

HYDROLOGJA

KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Prof. Dr. K. POMIANOWSKI, Prof. M. RYBCZYŃSKI,
Doc. Dr. K. WÓYCICKI

HYDROLOGJA

CZEŚĆ II

WODY GRUNTOWE



WARSZAWA — 1934

WYDANIE WSPÓLNE: KOŁA INŻYNIERJI WODNEJ STUD. POL. WARSZ.
I KOMISJI WYDAWNICZEJ TOW. BRATNIEJ POMOCY STUD. POL. WARSZ.

i.z. 2583



~~2.49.1~~
~~C. 1049. / II~~



NP.66

Zakł. Druk. F. Wyszynski i S-ka, Warszawa, Warecka 15.

BG02P/449-10

SPIS RZECZY.

ROZDZIAŁ I.

Występowanie wody w głębi ziemi.

	<i>Str.</i>
1. Nazwy i denificje	1
2. Występowanie wód wgłębných	9
3. Doliny alluwjalne	12
4. Doliny dyluwjalne	15
5. Formacje starsze. Wody artezyjskie	20
6. Wody krasowe	27
7. Źródła	29
8. Bezpośredni spływ do morza	35

ROZDZIAŁ II.

Zarys występowania wód gruntowych na ziemiach Polskich.

1. Uwagi ogólne	39
2. Alluwjum i dyluwjum	39
3. Trzeciorzęd	50
4. Kreda	61
5. Jura	67
6. Trias	71
7. Karbon	75
8. Dewon	76
9. Wnioski ogólne	77

ROZDZIAŁ III.

Badania stanów wód wgłębných.

1. Sondy	81
2. Pomiarы stanów wody	85
3. Wahania poziomu wód wgłębných	89
4. Obserwacje stanów wody	96

VI

	<i>Str</i>
5. Związek między zmianami stanów wód na powierzchni i w głębi ziemi	100.
6. Wpływ robót regulacyjnych na zmianę stanów wód wglębnych	106
7. Wpływ robót meljoracyjnych	112
8. Wodociągi	118
9. Drogi wodne	123
10. Wody kopalniane	126
11. Fundamentowanie	127
12. Ruchy ziemi pod wpływem zmian stanu wody wglębnej	132

ROZDZIAŁ IV.

Badania jakości wód gruntowych.

1. Temperatura	135
2. Przezroczystość i zabarwienie wody	138
3. Smak i zapach wody gruntowej	140
4. Przewodnictwo elektryczne i radioaktywność	141
5. Zawartość bakterij	142
6. Składniki wody gruntowej i ich pochodzenie	143
7. Twardość wody gruntowej	147
8. Inne badania chemiczne	150
9. Źródła termiczne w Polsce	153
10. Źródła lecznicze w Polsce	159

ROZDZIAŁ V.

Badania objętościowe.

1. Zasoby wód gruntowych	163
2. Wydajność źródeł	165
3. Zbiorniki wód gruntowych, zasilające źródła. Prawa Maillet'a	167
4. Przykłady obliczenia pojemności zbiorników wód gruntowych	170
5. Wydajność pokładów wodonośnych.	177
6. Bezpośrednie pomiary prędkości wody gruntowej	179

ROZDZIAŁ VI.

Teoria ruchu wód gruntowych.

1. Wiadomości podstawowe i wstępne.	185
2. Dopływ wody gruntowej do kanału otwartego. Zbiornik poziomy o wolnem zwierciadle	194
3. Dopływ wody gruntowej do kanału otwartego. Warstwa płynącej wody o wolnem zwierciadle.	195
4. Studnia zapuszczona w zbiornik wody stojącej o wolnem zwierciadle	197
5. Studnia zapuszczona w warstwę wody płynącej o wolnem zwierciadle	200

VII

	<i>Str.</i>
6. Studnia artezyjska zapuszczona w zbiornik wody stojącej	203
7. Studnia artezyjska zapuszczona w warstwę wody płynącej	204
8. Zestawienie ważniejszych wzorów	207
9. Studnie chłonne	208
10. Studnie niesięgające warstwy nieprzepuszczalnej.	209
11. Zasięg depresji	211
12. Największy możliwy wydatek studni	212
13. Wpływ średnicy studni na wielkość depresji	215
14. Współdziałanie szeregu studzien. Wzory Forchheimer'a	216
15. Działanie kanału otwartego na studnię stojącą przy brzegu	221
16. Studnia z dopływem przez dno w kształcie półkuli i przez dno płaskie	223
17. Opory studni	225
18. Przepływ pod ścianką szczelną, fundamentem jazu itp.	226
19. Przesiäkkanie wody przez pionową ścianę przepuszczalną opartą na warstwie nieprzepuszczalnej	227
20. Przesiäkkanie przez groble ziemne, o skarpach pochyłych, leżące na warstwie nieprzepuszczalnej	232
21. Przesiäkkanie przez groble, spoczywające na podłożu nieszczelnem	235
22. Teorie ruchu wody dopływającej do studni, oparte na przyjęciu źródeł chłonnych.	238

ROZDZIAŁ VII

Wyznaczenie współczynnika przepuszczalności.

