

# SKARBY ZIEMI

# WODA

SKĄD SIĘ BIERZE WODA W KRANIE?



Pod redakcją  
Antoniego Bochena

#### Teksty

A. Bochen, P. Janik, W. Siwiak, P. Sibilski

#### Wydawca

Quixi Media Sp. z o.o.	Fundacja Świat Wokół Nas
85-061 Bydgoszcz	85-556 Bydgoszcz
ul. Matejki 1A	ul. Gościeradzka 11
www.quixi.pl	www.swiatwokolnas.pl

ISBN 978-83-61840  
2010

## BIBLIOGRAFIA

1. Serwis internetowy Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
2. Serwis internetowy Water Footprint Network.
3. Serwis internetowy United States Geological Survey.
4. Bajkiewicz – Grabowska Elżbieta, Mikulski Zbigniew, Hydrologia ogólna, Warszawa 1999, Wydawnictwo Naukowe PWN.
5. Barnier Michel, Atlas wielkich zagrożeń, Ekologia. Środowisko. Przyroda, Warszawa 1995, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
6. Borkiewicz J., Odpady – problem współczesnej cywilizacji, Kielce 1998, Wydawnictwo Eko-Press.
7. Brown R., Raport o stanie świata, Warszawa 2004, Książka i Wiedza.
8. Brown R., Lester, Gospodarka ekologiczna. Na miarę Ziemi, Warszawa 2003, Książka i Wiedza.
9. Brzeg twojej rzeki (na podstawie „The River Bank Pack”), Praca zbiorowa, Ojców 1996, Ojcowski Park Narodowy.
10. Chelmiński Wojciech, Woda. Zasoby, degradacja, ochrona, Warszawa 2001, Wydawnictwo Naukowe PWN.
11. Dolina twojej rzeki (na podstawie „The River Valley Pack”). Praca zbiorowa, Ojców 1996, Ojcowski Park Narodowy.
12. Elkington John, Hailes Julia, Hill Douglas, Zielony przewodnik młodego konsumenta, Warszawa 1992, NFOS.
13. Grochowicz Ewa, Korytkowski Jan, Ochrona przyrody i wód, Warszawa 1996, WSiP.
14. Grodzińska-Jurczak Małgorzata, Co każdy uczeń o śmieciach wiedzieć powinien?, Kraków 2001, Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych – Wydawnictwo „Zielone Brygady”.
15. Hałat Zbigniew, Woda, Warszawa 1998, Medyczne Centrum Konsumenta, Polska Agencja Ekologiczna.
16. Hare Tony, Ratujmy naszą planetę, t. 1 i t. 2, Warszawa 1999, Oficyna Wydawnicza ALMAPRESS.
17. Jak sobie radzić z powodzią, Materiały dydaktyczne dla nauczycieli, Pod redakcją Małgorzaty Śliudak, Elżbiety Tyralskiej – Wojtycza, Kraków 2003, Instytut meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie.
18. Kalinowska Anna, Ekologia – wybór na nowe stulecie, Warszawa 2003, Wydawnictwo A. Grzegorzczak.
19. Każde miejsce opowiada swoją historię, czyli rzecz o dziedzictwie wiejskim, Poznań 2001, Fundacja Fundusz Współpracy, Program AGROLINIA 2000.
20. Kowal Apolinary L., Świdzka – Bróz Maria, Oczyszczanie wody, Warszawa 1996, Wydawnictwo Naukowe PWN.
21. Krajobraz Polski. Nasze dziedzictwo i obowiązek, Praca zbiorowa, Warszawa 2001, Media Corporation.
22. Kundzewicz Zbigniew W., Gdyby mała wody miarka... Zasoby wodne dla trwałego rozwoju, Warszawa 2000, Wydawnictwo Naukowe PWN.
23. Lenart Witold, Woda – płynąca przestrzeń i eliksir życia, Płock 2003, RCEE.
24. Litvinoff Miles, Zaopiekujmy się Ziemią, Atlas młodego czytelnika Gai, Warszawa 1998, Wydawnictwo BIS.
25. Mackenzie A., Ekologia (krótkie wykłady), Warszawa 2000, PWN.
26. Mikulski Zdzisław, Gospodarka wodna, Warszawa 1998, Wydawnictwo Naukowe PWN.
27. Misja Ratowania Planety Ziemia, Projekt „Wskaźniki równowagi”, Kraków 1998, Polski Klub Ekologiczny.
28. Pakiet edukacyjny – Woda (na podstawie „The Water Sourcebook”), Praca zbiorowa (opieka merytoryczna Elżbiety Tyralskiej – Wojtycza), Kraków 2003, Regionalny Ośrodek Edukacji Ekologicznej w Krakowie.
29. Radziejowski J., Integracja europejska a ochrona środowiska, Warszawa 2002, Fundacja Rozwój SGGW.
30. Skinder N.W., Chemia a ochrona środowiska, Warszawa 1999, WSiP.
31. Stańczykowska A., Ekologia naszych wód, Warszawa 1997, WSiP.
32. Strzałko J., Mossor-Pietraszewska T., Kompendium wiedzy o ekologii, Warszawa-Poznań 2001, PWN.
33. Tilling Stephen, Kwaśne deszcze, Zbadaj to sam, Warszawa 1992, WSiP.
34. Tyralska – Wojtycza Elżbieta, Kaj Romeyko – Hurko, Błękitny monitoring, Kraków 2003, Regionalny Ośrodek Edukacji Ekologicznej w Krakowie.
35. Umiński T., Ekologia, środowisko, przyroda, Warszawa 1995, WSiP.
36. Vademecum młodego ekologa, Praca zbiorowa, Warszawa 2001, Wyd. BIS.
37. Veit Barbara, Wolfrum Christine, Książka o wodzie, Kraków 1995, Polski Klub Ekologiczny.
38. Vester Frederic, Woda = życie, Kraków 1992, Polski Klub Ekologiczny.
39. Weiner J., Życie i ewolucja biosfery, Podręcznik ekologii ogólnej, Warszawa 2003, Wydawnictwo naukowe PWN.
40. Woda w twojej rzece (na podstawie opracowania „The River Water Pack”), Praca zbiorowa, Ojców 1995, Ojcowski Park Narodowy.
41. Zielony Pakiet, Praca zbiorowa, Warszawa 2003, Regionalne Centrum Ekologiczne na Europę Środkową i Wschodnią.
42. Żelazo Jan, Popek Zbigniew, Podstawy renaturyzacji rzek, Warszawa 2002, Wydawnictwo SGGW.

# S P I S T R E Ś C I

Zamiast wstępu .....	4
----------------------	---



Woda źródło życia .....	8
-------------------------	---



Woda i jej właściwości .....	8
Woda w diecie człowieka .....	10
Cykl hydrologiczny .....	12
Polskie zasoby wodne .....	28
Wykorzystywanie zasobów wodnych .....	32

Ekologia.....	51
---------------	----



Idea Zrównoważonego Rozwoju.....	52
Ślad wodny .....	57
Jakość wody .....	60
Sposoby ochrony wody .....	60
Oszczędzanie wody .....	62

Warto wiedzieć .....	65
----------------------	----



Historia wodociągów .....	77
---------------------------	----



Starożytność .....	78
Średniowiecze .....	83
XVI w. – I połowa XVII wieku.....	83
XVII wiek – XVIII wiek .....	100
XIX w. – początek XX wieku .....	105
Zabytki, pamiątki, architektura .....	128

Skąd się bierze woda w kranie?.....	231
-------------------------------------	-----



Hydrologia .....	232
Czystość wód .....	235
Pobór wody .....	240
Uzdatnianie wody .....	245
Transport wody do mieszkań .....	251
Ścieki .....	252
Kanalizacja .....	252
Skład, jakość i ilość ścieków .....	253
Oczyszczanie .....	254

# BUDUJEMY MIASTO



Czy nie miałaś – jeśli jesteś płci żeńskiej, lub nie miałeś – jeśli jesteś płci męskiej, ochoty zrobić czegoś na własny rachunek? Być może zmęczyło cię wielkomiejskie życie i zapragnęłaś (zapragnąłeś) założyć gdzieś na nieskażonym cywilizacją, niezamieszkanym terenie własne miasto? Suchy Raj byłby znakomitą nazwą dla takiej osady, zważywszy, że prawdopodobnie Pustynia Błędownska pozostaje obecnie jedyną całkowicie niezamieszkałą częścią naszego kraju!

Nie da się jednak założyć miasta bez wody. Każde ludzkie siedlisko, od małej osady po największą metropolię, potrzebuje planu zagospodarowania zasobów wodnych. Musi istnieć metoda pozyskiwania i rozprowadzania wody, a także odprowadzania wody już zużytej.

Uznajmy zatem, że zdecydowałaś (zdecydowałeś) się na tak poważny krok. Wraz z przyjaciółmi znaleźliście (niezamieszkałe) miejsce i postanowiliście je przystosować do swoich potrzeb. W jaki sposób zabierzecie się za tworzenie „Planu zagospodarowania wód w Suchym Raju”?

## Początki Suchego Raju

Już pierwszego dnia istnienia Suchego Raju nie obędziecie się bez wody. Priorytetem będzie oczywiście woda pitna, a także woda użytkowa do kąpieli, zmywania i prania, czy umycia rąk po oprawieniu królika, którego udało wam się upolować na kolację. Pamiętajmy również, że niebawem niezbędna okaże się toaleta. Wobec tego cel nadrzędny to odnalezienie jakiegoś źródła wody. Naturalnym miejscem poszukiwań będzie pobliski potok lub staw. Być może namówicie miejscowego bobra, aby wybudował wam tamę na rzece Białej Przemszy i przyczynił się w ten sposób do powstania jeziora (prawdę powiedziawszy, będzie to zalew).

W wolnej chwili zajmijcie się wykopaniem dziury w ziemi, która posłuży za studnię. Jeżeli dokopiecie się wystarczająco głęboko, możecie natrafić na zwierciadło wody. Wówczas wystarczy opuścić do środka wiadro, aby rozkoszować się wodą podziemną. Sprawy przybierają korzystny obrót: zaczęliście korzystać z wód powierzchniowych (rzeka), wód podziemnych (wykopana

studnia), a także udało się wam stworzyć zbiornik wodny (zalew). W tym momencie posiadacie solidne źródło wody, które zaspokoi wasze potrzeby. Czas na odpoczynek? Nie tak prędko.

## Dostarczenie wody do domów

Skoro nadaliście sobie samowważczo tytuł Burmistrza Suchego Raju, nadszedł czas na kolejny krok – wybranie najlepszego miejsca do postawienia domu. Będzie to oczywiście szczyt wzgórza. Miejsce wspaniałe, w końcu to tu została zrealizowana ekranizacja Faraona Bolesława Prusa. Widok jest, owszem, zachwycający, ale taszczenie przez cały dzień wiader z wodą z rzeki pod górę, do domu, to duża uciążliwość. Każde wiadro to 10 litrów, a dostarczenie 20-30 wiader wody dziennie to koszmar! Na dodatek właśnie zaczynają wprowadzać się przyjaciele i sąsiedzi. Wielu spośród nich wybrało wzgórze na miejsce budowy domu, więc potrzebne jest szybkie stworzenie sieci rozdzielczej, aby woda docierała do wszystkich. Kluczem do celu będzie zbudowanie wodociągu z rur (można je wyprodukować z gliny zalegającej dno rzeki), biegnącego od rzeki do każdego z domów. Problem w tym, że domy położone są wyżej niż Biała Przemsza, a woda, jak wiemy, samoczynnie nie płynie w górę. A zatem konieczne będzie wybudowanie na wzgórzu dużego zbiornika na wodę (najlepiej byłoby to zrobić w najwyższym punkcie miasta), a następnie powołanie zespołu odpowiedzialnego za napełnianie zbiornika wodą. Ze zbiornika (wieży wodnej) można teraz prowadzić rury do każdego z budynków. Rury biegną więc prosto do kranu znajdującego się w każdym domu. Woda dostarczana jest za pomocą grawitacji (za darmo!). Wszystko działa idealnie – podobnie jak w wielkim mieście, z którego pochodzisz.

# BUDUJEMY MIASTO

Nadal jednak musicie zmagać się z problemem nieustannego napełniania zbiornika. Noszenie wody do zbiornika nie różni się niczym od dostarczania wody w wiadrach do domów. Trzeba zatem znaleźć sposób na przepompowywanie wody z rzeki do zbiornika położonego na wzgórzu. Zważywszy, że w Suchym Raju nie rozwinął się jeszcze przemysł, konieczne będzie zbudowanie własnej pompy. Przypominam, że nie mamy także do dyspozycji elektryczności, ponieważ w mieście nie ma elektrowni (to się niebawem zmieni). Czy macie pomysł na źródło energii zdolne do napędzania pompy? Dobrym rozwiązaniem byłby wiatrak, ale pustynia ma to do siebie, że zwykle nie ma tu wiatru. Rzeka! Woda w Białej Przemszy przepływa dość wartko, a zatem na rzeźce trzeba wybudować koło łopatkowe. Łopatki wirują, napędzane prądem wody, a to powoduje obracanie się drążka, który z kolei wprawia w ruch waszą pompę domowej roboty. I proszę! Woda jest pompowana w górę do zbiornika, a resztę załatwia gravitacja. Tym sposobem woda dociera do domów.

## Pierwsza sieć wodociągowa w Suchym Raju

Teraz każdy może już cieszyć się bieżącą wodą w swoim domu. Zbudowanie wodociągu kosztowało jednak sporo wysiłku. Jako Burmistrz możesz postanowić, że sieć wodociągowa w Suchym Raju będzie własnością miasta i z tego tytułu będą pobierane opłaty za dostarczanie wody do każdego z domów. Miasto musi reagować na potrzeby swoich obywateli. Weźmy na przykład pana Kowalskiego, który za długo piekł upolowanego królika i podpalił kuchnię. Pechowiec poskarżył się Burmistrzowi: „Gdzie była straż pożarna, gdy jej potrzebowałem?!”. Proszę bardzo – wystarczy umieścić kilka hydrantów przeciwpożarowych na rurach wodociągowych. Teraz jesteś nie tylko Burmistrzem, ale również Komendantem Straży Pożarnej.

Wkrótce zaczną napływać pieniądze od obywateli kupujących wodę, a to podsuwa ci pewną myśl. Postanawiasz napisać do znajomego w rodzinnej miejscowości i zasugerować mu założenie kolejnego miasta, kawałek dalej od Suchego Raju. W chwili, gdy plan ten zostanie szczęśliwie zrealizowany, Suchy Raj zaferuje mieszkańcom nowej osady sprzedaż wody, którą pozyskuje z publicznej sieci wodociągowej. Możesz teraz zbudować system akweduktów, który będzie dostarczał wodę z Suchego Raju do sąsiadów. Cena wody będzie naturalnie powiększona o skromną marżę – nie ma nic złego w uzyskaniu niewielkiego profitu.

## Precz z brudną wodą

Pewnego wieczoru zasiadasz do kolacji, na którą składa się świeżo złowiony pstrąg i sałatka z jakichś korzonków. Pamiętaj, aby po sprawieniu ryby dokładnie umyć ręce w wiadrze z wodą! Brudne naczynia też trzeba doprowadzić do porządku. Teraz należy pozbyć się śmierdzących pompy – chlup z nimi na podwórko! Problem w tym, że sąsiad skarży się, że przez całą noc czuje smród gnijących resztek z ryb. Tobie jest nie lepiej – woda po praniu, wylewana przez sąsiadów w ten sam sposób, dopływa do progu twojego domu. Problem powiększa jeszcze cuchnąca latryna.

Dochodzisz do wniosku, że w życiu istotne jest coś więcej, niż tylko zdobywanie wody. Trzeba jakoś pozbywać się ścieków! W tym celu należy stworzyć „system zwrotny”, występujący zwykle pod nazwą sieci kanalizacyjnej. Wymagać to będzie ponownego położenia sieci rur, biegnącej od domów do pod-

nóża wzniesienia. Do niej trzeba podłączyć wszystkie zlewy, wanny i toalety. Rury ściekowe należy doprowadzić do rzeczki (poniżej punktu z pompą pobierającą wodę!), która pomoże w pozbyciu się tych obrzydliwych brudów.

Wszystko działa znakomicie do czasu, kiedy mieszkająca w dole rzeki rodzina Nowaków zaczyna skarżyć się na śmierdzące nieczystości, płynące obok ich stojącego przy brzegu domu. Budujesz zatem oczyszczalnię ścieków, łączysz ją ciągiem rur z domami w twoim mieście i zaczynasz uzdatniać ścieki przed odprowadzeniem ich do Białej Przemszy.

## Pierwsza powódź

Znów wszyscy są szczęśliwi, ale nagle spada pierwszy ulewny deszcz. Woda deszczowa splywa po wzgórzach, aż do centrum Suchego Raju i oto stajesz w obliczu pierwszej powodzi w historii twojego miasta. Oznacza to olbrzymią ilość niechcianej wody (oraz naniesionego wraz z nią błota), z którą trzeba coś zrobić. Postanawiasz wybudować szereg studzienek kanalizacji burzowej, które uporają się z problemem. Konieczne będzie także położenie kilku kolejnych rur (tym razem o dużej średnicy) biegnących przez całe miasto i wyposażonych w wpusty dla wody zbierającej się w nisko położonych miejscach. Do tych rur będzie wpływać deszczówka, która zostanie odprowadzona w dół wzgórza, aż do rzeki. Wszystko wskazuje na to, że zagrożenie zostało oddalone na długi czas.

Niestety, nagły atak burzy spowodował wylanie Białej Przemszy, w wyniku czego zostało podtopionych kilka domów wybudowanych na terenach zalewowych – płaskim obszarze ziemi wzdłuż rzeki. Nasuwają się teraz dwa rozwiązania. Przyjrzyj się ukształtowaniu terenu i zdecyduj, które fragmenty koryta rzeki będą wylewać najczęściej w czasie obfitych deszczów i roztopów, i zabroń ludziom budować tam domy. Innym rozwiązaniem będzie wybudowanie tamy w górze rzeki, co spowoduje powstanie zalewu. Będzie on zatrzymywał wezbraną wodę i zabezpieczał przed jej wtargnięciem do miasta. Wodę z zalewu można stopniowo spuszczać, co zapobiegnie powodziom i jednocześnie zasili wody podziemne.

## Magazynowanie wody na czarną godzinę

Przychodzi ci na myśl, że... znajdujący się poza miastem zalew (nazwijmy go dla uproszczenia jezioro) mógłby służyć rozrywce – można tam przecież popływać, uprawiać sporty wodne, łowić ryby i odpoczywać. Z jeziora da się pociągnąć system rur wodociągowych doprowadzających wodę do miasta i tym samym ominąć rzekę. Jest to dobre rozwiązanie, zwłaszcza wtedy, gdy powódź zniszczyła stację pomp przy ujęciu wody. Tama umożliwi uwalnianie tylko takich ilości wody, jakie chcemy, aby wpadały do rzeki znajdującej się poniżej zapory. Dzięki temu w Białej Przemszy zawsze będzie odpowiedni poziom wody. Tama zapobiegłaby także zalewaniu terenów w dolinie, ponieważ jest ona w stanie zatrzymać nadmiar wód nagromadzonych w czasie intensywnych opadów czy wiosennych roztopów. Wykorzystaj okazję na wybudowanie większego koła łopatkowego, albo jeszcze lepiej, postaw na tamie elektrownię wodną, co umożliwi generowanie elektryczności! W ten sposób zostałoby rozwiązanych szereg problemów. Ponownie korzystacie z usług bobra, który zbudował dla was staw (teraz Pan Bóbr zarządza już własną firmą budowlaną!) i prosicie go o pomoc w budowie tamy.

# BUDUJEMY MIASTO

## Mieszkańcy Suchego Raju potrzebują upraw

Po zakończeniu stawiania zapory czujecie niebywały głód – niestety, macie już dość jedzenia królików i pstrągów. Czas na założenie gospodarstwa rolnego i uprawianie własnych owoców i warzyw. Trzeba zaorać poletko ziemi, zasiać ziarna i cierpliwie czekać, aż wyrosną, trzymając w pogotowiu otwarty słoik sosu do sałatek. Warto też złożyć wniosek o dotację z Unii Europejskiej – w końcu jesteście rolnikiem.

Zaraz, zaraz, ale przecież nasze miasto nazywa się Suchy Raj. Deszcz nie padał od wielu miesięcy, a nasiona sałaty i rzodkiewki krzyczą: „Pić!”. Trzeba zdobyć kolejną pompę i sieć rur rozsiągniętych po całym terenie pociągnąć wodę z rzeczki, aby podlała uprawy – właśnie zafundowaliście sobie pierwszy system nawadniania pól, taki sam, jakim posługiwali się starożytni Egipcjanie w dolinie Nilu.

Ale co z polem w górze strumienia? To kawał drogi od rzeki.

Trzeba zatem wykopać studnię. Kopcie tak długo, aż natraficie na wodę. Teraz na dnie umieścicie pompę elektryczną (zasilaną przez nową elektrownię wodną zbudowaną na tamie). Pompa będzie zasysać wodę ze studni i przepompowywać przez długie metalowe rury, zawieszane nad ziemią za pomocą zespołu dużych metalowych ram wyposażonych w kółka na dolnych krawędziach. Właśnie stworzyliście system irygacji przestłowej. Może on rozciągać się na przestrzeni jednego kilometra! System jest unieruchomiony w samym środku (studnia) i obraca się wokół własnej osi, rozpryskując wodę na całym obwodzie okręgu, po którym przesuwają się instalacja. Studnia jest osią obrotu. To rozwiązanie umożliwi nawadnianie około 3,14 km<sup>2</sup> za pomocą tylko jednej studni. Tak więc system deszczowni centrycznych ożywi całe twoje gospodarstwo. Już wkrótce zbijesz fortunę na sprzedaży „unikalnej sałaty z Suchego Raju”.

## Dość sałatek, co z szynką?

Kolejna skarga, jaka dociera do twoich uszu to: „Chcemy szynki! Chcemy hot dogów i hamburgerów! Chcemy pikantnych skrzydełek z kurczaka! Mamy dość sałatek! Dajcie nam prawdziwe jedzenie!”. Szybko zdajecie sobie sprawę, że nie wszyscy mieszkańcy Suchego Raju to wegetarianie i zaczynacie hodować krowy, kury, świnki, a nawet ryby.

Tak się jednak składa, że nawet kurczak potrzebuje wody do picia, a twój pracownik nie zamierza czyścić klatek z drobiem, jeśli nie będzie miał do tego węża i bieżącej wody. Karpom do życia niezbędny jest staw. Zaprzyjaźniony bóbr wydziela wam niewielki zalew. Tworzycie z niego staw rybny. Kopiecie również

małą studnię, aby pozyskać wodę dla zwierząt. Inwentarz ma teraz wodę, a wasze zyski rosną wraz ze sprzedażą „Swojskich Przysmaków” do sklepu spożywczego w Suchym Raju.

## Wzgórza są pełne srebra – sięgnijmy po nie

Centrum Suchego Raju jest przyjemne i suche (dzięki wybudowaniu kanałów burzowych), a mieszkańcy zaczynają wychodzić wieczorami z domów i udzielać się towarzysko. Skoro już zbiliście fortunę na sprzedaży sałaty i karpia, przyszedł czas, aby wszyscy dowiedzieli się, że to wy jesteście tymi milionerami od „Swojskich Przysmaków”. Potrzebujecie szlachetnego kruszcu do zrobienia luksusowej biżuterii i zadziwienia wszystkich wokół. Tak się akurat składa, że tereny obfitują w rudy ołowiu i srebra (w końcu to rzut kamieniem do Olkusza), a na zachód od miasta jest całkiem przyzwoite miejsce na założenie kopalni. Powstają zatem Kopalnie Srebra, które od razu rozpoczynają wydobycie. Woda służy do wypłukiwania zanieczyszczeń i przemycania kruszcu. Zostają wybudowane piece do wytopu, a do uszlachetniania metalu stosuje się żrący kwas. Niestety, część wody zużyta w procesach produkcyjnych zamienia się w ścieki na tyle toksyczne, że nie można ich tak po prostu odprowadzić do rzeki. Trzeba zatem wybudować zbiorniki do magazynowania ścieków, osadniki oraz specjalne oczyszczalnie do ich uzdatniania. Musicie również sprawdzać, czy ścieki ze zbiornika przy kopalni nie przesiakają do gruntu i nie zanieczyszczają podziemnych warstw wodonośnych. Zbiorniki te muszą być szczelne i powinny zostać solidnie zaimpregnowane.

Uprzemysłowienie

## Uprzemysłowienie

Nadszedł moment, kiedy mieszkańcy Suchego Raju są gotowi na prawdziwe uprzemysłowienie. Twoja sąsiadka Agata tak bardzo zazdrości ci nowej biżuterii, że pragnie mieć własną. Nadchodzi lato i Agata dostrzega, że mieszkańcy Suchego Raju będą potrzebować parasoli ogrodowych, aby zyskać choć trochę cienia. W pobliżu kopalni otwiera więc fabrykę parasoli. Sąsiad Agaty, pan Tadeusz Tański, zdaje sobie sprawę, że sąsiadka będzie potrzebować pojazdów do transportowania gotowych wyrobów i buduje fabrykę ciężarówek. Wytwarzanie parasoli wymaga zużycia ogromnych ilości wody, a jeszcze więcej potrzeba jej do produkcji ciężarówek. Nowe gałęzie przemysłu stają się jednymi z największych konsumentów wody w Suchym Raju. Fabryki mogłyby kupować wodę prosto z wodociągów miejskich, ale szybko odkrywają, że tańszym rozwiązaniem jest wykopanie własnych studni i wybudowanie zbiorników wody (zasilanych wodami podziemnymi wypompowywanymi ze studni). Ścieki fabryczne mogą być mocno zanieczyszczone,



# BUDUJEMY MIASTO

podobnie jak w przypadku ścieków z kopalni. Z tego powodu przedsiębiorstwa budują własne systemy oczyszczania, aby zapobiec skażeniu rzeki.

## Więcej energii!

Domy, sklepy, lodziarnie, fabryki! Suchy Raj rośnie szybciej niż sałata na polu. Każdy nowy budynek potrzebuje elektryczności. Niestety, nie ma szans na modernizację elektrowni wodnej wybudowanej na tamie – jej możliwości wytwórcze wykorzystywane są już maksymalnie. Jedynym wyjściem jest budowa elektrowni cieplej. Tego typu elektrownie w wyniku spalania paliwa, np. węgla, tworzą ciepło, które z kolei wytwarza parę wodną obracającą turbiny. W ten sposób powstaje elektryczność.

Elektrownie do sprawnego działania potrzebują ogromnych ilości wody. Jej większość zużywana jest do chłodzenia fabrycznych urządzeń wytwarzających moc. Zapotrzebowanie na wodę jest tak wielkie, że tego typu instalacje stawiane są zwykle w pobliżu dużych akwenów. Wykorzystują

system, który dostarcza wodę do elektrowni i chłodzi urządzenia, a następnie wyprowadza wodę z powrotem do rzeki czy jeziora. Najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest wykopanie kanału biegnącego z rzeki do elektrowni i umieszczenie w nim rur, które odprowadzą wykorzystaną wodę z powrotem do zbiornika wodnego. Okazuje się jednak, że nie jest to takie proste, ponieważ zimna woda z rzeki, schładzając rozgrzane urządzenia, sama staje się ciepła. Odprowadzenie podgrzanej wody do Białej Przemszy mogłoby nie spodobać się ludziom pracującym przy hodowlanych stawach rybnych położonych w jej dole, ponieważ lepiej jest łowić świeże, a nie gotowane karpie i pstrągi. Z tego względu Nowa Elektrownia zgadza się na wybudowanie chłodni kominowych, aby schładzać gorącą wodę w mokrych wymiennikach ciepła, a także na zainstalowanie zbiorników akumulacyjnych, które zatrzymają gorącą wodę i ostudzą ją do temperatury wody w rzece. Tak wystudzoną wodę można ponownie wykorzystywać do chłodzenia urządzeń lub odprowadzić ją w dół wzgórza, do naszej Przemszy.

## Komerccjalizacja

Osiągnęliście punkt, w którym wasi sąsiedzi noszą biżuterię zakupioną za pieniądze ze sprzedaży ciężarówek i parasoli. Postanawiacie zatem zwiększyć swoje dochody, aby zrobić na nich jeszcze większe wrażenie. Cóż, pracownicy w fabrykach ciężarówek i parasoli muszą jeść. Dobrze byłoby także umyć ciężarówkę, więc dobrym pomysłem jest utworzenie firmy „Jadłodajnia i Myjnia Samochodowa u Zadowolonego Burmistrza”. Wasza firma nie potrzebuje takich ilości wody, jak fabryka ciężarówek, więc zamiast kopać własną studnię, bardziej opłaca się kupić to bezcenne dobro od Zakładu Wodociągów w Suchym Raju. Prawda, trzeba położyć więcej rur doprowadzających i odprowadzających wodę. Przy okazji pomyślcie o zbudowaniu fabryki takich rur – zbijecie fortunę!

