

Wykłady prof. inż. I. Radziszewskiego „O WODOCIĄGACH“.

Do zasilania ludności wodą można korzystać i korzystamy zarówno z wody wierzchniej jak i z wody gruntowej.

Woda wierzchnia, płynąc korytami otwartymi, podlega zanieczyszczeniom, pochodzącym bądź od bezpośredniego dopływu różnych ścieków, bądź od spływu wody deszczowej z pól, oraz z terenów, zamieszkałych przez ludzi, skąd wiele brudów do rzek się dostaje. Woda wierzchnia, wobec tego, przed oddaniem jej do użytku ludności wymaga gruntownego oczyszczenia.

Inaczej rzeczy się mają z wodą gruntową, która, pierwaj nim dostanie się do studni lub do źródła, przepływa na znacznej nieraz drodze przez warstwy gruntu, zwykle jest dostatecznie czysta i, zazwyczaj, nie domaga się dodatkowego oczyszczenia. Pomimo, że woda wierzchnia wymaga pewnych nakładów, związanych z oczyszczaniem, do pewnego czasu przekładano korzystanie z tej wody przed wodą gruntową, a to ze względu, iż zdawano sobie dokładnie sprawę z ilości wody, przepływającej w rzece, i że zbadane być mogły wahania w stanie wody, a na przypadek małej wody stosowano różne środki zapobiegawcze. Poza tem zdecydowano się na korzystanie z wody wierzchniej chętniej niż z wody gruntowej, gdyż trudności przy wykonywaniu większych studni, któreby dostarczać mogły znaczniejsze ilości wody, były duże i trudne do pokonania. Zresztą, nie zawsze była do dyspozycji woda gruntowa w odpowiedniej obfitości i dogodnie otrzymywana. Przed niedawnym czasem — lat 10-15 temu — nastąpił zwrot w kierunku przechodzenia na wodę gruntową. Ostatnio znów przeważa większe zaufanie do wody rzecznej i wogóle zbiorowisk wody wierzchniej, tembardziej, że sposoby techniczne do oczyszczania wody, stale doskonalące się, pozwalają na otrzymanie zupełnie czystej wody.

Tu dodać należy, że w niektórych miejscowościach, z powodu niedostatecznie obfitych źródeł z wodą czystą, zaopatrzone są również w wodę rzeczna, lub w wodę z kopalni wyrzucaną, słabo albo wcale nie oczyszczaną; każdy rodzaj wody został rozprowadzony po mieście i do domów odrębną siecią, przyczem woda czysta powinna być stosowana do użytku wewnętrznego (gotowanie, picie), woda rzeczna mniej czysta, — do potrzeb przemysłowych, do polewania łąk, mycia podłóg, domów, płukania klozetów i t.d. Doświadczenie wskazuje, że ludność, nie przestrzegając tego podziału wody, narażona jest na przykre i fatalne pod względem zdrowotnym skutki. Wobec tego, z punktu widzenia higieny, wodociągi o dwóch wodach (czystej i nieoczyszczonej) powinny być zarzucone.

### a) Woda wierzchnia.

Woda wierzchnia może być czerpana z tych naturalnych zbiorowisk, w których ją spotykamy, a więc z rzek, rzeczek, jezior, stawisk.

W razie, jeśli mamy do dyspozycji małą rzeczkę, lub strumyk, w którym ilość wody podlega w ciągu roku znacznym wahanom, tworzymy w korycie rzeki zbiornik na wodę dopływającą, budując w dogodnym miejscu rzeki — między wysokimi brzegami i przy wązkim korycie oraz mocnym gruncie — tamę, dostatecznie wysoką, która wodę spiętrza i tworzy jeziora sztuczne ze znacznym zapasem wody, wystarczającym na całe miesiące.

Ponieważ woda wierzchnia w zbiorowiskach podlega zanieczyszczeniom, należy ją czerpać z takiego miejsca, gdzie woda jest jak najmniej zanieczyszczona; a więc w jeziorach naturalnych i sztucznych oraz stawiskach czerpanie powinno się odbywać jak najdalej od brzegu, szczególnie od brzegu zamieszkałego.