1. Teoretyczne oznaczenie współczynnika przepuszczalności	245
a) Metody: Slichter-King, Allen - Hazen	245
b) Pomiaru w Detroit	253
c) Badania w laboratorium Coble Mountain	255
d) Inne wzory	258
2. Metody wyznaczania współczynnika k oparte na próbach pompowania	260
a) Metoda Forcheimer'a - Rosłóńskiego	261
b) Obliczenie współczyn. k z czasu wypełniania się lejka depresyjn.	268

ROZDZIAŁ VIII

1. Przykłady obliczeń	271
a) Wyznaczenie współczynnika przepuszczalności k z krzywej przesiewności zapomocą wzoru Allen - Hazen'a	271
b) Wyznaczenie współczynnika k z analizy gruntu i pompowania	272
c) Wydatek kanału otwartego	274
d) Wydatek studni pojedynczej	274
e) Wyznaczenie współczyn. k z poboru wody ze studni artezyjskiej	275
f) Obniżenie poziomu wody gruntowej szeregiem studzien równoległych do wykopu	277
g) Obniżenie poziomu wody gruntowej szeregiem studzien, otaczających dół fundamentowy	279

VIII

	<i>Str.</i>
h) Obniżanie poziomu wody dwoma szeregami studzien	282
i) Wydajność studzien zszeregowanych	285
k) Sposób wykreślny obliczenia przepływu wody pod jazem	286
l) Obliczenie przesiąkania przez groblę	290
m) Obliczenie przesiąkania przez groblę o dwu warstwach jednorod.	292
2. Zasięg działania studzien	293
3. Cechy wydajności studzien i charakterystyka wydajności terenów wodociagowych	299
4. Filtracja powolna na filtrach angielskich i pośpieszna na filtrach amerykańskich.	310

OD AUTORÓW.

Podział „Hydrologji” projektowany w przedmowie do pierwszej części uległ w toku opracowywania dalszych jej części zasadniczej zmianie. Wyjaśnienie zjawisk związanych z krążeniem wody łączy się ściśle z teorią ruchu wody, umieszczenie zatem w odrębnej części działu obliczeń wodnych, wobec powolnego z konieczności tempa wydawnictwa, wydało nam się nie celowem. Dlatego poświęciliśmy część drugą wyłącznie zjawiskom krążenia wody w podziemiu, zamieszczając w nim równocześnie wszystkie wiadomości z hydromechaniki i hydrauliki potrzebne w praktyce inżynierskiej. Dało się to tem łatwiej przeprowadzić, że dominującym typem ruchu wód podziemnych jest ruch regularny, można zatem było ograniczyć się do przedstawienia zasad tego ruchu, odkładając opisanie zjawisk ruchu burzliwego do części, zajmujących się spływem wód na powierzchni, dla którego ten rodzaj ruchu jest znów charakterystycznym.

W tem ujęciu zawarliśmy w obecnym tomie najpotrzebniejsze wiadomości z hydrogeologii ze szczególnem uwzględnieniem ziem Polski, omówiliśmy szczegółowo kwestję zmienności stanów wód gruntowych, oraz wpływu na nią robót inżynierskich, opisaliśmy sposoby badania wód gruntowych, traktując szczegółowo tylko badania stanów i wydajności jako prac ściśle inżynierskich, wreszcie poświęciliśmy znaczną część tomu teorii regularnego ruchu wody z zastosowaniem jej do ruchu wód gruntowych, podając przykłady obliczeń stosowanych przy różnych rodzajach robót inżynierskich.

Pracę rozdzieliliśmy między siebie w ten sposób, że rozdziały poświęcone opisowi i badaniom wód gruntowych opracował prof. Rybczyński (rozdz. I, III, IV i V), zaś hydrogeologję ziem Polski (rozdz. II) i teorię ruchu wód gruntowych (rozdz. VI, VII, VIII i część V-go) prof. dr. Pomianowski przy współpracy dr. Wóycickiego i inż. Śliwińskiego, w rozdz. VI i części przy-

kładowej rozdz. VIII. Nadto przy ostatecznem zestawieniu tekstu i opracowaniu przykładów współpracowali asystent inż. E. Czetwertyński i inż. Z. Śliwiński.

