

V3(B3)

POLITECHNIKA SZCZECIŃSKA

KATEDRA GEOTECHNIKI



ROMAN RACINOWSKI, RYSZARD COUFAL

GEOLOGIA INŻYNIERSKA

DLA STUDENTÓW KIERUNKU BUDOWNICTWO

Biblioteka Główna
Politechniki Szczecińskiej

B-V.4693



011-004693-00-0

SZCZECIN 1999

(b. inż. ...)

IVb-744²

RECENZENT
Janusz Haurylkiewicz



3-V. 4693

OPRACOWANIE JĘZYKOWE
Jolanta Orkisz

PROJEKT OKŁADKI
Wiesław Gardas

WYDANO ZA ZGODĄ
REKTORA POLITECHNIKI SZCZECIŃSKIEJ

ISBN 83-87423-82-3

WYDAWNICTWO UCZELNIANE POLITECHNIKI SZCZECIŃSKIEJ
70-310 Szczecin, al. Piastów 17, tel. 449-47-60

Wydanie I. Nakład 300 + 39 egz. Ark. wyd. 8,6. Ark. druku 9,8.
Papier offsetowy kl. III, 80 g, B1.

Druk: „ZAPOL”, 71-062 Szczecin, al. Piastów 42, tel. (091) 434-10-21

D. 368/99

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
1. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH MINERAŁÓW SKAŁOTWÓRCZYCH	
1.1. Wprowadzenie	9
1.2. Postać minerału	9
1.3. Forma skupienia	10
1.4. Pokrój kryształów	10
1.5. Barwa minerałów	11
1.6. Połysk minerałów	12
1.7. Łupliwość i przełam minerałów	12
1.8. Twardość minerałów	12
1.9. Inne cechy minerałów	13
1.10. Tok oznaczania minerałów za pomocą klucza	13
1.11. Treść opracowania	20
2. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH SKAŁ MAGMOWYCH	
2.1. Wprowadzenie	21
2.2. Struktury skał magmowych	21
2.3. Tekstury skał magmowych	23
2.4. Minerały skał magmowych	23
2.5. Klasyfikacja skał magmowych	23
2.6. Charakterystyka typowych skał magmowych	24
2.7. Treść opracowania	27
3. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH SKAŁ OSADOWYCH	
3.1. Wprowadzenie	29
3.2. Klasyfikacja skał osadowych	29
3.3. Struktury skał osadowych	30
3.4. Tekstury skał osadowych	32
3.5. Główne minerały skał osadowych	33
3.6. Spoiwo skał okruchowych	33
3.7. Charakterystyka typowych skał osadowych	34
3.8. Treść opracowania	41

4. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH SKAŁ METAMORFICZNYCH	
4.1. Wprowadzenie	43
4.2. Struktury skał metamorficznych	43
4.3. Tekstury skał metamorficznych	44
4.4. Główne minerały skał metamorficznych	44
4.5. Klasyfikacja skał metamorficznych	45
4.6. Charakterystyka typowych skał metamorficznych	46
4.7. Treść opracowania	49
5. OCENA WŁAŚCIWOŚCI TECHNICZNYCH WYSTĘPUJĄCYCH W POLSCE SKAŁ DO CELÓW BUDOWLANYCH	
5.1. Wprowadzenie	51
5.2. Cechy, występowanie i zastosowanie skał magmowych	53
5.3. Cechy występowanie i zastosowanie skał osadowych	56
5.4. Cechy występowanie i zastosowanie skał metamorficznych	61
5.5. Treść opracowania	63
6. KLASYFIKACJA GRUNTÓW BUDOWLANYCH	
6.1. Wprowadzenie	65
6.2. Grunty rodzime skaliste	65
6.3. Grunty rodzime nieskaliste mineralne	66
6.4. Grunty rodzime nieskaliste organiczne	71
6.5. Grunty nasypowe	71
6.6. Treść opracowania	73
7. PODSTAWOWE CECHY GRUNTÓW NIESKALISTYCH MINERALNYCH	
7.1. Wprowadzenie	75
7.2. Omówienie parametrów	76
7.3. Metody ustalania parametrów geotechnicznych	82
7.4. Wodoprzepuszczalność gruntów	84
7.5. Treść opracowania	85
8. BADANIE MAKROSKOPOWE GRUNTÓW	
8.1. Wprowadzenie	87
8.2. Określanie rodzaju gruntu	87
8.3. Określanie stanu gruntu spoistego	94
8.4. Określenie barwy	95
8.5. Określenie wilgotności	96
8.6. Określenie zawartości węglanu wapnia	96
8.7. Określenie domieszek	97
8.8. Treść opracowania	97

9. OPRACOWANIE PRZEKROJU GEOTECHNICZNEGO NA PODSTAWIE WIERCEN	
9.1. Wprowadzenie	99
9.2. Wytyczne wykonania przekroju geotechnicznego	101
9.3. Treść opracowania	103
10. OCENA BUDOWLANA GRUNTÓW NA PODSTAWIE MAP GEOLOGICZNYCH	
10.1. Wprowadzenie	109
10.2. Orientacyjna ocena geotechniczna gruntów skalistych na podstawie map geologicznych	111
10.3. Orientacyjna ocena geotechniczna gruntów nieskalistych na podstawie map geologicznych	113
10.4. Podstawowe informacje o mapach litologiczno-stratygraficznych	124
10.5. Treść opracowania	124
11. OPRACOWANIE PRZEKROJÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH I MAP CIĘĆ NA PODSTAWIE SZCZEGÓŁOWEJ MAPY GEOLOGICZNEJ	
11.1. Wprowadzenie	131
11.2. Wykonanie przekroju geologiczno-inżynierskiego	131
11.3. Wykonanie map cięć	139
11.4. Treść opracowania	141
LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA	145

PRZEDMOWA

Minęło już przeszło 20 lat, gdy pod moją redakcją ukazała się pierwsza wersja skryptu stanowiącego materiał pomocniczy do ćwiczeń z geologii inżynierskiej dla studentów budownictwa lądowego i wodnego. Zmiany programowe oraz naturalna wymiana współpracowników spowodowały, że w nowych wydaniach tego opracowania następowały poważne przeredagowania i uzupełnienia zakresu i treści materiału.

Kolejna zmiana programowa oraz brak podręczników do ćwiczeń z geologii inżynierskiej spowodowały konieczność opracowania nowych materiałów do tych zajęć. W obecnym wydaniu utrzymano tradycyjny układ i nazewnictwo rozdziałów, nawiązujące do publikacji z roku 1990. (*Geologia inżynierska z elementami petrografii i hydrogeologii. Wprowadzenie do ćwiczeń*). Ze starego wydania włączono też kilka opracowanych przeze mnie rysunków. Wyrażam wdzięczność moim dawnym Współpracownikom, którzy wyrazili zgodę na taką formę wydania książki oraz pozwolenie na dokonanie zapożyczeń koncepcyjnych w niektórych fragmentach rozdziałów. Szczególnie dziękuję tu prof. dr. hab. inż. J. Haurytkiewiczowi i dr inż. M. Piechowskiej, z którymi wspólnie opracowywaliśmy konspekt do pierwszego wydania *Przewodnika do ćwiczeń z geologii inżynierskiej*.

W stosunku do wydania z 1990 r., książka zawiera poważnie zawężony zakres tematyczny, co wiąże się z bardzo znacznym uszczupleniem czasu przeznaczanego na ćwiczenia z geologii inżynierskiej. Prezentowane obecnie treści ograniczone zostały do podania podstawowych wiadomości z zakresu petrografii i gruntoznawstwa oraz elementarnej analizy map geologicznych, które są potrzebne przyszłym specjalistom budownictwa w ich działalności zawodowej. Celowo starano się, aby nowy tytuł książki nawiązywał do wcześniejszych opracowań dydaktycznych wykonanych w Katedrze Geotechniki Politechniki Szczecińskiej.

Niniejsza wersja książki powstała przy wydatnej pomocy dr. hab. inż., prof. PS Ryszarda Coufała, który zweryfikował i uzupełnił niektóre partie tekstu nadając im obecny szlif edytorski.

Autorzy dziękują Dziekanowi Wydziału Budownictwa i Architektury dr. hab. inż., prof. PS Włodzimierzowi Kiernozyckiemu, za moralne i finansowe wsparcie w trakcie pisania książki i jej wydania.

prof. dr hab. Roman Racinowski

I. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH MINERAŁÓW SKAŁOTWÓRCZYCH

1.1. WPROWADZENIE

Minerałem nazywany jest składnik powstały w wyniku działania procesów geologicznych, który ma specyficzne własności fizyczne i określony skład chemiczny. Nauka zajmująca się badaniem minerałów nazywa się **mineralogią**. Naturalne zespoły minerałów powstałe na drodze procesów geologicznych stanowią **skałę**. Badaniem skał zajmuje się **petrografia**. W przyrodzie minerały występować mogą w postaci krystalicznej lub też jako ciała bezpostaciowe, tworząc tak zwane substancje mineralne. Stosunkowo rzadko spotyka się minerały o prawidłowo rozwiniętych formach krystalicznych, a więc takie, gdzie wewnętrzne ułożenie jonów i atomów nadało minerałom postać brył ograniczonych płaskimi ścianami. Ponieważ w warunkach naturalnych minerały mają utrudnioną swobodę krystalizacji, dlatego też większość osobników wykazuje różny stopień zdeformowania zewnętrznego układu ścian, krawędzi i naroży.

Klasyfikacja minerałów opiera się na podstawach chemicznych. Wydziela się klasy: pierwiastków, siarczków, chlorowców, tlenków i wodorotlenków, soli kwasów tlenowych, związków organicznych. W postępowaniu praktycznym najczęściej minerały grupowane są w zależności od ich pochodzenia i aktualnego występowania w określonej grupie genetycznej skał. W takim ujęciu mówi się o minerałach skał magmowych, osadowych i metamorficznych.

W przyrodzie poznano przeszło 3000 minerałów, jednak tylko 20–30 są głównymi z punktu widzenia skałotwórczego. Dokładne rozpoznanie minerałów opiera się na szeregu specjalistycznych badaniach analizujących fizyczne i chemiczne właściwości tych składników. W ćwiczeniu określane będą minerały na podstawie obserwacji cech zewnętrznych, które mogą być oznaczone za pomocą wzroku i innych prostych sposobów badawczych. Taki tok postępowania określa się jako **badanie makroskopowe**.

Makroskopowe oznaczanie minerałów polega na ustaleniu szeregu właściwości badanego okazu i porównaniu z odpowiednim kluczem, w którym zestawione są wzorcowe cechy badanych minerałów skałotwórczych. W trakcie badań makroskopowych określa się: postać minerału, formę skupienia, pokrój kryształów, barwę i połysk minerałów, łupliwość i przełam, twardość. Ponadto prowadzone są obserwacje innych cech, np. gęstości, smaku, rozpuszczalności w wodzie, reakcji z HCl.

1.2. POSTAĆ MINERAŁÓW

Ustalenie postaci minerałów opiera się na określeniu „stopnia” ich wykrywania. Gdy dany minerał ma rozpoznawalny gołym okiem zarys ograniczony płaskimi ścianami, prostymi krawędziami i narożami, to mówi się, że ma on **postać jawnokrystaliczną**. Gdy cecha ta określona jest dopiero za pomocą lupy lub mikroskopu, to minerał ma **postać**

skrytokrystaliczną. Jeżeli w trakcie tych obserwacji nie można ustalić cech krystalicznych okazu, to uznaje się, że minerał jest bezpostaciowy.

1.3. FORMA SKUPIENIA

Minerały przyjmować mogą cały szereg form (rys. 1.1). Do najbardziej pospolitych należą:

- **pojedynczy kryształ** – minerał występuje w formie pojedynczego dużego okazu (osobnika), niekiedy spotykane są minerały w formie bliźniaków krystalicznych (np. „jaskółczy ogon” w gipsie);

- **szczotka krystaliczna** – z jednej wspólnej podstawy skalnej wystaje szereg kryształów (na podobieństwo włosów w szczotce); jej odmianą jest druza, gdy ściany pustek skalnych pokryte są kryształami skierowanymi ku jej środkowi;

- **forma ziarnista** – minerały występują w danym okazie jako ściśle przylegające do siebie kryształy;

- **forma zbita** – szereg bardzo drobnych kryształków przylega do siebie (pojedyncze kryształy trudne są do rozróżnienia gołym okiem);

- **forma włóknista** – w danym okazie minerał tworzy szereg równoległych „niteczek” przylegających ściśle do siebie;

- **forma oolitowa** – minerał występuje w formie szeregu przylegających do siebie kuleczek;

- **forma naciekowa** – minerał występuje najczęściej w formach różnego kształtu naskorupień;

- **konkrecje, buły** – minerał tworzy nieforemne skupienia o powierzchni silnie rozczłonkowanej, względnie mogą to być skupienia kuliste, wewnątrz o radialnej lub koncentrycznej (pasmowej) budowie;

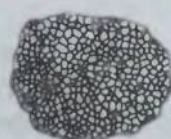
- **forma ziemista** – bardzo drobne ziarenka lub cząsteczki minerałów przylegające luźno do siebie, dające się rozcierać w palcach.

1.4. POKRÓJ KRYSZTAŁÓW

W szczegółowych badaniach minerały o postaci krystalicznej lub skrytokrystalicznej oznaczane są również pod względem przynależności do układu krystalograficznego. W zależności od charakterystyki geometrycznej ściany danej bryły krystalicznej położonej w układzie przestrzennych osi współrzędnych, wyróżnia się następujące układy krystalograficzne: regularny, tetragonalny, heksagonalny, rombowy, trygonalny, jednoskośny, trójskośny.

W niniejszym ćwiczeniu dla postaci jawnokrystalicznych należy określić tylko podobieństwo danego kryształu do bryły geometrycznej, traktując to jako **pokrój kryształu**. Przyjmując następujące rodzaje pokroju (rys. 1.1):

- **blaszkowy,**
- **tabliczkowy,**



Forma ziarnista



Szczotka krystaliczna



Forma włóknista



Forma oolitywa



Buta



Forma naciękowa

POKRÓJ MINERAŁÓW



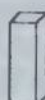
Blażkowy



Tabliczkowy



Kostkowy



Słupkowy



Igłkowy

ŁUPLIWÓŚĆ MINERAŁÓW



Doskonała



Wyraźna



Niewyraźna

Rys. 1.1. Przykłady formy, pokroju i łupliwości minerałów

- kostkowy,
- słupkowy,
- igłkowy (zwany też pręcikowym).

Określając pokrój trzeba pamiętać, że nie zawsze dany okaz minerału jest pojedynczym kryształem, ale może być złożony z wielu kryształów (forma ziarnista, zbity, ziemista), wtedy pokrój określa się (o ile to jest możliwe) dla poszczególnych kryształów w okazie.

1.5. BARWA MINERAŁÓW

Minerały dzieli się na barwne, zabarwione i bezbarwne. Minerały **barwne** mają taką samą barwę w stanie naturalnym jak i po sproszkowaniu danego okazu. Minerały **zabarwione** mają inną barwę w naturze, a inną po sproszkowaniu. Chcąc odróżnić minerały barwne od zabarwionych, wykonuje się tak zwaną **ryse**, czyli białą chropowatą płytkę porcelanową pociąga się badanym okazem, który się ściera na płytce i porównuje barwę badanego minerału z barwą rysy (sproszkowany minerał).

Oznaczenie barwy minerałów jest subiektywne. Stosuje się tu złożone określenia, przy czym pierwszy człon zabarwienia jest dopełniający, drugi natomiast właściwy (np. jasnożółty, brunatnowiśniowy). W przypadku, gdy dany minerał zabarwiony jest na równoważne barwy, wymienia się je oddzielając określenia myślnikiem (np. różowo-czerwony, wiśniowo-czarny).

1.6. POŁYSK MINERAŁÓW

Połysek minerałów charakteryzuje zdolność odbijania promieni świetlnych od powierzchni danego minerału. W ocenie makroskopowej połysk określa się przez porównanie do połysku, jaki mają znane powszechnie przedmioty naturalne lub sztuczne. Wyróżnia się minerały o połysku **szklistym** (połysek czystej szyby), **tłustym** (połysek lekko zatłuszczonego szkła), **perłowym**, **jedwabistym**, **metalicznym** (połysek ostrza stalowego), **półmetalicznym** (połysek wietrzejącej blachy) oraz **bez połysku**.

Połysek oznacza się w miejscu, w którym okaz minerału najsilniej odbija promienie świetlne. W niektórych przypadkach minerał ma inny połysk na ścianach kryształu, a inny na przełomie (por. p. 1.7). Minerały wystawione na działanie czynników atmosferycznych lub często dotykane rękami mają słabszy połysk niż w warunkach naturalnych. Dla takich minerałów należy określać połysk na świeżo odsłoniętych powierzchniach.

1.7. ŁUPLIWOŚĆ I PRZELAM MINERAŁÓW

Łupliwość jest to zdolność do kruszenia się minerałów wzdłuż płaskich równoległych do siebie powierzchni. Wyróżnia się:

- **łupliwość doskonałą** – minerał pod wpływem uderzenia rozłupuje się bardzo łatwo na szereg równoległych do siebie płatów;
- **łupliwość wyraźną** – pod wpływem uderzenia w okazie zaznaczają się gładkie powierzchnie równoległe do siebie;
- **łupliwość niewyraźną** – gładkie powierzchnie zajmują niewielkie części rozbijanego okazu (rys. 1.1).

Minerały, które pod wpływem uderzenia nie rozpadają się wzdłuż płaszczyzn łupliwości, mają tak zwany **przełam**. Wyróżnia się przełamy: **muszlowy**, **haczykowy**, **ziarnisty**, **nieforemny**.

Chcąc sprawdzić, czy minerał ma łupliwość czy przełam, nie trzeba konieczności rozbijać danego okazu, ale wystarczy dobrze przypatrzeć się jego obecnemu wyglądowi, a oznaczenie prowadzić na istniejących odsłonięciach.

1.8. TWARDOŚĆ MINERAŁÓW

Twardość minerałów określa się za pomocą względnej skali twardości opracowanej przez Mohsa. W skali tej dziesięć minerałów ułożono od najbardziej miękkich do najtwardszych i oznaczono liczbą porządkową:

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. talk, | 6. ortoklaz, |
| 2. gips, | 7. kwarc, |
| 3. kalcyt, | 8. topaz, |
| 4. fluoryt, | 9. korund, |
| 5. apatyt, | 10. diament. |

W praktyce twardość danego minerału oznacza się tylko odpowiednią liczbą porządkową wziętą ze skali twardości Mohsa. Twardość danego okazu określa się zarysowując go wzorcowymi minerałami ze skali Mohsa. Mineral twardszy od danego okazu rysuje go, bardziej miękki ściera się sam, natomiast o analogicznej twardości wzajemnie ściera się z badanym okazem. Ponieważ nie zawsze jest do dyspozycji pełna skala twardości wzorcowych minerałów, dlatego też można stosować następującą przybliżoną ocenę:

- minerały o twardości 1, 2 dają się zarysować paznokciem,
- minerały o twardości 3, 4, 5 dają się zarysować przez szkło, gwóźdź, zwykły nóż,
- minerały o twardości wyższej od 5 rysują szkło (minerały o twardości wyższej od 7 są rzadko spotykane w przyrodzie i traktowane jako minerały szlachetne).

Szereg minerałów w wyniku procesu wietrzenia ma mniejszą twardość niż okazy niezwięznięte.

607 73 48 12

1.9. INNE CECHY MINERAŁÓW

Dla wielu minerałów ważnymi cechami diagnostycznymi są: znaczna gęstość (np. minerały rudne), sprężystość (np. muskowit), strugalność, kowalność, własności magnetyczne (magnetyt) itp. Dość powszechna jest obserwacja działania kwasu solnego (HCl) na dany minerał. W przypadku intensywnej reakcji wnioskuje się o obecności w okazie węglanu wapnia (CaCO_3) i konsekwentnie o podatności takiego okazu na wypłukiwanie roztworami kwaśnymi.

Inne minerały węglanowe reagują z HCl dopiero po podgrzaniu (np. dolomit). Niekiedy jednak po potraktowaniu dolomitu kroplą kwasu solnego i zbliżeniu go do ucha słyszeć słaby szum zachodzącej reakcji. Kropla HCl burzy się jednak widocznie (i na zimno) na proszku dolomitowym np. w zarysowaniach okazu.

Zawsze po zbadaniu danego okazu kwasem solnym należy przemyć go w wodzie.

1.10. TOK OZNACZANIA MINERAŁÓW ZA POMOCĄ KLUCZA

W podanym kluczu do makroskopowego określania podstawowych minerałów skałotwórczych, minerały zostały podzielone na trzy grupy w zależności od ich połysku i rysu (tab. 1.1). Wydzielono:

- I – minerały o połysku metalicznym i półmetalicznym;
- II – minerały o połysku niemetalicznym i kolorowej rysie;
- III – minerały o połysku niemetalicznym i rysie białej.

Minerały grupy I i II rozróżnia się na podstawie zabarwienia i rysy, natomiast minerały grupy III ułożone są według wzrastającej twardości. W przypadku minerału o zmiennej twardości zasygnalizowano to w tabeli, podając najczęstszy zakres zróżnicowania tej cechy.

Makroskopowe oznaczanie minerałów jest jedynie określeniem orientacyjnym, dopiero za pomocą specjalistycznych metod badawczych można precyzyjnie ustalić, z jakim minerałem mamy do czynienia.

Tabela 1.1.a. Klucz do makroskopowego określania podstawowych minerałów skałotwórczych

I. MINERAŁY O POŁYSKU METALICZNYM I KOLOROWEJ RYSIE									
Barwa	Rysa	Połysek	Przełam	Łupliwość	Twardość	Inne właściwości	Forma występowania	Pokrój kryształów	Nazwa i skład chemiczny
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
spiszowo- żółta, żółcista	czarna	metaliczny	—	słabo- wyrazna	6	potraktowany HCl wydziela siarkowodór (zapach zepsutych jaj)	ziarnista, naciekowa	szescian, dwunasto- scian	PIRYT FeS_2
ołowiano- szara	ciemno- szara	metaliczny	—	doskonała	3	w ręce czuje się dużą gęstość	ziarnista	szescian, ośmiościan	GALENA PbS
czarna	czarna, ciemno- szara	metaliczny	—	niewyrazna	6	czasami magne- tyczny	ziarnista, zbita	ośmiościan, dwunasto- scian	MAGNETYT Fe_3O_4
stalowa, czarna, wisniowa	wisniowa	metaliczny	w odmia- nach nacieko- wych muszlowy, nierówny	w odmia- nach krysta- licznych doskonała	6	—	ziarnista, zbita, naciekowa	—	HEMATYT Fe_2O_3
brunatna, pomarań- czowo- brunatna, brunatno- wisniowa	brunatna	półmeta- liczny, częście bez połysku	muszlowy, nierówny	—	3 - 6	—	zbita, naciekowa		LIMONIT $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
brunatno- żółta, brunatno- pomarań- czowa	brunat- nawa, szara	szklisty, perłowy, półmetali- czny, bez połysku	w odmia- nach nacieko- wych muszlowy i nierówny	w odmia- nach krysta- licznych doskonała	4	reaguje z HCl, po podgrzaniu	ziarnista, zbita, naciekowa		SYDERYT FeCO_3

c. d. Tabela 1.1. b.

II. MINERAŁY O POŁYSKU NIEMETALICZNYM I KOLOROWEJ RYSIE									
Barwa	Rysa	Połysk	Przełam	Łupliwość	Twardość	Inne własności	Forma występowania	Pokrój kryształów	Nazwa i skład chemiczny
zielona niebieska- wo-zielona	zielona	—	—	—	2	—	występuje w postaci małych ziarenek	—	GLAUKONIT uwodniony glinokrzemian K,Ca,Mg,Fe
zielona	zielona	jedwabisty perłowy	—	doskonała	2	—	ziarnista	blaszkowy	CHLORYT uwodniony glinokrzemian Mg,Fe
czarna, ciemno- zielona (niekiedy ze złotym odcieniem)	czarnawa, szara	perłowy	—	doskonała	2	—	ziarnista	blaszkowy	BIOTYT uwodniony glinokrzemian K,Mg,Fe
czarna, ciemno- zielona	zielonawa, szara	szklisty	—	doskonała	5-6	—	zbita, ziarnista	slupkowy, igietkowy	AMFIBOLE uwodnione glinokrzemiany Ca,Na,Mg,Fe
czarna, ciemno- zielona	zielonawa, szara	szklisty	—	doskonała	5-6	—	ziarnista, zbita	tabliczkowy, (rzadko slupkowy)	PIROKSENY glinokrzemiany Ca,Mg,Fe



c. d. Tabela 1.1.c

III. MINERAŁY O POŁYSKU NIEMETALICZNYM I BIAŁEJ LUB SZAREJ RYSIE

A. Minerale o twardości 1-2; dają się rysować paznokciem

Barwa	Rysa	Połysk	Przełam	Łupliwość	Twardość	Inne własności	Forma występowania	Pokrój kryształów	Nazwa i skład chemiczny
biała, zielonawa	biała, szara	—	—	—	1	w obecności wody pęcznieje, po chuchnięciu wydziela specyficzny zapach	ziarnista, zbita	—	MINERAŁY ILASTE (kaolinit, illit, smektyt). uwodnione glinokrzemiany K, Ca, Mg, Fe
szara, zielonawa	biała	jedwabisty	—	doskonała	1	w dotyku tłusty	ziarnista, zbita	blaszkowy	TALK $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
bezbarwna biała	biała	szklisty, jedwabisty	—	doskonała	2	—	ziarnista, zbita, włóknista	tabliczkowy, szupkowy, pręcikowy	GIPS $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
bezbarwna, biała	biała	szklisty, na powierzchni zwietrzałej tłusty	—	wyraźna, doskonała	2-4	—	ziarnista, zbita, włóknista	tabliczkowy, szupkowy	ANHYDRYT CaSO_4
bezbarwna, biała	biała	szklisty na zwietrzałej powierzchni tłusty	—	doskonała	2-3	słony smak, rozpuszcza się w wodzie	ziarnista, naciekowa, włóknista, zbita	kostkowy	HALIT NaCl
bezbarwna, srebrzysta	biała	perłowy	—	doskonała	2-3	—	zbita, ziarnista	blaszkowy	MUSKOWIT glinokrzemian K
zielona, seledynowa	biała	szklisty do tłustego	—	wyraźna	2-3	rozkłada się w HCl	zbita, ziarnista	tabliczkowy, szupkowy, pręcikowy	SERPENTYN uwodnione krzemiany Mg

c. d. Tabela 1.1.d

III. MINERAŁY O POŁYSKU NIEMETALICZNYM I BIAŁEJ LUB SZAREJ RYSIE									
B. Minerale o twardości 3-5; nie dają się rysować paznokciem, są rysowane przez szkło									
Barwa	Rysa	Połysk	Przełam	Łupliwość	Twardość	Inne własności	Forma występowania	Pokrój kryształów	Nazwa i skład chemiczny
bezbarwna biała, żółta, różna	biała	szklisty	—	doskonała	3	reaguje z HCl burzliwie	ziarnista włóknista, naciekowa zbita	tabliczkowy, szupkowy	KALCYT CaCO_3
biała, szara, żółtawa, różna	biała	szklisty	—	doskonała	3-4	reaguje z HCl, po podgrzaniu, na zimno z proszkiem	ziarnista, zbita	tabliczkowy, szupkowy	DOLOMIT $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
fioletowa, seledynowa	biała	szklisty	—	doskonała	4		ziarnista, zbita	tabliczkowy	FLUORYT CaF_2
jasno-zielona, biała	biała	szklisty, do tłustego	muszlowy	—	5	rozpuszcza się w HCl	ziarnista, zbita	szupkowy, tabliczkowy	APATYT fosforan $\text{Ca}, \text{F}, \text{Cl}$

c. d. Tabela 1.1.e

III. MINERAŁY O POŁYSKU NIEMETALICZNYM I BIAŁEJ LUB SZAREJ RYSIE									
C. Minerale o twardości 5-8; rysują szkło.									
Barwa	Rysa	Połysk	Przełam	Łupliwość	Twardość	Inne własności	Forma występowania	Pokrój kryształów	Nazwa i skład chemiczny
biała, czerwona	biała	szklisty	—	doskonała	6	—	ziarnista	tabliczkowy, słupkowy	ORTOKLAZ glinokrzemian K
białozłota, szara, zielonawo-czarna	biała	szklisty	—	doskonała	6	niektóre odmiany na powierzchni rozszczepiają światło	ziarnista	tabliczkowy, słupkowy	PLAGIOKLA-ZY albit- (glinokrzemian Na), anortyt- (glinokrzemian Ca)
białozłota, brunatna, różna	biała	szklisty, tłusty	muszlowy	—	6	niektóre odmiany opalizują	zbita, naciekowa	minerał bezpostaciowy	OPAL $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
różne, często zabarwienie pasmowe	biała	tłusty lub bez połysku	muszlowy	—	6-7	—	zbita	minerał skrytokrystaliczny	CHALCEDON SiO_2
bezbarwna różna	biała	szklisty, tłusty	muszlowy	—	7	—	ziarnista, zbita	słupkowy zakończony piramidą	KWARC SiO_2
oliwkowa, brunatna	biała	szklisty, tłusty	muszlowy	—	7	—	ziarnista, zbita	słupkowy, tabliczkowy	OLIWINY $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$
brunatna, czerwona, różna	biała	szklisty, tłusty	muszlowy	—	7	—	ziarnista, zbita	dwunastoscian rombowy	GRANATY glinokrzemiany Mg, Fe, Mg, Ca

1.11. TREŚĆ OPRACOWANIA

Po zapoznaniu się z przedstawionymi powyżej uwagami przystąpić do określenia otrzymanego zestawu minerałów, wyniki zestawzić w formie tabelarycznej :

Lp.	Barwa	Rysa	Połysk	Przełam	Łupliwość	Twardość	Forma występowania i pokrój	Inne własności	Uwagi	Nazwa minerału i jego wzór chemiczny
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Wyjaśnienia:

Kolumna 5 i 6. Dla uproszczenia należy przyjąć, że minerał ma albo przełam albo łupliwość. W przypadku, gdy dany minerał występuje w formie zbitej, oolitowej, naciekowej czy ziemistej określenie makroskopowe łupliwości jest trudne lub niemożliwe. Należy to zaznaczyć w uwagach.

Kolumna 7. Niektóre minerały mogą mieć twardość nieco większą lub nieco mniejszą od wzorcowej. Np. halit wystawiony na działanie wilgoci ma naskorupienie, które z trudem daje się rysować paznokciem. Minerały będące wietrzejącymi tlenkami lub wodorotlenkami żelaza są zazwyczaj bardziej miękkie od okazów wzorcowych.

Kolumna 8. Pokrój minerałów podawać należy tylko dla form wyraźnie krystalicznych.

Kolumna 10. Wpisuje się wszystkie dodatkowe informacje nie mieszczące się pod względem treści w poprzednich kolumnach (np. reakcja z HCl, smak, rozpuszczalność w wodzie).

2. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH SKAŁ MAGMOWYCH

2.1. WPROWADZENIE

Skąły magmowe są naturalnym zespołem minerałów powstałym w trakcie krystalizacji magmy pod skorupą ziemską, w głębi niej, blisko powierzchni ziemi lub na jej powierzchni (wtedy nazywa się lawą).

Magma jest gorącym stopem złożonym z fazy stałej, ciekłej oraz gazowej. Dominują w niej glinokrzemiany Ti, Al, Fe, Mn, Ca, Na, K, P. Głównymi gazami są H_2O , CO_2 , N_2 , O_2 , H_2 , Cl_2 , F_2 , HCl , H_2S , S , SO_2 , SO_3 .

Z krystalizującej powoli magmy pod skorupą ziemską lub w jej głębi powstają w pełni wykryalizowane minerały, które widoczne są gołym okiem, skały pełnokrystaliczne. W przypadku gdy magma krystalizuje blisko powierzchni ziemi w wyniku szybkiego spadku temperatury, formowane są z niej skały skrytokrystaliczne, w których minerałów nie można rozpoznać gołym okiem. Jeżeli początkowo krystalizacja magmy przebiegała spokojnie w wysokiej temperaturze, a później nastąpiło ochłodzenie i szybka krystalizacja, to część minerałów jest jawnokrystaliczna (są to tak zwane prakryształy), a część skrytokrystaliczna (jest to tak zwane ciasto skalne). W przypadku gwałtownego obniżenia temperatury i bardzo szybkiego krzepnięcia magmy (lawy) na powierzchni ziemi, utworzona skała ma charakter bezpostaciowy (jest to tzw. szkliwo wulkaniczne).

Warunki geologiczne, w jakich powstała dana skała magmowa, znajdują odbicie w jej budowie wewnętrznej. Budowę tę określa się za pomocą struktury i tekstury.

Pod pojęciem struktura rozumie się wielkość i stopień wysegregowania składników tworzących masę danej skały. Natomiast tekstura jest sposobem ułożenia składników w skałe oraz wypełnienia przez nie przestrzeni skalnej.

Niekiedy terminy struktura i tekstura definiowane są w sposób niejednoznaczny lub traktowane wymiennie. W niniejszej książce starano się w sposób konsekwentny trzymać podanych powyżej definicji.

2.2. STRUKTURY SKAŁ MAGMOWYCH

Skąły magmowe mogą mieć struktury jawnokrystaliczne, skrytokrystaliczne, porfirowe, szkliste lub mieszane.

- **Struktury jawnokrystaliczne** cechują się tym, że w okazie wszystkie minerały widoczne są gołym okiem. Struktury te są typowe dla głębinowych skał magmowych. Gdy kryształy są większe od 5 mm, są to skały grubokrystaliczne, gdy wielkość ich jest 5-2 mm, są średniokrystaliczne, jeżeli są mniejsze od 2 mm, to są drobnokrystaliczne. Spotykane są też struktury porfirowate, cechujące się tym, że na tle średnio- lub drobnokrystalicznego tła występują duże kilkucentymetrowe kryształy minerałów.

21-73

- **Struktury skrytokrystaliczne** charakterystyczne są dla skał wylewnych. W masie skalnej składników nie można rozpoznać gołym okiem. Skała ma jednolitą szorstką powierzchnię. Patrząc na nią pod światło zauważa się połyskujące *punkciki* mikroskopijnych kryształków.

- **Struktury porfirowe** (odróżnić od porfirowatych, por. wyżej) cechują się zmiennym stopniem wykryształizowania minerałów w skałe. Na tle skrytokrystalicznej masy ciasta skalnego tkwią widoczne gołym okiem składniki mineralne zwane prakryształami.

- **Struktury szkliste** charakterystyczne są dla skał tworzących się ze współczesnych law wulkanicznych. Skała stanowi jednolitą szklistą, bezpostaciową masę.

- **Struktury mieszane** mają skały, w których część substancji skalnej ma postać skrytokrystaliczną, a część jest bezpostaciową.

Przykłady struktur i tekstur niektórych skał przedstawia rysunek 2.1.



Struktura: jawnokrystaliczna
równokrystaliczna

Tekstura: bezładna
masywna



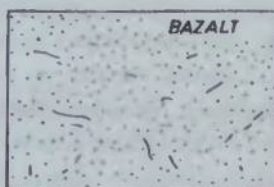
Struktura: jawnokrystaliczna
nierównokrystaliczna

Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: porfirowa

Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: skrytokrystaliczna

Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: skrytokrystaliczna

Tekstura: bezładna
pęcherzykowata



Struktura: porfirowa

Tekstura: uporządkowana
masywna

Rys. 2.1. Przykłady struktur i tekstur niektórych skał magmowych

2.3. TEKSTURY SKAŁ MAGMOWYCH

Ze względu na uporządkowanie składników w skale wśród skał magmowych dominują **tekstury bezładne**. Oznacza to, że poszczególne minerały rozmieszczone są chaotycznie w materii skalnej. Rzadko spotykane są **tekstury ukierunkowane**, gdy składniki mineralne wykazują pewne prawidłowości w ich przestrzennym ułożeniu. Dotyczy to tendencji do równoległości w ułożeniu minerałów lub też fluidalnego (potokowego) wyglądu materii skalnej. Pod względem wypełnienia przestrzeni wśród skał magmowych dominują **tekstury masywne**. Materia mineralna wypełnia w sposób szczelny całą skałę. Kropla wody na skale nie wsiąka w nią i cechuje się wypukłym meniskiem. W niektórych skałach magmowych (najczęściej w melaforach) występują „pustki” w wypełnieniu masy skalnej. W zależności od kształtu tych „luk” mówi się o **teksturach pęcherzykowatych, porowatych, szczelinowatych**.

2.4. MINERAŁY SKAŁ MAGMOWYCH

Podstawowymi minerałami skał magmowych są: kwarc, skalenie, łuszczyki (muskowit, biotyt), amfibole, pirokseny, oliwiny. Typowymi skałeniami potasowymi są ortoklaz i mikroklin. Skalenie sodowo-wapniowe nazywane są plagioklazami. Mogą to być plagioklasy kwaśne (glinokrzemiany sodu) reprezentowane przez albit i oligoklaz, jak również plagioklasy zasadowe (glinokrzemiany wapnia) np. labrador, anortyt. W skałach magmowych mogą łącznie występować skalenie potasowe i plagioklasy kwaśne, określa się je jako skalenie alkaliczne. Przedstawicielem amfiboli jest najczęściej hornblenda, natomiast piroksenów - augit. W pospolitych skałach magmowych Polski oliwiny występują w bardzo małych ilościach.

Minerały nadają skałom zabarwienie. Cecha ta jest bardzo pomocna przy określaniu rodzaju skały. Skały jasne bogate są w krzemionkę, odcień ten nadaje kwarc i skalenie alkaliczne. Ze względu na znaczny udział SiO_2 , traktowany jako reszta kwasu krzemowego, skały te nazywane są **kwaśnymi**. Skały mające zabarwienie ciemne cechują się dużą zawartością wapnia, magnezu, żelaza. Skały te określane są jako **zasadowe**. Dominują w nich plagioklasy zasadowe, amfibole, pirokseny, oliwiny. Zabarwienie skały ustala się z takiej odległości, aby wszystkie składniki mineralne „zlały się” w jedno tło.

2.5. KLASYFIKACJA SKAŁ MAGMOWYCH

Skały magmowe ze względu na miejsce swego powstania dzieli się na głębinowe, wylewne i żyłowe.

- **Skały głębinowe** krystalizują z magmy, która powoli się ochładza w głębi skorupy ziemskiej i pod nią. Od innych skał magmowych różnią się strukturą jawnokrystaliczną.
- **Skały wylewne** tworzą się z magmy krystalizującej szybko w warunkach znacznego obniżenia temperatury, na powierzchni lub płytko pod powierzchnią ziemi. Mają one strukturę porfirową, skrytokrystaliczną lub szklistą.

• **Skąły żyłowe** powstają w różnych sytuacjach głębokościowych tworząc w przestrzeni ciała geologicznego o mniejszych rozmiarach niż kompleksy skał głębinowych i wylewnych. Charakteryzować się mogą strukturami jawnokrystalicznymi jak i skrytokrystalicznymi. Skąły te w skrypcie nie są omawiane. Klasycznymi przykładami takich skał są pegmatyty i diabazy.

Charakter chemiczny magmy znajduje odbicie w składzie mineralnym, który stanowi podstawę dalszego szczegółowego podziału skał magmowych. Mineralami wiodącymi w tym podziale są: kwarc, skałenie alkaliczne, plagioklasy zasadowe, amfibole, pirokseny. Bardzo pomocne przy wydzielaniu oddzielnych grup skałnych jest ich zabarwienie.

Uproszczoną klasyfikację skał magmowych przedstawiono w tab. 2.1.

Tabela 2.1. Uproszczona klasyfikacja skał magmowych

SKŁAD MINERALNY						
Struktura	Pochodzenie	Kwarc, ortoklaz, plagioklasy kwaśne (muskowit, biotyt, amfibole)	Ortoklaz, plagioklasy kwaśne, amfibole (pirokseny, biotyt)	Plagioklasy amfibole, pirokseny (biotyt)	Plagioklasy zasadowe, pirokseny (amfibole, biotyt)	Oliwiny, pirokseny, amfibole, biotyt
Jawno- krystaliczna	Skały głębinowe	GRANIT	SJENIT	DIORYT	GABRO	PERYDO- TYT PIROKSE- NIT
Porfirowa skryto- krystaliczna, szklista	Skały wylewne	RYOLIT	TRACHIT	ANDEZYT	DIABAZ MELAFIR BAZALT	
Zawartość	krzemionki	>65% 65-52%		65-52%	52-40%	<40%
		SKAŁY KWAŚNE			SKAŁY ZASADOWE	
Zawartość	minerałów ciemnych	5-15%	15-25%	25-40%	40-55%	>55%
		SKAŁY JASNE			SKAŁY CIEMNE	

2.6. CHARAKTERYSTYKA TYPOWYCH SKAŁ MAGMOWYCH

GRANIT

Granity mają zabarwienie szarobiałe, szarozółte, różowoczerwone. Charakteryzują się strukturą jawnokrystaliczną, od drobno- do grubokrystalicznej, lub porfirowatą. W skałce występuje *kwarc* w nieforemnych bryłkach o tłustym połysku i braku łupliwości, przypominając ziarenka brudnego lodu. Obok niego są *skałenie potasowe* (ortoklaz i mikroklin) tworzące zabarwione na różowo lub biało kryształki o pokroju tabliczkowym, z przeważnie doskonałą łupliwością i o szklistym połysku. Zbliżone cechy mają *plagioklasy kwaśne* (np. albit), które zabarwione są zazwyczaj na szarobiałło lub szarozółtawo. Rozróżnienie poszczególnych odmian skałeni w sposób makroskopowy jest bardzo trudne, dlatego też mówi się o rozpoznanych w skałce *skałeniach alkalicznych*. W granitach spotyka się

też miękkie, srebrzyste blaszki *muskowitu* oraz czarne (niekiedy ze złocistym odcieniem) blaszki *biotytu*. Sporadycznie w granicie występują twarde, czarne słupki *amfiboli*.

RYOLIT

Skala ta w starszej literaturze nazywana jest **porfirem kwarcowym**. Ryolit jest skałą wylewną utworzoną z magmy granitowej. Ma strukturę porfirową, teksturę bezładną, masywną. Młodsze geologicznie ryolity mają często teksturę pęcherzykową i częściowo porowatą. W starszych wiekiem ryolitach ciasto skalne zabarwione jest na czerwono-brunatno, wiśniowo, brunatno. Na tym tle wyodrębniają się czarne lub niebieskawe *prakryształy kwarcu*, mające pokrój sferyczny lub kostkowy. Widoczne są też zabarwione na czerwono, różowo, żółtawo *skalenie alkaliczne* mające pokrój tabliczkowy lub słupkowy. Młodsze geologicznie ryolity charakteryzują się znacznym zwiertzeniem. Na tle jasnoróżowego lub szaroseledynowego ciasta skalnego wyodrębniają się białe prakryształy skaleni i szare „bryłki” kwarcu.

SJENIT

Skala ta w Polsce jest rzadko spotykana. Zabarwiona jest na jasnoszaro, szaroróżowo, szaroczerwono. Sjenit ma strukturę jawnokrystaliczną (od drobno- do grubokrystalicznej). Tekstura jest chaotyczna, masywna. W niektórych skałach istnieje tendencja do równoległego ułożenia minerałów. W sjenitach występują zabarwione na białe, szarżółto, rzadziej czerwono *skalenie potasowe* i *plagioklasy kwaśne*. Mają one pokrój tabliczkowy, cechują się przeważnie doskonałą łupliwością i szklistym połyskiem. W skale znajduje się też *biotyt* o pokroju miękkich czarnych blaszek oraz *amfibole* o pokroju czarnych twardych słupków.

TRACHIT

Jest to skała wylewna powstała z lawy sjenitowej. Makroskopowo swoimi cechami zewnętrznymi nawiązuje do młodszych geologicznie ryolitów. W Polsce trachity są bardzo rzadko spotykane.

DIORYT

Skala zabarwiona jest na szaro lub szaroczarno. Odmiany zwiertzałe mają odcień zielony. Dioryty mają strukturę jawnokrystaliczną (drobno- lub średniokrystaliczną). Tekstura jest bezładna, masywna. W skale wyróżnić można *plagioklasy* o pokroju tabliczkowym i zazwyczaj doskonałej łupliwości. Zabarwione są na szarobiałe lub szaro. Zwiertzałe minerały mają bardzo słaby połysk. *Amfibole* mają pokrój głównie czarnych igiełek lub słupków. Natomiast pirokseny mają tabliczkowaty pokrój kryształów. Minerały te zabarwione są na czarno i często charakteryzują się doskonałą łupliwością i szklistym połyskiem. Makroskopowe odróżnienie amfiboli od piroksenów w skałach jest bardzo trudne. W Polsce dioryty nie występują w klasycznej petrograficznie postaci. Zazwyczaj są to granodioryty lub sjenodioryty.