żarówkę, więc zamiast kopać własną studnię, bardziej opłaca się kupić to bezcenne dobro od Zakładu Wodociągów w Suchym Raju. Prawda, trzeba położyć więcej rur doprowadzających i odprowadzających wodę. Przy okazji pomyślcie o zbudowaniu fabryki takich rur – zbijecie fortunę!

## Jeszcze więcej energii!

Okazuje się, że knajpa z hamburgerami była przysłowiową kroplą, która przepelniła czarę. Agata (ta od parasoli ogrodowych) chciała zaraz obok wybudować pizzerię, ale nie wystarczyło energii, żeby ją zasilać. Rozwiązaniem okazało się przejście na energetykę jądrową. Zakupiliście ziemię na zachód od Suchego Raju i wybudowaliście Elektrownię Jądrową. Urządzenia zainstalowane w elektrowni jądrowej szybko się jednak nagrzewają, więc znów potrzeba mnóstwa wody. Ponownie chłodzicie zużytą wodę za pomocą chłodni, które wyglądają niczym gigantyczne, pękate komin. Wewnątrz chłodni rozpylana jest gorąca woda, a do jej studzenia wykorzystywane jest powietrze. Nad chłodniami kominowymi unoszą się tylko niewinne obłoczki pary wodnej, dlatego mieszkańcy żartują, że elektrownia pracuje „pełną parą”.

W końcu orientujecie się, że Suchy Raj rozkwita. Mieszkają w nim właściciele domów, którzy używają wodę do własnych celów; posiadacie sieć wodociągową, która dostarcza ją dla całego miasta, do domów i firm; wasza oczyszczalnia uzdatnia ścieki; macie wodę, która zasila kwitnący przemysł produkcji ciężarówek i parasoli; inwentarz waszego gospodarstwa rolnego radośnie moczy i gdacze; stosujecie wodę do nawadniania upraw; wydobywacie ołów i srebro do produkcji biżuterii; dzieci w Suchym Raju zajądają hamburgery i frytki kupowane w świetnie prosperujących punktach gastronomicznych, a energia generowana przez elektrownie przesyłana jest każdemu, kto jej potrzebuje.

Mimo to nie jesteście zadowoleni i doskonale wiecie, dlaczego. Suchy Raj nadmiernie się rozrósł! To już nie ta sama mała osada co przedtem – teraz macie tu wielkie miasto, podobne do tego, z którego wcześniej uciekliście. Postanawiacie wyjechać z Suchego Raju i znaleźć miłe bezludne miejsce, aby założyć nowe sióło. Tym razem nie pozwolicie, aby stało się przerośnięte i zatłoczone. Zamierzacie nazwać je Mokre Piekło, ale przychodzi wam do głowy pytanie: „Ile osób zdecyduje się przeprowadzić do miasta o nazwie Mokre Piekło?”

Zanim jednak zabierzecie się do roboty, przyda się wam solidna wiedza o gospodarowaniu wodą. Przejrzyjcie, więc tę książkę!



# WODA I JEJ WŁAŚCIWOŚCI



(©Photofactory®)

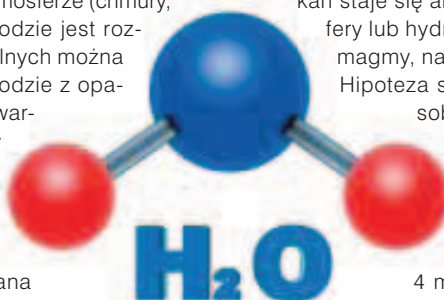


(©Photofactory®)

## Woda i jej właściwości

Woda jest na Ziemi powszechna – występuje głównie w oceanach, które pokrywają 70,8% jej powierzchni, ale także w rzekach, jeziorach i w postaci stałej w lodowcach. Część wody znajduje się pod powierzchnią gruntów lub w atmosferze (chmury, para wodna). Woda występująca w przyrodzie jest roztworem soli i gazów. Najwięcej soli mineralnych można znaleźć w wodzie morskiej, najmniej w wodzie z opadów atmosferycznych. Wodę o małej zawartości składników mineralnych nazywamy wodą miękką, natomiast zawierającą znaczne ilości soli wapnia i magnezu – wodą twardą.

Jako substancja użytkowa woda ma tysiące zastosowań. Słodka woda pitna używana jest do celów sanitarno-bytowych, w rolnictwie do nawadniania pól, a w przemyśle jako rozpuszczalnik i chłodziwo. Niestety, aż miliard ludzi na świecie ma utrudniony dostęp do wody pitnej. Każdego dnia choroby wynikające z jej niedo-



statku powodują śmierć wielu tysięcy ludzi, głównie dzieci. Wśród naukowców istnieje kilka hipotez pojawienia się wody na Ziemi. Hipoteza geotermalna opiera się na obecności pary wodnej w gorącej magmie, wewnątrz skorupy ziemskiej. Kiedy wulkan staje się aktywny, woda zostaje uwolniona do atmosfery lub hydrosfery. Wody, które powstały z krzepnięcia magmy, nazywamy wodami juvenilnymi.

Hipoteza solarna mówi, że wiatr słoneczny niesie za sobą atomy wodoru, które wchodzą w reakcję z tlenem w atmosferze tworząc wodę.

Trzecia hipoteza, najpopularniejsza wśród specjalistów, zakłada, że przyniosły ją lodowe komety i asteroidy uderzające w Ziemię w czasach jej młodości, blisko 4 miliardy lat temu. Wcześniej nasza planeta miała być sucha i bardzo gorąca.

Autorami ostatniej hipotezy są japońscy naukowcy z Tokyo Institute of Technology. Uważają oni, że woda powstała w wyniku reakcji wodoru zawartego w atmosferze z tlenkami obecnymi w skorupie ziemskiej. Istnienie gęstej wodorowej atmosfery wokół młodej Ziemi potwierdza analiza późniejszych zmian kształtu jej orbity. Niezależni eksperci uznają, że owa hipoteza zasługuje na dokładniejsze zbadanie, nie wykluczają też, że woda mogła pojawić się na Ziemi na kilka sposobów jednocześnie.

### Właściwości chemiczne

Woda jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych związków chemicznych w przyrodzie. Jej wzór chemiczny to  $H_2O$ . Jak wskazuje model, jest to jeden atom tlenu O (niebieska kula) związany z dwoma atomami wodoru H (czerwone kulki). Cząsteczka wody posiada ładunek dodatni w miejscu gdzie „przyłączone” są atomy wodoru, a ładunek ujemny tam, gdzie znajduje się atom tlenu. Ponieważ przeciwne ładunki elektryczne przyciągają się, cząsteczki wody przyciągają do siebie sprawiając, że woda jest jakby „lepka”. Strona cząsteczki z atomami wodoru (ładunek dodatni) przyciąga stronę z tlenem (ładunek ujemny) innej cząsteczki wody. Oznacza to, że wszystkie te przyciągające się wzajemnie cząsteczki tworzą skupiska. To dlatego krople wody są w rzeczy samej kroplami! Gdyby nie grawitacja, miałyby kształt idealnej kuli.

### Czy wiesz, że...

- woda pokrywa ok. 70% powierzchni globu, jest to jednak w większości woda słona;
- głównym źródłem zaopatrzenia ludzi w wodę są wody powierzchniowe, przede wszystkim wody płynące oraz wody podziemne, zalegające w płytkich warstwach geologicznych – stanowią one jedynie ok. 1% wody na Ziemi;
- 88% słodkich zasobów wody na ziemi stanowią lodowce;
- dziennie człowiek zużywa średnio 110 l wody, przy czym do celów konsumpcyjnych jedynie 2,5-3 litry;
- do roku 2025 ilość wody zmniejszy się o połowę w krajach rozwijających się i o 18% w krajach uprzemysłowionych;
- żywe stworzenia do życia wykorzystują jedynie 0,4% zasobów wody słodkiej, co stanowi około 139 tys. km<sup>3</sup>. Objętość ta rozlana na powierzchnię Ziemi utworzyłaby warstwę o wysokości zaledwie 2,5 cm;
- 1/3 ludności żyje w krajach, które cierpią na niedostatek wody. Za kilkanaście lat tylko 1/3 ludności będzie mieszkała w krajach, które mają jej pod dostatkiem.



# WODA I JEJ WŁAŚCIWOŚCI



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

Doskonale czysta woda nie posiada smaku, ani zapachu i jest przezroczysta. Ma neutralne pH, które wynosi 7, a więc jej odczyn nie jest ani kwasowy ani zasadowy. Między innymi dlatego woda często nazywana jest „uniwersalnym rozpuszczalnikiem”, ponieważ rozpuszcza się w niej więcej substancji, niż w jakiegokolwiek innej cieczy. Wynika z tego, że gdziekolwiek płynie woda, w ziemi, w drzewie czy ciele człowieka, niesie ze sobą cenne substancje chemiczne, minerały i składniki odżywcze.

## Właściwości fizyczne

- Woda to jedyna substancja występująca w środowisku naturalnym we wszystkich trzech stanach skupienia – ciekłym, stałym (lód) i gazowym (para wodna). Woda na Ziemi podlega ciągłej interakcji, nieustannie znajduje się w ruchu.
- Temperaturę zamrażania i wrzenia wody stanowią linię odniesienia dla pomiaru w skali Celsjusza: 0°C to temperatura zamrażania wody, a 100°C - moment jej wrzenia.
- Niezwykłość wody polega na różnicach gęstości w zależności od stanu skupienia. W stanie stałym, gdy woda zamienia się w lód, jej gęstość staje się mniejsza niż w stanie ciekłym. Dzięki temu kry mogą unosić się na powierzchni rzeki.
- Woda ma wysoki współczynnik ciepła właściwego. To znaczy, że może wchłonąć dużą ilość ciepła, zanim zacznie się nagrzewać. Z tego powodu jest cennym chłodziwem. Wysoki współczynnik ciepła właściwego wody ma także wpływ na prędkość zmian temperatury powietrza. To właśnie dzięki temu zmiany temperatur porami roku są stopniowe, a nie nagłe.
- Bardzo wysoki współczynnik napięcia powierzchniowego sprawia, że woda jest „lepka” i „elastyczna”. Dlatego też tworzy skupiska w postaci kropli, zamiast rozpraszać się w cienkie powłoki. Napięcie powierzchniowe jest odpowiedzialne za

zjawisko kapilarne, dzięki któremu woda, wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami, porusza się w korzeniach roślin oraz w cienkich naczyniach krwionośnych ludzkiego ciała.

## Zjawisko kapilarne

Zjawisko kapilarne to ruch wody (i wszystkiego, co w niej rozpuszczone) wewnątrz przestrzeni materiałów porowatych, oparty na siłach przywierania, spójności i napięcia powierzchniowego.

(©Photofactory®)



Zjawisko to zachodzi, ponieważ woda jest „lepka” dzięki działaniu sił spójności (cząsteczki wody lubią bliskość) i przylegania (cząsteczki wody przylegają się do innych substancji). Właśnie dlatego woda ujawnia tendencje do łączenia się w krople i „przyczepia się” do szkła, tkanin, tkanek organicznych i gleby.

Napięcie powierzchniowe jest miarą wytrzymałości warstwy powierzchniowej wody. Przyciągające się cząsteczki tworzą silną powłokę ustępującą tylko rtęci (będącej zresztą metalem). Napięcie powierzchniowe sprawia, że woda utrzymuje na swej powierzchni substancje cięższe i gęstsze niż ona sama. Zjawisko to wykorzystują liczne owady, zwierzęta oraz ludzie żeglujący od tysięcy lat po rzekach, morzach i oceanach.

Rozlana szklanka coli, dzięki napięciu powierzchniowemu, tworzy zgrabną kałużę na stole, zamiast pokryć podłogę cienką warstwą lepkiej mazi. Papierowy ręcznik doskonale wchłonie kałużę, gdyż ciecz wypełni każdą wolną przestrzeń pomiędzy włóknami celulozy i wewnątrz nich.

Zjawisko kapilarne wykorzystują rośliny. Zapuszczają one w glebie korzenie, które czerpią z ziemi życiodajny płyn. Zawierająca rozpuszczone składniki odżywcze woda, dostaje się do wnętrza i zaczyna „wspinać się” po tkankach rośliny. Każda kolejna cząsteczka ciągnie za sobą następną, i tak dalej.

# WODA W DIECIE CZŁOWIEKA

## Woda w diecie człowieka

Do XVIII wieku wodę uważano za pierwiastek. Dopiero Cavendish w 1781 r. wykazał, że woda powstaje podczas spalania wodoru, któremu Lavoisier nadał nazwę hydrogenium (hedor – woda, genos – ród, pochodzenie). Ilościowy stosunek wodoru do tlenu podali w 1805 r. Humboldt i Gay-Lussac. Jako związek wodoru z tlenem (tlenek wodoru, H<sub>2</sub>O) woda zajmuje czołowe miejsce w gospodarce ustrojowej wszystkich organizmów.

Prawidłowy przebieg procesów życiowych jest nierozłącznie związany z określoną, niezbędną ilością wody. W formach życia ubogich w wodę (np. w niekiełkujących nasionach) przemiana materii jest prawie całkowicie zahamowana (anabioza). Natomiast w roztworach wodnych zachodzą reakcje biochemiczne, będące podstawą procesów życiowych. Dlatego też dawna maksyma chemiczna głosiła: „Corpora non aqunt nisi soluta” („Związki działają tylko w stanie rozpuszczonym”).

Woda jest składnikiem niezbędnym do życia organizmu ludzkiego. Bardziej zgubny dla człowieka może być tylko brak tlenu. Bez pokarmów stałych człowiek wytrzyma około 40 dni, ale brak picia przez 3 – 4 doby powoduje śmierć. Dowiedziono, że bez większej szkody dla zdrowia można stracić cały zapas glikogenu, ale utrata 10% wody jest groźna dla człowieka, a 20% deficyt pociąga za sobą śmierć. Długość życia organizmu pozbawionego wody do picia jest różna. Największą wytrzymałością odznacza się wielbłąd, jednak większość ssaków może obyć się bez wody tylko przez krótki czas.

## Woda to ponad połowa masy ciała organizmu

U kobiet, na wodę przypada przeciętnie 52-55%, a u mężczyzn 63-65% masy ciała. Zmiany zawartości wody w masie ciała bardziej zależą od stopnia rozwoju tkanki tłuszczowej, niż od wagi. U osób otyłych jest ona procentowo znacznie niższa niż u chudych. Wartości te różnią się zatem znacznie, w zależności od nagromadzenia lub braku tkanki tłuszczowej.

Przeciętna zawartość wody w różnych tkankach	
Mięsień	75%
Skóra	70%
Tkanki łączne	60%
Tkanka tłuszczowa	20%
Tkanka kostna (bez szpiku)	25-30%
Szklivo zębów	0,2%
Zębina zębów	10%
Krew:	
– osocze	90%
– krwinki	65%
Nerka	80%
Wątroba	70%
Tkanka nerwowa:	
– substancja szara	85%
– substancja biała	70%

## Źródła wody dla organizmu

Woda w organizmie uzupełniana jest z dwóch zasadniczych źródeł. Pierwszym są spożywane płyny i pokarmy zawierające wodę (np. gotowane chude mięso zawiera od 65-70% wody). Drugim źródłem jest woda powstająca w procesach przemiany materii, poprzez utlenianie wodoru pochodzącego z pokarmów lub z samych tkanek. Woda wchłaniana jest głównie z jelita cienkiego, w mniejszej ilości z jelita grubego i bardzo nieznacznie z żołądka. Poniższe zestawienie przedstawia ilość wody powstałej w procesach przemiany materii z trzech podstawowych składników pożywienia:

- 100 g tłuszczu daje 107,1 g wody;
- 100 g skrobi daje 55,1 g wody;
- 100 g białka daje 41,3 g wody.

Zwykła dieta Europejczyka dostarcza, w wyniku reakcji utleniających, od 300 do 350 g wody dziennie, czyli około 14 g na każde 100 kcal jedzenia. Przy braku pożywienia i płynów, ustrój zużywa własne składniki tkankowe na wytwarzanie wody, osiągając znaczne jej ilości z glikogenu, białek i tłuszczów. Na przykład garb wielbłąda, składający się głównie z tłuszczu, staje się dzięki temu dużym rezerwuarem wody. Podobnie mól odzieżowy żywiący się całkowicie suchym pokarmem, składa jaja, które zawierają w sobie 88% wody.

U człowieka dorosłego dzienne zapotrzebowanie na wodę ze wszystkich jej źródeł wynosi w zwykłych warunkach 2 500 ml, tj. około 1 ml na każdą kcal pobranego pożywienia. Oznacza to na ogół, że dla utrzymania równowagi należy podawać w postaci napojów około 1 500 – 2 500 ml wody. Źródłem wody są także pokarmy stałe; niektóre produkty spożywcze zawierają ją w bardzo dużych ilościach (ogórki 95%, sałata 94%, pomidory 94%, rzodkiewki 92%, mleko 87%, jabłka 85%, gruszki 85%, śliwki 79%, ziemniaki ugotowane 75%, jajo ugotowane 72%, ryż ugotowany 72%, wątroba 68%, sardynki-konserwy 52%, szynka gotowana 51%).

Pobieranie wody w warunkach przeciętnej temperatury i wilgotności, przy zwykłej diecie, przedstawia się następująco:

- pokarmy stałe i półstałe – 1 200 ml;
- utlenianie składników pokarmowych – 300 ml;
- napoje (woda, mleko, kawa, piwo, itd.) – 1000 ml.

## Czy wiesz, że...

- Nie ma organizmów żywych, zdolnych do funkcjonowania bez choćby odrobiny wody.
- W organizmie woda transportuje tlen, składniki odżywcze i inne rozpuszczające się w niej substancje. Wspomaga wszystkie czynności życiowe. Jest niezbędna do regulacji ciepłoty ciała, wydalania produktów przemiany materii i procesów trawienia. Ochronia mózg, gałkę oczną, rdzeń kręgowy oraz płód u kobiet w ciąży. Tracimy ją przez skórę, płuca, drogą pokarmową i przez nerki.
- Utrata wody sięgająca 3% masy ciała powoduje obniżenie wydajności fizycznej o 20%. Przy utracie wody na poziomie 20% następuje śmierć organizmu.
- Uzupełnienie odpowiedniej ilości wody w chorobach przebiegających z gorączką chroni organizm przed przegrzaniem (groźnym dla centralnego układu nerwowego).
- Bez wody człowiek może przeżyć w umiarkowanym klimacie 3-7 dni, a bez pożywienia – nawet 2 miesiące.

# WODA W DIECIE CZŁOWIEKA

Objętość wody w organizmie istoty żywej utrzymywana jest na stałym poziomie poprzez zrównoważenie jej pobierania i wydalania. Nawet nieznaczne zmniejszenie objętości wody w ustroju wywołuje uczucie pragnienia. Jest ono spowodowane zwiększeniem ciśnienia osmotycznego krwi oraz zahamowaniem czynności wydzielniczej ślinianek, wywołującym w konsekwencji wysuszenie śluzówki jamy ustnej.

## Utrata wody i elektrolitów

Organizm człowieka wydala wodę:

- z moczem przez nerki,
- z potem wydzielanym przez gruczoły potowe,
- poprzez powierzchnię skóry w wyniku parowania,
- z powietrzem wydychanym przez płuca,
- ze śliną.

Najwięcej wody i elektrolitów, około 1,5 l na dobę, organizm traci w następstwie wydalania moczu. Utrata wody w rezultacie parowania z powierzchni skóry i wydzielania gruczołów potowych, zależy od temperatury ciała i otoczenia oraz od wilgotności powietrza. W temperaturze nie wyższej niż 28°C organizm traci w ciągu doby około 500 ml wody przez parowanie z powierzchni skóry i pocenie się. Utrata wody przez płuca również zależy od temperatury i wilgotności otoczenia. W klimacie umiarkowanym człowiek traci w ten sposób około 300 ml wody na dobę. Z kałem wydalane jest z organizmu kolejne 100-200 ml wody. Natomiast strata wody ze śliną jest nieznaczna, ale może być duża przy oddychaniu ustami lub u osób mających niekulturalny zwyczaj częstego spluwania.

W normalnych warunkach istnieje równowaga bilansu wodnego – przychód

i rozchód wody w organizmie waha się zwykle w granicach 2 500 – 2 800 ml dziennie.

Woda, prócz transportu rozpuszczonych substancji między poszczególnymi tkankami, umożliwia także wymianę ciepłą z otoczeniem. Odnacza się bowiem dużą absorpcją termiczną i chroni ustrój przed przegrzaniem. Podczas przechodzenia ze stanu ciekłego w parę, woda pochłania duże ilości ciepła (2403 kJ/l – 574 kcal/l). Dlatego człowiek w upalne dni lub podczas wysiłku fizycznego poci się, a parujący z powierzchni skóry pot schładza organizm.

W klimacie wilgotnym, przy braku wiatru, wydzielanie potu staje się bardziej widoczne, chociaż w rzeczywistości może nie być większe niż w atmosferze suchej, gdzie parowanie jest

większe. Duże ilości potu wydzielają się podczas intensywnej pracy mięśni oraz w wysokiej temperaturze otoczenia, np. w klimacie tropikalnym. W gorącym klimacie wydzielanie dziennie potu może dochodzić do 3 000 ml, a przy bardzo skwarnej pogodzie do 10 litrów (wartość ta w skrajnych przypadkach może być znacznie przekroczona). Przy wykonywaniu ciężkiej pracy w gorącym otoczeniu pot może się wydzielać nawet z szybkością 2 litrów na godzinę.

Wymaga to oczywiście uzupełniania płynów w celu utrzymania potrzebnej ilości wody w organizmie.

Dość szeroka jest skala zapotrzebowania organizmu na wodę w rejonach tropikalnych. Wszystko zależy od warunków otoczenia, natężenia pracy fizycznej i właściwości osobniczych. Ilość 4 litrów wody może wystarczyć dla człowieka lekko pracującego w temperaturze powietrza do 35°C, ale przy ciężkiej pracy popyt wzrasta do 7 l. Przy 40°C zapotrzebowanie podczas pracy wynosi odpowiednio 6 i 9 l, a w temperaturze 45°C nawet 10 i 13 l dziennie.

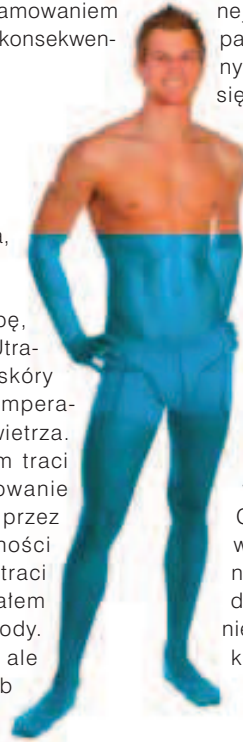
Ważny jest też sposób picia. Pić należy powoli, w niewielkich ilościach. Straty płynów uzupełniać stopniowo, z godziny na godzinę.

Czas zatrzymywania wody przez organizm zależy od wielkości porcji i tempa spożycia płynu. Przy pospiesznym wypiciu 500-1000 ml napoju przechodzi on szybko do płynu pozakomórkowego i zmniejszając jego ciśnienie osmotyczne, prowadzi do znacznego obciążenia układu krążenia. Sam płyn natomiast jest błyskawicznie wydalany. Przy picciu małymi łykami, utrata wody z moczem i potem jest powolniejsza i mniejsza. Dlatego też

mieszkańcy Azji Południowo-Wschodniej, w okresie pory gorącej, popijają przez cały dzień herbatę, delektując się jednak małymi porcjami.

W czasie silnego pocenia nie należy zatem reagować gwałtownie na zwiększoną chęć picia. Warto także pamiętać, że mechanizm odczuwania pragnienia czasami zawodzi i nie wskazuje na faktyczny stopień odwodnienia organizmu.

Człowiek o masie 70 kg ma w swym ciele ok. 45 l wody (65% masy ciała). Przy stracie 1,5 l dziennie w ciągu 6 dni utraci on 9 l wody (20% masy ciała) i w tych warunkach umrze. Przy wysokiej temperaturze otoczenia, w tropiku, można zginąć już w ciągu 2-3 dni. Dla wyrównania niedoboru płynów nie należy pić dużych ilości wody gazowanej, która ze względu na zawartości dwutlenku węgla powoduje rozciąganie ścian żołądka i blokuje naturalną chęć napicia się. W ten sposób może dojść do maskowanego stanu odwodnienia przy braku pragnienia.



Woda to ponad 65% masy ciała.

### Czy wiesz, że...

- zużycie wody zwiększyło się w ciągu ostatnich kilku lat dwukrotnie. W wyniku tego zasoby źródeł podziemnych zmniejszają się szybciej niż odnawiają (przeciętny Brytyjczyk zużywa dziennie 200 litrów wody, Amerykanin – 500, a Somalijczyk ok. 10. Dziecko urodzone w kraju rozwiniętym spożywa 30-50 razy więcej wody niż dziecko z kraju rozwijającego się);
- według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) aż 80% chorób jest bezpośrednio lub pośrednio związanych ze złą jakością wody;
- wzrost niedoboru wody na świecie będzie w 20% wynikiem zmian klimatycznych; podczas gdy w rejonach wilgotnych zwiększy się ilość opadów, w rejonach zagrożonych suszą, a nawet na niektórych obszarach tropikalnych i subtropikalnych, opady będą rzadsze i nieregularne;
- połowa ludności ziemi pije wodę zanieczyszczoną, a aż 60% nie dysponuje jej dostateczną ilością;
- wymiana wody w lodowcu trwa 5000 lat, a w atmosferze zaledwie 30-40 dni.

# CYKL HYDROLOGICZNY

## Czym jest cykl hydrologiczny?

Co rozumiemy pod pojęciem cyklu hydrologicznego? Można powiedzieć, że to „my” w każdej cząsteczce! Cykl hydrologiczny to obieg wody w przyrodzie zachodzący na Ziemi, w jej wnętrzu oraz ponad powierzchnią planety. Woda na naszym globie jest w ciągłym ruchu i zmienia swoje formy, od stanu ciekłego, poprzez gazowy do stałego, i na odwrót. Obieg wody trwa od miliardów lat, a zależne od niego jest całe ziemskie życie.

Nie można ustalić punktu początkowego obiegu wody, ale najlepiej obserwuje się całe zjawisko poczynając od procesów zachodzących w oceanie. Siłą napędową obiegu jest Słońce. Podgrzewa ono oceaniczną wodę, która w postaci pary unosi się nad bezkresnym rozlewiskiem. Wznoszące prądy powietrzne przenoszą parę wyżej, do atmosfery, gdzie niska temperatura wywołuje proces kondensacji. Powstają chmury. Poziome prądy powietrzne przenoszą chmury wokół globu ziemskiego. Drobne cząsteczki wody w chmurach zderzają się ze sobą, powiększając swoją masę i w końcu zamieniają się w opad. Opadem może być śnieg, który gromadząc się na powierzchni określonych zakątków Ziemi z czasem przekształca się w pokrywę lodową i lodowce. Te ostatnie mogą zatrzymać zamrożoną wodę na tysiące lat. W cieplejszym klimacie pokrywa śnieżna zwykle wiosną roztopia się. Część wód opadowych i roztopowych spływa po powierzchni ziemi, tworząc odpływ powierzchniowy. Dociera on do rzek i podąża w stronę oceanu. Znaczna część spływającej po powierzchni

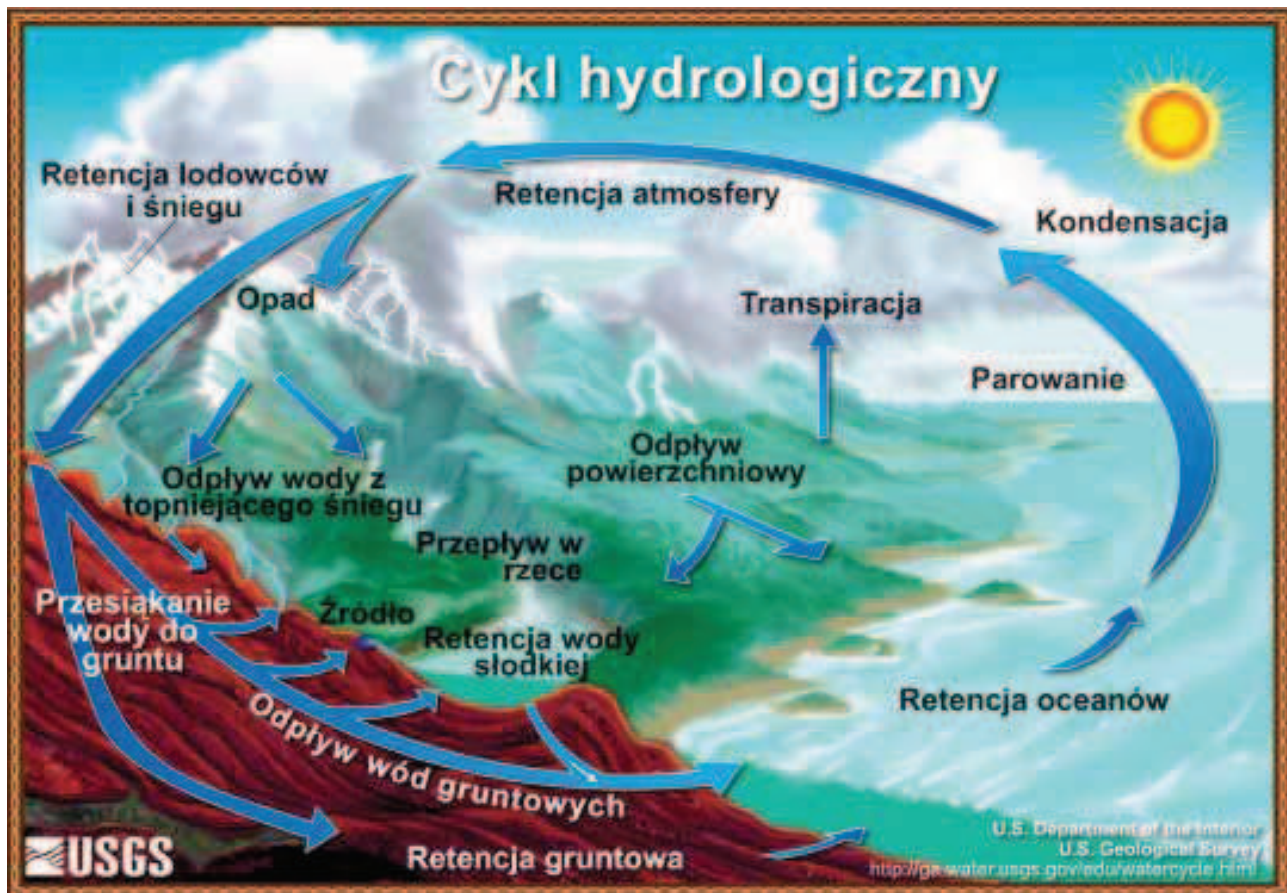
wody przesiąka, infiltruje do gruntu. Utrzymująca się stosunkowo blisko jego powierzchni tworzy odpływ gruntowy zasilający wody powierzchniowe; niekiedy jednak wypływa na powierzchnię w postaci słodkowodnych źródeł. Płytkie wody gruntowe wykorzystywane są przez rośliny. Część wody infiltrującej do gruntu przesiąka głębiej, zasilając warstwy wodonośne, magazynujące ogromne ilości słodkiej wody. Jednak po pewnym czasie woda ta dotrze do oceanu, gdzie cykl hydrologiczny kończy się..., a właściwie – rozpoczyna.