Wobec dłuższego okresu trwania całego wydawnictwa, literaturę podajemy przy końcu tomu, zamiast, jak to było pierwotnym naszym zamiarem na końcu całego dzieła.

Chcąc przykłady oprzeć o ile możliwości na wynikach badań przeprowadzonych na terenach ziem Polski, udawaliśmy się w toku pracy do całego szeregu osób pracujących praktycznie na polu badania wód gruntowych z prośbą o podanie wyników studjów. Wszędzie spotkaliśmy się z nadzwyczajną życzliwością przy traktowaniu naszych prośb, niech nam zatem wolno będzie złożyć na tem miejscu serdeczne podziękowania. W szczególności dziękujemy P. dr. Rostońskiemu za krytyczne przejrzenie rozdziału o hydrogeologii ziem Polski, oraz pozwolenie korzystania z licznych jego studjów, P. prof. dr. Łopuszańskiemu za udzielenie wyniku badań nad działaniem drenów w stacji doświadczalnej w Fredrowie, PP. Dyrektorom zakładów wodociągowych: inż. S. Aleksandrowiczowi we Lwowie, Jaszczurowskiemu w Krakowie, Kotowiczowi w Poznaniu i Jenszowi w Wilnie za udzielenie wszelkich potrzebnych dla wydawnictwa danych.

Wydanie drugiej części „Hydrologji” umożliwione zostało dzięki staraniom Koła Inżynierji Wodnej oraz Komisji Wydawniczej Bratniej Pomocy Studentów Politechniki, którym za przyjskie do skutku wydawnictwa i związane z tem trudy dziękujemy.

W ostatniej części „Hydrologji” mamy zamiar pomieścić całokształt zjawisk związanych z występowaniem wody na powierzchni ziemi, znów w granicach potrzeb studjujących, oraz projektujących inżynierów. Obok części opisowej i teoretycznej, traktującej o ruchu wody w łóżyskach naturalnych i korytach sztucznych, otwartych oraz zamkniętych, zawierać będzie ta część opis wszelkiego rodzaju pomiarów wodnych, oraz przykłady praktycznego zastosowania hydrauliki i hydrologji do obliczeń praktycznych we wszystkich gałęziach budownictwa wodnego.

ROZDZIAŁ I.

WYSTĘPOWANIE WODY W GŁĘBI ZIEMI.

1. Nazwy i definicje.

Wody podziemne, znajdujące się w dostępnej nam części skorupy ziemskiej, podzielić można według pochodzenia, na wody atmosferyczne, dostające się wgłąb ziemi drogą przesiąkania opadów atmosferycznych, kondensacyjne, powstające przez skroplenie pary wodnej i głębinowe, które według określenia Süss'a, poraz pierwszy dostają się z głębi ziemi na powierzchnię. Wody kondensacyjne można pominąć ze względu na niewielki odsetek jaki w dostępnej nam części skorupy ziemskiej zajmują, wody głębinowe mają większe znaczenie tylko dla balneologii. Na terenie ziem polskich do wód głębinowych zaliczane są jedynie t. zw. wody reliktowe, czyli szczątkowe, występujące jako solanki borysławskie, towarzyszące ropie w głębokości około 1500 m. W dalszym ciągu zajmować się będziemy jedynie wodami pochodzenia atmosferycznego.

Jeżeli jako punkt wyjścia przy podziale wód podziemnych weźmiemy przewagę jednej z dwóch sił, działających na cząstki wody w głębi ziemi tj. siły przyciągania międzycząstkowego lub siły ciężkości, to odróżnimy wodę związaną z gruntem i wodę wolną. Tę ostatnią nazwać też można wodą krążącą, lub grawitacyjną. Możliwość krążenia zawdzięcza woda porowatości i przepuszczalności pokładów geologicznych, stanowiących wierzchnią skorupę ziemską. Porowatość wytwarzają w skałach litych, spękania, szczeliny, zwietrzałe części skał, zaś w pokładach luźnych (piaski, żwiry itp.), wolne przestrzenie pomiędzy cząstkami materiału. Te ostatnie przeważają w pokładach geologicznych młodszych, podczas gdy w starszych miejscem gromadzenia się wód są przedewszystkiem szczeliny.

Zarówno szczeliny, jak i przestrzenie wolne pomiędzy ziar-

nami luźnych skał, muszą mieć wymiary, umożliwiające swobodne krążenie wody. Zbyt małe wymiary szczelin lub przestrzeni międzycząsteczkowych powodują, że mieści się w nich jedynie woda związana fizycznie z gruntem. Zdolność pokładów do przewodzenia wody nazywa się przepuszczalnością i mierzy się prędkością, z jaką woda przez dany przekrój przepływa.