ANDEZYT

Jest to wylewny odpowiednik diorytu. Skała zabarwiona jest na szaro. Struktura jest porfirowa. Na tle popielatego ciasta skalnego widoczne są czarne prakryształy *amfiboli* (głównie jako igielki lub słupki) oraz *piroksenów* (głównie o pokroju tabliczkowatym). Minerale te mają połysk szklisty i doskonałą łupliwość. Trudniej od ciasta skalnego odróżniają się zabarwione na szarobiało tabliczkowate lub listewkowate prakryształy *plagioklazów*.

GABRO

Skała zabarwiona jest na szaroczarno, zielonoczarno, niekiedy spotyka się odmiany szare. Struktura jest jawnokrystaliczna (średnio- lub grubokrystaliczna). Tekstura jest chaotyczna, masywna. W gabrze występują szaroczarne lub szarozielonawe *plagioklasy zasadowe*, które mają tabliczkowaty pokrój kryształów, cechują się połyskiem i doskonałą łupliwością. W zwietrzałych skałach połysk jest słaby. W niektórych skałach plagioklasy rozszczepiają światło (pleochroizm) i mienia się w odcieniach niebiesko-zielonkawych (np. labrador). W znacznym udziale występują czarne lub szarozielone *pirokseny*. Mają one pokrój tabliczkowy, cechując się doskonałą łupliwością. Niezwietrzałe pirokseny mają połysk szklisty.

DIABAZ

Jest to żyłowa skała powstała z magmy gabrowej. Skała zabarwiona jest na czarno, zwietrzałe odmiany na szarozielono. Struktura jest zazwyczaj drobnokrystaliczna, niekiedy średniokrystaliczna. Tekstura jest chaotyczna, masywna. Często zaznacza się drobnolistewkowe ułożenie igiełek piroksenu, między którymi znajdują się wypełnienia jaśniejszymi plagioklazami zasadowymi. Diabazy w Polsce są rzadko spotykane.

MELAFIR

Skała jest wylewnym odpowiednikiem gabra. Melafir zabarwiony jest na brunatnoczerwono lub brunatnowiśniowo. Struktura jest porfirowa, lub skrytokrystaliczna. Tekstura jest chaotyczna. Może to być tekstura masywna lub pęcherzykowata. Często spotykane są tekstury migdałowcowe. Charakteryzują się tym, że pustki pogazowe lub po zwietrzałych *oliwinach* wypełnione są minerałami wtórnymi. Jest to głównie zabarwiony na białą *kalcyt*. W pustkach tych występować może też *chalcedon*, a nawet druzy (szczotki) *kwarcowe*.

BAZALT

Skała jest wylewną odmianą gabra. Bazalt zabarwiony jest na czarno. Wietrzejąc nabiera odcień zielonawy lub ma żółtobrunatne naloty. Charakteryzuje się strukturą skrytokrystaliczną. Makroskopowo w cieście skalnym nie można rozróżnić poszczególnych minerałów.

SKAŁY ULTRAZASADOWE

Skały ultrazasadowe (*perydotyt*, *piroksenit*) w Polsce spotykane są tylko sporadycznie w Sudetach. Stwierdza się je w głębokich wierceniach w Polsce północno-wschodniej. Skały te charakteryzują się dużą gęstością i czarnym zabarwieniem. Mają struktury jawnokrystaliczne

(średnio- lub grubokrystaliczne). Tekstury są chaotyczne, masywne. W skale dominują *pirokseny, oliwiny*, sporadycznie występują *amfibole i biotyt*.

2.6. TREŚĆ OPRACOWANIA

Po zaznajomieniu się z przedstawionymi powyżej wiadomościami należy przystąpić do oznaczenia danych okazów skał. Wyniki badań makroskopowych zestawić w formie tabelarycznej:

Lp.	Struktura	Tekstura	Barwa	Rozpoznane minerały	Pochodzenie skały	Uwagi	Nazwa skały
1	2	3	4	5	6	7	8

Wyjaśnienia:

Kolumna 5. Ze względu na trudności z rozróżnieniem poszczególnych minerałów w grupie skałeni podaje się tylko jej nazwę (np. skałenie potasowe, skałenie alkaliczne, plagioklasy zasadowe). Podobnie łączyć można amfibole i pirokseny. W przypadku gdy skała ma strukturę skrytokrystaliczną i nie można gołym okiem rozpoznać minerałów, należy to zaznaczyć w tabeli.

Kolumna 7. Podać tu należy bliższe informacje dotyczące ciasta skalnego, zwiętrzenia skały, minerałów wtórnych (np. kalcytu, chalcedonu), które nie są typowe dla skał magmowych, oraz inne spostrzeżenia nie ujęte w kolumnach 2 - 6.

3. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH SKAŁ OSADOWYCH

3.1. WPROWADZENIE

Skały osadowe powstają w efekcie złożonych zjawisk geologicznych działających w strefie powierzchniowej i przypowierzchniowej skorupy ziemskiej. W wyniku **procesu wietrzenia** istniejące skały (magmaowe, osadowe, metamorficzne) ulegają rozdrobnieniu mechanicznemu oraz przekształceniu chemicznemu. Zwiertzelina ta pod wpływem ruchu wody, wiatru, lodowców przenoszona jest na wtórne złoża. W trakcie **transportu** następuje dalsze przekształcanie materiału wyjściowego, polegające na mechanicznym rozdrabnianiu i segregowaniu okruchów pod względem ich wielkości i masy. Towarzyszy temu proces przekształcania pierwotnych cech chemicznych składników. Transportowany materiał osadzany jest w **zbiorniku (basenie) sedymentacyjnym**. W basenie takim **akumulowane** są osady będące produktami rozdrobnienia mechanicznego, a jednocześnie składane są części obumarłych organizmów oraz materia wytrącająca się z roztworów wodnych. Zbiornikami sedymentacyjnymi są głównie obszary wodne. Jednak i w warunkach lądowych powstawać mogą niektóre typy osadów (np. utwory lodowcowe i wodnolodowcowe; osady eoliczne – piaski wydymowe, lessy). Pod wpływem nacisku gromadzących się w zbiorniku sedymentacyjnym coraz to nowych osadów, wcześniej zakumulowany materiał ulega **konsolidacji**, następuje zmniejszenie wielkości porów. Zjawisko to określane jest jako proces **kompakcji (komprymacji)** osadów. Znajdująca się w porach zagęszczanych osadów woda, zawiera substancje chemiczne, które pod wpływem wielu czynników zaczynają się wytrącać w porach, zlepiając ze sobą luźno ułożone składniki mineralne. Jest to proces **cementacji** skały. Zjawisko **zeskalania** luźnych składników nosi nazwę **lityfikacji**. Całokształt procesów fizycznych i chemicznych trwających od chwili sedymentacji osadu do zakończenia lityfikacji nazywany jest **diagenezą**. Procesy te zachodzą przy ciśnieniu do 500 MPa i w temperaturze do 200° C. Po przekroczeniu tych granic następuje już formowanie się skał metamorficznych (przeobrażonych).

3.2. KLASYFIKACJA SKAŁ OSADOWYCH

Skały osadowe dzieli się ze względu na pochodzenie na trzy grupy: skały okruchowe i ilaste, skały organiczne (biochemiczne), skały chemiczne.

- **Skały okruchowe i ilaste** – skały te powstają w wyniku mechanicznego rozdrabniania skał wyjściowych. W obrębie skał ilastych znajduje się również materiał powstały z przekształcenia chemicznego skał macierzystych. Podział tych skał opiera się na cechach strukturalnych (wielkości ziarn) oraz stopniu scementowania składników w skałę (lityfikacji),

• **Skąły organiczne (biochemiczne)** – skąły te powstają głównie z nagromadzenia się w zbiorniku sedymentacyjnym szczątków obumarłych organizmów (zwierzęcych i roślinnych). Zazwyczaj tworzeniu się tych skąły towarzyszy wytrącanie się pewnych substancji chemicznych z roztworów wodnych, jak również domieszany bywa materiał pochodzenia okrucnowo-ilastego. Podział skąły organicznych przeprowadza się na podstawie składu chemicznego szczątków organicznych, a w dalszej kolejności na podstawie struktury i tekstury.

• **Skąły chemiczne** – powstają głównie z wytrącania się substancji chemicznych z roztworów wodnych (np. w wysychających zbiornikach wodnych w klimacie gorącym, w gorących źródłach). Podział tych skąły przeprowadza się na podstawie składu chemicznego osadów.

Przedstawiony podział skąły osadowych (tab. 3.1) jest bardzo uproszczony, nie uwzględnia on grupy skąły piroklastycznych (brekcje wulkaniczne, tufy, tufity) stanowiących skąły przejściowe między magmowymi skąłami wylewnymi a skąłami osadowymi. Zwraca się uwagę, że silnie zdiagenezowane łupki ilaste stanowią przejście do łupków krystalicznych będących skąłami metamorficznymi.

3.3. STRUKTURY SKĄŁ OSADOWYCH

Wśród skąły osadowych struktury rozpatruje się odrębnie dla poszczególnych grup genetycznych skąły (rys. 3.1).

Struktury skąły okrucnowych i ilastych

W skąłach tych ze względu na wielkość budujących je składników wydziela się następujące struktury:

- **struktury kamieniste** – okrucny są większe od 25 (40) mm;
- **struktury żwirowe (pselitowe)** – ziarna od 25 (40) do 2 mm;
- **struktury piaskowe (psamitowe)** – ziarna od 2,0 do 0,1 (0,05) mm;
- **struktury pyłowe (aleurytowe)** – składniki od 0,1 (0,05) do 0,01 (0,002) mm;
- **struktury ilowe (pelitowe)** – cząstki drobniejsze od 0,01 (0,002) mm;
- **struktury różnoziarniste** – w osadzie występują ziarna i cząstki o różnej średnicy.

W rozważaniach gruntoznawstwa technicznego składniki większe od 0,05 mm nazywa się **ziarnami**, mniejsze określa się jako **cząstki**.

Podane przedziały średnic odzwierciedlają klasyfikację petrograficzną. W nawiasach podano wielkości średnic stosowane w gruntoznawstwie budowlanym.

Pod względem kształtu składników budujących skąły okrucnowe mówi się o ziarnach kanciastych, częściowo obtoczonych, obtoczonych.

Struktury skąły organicznych

Struktury w tych skąłach wyróżniane są zasadniczo w nawiązaniu do szczątków organicznych budujących daną skąłę. W przypadku gdy szczątki są dobrze zachowane i widoczne gołym okiem, używa się określenia **struktura biomorficzna**. Szczątki organiczne nie zawsze mogą być rozpoznawalne gołym okiem, dlatego też dokładniejsze określenie

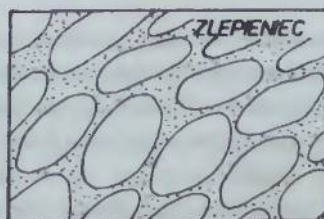
struktury prowadzi się stosując znaczne powiększenie. Struktury takie nazywane są **skrytobiomorficznymi**. W niniejszym ćwiczeniu strukturę biomorficzną przypisywać można w sposób arbitralny okazom, nawet gdy szczątki zwierzęce czy roślinne są trudno dostrzegalne, ale inne cechy wskazują na organiczne pochodzenie skały.

Tabela 3.1. Uproszczona klasyfikacja skał osadowych

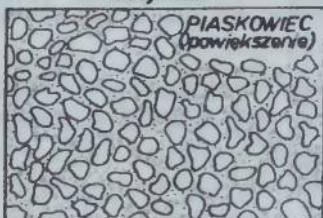
SKAŁY OKRUCHOWE				SKAŁY ILASTE	SKAŁY ORGANICZNE	SKAŁY CHEMICZNE
Struktury						
Psefitowa (zwirowa)	Psamitowa (piaskowa)	Aleurytowa (pyłowa)	Pelitowa (iłowa)	Biomorficzna (organiczna)	Krystaliczna (chemiczna)	
Skały niescementowane (niezlityfikowane)						
GRUZ, ZWIR	PIASEK	MULEK, LESS	IL	RADIOLARYTY, SPONGIOLITY, GEZY, KRZEMIENIE, ZIEMIA OKRZEMKOWA	MARTWICA KRZEMIONKOWA, MARTWICA WĘGLANOWA	
GLINA				WĘGIEL KAMIENNY, WĘGIEL BRUNATNY, TORF	ZELAZIAK BRUNATNY	
			SAPROPEL (GYTIA, DY)		BOKSYT	
			KREDA JEZIORNA		DOLOMIT	
Skały scementowane (zlityfikowane)				WAPIENIE ORGANICZNE, KREDA	WAPIENIE (OOLITOWE, PELITOWE)	
BREKCJA, ZLEPIENIEC	PIASKOWCE (piaskowce kwarcowe, arkozy, szarogłazy)	MUŁOWCE	IŁOWCE, IŁOŁUPKI, ŁUPKI ILASTE		ANHYDRYT, GIPS	
		MARGIEL				SÓL KAMIENNA
			OPOKA			SOLE POTASOWO-MAGNEZOWE



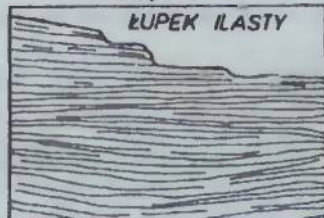
Struktura: psefitowa
Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: psefitowa
Tekstura: warstwowana
masywna



Struktura: psamitowa
Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: pelitowa
Tekstura: łupkowa
masywna



Struktura: biogeniczno-okruchowa
Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: biogeniczna
Tekstura: bezładna
masywna



Struktura: biogeniczna
Tekstura: warstwowana
gąbczasta



Struktura: krystaliczna
Tekstura: bezładna
masywna

Rys. 3.1. Przykłady struktur i tekstur niektórych skał osadowych

Struktury skał chemicznych

Struktury wyznaczane są na podstawie wielkości kryształów występujących w skale. Wydziela się:

- struktury grubokrystaliczne – składniki większe od 0,5 mm ;
- struktury średniokrystaliczne – składniki są w przedziale 0,5 – 0,1 mm;
- struktury drobnokrystaliczne – składniki są w przedziale 0,1 – 0,0001 mm;

- **struktury koloidalne** – składniki są mniejsze od 0,0001 mm.

W badaniach makroskopowych wydziela się najwyżej trzy pierwsze struktury. Nie przeprowadza się również podziału ze względu na sposób wykształcenia kryształów.

Specyficznym rodzajem są **struktury oolitowe**, gdy wytrącone z roztworów wodnych substancje chemiczne występują w postaci kontaktujących się ze sobą kuleczek. Struktury oolitowe występują bardzo często łącznie ze strukturami biomorficznymi.

3.4. TEKSTURY SKAŁ OSADOWYCH

Określenie tekstury skał osadowych zasadniczo powinno być przeprowadzane w terenie. W warunkach laboratoryjnych teksturę oznaczać można tylko w wąskim zakresie i to w odniesieniu do skał scementowanych.

Ze względu na sposób ułożenia składników w skale, wydziela się:

- **tekstury bezładne** – składniki ułożone są chaotycznie;
- **tekstury uporządkowane (warstewkowe)** – składniki w skale ułożone są w sposób pasmowy, równoległe do siebie (płasko, przekątnie, krzyżowo).

Odmianą tej ostatniej jest **tekstura dachówkowata (lupkowata)**, gdy skała daje się dzielić na cienkie równoległe do siebie płytki.

W odniesieniu do skał okruchowych niezlyfikowanych nie można określić w laboratorium czy mają teksturę bezładną, czy uporządkowaną.

Ze względu na stopień wypełnienia przestrzeni skalnej wyróżnia się:

- **tekstury porowate** – charakterystyczne głównie dla niescementowanych skał okruchowych;
- **tekstury komórkowe i gąbczaste** – typowe dla wielu skał organicznych i niektórych chemicznych;
- **tekstury masywne** – właściwe silnie zlyfikowanym skałom okruchowo-ilastym oraz niektórym skałom organicznym i chemicznym.

3.5. GŁÓWNE MINERAŁY SKAŁ OSADOWYCH

Skały osadowe złożone są z minerałów **allogenicznych (obcych)** – będących produktami rozpadu skał różnej genezy i wieku, które do basenu sedymentacyjnego zostały przytransportowane z różnych miejsc źródłowych. Ponadto występują w tych skałach minerały **autogeniczne (miejscowe)** – powstałe równocześnie z akumulacją osadu lub trakcie jego diagenety.

Do grupy minerałów allogenicznych zalicza się: *kwarc, skalenie, amfibole, pirokseny, tyczołki* oraz inne minerały skał krystalicznych (magmaowych i metamorficznych). Wchodzą też częściowo *minerały ilaste* (mogące również być minerałami autogenicznymi). Minerały ilaste charakteryzują się wymiarami mniejszymi od 5 mikronów (0,005 mm). Wydziela się wśród nich trzy grupy: *illit (hydromuskowit), smektyt (montmorylonit), kaolinit*.

Minerały te cechują się znaczną wodorochłonnością wywołującą poważne zmiany objętości oraz konsystencji niezlityfikowanych skał gliniastych i ilastych.

Do minerałów autogenicznych zalicza się: niektóre *minerały ilaste, glaukonit, kalcyt, dolomit, syderyt, opal, chalcedon, gips, anhydryt, halit, hematyt, limonit i inne.*

3.6. SPOIWO (LEPISZCZE) SKAŁ OKRUCHOWYCH

Skały okruchowe scementowane mogą być różnymi lepiszczami:

- **lepiszcze ilaste** – jest miękkie o zabarwieniu szarym, brunatnym; rozpoznawane jest po specyficznym zapachu nawilgotnionej skały, na którą się chuchnie,
- **lepiszcze węglanowe** – jest nieco twardsze, białoszare, szare, szaroróżowe; rozpoznawalne na podstawie reakcji z HCl;
- **lepiszcze żelaziste** – złożone jest z tlenków i wodorotlenków żelaza, charakteryzuje się czerwonym lub brunatnym zabarwieniem, twardość jego jest zmienna;
- **lepiszcze krzemionkowe** – jest twarde, zabarwione na szarżółto, niekiedy trudno jest go odróżnić od zlepianych ziarn kwarcu.

Najczęściej spoiwa skał okruchowych są mieszane, np. krzemionkowo-żelaziste (twarde spoiwo o czerwonym lub wiśniowym zabarwieniu), ilasto-węglanowe, ilasto-żelaziste. W badaniach makroskopowych spoiwo rozróżnia się, gdy struktura skały jest zwirowa lub piaskowa.

3.7. CHARAKTERYSTYKA TYPOWYCH SKAŁ OSADOWYCH

3.7.1. SKAŁY OKRUCHOWE I ILASTE

GRUZ

Niescementowane okruchy charakteryzują się strukturą psefitową, teksturą porowatą. Poszczególne składniki skały są kanciaste. Są to fragmenty rozkruszonych skał magmowych, osadowych, metamorficznych, niekiedy są to ziarna pojedynczych minerałów.

BREKCJA

Jest to scementowany gruz skalny. W postaci domieszki znajdować się mogą ziarna piasku lub pyłu. Tekstura skały jest masywna, ziarna ułożone są chaotycznie lub wykazują uporządkowanie. Lepiszczem najczęściej jest spoiwo krzemionkowe lub węglanowe. W zależności od rodzaju składników i lepiszcza, skały zabarwione są na szarobiało, czerwono-brunatno, wiśniowo itp.

ZWIRY I ZLEPIENIE

Skały te zbliżone są do utworów opisanych powyżej. Różnica polega na tym, że składniki będące głównymi komponentami skały mają wygładzoną (obtoczoną) powierzchnię.

Zwiry są materiałem niezłityfikowanym natomiast zlepienie są skałami, w których okruchy są zlepione.

PIASKI

Piaski charakteryzują się strukturą psamitową, teksturą porowatą. Ziarna mineralne są zazwyczaj częściowo obtoczone (np. piaski rzeczne, lodowcowe), rzadziej kanciaste (piaski zwietrzelinowe) czy obtoczone (piaski wydmowe). Dokładne obserwacje teksturalne prowadzić można jedynie w warunkach terenowych. Głównym składnikiem mineralnym piasków jest kwarc, który tworzy bezbarwne, przezroczyste ziarna o różnym stopniu wygładzenia powierzchni. Jedynie piaski wydmowe mają znaczny udział obtoczonego kwarcu o powierzchni matowej. Udział różowych lub białych skałeni jest mniejszy i najczęściej mają szklisty połysk. Ponadto występować mogą składniki węglanowe o białym lub szarym zabarwieniu, reagujące silnie na działanie HCl.

Na plażach morskich spotyka się piaski zabarwione na wiśniowo (od minerału granatu) lub czarnozielonawo (głównie od amfiboli i biotyту). W starszych formacjach geologicznych piaski zabarwione mogą być na zielono od występujących w nich ziarenek glaukonitu.

PIASKOWCE

Skały te są scementowanymi piaskami. Mają strukturę psamitową, teksturę masywną oraz chaotyczne lub zorientowane ułożenie składników. Głównym minerałem piaskowców jest przeważnie kwarc. Piaskowce kwarcowe o lepszemu krzemionkowym nazywane są *piaskowcami kwarcytowymi*. W niektórych piaskowcach występują także skałenie, łyszczyki, glaukonit. Zabarwienie piaskowców w poważnym stopniu zależy od rodzaju spoiwa. Piaskowce zawierające bezpośrednie produkty wietrzenia fizycznego granitów nazywane są *arkozami*. Są to czerwonoszare piaskowce zasobne w skałenie alkaliczne i łyszczyki. Analogiczne skały uformowane z produktów mechanicznego rozpadu skał bardziej zasadowych (np. gabra) określane są jako *szarogłazy*. Są to ciemnoszare piaskowce bogate w plagioklasy zasadowe, pirokseny, amfibole.

MUŁKI, LESSY

Te pierwsze osady powstają w zbiornikach wodnych, drugie z akumulacji pyłów atmosferycznych na lądzie. Utwory te charakteryzują się strukturą aleurytową. Szczególnie dobrze wysortowane są składniki mineralne w lessach, które skupiają się głównie w przedziale średnic 0,05 – 0,01 mm. W mułkach może w znacznym udziale występować materiał piaszczysty oraz ilasty jako domieszka. Tekstura omawianych osadów jest porowata, bezładna lub warstewkowana (stwierdza się to głównie w terenie). Często o lessach mówi się, że są *osadem makroporowatym*, bowiem pory są większe od cząstek budujących ten osad. Zabarwienie skał jest szarozółtawe, szare, niekiedy rdzawobrunatne. Głównym składnikiem mułków i lessów jest kwarc, krystaliczny lub bezpostaciowy węglan wapnia, łyszczyki oraz występujące w zmiennych udziałach minerały ilaste. Suchy osad w palcach rozsypuje się na pył, w którym trudno wyczuć jest poszczególne składniki mineralne. Wilgotne mułki i lessy stają się plastyczne.

MUŁOWCE

Skały te powstają w wyniku lityfikacji mułków i lessów. Struktura jest aleurytowa. Tekstura jest masywna lub słabo porowata, niekiedy zaznacza się złupkowacenie skały. Po nawilgotnieniu powierzchnia skały staje się śliska. Rozdrobniona w zębach skała „zgrzyta”. Zabarwienie skały jest najczęściej szare, szaroczarne lub szarozielone.

IŁ

Ił ma strukturę pelitową. Tekstura jest zbita, chaotyczna lub równolegle laminowana. Głównymi składnikami iłów są minerały ilaste (głównie illit, w mniejszym stopniu smektyt i kaolinit). Ponadto występuje krzemionka (krystaliczna i bezpostaciowa), węglany, tyszczki i inne. Gdy iły są suche, nie dają się rozkruszyć w palcach, po nawilgotnieniu stają się plastyczne. Nadgryziony w zębach osad „nie zgrzyta”. Iły mają barwy: szarą, zielonawoszarą, brunatnoczerwoną, czarną, zielono-czerwoną (czyli ił „pstry”).

I ŁOWCE, IŁOŁUPKI, ŁUPKI ILASTE

Skały te powyżej zestawiono w miarę coraz to silniejszego zdiagenezowania osadów o strukturze pelitowej. Charakterystyczna jest dla nich tekstura masywna lub częściowo porowata, oraz łupkowata (dachówkowata), oddzielanie się poszczególnych części skały (tekstura łupkowa). Po namoczeniu powierzchnie złupkowacenia stają się śliskie. Skały te są różnej barwy: szare, żółtawoszare, czarne, czerwone, zielonawe i inne. Skały te wykazują bardzo duże zróżnicowanie twardości od dających się zarysować paznokciem do trudno zarysowujących się nożem.

GLINY

Osad charakteryzuje się strukturą różnoziarnistą, oznacza to, że w osadzie występują ziarna żwiru, piasku, pyłu i iłu, stanowiące integralne jego składniki. Tekstura jest porowata, najczęściej beżładna.

Typową odmianą jest *glinka lodowcowa (glinka zwałowa)*. Stanowi ona osad powstały w wyniku akumulacji lodowcowej. W materiale tym stwierdza się głązy i żwiry różnych skał skandynawskich (granity, ryolity, gnejsy, wapienie, piaskowce), jak i lokalnych osadowych skał polskich. Ziarna piaszczyste i pyłowe złożone są głównie z kwarcu, poza tym występują skalenie, składniki węglanowe, tyszczki itp. We frakcji ilastej dominuje illit. Gliny zwałowe zabarwione są na żółtobrunatno oraz szaro. Gdy gliny zwałowe są suche, trudno dają się rozgniatać w palcach. Po nawilgotnieniu stają się plastyczne, jednocześnie między palcami wyczuwa się ziarenka piasku i żwiru. Omówienie glin z punktu widzenia budowlanego podano w dalszej części książki.

Zlityfikowane stare geologicznie gliny zwałowe nazywane są *tyllitami*. Inną odmianą osadów o strukturze różnoziarnistej są *gliny wietrzelinowe*. Są one szczególnie pospolite na zwietrzałych *karpackich skałach fliszowych*, które stanowią naprzemianległe warstwy piaskowców i iłolupków z przewarstwieniami margli.

3.7.2. SKAŁY ORGANICZNE

SKAŁY KRZEMIONKOWE

Skały krzemionkowe mają wiele odmian. Poniżej zwraca się uwagę tylko na najważniejsze odmiany.

Radiolaryty

Są twardymi skałami o strukturze skrytobiomorficznej i teksturze masywnej. Utworzone zostały ze szkielecików radiolarii, które scementowane są opalem lub chalcedonem. Radiolaryty zabarwione są na zielono, szaro, czarno, czerwono.

Spongiolity

Utworzone zostały z krzemionkowych igiełek gąbek związanych lepisczem opalowym lub chalcedonowym. Struktura jest najczęściej skrytobiomorficzna, tekstura zazwyczaj masywna (rzadziej porowata). Jako domieszki występują ziarenka kwarcu. Spongiolity są skałami twardymi zabarwionymi najczęściej na szaro-żółto.

Gezy

Stanowią skały, których wewnętrzną osnowę budują igielki gąbek, pozostałość masy skalnej wypełniona jest przez ziarenka kwarcu, glaukonit oraz substancję węglanową. Struktura jest biomorficzna, tekstura porowata, chaotyczna. Skała jest żółtawo-biała, a powierzchnia szorstka w dotyku.

Krzemienie

Występują w postaci nieforemnych konkrecji wśród różnych skał osadowych (głównie wapieni). Zabarwione są na brązowo, brunatno, szaro, niebieskawo itp. Struktura jest skrytobiomorficzna lub bezpostaciowa, tekstura masywna. Podstawowymi składnikami konkrecji są opal i chalcedon. Podczas uderzania między sobą ukazują się iskry oraz odczuwa się specyficzny zapach krzesania.

Ziemia okrzemkowa

Zabarwiona jest na białą lub szarżółtawą. Jest miękka i łatwo daje się rozcierać między palcami. Struktura jest skrytobiomorficzna, tekstura porowata. W odróżnieniu od kredy piszącej nie reaguje z HCl.

FOSFORYTY

Są to skały fosforanowe, które powstały w warunkach morskich, ze strąconych organicznych związków fosforu. Skały występują jako ciemnobrunatne owalne skupienia, zlepione między sobą spoiwem ilasto-węglanowym z domieszką piasku kwarcowego. W Polsce skały te są mało rozpowszechnione.

ORGANICZNE SKAŁY WĘGLANOWE

Utwory te reprezentowane są przez szereg odmian różniących się między sobą genezą, materiałem, z którego są utworzone, właściwościami strukturalno-teksturalnymi, stopniem zdiagenezowania oraz wiekiem geologicznym.

Kreda jeziorna (bagienna)

Jest osadem węglanowym powstałym w warunkach jeziornych. Jest to miękka skała o strukturze skrytobiomorficznej i teksturze porowatej. Zabarwiona jest na szaro lub szarobiałą. Silnie reaguje z HCl. Kreda jeziorna złożona jest z bardzo drobnych składników węglanowych, z domieszką minerałów ilastych. W skale stwierdza się szkieleciki glonów oraz skorupki mięczaków (ślimaków, małży). W stanie wysuszonym podobna jest do gytii.

Kreda pisząca

Jest to biała miękka skała powstała w morzu z mikroskopijnej wielkości szkielecików otwornic i glonów. Struktura jest skrytobiomorficzna, a tekstura porowata. Skała rozciera się między palcami, łatwo wchłania wodę i silnie reaguje z HCl. Niekiedy trafiają się odwapnione odmiany kredy piszącej, zbliżone swoimi właściwościami do ziemi okrzemkowej.

Wapienie organiczne

Wapienie są bardzo pospolitymi skałami zbudowanymi z różnej wielkości szczątków organicznych i nieorganicznej masy węglanu wapnia. W zależności od tych składników skały charakteryzują się odmiennymi strukturami i teksturami. Gdy szczątki organiczne rozpoznawalne są gołym okiem, mówi się o strukturach biomorficznych. Nazwy tych skał pochodzą od skamieniałych szczątków organicznych (np. *wapienie mumulitowe*, *litotamniowe*, *krynoidowe*). Wapienie drobnoskładnikowe o teksturach masywnych noszą nazwę *wapieni zbitych (masywnych)*. Wapienie stanowiące zlepy węglanowych szkieletów różnych organizmów często mają tekstury komórkowe (występują pustki między poszczególnymi składnikami skały). Zabarwienie wapieni jest bardzo zróżnicowane i tak, obok odmian białych, występują szarozółtawe, czerwone, wiśniowe, czarne. Wapienie reagują intensywnie z HCl, a twardość skały nie przekracza twardości kalcytu (wg skali Mohsa, twardość 3).

WĘGLANOWE SKAŁY PRZEJŚCIOWE

Skały te stoją na styku między organicznymi skałami węglanowymi i krzemionkowymi oraz skałami okrzemowo-ilastymi.

Opoka

Jest to skała zabarwiona na białą lub żółtawobiałą. Obok krzemionki (opal) w opoce występuje znaczny udział węglanu wapnia, a w formie domieszek cząstki ilaste, a nawet materiał pylasto-piaszczysty. Skała silnie reaguje z HCl. W przypadku poddania okazu skały długotrwałemu działaniu kwasu solnego pozostaje krzemionkowy szkielet skały.

Margiel

Margiel jest skałą szarobiałą, szarozółtą lub szarą. Ma strukturę mikro- lub biomorficzną, tekstura jest masywna lub słabo porowata. W skale obok węgla wapnia (krystalicznego i bezpostaciowego) występuje znaczny udział ziarn kwarcu, łyszczyków i minerałów ilastych. Często stwierdza się obecność zielonkawych ziarenek glaukonitu. Skała silnie reaguje z HCl. Po długotrwałej reakcji z kwasem solnym pozostaje odporny na działanie kwasu mineralny osad materiału okruczowo-ilastego.

WĘGLE

Typowymi skałami powstałymi w śródlądowych zbiornikach wodnych oraz zatokach morskich ze szczątków roślinnych są skały węglowe.

Torf

Skała ta zawiera tylko 30% pierwiastka węgla (C). Jest to utwór składający się z rozłożonych w różnym stopniu szczątków roślinnych (mchów, turzyc, trzciny, drewna). Barwa torfu jest czarno-brunatna, struktura biomorficzna, tekstura gąbczasta. Torfy są silnie nasycone wodą i wykazują bardzo dużą ściśliwość. Odwodnione i wystawione na działanie czynników atmosferycznych torfy ulegają bardzo szybkiemu rozkładowi (murszeniu), a nawet samozapaleniu. Właściwości torfów omówione zostały szerzej w dalszej części książki.

Węgiel brunatny

Skała ta zawiera około 60% pierwiastka węgla (C), stanowiąc wyższy stopień uwęglania osadu. Skała jest miękka i zabarwiona na ciemnobrunatno z mniej lub bardziej widocznymi szczątkami roślinnymi. W przypadku dobrze widocznej struktury biomorficznej złożonej ze szczątków drewna skała nazywana jest *lignitem*, gdy tworzy jednolitą zbitą czarną masę, określana jest jako *gaga*. Tekstura węgla brunatnych jest porowata lub gąbczasta.

Węgiel kamienny

Jest skałą zabarwioną na czarno z połyskiem lub o powierzchni matowej. Niekiedy w skale widoczne są szczątki dawnych roślin lub na powierzchni występują złociste naloty pirytu. Skała wykazuje znaczny stopień zdiagenezowania. Struktura jest skryto- lub jawnobiomorficzna, tekstura masywna lub słabo porowata. Zawartość pierwiastka węgla (C) dochodzi do 90%.

SAPROPEL

Skałą przejściową między węglami i skałami krzemionkowymi, a osadami okruczowo-ilastymi jest *sapropel* (*gytia*, *dy*). Powstaje z obumarłego planktonu jeziornego, opadłych części roślin oraz domieszki materiału ilastego, pylastego i piaszczystego. Skała jest szara, skrytobiomorficzna, tekstura porowata. Łatwo daje się rozcierać w palcach. Gdy jest nawilgotniona staje się plastyczna. Od kredy jeziornej odróżnia się większą zawartością części roślinnych i ciemniejszą barwą. Bliższa charakterystyka tych osadów jako podłoża budowlanego przedstawiona została w dalszej części książki.

3.7.3. SKAŁY CHEMICZNE

MARTWICE KRZEMIONKOWE

Są skałami twardymi złożonymi głównie z opalu. Mineral ten wytrącany jest z gorących roztworów wodnych w termach lub gejzerach. Skały te w Polsce mają stosunkowo nieznaczne rozprzestrzenienie.

MARTWICE WAPIENNE

W środowisku wód płynących bogatych w kwaśny węglan wapnia, przy gwałtownym spadku temperatury lub ciśnienia następuje wytrącanie węglanu wapnia. Powstają szarobiałe lub białozółte martwice wapienne. Struktura ich jest ziarnista, niekiedy pseudomorficzna z wyraźnymi szczątkami roślin lub mięczaków. Tekstura jest porowata lub gąbczasta. Skały o bardziej zbitych i smugowanych teksturach nazywane są *trawertynami*.

WAPIENIE OOLITOWE

Skały te powstają głównie w płytkich, ciepłych morzach i złożone są z małych przylegających do siebie kuleczek kalcytowych. Struktura skały jest ziarnista, tekstura od częściowo porowatej do gąbczastej. Skała zabarwiona jest na białą, żółtawoszarą. Bardzo często są to skały przejściowe do wapieni organicznych i zawierają wyraźne skamieniałości mięczaków.

WAPIENIE PELITOWE

Jest to skała złożona z jednolitej zbitej masy węglanu wapnia, wśród której nie ma szczątków organicznych. Skała ta makroskopowo jest trudna do rozróżnienia od organicznych wapieni zbitych (masywnych). Cechuje się zmiennym zabarwieniem.

BOKSYT

Jest to tlenek glinu (Al_2O_3) z domieszką wodorotlenku żelaza. Skała zabarwiona jest na czerwono-brunatno. Charakterystyczna jest dla wietrzącego, glinokrzemianowego materiału skalnego w międzyzwrotnikowej strefie klimatycznej.

INNE SKAŁY CHEMICZNE

Bardzo pospolitymi skałami osadowymi pochodzenia chemicznego są *dolomity*, *anhydryt*, *gips*, *sól kamienna (halit)*, *żelaziak brunatny* (mieszanina limonitu z syderitem). Skały te zostały tu pominięte, gdyż traktowane są również jako minerały, a makroskopowe rozpoznawanie opiera się na ich cechach przedstawionych w rozdziale 1 (*Makroskopowe rozpoznawanie minerałów*).

W Polsce północno-zachodniej (np. Skarpa Skolwińska w Szczecinie) spotykane są *septarie* stanowiące kuliste konkracje margliste, rzadziej ilasto-żelaziste. Buły te o zabarwieniu szarobrunatnym mają szczeliny radialne rozszerzające się ku środkowi konkracji. Szczeliny te wypełnione są kalcytem a niekiedy pirytem. Konkracje takie powszechnie spotykane są wśród trzeciorzędowych (oligocenkich) ilów zwanych *ilami septariowymi*; tworzą w niektórych miejscach grube na 20–30 cm płyty zwane brukiem septariowym.

3.8. TREŚĆ OPRACOWANIA

Po zapoznaniu się z opisem skał osadowych należy przystąpić do makroskopowego oznaczania otrzymanych okazów. Wyniki oznaczenia podać w formie tabelarycznej.

Lp.	Struktura	Tekstura	Barwa skały	Rozpoznane składniki w skale	Pochodzenie skały	Uwagi	Nazwa skały
1	2	3	4	5	6	7	8

Wyjaśnienia:

Kolumna 2. W przypadku struktur mieszanych podać dokładnie jej złożoność (np. struktura biomorficzno-pelitowa).

Kolumna 3. W przypadku skał niescementowanych teksturę podać jako porowatą. Dla skał zlitfikowanych obok informacji czy tekstura jest masywna, czy też komórkowa (gąbczasta) można podać sposób ułożenia składników w skale (tekstura chaotyczna lub uporządkowana).

Kolumna 7. Podać inne cechy skały jak np. rodzaj lepiszcza (tylko dla struktur zwirowych i piaskowych), reakcja z HCl, rozcieralność w palcach.

4. MAKROSKOPOWE ROZPOZNAWANIE GŁÓWNYCH SKAŁ METAMORFICZNYCH

4.1. WPROWADZENIE

Pod wpływem wysokiej temperatury, wysokiego ciśnienia, dopływu obcej substancji chemicznej skały znajdujące się w skorupie ziemskiej ulegają przeobrażeniu. Nowe skały nazywane są **metamorficznymi**.

W trakcie **metamorfizmu kontaktowego** skały przekształcane są w wyniku oddziaływania wysokiej temperatury w sąsiedztwie wdzierających się intruzji magmowych. Natomiast w efekcie dużego ciśnienia czyli **metamorfizmu dyslokacyjnego**, deformowany jest nie tylko układ warstw skalnych, ale też następuje wewnętrzne spękanie minerałów budujących skały (tzw. **katakłaza**).

Najsilniejsze zmiany pierwotnych cech skał wyjściowych następują podczas **metamorfizmu regionalnego**, który zachodzi w tych strefach globu, gdzie skorupa ziemska podlegała ruchom górotwórczym. Intensywność przekształcenia struktury, tekstury i składu mineralnego zależy od głębokości, na jakiej istniejące skały podlegały procesom przekształcającym. Wydziela się strefy: najpłytszą - **epi**, środkową - **mezo**, głęboką - **kata**.

W strefie epi i strefie mezo, czyli najsłabszego i średniego metamorfizmu, decydującą rolę w przekształceniu odgrywa jednokierunkowe ciśnienie (stres). Następuje wtedy wewnętrzne pękanie i deformacja sieci krystalicznej minerałów, a następnie **rekrytalizacja**, czyli przekrytalizowanie w skałę minerałów. Przybierają one formy wydłużonych, soczewkowatych kryształów określanych jako **blasty**. W skałe składniki krystaliczne układają się w sposób uporządkowany. W przekształceniach tych temperatura odgrywa stymulującą rolę. W strefie kata na przekształcaną skałę oddziałuje wysoka temperatura oraz bardzo wysokie ciśnienie typu hydrostatycznego. Następuje rekrytalizacja minerałów oraz częściowy zanik ukierunkowanego ułożenia minerałów w skałe. Gdy nastąpi całkowite przetopienie skały, mówi się o **ultrametamorfizmie**, a powstające z tego stopu skały mają cechy skał magmowych.

4.2. STRUKTURY SKAŁ METAMORFICZNYCH

W warunkach podwyższonego ciśnienia jednokierunkowego oraz podwyższonej temperatury następuje rekrytalizacja minerałów, a ich wzrost dostosowuje się do nowych warunków fizyczno-chemicznych. Minerale nabierają nowych cech, kryształy są najczęściej wydłużone w kierunku najmniejszego ciśnienia. Składniki te nazywane są **blastami**, a związane z nimi struktury specyficzne dla większości skał metamorficznych, określa się jako **struktury blastyczne**. Do najbardziej charakterystycznych zalicza się:

- **strukturę granoblastyczną** - w skałe występują minerały o pokroju izometrycznym, mające bliski jedności stosunek wszystkich wymiarów; składnikami tymi są głównie *skalenie*, *kwarc*, *kalcyt*;

- **strukturę lepidoblastyczną** - w skałe znajdują się głównie minerały o pokroju blaszkowym; są to *muskowit*, *biotyt*, *chloryt*, *talk*;

- **strukturę nematoblastyczną** - w skałe dominują składniki o pokroju słupkowym, pręcikowym (np. *amfibole*).

Skały metamorficzne mogą też mieć **strukturę mylonitową**, gdy minerały w trakcie metamorfizmu dyslokacyjnego uległy wewnętrznemu spekaniu. Są też **struktury reliktowe** charakteryzujące budowę skały wyjściowej. Struktury te ustalane są za pomocą szczegółowych badań petrograficznych.

4.3. TEKSTURY SKAŁ METAMORFICZNYCH

Większość skał metamorficznych w przeciwieństwie do skał magmowych charakteryzuje się uporządkowanym ułożeniem minerałów w masie skalnej. Są to **tekstury równoległe (uporządkowane)**, które stanowią utrwalony zapis działania ciśnienia jednokierunkowego w trakcie formowania się tych skał. Typowymi przedstawicielami takich skał są łupki i gnejsy.

Wśród tekstur równoległych wydziela się:

- **tekstury łupkowe** - minerały blaszkowate lub płaskotabliczkowate ułożone są cienkimi warstewkami równoległe do siebie, tworząc smugi o wyraźnej blaszkowatej oddzielności; *Tępy kuszalowy*

- **tekstury gnejsowe** - właściwe są dla skał o grubszych składnikach, mających pokrój kostkowy lub tabliczkowy; składniki ułożone są w szerokie, równoległe do siebie pasma, które oddzielone są od siebie laminami minerałów o pokroju blaszkowatym.

Niemalą jednak jest skał metamorficznych nie wykazujących makroskopowo uporządkowanego układu minerałów. Cechują się one **teksturami bezładnymi** (chaotycznymi, bezkierunkowymi). Typowymi przedstawicielami są **marmury i kwarcyty**. Ze względu na stopień wypełnienia przestrzeni skalnej skały metamorficzne cechują się **teksturami masywnymi**. Składniki mineralne szczelnie wypełniają masę skalną.

Przykłady podstawowych struktur i tekstur skał metamorficznych przedstawiono na rysunku 4.1.

4.4. GŁÓWNE MINERAŁY SKAŁ METAMORFICZNYCH

Skład mineralny skał metamorficznych w poważnym stopniu uzależniony jest od charakteru mineralnego przeobrażanej skały wyjściowej (magmaowej, osadowej czy nawet metamorficznej). Obok minerałów takich jak *kwarc*, *skalenie*, *muskowit*, *biotyt*, *amfibole*, *kalcyt*, występują składniki właściwe tylko dla skał metamorficznych, np. *talk*, *chloryty*, *serpentyt*, *serycyt*, *granaty*.