## Słona woda w oceanach i morzach

### Ocean jest gigantycznym magazynem wody

Ocean jest gigantycznym magazynem wody. Ocenia się, że około 1 338 000 000 km<sup>3</sup> wody znajduje się w oceanach. Stanowi to około 96,5% całkowitych jej zasobów. Szacuje się również, że te największe zbiorniki naturalne w 90% zasilają proces parowania.

Podczas licznych okresów oziębiania się ziemskiego klimatu znaczna część wody została uwięziona w różnych formach zlodowacenia (pokrywa lodowa, lodowce), zmniejszając tym samym swoją dostępną objętość dla innych elementów cyklu. Zjawisko odwrotne było możliwe podczas okresów ocieplenia klimatu. Podczas ostatniej epoki lodowej jedną trzecią powierzchni Ziemi pokrywały lodowce, a poziom oceanów był o 122 m niższy od dzisiejszego. Około 3 milionów lat temu, kiedy Ziemia była cieplejsza, poziom oceanów mógł być wyższy od obecnego nawet o 50 m.





Ocean jest kolebką życia. Tu rozpoczynały swój, trwający miliony lat, rozwój filogenetyczny wszystkie typy zwierząt. (*©Photofactory*)



Charakterystyczną cechą ekosystemu oceanicznego jest niezwykle bogactwo fauny, żyje tu bowiem 200 000 gatunków zwierząt. (*©Photofactory®*)

# CYKL HYDROLOGICZNY



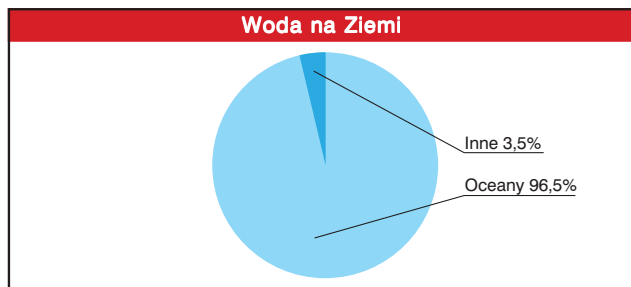
Park Narodowy Jasper położony w prowincji Alberta w Kanadzie. (@Photofactory®)



„Niebiańskie góry” Tien-szan w Azji Środkowej, na pograniczu Kazachstanu, Kirgistanu i Chin. (@Photofactory®)

## Oceany w ruchu

W oceanach występują prądy wywierające duży wpływ na cykl hydrologiczny i klimat. Najbardziej znaczący z tych prądów, prąd zatokowy Golsztrom, poprzez Atlantyk przepycha ogromne masy wód z Zatoki Meksykańskiej, aż do Wysp Brytyjskich, pokonując 97 kilometrów w ciągu doby. Golsztrom niesie sto razy więcej wody niż wszystkie rzeki na naszej planecie.



## Czy wiesz, że...

W XVII wieku w Europie zapanowała tzw. mała epoka lodowcowa. Bałtyk skuty był lodem, stały na nim pocztowe stacje przepręgowe i karczmy, a jazda Stefana Czarnieckiego podczas „potopu szwedzkiego”, bez zsiadania z wierzchołków, po lodowej tafli dotarła do Gotlandii!

## Parowanie

### Dlaczego woda paruje?

Parowanie jest procesem, w którym woda zmienia postać z ciekłej na gazową. To najważniejszy etap cyklu hydrologicznego, dzięki któremu woda pojawia się w atmosferze w postaci pary. Badania naukowe wykazały, że oceany, morza, jeziora i rzeki parując dostarczają aż 90% wilgoci do atmosfery. Pozostała część pochodzi z transpiracji roślin i ewaporacji gruntu.

Parowanie następuje po dostarczeniu wodzie ciepła. Energia ta sprawia, że rozrywane są wiązania utrzymujące razem poszczególne molekuly wody – dlatego też intensywnie paruje ona podczas gotowania, a zdecydowanie wolniej w temperaturze bliskiej zamarzaniu. Jednak gdy wilgotność względna powietrza

wynosi 100%, osiągając stan pełnego nasycenia, parowanie nie następuje. W procesie parowania ciepło pobierane jest z otoczenia. Dlatego kiedy pocimy się woda parująca z powierzchni skóry schładza rozgrzane ciało.

### Parowanie jest siłą napędową obiegu wody w przyrodzie

Wielkie powierzchnie oceanów (około 70% powierzchni Ziemi) stwarzają tu ogromne możliwości. W skali globalnej objętość parującej wody jest tego samego rzędu, co objętość wody docierającej do powierzchni Ziemi w postaci opadów. Wygląda to jednak rozmaicie w różnych regionach geograficznych. Tylko 10% objętości wody parującej z oceanów przenoszona jest nad lądy, aby tam spaść w postaci deszczu, śniegu czy gradu. Cząsteczki parującej wody spędzają około 10 dni w powietrzu, zanim wrócą na ląd czy do oceanu w postaci opadów.

## Woda w atmosferze – para wodna, chmury i wilgotność powietrza

### Atmosfera jest pełna wody

Mimo, że atmosfera nie jest wielkim magazynem wody, pełni funkcję „autostrady”, którą przemieszcza się ona wokół Ziemi. Woda w atmosferze występuje zawsze. Najlepiej widoczną formą jej obecności są chmury. Jednak nawet przejrzyste powietrze w słoneczny dzień zawiera wodę w postaci niewidocznych gołym okiem cząsteczek. Objętość wody w atmosferze wynosi około 12 900 km<sup>3</sup>. Wydaje się to dużo, ale to tylko 0,001% całkowitej objętości wody na Ziemi. Gdyby cała woda zawarta w atmosferze spadła na Ziemi w jednej chwili, utworzyłaby na powierzchni warstwę o grubości zaledwie 2,5 cm.

## Kondensacja – proces, w którym woda zmienia swą postać z gazowej w ciekłą

Kondensacja jest procesem odwrótnym od parowania. Dzięki niej powstają chmury. Z chmur natomiast tworzą się opady będące głównym sposobem powrotu wody na Ziemię. Dzięki kondensacji tworzą się także mgły. To za sprawą tego procesu nasze okulary pokrywają się mgiełką, gdy wychodzimy w upalny dzień z chłodnego pomieszczenia na zewnątrz. Kondensacja sprawia także, że na wychłodzonej szklance z napojem pojawiają się kropelki rosy, a w chłodne dni okna w naszych domach pokrywają się od wewnątrz cienką warstewką wody.

# CYKL HYDROLOGICZNY

## Kondensacja w powietrzu

Nawet w bezchmurny dzień woda pod postacią pary stale jest obecna w powietrzu. Kropelki te są jednak zbyt małe, aby je dostrzec gołym okiem. Molekuły wody łącząc się z drobinami kurzu, soli czy sadzy tworzą większe kropelki – w efekcie na niebie pojawiają się chmury. Jeśli kropelki wody w obłokach łączą się dalej, chmury rozbudowują się i mogą pojawić się opady.

Chmury powstają w atmosferze w wyniku wznoszenia się i ochładzania powietrza zawierającego parę wodną. Istotną częścią tego procesu jest efekt nagrzewania się powietrza w pobliżu powierzchni Ziemi, na skutek promieniowania słonecznego i schładzania w wyższych partiach atmosfery z powodu zmniejszonego ciśnienia. Powietrze bowiem, mimo że tego nie odczuwamy, posiada pewien ciężar. Na poziomie morza ciśnienie słupa powietrza na każdy centymetr kwadratowy naszych głów wynosi około 5 kilogramów. Ciśnienie to, nazywane barycznym jest wynikiem gęstości powietrza. Na znacznych wysokościach atmosfera jest rozrzedzona, panuje więc dużo niższe ciśnienie, co sprawia, że powietrze jest tam zimniejsze.

## Opady

Opady atmosferyczne to uwolnienie się wody z chmur w postaci deszczu, deszczu ze śniegiem, śniegu lub gradu. Jest to podstawowy sposób powrotu wody na Ziemię.

### Jak tworzą się kropelki deszczu?

Chmury przepływające nad naszymi głowami zawierają parę wodną. Kropelki wody w chmurach są jednak zbyt małe, by mogły spaść na ziemię w postaci deszczu, ale dostatecznie duże, aby dostrzec je jako chmury. W powietrzu nieustannie przebiega proces parowania i kondensacji wody. Jeśli znaleźlibyśmy się bardzo blisko chmury, moglibyśmy dostrzec, że pewne jej części

znikają (w procesie parowania), a inne rozbudowują się (w procesie kondensacji). Przeważająca część wody skondensowanej w chmurach nie spada jednak na ziemię za sprawą pionowych prądów wznoszących, utrzymujących małe cząsteczki wody w powietrzu. Zanim zacznie padać deszcz, małe kropelki wody zderzają się i łączą ze sobą. Powstałe w ten sposób cząsteczki stają się w końcu na tyle duże i ciężkie, że mogą już opuścić chmurę. Potrzeba milionów takich cząsteczek wody, aby utworzyć jedną kroplę deszczu.

### Nierównomierny rozkład opadów w przestrzeni i czasie

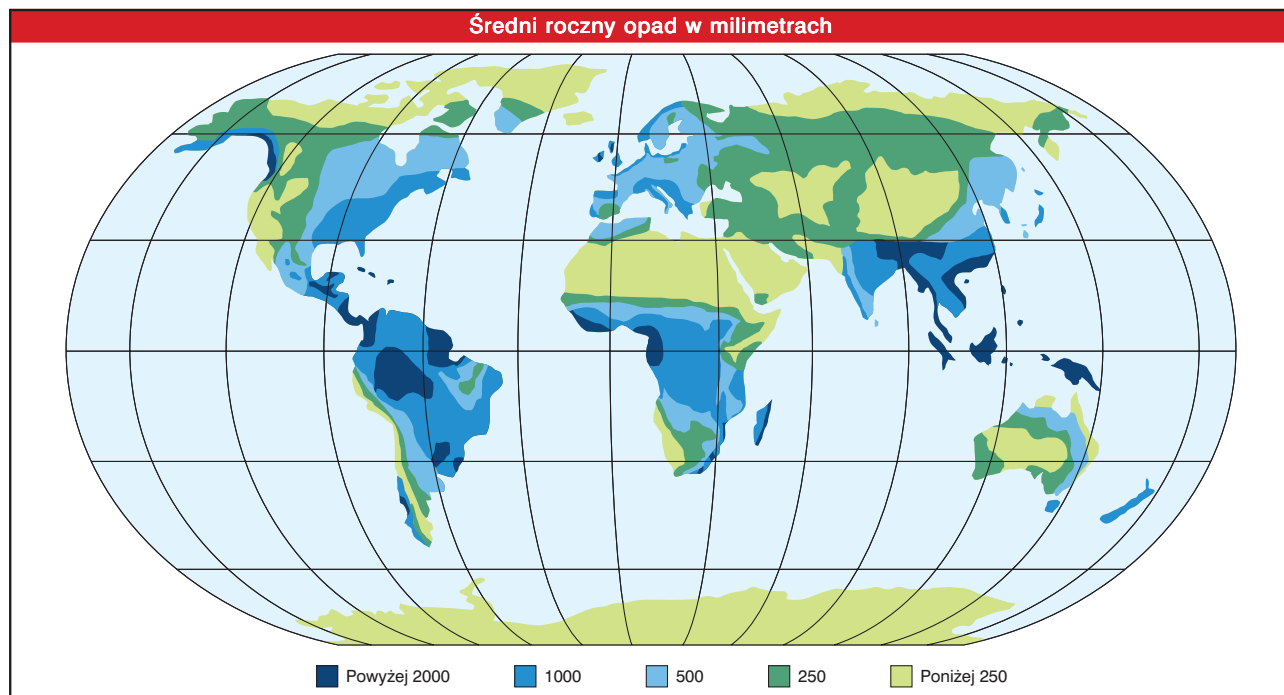
Opady w różnych częściach świata różnią się wielkością i intensywnością. Nawet w granicach jednego miasta mogą występować spore różnice. Na przykład podczas letniej burzy na jednej z ulic będzie lało, podczas gdy w promieniu kilku kilometrów wokół, opady nie wystąpią w ogóle. Światowy rekord sumy średniego rocznego opadu deszczu wynoszący 11 400 mm (11,4 m!) należy do Mount Waialeale na Hawajach, gdzie zresztą pada przez 350 dni w roku! Dla porównania, wyjątkowo niskie opady występują w Arica w Chile, gdzie przez 14 lat nie spadła ani jedna kropla deszczu.

Mapa pokazuje średnie roczne opady na świecie (w milimetrach). Jasnozielonym kolorem oznaczono obszary „pustyń”. Widzimy, że Sahara jest pustynią, ale czy przypuszczaliście, że większa część Grenlandii i Antarktydy to również pustynie?

### Czy kropelki deszczu mają kształt łez?

W kulturze masowej kropla deszczu najczęściej przedstawiana jest jako łza. Ta artystyczna wizja w istocie niewiele ma wspólnego z prawdą. To jedynie popularne wyobrażenie, wynikające często z obserwacji kropli deszczu, które rozbiły się na szybie, przez co zresztą straciły swój pierwotny kształt. Praktycznie każdy, od reklamodawców do ilustratorów bajek dla dzieci, przedstawia kropelki deszczu w kształcie łez, kiedy tak naprawdę

Średni roczny opad w milimetrach





# CYKL HYDROLOGICZNY

małe krople o promieniu poniżej 1 mm są kuliste, a te większe przybierają kształt hamburgera. Kiedy ich promień jest większy niż około 4,5 mm, zostają gwałtownie zdeformowane przypominając kształtem spadochron. Zaraz potem rozpadają się na mniejsze krople.

Owa niezwykła ewolucja ma swoje źródło w swoistym „przeciąganiu liny” pomiędzy dwiema siłami: napięciem powierzchniowym wody oraz ciśnieniem powietrza, wywierającym nacisk na spadającą kroplę od dołu. Kiedy kropla jest mała, napięcie powierzchniowe wygrywa i kropla zachowuje

Kształty kropeł deszczu



kształt kulisty. Wraz ze wzrastającym rozmiarem, zwiększa się prędkość spadania, a ciśnienie powietrza działające na spodnią część kropli powoduje jej spłaszczenie, bądź nawet wklęsnięcie. Wreszcie, kiedy promień kropli przekracza 4 mm, wklęsłość rośnie niemal w wybuchowym tempie tworząc torebkę z pierścieniową otoczką wody, co w rezultacie prowadzi do rozerwania kropli na mniejsze części.

## Dlaczego krople deszczu są różnej wielkości?

Nauka wykazuje nam, że jedno pytanie często prowadzi do następnego lub wielu innych. Zanim omówimy różne wielkości kropli

deszczu, musimy zrozumieć, czym w ogóle ona jest, jak powstaje, a w końcu, jakie maksymalne rozmiary może osiągać?

Nie ma deszczu bez chmury – chmura zaś utworzona jest z pary wodnej znajdującej się w powietrzu. Oprócz wody, w powietrzu występują małe cząsteczki, nazywane jądrami kondensacji – na przykład cząstki soli pozostałe po wyparowaniu wody morskiej lub też cząsteczki kurzu czy sadzy. Kondensacja zachodzi, kiedy para wodna „owija się” wokół tych drobinek. Każda cząsteczka otoczona przez wodę staje się mikroskopijną kropelką o średnicy raptem od 0,001 do 0,05 mm. Cząsteczki różnią się rozmiarami, stąd też różne są początkowe wielkości mikrokropełek. Owe kropelki są jeszcze zbyt małe, i zbyt lekkie, aby spaść z nieba. Kiedy – i w jakich okolicznościach – zatem opadają?

Wirujące chaotycznie mikrokropełki w chmurze zderzają się ze sobą.

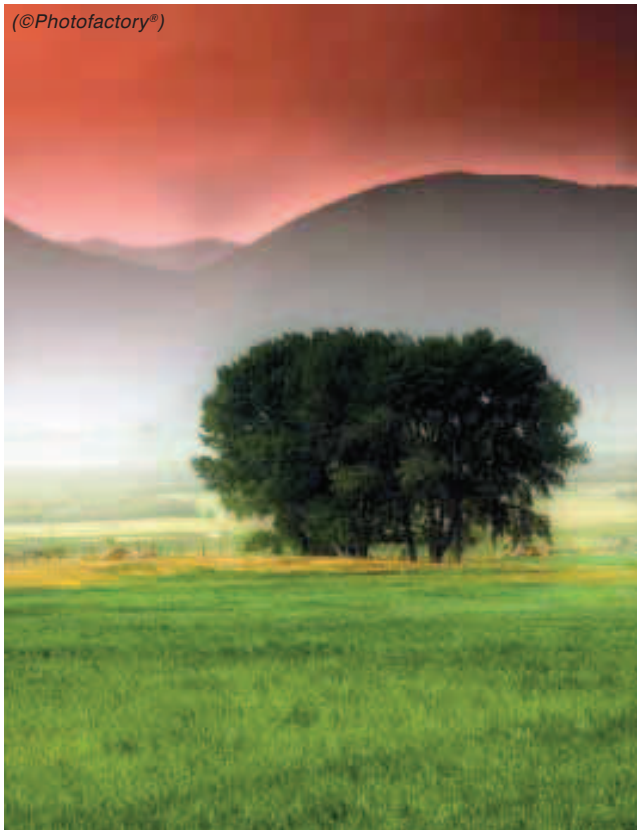
Gdy jedna kropelka wpadnie na drugą, większa wchłania, „zjada” tę mniejszą. Ta nowa kropelka wpada na kolejne mniejsze kropelki i „pożerając” je, staje się jeszcze większa. Proces ten nazywa się koalescencją. Wkrótce kropla stanie się tak cięż-

ka, że chmura nie będzie w stanie jej już dłużej utrzymać. Zacznie więc spadać. Jednak w czasie swej podróży ku Ziemi nie próżnuje i „zjada” kolejne kropelki. Możemy mówić o prawdziwej, „dorosłej” kropli deszczu, kiedy osiągnie ona średnicę 0,5 mm lub więcej.

Kropla będzie dalej spadać, aż dotrze do gruntu. Jednak podczas spadania wiatr (prąd wstępujący) może splatać jej figła i jednym solidnym podmuchem cofnąć kropelę do chmury, gdzie będzie ona dalej „pożerać” inne kropelki, rosnąc w siłę i dzieląc się na mniejsze. Gdy krople w końcu spadną, największymi z nich będą te, które wchłonęły najwięcej sąsiadek. Jak wynika z powyższego, wpływ na ostateczną wielkość kropli deszczu ma początkowa wielkość cząsteczek zwanych jądrami kondensacji oraz tempo koalescencji.

Po dotarciu na Ziemię, krople deszczu albo przesączają się do gruntu, albo też spływają do rzek i jezior. Wpływ na to, co dzieje się z opadami deszczu, ma wiele czynników:

- wielkość opadów – obfite opady w krótkim okresie nie są w stanie wsiąknąć do gleby, wobec czego woda spływa po jej powierzchni do cieków wodnych;



- topografia terenu, czyli jego ukształtowanie: wzgórza, doliny, góry, kaniony – woda spadająca na nierówny teren spływa w dół, po czym staje się częścią cieku wodnego, gromadzi się w zagłębieniach podobnie jak jeziora lub po prostu wsiąka w ziemię;

- warunki glebowe – tam gdzie ziemia jest bogata w glinę, przez którą deszczowi trudno się przesączyć, większość opadu spływa lub gromadzi się w zagłębieniach; natomiast w przypadku gleb piaszczystych na bardziej pustynnych obszarach woda jest szybko wchłaniana, przynajmniej początkowo;

- roślinność – od dawna wiadomo, iż bujna roślinność spowalnia przepływ wody, dzięki czemu gleba jest chroniona przed wymywaniem; kiedy natomiast przyjrze się nagim, skalistym wzgórzom, widać wąwozy wyrwane w nich przez spływającą wodę;

- stopień urbanizacji – podczas rozbudowy miasta mnóstwo pieńędzy i pracy wkłada się w usuwanie wody z terenów pod za-

budowę; drogi, chodniki i parkingi tworzą obszary nieprzepuszczalne; woda wędruje więc do strumieni i cieków, które często nie są w stanie jej pomieścić, co prowadzi do podtopień okolicznych terenów.



98% Antarktydy pokryte jest lądolodem o grubości do 4774 metrów. (©Photofactory®)

# CYKL HYDROLOGICZNY



Antarktydę ze wszystkich stron otacza Ocean Południowy. (©Photofactory®)

## Woda w lodzie i śniegu – słodka woda w formie zamrożonej w lodowcach oraz pokrywie lodowej i śnieżnej

### Pokrywa lodowa na Ziemi

Woda zmagazynowana w lodzie, śniegu i lodowcach także jest częścią cyklu hydrologicznego. Ogromna ilość lodu, prawie 90% całkowitej masy lodu na Ziemi, znajduje się na Antarktydzie. Pokrywa lodowa Grenlandii stanowi pozostałe 10%, a jej objętość oceniana jest na 2,5 mln km<sup>3</sup>. Średnia grubość lodu, który narastał tam przez wieki w wyniku dużych opadów śniegu, wynosi około 1 500 m, ale miejscami może dochodzić nawet do 4 300 m! Lód jest tak ciężki, że ląd znajdujący się pod nim odkształca się, przybierając formę miski.

### Lód i lodowce w ciągłym ruchu

Klimat w skali globalnej zmieniał się zawsze, ale nie w sposób dostatecznie szybki, by mógł to dostrzec człowiek w ciągu swojego życia. W przeszłości było wiele okresów ciepła, takich jak ten 100 milionów lat temu, kiedy na Ziemi żyły dinozaury. Było też wiele okresów ochłodzenia, np. 20 000 lat temu. Podczas ostatniej epoki lodowej większa część półkuli północnej była pokryta lodem: prawie cała Kanada, większa część północnej Azji i Europy, a także niektóre tereny obecnych Stanów Zjednoczonych.

## Odptyw wód roztopowych – dopływ wody z topniejącego lodu i śniegu do rzeki

Mieszkańcy Kuby czy Egiptu, nie muszą martwić się tym, w jaki sposób woda z topniejącego śniegu uczestniczy w obiegu wody

### Czy wiesz, że...

- Lodowce pokrywają 10-11% powierzchni wszystkich lądów.
- Gdyby dzisiaj stopniały wszystkie lodowce, poziom mórz i oceanów podniósłby się o ok. 70 m.
- Podczas ostatniego zlodowacenia poziom mórz był o 122 m niższy od obecnego, a lodowce pokrywały prawie jedną trzecią lądów.
- Podczas ostatniego ocieplenia, 125 000 lat temu, powierzchnia mórz utrzymywała się o około 5,5 m wyżej niż dzisiaj. Około 3 mln lat temu poziom mórz mógł być wyższy nawet o 50 m.



Na terenie Parku Narodowego Grand Teton w USA znajduje się 6 polodowcowych jezior. (©Photofactory®)

w przyrodzie. W klimacie chłodniejszym zasilanie rzek i strumieni w większości pochodzi jednak z topniejącego śniegu i lodu. Prócz zagrożenia powodziowego, nagłe topnienie pokrywy śnieżnej może powodować obsunięcia stoków i przemieszczanie się rumowisk skalnych.

Odptyw wody roztopowej zmienia się zarówno w ciągu sezonu, jak i lat. Brak wody zmagazynowanej w pokrywie śnieżnej skutkuje niedostatkami w pozostałej części roku. Może to mieć wpływ na objętość wody gromadzonej w zbiornikach położonych w dole rzeki, co odbije się niekorzystnie na systemach nawadniających i zaopatrujących miasta w wodę.

## Odptyw powierzchniowy – ta część opadu, która po powierzchni gruntu spływa do najbliższego strumienia

Część wody z opadów atmosferycznych występujących nad lądem, spływa po powierzchni gruntu do rzek, by potem dopłynąć do mórz i oceanów. Rzeki zasilane są również źródłami podziemnymi. Jednocześnie tracą wodę, oddając ją do gruntu. Ciągle jednak przeważająca część wody w rzekach pochodzi z odptywu powierzchniowego.

Zwykle część opadów przesiąka przez glebę. Gdy woda ta dotrze do warstw wodonośnych, zaczyna spływać w dół zgodnie z nachyleniem warstw skalnych. Podczas intensywnego deszczu w górach można zauważyć wiele rwących strumyczków płynących kamienistym stokiem. Woda w ziemi, po dotarciu do warstw nieprzepuszczalnych zachowuje się podobnie – spływa kanałkami w kierunku rzeki.

Wszystkie procesy obiegu wody w przyrodzie są wynikiem interakcji pomiędzy opadem a odptywem powierzchniowym. Wszystkie one zmieniają się w czasie i przestrzeni. Podobne burze i opady w puszczy i na pustyni wywołują różniący się zasadniczo odptyw powierzchniowy. Wielkość takiego odptywu jest związana zarówno z czynnikami meteorologicznymi, jak i charakterem fizyczno-geograficznym i topograficznym obszaru. Jedna trzecia opadów, jakie mają miejsce nad lądami, dociera do strumieni czy rzek i powraca do oceanów. Pozostałe dwie trzecie wsiąka w ziemię, paruje wprost z gruntu lub transpirowuje, czyli paruje poprzez liście roślin.

# CYKL HYDROLOGICZNY



Huron – drugie pod względem wielkości jezioro w USA. (@Photofactory®)



Bujna roślinność w dolinie Nilu w Egipcie. (@Photofactory®)

## Przeływ wody w rzece – ruch wody w naturalnych kanałach i rzekach

### Znaczenie rzek

Rzeki odgrywają niezwykle istotną rolę dla człowieka i jego środowiska. Są nie tylko wspaniałym miejscem zabaw i wypoczynku, ale stanowią również główne źródło zaopatrzenia w wodę. Dostarczają jej dla melioracji, produkcji energii elektrycznej, transportu towarów. Pozwalają utrzymać odpowiedni poziom wód podziemnych dzięki zjawisku przesiąkania wody rzecznej do gruntu. Ponadto morza i oceany są pełne wody właśnie dzięki zasilającym je rzekom.

### Zlewnie i rzeki

Przy każdej rzece ważną naturalną funkcję pełni jej dorzecze, nazywane również zlewnią rzeczną. Czym jest zlewnia? Zlewnia jest obszarem, z którego woda splywa do rzeki lub jej fragmentu. Zlewnia może być tak mała jak ślad stopy odcisnięty w błocie oraz tak duża, jak obszar, z którego woda splywa do Wisty i dalej do Zatoki Gdańskiej. Mniejsze zlewnie zawierają się w większych. Zlewnia ma duże znaczenie w gospodarce wodnej, ponieważ jakość wody w rzece czy strumieniu zależy od tego, jakie działania prowadzi człowiek na obszarze dorzecza położonego „powyżej” ujścia rzeki.

