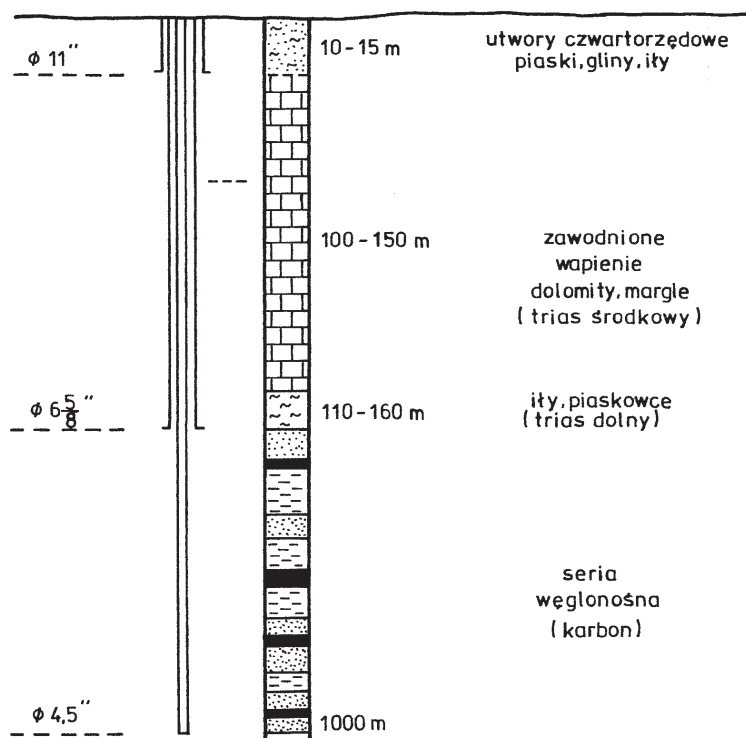
- wyjaśnienie jego celu,
- przewidywaną lokalizację i uzasadnienie jej ustalania,
- przewidywaną głębokość i długość w przypadku otworów lub wyrobisk nie pionowych,
- końcową średnicę otworu ze względu na wielkość pobieranych próbek, wykonywanie dodatkowych prac w otworze, np. geofizycznych – wymagających stosowania sond o określonej średnicy, hydrogeologicznych – wymagających stosowania określonych pomp w przypadku próbnego pompowania itp.,
- przewidywany profil geologiczny otworu lub wyrobiska, wraz z podaniem właściwości skał ważnych z punktu widzenia doboru techniki wiercenia, i sposób pobierania próbek (np. twardość, rozmywalność, szczelinowatość),
- wymagania odnośnie sposobu pozyskania zwiercanych utworów, w szczególności odnośnie uzysku rdzenia w przypadku wierceń rdzeniowych,
- wymagania odnośnie konstrukcji otworu przede wszystkim ze względu na konieczność izolacji napotkanych utworów wodonośnych,
- wymagania odnośnie sposobu likwidacji otworu lub wyrobiska po jego zakończeniu.

Dane te przedstawia się zwykle w sposób opisowy. W przypadku wykonywania wielu otworów podaje się je łącznie dla wszystkich, zwracając odrębnie uwagę tylko na te otwory, które mogą wyróżniać się czymś spośród innych. Otwory zwykle różną się głębokością końcową i profilem na odcinku położonym najbliżej powierzchni w zależności od konfiguracji terenu i nachylenia warstw. W przypadkach takich przedstawiany jest oczekiwany typowy profil otworu (zwykle otworu najgłębszego), a dla pozostałych podaje się głębokości końcowe i różnice profilu w stosunku do wzorcowego.



Przy projektowaniu otworów kierunkowych należy pamiętać o tym, że kąt zawarty między powierzchnią stropową złoże a osią otworu nie powinien być mniejszy od  $30^\circ$ . Wskazane jest by był możliwie bliski  $90^\circ$ . Zapobiega się w ten sposób niekontrolowanemu krzywieniu otworu lub jego „ślizganiu” na stromo ułożonych powierzchniach kontaktów warstw, w szczególności złoże ze skałami otaczającymi.

Jeśli przewidywana jest złożona konstrukcja otworów (kilkukrotna zmiana średnicy w związku np. z koniecznością zamykania poziomów wodonośnych) przedstawia się ją także w sposób rysunkowy na tle przewidywanego profilu geologicznego (rys. 4.5). Na podstawie tych danych inżynier wiertnik dobiera odpowiednie urządzenie i określa technologię wiercenia, która zapewni przede wszystkim pobranie odpowiednich próbek do badań. W przypadku wierceń rdzeniowych jest to szczególnie ważne, gdyż technologia wiercenia i dobór właściwego sprzętu ma decydujące znaczenie dla odpowiedniego uzysku rdzenia.



Rys. 4.5. Schemat projektowanego otworu wiertniczego

W rozpoznawaniu złożeń preferowane są wiercenia mechaniczne obrotowe rdzeniowane. Jeśli utwory otaczające złoże są już dobrze poznane lub cechują się prostą budową, jako pełnordzeniowe wykonuje się tylko niektóre otwory, a w pozostałych pobiera się próbki rdzeniowe tylko z serii złożowej oraz z utworów występujących bezpośrednio w jej stropie i podłożu. W takich przypadkach rdzeniowanie rozpoczyna się przynajmniej 2-5 m nad

spodziewanym stropem złoża lub większej, w zależności od niepewności odnośnie jego położenia. Wymaga się, by uzysk rdzenia z serii złożowej wynosił co najmniej 90%<sup>16</sup>, a w skałach otaczających był nie mniejszy niż 80% (jeśli przewiduje się ich rdzeniowanie). Stosownie do tych wymagań i przewidywanych właściwości przewierczanych skał formułowane są wymagania odnośnie sposobu pobierania rdzeni. Do ich pobierania w skałach zwięzłych, słabo spękanych, niekawernistycznych stosowane mogą być rdzeniówki pojedyncze. W przypadku zróżnicowania właściwości fizycznych skał, ich zwięzłości, w skałach spękanych, kawernistycznych, mało zwięzłych stosowne powinny być rdzeniówki podwójne. Dobre wyniki rdzeniowania w trudnych warunkach uzyskuje się za pomocą rdzeniówek wrzutowych. W skałach łatwo ulegających rozmywaniu dodatkowo powinny być stosowane płuczki o podwyższonej lepkości. Stosowane są też dodatki substancji wzmacniających ściany otworu i pobierany rdzeń. W przypadku przewiercania skał, w których odpowiedni uzysk rdzenia jest trudno osiągalny (na przykład silnie spękanych, zbrekcyjowanych, kawernistycznych) wskazane jest wiercenie z lewym obiegiem płuczki (metoda podwójnego przewodu systemu Con Cor). Płuczka wypływa wówczas przez przewód wiertniczy o odpowiedniej średnicy i wypycha przez niego rdzeń i całość zwierconego rozkruszonego materiału, który jest odbierany na wylocie w sposób ciągły.

Do przewiercania skał zwięzłych z zasady powinny być stosowane koronki diamentowe. Inne typy koronek nie gwarantują prawidłowego zwiercania skał.

Jeśli stawiane są specjalne wymagania odnośnie techniki pobierania rdzeni powinny być one przedstawione w projekcie.

Rzadziej dla rozpoznania złoża wykorzystuje się wiercenia bezrdzeniowe. Jest to możliwe, gdy budowa złoża została już zbadana, a zwierciny dostarczają wystarczających danych o rodzaju przewierczanych utworów. Wiercenia bezrdzeniowe stosuje się na przykład chętnie do rozpoznania szczegółowego złóż kopalin węglanowych, gdy o jakości kopaliny decyduje jej skład chemiczny, który można określić na podstawie badań próbek pobieranych z otworu w postaci skruszonej.

W złożach wymagających ochrony przed zawadnieniem należy podać sposób zamykania napotykanym poziomów wodonośnych i likwidacji otworu po jego zakończeniu. Otwory, w których źle zamknięto poziomy wodonośny, lub które nie zostały zlikwidowane, mogą być miejscem silnych dopływów wody do założonej później kopalni i źródłem potencjalnego zagrożenia wodnego. Wokół nich trzeba wówczas pozostawiać filary ochronne zmniejszające możliwość prawidłowego wykorzystania złoża. Szczególnie jest to ważne w złożach soli, gdzie dopływy takie, trudne do opanowania, mogą doprowadzić do zniszczenia złoża.

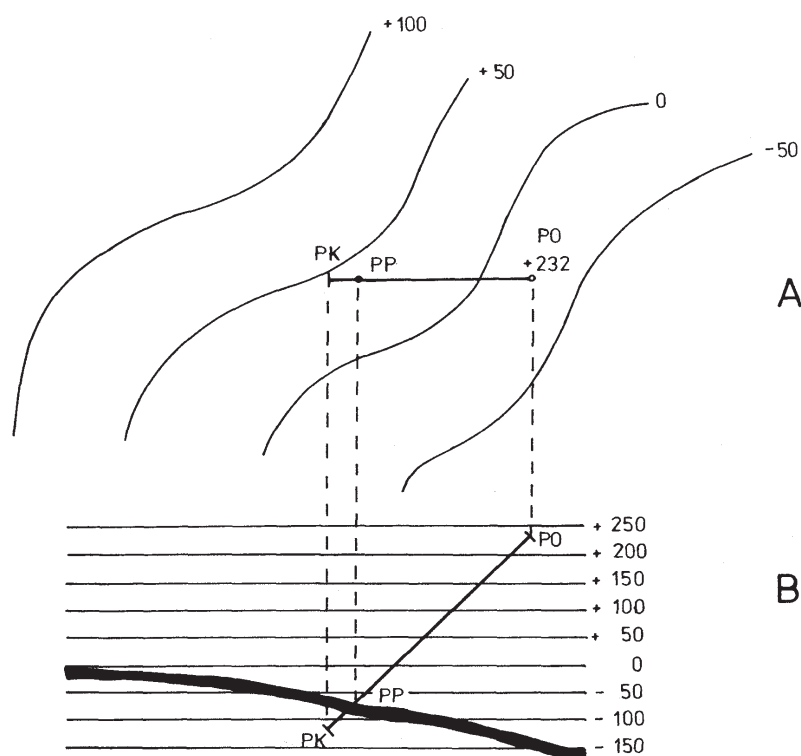
Warunki przewidziane w projekcie, a rzeczywiście napotkane w otworze mogą okazać się bardzo różne. Różnice będą tym większe im mniej dany teren jest zbadany pod względem geologicznym.

Przewidywaną głębokość otworu lub długość w przypadku otworów kierunkowych najlepiej jest odczytać z przekroju geologicznego wykonanego w płaszczyźnie pionowej na

---

<sup>16</sup> Wymagane jest niekiedy nawet 95% (JORC Code).

którym znajdował się będzie projektowany otwór (rys. 4.6b). Przekrój geologiczny pozwala też przewidzieć oczekiwany profil otworu. W przypadku projektowania rozpoznania złoża, a zatem gdy istnieją już chociażby orientacyjne dane o jego ułożeniu, przewidywaną długość otworu można określić na podstawie mapy warstwicznej spągu złoża (rys. 4.6a).



Rys. 4.6. Określanie długości otworu kierunkowego

Należy pamiętać, zwłaszcza przy projektowaniu otworów kierunkowych, że w czasie ich wiercenia może mieć miejsce ich krzywienie spowodowane czynnikami naturalnymi. Ponadto należy przewidzieć, że rzeczywisty profil przewierczanych utworów i położenie złoża mogą niekiedy różnić się nawet dość znacznie od przewidywanych. W związku z tym należy projektować otwory dłuższe niż wynikałoby to z analizy przekrojów czy obliczeń i przewidzieć możliwość albo ich pogłębienia, albo skrócenia odpowiednio do stwierdzonych różnic położenia złoża. Zawsze należy też projektować otwory rozpoznawcze w taki sposób, by nawiercone zostały utwory znajdujące się poniżej złoża. Zwykle przewierca się kilka metrów poniżej jego spągu w celu zbadania charakteru skał podścielających je oraz ich właściwości. W niektórych przypadkach – na przykład występowania poniżej złoża utworów zawodnionych – projektuje się niektóre otwory głębsze w celu rozpoznania tych utworów.

W zależności od projektowanej głębokości otworów należy stosować wiertnice o odpowiedniej mocy, żeby nie zaistniała sytuacja, że z przyczyn technicznych nie było można

odwiercić otworu do żądanej głębokości. Przewidziana też powinna być pewna rezerwa na możliwość kontynuacji wiercenia do większej głębokości jeśli zajdzie taka potrzeba (np. stwierdzenia głębszego położenia złoża z powodu zaburzeń tektonicznych). Projektuje się zatem otwory do określonej głębokości z możliwością odpowiedniego jej zwiększenia w uzasadnionych przypadkach. Oczywiście przewidzieć należy też możliwość wcześniejszego zakończenia otworu, jeśli spełnił on swoje zadanie przed osiągnięciem założonej w projekcie głębokości. Zasady możliwej zmiany głębokości (długości) otworów powinny być w projekcie opisane.

Średnicę końcową wiercenia ustala się w zależności od wielkości pobieranych próbek i średnicy sond stosowanych przy profilowaniu geofizycznym, a w przypadku otworów wykorzystywanych do badań hydrogeologicznych również od średnicy pomp głębinowych stosowanych do próbnego pompowania wody.

Na podstawie ustalonych wymagań odnośnie otworów wiertniczych projektowana jest technika i technologia ich wykonania, dobór: wiertnic, technologii wiercenia, koronek skrawających, technologii rdzeniowania i sposobu poboru rdzeni.

Projekt rozpoznawczego wyrobiska górniczego, podobnie jak i otworu składa się z części geologicznej i technicznej.

W części geologicznej określa się cel wyrobiska, uzasadnia wybór rodzaju wyrobiska oraz jego zasięg. Podaje informacje o przewidywanym jego profilu, właściwościach skał i ich zawodnieniu oraz możliwych zagrożeniach naturalnych, jakie mogą wystąpić w trakcie jego wykonywania. Na tej podstawie górnik określa sposób wykonania wyrobiska, jego obudowy, odwodnienia, odstawy urobku, wentylacji, zabezpieczenia przed zagrożeniami naturalnymi, wreszcie sposób likwidacji po zakończeniu prac. Szczególną uwagę należy zwrócić na sposób odwodnienia wyrobisk i postępowanie z odprowadzaną wodą.

W przypadku wierceń o głębokości ponad 100 m oraz w przypadku projektowania wyrobisk górniczych na podstawie projektu robót geologicznych sporządza się plan ich ruchu. Przedstawia się w nim warunki techniczne ich wykonania i warunki bezpiecznego ich prowadzenia.

Wymagania formalne odnośnie projektów robót geologicznych i planów ruchu zawierają stosowne rozporządzenia wydane na podstawie prawa geologicznego i górniczego.

#### 4.2.5.2. Projektowanie badań geofizycznych

##### 4.2.5.2.1. *Badania geofizyczne naziemne*

Stosowanie tych badań powinno być regułą w rozpoznawaniu złóż wówczas, gdy mogą one dostarczyć informacji o:

- położeniu granic złoża, jego morfologii,
- lokalizacji zaburzeń tektonicznych (w szczególności uskoków),
- zróżnicowaniu budowy złoża (np. występowaniu zjawisk krasowych w złożach skał węglanowych),

- budowie nadkładu i jego miąższości.

Dobór metod powinien być dokonany stosownie do oczekiwanego celu badań.

Rozmieszczenie profili lub miejsc wykonania badań powinno być tak zaprojektowane, by umożliwiało uzyskanie informacji z oczekiwaną dokładnością. Ważne jest dowiązanie profili do wykonanych (lub projektowanych) otworów, gdyż wówczas możliwe jest uściślenie interpretacji wyników badań geofizycznych, a niekiedy właściwy jej wybór<sup>17</sup>.

W projekcie powinien być przedstawiony rodzaj przewidywanych badań geofizycznych i cel ich stosowania oraz podany sposób ich realizacji. Na mapie sytuacyjno-wysokościowej powinny być przedstawione miejsca, w których przewiduje się wykonanie badań – profili, sondowań itp.

#### 4.2.5.2.2. Profilowanie geofizyczne w otworach wiertniczych

Podstawową informacją uzyskiwaną za pomocą otworów wiertniczych są dane o rodzaju przewiercanych utworów. Dostarczają tego obserwacje bezpośrednie wydobytych próbek, w szczególności rdzeni. Na ich podstawie sporządza się profil otworu. Dodatkowych danych dostarczyć mogą wyniki profilowania geofizycznego za pomocą odpowiednio dobranego zespołu metod. Stosuje się je wówczas, gdy na podstawie obserwacji bezpośrednich uzyskanie danych o właściwościach przewiercanych skał i ich wzajemnych relacjach jest trudne lub niemożliwe do uzyskania.

Badania geofizyczne w otworach wiertniczych (profilowanie geofizyczne – karotaż) projektuje się przede wszystkim w dwóch przypadkach:

- w przypadku przewidywanego małego uzysku rdzenia lub wykonywania otworów bezrdzeniowych,
- możliwości lub potrzeby zdobycia dodatkowych niezbędnych informacji, których uzyskanie na podstawie obserwacji próbek jest albo niemożliwe albo utrudnione i niepewne.

Odpowiednio dobrany zespół metod profilowania pozwala na przykład na ocenę parametrów hydrogeologicznych skał.

Dąży się często – tam, gdzie jest to możliwe – do zastępowania kosztownego rdzenia otworów profilowaniem geofizycznym.

Zróżnicowanie właściwości fizycznych skał, pozornie jednorodnych, ułatwić może korelację profili sąsiednich otworów. Informacje o tych właściwościach w niektórych przypadkach mogą być wystarczające dla charakterystyki jakości kopaliny, co uwalnia od konieczności pobierania próbek do badań.

Profilowanie geofizyczne dostarcza też danych o stanie technicznym otworu (średnicy, krzywieniu, stanu cementacji rur okładzinowych). Szczególnie ważne są informacje o krzywieniu otworu, niezbędne dla prawidłowego określenia położenia przewiercanych utworów.

---

<sup>17</sup> Badania geofizyczne ujawniają tylko zróżnicowanie właściwości fizyczne masywu skalnego (górotworu).

Jeśli profilowanie geofizyczne otworów jest niezbędne lub wskazane, w projekcie powinien zostać określony jego zakres i rodzaj proponowanych metod wraz z uzasadnieniem potrzeby lub celowości ich stosowania. Przede wszystkim powinien być wskazany rodzaj informacji, jakich uzyskanie jest oczekiwane tym sposobem.

#### 4.2.5.3. Projektowanie opróbowania

Na każdym etapie prac geologicznych ich nieodzownym elementem jest opróbowanie badanych utworów. W zależności od potrzeb pobierane są próbki z odsłoneń naturalnych, rdzeni wiertniczych lub wyrobisk górniczych. Sposób opróbowania i zakres badania próbek powinny być dobrze zaprojektowane.

W przypadku rozpoznawania złóż niezbędne jest pobranie próbek przede wszystkim do badań właściwości kopaliny, charakteryzujących jej jakość. Ponadto konieczne może być pobieranie próbek do badań gęstości przestrzennej i właściwości fizyczno-mechanicznych skał dla charakterystyki warunków geologiczno-inżynierskich przyszłej eksploatacji.

W projekcie powinien być przedstawiony planowany:

- cel opróbowania i rodzaj przewidywanych badań pobranych próbek,
- sposób pobierania próbek do planowanych badań (forma, rozmieszczenie, wielkość, przewidywana ilość),
- sposób przygotowania próbek do badań (schemat pomniejszania w przypadku próbek przeznaczonych do badań chemicznych),
- zakres badań próbek, które mają być wykonane (np. składu chemicznego, właściwości fizycznych).

Jeśli przewidywane jest pobieranie próbek z rdzeni wiertniczych otwory powinny być tak zaprojektowane, by możliwe było uzyskanie rdzenia o średnicy, zapewniającej pobranie próbek o odpowiedniej wielkości. Pamiętać przy tym należy, że próbki do badań chemicznych powinny być pobierane w postaci połówki lub ćwiartki rdzenia, tak by jego pozostała część mogła pozostać jako archiwalna (np. do ewentualnych badań uzupełniających lub kontrolnych).

Podstawowymi przy rozpoznawaniu złóż są próbki do badań jakości kopaliny. Powinno być też przewidywane, w zależności od potrzeb, pobieranie próbek do badań:

- gęstości przestrzennej (niezbędnej dla obliczenia zasobów),
- właściwości inżyniersko-geologicznych skał tworzących złożę i otaczających,
- właściwości hydrogeologicznych skał złożowych i otaczających,
- właściwości rekultywacyjnych skał płonnych, które mogą być wydobywane w związku z eksploatacją złoża,
- mineralogiczno-petrograficznych, wspomagających ocenę jakości kopaliny lub ocenę właściwości inżyniersko-geologicznych i hydrogeologicznych.

Próbki do badań jakości kopaliny powinny być pobierane w sposób ciągły w profilu złoża, odcinkami o określonej długości. Długość próbek powinna być dobrana w taki sposób, by można było uzyskać dane o ewentualnym zróżnicowaniu tej jakości, a w złożach

o nieostrych granicach (np. rud) wyznaczyć położenie stropu i spągu złoża z żadaną dokładnością. Obowiązuje też zasada pobierania odrębnych próbek z każdej dającej się wydzielić litologicznie warstwy.

W przypadku projektowania pobierania próbek do badań właściwości fizycznych należy mieć na uwadze, że dla prawidłowego scharakteryzowania właściwości każdego typu skał powinno się pobrać co najmniej 30 próbek. Nie zawsze jest to możliwe. Ważne jest jednak, by każdy typ skał był objęty badaniami.

Jeśli skład mineralny kopaliny wskazuje, że uzależniona od niego może być gęstość przestrzena próbki, to jej badania powinny być tak zaprojektowane, by można było tę zależność określić.

Dążyć się powinno do wykonania możliwie jak największego zakresu badań na pobieranych próbkach, by uniknąć nadmiernego niszczenia wydobytego rdzenia, który stanowi najcenniejszy materialny efekt prac geologicznych. Jeśli sposób przewidywanych badań próbek jest regulowany normami, należy je wymienić.

W projekcie powinien być przedstawiony sposób przechowywania rdzeni wiertniczych, próbek (lub ich części) niewykorzystanych do badań oraz zabezpieczenia do ewentualnych badań uzupełniających lub kontrolnych w przyszłości.

#### 4.2.5.4. Projektowanie badań hydrogeologicznych

Znajomość warunków hydrogeologicznych złoża jest niezbędna dla projektowania jego eksploatacji i oceny przewidywanego jej wpływu na środowisko.

Wykonanie podstawowych obserwacji położenia poziomów wodonośnych i zwierciadła wody (nawierconego i ustabilizowanego) powinno być projektowane we wszystkich otworach rozpoznawczych. Danych o zawodnieniu skał dostarczają też wyniki odpowiedniego profilowania geofizycznego.

W przypadku przewidywanego dużego zawodnienia skał dla oceny warunków hydrogeologicznych powinno być projektowane wykonanie specjalnych otworów, w których przeprowadza się próbne pompowanie oraz otworów obserwacyjnych (piezometrycznych), w których prowadzi się obserwacje zmian położenia zwierciadła wody. Należy jednak zwrócić uwagę, że w przypadku utworów wodonośnych szczelinowo-krasowych niewystarczające jest badanie warunków hydrogeologicznych za pomocą samych otworów, gdyż wykonane w strefach drożnych dla wody (w szczególności w złożach skał węglanowych, spękanych skrasowiałych) mogą sugerować duże zawodnienie górotworu, natomiast poza tymi strefami wykazywać znikome zawodnienie lub nawet jego brak. Wskazane jest w takich przypadkach projektowanie wspomagających badań geofizycznych (geoelektrycznych), które mogą ujawnić zróżnicowanie zawodnienia złoża.

#### 4.2.5.5. Prace geodezyjne

Wyniki prac rozpoznawczych wykonanych na złożu wykorzystywane są do późniejszego projektowania górniczego, dlatego ważną kwestią jest dokładna, poprawna lokalizacja



projektowanych robót geologicznych (otworów wiertniczych, wyrobisk górniczych) i profili geofizycznych oraz jej dokładne określenie po wykonaniu badań. Możliwe jest to tylko przy wykorzystaniu metod geodezyjnych. Zadanie to znacznie ułatwia stosowanie metod GPS o odpowiedniej dokładności. W praktyce powinna wystarczać dokładność określenia współrzędnych  $x$  i  $y$   $\pm 1$  m, współrzędnej pionowej  $\pm 0,1$  m, ale często formułowane są ostrzejsze wymagania.