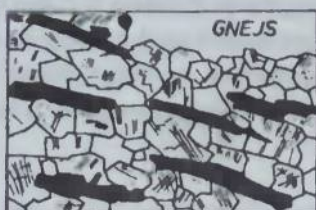
Struktura: granoblastyczna
Tekstura: masywna
beztładna



Struktura: granoblastyczna
Tekstura: masywna
beztładna



Struktura: nematoblastyczna
Tekstura: masywna
gnejsowa



Struktura: granoblastyczna
Tekstura: masywna
gnejsowa



Struktura: lepidoblastyczna
Tekstura: masywna
łupkowa



Struktura: lepidogranoblastyczna
Tekstura: masywna
łupkowa

Rys. 4.1. Przykłady struktur i tekstur niektórych skał metamorficznych

4.5. KLASYFIKACJA SKAŁ METAMORFICZNYCH

Podano tu uproszczoną klasyfikację najbardziej pospolitych skał metamorficznych powstałych w trakcie metamorfizmu regionalnego. Dla poszczególnych stref metamorfizmu podano typowe struktury i tekstury. Przedstawiono również skały wyjściowe, z których utworzone zostały skały metamorficzne (tab. 4.1).

W praktyce makroskopowego oznaczania skał metamorficznych celowe jest dzielenie wstępne skał na trzy grupy pod względem tekstury. Tekstury gnejsowe właściwe są dla gnejsów, tekstury łupkowe - dla łupków krystalicznych, tekstury beztładne - dla kwarcytów, marmurów, granulitów, eklogitów.

4.6. CHARAKTERYSTYKA TYPOWYCH SKAŁ METAMORFICZNYCH

GNEJSY

Gnejsy utworzone zostały z przeobrażenia granitów, piaskowców, arkoz, szarogłazów w różnych strefach metamorfizmu regionalnego. Skały powstałe ze skał magmowych nazywa się **ortognejsami**, a ze skał osadowych **paragnejsami**. Rozróżnienie skał wyjściowych możliwe jest za pomocą specjalistycznych badań petrograficznych. Gnejsy mają strukturę granoblastyczną, teksturę gnejsową, masywną. Skały zabarwione są na czerwono-brunatno, różowoczerwono, szarobiałe, szrożółte. Składnikami gnejsów są kwarc, ortoklaz, plagioklasy kwaśne, muskowi, biotyt. Odmianą tych skał są **gnejsy oczkowe**, gdzie duże kryształy skaleni otoczone są soczewkowato przez minerały tyszczkowe (srebrzysty-muskowit, czarny-biotyt). Niekiedy uporządkowane w pasma składniki są zafaldowane, skały takie nazywane są **migmatytami**. Bardzo często spotyka się skały przejściowe między gnejsami i granitami są to **granitognejsy**.

Tabela 4.1. Uproszczona klasyfikacja skał metamorficznych

Strefy metamorfizmu	Typowe w danej strefie		SKAŁY WYJŚCIOWE					
	Struktury	Tekstury	Granity, arkozy, szarogłazy	Skały magmowe obojętne, szarogłazy, margle	Skały magmowe zasadowe	Skały ilowe	Piaskowce kwarcytowe, skały krzemionkowe	Skały węglanowe
EPI	lepidoblastyczne, nematoblastyczne, granoblastyczne	łupkowe	ŁUPKI MIKOWE, GNEJSY	ŁUPKI CHLORYRYTOWE	ŁUPKI CHLORYTOWE, ŁUPKI TALKOWE, SERPENTYNITY ZIELENCOWE	FYLITY, ŁUPKI SERYCYTOWE	ŁUPKI KWARCYTOWE, KWARCYT	MARMURY
MEZO	granoblastyczne, lepidoblastyczne, nematoblastyczne	łupkowe, gnejsowe	ŁUPKI MIKOWE, GNEJSY	AMFIBOLITY	SERPENTYNITY, AMFIBOLITY	ŁUPKI MIKOWE	KWARCYT	MARMURY
KATA	granoblastyczna	gnejsowe, bezładne	GNEJSY, GRANULITY	EKLOGITY, GRANULITY	EKLOGITY	GNEJSY	KWARCYT	MARMURY

AMFIBOLITY

Skała zabarwiona jest na szarozielono lub czarnozielono. Struktura jest granoblastyczna, lub nematoblastyczna. Tekstura jest masywna, łupkowa, niekiedy gnejsowa. W skałe dominują równolegle ułożone amfibole oraz przewarstwiające je plagioklasy kwaśne. Skały te powstały ze skał magmowych obojętnych oraz węglanowo-ilastych skał osadowych, w warunkach średniego metamorfizmu regionalnego.

SERPENTYNITY

Zabarwione są na ciemnozielono lub brunatnozielono. Skała ma strukturę granoblastyczną, teksturę chaotyczną, masywną. Głównymi minerałami w skałe są serpentyny. Niekiedy w skałe wyodrębia się jego seledynowa odmiana *chryzotyl*. W serpentynicie w formie białych żyłek występuje magnezyt ($MgCO_3$) oraz opał. Skała ta powstaje z przeobrażenia zasadowych skał magmowych lub zasobnych w magnez skał osadowych.

FYLLITY

Jest to słabo przeobrażony łupek ilasty. W odróżnieniu od skały osadowej fyllit jest twardszy, a chuchnąwszy na jego powierzchnię nie odczuwa się specyficznego zapachu świeżo malowanej ściany. Skała zabarwiona jest na różne odcienie koloru szarego. Struktura jest „skryto” lepidoblastyczna, tekstura łupkowa masywna. Woda nie wsiąka w fyllit, dlatego też skała ta traktowana jest jako „łupek dachówkowy”. Makroskopowo minerałów nie można rozróżnić. Niekiedy na powierzchni złupkowacenia, znajdują się małe blaszki łuszczyków, silnie odbijające promienie świetlne.

ŁUPKI KRYSTALICZNE

Łupki krystaliczne tworzyć się mogą ze wszystkich odmian skał w strefie epi i mezo, a więc w warunkach relatywnie niskich i średnich temperatur oraz działania ciśnienia jednokierunkowego. Struktury są zazwyczaj lepidoblastyczne, tekstury łupkowe, masywne. W zależności od skały wyjściowej oraz warunków fizyko-chemicznych skład mineralny wykazuje pewne zróżnicowanie. Od minerału dominującego w skałe łupek krystaliczny uzyskuje swą nazwę.

Bardzo pospolitymi są **łupki łuszczykowe**, minerałem wiodącym może tu być muskowit, wtedy są srebrzysto wyglądające **łupki muskowitowe**; głównym minerałem może też być biotyt, wtedy mamy do czynienia z czarnymi **łupkami biotytowymi**. Gdy w skałe występują jako główne oba te minerały, mówi się o **łupku dwułuszczykowym**. Z metamorfizmu diabazów pochodzą pospolicie występujące w Sudetach łupki zieleńcowe.

Spotykane są też zabarwione na szarozółtawo lub srebrzystozółtawo **łupki serycytowe** (serycyt jest drobnokrystaliczną odmianą muskowitu). Częste są **łupki talkowe**, miękkie, w dotyku tłustawe o zabarwieniu białopopielatym, szarozielonawym, seledynowym, w których głównym minerałem jest talk. **Łupek chlorytowy** zabarwiony jest na zielono lub szarozielono, podstawowymi minerałami są w skałe zabarwione na zielono chloryty. W przyrodzie zazwyczaj występują łupki wieloskładnikowe np. talkowo-chlorytowe, talkowo-serycytowe.

W łupkach krystalicznych obok wymienionych minerałów o pokroju blaszkowatym występują białawe kryształki plagioklazów kwaśnych. Sporadycznie występuje kwarc.

ŁUPKI KWARCYTOWE

Skały te zabarwione są na białe lub żółtawo-białe. Struktura jest granoblastyczna lub nematoblastyczna. Tekstura łupkowa, masywna. Głównym składnikiem skały jest kwarc, którego małe kryształki silnie odbijają promienie świetlne. Na płaszczyznach oddzielności łupkowej zauważa się czasem blaszki muskowitu lub czarnometaliczne skupienia granatów. Skały te powstają z przeobrażenia piaskowców kwarcytowych w płytkiej strefie metamorfizmu regionalnego.

KWARCYT

Kwarcyty powstają z przeobrażenia piaskowców kwarcytowych lub innych skał krzemionkowych, we wszystkich strefach metamorfizmu regionalnego. Skały te zabarwione są głównie na białe lub szarobiałe z odcieniem żółtym. Struktura jest kwasem solnym, granoblastyczna, tekstura bezkierunkowa, masywna. Skała składa się z kryształów kwarcu ściśle przylegających do siebie. Jest to cecha odróżniająca kwarcyty od piaskowców kwarcytowych, w których między ziarnami znajduje się lepiszcze. W kwarcytach niekiedy dają się zauważyć pojedyncze kryształki łyszczyków lub skaleni.

MARMURY

Marmury powstają z przeobrażenia osadowych skał węglanowych (głównie wapieni), we wszystkich strefach metamorfizmu regionalnego. Skały zabarwione są głównie na białe, ale często też mają inne kolory (czerwone, różowe, żółte, zielonawe). Spotykane są skały, w których masa skalna poprzecinana jest różnie zabarwionymi żyłkami tego samego tworzywa co masa skalna. Struktura marmuru jest granoblastyczna, a tekstura chaotyczna, masywna. Głównym składnikiem jest kalcyt, dlatego też skała ma twardość 3 wg skali Mohsa. Marmury reagują burzliwie z kwasem solnym.

GRANULITY

Wyjściowymi skałami dla granulitów są skały magmowe (kwaśne i obojętne) a także arkozy, szarogłazy, margle. Zabarcenie skały jest zróżnicowane od szaroróżowego do ciemnozielonego. W skałach obok minerałów typowych dla skał magmowych (kwarc, skalenie alkaliczne, amfibole, pirokseny) wyróżnia się gęste skupienia brunatnych lub czerwonych granatów o pokroju kostkowym lub sferycznym. Granulity mają strukturę granoblastyczną, a teksturę bezładną (niekiedy uporządkowaną), masywną. Skały te powstają w najgłębszej strefie metamorfizmu regionalnego (kata).

EKLOGITY

Skały zabarwione są na szarozielono lub zielonoczarne. Struktura jest granoblastyczna, a tekstura bezładna, masywna. W skałach wyróżniają się głównie czarnozielone amfibole o pokroju słupkowym. Na tym tle zaznaczają się czerwono-brunatne kryształki granatu. Rzadziej widoczne są kryształy kwarcu i skaleni alkalicznych. Eklogity powstają z przeobrażenia obojętnych i zasadowych skał magmowych oraz ilasto-węglanowych skał osadowych bogatych w magnez. Eklogity charakterystyczne są dla strefy kata.

4.7. TREŚĆ OPRACOWANIA

Po zapoznaniu się z opisem skał metamorficznych należy przystąpić do oznaczania otrzymanych okazów. Wyniki badań przedstawić w formie tabeli:

Lp.	Struktura	Tekstura	Barwa skały	Rozpoznane składniki w skale	Uwagi	Nazwa skały
1	2	3	4	5	6	7

Wyjaśnienia:

Kolumna 5. W przypadku trudności z rozróżnieniem minerałów o pokroju blaszkowym podać nazwę zespołu składników mogących występować w skale.

Kolumna 6. Podać dodatkowe cechy skały, takie jak np. jej twardość, reakcje z HCl.

Kolumna 7. W przypadku trudności z rozróżnieniem minerałów w skałach o teksturze łupkowej skałę określić jako łupek krystaliczny.

5. OCENA WŁASNOŚCI TECHNICZNYCH SKAŁ WYSTĘPUJĄCYCH W POLSCE DO CELÓW BUDOWLANYCH

5.1. WPROWADZENIE

Skały magmowe, metamorficzne oraz skały osadowe okruchowo-ilaste, organiczne (biochemiczne) i chemiczne – wykorzystywane są jako materiały budowlane (kamienie budowlane, kruszywo), surowce w wielu gałęziach gospodarki mających związek z budownictwem (np. przemysł ceramiczny, cementowy), czy też posiadających z nim związek pośredni (przemysł hutniczy, gospodarka energetyczna itp.). W sposób kompleksowy klasyfikację i zastosowanie skał w budownictwie i drogownictwie omawia norma PN-62/B-01080 i jej nowsza wersja (wraz z późniejszymi zmianami) PN-84/B-01800 oraz norma PN-88/B-04120.

Do głównych cech technicznych skał należą poniżej omówione.

- **Gęstość właściwa** charakteryzuje masę 1 cm^3 skały bez porów. Zasadniczo polskie skały mają gęstość właściwą zawartą między $2,4$ a $3,1 \text{ g/cm}^3$.

- **Gęstość objętościowa** charakteryzuje masę 1 cm^3 skały łącznie z porami i zawartą w nich wodą. Na podstawie tej cechy dzieli się skały na: bardzo lekkie (gęstość objętościowa poniżej $1,5 \text{ g/cm}^3$), lekkie ($1,5$ – $2,2 \text{ g/cm}^3$), średnio ciężkie ($2,2$ – $2,6 \text{ g/cm}^3$), ciężkie ($2,2$ – $2,6 \text{ g/cm}^3$), bardzo ciężkie (powyżej $2,6 \text{ g/cm}^3$).

- **Porowatość** charakteryzuje objętość wszystkich porów w skale do jej objętości. Cecha ta podawana jest w procentach lub ułamku dziesiętnym.

- **Przewodność cieplna** jest stosunkiem przewodności cieplnej skały nasyconej wodą do przewodności cieplnej skały powietrznie suchej. Wydziela się skały ciepłe, mające ten współczynnik równy lub mniejszy od $0,65$, oraz skały zimne, gdy współczynnik jest wyższy od $0,65$.

- **Nasiąkliwość** wyraża procentową masę wody, jaką wchłonąć może dana skała. Wydziela się skały bardzo nasiąkliwe (wchłaniające powyżej 20% wody), średnio nasiąkliwe (20 – 5%), mało nasiąkliwe (5 – $0,5\%$), bardzo mało nasiąkliwe (poniżej $0,5\%$).

- **Wytrzymałość na ściskanie** informuje o wielkości naprężenia powodującego zgniatanie próbki powietrznie suchej skały. Wydziela się skały o wytrzymałości bardzo słabej (poniżej 15 MPa), słabej (15 – 60 MPa), średniej (60 – 120 MPa), dużej (120 – 200 MPa), bardzo dużej (powyżej 200 MPa).

- **Twardość skały** uzależniona jest od udziału w niej minerałów o twardości powyżej $5,5$ wg skali Mohsa oraz wytrzymałości na ściskanie. Podział skał na różne grupy twardości przedstawia tab. 5.1.

- **Zwięzłość skały** określa się ilością uderzeń w aparacie Page'a powodujących pęknięcie próbki skały. Rozróżnia się skały o zwięzłości złej (poniżej 6 uderzeń), średniej (6 – 12), dobrej (13 – 15), bardzo dobrej (powyżej 15 uderzeń).

Tabela 5.1. Podział skał na grupy twardości wg PN-62/B-1080

Procentowa zawartość minerałów o twardości mniejszej od 5,5	Wytrzymałość na ściskanie w MPa				
	<15	15-60	60-120	120-200	>200
0 - 25	bardzo miękkie	miękkie	miękkie	średnio twarde	średnio twarde
25 - 50	bardzo miękkie	miękkie	miękkie	średnio twarde	twarde
50 - 75	bardzo miękkie	miękkie	średnio twarde	średnio twarde	twarde
75-100	miękkie	średnio twarde	średnio twarde	twarde	twarde

- **Ścieralność** charakteryzuje odporność skały na ścieranie się w odpowiednich aparatach (tarcza Boehmego, bęben Devala). W bębnie Devala ustala się procentowe zmniejszenie masy próbki skały pod wpływem ścierania, uderzania i miażdżenia w ciągu 10000 obrotów bębna w czasie 5 godzin. Wyróżnia się skały o ścieralności bardzo dużej (ubytek masy próbki powyżej 8%), dużej (8-6%), małej (6-4%), bardzo małej (poniżej 4%).

- **Mrozoodporność** określa się na podstawie ilości cykli zamrażania i odmrażania, po których następuje uszkodzenie zewnętrznych części próbki skalnej (powierzchni, krawędzi, naroży). Wydziela się skały o mrozoodporności złej – poniżej 10 cykli (dla skał o wytrzymałości na ściskanie bardzo słabej) i poniżej 15 cykli (dla skał o wytrzymałości słabej lub wyższej); dostatecznej – 10-20 cykli (dla skał o wytrzymałości na ściskanie bardzo słabej) i 15-20 cykli (dla skał o wytrzymałości słabej lub wyższej); dobrej – 21-24 cykli; całkowitej – 25 cykli i więcej.

- **Wskaźnik emulgacji** odpowiada masie bituminów (w gramach), którą może jeszcze w stanie emulsji utrzymać w wodzie masa 1 grama badanej gliny lub pyłu otrzymanego z rozdrobnienia danej skały. Dla celów drogownictwa wskaźnik emulgacji nie powinien być większy od 0,38.

- **Przyczepność do lepiszcz bitumicznych** określona jest za pomocą skali od 0 do 10 stopni. Brak przyczepności wyrażany jest stopniem 0, maksymalna przyczepność oceniana jest wielkością 10 stopni.

- **Odporność na niszczące działanie atmosfery przemysłowej** – skały całkowicie odporne na niszczenie (skały magmowe, gnejsy, łupki krystaliczne, kwarcyty niepolerowane), nie podlegają niszczeniu w środowisku o zawartości SO_2 10-200 mg/m^3 ; skały średnio odporne (skały magmowe polerowane, piaskowce o lepiszczu krzemionkowym) ulegają niszczeniu w środowisku o zawartości SO_2 0,5-10 mg/m^3 ; skały mało odporne (marmury, wapienie, dolomity, pozostałe piaskowce) podlegają niszczeniu w środowisku o zawartości SO_2 do 0,5 mg/m^3 .

- **Podatność na przyjmowanie poleru** – w sposób orientacyjny skały dzielone są:
 - na dające się polerować (granit, sienit, dioryt, andezyt, bazalt, diabaz, gabro, wapień dolomit, alabaster, serpentynit, gnejs, marmur, amfibolit itp.),
 - nie dające się polerować (porfir, melafir, piaskowiec, kwarcyt, łupek itp.)

- **Charakter naturalnej promieniotwórczości** – na podstawie specjalistycznych badań rejestruje się stężenie potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 (wyrażonych w Bq/kg). Skały dzielone są na niepromieniotwórcze i promieniotwórcze. Badania takie przeprowadza się dla konkretnego materiału skalnego.

Poniżej ograniczono się do przedstawienia za literaturą tylko niektórych charakterystycznych cech skał występujących w Polsce oraz miejsc ich występowania. Następnie zgodnie z normą PN-84/B-01080 z późniejszymi zmianami i normą PN-88/B-04120, wyszczególniona została możliwość zastosowania różnych skał w budownictwie i drogownictwie.

Z dużej ilości rodzajów i odmian skał występujących w Polsce tylko niektóre znajdują bezpośrednie zastosowanie jako kamień w budownictwie ogólnym, budownictwie wodnym i mostowym, budownictwie drogowym oraz jako kruszywo.

5.2. CECHY, WYSTĘPOWANIE I ZASTOSOWANIE SKAŁ MAGMOWYCH

GRANITY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,64–2,69 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,58–2,65 g/cm³. Porowatość 0–3%. Nasiąkliwość 0,2–0,5%. Wytrzymałość na ściskanie 100–220 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 1,7–5,5%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,08–0,18. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 0–5.

WYSTĘPOWANIE

Granity eksploatowane są w Sudetach w rejonie Szklarskiej Poręby (różowe granity o teksturze porfirowatej), Strzegomia i Strzelina (szare lub białawe granity o strukturze drobno i średnio krystalicznej).

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, gzymsy i obramowania), okładziny (zewnątrzne i wewnętrzne). Budowle mostowe i wodne. Budownictwo drogowe (krawężniki, słupki, płyty chodnikowe, kostka, brukowiec, kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu). Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznych (warstwa dolna i warstwa ścieralna), do ścieralnej warstwy nawierzchni tłuczniowej. Kruszywo kolejowe.

RYOLITY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,64–2,74 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,40–2,59 g/cm³. Porowatość 2,3–12,4%. Nasiąkliwość 0,6–2,0%. Wytrzymałość na ściskanie 82–209 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 1,4–3,3%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,17–0,31. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 0–5.

WYSTĘPOWANIE

Ryolity eksploatowane są w Sudetach (okolice Wałbrzycha, rejon Czarny Bór-Stary Lisieniec). Wydobywane są też na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej (rejon Krzeszowice-Miękinia).

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, gzymsy i obramowania). Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (krawężniki, słupki, kostka, brukowiec), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo drogowe (na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej), jako kruszywo kolejowe.

SJENITY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,77–2,82 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,75–2,8 g/cm³. Porowatość 0,2–1,0%. Nasiąkliwość 0,1–0,4%. Wytrzymałość na ściskanie 90–250 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2–10%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji poniżej 0,38. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych poniżej 0,38. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 0–5.

WYSTĘPOWANIE

W Polsce nie ma typowych sjenitów. Eksploatowane są ciemnoszare sjenodioryty w Sudetach (okolice Niemczy).

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, gzymsy i obramowania), okładziny zewnętrzne i wewnętrzne. Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (krawężniki, słupki, kostka, brukowiec), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznej (warstwa dolna, warstwa ścieralna), na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej. Kruszywo kolejowe.

TRACHITY

Skąły te nie występują w Polsce w większych skupieniach. W Sudetach towarzyszą one kompleksom melafirów. Wykorzystywane są lokalnie jako topnik w przemyśle ceramicznym do produkcji wyrobów porcelanowych i kwasoodpornych.

DIORYTY

W Polsce skały te nie występują w klasycznej petrograficznej postaci. Zazwyczaj są to granodioryty lub sjenodioryty. Ze względu na niewielkie rozprzestrzenienie nie mają większego znaczenia jako materiał kamienny w budownictwie. Skały te do Polski sprowadzane są z zagranicy.

ANDEZYTY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,71–2,82 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,58–2,66 g/cm³. Porowatość 4,1–7,1%. Nasiąkliwość 0,7–2,0 %. Wytrzymałość na ściskanie 75–132 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,3–5,7%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,10–0,28. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 1–5.

WYSTĘPOWANIE

Niewielkie rozprzestrzenienie andezytów znajduje się w Pieninach (okolice Czorsztyna, Szczawnicy, Jarmuty).

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, gzymsy i obramowania), okładziny zewnętrzne i wewnętrzne. Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe (krawężniki, słupki, brukowiec), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznych (warstwa dolna, warstwa ścieralna), na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej. Kruszywo kolejowe.

GABRA

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,93–3,05 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,88–3,02 g/cm³. Porowatość 0,7–3,5%. Nasiąkliwość 0,1–0,3%. Wytrzymałość na ściskanie 83–120 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,4–4,6%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,14–0,26. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 4–6.

WYSTĘPOWANIE

Gabra występuje w Sudetach, głównie w rejonie Sobótki, Nowej Rudy, Ząbkowic Śląskich.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły). Okładziny zewnętrzne i wewnętrzne. Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (brukowiec), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe: na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej.

MELAFIRY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,74–2,83 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,62–2,80 g/cm³. Porowatość 1,1–5,7%. Nasiąkliwość 0,2–1,4%. Wytrzymałość na ściskanie 109–255 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,7–3,6 %. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,14–0,34. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 0–7.

WYSTĘPOWANIE

Melafiry występują w Sudetach w okolicach Wałbrzycha, Nowej Rudy, Kłodzka. Na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej znajdują się w rejonie Krzeszowic i Miękinii.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły). Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do betonów. Kruszywo kolejowe.

DIABAZY

Lokalnie w Polsce występują niewielkie skupienia skał typu diabazów. Znaczenie tych skał w budownictwie ma ograniczony charakter. Znajdują się one na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej (Niedzwiedzia Góra, okolice Rudna), lokalnie w Sudetach (okolice Nowej Rudy) i sporadycznie w Górach Świętokrzyskich (okolice Świętej Katarzyny i Barda). Skały mają zbliżone zastosowanie jak melafiry.

BAZALTY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,98–3,14 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,95–3,06 g/cm³. Porowatość 1,0–2,9%. Nasiąkliwość 0,1–1,0%. Wytrzymałość na ściskanie 116–228 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,3–4,0%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,13–0,30. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 3–6.

WYSTĘPOWANIE

Bazalty występują w wielu miejscach na obrzeżeniu Sudetów. Eksploatowane są głównie w rejonie Lubania i Złotoryi.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe). Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (brukowce), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznych (warstwa dolna, warstwa ścieralna), kruszywo na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowych. Kruszywo kolejowe. Bazalty wykorzystywane są też do produkcji leizn bazaltowych, będących odlewami odpornymi na kwasy, ługi i przebicia elektryczne.

5.3. CECHY, WYSTĘPOWANIE I ZASTOSOWANIE SKAŁ OSADOWYCH

Poniżej skoncentrowano się na przedstawieniu cech i wykorzystaniu zlitfikowanych skał osadowych. W budownictwie jednak bardzo duże zastosowanie mają również niezdiagenezowane skały okruczowo-ilaste. Żwiry i piaski wykorzystywane są jako kruszywo mineralne do produkcji betonu, gładzi, wypraw i zapraw murarskich. Mają one szerokie zastosowanie do uzdatniania gruntów słabo nośnych oraz przy pracach melioracyjnych. Piaski kwarcowe są podstawowym surowcem do produkcji szkła. Gliny, lessy, mułki, iły

wykorzystywane są do produkcji cegieł, klinkieru, keramzytu, glinoporytu. Ily wykorzystywane są w konstrukcjach ziemnych jako materiał uszczelniający przed infiltracją wód podziemnych.

Mimo znacznego rozprzestrzenienia w Polsce zliifikowanych skał osadowych, tylko niektóre z nich znajdują bezpośrednie zastosowanie jako kamień budowlany. Na małą skalę wykorzystywane są zlepieńce, piaskowce, wapienie, dolomity. Duża ilość skał osadowych stanowi surowiec do produkcji różnego asortymentu materiałów budowlanych oraz produktów mających w sposób pośredni związek z budownictwem.

ZLEPIEŃCE

Ze względu na stosunkowo małe rozprzestrzenienie zlepieńców, które tylko lokalnie występują w Sudetach, Górnym Śląsku, Górach Świętokrzyskich, Karpatach, są one w budownictwie wykorzystywane tylko na niewielką skalę. Warto jednak zwrócić uwagę, że pierwszy słup kolumny Zygmunta III w Warszawie wykonany był z wapiennego zlepieńca permskiego (określanego jako „marmur chęciński” lub „zlepieńiec zygmunowski”) pochodzącego z Gór Świętokrzyskich.

PIASKOWCE

Skały te wykazują bardzo duże zróżnicowanie pod względem swych cech technicznych, a wraz z tym następuje bardzo wyraźna zmiana wykorzystania piaskowców w budownictwie. Norma PN-62/B-01080 wydziela w obrębie piaskowców: twarde, średnio twarde, miękkie. Podział ten oparty jest na tabeli 5.1. W sposób orientacyjny traktować można, że do grupy piaskowców twardych zaliczane są głównie silnie zliifikowane paleozoiczne piaskowce kwarcowe o lepszemu krzemionkowym (tzw. piaskowce kwarcytowe). Do piaskowców średnio twardych przypisane są przede wszystkim mezozoiczne słabiej zliifikowane piaskowce kwarcowe o lepszemu krzemionkowym, żelazisto-krzemionkowym, węglanowym. Za piaskowce miękkie uważane są słabo zliifikowane skały mezozoiczne i trzeciorzędowe o lepszemu węglanowym, ilasto-węglanowym, żelazisto-ilastym. Przedstawiona poniżej charakterystyka poszczególnych grup piaskowców traktowana może być tylko jako orientacyjna.

PIASKOWCE TWARDE

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,56–2,72 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,42–2,64 g/cm³. Porowatość 0,9–7,9%. Nasiąkliwość 0,3–3,0%. Wytrzymałość na ściskanie 93–250 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 1,8–5,4%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,20–0,38. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 1–3.

WYSTĘPOWANIE

Piaskowce twarde zajmują znaczne powierzchnie w Górach Świętokrzyskich (skały wieku kambryjskiego, dewońskiego, permskiego, triasowego). W Sudetach są to głównie piaskowce permskie i triasowe o zabarwieniu czerwonym.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, ściany budynków niemieszkalnych, gzymsy i obramowania), okładziny zewnętrzne i wewnętrzne (posadzki, stopnie, ściany). Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe (wszystkie działy). Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej. Kruszywo kolejowe.

PIASKOWCE ŚREDNIO TWARDE

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,64–2,75 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,35–2,73 g/cm³. Porowatość 1,5–11,6%. Nasiąkliwość 0,3–3,4%. Wytrzymałość na ściskanie 67–205 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 1,8–5,8%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,18–0,26. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 4–8.

WYSTĘPOWANIE

Piaskowce te występują w Górach Świętokrzyskich. Są to triasowe piaskowce tumlińskie i zagnańskie, jurajskie piaskowce szydlowieckie. W Sudetach są to czerwone piaskowce permskie z okolic Nowej Rudy oraz kredowe szare piaskowce ciosowe. Do grupy tej zaliczyć można też częściowo piaskowce karpackie (grodzickie, godulskie, istebniańskie) oraz trzeciorzędowe (głównie magurskie). Lokalne znaczenie mają piaskowce karbońskie i permskie na obszarze Górnego Śląska oraz trzeciorzędowe piaskowce na Lubelszczyźnie.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (ściany budynków niemieszkalnych, gzymsy i obramowania), okładziny ścian zewnętrznych i wewnętrznych.

PIASKOWCE MIĘKKIE

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 1,95–2,70 g/cm³. Gęstość objętościowa 1,90–2,63 g/cm³. Porowatość 0,5–27,3%. Nasiąkliwość 0,1–12,5%. Wytrzymałość na ściskanie 15–168 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 4,6–35,3%. Mrozoodporność od całkowitej do złej. Wskaźnik emulgacji 0,12–0,37. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 3–6.

WYSTĘPOWANIE

Piaskowce te są związane głównie z trzeciorzędowym kompleksem fliszu karpackiego (np. piaskowce ciężkowickie, krośnieńskie) oraz bardzo słabo zlitfikowanymi skałami jurajskimi, kredowymi i trzeciorzędowymi występującymi w strefie Wyżyn Środkowopolskich i sporadycznie na Nizinach Polskich.

ZASTOSOWANIE

Okładziny ścian wewnętrznych.

WAPIENIE

Wapienie z punktu widzenia budowlanego dzielone są: na kruszywa twarde (wapienie krystaliczne, drobnokrystaliczne wapienie o teksturze masywnej); kruszywa średnio twarde

(wapienie biogeniczne o teksturach masywnych, skały węglanowe o znacznej zawartości krzemionki pochodzenia terrygenicznego, organicznego lub chemicznego, np. opoki); kruszywa miękkie (wapienie o strukturach organicznych i teksturach słabo masywnych, wapienie margliste). Ze względu na fakt, że we wszystkich regionach geologicznych Polski występują kompleksy wapieni charakteryzujące się dużą zmiennością własności technicznych, poniżej ograniczono się tylko do podania zbiorczego zakresu zmian poszczególnych cech, bez przypisywania ich wapieniom o różnej twardości.

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,42–2,85 g/cm³. Gęstość objętościowa 1,30–2,84 g/cm³. Porowatość 0,04–50,7%. Nasiąkliwość 0,04–35,1%. Wytrzymałość na ściskanie 10–125 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 4,3–23,5%. Mrozoodporność od całkowitej do dostatecznej. Wskaźnik emulgacji 0,2–0,5. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 5–8.

WYSTĘPOWANIE

Wapienie łącznie z innymi skałami węglanowymi są w Polsce szeroko rozprzestrzenione w strefie wyżynnej a częściowo i górskiej. Do bardziej znanych odmian skał należą występujące w Sudetach wapienie („marmury”) wojcieszowskie; w Górach Świętokrzyskich „marmury” z Bolechowa i Chęcina, wapienie z Kowala-Sobkowa, Nowin-Sitówki, Łagowa, Górnej. Na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej występują „marmury” w Dębniku i Czatkowicach (okolice Krzeszowic). Na znaczną skalę wapienie eksploatowane są na Wyżynie Lubelskiej, Roztoczu, Wyżynie Kielecko-Sandomierskiej, Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej, Wyżynie Śląskiej. Znaczne kompleksy skał węglanowych występują w obrębie Pienin i Tatr. Również i na Nizinie Polskiej w wielu miejscach są wychodnie wapieni (np. wapienie jurajskie na Pomorzu Zachodnim).

ZASTOSOWANIE

W budownictwie zastosowanie wapieni uzależnione jest od ich twardości. Niezależnie od tego są surowcami do produkcji cementu i wapna. Ponadto skały te są wykorzystywane w przemyśle hutniczym i cukrowniczym.

WAPIENIE TWARDE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, ściany budynków niemieszkalnych, gzymsy i obramowania, stopnie), okładziny wewnętrzne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (słupki), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do lastryka miękkiego. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznych (do warstwy dolnej, warstwy ścieralnej oraz jako mączka), kruszywo na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowych. Mączki i wypełniacze.

WAPIENIE ŚREDNIO TWARDE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, ściany budynków niemieszkalnych, gzymsy i obramowania), okładziny ścian wewnętrznych. Budownictwo drogowe (kamień na podbudowę). Mączki i wypełniacze.

WAPIENIE MIĘKKIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (ściany budynków mieszkalnych i niemieszkalnych, gzymsy i obramowania), okładziny ścian zewnętrznych i wewnętrznych. Kruszywo do betonów lekkich. Mączki i wypełniacze.

DOLOMITY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,71–2,86 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,40–2,81 g/cm³. Porowatość 0,04–13,7%. Nasiąkliwość 0,3–5,7%. Wytrzymałość na ściskanie 43–200 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,6–6,1%. Mrozoodporność dobra do dostatecznej. Wskaźnik emulgacji 0,18–0,36. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 4–7.

WYSTĘPOWANIE

Dolomity występują na obszarze Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Klucze, Krzeszowice, Chrzanów, Siewierz), Gór Świętokrzyskich (Radkowice, Jurkowice, Zagnańsk), Sudetów (okolice Lwówka Śląskiego i Radłówka). Dolomity znajdują się też w Tatrach i Pieninach.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty, cokoły, ściany budynków niemieszkalnych, gzymsy i obramowania), okładziny ścian wewnętrznych. Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (krawężniki, słupki, płyty chodnikowe), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenazu. Kruszywo do betonów zwykłych. Kruszywo do lastryka. Kruszywo drogowe do nawierzchni bitumicznej (do warstwy dolnej i warstwy ścieralnej), kruszywo na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej. Mączki i wypełniacze. Ponadto dolomity traktowane są jako surowiec do produkcji cementu. Wykorzystywane są też w przemyśle hutniczym, chemicznym, papierniczym.

GIPSY

W Polsce w rejonie Buska i Wiślicy (Niecka Niedziańska) występują znaczne złoża gipsu. Skąły te eksploatowane są również w okolicy Głubczyc (Nizina Śląska). Mniejsze skupienia występują w rejonie Rybnika, Krzeszowic, Krakowa. W okolicach Przeworska znajdują się niewielkie skupienia gipsów alabastrowych.

Gipsy bezpośrednio w budownictwie wykorzystywane są na małą skalę (słaby kamień budowlany, kamień wykładzinowy). Znajdują natomiast szerokie zastosowanie jako mączki i wypełniacze, ściany gipsowe. Skąły te są jednak bardzo ważnym surowcem przemysłu materiałów wiążących. Znajdują też zastosowanie w przemyśle papierniczym.

5.4. CECHY, WYSTĘPOWANIE I ZASTOSOWANIE SKAŁ METAMORFICZNYCH

GNEJSY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,66–2,74 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,61–2,65 g/cm³. Porowatość 1,5–3,3%. Nasiąkliwość 0,3–0,5 %. Wytrzymałość na ściskanie 75–160 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,5–4,6%. Mrozoodporność całkowita do dostatecznej. Wskaźnik emulgacji 0,12–0,21. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 2–6.

WYSTĘPOWANIE

Gnejsy szeroko występują w Sudetach. Eksploatowane są w Karkonoszach, okolicach Złotego Stoku oraz Kowar.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły, ściany budynków niemieszkalnych, gzymsy i obramowania). Budownictwo mostowe i wodne. Budownictwo drogowe: elementy drogowe (krawężniki, słupki, kostka, brukowiec), kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu, kruszywo do betonów, kruszywo drogowe: do warstwy dolnej nawierzchni bitumicznych, kruszywo na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej, kruszywo kolejowe.

SERPENTYNITY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,68–3,05 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,41–3,03 g/cm³. Porowatość 0,7–7,7%. Nasiąkliwość 0,06–2,8%. Wytrzymałość na ściskanie 61–183 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 1,7–6,2%. Mrozoodporność całkowita do dostatecznej. Wskaźnik emulgacji 0,15–0,38. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 5–8.

WYSTĘPOWANIE

Serpentynity występują w Sudetach w okolicy Sobótki, Gogołowa–Jordanowa Śląskiego, Szklar.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe), okładziny ścian wewnętrznych. Budownictwo drogowe: kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo do betonów. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznej (do warstwy dolnej i ścieralnej), kruszywo na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej. Kruszywo kolejowe.

Serpentynity wykorzystywane są też jako kamienie dekoracyjne oraz surowiec do produkcji wyrobów ogniotrwałych.

AMFIBOLITY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,91–3,08 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,82–3,03 g/cm³. Porowatość 1,0–3,0%. Nasiąkliwość 0,2–0,9%. Wytrzymałość na ściskanie 77–214 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,0–9,5%. Mrozoodporność od całkowitej do dostatecznej. Wskaźnik emulgacji 0,12–0,36. Przyczepność do lepiszcz bitumicznych 3–9.

WYSTĘPOWANIE

Skały te występują w Sudetach w rejonie Kłodzka, Wieściszowic, Gniewoszowa.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, cokoły), okładziny ścian wewnętrznych. Budownictwo drogowe: kamień podkładowy, kamień na podbudowę, kamień do drenażu. Kruszywo drogowe: do nawierzchni bitumicznych (warstwa dolna i ścieralna), kruszywo na warstwę ścieralną nawierzchni tłuczniowej. Kruszywo kolejowe.

MARMURY

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

Gęstość właściwa 2,71–2,85 g/cm³. Gęstość objętościowa 2,68–2,82 g/cm³. Porowatość 0,7–1,5%. Nasiąkliwość 0,1–0,3%. Wytrzymałość na ściskanie 26–124 MPa. Ścieralność w bębnie Devala 2,7–7,2%. Mrozoodporność całkowita. Wskaźnik emulgacji 0,16–0,19. Przylepność do lepiszcz bitumicznych 6–8.

WYSTĘPOWANIE

Marmury występują w niewielu miejscach w Sudetach. Eksploatowane są w rejonie Stronia Śląskiego, są to odmiany różowo-zielone (Zielona Marianna) i plamisto-białe (Biała Marianna), oraz w Sławniowicach (ok. Nysy), gdzie wydobywa się skały o zabarwieniu białym, szarym, zielonawym i smugowane.

ZASTOSOWANIE

Budownictwo ogólne: konstrukcje budowlane (fundamenty i obiekty lądowe, gzymsy i obramowania), okładziny wewnętrzne. Kruszywo do betonu. Kruszywo do lastryka. Kruszywo do nawierzchni bitumicznej (do warstwy dolnej). Mączki i wypełniacze.

INNE SKALY METAMORFICZNE

W Sudetach występują na znacznych przestrzeniach różne pod względem petrograficznym łupki krystaliczne. Są one w stosunkowo niewielkim stopniu wykorzystywane w budownictwie. Łupki łuszczykowe znajdują zastosowanie jako podsypka przy produkcji papy oraz wypełniacze i mączka mas bitumicznych. Eksploatowane są w rejonie Świeradowa.

W okolicach Głuchołazów (Pokrzywna) występują łupki fyllitowe, które wykorzystane mogą być jako płytki dachówkowe. Koło Świeradowa (Orłowice) występują łupki kwarcytowe stanowiące materiał ogniotrwały do budowy pieców.

Typowe kwarcyty metamorficzne są stosunkowo rzadko wykorzystywane i tylko lokalnie mają znaczenie w budownictwie ogólnym i drogowym.

5.5. TREŚĆ OPRACOWANIA

Korzystając z informacji zawartych w rozdziałach 2, 3, 4 oznaczyć metodą makroskopową otrzymane okazy skał. Podać ich orientacyjne cechy oraz ich przydatność w budownictwie i drogownictwie. Opracowanie przedstawić w formie tabelarycznej.

Lp.	Nazwa skały	RODZAJ SKAŁY ZE WZGLĘDU NA						Ocena przydatności dla zadanego celu
		Gęstość objętościowa	Nasiakliwość	Wytrzymałość na ściskanie	Twardość	Ścieralność	Mrozoodporność	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Wyjaśnienia:

Kolumny 3–8. Określenie cech podać według klasyfikacji przedstawionej w punkcie 5.1.

Kolumna 6. Wypełnić na podstawie wiadomości o składzie mineralnym danej skały, zgodnie z rozdziałami 2–4.

Kolumna 9. Dla zadanego celu podać tylko: skała nadaje się, lub skała nie nadaje się.

6. KLASYFIKACJA GRUNTÓW BUDOWLANYCH

6.1. WPROWADZENIE

Gruntem budowlanym jest zewnętrzna część skorupy ziemskiej będąca strefą oddziaływania technicznego człowieka i współdziałająca z budowlą. Grunt stanowi podłoże posadowienia obiektów budowlanych (nawierzchni drogowych, kolejowych, lotnisk, fundamentów) i jest środowiskiem otaczającym budowle podziemne. Grunt budowlany stanowić może integralny element budowli lub jest tworzywem budowli ziemnych. Jest to też materiał budowlany, z którego wykonywane są nasypy budowlane, drogowe, kolejowe, zapory, wały przeciwpowodziowe. Grunt jest również surowcem do produkcji szeregu elementów budowlanych. Wydziela się **grunty naturalne**, których szkielet powstał w wyniku procesów geologicznych oraz **grunty antropogeniczne** utworzone w efekcie bytowej, gospodarczej i przemysłowej działalności człowieka.

Grunty naturalne występujące w miejscu swego powstania określane są jako **grunty rodzime**, które dalej dzielone są na:

- grunty skaliste
- grunty nieskaliste mineralne
- grunty organiczne.

Jeżeli w podłożu budowlanym zalegają grunty naturalne na wtórnym miejscu lub jeżeli są tam grunty antropogeniczne, nazywa się je **gruntami nasypowymi**. Dzielone są one na:

- nasypy budowlane
- nasypy niebudowlane.

6.2. GRUNTY RODZIME SKALISTE

W skład gruntów rodzimych skalistych wchodzi skały magmowe, skały metamorficzne i zlitfikowane skały osadowe (okruchowo-ilaste, biogeniczne i chemiczne). Grunty te norma PN-86/B-02480 dzieli na dwie grupy:

- **Grunty skaliste twarde (ST)** o wytrzymałości na ściskanie większej od 5 MPa. Są to podłoża budowlane utworzone ze skał magmowych, metamorficznych oraz silnie zlitfikowanych skał osadowych.

- **Grunty skaliste miękkie (SM)** o wytrzymałości na ściskanie nie większej od 5 MPa. Są to słabo zlitfikowane skały osadowe.

W obrębie tych grup następuje dalsze zróżnicowanie ze względu na spękanie skał. Wydziela się:

- skały lite (Li) – brak jest wyraźnych spękań,
- skały mało spękanne (Ms) – szczeliny występują nie gęściej niż co 1 m, a szerokość ich jest mniejsza od 1 mm, lub szczeliny są szersze od 1 mm, ale występują rzadziej niż co 1 m;

- skały średnio spękanе (Ss) – szczeliny występują gęściej niż co 1 m, a szerokość ich jest mniejsza od 1 mm;
- skały bardzo spękanе (Bs) – szczeliny występują gęściej niż co 1 m i mają szerokość większą od 1 mm.

Niezależnie od podanych przez normę kryteriów klasyfikacji gruntów skalistych związanych z ich wytrzymałością na ściskanie i charakterem spękania, bardzo ważne jest określenie stopnia zwiętrzenia podłoża skalnego i jego podatności na rozpuszczanie w wodzie o różnym odczynie. Poniżej podano za M.A. Meltonem pięciostopniową skalę do oceny zwiętrzenia gruntów skalistych.