W szczelinach rośnie porowatość skał wraz z ilością i wymiarami szczelin, przepuszczalność tylko z wymiarami. W skałach luźnych na przepuszczalność i na porowatość wpływa wielkość, kształt i rozmieszczenie ziarn. Gdyby wszystkie ziarna miały kształt kulisty, to przy szczelnem ich ułożeniu objętość próżni byłaby stałą i wyniosłaby bez względu na średnicę około 27%. Ponieważ na jednostkę objętości przypada kul

$$n = \frac{4 \cdot 4}{\pi d^3}$$

przeto suma ich powierzchni wynosi

$$n \pi d^2 = \frac{4 \cdot 4}{d}$$

czyli rośnie w odwrotnym stosunku do średnicy. Niejednorodność kształtu i wymiarów powoduje, że zarówno ilość cząstek, jak i ich powierzchnia na jednostkę objętości jest w rzeczywistości bardzo różna.

Od powierzchni luźnych cząstek materiału, względnie od powierzchni kanalików, przewodów i szczelin w skałach, zależy zarówno opór w przewodzeniu wody, jak też objętość wody związanej fizycznie z gruntem. Jeżeli wymiary szczelin, kanalików czy też przestrzeni między cząstkami materiału są tak małe, że mieści się w nich tylko woda związana fizycznie z gruntem, wówczas pokład mimo wielkiej porowatości, staje się zupełnie nieprzepuszczalny. Do tego rodzaju pokładów należą ily, namuły, skały o bardzo gęstej sieci szczelin włoskowatych, a nawet bardzo drobny piasek. Jeżeli, jak w drobnym piasku, nie mamy zupełnie spoistości wewnętrznej materiału, wówczas przy jakiegokolwiek różnicy ciśnień, np. skutkiem wykonania przekopu, lub wykopania fundamentu, cząstki materiału będą wprawione w ruch, wraz z związaną z nimi fizycznie wodą, która w tym wypadku odgrywa rolę czynnika ułatwiającego przesuwanie się cząstek. Jest to t. zw. kurzawka, piasek płynny, dla którego praktyczną granicą jest średnica ziarn mniejsza od 0,1 mm. Przy tej średnicy powierzchnia cząstek, mieszczących się w 1 m³ materiału wynosi 44 000 m².

Od tego rodzaju ruchu cząstek należy odróżnić unoszenie luźnego materiału przez wodę, w którym przy dostatecznej prędkości, mogą brać udział cząstki o znacznie większej średnicy. Prędkość taka rzadko ma miejsce w strumieniu wody gruntowej w stanie naturalnym, ale łatwo może powstać przy sztucznym zwiększeniu różnicy ciśnień, a więc w przekopie, w dole fundamentowym lub w najbliższym otoczeniu studni, przy silnem pompowaniu.

Pokłady porowate i przepuszczalne, a więc piaski, żwiry, zwietrzałe lub silnie spękane warstwy skalne itp. nazywamy warstwami przewodzącymi wodę. Pokłady nieprzepuszczalne lub trudno przepuszczalne, bez względu na stopień ich porowatości, noszą miano warstw podtrzymujących wodę. Do tych ostatnich zaliczymy więc: iły, skały krystaliczne bez szczelin, skały wybuchowe i skały osadowe nie popękane, nie zwietrzałe i z porami lub szczelinami o wymiarach naczyń włoskowatych. Pomiędzy temi dwoma rodzajami jest wiele gatunków pośrednich, jak glinki piaszczyste, skały o rzadkiej sieci drobnych ale nie włoskowatych szczelin itp.

W naturze spotykamy pokłady o bardzo różnej przepuszczalności, znajdujące się w bezpośrednim z sobą sąsiedztwie. Tuż pod powierzchnią ziemi znajdują się zwykle warstwy więcej lub mniej przepuszczalne, a to skutkiem wietrzenia, działania roślinności i wpływów klimatycznych. Woda opadowa dostaje się, w ten sposób, wgłąb pod wpływem siły ciężkości, dopóki jej przesiąkanie nie zostanie uniemożliwione skutkiem zalegania u spągu warstwy przepuszczalnej pokładów trudniej lub zupełnie nieprzepuszczalnych. Wówczas cząstki wody wypełnią szczeliny lub przestrzenie międzycząsteczkowe do pełnej pojemności, tworząc t. zw. strefę nasycenia (zone of saturation *). Zależnie od kształtu powierzchni warstw, podtrzymujących wodę, strefa nasycenia będzie zbiornikiem wody stojącej lub strumieniem wody płynącej.