Lokalizacja projektowanych i wykonanych badań może być przedstawiona na mapach sytuacyjno-wysokościowych, w odpowiedniej skali. Zwykle są to skale 1:2 000–1:5 000, a w przypadku dużego obszaru badań 1:10 000; wyjątkowo 1:25 000 lub 1:50 000. Wykorzystane mogą być mapy istniejące w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym. W przypadku ich braku konieczne może być wykonanie odpowiedniej mapy. Na mapie powinny być też przedstawione wszystkie obiekty, które mogą ograniczyć wykonanie prac geologicznych lub wpłynąć na ich wynik, w szczególności niewidoczne na powierzchni rurociągi, linie energetyczne, telekomunikacyjne itp. Pomocniczymi na etapie projektowania lokalizacji miejsc wykonania badań (otworów wiertniczych, profili geofizycznych) są mapy katastralne. Ułatwiają one wybór miejsc ich lokalizacji oraz identyfikację właścicieli nieruchomości gruntowych, których zgoda jest niezbędna dla wykonania prac na ich terenie.

#### 4.2.6. Ocena warunków realizacji projektowanych prac

W przygotowaniu realizacji projektowanych prac – poza dobrym określeniem celów, jakie mają być osiągnięte – niezbędne jest:

- określenie środków koniecznych do ich przeprowadzenia: materialnych, ludzkich i finansowych,
- określenie własnych środków (materialnych, finansowych, ludzkich) oraz potrzeb, możliwości i sposobu ich pozyskania,
- rozpoznanie i analiza otoczenia, czyli zewnętrznych warunków, w jakich przedsięwzięcie będzie realizowane.

Analiza otoczenia powinna prowadzić do rozpoznania okazji i zagrożeń dla realizacji projektu. Natomiast analiza zasobów własnych pozwala na zidentyfikowanie jego silnych i słabych stron. Określenie uwarunkowań zewnętrznych i zasobów własnych pozwala zatem na dokonanie analizy słabych i mocnych stron przedsięwzięcia oraz szans i zagrożeń jego realizacji. Na tej podstawie na etapie projektowania prac można przewidzieć odpowiednie działania, pozwalające uniknąć niepowodzeń z tytułu istniejących słabych stron i zagrożeń, a w razie potrzeby zweryfikować poprawność sformułowania celu, jaki ma być osiągnięty.

Prace poszukiwawcze i rozpoznawcze mają za zadanie przygotować przyszłą działalność gospodarczą, jaką jest eksploatacja odkrytego i rozpoznanego złoża. Z tego powodu w większości krajów ich realizacja podlega przepisom prawa górniczego lub geologicznego i górniczego. Warunkiem nieodzownym realizacji każdego projektu jest rozpoznanie warunków formalno-prawnych realizacji prac i dostosowanie projektowanych prac do wymagań przepisów prawa.



W poszczególnych krajach wymagania formalne w odniesieniu do prac poszukiwawczych i rozpoznawczych są różnie formułowane. Zwracać też trzeba uwagę na różnice systemów prawnych, odmiennych w krajach o tradycjach anglosaskich (*common law*, opartych na orzeczeniach sądowych) i europejskich kontynentalnych (*civil law*, opartych na ustanawianych normatywnych aktach prawnych). Uwarunkowania prawne i nierzadko polityczne mogą być istotnymi czynnikami, które muszą być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji odnośnie realizacji prac geologicznych.

Często warunkiem nieodzownym dla realizacji prac jest zdobycie przychylności miejscowej ludności, lokalnych władz samorządowych i organizacji ekologicznych. Konieczne bywa wówczas dobre wyjaśnienie celu prac i korzyści, jakie może przynieść społeczności lokalnej ich realizacja. Jest to zwłaszcza wskazane przed ich rozpoczęciem. Brak dobrych relacji ze społecznością lokalną może być źródłem trudności w realizacji zadań, braku formalnego przyzwolenia na nie, a niekiedy działań wrogich w stosunku do ich wykonawców. Przychyłość lokalnych ośrodków opiniotwórczych ma często w tych przypadkach podstawowe znaczenie.

Dobre przedstawienie skutków środowiskowych projektowanych prac (zwykle nieznacznych) i sposobu ich likwidacji jest też warunkiem niezbędnym dla przeciwdziałania nieuzasadnionym protestom ze strony organizacji ekologicznych.

Uzupełnieniem każdego projektu powinna być, zatem analiza szans i zagrożeń jego realizacji – SWOT (**S**trength, **W**eakness, **O**pportunities, **T**hreats – Mocne strony, Słabe strony, Szanse i Zagrożenia projektu – rys. 4.7). W skrajnym przypadku analiza taka może zadecydować o niepodejmowaniu projektowanych prac.

<b>S</b> (Strength) <b>Mocne strony projektu</b> Dobre wyposażenie w sprzęt i aparaturę, doświadczony zespół wykonawców	<b>W</b> (Weakness) <b>Słabe strony projektu</b> Brak dostatecznych danych geologicznych dla oceny szans, sukcesu prac
<b>O</b> (Opportunities) <b>Szanse projektu</b> Dobrze określony cel prac, łatwość uzyskania koncesji	<b>T</b> (Threats) <b>Zagrożenia projektu</b> Brak wystarczających funduszy na realizację prac

Rys. 4.7. Przykład uproszczonej oceny planowanych prac geologicznych według procedury SWOT

Analiza otoczenia, czyli uwarunkowań zewnętrznych, pozwala na dostosowanie do nich sposobu realizacji prac. W przypadku prac geologicznych dotyczy to uwarunkowań wynikających z właściwości obszaru, w którym mają być wykonywane prace jak i uwarunkowań formalno-organizacyjnych ich realizacji. Składają się na nie zatem uwarunkowania:

- geograficzne: terenowe (np. dostępność terenu, morfologia), klimatyczne, wymagania ochrony środowiska przyrodniczego itp.,

- społeczne: np. możliwość pozyskania pracowników niekwalifikowanych, akceptacja podejmowanych działań przez społeczność lokalną,
- gospodarcze (stan zagospodarowania terenu, dostęp do materiałów, wody, żywności, energii),
- organizacyjno-administracyjne (stałość i terminowość dostaw sprzętu i materiałów, stabilność personelu), stałość wymagań administracyjnych, a w krajach rozwijających się stabilność prawodawstwa i uwarunkowań politycznych,
- finansowe (zabezpieczenie odpowiednich środków finansowych w całym okresie realizacji prac).

Analiza SWOT umożliwi określenie tych czynników, które mogą zaważyć na sukcesie przedsięwzięcia. Na nie powinna być zwrócona szczególna uwaga w trakcie projektowania i realizacji prac i podejmowania działań zabezpieczających przed niepożądanym wpływem tych czynników na ich przebieg.

W szczególności dobrze muszą być rozpoznane szanse i zagrożenia ze strony otoczenia oraz mocne i słabe strony własnych możliwości.

Szczególnie ważne jest rozpoznanie warunków ograniczających realizację przedsięwzięcia. Mogą to być:

- niewystarczające wyposażenie w środki techniczne lub ich brak,
- brak ludzi o odpowiednich kwalifikacjach,
- limit środków finansowych,
- wymagania ochrony środowiska,
- brak akceptacji przez społeczność lokalną lub organa administracji udzielające koncesji.

Mogą nimi być też warunki polityczne kraju, w którym mają być prowadzone prace.

W projekcie prac geologicznych powinny być przedstawione proponowane działania przeciwdziałające wymienionym zewnętrznym zagrożeniom dla jego realizacji. Istniejące ograniczenia mogą zmusić do projektowania alternatywnych rozwiązań albo w skrajnym przypadku do rezygnacji z jego realizacji.

Projektowanie i organizacja prac, z uwzględnieniem zagrożeń i ograniczeń, powinny przebiegać w myśl schematu:



Analiza SWOT ułatwia podjęcie decyzji o realizacji projektowanych prac. W przypadku możliwych alternatywnych rozwiązań postawionego zadania konieczny jest wybór jednego z nich. Zakłada się, że wybór powinien być racjonalny, to znaczy wybrane powinno być to rozwiązanie, które zapewni osiągnięcie zamierzonego celu przy najmniejszych kosztach i możliwie w najkrótszym czasie bez uszczerbku dla odpowiedniej jakości rozwiązania. W przypadku rozpoznawania złóż oznacza to wybór strategii rozpoznania bez zmniejszenia oczekiwanej jego dokładności.

W pełni racjonalne podjęcie decyzji jest możliwe, gdy:

- problem jest jasny i jednoznaczny,
- ma być osiągnięty jeden wyraźnie określony cel,
- znane są wszystkie jej możliwości i skutki podejmowanych decyzji,
- preferencje są jasno określone i niezmiennie,
- nie ma ograniczeń kosztowych i czasowych,
- ostateczny wybór zapewni maksymalizację wyniku.

W przypadku prac geologicznych spełnienie postulatów racjonalności nie jest w pełni możliwe. Decyzje podejmowane są w warunkach niepewności, gdyż nie zawsze dysponuje się dostatecznymi danymi niezbędnymi dla oceny szans powodzenia przedsięwzięcia. Objekt badań jest znany tylko w przybliżeniu, a zatem cel, który ma być osiągnięty może być przedstawiony w postaci jego modelu i tylko na tej podstawie można mniemać, że dokonany został właściwy wybór. W tej sytuacji skutki podejmowanych działań mogą być tylko przewidywane. Zwykle też występują ograniczenia kosztów i czasu realizacji przedsięwzięcia. Osiągnięcie zamierzonego celu jest zatem tylko prawdopodobne, przy czym rzeczywistej wielkości tego prawdopodobieństwa ustalić zwykle nie można. Należy mieć także na uwadze, że kryteria wyboru zawsze obarczone są subiektywizmem wynikającym z doświadczenia i preferencji decydenta. Istnieje zatem zawsze ryzyko podjęcia decyzji nietrafnej lub nieoptymalnej.

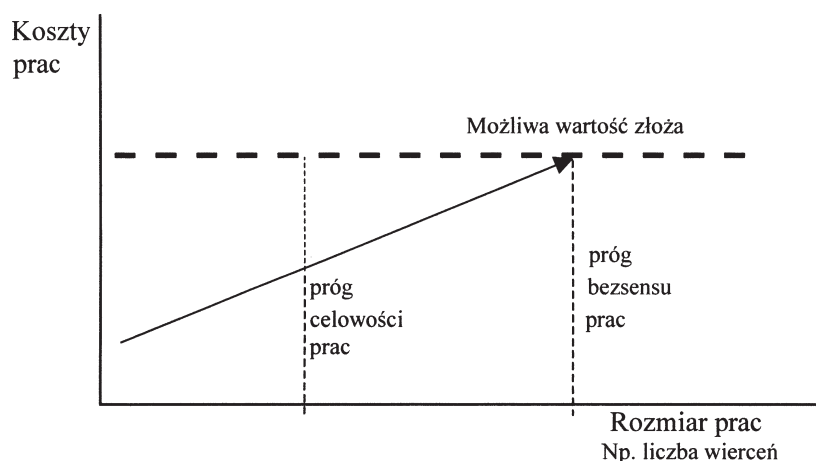
Brak możliwości spełnienia wszystkich warunków racjonalności, brak możliwości oceny czy wybór rozwiązania jest optymalny zmusza do podejmowania decyzji przy przyjęciu rozwiązania uznanego za zadowalające lub wystarczająco dobre. Podejmowane są zatem decyzje z ograniczoną racjonalnością. Zagrożeniem może być w tym przypadku heurystyczne podejście do rozwiązywanego zagadnienia, polegające na formułowaniu poglądów na podstawie:

- łatwo dostępnych informacji, świeżo pozyskiwanych, działających na wyobraźnię, wywołujących silne emocje,
- bezkrytycznej oceny powodzenia lub niepowodzenia wcześniejszych działań.

Zagrożeniem może też być „eskalacja zaangażowania”, polegająca na silnym zaangażowaniu we wcześniej podjętą decyzję mimo negatywnych wyników działań realizowanych na jej podstawie. W takich przypadkach konieczne jest określenie możliwego maksymalnego zakresu podjętych prac, jeśli nie przynoszą one zamierzonego efektu.

Przykładem może być zaangażowanie się w poszukiwania złoża za pomocą wierceń mimo negatywnych ich wyników. Koszty wykonywanych wierceń i badań nie mogą przekroczyć wartości oczekiwanego złoża określonej przez przewidywany zysk z jego eksploatacji

w przypadku, jeśli zostanie ono odkryte. W przypadku negatywnych wyników kolejnych wierceń, zmniejsza się wielkość obszaru, na którym złoża może występować, a zarazem też możliwa jego wielkość. Zwykle koszty prac geologicznych w stosunku do wartości dokumentowanych zasobów są niewielkie, niemniej na każdym etapie – a zwłaszcza na etapie poszukiwań szczegółowych, których celem jest stwierdzenie złoża, którego eksploatacja może być gospodarczo uzasadniona – ich relacja w stosunku szacowanej wartości oczekiwanego złoża powinna być szczegółowo analizowana (rys. 4.8).



Rys. 4.8. Koszty prac geologicznych

Nie ma jednoznacznego kryterium racjonalnej wielkości nakładów na prace geologiczne. Umownie można przyjąć, że nakłady wynoszące do 5–10% wartości oczekiwanego złoża mogą być poniesione, zanim zostanie ono udokumentowane. Jeśli wykonane badania nie dają podstaw do stwierdzenia oczekiwanych zasobów – dalsza ich realizacja powinna być zaniechana.

Niezbędnym warunkiem sprawnej realizacji projektowanych badań jest dobre rozpoznanie warunków ich wykonania i zdefiniowanie na tej podstawie wymagań odnośnie ich wyposażenia logistycznego. Na etapie projektowania szczegółowego rozpatrzyć trzeba dwie grupy zagadnień:

- 1) niezbędne wyposażenie bezpośrednich wykonawców prac,
- 2) niezbędne wyposażenie całości zespołu.

Druga grupa wyposażenia jest szczególnie ważna, gdy prace mają być realizowane w terenie trudno dostępnym, odległym, w szczególności w odmiennych warunkach klimatycznych i gdy organizowane są systemem ekspedycyjnym. Rozpatrzone w takim przypadku muszą być przede wszystkim:

- warunki mieszkalne i wyposażenie w odpowiedni sprzęt,
- warunki zapatrzenia w wodę i żywność,
- dostęp do opieki lekarskiej,
- środki transportu i łączności.

#### 4. Planowanie i organizacja prac geologicznych

Niezbędna jest szczegółowa specyfikacja sprzętu i materiałów niezbędnych dla realizacji prac, zwłaszcza wówczas, gdy ich dostępność i możliwość bieżącego uzupełnienia braków jest ograniczona (np. w krajach pustynnych drewna na skrzynki do przechowywania rdzeni wiertniczych).

Użytecznym sposobem upewnienia się i kontroli, że nie zostały pominięte żadne z elementów istotnych dla oceny warunków realizacji projektu oraz niezbędnego sprzętu i materiałów jest sporządzenie ich „list kontrolnych”, możliwie jak najbardziej szczegółowych:

- w liście kontrolnej czynników, które mogą mieć istotne znaczenie dla realizacji prac przedstawia się zestawienie wszystkich możliwych czynników przyrodniczych, technicznych, organizacyjnych, prawnych, społecznych, które mogą mieć znaczenie dla realizacji projektu (tab. 4.4).
- w liście kontrolnej niezbędnego sprzętu i materiałów wymienia się drobiazgowo wszystkie narzędzia i materiały potrzebne dla realizacji prac (w tym także środki transportu). Odrębnie powinna być też zestawiona lista sprzętu niezbędnego dla zapewnienia odpowiednich warunków bytowych (np. namioty wraz z wyposażeniem, sprzęt kuchenny, samochody do transportu sprzętu, żywności, wody (niezbędnej np. na terenach pustynnych) itd.

**Tabela 4.4**

Przykład listy kontrolnej (fragment) uwarunkowań projektowanych prac poszukiwawczych na Saharze (masyw Eglab, SW Sahara algierska)

Lp.	Rozpatrywane czynniki	Uwagi
1.	Dostępność sprzętu i materiałów	brak możliwości zaopatrzenia na miejscu
2.	Dostępność usług w tym usług remontowych	brak
3.	Energia elektryczna	brak stałego źródła
4.	Woda przemysłowa	dostępna na miejscu w ograniczonej ilości, niezdatna do picia
5.	Woda pitna	brak zwykle w dostatecznej ilości, konieczność stałych dostaw
6.	Możliwości zaopatrzenia w środki spożywcze	brak, konieczność stałych dostaw. Najbliższe miejsce zaopatrzenia w odległości ok. 1200 km
7.	Dostęp do opieki lekarskiej	odległość 500 km od miejsca prac
8.	Środki łączności	możliwa komunikacja radiowa
9.	Dostępność terenu – morfologia terenu	teren częściowo górzysty, trudno dostępny
10.	drogi	brak, teren częściowo trudno przejezdny
11.	szata roślinna	skąpa nie stanowi przeszkody w pracy terenowej
12.	niebezpieczne dzikie zwierzęta	żmije, skorpiony
13.	Warunki klimatyczne – temperatura	wysoka (do ponad 40°C) w miesiącach czerwiec–wrzesień praktycznie wykluczająca możliwość prac terenowych
14.	Szczególne zjawiska atmosferyczne	burze piaskowe, pyłowe, uniemożliwiające prace; bardzo rzadkie opady nawałnicowe, groźne w przypadku przebywania w obniżeniach terenowych (uedach)
15.	Warunki mieszkaniowe	brak stałych zabudowań. Namioty

### 4.3. Programowanie realizacji prac geologicznych

#### 4.3.1. Cel programowania

Poszukiwanie lub rozpoznawanie złoża jest zazwyczaj przedsięwzięciem skomplikowanym, realizowanym przy zastosowaniu różnych metod. Można w nim wyróżnić zwykle szereg odrębnych działań, które łącznie prowadzą do osiągnięcia planowanego celu. Wśród nich znajdować się mogą takie, które można realizować niezależnie od siebie oraz takie, które wymagają realizacji w określonej kolejności. Rozróżnienie takie ma istotne znaczenie dla sprawnej organizacji prac. Zastosowanie mają tu zatem zasady podziału i harmonizacji zadań.

Wszystkie planowane działania wymagają określonego czasu dla ich realizacji. Istnieją różne metody jego określania. Najczęściej dokonuje się tego na podstawie ustalonych normatywów lub ocen eksperckich.

Czas niezbędny dla wykonania poszczególnych rodzajów prac może być normowany na podstawie pomiaru czasu realizacji wcześniej wykonywanych czynności określonego typu. Za normatywny przyjmuje się średni czas realizacji. Normatywy czasowe można ustalić dla prostych powtarzalnych czynności (np. profilowania rdzeni, kartowania geologicznego na powierzchni, pomiarów geofizycznych, wiercenia otworu lub poszczególnych czynności związanych z jego wierceniem). Normalizacja czasu wykonania poszczególnych czynności w pracach geologicznych napotyka jednak na szereg trudności ze względu na ogromną różnorodność sytuacji, w jakich są one wykonywane. Orientacyjne dane dotyczące czasu wykonania niektórych prac zestawiono w tabeli 4.5. Trzeba też mieć na uwadze, trudne do normowania czynniki, takie jak czas dojazdu na miejsce wykonania prac, warunki pogodowe, które mogą powodować spowolnienie prac terenowych lub nawet uniemożliwić okresowo ich realizację itp. Uwzględnia się to stosując odpowiednie współczynniki zwiększające przewidywany czas trwania prac. Skracanie przewidywanego czasu prac jest bardzo ryzykowne, gdyż może powodować obniżenie jakości wyników (na przykład mało dokładne wykonanie obserwacji, pomijanie trudniej zauważalnych zjawisk).

Duże zróżnicowanie warunków geologicznych, w jakich prowadzi się prace poszukiwawcze lub rozpoznawcze powoduje, że ścisłe ustalenie normatywów czasowych poszczególnych czynności i działań cząstkowych często napotyka na trudności. Przewidywany czas realizacji poszczególnych działań może być wówczas szacowany metodą ocen eksperckich, na podstawie osobistych doświadczeń poszczególnych specjalistów. Trzeba jednakże mieć na uwadze, że często oceny takie są podświadomie optymistyczne, zakładające sprawną realizację pracy nie napotykałą przeszkód. W rzeczywistości należy się liczyć z różnymi czynnikami losowymi, które powodują opóźnienie realizacji planowanych prac. Dlatego też praktykowane jest powiększanie szacowanego czasu realizacji prac współczynnikiem 1,2, a nawet niekiedy 1,5 (czyli zwiększanie przewidywanego czasu realizacji o 20 do 50%). Oceny eksperckie są zwykle zróżnicowane. W przypadku gdy rozbieżności są duże, skrajne oceny można uznać odpowiednio za pesymistyczne ( $t_p$ ) i optymistyczne ( $t_o$ ),

4. Planowanie i organizacja prac geologicznych

**Tabela 4.5**  
Orientacyjny czas wykonania niektórych prac geologicznych

Rodzaj prac	Jednostka miary	Czas wykonania godzin	Uwagi
Profilowanie otworów (opis rdzeni wiertniczych) i typowanie próbek do badań	10 mb	0,5–1,2	w zależności od stopnia zróżnicowania przewiercanych utworów i złożoności ich cech
Typowanie próbek do badań i ich dokumentacja (opis)	próbka	0,2–0,3	
Kartowanie bezpośrednie wyrobisk górniczych	10 mb	0,3–0,5	
Profilowanie wyrobisk (ociosów)	20 m <sup>2</sup>	0,5–1	profilowanie ociosu przeciwnielego 0,25–0,75
Pobranie próbki bruzdowej	1mb	0,5–1	w zależności od zwięzłości skał
Przygotowanie próbki do analizy (rozdrabnianie, pomniejszanie)	próbka	0,3–0,8	w zależności od wielkości próbki schematu przygotowania do analizy
Sporządzenie graficznego profilu otworu*	10 mb	1–2	
Opracowanie przekroju geologicznego*	złoża grupy I	odcinek z 3 otworami	w zależności od bogactwa szczegółów przedstawianych na przekroju
	złoża grupy II		
	złoża grupy III		
Opracowanie mapy* strukturalnej	złoża grupy I	1 otwór (ponad 3)	w tym weryfikacja i interpretacja geologiczna opracowań komputerowych
	złoża grupy II		
	złoża grupy III		
Opracowanie map parametrów złoża (miąższości, zasobności, jakości kopaliny itp.)*	1 otwór (ponad 3)	0,1–0,2	

\* Zastosowanie techniki komputerowej do opracowywania danych geologicznych (sporządzania przekrojów, map) znacznie przyspiesza wykonanie niektórych czynności graficznych. Zasadniczym elementem pracochłonnym (prócz czasu pracy komputera) jest wybór odpowiedniego algorytmu postępowania (np. interpolacyjnego), a przede wszystkim weryfikacja i ewentualna korekta uzyskanych obrazów zgodnie z wiedzą geologiczną.

a pośrednie – zwłaszcza najczęstsze – za najbardziej prawdopodobne ( $t_m$ ). Jako czas oczekiwany ( $t_e$ ) przyjmuje się zwykle<sup>18</sup> wartość:

$$t_e = \frac{t_p + 4t_m + t_o}{6} \quad (4.1)$$

Planowany przebieg realizacji przedsięwzięcia przedstawia się bądź za pomocą harmonogramu (wykresy Gantta-Adamieckiego) bądź wykresu sieciowego.

#### 4.3.2. Harmonogram prac

Harmonogram<sup>19</sup> jest wykresem, na którym na osi odciętych przedstawia się czas realizacji czynności, a na osi rzędnych czynności, które mają być wykonywane. Czas trwania każdej wyróżnianej czynności (lub zespołu czynności) przedstawia się za pomocą odcinków o odpowiedniej długości w skali czasu. Ich początki wyznaczają daty rozpoczęcia, a końce daty zakończenia wyróżnionych zadań (rys. 4.9). Możliwe prawdopodobne wcześniejsze rozpoczęcie lub późniejsze zakończenie czynności zaznacza się przedłużeniem odcinka, który ją reprezentuje za pomocą linii przerywanej. Harmonogram daje przejrzysty pogląd na czas trwania poszczególnych działań, wzajemne ich następstwo w czasie. Jest najczęściej stosowanym sposobem przedstawiania programu realizacji postawionego zadania. W trakcie realizacji prac można na nim zaznaczać rzeczywisty czas realizacji odpowiednich zadań za pomocą odcinków wykreślonych równoległe do reprezentujących planowane zadania.