SKALA ZWIĘTRZENIA SKAŁ

1. Na powierzchni skały brak jest płam powstałych w wyniku wietrzenia, wewnątrz skały nie widoczne są zmiany lub osłabienie składników.
2. Na powierzchni skały występują plamy lub dolki będące efektem wietrzenia, wewnątrz skały brak widocznych zmian składników.
3. Powierzchnia skały jest jamista lub występują grube złuszczenia powierzchniowe, wewnątrz skały nieliczne plamy.
4. Skała zachowuje zwartość mimo częściowego rozpadu, można ją rozkruszyć za pomocą lekkiego uderzenia młotkiem lub rozgniatać w ręce.
5. Skała całkowicie rozpadnięta, rozkrusza się po jej upuszczeniu w momencie uderzenia, nie wytrzymuje zgniatać w ręce.

6.3. GRUNTY RODZIME NIESKALISTE MINERALNE

Grunty nieskaliste mineralne stanowią grupę niezłityfikowanych skał osadowych okruchowo-łłastych. Ich klasyfikacja opiera się na uziarnieniu, tj. wielkości ziarn. W tym celu określa się zawartość poszczególnych frakcji, czyli procentowej masy składników znajdujących się w określonych przedziałach średnic. Jako frakcje podstawowe wydziela się: *frakcję kamienistą* (f_k), *frakcję żwirową* (f_z), *frakcję piaskową* (f_p), *frakcję pyłową* (f_{11}), *frakcję łąową* (f_l). Gdy w gruncie występuje frakcja kamienista lub żwirowa wylicza się frakcje zredukowane. Granice frakcji podstawowych oraz sposób obliczania frakcji zredukowanych przedstawia tab. 6.1.

Grunty nieskaliste mineralne dzieli się na:

- grunty kamieniste,
- grunty gruboziarniste,
- grunty drobnoziarniste.

GRUNTY KAMIENISTE

Zwiętrzeliny (KW) – w składzie uziarnienia mają więcej niż 50% ziarn o średnicach ponad 40 mm (tj. frakcji kamienistej) oraz poniżej 2% zredukowanej frakcji łąowej (f_l).

Zwierzeliny gliniaste (KWg) mają w szkieletie mineralnym więcej niż 2% zredukowanej frakcji ilowej. Zwierzeliny i zwierzeliny gliniaste znajdują się na gruntach skalistych w miejscu ich zwierzlenia, utwory te nie zostały przetransportowane na wtórne złoża.

Rumosz (KR) – zawiera ponad 50% frakcji kamienistej, zaś zredukowanej frakcji ilowej poniżej 2%. Gdy zawartość zredukowanej frakcji ilastej wynosi więcej niż 2% grunt ten nazywa się **rumoszem gliniastym (KRg)**. Zarówno rumosz jak i rumosz gliniasty występują poza miejscem swego powstania, jednak materiał ten nie podlegał transportowi i sedymentacji wodnej.

Otoczaki (KO) są gruntami kamienistymi uformowanymi w środowisku prądowym wody.

GRUNTY GRUBOZIARNISTE

Żwir (Ż) ma zawartość frakcji kamienistej i żwirowej ($f_k + f_z$) powyżej 50%, jednocześnie mniej niż 2% zredukowanej frakcji ilowej. W przypadku gdy udział zredukowanej frakcji ilowej jest wyższy od 2%, to grunt taki nazywany jest **żwirem gliniastym (Żg)**.

Pospółka (Po) zawiera od 10 do 50% frakcji kamienistej i żwirowej. Natomiast na frakcję piaskową, pyłową i ilową przypada 50–90%, przy spełnieniu warunku, że udział zredukowanej frakcji ilowej jest mniejszy od 2%. Jeżeli zawartość tej frakcji jest większa od 2%, grunt określany jest jako **pospółka gliniasta (Pog)**.

Z punktu oceny budowlanej żwiry i pospółki traktowane są jako utwory o cechach gruntów niespoistych (sypkich). Natomiast żwiry gliniaste i pospółki gliniaste uważa się za materiał o cechach gruntów spoistych.

GRUNTY DROBNOZIARNISTE

W Polsce najczęściej spotykanymi gruntami budowlanymi są grunty drobnoziarniste. W zależności od zawartości w nich frakcji ilowej są one tradycyjnie dzielone, na:

- **grunty niespoiste (sypkie) (ns)** – zawierające $f_i < 2\%$ lub $f_n < 30\%$
- **grunty spoiste**
 - **mało spoiste (ms)** $f_i = 2 - 10\%$ lub $f_i < 2\%$ ale $f_n < 30\%$
 - **średnio spoiste (ss)** $f_i = 10 - 20\%$
 - **zwięzłe spoiste (zs)** $f_i = 20 - 30\%$
 - **bardzo spoiste** $f_i > 30\%$

Współcześnie dąży się do uwzględnienia aktywności (wodochłonności) gruntu w klasyfikacji gruntów spoistych.

Grunty drobnoziarniste składają się wyłącznie ze zredukowanych frakcji piaskowej, pyłowej i ilowej. Jako *domieszka* występują składniki o średnicach większych od 2 mm. Jednak

sumaryczny udział frakcji kamienistej i żwirowej (jako domieszki) nie może być większy od 10%, gdyż wtedy grunty takie zaliczane są już do grupy gruntów kamienistych lub gruboziarnistych. Szczegółową klasyfikację gruntów drobnoziarnistych wg normy PN-86/B-02480 zestawiono w tabeli 6.2.

Tabela 6.1. Uziarnienie gruntów nieskalistych mineralnych (wg PN-86/B-02480)

Nazwa frakcji	Symbol procentowej zawartości frakcji w masie szkieletu gruntowego	Zakres średnic zastępczych d (mm)
Kamienista	f_k	40 mm < d
Żwirowa	f_z	2 mm < d < 40 mm
Piaskowa	f_p	0,05 mm < d < 2 mm
Pyłowa	f_{Π}	0,002 mm < d < 0,05 mm
Iłowa	f_i	d < 0,002 mm
Piaskowa zredukowana	$\bar{f}_p$	$\bar{f}_p = \frac{100 f_p}{100 - (f_k + f_z)}$
Pyłowa zredukowana	$\bar{f}_{\Pi}$	$\bar{f}_{\Pi} = \frac{100 f_{\Pi}}{100 - (f_k + f_z)}$
Iłowa zredukowana	$\bar{f}_i$	$\bar{f}_i = \frac{100 f_i}{100 - (f_k + f_z)}$

Tabela 6.2. Podział gruntów drobnoziarnistych według ich uziarnienia (wg PN-86/B-02480)

Nazwa gruntu	Symbol	Procentowa zawartość frakcji			Uwagi
		$\bar{f}_p$	$\bar{f}_k$	$\bar{f}_i$	
1	2	3	4	5	6
Piasek gruby	Pr	88 – 100	0 – 10	0 – 2	ponad 50% ziarn > 0,5 mm
Piasek średni	Ps	88 – 100	0 – 10	0 – 2	ponad 50% ziarn > 0,25 mm
Piasek drobny	Pd	88 – 100	0 – 10	0 – 2	ponad 50% ziarn < 0,25 mm
Piasek pylasty	P π	68 – 90	10 – 30	0 – 2	
Piasek gliniasty	Pg	60 – 98	0 – 30	2 – 10	
Pył piaszczysty	Пp	30 – 70	30 – 70	0 – 10	
Pył	П	0 – 30	60 – 100	0 – 10	
Gлина piaszczysta	Gp	50 – 90	0 – 30	10 – 20	

Glina	G	30 – 60	30 – 60	10 – 20	
Glina pylasta	Gπ	0 – 30	50 – 90	10 – 20	
Glina piaszczysta zwięzła	Gpz	50 – 80	0 – 30	20 – 30	
Glina zwięzła	Gz	20 – 50	20 – 50	20 – 30	
Glina pylasta zwięzła	Gπz	0 – 30	50 – 80	20 – 30	
łł piaszczysty	Ip	50 – 70	0 – 20	30 – 50	
łł	I	0 – 50	0 – 50	30 – 100	
łł pylasty	Iπ	0 – 20	50 – 70	30 – 50	

30 10 10
20 20 20

Jednoznaczne określenie rodzaju gruntów nieskalistych mineralnych (kamienistych, zwirowych, droбноziarnistych) następuje na podstawie laboratoryjnego oznaczenia procentowej zawartości frakcji składników mineralnych wchodzących w skład masy gruntowej. Badania takie szczegółowo omówione są w odpowiednich normach.

Skład granulometryczny gruntów niespoistych (sypkich) określa się na podstawie wyników analizy sitowej. Określenie frakcji w gruntach spoistych uzyskuje się na podstawie rezultatów analizy areometrycznej. Badania te polegają na ustaleniu stopniowego zmniejszania się gęstości zawiesiny gruntowo-wodnej w miarę opadania w czasie cząstek na dno cylindra pomiarowego.

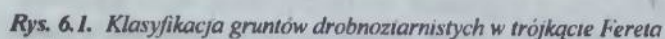
Oprócz opisów lub tablic, do szybkiej identyfikacji rodzajów gruntów z wykorzystaniem analizy uziarnienia służy *trójkąt Fereta*. Jest to trójkąt równoboczny, na którego bokach opisane są procentowe zawartości trzech frakcji zredukowanych f_p , f_{π} , f_i – do rozpoznawania gruntów spoistych (rys. 6.1). Do rozróżnienia gruntów niespoistych (sypkich) na bokach trójkąta oznaczone są frakcje 2,0–0,5 mm, 0,5–0,25 mm i 0,25–0,05 mm (rys. 6.2). Na załączonych rysunkach zaprezentowano przykłady nanoszenia wyników analiz uziarnienia w pole trójkątów klasyfikujących rodzaje gruntów.

W starszych klasyfikacjach wśród gruntów nieskalistych mineralnych wydzielane były jeszcze utwory makroporowate i muły.

Grunty makroporowate są pewną odmianą gruntów mineralnych droбноziarnistych mało i średnio spoistych, które cechują się znaczną objętością pustek (porów) w stosunku do objętości samych cząstek mineralnych. Jednocześnie średnica wolnych przestrzeni w gruncie jest większa od średnicy cząstek gruntu. Utwory te zmieniają swoją strukturę (teksturę) pod wpływem nawilgotnienia, grunt wyraźnie zmniejsza swoją objętość. Przykładem takich gruntów są lessy oraz niekiedy ły warwowe (wstęgowe).

Do *mulów* zaliczane były współczesne (holocenijskie) osady wodne stanowiące nieskonsolidowane grunty średnio lub mało spoiste, które pod wpływem nawet nieznacznych obciążeń wykazują duże odkształcenia.

Obecnie grunty makroporowate i muły traktuje się jako *grunty zapadłe*, oznacza to, że pod wpływem nawilgotnienia następuje bardzo szybkie zmniejszenie dużych porów w gruncie, w wyniku czego grunt zmniejsza swą objętość.



Rys. 6.2. Klasyfikacja gruntów drobnoziarnistych niespoistych (sypkich) w trójkącie Fereta

70

Grunty spoiste wykazują również zawsze zmiany objętości spowodowane zmianą zawartości wody znajdującej się w porach. Szczególnie wyraźnie zmiana ta zachodzi podczas jej zamarzania. O utworach podatnych na to zjawisko mówi się, że są to *grunty wysadzinowe*.

Uwaga: Składniki o średnicy $d > 0,05$ mm nazywane są ziarnami; składniki o średnicy $d < 0,05$ mm określane są jako cząstki. Średnica zastępcza (miarodajna) jest to umowna średnica szkieletu, który jest traktowany jako materiał kulisty o jednakowej gęstości właściwej.

Grunty drobnoziarniste, szczególnie grunty spoiste są często *gruntami warstwowanymi*. Oznacza to, że w podłożu budowlanym występuje materiał cechujący się cienką laminacją materiału o zróżnicowanym uziarnieniu.

6.4. GRUNTY RODZIME NIESKALISTE ORGANICZNE

Grunty te cechują się tym, że ich szkielet w znacznym lub dominującym udziale złożony jest ze szczątków organicznych. Zasadniczo są to roślinne szczątki podlegające *procesowi uwęglania*. Rzadziej są to węglanowe i krzemionkowe szczątki roślinne i zwierzęce.

W zależności od procentowej zawartości (wyrażalnych lub utleniających się) węglowych części organicznych w stosunku do suchej masy w próbce gruntu przeprowadza się tradycyjnie następujący podział gruntów organicznych:

próchniczne (H) – zawierają 2 – 5% węglowych części organicznych;

namuły organiczne (Nm) – zawierają 5–30% węglowych części organicznych, wśród nich wydziela się namuły piaszczyste (Nmp) oraz namuły gliniaste (Nmg), pylaste (NmII), ilaste (Nmi);

torfy (T) – zawierają powyżej 30% węglowych części organicznych.

Współcześnie odstępuje się od ścisłego przyporządkowania procentowego, dążąc do większego udziału czynników genetycznych w kryteriach klasyfikacji (por. norma PN-86/B-02480).

W niektórych częściach kraju w podłożu budowlanym występuje **węgiel kamienny (WK)** oraz **węgiel brunatny (WB)**.

Do gruntów organicznych zaliczana jest też **gytia (Gy)** będąca namulem organicznym o zawartości CaCO_3 powyżej 5%.

S. Markowski dzieli gytie na trzy grupy: *A – gytie organiczne* (glonowe, grubo detrytusowe, drobno detrytusowe), *B – gytie węglanowe* (kreda jeziorna, gytia wapienna, gytia detrytusowo-wapienna, gytia ilasto-wapienna), *C – gytia mineralno-bezwapienna* (ilasta, piaszczysto-ilasta, okrzemkowo-ilasta). W niniejszej książce jako gytie traktuje się utwory zaliczone do grupy A i C. Odrębnie rozpatruje się materiał grupy B, uważając te grunty za **kredę jeziorną**.

Jeżeli grunty organiczne mają wilgotność naturalną 100–2000%, charakteryzują się dużą ścisłością (0,2–2 MPa), małym kątem tarcia wewnętrznego (0–10°) i małą spójnością, to uważane są za słabonośne *podłoże bagniste (błote)*. Za Z. Wiłunem podłoża takie dzieli się na trzy grupy:

- bagna o takiej spójności, że wycięte w nich pionowe ściany zachowują swój kształt;
- bagna zbudowane z miękkoplastycznych gruntów organicznych, leżących na mało nośnych i bardzo ściśliwych namulach lub gytiach – ściany spływają bezpośrednio po wykonaniu wykopu;
- bagna złożone z płynnych gruntów organicznych przykrytych kożuchem roślinnym.

6.5. GRUNTY NASYPOWE

Grunty nasypowe są utworzone przez człowieka. Z uwagi na celowość formowania takiego podłoża wydziela się:

Nasypy budowlane (nB), które utworzone zostały w wyniku kontrolowanego zabiegu technicznego człowieka (np. budowli ziemnych, wymiany gruntu).

Nasypy niebudowlane (nN) są gruntami utworzonymi w sposób niekontrolowany (np. w zwałowiskach, wysypiskach).

Podany w normie PN-86/B-02480 podział gruntów nasypowych dla wielu zagadnień praktycznych jest niewystarczający i konieczne staje się jego uszczegółowienie. W takich przypadkach używa się często terminu *grunty antropogeniczne*, czyli o materiale związanym z egzystencją człowieka na Ziemi. Materiał tworzący grunty antropogeniczne może być naturalny, ale leży na wtórnym złożu. Są to przemieszczone i przemieszane nieskaliste grunty mineralne i organiczne. Tworzywem gruntów nasypowych są też odpady gospodarcze, górnicze, przemysłowe itp.

Ze względu na pochodzenie grunty antropogeniczne podzielić można na szereg grup:

- **Grunty kulturowe** – budujące podłoża uformowane w wyniku prostej działalności człowieka, np. bytowej (nasypy niekontrolowane, wysypiska odpadów gospodarczych i komunalnych itp.).

- **Grunty nasypowe właściwe** – są to celowo uformowane przez człowieka warstwy podłoża związane z jego działalnością urbanistyczną, komunikacyjną, militarną, przeciwpowodziową, gospodarką wodną, itp.

- **Grunty namywowe** – stanowią warstwy powstałe w wyniku działania systemów irygacyjnych, piętrzenia cieków, refulowania na ład osadów z wody, celowe wypełnianie wolnych przestrzeni w masywie gruntowym sztucznymi mieszankami, itp.

- **Grunty zwałowiskowe** – związane są z podziemną i powierzchnią eksploatacją kopalni oraz odpadami przemysłu chemicznego (np. fosfogipsy), hutniczego (np. wielkopiecowe kamienie, żużel, popiół), energetycznego (żużel paleniskowy, popioły), itd.

- **Grunty o sztucznie zmienionych właściwościach** dla określonego działania człowieka (np. grunty sztucznie zagęszczane, odwodnione, spetryfikowane, grunty zbrojone, itp.).

Wydzielonym gruntom antropogenicznym przypisać można różne cechy fizyko-mechaniczne i chemiczne, ważne z punktu widzenia działalności człowieka. Są to jednak zagadnienia specjalistyczne wykraczające poza zakres niniejszego opracowania.

6.6. TREŚĆ OPRACOWANIA

Na podstawie otrzymanego blankietu zawierającego zestawienie wyników analizy uziarnienia gruntów mineralnych rodzimych określić ich rodzaj.

Opracowanie przedstawić w formie tabelarycznej, wpisując do niej wyniki analizy uziarnienia oraz zsumowane udziały frakcji podstawowych.

Próbka nr	Prze- działy średnic w mm	Zawar- tość frakcji w %	Zawartość frakcji podstawowych					Rodzaj gruntu
			Kamie- nista	Zwiro- wa	Piasko- wa	Pyłowa	łłowa	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Wyjaśnienia:

Kolumna 2. Przedziały średnic ziarn i cząstek umieścić od najgrubszych (w górnej części) do najdrobniejszych (w dolnej części) tabeli.

Kolumna 3. Suma wszystkich frakcji musi wynosić 100%

Kolumna 6. W przypadku gdy określa się nazwę gruntów piaszczystych, konieczna jest znajomość udziału frakcji 2,0–0,5 mm, 0,5–0,25 mm, 0,25–0,05 mm. W przypadku gruntów spoistych konieczna jest znajomość frakcji podstawowych zredukowanych.

Kolumna 9. Rodzaj gruntu określić z tabeli 6.2 lub trójkąta Fereta rys.6.1 i 6.2.

7. PODSTAWOWE CECHY GRUNTÓW NIESKALISTYCH MINERALNYCH

7.1. WPROWADZENIE

Grunt ma trójfazową budowę. Składa się on ze szkieletu, wody i powietrza, które znajdują się w naturalnych porach między szkieletem gruntowym. Układ ten nie jest stabilny w czasie i przestrzeni. Dlatego istnieje konieczność przeprowadzenia oceny przydatności budowlanej gruntu, którą określa się na podstawie charakterystycznych dla niego cech fizycznych i mechanicznych. Wielkości tych cech nazywane są **parametrami geotechnicznymi**. W działaniach praktycznych operuje się **wartościami charakterystycznymi parametrów**. Wielkości te ustalane są w trakcie prac terenowych, badań laboratoryjnych lub na podstawie tabel znajdujących się w odpowiednich normach. W tym ostatnim przypadku przy symbolu wartości charakterystycznej dodaje się u góry indeks ⁽ⁿ⁾ informujący, że jest to wielkość normowa. Na przykład dla gęstości objętościowej będzie to symbol $\rho^{(n)}$.

Do najważniejszych parametrów geotechnicznych należą:

A. Cechy fizyczne

- ρ_s – gęstość właściwa szkieletu gruntu [g/cm^3]
- ρ – gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3]
- ρ' – gęstość objętościowa gruntu z uwzględnieniem wyporu wody [g/cm^3]
- w – wilgotność gruntu [% lub ułamek dziesiętny]
- w_n – wilgotność naturalna gruntu [% lub ułamek dziesiętny]
- n – porowatość gruntu [% lub ułamek dziesiętny]
- e – wskaźnik porowatości [% lub ułamek dziesiętny]
- w_S – granica skurczalności [% lub ułamek dziesiętny]
- w_P – granica plastyczności [% lub ułamek dziesiętny]
- w_L – granica płynności [% lub ułamek dziesiętny]
- I_P – wskaźnik plastyczności [%]
- I_L – stopień plastyczności [–]
- I_c – wskaźnik konsystencji [%]
- I_{LV} – nowy stopień plastyczności [–]
- I_D – stopień zagęszczenia [–]

B. Cechy mechaniczne

- Φ_u – kąt tarcia wewnętrznego [stopnie]
- c_u – spójność (kohezja) [kPa]
- M_o – edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej [MPa].

7.2. OMÓWIENIE PARAMETRÓW

Gęstość właściwa szkieletu gruntu (ρ_s) jest to stosunek masy fazy stałej (m_s) do jej objętości (V_s):

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \quad (7.1)$$

Gęstość objętościowa gruntu (ρ) – jest to stosunek masy gruntu (m_m) do jego objętości (V) jako układu trójfazowego (szkieletu z wodą i powietrzem w naturalnych porach):

$$\rho = \frac{m_m}{V} \quad (7.2)$$

Normowe wartości gęstości właściwej i objętościowej dla różnych rodzajów gruntu w zależności od ich wilgotności i konsystencji zestawione zostały w tabeli 7.1 i 7.2. Wielkości te wykorzystywane są do określenia szeregu innych parametrów fizycznych gruntu oraz ustalania nośności gruntu i rozkładu naprężeń w podłożu budowlanym i dlatego nazywane są podstawowymi parametrami fizycznymi.

Gęstość objętościowa gruntu z uwzględnieniem wyporu wody (ρ') – charakteryzuje gęstość objętościową gruntu znajdującego się poniżej zwierciadła wody podziemnej:

$$\rho' = (\rho_s - \rho_w)(1 - n) \quad (7.3)$$

gdzie:

ρ_w – gęstość objętościowa wody, przyjmowana jako $1 \text{ [g/cm}^3\text{]}$;

n – porowatość wyliczona ze wzoru (7.6), wyrażona w ułamku dziesiętnym.

Wilgotność (w) – jest stosunkiem masy wody (m_w) do masy szkieletu gruntowego (m_s), wyrażona w procentach (lub ułamku dziesiętnym):

$$w = \frac{m_w}{m_s} \quad (7.4)$$

gdzie:

m_w – masa wody utracona przez grunt w wyniku jego wysuszenia w temperaturze $105\text{--}110^\circ\text{C}$,

m_s – masa szkieletu gruntu po wysuszeniu w temperaturze $105\text{--}110^\circ\text{C}$.

W sposób organoleptyczny wydziela się *grunty suche, mało wilgotne (mw), wilgotne (w), mokre (m), nawodnione*.

Wilgotność naturalna (w_n) – jest wilgotnością gruntu w stanie naturalnym. Wyrażana jest w procentach lub ułamku dziesiętnym.

Porowatość (n) – jest stosunkiem objętości porów w gruncie w stanie naturalnym (V_p) do objętości próbki gruntu w stanie naturalnym (V), wyrażona w procentach lub ułamku dziesiętnym:

$$n = \frac{V_p}{V} \quad (7.5)$$

Wyliczenie porowatości prowadzone jest za pomocą poniższego wzoru, gdzie w_n podane jest w ułamku dziesiętnym:

$$n = 1 - \frac{\rho}{\rho_s(1 + w_n)} \quad (7.6)$$

Wskaźnik porowatości (e) jest stosunkiem objętości porów w gruncie (V_p) do objętości szkieletu gruntowego (V_s). Wyrażany jest zazwyczaj liczbą niemianowaną:

$$e = \frac{V_p}{V_s} \quad (7.7)$$

Wyliczanie wskaźnika porowatości prowadzi się ze wzoru:

$$e = \frac{\rho_s(1 + w_n) - \rho}{\rho} \quad (7.8)$$

Znając porowatość (n), wskaźnik porowatości (e) wylicza się według formuły:

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad (7.9)$$

Znajomość porowatości lub wskaźnika porowatości wykorzystywana jest do określania stopnia zagęszczenia gruntów sypkich (niespoistych). Pozwala też na orientacyjną jakościową ocenę przewidywanych osiadań obiektu budowlanego w danym podłożu gruntowym.

Każdy grunt spoisty w zależności od wilgotności naturalnej może zmieniać swą **konsystencję**, która może być:

- **zwarta** (grunt jest twardy i nie daje się ugniatać),
- **plastyczna** (grunt można urabiać),
- **płynna** (grunt rozpyływa się i nie daje się uformować).

W obrębie poszczególnych konsystencji wyodrębniane są **stany gruntu** (tab.7.3). Granice między konsystencjami i stanami gruntu spoistego wydzielane są na podstawie pewnych charakterystycznych wilgotności gruntu.

Granica skurczalności (w_s) – jest to graniczna wilgotność między stanem zwartym, a półzwartym. W trakcie wysychania, przy $w < w_s$, grunt już nie zmienia swej objętości. Oznaczenie tej cechy nawet w warunkach laboratoryjnych jest trudne do precyzyjnego wyznaczenia. Wielkość ta wyrażana jest w %.

Granica plastyczności (w_p) – jest to wilgotność gruntu na granicy konsystencji zwartej i plastycznej. Po jej przekroczeniu grunt spoisty daje się urabiać. Z gruntu można zrobić kulkę, z której utworzyć można wałeczek o grubości 3 mm. Cecha ta wyrażana jest w %.

Granica płynności (w_L) – jest to charakterystyczna wilgotność na granicy konsystencji plastycznej i płynnej. Po minimalnym zwiększeniu wilgotności grunt spoisty nie daje się urabiać i rozpyływa się. Cecha ta wyrażana jest w %.

Na podstawie przytoczonych wartości granicznych wylicza się wskaźnik plastyczności i stopień plastyczności.

Wskaźnik plastyczności (I_p) informuje o ilości wody jaką musi wchłonąć grunt, aby przeszedł z konsystencji zwartej do konsystencji płynnej, stanowiąc również kryterium podziału gruntów ze względu na spoistość:

$$I_p = w_L - w_p \quad (7.10)$$

Stopień plastyczności (I_L) jest stosunkiem różnicy wilgotności naturalnej gruntu i granicy plastyczności do wskaźnika plastyczności:

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} \quad (7.11)$$

Stopień plastyczności stanowi kryterium podziału gruntów spoistych na konsystencje i stany (tab. 7.3). Jest to bardzo ważna cecha, na podstawie której w sposób przybliżony ocenia się właściwości mechaniczne gruntów (ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie oraz nośność gruntów).

Wskaźnik konsystencji (I_C) – charakteryzuje wilgotność pasty gruntowej, gdy znormalizowany penetrometr stożkowy zanurzy się na głębokość 14 mm przy sile działającej 1,0 N; wielkość ta wyrażana jest w %.

Nowy stopień plastyczności (ILN) – wyliczany jest ze wzoru:

$$ILN = A (w : I_C) - B \quad (7.12)$$

gdzie:

w – wilgotność naturalna gruntu, %

I_C – wskaźnik konsystencji, %

A, B – współczynniki empiryczne obliczane ze wzorów:

$$A = 0,000441 I_C^2 + 0,0602 I_C + 3,082$$

$$B = 0,000404 I_C^2 - 0,0550 I_C + 2,322$$

Stopień zagęszczenia (I_D) – jest stosunkiem zagęszczenia gruntu sypkiego w stanie naturalnym do zagęszczenia maksymalnego, jaki może on osiągnąć:

$$I_D = \frac{V_{\max} - V_n}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (7.13)$$

gdzie:

$V_{\max}$ – maksymalna objętość gruntu sypkiego wysuszonego i luźno usypanego;

V_n – objętość gruntu w stanie naturalnym (o naturalnej porowatości i wilgotności);

$V_{\min}$ – minimalna objętość gruntu sypkiego wysuszonego, który w sposób sztuczny jest maksymalnie ubity (zagęszczony).

Stopień zagęszczenia określa się metodą laboratoryjną, jednak wiarygodne wyniki uzyskuje się tylko na podstawie badań terenowych. Stopień zagęszczenia w sposób istotny informuje o nośności gruntów sypkich.

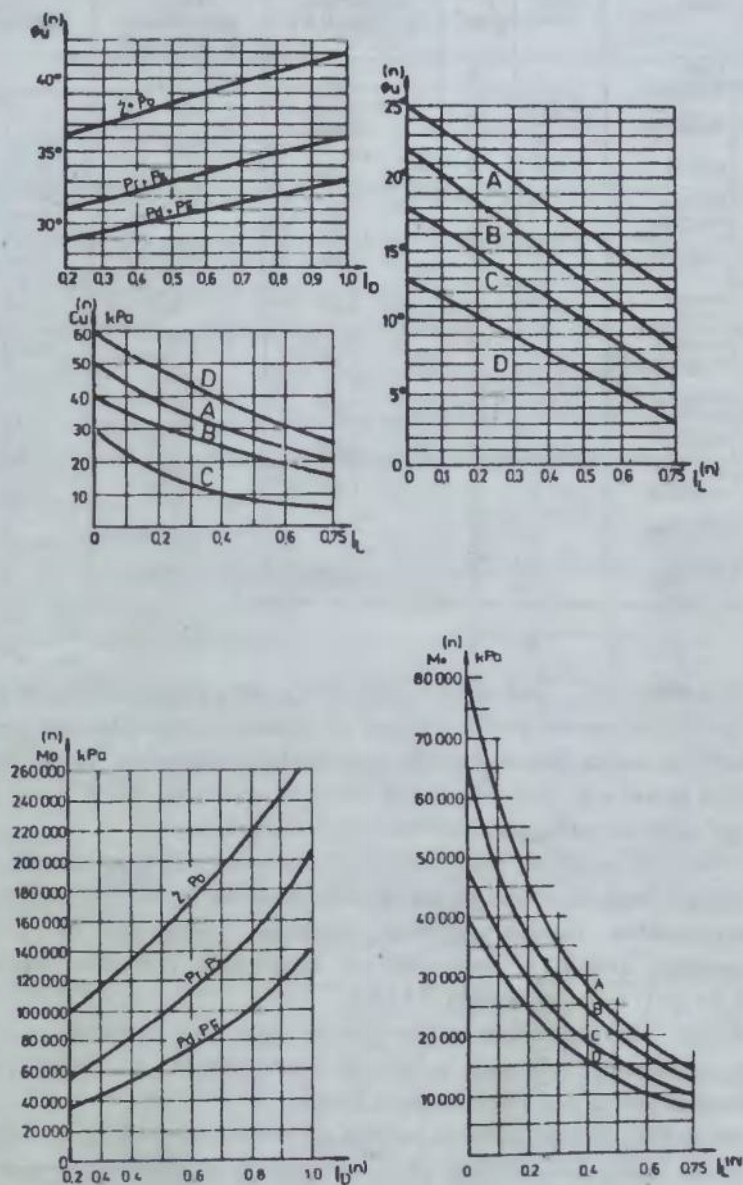
Na podstawie stopnia zagęszczenia przeprowadza się podział gruntów sypkich na stany zagęszczenia wyrażające ich kompresję:

- stan luźny (ln) $I_D < 0,33$
- stan średnio zagęszczony (szg) $0,33 < I_D < 0,67$
- stan zagęszczony (zg) $0,67 < I_D < 0,80$
- stan bardzo zagęszczony (bzg) $0,80 < I_D < 1,00$

W praktyce maksymalne zagęszczenie naturalnego podłoża zbudowanego z gruntów niespoistych przyjmuje wartości $I_D = 0,67-0,80$.

Kąt tarcia wewnętrzznego (Φ_n) – jest połową kąta wierzchołkowego stożka tarcia. Zależy on od wielkości i kształtu ziarn (cząstek) oraz wilgotności gruntu. W gruntach niespoistych (sypkich) im większe i bardziej ostrokrawędziste są ziarna szkieletu gruntowego, tym większy jest opór stawiany siłom ścinającym, a kąt tarcia wewnętrzного jest większy. W gruntach spoistych kąt tarcia wewnętrzного maleje wraz ze wzrostem stopnia plastyczności. Parametr ten wyrażany jest w stopniach. Wartości charakterystyczne kąta tarcia wewnętrzного

w zależności od uziarnienia, konsystencji i konsolidacji gruntów przedstawiono na rys. 7.1 oraz w tabelach 7.4 i 7.5.



Rys. 7.1. Nomogramy do określania wartości charakterystycznych niektórych cech geotechnicznych gruntów na podstawie znajomości: stopnia zagęszczenia I_p , stopnia plastyczności I_L oraz rodzaju konsolidacji A-D. (wg PN-81/B-03020)

Objaśnienia: $\phi_u^{(n)}$ – kąt tarcia wewnętrzznego; $c_u^{(n)}$ – spójność (kohezja); $M_s^{(n)}$ – moduł ścisłości; A-D – rodzaj konsolidacji gruntów spoistych objaśniony w tekście

Tabela 7.1. Charakterystyczne wartości gęstości właściwej (ρ_s), wilgotności naturalnej (w_n) i gęstości objętościowej (ρ) dla gruntów niespoistych (wg normy PN-81/B-03020)

Nazwa gruntu	Stany wilgot- ności	ρ_s g/cm ³	w_n % ρ g/cm ³	Stany gruntu		
				zagęszczony $I_D=1,00-0,67$	średnio zagęszczony $I_D=0,67-0,33$	luźny $I_D=0,33-0,00$
ZWIRY I POSPOLKI	mało wilgotne	2,65	w_n 3	1,85	1,75	1,70
	wilgotne		ρ 10	2,00	1,90	1,85
	wilgotne		w_n 14	2,10	2,05	2,00
	mokre		ρ 18	2,20	2,10	2,00
PIASKI GRUBE ŚREDNIE	mało wilgotne	2,65	w_n 4	1,80	1,70	1,65
	wilgotne		ρ 12	1,90	1,85	1,80
	wilgotne		w_n 18	2,00	2,00	1,95
	mokre		ρ 22	2,10	2,05	2,00
PIASKI DROBNE I PYLASTE	mało wilgotne	2,65	w_n 5	1,70	1,65	1,60
	wilgotne		ρ 14	1,85	1,75	1,70
	wilgotne		w_n 22	2,00	1,90	1,85
	mokre		ρ 28	2,10	2,05	2,00
PIASKI PROCHNI- CZNE	mało wilgotne	2,64	w_n 5	1,60	1,55	1,50
	wilgotne		ρ 16	1,75	1,70	1,65
	wilgotne		w_n 24	1,90	1,85	1,80
	mokre		ρ 30	2,00	1,95	1,90

Spójność (kohezja) (c_u) – jest to siła wiążąca między sobą cząstki szkieletu w gruntach spoistych. Spójność wyrażana jest w kPa . Stanowi ona obok tarcia wewnętrznego dodatkowy opór jednostkowy przeciwko siłom ścinającym grunt. Kohezja uzależniona jest od zawartości w gruncie frakcji ilowej oraz jego wilgotności. Wraz ze wzrostem frakcji ilowej kohezja gruntów wzrasta. Spójność maleje przy wzroście wilgotności gruntu.

W odróżnieniu od **spójności właściwej** charakterystycznej dla gruntów spoistych, w gruntach niespoistych (sypkich) spotykana jest **spójność pozorna**. Spójność ta związana jest z zawilgotnieniem gruntów niespoistych wodą kapilarną. Nomogramy do oznaczenia normowych wartości kohezji w zależności od konsolidacji i stopnia plastyczności przedstawiono na rys. 7.1 oraz w tabelach 7.4 i 7.5.

Na podstawie znajomości kąta tarcia wewnętrznego oraz spójności wylicza się **wytrzymałość na ścinanie**. Informacja ta pozwala między innymi na określenie nośności podłoża, stateczności zbocza oraz parcia i oporu gruntu.

Ścisłość gruntu stanowi zdolność podłoża do przejmowania obciążeń ściskających przy równoczesnym zmniejszaniu objętości gruntu. Wielkość tą określa **edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej) (M_0)** – będący jednostkową siłą (tj. naprężeniem) potrzebną do względnego skrócenia elementu gruntu o jednostkę. Wielkość M_0 wyraża się w MPa . Na podstawie modułu ścisłości prognozuje się wielkości osiadania podłoża pod projektowaną budowlą.

Tabela 7.2. Charakterystyczne wartości gęstości właściwej (ρ_s), wilgotności naturalnej (w_n) i gęstości objętościowej (ρ) dla gruntów spoistych (wg normy PN-81/B-03020)

Nazwy gruntów		ρ_s [t·m ⁻³]	w_n , [%] ρ [t·m ⁻³]	Stan gruntu			
				półzwały twardo- plastyczny	plastyczny	miętko- plastyczny	plastyczny
				$I_L < 0$	$I_L = 0,00 - 0,25$	$I_L = 0,25 - 0,50$	$I_L = 0,50 - 1,00$
	zwyry, pospoliki gliniaste	2,65	w_n ρ	6 2,25	9 2,20	15 2,10	18 2,05
	piaski gliniaste	2,65	w_n ρ	10 2,20	13 2,15	16 2,10	19 2,05
mało spoiste	pyły piaszczyste	2,66	w_n ρ	14 2,15	18 2,10	20 2,05	22 2,00
	pyły	2,67	w_n ρ	18 2,10	22 2,05	24 2,00	26 1,95
	gliny piaszczyste	2,67	w_n ρ	9 2,25	12 2,20	17 2,10	24 2,00
średnio spoiste	gliny	2,67	w_n ρ	13 2,20	16 2,15	21 2,05	27 1,95
	gliny pyłaste	2,68	w_n ρ	17 2,15	20 2,10	25 2,00	32 1,90
	gliny piaszczyste zwięzłe	2,68	w_n ρ	11 2,25	14 2,15	20 2,05	30 1,95
zwięzłe spoiste	Gliny zwięzłe	2,69	w_n ρ	15 2,20	18 2,10	24 2,00	35 1,90
	gliny pyłaste zwięzłe	2,71	w_n ρ	18 2,15	22 2,00	28 1,90	42 1,80
	il piaszczysty	2,70	w_n ρ	14 2,20	18 2,10	25 1,95	40 1,80
Bardzo spoiste	ilty	2,72	w_n ρ	19 2,15	27 2,00	34 1,85	50 1,75
	ilty pyłaste	2,75	w_n ρ	25 2,05	33 1,90	42 1,80	50 1,70

Tabela 7.3. Podział gruntów spoistych ze względu na plastyczność (wg normy PN-86/B-02480)

Konsystencja Gruntu	Stan gruntu	Symbol	Stopień plastyczności	Wilgotność gruntu w stosunku do granic konsystencji
Zwarta	zwały półzwały	zw pzw	$I_L < 0$ $I_L < 0$	$w < w_s$ $w_s < w < w_L$
Plastyczna	twardo- plastyczny	tpl	$0 < I_L < 0,25$	$w_p < w < w_L$
	plastyczny miętko- plastyczny	pl mpl	$0,25 < I_L < 0,50$ $0,50 < I_L < 1,00$	
Płynna	płynny	pl	$1,00 < I_L$	$w_L < w$

- I_L – stopień plastyczności;
 w – wilgotność gruntu;
 w_s – granica skurczalności;
 w_p – granica plastyczności;
 w_L – granica płynności.

Tabela 7.4. Niektóre normowe parametry mechaniczne dla gruntów niespoistych w zależności od stopnia zagęszczenia (I_D) (wg PN-81/B-03020)

Rodzaj gruntu	Cechy	Stopnie zagęszczenia (I_D)			
		0,2	0,4	0,6	0,8
Żwiry i pospółki	$Mo^{(n)}$	100	138	175	220
	$\phi^{(v)}$	36,5	38	39	40,5
Piaski grube i średnie	$Mo^{(n)}$	58	80	110	150
	$\phi^{(n)}$	31	32,5	33,5	35
Piaski drobne i pyłaste	$Mo^{(n)}$	38	55	75	100
	$\phi^{(n)}$	29	30	31	32

$Mo^{(n)}$ – moduł ścisłości [MPa],

$\phi^{(v)}$ – kąt tarcia wewnętrzny [stopnie]

Wartości Mo podawane są dla najczęściej stosowanych przyrostów naprężeń σ , głównie: (0,0–100 kPa), (100–200 kPa), (200–400 kPa). Niezależnie od zakresu naprężeń ściskających, ze względu na wielkości Mo , grunty dzieli się na:

- mało ściśliwe $Mo > 10$ MPa
- ściśliwe $3 < Mo < 10$ MPa
- bardzo ściśliwe $Mo < 3$ MPa

Wartości charakterystyczne modułów ścisłości przedstawia nomogram na rys. 7.1 oraz tabele 7.4 i 7.5.

7.3. METODY USTALANIA PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH

Zgodnie z zaleceniami normy PN-81/B-03020, parametry geotechniczne potrzebne do obliczeń statycznych i projektowania posadowienia bezpośredniego budowli ustala się za pomocą trzech metod.

Metoda A

Wartości parametrów geotechnicznych uzyskuje się za pomocą bezpośrednich badań terenowych i laboratoryjnych.

Metoda B

Wartości parametrów geotechnicznych ustala się na podstawie zależności między wiadomymi wielkościami parametrów (ustalonymi np. metodą A), a innymi niewiadomymi wielkościami parametrów geotechnicznych. Na przykład na podstawie znajomości rodzaju gruntu, jego wilgotności, I_D lub I_L można odczytać z tabel 7.1 i 7.2 charakterystyczne wartości, gęstości właściwej i objętościowej gruntu. Znając zaś rodzaj gruntu i jego I_L lub I_D z tabeli 7.4 lub 7.5 ustalić można wartości charakterystyczne kąta tarcia wewnętrznego, spójności, edometrycznego modułu ścisłości. Odczytując z tabeli 7.5 wartości charakterystyczne, należy jednak uwzględnić konsolidację gruntów spoistych.

Tabela 7.5. Niektóre normowe parametry mechaniczne dla gruntów spoistych w zależności od stopnia plastyczności (I_L) (wg PN-81/B-03020)

Grunty w zależności od skonsolidowania	Cechy	Stopnie plastycznosci (I_L)				
		0	0,25	0,35	0,50	0,75
A – Grunty morenowe skonsolidowane przez lodowiec	$Mo^{(n)}$	80	45	30	22	15
	$\phi^{(n)}$	25	20,5	19	16,5	12
	$c_u^{(n)}$	50	37	33	28	20
B – Grunty morenowe nieskonsolidowane przez lodowiec i inne grunty spoiste skonsolidowane	$Mo^{(n)}$	65	35	25	20	12
	$\phi^{(n)}$	22	17	15,5	12,5	8
	$c_u^{(u)}$	40	30	25	22	15
C – Inne grunty spoiste nieskonsolidowane przez lodowiec	$Mo^{(n)}$	47	30	20	15	10
	$\phi^{(v)}$	18	14	12,5	10	6
	$c_u^{(n)}$	30	15	12	8	5
D – Iły niezależnie od genezy	$Mo^{(n)}$	40	25	17	12	0,7
	$\phi^{(v)}$	13	9,5	8	6	3
	$c_u^{(n)}$	60	46	42	36	26

$Mo^{(n)}$ – moduł ścisłości [MPa] ;

$\phi^{(n)}$ – kąt tarcia wewnętrznego [stopnie];

$c_u^{(n)}$ – spójność (kohezja) [kPa]

A–D – typ konsolidacji gruntów spoistych objaśniony w tekście.

Głównym czynnikiem komprymującym te grunty był nacisk lodolodu na istniejące podłoże. Napężenie to było rzędu 10 MPa. Powoduje to, że młodsze grunty spoiste nieskompymowane lodowcem pod wpływem obciążenia budowlą, odkształcają się bardziej od starszych gruntów, przez które przesunął się lodowiec (raz lub kilka razy). Zgodnie z normą PN-81/B-03020 wydziela się;

- A – grunty spoiste morenowe skonsolidowane;
- B – inne grunty spoiste skonsolidowane oraz grunty spoiste morenowe nieskonsolidowane;
- C – inne grunty spoiste nieskonsolidowane;
- D – iły, niezależnie od ich pochodzenia geologicznego.

Metoda C

Wielkości parametrów geotechnicznych przyjmuje się przez analogię do wartości z PN-81/B-03020, dla terenów o podobnych cechach geologiczno-inżynierskich oraz obiektów budowlanych o podobnej konstrukcji i obciążeniu.

7.4. WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ GRUNTÓW

Wodoprzepuszczalność (przepuszczalność) jest to zdolność gruntów do przepuszczania wody przez sieć znajdujących się w nim porów. Uważa się, że wodoprzepuszczalność zależy od uziarnienia gruntów, średnicy porów, składu mineralnego frakcji pyłowo-łowej, oraz lepkości wody przesączającej się przez podłoże, które zmieniają się wraz ze zmianą temperatury.