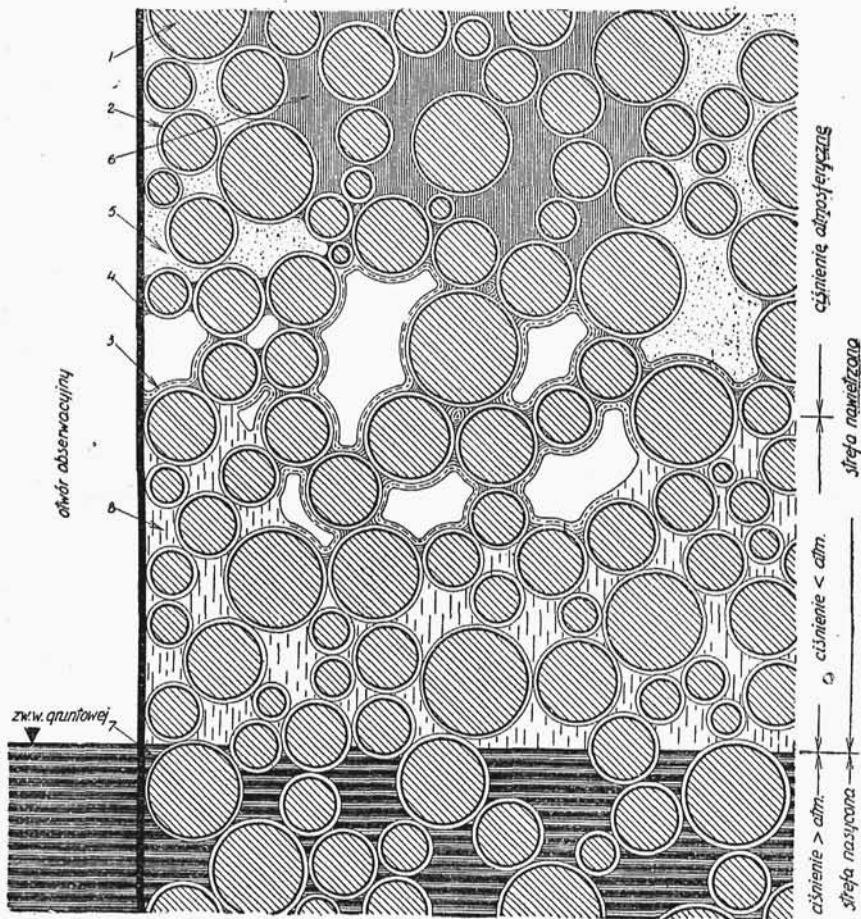
Powyżej poziomu pełnego nasycenia pory w pokładach przepuszczalnych nie są w zupełności wypełnione wodą, ale znajduje się w nich równocześnie powietrze i inne gazy, jak para wodna, bezwodnik węglowy itp. Stąd strefę tę nazwano strefą nawietrzoną (zone of aeration). Granicę między temi obiema strefami nazywamy zwierciadłem wody gruntowej.

Cząstki wody w strefie nawietrzonej są częściowo związane z gruntem i zupełnie nieruchome, częściowo wolne, i wówczas po-

*) Określenie Meinzer'a.

ruszają się pod wpływem siły ciężkości w dół, jako woda przesiąkająca, albo też podnoszą się w górę pod wpływem włoskowatości, ssania przez korzenie roślin, lub wreszcie ulegają parowaniu, podobnie jak cząstki pary wodnej, w sprzyjających warunkach, mogą pod ziemią ulec kondensacji.

Zunker¹⁾ przedstawia różny sposób występowania wody pod ziemią w postaci schematu podanego na rys. 1. Kółka o rozmaitej



Rys. 1.

Schemat występowania wody w glebie.

średnicy przedstawiają cząstki materiału (1), są one otoczone wodą higroskopijną (2), oraz wodą utrzymującą się przy pomocy przy-
czepności (3), ta ostatnia wypełnia też kąty między cząstkami,

przylegającymi do siebie (4), resztę wolnej przestrzeni między cząstkami wypełnia powietrze wraz z parą wodną (5), z góry przesącza się woda opadowa (6) i zbiera się na warstwie nieprzepuszczalnej, tworząc zbiornik wody gruntowej (7), z którą bezpośrednio łączy się warstwa wznoszącej się wody kapilarnej (8).

Wody nagromadzone w strefie nasycenia, noszą najczęściej nazwę wód gruntowych. Jednak ani nazwa ta, ani związana z nią treść nie jest ustalona. W polskim języku spotykamy równocześnie nazwy: wody wgłębnej, źródlanej, dennej, dla niektórych pokładów wody szczelinowej i zaskórnej. Podobną różnorodność spotykamy i w innych językach. Również i definicje najbardziej rozpowszechnionej nazwy „wód gruntowych“ nie są jednolite. Prinz²⁾ uważa za wodę gruntową jedynie wodę, wypełniającą wolne przestrzenie w pokładach luźnych, a więc piaskach, żwirach itp., natomiast dla wody w warstwach skał litych, przyjmuje nazwę wód szczelinowych. Keilhack³⁾ daje definicję bardzo ogólnikową; według niego każda woda znajdująca się w podziemiu w stanie płynnym, która w naturalny sposób dostała się wgłęb ziemi, jest wodą gruntową.