#### 4.3.3. Programowanie prac przy zastosowaniu metody sieciowej

Harmonogramy prac, zwłaszcza przy wielu równoległe wykonywanych działaniach, nie zawsze pozwalają na prześledzenie wzajemnych powiązań między nimi w czasie i współzależności ich realizacji. Umożliwiają to metody sieciowe.

Metody te należą do grupy badań operacyjnych, które zaczęto wprowadzać do planowania przedsięwzięć w czasie II wojny światowej dla potrzeb wojskowych, a po jej zakończeniu dla potrzeb działalności przemysłowej. W latach 1956–1958 w koncernie chemicznym Du Point opracowana została metoda określana jako *Critical Path Method* (CPM – Metoda Drogi Krytycznej – MDK lub Metoda Decydujących Ciągów – MDC). W związku z programem budowy raket balistycznych, rakiety Polaris, stworzona została rozwinięta wersja tej metody określana terminem PERT (*Program Evaluation and Review Technology* czyli program oceny i kontroli przedsięwzięć). W metodzie tej

<sup>18</sup> Zakłada się, że prawdopodobieństwo czasu trwania czynności ma rozkład beta.

<sup>19</sup> Metoda przedstawiania planowanego przebiegu prac za pomocą harmonogramu zaproponowana została na przełomie XIX i XX w. w USA przez Henry'ego Gantta, dlatego też bywa on nazywany w publikacjach anglojęzycznych wykresem (diagramem) Gantta. W Polsce przedstawianie przebiegu prac za pomocą harmonogramów wprowadził K. Adamiecki.



4. Planowanie i organizacja prac geologicznych

RODZAJ PRAC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
MIESIĄCE																		
1. Wiercenie otworów: Etap IA: nr I, II, III – 2450 mb { nr IV, V – 1150 mb Etap IB: { nr VI, VII – 1050 mb { nr VIII, IX, X – 1750 mb																		
2. Dozór geologiczny																		
3. Oprobowanie rdzeni z przecinaniem																		
4. Przygotowanie próbek (kruszenie)																		
5. Badania laboratoryjne – analizy chemiczne – analizy min.-petr.																		
6. Prace geofizyczne – reinterpretacja badań sejsmicznych i geoelektrycznych – interpretacja zdjęć magnetycznego i grawimetrycznego – wykonanie badań sejsmicznych z interpretacją – wykonanie badań geoelektrycznych z interpretacją, – wykonanie powierzchniowego zdjęcia grawimetrycznego – geofizyka otworowa																		
7. Prace geodezyjne																		
8. Opracowanie wyników prac I etapu i opracowanie projektu rozpoznania złóż																		

Rys. 4.9. Przykład harmonogramu prac rozpoznawczych (projektowane szczegółowe prace poszukiwawcze bazaltowego złoża rud miedzi)

bierze się również pod uwagę prawdopodobieństwo terminowej realizacji poszczególnych działań. Dalszym jej udoskonaleniem jest wprowadzenie do analizy zależności między czasem realizacji przedsięwzięć a ich kosztami.

Dla potrzeb projektowania prac geologicznych zazwyczaj wystarczające jest zastosowanie najprostszej formy analizy sieciowej – Metody Decydujących Ciągów (MDC).

W każdym przedsięwzięciu – w tym także w takim, jakim jest realizacja prac geologicznych – można wyróżnić trzy elementy: czynności, zdarzenia oraz zależności czasowe.

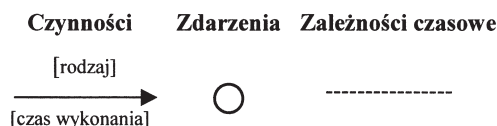
Czynności – są to działania, których realizacja wymaga zastosowania określonych środków i czasu na ich wykonanie (np. wykonanie wiercenia, kartowanie jakiegoś obszaru itp.).

Zdarzenie – jest to moment, w którym albo rozpoczyna się albo kończy jakąś czynność lub zespół czynności (np. rozpoczęcie wiercenia, zakończenie badań geofizycznych itp.).

Zależność czasowa – stanowi związek między zdarzeniami, które kończą czynności wykonywane równolegle, ale wzajemnie niezależnie od siebie. „Zależność czasowa” bywa określona jako „czynność zerowa”.

W diagramach sieciowych czynności oznacza się za pomocą strzałki skierowanej zgodnie z postępem prac, zdarzenia za pomocą kółka z wpisanym numerem oznaczającym poszczególne wyróżnione zdarzenia, a zależności czasowe za pomocą linii przerywanych łączących wzajemnie uzależnione zdarzenia:

Poszczególne czynności opisywane są słownie lub oznaczane literami i podaje się czas



ich trwania. Zdarzenia stanowią zakończenia odpowiednich czynności lub ich zespołów. Oznacza się je np. kolejnymi symbolami liczbowymi. Stosowane oznaczenia literowe i liczbowe czynności i zdarzeń wymagają zawsze odrębnego objaśnienia.

Diagram sieciowy umożliwia określenie czasu trwania poszczególnych ciągów czynności. Ten ciąg czynności, którego czas trwania jest najdłuższy określany jest jako ścieżka (droga) krytyczna. Od jego sprawnej, terminowej realizacji zależy terminowość i sukces całego przedsięwzięcia. Na ścieżce krytycznej znajduje się też ta czynność lub zespół czynności, które stanowią „wąskie gardło” całego przedsięwzięcia.

Przy konstrukcji diagramu sieciowego, podobne jak w przypadku harmonogramu należy:

- 1) wyróżnić odrębne czynności (lub ich zespoły), które mają być wykonywane zgodnie z zasadami podziału pracy i koncentracji,
- 2) ustalić kolejność wykonywania poszczególnych czynności i powiązania między nimi w czasie (zgodnie z zasadą harmonizacji),

3) przedstawić kolejność wykonywania poszczególnych czynności, wzajemne powiązania między nimi oraz zdarzenia rozpoczynające i kończące poszczególne czynności na wykresie,

4) podać czas wykonania poszczególnych czynności i w razie potrzeby możliwe terminy najwcześniejszego i najpóźniejszego zaistnienia poszczególnych zdarzeń,

5) wyznaczyć ścieżkę krytyczną i możliwy luz zdarzeń.

Diagram sieciowy umożliwia odpowiednie programowanie realizacji przedsięwzięcia. Jego analiza pozwala na poszukiwanie sposobów usprawnienia organizacji podejmowanych działań, a przede wszystkim środków umożliwiających sprawną realizację działań znajdujących się na ścieżce krytycznej. Jednym z takich środków jest odpowiednia kontrola realizacji poszczególnych czynności, zwłaszcza tych, które stanowią „wąskie gardło”.

Budowę sieci rozpoczyna się od zdarzenia początkowego, którym jest rozpoczęcie prac. Może ono oznaczać rozpoczęcie jednej lub kilku czynności równocześnie. Kolejne czynności i kończące je zdarzenia mogą następować po sobie liniowo, bądź szeregowo w niezależnych ciągach. Między takimi ciągami niezależnymi mogą występować zależności czasowe niektórych kolejnych zdarzeń; zaznacza się je odpowiednio jako wiążące ze sobą czynności o zerowym czasie trwania. Możliwe powiązania między różnymi czynnościami w diagramie sieciowym i ich odwzorowania na harmonogramie ilustruje rysunek 4.10.

Na diagramie sieciowym można także przedstawić przerwy w czasie realizacji zadania spowodowane np. oczekiwaniem na dostawę sprzętu, na podjęcie decyzji przez instytucję nadzorującą prace itp. Są to czynności określane jako „pozorne” i na diagramie zaznaczane są linią przerywaną.

W przypadku występowania wielu czynności, zwłaszcza o podobnym charakterze, istnieje możliwość zastąpienia ich na diagramie czynnością zastępczą. Zdarzeniem początkowym jest wówczas podjęcie pierwszej czynności, a końcowym koniec ostatniej występującej w zespole czynności przedstawianych za pomocą czynności zastępczej. Typowym przykładem w realizacji prac geologicznych może być wykonanie serii wierceń, ich opróbowanie i profilowanie geofizyczne. Na diagramie sieciowym można przedstawić indywidualnie wykonanie każdego wiercenia i wykonanych w nim badań lub przedstawić wykonanie, profilowanie i opróbowanie wszystkich wierceń łącznie w postaci czynności zastępczej „wykonanie wierceń”, „opróbowanie”, „profilowanie geofizyczne otworów” lub nawet łącznie jako „wykonanie wierceń, profilowanie otworów i opróbowanie”.

W przypadku, gdy czas zajścia jakiegoś zdarzenia może być zróżnicowany można określić najwcześniejszy i najpóźniejszy możliwy termin jego zaistnienia. Różnica między nimi stanowi czas, o jaki można opóźnić realizację danego zdarzenia bez obawy przekroczenia terminu realizacji całego przedsięwzięcia. Określa się ją jako „luz zdarzenia”. Dane te wpisuje się w symbol zdarzenia.

Zdarzenia znajdujące się na ścieżce krytycznej nie mają żadnych rezerw czasowych dla ich wykonania. W odniesieniu do nieleżących na tej ścieżce dysponuje się określoną rezerwą czasu na ich wykonanie. Określa się je jako zapas czasowy czynności. Można zatem wydłużyć czas wykonania tych czynności w granicach tego zapasu bez obawy nieterminowego zakończenia całego przedsięwzięcia. Całkowity zapas czasowy w trakcie reali-

METODYKA DOKUMENTOWANIA ŻŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

Lp.	Opis czynności i zdarzeń	Wykres na harmonogramie	Zapis na diagramie sieciowym	Przykładowe czynności
1.	Czynność „a”, jej początek (1) i koniec (2)			Kartowanie geologiczne rozpoczynające prace rozpoznawcze (a)
2.	Dwie czynności następujące po sobie			Wykonanie rowów badawczych (b) po zakończeniu kartowania (a)
3.	Dwie czynności wykonywane równolegle, które powinny się zakończyć przed podjęciem kolejnych czynności			Kartowanie geologiczne (a) i badania geofizyczne, np. radiofallowe (b) wykonywane równocześnie
4.	Jw. czynność „b” trwa krócej od czynności „a” i może być wykonana w dowolnym okresie w czasie realizacji czynności „a”	I 		J.p. realizacja prac wg. schematu I jest najmniej korzystna w przypadku gdy możliwe jest opóźnienie realizacji badań geofizycznych (b)
		II 		
		III 		
5.	Dwie czynności nie kończące się jednocześnie, przy czym czynność „b” może się rozpocząć dopiero po pewnym zaawansowaniu czynności „a”			Wykonanie rowów badawczych (b) po wykonaniu zdjęcia geologicznego części badanego obszaru (a)
6.	Dwie czynności (b i c) rozpoczynające się po zakończeniu czynności „a”			Wykonanie dwóch wierceń (b i c) nie zależnie od siebie ale po zakończeniu kartowania geologicznego (a)
7.	Wykonanie kolejnych czynności niezależnych od siebie (c, d) po zakończeniu dwóch wcześniejszych czynności (a, b)			Wykonanie kolejnych dwu wierceń (c i d) po zakończeniu dwóch wcześniejszych (a i b); lokalizacja kolejnych wierceń jest np. uzależniona od wyników wcześniej zrealizowanych
8.	dwa ciągi czynności w których czynność c jest uzależniona od zakończenia czynności b			Wykonanie wiercenia c uzależnione od wyników kartowania geologicznego (a) i badań geofizycznych (b), oraz wykonanie rowów badawczych (d) po zakończeniu badań geofizycznych, nie zależnie od wykonania wiercenia
9.	Ciągi czynności wzajemnie powiązanych ze sobą			Kartowanie geologiczne (a) i badania geofizyczne dwoma metodami (b i c) stosowanymi po sobie (np. radiofallowe i realizowane po ich zakończeniu sondowaniami elektrooporowe), od których uzależnione jest wykonanie wiercenia (e); od wyników badań metodą radiofallową uzależnione jest wykonanie rowów badawczych (d), niezależnie od realizacji wiercenia.
10.	Ciągi czynności wzajemnie powiązanych ze sobą prowadzące do ostatecznego wyniku (zdarzenie 5)			Kartowanie geologiczne (a) wykonanie rowów badawczych (c), wykonanie wiercenia (b); opracowanie mapy geologicznej (e) uzależnione od wyników wiercenia i rowów badawczych; opróbowanie rdzeni z otworu (d); zdarzenie 5 oznacza początek opracowania dokumentacji geologicznej wyników badań (f)

Rys. 4.10. Typowe zależności między czynnościami przedstawiane za pomocą diagramu sieciowego

zacji przedsięwzięcia może być w różny sposób wykorzystany w zależności od zapasu czasowego czynności poprzedzających jak i następujących. Rozróżnia się w związku z tym:

- zapas swobodny, który stanowi rezerwa czasu, jaką można rozporządzać bez wpływu na rezerwy czasowe czynności następnych w danym ciągu; występuje w przypadku, gdy wszystkie wcześniejsze czynności rozpoczną się w najwcześniejszych możliwych terminach,
- zapas warunkowy, który stanowi rezerwa czasu, jaką można dysponować bez wpływu na zapasy czasu poprzednich czynności w danym ciągu,
- zapas niezależny jest rezerwą czasu, jaką można wykorzystać w pełni bez wpływu na zapas czasowy jakiegokolwiek czynności poprzedniej i następnej w danym ciągu.

Ich znajomość ma istotne znaczenie dla planowania sprawnej realizacji całego przedsięwzięcia.

#### 4.4. Kosztorysowanie prac geologicznych

Warunkiem nieodzownym sprawnej realizacji prac jest dysponowanie odpowiednimi środkami finansowymi na ich realizację. Celem kosztorysowania jest określenie zapotrzebowania na te środki, a zatem ocena kosztów prac.

Na koszty prac składa się szereg składników. Podstawowymi są koszty zatrudnienia, koszty sprzętu i materiałów oraz koszty usług obcych. Na koszty sprzętu i materiałów składają się koszty ich zakupu i eksploatacji. Uwzględnić także należy dodatkowe opłaty, jeśli są wymagane, np. podatek VAT itp.

W praktyce stosuje się różne sposoby kosztorysowania: kalkulacyjne, ryczałtowe i cennikowe.

Kosztorysowanie cennikowe i ryczałtowe oparte jest na danych odnośnie kosztów wykonania poszczególnych zadań zaczerpniętych bądź z oficjalnych cenników bądź są określone na podstawie ofert ich wykonawców. Zwykle dotyczy ono wyodrębnionych czynności, których wykonanie jest zlecane wybranym instytucjom, np. wykonanie wierceń, badań laboratoryjnych, badań geofizycznych. Renomowane laboratoria oferują wykonanie badań, których koszty określone są w publikowanych cennikach. Firmy wykonujące usługi geologiczne (np. wykonanie wierceń) oferują ich realizację według kosztów ofertowych, których szczegółowa kalkulacja nie jest ujawniana. Zadaniem projektanta jest wybór jednej z proponowanych ofert. Zwracać jednakże należy uwagę, że sam koszt nie powinien być jedynym czynnikiem decydującym o wyborze. Wykonywanie prac i robót geologicznych wymaga wiedzy specjalistycznej i umiejętności ich realizacji. Doświadczenie firmy w wykonywaniu zleczanych prac, które daje gwarancję poprawnego ich wykonania, powinno być brane przede wszystkim pod uwagę.

Kosztorysowanie kalkulacyjne obejmuje określenie kosztów na podstawie czasochłonności wykonania poszczególnych prac według wzoru:

$$K = \sum_{i=1}^m T_i \cdot C_{ji} \quad (4.2)$$

lub

$$K = \sum_{i=1}^m t_i \cdot W_i \quad (4.3)$$

gdzie:  $K$  – koszt wykonania pracy,  
 $T$  – czas wykonania pracy w określonej jednostce obliczeniowej (godziny, dni),  
 $C$  – koszt jednostki czasu pracy (godziny, dniówki),  
 $t$  – czas pracy w miesiącach,  
 $W$  – wynagrodzenie pracownika wraz z pochodnymi (obciążeniami podatkowymi, ZUS, NFOZ).

Na całkowity koszt realizacji prac składają się koszty bezpośrednie i koszty pośrednie. Koszty bezpośrednie obejmują:

- koszty pracy wraz z obciążeniami (podatki, ZUS, NFOZ itp.),
- zakupione usługi podwykonawców i prace pomocnicze,
- zakupiony sprzęt i materiały,
- inne koszty bezpośrednio związane z realizacją prac (np. koszty delegacji, remontu sprzętu itp.)

Koszty pośrednie ponoszone są przez wykonawcę niezależnie od realizacji projektu. Stanowią je ogólne wydatki firmy, takie jak koszty obsługi administracyjnej, czynsze, światło, ogrzewanie, wywóz śmieci itp. Są one dodawane proporcjonalnie do kosztów pracy w formie „narzutu” kosztów ogólnozakładowych.

W każdej kalkulacji kosztów powinny być zatem uwzględnione:

- koszty bezpośrednie wykonania poszczególnych wyodrębnionych rodzajów prac – zadań (np. kartowania geologicznego, próbowania, profilowania rdzeni itp. w tym także opracowania dokumentacji końcowej wyników prac),
- koszty usług obcych – prac zleczanych (np. wykonania wierceń, badań geofizycznych itp. o ile nie są wykonywane we własnym zakresie),
- koszty zakupu sprzętu i materiałów,
- koszty eksploatacji sprzętu,
- inne koszty bezpośrednie np. delegacji,
- koszty pośrednie (np. obsługi administracyjnej, inne koszty ogólne firmy, podatki, obowiązkowe opłaty itp.)
- przewidywany zysk,
- podatek VAT.

Przewidywany zysk stanowi zwykle przynajmniej 5–10% całości kosztów pracy. Jego osiągnięcie zależy od sprawnej realizacji projektu. Jednocześnie może być traktowany jak forma zabezpieczenia przed nieprzewidzianymi wydatkami, które w sposób oczywisty pomniejszają wielkość zysku, ale nie narażają wykonawcy prac na straty. Koszty pośrednie i zysk zwykle uwzględniane są w kosztach poszczególnych wyodrębnionych zadań i nie

wykazywane jako odrębna pozycja kalkulacyjna. W przypadku projektów, których realizacja ma trwać dłużej niż jeden rok, w kalkulacji kosztów powinna być również uwzględniona inflacja (odpowiednio powiększone poszczególne pozycje kosztowe o przewidywany wskaźnik inflacji). W przypadku zakupu sprzętu lub usług za granicą uwzględnić należy możliwe zmiany kursowe walut obcych.

Istotne dla kosztorysowania jest ustalenie kompletnej listy przewidywanych czynności, których koszty wykonania podlegają wycenie oraz kompletnej listy sprzętu i materiałów niezbędnych dla realizacji prac, których zakup musi być dokonany. Lista czynności powinna być powiązana z harmonogramem lub wykresem sieciowym. Daje to możliwość oceny zapotrzebowania na środki finansowe w czasie realizacji projektu.

#### **4.5. Opracowanie projektu całości prac geologicznych**

Warunkiem nieodzownym dla prawidłowej realizacji projektowanych prac geologicznych jest ich przedstawienie w postaci uporządkowanego opisu. Opis taki powinien być sporządzony w sposób przejrzysty, zwięzły, tak aby mógł być w sposób łatwy zrozumiany i wykorzystany i nie budził wątpliwości, co do zakresu prac i sposobu ich realizacji. Projektowane prace powinny być też przedstawione na mapach i przekrojach.

Opis projektowanych prac powinien zawierać tylko te dane, które są niezbędne dla oceny ich zasadności i poprawności. Powinien zatem przedstawiać:

1. Szczegółowe określenie celu projektowanych prac.
2. Omówienie wcześniejszych badań dotyczących celu projektowanych prac i związanych z ich realizacją oraz przedstawienie ich wyników.
3. Charakterystykę (zwięzłą) geograficzną terenu badań w zakresie niezbędnym dla oceny warunków ich realizacji (morfologie terenu, warunki klimatyczne, warunki komunikacyjne, zagospodarowanie).
4. Charakterystykę geologiczną terenu przewidywanych badań (w zakresie niezbędnym dla oceny warunków ich realizacji).
5. Proponowaną metodykę badań wraz z uzasadnieniem:
  - 5.1. Wybór metodyki badań i ogólne wymagania odnośnie sposobu ich realizacji.
  - 5.2. Sposób wykonania otworów wiertniczych (lub wyrobisk górniczych) i ich likwidacji po zakończeniu badań.
  - 5.3. Projektowany sposób opróbowania (pobierania próbek, przygotowania ich do badań, zakres przewidywanych badań próbek i ewentualnie wymagania odnośnie sposobu ich wykonania).
  - 5.4. Badania geofizyczne w otworach wiertniczych.
  - 5.5. Badania geofizyczne powierzchniowe.
  - 5.6. Badania hydrogeologiczne.
  - 5.7. Prace geodezyjne.
6. Kolejność i czas przewidywanych prac (harmonogram lub wykres sieciowy) wraz z uzasadnieniem.

7. Kosztorys projektowanych prac (ta część może być zastrzeżona tylko do wiadomości zlecającego wykonanie projektowanych prac).

8. Warunki realizacji projektu.

9. Warunki ochrony środowiska na terenie projektowanych badań, sposób jego ochrony i likwidacji ewentualnych szkód.

10. Sposób przedstawienia wyników zrealizowanych prac.

Część graficzną projektu powinny stanowić:

a) mapa lokalizacji obszaru projektowanych badań na tle elementów środowiska podlegających ochronie (np. na mapie geośrodowiskowej);

b) mapa sytuacyjno-wysokościowa terenu badań z zaznaczonymi przewidywanymi miejscami ich wykonania (lokalizacją projektowanych otworów wiertniczych, profili geofizycznych itp.);

c) przewidywany profil projektowanych otworów i schemat ich konstrukcji;

d) przekrój (przekroje) koncepcyjny z zaznaczeniem projektowanych otworów lub wyrobisk górniczych;

e) harmonogram lub diagram sieciowy planowanych prac.

Obowiązujące w Polsce przepisy prawa geologicznego i górniczego wymagają wykonania w sposób sformalizowany jedynie projektu robót geologicznych, które są tylko fragmentem (nie zawsze najważniejszym) całości prac geologicznych. Powinien on przedstawiać odpowiednio dane dotyczące planowanej realizacji tych robót. Szczegółowe wymagania odnośnie treści projektu robót geologicznych są zawarte w odpowiednim rozporządzeniu Ministra Środowiska. Przede wszystkim należy jednak zwrócić uwagę na uzasadnienie celu i sposobu ich realizacji w nawiązaniu do całości prac geologicznych, których mają być elementem składowym i które stanowią uzasadnienie celowości i metodyki wykonania odpowiednich robót. Bez tego projekt samych robót jest bezwartościowy i może przedstawiać błędne rozwiązania.

W przypadku prac geologicznych, których podejmowanie wymaga uzyskania koncesji pozostałe elementy pełnego ich projektu przedstawiane są we wniosku o jej udzielenie. Określa się w nim: cel, zakres i rodzaj prac geologicznych oraz zamieszcza informację o pracach, które mają być wykonywane dla osiągnięcia zamierzonego celu, w tym o ich technologiach.

#### 4.6. Realizacja prac geologicznych

Cechą wielu prac geologicznych jest ich zespołowe wykonywanie. Skutecznie działający zespół musi spełniać kilka wymagań. Składają się na nie:

- jasno określony cel działania, przekonanie o jego słuszności i ważności,
- jednolite zaangażowanie członków zespołu w realizację postawionego celu i zapewnienie realizacji postawionego zadania,
- odpowiednie umiejętności fachowe,



- umiejętności negocjacyjne – współpracy w zespole, dyskusowania i uzgadniania poglądów,
- dobra komunikacja między członkami zespołu,
- wzajemne zaufanie,
- skuteczne kierownictwo,
- przychylny „klimat” pracy – jasno sformułowane zasady działania i motywowania członków zespołu (instruowania, nagradzania),
- wspomaganie z zewnątrz (w tym odpowiednie zaopatrzenie w niezbędne środki), przychylność instytucji nadrzędnych, kierownictwa, instytucji współpracujących.