Z rzek i rzeczek, o ile mają dostateczną ilość wody, czerpać ją należy w punktach, obranych powyżej zaludnionych miejscowości, przyczem należy mieć na widoku przyszły rozwój miejscowości. Czerpanie wody z rzeki dokonywa się przy pomocy specjalnych rur większej średnicy i długości, zaopatrzonych w otwory, zabezpieczone siatką. Rury takie, nazywane „smokami“, zakładane są w rzece na pewnej głębokości.

Nieraz ujęcie wody rzecznej odbywa się w ten sposób, że na brzegu rzeki wykonywa się rodzaj basenu, połączonego z rzeką; z tego basenu woda jest czerpana przy pomocy rury, przechodzącej przez ścianę basenu. Pierwej nim będzie zdecydowana sprawa ujęcia wody z rzeki, należy zbadać charakter rzeki pod względem zamarzania, grubości lodu, zdolności tworzenia lodu „dennicowego“; wreszcie, zbadany powinien być charakter mielisz, które w rzekach nieregulowanych mogą zupełnie zasypać dopływy wody z rzeki do smoków.

Woda rzeczna, jak to wyżej zaznaczyliśmy, jest, wogóle, zanieczyszczona i domaga się przed oddaniem jej do użytku — oczyszczania.

Oczyszczanie to polega najczęściej na tem, że woda rzeczna jest wpuszczona albo też pompowana do dużego zbiornika, w którym albo zupełnie stoi przez pewien czas, albo też bardzo powoli płynie. Zarówno dłuższe stanie wody, jak i dłuższe powolne jej płynięcie powoduje to, że bardzo znaczna część osadów i mętów, zawartych w wodzie, opada na dno; zbiornik o odpowiednich wymiarach (nosi on wtedy nazwę osadnika) może usunąć z wody około 80% zawartych w niej osadów. Jeśli czerpać będziemy wodę z jeziora naturalnego albo sztucznego, w którym woda przez długi czas pozostaje bez ruchu, niema potrzeby budować osadników, gdyż samo jezioro odgrywa tu rolę osadnika.

Mamy więc pierwsze stadyum oczyszczania wody: klarowanie jej w osadnikach, w których woda może albo stać, albo płynąć. Pierwsze osadniki (z wodą stojącą) są obecnie rzadziej stosowane, gdyż wymagają przerw w pracy; kiedy woda, która osad swój pozostawiła, jest spuszczana i kiedy świeża woda jest wpuszczana.

Osadniki ze stałym przepływem przerw tych nie potrzebują i wobec tego pracują ekonomiczniej.

Po przedwstępnem osadzeniu z wody znacznej ilości mętów, kierujemy ją na t. zw. „filtry“, które mają za zadanie zabrać od wody pozostałą resztę osadów i mętów.

Zasadniczo filtrowanie polega na tem: woda przechodzi z góry na dół przez warstwę drobnego porowatego materiału, np. przez warstwę piasku drobnego, przez płytki, wypalone z gliny specjalnej o bardzo drobnych porach; wreszcie, grube tkaniny mogą grać rolę materiału filtrującego. W zastosowaniu spotykamy najczęściej piasek. Grubsze warstwy piasku drobnociastego — około 1 m. grubości — filtrują dobrze.

Doświadczenie wskazuje, że filtr, utworzony z warstwy piasku, zatrzymuje nietylko osady drobne, ale nawet, i to w bardzo znacznym stopniu, drobnoustroje, jak bakterye. Ponieważ wielkość bakteryi jest bardzo mała w porównaniu z wymiarami kanalików swobodnych, utworzonych przez poszczególne, ziarenka piasku, ważne jest poznać, jak się to dzieje. Woda, przepływając pewien czas przez warstwę piasku, pozostawia na jej powierzchni osad, który tworzy cienką, bardzo subtelną błonkę, w postaci śluzu. Ta, właśnie, błonka, w której rozwija się dość energicznie życie organiczne, sprawia doskonałe zatrzymywanie nie tylko osadów najdrobniejszych, ale nawet i bakteryi. Prócz tego poszczególne ziarenka piasku, znajdujące się na swobodnej powierzchni filtra, pokrywają się warstewką śluzu, który tworzy podłoże dla życia organicznego i ten śluz, otaczający ziarenka, sprzyja wychwytywaniu z wody drobnych części stałych, które przepływają obok. Z powyższego widać, że działanie filtra nie od pierwszej chwili będzie zadawalające, lecz dopiero po pewnym czasie, kiedy się utworzy owa błonka na powierzchni piasku. Dla tego też woda filtrowana na świeżym filtrze nie będzie dostatecznie oczyszczona i do użytku nie może być stosowana. Dopiero po „dojrzeniu“ filtra, (tak nazywają stan, kiedy powierzchnia filtra pokryje się błonką) czystość wody jest zapewnioną.