Natomiast Koehn⁴⁾ uważa w ślad za Range'm⁵⁾ za wodę gruntową zarówno pokłady luźne jak i skały z siecią szczelin, stawiając jako kryterjum, że podkłady te, przecięte w sposób naturalny (stokiem), czy sztuczny (studnia, kanały) są w stanie wydać nagromadzoną wodę. Wyłącza więc szczeliny włoskowate, inne traktuje na równi z przestrzeniami międzycząsteczkowymi. Steuer⁶⁾ nadaje zbiorowiskom wód pod ziemią ogólną nazwę „Bodenwasser“, dzieląc je na wody szczelinowe, międzywarstwowe, gruntowe i przesiąkające, przyczem jako gruntowe uważa jedynie wody w luźnych materiałach czwartorzędowych, rzadziej trzeciorzędowych. Nazwę warstwowych nadaje wodom, znajdującym się między warstwami skał osadowych. Włączenie wód przesiąkających, które nie mają jeszcze charakteru zbiornika wody do wód wgłębnych, nie ma uzasadnienia.

Zunker⁷⁾ ogranicza definicję wód gruntowych, dodając jako warunek istnienie ruchu cząstek wody. Imbeaux⁸⁾ odróżnia wierzchni horyzont wody (nappe phréatique), mający bezpośrednią styczność z atmosferą przez strefę nawietrzoną, od horyzontów głębokich (l'eau en profondeur), w których woda jest zwykle pod ciśnieniem, znajdując się między dwiema warstwami nieprzepuszczalnymi (nappe captive).

W polskim słownictwie używa się zwykle nazwy wody gruntowej dla przeciwstawienia wodzie zaskórnej, przyczem pod nazwą

wody zaskórnej rozumie się strefę nasycenia tak zbliżoną do powierzchni ziemi, że obszar zasięgu włoskowatości łączy się bezpośrednio z obszarem parowania z gruntu i konsumcją roślin. Stąd wody te są narażone na zanieczyszczenie cząstkami organicznymi, dostającymi się wraz z wodą przesiakającą z powierzchni ziemi, ulegają silnym zmianom temperatury i dużym wahaniom poziomu. Podniesienie się górnego poziomu strefy nasycenia, do powierzchni ziemi, jest równoznaczne z zabagnieniem terenu. Wody zaskórne zbierają się w wierzchnich warstwach skorupy ziemskiej rozmaitego pochodzenia. Mogą to być płytkie alluwja, złożone z luźnych materiałów, gliny lub margle, przekształcone pod wpływem roślinności (zhumusowane), glinki piaszczyste, a nawet skały lite, zmienione pod wpływem wody, powietrza i roślinności. Ponieważ warstwy, podtrzymujące wodę, muszą się znajdować w niewielkiej odległości od powierzchni, przeto zwykle ich konfiguracja odpowiada topografii terenu. Spady jednak, wystarczające dla ruchu wody na powierzchni są najczęściej za małe dla pokonania wielkich oporów przy ruchu wody wgłębnej, stąd wody zaskórne są najczęściej zbiornikami wód stojących, a uzupełnienie braków powstałych skutkiem parowania z gruntu lub konsumpcji roślin, może nastąpić tylko drogą przesiakania nowych opadów atmosferycznych.

Natomiast mówiąc o wodzie gruntowej, mamy zwykle na myśli wodę w głębszych pokładach, która może wprawdzie być również w zetknięciu z powietrzem atmosferycznym przez wspomnianą wyżej strefę nawietrzoną, przejście jednak przez tę strefę powoduje jej oczyszczenie, zmniejszenie wahań poziomu (skutkiem powolności ruchu) i ujednolajnienie temperatury. Cechy te wystąpią jeszcze silniej, jeżeli warstwy przewodzące wodę gruntową, oddzielone są od warstw wierzchnich pokładami nieprzepuszczalnymi lub trudno przepuszczalnymi, a woda musi przebyć długą drogę z obszarów infiltracyjnych, czyli obszarów zasilania.

To też R. Rosłóń ski⁹⁾ określa wodę gruntową, jako „wodę zalegającą w strefie nasycenia, powolną sile ciężkości, o mało zmiennej temperaturze i składzie chemicznym, wydobywaną ze studzien względnie wytryskającą ze źródeł.” Mamy dla niej także potoczną nazwę wody źródlanej, lub używanej w hydrogeologii nazwę wody dennej, dla ścisłego określenia wody zalegającej na pokładach nieprzepuszczalnych.