Sprawna i skuteczna realizacja prac geologicznych zależy od dobrej ich organizacji. Sprawność oznacza osiągnięcie celu prac przy możliwie najmniejszych kosztach, skuteczność wyraża się w jak najlepszej realizacji postawionego zadania.

Spełnienie tych wymagań ma zapewnić dobra struktura organizacyjna zespołu, który je realizuje. Określa ona układ i wzajemne zależności między wyróżnionymi częściami zespołu lub jego członkami. Łączy ludzi, środki materialne i cele, które mają być zrealizowane, wyodrębnione z otoczenia, ale od tego otoczenia zależne.

Podział zespołu na części i wzajemne ich powiązania muszą spełniać wymagania specjalizacji i harmonizacji działań. Wymaga to zaprojektowania struktury organizacyjnej. Obejmuje ono:

- podział na wyspecjalizowane jednostki, komórki organizacyjne, które mają wykonywać projektowane prace,
- określenie powiązań między nimi,
- określenie sposobu podporządkowania kierownictwu.

Wyróżnione jednostki organizacyjne muszą mieć jasno określone cele i zakres działań oraz środki materialne i finansowe niezbędne dla ich realizacji.

Strukturę organizacyjną charakteryzuje pięć cech:

- specjalizacja czynności,
- jednorodność i normalizacja czynności,
- wielkość wyróżnionych jednostek organizacyjnych (liczebność grup roboczych),
- koordynacja czynności,
- forma podejmowania decyzji (centralizacja i decentralizacja decyzji).

Strukturę organizacyjną przedstawia schemat organizacyjny, w którym pokazuje się poszczególne wyróżnione zespoły, komórki organizacyjne, przedstawiane za pomocą prostokątów i wzajemne ich powiązania przez podporządkowanie i oficjalne kanały informacji przedstawiane za pomocą linii łączących prostokąty reprezentujące wyróżnione zespoły (rys. 4.3).

Schemat organizacyjny ilustruje zatem w sposób graficzny podstawowe cechy struktury organizacyjnej:

- podział pracy, gdyż każdy prostokąt przedstawia zespół lub osobę odpowiedzialną za określoną część pracy,
- rodzaje wykonywanych prac (przez opis odpowiednich prostokątów reprezentujących wyróżnione osoby lub zespoły),
- podział działalności przez grupowanie zadań w zależności od ich charakteru, celu, terenu wykonania, a zatem w układzie funkcjonalnym, terytorialnym lub tp.

- rozróżnienie kierowników i podwładnych i sposób podporządkowania podwładnych kierownikom,
- szczeble zarządzania – hierarchię kierowniczą.

Podział na wyspecjalizowane jednostki może być przeprowadzony według różnych kryteriów. W realizacji prac geologicznych zastosowanie mają przede wszystkim podziały według:

- funkcji,
- metod prac,
- zadań,
- terytorium prac.

Organizacja może mieć charakter mechanistyczny lub organiczny. Organizacja mechanistyczna wyróżnia się sztywną hierarchią, ustalonymi ściśle określonymi regułami działania, sformalizowanymi powiązaniem. Organizacja organiczna wyróżnia się tym, że zadania wykonywane nie są ściśle standaryzowane, wstępują powiązania między wykonawcami w pionie i w poziomie, uprawnienia decyzyjne są zdecentralizowane.

W pracach geologicznych właściwsza jest organizacja organiczna. Większość zadań musi być wykonywana przez profesjonalistów, posiadających odpowiednią wiedzę i doświadczenie, którzy muszą mieć możliwość stosowania rozwiązań odbiegających od z góry założonych, wówczas gdy pojawiają się określone okoliczności zmuszające do zmiany sposobu realizacji podejmowanych zadań. Organiczny charakter organizacji realizacji prac powinien być uwzględniany już na etapie ich projektowania przez dopuszczenie możliwych modyfikacji ich realizacji w zależności od uzyskiwanych wyników prac.

Sprawną realizację prac zapewnia zarządzanie nimi przez cele (ZPC<sup>20</sup>). Polega to na tym, że dla każdego pracownika ustala się zadania i cele, jakie ma osiągnąć. Tym samym określony zostaje udział każdego w realizacji przedsięwzięcia i wkład w osiągnięciu celu całości prac. Do istotnych elementów ZPC należy:

- konkretne określenie celów cząstkowych w realizacji przedsięwzięcia,
- uczestnictwo wykonawców w podejmowaniu decyzji,
- określony czas realizacji zadań,
- bieżące informowanie o uzyskiwanych wynikach.

W organizacji i realizacji dużych przedsięwzięć zastosowanie mogą też mieć metody określane jako:

- reengineering – wyznaczenie osób odpowiedzialnych za rozwiązanie określonych problemów i tworzenie podporządkowanych im zespołów grupujących specjalistów z różnych dziedzin, których zadaniem jest rozwiązanie tych problemów; umożliwia to zastąpienie nadzoru kierowniczego motywacją wynikającą z udziału w pracy zespołowej i osiągnięcia wyznaczonych celów;
- benchmarking – poszukiwania najefektywniejszych metod działalności i dochodzenie do nich przez porównanie z najlepszymi rozwiązaniami i ich doskonalenie na podstawie cudzych doświadczeń (stanowią one punkt odniesienia czyli „benchmark”),

---

<sup>20</sup> *Management by Objectives* – MBO.

Sprawną realizacją prac zależy od odpowiednio dobranego personelu. Ważnym zadaniem jest zatem właściwy dobór pracowników i dobre określenie stawianych im zadań.

Podstawowe znaczenie mają umiejętności wykonawców prac. Składa się na nie wiedza, umiejętność jej praktycznego spożytkowania oraz wcześniej zdobyte doświadczenie. Wiedzę można stosunkowo łatwo sprawdzić. Ocena umiejętności jej praktycznego wykorzystania i posiadanego doświadczenia jest trudniejsza. Często wnosi się o nich na podstawie długości praktyki zawodowej, wykonanych wcześniej prac lub udziału we wcześniejszych pracach podobnego typu. W Polsce wymaga się zwykle co najmniej trzyletniej praktyki dla stwierdzenia kwalifikacji do wykonania prac geologicznych odpowiedniego typu. Istnieją też poglądy, że dopiero pięcioletnia praktyka w wykonywaniu określonych badań jest wystarczająca dla zdobycia odpowiedniego doświadczenia i dopiero wówczas osoba posiadająca je może być uznana za w pełni kompetentną<sup>21</sup>. Dodatkowo wymagany może być dobry stan zdrowia, sprawność fizyczna i odporność psychiczna. Jest to nieodzowne wówczas, gdy prace mają być prowadzone w trudnych warunkach geograficznych i klimatycznych, w terenie trudno dostępnym, z dala od osiedli ludzkich, zwłaszcza w terenach pustynnych, obszarach tropikalnych, polarnych, wysokogórskich.

Ważną rolę odgrywają cechy osobowości członków zespołu. Mają one wpływ na wzajemne relacje między nimi i na ich efektywność zawodową. Wymiar osobowości określa stopień spełnienia pięciu cech, określanych jako model „wielkiej piątki”:

- 1) ekstrawersja – określająca towarzyskość, rozmowność, asertywność,
- 2) życzliwość – chęć do współdziałania, zaufanie,
- 3) sumienność – stopień odpowiedzialności, wiarygodności, nastawienie na osiągnięcie postawionych celów,
- 4) stabilność emocjonalna – opanowanie, poczucie bezpieczeństwa, nastawienie entuzjastyczne,
- 5) otwartość na doświadczenie – wyobraźnia, wrażliwość artystyczna, postawa intelektualna, ciekawość świata.

Szczególne znaczenie ma stabilność emocjonalna, pozwalająca przezwyciężać sytuacje stresowe. Stres jest zjawiskiem niepożądanym w realizacji prac, aczkolwiek całkowicie nie daje się go wyeliminować. Jego źródłem mogą być:

- czynniki osobiste: sprawy rodzinne, problemy finansowe, cechy osobowości, problemy zdrowotne,
- czynniki organizacyjne: niejednoznaczność zadań, konflikty w pracy, przeciążenie zadaniami, niewłaściwe określenie zadań,
- zagrożenia zewnętrzne: przyrodnicze, polityczne.

Poczucie niepewności, podleganie depresji, spłycenie, nerwowość są cechami negatywnymi i taki mogą mieć wpływ na efektywność zawodową.

Ważnymi cechami osobowości są także: poczucie własnej wartości, samokontrola, czyli zdolność do dostosowywania swoich zachowań do zaistniałych sytuacji, oraz skłonność do ryzyka – wyrażająca się ilością czasu potrzebnego do podejmowania decyzji i ilością informacji potrzebnych dla dokonania wyboru.

---

<sup>21</sup> *Competent person* według propozycji kodeksu postępowania Geologa Europejskiego i kodeksu JORC.

Warunkiem powodzenia prac jest też odpowiednie umotywowanie członków zespołu. Istnieją różne poglądy odnośnie kryteriów motywacji. Ważnym kryterium jest zadowolenie z pracy. Według teorii McCellanda zapewnia to spełnienie trzech potrzeb:

- potrzeba osiągnięć – dążenie do osiągnięć, wyróżnienia się, do zdobycia powodzenia, „robienia czegoś lepiej”,
- potrzeba władzy – wywierania wpływu, powodowania by inni zachowywali się w określony sposób,
- potrzeba przynależności – akceptacji przez otoczenie, oczekiwanie dobrych stosunków międzyludzkich.

Cechy osobowe, szczególnie stabilność emocjonalna są szczególnie ważne w przypadku realizacji prac w trudnych warunkach terenowych i geograficznych.

#### 4.7. Dokumentowanie wyników prac geologicznych

Wyniki zrealizowanych prac geologicznych przedstawia się w ich dokumentacji geologicznej. W przypadku rozpoznania złoża kopaliny jest to „Dokumentacja geologiczna złoża” o określonej nazwie. Zasady sporządzania dokumentacji przedstawione są w aneksie I B. Powinna ona zawierać informacje geologiczne niezbędne dla oceny użyteczności złoża i projektowania jego zagospodarowania, to jest jego eksploatacji i wykorzystania kopaliny. W przypadku, gdy wyniki przeprowadzonych badań są do tego niewystarczające, dokumentacja geologiczna powinna przedstawiać dane niezbędne albo do projektowania dalszych prac badawczych albo do uzasadnienia decyzji o ich zaniechaniu.

Wskazany i zalecany układ treści dokumentacji geologicznej przedstawia tabela 4.6.

Przy opracowaniu dokumentacji należy pamiętać, że jej odbiorcą jest nie tylko geolog, lecz również osoby nie mające specjalistycznego przygotowania geologicznego, przede wszystkim górnik projektujący wydobywanie kopaliny, bądź prowadzący eksploatację złoża oraz ekonomista wykonujący analizę ekonomiczną celowości zagospodarowania złoża. Korzystają z niej także osoby opracowujące plany zagospodarowania przestrzennego i prace studialne z zakresu gospodarowania środowiskiem i jego ochrony. Dokumentacja geologiczna powinna być zatem sporządzona w sposób przejrzysty i zrozumiały, tak by nie wymagała dodatkowych wyjaśnień przez jej autora. Przedstawione powinny być przede wszystkim udokumentowane fakty o złożu, te które są niezbędne dla prowadzenia dalszych prac projektowych, eksploatacji złoża i oceny jej wpływu na środowisko. Poglądy na budowę złoża i jej interpretacja powinny być przedstawione w sposób jednoznaczny, a tam gdzie dane nie pozwalają na jednoznaczną interpretację musi to być wyraźnie zaznaczone i podane jej warianty, możliwe do przyjęcia. Projektant zakładu górniczego musi mieć jasny obraz wiarygodności przedstawionej koncepcji budowy złoża.

Ważną cechą dokumentacji jest jej zwięzłość. Opisy zbyt rozwlekłe są z zasady trudne do wykorzystania. Ważne dane o złożu mogą zostać niedostrzeżone, „utopione” w morzu zbędnych słów, opisów drugorzędnych faktów i zbędnych rozważań. Dokumentacja ma być

4. Planowanie i organizacja prac geologicznych

**Tabela 4.6**

Wskazany układ treści dokumentacji geologicznej złoża\*

Rozdziały		Uwagi
1		2
1.	Wstęp	cel wykonania dokumentacji
2.	Charakterystyka geograficzna dokumentowanego obszaru	
	2.1. Położenie administracyjne i geograficzne złoża	
	2.2. Morfologia i hydrografia terenu złoża i najbliższego otoczenia	ilustrowane przedstawieniem złoża na mapie topograficznej (w skali odpowiedniej do wielkości złoża: 1: 10000 – 1:50000)
	2.3. Zagospodarowanie terenu	
	2.4. Charakterystyka środowiska w otoczeniu złoża (obszarów i obiektów chronionych)	ilustrowana mapą geośrodowiskową (wycinkiem) 1:50000
	2.5. Stan zagospodarowania złoża	w złożach eksploatowanych: główne dane o zakładzie górniczym, stopień wyeksploatowania złoża
3.	Stan rozpoznania złoża	ilustrowany mapą sytuacyjno-wysokościową w odpowiedniej skali (1: 1000 – 1: 10 000) z przedstawieniem wykonanych prac i robót geologicznych**
	Budowa geologiczna złoża	opis na podstawie wykonanych prac geologicznych, robót geologicznych i badań geofizycznych
	4.1. Położenie geologiczne złoża	ilustrowane odpowiednim wycinkiem mapy geologicznej 1: 50000
	4.2. Stratygrafia i litologia (serii złożowej i nadkładu)	w złożach wielopokładowych uzasadnienie korelacji pokładów
	4.3. Tektonika	ilustrowane przekrojami geologicznymi i odpowiednio dobranymi mapami: strukturalną (spągu, stropu złoża), miąższości złoża (Z), miąższości nadkładu (N), stosunku N/Z, rozmieszczenia przewarstwień skał płonnych itp.
	4.4. Budowa złoża. Typ (model) złoża, forma, grupa zmienności, cechy budowy wewnętrznej	
	4.5. Budowa i charakterystyka nadkładu	w złożach przewidzianych do eksploatacji odkrywkowej
	Rodzaj i jakość kopaliny	
	5.1. Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna kopaliny i jej odmian	szczegółowe wyniki badań mineralogiczno-petrograficznych w załączniku
	5.2. Sposób opróbowania i badań jakości kopaliny	
	5.3. Jakość kopaliny	charakterystyka na podstawie opróbowania, ilustrowana opracowaniem statystycznym wyników badań próbek
	5.4. Właściwości technologiczne kopaliny, możliwe kierunki wykorzystania	

**Tabela 4.6 cd.**

1		2
6.	Warunki hydrogeologiczne	opis na podstawie wykonanych badań ilustrowany odpowiednio dobranymi mapami i przekrojami
6.1.	Wykonane badania hydrogeologiczne	
6.2.	Wody powierzchniowe i warunki meteorologiczne	
6.3.	Charakterystyka wyróżnionych poziomów wodonosnych	
6.3.	Skład chemiczny wód podziemnych	
6.4.	Możliwe zagrożenia wodne eksploatacji	
7.	Warunki inżyniersko-geologiczne	ilustrowane odpowiednio dobranymi mapami i przekrojami oraz opracowaniem statystycznym wyników badań próbek
7.1.	Wykonane badania inżyniersko-geologiczne	
7.2.	Właściwości inżyniersko-geologiczne wydzielonych zespołów skalnych	
7.3.	Cechy strukturalne górotworu, ich wpływ na warunki geologiczno-inżynierskie	
7.4.	Ocena i prognoza właściwości inżyniersko-geologicznych górotworu. Zagrożenia eksploatacji	
8.	Warunki gazowe	opis na podstawie wykonanych badań ilustrowany odpowiednio dobranymi mapami i przekrojami
8.1.	Wykonane badania gazonośności	
8.2.	Charakterystyka gazonośności	
8.3.	Obliczenie zasobów metanu jako kopaliny towarzyszącej	
9.	Warunki geotermalne	opis na podstawie wykonanych badań ilustrowany odpowiednio dobranymi mapami i przekrojami
10.	Warunki ochrony środowiska i złoża	
10.1.	Cechy istotne złoża i kopaliny z punktu widzenia oceny oddziaływania eksploatacji na środowisko	
10.2.	Właściwości rekultywacyjne skał płonnych	właściwości skał, których zwałowanie na powierzchni może być przewidywane
10.3.	Wymagania odnośnie ochrony złoża	
11.	Zasoby złoża	
11.1.	Kryteria wyznaczania granic złoża (bilansowości)	
11.2.	Sposób określenia granic złoża i kategoria rozpoznania	
11.3.	Wybór metody obliczenia zasobów i obliczone zasoby	ilustrowane mapą zasobności i mapą zasobów (podziału na bloki obliczeniowe)
11.4.	Analiza dokładności rozpoznania złoża i szacowania jego zasobów	
11.5.	Rozliczenie zasobów i wyjaśnienie przyczyn zmian	w przypadku aktualizacji informacji o stanie zasobów

Tabela 4.6 cd.

1		2
12.	Kopaliny towarzyszące	
Załączniki tekstowe	Historia badań i eksploatacji złoża Wyniki badań specjalistycznych: Stratygraficznych (korelacji pokładów) Tektonicznych Petrograficznych Geofizycznych Przedstawienie wykonanych badań statystycznych lub geostatystycznych i szczegółowych ich wyników	

\* W zależności od rodzaju złoża może być odpowiednio uproszczona lub uzupełniona.

\*\* Do dokumentacji podstawowej muszą być dołączone profile wykonanych otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych jeśli były wykonane w celu rozpoznania złoża oraz wyniki badań geofizycznych.

opracowaniem technicznym. Wszelkie informacje nawet najbardziej interesujące – ale nie mające znaczenia dla zagospodarowania złoża – powinny być ograniczone do minimum lub przedstawione w formie dodatkowych załączników. Przykładowo, tak przedstawiane może być omówienie regionalnego położenia złoża, szczegółowa charakterystyka stratygrafii utworów budujących złoża i jej uzasadnienie, jeśli nie jest podstawą dla ustalenia korelacji warstw (np. pokładów), czy geneza złoża, często dyskusyjna itp.

Informacje podobnego typu, powtarzające się (np. w złożach węgla kamiennego charakterystyki pokładów) powinny być przedstawione w postaci stabelaryzowanej. Informacje przedstawione w tabelach nie powinny być dodatkowo wymieniane i omawiane w tekście dokumentacji, za wyjątkiem tych, na które należy zwrócić szczególną uwagę.

Tabelaryczne zestawienia danych cyfrowych powinny być przejrzyste. Należy unikać nadmiernie rozbudowanych, wielokolumnowych tabel. Ich wykorzystanie zawsze nastęrcza trudności (praktyczną zasadą powinno być tworzenie tabel o szerokości nie większej niż 1 m).

Zakres informacji przedstawionych w dokumentacji dostosowany powinien być do rodzaju złoża i potrzeb jego użytkownika. W przypadku złóż małych kopalni uważanych za „pospolite”, eksploatowanych sposobem odkrywkowym (np. piasków, żwirów, kopalni budowlanych, drogowych itp.) mogą być znaczne uproszczone w porównaniu do wykonywanych dla złóż dużych takich samych kopalni przewidzianych do eksploatacji wielkoprzemysłowej.

Podstawową rolę w prezentacji wyników badań stanowią opracowania kartograficzne:

- graficzne profile wierzeń, wyrobisk górniczych, dokumentacja odsłoneń naturalnych,
- mapy przedstawiające lokalizację badanego obszaru i złoża,
- mapa sytuacyjno-wysokościowa lokalizacji wykonanych badań,
- mapy obrazujące warunki występowania i budowę złoża,
- przekroje geologiczne.

Wśród nich najważniejszymi są profile wierceń, wyrobisk górniczych, dokumentacja odsłoneń naturalnych. Przedstawiają one zarejestrowane fakty. Mają podstawowe znaczenie dla sporządzania map złożowych i przekrojów, na których interpretacja obserwowanych faktów zawsze jest obciążona pewnym subiektywizmem, odzwierciedlającym wiedzę i doświadczenie ich wykonawcy.

#### 4.8. Kontrola realizacji prac

Jednym z warunków właściwej realizacji prac jest system ich kontroli. Wskazane są trzy formy lub etapy kontroli:

- prewencyjna, wstępna przed rozpoczęciem prac, która ma stwierdzić czy zaprojektowano prace w sposób właściwy,
- bieżąca, sterująca w trakcie realizacji prac, która ma stwierdzić zgodność realizacji prac z przyjętym, zaakceptowanym projektem i w przypadku stwierdzenia rozbieżności prowadzić do:
  - skorygowania błędów, dostosowania sposobu realizacji prac do wymagań określonych w projekcie,
  - ewentualnej modyfikacji projektu jeśli stwierdzane są okoliczności, wskazujące na konieczność zmiany sposobu realizacji prac;
- akceptująca (lub odrzucająca) po zakończeniu określonych etapów badań i końcowa po zakończeniu prac.

Zadaniem kontroli jest sprawdzenie poprawności realizacji prac, zwrócenie uwagi na niedociągnięcia i błędy oraz wskazanie sposobu ich naprawy. Na podstawie jej wyników wyciągane są wnioski odnośnie kontynuacji prac oraz wnioski odnośnie realizacji podobnych prac w przyszłości.

Kontrola powinna być skupiona przede wszystkim na tych czynnościach, które mają zasadnicze znaczenie dla wykonania prac, ich poprawności i terminowości. Kontroli podlegają także warunki bezpieczeństwa realizacji prac, w tych przypadkach gdy mogą one stanowić zagrożenie dla wykonujących je, dla osób postronnych lub środowiska. Każda kontrola powinna być dokładna, ale zrozumiała i racjonalna, prowadząca do rzeczywistej, dającej się zrealizować poprawy wykonawstwa prac. Nie może być nękająca dla wykonawców prac, utrudniająca ich sprawną realizację. Ważne też jest by była ekonomicznie uzasadniona: koszty jej przeprowadzania powinny być uzasadnione korzyściami z niej wynikającymi.

Kontrola powinna być przeprowadzana według jasnych określonych zasad przez osoby nie związane bezpośrednio z wykonywaniem prac. Rozróżnia się przy tym kontrolę wewnętrzną, przeprowadzaną przez pracowników tej samej instytucji i zewnętrzną, przez pracowników instytucji niezależnych.

W pracach geologicznych szczególną rolę spełnia kontrola prewencyjna projektu prac i kontrola wyników prac przedstawianych w dokumentacji geologicznej. Kontrolą wew-



nętrzną jest weryfikacja projektów i dokumentacji, natomiast wyniki kontroli zewnętrznej przedstawiane są w koreferatach do projektów i dokumentacji wykonywanych przez niezależnych, kompetentnych specjalistów<sup>22</sup>. Przedmiotem kontroli jest nie tylko poprawność obu opracowań, ale także poprawność przyjętych założeń i interpretacji. Cechą szczególną tych kontroli jest to, że osoba kontrolująca może zaproponować inne rozwiązania zadania projektowego czy inną interpretację wyników badań. W przypadku nie dającej się uzgodnić rozbieżności stanowisk między wykonawcą projektu lub dokumentacji i osoby przeprowadzającej weryfikację jej wyniki przedstawia się w postaci notatki weryfikacyjnej. Wyniki kontroli zewnętrznej przedstawia się w formie koreferatu. Jest on pisemnym poświadczeniem bądź poprawności tych opracowań, bądź propozycją innego spojrzenia na sposób odpowiednio albo realizacji prac albo interpretacji ich wyników.

#### 4.9. Weryfikacja dokumentacji geologicznej

Osoba, lub osoby dokumentujące złożę, bierze odpowiedzialność za zawartość dokumentacji oraz poprawność i rzetelność jej wykonania i przedstawienia informacji o złożu i otaczającym je górotworze oraz zjawiskach geologicznych istotnych z punktu widzenia przyszłej eksploatacji złoża. Stwierdza to swoim podpisem.

Możliwość popełnienia błędów w dokumentowaniu złoża i obciążenie dokumentacji subiektywizmem interpretacji oraz wynikające z tego poważne konsekwencje dla zagospodarowania złoża powodują, że każda dokumentacja powinna być zweryfikowana i oceniona przez osoby niezależne od dokumentatora (weryfikatora, koreferenta).