### Zmienność przepływu

Przeływ, czyli ilość wody jaka przepływa przez poprzeczny przekrój koryta rzeki w czasie jednej sekundy, zmienia się z dnia na dzień, a nawet z minuty na minutę. Oczywiście na zmienność przepływu najbardziej oddziałują opady. Jednak poziom wody w rzece podnosi się nawet wtedy, gdy deszcz spadnie bardzo daleko od jej koryta – pamiętajmy bowiem, że woda z opadów mających miejsce w obrębie dorzecza i tak ostatecznie dotrze do rzeki. Zatem obfitość wody w rzece zależy przede wszystkim od wielkości jej zlewni.

Rzeki różniące się wielkością odmiennie reagują na opady atmosferyczne. Wielkie rzeki wzbierają i opadają znacznie wolniej niż bystre, górskie potoki. Przy znacznych i gwałtownych opadach woda w małej rzece wzbiera w ciągu kilku godzin, a czasem nawet minut. Duże rzeki potrzebują kilku, kilkunastu dni, aby ich poziom widocznie podniósł się, względnie opadł, a powódź wywołana przez wielką rzekę może trwać tygodniami.

## Zasoby słodkiej wody – woda słodka na powierzchni Ziemi

Jednym z elementów cyklu hydrologicznego, niezbędnym dla utrzymania życia na Ziemi, jest słodka woda zmagazynowana na łąkach. Rzeki, stawy, jeziora, sztuczne zbiorniki wodne i słodkowodne mokradła tworzą wody powierzchniowe.

Objętość wody w rzekach i jeziorach zmienia się zależnie od ilości wody dopływającej i odpływającej. Rzeki zasilane są przez opady atmosferyczne, odpływ powierzchniowy i gruntowy oraz dopływy boczne. Woda z rzek paruje, ale i zasila wody gruntowe. Również człowiek wykorzystuje tę życiodajną ciecz dla swoich potrzeb. Zasoby wody zmieniają się więc w czasie i przestrzeni w sposób naturalny, a także za sprawą bardziej lub mniej przemyślanych działań człowieka.

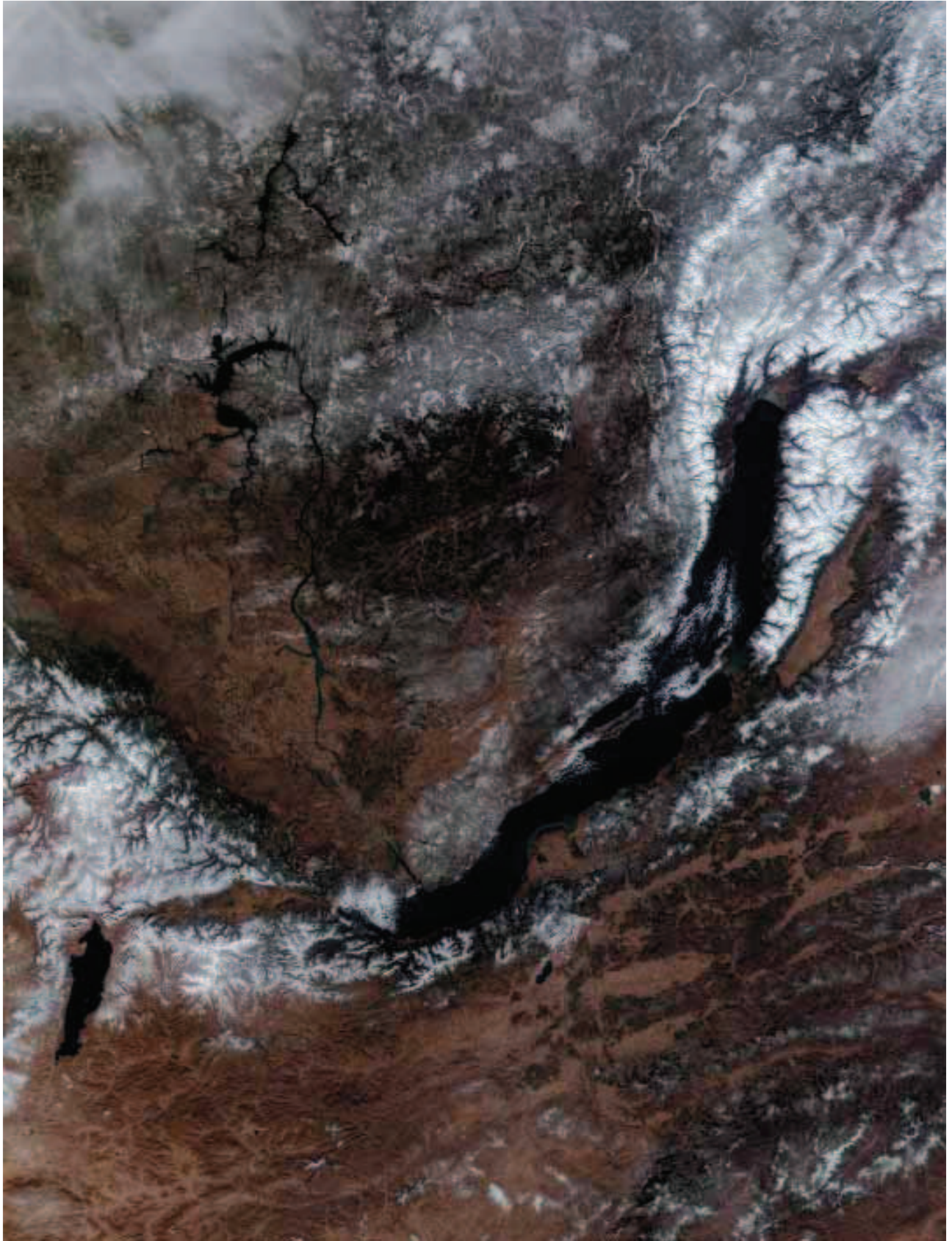
### Woda podtrzymuje życie

Na przykładzie delty Nilu w Egipcie możemy się przekonać, że życie może kwitnąć nawet na pustyni, jeśli tylko dostępna jest dostateczna ilość wody powierzchniowej czy gruntowej. Jednak słodka woda na powierzchni łądów występuje raczej w niedostatecznej ilości. Zaledwie 3% całkowitej objętości wody na Ziemi to woda słodka. Około 20% całkowitych zasobów wody pitnej znajduje się w najstarszym, liczącym 25 mln lat i najgłębszym na świecie (1 700 m), jeziorze Bajkał na Syberii. Kolejne 20% znajduje się w Wielkich Jeziorach Ameryki Północnej (Huron, Michigan i Superior). Rzeki niosą zaledwie 0,006% całkowitych rezerwuarów słodkiej wody. Można więc stwierdzić, że życie na Ziemi trwa dzięki zaledwie „kropeli” całkowitych zasobów wodnych planety!

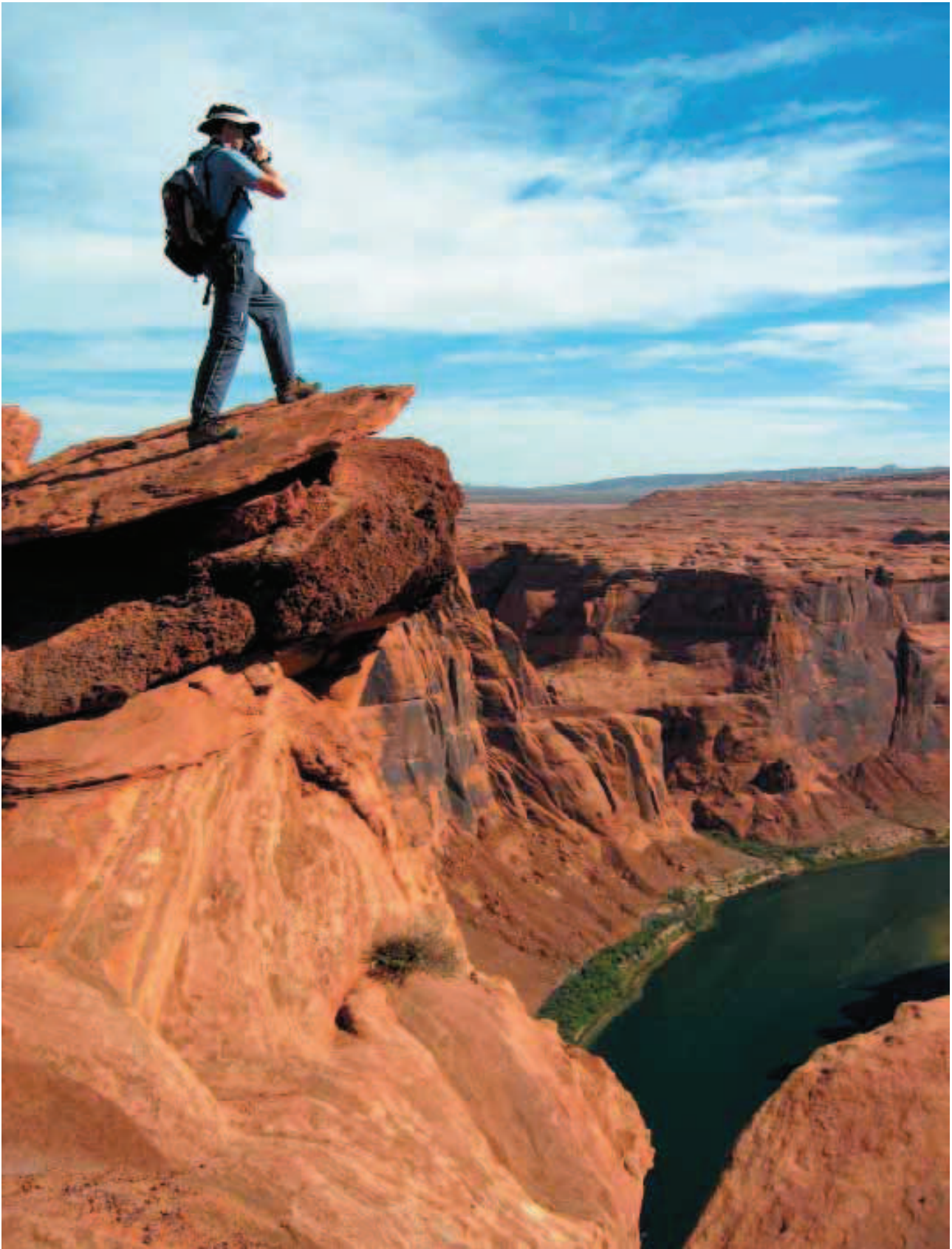
## Infiltracja – pionowy ruch wody z powierzchni do gleby

### Wody gruntowe mają swoje źródło w opadach atmosferycznych

Część wody, która dociera do powierzchni łąd w postaci deszczu czy śniegu, przenika w głąb gruntu. Ilość infiltrującej wody zależy od wielu czynników. Infiltracja opadu, który dotarł do pokrywy lodowej Grenlandii jest bardzo mała, podczas gdy w niektórych jaskiniach strumień wody znika natychmiast, docierając bezpośrednio do wód podziemnych!



Bajkał – najstarsze i najgłębsze jezioro świata – Rosja. (©Photofactory®)



Rzeka Colorado – Grand Kanion w USA. (©Photofactory®)

# CYKL HYDROLOGICZNY



Yarra – rzeka w południowej części stanu Wiktoria w Australii. (©Photofactory®)

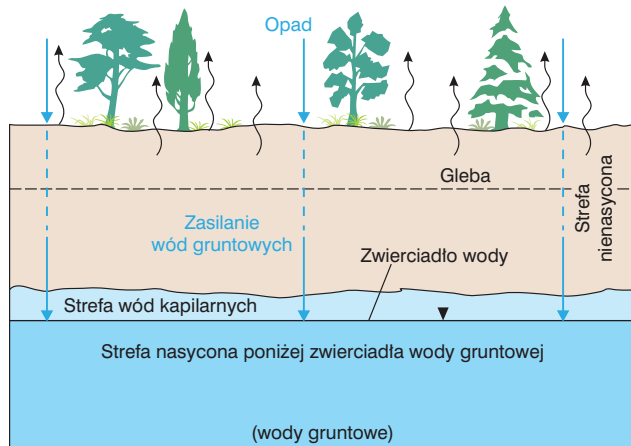


Uroczy zakątek Arnhem – miasta we wschodniej Holandii. (©Photofactory®)

Część wsiąkającej w grunt wody pozostaje płytko pod powierzchnią, skąd przesiąkając zasila strumienie i rzeki. Część wody przenika dużo głębiej, docierając do wód podziemnych. Jeśli warstwy wodonośne nie są zlokalizowane zbyt głęboko, możliwe jest uwalnianie zgromadzonej tam wody poprzez studnie, z których ludzie czerpią ją dla swoich potrzeb. Woda pod ziemią, zanim zasilą strumienie, rzeki i oceany, może pokonywać znaczne odległości i pozostawać w niej przez długi czas.

## Woda podpowierzchniowa

Infiltrująca woda opadowa tworzy w gruncie dwie strefy: nienasyconą (aeracji) i nasyconą (saturacji). W strefie aeracji może występować woda, ale grunt nie jest nią nasycony. W górnej części strefy nienasyconej mamy warstwę gleby, z której woda wykorzystywana jest przez rośliny. Poniżej strefy nienasyconej znajduje się strefa nasycona, gdzie woda całkowicie wypełnia całą wolną przestrzeń pomiędzy cząsteczkami gruntu. Wierząc studnie ludzie docierają właśnie do tej strefy.



## Odptyw wody z gruntu

Każdego dnia widzimy wodę w jeziorach, rzekach, pokrywie lodowej, w postaci padającego deszczu lub śniegu. W przyrodzie jest jednak duża część wody, której nie dostrzegamy bezpośrednio –

jest to woda utrzymująca się i poruszająca w gruncie. Stanowi ona główne źródło zasilania rzek i strumieni. Ludzie od tysięcy lat wykorzystywali tę wodę. Korzystają z niej również obecnie, głównie do picia i nawodnień. Życie na Ziemi zależy w równym stopniu od wód podziemnych jak i powierzchniowych.

## Woda gruntowa przepływa przez grunt

Część infiltrujących opadów tworzy wody gruntowe. W gruncie część wody przemieszcza się blisko jego powierzchni i stosunkowo szybko przedostaje się do rzek i strumieni. Jednak dzięki grawitacji część wody wnika w głębsze warstwy ziemi.

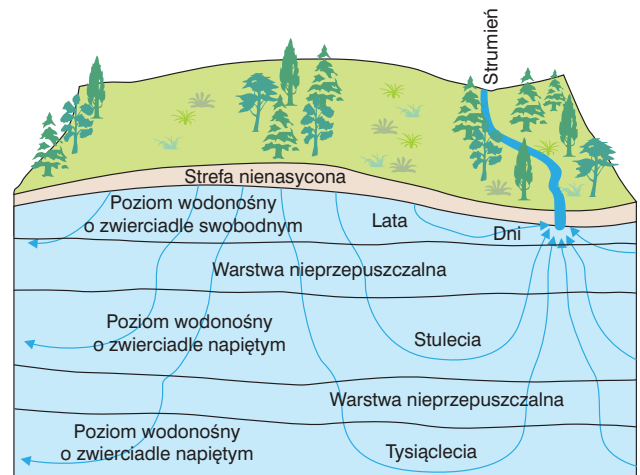


Diagram pokazuje czynniki charakteryzujące warstwy wodonośne i nieprzepuszczalne wpływające na kierunek i prędkość ruchu wody gruntowej. Objętość wody przemieszczającej się w głąb zależy od zdolności przepuszczających gruntu (od tego czy woda w gruncie porusza się z łatwością czy z trudem) oraz od jego porowatości (czy w gruncie istnieją wolne przestrzenie niewypelnione skalami). Jeśli struktura gruntu pozwala na względnie łatwe przemieszczanie się wody, może ona pokonywać znaczne odległości w ciągu kilku dni. Ale woda może również przesiąkać do głębokich warstw wodonośnych, skąd dopiero po tysiącach lat powróci na powierzchnię.

# CYKL HYDROLOGICZNY



Gorące źródła w Parku Narodowym Yellowstone w USA. (@Photofactory®)

## Źródło – miejsce, gdzie woda podziemna pojawia się na powierzchni

### Czym jest źródło?

Źródło jest miejscem, gdzie warstwa wodonośna przecina powierzchnię gruntu, z którego woda wypływa w sposób naturalny. Źródła mogą być różnej wielkości, od małych, pojawiających się jedynie po intensywnym deszczu, do ogromnych, o wydajności milionów litrów dziennie.

Tworzą się one w skałach różnego rodzaju, ale najczęściej powstają w lamiowych wapieniach i dolomitach łatwo rozpuszczalnych przez kwaśne deszcze. W spękanych skałach powstają przestrzenie pozwalające na swobodny przepływ wody. Jeśli jest to przepływ poziomy, woda może dotrzeć do powierzchni gruntu i pojawić się w źródle.

### Woda źródłana nie zawsze jest czysta

Woda w źródłach nie zawsze jest czysta. Niekiedy może mieć kolor „herbaty”. Rdzawe zabarwienie nadają jej minerały, z którymi miała kontakt w gruncie. Zresztą kolor wody może być powodowany odpadami organicznymi (liście, drewno), substancjami humusowymi, ściekami przemysłowymi lub erozją gleb. Barwa często jest rezultatem obecności soli żelaza (kolor zielononiebieski), żelaza i manganu (żółty do brązowego), siarki (niebieski), siarkowodoru (szmaragdowy), substancji organicznych (żółty, pomarańczowy, brunatny, rdzawy, czarny), a także planktonu (ma wtedy kolor zielony). Źródła silnie zabarwione mogą świadczyć o tym, że woda szybko przepływa dużymi kanałami w warstwie wodonośnej i nie jest filtrowana przez wapienie.

### Gorące źródła

Gorące źródła różnią się od zwyczajnych tym, że woda w nich jest ciepła, a niekiedy wręcz gorąca. Większość gorących źródeł występuje w regionach o przeszłości wulkanicznej, a woda podgrzewana jest przez rozgrzane skały, których temperatura wzrasta wraz z głębokością. Jeśli podgrzana woda dotrze do odpowiednio dużej szczeliny wyprowadzającej ją na powierzchnię, pojawia się tam w postaci gorącego źródła. Źródła termalne rozrzucone są po całym świecie i mogą występować nawet w pobliżu gór lodowych, tak jak ma to miejsce na Grenlandii.

## Transpiracja – proces, w którym para wodna uchodząc z roślin dostaje się do atmosfery

### Transpiracja, a liście roślin

Transpiracja jest procesem, w którym wilgoć przechodzi przez rośliny, od korzeni do małych porów na spodniej stronie liści. Tam zamieniana jest w parę i uwalniana do atmosfery. Ocenia się, że



Saint-Léonard we Francji – największe podziemne jezioro w Europie. (@Photofactory®)

około 10% wilgoci dostaje się do atmosfery właśnie dzięki procesowi transpiracji.

Transpiracja roślin jest prawie niezauważalna. Pomimo że woda paruje z roślin, nie widać, żeby się one „pocily”. W okresie wzrostu rośliny transpirują znacznie więcej wody niż same ważą. Jeden hektar zboża (czyli kwadrat o boku 100 m) uwalnia do atmosfery około 28 000 – 37 000 litrów wody każdego dnia, a wielki dąb może transpirować 151 000 litrów wody w ciągu roku.

### Czynniki atmosferyczne wpływające na proces transpiracji

Wielkość transpiracji roślin zmienia się w czasie i przestrzeni. Istnieje wiele czynników wpływających na ten proces:

- temperatura – transpiracja zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury otoczenia, szczególnie w okresie rozwoju roślin;
- względna wilgotność – jeśli wilgotność w powietrzu otaczającym roślinę podnosi się, spada wielkość transpiracji; łatwiej bowiem jest parować wodzie w powietrzu bardziej suchym niż wilgotnym;
- wiatr i ruch powietrza – intensywniejszy ruch powietrza wokół rośliny sprawia, że transpiracja wzrasta;
- gatunek roślin – rośliny transpirują wodę w różnym stopniu; te z jałowych regionów, np. kaktusy, transpirują jej mniej niż inne.

## Wody podziemne – woda przebywająca pod powierzchnią Ziemi przez długi czas

### Woda zmagazynowana pod ziemią jest częścią cyklu hydrologicznego

Ogromna ilość wody jest zatrzymywana w gruncie. Porusza się tam znacznie wolniej, ale nadal jest elementem cyklu hydrologicznego. Większość wody w gruncie pochodzi z opadów. Górna warstwa gleby jest strefą nienasyconą. Poniżej znajduje się strefa nasycona, gdzie wszystkie wolne przestrzenie między cząsteczkami gruntu wypełnione są wodą. Obszar ten nazywany jest wodami podziemnymi lub warstwą wodonośną. Jest to olbrzymi magazyn, od którego zależy codzienne życie ludzi na całym świecie.

### Aby znaleźć wodę, zajrzyj pod lustro... lustro wody

Kopanie dołka w piasku na plaży to najlepszy sposób, by przekonać się, że na pewnej głębokości, grunt jest nasycony wodą. W wykopanym dołku pojawi się w końcu woda. Jej powierzchnię tworzy zwierciadło, którego poziom zmienia się wraz z rytmem falowania morza. Jeśli woda w morzu podnosi się lub opada, takie same ruchy wykonuje zwierciadło wody w wykopanym na plaży dołku.





Jedno ze źródeł zasilających rzekę Kolorado w pobliżu miejscowości Page w Arizonie w USA. (©Photofactory®)

Strumień w Górach Skalistych w Kolorado – USA. (©Photofactory®)



# CYKL HYDROLOGICZNY



Ogród botaniczny w Montrealu – Kanada. (@Photofactory®)



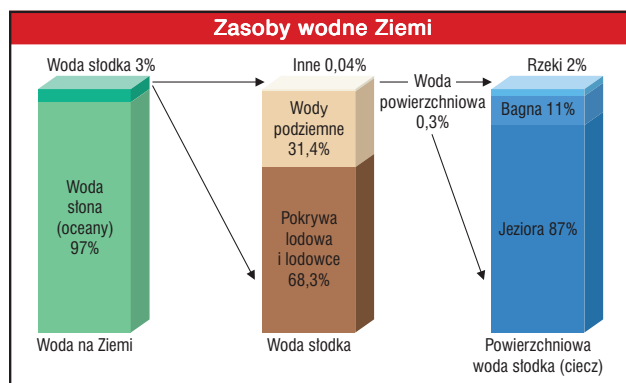
Rzeka Brda w okolicach Bydgoszczy. (@Photofactory®)

Nasze zagłębienie działa więc jak studnia, z której czerpie się wody podziemne. Gdyby była to woda słodka, moglibyśmy wykorzystać ją do picia. Wiadomo, że jeśli za pomocą wiaderka będziemy próbowali wybrać tę wodę, dołek szybko napelni się ponownie. Oznacza to, że piasek wokół jest tak przepuszczalny, że woda łatwo przezeń przenika i nasza „studnia” ma „dużą wydajność”. Aby dotrzeć do słodkiej wody, ludzie wiercą głębokie studnie sięgające warstw wodonośnych. Ujęcia takie mogą mieć głębokość nawet setek metrów. Jednak czy to dołek na plaży, czy potężna studnia, zasada jest taka sama – woda pojawia się, gdy docieramy do warstwy wodonośnej, w której wszystkie pory gruntu wypełnione są wodą.

## Światowe zasoby wodne

Całkowita objętość wody na Ziemi wynosi około 1 386 mln km<sup>3</sup>, z czego 96% to wody słone. Wody słodkie w 68% zmagazynowane są w lodach i lodowcach. Pozostałe 30% wód słodkich znajduje się pod ziemią. Powierzchniowe zasoby słodkiej wody, w rzekach czy

jeziorach, wynoszą około 93 000 km<sup>3</sup>, co stanowi zaledwie ułamek procenta całkowitych zasobów wodnych Ziemi. Pomimo tego, rzeki i jeziora są podstawowym źródłem wody w codziennym życiu człowieka.



Źródło wody	Objętość wody [km <sup>3</sup> ]	Udział w całych zasobach wody słodkiej	Udział w całkowitej objętości wody na Ziemi
Oceany, morza, zatoki	1 338 000 000	–	96,5%
Pokrywa lodowa, lodowce, wieczne śniegi	24 064 000	68,7%	1,74%
Wody podziemne	23 400 000	–	1,7%
– słodkie	10 530 000	30,1%	0,76%
– słone	12 870 000	–	0,94%
Wilgoć w glebie	16 500	0,05%	0,001%
Wieczna zmarzlina	300 000	0,86%	0,022%
Jeziora	176 400	–	0,013%
– słodkie	91 000	0,26%	0,007%
– słone	85 400	–	0,006%
Woda w atmosferze	12 900	0,04%	0,001%
Bagna	11 470	0,03%	0,0008%
Rzeki	2 120	0,006%	0,0002%
Woda w żywych komórkach	1 120	0,003%	0,0001%
<b>Razem</b>	<b>1 386 000 000</b>	–	<b>100%</b>

# POLSKIE ZASOBY WODNE

## Stan zasobów wodnych oraz ekosystemów wodnych i od wody zależnych

W Polsce panuje klimat umiarkowany o charakterze przejściowym pomiędzy klimatem morskim a lądowym, charakteryzujący się dużymi zmianami meteorologicznymi w cyklu rocznym i wieloletnim. Suma opadów wynosi średnio nieco powyżej 600 mm i waha się od 500 mm w pasie nizin do około 1100 mm w rejonach górskich.

Zasoby wodne Polski to wody powierzchniowe w rzekach, jeziorach, stawach i sztucznych zbiornikach oraz wody podziemne. Obejmują zarówno zasoby własne kraju, których źródłem są opady na jego obszarze, jak i zasoby pochodzące z dopływu wód spoza granic Polski (ok. 13% zasobów całkowitych). Całkowite zasoby wód płynących Polski wynoszą średnio 61,9 mld m<sup>3</sup>/rok, z czego zasoby własne to 54,3 mld m<sup>3</sup>/rok. Na obszarze kraju znajduje się 2 856 jezior o powierzchni ponad 10 ha i sumarycznej pojemności ok. 18,2 mld m<sup>3</sup> oraz 99 zbiorników retencyjnych o łącznej pojemności ok. 4 mld m<sup>3</sup>. Objętość zmagazynowanych słodkich wód podziemnych w obszarze kraju szacuje się na około 6 000 mld m<sup>3</sup>.

Wielkość zasobów wód płynących charakteryzuje się dużą nierównomiernością (zmiennością) przestrzenną. Obszarem najmniej zasobnym w wodę jest pas środkowej Polski. Zasoby wód płynących charakteryzują się także dużą zmiennością czasową wartości średnich rocznych oraz rozkładu wielkości zasobów w poszczególnych latach. W okresach mokrych prowadzi to do występowania powodzi i podtopień, a w suchych powoduje występowanie niedoborów wody, co jest przyczyną strat gospodarczych. Jednak z punktu widzenia zachowania różnorodności biologicznej, zmienność przepływów jest zjawiskiem pozytywnym. Występujące w rzekach wezbrania i niżówki warunkują zróżnicowanie biologiczne ekosystemów wodnych i od wód zależnych oraz decydują o ich prawidłowym funkcjonowaniu.

Po uwzględnieniu wymagań przepływu nienaruszalnego, wynoszącego wg kryterium hydrobiologicznego ok. 15 mld m<sup>3</sup>/rok, zasoby dyspozycyjne wód płynących szacuje się na ok. 10 mld m<sup>3</sup>/rok, czyli ok. 260 m<sup>3</sup> na mieszkańca Polski rocznie. Przyjęty w tym szacunku przepływ nienaruszalny nie odzwierciedla jednak w pełni potrzeb środowiska przyrodniczego (m.in. zachowania reżimu hydrologicznego zbliżonego do naturalnego).

Stosunkowo niewielka całkowita pojemność zbiorników retencyjnych w Polsce, wynosząca ok. 4 mld m<sup>3</sup> stanowiąca niespełna 6% objętości średniego rocznego odpływu, nie daje pełnej możliwości ochrony przed powodzią i suszą, a także nie gwarantuje odpowiedniego opatrzenia w wodę. Możliwości retencyjne sztucznych zbiorników w Polsce, są zatem bardzo niewielkie zważywszy, że warunki fizyczne – geograficzne stwarzają możliwość zmagazynowania 15% średniego rocznego odpływu. Większość wód jest retencjonowana w zbiornikach o pojemności powyżej 3 mln m<sup>3</sup>, a połowa wód gromadzona jest w zaledwie 10 największych zbiornikach, których łączna pojemność wynosi ponad 2 100 mln m<sup>3</sup>.

Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania określa się jako zasoby dyspozycyjne lub – przy braku dostatecznego rozpoznania – jako zasoby perspektywiczne. Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalono dla 44% powierzchni kraju i wynoszą one 15,2 mln m<sup>3</sup>/dobę, tj. 5,6 mld m<sup>3</sup>/rok (2008 r.). Zasoby perspektywiczne określone dla pozostałej części kraju wynoszą 22,5 mln m<sup>3</sup>/dobę, tj. 8,2 mld m<sup>3</sup>/rok. Sumaryczna ilość zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania wynosi zatem 37,7 mln m<sup>3</sup>/dobę, tj. 13,8 mld m<sup>3</sup>/rok, co w przeliczeniu na jednego mieszkańca Polski daje 1 m<sup>3</sup> wody na dobę. Użytkowe poziomy wodonośne – o jakości i zasobności zaspakajającej typowe wymagania zbiorowego zaopatrzenia w wodę pitną – występują na obszarze 96% powierzchni kraju. W strukturach hydrogeologicznych o znaczeniu regionalnym i zasobności umożliwiającej eksploatację z dużych ujęć (o wydajności ponad 10 tys. m<sup>3</sup>/dobę) wydzielono w Polsce 162 główne zbiorniki wód podziemnych.

O możliwości wykorzystania zasobów wodnych, oprócz ich przestrzennej i czasowej zmienności, w dużej mierze decyduje ich jakość. Zanieczyszczenie wód oddziałuje także na stan ekosystemów wodnych i od wody zależnych, powodując zmiany struktury gatunkowej zasiedlających je organizmów, w szczególności zanikanie niektórych z nich. Od 1980 roku obserwuje się systematyczne zmniejszanie ilości ścieków ze źródeł komunalnych i przemysłowych odprowadzanych do wód powierzchniowych. Wyraźnie wzrosła liczba ludności korzy-



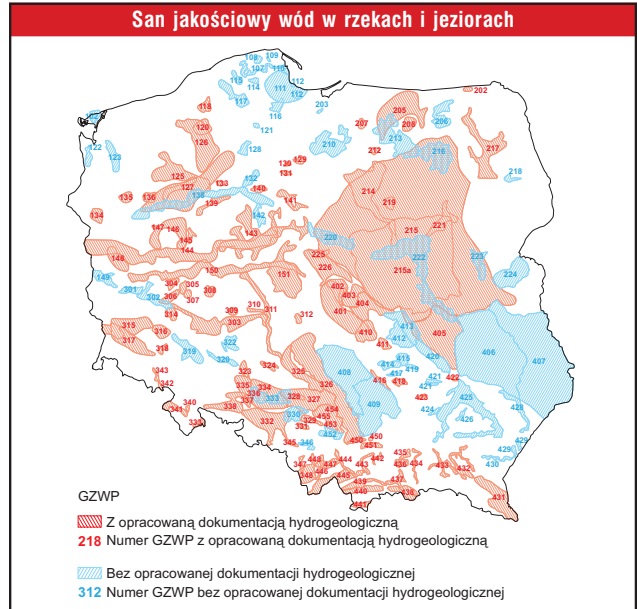
# POLSKIE ZASOBY WODNE

stającej z kanalizacji i oczyszczalni ścieków. Jednakże Polska nadal znajduje się na jednym z ostatnich miejsc w Europie pod względem procentowego udziału ludności korzystającej z kanalizacji (57%). Nie wiele lepsza jest sytuacja pod względem udziału ludności korzystającej z oczyszczalni ścieków (60%). Ponadto wiele starszych oczyszczalni ścieków wymaga modernizacji, głównie w zakresie usuwania związków azotu i fosforu.

W wyniku działań podejmowanych dla ochrony wód od wielu lat obserwuje się stopniową poprawę ich jakości. Maleją również ładunki zanieczyszczeń, a w szczególności metali ciężkich, odprowadzanych rzekami do Morza Bałtyckiego.

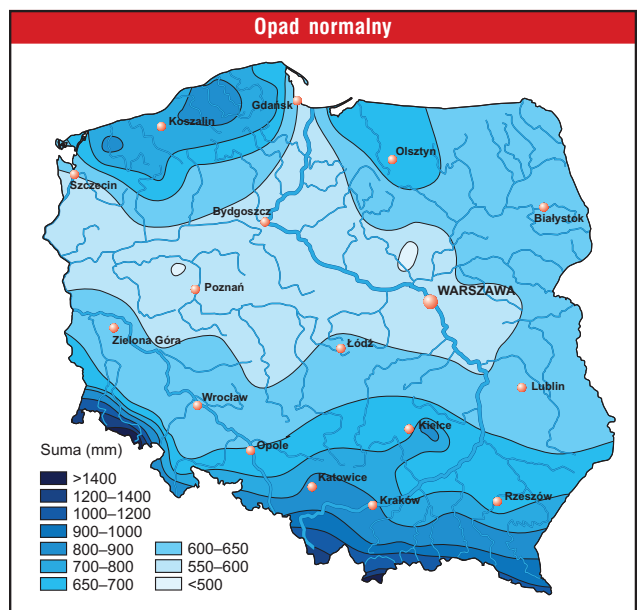
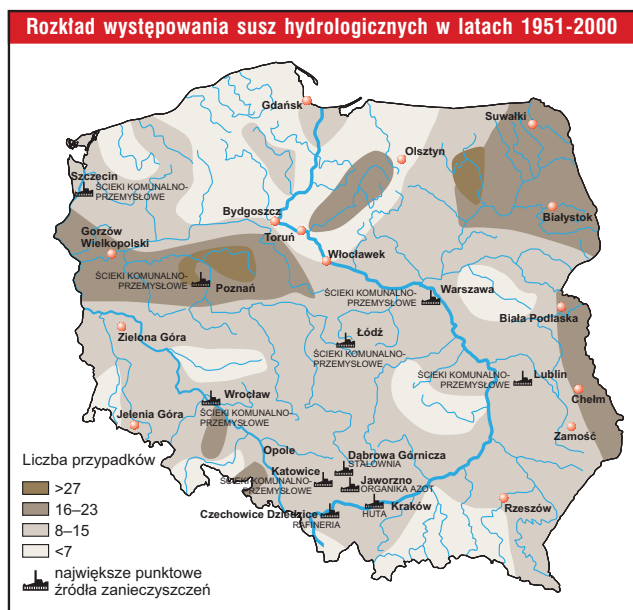
Pomimo tego, stan jakościowy wód w rzekach i jeziorach jest nadal niezadowalający:

- wyniki monitoringu diagnostycznego rzek z 2006 roku wskazują, że w żadnym z 1 544 punktów pomiarowo-kontrolnych nie stwierdzono wód I klasy jakości, w 34 punktach (2%) wody spełniały wymagania II klasy, w 548 (36%) III klasy, w 662 (43%) IV klasy, a w 300 punktach (19%) wody należały do V klasy;
- na podstawie monitoringu 122 jezior w 2006 roku, do I klasy jakości zaliczono zaledwie 9 jezior (7%), do II klasy 45 jezior (37%), do klasy III 53 jeziora (44%), a w 14 jeziorach (12%) stwierdzono wody pozaklasowe;



**Charakterystyka zasobów wodnych Polski w latach 1951-2006**

Wskaźnik	Wielkość [mld m <sup>3</sup> ]	Wielkość [mm]	Wielkość [l/s km <sup>2</sup> ]	Wielkość [tys. m <sup>3</sup> /M rok]	Część zasobów całkowitych [%]
Opady atmosferyczne	195,8	621	–	–	–
Dopływ z krajów sąsiednich	7,6	24	–	–	12,3
Dopływ do krajów sąsiednich	2,6	8	–	–	4,2
Zasoby całkowite	61,9	198	4,52	–	100
Zasoby własne	54,3	173	5,15	–	87,7
Zasoby całkowite na 1 mieszkańca	–	–	–	1,81	–
Zasoby własne na 1 mieszkańca	–	–	–	1,59	–



## CYKL HYDROLOGICZNY



Powódź w 1997 roku objęła południową i zachodnią Polskę oraz Czechy, niemieckie Łużyce, a także północno-zachodnią Słowację i wschodnią Austrię. (©Photofactory®)

### Powódź

Powódź to zjawisko polegające na wezbraniu wód rzecznych lub morskich powodujące, po przekroczeniu przez wodę stanu brzegowego, zatopienie znacznych obszarów lądu – dolin rzecznych, terenów nadbrzeżnych lub depresyjnych. Jest jedną z najbardziej niszczycielskich klęsk żywiołowych.

Największa powódź we współczesnej historii Polski wystąpiła w lipcu 1997 roku. Objęła południową i zachodnią Polskę oraz Czechy, niemieckie Łużyce, a także północno-zachodnią Słowację i wschodnią Austrię. W Polsce życie straciło wówczas 55 osób (114 osób łącznie w Czechach, Polsce i Niemczech). Szkody materialne oszacowano na ok. 3,5 miliarda dolarów. Na terenie Polski wylały wówczas wody dorzeczy rzek: Bóbr, Nysa Łużycka, Kwisa, Szprotawa, Oława, Śleza, Bystrzyca, Nysa Kłodzka, Olza, Odra, Skora, Widawa oraz wody górnej Wisły i górnej Łaby.

W dniach 3 – 10 lipca 1997 na obszarze południowej Polski, Czech i Austrii wystąpiły obfite opady. Deszcze w Sudetach Wschodnich oraz południowej części Śląska objęły dorzecze Odry i spowodowały, że już 6 lipca pierwsze miejscowości (Głuchołazy) zostały zalane przez Nysę Kłodzką i Odre. 8 lipca woda rozlała się na odcinku od Chałupek aż do Raciborza. Lokalnie opady przekroczyły 500 mm. Oznaczało to, że trzysta nawet czterokrotnie przekroczyły średnie sumy miesięczne. Skala na wodomierzach przestała wystarczać. Pod wodą znalazło się Kłodzko i Krapkowice. 10 lipca 1997 Odra zalała lewobrzeżne Opole i Racibórz, gdzie w ciągu dwóch dni woda podniosła się o ponad trzy metry, przy czym nie wiadomo o ile dokładnie, bo wodowskaz w Raciborzu-Miedoni został całkowicie zatopiony. Dwa dni później zalana została blisko połowa Wrocławia oraz Rybnik. W krótkim czasie Odra zatopiła też część Głogowa oraz pobliskie miejscowości.

Druga fala opadów wystąpiła pomiędzy 18 a 22 lipca. Spowodowały one jeszcze gorsze następstwa. Ocenia się, że przepływy maksymalne były w niektórych miejscach bliskie przepływom, jakie statystycznie mogą się zdarzyć z prawdopodobieństwem 0,1%. Nic dziwnego zatem, że katastrofę tę określono mianem



„Powodzi Tysiąclecia”. Na górnej Odrze maksymalne jak dotąd poziomy wody zostały przekroczone o 2-3 metry na odcinku przeszło 500 kilometrów!

W wyniku powodzi dach nad głową straciło 7 000 ludzi. Straty poniosło także 9 000 firm. Woda zniszczyła lub uszkodziła 680 000 mieszkań, 4 000 mostów, 14 400 km dróg, 613 km wałów przeciwpowodziowych i 500 000 ha upraw.

### Powody występowania powodzi

Powodzie w Polsce, ze względu na proces powstawania, można podzielić na:

- opadowe – wywołane przez gwałtowne, obfite opady (nawałnice) powiązane z burzami; występują one na potokach górskich i strugach nizinnych, o powierzchni zlewni mniejszych niż 50 km<sup>2</sup>; pojawiają się zazwyczaj w lipcu i sierpniu, najczęściej na terenach wysoczyzn, wznoszących się nad płaskimi i podmokłymi obszarami; mają krótkotrwały i gwałtowny przebieg;
- opadowe – wywołane przez długotrwałe opady rozlewne, kiedy to na m<sup>2</sup> spada powyżej 200 mm wody w ciągu 3 dni; ujawniają się na terenach górskich, podgórszych i na nizinach, w okresie od czerwca do września i charakteryzują się dużym zasięgiem terytorialnym, obejmując nieraz całe dorzecze;
- roztopowe – powstają wskutek gwałtownego topnienia pokrywy śnieżnej; najczęściej występują w marcu i kwietniu; ostatnia taka powódź zdarzyła się w Polsce podczas zimy 1978/1979 roku;
- zatorowe, zimowe – pojawiają się w czasie zamarzania rzeki, gdy powstaje śryż (w wodzie pojawiają się kryształki lodu spawalniące przepływ i stanowiące poważne zagrożenie dla tam i mostów) lub gdy rzeka zamarza, aż do samego dna (lód denny); powyższe zjawiska powodują zmniejszenie przekroju przepływu albo spiętrzanie spływającej kry na ostrych zakrętach, a także pod mostami; wezbrania tego typu zdarzają się zwykle w grudniu i styczniu; ostatnia taka powódź miała miejsce w styczniu 1982 r. w rejonie Płocka;
- sztormowe – przyczyną ich są silne wiatry i sztormy spychające masy wodne ku brzegowi, powodując zalewanie terenu i cofkę,

# CYKL HYDROLOGICZNY

czyli „wpychanie” wody do ujścia rzek; zagrożenie powodzią sztormową na wybrzeżu Morza Bałtyckiego występuje kilka, kilkanaście razy w roku;

- błyskawiczne – będące następstwem zerwania tamy lub wału przeciwpowodziowego.

Widać więc wyraźnie, że przyczyn powodzi może być wiele. Jednak dwa podstawowe czynniki wylewania rzek to intensywność i czas trwania opadów. Do tego dochodzi szczególna topografia, określone warunki glebowe i pokrycie terenu. Dynamiczny rozwój miast sprawia, że pola i tereny leśne są przekształcane w drogi i parkingi, wskutek czego tracą zdolność do absorbowania wody opadowej. Urbanizacja zwiększa ilość terenów nieprzepuszczalnych, skutkiem czego spływ jest tam od dwóch do sześciu razy większy, niż na naturalnym podłożu. Podczas powodzi w mieście, ulice zamieniają się w bystre potoki, stwarzając poważne zagrożenie – woda może porwać ludzi i samochody. Inną z przyczyn powodzi jest nadmierna regulacja rzek, zwężanie średnic koryta, betonowanie nabrzeży oraz zły stan wałów przeciwpowodziowych.

## Okres nawrotu

Nawet jeżeli nigdy nie słyszeliście o „okresie nawrotu”, zapewne znacie to zjawisko. Kiedy bowiem pojawia się większa powódź, mówi się, że woda osiągnęła „poziom powodzi stuletniej”. Wiele osób jest przekonanych, że takie powodzie zdarzają się raz na sto lat, ale to nieprawda. Powódź stuletnia to – według fachowców – takie wydarzenie, którego ryzyko wystąpienia w ciągu roku wynosi 1%. Prawdopodobieństwo to wydaje się małe, ale warto pamiętać, że jeśli się mieszka nad rzeką przez 20 lat, to możliwość wystąpienia powodzi jest duża – wynosi, aż 18%, jeśli 30 lat – ta możliwość jest jeszcze większa – 26%. Jeśli więc powódź zdarzyła się w danym miejscu niedawno, nie znaczy to wcale, że nie zdarzy się również za rok, dwa lub pięć. Lepiej być na to przygotowanym.

Interwał czasowy	Szansa wystąpienia w danym roku	Przewidywalność
100 lat	1 na 100	1%
50 lat	1 na 50	2%
25 lat	1 na 25	4%
10 lat	1 na 10	10%
5 lat	1 na 5	20%
2 lata	1 na 2	50%

Nasuwa się więc pytanie: czy dwie „powodzie stuletnie” mogą wystąpić w odstępie kilku lat, a nawet w ciągu jednego roku? Oczywiście tak. Jednak gdyby powodzie stuletnie występowały dwa lata z rzędu, wówczas ich większa częstotliwość zmieniłaby statystyczne prawdopodobieństwo powodzi, a przez to powodzie te można by określić mianem pięćdziesięcioletnich.

W analizie częstotliwości występowania zjawisk meteorologicznych i hydrologicznych stosuje się techniki statystyczne. Okres nawrotu opiera się na prawdopodobieństwie, że w danym roku wystąpi zjawisko o takiej samej lub większej skali. Do określenia okresu nawrotu metodą analizy częstotliwości potrzebne są dane z przynajmniej dziesięciu lat. Warto zwrócić uwagę, że z im dłuższego okresu będą one pochodziły, tym szacunki będą bardziej wiarygodne.

## Susza

Łatwo nam wyjaśnić, czym jest huragan czy trzęsienie ziemi, natomiast definicja suszy jest bardziej złożona. Dla rolnika susza jest okresem niedostatecznej wilgotności, który wywiera negatywny wpływ na plony – już dwa tygodnie bez opadów mogą w pewnych momentach cyklu wegetatywnego zniszczyć wiele upraw. Dla meteorologa susza stanowi dłuższy okres mniej intensywnych niż zazwyczaj opadów. Dla zarządcy wodociągów termin ten definiuje ubytek w zasobach wodnych, wpływający na dostępność i jakość wód. Dla hydrologa susza oznacza czas, kiedy opady są słabsze i zmniejsza się strumień przepływu w rzekach.

Konsekwencje suszy są ogromne, a jej skutki porównywalne z innymi klęskami. W USA straty wynikłe z suszy w latach 1987-1989 oceniono na 39 mld dolarów. W analogicznym okresie straty powstałe w wyniku huraganów oszacowano na 7 mld dolarów, a skutki trzęsienia ziemi na 30-50 mld USD.

W Polsce susze występują najczęściej wtedy, gdy w okresie wegetacyjnym napływa bardzo ciepłe i suche powietrze. Jeśli okres ten poprzedzony jest opadami mniejszymi od przeciętnych, zjawisko suszy może się pogłębić. Statystycznie w Polsce taka sytuacja zdarza się raz na 4-7 lat. W minionym stuleciu za najbardziej dotkliwe uważa się susze z 1921 i 1992 r.

## Susza 1992 r. w Polsce

Niedobór opadów na przeważającym obszarze Polski rozpoczął się już w 1982 roku. Od 1982 do 1992 r. było aż sześć lat suchych lub bardzo suchych. W 1992 r. czas drastycznie małych opadów rozpoczął się w kwietniu. W niektórych rejonach Polski nie padało nawet przez 50 dni, np. w Koszalinie miesięczny opad w czerwcu tegoż roku wyniósł zaledwie 1 mm. Najbardziej ucierpiała zachodnia część naszego terytorium, choć należy uznać, że suszą objęta została prawie cała Polska.

Na wielu wodowskazach stan wód powierzchniowych spadł poniżej wartości dotychczas obserwowanych. Ilość wody w rzekach w sierpniu była na poziomie 20-50% wieloletnich wartości średnich. Niedostatecznie zasilanych w wodę w niektórych rejonach Polski, było nawet 90% studni. Zbiorniki retencyjne napełniane były wodą w niewielkim procencie – od 20 do 40%. Najbardziej zagrożona brakiem wody była Łódź i duży obszar Śląska, gdzie do wielu miejscowości wodę dowożono beczkowozami. Pojawiła się groźba całkowitego opróżnienia zbiornika Sulejów na Pilicy, zaopatrującego w wodę Łódź i Tomaszów Mazowiecki.

W rolnictwie nastąpił spadek plonów, brak pasz i w konsekwencji wzrost cen żywności. Szacuje się, że w 1992 roku plony wynosiły 35-65% potencjalnych możliwości glebowych. Mniejszy przepływ wody w rzekach spowodował zagęszczenie substancji chemicznych pochodzących z punktowych źródeł zanieczyszczeń. Szczególnie wzrosło zasolenie Wisły, gdzie normy zostały przekroczone o 500%. Wskutek braku opadów został jednak ograniczony dopływ toksyn pochodzących z nawozów i środków ochrony roślin. W efekcie nie doprowadziło to do drastycznego pogorszenia stanu wód.

Gwałtownie wzrosła liczba pożarów. We wrześniu 1992 r. pożar strawił 10 tys. ha lasów w okolicy Kuźni Raciborskiej.

# WYKORZYSTYWANIE



Trawler – statek przystosowany do połowu przy pomocy sieci (włóków dennych) ciągniętych za statkiem. (©Photofactory®)



Więcierze (kosze) i pułapki najczęściej służą do połowu ryb, homarów i krabów. (©Photofactory®)

## Jak człowiek korzysta z dobrodziejstw wody

Woda jest niezbędnym, podstawowym składnikiem naszego istnienia i rozwoju całego życia organicznego. Jest to tak oczywiste, że nie wzbudza już u nikogo refleksji, nie skłania do przemyśleń. Dawno temu przeszliśmy nad tym do porządku dziennego. Gdyby jednak choć na chwilę zastanowić się i spróbować prześledzić wszystkie dziedziny naszego życia, wszystkie przejawy rozwoju naszej cywilizacji i kultury, okaże się, że w zasadzie niemożliwe jest wskazanie choćby jednego przykładu, gdzie bez wody można się obejść. Po prostu – woda jest wszędzie. Jednak „wszędzie” znaczy tyle, co „nigdzie”, nie mówi nam nic konkretnego, w żaden sposób nie wzbogaca naszej wiedzy o otaczającą nas rzeczywistość. Takie ogólne stwierdzenia nie pozwolą nam uczestniczyć w nadzwyczajnej podróży, którą w każdej sekundzie przebywają miliony pojedynczych kropli wody połączonych w niezliczone strumienie, potoki, rzeki...

W naszych wozach będziemy się przyglądać tylko niektórym sposobom korzystania z wody i jej funkcjonowania wokół nas. Wykażemy, jak często sięgamy do tego dobra naturalnego całkowicie nieświadomie. Przyjrzymy się najbardziej podstawowym i skrajnie wyrafinowanym potrzebom człowieka w tym względzie. Rybołówstwo, żegluga, energetyka, przemysł, wypoczynek i rekreacja – to dziedziny, które funkcjonują i w pełni rozkwitają dzięki kropli wody podążającej nieustannie w swym cyklu istnienia na Ziemi.

## Rybołówstwo

Pierwotnie rybołówstwo, obok zbieractwa i łowiectwa, stanowiło podstawę wyżywienia człowieka. Również współcześnie to ważna gałąź gospodarki, obejmująca połów ryb i „owoców morza”, czyli skorupiaków, mięczaków oraz roślin wodnych, w celach spożywczych. Organizmy te łowi się w morzach i oceanach, a także w rzekach i jeziorach. Pożywienie pozyskiwane jest do bezpośredniej konsumpcji lub do dalszego przetwarzania (przemysł rybny). Główne akweny morskie, wykorzystywane w działalności rybackiej, to rejony mieszania się wód o różnej temperaturze i zasoleniu. Są to przede wszystkim wody:

- Pacyfiku, oblewające Kamchatkę, Japonię i Chiny (zimny prąd morski Oja-siwo spotyka się tutaj z ciepłym Kuro-siwo);

- Pacyfiku u zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej (rejon intensywnego upwellingu, czyli pionowej cyrkulacji mas wody);
- północnego Atlantyku, gdzie ciepły Golfstrom spotyka się z prądem Labradorским i Grenlandzkim;
- szelfowego Morza Arabskiego i Zatoki Bengalskiej, gdzie kierunek prądów morskich zależy od pory roku;
- zimne wody Antarktyki oraz mórz szelfowych półkuli północnej, w tym Morza Bałtyckiego.

## Rybołówstwo w Polsce

W Polsce prace badawcze na użytek rybołówstwa morskiego prowadzi Morski Instytut Rybacki w Gdyni oraz Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego z siedzibą w Szczecinie. Nadzór nad tym sektorem gospodarki sprawują Okręgowe Inspektoraty Rybołówstwa Morskiego w Gdyni, Słupsku i Szczecinie. Główne polskie porty rybackie zlokalizowane są w: Darłowie, Dziwnowie, Dźwirzynie, Gdańsku, Gdyni, Helu, Jastarni, Kołobrzegu, Łebie, Mrzeżynie, Rowach, Świnoujściu, Ustce i Władysławowie. Ogółem na polskim wybrzeżu znajduje się 59 portów i przystani rybackich.

Połowy morskie i słodkowodne na świecie		
Kraj	tys. ton	% produkcji światowej
Chiny	16 723	18,0
Peru	9 386	10,1
USA	4 875	5,3
Indonezja	4 365	4,7
Chile	4 291	4,6
Japonia	4 044	4,4
Indie	3 481	3,8
Rosja	3 187	3,4
Tajlandia	2 594	2,8
Norwegia	2 392	2,6
Polska	156	0,2
<b>ŚWIAT</b>	<b>92 787</b>	<b>100,0</b>

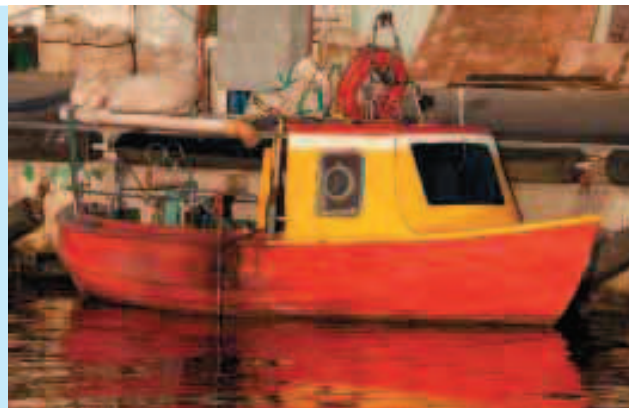
Dane obejmują połowy ryb morskich, słodkowodnych, skorupiaków, mięczaków i innych w 2005 roku.



## ZASOBÓW WODNYCH



Szczupak może osiągnąć długość nawet 1,8 m! (@Photofactory®)



Stary kuter rybacki w Zatoce Gdańskiej. (@Photofactory®)

Główne gatunki poławiane w polskiej strefie ekonomicznej na Bałtyku, wg danych z 2008 r. to: szproty (55 422 ton), śledzie (17 032 ton), dorsze (10 090 ton), flądry (7 479 ton), trocie (128 ton) i łosie (43 tony). Połowy dokonywane są przy pomocy 197 kutrów i 631 łodzi rybackich. Obecnie ilość połowów dalekomorskich wykonywanych przez 4 polskie jednostki kształtuje się na poziomie 31,5 tys. ton. Największy udział mają tu sardynki, kryl antarktyczny, sardynele atlantyckie i dorsze.

Rybackstwo śródlądowe dysponuje powierzchnią 470 tys. ha wód, a produkcja ryb słodkowodnych utrzymuje się na poziomie ok. 40 tys. ton rocznie. Największe połowy uzyskuje się z 1 ha stawów hodowlanych, od – 450 do 550 kg ryb, podczas gdy odłowy rybackie z 1 ha jeziora wynoszą przeciętnie 13-17 kg, a z rzek poniżej 10 kg. Te oficjalne dane nie uwzględniają jednak

wzrostu aktywności wędkarskiej, w rzeczywistości bowiem odłowy z rzek i jezior są dużo wyższe – wędkarze wylawiają bowiem ok. 40 tys. ton ryb rocznie! Nastąpiła więc wyraźna zmiana systemu eksploatacji połowowej – z tradycyjnej rybackiej na wędkarską. Rozwój rybactwa śródlądowego wiąże się z jakościową poprawą czystości rzek i jezior oraz dynamicznym rozwojem wędkarstwa.

Polacy spożywają blisko 450 tys. ton ryb rocznie. Nasz kraj z konsumpcją około 11-12 kg ryb na mieszkańca należy do państw o stosunkowo niskim ich spożyciu. Spośród krajów UE mniej ryb konsumuje się tylko w Słowenii, Słowacji i na Węgrzech. We wszystkich pozostałych krajach spożycie ryb jest 2-3 krotnie większe (nie mówiąc o Portugalii, Hiszpanii i Litwie – czołowych konsumentach ryb na świecie).



(@Photofactory®)



(@Photofactory®)

## WYKORZYSTYWANIE



Itaipu – zaporą na rzece Parana w Ameryce Południowej będącą wspólnym przedsięwzięciem Brazylii i Paragwaju. (©Photofactory®)

### Energia z wody

Najpopularniejszy sposób wykorzystania wody do produkcji energii to elektrownie wodne, za pośrednictwem turbin zamieniające energię spadku lub przepływu na prąd elektryczny. Turbina wodna, nosząca także nazwę turbiny hydraulicznej, jest silnikiem, który za pomocą wirnika z łopatkami przetwarza energię mechaniczną wody na ruch obrotowy. Poruszający się wirnik napędza prądnicę lub zespół prądnic i w ten sposób wytwarza prąd elektryczny.

Obecnie Polska wykorzystuje zasoby hydroenergetyczne jedynie w 12%, co stanowi nieco ponad 7% krajowego systemu energetycznego. Liderem i niedoścignionym wzorcem w tej dziedzinie jest Norwegia, która niemalże całą potrzebną energię elektryczną uzyskuje z hydroenergetyki.

Największą elektrownią wodną na świecie jest hydroelektrownia na Zaporze Trzech Przelomów, na rzece Jangcy w Chinach. Jej moc docelowa wynosi 22,5 GW, a produkcja prądu 84 TWh rocznie, czyli połowę tego co wytwarza cała elektroenergetyka w Polsce! Kolejne pod względem wielkości mocy to elektrownia na tamie Itaipu, zlokalizowana na granicy Brazylii i Paragwaju o mocy 12,6 GW, Grand Coulee na rzece Kolumbia w USA o mocy 10 GW oraz Raul Leoni (Guri) na rzece Coroni w Wenezueli o mocy 10 GW.