Wodę denną znajdujemy także w strefie nawietrzonej, jeżeli woda przesiakająca natrafi na przeszkodę w postaci wtrąconych trudno przepuszczalnych pokładów np. warstwy namułów w piaskach alluwjalnych, lub wtrącenia ilów czy glin w pokładach

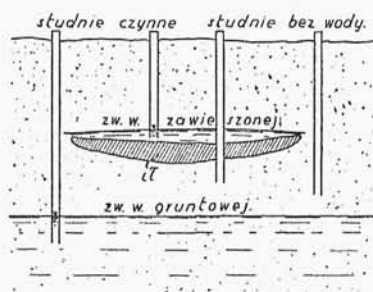
dyluwjalnych, najczęściej morenowych (rys. 2). Koehne nazywa tego rodzaju nagromadzenie wody, wodą zawieszoną (schwebendes Grundwasser).

Charakterystyczną cechą wód, krążących w pokładach przewodzących, jest ich bardzo powolny ruch, umożliwiający zastosowanie prawideł ruchu regularnego.

Prędkości te zazwyczaj obracają się w granicach od 1 do 10 m/dobę, np. Limmat w Szwajcarii 4 do 6 m/dobę (spad $0,5\text{‰}$), Emmental 8 m/dobę (7‰), Arkanzas 1 do 3,7 m/dobę itd. W grubych żwirowiskach prędkości te wzrastają dość znacznie np. w dolinie Renu pod Szafhużą 17 m/dobę, w dolinie Izary w Monachjum 43 m/dobę itp. Cecha ta znika jednak w wodach wypełniających szczeliny, a z chwilą kiedy rozmiar

rych się znacznie powiększą, ruch wody może przybrać charakter ruchu w przewodach pod ciśnieniem. Np. dla Strudelloch w dorzeczu Odry znaleziono prędkość około 4 000 m/dobę ($0,045\text{ m/sek}$), dla Pelzmühlquelle pod Bazyleją około 8 000 m/dobę ($0,09\text{ m/sek}$) itp. Wreszcie w wypadkach wytworzenia się w pokładach łatwo rozpuszczalnych skał (wapień), obszernych chodników, grot, pieczar itp., ruch wody w podziemiu różni się od ruchu na powierzchni tylko tem, że miewamy do czynienia zarówno z wolnym zwierciadłem wody jak i z wodą pod ciśnieniem. Tego rodzaju wody noszą nazwę krasowych.

Definicja wód gruntowych, przyjęta w nowszych pracach hydrologicznych niemieckich (Koehne etc.) i amerykańskich (Meinzer), obejmująca wszelkie wody w t. zw. strefie nasycenia, które mogą wystąpić na zewnątrz w formie płynnej, jest najobszerniejsza, obejmuje bowiem nie tylko wody zaskórne ale i szczelinowe, o ile stanowią pewną jednolitą strefę nasycenia. Nie możnaby więc do nich zaliczyć według powyższej definicji tylko wód w utworach krasowych, lub w luźnych większych przewodach, niezwiązanych ze sobą. Ze względu jednak na ustalone w polskim słownictwie pojęcia związane z nazwą wód gruntowych, pozostaniemy przy definicji R. Rosłóńskiego, która przeciwstawia wody gruntowe wodom zaskórnym i jest dla warunków naszego kraju najodpowiedniejszą. Natomiast celem określenia pojęcia



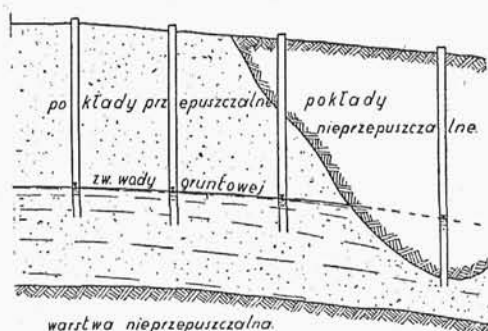
Rys. 2.

Woda zawieszona.

wspólnego dla różnego rodzaju wód, a mianowicie gruntowych, krasowych i zaskórnych, proponujemy zastosowanie mniej używanego synonimu wód gruntowych, a mianowicie terminu wód wgłębnych, rozumiejąc pod tą nazwą wszystkie wody podziemne, z wyjątkiem wód związanych fizycznie z gruntem i wód w stadium przesiąkania w strefie nawietrzonej lub wznoszących się pod wpływem włoskowatości.