Celem weryfikacji dokumentacji geologicznej złoża powinna być wszechstronna jej analiza i ocena poprawności i kompletności danych, na których się ona opiera oraz zasadności i prawidłowości interpretacji tych danych. Powinna być także zwrócona uwaga na możliwość innej interpretacji niż przedstawiana przez dokumentatora, jeśli w sposób oczywisty dla weryfikatora jest to możliwe. Nie oznacza to konieczności zmuszenia dokumentatora do zmiany przedstawionych przez niego poglądów. Jest natomiast sygnałem, że mogą być one dyskusyjne i wyciągane na ich podstawie wnioski muszą być ostrożne. Stwarza też pewne ramy dla oceny niepewności w projektowaniu dalszych działań górniczych.

Jeśli formułowane są określone wymagania formalne odnośnie dokumentacji geologicznej złoża, weryfikacja powinna obejmować także sprawdzenie, czy spełnione są te wymagania, ale nie powinno być to jedynym i nadrzędnym jej celem. Konieczność spełnienia wymagań formalnych jest bezdyskusyjna.

Weryfikacja dokumentacji geologicznej powinna obejmować:

1. Ocenę poprawności zastosowanej metodyki badań i wykorzystanie ich wyników. Czy złożę zostało we właściwy sposób rozpoznane, a dane kartograficzne, wiertnicze, laboratoryjne w pełni

---

<sup>22</sup> Za osobę kompetentną (*competent person*), według standardów międzynarodowych (np. JORC Code) uważa się taką, która posiada co najmniej 5 lat praktyki w dokumentowaniu złóż określonego typu.

wykorzystane. W kopalniach czynnych – czy wykorzystane zostały w pełni dane rozpoznania dołowego (z wyrobisk górniczych i otworów dołowych).

2. Sprawdzenie i ocena dokumentacji podstawowej – przede wszystkim profili otworów wiertniczych – co do ich poprawności, kompletności przedstawianych informacji, wykorzystania danych profilowania geofizycznego. Ocena dokładności wyznaczenia miąższości warstw i określenie głębokości ich położenia (w szczególności złoże). Ocena poprawności dokumentacji odsłoneń naturalnych i profili wyrobisk górniczych. W miarę możliwości i potrzeby sprawdzenie zgodności dokumentacji podstawowej ze stanem faktycznym.

3. Ocena wiarygodności danych podstawowych i poprawności wykorzystania danych o ograniczonej wiarygodności (np. starych wierceń). Analiza poprawności uzysku rdzenia.

4. Ocena zasadności i słuszności przyjętej interpretacji budowy złoże i otaczającego górotworu. Słuszność przyjętego modelu budowy złoże, geologicznej poprawności interpretacji jego granic.

5. Ocena poprawności i wiarygodności korelacji wyróżnionych warstw i interpretacji tektoniki, ocenę możliwości różnych wariantów tej interpretacji i ewentualne wskazanie takich możliwości.

6. Analizę i ocenę poprawności i słuszności interpretacji map i przekrojów ilustrujących budowę złoże, a w szczególności:

- doboru rodzaju map,
- doboru i gęstości przekroi,
- zgodności interpretacji przedstawionej na mapach i przekrojach,
- zasadności i poprawności wykonania map izarytm parametrów złoże (wyboru algorytmu interpolacyjnego),
- poprawności interpretacji map i przekroi.

7. Analizę poprawności i wszechstronności badań rodzaju i jakości kopaliny, a w szczególności:

- badań mineralogiczno-petrograficznych (zakresu, metodyki i wykorzystania wyników),
- sposobu pobierania próbek i ich przygotowania do badań (zwłaszcza analizy chemicznej),
- kompletności badań, poprawności metodyki ich wykonania i ich zgodności z obowiązującymi normami badań jakości kopaliny (nie surowca),
- sposobu przeprowadzenia badań kontrolnych i oceny dokładności opróbowania złoże oraz charakterystyki jakości kopaliny,
- poprawności wyróżnienia odmian kopaliny lub części złoże, w których kopalina posiada różne właściwości,
- wykonanych badań dla oceny właściwości technologicznych kopaliny, możliwości jej przeróbki, uszlachetniania lub uzdatniania,
- oceny możliwych kierunków wykorzystania kopaliny i odpadów,
- sposobu pobierania próby do badań technologicznych (przemysłowych) i przeprowadzonych badań oraz oceny właściwości technologicznych na podstawie tej próby (jeśli badania takie są niezbędne lub były wykonywane),
- porównania danych o rodzaju i jakości kopaliny z danymi z bieżącej produkcji (w czynnych zakładach górniczych).

8. Analizę i ocenę wykonanych badań hydrogeologicznych, a w szczególności:

- kompletności danych hydrograficznych i meteorologicznych,

- rejestracji stanu wykorzystania wód podziemnych,
- poprawności realizacji badań hydrogeologicznych w otworach wiertniczych, obserwacji ciśnienia wody (hydrodynamicznego) w poszczególnych poziomach wodonośnych,
- poprawności wydzielania warstw wodonośnych, określenia źródeł ich zasilania i drenażu oraz kontaktów między nimi,
- wystarczalności danych dla charakterystyki parametrów hydrogeologicznych wydzielonych warstw wodonośnych i oceny dokładności określenia tych parametrów (porowatości, przepuszczalności, odsączalności),
- badań jakości wody z poszczególnych warstw wodonośnych,
- kompletności badań hydrogeologicznych dla oceny spodziewanych dopływów do wyrobisk, zagrożeń wodnych oraz zmian warunków wodnych w otoczeniu złoża w wyniku eksploatacji.

9. Analizę i ocenę wykonanych badań inżyniersko-geologicznych, a w szczególności:

- poprawności makroskopowego wyróżnienia i korelacji warstw (linotypów) o różnych właściwościach fizykomechanicznych (inżyniersko-geologicznych),
  - poprawności i kompletności obserwacji podzielnosci skał (warstwowej, spękaniaowej) dla oceny osłabienia strukturalnego górotworu i wykrycia stref wybitnie osłabionych,
  - poprawności i wystarczalności badań właściwości fizykomechanicznych skał, oceny dokładności ich określenia, zgodności z obowiązującymi normami i instrukcjami,
  - kompletności danych dla oceny warunków stropowych i spągowych złoża w kopalniach podziemnych dla oceny stateczności skarp w kopalniach odkrywkowych, skłonności do tąpnięć, urabialności kopaliny i skał otaczających itp.,
  - poprawności interpretacji warunków inżyniersko-geologicznych, ich prezentacji na mapach i przekrojach oraz danych odnośnie zagrożeń naturalnych związanych z właściwościami inżyniersko-geologicznymi górotworu,
  - informacji o zjawiskach geodynamicznych i możliwości ich występowania (wietrzenie, sufozja, osuwiska itp.) w rejonie prowadzenia wyrobisk górniczych,
  - kompletności i wystarczalności danych geotermicznych poprawności ich interpretacji,
10. Analizę i ocenę badań gazonośności (jeśli takie badania powinny być wykonane):
- stopnia rozpoznania warunków gazowych i danych dla oceny zagrożenia gazowego i wyrzutowego oraz ewentualnego projektowania odmetanowania złoża i obliczenia zasobów gazu,
  - wiarygodności i dokładności stosowanych metod badania gazonośności (złoża i skał otaczających),
  - poprawności interpretacji i przedstawiania wyników badań.

11. Ocenę poprawności, wiarygodności i dokładności interpretacji granic złoża w pionie i w poziomie oraz klasyfikacji zasobów w zależności od stopnia rozpoznania. Ocena słuszności klasyfikacji z punktu widzenia osiągniętej dokładności rozpoznania.

12. Analizę poprawności oceny bilansowości złoża, wyznaczenia granic złoża bilansowego i pozabilansowego.

13. Ocenę poprawności i dokładności określenia zasobów, a w szczególności:

- dokładności określenia podstawowych parametrów obliczeniowych (powierzchni, miąższości, gęstości przestrzennej, zawartości składników użytecznych, wilgotności),

- wyboru metody obliczenia zasobów i jej dostosowania do modelu budowy złoża,
- przyjęcia współczynników korygujących lub kryteriów eliminacji danych do obliczenia zasobów,
- dokładności oszacowania zasobów i zasadności klasyfikacji w poszczególnych kategoriach,
- poprawności i kompletności rozliczenia zasobów w stosunku do przedstawianych we wcześniejszych dokumentacjach (lub dodatkach do dokumentacji), poprawności zbilansowania oraz przedstawiania na mapach zmian stanu zasobów.

14. Analizę i ocenę udokumentowania kopalin towarzyszących, a w szczególności:

- poprawności identyfikacji kopalin towarzyszących,
- wykonania niezbędnych badań dla oceny ich rodzaju i jakości,
- poprawności rozpoznania warunków ich występowania ewentualne klasyfikacji zasobów i określenia ich ilości,
- rozpoznania warunków geologiczno-górnicznych eksploatacji,
- możliwości wykorzystania wód złożowych w przypadku odwodnienia,

15. Analizę i ocenę badań wykonanych z punktu widzenia potrzeb ochrony środowiska i rekultywacji, a w szczególności:

- przedstawienia na mapach (geośrodowiskowej, sytuacyjno-wysokościowej) stanu zagospodarowania powierzchni złoża i rozmieszczenia obszarów i obiektów chronionych w jego otoczeniu,
- przedstawienia na mapach rozpoznania warunków hydrogeologicznych, umożliwiających prognozę ich zmian w czasie eksploatacji,
- określenia szczególnych walorów wód podziemnych wymagających ochrony (skład chemiczny, czystość, zasobność, etc.),
- chemizmu wód w stopniu umożliwiającym ocenę skutków ich odprowadzania z kopalni,
- zawartości składników szkodliwych w kopalinie zagrażających środowisku w wyniku jej przeróbki lub użytkowania,
- właściwości mineralogicznych i petrograficznych skał płonnych przeznaczonych do zwałowania jako źródła substancji szkodliwych emitowanych do środowiska,
- możliwych konfliktów ekologicznych spowodowanych podjęciem eksploatacji i kompletności danych dla oceny zmian środowiska w wyniku eksploatacji,
- wystarczalności określenia właściwości rekultywacyjnych skał płonnych przewidzianych do zwałowania.

## LITERATURA

---

1. ANNELS E. J., 1991 – Mineral deposits evaluation. Chapman Hall. London
2. ANTONIUK J., MOŚCICKI J., 1995 – Zastosowanie badań geoelektrycznych do rozpoznawania i dokumentowania złóż gipsów. [W:] Geologiczne i geofizyczne badania podstawowe w poszukiwaniach, rozpoznawaniu i ocenie złóż surowców skalnych. Wyd. AGH, Kraków, s. 9–15.
3. ANTONIUK J., MOŚCICKI J., 1995 – Badanie miąższości nadkładu oraz kartowanie form krasowych w stropie wapieni metodą elektrooporową. [W:] Geologiczne i geofizyczne badania podstawowe w poszukiwaniach, rozpoznawaniu i ocenie złóż surowców skalnych. Wyd. AGH, Kraków, s. 17–25.
4. BAŁA M., BOJDYS G., FAJKLEWICZ Z., GRABOWSKA T., MAŁOSZEWSKI S., MIECZNIK J., ŚLUSARCZYK R. 1995 – Zastosowanie metod geofizycznych dla poszukiwania i rozpoznawania złóż surowców skalnych. [W:] Geologiczne i geofizyczne badania podstawowe w poszukiwaniach, rozpoznawaniu i ocenie złóż surowców skalnych. Wyd. AGH, Kraków, s. 27–44.
5. BIENIAWSKI Z.T., 1992 – Design methodology in rock engineering. Theory, Education and Practice. Rotterdam, Balkema.
6. BONHAM-CARTER G.F., 1994 – Geographic information systems for geoscientists: Modelling with GIS. Pergamon- Elsevier.
7. COX D.P., SINGER D.A. (eds.), 1986 – Mineral Deposit Models. USGS Bull. 1693.
8. EVANS A.M., 1995 – Introduction to mineral exploration. Blackwell, Science Carlton.
9. GAWEŁ A., 1962 – Budowa geologiczna złoża solnego w Wieliczce. Prace IG t. XXX, Czterdzieści lat Instytutu Geologicznego, cz. III, s. 305–331.
10. GONET T., PAWLIKOWSKA J., WOJCIECHOWSKA M., 1996 – Technika i technologia rdzeniowania otworów. Skr. Ucz. 1451, Wyd. AGH, Kraków.
11. 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.
12. GÓRECKI J., SZWED E., 2004 – Dokumentowanie geologiczne zagospodarowanych złóż kamieni budowlanych kruszyw drogowych na przykładzie złoża piaskowców w Lipowicy k. Dukli. Prace Nauk. Inst. Gór. Polit. Wrocławskiej nr 108, s. 99–106.
13. GRUSZCZYK H., 1986 – Metodyka poszukiwań złóż kopalin stałych. Wyd. Geol., Warszawa.
14. JARZYNA J., BAŁA M., ZORSKI T., 1997 – Metody geofizyki otworowej. Wyd. AGH, Kraków.

15. KILBURN L.C., 1990 – Valuation of mineral properties which do not contain exploitable reserves. *CIM Bull.* v. 83, no 940, p. 90–93.
16. KOKESZ Z., NIEĆ M., 1992 – Metody geostatystyczne w rozpoznawaniu i dokumentowaniu złóż oraz w ochronie środowiska. *Studia i Rozprawy 19, CPPGSMiE PAN.*
17. KOKESZ Z., KOTOWSKI M., MUCHA J., 2002 – Wykorzystanie badań geofizycznych i metod geostatystycznych przy dokumentowaniu złoża kopaliny skaleniowej. *Górn. Odkrywk. R.* 44, nr 2/3, s. 42–47.
18. KUZVART M., BOHMER M., 1986 – *Prospecting and Exploration of Mineral Deposits.* Academia. Praha.
19. LASOŃ K., 2003 – Geochemia molibdenowo-wolframowego złoża porfirowego Myszków. *Biul. PIG 405*, s. 87–108.
20. MARJORIBANKS T., 1995 – *Geological methods in Mineral Exploration and Mining.* Balkema. Amsterdam.
21. MOON E.CH., WHATELEY K.G., EVANS A.M. (eds.), 2006 – *Introduction to mineral exploration.* Blackwell Pub. Co, Amsterdam.
22. MUCHA J., KOKESZ Z., DOLIK M., 1994 – Szacowanie zasobów złóż masywowo-sztokwerkowych z wykorzystaniem metod geostatystycznych na przykładzie złoża Mo-W-Cu Myszków. *Przeł. Geol.* nr 11.
23. NIEĆ M., 1985 – Wstępna ocena oznak złożowych dla ich typowania do dalszych poszukiwań. *Gosp. Sur. Min. t. 1, z. 3–4*, s. 569–577.
24. NIEĆ M., 1990 – *Geologia kopalniana.* Wyd. Geol., Warszawa.
25. NIEĆ M., 1991 – Modelowanie śląsko-krakowskich złóż rud cynku i ołowiu. *Kierunki i metody badań. Przeł. Geol. r. 39, 3 (455)*, 129–137.
26. NIEĆ M., ŚLIZ J., 1987 – Zastosowanie metody grawimetrycznej w rozpoznawaniu małych złóż węgla brunatnego. *Gosp. Sur. Min. t. 3, z. 2*, s. 257–266.
27. *Optymalizacja siatek wiertniczych przy dokumentowaniu złóż surowców stałych.* IG, Warszawa 1976.
28. PIECZKA A., GOŁĘBIEWSKA B., GOŁĘBIEWSKI T., 2006 – Cynonośna mineralizacja polimetaliczna z Rędzin (Rudawy Janowickie, Dolny Śląsk). *Badania geofizyczne i geochemiczne. Gosp. Sur. Min. t. 22, z. spec. 3*, s. 171–178.
29. PINIŃSKA J., 2003 – Problemy projektowania w inżynierii skalnej. *Przeł. Geol. v. 51, nr 8*, s. 653–657.
30. PORĘBSKI Z., JAROSŁAWSKI K., 1970 – *Metody analizy drogi krytycznej i ich zastosowanie w przedsiębiorstwie.* Wyd. Nauk. Techn., Warszawa.
31. SKOWROŃSKI A., 2007 – *Zarys geochemii poszukiwawczej.* AGH Wyd. Nauk. Dydak. Kraków.
32. SUBIETA M., 1979 – *Suwalskie złoża rud żelaza, tytanu i wanadu.* Prace PIG, Warszawa.
33. STEFANIUK M., GARBISZ J., WOJDYŁA M., SITO Ł., 2011 – *Badania magnetoteluryczne na Dolnym Śląsku – nowe możliwości wykorzystania metody magnetotelurycznej w geologii strukturalnej, złożowej, poszukiwaniach wód mineralnych i termalnych. [W:] Mezozoik i kenozoik Dolnego Śląska LXXXI Zjazd PTG, Wrocław*, s. 169–193.
33. SZEWCZYK J., 1987 – *Możliwości geofizycznego prognozowania stref mineralizacji uranowej w utworach triasu na obszarze syneklizy perybałtyckiej.* *Przeł. Geol. r. 35*, nr 7.

#### Literatura

---

34. WELLMER F. W., 1998 – Statistical valuation in exploration for mineral deposits. Springer Ver. Berlin.
36. WIRTH H., KUDEŁKO J., WANIELISTA K., 2009 – Metoda wyceny aktywów geologiczno-górnictwowych. *Gosp. Sur. Min.* t. 25, z. 1, s. 21–35.
36. WYRWICKA K., KOZŁOWSKI S., 1988 – Zasady wydziałania jednostek surowcowych. *Przeł. Geol.* nr 3, s. 135–140.





# ANEKS IA

## GRANICZNE WARTOŚCI PARAMETRÓW DEFINIUJĄCYCH ZŁOŻE I JEGO GRANICE DLA POSZCZEGÓLNYCH KOPALIN<sup>1</sup>

<b>Złoża węgla kamiennego</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	M	1250
2	Minimalna miąższość węgla kamiennego w pokładzie wraz z przerostami o grubości do 30 cm	m	0,6
3	Minimalna średnia ważona wartość opałowa węgla kamiennego w pokładzie wraz z przerostami	MJ/kg	15

<b>Złoża węgla brunatnego</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	350
2	Minimalna miąższość węgla brunatnego w pokładzie	m	3
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	12
4	Minimalna średnia ważona wartość opałowa węgla brunatnego w pokładzie wraz z przerostami, przy wilgotności węgla 50%	MJ/kg	6,5

<b>Metan występujący w złożach węgla kamiennego – jako kopalina główna</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	1500
2	Minimalna metanonośność wyznaczająca kontur strefy złożowej	m <sup>3</sup> /t c.s.w.	4,5
3	Minimalna średnia metanonośność	m <sup>3</sup> /t c.s.w.	większa od resztkowej
4	Minimalna miąższość pokładu węgla kamiennego	m	0,6

<sup>1</sup> Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 22 grudnia 2011 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny (Dz. U. Nr 291, poz. 1712).

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

<b>Metan występujący w złożach węgla kamiennego – jako kopalina towarzysząca</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości udokumentowania kopaliny głównej
2	Minimalna metanonośność wyznaczająca kontur strefy złożowej	m <sup>3</sup> /t c.s.w.	> 2,5
3	Minimalna średnia metanonośność wydzielonej części złoża	m <sup>3</sup> /t c.s.w.	większa od resztkowej
4	Minimalna miąższość pokładu węgla kamiennego	m	0,1

<b>Złoża rud uranu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania złoża	m	1.000
2	Minimalna zawartość (U) w próbce konturującej złożo	%	0,01
3	Minimalna średnia zawartość (U) w profilu złoża wraz z przerostami płonnymi	%	0,01
4	Minimalna zasobność złoża (U)	kg /m <sup>2</sup>	0,8

<b>Złoża torfu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	1
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,5
3	Maksymalna zawartość popiołu w torfie suchym	%	30

<b>Złoża torfu leczniczego (borowiny)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	1
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,5
3	Maksymalna zawartość składników nieorganicznych w suchej masie	%	25
4	Minimalny stopień rozkładu	%	30 (H <sub>3</sub> )
5	Miano Coli	–	≥1,0
6	Miano Coli perfringens	–	≥0,1

Aneks 1A

<b>Złoże młu borowinowego</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Minimalna miąższość złoże	m	1
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	0,5
3	Maksymalna zawartość składników nieorganicznych w suchej masie	%	80
4	Minimalny stopień rozkładu	%	30 (H <sub>3</sub> )
5	Miano Coli	–	≥1,0
6	Miano Coli perfringen	–	≥0,1

<b>Złoże rud wanadowo-tytanowo-żelazowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	1500
2	Minimalna miąższość strefy rudnej	m	2,0
3	Minimalna zawartość ekwiwalentna wanadu (jako V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) z uwzględnieniem zawartości tytanu (jako TiO <sub>2</sub> ) w próbce konturującej złoże $(V_2O_5)_e = (\% V_2O_5) + 0,0188 (\% TiO_2)$	%	0,6
4	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna wanadu (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>e</sub> w profilu złoże rudnego wraz z przerostami	%	0,6

<b>Złoże rud miedzi (pokładowe stratoidalne)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość spągu złoże	m	1500
2	Minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złoże	%	0,5
3	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoże wraz z przerostami $Cu_e = (\%Cu) + 0,01 (g/t Ag)$	%	0,5
4	Minimalna zasobność złoże (Cu <sub>e</sub> )	kg/m <sup>2</sup>	35

<b>Złoże rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych (porfirowe)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania złoże	m	1200
2	Minimalna zawartość ekwiwalentna molibdenu (Mo) z uwzględnieniem zawartości wolframu (W) i miedzi (Cu) w próbce konturującej interwał rudy $Mo_e = (\%Mo) + 1,5 (\%W) + 0,2 (\%Cu)$	%	0,1
3	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna molibdenu Mo <sub>e</sub> w profilu wydzielonej części (bloku) złoże	%	0,1
4	Minimalna zasobność wydzielonej części (bloku) złoże (Mo <sub>e</sub> )	m %	0,15

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

<b>Złóża rud cynku i ołowiu w formie siarczkowej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Minimalna zawartość cynku i ołowiu (Zn+Pb) w formie siarczkowej w próbce konturującej złóże, niezależnie od stopnia utlenienia rudy	%	2
2	Minimalna średnia ważona zawartość cynku i ołowiu (Zn+Pb) w formie siarczkowej w profilu złóża wraz z przerostami	%	2
3	Minimalna zasobność interwału złóżowego	m%	5
4	Maksymalna głębokość spagu złóża	m	500

<b>Złóża rud cynku w formie tlenkowej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Minimalna zawartość cynku (Zn) w próbce konturującej złóże	%	5
2	Minimalna średnia ważona zawartość cynku (Zn) w profilu złóża wraz z przerostami	%	5
3	Minimalna zasobność interwału złóżowego	m%	10
4	Maksymalna głębokość spagu złóża	m	500

<b>Złóża złota (pierwotne: żyłowe, skarnowe, stratoidalne)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	1250
2	Minimalna średnia ważona zawartość złota (Au) w profilu złóża wraz z przerostami, a w przypadku obecności miedzi, której średnia zawartość w profilu złóża jest większa od 0,5%, minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna złota (Au) z uwzględnieniem zawartości miedzi (Cu) i srebra (Ag) : $Au_e = (g/t Au) + 2(\% Cu) + 0,01(g/t Ag)$	g/t	2,5
3	Minimalna zasobność złóża (Au), w przypadku obecności miedzi, której średnia zawartość w profilu złóża jest większa od 0,5% ( $Au_c$ )	g/m <sup>2</sup>	5

<b>Złóża złota (okruchowe)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	50
2	Minimalna średnia ważona zawartość złota (Au) w profilu złóża wraz z przerostami	g/m <sup>3</sup>	0,5
3	Minimalna zasobność złóża (Au)	g/m <sup>2</sup>	5

Aneks 1A

<b>Złóża rud żelaza</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	500
2	Minimalna średnia ważona zawartość żelaza (Fe) w profilu złoża wraz z przerostami	%	25
3	Minimalna zasobność złoża (Fe)	t/m <sup>2</sup>	2,5

<b>Złóża rud niklu (wietrzeniowe)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	100
2	Minimalna zawartość niklu (Ni) w próbce konturującej złożo	%	0,3
3	Minimalna średnia ważona zawartość niklu (Ni) w profilu złoża wraz z przerostami	%	0,3
4	Minimalna zasobność złoża (Ni)	kg/m <sup>2</sup>	30