Ponieważ na powierzchni piasku osad stale się zatrzymuje, przeto z biegiem czasu błonka wspomniana o tyle zgrubieje, że coraz mniej filtrować zaczyna, aż wreszcie wszystkie otworki, dla wody dostępne, zasklepią się. Filtr wtedy domaga się oczyszczenia, co się uskutecznia przez zdjęcie górnej warstewki piasku wraz ze zbyt grubą błonką.

Na opisaney zasadzie oparte jest działanie wszystkich filtrów.

Konstrukcyjnie i pod względem sposobu działania rozróżniamy filtry wolno i prędko filtrujące, znane inaczej pod nazwą: pierwsze — angielskich i drugie — amerykańskich filtrów. Różnica między jednymi i drugimi polega na tem: filtry angielskie pracują z małą prędkością, która nie przenosi 10 — 15 cm. na godzinę; filtry amerykańskie pracują z prędkością 40 — 50 krotnie większą — dochodzącą do 4 — 5 m. na godz. Aby przy tej prędkości mogła utworzyć się szybko dość mocna błonka filtrująca, dodaje się do oczyszczanej wody alunu, który, łącząc się z solami wapiennymi, stale znajdującymi się w wodzie, tworzy szybko osad śluzowy, spadający w postaci kłaczków na powierzchnię piasku filtrującego. W ten sposób filtr bardzo prędko „dochodzi“ czyli „dojrzewa“ i w krótkim czasie zaczyna prawidłowo działać. Oczyszczanie filtra

amerykańskiego odbywa się inaczej niż filtra angielskiego: tu zdejmuje się warstewkę piasku z błonką,—zaś w filtrze amerykańskim odbywa się przemywanie całej masy piasku odwrotnym prądem czystej wody.

Prócz filtrów piaskowych są stosowane filtry, utworzone z powierzchni parowatych, lecz jakkolwiek oczyszczają one wodę mechanicznie bardzo dobrze, jednak utrzymywanie takich powierzchni w czystości jest bardzo trudne; tego rodzaju filtry nie zyskały szerszego rozpowszechnienia.

W niektórych przypadkach woda rzeczna zawiera części organiczne, rozpuszczone w wodzie, których jednak żaden filtr, mechanicznie działający, jak poprzednie, nie jest w stanie w dostatecznej mierze zatrzymać. Ponieważ zawartość związków organicznych w wodzie sprzyja łatwemu rozmnażaniu się bakterii i różnych drobnoustrojów, inaczej, psuciu wody, więc pożądane jest nieraz dalsze oczyszczanie wody. Jednocześnie zaznaczyć trzeba, że filtr piaskowy nie jest w stanie zatrzymać wszystkich bakterii, pomimo że zatrzymuje ich nieraz do 99%. Dalsze oczyszczanie wody wpłynąć powinno też na znaczne zmniejszenie liczby bakterii, nieraz nawet na zupełne ich usunięcie. Otrzymujemy wtedy wodę „sterylizowaną“. Najlepsze wyniki w tym kierunku wykazuje oczyszczanie wody przy pomocy powietrza ozonizowanego. Ozon jest to bardzo niestabile ciało gazowe, którego cząstki złożone są z atomów tlenu, łatwo rozpadających się. Ozon otrzymujemy, jeśli prąd czystego i suchego powietrza przepędzamy między dwiema powierzchniami, naładowanymi elektrycznością o wysokim napięciu; pewna część tlenu, znajdującego się w przepędzanym powietrzu pod wpływem wyładowywanej elektryczności zmienia się na ozon.

Takie powietrze „ozonizowane“ doprowadzone zostaje następnie w ściśle zetknięcie z wodą oczyszczaną.