Wody wgłębne, mające styczność ze strefą nawietrzoną, ograniczone są tylko od spodu warstwami podtrzymującymi. Górna granica jest zmienna, podnosi się lub obniża, w miarę dopływu nowych cząstek wody lub ubytku skutkiem działania włoskowatości i dalszego przesiąkania. Na granicy strefy nasycenia i strefy, będącej pod działaniem sił włoskowatości, procent zawartej w gruncie wody jest w obu strefach jednakowy, to też granicę górną strefy nasycenia możemy wyznaczyć tylko przy pomocy sond. Ponieważ woda w strefie nasycenia jest pod ciśnieniem większym od atmosferycznego, zaś w przestrzeni nawietrzonej, w obrębie działania włoskowatości, znajduje się pod wpływem podciśnienia, przeto zbierając się w otwartej sondzie do wysokości odpowiadającej ciśnieniu atmosferycznemu, określi tem samem górną granicę strefy nasycenia. Nazywamy ją zwierciadłem wody wgłębnej (gruntowej lub zaskórnej). Zmiany w położeniu poziomym tego zwierciadła powodują również zmiany w położeniu strefy objętej zasięgiem włoskowatości, która wraz z niem podnosi się i opada.

Jeżeli warstwy, przewodzące wodę, są również od góry ograniczone warstwami nieprzepuszczalnymi, wówczas swobodne uło-



Rys. 3.

Zwierciadło swobodne i woda pod ciśnieniem.

żenie się zwierciadła wody gruntowej może nastąpić tylko w obszarach leżących poza obrębem wierzchnich warstw nieprzepuszczalnych (rys. 3), natomiast pod nimi znajduje się woda pod ciśnieniem większym od atmosferycznego. Zwierciadło wody w sondzie nie będzie wówczas granicą górną strefy nasycenia, ale

poziomem ciśnienia atmosferycznego. Wody pod ciśnieniem nazywamy zwykle artezyjskimi. Poniżej granicy strefy nawietrzonej, wszystkie pokłady skalne są właściwie nasycone wodą, tylko nie

wszystkie są zdolne do jej przewodzenia. Warstwy, przewodzące wodę, znajdują się w różnych głębokościach, naprzemian z warstwami nieprzepuszczalnymi i tworzą różne poziomy wód gruntowych (zwane horyzontami), znajdujących się z reguły pod ciśnieniem większym od atmosferycznego.

Nie cała ilość wody, zawartej w strefie nasyconej, może być z niej odprowadzona, ilość ta stoi w związku z przepuszczalnością pokładów, zbliżyć się będzie zatem do zera w ilach, choćby zupełnie przesyconych wodą, zaś do objętości wolnych przestrzeni w żwirach lub większych szczelinach. Objętość wody, zwolnionej skutkiem obniżenia poziomu wody gruntowej z jednostki objętości pokładu, nazywamy współczynnikiem jednostkowego wydatku. W warstwach, przewodzących wodę, współczynnik ten waha się najczęściej w granicach 0,2 do 0,25 (tj. 200 — 250 l wody z 1 m³ pokładu), ale nie jest on stały ani w przestrzeni ani w czasie, wzrasta bowiem w miarę obniżania się zwierciadła wody i trwania tego obniżania.

Natomiast przez jednostkową wydajność warstwy wodonośnej rozumiemy ilość wody, jaką można uzyskać z niej stale, przy obniżeniu zwierciadła wody o jednostkę długości. Wydajność obliczamy dla jednej studni, doprowadzonej do tej warstwy, bądź też dla szeregu studzien, lub dla kanału zbiorczego, licząc ją wówczas na 1 mb.

2. Występowanie wód wgłębnych.

Zbiorowiska wód wgłębnych, graniczące ze strefą nawietrzoną, mogą być odosobnione, jak np. zbiorniki wód zaskórnych, w których wymiana odbywa się tylko drogą przesiąkania i parowania, albo też stanowią one pewną całość o większej rozciągłości zarówno w kierunkach poziomych jak i w głąb ziemi. Ponieważ dopływ, przesiąkających cząstek, wody nie jest nigdy jednostajny na większej przestrzeni, wobec różnic w natężeniu opadów, przepuszczalności wierzchnich warstw, szacie roślinnej, konfiguracji terenu a przez to i grubości strefy nawietrzonej, pochyłości stoków itp., przeto, nawet przy poziomym układzie warstwy podtrzymującej wodę, rzadko kiedy zwierciadło wody wgłębnej będzie poziome, stąd rzadko kiedy woda gruntowa będzie w spoczynku. Ruch wody gruntowej przybierze jednak wyraźny i określony kierunek dopiero wówczas, skoro pokłady nieprzepuszczalne są nachylone do poziomu. Kierunek spływu wód gruntowych może być