<b>Złóża rud cyny (pierwotne stratoidalne)</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	500
2	Minimalna zawartość cyny (Sn) w próbce konturującej złożo	%	0,5
3	Minimalna średnia ważona zawartość cyny (Sn) w profilu złoża wraz z przerostami	%	0,5
4	Minimalna zasobność złoża (Sn)	m%	1

<b>Złóża rud darniowych miążkich lub kawalkowych, łatwo kruszących się</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Minimalna miąższość złoża	m	0,1
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	5
3	Minimalna zawartość Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	35

<b>Złóża siarki rodzimej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	400
2	Minimalna zawartość siarki (S) w próbce konturującej złożo	%	10
3	Minimalna średnia zawartość siarki (S) w serii złożowej	%	10
4	Minimalna zasobność złoża (S)	m%	75

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

<b>Złóża fosforytów</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	400
2	Minimalna średnia zawartość P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> w konkrecjach fosforytowych w profilu złoża	%	15
3	Minimalna zasobność konkrecji fosforytowych	t/m <sup>2</sup>	1,8

<b>Złóża wysadowe soli kamiennej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	1400
2	Minimalna miąższość złoża wraz z przerostami	m	30
3	Minimalna odległość stropu złoża od zwierciadła solnego (najniżej położonego punktu jego stwierdzenia)	m	150
4	Minimalna średnia ważona zawartość NaCl w profilu złoża	%	80

<b>Złóża pokładowe soli kamiennej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	1200
2	Minimalna miąższość złoża wraz z przerostami	m	30
3	Minimalna średnia ważona zawartość NaCl w profilu złoża wraz z przerostami	%	80

<b>Złóża soli potasowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość: spągu złoża – w złożach pokładowych, dokumentowania – w złożach wysadowych	m	1200
2	Minimalna miąższość złoża wraz z przerostami	m	2
3	Minimalna średnia ważona zawartość K <sub>2</sub> O w profilu złoża wraz z przerostami	%	8

Aneks 1A

<b>Złoże magnezytu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	150
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,5
3	Minimalna miąższość strefy złożowej	m	2,0
4	Minimalny uzysk magnezytu z profilu serii złożowej	% wagowy	4,0
5	Minimalna zawartość MgO w magnezycie	%	35

<b>Złoże barytu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	500
2	Minimalna średnia zawartość BaSO <sub>4</sub> w profilu złoża	%	50
3	Minimalna zasobność złoża (BaSO <sub>4</sub> )	M%	30
4	Stosunek wagowy CaF <sub>2</sub> /BaSO <sub>4</sub>	–	< 0,5

<b>Złoże barytowo-fluorytowe</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	500
2	Minimalna zawartość CaF <sub>2</sub> w profilu złoża	%	15
3	Minimalna ekwiwalentna zawartość (BaSO <sub>4</sub> ) <sub>e</sub> z uwzględnieniem zawartości CaF <sub>2</sub> w profilu złoża (BaSO <sub>4</sub> ) <sub>e</sub> = BaSO <sub>4</sub> + CaF <sub>2</sub>	%	50
4	Minimalna zasobność złoża [(BaSO <sub>4</sub> ) <sub>e</sub> ]	m%	30
5	Stosunek wagowy CaF <sub>2</sub> /BaSO <sub>4</sub>	–	od 0,5 do 1,5

<b>Złoże fluorytu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	500
2	Minimalna zawartość CaF <sub>2</sub>	%	20
3	Minimalna zasobność złoża (CaF <sub>2</sub> )	m%	30
4	Stosunek wagowy CaF <sub>2</sub> /BaSO <sub>4</sub>	–	> 1,5

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

<b>Złoże bursztynu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	30
2	Minimalna wydajność bursztynu	g/m <sup>2</sup>	40

<b>Złoże gipsu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	50
2	Minimalna miąższość złoża	m	2
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,5
4	Minimalna zawartość gipsu w profilu złoża	%	80

<b>Złoże anhydrytu</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	400
2	Minimalna miąższość złoża	m	5
3	Minimalna zawartość anhydrytu w profilu złoża	%	60

<b>Złoże kwarcu żyłowego</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania (ustala się w stosunku do najniższej położonego punktu terenu w granicach złoża)	m	50
2	Minimalna miąższość złoża	m	2
3	Minimalna zawartość SiO <sub>2</sub>	%	95
4	Maksymalna zawartość Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	1,0

<b>Złoże piasków skaleniowo-kwarcowych o punkcie piaskowym powyżej 75%</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	2
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,3
3	Maksymalna zawartość pyłów mineralnych	%	10



Aneks 1A

<b>Złoże piasków kwarcowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	2
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,5
4	Maksymalna zawartość pyłów mineralnych	%	5
5	Minimalna zawartość ziarn kwarcu	%	90

<b>Złoże żwirowe, żwirowo-piaskowe i piaskowo-żwirowe o punkcie piaskowym poniżej 75%</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	2
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	1,0
3	Maksymalna zawartość pyłów mineralnych	%	15

<b>Złoże wapieni dla przemysłu wapienniczego</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości możliwej eksploatacji
2	Maksymalna grubość nadkładu	m	15
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,3
4	Minimalna średnia ważona zawartość CaCO <sub>3</sub> w profilu złoża	%	90

<b>Złoże wapieni marglistych i margli dla przemysłu cementowego</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości możliwej eksploatacji
2	Maksymalna grubość nadkładu	m	15
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,3

<b>Złoże dolomitów</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości możliwej eksploatacji
2	Maksymalna grubość nadkładu	m	15
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	0,3
4	Minimalna zawartość MgO	%	15

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

<b>Złoże kredy jeziornej i gytii wapiennej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoże	m	1
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	0,3
3	Minimalna zasadowość ogólna w przeliczeniu na CaO w suchej masie	%	40

<b>Złoże kredy piszącej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	70
2	Maksymalna grubość nadkładu	m	15
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	0,2
4	Minimalna średnia ważona zawartość CaCO <sub>3</sub> w profilu złoże	%	80

<b>Złoże kopalin skalnych budowlanych bocznych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartości brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości możliwej eksploatacji
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	1,0
3	Minimalna bloczność geologiczna		
	– marmurów, serpentynitów	% obj.	5
	– sjenitów, gabr, granodiorytów oraz przyjmujących pól wapieni i dolomitów	% obj.	10
	– granitów, tufów, piaskowców oraz nieprzyjmujących poleru wapieni i dolomitów	% obj.	20

<b>Złoże kopalin skalnych nieblocznych budowlanych i drogowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości możliwej eksploatacji
2	Maksymalna grubość nadkładu	m	15
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	0,3
4	Maksymalny udział skał nie spełniających wymagań jakościowych w profilu złoże	%	20
5	Maksymalna zawartość CaCO <sub>3</sub> w wapieniach	%	90

Aneks 1A

<b>Złoże kopalni ilastych ceramiki budowlanej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości możliwej eksploatacji
2	Minimalna miąższość złoże	m	2
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	0,5
4	Maksymalna zawartość ziarn o średnicy powyżej 2 mm	%	1
5	Maksymalna zawartość marglu w ziarnach o średnicy powyżej 0,5 mm	%	0,4
6	Minimalna skurczliwość wysychania	%	6

<b>Złoże ilów kamionkowych i białowypalających się</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania w przypadku eksploatacji podziemnej	m	200
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże w przypadku eksploatacji odkrywkowej	–	2
3	Minimalna miąższość złoże	m	2
4	Minimalna zawartość minerałów ilastych	%	40
5	Maksymalna zawartość CaCO <sub>3</sub>	%	2
6	Maksymalna zawartość ziarn o średnicy powyżej 2 mm	%	1

<b>Złoże ilów, glin i łupków ogniotrwałych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania w przypadku eksploatacji podziemnej	m	200
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże w przypadku eksploatacji odkrywkowej	–	2
3	Minimalna miąższość złoże	m	1
4	Minimalna ogniotrwałość	sP	161
5	Maksymalna zawartość ziarn o średnicy powyżej 0,063 mm	%	10

METODYKA DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ KOPALIN STAŁYCH

<b>Złóża kopalin bentonitowych i bentonitowo-zeolitowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	1
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	5
3	Minimalna zawartość montmorillonitu lub łącznie montmorillonitu i zeolitu	%	60
4	Maksymalna zawartość CaCO <sub>3</sub>	%	10
5	Maksymalna zawartość ziarn o średnicy powyżej 0,25 mm	%	10

<b>Złóża kopalin kaolinowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Minimalna miąższość złoża	m	2
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	2
3	Minimalna średnia ważona zawartość kaolinitu w profilu złoża	%	15

<b>Złóża kopalin skaleniowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	75
2	Minimalna miąższość złoża	m	5
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	–	2
4	Minimalna zawartość Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> w serii złożowej	%	12
5	Minimalna zawartość Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	%	6,5
6	Maksymalna zawartość Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	%	1,5

<b>Złóża diatomitów</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	20
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu i przerostów płonnych do miąższości złoża	–	2
3	Minimalna zawartość wolnego SiO <sub>2</sub>	%	70
4	Maksymalna gęstość przestrzenna	g/cm <sup>3</sup>	1,5
5	Minimalna zawartość okrzemek	%	40

Aneks 1A

<b>Złoże kwarcytów, piaskowców kwarcytowych i łupków kwarcytowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Minimalna miąższość złoże	m	5
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	0,5
3	Minimalna zawartość SiO <sub>2</sub>	%	95
4	Maksymalna zawartość Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub> + alkalia	%	1,0

<b>Złoże łupków fyllitowych i lyszczkowych</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	50
2	Minimalna miąższość kopaliny	m	5
3	Maksymalna grubość nadkładu	m	5
4	Minimalna średnia zawartość minerałów blaszkowatych w profilu złoże	%	80
5	Maksymalna zawartość domieszek kwarcowych	%	15
6	Maksymalna zawartość części rozpuszczalnych w kwasie solnym	%	14
7	Maksymalna zawartość tlenków żelaza	%	10

<b>Złoże ziemi krzemionkowej</b>			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	50 i powyżej wody gruntowej
2	Minimalna miąższość złoże	m	1
3	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	–	3
4	Minimalna zawartość wolnego SiO <sub>2</sub>	%	80
5	Maksymalna zawartość Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> i Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> w tym Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% %	9 5
6	Maksymalna zawartość CaO	%	5



# ANEKS IB

## WSKAZÓWKI METODYCZNE WYKONANIA DOKUMENTACJI GEOLOGICZNEJ ZŁOŻA KOPALINY STAŁEJ<sup>1</sup>

---

### Wskazówki ogólne

1. Szczegółowy zakres dokumentacji i sposób przedstawiania wyników rozpoznania złoża dokumentator powinien dobierać stosownie do wielkości złoża, warunków jego występowania, przewidywanych planów jego zagospodarowania, oraz stosownie do wymagań formalnych, wynikających z przepisów ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz rozporządzeń wykonawczych.

2. Dokumentacja geologiczna złoża powinna być wykonana zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, przy wykorzystaniu wszystkich publikowanych i archiwalnych opracowań dotyczących złoża i jego otoczenia oraz przy użyciu wszelkich środków i metod niezbędnych dla zbadania złoża i otaczającego górotworu z żadaną dokładnością.

3. Przedmiotem dokumentowania jest złożo i jego zasoby w granicach z zasady naturalnych, określonych na podstawie kryteriów geologicznych złoża, a także otaczający złożo górotwór w obszarze przewidywanych oddziaływań eksploatacji. W uzasadnionych przypadkach, zwłaszcza gdy wynika to z praw własności, granice dokumentowanego złoża mogą być ustalone w sposób sztuczny. W dokumentacji złożo lub jego części klasyfikuje się w odpowiednich kategoriach rozpoznania.

4. W dokumentacji powinny być jasno przedstawione wszelkie dane niezbędne dla jej użytkownika, w szczególności sporządzającego projekt zagospodarowania złoża. Wszelkie nie wykorzystywane bezpośrednio przez użytkownika dokumentacji powinny być przedstawione w odpowiednich załącznikach, np. metodyka badań, dane szczegółowe o ich wynikach itp.

---

<sup>1</sup> Na podstawie: Zasad dokumentowania złóż kopaliny stałych. Min. Środ. Komisja Zasobów Kopaliny, Warszawa 1994, 2002, zmodyfikowane.

### **Projektowanie i realizacja prac związanych z rozpoznawaniem złożeń**

1. Zadaniem prac rozpoznawczych jest określenie:
  - a) formy i budowy geologicznej złoża,
  - b) rodzaju i jakości kopalin występujących w złożu,
  - c) granic złoża,
  - d) warunków hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych oraz gazowych i geotermicznych w złożu i jego otoczeniu,
  - e) ilości kopaliny, z podziałem na jej rodzaje, gatunki, typy,
  - f) warunków, formy i granic występowania, rodzaju i jakości oraz zasobów kopalin towarzyszących,
  - g) danych niezbędnych dla oceny wpływu eksploatacji na środowisko.
2. Badania złóż w poszczególnych kategoriach powinny być prowadzone na podstawie odsłoneń naturalnych, wyrobisk rozpoznawczych (otworów wiertniczych, wyrobisk górniczych) oraz przy użyciu powierzchniowych metod geofizycznych.
3. Sposób rozpoznania złoża powinien zapewniać zbadanie jego formy i budowy, rodzaju i jakości kopaliny, warunków geologiczno-górniczych eksploatacji i zasobów z dokładnością wymaganą dla danej kategorii.
4. Głębokość wyrobisk rozpoznawczych powinna być dostosowana do geologicznych warunków występowania złoża jednakże z uwzględnieniem przewidywanej, możliwej, głębokości eksploatacji.
5. Orientacyjne odległości między wyrobiskami przy projektowaniu prac rozpoznawczych w kategorii C<sub>2</sub> przedstawia tab. 1. W wyższych kategoriach rozpoznania określenie zagęszczenia wyrobisk rozpoznawczych i sposobu ich rozmieszczenia powinno być dokonane na podstawie oceny zmienności parametrów złoża, zróżnicowania budowy geologicznej, a także uwzględniać sugestie projektanta górniczego odnośnie wymaganej dokładności rozpoznania.
6. Odległości między wyrobiskami należy dobierać stosownie do grupy i wielkości złoża, tak by zostało ono stwierdzone co najmniej przez kilka nie leżących w jednej linii.
7. Rozmieszczenie wyrobisk rozpoznawczych powinno być tak zaprojektowane, by pozwalały one na uzyskanie możliwie jak najwięcej informacji o złożu.
8. W przypadku stosowania metod geofizycznych powierzchniowych do rozpoznania złoża, gęstość wyrobisk rozpoznawczych może być modyfikowana w zależności od rodzaju uzyskiwanych informacji i dokładności rozpoznania złoża osiąganey przy użyciu tych metod.
9. Lokalizacja wyrobisk rozpoznawczych powinna być dokonana pomiarami geodezyjnymi. W przypadku złóż małych, gdy granice złoża pokrywają się z granicami własności gruntowej, lokalizację punktów rozpoznawczych można określić za pomocą dowiązania taśmowo-kompasowego do skrajnych punktów wyznaczających granice tej własności.
10. Otwory rozpoznawcze mają być tak wiercone, aby zapewniały w skałach zwięzłych i spoistych uzysk rdzenia co najmniej 90%. Gdy uzysk rdzenia jest mniejszy, należy albo wykonać otwór powtórnie w sposób umożliwiający poprawną interpretację profilu geo-



Tabela 1

Orientacyjne odległości między punktami rozpoznawczymi dla projektowania rozpoznania złoża w kategorii C<sub>2</sub>

Kopalina	Odległości między wyrobiskami w metrach		
	złoża grupy I	złoża grupy II	złoża grupy III
Węgiel kamienny	4000–2000	2000–1000	1000–500
Węgiel brunatny	2000–1000	1000–500	500–200
Rudy Cu (złoża stratoidalne)		2000–1000	1000–500
Rudy Cu, Mo, W (złoża porfirowe, skarnowe)		1000–500	500–100
Rudy Zn–Pb, Ni (złoża stratoidalne)		500–300	300–150
Rudy Fe (złoża pokładowe)	4000–2000	2000–1000	1000–500
Rudy Fe, Ti-V		1000–500	500–250
Rudy uranu (złoża stratoidalne)		1000–500	500–100
Rudy siarki		1200–600	600–300
Fosforyty		1000–500	500–250
Sole kamienne i potasowe		3000–1000	1000–500
Gips i anhydryt	1000–500	500–300	300–150
Skały magmowe głębinowe	1000–600	600–300	300–150
Skały wylewne i metamorficzne	600–400	400–200	200–100
Piaskowce i kwarcyty	600–400	400–200	200–100
Chalcedonit i diatomit	600–400	400–200	200–100
Wapienie, margle	1000–600	600–300	
Kreda jeziorna		600–300	300–150
Dolomity	1000–500	500–250	250–125
Skały kaolinowe	600–300	300–150	150–75
Ilaste ceramiki szlachetnej	600–300	300–150	150–75
Ilaste ceramiki budowlanej, kruszyw lekkich, przemysłu cementowego	800–400	400–200	200–100
Ilaste ogniotrwałe	800–400	400–200	200–100
Piaski szklarskie, formierskie	600–300	300–150	150–75
Piaski budowlane i podsadzkowe	700–500	500–300	< 300
Kruszywo naturalne grube (żwirowe)	750–300	300–150	150–50
Magnezyt		300–150	150–75
Baryt, fluoryt (złoża żyłowe)		500–300	300–150
Kwarc żyłowy		400–200	200–100
Rudy pierwiastków ziem rzadkich		200–100	100–50
Torf		300–150	150–75

logicznego i ocenę rodzaju i jakości kopaliny oraz właściwości inżyniersko-geologicznych skał, albo wykonać profilowanie geofizyczne, umożliwiające poprawną interpretację profilu geologicznego oraz ocenę rodzaju i jakości kopaliny i właściwości inżyniersko-geologicznych skał. W przypadku otworów o mniejszym uzysku rdzenia ich wykorzystanie musi być uzasadnione. W uzasadnionych przypadkach złoże może być częściowo rozpoznane za pomocą otworów bezrdzeniowych na podstawie systematycznych obserwacji i opróbowania zwiercin lub otworów, w których wykonano tylko profilowanie geofizyczne.

11. Dla każdego wyrobiska rozpoznawczego należy sporządzić profil geologiczny na podstawie wyników wszystkich badań wykonanych w tym wyrobisku.

12. W przypadku wykorzystywania w dokumentacji danych archiwalnych nie spełniających wymagań wyżej określonych, ich wiarygodność i dokładność musi być uzasadniona.

13. Rdzenie z otworów wiertniczych oraz pobrane z nich próbki poddawane badaniom nie niszczącym lub wtórnikami próbek, powinny być przechowywane co najmniej do czasu zakończenia eksploatacji złoża, w sposób zapewniający ich zabezpieczenie przed zniszczeniem oraz zmianami jakościowymi i ilościowymi, a także zapewniający możliwość ich identyfikacji i dalszą przydatność do badań. Szczegółowe wymagania formalne odnośnie postępowania z próbkami określają odpowiednie przepisy wykonawcze do ustawy Prawo geologiczne i górnicze.

14. W przypadku rozpoznawania złoża przy wykorzystaniu metod geofizycznych ich wyniki powinny być dowiązane do wykonanych wyrobisk rozpoznawczych, a ewentualne rozbieżności rozpoznania geofizycznego i uzyskanego z pomocą wyrobisk wyjaśnione.

### **Charakterystyka budowy złoża**

1. W dokumentacji należy określić i uzasadnić model złoża przyjęty do interpretacji jego budowy oraz model zmienności jego parametrów. Zmienność parametrów złoża, jeśli liczba danych na to zezwala, powinien być określony przy wykorzystaniu metod geostatystycznych.

2. W przypadku, gdy możliwa jest interpretacja budowy złoża na podstawie kilku różnych modeli, należy przedstawić odpowiednie warianty tej budowy na mapach i przekrojach oraz uwzględnić w szacowaniu zasobów.

3. Charakterystyka stratygrafii i tektoniki powinna być przedstawiona w sposób zwięzły. Wszelkie dane szczegółowe, nie wykorzystywane bezpośrednio przez użytkownika dokumentacji powinny być przedstawione w odpowiednich załącznikach.

4. Wyraźnie należy przedstawić wszelkie informacje o budowie wewnętrznej złoża: zróżnicowaniu litologicznym skał tworzących złoże, drobnych zaburzeniach tektonicznych, przerostach płonnych, zjawiskach krasowych, przeobrażeniach wietrzeniowych i innych.

5. W złożach przewidzianych do eksploatacji odkrywkowej należy szczegółowo przedstawić budowę nadkładu.

### **Badania rodzaju i jakości kopaliny**

1. Rodzaj i jakość kopaliny określa się na podstawie wyników badań mineralogicznych, petrograficznych, właściwości fizycznych, chemicznych i technologicznych pobranych próbek, w zakresie uwzględniającym potrzeby projektowania górniczego przeróbki i użytkowania kopaliny.

2. W uzasadnionych przypadkach rodzaj i jakość kopaliny mogą być określone przy użyciu metod geofizycznych lub innych metod pośrednich.

3. Opróbowanie złoża, związane z badaniami rodzaju i jakości kopaliny, należy przeprowadzić w taki sposób, by możliwe było:

a) określenie rozmieszczenia w złożu różnych rodzajów kopaliny, jej typów, gatunków – ze względu na jakość, właściwości technologiczne lub użytkowe,

b) określenie wszystkich możliwych kierunków użytkowania kopaliny oraz przydatności odpadów, które mogą powstać przy jej eksploatacji, przeróbce lub użytkowaniu,

c) ocenienie zagrożeń środowiska związanych z przeróbką i użytkowaniem kopaliny oraz surowców z niej wytworzonych,

d) określenie pionowych i poziomych granic złoża.

4. Sposób opróbowania, tzn. wielkość, geometrię, a w wyrobiskach górniczych także orientację i rozstaw próbek, należy dostosować odpowiednio do celu badań i zmienności badanych cech.

5. Przyjęty sposób opróbowania winien gwarantować wymaganą przez projektanta górniczego lub użytkownika złoża dokładność oceny rodzaju, jakości oraz zasobów kopaliny i jej odmian.

6. Przy projektowaniu sposobu i techniki opróbowania należy wykorzystać właściwe istniejące normy lub oprzeć się w miarę możliwości na wynikach badań eksperymentalnych.

7. Miejsca opróbowania złoża wraz z uzyskanymi wartościami badanych parametrów należy zarejestrować na profilach wyrobisk oraz mapach opróbowania.

8. Do czasu wykonania badań próbki powinny być przechowywane w sposób zabezpieczający je przed zmianami jakościowymi i ilościowymi.

9. Oznakowanie próbek winno umożliwiać ich szybką, jednoznaczną i trwałą identyfikację, wykluczającą jakąkolwiek pomyłkę.

10. Przy opróbowywaniu złoża w celu oceny jakości kopaliny próbki powinny być pobierane w sposób ciągły z całego profilu złoża. Zastosowanie innego schematu opróbowania wymaga szczegółowego uzasadnienia jego reprezentatywności.

11. Próbki muszą być pobierane z utworów jednorodnych litologicznie, odrębnie z każdej dającej się wyróżnić litologiczne warstwy.

12. Jeśli wyniki badań próbek wykorzystywane są do wyznaczenia położenia stropu i spągu złoża długość próbek odcinkowych w profilu złoża powinna być tak dobrana, by można było wyznaczyć tę granicę z żadaną dokładnością.

13. Przygotowanie próbek do analizy należy przeprowadzić w sposób zapewniający reprezentatywność próbki pomniejszonej. Należy przedstawić i uzasadnić schemat przygotowania próbki do badań.

14. Kontrola opróbowania powinna obejmować wszystkie czynności z nim związane, to znaczy: pobieranie próbek, ich przygotowanie do badań oraz wyniki badań.

15. Próbkę kontrolną należy pobierać w ilości umożliwiającej ocenę poprawności i dokładności badań przy wykorzystaniu metod statystycznych (statystycznej kontroli jakości).

16. W przypadku, gdy wielkość wykrytych błędów przekracza wartości dopuszczalne określone normami, należy usunąć przyczyny powodujące ponadnormatywną niedokładność oznaczeń, a w szczególności:

a) w przypadku, gdy stwierdzone przypadkowe błędy określania cech charakteryzujących kopalinę przekraczają dopuszczalne wartości, badania należy powtórzyć,

b) w przypadku występowania błędów systematycznych należy je wyeliminować w sposób umożliwiający poprawną ocenę jakości kopaliny.