Ruch wody w gruncie wywołany najczęściej różnicą ciśnień w różnych częściach gruntu nazywany jest **filtracją**. Prędkość filtracji zależy między innymi od **współczynnika filtracji** (k). Jest on wprost proporcjonalny do rzeczywistej prędkości wody w gruncie (v), a odwrotnie proporcjonalny do spadku hydraulicznego (I):

$$k = v / I \quad (7.14)$$

$$i = \frac{\Delta H}{l} \quad (7.15)$$

gdzie:

ΔH – różnica ciśnień między dwoma przekrojami poprzecznymi

l – odległość między przekrojami.

Na podstawie współczynnika filtracji grunty dzielone są na nieprzepuszczalne, bardzo słabo przepuszczalne, słabo przepuszczalne, dobrze przepuszczalne, bardzo dobrze przepuszczalne, nadzwyczaj dobrze przepuszczalne. Podział gruntów ze względu na ich wodoprzepuszczalność zestawiono w tab. 7.6.

Tabela 7.6. Kategorie wodoprzepuszczalności gruntów wydzielone na podstawie wartości współczynnika filtracji (wg W.C. Kowalski, 1988, uproszczone)

Współczynnik filtracji (k)			Kategoria wodoprzepuszczalności	Grunty
[m/s]	[m/h]	[m/d]		
$< 5,78 \cdot 10^{-11}$	$< 2,08 \cdot 10^{-6}$	$< 5 \cdot 10^{-5}$	praktycznie nieprzepuszczalne, praktycznie wodoszczelne	iły, niespękane skały lite
do $5,78 \cdot 10^{-9}$	do $2,08 \cdot 10^{-4}$	do $5 \cdot 10^{-3}$	bardzo słabo przepuszczalne	gliny piaszczyste, gliny pyłaste, niespękane piaskowce
do $5,78 \cdot 10^{-7}$	do $2,08 \cdot 10^{-2}$	do $5 \cdot 10^{-1}$	słabo przepuszczalne	pyły piaszczyste, pyły, słabo szczelinowate grunty skaliste
do $5,78 \cdot 10^{-6}$	do $2,08 \cdot 10^{-1}$	do 5	dobrze przepuszczalne	piaski pyłaste, piaski drobne, wyraźnie szczelinowate grunty skaliste

do $5,78 \cdot 10^{-3}$	do 2,08	do 50	bardzo dobrze przepuszczalne	piaski średnie, dobrze szczelinowate grunty skaliste
$>5,78 \cdot 10^{-3}$	$>2,8$	>50	nadzwyczaj przepuszczalne	żwir, pospółka, piasek gruby, silnie szczelinowate grunty skaliste

7.5. TREŚĆ OPRACOWANIA

Na podstawie zależności korelacyjnych między parametrami geotechnicznymi przedstawionymi w tabelach 7.1–7.5 oraz rys. 7.1, uzupełnić brakujące informacje w otrzymanym formularzu zawierającym wyniki badań cech fizycznych i mechanicznych gruntu.

8. BADANIE MAKROSKOPOWE GRUNTÓW

8.1. WPROWADZENIE

Makroskopowe badania gruntów budowlanych przeprowadza się zgodnie z normą PN-88/B-04481 oraz wytycznymi wynikającymi z praktyki badawczej laboratoriów branżowych.

Analiza makroskopowa obejmuje określenie:

- rodzaju gruntu;
- stanu gruntów spoistych;
- barwy gruntu;
- wilgotności gruntu;
- zawartości węglanu wapnia;
- charakteru domieszek.

Podczas wstępnej identyfikacji wydziela się grunty skaliste, nieskaliste mineralne, nieskaliste organiczne oraz grunty niebudowlane. W rozdziale tym ograniczono się do omówienia makroskopowych badań tylko gruntów nieskalistych mineralnych (sypkich i spoistych) i organicznych (typowych i nietypowych).

Grunty sypkie (niespoiste) mają zabarwienie od szarego, przez szarozółte i żółtawe do jasnobrązowego. Suchy grunt nie tworzy bryłek – rozsypuje się (jest sypki). Gdy jest wilgotny lub mokry, z trudem uformować można z niego kulkę, która jednak nie daje się wałeczковать.

Grunty spoiste charakteryzują się zabarwieniem od szarozółtego przez różne odcienie jasnego brązu do brązowego i szarego oraz szarozielonego. Grunty spoiste, gdy są suche, tworzą zwarte bryłki, gdy są wilgotne, można je odkształcać plastycznie, gdy są mokre, nie dają się kształtować, rozsmażają się i przylepiają do rąk.

Grunty organiczne typowe (próchniczne, namuły, torfy) cechują się czarnym zabarwieniem i zauważalnymi wzrokowo szczątkami roślinnymi.

Grunty organiczne nietypowe (gytia, kreda jeziorna) zabarwione są na szarobiałe lub białe. Po wyschnięciu cechują się znaczną porowatością i łatwo rozcierają w palcach.

8.2. OKREŚLANIE RODZAJU GRUNTÓW

Po wstępnym ustaleniu, z jakim typem gruntu mamy do czynienia, przystępuje się do określenia jego rodzaju. Zasady metodyki postępowania przy makroskopowym rozróżnianiu rodzajów są odrębne dla poszczególnych typów gruntu.

8.2.1. MAKROSKOPOWE OKREŚLANIE RODZAJU GRUNTÓW NIESPOISTYCH (SYPKICH)

Rodzaj gruntu sypkiego opiera się na przybliżonym określeniu zawartości w gruncie ziaren o średnicy większej od 2 mm, 2,0–0,5 mm, 0,5–0,25 mm oraz poniżej 0,25 mm.

Określenie rodzaju gruntu prowadzi się zgodnie z wytycznymi zawartymi w tabeli 8.1. Na tej podstawie rozpoznawane są szeroko pojmowane grunty sypkie obejmujące grunty gruboziarniste i drobnoziarniste niespoiste.

Makroskopowe ustalanie średnicy ziarn prowadzi się przez porównanie składników gruntu do specjalnych tarcz wzorcowych, na których znajdują się kropki o odpowiedniej średnicy. Rozpoznanie to prowadzić można również pod lupką, ze specjalną podziałką, z zaznaczonymi dziesiętnymi częściami milimetra.

W sposób orientacyjny ustalanie średnicy ziarn prowadzić można sypiąc luźno grunt na papier milimetry. Orientacyjna grubość linii „centymetrowych” wynosi 0,25 mm, a milimetrych około 0,15 mm. Jednocześnie trzeba pamiętać, że wzrokowo nie można rozdzielić składników o średnicach mniejszych od 0,05 mm.

Wśród gruntów sypkich (grubo i drobnoziarnistych) wyodrębnia się:

- **Żwiry (Ż)** – w próbce dominują składniki o średnicy od 2 mm do 40 mm. Wszystkie ziarna widoczne są doskonale z odległości kilku metrów.

- **Pospółka (Po)** – grunt ma wyraźnie zróżnicowane uziarnienie, obok ziarn o średnicy 40–2 mm występują licznie ziarna drobniejsze, zaliczane do frakcji piaskowej. Z odległości kilku metrów na jednolitym tle wyróżniają się składniki zwirowe.

- **Żwiry gliniaste (Żg) i pospółki gliniaste (Pog)** określa się jak powyżej, jednak grunt ten wykazuje tendencje do tworzenia się wyraźnych grudek.

- **Piaski grube (Pr)** – dominują w nich składniki o średnicy 2,0–0,5 mm. Poszczególne ziarna luźno rozsypanego piasku rozróżnić można nawet z odległości kilku metrów.

- **Piaski średnie (Ps)** – przeważają w nich składniki o średnicach 0,5–0,25 mm. W luźno rozsypanym piasku ziarna są widoczne z odległości około 1 m.

- **Piaski drobne (Pd)** – charakteryzują się głównie ziarnami o średnicy 0,25–0,1 mm. Ziarna luźno rozsypanego piasku widoczne są z odległości 50–20 cm.

- **Piaski pylaste (P π)** – dominują w nich ziarna mniejsze od 0,25 mm. W luźno rozsypanym piasku występuje znaczny udział materiał pylasty, trudnego do rozdzielenia wzrokiem na indywidualne składniki. Wilgotny piasek pylasty po wyschnięciu często tworzy grudki, które rozsypują się między palcami przy ich podnoszeniu.

Gdy wśród żwirów lub pospółek znajdują się pojedyncze okruchy materiału o średnicy powyżej 40 mm, traktuje się je jako **naturalne domieszki**. Podobnie jest w przypadku piasków, gdy występują w nich pojedyncze kamienie lub żwiry. Uwaga ta dotyczy również występowania wśród gruntów sypkich niewielkiej ilości materiału pylasto-ilastego.

8.2.2. MAKROSKOPOWE OKREŚLANIE GRUNTÓW SPOISTYCH

Wytyczne makroskopowego określania gruntów spoistych zawarte są w normie PN-88/B-04481. Oznaczenia prowadzi się wykonując próbę walczkowania, próbę rozcierania w wodzie i próbę rozmakania.

PRÓBA WAŁECZKOWANIA

Próba ta pozwala na orientacyjne ustalenie zawartości w gruncie frakcji ilastej. Po odrzuceniu kamieni i żwirów, z danego gruntu formuje się kulkę o średnicy około 7 mm, którą następnie wałeczkuje się. W tym celu kulkę kładzie się na jednej dłoni, a drugą nasadą kciuka przesuwa po niej z prędkością około 2 razy na sekundę, tak długo aż wałeczek osiągnie średnicę 3 mm. Jeżeli w trakcie pierwszego wałeczkowania nie nastąpi jego pęknięcie, formuje się z niego ponownie kulkę, którą ponownie wałeczkuje się. Czynność tą powtarza się aż do momentu pęknięcia wałeczka. Ilość wałeczkowań (bez tego, w trakcie którego nastąpiło pęknięcie) zapisuje się w formularzu. W następnym etapie badań na podstawie liczby wałeczkowań ustala się stan gruntu spoistego.

Tabela 8.1. Określanie gruntów sypkich metodą makroskopową (wg PN-88/B-04481)

Nazwa gruntu	Zawartość frakcji w %			Charakterystyka uzupełniająca
	> 2 mm	>0,5 mm	>0,25 mm	
ŻWIR	>50	—	—	Żwir gliniasty wykazuje zdolność do tworzenia spojonych grudek
POSPÓŁKA	50–10	>50	—	Pospółka gliniasta wykazuje zdolność do tworzenia grudek
PIASEK GRUBY	< 10	>50	—	Poszczególne ziarna są wyraźnie widoczne z odległości kilku metrów
PIASEK ŚREDNI	<10	<50	>50	Poszczególne ziarna są widoczne z odległości około 1 metra
PIASEK DROBNY	<10	<50	<50	Poszczególne ziarna są widoczne z odległości około 30 cm
PIASEK PYLASTY	<10	<50	<50	Po wyschnięciu tworzy lekko spójne grudki, które rozsypują się między palcami w razie ich podnoszenia

W trakcie próby wałeczkowania obserwuje się, czy kulka daje się łatwo formować i wałeczkować, jaki połysk ma wałeczek oraz w jaki sposób wałeczek pęka (podłużnie, poprzecznie).

Gdy grunt spoisty jest za suchy, aby uformować z niego kulkę i ją rozwałeczkować, należy go nawilgotnić. Jeżeli grunt jest tak mokry, że nie można z niego utworzyć kulki i wałeczka, zachodzi konieczność jego wysuszenia. W podanych przypadkach nie liczy się ilości wałeczkowań, gdyż badany grunt ma sztuczną, a nie naturalną wilgotność.

Na podstawie przeprowadzonej próby wałeczkowania badany grunt zalicza się zgodnie z tabelą 8.2 do gruntów mało spoistych (ms), średnio spoistych (ss), zwięzłego spoistych (zs), bardzo spoistych (bs).

PRÓBA ROZCIERANIA W WODZIE

Próba ta pozwala na orientacyjne określenie w badanym gruncie zawartości frakcji piaskowej. Badanie polega na rozcieraniu w wodzie między dwoma palcami niewielkiej grudki gruntu (np. części wałeczka pozostałego z próby wałeczkowania). Jeżeli w trakcie rozcierania między palcami wyczuwa się dużo „ostrego” piasku, grunt ten zalicza się według tabeli 8.2 do

grupy I. Jeżeli wyczuwa się pojedyncze drobne ziarna, grunt przypisuje się do grupy II. Natomiast gdy nie wyczuwa się ziarn piasku – do grupy III.

W wyniku próby wałeczkowania i rozcierania, na podstawie tabeli 8.2. określa się rodzaj gruntu spoistego. Uzyskuje się jednocześnie ogólną informację o zawartości w gruncie frakcji piaskowej, pyłowej i ilowej.

PRÓBA ROZMAKANIA

Próba ta stanowi badanie pomocnicze, polegające na rozmoczeniu w wodzie wysuszonej w temperaturze 105–110° C grudki gruntu o średnicy 10–15 mm. Grudkę taką umieszcza się na siatce o wymiarach kwadratowych oczek 5 mm i zanurza całkowicie w naczyniu z wodą. Czas rozmakania grudki mierzy się od chwili zanurzenia w wodzie do momentu jej całkowitego rozmoknięcia („rozpłynięcia” z siatki). Rodzaj gruntu spoistego określa się zgodnie z tabelą 8.2.

UWAGI

Trzeba pamiętać, że integralnymi częściami gruntu spoistego są frakcje piaskowa, pyłowa i ilowa. Znajdujące się w gruncie spoistym pojedyncze kamienie i żwiry traktuje się jako domieszki, dopisując tę informację do ustalanego rodzaju gruntu. Na przykład: glina piaszczysta z domieszką żwiru (Gp+Ż)

8.2.3. MAKROSKOPOWE OKREŚLANIE GRUNTÓW ORGANICZNYCH TYPOWYCH (PRÓCHNICZNE, NAMUŁY, TORFY)

Zalecanym badaniem makroskopowym, na podstawie którego określa się rodzaj gruntu organicznego, jest próba jego rozmakania w wodzie. Do zlewki z wodą wkłada się niewielką ilość rozdrobnionego w palcach gruntu organicznego (np. grudkę o średnicy 1 cm). Po energicznym zbełtaniu obserwuje się rodzaj i zabarwienie osadzonego na dnie zlewki materiału oraz zabarwienie wody ponad osadem.

GRUNT PRÓCHNICZNY

Zawiera 2–5% części organicznych, charakteryzując się szarym zabarwieniem. Podczas próby rozmakania na dnie zlewki osadzają się jasne składniki mineralne, nad nimi znajdować się mogą z rzadka pojedyncze fragmenty nierozłożonych szczątków roślinnych. Woda w zlewce jest bezbarwna lub zabarwia się na kolor słomkowy lub jasnoszarawy. Czas opadania zawiesiny mineralnej zależy od uziarnienia gruntu próchnicznego. Dla gruntów próchnicznych spoistych trwa on nawet kilkanaście minut.

NAMUŁ ORGANICZNY

Zawiera 5–30% roślinnych części organicznych. W naturalnych warunkach ma zabarwienie czarne lub ciemnobrązowe. Po wyschnięciu zabarwienie staje się bardziej szare (płowe). Podczas rozmakania na dnie zlewki osadzają się jasne składniki mineralne, zaś nad nimi ciemna (czarnawa) warstewka składników organicznych. Zawiesina wodna w zlewce zabarwiona jest na czarno lub brunatno.

Tabela 8.2. Określenie rodzaju gruntów spoistych metodą makroskopową (wg PN-88/B-04481)

Rodzaj gruntu	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Rozpoznawanie spoistości gruntu	
Zawartość frakcji ilowej (f_i), oraz wskaźnik plastyczności (I_p)	Frakcji piaskowej więcej niż 50%, frakcji pyłowej mniej niż 30%	Frakcji piaskowej więcej niż 30%, frakcji pyłowej więcej niż 30%	Frakcji piaskowej mniej niż 30%, frakcji pyłowej więcej niż 50%	Próba waleczkowania gruntu	Próba rozmakania wysuszonej grudki gruntu (na siatce o boku oczka kwadratowego 5mm)
mało spoisty a) $f_i < 5\%$ $I_p < 0,05$ b) $f_i = 5-10\%$ $I_p = 0,05-0,10$	Pasek gliniasty Pasek gliniasty	Pyl piaszczysty Pyl piaszczysty	Pyl Pyl	Kulka rozplaszcza lub rozspyna się, grunt nie daje się waleczkować, waleczek rozwarstwia się podłużnie	Grudka rozmaka natychmiast
Srednio spoisty $f_i = 10-20\%$ $I_p = 0,10-0,20$	Gлина piaszczysta	Gлина	Gлина pylasta	Od początku do końca waleczkowania powierzchnia waleczka bez połysku, waleczek pęka poprzecznie	Grudka rozmaka od 5 min. do 60 min.
Zwięzły spoisty $f_i = 20-30\%$ $I_p = 0,20-0,30$	Gлина piaszczysta zwięzła	Gлина zwięzła	Gлина pylasta zwięzła	Waleczek początkowo bez połysku, przy końcu waleczkowania z połyskiem, waleczek pęka poprzecznie	Grudka rozmaka od 60 min. do 24 godz.
Bardzo spoisty $f_i > 30\%$ $I_p > 0,30$	II piaszczysty	II	II pylasty	Kulka i waleczek od początku z połyskiem	Grudka rozmaka w czasie dłuższym niż 1 doba
Rozpoznawanie ilości frakcji piaskowej. Próba rozcierania w wodzie	Miedzy palcami pozostaje dużo piasku ostrego	Wyczuwa się pojedyncze ziarna piasku	Ziarn piasku nie wyczuwa się.		

TORF

Zawiera powyżej 30% roślinnych części organicznych, które są zazwyczaj wyraźnie zauważalne w próbce. W warunkach naturalnych torfy mają zabarwienie brunatno-czarne. Wrzucona do zlewki rozgnieciona grudka torfu pływa lub jest w zawiesinie. Woda w zlewce w zależności od stopnia rozłożenia substancji organicznej zmienia się od słomkowej (torf słabo rozłożony) do czarnobrunatnej (torf dobrze rozłożony).

Analizując makroskopowo torfy należy podać z jakich szczątków roślinnych jest on zbudowany (drewno, trzciny, turzycy, mchy) oraz w jakim stopniu substancja organiczna jest rozłożona. Ocenę stopnia rozłożenia torfu opierać można na skali von Posta (tabela 8.3) lub skali zalecanej przez normę BN-77/05020-01 (tabela 8.4). W tym drugim przypadku, ze świeżego torfu formuje się kulkę o średnicy 30 mm i po naciśnięciu dłoni obserwuje się ilość i wygląd wyciśniętej wody lub błotnistej masy przeciśniętej między palcami. Następnie zwraca

się uwagę na wygląd pozostałego po wyciśnięciu materiału. Dodatkowo z torfu pobiera się grudkę materiału i palcem na białym papierze rozciera się ją na długości 10 cm i szerokości 10–14 mm. Po wyschnięciu wygląd takiego rozmazu porównuje z tabelą 8.4.

Tabela 8.3. Określenie stopnia rozłożenia torfu wg von Posta

Symbol	Opis
H 1	Torf nierozłożony, przy ściśnięciu w dłoni wycieka czysta, bezbarwna woda
H 2	Torf prawie nierozłożony, przy wyciskaniu wydziela się woda prawie przezroczysta, jednak zabarwiona na żółtobrunatno
H 3	Torf mało rozłożony, przy ściskaniu odpływa mętna, brunatna woda; próbka torfu pozostaje w dłoni nie tworząc błotnistej masy przechodzącej między palcami
H 4	Torf słabo rozłożony, wyciskana woda jest bardzo mętna; pozostałość lekko błotnista nie przechodzi między palcami
H 5	Torf dostatecznie rozłożony, struktura roślinna jeszcze widoczna, trochę zamazana, wyciska się mętną, brunatną wodę i trochę masy torfowej; pozostałość jest mocno błotnista
H 6	Torf dobrze rozłożony; struktura roślinna niewyraźna; przy ściskaniu między palcami przechodzi około 1/3 masy; pozostałość mocno błotnista, jednak z wyraźniejszą budową roślinną, niż ta, jaką miała próbka torfu przed ściśnięciem
H 7	Torf silnie rozłożony, struktura roślinna jeszcze rozpoznawalna; przy ściskaniu między palcami przechodzi około 1/2 próbki torfu; woda jest ciemna, kłajstrowata, w niewielkiej ilości
H 8	Torf bardzo silnie rozłożony, struktura roślinna bardzo niewyraźna; między palcami przechodzi około 2/3 ściskanej próbki torfu; pozostałość składa się z korzonków, drewna, itp.
H 9	Torf prawie zupełnie rozłożony, bez widocznej struktury roślinnej; prawie cała masa próbki torfu przechodzi równomiernie między palcami
H 10	Torf zupełnie rozłożony, bez struktury roślinnej; cała masa próbki torfu, bez odciekania osobno wody, przechodzi między palcami

Tabela 8.4. Oznaczenie stopnia rozkładu torfu typu niskiego wg BN-77/0520-01

Stopień rozkładu		Resztki roślin	Plastyczno-strukturalne własności torfu	Barwa torfu	Woda wyciskana	Rozmaz
Symbol	%					
H ₁	<10	Stanowią splecione wojłok korzonków turzyc; charakterystyczne występowanie korzonków 2 i 3 rzędu; torf z przewagą mchów hypnowych ma odcień brązowy; widoczne ulistnione gałązki mchów	Torf prawie nie rozłożony; przy rozcieraniu nie brudzi rąk; w wyciśniętym torfie wyraźna sprężystość; humus niewidoczny	jasno-szara	jasna lub lekko mętna, wycieka strumieniem przy ściskaniu w dłoni	bezbarwny lub słabo żółty z dużą ilością przylepionych włókienek
H ₂	< 20	Nie rozłożone resztki turzyc i mchów, łatwo rozpoznawalne	Torf słabo rozłożony; struktura włókniasta; sprężystość w torfie wyraźna; humus słabo widoczny	szara	niewielko mętna; wycieka strumieniem przy ściskaniu w dłoni	żółty lub jasnobrązowy (jasnoszary); zawiera przylepione włókienka

H ₃	< 30	Korzonki turzyc dobrze widoczne na przełomie w ciemnej masie; resztki mchów rozpoznawalne przy uważnej obserwacji; łatwo rozpoznawalne części kłaczy, pochw liściowych i łodyg trzciny oraz drewno wraz z kawałeczkami kory	Torf słabo rozłożony; humus widoczny jako oddzielna część składowa torfu, wypełniająca przestrzeń między nie rozłożonymi resztkami roślin, lekko brudzi palce; sprężystość słaba	ciemno-szara z odcieniem brązowym	mętna, jasnoszara lub brązowa z widocznymi cząsteczkami humusu w zawiesinie	brązowy lub szarobrązowy; brak przylepionych włókienek
H ₄	< 40	Widoczne i na ogół rozpoznawalne (korzonki, epiderma, trzciny, kawałki drewna)	Torf wyraźnie rozłożony, przy rozcieraniu brudzi palce; w wyciśniętym torfie słaba sprężystość	brązowa	ciemnoszara albo brązowa, silnie mętna; wyciska się łatwo kroplami	brązowy z szarym odcieniem i gładką powierzchnią
H ₅	< 50	Dobrze widoczne tylko większe (drewno, epiderma), a drobniejsze szczątki zamazane humusem, słabo rozpoznawalne	Torf dość dobrze rozłożony; przy ścisnaniu w dłoni częściowo przechodzi między palcami; silnie brudzi palce; torf plastyczny (brak sprężystości)	ciemno-brązowy	brunatna; wyciska się pojedynczymi kroplami	ciemnobrązowy z gładką powierzchnią
H ₆	< 60	Trudne do rozpoznania kawałeczki drewna i epidermy; przy rozcieraniu w palcach w większości rozpadają się	Torf dobrze rozłożony, przy ścisnaniu w dłoni przechodzi między palcami; wyraźnie plastyczny ze słabo zaznaczoną włóknistością	ziemista, niekiedy z odcieniem brązowym	woda wyciska się z trudem w postaci ciemnej, mazistej cieczy	ciemny lub czarnobrązowy; po naciśnięciu dobrze zachowany odcisk
H ₇	> 60	Bardzo nieliczne, w postaci kawałeczków drewna i włókien	Torf silnie rozłożony; silnie plastyczny (struktura amorficzna)	ziemisto-czarna, smolista	woda nie wyciska się (torf przechodzi między palcami)	j.w.

8.2.4. MAKROSKOPOWE OKREŚLANIE GRUNTÓW ORGANICZNYCH NIETYPOWYCH (GYTIA, KREDA JEZIORNA)

GYTIA

W stanie naturalnym ma zabarwienie zielonawoszare lub białoszare. W rękach ciągnie się i rozrywa strzępiasto. Rozcierana ślizga się w rękach. Świeży grunt ma zapach gnilny. Po wysuszeniu gytia przyjmuje zabarwienie jasnoszare lub szarobiałe, staje się „lekka”. W trakcie

wysychania następuje zmniejszanie objętości gruntu, czemu towarzyszy jego spękanie. Niekiedy w gytach widoczne są szczątki muszli mięczaków. Wyschnięty grunt jest łatwo rozcieralny w palcach. Mała grudka gytii wrzucona do zlewki z kwasem solnym zazwyczaj silnie z nim reaguje, jednak nie ulega całkowitemu rozkładowi. Po zakończeniu reakcji na dnie zlewki pozostaje znaczna ilość osadu.

KREDA JEZIORNA

W warunkach naturalnych kreda jeziorna zabarwiona jest na zdecydowanie biały lub szarobiały kolor. W rękach stosunkowo trudno się rozciąga i rozrywa. Rozcierana w palcach przylepia się i ślizga między nimi, przypominając stwardniałą pastę do zębów. Po wysuszeniu pozostaje biała, próbka zmniejsza swoją objętość, twardnieje, jednak łatwo ściera się przy potarciu palcami. Wrzucona do zlewki z HCl bardzo silnie burzy i ulega całkowitemu rozkładowi. Po zakończeniu reakcji w zlewce zazwyczaj brak jest osadu.

8.3. OKREŚLANIE STANU GRUNTU SPOISTEGO

Na podstawie przeprowadzonej próby waleczkowania (według punktu 8.2.2) ustala się stany gruntów o konsystencji plastycznej. Znając rodzaj gruntu spoistego oraz ilość waleczkowań z nomogramu przedstawionego na rys. 8.1, określa się stopień plastyczności (I_L) i odpowiadający mu stan gruntu spoistego. Należy zwracać uwagę, aby waleczkowanie odbywało się na czystej i suchej ręce.

Stopień plastyczności w sposób orientacyjny wylicza się też na podstawie poniższego wzoru:

$$I_L = \frac{1,25 X}{f_l A}$$

gdzie:

1,25 – procentowa ilość wody, jaką traci waleczek przy jednym waleczkowaniu;

X – liczba waleczkowań;

f_l – zawartość frakcji ilowej w procentach charakterystyczna dla badanego gruntu (odczytana z tabeli 8.2);

A – aktywność koloidalna (dla spoistych gruntów lodowcowych i wodnolodowcowych

$A = 1$, dla glin zwietrzelinowych i lessów $A = 0,5-0,8$, dla ilów trzeciorzędowych $A > 1,5$).

Według normy PN-88/B-04481 stany gruntów określa się następująco:

- **stan zwarty (zw)** – z badanego gruntu spoistego nie można uformować kulki;
- **stan półzwarty (pzw)** – z gruntu można uformować kulkę, lecz waleczek pęka podczas pierwszego waleczkowania (liczba waleczkowań $X=0$);
- **stan twar doplastyczny (tpl)** – dla gruntów mało spoistych $X=1$, dla gruntów średnio spoistych $X < 2$, dla gruntów zwięzło spoistych $X < 3$, dla gruntów bardzo spoistych $X < 5$;
- **stan plastyczny (pl)** – dla gruntów mało spoistych $X=2$, dla gruntów średnio spoistych $2 \leq X \leq 4$, dla gruntów zwięzło spoistych $3 \leq X \leq 7$, dla gruntów bardzo spoistych $5 \leq X \leq 10$;

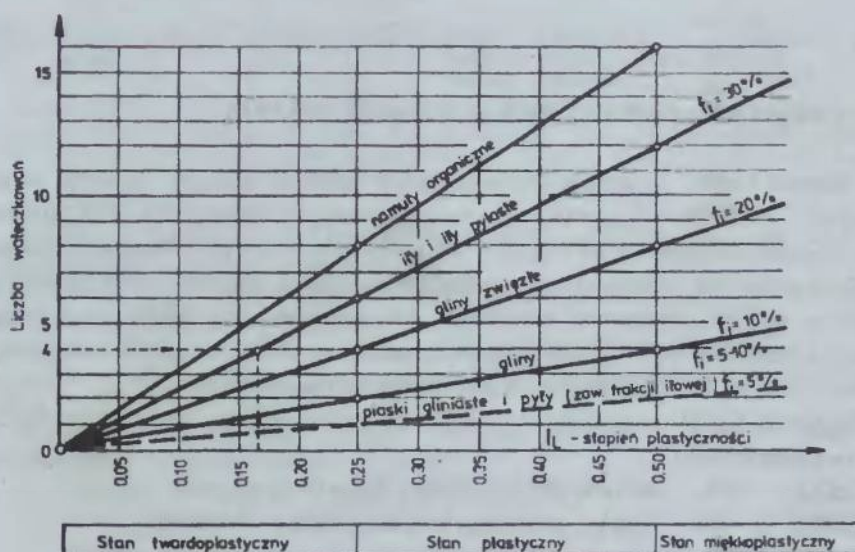
- **stan miękkoplastyczny (mpl)** – jest wtedy, gdy X jest większe od podanego po prawej stronie przedstawionych powyżej nierówności;

- Jeżeli próbka gruntu jest tak mokra, że nie można z niej wykonać kulki, gdyż grunt „rozlewa się”, stan taki określa się jako **płynny (pl)**.

W wielu przypadkach dla gruntów nieskalistych organicznych podaje się ich konsystencję i stan. Informacje te nie mogą być utożsamiane ze stanami gruntów spoistych, które zależą od aktualnej wilgotności gruntu. W gruntach organicznych konsystencje i stany uzależnione są nie tylko od wilgotności, ale również od rodzaju i zawartości substancji organicznej oraz stopnia jej rozłożenia, a także od ilości i rodzaju znajdującego się w gruncie organicznym materiału mineralnego.

8.4. OKREŚLENIE BARWY

Barwę gruntów ustala się na „przełomie” próbki o naturalnej wilgotności. W opisie barwy podaje się najpierw odcień i intensywność barwy, a następnie barwę podstawową, np. jasnobrązowoszara. W przypadku gdy w warstwowanym gruncie występują dwie barwy, rozgraniczenie między nimi podaje się za pomocą myślnika, np. jasnożółto-szara.



Rys. 8.1. Nomogram do określania stanu gruntów spoistych w zależności od liczby waleczkowań (wg PN-74/B-04482)

(Przykład gruntu: il piaszczysty, liczba waleczkowań – 4, stan twardoplastyczny)

W zależności od zmiany wilgotności naturalnej, ten sam grunt wykazuje zróżnicowanie intensywności zabarwienia. Z reguły grunt bardziej suchy jest jaśniejszy od wilgotniejszego, a jego barwa jest mniej intensywna.

8.5. OKREŚLENIE WILGOTNOŚCI

Ocena makroskopowa wilgotności gruntu wyrażana jest za pomocą innego nazewnictwa niż wtedy, gdy ustalona jest metodą laboratoryjną. Poniżej zastosowano terminologię wynikającą z normy PN-88/B-04481, podano również oznaczenia symbolami wg normy PN-88/B-02480.

Wydziela się następujące rodzaje nawilgotnienia gruntu:

- **suchy** – jeżeli podczas rozcierania w palcach gruntu sypkiego nie wyczuwa się wilgoci; grudka gruntu spoistego przy zginiataniu nie odkształca się plastycznie, a pęka lub rozsypuje się;
- **malo wilgotny (mw)** – ręka przyłożona do gruntu nie staje się wilgotna, ale występuje odczucie ochłodzenia ciała; grudka gruntu spoistego przy zginiataniu odkształca się plastycznie;
- **wilgotny (w)** – ręka lub papier przyłożone do gruntu stają się wilgotne;
- **mokry (m)** – przy ściskaniu w ręce z gruntu odsącza się woda; w przypadku gruntu spoistego przy lekkim uderzaniu palcami próbki gruntu na jej powierzchni pojawia się woda;
- **nawodniony** – woda z próbki odsącza się grawitacyjnie; grunt spoisty jest upłynniony.

8.6. OKREŚLENIE ZAWARTOŚCI WĘGLANU WAPNIA

Obecność CaCO_3 w gruncie drobnoziarnistym (głównie spoistym) wskazuje na osad niezwięzły. W efekcie wylugowania tego związku, następuje zmiana pierwotnej „struktury” gruntu. Podłoże zmniejsza swoją objętość, co powodować może nierównomierne osiadanie budowli. Warstwy lub przewarstwienia gruntu pozbawionego węglanu wapnia wskazują na istnienie w podłożu gruntowym naturalnych lub sztucznych czynników powodujących eliminację z osadu CaCO_3 . W sposób pośredni świadczyć to może o obecności w środowisku gruntowo-wodnym substancji mogących oddziaływać agresywnie na beton.

Zawartość CaCO_3 w gruncie określa się na podstawie jego reakcji z kroplą 20% roztworu kwasu solnego:

- CaCO_3 >5% – burzenie jest intensywne i długie (> 20 sekund),
- CaCO_3 5 – 3% – burzenie jest intensywne, ale krótkie (<20 sekund),
- CaCO_3 3 – 1% – burzenie jest słabe i krótkie,
- CaCO_3 <1% – jest ślad burzenia lub brak reakcji gruntu z kwasem solnym.

Badając reakcje gruntu z kwasem solnym należy zwracać uwagę, aby nie poddawać działaniu HCl zwirowych domieszek wapiennych znajdujących się w gruncie drobnoziarnistym.

Uznać należy za celowe makroskopowe określanie węglanu wapnia również w gruntach organicznych (typowych i nietypowych).

8.7. OKREŚLANIE DOMIESZEK

Za domieszki uważa się te składniki, które nie wchodzą w skład podstawowej masy gruntu decydującej o jego rodzaju i typie oraz składniki o innej genezie niż te, które budują dany grunt.

Domieszkami naturalnymi w gruntach mineralnych drobnoziarnistych będą kamienie, otoczaki, żwiry, konglomeraty węglanowe i żelaziste. *Domieszkami sztucznymi* występującymi w gruntach są kawałki gruzu, żużel, szkło, masy plastyczne itp. Obecność tych składników wskazuje, że badany grunt jest **gruntem nasypowym**.

Należy zwrócić uwagę, że w gruntach organicznych (np. namulach, torfach) rozpoznawalne szczątki drewna, trzciny, turzyc, mchów są integralnymi składnikami gruntu, a nie domieszkami. Natomiast muszle i konglomeraty traktować można jako domieszki.

8.8. TREŚĆ OPRACOWANIA

Przeprowadzić analizę makroskopową otrzymanych próbek gruntu. Wyniki analizy zestawić w formie tabelarycznej.

Próbka nr	Rodzaj gruntu	Barwa	Domieszki	Wilgotność	Ilość wałeczków	Orientacyjna wartość I_L	Stan	Zawartość CaCO_3	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Wyjaśnienia:

Kolumna 4. Należy podać czy domieszki są naturalne, czy sztuczne (np. cegły, żużel, szkło). Domieszki sztuczne wskazują na grunty nasypowe.

Kolumna 6, 7. Wartość I_L podać na podstawie wzoru przytoczonego w punkcie 8.3. Dla gruntów ms przyjąć $A = 0,8$; ss i zs $A = 1,0$; bs $A = 1,5$.

Kolumna 8. Kolumny 6, 7 i 8 wypełnia się tylko przy oznaczaniu gruntów spoistych. Dla gruntów sypkich nie podaje się stanu zagęszczenia, gdyż badana próbka ma naruszoną naturalną strukturę.

Kolumna 10. Można podać szczegóły dotyczące rozpoznanych składników mineralnych, roślinnych; stopień rozłożenia torfu, itp.

9. OPRACOWANIE PRZEKROJU GEOTECHNICZNEGO NA PODSTAWIE WIERCEŃ

9.1. WPROWADZENIE

Rozpoznanie podłoża gruntowego dla celów budowlanych prowadzi się głównie za pomocą wierceń badawczych ręcznych (do głębokości około 7 m p.p.t.) oraz mechanicznych (do głębokości około 20 m p.p.t.).

W zależności od zadania inżynierskiego, w badanym terenie wiercenia rozmieszcza się wzdłuż linii ewentualnie w węzłach siatki trójkątnej lub prostokątnej. Zazwyczaj odległość między wierceniami wynosi 20 m do 50 m. Najczęściej przyjmuje się, że jeden otwór wiertniczy powinien przypadać na powierzchnię 100 m^2 . W przypadku konkretnego obiektu budowlanego (istniejącego lub projektowanego), wiercenia rozmieszcza się w jego narożach oraz w środku. Wiercenia wykonuje się 2 m do 3 m poza obrysem istniejących lub projektowanych fundamentów budowli. Nierzadko jednak inwestor żąda, by pod każdym fundamentem był przynajmniej jeden otwór (w obrysie fundamentu).

Miejsca wykonanych wierceń nanosi się na plan sytuacyjno-wysokościowy. Zaznaczając kolejny numer (symbol) otworu wiertniczego oraz rzędną powierzchni terenu w metrach nad poziomem morza, na której wykonane zostało wiercenie (z dokładnością do 1 cm).

Wyniki rozpoznania wiertniczego przedstawia się w formie opisowej lub graficznej jako **profile geotechniczne (geologiczno-inżynierskie)** poszczególnych otworów i przekroje (niwelety i blokdiagramy) przez grupy otworów. Znajdują się tu informacje o wieku i genezie gruntów, stopniu zagęszczenia (I_D) gruntów niespoistych (sypkich), stopniu plastyczności (I_L) i konsolidacji gruntów spoistych, wilgotności barwie, domieszkach, zawartości CaCO_3 . Na profilach podaje się rzędną w m n.p.m. zwierciadła nawierconego i ustabilizowanego wody podziemnej. Poszczególne cechy gruntów oznaczane są symbolami lub sygnaturami. Przykłady takich oznaczeń zestawiono na rys. 9.1 i tab. 9.1.

Przez wiertnicze punkty badawcze na planie sytuacyjno-wysokościowym, wytycza się **linię przekroju geotechnicznego** (lub szereg linii przekrojowych). Linie przekrojowe mogą na planie mieć przebieg prosty lub łamany.

Przekrój geotechniczny przedstawia na powierzchni prostopadłej do poziomowi możliwie wiarygodny układ warstw gruntowych od powierzchni terenu do spągu wierceń badawczych. Na przekroju zawarte są informacje o rodzaju i cechach fizyko-mechanicznych poszczególnych warstw gruntu (warstw geotechnicznych). Są tu też podane informacje o poziomie nawierconego i ustabilizowanego zwierciadła wody podziemnej.

Zazwyczaj na przekrojach geotechnicznych stosuje się różne wielkości skali dla osi pionowej (rzędnych = wysokościowej) i osi poziomej (odciętej = odległościowej). Podziałka pionowa jest najczęściej w skali 1:50 lub 1:100 (wyjątkowo 1:200). Podziałka pozioma dobierana jest tak, aby można było swobodnie wzrokiem objąć cały przekrój. Najczęściej przyjmuje się skale 1:500, 1:1000, 1:2000.