W chwili rozczepiania się ozonu tlen energicznie łączy się z ciałami organicznymi, a więc z różnymi związkami organicznymi rozpuszczonymi i nierozpuszczonymi w wodzie, bakteriami i różnymi drobnoustrojami i utlenia je, inaczej, spalając, niszczy je. Ozonizowanie jest stosowane w wielu zakładach wodociągowych, korzystających z wody wierzchniej — szczególnie podczas epidemii tyfusu lub cholery, a to w tym celu, aby uniknąć możliwości dopuszczenia zarazków chorobotwórczych przez pośrednictwo wody do ludności.

Do sterylizacji wody stosowane jest nieraz dodawanie wapna chlorowego, chloru, mleka wapiennego, kwasów, wodorotlenku — w małych ilościach. Wreszcie, przez przepuszczanie wody zupełnie przezroczystej cienkim strumieniem przez smugę światła ultrafioletowego w bardzo krótkim czasie niszczymy bakterie.

Poza wspomnianem poprzednio oczyszczaniem wody, istnieje bardzo wiele różnych sposobów chemicznych, dostosowanych do każdego poszczególnego przypadku, do rodzaju wody, wymagań i t. p.; sposoby te polegają na dodawaniu takich odczynników chemicznych, które wspólnie z istniejącymi składnikami wody tworzą subtelny osad, łatwo opadający na dno i podczas opadania zabierający ze sobą drobny muł, osad, a nawet bakterie, które bez tej pomocy opaść na dno nie byłyby w stanie. Dalsza manipulacja przy chemicznym oczyszczaniu wody polega zwykle na jej filtrowaniu.

Chemiczne oczyszczanie, często stosowane przy bardzo twardej wodzie, wymaga dużego nakładu na materiały i sprawia duży kłopot, wywołany usuwaniem osadów, których ilości mogą być nieraz znaczne.

Istnieją pewne miejscowości, położone nad morzami, które nie mają dobrej wody do picia w gruncie, ani też rzek bliskich nie posiadają; znane są też miejscowości, posiadające tak twardą wodę, że chemiczne sposoby, stosowane w celu zmiękczenia wody, są bardzo kosztowne; — uciekają się wtedy do dystylowania wody na wielką skalę. Do niedawna Baku miało instalację, zaopatrującą mieszkańców w wodę do użytku wewnętrznego, z tego właśnie źródła.

Woda rzeczna, oczyszczona odpowiednio czy to drogą mechaniczną, czy też chemiczną, zbierana jest w zbiornikach na czystą wodę, tworząc pewien zapas; stąd, następnie, jest dostarczana do użytku mieszkańców.

## b) Woda źródłana i gruntowa.

Zarówno woda źródłana jak i gruntowa, według przeważającej dziś teorii, pochodzi z tej wody atmosferycznej, która po opadnięciu w postaci deszczu, śniegu, wsiąka w grunt i, następnie, w jego pokładach odbywa drogę.

Zależnie od budowy różnych pokładów gruntu, w których woda może się poruszać, i zależnie od położenia tych warstw, które dla wody są nieprzenikliwe, możemy otrzymać wodę albo wypływającą na powierzchnię ziemi w postaci źródła, krynicy, albo też, jeśli woda sama na wierzch się nie wydostaje, zbieramy ją przy

pomocy rur lub kanałów zbiorczych, ułożonych w warstwie wodonośnej; wreszcie, w razie jeśli warstwy wodonośne znajdują się dość głęboko, wydostajemy wodę, korzystając ze studni zwykłych lub studni artezyjskich. Różnica między studnią zwykłą a studnią artezyjską polega na tem, że woda, napotkana w studni artezyjskiej, znajduje się pod ciśnieniem, podnoszącą ją powyżej tego poziomu, na którym wodę spotkano.

Woda gruntowa, jak to wyżej wzmiankowaliśmy, pochodzi z opadów atmosferycznych, które następnie wsiąkły w grunt; pochodzi więc z wody w pewnej mierze zanieczyszczonej. Tu mogą istnieć warunki, w których woda, wsiąkły w ziemię, przechodzi niedość długą drogę do miejsca, w którym została wykryta, albo też, że woda napotyka po drodze szczeliny, przez które bardzo łatwo przepływa, podlegając procesowi oczyszczania w małym tylko stopniu. Taka woda pod względem wydajności będzie zależna od opadów atmosferycznych: po deszczach—wydajność wkrótce zwykle się zwiększa; w suchą porę — taka woda gruntowa może nawet prawie zniknąć. Poza tem badania chemiczne, a przedewszystkiem bakteryologiczne, łatwo mogą stwierdzić, że znaleziona woda jest niedalekiego pochodzenia.