17. Badania laboratoryjne związane z określeniem rodzaju i jakości kopaliny powinny być wykonane zgodnie z właściwymi normami lub aktualnymi osiągnięciami wiedzy.

18. Wyniki badań jakości kopaliny powinny być podane łącznie z nazwą zakładu badającego oraz opisem metod, wykazem norm i wzorców, według których przeprowadzono badanie.

19. Właściwości przeróbcze i technologiczne kopaliny ustala się w na podstawie odpowiednich badań w skali laboratoryjnej i/lub półtechnicznej.

20. Badanie jakości kopaliny w skali półtechnicznej w celu wstępnego określenia, przydatności kopaliny do uzyskania określonego produktu, powinny być wykonane we właściwym zakładzie badawczym lub produkcyjnym, przy zastosowaniu procesów technologicznych, zbliżonych do procesów przewidzianych przy masowym jej wykorzystaniu.

21. Jeśli zachodzi potrzeba badania jakości kopaliny w skali przemysłowej powinny być one przeprowadzone we właściwym zakładzie produkcyjnym w celu ustalenia przydatności kopaliny do uzyskania danego produktu przy zastosowaniu pełnego procesu technologicznego.

22. Wyniki badań jakości kopaliny w skali półtechnicznej lub przemysłowej powinny być przedstawione w orzeczeniu właściwego laboratorium o przydatności kopaliny do określonego wykorzystania, wraz ze stwierdzeniem, jakim procesom przeróbki lub wzbogacania powinna być poddana kopalina, żeby można ją było wykorzystać przemysłowo. Protokoły i orzeczenia powinny być podpisane przez osoby odpowiedzialne za przeprowadzone badania.

23. Badania technologiczne w skali przemysłowej kopaliny ze złóż eksploatowanych mogą być zastąpione wynikami badań wyrobów z bieżącej produkcji i/lub oświadczeniem użytkownika kopaliny o jej przydatności przemysłowej.

24. Wyniki badań rodzaju i jakości kopaliny w złożu należy przedstawić w formie zestawień tabelarycznych, opracowań statystycznych (zwłaszcza histogramów) oraz na mapach z zaznaczeniem rozmieszczenia kopaliny w złożu według jej rodzajów i jakości.

25. W przypadku zróżnicowania rodzaju kopaliny występującej w złożu lub zróżnicowania jej jakości sugerującego możliwość różnych jej zastosowań surowcowych należy:

a) wyniki opróbowania przedstawić w taki sposób, by na mapach i/lub przekrojach możliwe było pokazanie rozmieszczenia wydzielanych rodzajów, typów lub gatunków

kopaliny, w szczególności kwalifikujących się do różnych zastosowań, które mogłyby być eksploatowane selektywnie,

b) przedstawić charakterystykę jakości dających się przestrzennie wydzielić jej rodzajów, typów lub gatunków; w charakterystyce tej należy podać zakres zmienności, wartości średnie i najczęstsze (modalne) parametrów jakościowych i w miarę możliwości zilustrować ją za pomocą histogramów, wykresów korelacyjnych lub tp.

26. Do oceny rodzaju i jakości kopalin skalnych w uzasadnionych przypadkach mogą być wykorzystane publikowane i archiwalne wyniki wcześniejszych badań jednostki surowcowej, w której występują.

27. Rodzaj i jakość kopaliny złóż małych, eksploatowanych na potrzeby lokalne, można w uzasadnionych przypadkach ocenić na podstawie wyników badań złóż sąsiadujących.

#### **Dokumentowanie geologicznych warunków eksploatacji (geologiczno-górnicznych: hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych, gazowych i geotermalnych)**

1. Zakres badań geologiczno-górnicznych warunków wydobycia kopaliny należy dostosować do przewidywanego sposobu eksploatacji: podziemnego, otworowego lub odkrywkowego i jego skali.

2. Geologiczno-górniczne warunki wydobycia kopaliny z małych złóż (o powierzchni do 2 ha), eksploatowanych na potrzeby lokalne można ocenić na podstawie danych dotyczących: miąższości złoża, grubości nadkładu, stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża, warunków wodnych oraz konieczności pozostawienia filarów ochronnych przy granicach własności gruntowej. Warunki wodne – w tym hydrogeologiczne – powinny być ocenione na podstawie obserwacji zarówno w granicach złoża, jak i jego bezpośrednim otoczeniu.

3. Geologiczno-górniczne warunki wydobycia kopaliny ze złóż dużych określa się w kategoriach od C<sub>2</sub> do A, odpowiednio do przewidywanego ich wpływu na efektywność i bezpieczeństwo eksploatacji oraz wpływu na warunki ochrony środowiska, z dokładnością niezbędną dla projektowania górniczego.

3.1. Określenie geologiczno-górnicznych 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 górnich 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.

3.2. Górniczo-geologiczne warunki eksploatacji określa się:

a) wstępnie w kategorii C<sub>2</sub>, na podstawie badań w nielicznych odosobnionych wyrobiskach, również przy wykorzystaniu wyników badań geofizycznych i danych geologicznych z obszarów o podobnej budowie geologicznej,

b) w kategorii C<sub>1</sub> na podstawie systematycznych badań w wyrobiskach rozpoznawczych oraz w wyrobiskach specjalnie wykonywanych dla przeprowadzenia oceny tych warunków,

c) szczegółowo w kategorii B na podstawie specjalnie programowanych badań uzgodnionych z instytucją opracowującą projekt zagospodarowania złoża (założenia techniczno-ekonomiczne eksploatacji),

d) w kategorii A na podstawie systematycznych obserwacji i pomiarów prowadzonych przez kopalniane służby geologiczne w wyrobiskach udostępniających, przygotowawczych i eksploatacyjnych,

e) w przypadku dokumentowania złóż eksploatowanych charakterystykę warunków geologiczno-górniczych należy opierać także na wynikach badań wykonanych dla potrzeb eksploatacji przez wszystkie kopalniane służby specjalne.

3.3. W celu wyjaśnienia warunków hydrogeologicznych należy w obszarze przewidywanego oddziaływania eksploatacji:

a) skompletować niezbędne dane hydrologiczne (hydrograficzne) i meteorologiczne,

b) wykonać powierzchniowe zdjęcie hydrogeologiczne,

c) przeprowadzić obserwacje i pomiary ciśnienia wód w poszczególnych poziomach wodonośnych, a dla poziomów wody o zwierciadle swobodnym określić możliwy zakres jego wahań,

d) ustalić przestrzenne występowanie warstw wodonośnych oraz określić źródła zasilania i drenażu, a także kontakty hydrauliczne pomiędzy poszczególnymi warstwami i z powierzchnią terenu,

e) określić parametry hydrogeologiczne wydzielonych warstw wodonośnych: porowatość, szczelinowatość i kawernistość, współczynniki filtracji i odsączalności oraz ocenić ich zmienność i dokładność oznaczenia,

f) zbadać chemizm wód z poszczególnych poziomów wodonośnych,

g) ocenić wpływ wód na zmiany właściwości fizycznych skał, np. na ich upłynnienie, pęcznienie, ługowanie itp.,

h) przeprowadzić badania hydrogeologiczne niezbędne do oceny spodziewanych dopływów do wyrobisk kopalnianych i określić możliwości występowania zagrożeń wodnych oraz przedstawić ich rejonizację,

i) scharakteryzować możliwości i zasięg zmian stosunków wodnych w wyniku eksploatacji w otoczeniu złoża,

j) określić stan i możliwości wykorzystania wód podziemnych jako wód pitnych i przemysłowych oraz określić wymagane warunki ochrony tych wód.

3.4. Aby wykonać powyższy zakres prac należy w szczególności:

a) prowadzić we wszystkich otworach rozpoznawczych podstawowe obserwacje poziomów wodonośnych dotyczące: litologii, miąższości, porowatości, szczelinowatości, skrasowienia, położenia nawierconego i ustabilizowanego zwierciadła wody itp.,

b) wykorzystać wyniki badań geofizycznych powierzchniowych i geofizycznego profilowania otworów; w przypadku występowania poziomów wodonośnych szczelinowo-krasowych określić w miarę możliwości przy wykorzystaniu tych metod położenie stref wzmożonej przepuszczalności,

c) w kategoriach C<sub>1</sub> i B w zależności od potrzeb wykonać badania w hydrowęzłach (jeden na nie więcej niż 10 km<sup>2</sup> rozprzestrzenienia poziomu wodonośnego),

d) jeśli złoża występuje stale powyżej zwierciadła wód lub będzie eksploatowane spod powierzchni wody, warunki hydrogeologiczne mogą być określone jednoetapowo – tylko przy dokumentowaniu złoża kategorii C<sub>2</sub>.

3.5. Zakres badań inżyniersko-geologicznych i sposób ich realizacji należy dostosować do przewidywanego lub istniejącego sposobu wydobywania kopaliny oraz do wielkości i głębokości położenia złoża. Zakres badań należy uzgadniać z projektantem eksploatacji.

3.6. Wyjaśnienie warunków inżyniersko-geologicznych powinno zawierać:

a) wydzielenie w profilu złoża i w jego nadkładzie warstw o różnych właściwościach fizykomechanicznych (inżyniersko-geologicznych) oraz określenie głębokości ich występowania, miąższości, rozprzestrzeniania i korelacji poszczególnych wydzieleni (litotypów),

b) ocenę osłabienia strukturalnego górotworu ze wskazaniem miejsc i stref szczególnie osłabionych na podstawie systematycznych obserwacji i pomiarów podzielności warstwowej, spękań bądź innych drobnych zaburzeń tektonicznych, oraz na podstawie badań geofizycznych,

c) 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,

d) wyjaśnienie: możliwości występowania zjawisk i utworów utrudniających prowadzenie robót górniczych i skali trudności, jak np. skał o charakterze kurzawkowym, słabych, wtórnie zmienionych, skrasowiałych, zwietrzałych, spękanych, zaburzonych tektonicznie oraz trudno urabialnych; określenie ich rozprzestrzenienia i zagrożeń z tym związanych,

e) informacje o występowaniu lub ocenę możliwości występowania zjawisk geodynamicznych w obszarze przewidywanej eksploatacji (osuwalk, suffozji itp.),



f) prognozę zmian właściwości skał w czasie udostępniania i eksploatacji złoża pod wpływem zawodnienia lub osuszenia, po zamrożeniu i odmrożeniu, w wyniku wietrzenia itp.,

g) dane niezbędne dla oceny zagrożeń naturalnych, związanych z właściwościami inżyniersko-geologicznymi górotworu oraz dla rejonizacji tych zagrożeń,

h) 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-górnich,

i) określenie parametrów geotechnicznych umożliwiających obliczenie dopuszczalnych obciążeń podłoża dla zabezpieczenia warunków budownictwa i pracy sprzętu w kopalniach podziemnych i odkrywkowych,

j) obliczenie objętości nadkładu w przypadku przewidywanej eksploatacji odkrywkowej oddzielnie dla grup skał wymagających odrębnego składowania, utylizacji lub rekultywacji.

3.7. Wyjaśnienie warunków gazowych w złożu i jego otoczeniu powinno zawierać:

a) opis metod badawczych zastosowanych w celu wyjaśnienia obecności gazów w złożu i skałach otaczających (wraz z oceną wiarygodności i dokładności tych metod),

b) zestawienie wyników badań gazowości oraz ocenę dokładności tych badań,

c) charakterystykę składu chemicznego gazów,

d) analizę występowania gazów na tle litologii i tektoniki w dokumentowanym obszarze,

e) ocenę prawidłowości rozmieszczenia gazów i prawideł ich ruchu w górotworze, tj. jakościową i ilościową charakterystykę horyzontów gazowych,

f) określenie zagrożeń gazowych i wyrzutowych przewidywanych w trakcie udostępniania i eksploatacji złoża,

g) określenie zasobów gazu w przypadku, jeśli stanowi kopalinę towarzyszącą.

3.8. Dodatkowo należy:

a) przy dokumentowaniu złóż leżących na głębokości większej niż 500 m, określić warunki geotermiczne w złożu i skałach otaczających na podstawie systematycznych badań. W przypadku występowania temperatur wyższych od 50°C (320°K) określić możliwość odzysku i utylizacji ciepła,

b) wyjaśnić możliwość występowania innych zjawisk zagrażających bezpiecznej eksploatacji złoża, np. skłonności do samozapalania, wybuchów pyłu, powstawania pyłu kwarcowego, występowania wód gorących, agresywnych lub trujących, podwyższonej promieniotwórczości skał lub wody itp.

### **Charakterystyka danych niezbędnych dla oceny wpływu eksploatacji i użytkowania kopaliny na środowisko i ochrony złoża**

1. W dokumentacji geologicznej złoża należy przedstawić dane niezbędne dla oceny wpływu eksploatacji i użytkowania kopaliny na środowisko:



- położenie złoża w stosunku do obszarów objętych ochroną krajobrazu, ochroną wód podziemnych (głównych i użytkowych zbiorników wód podziemnych), ochrona gleb i lasów,
- cechy złoża istotne dla prognozowania oddziaływania eksploatacji na środowisko,
- charakterystykę i ocenę zawartości składników szkodliwych w kopalinie, kopalinach towarzyszących i utylizowanych skałach płonnych oraz przewidywanych odpadach górniczych i przeróbczych, a w szczególności toksycznych, zagrażających środowisku w wyniku przeróbki lub użytkowania kopaliny,
- charakterystykę właściwości mineralogicznych, petrograficznych i geochemicznych skał płonnych i odpadów po przeróbce, przeznaczonych do zwałowania, jako możliwego źródła substancji szkodliwych, emitowanych do środowiska.

2. Przedstawić należy:

- charakterystykę warunków hydrogeologicznych w obszarze możliwego oddziaływania eksploatacji i identyfikację możliwych zmian warunków hydrogeologicznych w otoczeniu złoża,
- charakterystykę wód podziemnych wymagających ochrony z uwagi na skład chemiczny, czystość lub zasobność,
- charakterystykę chemizmu wód podziemnych z punktu widzenia możliwej ich szkodliwości w przypadku wprowadzenia do obiegu powierzchniowego,
- możliwość wykorzystania wód podziemnych,
- możliwości i warunki bezpiecznego składowania odpadów górniczych i przeróbczych na powierzchni,
- wyniki badań rekultywacyjnych skał płonnych przeznaczonych do zwałowania, w zakresie dostosowanym do rozmiarów przewidywanej eksploatacji:
  - a) uproszczone, polowe w kategoriach C<sub>2</sub> oraz w przypadku złóż małych, eksploatowanych na potrzeby lokalne (tab. 2),

**Tabela 2**

Uproszczona klasyfikacja przydatności rekultywacyjnej gruntów

Rodzaj gruntu	Klasa	Charakterystyka litologiczna	Przydatność rekultywacyjna
Potencjalnie produktywne (żyźne)	A	lessy i utwory lessopodobne	przydatne do rekultywacji rolnej
	B,C	utwory ilaste, pylaste (z wyjątkiem lessów), gliny nietoksyczne	przydatne do rekultywacji leśnej, niekiedy rolnej, częściowo mogą wymagać użyźniania
Jałowe (nieproduktywne)	D	piaski, żwiry, gliny silnie piaszczyste	nieprzydatne do rekultywacji, wymagają podstawowego użyźniania lub izolacji
Toksyczne	E	utwory zakwaszone (pH < 3,5) oraz zawierające siarczki żelaza (utwory szare, zielonkawe, niebieskawe) oraz utwory o nadmiernym odczynie zasadowym (pH > 8,5)	nieprzydatne, wymagają izolacji; niekiedy po neutralizacji i użyźnianiu przydatne do rekultywacji leśnej

b) polowe i laboratoryjne w kategoriach C<sub>1</sub> i B oraz w zakresie uzgodnionym z odpowiednim biurem projektów górniczych.

3. Sformułowane powinny być wymagania odnośnie ochrony złoża do czasu podjęcia jego eksploatacji i ewentualne sugestie odnośnie gospodarki złożem.

4. W złożach przewidzianych do eksploatacji odkrywkowej należy przedstawić przewidywane położenie zewnętrznej krawędzi skarp w nadkładzie, umożliwiających wyeksploatowanie całego udokumentowanego złoża. Wyznacza ona granicę obszaru dokumentowanego.

5. W przypadku złóż kopalń likwidowanych powinna być przedstawiona ocena użyteczności pozostałych w złożu zasobów oraz określenie wskazań odnośnie ich ochrony.

### **Obliczanie zasobów kopaliny w złożu**

1. Zasoby kopaliny w złożu oblicza się w jednostkach masy (tonach) według stanu na określony dzień; zasoby złóż piasków podsadzkowych, piasków do produkcji cegły wapienno-piaskowej, betonów komórkowych, kopalni ceramiki budowlanej, oblicza się ponadto w jednostkach objętości (m<sup>3</sup>), a zasoby złóż węgla powinny być także określane w jednostkach cieplnych (megadżulach).

2. W złożach kopalni, z których użyteczny składnik wydzielany jest w wyniku procesów przerobczych lub jego zawartość decyduje o użyteczności kopaliny (rud metali, siarki, barytu, piaskowców koalinowych itp.) oblicza się zasoby kopaliny i zasoby użytecznych składników w niej zawartych.

3. O ile przepisy szczegółowe lub normy nie stanowią inaczej, zasoby kopaliny oblicza się w stanie powietrzno-suchym z podaniem naturalnej wilgotności kopaliny w złożu określonej równoległe z pomiarem gęstości przestrzennej.

4. Zasoby oblicza się odrębnie dla:

a) rodzajów, typów lub gatunków kopaliny,

b) poszczególnych kopalni w złożach wielokopalinowych.

5. W złożach kopalni wielosurowcowych, jeśli daje się wydzielić przestrzennie części złoża, w których występuje kopalina o możliwych różnych zastosowaniach, zaleca się dodatkowo obliczenie zasobów kopaliny dla każdego zastosowania surowcowego oddzielnie.

6. Obliczenie zasobów, w zależności od potrzeb i ustaleń wynikających z projektowania górniczego, może być przeprowadzone przy przyjęciu kilku wariantów brzeżnych wartości parametrów geologicznych złoża.

7. Wartości parametrów złożowych służących do obliczania zasobów: powierzchni, miąższości, zawartości składnika użytecznego i gęstości przestrzennej podaje się w zaokrągleniu, stosownym do dokładności ich pomiaru. Maksymalny błąd pomiaru nie powinien przekraczać  $\pm 10\%$ .

8. Należy opisać sposób pomiaru lub obliczenia powierzchni złoża, także w przypadku gdy realizowane są przy wykorzystaniu technik komputerowych.

9. Do obliczania zasobów przyjmuje się rzeczywistą miąższość złoża.

10. Wskazane jest przy obliczaniu zasobów posługiwanie się zasobnością<sup>2</sup> jako podstawowym parametrem złożowym, w szczególności w przypadku, gdy parametry złoża są wzajemnie skorelowane.

11. Zaliczenie przerostów płonnych do złoża lub przerostów kopaliny pozabilansowej do zasobów bilansowych należy uzależniać od możliwych lub przewidywanych sposobów eksploatacji kopaliny, nie pogarszających jej jakości poniżej określonej w kryteriach bilansowości i od niemożliwości wydzielenia ich w czasie eksploatacji.

12. W uzasadnionych przypadkach miąższość złoża może być wyznaczona na podstawie pomiarów geofizycznych.

13. Zawartość składnika użytecznego w profilu złoża określa się na podstawie wyników badań próbek odcinkowych, jako średnią ważoną ich długością, a w przypadku istotnego zróżnicowania gęstości przestrzennej kopaliny (zwłaszcza w zależności od zawartości składników użytecznych) także jako średnią ważoną gęstością przestrzenną przypisaną poszczególnym próbkom.

14. W przypadku zaliczenia przerostów płonnych lub pozabilansowych do złoża zawartość składnika użytecznego oblicza się z uwzględnieniem tych przerostów.

15. Gęstość przestrzenną kopaliny określa się na podstawie pomiarów laboratoryjnych dostatecznie dużych próbek lub metodami polowymi. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się określenie gęstości przestrzennej metodami geofizycznymi lub na podstawie stwierdzonych zależności z innymi cechami kopaliny.

16. Należy określić wilgotność kopaliny w złożu.

17. Liczba próbek do badań gęstości przestrzennej powinna być dostosowana do obserwowanej zmienności tego parametru. próbki należy pobierać osobno dla odmian kopaliny, różniących się porowatością, szczelinowatością oraz składem mineralnym. Przy obliczaniu zasobów rud należy uwzględnić zależności gęstości przestrzennej od składu mineralnego.

18. W przypadku złóż małych, eksploatowanych na potrzeby lokalne, do obliczenia zasobów można przyjąć gęstość przestrzenną na zasadzie analogii do innych złóż tej samej kopaliny.

19. Zasoby złoża i jego części oblicza się w granicach całego złoża oraz jego części przedstawionych na mapach i przekrojach.

20. Za granice złoża przyjmuje się: powierzchnie utworzone przez strop i spąg złoża oraz wyznaczone przez izarytmy minimalnych wartości parametrów złoża, wychodnie złoża, uskoki, nasunięcia itp., a także powierzchnie określające maksymalną dopuszczalną głębokość eksploatacji, wynikające z praw własności nieruchomości gruntowej lub określone w udzielonej koncesji. Granicę złoża może także stanowić granica filara ochronnego.

21. Granice złoża uwarunkowane jego miąższością i/lub jakością kopaliny, wyznacza się na zasadzie interpolacji lub ekstrapolacji. Wskazane jest przy tym korzystanie z metod

---

<sup>2</sup> Iloczyn miąższości, gęstości przestrzennej i zawartości składnika użytecznego w punktach rozpoznawczych.

geostatystycznych (z wykorzystaniem informacji o autokorelacji odpowiednich parametrów złoża).

22. W przypadku braku podstaw geologicznych lub geofizycznych dla wyznaczenia granic złoża, kontur złoża dla obliczenia zasobów wyznacza się w sposób formalny na zewnątrz skrajnych wyrobisk pozytywnych w odległości równej co najwyżej połowie rozstępu pomiędzy punktami rozpoznawczymi.

23. Jeśli wydzielane są zasoby pozabilansowe, podział zasobów na bilansowe i pozabilansowe przeprowadza się na podstawie kryteriów bilansowości złoża przy uwzględnieniu warunków możliwej eksploatacji.

24. Warunkiem zaliczenia zasobów do bilansowych jest spełnienie wszystkich kryteriów bilansowości złoża.

25. Granice złoża bilansowego w uzasadnionych przypadkach można wyznaczyć przy użyciu metod geofizycznych.

26. Kontur złoża bilansowego dla obliczania zasobów powinien być wyznaczony w taki sposób, by ograniczał możliwie zwarte obszary, w obrębie których spełnione są wymagania odnośnie średnich wartości parametrów złoża. Dopuszcza się zatem – na zasadzie wyjątku – obecność wewnątrz tego konturu pozabilansowych lub płonnych, relatywnie małych, części złoża.

27. Kontury złoża lub jego części rozpoznanych w poszczególnych kategoriach należy wyznaczać:

- w kategorii D na podstawie odpowiednio uzasadnionej interpretacji geologicznej (ekstrapolacji nieograniczonej lub interpolacji),
- w kategorii C<sub>2</sub> na podstawie interpolacji lub ekstrapolacji ograniczonej przez wyrobiska negatywne, a w uzasadnionych przypadkach na podstawie ekstrapolacji na odległość równą co najwyżej zasięgowi autokorelacji parametrów złoża lub – w przypadku braku autokorelacji – równą co najwyżej połowie odległości między wyrobiskami stwierdzającymi złożo,
- w kategorii C<sub>1</sub> i B na podstawie interpolacji lub ekstrapolacji w konturze wyznaczonej kategorii niższej,
- w kategorii A wzdłuż linii ograniczających skrajne wyrobiska stwierdzające złożo rozpoznane w tej kategorii lub w uzasadnionych przypadkach na podstawie interpolacji lub ekstrapolacji w konturze kategorii niższej.

28. Granice złoża i wydzielonych jego części powinny być przedstawione na załączanych do dokumentacji mapach, przekrojach i profilach geologicznych, z uwzględnieniem bilansowości, kategorii rozpoznania, rodzaju i jakości kopaliny.

29. Podział złoża na bloki obliczeniowe powinien – jeżeli istnieje taka potrzeba – umożliwić ocenę zasobów według ich bilansowości, kategorii ich rozpoznania oraz według rodzaju, jakości i zastosowania kopaliny, geologiczno-górnicych warunków wydobycia oraz innych wymagań projektowania górnicygo.