RODZAJE GRUNTU

	Z ZWIR		Pg PIASEK GLINIASTY		GTz GLINA PYLASTA ZWIĘZŁA
	Po POSPÓŁKA		Tp PYŁ PIASZCZYSTY		Ip IŁ PIASZCZYSTY
	Zg ZWIR GLINIASTY		T PYŁ		I IŁ
	Pog POSPÓŁKA GLINIASTA		Gp GLINA PIASZCZYSTA		It IŁ PYLASTY
	Pr PIASEK GRUBY		G GLINA		G GRUNT PRÓCZNICZY
	Ps PIASEK ŚRĘDNI		Gt GLINA PYLASTA		Na NAMUŁ ORGANICZNY
	Pd PIASEK DROBNY		Gpz GLINA PIASZCZYSTA ZWIĘZŁA		T TORF
	Pt PIASEK PYLASTY		Gz GLINA ZWIĘZŁA		Gy GYTIA
	gl GLEBA		n NASYP	+ DOMIESZKI	
			nB NASYP BUDOWLANY	/ PRZEWARTWIENIA	
			nN NASYP NIEBUDOWLANY	/ NA POGRANICZU	

STANY GRUNTU SPOISTEGO

•	zw	ZWARTY
○	pzw	PÓŁZWARTY
•	tpl	TWARDOPLASTYCZNY
•	pl	PLASTYCZNY
•	mpl	MIAKKOPLASTYCZNY
•	pt	PŁYNNY

ZAGĘSZCZENIE GRUNTÓW NIESPOISTYCH

•	ln	LUŻNY
○	szg	ŚRĘDNIÓ ZAGĘSZCZONY
⊙	zg	ZAGĘSZCZONY
⊕	bzg	BARDZO ZAGĘSZCZONY

WILGOTNOŚĆ GRUNTÓW

mw	MAŁO WILGOTNY
w	WILGOTNY
m	MOKRY
▼	ZWIĘZIADŁO USTABILIZOWANE WODY PODZIEMNEJ
▽	ZWIĘZIADŁO NAWIERCHNE WODY PODZIEMNEJ
~~~~~	SACZENIE WODY

Rys. 9.1. Oznaczenia graficzne i symbole stosowane na profilach i przekrojach geotechnicznych

Ze względu na zróżnicowane skale podziałek, na przekroju geotechnicznym układ warstw jest zniekształcony kątowno. W stosunku do rzeczywistości nachylenie warstw jest bardziej strome. Dlatego też zwraca się uwagę, aby przewyższenie, czyli stosunek mianownika



skali poziomej do pionowej nie był większy od 20. Uważa się, że na przekrojach geotechnicznych przewyższenie nie powinno być większe od 10.

Tabela 9.1. Przykład symboli literowych stosowanych na przekrojach geotechnicznych dla oznaczenia wieku i genezy gruntów

Wiek		Geneza
System	Oddział i pododdział	(Ogólne symbole)
Q  Czwarto- rzęd	<b>Holocen $Q_{H1}$</b>	Nasypy $^N Q_H$ Osady rzeczne $^r Q_H$ Osady wydymowe $^e Q_H$ Osady organiczne $^li Q_H$ Osady deluwialne $^d Q_H$ Osady morskie $^m Q_H$
	<b>Plejstocen $Q_P$</b>	
	Złodowacenie północnopolskie $Q_{P1-4}^4$	
	Interglacjał eemski $Q_P^3$	Osady lodowcowe $^l Q_P$
	Złodowacenie środkowopolskie $Q_{P2-3}^3$	Osady wodnolodowcowe $^{li} Q_P$
	Interglacjał mazowiecki $Q_P^2$	Osady zastoiskowe $^{f-li} Q_P$
	Złodowacenie południowopolskie $Q_{P1-2}^2$	Osady rzeczne $^r Q_P$
	Interglacjał augustowski $Q_P^1$	Osady eoliczne $^e Q_P$
	Złodowacenie najstarsze $Q_P^0$	
	Preglacjał $Q_a$	

(litery umieszczone z lewej strony litery Q pochodzą od określeń genetycznych: np.: f-fluwialne, e-eoliczne, li-limniczne, g-glacialne)

## 9.2. WYTICZNE WYKONANIA PRZEKROJU GEOTECHNICZNEGO

Wykonanie przekroju geotechnicznego poprzedzone jest dokładną analizą szczegółowej mapy geologicznej, celem wstępnego ustalenia wieku i genezy gruntów. Następnie na podstawie wyników badań terenowych i laboratoryjnych przystępuje się do opracowania profili geotechnicznych, w obrębie których wydziela się warstwy geotechniczne.

Pod pojęciem **warstwy geotechnicznej** rozumie się strefę podłoża gruntowego o zbliżonych parametrach geotechnicznych. W przypadku braku wyników rutynowych badań laboratoryjnych, jako orientacyjne przyjmowane są charakterystyczne wielkości parametrów geotechnicznych odczytane z normy PN-81/B-03020. Dotyczy to odpowiedniego ustalenia zależności między makroskopowo określonym rodzajem gruntu i jego stopniem zagęszczenia dla gruntów niespoistych (lub stopniem plastyczności dla gruntów spoistych) a gęstością gruntu, kątem tarcia wewnętrznego, spójnością, edometrycznymi modułami ścisłości. Relacje te przedstawione są w rozdziale 8.

Tok postępowania przy wykonywaniu przekroju geotechnicznego jest następujący:

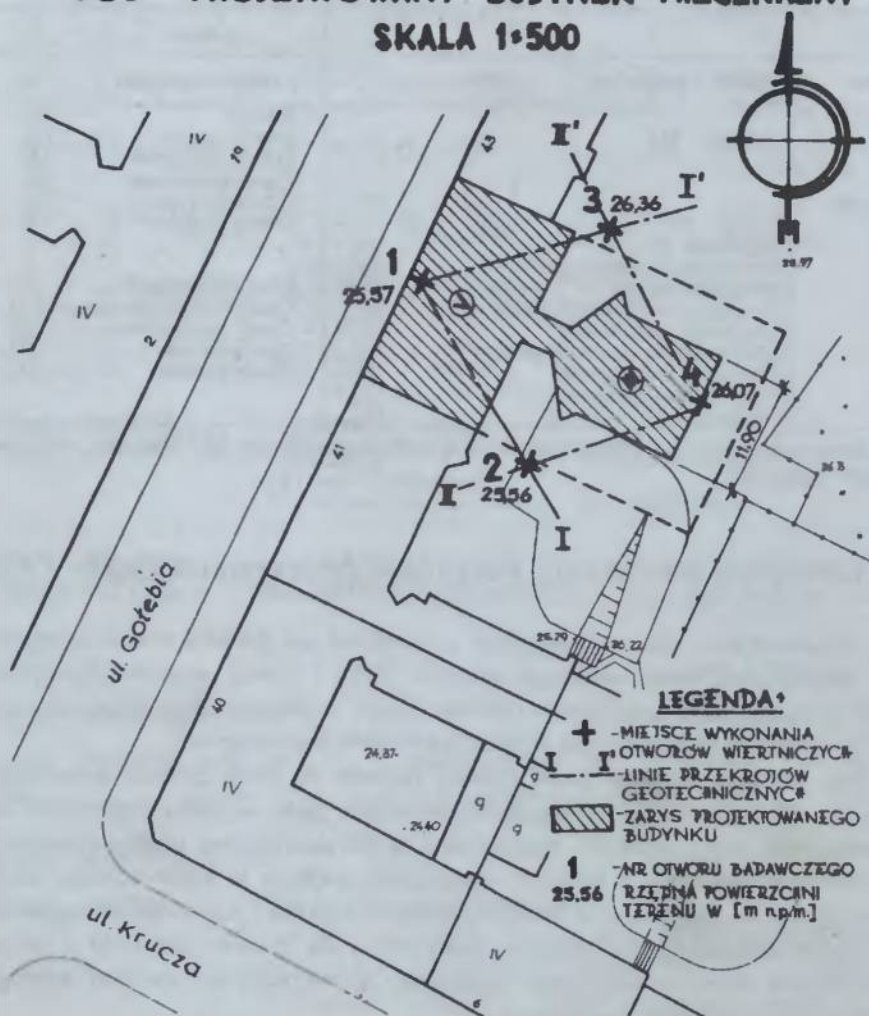
1. Na planie sytuacyjno-wysokościowym zaznacza się linię przekrojową, przechodzącą przez punkty otworów wiertniczych wybranych do konstrukcji przekroju. Końce linii przekrojowej opisuje się literami lub cyframi, tak jak na rysunku 9.2.

2. Na papierze milimetrowym wyrysowuje się osie układu współrzędnych. Na osi rzędnych (wysokościowej) w przyjętej skali oznacza się wysokości bezwzględne w m n.p.m. Należy zwracać uwagę, aby oś rzędnych przecinała się z osią odciętych około 1 m poniżej



spągu najgłębszego wiercenia. Na osi odciętych (odległościowej) podaje się odpowiednie odcinki odległości w skali liniowej. Granice przekroju powinny znajdować się 1-2 cm, poza liniami skrajnych profili wierceń badawczych.

## PLAN ROZMIESZCZENIA SOND KONTROLNYCH POD PROJEKTOWANY BUDYNEK MIESZKALNY SKALA 1:500



Rys. 9.2. Wycinek szkicu sytuacyjno-wysokościowego z naniesioną lokalizacją otworów wiertniczych i liniami przekrojów geotechnicznych

3. Na pasku papieru przyłożonego do linii przekrojowej na planie sytuacyjno-wysokościowym zaznacza się przecięcia z poziomiami. Punkty te nanosi się w układ osi współrzędnych i wyrysowuje profil morfologiczny powierzchni terenu. Następnie na linii

profilu morfologicznego zaznacza się miejsca, w których wykonane zostały wiercenia. Nad nimi w formie ułamka wpisuje się w liczniku symbol (numer) wiercenia, a w mianowniku rzędną powierzchni terenu, na jakiej wykonano otwór badawczy.

4. W zaznaczonych miejscach wykonania wierceń, rysowuje się pionowe linie symbolizujące profil geotechniczny. Na liniach tych zaznacza się przeloty wydzielonych warstw geotechnicznych, właściwe dla danych wierceń. Z boku linii podaje się miąższość warstwy, symbol rodzaju gruntu oraz podstawowe cechy fizyko-mechaniczne. Te ostatnie są przedstawiane graficznie lub za pomocą symboli. Przy każdym profilu podaje się rzędne nawierconego i ustabilizowanego zwierciadła wody podziemnej lub też miejsca sączenia się wody. Przykłady profili wiertniczych przedstawiono na rys. 9.3.a i 9.3.b.

5. Między rysowanymi liniami profili geotechnicznych łączy się przeloty analogicznych warstw. Warstwa geotechniczna musi obejmować grunty jednego wieku i pochodzenia oraz cechować się podobnymi własnościami fizyko-mechanicznymi (uziarnienie, stopień zagęszczenia lub stopień plastyczności, wilgotność, itp). Wydzielonym warstwom przypisuje się symbol określający ich pozycję stratygraficzną i genezę. Nie wolno łączyć w jedną warstwę gruntów tego samego rodzaju, ale różnego wieku geologicznego. W przypadku gdy w sąsiadujących wierceniach brak jest analogicznych warstw, zachodzi konieczność ich wyklinowywania lub rysowywania w przekroju soczewek.

6. Wydzielone na przekroju warstwy geotechniczne koloruje się lub pokrywa szrafem. Za pomocą cyfr lub liter oznacza się poszczególne warstwy geotechniczne. Przykład przekroju geotechnicznego przedstawiono na rys. 9.4.a oraz 9.4.b.

7. Przekroje geotechniczne mogą być objaśniane w formie tabelarycznej. Zwracać tu należy uwagę, aby warstwy najstarsze znajdowały się na samym dole, a młodsze stopniowo położone były coraz to wyżej. Przykład tabeli objaśniającej przekrój geotechniczny przedstawia rys. 9.5.

### 9.3. TREŚĆ OPRACOWANIA

1. Na podstawie otrzymanej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wyrysować SZKIC SYTUACYJNO-WYSOKOŚCIOWY TERENU Z ROZMIESZCZENIEM WIERCEŃ BADAWCZYCH, z podaniem jego skali.

- Na szkicu zaznaczyć kierunek północny, ważniejsze obiekty terenowe (np. kontur budowli, zarys ulic), charakterystyczne punkty wysokościowe. Następnie należy wyrysować punkty lokalizacyjne otworów wiertniczych podając ich symbol i rzędną terenu w m n.p.m. Liczba rysowanych otworów nie może być mniejsza od trzech.

- Na szkicu wyrysować linię przekroju geotechnicznego, oznaczając odpowiednim symbolem jego początek i koniec.

Treść i oznaczenia znajdujące się na szkicu należy objaśnić.

2. Na podstawie znajdujących się w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej opisów profili wiertniczych wykonać PRZEKRÓJ GEOTECHNICZNY, zgodnie z wytycznymi podanymi w punkcie 9.2.



3. OBJAŚNIENIE PRZEKROJU GEOTECHNICZNEGO podać w formie osobnej tabeli. W przypadku braku w dokumentacji wyników badań laboratoryjnych, przyjąć je z normy PN-81/B-03020 (rozdział 8).

WIERCENIE 1 / 25,57 m n.p.m.

ZWIERCIADŁO WODY POZIEMNEJ	m ppt	MIAZ- SZOŚĆ	RODZAJ GRUNTU (BARWA, STRUKTURA ITP)	% CaCO ₃	WILGOT- NOŚĆ	STAN KONSOLI- DACJA	GENEZA WIEK
	1.0	2.2	NASYP PROČHNICZNO- GRUZOWY	-	mw	l	^N Q _h
	2.0						
	3.0	1.4	PIASEK ŚREDNI, CIEMNO- ZÓŁTY	3-5	w	szg	
	4.0						
	5.0	3.6	PIASEK ŚREDNI, ZÓŁTY	3-5	m	szg	^g Q _p
▽ 20,57	6.0						
	7.0						
	8.0	1.8	PYŁ PIASZCZYSTY, ZÓŁTY	>5	m	pl, C	
	9.0						

WIERCENIE 3/ 26,36 m n.p.m.

ZWIERCIADŁO WODY POZIEMNEJ	m ppt	MIAZ- SZOŚĆ (m)	RODZAJ GRUNTU (BARWA, STRUKTURA ITP)	% CaCO ₃	WILGOT- NOŚĆ	STAN KONSOLI- DACJA	GENEZA WIEK
	1	0.8	NASYP PROČHNICZNO-GRUZ		mw	l	^N Q _h
	2	2.4	PIASEK GLINIASTY ZÓŁTOBRĄZOWY	1-3	w	tpl, C	
	3						
	4	0.8	PIASEK ŚREDNI, CIEMNOZÓŁ	1-3	w	szy	
	5	3.2	PYŁ PIASZCZYSTY, ZÓŁTY	>5	m	pl C	^g Q _p
	6						
	7						
▽ 18,04 ▽ 18,36	8	2.0	PIASEK DROBNY, ZÓŁTY	3-5	m	szy	
	9						
	10	1.5	PYŁ PIASZCZYSTY, ZÓŁTY	>5	m	pl	

Rys. 9.3.a. Profile geotechniczne wierceń zlokalizowanych na rys. 9.2.  
Oznaczenia zgodne z rys. 9.1 i tab. 9.1



### WIERCENIE 2/25,56 m n.p.m.

ZWIERCIADŁO WODY PODZIEMNEJ	m p.p.t	MIAZ- SZOŚĆ	RODZAJ GRUNTU (BARWA, STRUKTURA ITP)	% CaCO ₃	WILGOT- NOŚĆ	STAN KONSOLI- DACJI	GENEZA WIEK
	10	18	NASYP PROČNICZNO- GRUZOWY				^W Q _h
	20						
	30	28	PYŁ PIASZCZYSTY	>5	w	tpl.C	⁹ Q _p
	40						
	50	40	PIASEK ŚREDNI, ŻÓŁTY	3-5	m	szg	
	60						
18,36	70						
18,06	80						
	90	12	PYŁ PIASZCZYSTY, ŻÓŁTY	>5	m	pl.C	
	100						

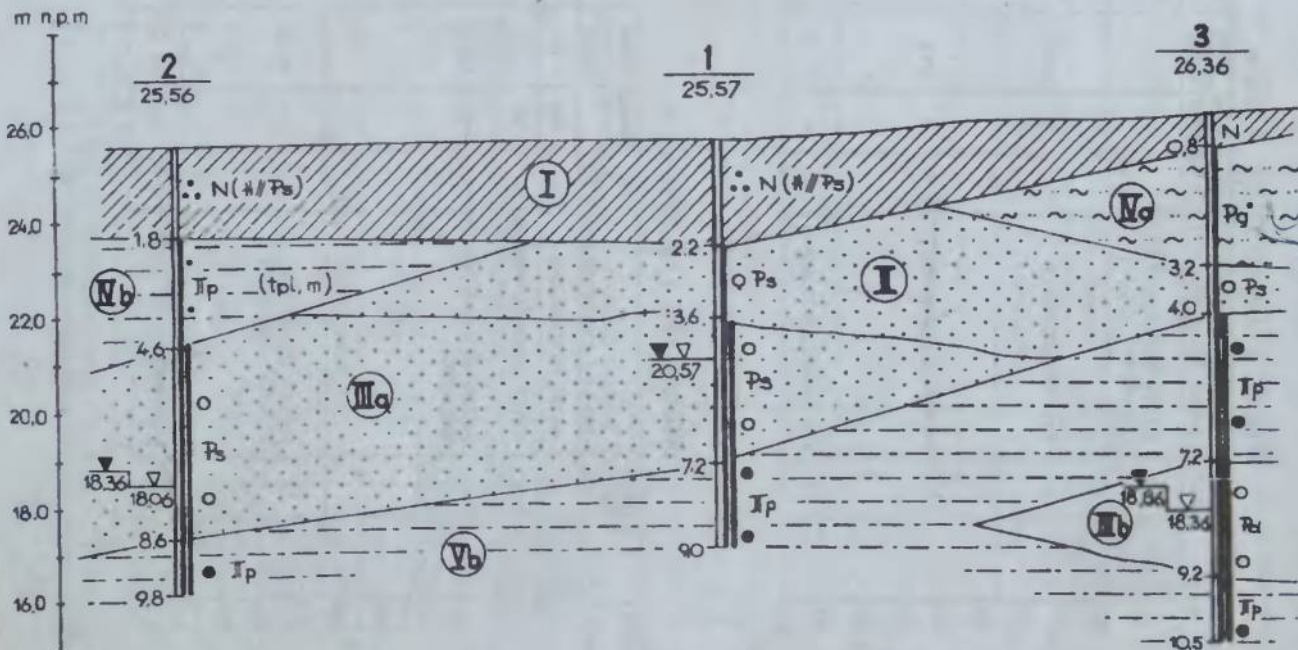
### WIERCENIE 4/26,07 m n.p.m.

ZWIERCIADŁO WODY PODZIEMNEJ	m p.p.t	MIAZ- SZOŚĆ (m)	RODZAJ GRUNTU (BARWA, STRUKTURA ITP)	% CaCO ₃	WILGOT- NOŚĆ	STAN KONSOLI- DACJI	GENEZA WIEK
	10	1,0	NASYP PROČNICZNY		mw	l	^W Q _h
	20	0,8	PIASEK PROBNY, CIEMNOCZ.	<1	w	l	
	30	4,6	PIASEK GLINIASTY, ŻÓŁTO- BRAZOWY	3-5	w	tpl.C	⁹ Q _p
	40						
	50						
	60						
	70	34	PIASEK GLINIASTY, ŻÓŁTO - BRAZOWY	3-5	m	pl.C	
18,57	80						
18,07	90						
	100	1,2	PYŁ PIASZCZYSTY, ŻÓŁTY	3-5	m	pl.C	
	110						

Rys. 9.3.h. Profile geotechniczne wierzeń zlokalizowanych na rys. 9.2.  
Oznaczenia zgodne z rys. 9.1 i tab. 9.1

# PRZĘKROJ GEOTECHNICZNY I-I'

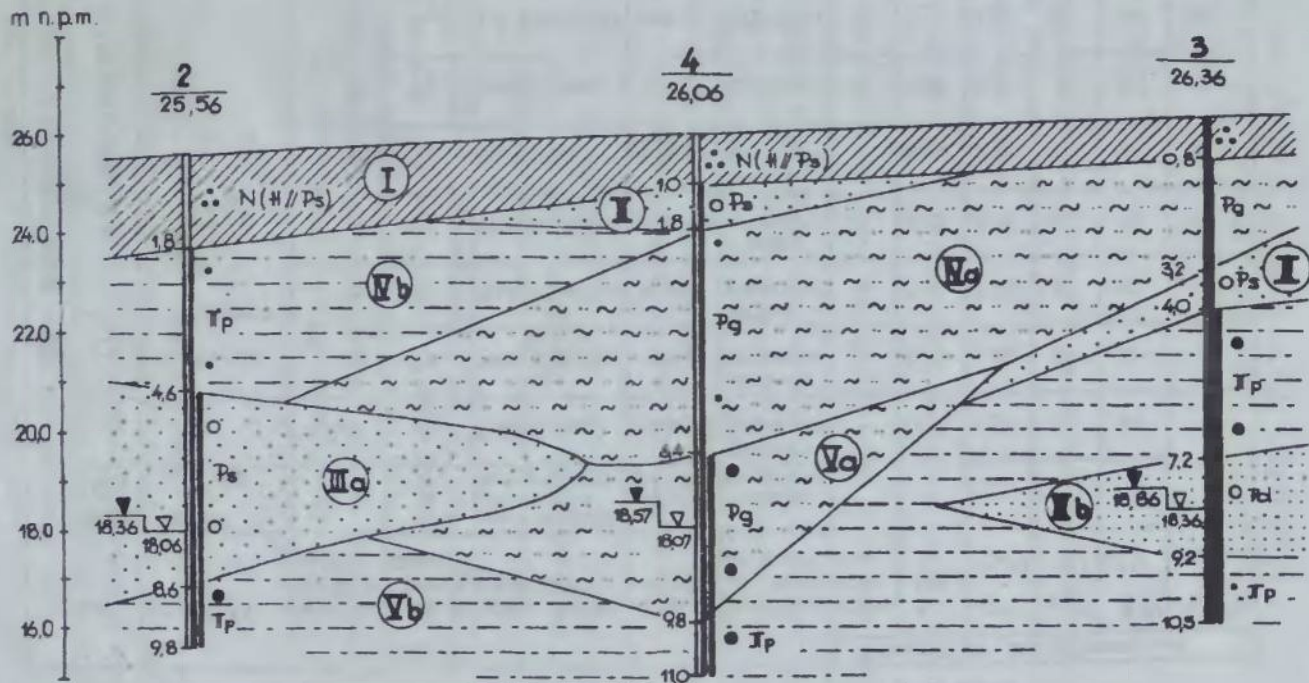
SKALA:  $\frac{\text{PIONOWA}}{\text{POZIOMA}} = \frac{1:100}{1:200}$



Rys. 9.4.a. Przekrój geotechniczny 2-1-3, wykonany na podstawie danych zamieszczonych na rys. 9.2, 9.3.a, 9.3.b.

## PRZĘKROJ GEOTECHNICZNY I-I'

SKALA,  $\frac{\text{PIKOWA } 1:100}{\text{POZIOMA } 1:200}$



Rys. 9.4.b. Przekroj geotechniczny 2-4-3, wykonany na podstawie danych zamieszczonych na rys. 9.2, 9.3.a, 9.3.b.



# OBJAŚNIENIE PRZĘKROJU GEOTECHNICZNEGO

WIEK	GENEZA	WARSTWA GEOTECH- NICZNA	STRUKTURA I SYMBOL GRUNTU	RODZAJ GRUNTU I DOMIESZKI	WILGOT- NOŚĆ	ZAGĘSZCZE- NIE, STAN GRUNTU	PARAMETRY GEOTECHNICZNE						
							KONSOLIDA- CJA	$J_p$ LUB $J_L$	$\rho^{(n)}$ /t m ³ /	$w_n^{(n)}$ / % /	$\Phi^{(n)}$ /°/	$C_u^{(n)}$ /kPa/	
CZWARTEJ D	MOŁOCH $Q_h$	NASYPY $N Q_h$	I	N	NASYP NIEBUDOW- LANY (PIASEK PŁOCINICZNY)	MAŁO WILGOTNY	NIESKOM- PRYMOWANY						
	AKUMULACJA WODNOŁOJOW- COWA $f_1 Q_p, f_2$		I	$P_s$	PIASEK ŚREDNI	WILGOTNY	ŚREDNIO ZAGĘSZCZONY	-	0,50	1,65	14	33	-
		I	a	$P_s$	PIASEK ŚREDNI	MOKRY	ŚREDNIO ZAGĘSZCZONY	-	0,50	2,00	22	33	-
			b	$P_d$	PIASEK DROBNY	MOKRY	ŚREDNIO ZAGĘSZCZONY	-	0,50	1,90	24	30	-
		II	a	$P_g$	PIASEK GLINIASTY	WILGOTNY	TWARDO PLASTYCZNY	C	0,25	2,15	13	15	18
			b	$T_p$	PYL PIASZCZYSTY	WILGOTNY	TWARDO PLASTYCZNY	C	0,25	2,10	18	15	18
		V	a	$P_g$	PIASEK GLINIASTY	MOKRY	PLASTYCZNY	C	0,45	2,10	16	10	10
			b	$T_p$	PYL PIASZCZYSTY	MOKRY	PLASTYCZNY	C	0,45	2,05	20	10	10

OBJAŚNIENIA:  $J_p$  - stopień zagęszczenia  $\rho^{(n)}$  - gęstość objętościowa normowa  $\Phi^{(n)}$  - kąt tarcia wewnętrznego (normowy)  
 $J_L$  - stopień plastyczności  $w_n^{(n)}$  - wilgotność normowa  $C_u^{(n)}$  - spójność (normowa)

Rys. 9.5. Objasnienia przekrojów geotechnicznych przedstawionych na rys. 9.4.a i 9.4.b.  
 (Oznaczenia zgodne z rys. 9.1 i tab. 9.1)

## 10. OCENA BUDOWLANA GRUNTÓW NA PODSTAWIE MAP GEOLOGICZNYCH

### 10.1. WPROWADZENIE

W rozwiązywaniu zagadnień inżynierskich bardzo duże znaczenie odgrywają mapy geologiczne. Mapa geologiczna jest prostokątnym rzutem na płaszczyznę poziomą informacji o budowie geologicznej danego terenu.

Ze względu na skalę wydziela się geologiczne mapy ogólne (mapy w skalach mniejszych od 1:1 000 000), przeglądowe (1:500 000–1:200 000), szczegółowe (1:100 000–1:10 000). W skalach równych i większych od 1:5 000 wykonywane są plany geologiczne.

Większość powszechnie używanych map geologicznych są to mapy zakryte, gdyż przedstawiają sytuację geologiczną tylko do głębokości 2 m poniżej powierzchni terenu (m p.p.t.). Są też geologiczne mapy odkryte, które informują o budowie geologicznej głębszego podłoża po odrzuceniu nadległych warstw jednego wieku (np. osadów czwartorzędowych, kenozoicznych). W problematyce inżynierskiej bardzo często wykorzystywane są mapy cięć, które przedstawiają sytuację geologiczną na określonej głębokości poniżej powierzchni terenu (np. 2, 5 10 m p.p.t.) lub na określonej rzędnej nad poziomem morza (m n.p.m.).

Ze względu na treść najbardziej pospolitymi mapami geologicznymi są litologiczno-stratygraficzne, podające rodzaj, genezę i wiek osadów. W praktyce inżynierskiej wykorzystywane są też inne specjalistyczne mapy, np. geomorfologiczne, surowcowe, hydrogeologiczne czy też najważniejsze z punktu widzenia budownictwa mapy geologiczno-inżynierskie.

W niniejszym rozdziale skoncentrowano się na wykorzystaniu litologiczno-stratygraficznych polskich map geologicznych w skali 1:200 000 i 1:50 000 do celów geologiczno-inżynierskich, gdyż są to najbardziej dostępne dla użytkowników opracowania kartograficzne. Treść geologiczna na mapie przedstawiona jest za pomocą powierzchni oznaczonych barwą lub szrafami. Dodatkowo powierzchnie scharakteryzowane są symbolami literowo-cyfrowymi. Symbole te informują o wieku, genezie i rodzaju osadów.

#### WIEK

Ogólny podział stratygraficzny dziejów Ziemi przedstawiony został w tabeli 10.1. Oznaczenie wieku na mapach geologicznych podawane jest zgodnie z obowiązującą instrukcją Państwowego Instytutu Geologicznego. Przykłady tej symboliki przedstawiono w tabeli 10.3 i 10.4. Na wszystkich mapach geologicznych w objaśnieniach znajdujących się na ramce mapy utwory geologiczne ułożone w sposób konsekwentny. Skąły najstarsze znajdują się na samym dole. Ku górze ułożone są osady coraz to młodsze. Na samej górze są utwory najmłodsze.

Wiek osadów jest bardzo istotny w interpretacji geologiczno-inżynierskiej osadów. Im osady są starsze, tym są lepiej skonsolidowane i mają lepsze parametry geotechniczne. Jednak na faktyczną wartość budowlaną podłoża gruntowego mają również znaczący wpływ i inne

komponenty środowiska geologicznego (rzeźba, charakter wód podziemnych, procesy geodynamiczne).

Tabela 10.1. Ogólny podział stratygraficzny dziejów Ziemi i podstawowe symbole literowe dla oznaczenia wieku gruntów na mapach geologicznych

Era	Okres	Epoka
Kenozoiczna – Kz	Czwartorzęd – Q	Holocen – Q _h
		Plejstocen – Q _p
	Trzeciorzęd – Tr	Pliocen – Pl
		Miocen – M
		Oligocen – Ol
		Eocen – E
Mezozoiczna – Mz	Kreda – K, Cr	
	Jura – J	
	Trias – T	
Paleozoiczna – Pz	Perm – P	
	Karbon – C	
	Dewon – D	
	Sylur – S	
	Ordowik – O	
	Kambr – Cm	
Proterozoiczna – Pt		
Archaiczna – A		

## GENEZA

Na mapach geologicznych odpowiednim symbolem oznaczone jest też pochodzenie osadów (skał). W Polsce południowej spotykane są grunty skaliste pochodzenia magmowego, metamorficznego i osadowego. W Polsce niżowej charakterystyczne są grunty mineralne nieskaliste utworzone w wyniku bezpośredniej akumulacji łądolołu, wód lodowcowo-rzecznych, wód lodowcowo-jeziornych, wód rzecznych i jeziornych, akumulacji wiatrowej, akumulacji organicznej.

Geneza gruntu w sposób istotny wpływa na cechy geotechniczne podłoża. Grunty spoiste akumulacji lodowcowej są zdecydowanie lepiej skonsolidowane, niż analogiczne grunty pochodzenia jeziorzyskowego czy też wiatrowego. Grunty niespoiste (sympkie) zmniejszają swoje zagęszczenie w kolejności: osady pochodzenia lodowcowego i wodnolodowcowego, osady rzecznych teras nadzalewowych, osady rzecznych teras zalewowych i brzegu morskiego, osady wydymowe.



## 10.2. ORIENTACYJNA OCENA GEOTECHNICZNA GRUNTÓW SKALISTYCH NA PODSTAWIE MAPY GEOLOGICZNEJ

W części górskiej i wyzynnej Polski, w podłożu budowlanym występują grunty skaliste. Zgodnie z zaleceniami normy PN-86/B-02480 dzielone są one ze względu na wytrzymałość na ściskanie (twarde i miękkie) oraz ze względu na spękanie (lite, mało spękanie, średnio spękanie, bardzo spękanie). Kryteria tego podziału przedstawiono w rozdziale 6. W budownictwie hydrotechnicznym istnieje bardziej szczegółowy podział ze względu na odporność na ściskanie ( $R_c$ ). Wydziela się grunty skaliste: bardzo wytrzymałe  $R_c > 120$  MPa; wytrzymałe  $R_c = 120-50$  MPa, średnio wytrzymałe  $R_c = 50-15$  MPa, mało wytrzymałe  $R_c = 15-5$  MPa; miękkie  $R_c < 5$  MPa.

Jak już uprzednio zaznaczono, dodatkowym kryterium bonitacji podłoża skalistego jest jego podatność na wietrzenie fizyczne i chemiczne (w tym rozpuszczanie i ługowanie składników ze skały).

### SKAŁY MAGMOWE

Skały magmowe stanowią bardzo dobre podłoże budowlane, mogące przenosić bardzo duże obciążenia. Zmniejszenie nośności następować może w przypadku naturalnego spękania skał, które bywa zwiększone w wyniku dawnych procesów wietrzeniowych. Obecnie skały te są mało podatne na procesy wietrzenia fizycznego i chemicznego.

Orientacyjnie można przyjąć, że **skały głębinowe** (granity, gabra) mają wytrzymałość na ściskanie 220–80 MPa, natomiast **skały wylewne** (ryolity, andezyty, melafiry, bazalty) mają wytrzymałość 230–70 MPa.

Ze względu na masywne tekstury skał magmowych (mała porowatość i nasiąkliwość) wody opadowe nie wsiąkają w podłoże, ale spływają powierzchniowo po nachylonych stokach. W przypadku terenów płaskich lub gdy są zagłębienia bezodpływowe, spływ jest utrudniony i istnieje tendencja do stagnowania wody na powierzchni terenu. W takich przypadkach dolne części obiektów budowlanych muszą być chronione przed oddziaływaniem wód powierzchniowych.

W zasadzie tereny zbudowane ze skał magmowych pozbawione są wody podziemnej, która mogłaby być użytkowana gospodarczo.

### SKAŁY OSADOWE

Tereny zbudowane ze skał osadowych wykazują bardzo duże zróżnicowanie pod względem właściwości geotechnicznych. Wynika to nie tylko z samego rodzaju skał, ale z ich szczelinowości, cech teksturalnych, podatności na wietrzenie fizyczne i chemiczne oraz układu warstw skalnych w podłożu gruntowym.

Najlepsze cechy geotechniczne mają zlitfikowane **skały okruchowe** (psamitowe i psamitowe). Jednak w zależności od lepizsca i gęstości spękań wykazują pewne zróżnicowanie. Przyjmuje się, że silnie zlitfikowane piaskowce mają wytrzymałość na ściskanie rzędu 200–70 MPa, natomiast słabo zlitfikowane 160–15 MPa.

Scementowane **skały aleurytowo-pelitowe** (mułowce, ilowce, łupki ilaste) mają wyraźnie zmieniające się cechy wytrzymałościowe w kierunku równoległym i prostopadłym do

powierzchni złupkowacenia. Orientacyjne wielkości wytrzymałości na ściskanie skał mocno zlitfikowanych są w granicach 5–2 MPa, słabo zlitfikowane cechują się wytrzymałością na ściskanie mniejszą od 2 MPa.

Stosunkowo wysoko oceniane jest podłoże zbudowane z **wapieni, margli, opok, gez.** Jednak ich wartość jako podłoża budowlanego zależy od szczelinowości, stopnia zwietrzenia i podatności na proces krasowienia. Uważa się, że wapienie masywne, dolomity, opoki mają wytrzymałość na ściskanie rzędu 120–10 MPa, natomiast margle i słabo zlitfikowane wapienie mają wytrzymałość na ściskanie mniejszą od 5 MPa.

Ze względu na silne spękania i znaczną porowatość, wody opadowe mogą infiltrować w głąb podłoża skalnego i tworzyć zbiorniki wód podziemnych. Przesączająca się woda w szczelinach masywu gruntowego utrudnia wykonywanie wykopów i prac podziemnych. Oddziaływać też może na podziemne części konstrukcji budowlanych. W przypadku budowy zbiorników wodnych należy się liczyć z „ucieczką” wody w głębsze warstwy podłoża. Ze względu na możliwość występowania w głębi pustek lub przeławień skał o słabszej nośności, przy projektowaniu ciężkich obiektów (szczególnie budowli hydrotechnicznych) istnieje konieczność dokładnego badania głębokiego podłoża budowlanego.

Lokalnie w Polsce występują w podłożu **gipsy lub anhydryty**. Są to bardzo słabe grunty budowlane podatne na procesy wietrzenia fizycznego oraz rozmywanie i ługowanie typu krasowego.

W regionie śląskim w podłożu budowlanym występuje czasem **węgiel kamienny**. Grunty te nie nadają się do posadowienia budowli. Pod wpływem czynników atmosferycznych następuje zmiana cech fizyko-mechanicznych węgla, czemu towarzyszyć może proces ich samozapalenia.

#### SKAŁY METAMORFICZNE

Skały metamorficzne stanowią bardzo dobre podłoże budowlane, charakteryzujące się znaczną wytrzymałością na ściskanie. **Gnejsy, amfibolity, serpentynity** mają wytrzymałość na ściskanie 210–60 MPa, **łupki krystaliczne** 60–40 MPa, kwarcyty 230–80 MPa, **marmury** 120–20 MPa. Zaznacza się jednak pewne zróżnicowanie właściwości w zależności od twardości minerałów budujących skały oraz kierunku działania siły na uporządkowany układ składników w skale. Niekiedy skały podatne są na wietrzenie fizyczne (np. łupki krystaliczne, fylity). Natomiast marmury mogą podlegać procesowi krasowienia.

Skały metamorficzne nie są wodorophilne ani wodoprzepuszczalne. Wody opadowe spływają powierzchniowo po zboczach terenu. W przypadku terenów płaskich lub z zagłębieniami bezodpływowymi następuje stagnacja wód opadowych. W podłożu brak jest wód podziemnych. Tylko w przypadku podłoża silnie spękanego lub zwietrzałego zaznacza się płytko pod powierzchnią terenu okresowe sączenie wody podziemnej. Większe skupienia wody podziemnej występują w skrasowiakach marmurach.

#### UWAGI DODATKOWE

Na nośność podłoża zbudowanych z gruntów skalistych bardzo poważny wpływ wywiera sposób ułożenia warstw skalnych o różnych cechach fizyko-mechanicznych.



Przy układzie płytowym, gdy warstwy leżą poziomo jedna na drugiej, czy też budowie monoklinalnej, gdy leżące równolegle do siebie warstwy skalne nachylone są pod niewielkim kątem w jednym kierunku – na warunki budowlane wpływają tylko cechy fizyko-mechaniczne skał.

Jezeli masyw skalny charakteryzuje się **deformacjami ciągłymi**, czyli fałdowym układem warstw, to sytuacja geologiczna w poważnym stopniu determinuje lokalizację obiektów specjalnych (budowle hydrotechniczne, budownictwo ciężkie, obiekty wywołujące wibracje, szlaki komunikacyjne, budownictwo podziemne). Szczególnie wyważone muszą być decyzje lokalizacji na zdeformowanych fałdowo terenach zbudowanych ze *skał fliszowych*, to znaczy takich, gdzie naprzemianlegle występują nachylone pod znacznym kątem piaskowce, łupki ilaste i czasem margle. Na obszarach fliszowych, w wyniku inżynierskiej działalności człowieka następować może podcinanie i przeciążanie stoku, zwiększenie nawilgotnienia podłoża, w wyniku czego następuje obniżenie kohezji międzywarstwowej. W efekcie na zboczach następuje intensywny rozwój powierzchniowych ruchów masowych (spływy, osuwiska). Proces ten wspomagany jest przez oddziaływanie drgań na masyw skalny. Konsekwencją działania tych czynników są poważne awarie budowlane.

W przypadku obszarów o **deformacjach nieciągłych**, (uskoki, zręby, rowy tektoniczne) w podłożu istnieje przerwanie ciągłości warstw geologicznych i ich przesunięcie pionowe lub poziome. Powoduje to poważne zróżnicowanie rodzaju i jakości warstw skalnych w podłożu budowlanym. Uważa się też, że wzdłuż linii uskokowych istnieją w skali mikrosejsmicznej współczesne ruchy tektoniczne. Procesy te prowadzić mogą do awarii ciężkich budowli hydrotechnicznych (zapór) oraz awarii turbozespołów w elektrowniach.

W przypadku prostej budowy geologicznej jako orientacyjne obciążenia bezpieczne dla podłoża skalnych przyjmować można wielkości zawarte w starej normie PN-59/B-03020 (tab. 10.2).

Tabela 10.2. Orientacyjne obciążenie bezpieczne (w MPa) dla głównych typów skał przedczwartorzędowych (za normą PN-59/B-03020)

Skały	Niespękane	Mało spękane	Mocno spękane
Magmowe i metamorficzne	4,0	2,0	1,0
Piaskowce silnie zlitfikowane, wapienie masywne	2,0	1,0	0,6
Piaskowce słabo zlitfikowane, ilolupki, margle	1,0	0,5	0,3

### 10.3. ORIENTACYJNA OCENA GEOTECHNICZNA GRUNTÓW NIESKALISTYCH NA PODSTAWIE MAPY GEOLOGICZNEJ

Na obszarze przeszło 70% Polski w podłożu budowlanym Polski występują nieskaliste grunty kenozoiczne. Są to osady trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Największe



rozprzestrzenienie w kraju mają czwartorzędowe osady plejstocénskie związane z akumulacją lądolodu skandynawskiego. W mniejszym stopniu występują osady holocénskie, które uformowane zostały w ciągu ostatnich 12 tys. lat.

## GRUNTY TRZECIORZĘDOWE

Grunty trzeciorzędowe w Polsce są głównie pochodzenia morskiego lub jeziorzyskowego.

### OSADY NIESPOISTE (SYPKIE)

Osady niespoiste reprezentowane są przez piaski o różnym typie uziarnienia. Są to piaski pylaste (P $\pi$ ), piaski drobnoziarniste (Pd), piaski średnioziarniste (Ps), rzadziej piaski grube (Pr). Czasem są one z domieszką żwirów. Grunty te są zagęszczone (zg), rzadziej średnio zagęszczone (szg).

Piaski trzeciorzędowe złożone są zasadniczo z czystego kwarcu. Niekiedy w znaczących ilościach występuje muskowit i glaukonit (nadający osadom zielone zabarwienie).

### GRUNTY SPOISTE

Pod względem uziarnienia trzeciorzędowe grunty spoiste są najczęściej iłami (I) i iłami pylastymi (I $\pi$ ) o zawartości frakcji ilastej przekraczającej znacznie 40%. Według normy PN-81/B-03020 ility trzeciorzędowe zalicza się do konsolidacji typu D (grunty ilaste niezależnie od genezy). Jednak w odróżnieniu od iłów czwartorzędowych są znacznie lepiej skompresowane, niekiedy nawet wykazują „złupkowacenie” i są mało podatne na rozmakanie. W naturze charakteryzują się zazwyczaj konsystencją zwartą (zw) lub półzwartą (pzw).

We frakcji ilastej występować mogą minerały z grupy smektytu, dzięki którym grunt ma właściwości znacznego wchłaniania wody. Powoduje to zwiększenie jego objętości, szczególnie podczas zamarzania podłoża. W czasie wysychania grunt „kurczy” się. Zjawisko zmiany objętości iłów trzeciorzędowych jest często przyczyną nierównomiernego osiadania budowli.

Trzeciorzędowe grunty ilaste podatne są na proces *tiksotropii*, czyli uplastyczniania lub upłynniania podłoża pod wpływem wibracji, które samoczynnie zanikają po ustaniu drgań. Proces ten w poważnym stopniu utrudnia prowadzenie prac ziemnych i budowlanych sprzętem zmechanizowanym. W wielu przypadkach proces tiksotropii jest przyczyną poważnych awarii istniejących obiektów budowlanych.

W podłożu zbudowanym z iłów trzeciorzędowych występować mogą wewnętrzne spękania lub znajdują się cienkie warstewki piaszczyste. Przez nie przesączać się może woda, która lokalnie zmienia konsystencję iłów na bardziej plastyczną. Zjawisko to łącznie z tiksotropią jest przyczyną rozwoju procesów osuwiskowych na zboczach zbudowanych z iłów.

W iłach trzeciorzędowych występować może też gips, zazwyczaj w postaci kryształów dobrze widocznych. Obecność tego minerału, który łatwo podlega wietrzeniu, jest przyczyną silnej agresywności siarczanowej na konstrukcje metalowe i betonowe.

Trzeciorzędowe grunty spoiste zabarwione są na szaroczarno, szarozielono, szaro, pstro (zielono-czerwonawo), niekiedy biało lub czarno. W Polsce występuje cały szereg

regionalnych odmian iltów. Na przykład w rejonie Szczecina występują szaroczarne ilt septariowe (oligocen), w Polsce południowo-wschodniej występują ciemne ilt krakowieckie (miocen), w Wielkopolsce są pstre ilt poznańskie (pliocen).

### INNE GRUNTY TRZECIORZĘDOWE

W kompleksie osadów trzeciorzędowych występują również, różnej grubości warstwy węgla brunatnego (WB), który tworzył się głównie w miocenie. W terenach o zaburzonym przez lądolód układzie warstw (obszary zaburzone glaciektonicznie) węgiel brunatny znajdować się może na powierzchni lub płytko pod powierzchnią ziemi. Są to podłoża nie nadające się pod budownictwo. Pod wpływem czynników atmosferycznych i osuszania następuje spopielenie lub samozapalenie tego gruntu. Węgla brunatne stanowią środowisko gruntowo-wodne agresywne na konstrukcje metalowe i betonowe.

### GRUNTY CZWARTORZĘDOWE

Czwartorzęd dzieli się na plejstocen i holocen. W **plejstocenie** było szereg oziębień klimatycznych, czyli **okresów glacialnych (lodowcowych)**, w czasie których na obszar Polski wkraczał lądolód skandynawski. Między nimi były okresy ciepłe **interglacialne (międzylodowcowe)**. Glacjały dzielone są następnie na stadiały, natomiast interglacjały na interstadiały.

W Polskiej kartografii geologicznej wydziela się następujące glacjały i interglacjały (najmłodsze są u góry):

złodowacenie północnopolskie	Qp ⁴
interglacjał eemski	Qp ³⁻⁴
złodowacenie środkowopolskie	Qp ³
interglacjał mazowiecki	Qp ²⁻³
złodowacenie południowopolskie	Qp ²
interglacjał augustowski	Qp ¹⁻²
złodowacenie najstarsze	Qp ¹
preglacjał	Qp ⁰

Górna część czwartorzędu trwająca od zaniku lądolodu skandynawskiego (od około 12000 lat) nazywana jest holocenem.