### Elektrownia przepływowa

Mieści się w specjalnie skonstruowanym budynku, będącym przedłużeniem przegradzającego rzekę jazu. Jest więc zlokalizowana w korycie rzeki, której energię wykorzystuje. Elektrownie tego typu mogą pracować prawie bez przerwy, wielkość produkowanej przez

#### Czy wiesz, że...

- energia wodna jest najważniejszym i szeroko wykorzystywanym źródłem energii odnawialnej;
- energia wodna stanowi 19% światowej produkcji energii elektrycznej;
- największym producentem energii hydroelektrycznej są Chiny, a zaraz po nich plasuje się Kanada, Brazylia i Stany Zjednoczone, Rosja, Norwegia i Indie;
- do zagospodarowania pozostaje jeszcze ok. 2/3 potencjału, którego wykorzystanie ma sens ekonomiczny. W Ameryce Łacińskiej, Afryce Środkowej, Indiach i Chinach wciąż jest mnóstwo nieujarzmionych jeszcze zasobów wodnych.



Guri – hydroelektrownia we wschodniej Wenezueli na rzece Caroni: zapora wys. 162 m, zbiornik retencyjny 4,2 tys. km<sup>2</sup>. (©Photofactory®)

nie energii zależy jednak od ilości wody, wypełniającej koryto rzeki. Największa tego typu elektrownia znajduje się na Wiśle we Włocławku.

### Elektrownia zbiornikowa (regulacyjna)

Jest uzależniona od ilości energii dostarczanej w danym momencie przez wodę w mniejszym stopniu niż elektrownia przepływowa. Dzięki znajdującemu się przed nią zbiornikowi wodnemu, elektrownia może produkować energię o większej mocy, niż moc odpowiadająca aktualnemu dopływowi. Może także reagować na zmieniające się zapotrzebowanie na energię i dostosowywać się do sezonowych wahań ilości przepływającej w rzece wody. Ten typ hydroelektrowni reprezentowany jest najczęściej przez duże elektrownie wodne.

#### Korzyści płynące z wykorzystania energii hydroelektrycznej:

- nie jest spalane żadne paliwo, więc minimalizuje się zanieczyszczenia i redukuje emisję gazów cieplarnianych;
- woda napędzająca elektrownię jest dostarczana za darmo przez naturę, dzięki czemu koszty eksploatacji i utrzymania elektrowni wodnej są niskie;
- prostota hydroelektrowni sprawia, że technologia jest niezawodna i sprawdzona;
- wyprodukowana w ten sposób energia jest odnawialna – opady deszczu odbudowują bowiem zasoby wody w zbiorniku;
- nie zużywa się cennych i ograniczonych zasobów naturalnych jak węgiel, ropa czy gaz;
- nie trzeba budować kopalń ani wierć szybów;
- odpada problem utylizacji odpadów radioaktywnych.

#### Pozyskiwanie energii hydroelektrycznej nie jest jednak doskonałe:

- wysokie koszty inwestycji;
- zależność od wody (opady!);
- w niektórych przypadkach istnieje konieczność zalania dużych terenów, pól uprawnych i siedlisk dzikiej przyrody. Następuje też wypieranie miejscowej ludności;
- przy wielu inwestycjach dochodzi do utraty lub modyfikacji siedlisk ryb oraz utrudnienia ich swobodnego ruchu;
- niekiedy następują także istotne zmiany jakości wody w zbiorniku i ciekach wodnych.

# ZASOBÓW WODNYCH



Zapora Trzech Przełomów zbudowana na rzece Jangcy w Chinach jest największą hydroelektrownią na świecie pod względem mocy.

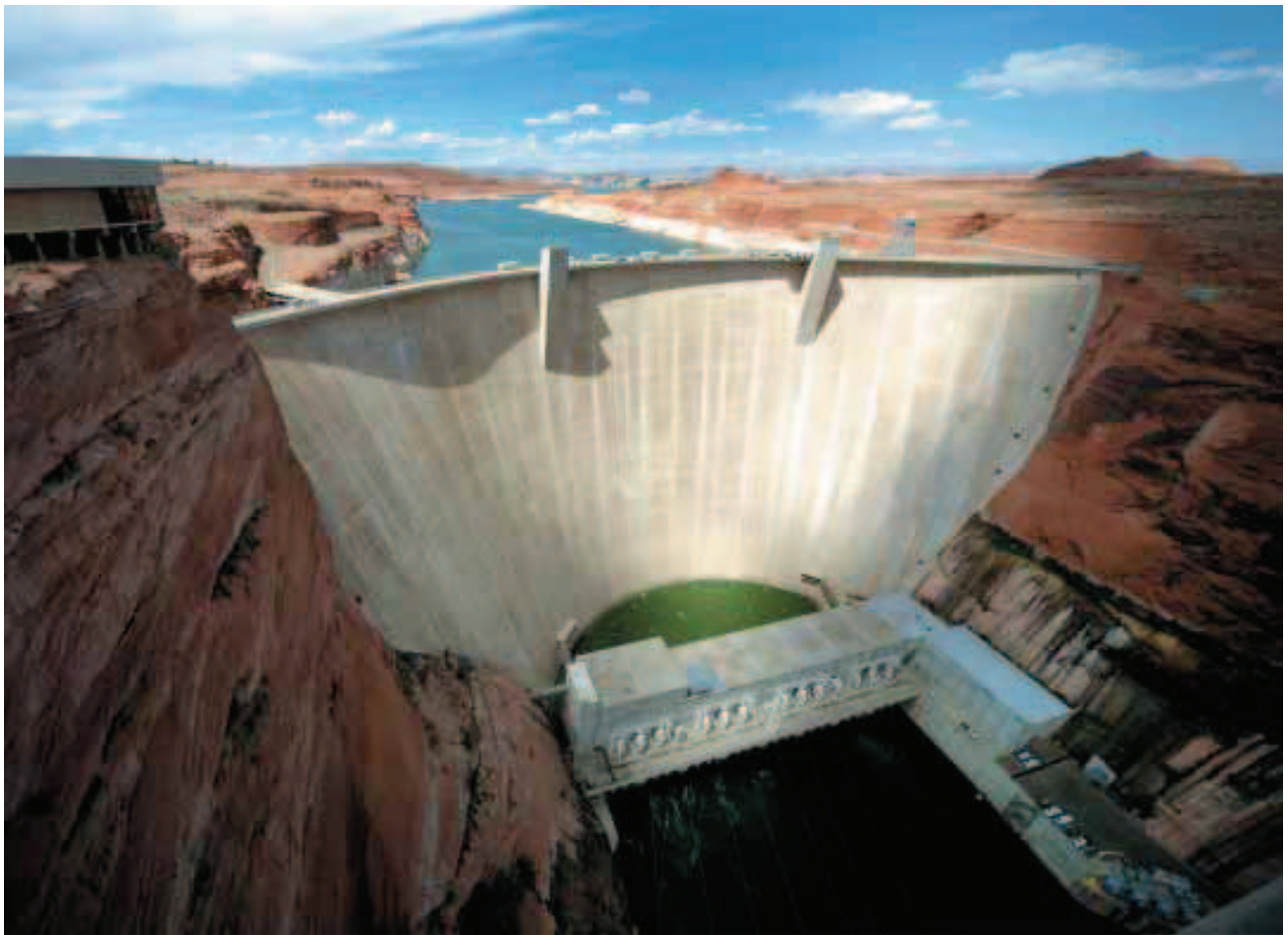
### Elektrownia szczytowo-pompowa

Energia wody wykorzystywana jest także w elektrowniach szczytowo-pompowych, które jednak często nie są zaliczane do odnawialnych źródeł energii. Elektrownia taka posiada dwa zbiorniki wodne: górny i dolny. Funkcje zbiorników górnych mogą pełnić zarówno rezerwuary sztuczne, jak i naturalne, na



Grand Coulee – zapora w USA na rzece Kolumbii, wysokość 167 m, długość 1300 m, pojemność jeziora zaporowego 11,6 km<sup>3</sup>.

przykład jeziora. Jako zbiorniki dolne wykorzystywane są zaś jeziora, spiętrzone doliny rzek, stare sztolnie kopalniane i specjalnie zbudowane sztuczne zbiorniki. W okresie małego zapotrzebowania na energię, najczęściej w nocy, nadmiar prądu wykorzystywany jest do przepompowania wody ze zbiornika dolnego do górnego. W ten sposób czasowy nadmiar prądu



Zapora Hoovera na rzece Kolorado w USA, 48 km od Las Vegas, wys. 224 m, dł. 379 m, poj. jeziora zaporowego 35,2 km<sup>3</sup>. (©Photofactory®)

# WYKORZYSTYWANIE



Największa w Polsce elektrownia szczytowo-pompowa położona nad jeziorem Żarnowieckim w woj. pomorskim. (©Photofactory®)

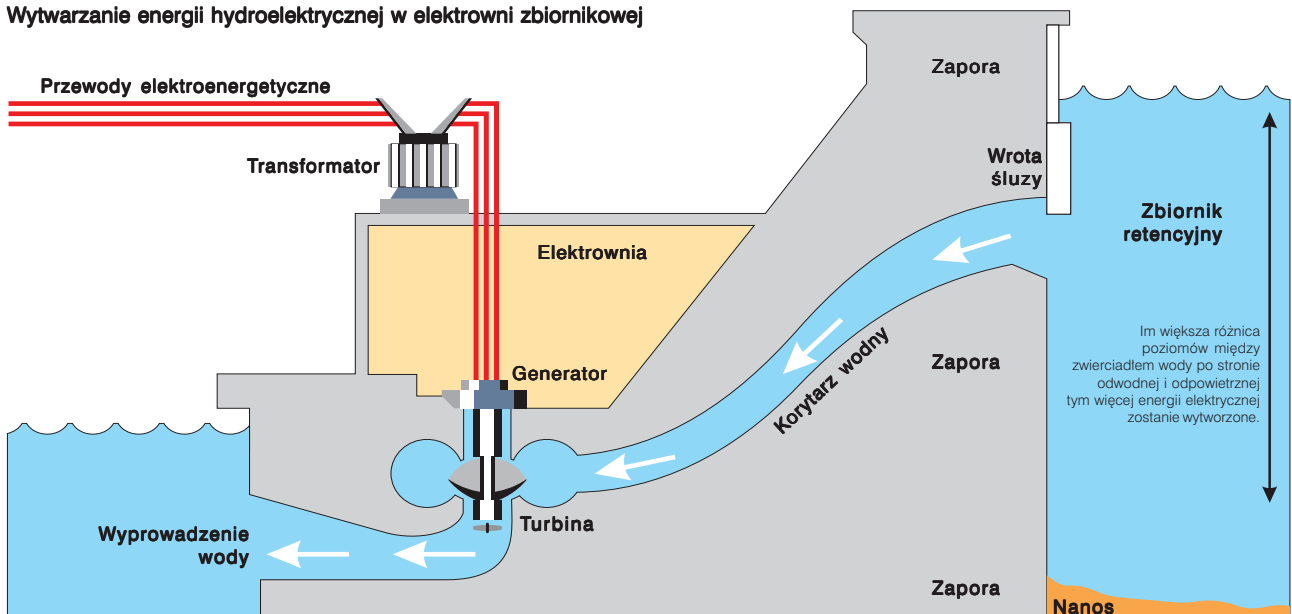
przekształca się w energię potencjalną zgromadzonej w górnym zbiorniku wody. Ten etap pracy hydroelektrowni jest nazywany pompowym lub silnikowym. Z kolei pracą turbinową (generatorową) elektrownia wykonuje, gdy zapotrzebowanie na energię wzrasta. Uwalnia się wtedy wodę ze zbiornika górnego, by spływając do dolnego napędzała produkującą prąd turbinę.

W Polsce na elektrownie szczytowo-pompowe przypada najczęściej, bo około 1,35 GW mocy zainstalowanej, spośród około 2,1 GW mocy posiadanych ogółem przez wszystkie elektrownie wodne.

Hydrozespół złożony z turbiny wodnej i napędzanej nią prądnicy (hydrogenerator). (©Photofactory®)

Najważniejsze elektrownie wodne w Polsce	
Nazwa elektrowni	Moc zainstalowana w MW
Żarnowiec	716
Żar	500
Żydowo	156
Włocławek	160
Solina	136
Niedzica	92
Dychów	80
Rożnów	50

## Wytwarzanie energii hydroelektrycznej w elektrowni zbiornikowej



Energia produkowana jest tu przez siłę spadającej wody. Zdolność do wytwarzania takiej energii zależy zarówno od będącego do dyspozycji przepływu oraz od wysokości, z jakiej spada woda. Woda, której poziom wzrasta za wysoką tamą, gromadzi potencjalną energię. Jest ona przetwarzana na energię mechaniczną, gdy woda spływa z dużą prędkością w dół śluzy i uderza o obracające się łopatki turbiny. Obrót turbiny wprawia w ruch wirowy elektromagnesy, które wytwarzają prąd w nieruchomych cewkach turbiny. W końcu, prąd przepływa przez transformator, w którym zwiększa się jego napięcie, aby mógł być przesyłany na duże odległości za pośrednictwem linii elektroenergetycznych.

# ZASOBÓW WODNYCH

## Elektrownia pływowa

To elektrownia wodna wykorzystująca do produkcji energii elektrycznej przyplwy i odpływy morza bądź oceanu, spowodowane przyciąganiem grawitacyjnym Księżyca i Słońca oraz ruchem obrotowym Ziemi. By wykorzystać energię pływów, elektrownię należy ulokować w miejscach umożliwiających budowę zapór z turbinami pomiędzy otwartym morzem, a utworzonym zbiornikiem.

W czasie przyplwy turbiny poruszane są przez wodę z oceanu wpływającą do zbiornika, a w czasie odpływu wypływającą (uwalnianą) z niego z powrotem do oceanu.

Na angielskim, francuskim i hiszpańskim wybrzeżu Oceanu Atlantyckiego energię pływów wykorzystywano już w XI wieku, gdy zmagazynowana za niewielkimi zaporami woda służyła do napędzania kół łopatkowych napędzających żarna mielące zboże. Pierwsza i dotychczas największa elektrownia pływowa świata została uruchomiona w 1966 roku we Francji przy ujściu rzeki La Rance do kanału La Manche w miejscu, gdzie maksymalna amplituda pływów wynosi 13,5 m, a minimalna 5 m (młyny wodne pracowały już tam w XII wieku). Zakład ten wyposażony jest w 24 turbiny o mocy 10 MW każda. Dysponuje więc mocą zainstalowaną 240 MW – wystarczająco dużą, by zaopatrzyć w energię 240 000 domów. Drugą co do wielkości elektrownią pływową jest wybudowany 1984 r. zakład w Annapolis Royal w Kanadzie, posiadający 20 MW mocy zainstalowanej. Elektrownie pływowe posiadają też Chiny, Rosja i Wielka Brytania, a ich uruchomienie planują Korea Południowa i Indie. Energię pływów można wykorzystywać tylko w około 20 rejonach świata, niestety w Polsce nie jest to możliwe.

## Elektrownia maremotoryczna

Zwana inaczej falowo-wodną, produkuje energię elektryczną z energii fal lub prądów morskich. Pierwszy zakład tego typu uruchomiono w drugiej połowie XX wieku w Bouchaux – Praceique we Francji. Dziś elektrownie maremotoryczne pracują między innymi w Rosji nad Morzem Białym i w Stanach Zjednoczonych na Alasce.



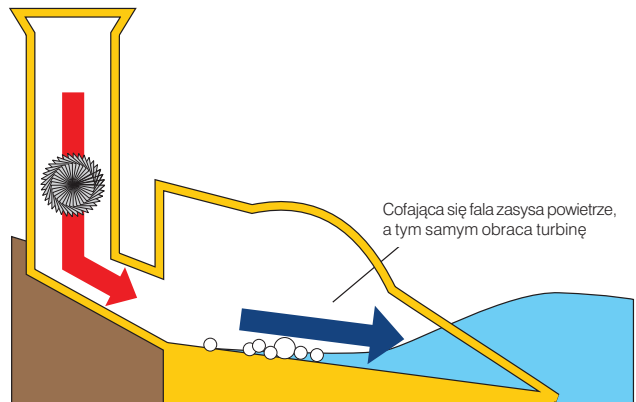
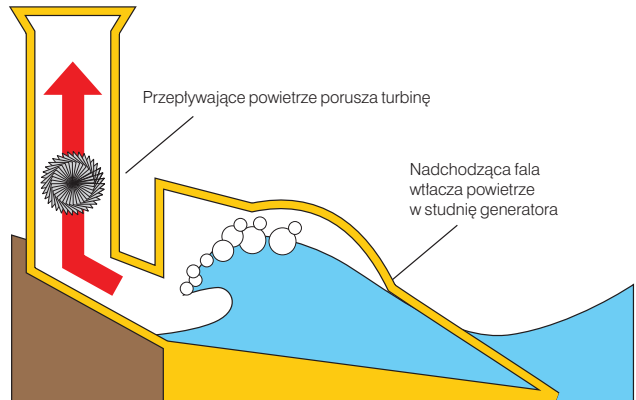
Stosowane w elektrowniach maremotorycznych urządzenia prądotwórcze to:

- turbiny wodne napędzane przelewającą się przez upust zbiornika wodą, która wcześniej wpływa do zbiornika zwiężającą się sztolnią, a po przepłynięciu przez turbinę wraca do morza,

- bądź też turbiny powietrzne wprawiane w ruch powietrzem sprężonym w górnej części zbiornika przez zalewające jego dno fale; zbiornik taki zbudowany jest na platformie zlokalizowanej na brzegu morza; ponieważ instalacje wyposażone w turbiny powietrzne, mają często nawet kilkadziesiąt kilometrów długości, mogą także pełnić rolę falochronu.

Przykłady elektrowni obu typów znajdują się na norweskiej wyspie Toftehallen koło Bergen. Zakład wykorzystujący turbiny powietrzne pracuje zaś na wyspie Islay w Szkocji.

## Generator elektrowni falowej



## Elektrownia maretermiczna

Nazywana również oceanotermiczną, produkuje energię elektryczną z energii cieplnej, której źródłem jest różnica temperatur między ciepłymi warstwami powierzchniowymi, a zimnymi warstwami głębinowymi oceanu. Taka, mniej więcej stała, niezależna od pory dnia i roku różnica występuje w strefie równikowej, gdzie w niektórych miejscach istnieje spory potencjał energii maretermicznej. Na przykład w Indiach, na wybrzeżach stanu Tamil Nadu mogłyby powstać instalacje o łącznej mocy 10 000 MW.

Elektrownie maretermiczne wykorzystują jako czynnik roboczy amoniak, freon bądź propan, które parują w wynoszącej około 30 st. C temperaturze wody powierzchniowej i następnie są skraplane przy pomocy wody o temperaturze około 7 st. C, czerpanej z głębokości 300-500 m. Zakłady maretermiczne pracują na Hawajach (40 MW), w Japonii (10 MW), na Bali i Tahiti (po 5 MW).

# WYKORZYSTYWANIE



Singapur – jeden z największych portów kontenerowych świata. (@Photofactory®)

## Żegluga

Żegluga jest jednym z najstarszych rodzajów transportu. Jej zaletą są przede wszystkim niskie koszty przewozu dużej ilości towarów na znaczne odległości. Dlatego statkami morskimi i śródlądowymi przewozi się głównie surowce i półprodukty o dużej objętości i masie. W ten sposób transportuje się około 70% wszystkich ładunków w handlu międzynarodowym.

Do przewozu towarów używa się wyspecjalizowanych statków:

- masowców – przeznaczonych głównie do przewozu suchych ładunków luzem, wsypywanych bezpośrednio do ładowni, jak np. węgiel, rudy metali, nawozy mineralne, zboża, siarka granulowana, itp.;
- drobnicowców – przeznaczonych do przewozu towarów przemysłowych liczonych w sztukach, zapakowanych w skrzynie, beczki, beły, worki i inne rodzaje opakowań lub bez opakowania (samochody);

- kontenerowców – przeznaczonych do przewozu kontenerów;
- tankowców – przeznaczonych do transportowania materiałów płynnych, tj. ropy naftowej i skroplonego gazu;
- chemikaliowców – przeznaczonych do przewozu płynnych chemikaliów.

Polska flota transportowa w 2008 roku posiadała 123 statki o łącznej nośności 2 533 tys. ton i pojemności brutto (GT) 1 930 tys. (w tym 65 masowców i 13 zbiornikowców), które przewiozły 10,5 mln ton ładunków. W polskich portach morskich przeładunkuje się 49 mln ton ładunków rocznie (2008 r.), głównie zboże, węgiel kamienny i koks oraz rudy metali i ropę naftową. Przeładunki skupiają się w Gdańsku (45% ogółu przeładunków), Gdyni (26,3%), Świnoujściu (18%) i Szczecinie (16%). Ruch pasażerski i przewóz samochodów w żegludze morskiej obsługują głównie



Rotterdam – największy port Europy rozciąga się na długości 40 km. Rzeki Moza i Ren zapewniają doskonały dostęp w głąb kraju i pozwalają dotrzeć aż do Bazylei oraz Francji. (@Photofactory®)

# ZASOBÓW WODNYCH



Queen Mary 2 – największy liniowiec transatlantycki świata, dł. 345 m, szer. 41 m i wys. 72 m. Statek mieści 2620 pasażerów. (©Photofactory®) promy, w niewielkim stopniu statki pasażerskie obcych bander i statki handlowe. Żegluga pasażerska, która przewiozła w 2008 r. 691 tysięcy pasażerów, dysponuje 11 promami oraz 3 statkami, które pływają po Morzu Bałtyckim. Największym portem pasażerskim jest Świnoujście.

Ogólna długość żeglownych śródlądowych dróg wodnych w Polsce wynosi 3 638 km (2005 r.), w tym: 2 403 km rzek, 644 km rzek skanalizowanych, 331 km kanałów i 260 km dróg jeziornych. Najważniejszą drogą wodną jest system Odry (86,5 km), na który składają się: Kanał Gliwicki, Odra skanalizowana od Kędzierzyna-Koźła do Brzegu Dolnego (poniżej Wrocławia), środkowa Odra – swobodnie płynąca w częściowo uregulowanym korycie (od Brzegu Dolnego do wylotu kanału, łączącego Odrę z Hawelą) oraz swobodnie płynąca do Zalewu Szczecińskiego. Odrą przewozi się głów-



Tankowiec (zbiornikowiec) – statek-cysterna, przeznaczony do transportowania materiałów płynnych. (©Photofactory®)

nie węgiel kamienny, rudy żelaza, apatyty i fosforyty. Największe przeladunki są dokonywane w portach w Koźlu, Gliwicach oraz Wrocławiu. Na wschodzie system Odry łączy się z Wisłą przez skanalizowaną Noteć i Kanał Bydgoski. Wisła, na znacznych odcinkach nieuregulowana, jest mało wykorzystywana jako transportowa droga wodna. Najczęściej dokonuje się przewozów żwiru, piasku i drewna na krótkich trasach w rejonie Gdańska, Warszawy (Żerań), Bydgoszczy, Krakowa, Płocka i Torunia. Śródlądowymi drogami wodnymi przewozi się 9,6 mln ton towarów rocznie (2005 r.). Pasażerska żegluga śródlądowa przewożąca rocznie milion osób służy wyłącznie do obsługi ruchu turystycznego, głównie w rejonie Szczecina (Dolna Odra, Zalew Szczeciński), w okolicach Wrocławia (na Odrze), Krakowa, Warszawy i Płocka (na Wiśle), na Kanale Elbląskim oraz na Jeziorach Mazurskich.



# WYKORZYSTYWANIE



Rafineria Shell Puget Sound Refinery nad Zatoką Padilla w Anacortes – USA. (©Photofactory®)

## Woda w przemyśle

Ze względu na swe niezwykle właściwości, woda jest niezbędna do przebiegu wielu procesów technologicznych jako rozpuszczalnik, substrat lub katalizator reakcji chemicznych; do rozdzielania (np. flotacja) i oczyszczania substancji (np. krystalizacja), a także jest wykorzystywana jako nośnik ciepła i doskonale chłodziwo.

Według szacunków specjalistów produkcja przemysłowa i energetyka wykorzystują 10 razy mniej wody niż rolnictwo i przemysł spożywczy. Jednakże całkowita wielkość zapotrzebowania przemysłu na wodę nie jest dobrze znana, ponieważ sporo wielkich przedsiębiorstw często pobiera wodę z własnych ujęć lub pobliskich rzek i jezior, nie zwracając sobie przy tym głowy dokonywaniem jakichkolwiek pomiarów jej zużycia.

Na całym świecie największymi poborcami wody są elektrownie termoelektryczne, huty żelaza i stali, fabryki celulozy i papieru, producenci chemikaliów, benzyny i maszyn. Większość z nich wykorzystuje olbrzymie ilości wody do chłodzenia, mycia, przetwarzania i ogrzewania.

Niemal wszystkie produkty kupowane przez ludzi wymagają do ich wytworzenia znacznych ilości wody. Dotyczy to zarówno ubrań, jak i komputerów. Osoby jeżdżące wielkimi, luksusowymi, paliwożernymi samochodami terenowymi, nie tylko spalają olbrzymie ilości benzyny, ale także pośrednio zużywają sporo wody, ponieważ wyprodukowanie jednego litra benzyny wymaga użycia 18 litrów wody.

Oszacowanie ilości wody niezbędnej do wytworzenia produktów przemysłowych jest bardzo trudne. Przyczyną tego jest bogaty asortyment wyrobów oraz niezwykle złożone i różnorodne technologicznie procesy produkcyjne. Jedynym rozsądnym sposobem wydaje się więc określenie zużytej do wyprodukowania wody, nie na kilogram czy jednostkę produktu, lecz w przeliczeniu na jednostkę jego wartości. Uwzględniając szereg dodatkowych czynników i zmiennych, możemy oszacować, że średnie zapotrzebowanie na wytworzenie jakiegoś dobra przemysłowego wynosi 80 litrów wody na każdego dolara jego wartości. Oczywiście zużycie to będzie zróżnicowane w zależności od stopnia uprzemysłowienia, zastosowanych technologii i świadomości ekologicznej danego społeczeństwa. W Stanach Zjednoczonych wyniesie 100 litrów, w Niemczech i Holandii 50, a w Japonii, Australii i Kanadzie tylko 10-15 litrów na 1 dolara wartości produktu.



Aby uzyskać 1 litr biodiesla z rzepaku zużywa się 14.000 litrów wody. (©Photofactory®)

## Rolnictwo

Dla efektywnego rozwoju rolnictwa niezbędne są dwa czynniki: jakość gleby oraz woda. Źródłem wody niezbędnym dla prawidłowej wegetacji roślin są opady atmosferyczne oraz woda zgromadzona w glebie. Dlatego największymi dolegliwościami w rolnictwie są okresy suszy. Fachowcy rozróżniają trzy jej rodzaje:

- atmosferyczną – gdy deszcz w okresie wzrostu roślin nie pada przez około 2 tygodnie,
- glebową (rolniczą) – gdy brak opadów wpływa niekorzystnie na wzrost roślin lub powoduje ich wymieranie,
- hydrologiczną, której efektem jest obniżenie się poziomu wód gruntowych i podziemnych.



Taraszy ryżowe na Bali. Podstawą gospodarki Indonezji jest uprawa ryżu.

Uzupelnianie zasobów wody w glebie, w celu zapewnienia odpowiednich warunków wegetacji roślin uprawnych stosowano już w starożytnym Egipcie, Mezopotamii, Indiach czy Peru. Czyniono to za pomocą specjalnych kanałów irygacyjnych. Także dziś w wielu regionach świata jedyną szansą na powodzenie upraw i zwiększenie ich produktywności jest dostarczenie glebie wody, aby zredukować jej niedobory. Rolnictwo zna kilkanaście sposobów nawadniania. Do najczęściej stosowanych należą: zalewowe, podsiąkowe i deszczowe. Budowa i eksploatacja urządzeń nawadniających jest kosztowna, dlatego opłacają się one tylko w produkcji intensywnej. Dodatkową zaletą sztucznego nawadniania jest możliwość jednoczesnego wprowadzenia do gleby składników odżywczych w postaci naturalnych lub sztucznych nawozów. Przy deszczowaniu





(©Photofactory®)

# WYKORZYSTYWANIE



Urządzenia do nawadniania pól. (@Photofactory®)



Kształt okrągłych pól wyznacza obrót zraszaczy. (@Photofactory®)

(natryskiwaniu, zraszaniu) roślin następuje także zmywanie licznych szkodników, takich jak mszyce, przędziorki, pchełki. Intensywne nawadnianie ma jednak i wady: niszczy strukturę gleby, wymywa składniki pokarmowe, prowadzi do zabagniania terenów, przyczynia się do rozwoju szkodliwych drobnoustrojów oraz stwarza zagrożenie skażenia gleb wodami niedostatecznie czystymi. Nade wszystko jednak zubaża naturalne zasoby wodne.