30. Granice bloków obliczeniowych powinny stanowić:

- naturalne granice wyznaczone przez uskoki, nasunięcia, wychodnie, linie zaniku lub rozszczepienia pokładów, żył,

- granice występowania różnych rodzajów kopaliny,
- granice części złoża o różnych kątach nachylenia, różniących się miąższością lub jakością kopaliny,
- granice zasobów bilansowych, pozabilansowych,
- granice złoża rozpoznanego z różną dokładnością – w różnych kategoriach poznania,
- warstwy przewidywanych lub istniejących poziomów, pięter wydobywczych, granice filarów ochronnych,
- granice własności gruntowej.

31. Obliczenia zasobów wykonuje się metodą dostosowaną do formy i budowy złoża oraz do podziału wynikającego z jego naturalnych własności lub z przyjętego lub projektowanego sposobu zagospodarowania złoża. Wybór metody wymaga uzasadnienia i powinien być dostosowany do wymagań rozliczania ubytku zasobów w wyniku eksploatacji.

32. Zasoby poszczególnych części złoża i/lub bloków obliczeniowych mogą być w uzasadnionych przypadkach obliczane różnymi metodami.

33. W przypadku konieczności zastosowania współczynników korygujących zasoby – np. z uwagi na skraswienie, nieciągłość złoża itp. – konieczne jest uzasadnienie przyjętych wartości.

34. Zasoby poszczególnych rodzajów kopaliny, bilansowe i pozabilansowe oraz rozpoznane w różnych kategoriach, oblicza się odrębnie. Jeśli ustanowione zostały filary ochronne, odrębnie oblicza się zasoby uwężone w tych filarach.

35. Zaleca się obliczenie zasobów dwiema metodami i porównanie ich wyników. Jeśli różnica obliczeń przekracza 5% należy wyjaśnić przyczyny jej występowania.

36. Należy przeprowadzić analizę dokładności oszacowania zasobów, a w szczególności:

- dokładności pomiarów parametrów złoża,
- oceny możliwego błędu oszacowania średnich wartości parametrów złoża i jego zasobów.

37. Przy obliczaniu zasobów kopaliny w złożu o kącie upadu mniejszym od  $15^\circ$  dopuszczalne jest pominięcie kąta upadu i dokonanie obliczeń jak przy złożu ułożonym poziomo. W przypadku obliczania zasobów złóż kopaliny przedstawionych na mapie sporządzonej w płaszczyźnie pionowej dopuszczalne jest pominięcie kąta upadu, jeśli jest on większy od  $75^\circ$ .

38. Przy przedstawianiu kilku wariantów interpretacji budowy złoża, zasoby kopaliny winny być obliczone dla każdego wariantu osobno.

39. Wynik obliczenia ilości kopaliny w złożu należy przedstawić w formie tabelarycznej oraz na mapach.

40. Mapy zasobów powinny przedstawiać rozmieszczenie punktów rozpoznawczych i miejsca pobrania próbek, kontury złoża, kontury bloków obliczeniowych, kontury części złoża rozpoznanych z różną dokładnością oraz zasoby i średnie wartości parametrów złoża w poszczególnych blokach obliczeniowych.

41. Mapy zasobów sporządza się oddzielnie dla każdego pokładu lub warstwy, a w złożach wielokopalinowych oddzielnie dla każdej kopaliny.

42. W złożach wielopokładowych sporządza się dodatkowo zbiorcze mapy zasobności sumarycznej.

43. Tabelaryczne zestawienia zasobów powinny przedstawiać:

a) szczegółowe wyniki obliczenia zasobów w wydzielanych blokach (parcelach) obliczeniowych i częściach złoża z wyróżnieniem:

1) zasobów bilansowych z podziałem:

- według rodzajów kopaliny i kategorii rozpoznania,
- według jakości kopaliny lub jej zastosowań surowcowych z podziałem według kategorii,
- w uzasadnionych przypadkach, według przyjętych kryteriów podziału złoża wynikających z jego budowy geologicznej, np. tektoniki, lub wynikających z projektu zagospodarowania złoża;

2) oszacowanych zasobów pozabilansowych (jeśli są wydzielane) z podziałem według rodzajów kopaliny i kategorii rozpoznania,

b) zbiorcze stanu zasobów bilansowych i jeśli są wyróżniane, zasobów pozabilansowych, z podziałem według rodzaju (typu) kopaliny i kategorii rozpoznania, oraz sporządzone zgodnie z wymaganiami określonymi w odpowiednich przepisach wykonawczych do ustawy Prawo geologiczne i górnicze.

44. W przypadku złóż nachylonych powinien być sporządzony wykres głębinowy zasobów.

45. W przypadku sporządzania dodatku do dokumentacji geologicznej złoża zawierającego zaktualizowane obliczenie zasobów należy rozliczyć zasoby poprzednio udokumentowane. W rozliczeniu należy podać wielkości zmiany zasobów powstałe w wyniku:

a) zmian położenia granic obszaru dokumentowanego, nie wynikających z lepszego rozpoznania (w wyniku podziału złoża, zmian granic własności gruntowej itp.),

b) zmian granic złoża w wyniku lepszego rozpoznania w granicach obszaru dokumentowanego,

c) zmian parametrów złoża w wyniku lepszego rozpoznania,

d) ubytku zasobów w wyniku eksploatacji złoża z podaniem wielkości wydobycia i strat,

e) zmiany położenia granic złoża należy przedstawić na mapie rozliczenia zasobów.

46. Określenie ubytku zasobów na podstawie rejestrowanego jej wydobycia powinna uwzględniać wilgotność kopaliny eksploatowanej.

### **Dokumentowanie kopaliny towarzyszących**

1. W trakcie rozpoznawania złoża powinny być zidentyfikowane wszystkie możliwe kopaliny towarzyszące – w szczególności w złożach przewidzianych do eksploatacji odkrywkowej – występujące między powierzchnią terenu a stropem złoża kopaliny głównej, bezpośrednio poniżej jego spągu oraz występujące w skałach bocznych złoża.

2. Zbadana powinna być jakość wszystkich zidentyfikowanych kopaliny towarzyszących.

3. Uznanie kopaliny za towarzyszącą, której zasoby są wykazywane wymaga uzasadnienia.

4. Stopień zbadania kopalin towarzyszących powinien umożliwić:

a) przy rozpoznaniu złoża kopaliny głównej w kategorii C<sub>2</sub> ocenę możliwości i celowości ich zagospodarowania,

b) przy rozpoznaniu kopaliny głównej w kategorii C<sub>1</sub> i wyższych ewentualne projektowanie zagospodarowania, eksploatacji, przeróbki i użytkowania w czasie eksploatacji kopaliny głównej lub po jej zakończeniu.

5. Kopaliny towarzyszące ciekłe i gazowe, w tym wody pitne i przemysłowe, znajdujące się w obszarze występowania wpływów przewidywanej eksploatacji powinny być rozpoznane w stopniu umożliwiającym ocenę ich ewentualnego wykorzystania po uruchomieniu eksploatacji.

6. W przypadku stwierdzenia wystąpień kopalin, które mogą być uznane za towarzyszące, ale których obszar występowania i zasoby nie mogą być udokumentowane, należy podać miejsca ich występowania (stwierdzenia) oraz charakterystykę surowcową.

7. W złożach zagospodarowanych, w których występują udokumentowane kopaliny towarzyszące, jeśli są one wybierane, ale nie wykorzystywane lecz gromadzone w odrębnych zwalach, powinna być udokumentowana ich ilość zgromadzona w zwale jako złożo wtórne.

### **Sporządzanie profili, map i przekrojów geologicznych**

1. W trakcie wykonywania dokumentacji geologicznej złoża należy sporządzić załączniki graficzne, umożliwiające przedstawienie formy i budowy złoża, rodzaju i jakości kopaliny, granic złoża oraz geologiczno-górnictwowych warunków wydobycia kopaliny.

2. Przy sporządzaniu map, przekrojów i profili wyrobisk oraz innych opracowań kartograficznych należy stosować ogólnie przyjęte oznaczenia i symbole, w szczególności powinny być stosowane oznaczenia i symbole zgodnie z wymaganiami określonymi w normach dla sporządzania map górniczych oraz w sposób umożliwiający wykorzystanie odpowiednich materiałów kartograficznych bezpośrednio w projektowaniu górniczym.

3. Dokumentacja geologiczna złoża powinna zawierać następujące załączniki graficzne:

a) mapę geośrodowiskową rejonu występowania złoża w skali 1:50 000 lub 1:25 000 lub odpowiedni jej wycinek, z zaznaczeniem lokalizacji badanego obszaru i dokumentowanego złoża, przedstawiającą składniki środowiska podlegające ochronie występujące w jego otoczeniu,

b) mapę lokalizacji złoża na aktualnym podkładzie topograficznym w skali 1:10 000, a w przypadku złóż dużych 1:25 000 lub 1:50 000 dobranej stosownie do wielkości złoża.

c) mapę sytuacyjno-wysokościową powierzchni w skali dobranej stosownie do wielkości złoża, wymagań użytkownika, wymagań stawianych przez projekt zagospodarowania złoża,

d) profile geologiczne odsłoneń (naturalnych i sztucznych) złoża oraz profile wykonanych wyrobisk rozpoznawczych,

e) załączniki ilustrujące budowę geologiczną złoża, jego właściwości, warunki geologiczno-górnictwowe eksploatacji, takie jak:



- mapę geologiczną zakrytą i odkrytą złoże i jego otoczenia,
- przekroje geologiczne (poprzeczne i podłużne) przez złoże i jego otoczenie,
- mapy strukturalne stropu i spągu złoże lub charakterystycznych jednostek stratygraficznych, litologicznych, surowcowych itp., w złożach wielopokładowych mapę stropu serii złożowej,
- mapy interpretacji badań geofizycznych,
- mapy parametrów złożowych, takich jak: miąższość złoże, grubość nadkładu, stosunek miąższości nadkładu do miąższości złoże, zasobność itp.,
- mapy jakości kopaliny/kopalin,
- mapy i przekroje hydrogeologiczne złoże i jego otoczenia,
- mapy i przekroje geologiczno-inżynierskie złoże i jego otoczenia,
- profile, mapy i przekroje ilustrujące wyniki badań gazowych i geotermicznych oraz interpretację gazoności złoże,
- mapy zasobów, a w przypadku obliczenia zasobów metodą przekrojów, przekroje obliczeniowe,
- mapy rejonizacji złoże z uwagi na warunki geologiczno-górniczne eksploatacji z zaznaczeniem przewidywanych zagrożeń naturalnych.

W przypadku niewielkiej ilości informacji treść wymienionych rodzajów map i przekrojów może być przedstawiana wspólnie na jednym załączniku graficznym.

4. W przypadku małych złóż kopalin skalnych eksploatowanych na potrzeby lokalne dokumentacja geologiczna powinna zawierać co najmniej:

- mapę lokalizacji złoże na aktualnym podkładzie topograficznym w skali 1:10000, z zaznaczeniem obiektów podlegających ochronie w jego otoczeniu (gruntów rolnych klasy I–IV, gruntów leśnych, granic zbiorników wód podziemnych, obszarów ochrony krajobrazu i innych obiektów objętych ochroną) oraz granic sąsiednich złóż,
- profile wyrobisk rozpoznawczych i (jeśli występują) odsłoneń naturalnych z zaznaczeniem miejsc opróbowania i wynikami analiz i badań,
- mapę sytuacyjno-wysokościową lub sytuacyjną w skali co najmniej 1:2 000 z naniesionymi granicami złoże, wyrobiskami i odsłoneciami naturalnymi i obiektami mającymi wpływ na sposób zagospodarowania złoże,
- co najmniej jeden przekrój geologiczny poprzeczny z zaznaczeniem położenia zwierciadła wód podziemnych.

5. Dobór załączników graficznych ustala dokumentator. Powinny one umożliwiać:

- przedstawienie budowy i formy złoże, zróżnicowania rodzaju i jakości kopaliny, warunków hydrogeologicznych i innych geologiczno-górnicznych, z dokładnością stosowną do kategorii rozpoznania złoże i jego rozmiarów,
- przeprowadzenie klasyfikacji zasobów i ocenę ich ilości.

6. Dobór załączników graficznych i sposób ich wykonania powinien być dostosowany do potrzeb opracowania projektu zagospodarowania złoże i projektowania eksploatacji.

7. Mapy ilustrujące budowę złoże, rodzaj i jakość kopaliny, mapę sytuacyjno-wysokościową oraz przekroje geologiczne należy sporządzić w tej samej skali.



8. Skale map powinny być dostosowane do rozmiarów złoża, możliwości przedstawienia jego budowy i otaczającego górotworu, zróżnicowania rodzaju i jakości kopaliny, warunków geologiczno-górnich eksploatacji, możliwości obliczenia zasobów (określenia powierzchni złoża) z właściwą dokładnością oraz uzgodnione z właściwym biurem projektów górniczych lub użytkownikiem złoża. Jeśli skale map nie zostały uzgodnione z projektantem górniczym lub użytkownikiem złoża, wskazane jest stosowanie skal: w kategorii C<sub>2</sub> nie mniejsze niż 1:25 000, w kategorii C<sub>1</sub> nie mniejsze niż 1:10 000, w kategorii B i A nie mniejsze niż 1:5 000. Stosowanie skal mniejszych niż podane jest uzasadnione w odniesieniu do bardzo dużych złóż i w przypadku umieszczania niewielkiej ilości informacji na mapie. Nie zaleca się podziału na sekcje map zamieszczanych w dokumentacji geologicznej, w szczególności obrazujących budowę złoża i jego właściwości.

9. Profile geologiczne wyrobisk rozpoznawczych powinny być wykonywane w jednej skali dobranej w sposób umożliwiający przedstawienie profilu litologicznego, zróżnicowania rodzaju i jakości kopaliny, warunków wodnych, gazowych i geotermicznych oraz właściwości inżyniersko-geologicznych skał. W razie potrzeby fragmenty profilu dotyczące np. serii złożowej lub złoża mogą być sporządzone odpowiednio w skali większej.

10. Na profilach wyrobisk (kartach otworów) i przekrojach geologicznych zaznaczyć należy miejsca i numery pobieranych próbek, wyniki analiz i badań jakości kopaliny, granice złoża bilansowego i pozabilansowego oraz granice poszczególnych kategorii rozpoznania.

11. Warunki hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne, gazowe i geotermiczne mogą być w miarę możliwości przedstawiane łącznie na przekrojach i na jednej mapie.

12. Na mapie sytuacyjno-wysokościowej powierzchni należy zaznaczyć aktualny stan zagospodarowania powierzchni, granice dokumentowanego obszaru złoża, granice własności gruntowej użytkownika złoża, miejsca wykonanych badań (lokalizację otworów wiertniczych, szybów, ujęć sztolni, profili geofizycznych), obiekty wymagające ochrony, granice stref chronionych filarami ochronnymi, linie przekrojów. Wyrobiska pionowe powinny mieć określoną nazwę, rzędną wysokości i głębokość. Mapy geologiczno-złożowe powinny mieć taką samą skalę jak mapa sytuacyjno-wysokościowa.

13. Ilość przekrojów geologicznych przez złoże i jego otoczenie oraz kierunki ich przebiegu powinny być dobrane tak, aby ilustrowały model budowy złoża w sposób dostosowany do potrzeb projektowania górniczego. Przekroje powinny być ponumerowane, kierunek cięcia opisany literami, a ich przebieg zaznaczony na mapach.

14. Przekroje przez złoże należy sporządzać w tej samej skali poziomej i pionowej, co odpowiadające im mapy sytuacyjno-wysokościowe i geologiczno-złożowe. Dla zilustrowania ważnych szczegółów budowy złoża, nie dających się przedstawić na przekroju, należy wykonać dodatkowo fragmenty przekrojów w skali większej, przewyższonej lub za pomocą zgeneralizowanych profili wyrobisk rysowanych poniżej linii przekrojowej. W uzasadnionych przypadkach, zwłaszcza dotyczących małych i/lub cienkich złóż, dopuszczalne jest stosowanie przekrojów w rozsądny sposób przewyższonych.

15. Na mapach geologiczno-złożowych oraz mapach zasobów powinny być zaznaczone:

- wyrobiska rozpoznawcze (otwory), miejsca pobrania próbek lub wykonania pomiarów, z podaniem ich numeru (symbolu) i wysokości nad poziomem morza, oraz wartości stosownych do treści mapy parametrów złożowych, np. na mapie miąższości złoża – jego miąższość,
- znaczące dla złoża elementy tektoniki, przede wszystkim uskoki,
- granice złoża w poszczególnych kategoriach poznania z zaznaczeniem granic złoża bilansowego i pozabilansowego oraz granic wyeksploatowanych części złoża, granice występowania wyróżnianych typów i rodzajów kopaliny,
- linie cięć przekrojów geologicznych,
- granice obszaru i terenu górniczego, granice filarów ochronnych oraz na mapach zasobów inne szczegóły mające znaczenie dla ich ustalenia (np. strefy zagrożone pożarami, partie zawadzone itp.).

16. W przypadku sporządzania map strukturalnych i map izarytm parametrów złożowych przy wykorzystaniu technik komputerowych należy podać rodzaj zastosowanego algorytmu interpolacyjnego.

17. W przypadku sporządzania mapy izarytm metodą krigingu musi być dołączony do niej lub zamieszczony w tekście dokumentacji wariogram empiryczny odwzorowywanego parametru i przyjęty jego model.

18. Na mapach zasobów powinny być zaznaczone kontury części złoża, bloków i pól obliczeniowych oraz podane dla nich średnie wartości parametrów złożowych, zasoby oraz dokładność ich oszacowania.

19. Mapy zasobów sporządza się oddzielnie dla każdego pokładu lub warstwy, a w złożach wielokopalinowych dla każdej kopaliny.

20. W przypadku, jeśli możliwa jest interpretacja budowy złoża w kilku wariantach, należy ją odpowiednio zilustrować na mapach i przekrojach.

21. Jeśli sporządzany jest dodatek do dokumentacji geologicznej złoża z powodu zmian jego granic lub zmian klasyfikacji zasobów, należy sporządzić mapę przedstawiającą wcześniejsze i aktualne granice złoża i granice wydzielanych jego części różnie kwalifikowanych.

### **Forma i treść dokumentacji geologicznej**

1. Dokumentację geologiczną złoża sporządza się w jednolitej formie opisowej, tabelarycznej i graficznej, niezależnie od kategorii rozpoznania złoża, z uwzględnieniem wymagań określonych w przepisach wykonawczych Prawa geologicznego i górniczego.

2. Dokumentacja musi zawierać wszelkie dane geologiczne niezbędne do oceny gospodarczej złoża i projektowania eksploatacji przedstawione w sposób przejrzysty dla użytkownika i umożliwiający ich bezpośrednie wykorzystanie.

4. Dokumentacja powinna składać się z dwóch części: syntetycznej – zawierającej dane wykorzystywane przez użytkownika dokumentacji i szczegółowej – zawierającej dane stanowiące podstawę interpretacji formy i budowy złoża oraz określenia rodzaju i jakości

kopaliny, warunków geologiczno-górnicznych złoża i eksploatacji, a w szczególności badań specjalistycznych, np. stratygraficznych, petrograficznych, geofizycznych itp. Część szczegółowa powinna być przedstawiona w formie odrębnych załączników.

5. Opracowanie tekstowe części syntetycznej powinno zawierać:

- wstęp – z podaniem celu w jakim ta dokumentacja została wykonana,
- charakterystykę geograficzną badanego obszaru – z podaniem stanu zagospodarowania złoża i środowiska przyrodniczego,
- opis stanu rozpoznania złoża,
- opis budowy geologicznej złoża i otaczającego górotworu,
- charakterystykę rodzaju i jakości kopaliny – z jej właściwościami technologicznymi włącznie,
- opis warunków hydrogeologicznych i inżyniersko-geologicznych – rozszerzony w zależności od potrzeb o opis innych warunków geologiczno-górnicznych, w tym gazowych i geotermicznych,
- charakterystykę zasobów złoża (klasyfikacja zasobów, uzasadnienie wyboru metody obliczania i wyniki obliczeń),
- ocenę dokładności rozpoznania złoża,
- rozliczenie zasobów złoża (w przypadku zmian dokumentacji),
- opis kopalin towarzyszących,
- omówienie warunków ochrony środowiska i rekultywacji.

6. Załączniki graficzne do części syntetycznej powinny stanowić:

- mapa lokalizacji złoża na podkładzie topograficznym w skali 1:10 000, a w przypadku złóż dużych w skali 1:25 000 lub 1:50 000 dobranej stosownie do ich rozmiarów,
- mapa geośrodowiskowa w skali 1:50 000 lub 1:25 000 z podaniem położenia złoża i granic jednostki surowcowej, w której występuje,
- mapa sytuacyjno-wysokościowa dokumentowanego obszaru,
- mapy geologiczno-złożowe, jak np.: stropu i spągu, miąższości złoża, grubości nadkładu, jakości kopaliny itp. – niezbędne dla ilustracji formy, ułożenia i zróżnicowania budowy złoża oraz jakości kopaliny,
- przekroje geologiczne,
- histogramy, krzywe rozkładu, wykresy współzależności itp., ilustrujące zróżnicowanie cech charakteryzujących jakość kopaliny, jej właściwości technologiczne, właściwości fizykomechaniczne skał otaczających i kopaliny (inżyniersko-geologiczne itp.),
- mapy i przekroje hydrogeologiczne, inżyniersko-geologiczne, gazonośności, geotermiczne,
- profile wyrobisk rozpoznawczych, opróbowanych odsłoneń naturalnych i wybranych wyrobisk górnicznych w przypadku czynnych kopalń.

7. Zestawienia tabelaryczne części syntetycznej powinny zawierać zestawienia parametrów charakteryzujących rodzaj i jakość kopaliny, właściwości hydrogeologiczne poziomów wodonośnych, inżyniersko-geologiczne właściwości skał nadkładu, zasoby itp.

8. Część szczegółowa dokumentacji powinna zawierać wszystkie dane uzupełniające i szczegółowe, nie wykorzystane bezpośrednio przez użytkownika dokumentacji, zesta-

wione w formie tekstowej, tabelarycznej i graficznej, niezbędne dla udokumentowania złoża, a w szczególności:

- omówienie historii badań i ewentualnie eksploatacji złoża,
- opis metodyki badań i szczegółową analizę i ocenę ich dokładności,
- wyniki badań stratygraficznych,
- szczegółowe wyniki badań tektonicznych i uzasadnienie interpretacji budowy geologicznej złoża,
- szczegółowe wyniki badań petrograficznych,
- szczegółowe wyniki badań rodzaju i jakości kopaliny oraz analizę dokładności opróbowania,
- szczegółowe wyniki badań laboratoryjnych i terenowych, hydrogeologicznych, inżyniersko-geologicznych, gazonośności, geotermalnych,
- wyniki badań geofizycznych,
- uwierzytelnione kopie lub autoryzowane odpisy dokumentów, których treść ma istotne znaczenie dla opracowywanej dokumentacji.

9. Forma zewnętrzna załączników graficznych do dokumentacji powinna być zgodna z wymaganiami określonymi w polskich normach dotyczących map górniczych.

10. Zaleca się podawanie wszelkich informacji tekstowych w sposób zwięzły, przejrzysty, w miarę możliwości stabelaryzowany.

11. Dokumentacja małych złóż na potrzeby lokalne może być uproszczona stosownie do: wielkości złoża, stopnia skomplikowania jego budowy oraz stosownie do potrzeb wynikających ze sposobu zagospodarowania złoża. Warunki występowania i budowa złoża muszą być zilustrowane przynajmniej za pomocą:

- wycinka aktualnej mapy topograficznej w skali 1:10 000 z zaznaczonymi: lokalizacją złoża (konturem obszaru udokumentowanego), obiektami chronionymi występującymi w sąsiedztwie złoża, granicami obszarów chronionych występujących w sąsiedztwie złoża (krajobrazu, gleb),
- szkicu sytuacyjnego w skali co najmniej 1:2 000,
- co najmniej jednego przekroju poprzecznego z zaznaczonym położeniem zwierciadła wód podziemnych,
- profili odsłoneń naturalnych i wykonanych wyrobisk rozpoznawczych z naniesionymi granicami złoża, wynikami analiz i pomiarów zwierciadła wody.