Miąższość osadów czwartorzędowych w Polsce ma przeciętnie 50 m, a miejscami przekraczać może 200 m. Pod względem litologiczno-genetycznym w poziomie i pionie podłoża występuje bardzo duże zróżnicowanie osadów. Poniżej ograniczono się do krótkiego scharakteryzowania różnych genetycznie grup gruntów, które występują w ważniejszych zespołach form geomorfologicznych. Takie usystematyzowanie opisu umożliwia łatwiejsze przypisanie treści geologiczno-inżynierskich wydzieleniom genetyczno-litologicznym znajdującym się na mapach geologicznych.

### GRUNTY POCHODZENIA GLACJALNEGO (LODOWCOWEGO)

Wśród osadów bezpośredniej akumulacji lodowcowej wyróżnia się utwory moreny czołowej oraz moreny dennej. Moreny czołowe stanowią pagórkowate ciągi, jakie utworzyły się z materiału mineralnego wytopionego z czoła frontalnie topniejącego lodowca. Moreny



denne są płaskimi, falistymi lub pagórkowatymi obszarami znajdującymi się na zapleczu moren czołowych. Powstały one w wyniku wytopienia składników mineralnych znajdujących się w całej masie zanikającego powierzchniowo lądolodu.

### GRUNTY MORENY CZOŁOWEJ

Na obszarze moreny czołowej występują złożone układy wzajemnie przewarstwiających się gruntów gruboziarnistych (Ż, Po), wszystkich odmian piasków (Pr, Ps, Pd, Pπ) z domieszką żwirów i głazów. Miejscami w formie soczewek lub przewarstwień są grunty spoiste (zazwyczaj Pg, Gp, G, rzadziej Gpz, Gz, Ip, I, lub Πp, Π) z domieszką żwirów i głazów.

Grunty sypkie są zagęszczone (zg) lub średnio zagęszczone (szg) i w wyższych częściach terenu są mało wilgotne, w niższych mogą być wilgotne, a nawet mokre. Grunty spoiste mają konsolidację typu B i zazwyczaj są w stanie półzwałowym (pzw) lub twardeplastycznym (tpl).

Ze względu na skomplikowany układ warstw gruntu w podłożu, występować mogą lokalne soczewki wody zawieszonej powodujące okresowe, zmienne w czasie zwiększenie wilgotności gruntu.

W podłożu spotykane są duże głazy narzutowe powodujące poważne utrudnienie przy wykonywaniu prac ziemnych.

### GRUNTY MORENY DENNEJ

Osady moreny dennej reprezentowane są głównie przez gliny lodowcowe (gliny morenowe – gliny zwałowe). Są to najczęściej grunty mało lub średniospoiste z domieszką żwirów, kamieni i głazów (głównie Pg + Ż; Gp+Ż; G+Ż). We frakcji ilastej dominują minerały z grupy illitu, w znacznym udziale występuje węgiel wapnia. Znajdujące się na powierzchni terenu grunty spoiste zazwyczaj mają konsolidację typu B. Zalegające w głębszym podłożu gliny lodowcowe, przez które przesunął się lądolód są lepiej skompresowane i zalicza się je do konsolidacji typu A. Często w wyniku procesów niszczących starsze gliny morenowe występować mogą na powierzchni lub płytko pod powierzchnią terenu.

Gliny lodowcowe (morenowe) znajdujące się na wierzchołkach wysoczyzn są mało wilgotne lub wilgotne i znajdują się w stanie półzwałowym (pzw) lub twardeplastycznym (tpl).

W glinach morenowych występują bardzo często cienie przewarstwienia lub soczewki piasków, którymi przemieszcza się woda sączeniowa. Jej obecność powodować może lokalne uplastycznianie podłoża gruntowego. W dolnych częściach wysoczyzn moreny dennej lub w zagłębieniach bezodpływowych okresowo grunty mogą być mokre i są w stanie plastycznym (rzadziej miękkoplastycznym).

Lokalnie pod wpływem podwyższonego nawilgotnienia grunty ulegają uplastycznieniu i częściowo zwiększają swą objętość. Wyraźne zwiększenie objętości następuje podczas przemarzania mokrego podłoża. W czasie przesychniania grunty zmniejszają swą objętość. Zjawiska te mogą powodować nierównomierne osiadanie budowli.

Niekiedy pod warstwą nieprzepuszczalnej gliny morenowej występują piaski, w których znajduje się woda podziemna (woda wgłębna) o zwierciadle napiętym. Jeżeli wody takie znajdują się pod dużym ciśnieniem, to podczas wykonywania głębszych wykopów następować może przebicie hydrauliczne i następuje zjawisko kurzawki. Do wykopu w sposób gwałtowny

wdziera się „nawodniony piasek” upłynniając znajdujący się w dnie wykopu grunt spoisty. Podłoże gruntowe staje się nienośne.

## GRUNTY POCHODZENIA RZECZNOŁODOWCOWEGO (FLUWIOGLACJALNE)

**Osady fluwioglacialne** powstały w wyniku akumulacji materiału transportowanego wodami płynącymi wewnątrz łądolodu, między bryłami rozpadającego się lodowca lub wodami wypływającymi na zewnątrz łądolodu. Osady te reprezentowane są głównie przez warstewkowane utwory piaszczysto-żwirowe, czasem materiał pylasty.

Najbardziej charakterystycznymi formami akumulacji rzecznołodowcowej są kemy i sandry. **Kemy** to pagórki o różnej powierzchni, kształcie i wysokości, które powstały w wyniku akumulacji materiału mineralnego między bryłami topniejącego łądolodu. **Sandry** stanowią rozległe stożki o zazwyczaj płaskich powierzchniach, znajdujące się na zewnątrz dawnego czoła łądolodu. Utworzone zostały przez akumulację materiału transportowanego wodami wypływającymi bramami lodowcowym na przedpole łądolodu.

## GRUNTY KEMÓW

Zazwyczaj kemy charakteryzują się konsekwentnym w pionie układem warstw gruntu. W spagu występują pyły piaszczyste ( $\Pi p$ ), piaski pylaste ( $P\pi$ ) lub piaski drobne ( $Pd$ ). Ku górze przechodzą one w piaski średnie ( $Ps$ ) i grube ( $Pr$ ), z przelawiczeniami pospółki ( $Po$ ) i żwiru ( $\dot{Z}$ ). W części stropowej znajdują się często grunty gliniaste z domieszką żwirów i kamieni (najczęściej  $Pg + \dot{Z}$ ;  $Gp + \dot{Z}$ ).

Grunty sypkie są średnio zagęszczone ( $szg$ ) i zazwyczaj są mało wilgotne. U podstawy formy kemowej następować może czasem wypływ wody gruntowej i grunt jest wilgotny, a nawet mokry.

Gdy kem zbudowany jest z utworów pyłowych ( $P\pi$ ,  $\Pi p$ ,  $\Pi$ ) grunty te mają konsolidacje typu C. Jeżeli grunty te skompresowane zostały przez łądolód, konsolidacja ich jest typu B. Grunty pyłowe kemów są zazwyczaj mało wilgotne lub wilgotne. W przypadku naturalnego lub sztucznego spiętrzenia wody podziemnej następować może zjawisko uplastyczniania gruntu, a nawet rozwój *procesu sufozji* – czyli podziemnego wymywania drobnych ziarn. W podłożu tworzyć się mogą pustki, które pod wpływem ciężaru nadległych warstw lub nacisku budowli powodują zapadanie powierzchni terenu.

## GRUNTY SANDRÓW

Sandry zbudowane są głównie z piasków średnich ( $Ps$ ) i drobnych ( $Pd$ ) z domieszką żwirów. Występować też mogą przewarstwienia żwirów ( $\dot{Z}$ ) i pospółek ( $Po$ ). Grunty sypkie sandrów są zazwyczaj średnio zagęszczone ( $szg$ ). W formie niewielkich soczewek zalegać też mogą grunty mało- i średnio spoiste. W zależności od usytuowania formy sandrowej w stosunku do lokalnej sieci dolinnej, zwierciadło wody podziemnej znajduje się na różnych głębokościach. W miejscach wyżej położonych jest zazwyczaj głębiej niż 2–5 m p.p.t. W pobliżu dolin może być płycej niż 2 m p.p.t. Przesuszone i nie pokryte roślinnością powierzchnie sandrów poddane są procesom eolicznym i tworzą się na nich rozległe pola wydymowe.



## GRUNTY POCHODZENIA JEZIORNOLODOWCOWEGO (LIMNOGLACJALNE)

Osady limnoglacialne tworzyły się w przylodowcowych zbiornikach wodnych, które z jednej strony ograniczone były czołem lądolodu, a z pozostałych wysoczyznami morenowymi. W zbiornikach takich tworzyły się osady cienko warstewkowane (tzw. ily wstępowe-warwowe). Laminy te złożone są naprzemianległe z iltu/pyłu lub pyłu/piasku pylastego. Ze względu na takie zróżnicowanie ocena geotechniczna gruntu podaje tylko wielkości uśrednione, a nie właściwości odrębnych pod względem swych właściwości warstewek. We frakcjach drobnych wśród minerałów ilastych dominuje illit i częściowo kaolinit. Zalegające na powierzchni grunty jeziornolodowcowe mają konsolidację typu C. Jeżeli skompresowane zostały przez młodszy lądolód to konsolidacja gruntu jest typu B. Grunty takie spotykane są na obszarach Polski północnej.

Ze względu na warstewkowy układ lamin o różnej przepuszczalności są to grunty okresowo mało wilgotne będące w stanie półzwartym (pzw) lub twardoplastycznym (tpl), przy zwiększonym nawilgotnieniu przechodzą w stan plastyczny (pl) lub miękkoplastyczny (mpl). Pod wpływem zmian wilgotności grunty zmieniają swoją objętość, szczególnie gdy następuje przemarzanie podłoża (tworzą się wysadziny). Zjawisko to powoduje nierównomierne osiadanie budowli oraz przełamy drogowo. W gruntach tych rozwijać się może *proces tiksotropii* (czyli samoczynnego upłynniania pod wpływem drgań) oraz *proces sufozji* (mechanicznego wymywania drobnych cząstek przez przesączające się wody podziemne). Na zboczach zbudowanych z gruntów glacialimnicznych pod wpływem wód opadowych (lub roztopowych) powstawać mogą bruzdy erozyjne lub nawet małe wąwozy. Podłoże zbudowane z gruntów jeziornolodowcowych jest podatne na rozwój powierzchniowych ruchów masowych (spływy, osuwiska).

W cieplejszych okresach plejstocenu na obszarze Polski znajdowały się rozległe jeziorzyska i rozlewiska. Osadziły się w nich grunty średnio spoiste (G, G_π) zwięzłe spoiste (G_z, G_{πz}), a nawet bardzo spoiste (Ip). Grunty te mają konsolidację typu C, a starsze, które skompresowane zostały przez lądolód typu B. Są to zazwyczaj grunty mało wilgotne lub wilgotne znajdujące się w stanie półzwartym (pzw) lub twardoplastycznym (tpl). Ich cechy geotechniczne są na pograniczu między gruntami akumulacji lodowcowej a jeziornolodowcowej.

## GRUNTY OBSZARÓW ZABURZONYCH GLACITEKTONICZNIE

W wielu regionach Polski niżowej (szczególnie zachodnich) występują grunty przedczwartorzędowe, lodowcowe i wodnolodowcowe, które w wyniku statycznego i dynamicznego działania lądolodu zostały wyciśnięte i przesunięte z miejsca ich pierwotnego zalegania na wtórne złożo. Są to grunty zaburzone glacitektonicznie, które często budują na Nizie Polskiej wyniesienia typu pagórków lub wzgórz.

W podłożu występują grunty ułożone w formie fałdów stojących, obalonych, zuskokowanych warstw omz, porwaków. Reprezentują one różne genetycznie i wiekowo rodzaje osadów. Powoduje to bardzo złożony charakter właściwości fizycznych podłoża budowlanego.

W warunkach takich wody podziemne występują w układzie soczewkowatym o zróżnicowanym ciśnieniu. W różnych poziomach gruntów spoistych występują też wody

sączeniowe. Jeżeli wody te występują w środowisku trzeciorzędowych gruntów spoistych i organicznych, mogą wykazywać właściwości agresywne w stosunku do konstrukcji betonowych i metalowych.

Obecność wody podziemnej w podłożu w poważnym stopniu wpływa na lokalne uplastycznianie gruntów spoistych. Istnieje możliwość rozwoju procesu sufozji i tiksotropii. Na zboczach, zbudowanych z gruntów zaburzonych glacytektonicznie, w sposób katastrofalny rozwijają się procesy osuwiskowe. Pod wpływem wód opadowych lub roztopowych na zboczach następuje rozwój procesu ablacji, w wyniku którego formują się bruzdy erozyjne i wąwozy.

#### GRUNTY POCHODZENIA RZECZNEGO (FLUWIALNE-ALUWIALNE)

Z punktu widzenia oceny właściwości budowlanych gruntów pochodzenia rzeczno-odrębnie należy traktować materiał znajdujący się w obrębie rzecznych **teras nadzalewowych** – to jest obszarów, które nawet w czasie największych powodzi nie są zalewane, oraz utwory budujące **terasy zalewowe** – czyli obszary zalewane wodami powodziowymi w czasie wezbrań rzeki.

#### GRUNTY TERAS NADZALEWOWYCH

Grunty budujące terasy nadzalewowe są najczęściej piaskami średnimi (Ps) i drobnymi (Pd), przewarstwowionymi pospółką. W terenach górskich są to zazwyczaj grunty kamieniste (KR, O) lub żwirowe (Z). W strefie wyżynnej i niżowej spotykane są też w obrębie teras nadzalewowych grunty pyłowe (P $\pi$ ,  $\Pi$ p) lub rzadziej gliniaste (Pg, Gp, G).

Piaski są zazwyczaj średnio zagęszczone (szg) i mają domieszkę żwirów. Gdy powierzchnia tych gruntów jest zwydmiona, podłoże jest słabo zagęszczone (l). Na terasach nadzalewowych woda podziemna o zwierciadle swobodnym znajduje się zazwyczaj głębiej niż 2–5 m p.p.t.

Grunty spoiste teras nadzalewowych są słabo skompresowane (konsolidacja typu C). Są zazwyczaj w stanie półzwałym (pzw) lub twaroplastycznym (tpl). W podłożu takim rozwijają się mogą zjawiska sufozyjne, a na stromych zboczach ablacja deszczowa powodująca liniowe rozcinanie powierzchni lub rozwój powierzchniowych ruchów masowych.

#### GRUNTY TERAS ZALEWOWYCH

Przypowierzchniowa warstwa teras zalewowych zbudowana jest z gruntów holocenicznych lub pochodzących z przełomu plejstocenu i holocenu. Mięszkość tych utworów jest od niecałego metra do kilkunastu metrów. Są to grunty niespoiste, spoiste oraz grunty organiczne.

Grunty sytkie są zazwyczaj piaskami średnimi (Ps), drobnymi (Pd) lub pylastymi (P $\pi$ ), rzadziej piaskami grubymi (Pr). Grunty te są w stanie luźnym, lokalnie nawet z  $I_D < 0$ , są mokre lub nawodnione. Jako naturalne domieszki w gruntach tych występują żwiry lub szczątki organiczne. W terenach górskich terasy zalewowe zbudowane są z gruntów kamienisto-żwirowych. Grunty niespoiste w obrębie teras zalewowych występują w strefach aktualnych lub kopalnych koryt rzecznych (tzw. facja korytowa teras zalewowych).

Grunty spoiste reprezentowane są najczęściej przez piaski gliniaste (Pg) lub gliny piaszczyste (Gp) i gliny (G). Grunty te występują w tych częściach teras, które okresowo



zalewane są wodami powodziowymi (tzw. facja powodziowa teras zalewowych). W miejscach dawnych starorzeczy na terasie zalewowej występować mogą grunty zwięzłe spoiste (zws) lub bardzo spoiste (bs). Grunty te mają konsolidację typu C. Są mokre lub nawodnione. Znajdują się w stanie plastycznym (pl) lub miękkoplastycznym (mpl).

W obrębie terasy nadzalewowej występować też mogą różnej grubości namuły organiczne (Nm) i torfy (T). Grunty te są nienośne i zmieniają w czasie swoje właściwości fizyczne. Pod wpływem nacisku ulegają odkształceniu i wypieraniu na boki. Podłoże gruntowe jest nawodnione i stanowi środowisko agresywne na konstrukcje metalowe i betonowe. W trakcie osuszania następuje utrata organicznej struktury gruntu, która ulegać może spopieleniu. Istnieje możliwość samozapalenia gruntów organicznych.

### GRUNTY POCHODZENIA WIATROWEGO (EOLICZNE)

W wyniku działania wiatru na suche podłoże nieskaliste mineralne, które nie jest pokryte roślinnością, następuje wywiewanie i przewiewanie znajdujących się tam składników transportowanych w powietrzu na inne miejsca. W wyniku procesów eolicznych tworzą się lessy oraz osady wydymowe.

### LESSY

Grunty lessowe powstają z pyłowo-iłowych agregatów, które w czasie burz pyłowych wywiewane są z suchego podłoża i transportowane przez wiatr na pewną odległość. W Polsce przyjmuje się, że transport ten miał charakter lokalny. Materiał pyłowy wywiewany był z den dolin lub przesychających form akumulacji lodowcowej (moreny denne, kemy, sandry). Akumulacja pyłu następowała na powierzchniach zadarnionych lub nawilgotnionych. Pokrywy lessów mają grubość od niecałego metra do kilkunastu metrów. Materiał ten osadzany był głównie na wierzchołkach lub zboczach dolin w Polsce południowej (obszar Wyżyn i Przedgórzy).

Lessy reprezentowane są przez grunty pyłowe ( $\Pi$ ), pyły piaszczyste ( $\Pi p$ ), rzadziej przez grunty średnio spoiste, np. gliny (G) lub gliny pylaste ( $G\pi$ ). Szkielet mineralny w lessach koncentruje się głównie we frakcji 0,05–0,01 mm i 0,01–0,005 mm. Obok kwarcu w osadzie tym występuje zazwyczaj powyżej 5% węgla wapnia. Grunty lessowe określane są jako makroporowate, gdyż średnice porów są większe od cząstek szkieletu gruntowego. Grunty te pod wpływem nawilgotnienia zmniejszają swoją objętość i dlatego traktowane są jako grunty zapadowe. Pod wpływem nacisku budowli następuje dalsze zmniejszanie objętości, które przez W.C. Kowalskiego nazywane jest dosiadaniami.

Grunty lessowe mają konsolidację typu C. Są zazwyczaj mało wilgotne (mw) i znajdują się w stanie półzwartym (pzw) lub zwartym (zw).

W gruntach tych pod wpływem przesiąkającej wody (infiltracyjnej, filtracyjnej) w sposób katastrofalny rozwijają się procesy sufozyjne. Lessy znajdujące się na zboczach dolin są bardzo podatne na proces ablacji, czyli liniowego ich rozcinania przez wody opadowe. W efekcie na zboczach następuje rozwój gęstej sieci wąwozów. Towarzyszy temu intensywny zmyw powierzchniowy materiału mineralnego. W konsekwencji na zboczach wierzchołków lessowych i u ich podnóży tworzą się pokrywy pyłowych osadów deluwialnych o znacznie słabszych cechach budowlanych niż materiał macierzysty.

## OSADY WYDMOWE

W efekcie przewiewania materiału mineralnego na suchym podłożu piaszczystym następuje formowanie się pojedynczych form wydmowych lub tworzą się zespoły tych form określane jako **poła wydmowe**. Obniżenia, z których wywiewany jest piasek, nazywane są **nieckami (połami) deflacyjnymi**. W przypadku gdy misa taka dojdzie do poziomu wody gruntowej, rozwijać się tu może akumulacja organiczna (torfowa). Utwory wydmowe tworzą się głównie na powierzchniach sandrów, terasach pradolin, terasach rzecznych oraz brzegu morskim.

Piaski wydmowe są średnie (Ps) lub drobne (Pa). Charakteryzują się bardzo dobrym wysortowaniem, gdyż prawie wszystkie ziarna zawarte są we frakcji 0,5–0,1 mm. Podłoże jest zazwyczaj suche lub mało wilgotne. Grunty znajdują się w stanie luźnym i pod wpływem obciążenia ulegają odkształceniu.

## OSADY BAGIENNO-TORFOWE

W obniżeniach terenowych takich jak dna dolin rzecznych, obrzeżenia mis jeziornych powstają **grunty organiczne**. Są to młode, głównie holocenyckie namuły i torfy powstałe z nagromadzenia obumarłych szczątków roślinnych (trawy, turzyce, mchy, trzciny, krzewy, drzewa). Ze względu na skład roślinny, stopień rozłożenia substancji roślinnej, domieszkę części mineralnych wykazują dużą zmienność cech geotechnicznych. Są to podłoża bardzo porowate i silnie nawodnione. Pod wpływem obciążenia grunt ulega silnemu odkształceniu oraz wypieraniu na boki. Mimo że są to podłoża wodorophilne, to jednak cechują się niewielką wodoprzewodnością. Podczas osuszania podłoża torfowe ulegają spopieleniu lub podlegają samozapaleniu. Zarówno torfy jak i namuły stanowią środowisko gruntowo-wodne oddziałujące agresywnie na metale i beton.

Na dnach zbiorników jeziornych z obumarłych szczątków organicznych (o pancerzykach krzemionkowych lub węglanowych) tworzą się gytie. Są to szarobiałe, bardzo porowate grunty (głównie holocenyckie), które wykazują bardzo silne odkształcenia pod wpływem nawet małych naprężeń. Szczególnie szybko proces osiadania zachodzi po osuszeniu tego podłoża.

W wyniku chemicznego wytrącania się z roztworów wodnych węglanu wapnia tworzy się kreda jeziorna, która zabarwiona jest na białe. W odróżnieniu od gytii akumuluje się zazwyczaj w przypowierzchniowych partiach podłoża. Również i to podłoże jest bardzo podatne na zmniejszanie objętości pod wpływem naprężeń.

W podłożu budowlanym spotyka się też starsze (plejstocenyckie) grunty organiczne, powstałe w okresach interglacjalnych. Są one lepiej skompresowane niż analogiczne grunty holocenyckie.

## GRUNTY POCHODZENIA MORSKIEGO

W Polsce plejstocenyckie osady morskie występują pod powierzchnią terenu w rejonie dolnej Wisły. Niektórzy dopatrują się również ich występowania w głębszym podłożu na Pomorzu Zachodnim. Grunty te reprezentowane są przez piaski i ły z domieszką mięczaków morskich.

Holocenyckie osady morskie na wybrzeżu budują formy mierzejowe. Są tu przeławienia i soczewki gruntów pochodzenia morskiego (głównie grunty niespoiste) jak i lądowego



(piaski wydymowe, sypkie i spoiste grunty jeziorne, grunty organiczne). Typowe utwory morskie reprezentowane są przez piaski średnie (Ps) i drobne (Pd), które przeławicone są pospółkami (Po) i żwirami (Z). Jako domieszka występują szczątki muszli mięczaków. Są to piaski luźne na pograniczu średnio zagęszczonych. Zazwyczaj są podłożami nawodnionymi. Na powierzchni piaszczystych gruntów morskich formują się ciągi wydym nadbrzeżnych, niekiedy o charakterze rozległych pól wydymowych.

#### GRUNTY INNEJ GENEZY

Mniejsze rozprzestrzenienie w kraju mają grunty innego pochodzenia, na przykład grunty deluwialne i grunty koluwialne.

#### GRUNTY DELUWIALNE

Są utworami znajdującymi się u podstawy stoku lub w jego dolnej części. Powstały w wyniku powierzchniowego spływu gruntów budujących zbocze. Zazwyczaj są to grunty spoiste o falistym (fluidalnym) warstewkowaniu, czasem z laminami piasku. Grunty deluwialne mają konsolidację typu C, ale są znacznie słabiej skompresowane niż grunt macierzysty budujący stok. Zazwyczaj grunty są mało wilgotne lub wilgotne i znajdują się w stanie twardo-plastycznym lub plastycznym.

#### GRUNTY KOLUWIALNE

Stanowią grunt, który w wyniku procesu zsuwu znajduje się obecnie u podstawy stoku. Jest to przemieszczony cały blok gruntu macierzystego, którego wewnętrzny układ został zdeformowany. Są to głównie grunty spoiste, które w swej masie mogą być mikrospekane, zawierać szczeliny i pustki. Przestrzeniami tymi swobodnie przesączać się może w podłożu woda podziemna, wypływając miejscami na powierzchnię terenu. Grunty koluwialne wykazują bardzo dużą zmienność właściwości geotechnicznych. Tereny zbudowane z takich gruntów traktowane są zazwyczaj jako obszary nie nadające się do bezpośredniego posadowienia obiektów budowlanych.

#### UWAGI DODATKOWE

Ocenę budowlaną podłoża gruntowego przeprowadzać można na podstawie kolejnych wersji normy PN-81/B-03020. Nie dysponując wynikami badań terenowych i laboratoryjnych orientacyjne wnioski dotyczące nośności podłoża uzyskuje się na podstawie map geologicznych.

W celu wstępnej oceny nośności podłoża gruntowego można wykorzystywać wytyczne znajdujące się w starej, już obecnie nie obowiązującej normie PN-59/B-03020, która w zależności od rodzaju gruntu, jego zagęszczenia, wilgotności i konsystencji podawała dopuszczalne obciążenia jednostkowe ( $k_2$ ) na głębokości 2 m p.p.t. Orientacyjne wielkości tych obciążeń przytoczono poniżej.

Grunty kamieniste i gruboziarniste w zależności od stopnia zagęszczenia mają  $k_2$  w zakresie 700–350 kPa; jeżeli grunty te mają charakter gliniasty to dla materiału  $tpl$   $k_2 = 400$ –200 kPa; zaś dla  $pl$   $k_2 = 200$ –100 kPa.

Piaski grube i średnie zg mają  $k_2 = 500$ –400 kPa, szg (400–300 kPa);  $l_n$  (300–200 kPa).

Piaski drobne i pylaste dla podanych powyżej stanów zagęszczenia mają odpowiednio  $k_2$  równe zg (400–200 kPa); szg (350–150 kPa);  $l_n$  (250–100 kPa).

/ Uwaga do powyższych danych. Pierwsze wartości są dla gruntów mało wilgotnych, drugie dla gruntów mokrych./

Grunty spoiste mają dopuszczalne obciążenie jednostkowe uzależnione od ich stanu. I tak dla stanów zw i pzw ( $k_2$  = 450–250 kPa); tpi (300–150 kPa); pi (200–80 kPa); mpi (<100 kPa).

Norma PN-81/B-03020 operuje pojęciem *naprężeń normowych*  $q_n$ , stanowiących naprężenia maksymalne, jakie mogą powstać w dowolnym punkcie podłoża, nie wywołując w nim odkształceń szkodliwych dla budowli. Wielkość  $q_n$  zależy od rodzaju i genezy gruntu, podstawowych parametrów geotechnicznych i typu konstrukcyjnego budowli. Przy założeniu, że mamy do czynienia z typowymi obiektami budownictwa ogólnego posadowionymi na ławach fundamentowych, których szerokość wynosi 1 m, długość 10 m, a zagłębienie fundamentu mierzonego od posadzki piwnicy wynosi 0,5 m, na podstawie daleko idącego uproszczenia przyjmować można następujące szacunkowe wartości  $q_n$ . Wydmowe piaski drobne i średnie  $l_n$  (180–140 kPa); różnoziarniste piaski rzecznych teras nadzalewowych szg (160–140 kPa); różnoziarniste piaski fluwiogłacjalne podłoża nieskompymowanych lodowcem szg (250–160 kPa); analogiczne grunty skompymowane lodowcem zg (280–170 kPa).

W przypadku gruntów spoistych wielkość *naprężeń normowych* uzależniona jest od typu konsolidacji i stanu gruntu. Orientacyjnie założyć można, że na wysoczyznach grunty spoiste są zazwyczaj w stanie tpi, rzadziej pi. Dla podłoży takich w poszczególnych grupach konsolidacji wartości  $q_n$  mieszają się w przedziałach A = 440–300 kPa; B = 330–220 kPa; C = 70–130 kPa.

W sąsiedztwie cieków, zbiorników wodnych, zagłębień bezodpływowych, dnach suchych dolin grunty spoiste są zazwyczaj w stanie pi lub mpi, w takim przypadku orientacyjne wielkości  $q_n$  dla poszczególnych typów konsolidacji kształtują się następująco: A = 300–100 kPa; B = 220–80 kPa; C < 70 kPa.

W normie PN-81/B-03020 nośność podłoża opiera się na obliczeniach dostosowanych do faktycznego podłoża gruntowego i oddziaływania konkretnego obiektu budowlanego. Zauważa się, że wyliczony wg tej normy *opór jednostkowy podłoża* ( $q_f$ ) stanowi około 1,4 obciążenia normowego ( $q_n$ ).

Mimo że wartości obciążeń dopuszczalnych ( $k_2$ ) oraz przytoczone orientacyjne wielkości obciążeń normowych ( $q_n$ ) i jednostkowego oporu podłoża mają tylko charakter szacunkowy, są bardzo przydatne do wstępnej oceny geologiczno inżynierskiej terenu opartej na analizie map geologicznych. Ocena taka ze względu na swoją prostotę wykorzystywana jest do szybkiego określenia przydatności budowlanej terenu, wyboru wstępnej lokalizacji obiektów budowlanych oraz szacowania materialnej wartości terenów przeznaczonych pod zabudowę. Przytoczone wartości traktować można jako orientacyjne obciążenia bezpieczne. Należy bardzo mocno podkreślić, że wartości te nie mogą być przyjmowane jako miarodajne do wykonywania konkretnych projektów budowlanych.



#### **10.4. PODSTAWOWE INFORMACJE O MAPACH LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNYCH**

Obecnie w Polsce w użyciu są Mapy Geologiczne Polski w skali 1:200 000 i Szczegółowe Mapy Geologiczne Polski w skali 1:50 000. Dla obszarów górskich i terenów niektórych miast wykonane są mapy w większych skalach.

Są też starsze mapy geologiczne Polski, np. w skali 1:300 000 (w zestawie tych map obok arkuszy litologiczno-stratygraficznych są geologiczno-inżynierskie, hydrogeologiczne, surowcowe).

Dla niektórych regionów są też stare mapy wykonane w skali 1:100 000; 1:75 000; 1:25 000.

##### **MAPA GEOLOGICZNA POLSKI W SKALI 1:200 000**

Mapa ta przedstawia treść geologiczną na podkładzie sytuacyjnym, na którym znajdują się ważniejsze miejscowości, drogi, rzeki, jeziora itp. W charakterystycznych punktach podane są wysokości w m n.p.m.

Utwory geologiczne na mapie przedstawione są sygnaturami barwnymi. Symbolami literowymi i cyframi podany jest wiek, geneza i rodzaj osadów. Wykaz ważniejszych symboli oraz ich interpretację geologiczno-inżynierską przedstawiono w tabeli 10.3.

Omawiane mapy wykorzystywane są do uzyskania przeglądowych informacji o budowie geologicznej terenu. Na tej podstawie opierać można wstępne wnioski o cechach geologiczno-inżynierskich podłoża, właściwościach hydrogeologicznych powierzchniowych warstw osadów, występowaniu surowców budowlanych.

##### **SZCZEGÓŁOWA MAPA GEOLOGICZNA POLSKI W SKALI 1:50 000**

W skali tej wykonane są mapy dla obszaru nizinnego i wyżynnego Polski. Treść geologiczna naniesiona jest na uproszczony podkład sytuacyjno-wysokościowy.

Na podstawie Szczegółowej Geologicznej Mapy określa się wiek, genezę i rodzaj osadów. Zawarte też są informacje o charakterze genetycznym rzeźby terenu. Barwne wydzielienia litologiczno-stratygraficzne objaśnione są dodatkowo symbolami literowo-cyfrowymi. W tabeli 10.4 zestawiono częściej spotykane wydzielienia litologiczno-stratygraficzne osadów i przypisano im orientacyjne odpowiedniki cech geologiczno-inżynierskich.

Do każdego arkusza mapy dołączone są objaśnienia w formie broszury. Obok tekstu zamieszczone są tam mapki w skali 1:100 000 będące szkicem warunków geomorfologicznych, hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich, surowcowych itp.

#### **10.5. TREŚĆ OPRACOWANIA**

Po zapoznaniu się z treścią rozdziału przeprowadzić ocenę geologiczno-inżynierską gruntu na podstawie wycinka mapy geologicznej. Opracowanie przedstawić w formie zestawienia.

Nazwa mapy geologicznej i skala :		
Nazwa arkusza mapy:		
Współrzędne geograficzne ocenianego terenu:		
Lp.	Cechy	Opis
1.	Wiek, geneza rodzaj litologiczny osadu	
2.	Rodzaj gruntu	
3.	Zagęszczenie gruntu sypkiego Konsolidacja gruntu spoistego	
4.	Wilgotność gruntu Stan gruntu spoistego	
5.	Orientacyjne wielkości normowych parametrów geotechnicznych	
6.	Orientacyjna wielkość obciążenia bezpiecznego w kPa	
7.	Współczynnik filtracji	
8.	Orientacyjna miąższość warstwy suchej w metrach	
9.	Orientacyjny charakter agresywności środowiska gruntowo-wodnego	
10.	Ocena budowlana podłoża gruntowego	

### Wyjaśnienia:

Wiersz 1. Wiek, genezę i litologię podać zgodnie z objaśnieniem znajdującym się na mapie.

Wiersz 2. Rodzaj gruntu podać zgodnie z reinterpretacją podaną w tabeli 10.3 lub 10.4.

Wiersz 3. Zagęszczenie gruntów niespoistych (sypkich) podać zgodnie z opisem podanym w tym rozdziale oraz reinterpretacją przedstawioną w tabeli 10.3 lub 10.4. Typ konsolidacji gruntów spoistych podać na podstawie charakteru genetycznego i wieku osadu na mapie.

Wiersz 4. W ćwiczeniu przyjmować, że grunty znajdujące się w pobliżu cieków (rzeki, rowy melioracyjne), zbiorników powierzchniowych wody (jeziora, stawy, zalewy, torfowiska) są mokre lub wilgotne. W dnach suchych dolin i suchych zagłębieniach bezodpływowych są wilgotne. Na terenach wyżej położonych (wierzchowiny wysoczyzn i wyniesień) są mało wilgotne.