Jeśli woda gruntowa przebędzie znaczne przestrzenie pierwej, nim zostanie wydobyta, wówczas podczas długiej drogi, odbytej w warstwach przepuszczalnych, poruszając się z bardzo małą prędkością, zostaje poddana tak dokładnemu oczyszczaniu, że wogóle, nie przedstawia nic do życzenia. W wielu razach woda gruntowa, przeciekając w gruncie, napotyka w nim niektóre składniki rozpuszczalne, które rozpuszcza i zabiera ze sobą. Stąd jest zrozumiałe, że wody gruntowe składem swoim różnić się powinny między sobą w zależności od tego, jakie warstwy były przez wodę nawiedzone.

Jeśli rozpuszczone w wodzie składniki nadają wodzie gruntowej pewien smak, zapach lub własności charakterystyczne, przeszkadzające stosować ją do użytku domowego, mamy wodę mineralną tej czy innej nazwy. Tego rodzaju wody zastosowania w wodociągach nie znajdują. Zwrócić należy uwagę na jeden tylko rodzaj wody, mianowicie, zawierającej w stanie rozpuszczonym sole żelaza lub manganu.

Woda taka w naszych warunkach geologicznych spotykać się może dość często; w smaku nie jest ona przyjemna, a w zastosowaniu nastęrcza znaczne nieraz niedogodności: taka woda, bowiem, daje po pewnym czasie osad czerwono bury—w razie obecności żelaza — lub ciemno szary — w razie obecności manganu. Osad ten jest wielkiem niebezpieczeństwem dla rur, które wodę żelazistą lub manganistą prowadzą, gdyż na tym osadzie, jak na podłożu, rozmnażają się wodorosty, które, wydzielając żelazo, zatkać mogą rury. Z braku innej wody lepszej można zatrzymać się na wodzie żelazistej lub manganistej, poddając ją pewnym zabiegom w celu usunięcia z niej żelaza lub manganu.

Treść odżelaziania polega na tem: w wodzie świeżo z gruntu otrzymanej, znajduje się żelazo lub mangan w postaci soli łatwo się rozpuszczających; sole te, jednak, będąc w zetknięciu z powietrzem, podlegają utlenieniu (dość łatwo—sole żelaza, trudniej—sole manganu) i tworzą sole słabo bardzo rozpuszczalne w wodzie, które w postaci osadu opadają na dno oraz czepiają się ścianek naczyń.

Na tej własności oparte jest usuwanie z wody żelaza lub manganu.

Technicznie ta czynność dokonywa się w sposób następujący: woda, podlegająca odżelazieniu jest doprowadzona do sitek—na podobieństwo znanych natryskowych—; stąd w kształcie deszczu spada z wysokości około 2 m. Częstki wody, w postaci spadających kropli, stykając się z tlenem powietrza, nasycają się niem. Sole, rozpuszczone w wodzie, po pewnym czasie, kiedy woda po spadnięciu znajduje się w zbiorniku, utleniają się, tworząc osad. Oddzielenie osadu od wody dokonywa się następnie przez przepuszczenie jej przez filtr piaskowy. Woda przefiltrowana pozbawiona jest żelaza w znacznym stopniu; ta ilość żelaza, jaka zostaje w wodzie, nie powinna przekraczać 0, 1 mg na litr wody, aby nie być przeszkodą w używaniu wody.

Zamiast puszczania wody w postaci deszczu przy pomocy sit natryskowych, puszcza się wodę przez warstwę koks, cegieł, lub desek, różnie ustawionych, aby woda, rozbita na krople, mogła snadniej wejść w jaknajściślejsze zetknięcie z przepływającym powietrzem.

Dodać tu nawiasem należy, że istnieją różne patentowane i niepatentowane przyrządy i pompy, które w zastosowaniu do zwykłej studni z wodą żelazistą, dają możność otrzymywania wody dostatecznie oczyszczonej.