Obecnie Unia Europejska dotuje zalesianie gruntów rolnych z deficytem wody i wspiera działania związane z gospodarowaniem rol-

niczymi zasobami wodnymi, obejmującym retencjonowanie wody oraz kształtowanie koryt cieków naturalnych. Wszystkie te zabiegi służą m.in. ochronie ekosystemów rolniczych (w tym zasobów wodnych) i mają istotne znaczenie dla łagodzenia skutków suszy. Rolnictwo to nie tylko uprawa, lecz także hodowla zwierząt, których chów wymaga gigantycznych wprost zasobów wodnych zarówno do pojenia, jak i utrzymania higieny. Na uwagę należy mieć także wodę zużywaną przez przemysł spożywczy w procesie przetwórczym.



Pozyskanie 1 kg ryżu pochłania 3.000 litrów wody. (@Photofactory®)

# ZASOBÓW WODNYCH



Hydroterapia obejmuje ponad 100 różnych metod wykorzystujących wodę do celów leczniczych. (©Photofactory®)

## Zdrowie

Pojęcia balneoterapii (z łaciny „balneum” – kąpiel i greckiego „therapeja” – leczenie) oraz SPA (z łaciny „sanus per aquam”, czyli „zdrowie przez wodę”) są znane od tysięcy lat, a leczenie wodą należy do najstarszych gałęzi medycyny. Opiera się ono na założeniu, że woda może zarówno koić i relaksować, jak i pobudzać do aktywności, stymulować do działania. Zdrowie przez wodę to równowaga ciała i ducha.

Odświeżające i lecznicze właściwości wodnych terapii były dobrze znane starożytnym Rzymianom. Kąpiel w świeżej, źródlanej wodzie była dla nich czymś więcej niż tylko codziennym rytuałem, stanowiła istotną część życia. Rzymianie koili zmęczone mięśnie w gorących źródłach, które nieco później zostały przekształcone w łaźnie, sauny, termy. Wśród bogatych Rzymian przybytki te cieszyły się dużym powodzeniem.

W czasach średniowiecznych filozofia „zdrowia przez wodę” kultywowana była przede wszystkim przez uczestników wypraw krzyżowych, którzy pragnęli odtworzyć w krajach europejskich zwyczaje kąpielowe zaobserwowane w świecie islamskim.

Nieco później, w XIV wieku, we wschodniej Belgii u podnóża Ardenów, założono miasto Spa. Miejscowość zawdzięczała swoją nazwę źródłom leczniczym, które tam się znajdowały. Funkcjonują one zresztą do dzisiaj, a miasto Spa jest jednym z najbardziej znanych kurortów uzdrowiskowych w Europie. Już wtedy używano zarówno wody źródlanej, jak i morskiej w połączeniu z naturalnymi wodorostami i glonami do leczenia całego ciała. Natomiast picie wód leczniczych wprowadzono po raz pierwszy w XVII w. Okres Oświecenia przyniósł wiele odkryć w świecie nauki i medycyny. Należała do nich bez wątpienia hydroterapia triumfująca za sprawą Vincenta Priessnitza, który „wszedł” na stałe do zasobów języka polskiego, gdyż to właśnie od jego nazwiska w spolszczonej formie wywodzi się

Odświeżające i lecznicze walory wody znane są ludzkości od tysięcy lat. (©Photofactory®)

słowo prysznic. XIX wiek to także czas mody na jeżdżenie „do wód”. W dobrym tonie ówczesnych elit był odpoczynek w europejskich kurortach: Baden-Baden, Spa i innych. Twórcą balneologii polskiej był urodzony w 1804 r. Józef Dietl – lekarz, polityk, profesor i rektor Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz prezydent Krakowa, który prowadził na szeroką skalę badania polskich wód leczniczych.

Współczesne wodolecznictwo ma charakter uzdrowiskowy, a podstawowym środkiem leczniczym są wody mineralne (i zawarte w nich gazy), stosowane do inhalacji, okładów, kąpeli

czy kuracji pitnych. W ten sposób leczy się przede wszystkim stany rekonwalescencji po rozmaitych chorobach, stany wyczerpania po zabiegach operacyjnych, choroby psychosomatyczne, urazowe uszkodzenia narządów ruchu, zmiany zwyrodnieniowe stawów. Hydroterapia obejmuje ponad 100 różnych metod wykorzystujących wodę do celów leczniczych. Najpopularniejsze w Polsce uzdrowiska to Busko-Zdrój, Ciechocinek, Inowrocław, Iwnicz-Zdrój, Kołobrzeg, Krynica-Zdrój, Kudowa-Zdrój, Nałęczów,

Polanica-Zdrój, Ustroń.

To, co dzisiaj rozumiemy pod nazwą SPA, znacznie różni się od dawnych założeń, choć nadal kąpiele i hydroterapia stanowią podstawę tych terapii. Mianem SPA zaczęto oznaczać nie tylko uzdrowiska, ale też miejsca, w których człowiek może poddać się różnym zabiegom przywracającym harmonię zarówno ciału, jak i psychice (tzw. resort SPA). Tego typu ośrodki są jednak zwykle bardzo kosztowne, a przez to elitarne. O pobycie w ośrodkach SPA marzy niemalże każda współczesna kobieta, oferując one bowiem pełną gamę różnorodnych zabiegów kosmetycznych, relaksujące hydromasaże oraz kąpiele pobudzające ciało i umysł. Z wyprawy po urodę, wraca się nie tylko z pięknym ciałem, ale też z odmłodzoną duszą i zregenerowaną energią życiową.



# WYKORZYSTYWANIE



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

## Sport, turystyka, wypoczynek

Pierwsze podróże o charakterze turystycznym pojawiły się już w starożytnym Egipcie. Ludzie przemieszczali się, aby brać udział w obchodach świąt religijnych oraz podziwiać piramidy. Cele religijne dominowały także w podróżach podejmowanych przez starożytnych Greków, którzy udawali się głównie do wyroczni w Delfach oraz świątyni Zeusa w Olimpii. Poza tym tysiące osób przybywało na igrzyska olimpijskie.

Starożytni Rzymianie zapoczątkowali natomiast turystykę wypoczynkową. W celach leczniczych i rekreacyjnych udawali się do rozmieszczonych na obszarze całego Imperium kurortów, wśród

których największą popularnością cieszyły się: Baden, Baile Herculane, Vichy, Baiae, Neapol, Capri, Bath, Puteoli.

Średniowiecze przyniosło ze sobą zastój w wielu dziedzinach gospodarki, w tym także w turystyce. Dopiero w XVII wieku odrodziły się podróże w celach poznawczych, wypoczynkowych i zdrowotnych, które zaczęły nabierać coraz większego znaczenia. Najważniejsze w tym okresie były wyjazdy młodych angielskich arystokratów na kontynent. Podróże trwały od kilku do kilkudziesięciu miesięcy, a młodzi Anglicy dotarli nawet w Alpy, stając się prekursorami alpinizmu. To dzięki nim pasterskie osady zaczęły przekształcać się w ośrodki turystyki górskiej.



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

# WYKORZYSTYWANIE



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

W XVII i XVIII wieku bardzo popularne wśród zamożnych Europejczyków były miejscowości uzdrowiskowe, wśród których największym zainteresowaniem cieszyły się: Bath (popularne również w starożytności), Aix-les-Bains, Vichy, Évian, Baden-Baden, Marienbad, Karlsbad oraz Spa. Wszystkie związane z wodolecznictwem! Wiek XIX okazał się dla turystyki przelomowy, gdyż zaczęła ona nabierać masowego charakteru. W 1841 r. Thomas Cook założył w Anglii pierwsze biuro podróży. W tym okresie turyści odwiedzali głównie uzdrowiska, obszary nadmorskie (Lazurowe Wybrzeże) i miejscowości górskie (Davos, Arosa, Bad Gastein). Druga połowa XX w. przyniosła gwałtowny wzrost wyjazdów rekreacyjnych. Najpopularniejszym regionem turystycznym stał się

basen Morza Śródziemnego, zwłaszcza wybrzeża Francji, Hiszpanii i Włoch. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych intensywnie rozwijała się turystyka górską. Zbudowano wtedy większość alpejskich stacji narciarskich. Pod koniec ubiegłego stulecia wykształciły się regiony turystyczne położone poza Europą: rajskie wyspy na Morzu Karaibskim, Zatoce Meksykańskiej i Oceanii. Cała historia turystyki wykazuje niezbicie, że jej rozwój nierozdzielnie związany był z wodą: leczniczymi źródłami, pięknymi wybrzeżami, słonecznymi plażami, czystymi rzekami i jeziorami oraz ...śniegiem! Wynika to z uniwersalności wody i jej natury, która pozwala na występowanie jej w tak różnych formach, stanach i rolach.



Cudowna plaża Maya Bay na tropikalnej wyspie Phi Phi w Tajlandii. (©Photofactory®)



(©Photofactory®)

# WYKORZYSTYWANIE



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

## Gospodarka komunalna

Problem zaopatrzenia gospodarstw domowych w wodę pojawił się prawdopodobnie już jako efekt rewolucji neolitycznej. Gdy pierwsze ludzkie gromady zaczęły wieść osiadły żywot, w sposób oczywisty lokalizowały swoje siedziby w pobliżu naturalnych źródeł wody. Wraz z rozrostem osad – stopniowo przeobrażających się w rozległe miasta – bezpośredni dostęp do niezbędnej wody stawał się coraz bardziej utrudniony. Ponadto człowiek, wraz z rozwojem cywilizacji, zaczął potrzebować coraz większych ilości wody niezbędnych do zaspokojenia jego stale rosnących potrzeb.

Dziś trudno w ogóle wyobrazić sobie nasze funkcjonowanie bez dostępu do bieżącej wody, a sprawa jej dostarczania do naszych domów stała się na tyle oczywista, że jej wręcz nie dostrzegamy. Świadomi niezbędności wody stajemy się dopiero w perspektywie jej braku, kiedy wiąże się to dla nas z niedogodnościami natury higieniczno-fizjologicznej, gdy z powodu „awarii wodociągu” nie możemy napić się kawy, umyć naczyń czy wyprać ubrań.

Cała gospodarka narodowa Polski pobiera rocznie ponad 11 000 hektometrów sześciennych wody oznaczanych jako hm<sup>3</sup> (1hm<sup>3</sup> = 1 000 000 m<sup>3</sup>), z czego produkcja pochłania



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)



# ZASOBÓW WODNYCH



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

Pobór wody przez gospodarkę komunalną						
	1960 r.	1970 r.	1980 r.	1990 r.	2000 r.	2007 r.
Całkowity pobór w hm <sup>3</sup>	912,8	1 500	2 723	3 000	2 350	2 086
Roczny pobór w m <sup>3</sup> przypadający na jednego mieszkańca miasta	63,3	88,2	130,0	142,1	bd	bd
Dobowy pobór w litrach przypadający na jednego mieszkańca miasta	174	241	355	387	bd	bd

72%, rolnictwo i leśnictwo 10%, a do wodociągów trafia jedynie 18%.

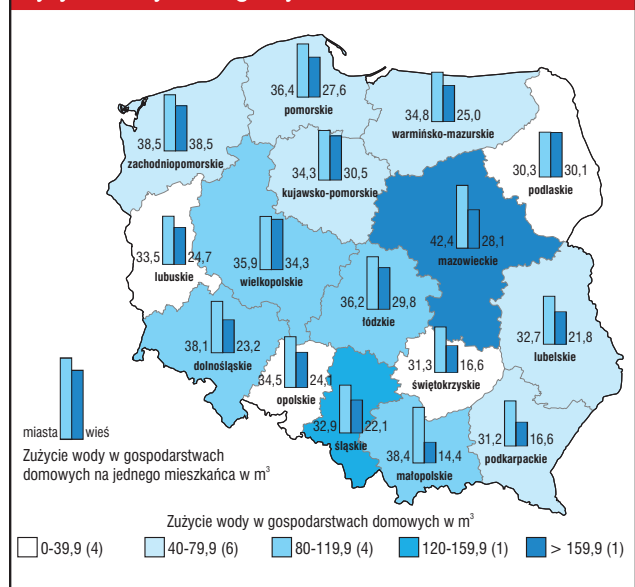
Należy przy tym pamiętać, że zużycie wody w gospodarstwach domowych wynosi jedynie ok. 50% tego, co płynie siecią wodociągową. Zużycie wody w miastach wynika bowiem nie tylko z potrzeb ludności, ale także infrastruktury miejskiej (gospodarka komunalna, transport, handel, punkty usługowe) oraz zakładów przemysłowych, szczególnie przemysłu spożywczego, w którym procesy technologiczne wymagają wody o parametrach wody pitnej.

Statystyczny Polak zużywa niecałe 100 litrów wody dziennie. Dla porównania zużycie dobowe przypadające na jednego mieszkańca w Holandii wynosi 141 litrów, w Niemczech 145, w Belgii 117, w Anglii 135, a w Szwajcarii 270 litrów.

Woda na polskiej wsi wykorzystywana jest do zaspokojenia potrzeb gospodarstw domowych, zwierząt hodowanych, zakładów usługowych (hotele, domy wypoczynkowe, zakłady technicznej obsługi rolnictwa) oraz przedsiębiorstw przemysłu rolno-spożywczego.

W latach 1965-2000 nastąpił znaczny wzrost zużycia wody wodociągowej na wsi. W 1965 roku wodociągi wiejskie dostarczyły zaledwie 20,2 hm<sup>3</sup>, a w 2000 roku już 350 hm<sup>3</sup>.

## Życie wody według województw w 2007 roku



Zużycie wody wodociągowej w gospodarstwach domowych						
	1960 r.	1970 r.	1980 r.	1990 r.	2000 r.	2007 r.
Całkowite zużycie w hm <sup>3</sup>	403	746	1 504	1 923	1 360	1 200
Roczne zużycie w m <sup>3</sup> przypadające na jednego mieszkańca miasta	27,7	41,8	64,8	68,8	43,9	36
Dobowe zużycie w litrach przypadające na jednego mieszkańca miasta	75,8	114,5	177,5	188,5	120	98



# EKOLOGIA

CZYLI DLA WSPÓLNEGO DOBRA

## DLA WSPÓLNEGO DOBRA



W Sudanie woda pitna jest luksusem. Do studni trzeba przejść czasami wiele kilometrów. (©Photofactory®)

### Idea Zrównoważonego Rozwoju

W 1987 r. Komisja Środowiska i Rozwoju ONZ, pod kierownictwem norweskiej minister ochrony środowiska Gro Brundtland, opublikowała raport „Nasza Wspólna Przyszłość”. W protokole tym, po raz pierwszy pojawiła się koncepcja zrównoważonego rozwoju: „Na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój zrównoważony, to jest taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie.”

Raport ów dostrzega, że cywilizacja osiągnęła poziom dobrobytu możliwy do utrzymania jedynie pod warunkiem mądrego gospodarowania. Model zrównoważonej, nie tak intensywnie wykorzystującej naturalne zasoby gospodarki, zakłada świadomie kształtowane relacji pomiędzy wzrostem gospodarczym, dbałością o środowisko (nie tylko to przyrodnicze, ale także sztuczne – wytworzone przez człowieka) a zdrowiem człowieka. Doktryna zrównoważonego rozwoju dąży do ekonomicznej i środowiskowej efektywności nie tylko przedsięwzięć gospodarczych, lecz także społecznych czy kulturalnych.

Pojęcie zrównoważonego rozwoju wywodzi się z leśnictwa. Stworzone zostało przez Hansa Carla von Carlowitza. Pierwotnie dotyczyło ono sposobu gospodarowania zasobami leśnymi. Zasada była prosta – wycina się tylko tyle drzew, ile może w określonym czasie, na danym terenie, ich urosnąć. Miało to zapobiec likwidacji drzewostanu i przyczynić się do odtworzenia ekosystemu.

Koncepcja ta, na początku XIX wieku, była propagowana przez niemieckie wyższe szkoły leśnicze. Leśnictwo w tym kraju było uznawane za przodujące w Europie, nic więc dziwnego, że Francja, Włochy i inne państwa naszego kontynentu, przyjęły ideę Carlowitza za swoją. W Anglii pojęcie to nazwano Sustained Yield Forestry. Określenie „sustainable” zostało następnie przyswojone przez ruch ekologiczny i w latach osiemdziesiątych XX wieku ponownie wprowadzone do debaty politycznej. Obecnie definicja zrównoważonego rozwoju nie ogranicza się wyłącznie do sfery leśnictwa.

Aby zrozumieć, czym w istocie jest zrównoważony rozwój, trzeba poznać dokładnie dwa kluczowe problemy z tą ideą związane. Pierwszy dotyczy uwzględnienia potrzeb ludzi najbardziej potrzebujących i ze względów etycznych staje się absolutnym priorytetem. Drugi to zasada ograniczonych możliwości. Ograniczonych, bo coraz mniejsza staje się wytrzymałość światowego systemu ekologicznego.

Zrównoważony rozwój Ziemi ma w związku z tym zaspokajać podstawowe potrzeby wszystkich ludzi, a także zachować i chronić naturalną



Rzeka Singapur przyczyniła się do niezwykłego rozkwitu miasta o tej samej nazwie. (©Photofactory®)

równowagę. Podstawową sprawą jest jednak odrestaurowanie i przywrócenie integralności ekosystemu naszej planety. Należy przy tym koniecznie uwzględnić potrzeby przyszłych pokoleń i ustalić długookresową granicę pojemności ekosystemu.

Ekonomicznie rzecz ujmując – społeczeństwo powinno żyć w miarę możliwości „z odsetek”, a nie „z kapitału”. Zrównoważony rozwój oznacza, że wzrost gospodarczy prowadzi do zwiększania spójności społecznej (w tym m.in. zmniejszania rozwarstwienia społecznego, wyrównywania szans, przeciwdziałania defaworyzacji i dyskryminacji) oraz podnoszenia jakości środowiska naturalnego, głównie poprzez ograniczanie szkodliwego wpływu produkcji i konsumpcji na stan środowiska i ochronę zasobów przyrodniczych.

Idea stanowi także ważny element systemu prawa międzynarodowego. Do najważniejszych dokumentów międzynarodowych, ujmujących problematykę zrównoważonego rozwoju, należą: Agenda 21 oraz Konwencja o Dostępie do Informacji, Udziale Społeczeństwa w Podejmowaniu Decyzji oraz Dostępie do Sprawiedliwości w Sprawach Dotyczących Środowiska. W Polsce zasada zrównoważonego rozwoju zyskała rangę konstytucyjną – została ujęta w art. 5 konstytucji RP, a definicja zrównoważonego rozwoju znalazła się w ustawie zatytułowanej „Prawo Ochrony Środowiska”. Zapisano w niej, że jest to „taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń.” Reasumując, zrównoważony rozwój to wynikowa trzech składowych – społeczeństwa, środowiska i ekonomii.

### Żyjemy na ekologiczny kredyt przyszłych pokoleń

Współcześnie zużywamy o 1/3 więcej zasobów naturalnych, niż Ziemia jest w stanie ponownie wygenerować. Innymi słowy, żyjemy na ekologiczny kredyt. W taki sam sposób, jak nieodpowiedzialne wydawanie pieniędzy wpędza świat w kryzysy i recesję gospodarczą, tak nieodpowiedzialna, rozpasana konsumpcja niszczy naturalny kapitał Ziemi do tego stopnia, że zagraża przyszłemu dobrobytowi. Więcej niż 1/3 ludności świata żyje w państwach, które są ekologicznymi dłużnikami. To państwa, gdzie pochłania się więcej zasobów, niż jest ich dostępnych. Również Polska należy do tego niesławnego grona. Dzieje się tak dlatego, że większość z nas korzysta z wysokiego standardu życia, czerpiąc z kapitału ekologicznego Trzeciego Świata.

# DLA WSPÓLNEGO DOBRA

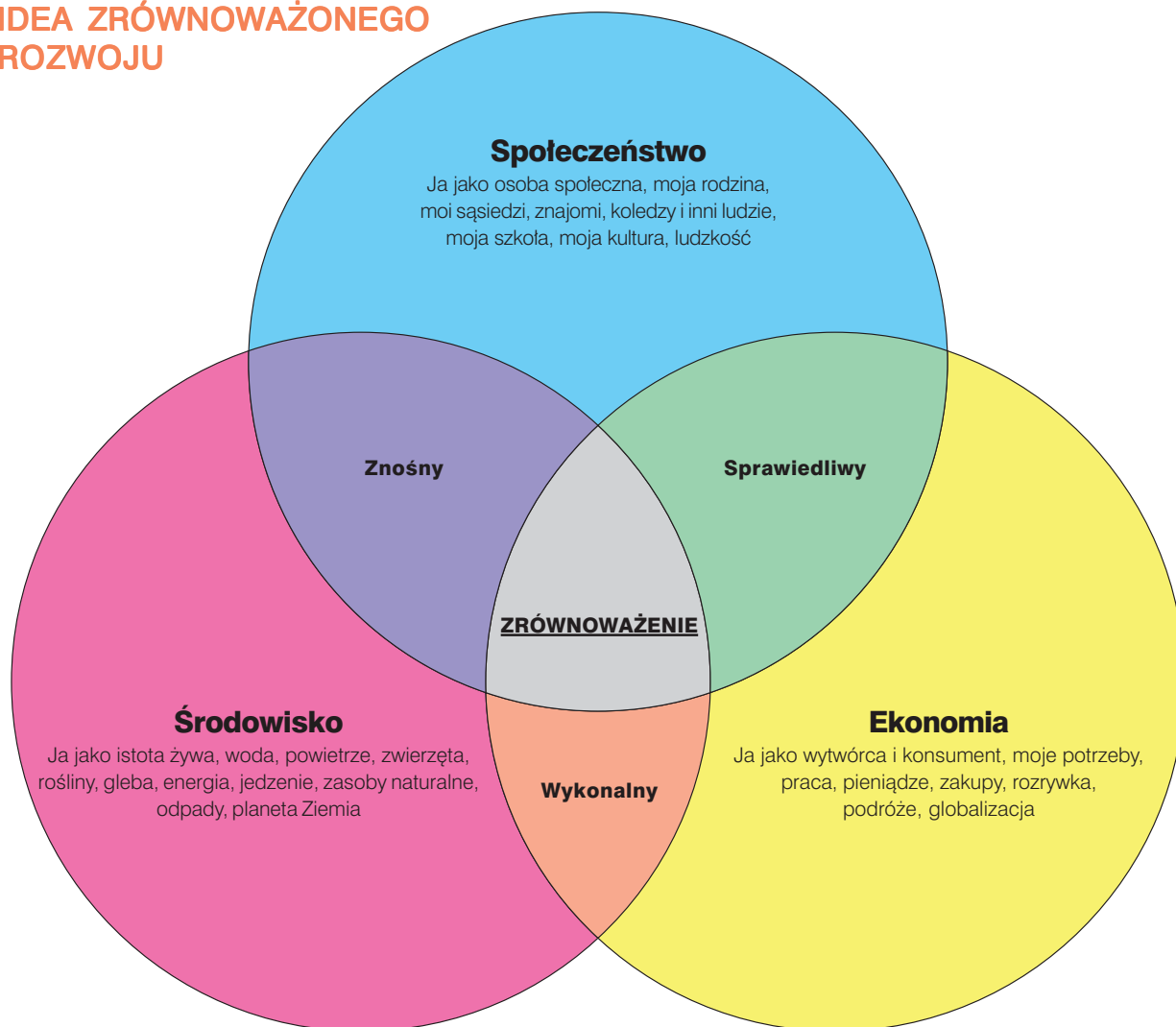


Kanał Czerniakowski w Warszawie. (@Photofactory®)



Młodzi Warszawiacy korzystają z atrakcji Zalewu Zegrzyńskiego.

## IDEA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU



# DLA WSPÓLNEGO DOBRA



Tukan (Ramphastidae) – zamieszkuje Amerykę od południowego Meksyku po Paragwaj i północną Argentynę. (@Photofactory®)

Niestety, wykorzystując coraz więcej naturalnych zasobów naszej planety, w zastraszającym tempie tracimy jej bogactwo przyrodnicze. Ostatnie 35 lat przyniosło zmniejszenie populacji zwierząt na świecie o 30%, czego główną przyczyną jest karczowanie ogromnych terenów leśnych. Szczególnie ucierpiała pod tym względem strefa tropikalna, gdzie liczba zwierząt zmalała o połowę!

Ekolodzy, badając stan naszej planety, posługują się najczęściej dwoma kryteriami: wskaźnikiem żyjącej planety oraz śladem ekologicznym. Ten pierwszy ocenia bioróżnorodność w oparciu o trendy w prawie 5 000 populacjach 1 686 gatunków zwierząt (kręgowców) na całym świecie. Niestety, wskaźnik ten pokazuje dramatyczne zmiany jakie zaszły w ekosystemach w ciągu ostatnich dziesięcioleci. Z badań wynika, że liczebność populacji gatunków lądowych zmniejszyła się od 1970 r. o 33%, morskich o 14%, a słodkowodnych – głównie z powodu betonowania i regulacji rzek i zmian klimatycznych – aż o 35%.

Natomiast ślad ekologiczny to stopień konsumpcji zasobów planety. Jest on mierzony powierzchnią łądów i mórz potrzebną do wyprodukowania wykorzystywanych przez nas zasobów i niezbędnych do zaabsorbowania wytwarzanych zanieczyszczeń. Wskaźnik ten wyrażany jest w hektarach na osobę (ha/os.).

Ślad ekologiczny ludzkości, po raz pierwszy okazał się być większy niż zasoby biologiczne świata, już w latach osiemdziesiątych XX w. Prace badawcze ujawniają, że przeciętny człowiek, celem zaspokojenia swoich potrzeb życiowych, „wykorzystuje” 2,7 ha powierzchni planety. Tymczasem, jeżeli podzielimy powierzchnię produkcyjną Ziemi przez liczbę jej mieszkańców, okaże się, że na jedną osobę przypada



Słoń osiedla się tylko tam, gdzie znajdują się źródła wody pitnej i miejsca do kąpeli. (@Photofactory®)



Liczba lwów zmniejszyła się przez ostatnie 25 lat z ok. 100 tys. do ok. 25 tys. osobników. (@Photofactory®)

tylko 2,1 ha! Póki jeszcze istnieje rezerwa zasobów naturalnych, tego typu nieodpowiedzialne postępowanie jest możliwe. Natomiast, jeśli nie zmienimy naszego stylu życia, ta rezerwa wkrótce się wyczerpie. Jeśli popyt na zasoby naturalne będzie dalej rósł w takim tempie, to od połowy lat trzydziestych XXI w. będziemy potrzebowali aż dwóch planet, aby utrzymać obecny styl życia.

Największy narodowy ślad ekologiczny mają USA oraz Chiny. Każde z tych państw konsumuje jedną piątą zasobów Ziemi, pochłaniając łącznie aż 42% ziemskich zasobów! Jednak, podczas gdy statystyczny Chińczyk wykorzystuje średnio 2,1 ha, mieszkańcy USA dla zaspokojenia swoich potrzeb, wymagają przeciętnie aż 9,2 ha na osobę. Jeśli wszyscy na świecie żyliby jak Amerykanie, przejadalibyśmy dzisiaj już piątą planetę. Pod względem apetytu na zasoby naturalne środowiska Polacy zajmują 33 pozycję w rankingu obejmującym 152 kraje. Wysokie miejsce wynika przede wszystkim z faktu, że aż 95,4% energii pochodzi u nas ze spalania węgla. Nasz ślad ekologiczny wynosi średnio 4 ha/os., tymczasem zdolność biologiczna Polski to 2,1 ha/os. To oznacza, że wykorzystujemy prawie dwa razy więcej, niż Ziemia mogłaby nam zaoferować, gdyby wszyscy korzystali z jej bogactw w równym stopniu. Dla kontrastu, Kongo posiada bardzo wysoką zdolność regeneracji biologicznej (7 miejsce na świecie = 13,9 ha/os.), ale ślad ekologiczny mieszkańca tego kraju to zaledwie 0,5 ha/os. Niestety, niezwykle bogactwo przyrodnicze Kongo zagrożone jest z powodu intensywnego trzebienia lasów, rosnącego popytu wewnętrznego i wywieranej na ten kraj presji eksportowej. Innymi słowy, żyjąc ponad stan, „zjadamy” takie miejsca, jak Kongo.