W ćwiczeniu dla gruntów spoistych arbitralnie przyjmować, że na wierzchowinach są to grunty mało wilgotne w stanie półzwarłym lub twardoplastycznym. Jeżeli grunty te są wilgotne, to znajdują się w stanie plastycznym, a gdy są mokre to w stanie miękkoplastycznym.

Wiersz 5. Dla ustalonego rodzaju gruntu sypkiego (jego wilgotności i zagęszczenia) oraz rodzaju gruntu spoistego (jego konsolidacji, wilgotności i stanu) na podstawie tabel 7.1–7.5 podać następujące normowe cechy geotechniczne: gęstość właściwą, gęstość objętościową, wilgotność naturalną, kąt tarcia wewnętrznego, spójność, moduł ścisłości.

Wiersz 6. Orientacyjne obciążenie bezpieczne podać zgodnie z tekstem w p.10.3 oraz reinterpretacją zawartą w tabeli 10.3 i 10.4.

Wiersz 7. Współczynniki filtracji podać zgodnie z tabelą 7.6. Wielkości te informują, czy podłoże jest przepuszczalne, czy też nie i z jaką prędkością następuje przemieszczanie się wody w podłożu gruntowym.

Wiersz 8. Prawdopodobne głębokości występowania wody podziemnej w ćwiczeniu określać na podstawie genetycznych cech rzeźby terenu, rodzaju gruntu. Stosować następujące przedziały miąższości warstwy suchej: 0–0,5 m; 0,5–2,0 m; > 2,0 m.

Dla gruntów sypkich (niespoistych) i spoistych znajdujących się na wierzchowinach wysoczyzn przyjmować miąższość warstwy suchej większą od 2 m.

Dla gruntów sypkich w sąsiedztwie cieków i zbiorników wodnych oraz na styku z gruntami spoistymi zakładać miąższość warstwy suchej 0,5–2,0 m. Dla gruntów spoistych, które są



nieprzepuszczalnymi lub słabo przepuszczalnymi, przyjmować, że wody podziemne znajdują się głębiej niż 5 m p.p.t. Bardzo często wody te mają zwierciadło napięte. W strefach styku gruntów spoistych z wodami powierzchniowymi oraz na kontakcie z gruntami sypkimi występować mogą wody sączeniowe oraz kapilarne. Powodują one uplastycznianie gruntów spoistych. W podłożach zbudowanych z gruntów organicznych przyjmować, że zwierciadło wody podziemnej jest płycej niż 0,5 m p.p.t.

Wiersz 9. Jako środowiska agresywne traktować podłoża zbudowane z gruntów organicznych (torfy, namuły) oraz iły trzeciorzędowe zawierające siarczany (gipsy). Agresywne są również podłoża, w które infiltrowała woda morska oraz zmineralizowana woda podziemna. Pomija się tu działanie agresji związanej z antropopresją.

Wiersz 10. Przedstawić własne określenie oceny podłoża dla celów budowlanych.

Tabela 10.3. Orientacyjne odpowiedniki geotechniczne ważniejszych wydzieleni litostratygraficznych na Mapie Geologicznej Polski 1:200 000

Wydzielenia litostratygraficzne		Orientacyjne cechy geotechniczne			
Symbol literowy	Objaśnienie litologiczne	Rodzaj gruntu	Zagęszczenie // konsolidacja gruntu spoistego	Wilgotność // stan gruntu spoistego	Obciążenie bezpieczne kPa
1	2	3	4	5	6
, H	Torf	T, Nm	brak	m//mpl, pl	0-50
gy H	gytie	Gy	brak	m//mpl, pl	0-50
a H	namuły	Nm (T,H)	brak	m//mpl, pl	0-50
j H	jeziorne: piaski; mułki, iły; kreda	Pπ, Pd, Ps	ln	m// -	50-100
		II, Ip	C	m// mpl, pl	0-50
		Gy	brak	m// mpl, pl	0-50
r H	rzeczne: żwiry, piaski mułki	Z, Po, Ps,	ln (szg)	m,w// -	100-200
		Pd	ln (szg)	m, w // -	100-150
		Pg, Πp	C	m, w//mpl, pl	<100
^a H	piaski stożków napływowych	Ps, Pd	ln	mw, w// -	100-150
ze	eluwia glin zwałowych	Pg,Gp	C	mw, w//tpl,pl	100-200
d	piaski i gliny deluwialne	Ps,Pd Pg,Gp	ln(szg) C	mw// - mw,w//tpl,pl	100-150
e	piaski eoliczne	Ps, Pd	ln	mw// -	100-200
w	piaski eoliczne w wydmachach	Ps, Pd	ln	mw// -	100-200
j B	piaski, mułki, iły i margle jeziorne	Ps,Pd,Pπ	szg	mw// -	150-250
		Π p, ΠI, Gpz,	C	mw,w//tpl,pl	50-200
		Ip	D	mw,w//tpl,pl	50-200
		Gy		mw,w//tpl,pl	<50
^b B	Piaski,(p),mułki (m), iły (i)	Pd //ΠIp	(ln/C)	mw,w//tpl,pl	150-250

	zastoiskowe	$P\pi/\Pi$ I // $\Pi$	C C	mw,w/tp1,pl mw,w/tp1,pl	120-200 <100
^{Ps} B	Piaski i żwiry wodnolodowcowe	Ż, Po Pr, Ps, Pd	szg/zg szg/zg	mw//— mw//—	250-500 200-400
^O B	Żwiry, piaski i gliny ozów	Ż, Po Pr, Ps, Pd Pg, Gp, G	szg/zg szg/zg C	mw//— mw//— mw,w/tp1,pl	250-500 200-400 200-300
^K B	Żwiry, piaski, mułki, gliny, iły kemów	Ż, Po Pr, Ps, Pd $\Pi p, \Pi$ Pg, Gp, G	szg/zg szg/zg C C	mw//— mw//— mw,w/tp1,pl mw,w/tp1,pl	250-500 200-400 80-250 200-300
^{II} B	Głazy, żwiry i piaski lodowcowe	Ż, Po Pr, Ps	szg/zg szg/zg	mw//— mw//—	250-500 250-400
^C B	Głazy, żwiry, piaski i gliny moreny czołowej	Ż, Po Pr, Ps Pg, Gp, G	szg/zg szg/zg B	mw/— mw/— mw//pzw, tp1	250-500 250-400 200-300
^{II} B	gliny zwalowe	Pg, Gp, Gpz	B	mw/pzw, tp1	200-450
^I B	less	$\Pi, \Pi p$	C	mw//pzw	80-150
TrQ	kry utworów trzeciorzędowych	Ps, Pd P $\pi$ G $\pi z, l$	zg szg/zg B, D	mw//— mw//— mw//zw, pzw	300-400 250-350 300-450

#### OBJASNIENIA DODATKOWE (do tab. 10.3)

Dla oznaczenia wieku gruntów przyjmowane są następujące symbole: H – holocen, B – zlodowacenie północnopolskie, E – interglacjał eemski, S – zlodowacenie środkowopolskie, M – interglacjał mazowiecki, P – zlodowacenie południowopolskie, K – interglacjał augustowski (kromerski), G – zlodowacenie najstarsze. Każde zlodowacenie podzielone jest na stadiały i fazy. Na przykład dla zlodowacenia północnopolskiego stosuje się następującą symbolikę faz: leszczyńska B^L, poznańska B^P, pomorska B^{PM}.

W przypadku gdy na terenie objętym zlodowaceniem młodszym na powierzchni występują osady starszych zlodowaceń, to grunty sypkie są lepiej zagęszczone, a grunty spoiste są bardziej skonsolidowane od gruntów zlodowacenia młodszego.

Symbole rodzaju gruntów, ich wilgotności, konsolidacji i stanów podane są za normami PN-81/B-03020, PN-86/B-02480, PN-88/B-04481.

Obciążenia bezpieczne podano nawiązując do zmodyfikowanych wielkości z normy PN-59/B-03020. Niższa wartość dotyczy gruntu bardziej wilgotnego.



Tabela 10.4. Orientacyjne odpowiedniki geotechniczne wydziałów litostratygraficznych na Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski 1:50 000

Wydziałenia litostratygraficzne		Orientacyjne cechy geotechniczne			
Symbol litrowy	Objaśnienie litologiczne	Rodzaj gruntu	Zagęszczenie // Konsolidacja gruntów spoistych	Wilgotność // stan gruntu spoistego	Orientacyjne obciążenie bezpieczne [kPa]
1	2	3	4	5	6
$_{t} Q_b$	Torf	T, Nm	brak	m/pl, mpl	0-50
$_{n} Q_b$	Namuły	T, Nm	brak	m/pl, mpl	0-50
$_{gy} Q_b$	Gytia	Gy	brak	m/mpl, pl	0-50
$_{kj} Q_b$	Kreda jeziorna	Gy	brak	m/mpl, pl	0-50
$_{ma} Q_b$	Mady	$H_{P1}, H_{P2}$	ln	w,m/-	50-150
		$H_{P3}, H_{Op}$	C	w,m/ pl, mp	0-50
$_{p} Q_b$	Piaski rzeczne	Ż, Po	ln(szg)	m,w/-	100-200
		Ps, Pd	ln	m,w/-	100-150
$_{p}^* Q_b$	Piaski cöliczne (wydmowe)	Ps, Pd	ln	mw/-	150-200
$_{gl} Q_b$	Gliny deluwialne	Pg, Gp	C	mw,w/tp, pl	100-150
$_{m} Q_{b4}$	Mulki jeziorne	Pπ	ln	mw,w/-	150-250
		Pg, Πp, Π	C	mw,w/tp, pl	120-200
$_{p}^r Q_{b4}$	Piaski rzeczne	Ps, Pd	szg	mw,w/-	150-400
$_{ps} Q_{b4}$	Piaski i żwiry wodnolodowcowe	Ż, Po	szg/zg	mw/-	250-500
		Pr, Ps	szg/zg	mw/-	250-400
		Pd, Pπ	szg/zg	mw/-	200-300
$_{p}^s Q_{b4}$	Piaski sandrów	Ps, Pd	szg	mw(w)/-	200-400
$_{ps}^k Q_{b4}$	Piaski i żwiry kemów	Ż, Po	szg/zg	mw/-	250-500
		Pr, Ps, Pd	szg/zg	mw/-	200-400
$_{m}^k Q_{b4}$	Mulki kemów	Pπ	szg	mw,w/-	100-250
		Πp, Π	C	mw,w/tp, pl	100-250

		Pg,Gp,G	C	mw,w//tpl,pl	200-300
$Q_{p4}$	Piaski i żwiry ozów	Ż,Po	szg/zg	mw//—	250-500
		Pr,Ps,Pd	szg/zg	mw//—	200-400
$Q_{p4}$	Mulki zastoiskowe	Pπ	szg	mw,w//—	80-250
		Πp, Π	C	mw,w//tpl,pl	80-250
		Pg,,Gp,G	C	mw,w//tpl,pl	200-300
$Q_{p4}$	Iły warwowe	Pπ // Π	C	mw,w//tpl,pl	120-200
		I // Π	C	mw,w//tpl,pl	<100
$Q_{p4}$	Gliny zwałowe	Pg,Gp,G	B	mw//pzw,tpl	200-450
$Q_{p4}$	Piaski i żwiry moreny czołowej	Ż ,Po	szg/zg	mw//—	250-500
		Pr,Ps	szg/zg	mw//—	250-400
$Q_{p4}$	Less	Π, Πp	C	mw//pzw	80-150

#### OBJAŚNIENIA DODATKOWE (do tab. 10.4)

Dla oznaczenia wieku gruntów przyjmowane są następujące symbole:  $Q_1$ — holocen,  $Q_p^4$  — zlodowacenie północnopolskie,  $Q_p^{3-4}$  — interglacjał eemski,  $Q_p^3$  — zlodowacenie środkowopolskie,  $Q_p^{2-3}$  — interglacjał mazowiecki,  $Q_p^2$  — zlodowacenie południowopolskie,  $Q_p^{1-2}$  interglacjał augustowski (kromerski),  $Q_p^1$  — zlodowacenie najstarsze,  $Q_p^0$  — preglacjał. Każde zlodowacenie podzielone jest na stadiały i fazy.

W przypadku gdy na terenie objętym zlodowaceniem młodszym na powierzchni występują osady starszych zlodowaceń, to grunty sypkie są lepiej zagęszczone, a grunty spoiste są bardziej skonsolidowane od gruntów zlodowacenia młodszego.

Symbole rodzaju gruntów, ich wilgotności, konsolidacji i stanów podane są za normami PN-81/B-03020, PN-86/B-02480, PN-88/B-04481.

Obciążenia bezpieczne podano nawiązując do zmodyfikowanych wielkości z normy PN-59/B-03020. Najniższa wartość dotyczy gruntu bardziej wilgotnego.



## 11. OPRACOWANIE PRZEKROJÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH I MAP CIĘĆ NA PODSTAWIE SZCZEGÓŁOWEJ MAPY GEOLOGICZNEJ

### 11.1. WPROWADZENIE

W przypadku gdy nie dysponuje się szczegółowymi informacjami o charakterze gruntów w danym terenie, w sposób szybki można je uzyskać na podstawie analizy szczegółowych map geologicznych. Są to jednak **mapy zakryte**, czyli przedstawiające cechy podłoża do głębokości 2 m p.p.t. Charakter głębiej leżących warstw gruntu otrzymuje się na podstawie porównania do sytuacji typowej dla danego regionu geologicznego i ekstrapolacji jej do konkretnego wycinka terenu. Prawdliwość wnioskowania geologiczno-inżynierskiego zależy od doświadczenia i intuicji interpretatora, który stosując metodę analogii do przebadanych już szczegółowo obszarów, przeprowadza logicznie uzasadnioną interpretację treści mapy. Ze względu na fakt, że charakter cech inżynierskich podłoża gruntowego określany jest tylko na przesłankach geologicznych, wyniki takiego wnioskowania nazywa się **oceną geologiczno-inżynierską**, a nie geotechniczną.

Wyniki takiej analizy stanowią podstawę do wstępnej lokalizacji inwestycji inżynierskich oraz rodzaju i zakresu terenowych badań geotechnicznych podłoża gruntowego. Do orientacyjnego wnioskowania o cechach podłoża budowlanego konieczne jest wykonanie przekrojów geologiczno-inżynierskich, aby na tej podstawie wykonać **mapy cięć** informujące o charakterze gruntów na określonej głębokości poniżej powierzchni terenu lub też na określonej rzędnej nad poziomem morza.

Wstępną ocenę geologiczno-inżynierską znajdujących się na mapie wydzielen litologiczno-stratygraficznych prowadzić należy zgodnie z treścią rozdziału 10.

### 11.2. WYKONANIE PRZEKROJU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO

Przekrój geologiczno-inżynierski ze szczegółowej mapy geologicznej wykonywać należy uwzględniając poniższe wytyczne.

1) Na wstępie konieczne jest wykonanie powiększenia ze szczegółowej mapy geologicznej interesującego wycinka terenu, wraz z otoczeniem o szerokości 200–500 m. Wskazane jest, aby powiększenie to było w skali 1:5000. Powiększona mapa musi być zorientowana względem stron świata, a jej naroża opisane współrzędnymi geograficznymi. Należy podać tytuł i skalę mapy (liczbową i liniową). Przykład powiększonego wycinka terenu ze szczegółowej mapy geologicznej przedstawia rys. 11.1.

2) Na podstawie znajdujących się na powiększonym wycinku mapy wydzielen litologiczno-stratygraficznych należy wykonać tabelę objaśniającą. Wypełnienie wszystkich rubryk nastąpić może dopiero po wykonaniu i wnikliwej analizie przekrojów geologiczno-inżynierskich i map cięć.

W tabeli podaje się wydzielenia litologiczno-stratygraficzne (zgodne z oryginałem mapy wyjściowej) oraz ich interpretację geologiczno-inżynierską. W tabeli osady najstarsze umieszcza się na samym dole. Młodsze stopniowo układane są coraz to wyżej. Pozycja wiekowa osadów w tabeli musi być zgodna z objaśnieniami na mapie geologicznej. Przykład tabeli objaśniającej podano na rys. 11.2.

Interpretacja geologiczno-inżynierska powinna zawierać informacje o: rodzajach gruntów; ich zagęszczeniu (dla gruntów sypkich) oraz konsolidacji i konsystencji (dla gruntów spoistych); wodoprzepuszczalność.

Zgodnie z treścią rozdziału 10 w ćwiczeniu orientacyjnie należy przyjąć, że piaski wydmy i teras zalewowych mają  $I_D < 0,33$ ; piaski teras nadzalewowych i równi zastoiskowych  $I_D = 0,33-0,40$ ; młodsze stratygraficznie wodnolodowcowe osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe  $I_D = 0,40-0,67$ ; starsze niespoiste osady wodnolodowcowe  $I_D > 0,67$ .

Konsolidację gruntów spoistych podaje się po ustaleniu ich wieku i genezy zgodnie z normą PN-81/B-03020. Stan gruntów spoistych w poważnym stopniu uzależniać należy od ich położenia terenowego. Dla gruntów spoistych znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie wód powierzchniowych, torfowisk, zagłębień bezodpływowych oraz den suchych dolin przyjmować można  $I_L = 0,25-0,50$ . Gruntom spoistym znajdującym się na wysoczyznach przypisać można  $I_L = 0,00-0,25$ .

Przepuszczalność gruntów scharakteryzować należy za pomocą współczynnika filtracji przypisanego danemu rodzajowi gruntów, zgodnie z tabelą 8.6.

Przykład tabeli objaśniającej mapy geologiczne i przekroje znajduje się na rys. 11.2.

3) Na mapie wyznacza się linie przekrojowe, które powinny być usytuowane w poprzek strefy największej zmienności warstw. Ilość linii przekrojowych powinna być na tyle gęsta, aby mogła stanowić podstawę do konstrukcji wiarygodnych map cięć podłoża gruntowego. Końce wszystkich linii przekrojowych muszą być oznaczone symbolami (literowymi lub cyfrowymi).

4) Na papierze milimetrowym dla każdego przekroju rysuje się układ osi współrzędnych prostokątnych.

Os odciętych (odległościowa) powinna być wykonana w skali mapy i podzielona na określone odcinki (np. co 100 m lub 200 m). Os rzędnych wykonywana jest w skali 1:100, 1:200, rzadziej 1:500. Os tą opisuje się z boku rzędnymi wysokości w metrach nad poziomem morza (m n.p.m.).

Przecięcie osi rzędnych z osią odciętych powinno znajdować się 5–15 m głębiej niż wynosi rzędna najniższej usytuowanego punktu powierzchni terenu na danej linii przekroju geologiczno-inżynierskiego.

U góry każdy przekrój należy zatytułować oraz podać liczbową skalę pionową i poziomą. Krawce każdego przekroju oznaczone muszą być symbolami, analogicznymi jak linie przekrojowe na mapie wyjściowej.

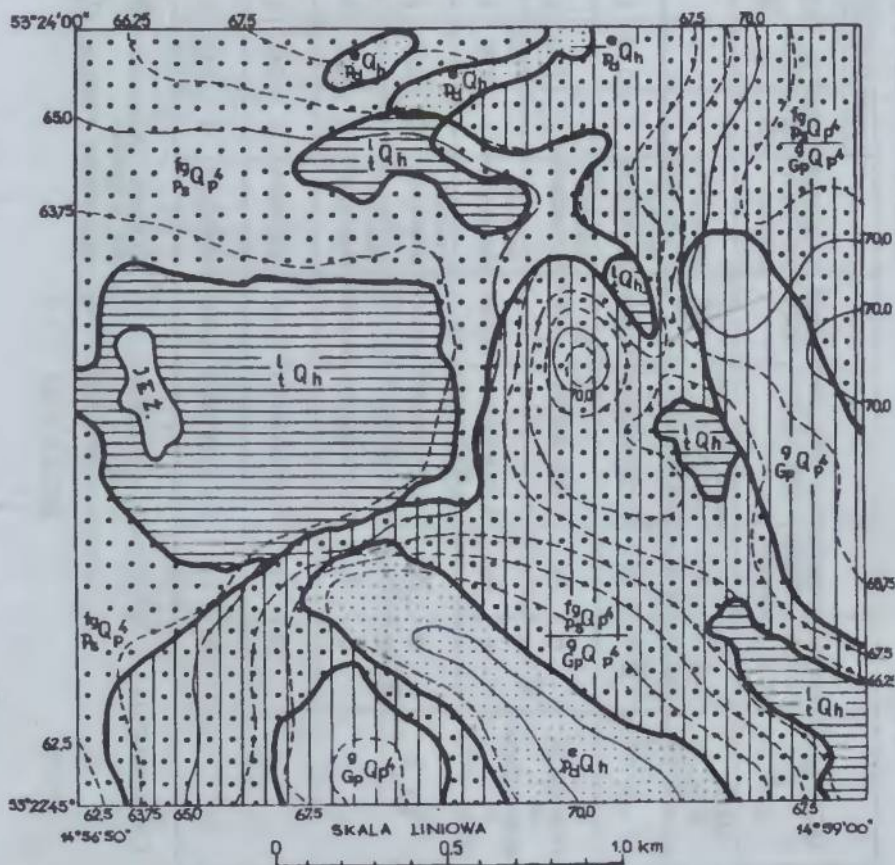
5) Do linii przekrojowej na mapie przykładają się pasek papieru i zaznaczają na nim przecięcia z poziomiami. Punkty te przenosi się w układ osi współrzędnych i wyrysowuje profil morfologiczny.

Na następny pasek papieru wyrysowuje się miejsca przecięcia granic osadów z linią przekrojową. Punkty te rzutuje się pionowo z paska papieru na linię profilu morfologicznego.



6) Następnym etapem jest rysowanie układu warstw w przekrój geologiczno-inżynierski. Zasadą jest tu zachowanie wiekowego następstwa warstw (zgodnego z objaśnieniami mapy wyjściowej). Najpierw rysowuje się granice spągu (dolu) warstwy najmłodszej. Później wykreśla się stopniowo granice osadów coraz starszych, które znajdują się poniżej warstw młodszych.

**POWIĘKSZONY WYCINEK SZCZEGÓŁOWEJ MAPY  
GEOLOGICZNEJ ark. KOBYLANKA SKALA 1:5000**



Rys. 11.1. Powiększony wycinek ze szczegółowej mapy geologicznej wraz z zaznaczonymi liniami przekrojowymi.

Objaśnienia do rys. 11.1. (Uwaga: Nazwa arkusza fikcyjna, rysunek pomniejszony) Linia przerywaną oznaczono powierzchnię znajdującą się na głębokości 2 m p.p.t. Linia ciągłą wyznaczono powierzchnię znajdującą się na rzędnej 62,00 m n.p.m

Rys. 11.2. Objasnienia wycinka mapy geologicznej przedstawionej na rys. 11.1. oraz orientacyjne cechy geotechniczne osadów

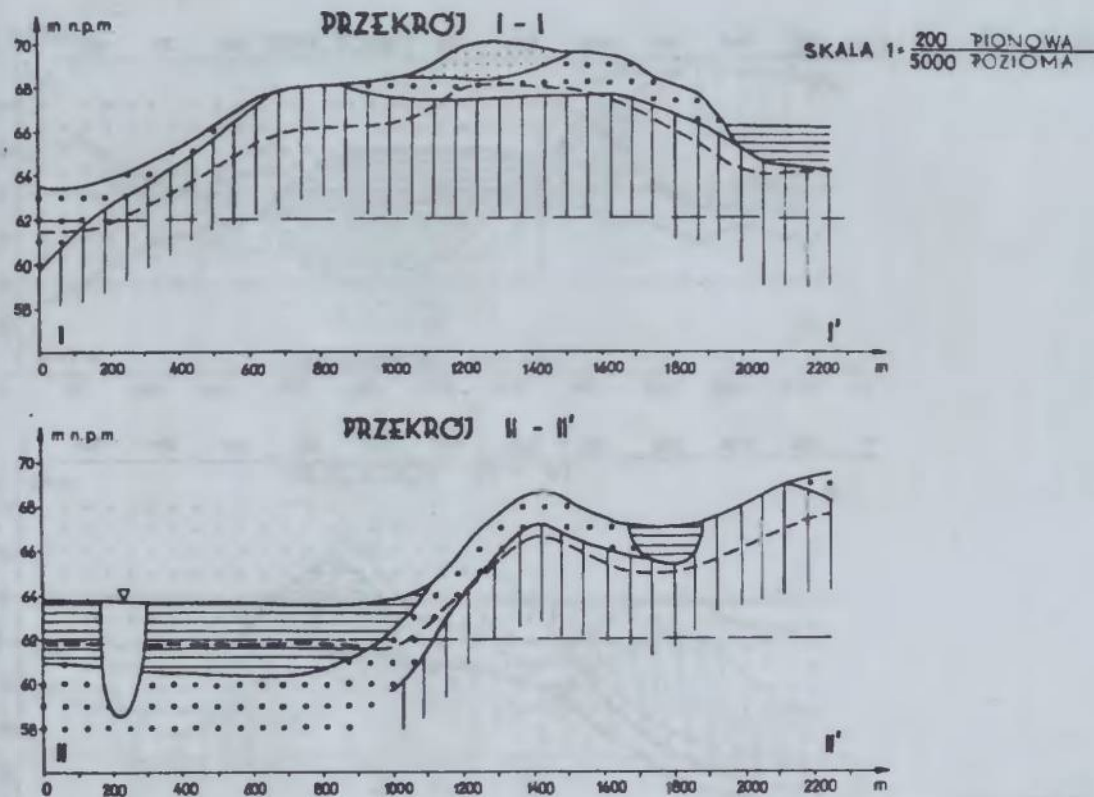
# OBJAŚNIENIE PRZĘKROJU GEOTECHNICZNEGO

WIEK		GENEZA	WARSTWA GEOTECH- NICZNA	STRUKTURA I SYMBOL GRUNTU	RODZAJ GRUNTU I DOMIESZKI	WILGOT- NOŚĆ	ZAGĘSZCZE- NIE, STAN GRUNTU	PARAMETRY GEOTECHNICZNE						
								KONSO- LIDA- CJA	J _p LUB J _L	ρ ⁽ⁿ⁾ /t m ³ /	w ⁽ⁿ⁾ / % /	φ ⁽ⁿ⁾ / ° /	C _u ⁽ⁿ⁾ / kPa /	
CZWARTEJ Q	MOŁOCIE	NASYPY N Q _h	I	N	NASYP NIEBUDOW- LANY (PIASEK PROČNICZNY)	MAŁO WILGOTNY	NIESKOM- PRYMOWANY							
	DZIELOWY P	AKUMULACJA WODNOLOJOW- COWA f _g Q _p ⁴	I	P _s	PIASEK ŚREDNI	WILGOTNY	ŚREDNIO ZAGĘSZCZONY	-	0,50	1,85	14	33	-	
			II	a	P _s	PIASEK ŚREDNI	MOKRY	ŚREDNIO ZAGĘSZCZONY	-	0,50	2,00	22	33	-
				b	P _d	PIASEK DROBNY	MOKRY	ŚREDNIO ZAGĘSZCZONY	-	0,50	1,90	24	30	-
			III	a	P _g	PIASEK GLINIASTY	WILGOTNY	TWARDO PLASTYCZNY	C	0,25	2,15	13	15	18
				b	T _p	PYL PIASZCZYSTY	WILGOTNY	TWARDO PLASTYCZNY	C	0,25	2,10	18	15	18
			V	a	P _g	PIASEK GLINIASTY	MOKRY	PLASTYCZNY	C	0,45	2,10	16	10	10
				b	T _p	PYL PIASZCZYSTY	MOKRY	PLASTYCZNY	C	0,45	2,05	20	10	10

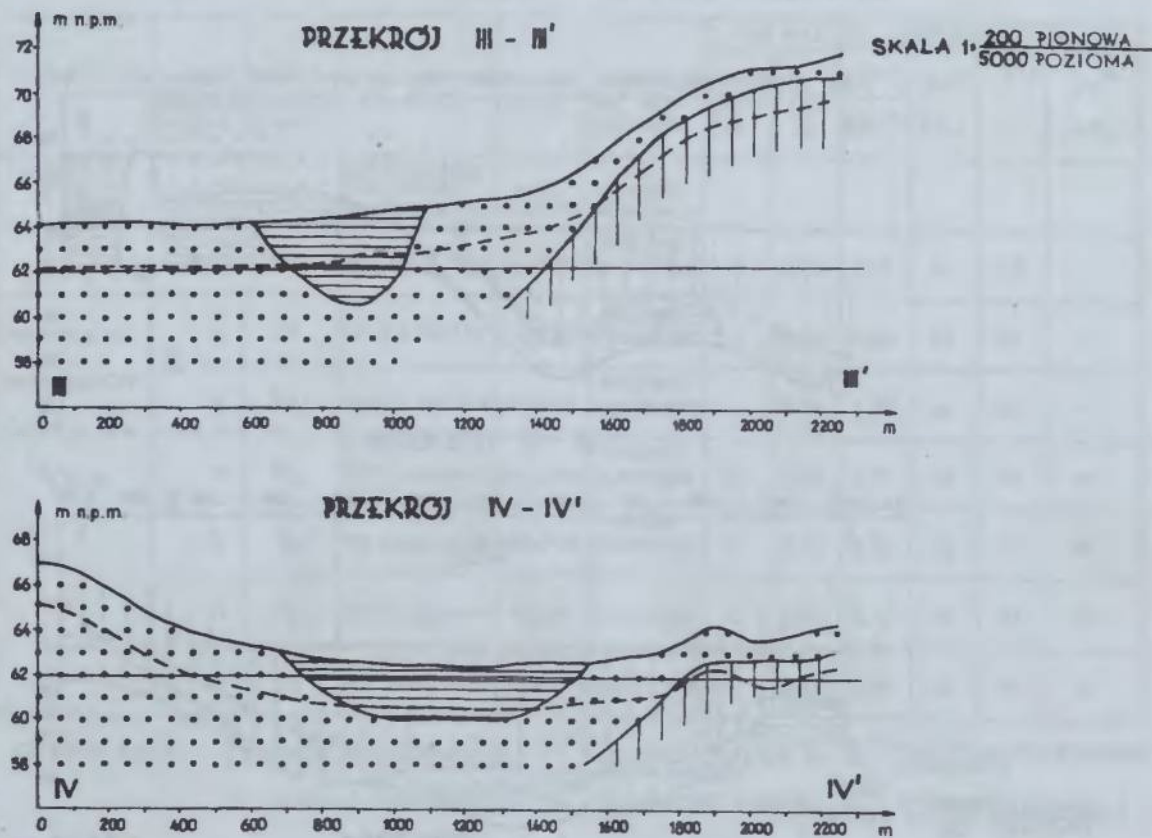
OBJAŚNIENIA •  $J_p$  - STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA  $\rho^{(n)}$  - GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCOWA NORMOWA  $\Phi^{(n)}$  - KĄT TARCIA WEWNĘTRZNEGO (NORMOWY)  
 $J_L$  - STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI  $w_n^{(n)}$  - WILGOTNOŚĆ NORMOWA  $C_u^{(n)}$  - SPÓJNOŚĆ (NORMOWA)



Rys. 11.3.a. Przekroje geologiczno-inżynierskie wykonane na podstawie wycinka szczegółowej mapy geologicznej przedstawionej na rys. 11.1.

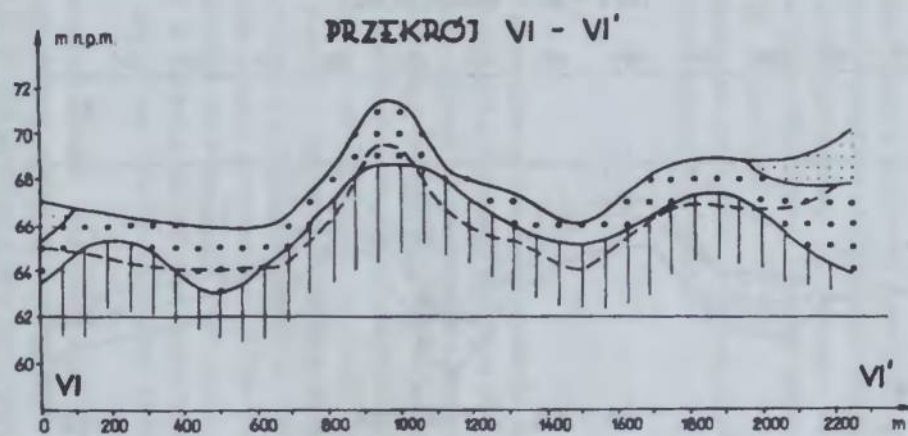
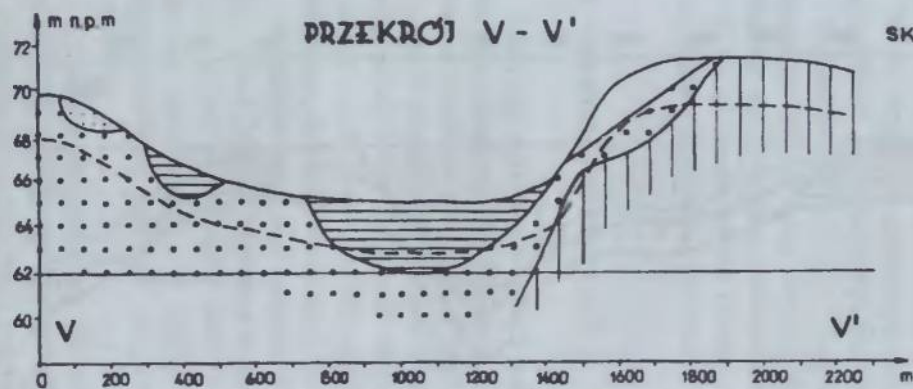


Rys. 11.3.b. Przekroje geologiczno-inżynierskie wykonane na podstawie wycinka szczegółowej mapy geologicznej przedstawionej na rys. 11.1

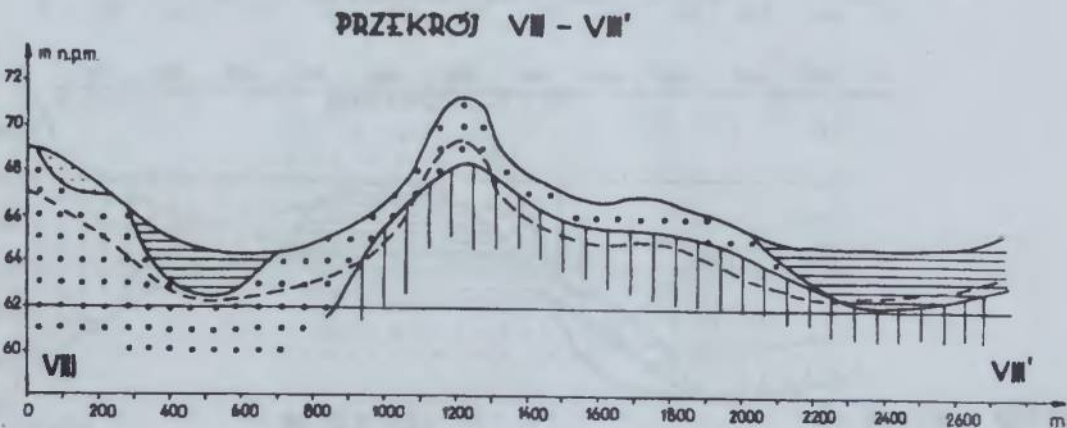
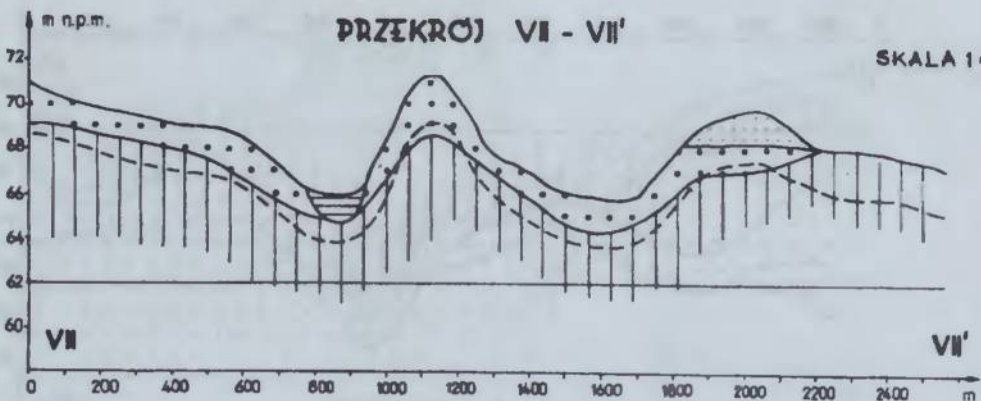




Rys. 11.3.c. Przekroje geologiczno-inżynierskie wykonane na podstawie wycinka szczegółowej mapy geologicznej przedstawionej na rys. 11.1



SKALA 1:  $\frac{200 \text{ PIONOWA}}{5000 \text{ POZIOMA}}$



Rys. 11.3.d. Przekroje geologiczno- inżynierskie wykonane na podstawie wycinka szczegółowej mapy geologicznej przedstawionej na rys. 11.1

7) Ponieważ dokładne wyznaczenie granic znajdujących się w przekroju osadów jest niemożliwe, w ćwiczeniu przyjąć należy następujące założenia upraszczające

– Najmłodsze osady znajdujące się w obniżeniach dolinnych lub zagłębieniach jeziornych czy też bezodpływowych rysuje się w formie U-kształtnych wkłesnień. Przyjąć należy, że



miąższość tych osadów (głównie organicznych) w przypadku małych form wynosi 2 m, a form dużych 5 m. Piaszczyste osady pochodzenia eolicznego (np. wydymowe) tworzą pokrywy o grubości 2–5 m.

– Osady budujące terasy nadzalewowe mają miąższość do 10 m. Osady rzeczno-lodowcowe (glacifluwalne) budujące wysoczyzny kemowe lub sandrowe mogą mieć miąższość do 20 m. Gliny lodowcowe (gliny zwałowe) na wysoczyznach morenowych dochodzić mogą do 15 m miąższości. Osady moreny czołowej oraz wyniesień zaburzonych glacictektonicznie mogą być grubsze niż 20 m.

8) Na przekrojach geologiczno-inżynierskich warstwy osadów nie powinny być głębiej zaznaczane niż 5 – 10 m poniżej powierzchni terenu wyznaczonej na profilu morfologicznym.

Wydzielone na przekroju warstwy należy pokolorować lub oznaczyć szrafem analogicznym jak na mapie wyjściowej i w tabeli objaśniającej. Przykłady przekrojów geologiczno-inżynierskich zaprezentowano na rys. 11.3.a – 11.3.d.

9) Na podstawie analizy przekrojów geologiczno-inżynierskich należy skorygować i uzupełnić tabelę objaśniającą, omówioną w punkcie 1 niniejszych wytycznych.

### 11.3. WYKONANIE MAP CIĘĆ

Mapy cięć informują o cechach podłoża gruntowego na określonej głębokości poniżej powierzchni terenu (np. 2 m, 4 m, 10 m p.p.t.), względnie o charakterze podłoża na określonej rzędnej nad poziomem morza. Mapy takie podają wiadomości o cechach gruntów zalegających na poziomie posadowienia budowli i głębiej, pomijając warstwy gruntowe znajdujące się powyżej posadowienia fundamentu. Mapy cięć znajdują zastosowanie podczas projektowania głębokości posadowienia budowli, projektowania budowli podziemnych (np. tunele, metro), projektowania zrównania terenu do określonej płaszczyzny (np. przy budowie dróg i lotnisk).

W praktyce mapy cięć wykonuje się na podstawie rozpoznania wiertniczego badanego terenu. Jednak wstępne informacje o charakterze gruntów zalegających w płytkim podłożu uzyskać można na podstawie analizy wykonanych ze szczegółowej mapy geologicznej przekrojów geologicznych. Na mapach cięć w stosunku do zakrytej mapy wyjściowej następuje całkowita eliminacja lub pewne zmniejszenie powierzchni osadów (gruntów) najmłodszych.

Poniżej ograniczono się do przedstawienia sposobu wykonania mapy podłoża gruntowego na głębokości 2 m p.p.t. oraz mapy podłoża gruntowego na określonej rzędnej nad poziomem morza (m n.p.m.) znajdującej się na głębokości do 2 m poniżej najniższego punktu powierzchni terenu na przekroju geologiczno-inżynierskim.

#### MAPA CIĘCIA NA GŁĘBOKOŚCI 2 m p.p.t.

Po wykonaniu dla danego wycinka terenu mapy przekrojów geologiczno-inżynierskich przystąpić można do wykonania mapy podłoża gruntowego znajdującego się na głębokości 2 m p.p.t. Tok opracowania takiej mapy jest następujący.

1) Na kalkę techniczną przerysowuje się ramki konturu wyjściowego terenu badań wraz z wrysowanymi liniami przekrojowymi. Współrzędne geograficzne naroży konturu oraz linie przekrojowe opisuje się zgodnie z wycinkiem mapy wyjściowej.

2) W każdy przekrój geologiczno-inżynierski wrysowuje się roboczą (pomocniczą) linię równoległą do powierzchni terenu usytuowaną na głębokości 2 m p.p.t. Na pasku papieru przyłożonym do poszczególnych przekrojów zaznacza się prostopadły rzut granic między gruntami znajdującymi się na głębokości 2 m p.p.t.

3) Zaznaczone na paskach granice wrysowuje się na linie przekrojowe znajdujące się w konturze mapy. Łącząc odpowiednie punkty między przekrojami, otrzymuje się granice poszczególnych gruntów na głębokości 2 m p.p.t. Wyznaczone powierzchnie koloruje się lub pokrywa szrafem oraz podaje oznaczenie symbolem, analogicznie do mapy wyjściowej i przekrojów geologiczno-inżynierskich.

4) Wykonaną mapę tytułuje się „Mapa geologiczna podłoża na głębokości 2 m p.p.t.” podaje jej skalę liczbową i liniową oraz informację, na jakiej podstawie została wykonana. Objasnienia mapy są analogiczne do mapy wyjściowej i przekrojów geologiczno-inżynierskich. Przykład mapy zaprezentowano na rys. 11.4.

Wykonana na podstawie interpretacji szczegółowej mapy geologicznej, mapa podłoża gruntowego na głębokości 2 m p.p.t. ma charakter informacji przybliżonej, która może być wykorzystana tylko w przypadku, gdy istnieje konieczność szybkiej, wstępnej oceny podłoża budowlanego.

#### MAPA CIĘCIA NA OKREŚLONEJ RZĘDNEJ NAD POZIOMEM MORZA

Na podstawie analizy szczegółowej mapy geologicznej uzyskać można też informacje o podłożu gruntowym na określonej rzędnej nad poziomem morza. Wykonanie takich map jest możliwe, jeżeli analizowany wycinek terenu cechuje się niewielkimi deniwelacjami oraz ma prostą budowę geologiczną. Rzędna powierzchni cięcia co najwyżej dochodzić może do głębokości 2 m poniżej rzędnej powierzchni najniższego punktu terenowego.

Tok postępowania przy wykonywaniu takiej mapy przedstawia się następująco.

1) Na kalce technicznej wyrysowuje się kontur mapy wyjściowej wraz z wrysowanymi liniami przekrojowymi. Ramkę konturu opisać należy współrzędnymi geograficznymi, a końce linii przekrojowych symbolami analogicznymi do mapy wyjściowej.

2) Na wszystkich przekrojach geologiczno-inżynierskich należy wrysować robocze (pomocnicze) linie cięcia na zadanej rzędnej (w m n.p.m.). Linie te przebiegają równoległe do osi odciętych. Z linii tych na paski papieru rzutuje się granice między znajdującymi się tam gruntami.

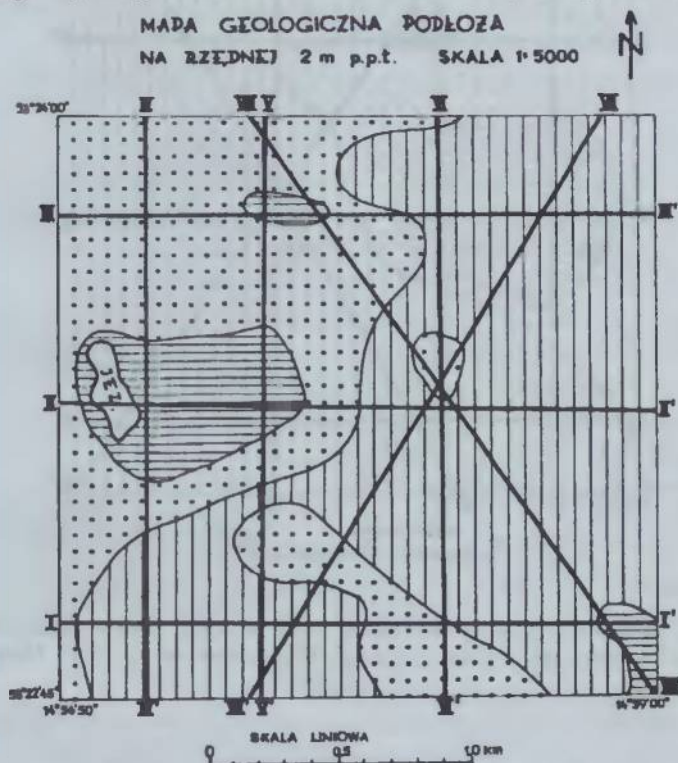
3) Zaznaczone na paskach papieru granice przenosi się na linie przekrojowe znajdujące się w konturze mapy. Łącząc między sobą punkty rozdzielające dane grunty, otrzymuje się obraz gruntów zalegających na danej rzędnej nad poziomem morza. Wydzielone powierzchnie gruntów koloruje się lub pokrywa szrafem i przypisuje symbol odpowiadający oznaczeniom na mapie wyjściowej i przekrojach geologiczno inżynierskich.

4) Wykonaną mapę tytułuje się „Mapa geologiczna podłoża na rzędnej ..... m n.p.m.”, podaje jej skalę liczbową i liniową oraz informację, na jakiej podstawie została wykonana.



Objaśnienia mapy są analogiczne do mapy wyjściowej i przekrojów geologiczno-inżynierskich. Przykład mapy cięcia przedstawiono na rys. 11.5.

**UWAGA.** Wykonana mapa ma bardzo orientacyjny charakter. Poprawność wydzielen podłoża znajdującego się głębiej niż 2 m p.p.t. zależy w decydującym stopniu od złożoności budowy geologicznej danego terenu oraz doświadczenia i intuicji interpretatora.

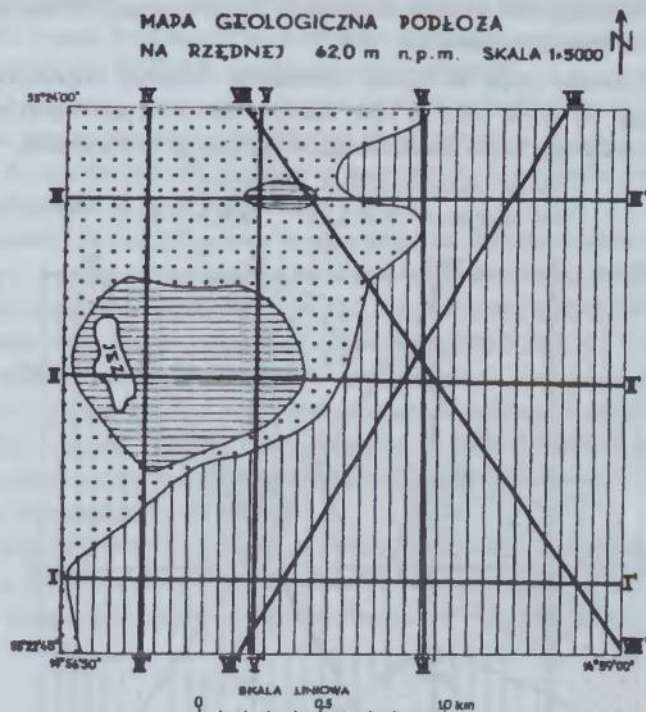


Rys. 11.4. Mapa geologiczna podłoża na głębokości 2 m p.p.t. (mapa cięcia), wykonana na podstawie rys. 11.1 oraz rys. 11.3.a – 11.3.d. Objasnienia na rys. 11.1. Uwaga. Rysunek pomniejszony

#### 11.4. TREŚĆ OPRACOWANIA

1. Na wstępie należy zapoznać się z sytuacją geologiczną znajdującą się na oryginalnym arkuszu szczegółowej mapy geologicznej, zwracając szczególną uwagę na wycinek terenu mający podlegać analizie geologiczno-inżynierskiej.

2. Powiększony wycinek danego terenu ze szczegółowej mapy geologicznej, opisać współrzędnymi geograficznymi, podać aktualną skalę liczbową i liniową. Podać nazwę arkusza mapy, z którego wykonane zostało powiększenie.



Rys. 11.5. Mapa geologiczna podłoża na rzędnej 62,00 m n.p.m. (mapa cięcia) wykonana na podstawie rys. 11.1. oraz rys. 11.3.a. – 11.3.d. Objaśnienia na rys.11.2. Uwaga. Rysunek pomniejszony

W mapę wrysować linie przekrojów geologiczno-inżynierskich opisując symbolami cyfrowymi lub literowymi ich końce. Linie te powinny być tak usytuowane, aby przekroje geologiczno-inżynierskie w sposób możliwie dokładny charakteryzowały układ warstw utworów geologicznych w podłożu badanego wycinka terenu. Mapę opracować przez analogię do rys. 11.1.

3. Wykonać tabelę objaśniającą. Przedstawić w niej wydzielenia litologiczno-stratygraficzne znajdujące się na mapie wyjściowej oraz ich interpretację geologiczno-inżynierską. Tabelę wykonać przez analogię do rys. 11.2.

4. Na podstawie przedstawionych w rozdziale informacji narysować przekroje geologiczno-inżynierskie. Ilość przekrojów dla opracowywanego terenu nie może być mniejsza od 6. Przekroje należy wykonać przez analogię do rys. 11.3.a – 11.3.d.

5. Na podstawie wykonanych przekrojów geologiczno-inżynierskich wykreślić mapę podłoża gruntowego na głębokości 2 m p.p.t. Mapę wykonać przez analogię do rys. 11.4.



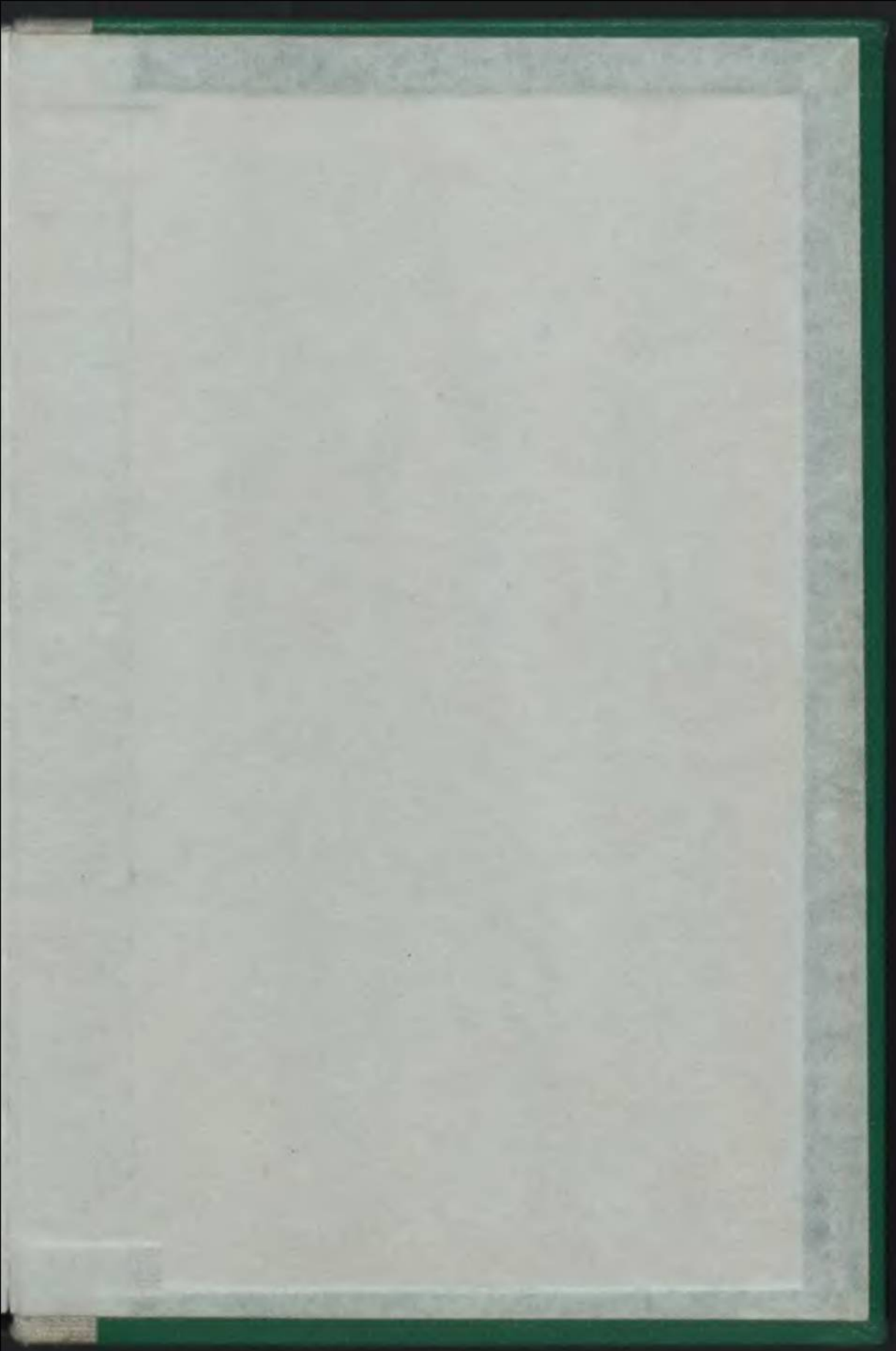
6. Opierając się na tych samych przekrojach geologiczno-inżynierskich narysować mapę podłoża gruntowego na zadanej rzędnej powierzchni nad poziomem morza. Mapę wykonać przez analogię do rys. 11.5.



## LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

1. Bolewski A., Manecki A.: **Rozpoznawanie minerałów**. Wyd. Geol. Warszawa 1990.
2. Bolewski A., Kubisz J., Żabiński W.: **Mineralogia ogólna**. Wyd. Geol. Warszawa 1981.
3. Bolewski A., Parachoniak W.: **Petrografia**. Wyd. Geol. Warszawa 1974.
4. Dziedzic K. i inni (red): **Surowce mineralne Dolnego Śląska**. Ossolineum, Wrocław 1979.
5. Dziewański J., Komarow I.S., Mołokow L.A., Reuter F.: **Badania geologiczne masywów skalnych w budownictwie wodnym**. Wyd. Geol. 1983..
6. Embleton C., Thorens J. (red): **Geomorfologia dynamiczna**. PWN, Warszawa 1985.
7. Głazer Z., Malinowski J.: **Geologia i geotechnika dla inżynierów budownictwa**. PWN, Warszawa 1991.
8. Grabowska-Olszewska B., Siergirjewa J.M. (red): **Gruntoznawstwo**. Wyd. Geol. Warszawa 1977.
9. Grubecki J., Sysak J.: **Geologia inżynierska**. Arkady, Warszawa 1960.
10. Hauryłkiewicz J., Racinowski R.: **Wprowadzenie do geologii inżynierskiej terenów niżowych**. Wyd. Polit. Szczecińska 1991.
11. Huckel S.: **Zarys fundamentowania dla geologów**. Wyd. Geol., Warszawa 1967
12. Jaroszewski W. (red) : **Przewodnik do ćwiczeń z geologii dynamicznej**. Wyd. Geol., Warszawa 1985.
13. Jaroszewski W., Marks L., Radomski A.: **Słownik geologii dynamicznej**. Wyd. Geol., Warszawa 1985.
14. Kociszewska-Musiał: **Surowce mineralne czwartorzędu**. Wyd. Geol. Warszawa 1998
15. Kowalski W.: **Elementy nauk geologicznych dla inżynierów**. Wyd. Polit. Łódzka, Łódź 1972.
16. Kowalski W.C.: **Geologia inżynierska**. Wyd. Geol. Warszawa 1988.
17. Kozłowski S.: **Surowce skalne Polski**. Wyd. Geol., Warszawa 1986.
18. Kozłowski S. (red.): **Metodyka badań surowców skalnych**. Wyd. Geol., Warszawa 1979.
19. Malinowski J.: **Geologia inżynierska**. Wyd. Geol., Warszawa 1967.
19. Myślińska E.: **Laboratoryjne badania gruntów**. PWN, Warszawa 1992.
20. Myślińska E.: **Leksykon gruntoznawstwa**. PIG, Warszawa 1996
21. Osika R. (red.): **Budowa geologiczna Polski. t. IV. Złoża surowców mineralnych**. Wyd. Geol., Warszawa 1987.
22. Racinowski R.: **Wprowadzenie do fizjografii osadnictwa**. PWN, Warszawa 1987.
23. Turnau-Morawska M.: **Petrografia skał osadowych** 1954.
24. Wiłun Z.: **Zarys geotechniki**. WKŁ, Warszawa 1987.





Biblioteka Budownictwa

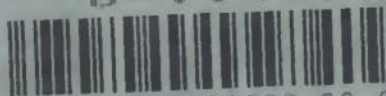
B.V.4693

**IVb-744**

Z

Biblioteka Główna  
Politechniki Szczecińskiej

B-V.4693



011-004693-00-0