Kolibier waży maksymalnie 20 g i potrafi latać z prędkością 120 km/h. (@Photofactory®)

Kobiety w Afryce, Azji i Ameryce Południowej w porze suchej przemierzają nawet 20 km z 20-40 litrowym pojemnikiem z wodą. (©Photofactory®)





Ganges płynie przez Półwysep Indyjski w Azji (Indie, Bangladesz). Jej długość wynosi 2.700 km. Przez wyznawców hinduizmu Ganges uważany jest za świętą rzekę. (©Photofactory®)



## DLA WSPÓLNEGO DOBRA



Rusalka pawik – motyl z rodziny południc (rusalkowate) długością dorównuje szerszeniowi. (©Photofactory®)

Oczywiście już dziś dostępne są rozwiązania, dzięki którym można by w pierw ustabilizować, a następnie odwrócić obecne, negatywne tendencje. Wystarczy położyć większy nacisk na poszukiwanie nowych, czystych technologii oraz szerzej wykorzystywać energię odnawialną. Tak się już dzieje w wielu krajach „starej” Unii Europejskiej. Niestety, reszta świata nie jest skora podążać za Europejczykami. Istnieje więc realna możliwość, abyśmy żyli w ramach dostępnych zasobów naszej planety, jednocześnie zapewniając dobrobyt ludziom i zachowując cenne ekosystemy. Potrzebna jest do tego tylko – i aż – wola ludzkości.

### Ślad wodny

Każdy z nas codziennie konsumuje zasoby, które daje nam Ziemia. Bez nich nie moglibyśmy żyć. Często jednak nie zdajemy sobie sprawy, że środowisko jest wspólnym dobrem, od którego zależy nasze istnienie. Nie rozumiemy także zależności występujących między naszym codziennym życiem, a światowymi zasobami naturalnymi. Po części wynika to z faktu, że dotychczas nie istniał ani prosty sposób pomiaru wykorzystywania zasobów ziemskich, ani jednostka, która by to obrazowała. Ślad ekologiczny jest pierwszym narzędziem mierzącym, jak dużo powierzchni Ziemi i wody potrzeba do wytworzenia zasobów, które na co dzień konsumujemy. Pozwala oszacować jaka część powierzchni planety może produkować dla nas różne dobra (pożywienie, energię, budulec, itp.). Umożliwia także wyliczenie, jaka część udziału należy się każdemu z nas, a z jakiej w rzeczywistości



Entomolodzy wyodrębnili 400 tys. gatunków chrząszczy. (©Photofactory®)

korzystamy. Dzięki temu możliwe jest monitorowanie czy podział dóbr środowiskowych jest na świecie sprawiedliwy, a jeśli nie, to kto ich nadużywa, a komu ich brakuje. Ślad ekologiczny ukazuje także jak konsumpcyjny styl życia każdego z nas wpływa na istnienie całej planety. Zależność tę można dostrzec chociażby w tak dobrze znanych dziedzinach jak przetwórstwo ryb czy przemysł drzewny. Uzyskanie tony ryb wymaga 25 hektarów łowiska, zaś pozyskanie jednego metra sześciennego drewna pochłania 1,3 hektara lasu.

Obecnie ślad ekologiczny stanowi jedynie uzupełnienie publikowanego przez ONZ wskaźnika rozwoju społecznego, ale zapewne już wkrótce stanie się indeksem równorzędnym. Wynika to z faktu, że w XXI wieku, o stopniu rozwoju danego kraju nie świadczy jedynie sukces makroekonomiczny, ale rozwój zrównoważony. O nim zaś można mówić jedynie wtedy, gdy dany kraj spełnia jednocześnie dwa kryteria: ślad ekologiczny jest mniejszy niż 2,1 ha na mieszkańca, a wskaźnik rozwoju społecznego wyższy od 0,8.

Dzisiaj ślad ekologiczny dla statystycznego mieszkańca Polski wynosi 4,0 ha. Jest to co prawda mniej niż w przypadku Niemiec (4,6 ha) czy Francji (5,6 ha), ale jeśli weźmiemy pod uwagę nasze możliwości, które utrzymują się na poziomie 2,1 ha, to sprawa wygląda poważnie. Należy przy tym pamiętać, że mieszkańcy krajów, które zużywają więcej niż powinny, czynią to kosztem innych. Ślad ekologiczny winien zatem pomóc podjąć nam decyzję o zmianie stylu życia, tak aby również przyszłe pokolenia mogły cieszyć się bogactwami naturalnymi naszego kraju.



Strelitja królewska pochodzi z Republiki Południowej Afryki. (©Photofactory®)



Kwiat imbiru ananasowego. (©Photofactory®)

## DLA WSPÓLNEGO DOBRA



Kauai – rajska wyspa na Oceanie Spokojnym należąca do archipelagu oraz stanu Hawaje. (©Photofactory®)

Natomiast indywidualny ślad wodny jest nowoczesną metodą pomiaru ilości wody zużywanej przez daną osobę do zaspokajania swoich potrzeb. Podstawy metodologiczne dla obliczania śladu wodnego stworzył prof. Arjen Hoekstra z UNESCO-IHE, a dalszy rozwój tej metody zawdzięczamy pracownikom Uniwersytetu w Twente w Holandii.

Woda jest dobrem, z którego korzystamy codziennie w różnych celach. Potrzebujemy ją do picia, prania, kąpieli, sprzątania domu, podlewania ogródka, mycia samochodu... Ogromne ilości wody zużywane są przez przemysł i rolnictwo. Każda osoba, która zaczyna swój dzień od wypicia filiżanki kawy, zużywa 140 litrów wody – tyle jej bowiem potrzeba, żeby otrzymać jedną porcję tego aromatycznego napoju. Jeden litr mleka to aż 1 000 litrów wody. By uzyskać plon w postaci kilograma pszenicy, trzeba zużyć 1 350 litrów wody, ryżu – ponad dwa razy tyle, bo 3 000 litrów. Jednakże by otrzymać kilogram mięsa wołowego, na hamburgery czy swoje skie zrazy, musimy zużyć aż 16 000 litrów wody.

W wielu rejonach świata, zwłaszcza w krajach rozwijających się, na terenach objętych suszą, woda nie jest dostępna w wystarczających ilościach. Na to, czy ludzie mają dostęp do dostatecznych ilości wody pitnej, wywierają wpływ również czynniki ekonomiczne. Jednakże problemy związane z niedoborem wody pojawiają się także w krajach bogatych. Minimalna ilość wody, której potrzebuje 1 osoba do zaspokojenia swoich życiowych potrzeb w ciągu roku to 1 000 metrów sześciennych, czyli milion litrów. Oznacza to, że dziennie potrzebujemy prawie 3 000 litrów wody! Uwzględniono tu wodę do picia, czynności higienicznych oraz potrzebną do wyprodukowania konsumowanej



(©Photofactory®)



Spękana słońcem i suszą ziemia Australii. (©Photofactory®)

przez człowieka żywności (na przykład do podlewania upraw). Tysiąc metrów sześciennych – ilość wody wystarczającej do zaspokojenia minimalnych potrzeb człowieka przez cały rok – nie zapełnia nawet połowy basenu olimpijskiego. Przemysł zużywa znacznie więcej: 1000 m<sup>3</sup> wody wystarcza na przykład do wyprodukowania ...90 par spodni dżinsowych. Tymczasem w Chinach na jednego człowieka przypada rocznie tylko 700 m<sup>3</sup> życiodajnego płynu. Warto wiedzieć, ile zużywa się wody, nie tylko dlatego, by płacić mniejsze rachunki. Może w momencie, gdy sprawdzamy stan wodomierza, warto pomyśleć o światowych zasobach wody, których nieograniczona ilość jest niestety obzorem zafatyzowanym. Ponadto, jeśli jedni czerpią z tego zasobu nadmiernie, dla innych może go po prostu zabraknąć.

Ślad wodny – roczne zużycie wyrażone w metrach sześciennych przypadające na statystycznego mieszkańca danego kraju	
Kraj	m <sup>3</sup> /osoba/rok
Argentyna	1 404
Austria	1 607
Bangladesz	896
Chile	803
Chiny	702
Etiopia	675
Finlandia	1 727
Francja	1 875
Haiti	848
Hiszpania	2 325
Japonia	1 153
Kenia	714
Norwegia	1 467
Polska	1 103
Szwecja	1 621
USA	2 483
Wielka Brytania	1 245
Włochy	2 332
<b>Średnia światowa</b>	<b>1 243</b>



Filiżanka aromatycznego napoju to wydatek 140 litrów wody potrzebnych na pozyskanie kilkunastu ziaren kawy.



Litr mleka to 1 000 l wody niezbędnych do jego uzyskania.



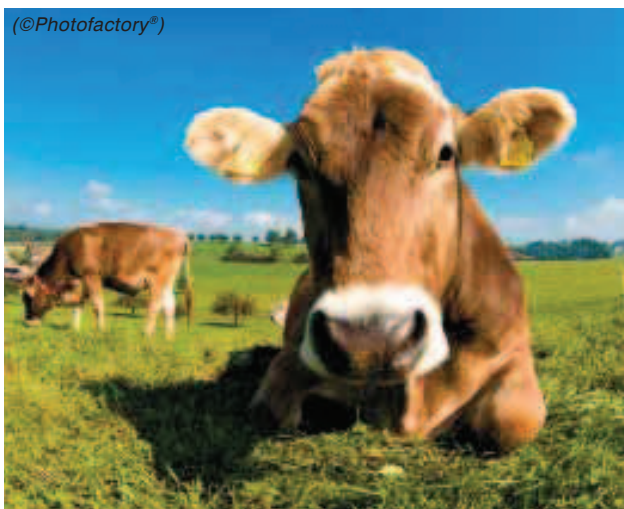
Zanim pszenica wyda swój plon, na każdy kilogram ziarna pobierze z ziemi 1 350 litrów wody.



1 kg kukurydzy, z której zrobione są płatki śniadaniowe lub popcorn to 900 litrów wody niezbędnych do jej pozyskania.



Wyprodukowanie 1 kg ryżu pochłania 3 000 litrów wody.



By pozyskać 1 kg wołowiny potrzeba aż 16 000 litrów wody.

# DLA WSPÓLNEGO DOBRA



Ocena występowania związków chemicznych wpływających ujemnie na jakość wody, wymaga uwzględnienia szeregu skomplikowanych zależności. (©Photofactory®)

## Jakość wody

Jakość wody to pojęcie odnoszące się do jej chemicznych, fizycznych i biologicznych właściwości. Zwykle związane jest z oceną przydatności wody do danych celów. Inaczej mówiąc, woda, która nadaje się idealnie do umycia samochodu, może nie być wystarczająco dobra do picia. Przeciętny człowiek rozważając pojęcie jakości wody, ma na myśli jej przydatność do picia, mycia i prania. Zastanawia się również, czy jakość wody jest odpowiednia dla roślin i zwierząt.

Poniższy schemat pokazuje, że ocena występowania związków chemicznych wpływających ujemnie na jakość wody, wymaga uwzględnienia szeregu skomplikowanych zależności. Podatność wód powierzchniowych i podziemnych na degradację zależy od cech krajobrazu (geologii, topografii, rodzaju i stanu gleby), czynników klimatycznych i atmosferycznych, a także od działalności człowieka.

Wiele razy informowani jesteśmy o zakazach używania wody ze względu na jej niską jakość. Najczęściej spotykanym zagrożeniem jest przedostanie się do źródeł wody pitnej bakterii i mikroorganizmów chorobotwórczych. Przyczyną tego jest zwykle skażenie wód ściekami komunalnymi. Ponadto, pomimo restrykcyjnych przepisów i kar, w rzekach wykrywane są zanieczyszczenia chemiczne pochodzenia przemysłowego; wody rzek i jezior zawierają też zanieczyszczenia pochodzące z dróg i parkingów. Co gorsza,

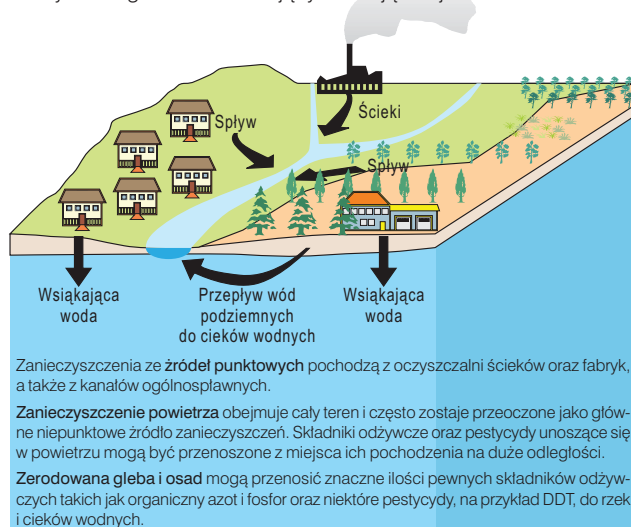
Zanieczyszczenie wód podziemnych przez składowisko odpadów



gospodarstwa rolne stosują coraz więcej pestycydów oraz nawozów zawierających azot i fosfor, które wraz z deszczem przenikają do warstw wodonośnych lub docierają do jezior i rzek.

## Sposoby ochrony wody

- Uświadam ludzi w swoim otoczeniu jak ważna jest czystość wody.
- Przestrzegaj wszystkich przepisów i restrykcji dotyczących ochrony wody.
- Wspieraj działalność promującą oszczędność zasobów wodnych.
- Jeśli zauważysz miejsca, gdzie występują straty wody (uszkodzone rury, otwarte hydranty, zbędne zraszacze), zgłoś to odpowiednim służbom: straży miejskiej, wodociągom, lokalnym władzom lub właścicielom obiektów, na terenie których dochodzi do niegospodarności.
- Zachęcaj szkoły i lokalne władze, aby pomagały promować oszczędzanie wody wśród młodzieży i dorosłych.
- Wspieraj pomysły i projekty, które prowadzą do recyklingu wody.
- W wielu sytuacjach zużytą (brudną) wodę można wykorzystać do różnych celów.
- Wspieraj działania i programy propagujące ochronę wód wśród turystów i gości odwiedzających twoją miejscowość.



Zanieczyszczenia ze źródeł punktowych pochodzą z oczyszczalni ścieków oraz fabryk, a także z kanałów ogólnospławnych.

Zanieczyszczenie powietrza obejmuje cały teren i często zostaje przeoczone jako główne niepunktowe źródło zanieczyszczeń. Składniki odżywcze oraz pestycydy unoszące się w powietrzu mogą być przenoszone z miejsca ich pochodzenia na duże odległości.

Zerodowana gleba i osad mogą przenosić znaczne ilości pewnych składników odżywczych takich jak organiczny azot i fosfor oraz niektóre pestycydy, na przykład DDT, do rzek i cieków wodnych.

# DLA WSPÓLNEGO DOBRA

- Zachęć przyjaciół, znajomych, sąsiadów, aby przyłączyli się do społeczności rozumiejącej odpowiedzialność za ochronę wody.
- Próbuj robić choć jedną rzecz dziennie, która zaowocuje oszczędnościami wody. Nie martw się, jeżeli będą one minimalne. Liczy się każda zaoszczędzona kropla.
- Nie wrzucaj śmieci, odchodów zwierzęcych, liści ani odpadów do odkrytych kolektorów ulicznych i kanałów burzowych, ponieważ możesz je zapchać i doprowadzić do niekontrolowanego spływu deszczówki. Poza tym stwarzasz dodatkowe zagrożenie – zanieczyszczone w ten sposób wody spływają do jezior, strumieni, rzek i na tereny podmokłe.
- Nawozy do trawników i roślin w ogrodzie stosuj oszczędnie i zgodnie z instrukcjami.
- Usuwać zużyty olej, płyn do chłodziw, farby oraz inne chemikalia domowe zgodnie z przepisami – nie wylewaj ich do kanalizacji burzowej. Jeżeli w twojej miejscowości nie wdrożono

dotąd programu zbiórki niebezpiecznych odpadów domowych, zwróć się do samorządu lokalnego z petycją o stworzenie takiego programu – gmina może na ten cel uzyskać środki z Unii Europejskiej.

- Zbieraj rozlany płyn hamulcowy, olej, smar i roztwór do chłodziw. Nie wylewaj toksycznych ścieków na ulicę, ponieważ dotrą one w końcu do lokalnych rzek i jezior.
- Zapobiegaj erozji gleby, sadząc w swojej okolicy krzewy i drzewa.
- Zachęcaj urzędników do wprowadzania w twojej miejscowości programów kontroli erozji i sedymentacji.
- Najrzadziej raz na pięć lat zlecaj udrożnienie twojego systemu kanalizacyjnego tak, aby działał prawidłowo.
- Kupuj detergenty i środki czyszczące o niskiej zawartości fosforu, aby zmniejszyć ilość substancji odżywczych trafiających do naszych jezior, strumieni i wód przybrzeżnych, zapobiegając tym samym procesowi eutrofizacji.

Wpływ urbanizacji na system hydrologiczny		
Okres	Zmiany w użytkowaniu gruntów i zużycia wody	Wpływ na system wodny
Wczesne osadnictwo	Wycinka lasów i roślinności. Rozpoczęcie budowy domów wyposażonych częściowo w kanały ściekowe, a częściowo w doły gnilne. Rozpoczęcie wierceń studni.	Występuje zwiększenie ilości spływów opadowych i erozji spowodowanych redukcją roślinności, która naturalnie spowalnia spływ wody po pochyłościach. Do rzek wpływa więcej osadów. Zmiana sposobu odwadniania zwiększa ryzyko powodzi.
Początki urbanizacji na dużą skalę	Spychanie ziemi pod budowę domów i podział gruntów na działki. Wypełnianie wodą stawów przy gospodarstwach rolnych. Budowa dróg. Zmiana kierunku przepływu rzek w celu uzyskania swobodnego dostępu do wody. Wylewanie ścieków do rzek.	Wzrasta erodowanie gleby i zwiększa się ilość osadów trafiających do rzek. Powoduje to zwiększenie ryzyka powodzi i wpływa ujemnie na jakość wody w rzekach. Może dojść do lokalnych podtopień. Niektóre małe rzeki zostają wybrukowane (za pomocą kanałów sklepionych). Naturalna gleba, która wcześniej wchłaniała spływającą wodę, została zastąpiona drogami i ogromnymi obszarami pokrytymi nawierzchnią (obszary nieprzepuszczalne). Oznacza to, że woda, która wcześniej wsiąkała w grunt, obecnie wpływa do strumieni. Spływ może także trafiać do sieci kanałów burzowych i płynąć dalej do niewielkich rzek, co prowadzi do ich sezonowego wylewania. Nadmierna ilość ścieków w rzekach powoduje ich zanieczyszczenie. Prowadzi to do zdziśiatkowania populacji ryb i sprawia, że woda w dolnym biegu rzeki nie jest zdatna do użytku.
Postępy urbanizacji	Etap urbanizacji kończy się budową większej ilości dróg, domów, a także obiektów przemysłowych i handlowych. Do miejscowych rzek wpada coraz więcej ścieków. Budowane są nowe systemy dostarczania i rozdzielania wody, aby zaspokoić potrzeby rosnącej populacji. Konieczne może okazać się utworzenie rezerwuarów wody pitnej. Bieg niektórych koryt rzek zostaje zmieniony, aby dostosować go do celów budowlanych. Instalacje przemysłowe mogą wymagać wiercenia głębokich studni o dużej pojemności.	Większa ilość utwardzonych nawierzchni powoduje, że do gruntu przesiąka mniej wody, a to oznacza, że wody podziemne nie są uzupełniane w wystarczającym stopniu. Powoduje to obniżenie zwierciadła wód podziemnych. Niektóre z istniejących studni są zbyt płytkie, aby sięgnąć do wód gruntowych i zaczynają wysychać. Spływ z obszarów pokrytych nawierzchnią nieprzepuszczalną kieruje się do kanałów burzowych, a następnie do rzek. Wsiąkająca wcześniej w grunt woda trafia teraz wprost do rzek powodując jej wezbrania. Zmiana koryta rzeki może przyczynić się do powodzi i erozji jej brzegów. Do rzek trafia także większa ilość ścieków, z którymi natura nie jest w stanie sobie poradzić. Nawiercenie zbyt dużej ilości głębokich studni może obniżyć zwierciadło wód podziemnych. Prowadzi to do wysychania innych studni, a także umożliwia przedostanie się wody słonej do wód pitnych oraz osiadanie gruntu, który był wcześniej podtrzymywany przez wody gruntowe – tak powstają zapadliska krasowe.
Działania zaradcze	Poprawa funkcjonowania systemu kanałów burzowych. Wiercenie studni zasilających podziemne warstwy wodonośne. Wdrażanie przedsięwzięć służących oczyszczaniu ścieków. Ekologiczne stawy zagospodarowują wody burzowe i zasilają płytko leżące warstwy wodonośne.	Nowy system kanałów burzowych zmniejsza ryzyko podtopień w czasie intensywnych ulew, zmniejsza także zniszczenia w piwnicach, na podwórkach i ulicach. Woda jest wtłaczana do studni zasilających, a stamtąd trafia z powrotem do podziemnych warstw wodonośnych. Recykling ścieków oznacza redukcję zanieczyszczenia wód, lepszą ich ochronę, a także dodatkową ilość wody dla cennych warstw wodonośnych.

# DLA WSPÓLNEGO DOBRA



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

## Oszczędzanie wody

### W domu

- Nigdy nie wylewaj niepotrzebnie wody, kiedy można jej użyć po-  
wrotnie do innych celów, np.: podlewania czy sprzątania.
- Sprawdź czy Twoje instalacje wodociągowe nie mają przecie-  
ków. Odczytaj stan wodomierza. Następnie przez 2 godziny nie  
korzystaj z wody. Jeżeli wodomierz nie wskazuje dokładnie tego  
samego, masz przeciek!
- Napraw kapiące krany wymieniając uszczelki. Jeżeli kran kapie  
z częstotliwością 1 kropli na sekundę, można oczekiwać utraty  
11 935 litrów wody rocznie. Zostanie to dodane do kosztów Two-  
jego rachunku za wodę i ścieki. Zapłacisz więc za coś, z czego  
nie skorzystałeś.
- Sprawdź, czy nie wycieka woda z rezerwuaru Twojej toalety.  
W tym celu dodaj do zbiornika jakiś barwnik lub specjalną kostkę

dezynfekującą. Jeżeli występuje przeciek, zabarwiona woda  
pojawi się w muszli klozetowej w ciągu 30 minut.

- Jeżeli przycisk (rączka, dźwignia) przy rezerwuarze wody, słu-  
żący do splukiwania zacina się i pozwala wodzie płynąć dłużej  
niż to konieczne, wymień ją lub wyreguluj. Sprawdź, czy w rezer-  
wuarze nie ma zużytych, zardzewiałych czy zepsutych części.  
Większość z nich jest niedroga, dostępna i łatwa w montażu.
- Unikaj zbędnego splukiwania toalety. Chusteczki, owady i inne  
tego typu śmieci wynieś raczej do kosza na odpadki, niż do toalety.
- Bierz szybki prysznic. Zastąp obfity natrysk wersją oszczędno-  
ściową, z małym strumieniem wody.
- Używaj małej ilości wody do kąpieli. Napełniaj wannę w 1/3,  
a przedtem zatkać odpływ korkiem. Początkowy napływ zimnej  
wody może być ogrzany przez dodatnie później gorącej.
- Nie pozwól, aby woda była odkręcana, kiedy myjesz zęby lub twarz.



# DLA WSPÓLNEGO DOBRA

- Zmień wszystkie krany na nowoczesne, posiadające aeratory (napowietrzacze) i ograniczniki strumienia.
  - Używaj zmywarki i pralki tylko wtedy, kiedy ją całkowicie wypełnisz lub ustaw program oszczędnościowy.
  - Kiedy zmywasz ręcznie, napełnij jedną komorę zlewu lub miskę wodą z płynem. Następnie splukuj naczynia szybko pod niewielkim strumieniem bieżącej wody.
  - Przechowuj wodę do picia w lodówce, a nie odkręcaj na wiele minut kranu za każdym razem, kiedy chcesz się napić zimnej wody.
  - Nie używaj bieżącej wody do rozmrażania mięsa lub mrożonek. Odmrażaj jedzenie przez noc w lodówce lub kuchence mikrofalowej.
  - Aby dobrze splukać odpady ze zlewozmywaka, potrzeba dużo wody. Jeśli masz taką możliwość, załóż kompostownik na odpadki spożywcze, gdyż nawet kosz na śmieci nie jest dla nich odpowiednim miejscem.
  - Rozważ zainstalowanie natychmiastowego, przepływowego podgrzewacza wody na kuchennym kranie. Dzięki temu nie będziesz czekać z odkręconym kranem, aż pojawi się ciepła woda. To obniży koszty zarówno zużycia wody jak i energii.
  - Zaizoluj rury. Będziesz miał szybciej ciepłą wodę i unikniesz jej marnowania, kiedy się podgrzewa.
  - Uzyskuj właściwą temperaturę, zmniejszając strumień ciepłej wody, a nie zwiększając strumień zimnej.
- Na zewnątrz**
- Trawnik podlewaj oszczędnie. Ogólną regułą jest to, że trawa potrzebuje podlewania latem co 5 – 7 dni. Obfity deszcz eliminuje konieczność podlewania nawet przez 2 tygodnie.
  - Podlewać rośliny wczesnym rankiem, kiedy temperatura i prędkość wiatru są najniższe. To redukuje straty wynikłe na skutek parowania.
  - Podleając ogród nie mocz ulicy, podjazdu i chodnika. Ustaw zraszacz tak, aby podlewać tylko trawnik i kwiaty, a nie miejsca wybetonowane.
  - Używaj najbardziej ekonomicznego zraszacza.
  - Podnieś ostrza kosiarki co najmniej na wysokość 3 cm. Wyższa trawa jest bardziej ukorzeniona i lepiej utrzymuje wilgotność niż trawnik krótko przystrzyżony.
  - Unikaj zbyt dużej ilości nawozów, bowiem zwiększają one zapotrzebowanie trawy na wodę. Stosuj te, które zawierają wolno uwalniające się, nierozpuszczalne w wodzie, formy azotu.
  - Ziemię wokół drzew i krzewów okrywaj korą dla zachowania wilgotności. Pomaga to także kontrolować chwasty, które konkurują z pielęgnowanymi roślinami o wodę.
  - Niektóre trawy, skalniaki, krzewy i drzewa nie wymagają zbyt częstego podlewania i zazwyczaj mogą przetrwać okresy suszy o własnych siłach. Grupuj razem rośliny o podobnym zapotrzebowaniu na wodę.
  - Nie myj wężem wjazdu czy chodnika – używaj szczotki lub miotły, a zaoszczędzisz tysiące litrów wody rocznie.
  - Wyposaż swój wąż ogrodowy w zamykaną końcówkę, która pozwala regulować strumień wody. Kiedy skończysz podlewanie zakręć kran, aby uniknąć przecieków.
  - Nie zostawiaj węża i zraszacza bez obsługi. Używaj specjalnego systemu sterowania lub zwykłego budzika, aby przypominać sobie o wyłączeniu zraszacza.
  - Sprawdzaj regularnie szczelność połączeń i zawory w wężu ogrodowym.
  - Czyść samochód w myjni stosującej recykling wody.
  - Unikaj instalacji fontann, jeśli nie mają zamkniętego obiegu wody. Sprawdź, gdzie będą najmniejsze straty wody spowodowane parowaniem i wiatrem.



(©Photofactory®)





# WARTO WIEDZIEĆ

PODSTAWOWE POJĘCIA



(©Photofactory®)

## WARTO WIEDZIEĆ

**akumulacja** – przyrost ilości wody w pokrywie śnieżnej, a także proces gromadzenia produktów erozji w naturalnych lub sztucznych akwenach wodnych;

**akwakultura** – hodowla oraz pozyskiwanie roślin i zwierząt wodnych, na przykład ryb, skorupiaków i glonów, w celach spożywczych; w związku z niebezpieczeństwem nadmiernego, wręcz niszczyielskiego połowu, akwakultura postrzegana jest jako alternatywa dla tradycyjnego rybołówstwa; przy odpowiednich zabiegach możliwe jest uzyskanie wydajności rzędu kilkuset ton z jednego hektara powierzchni wody; tak intensywna hodowla może jednak powodować zanieczyszczenie wód, zwłaszcza ich eutrofizację; za specyficzną formę akwakultury można uznać hodowlę perłopławów zapoczątkowaną w Japonii w celu uzyskania macicy perłowej i pereł; mięczaki te są sztucznie pobudzane, przez wprowadzenie ciała obcego między ich muszlę a płaszcz w celu zainicjowania wytwarzania perły;

**akwedukt** – rurociąg lub kanał doprowadzający wodę do miasta z odległego źródła, najczęściej przy wykorzystaniu sił grawitacji; jeden z najstarszych znanych akweduktów został zbudowany na polecenie asyryjskiego króla Sanheriba; doprowadzał on wodę do Niniwy z położonego 50 kilometrów od miasta górskiego strumienia;

**akwen (obiekt wodny)** – wszystkie naturalne i sztuczne ciekły i zbiorniki wodne;

**alimentacja** – zasilanie, uzupełnianie zasobów wodnych;

**alkaliczność, zasadowość** – cecha roztworów elektrolitów, w których stężenie jonów wodorowych  $H^+$  jest mniejsze od stężenia jonów wodorotlenkowych  $OH^-$ ; zdolność wody do neutralizowania roztworu kwasowego; czasami woda zawiera substancje alkaliczne (silnie zasadowe) w ilości wystarczającej, aby jej współczynnik pH wzrósł powyżej 7,0, co może hamować wzrost roślin; wg najnowszych badań wolne jony wodorowe nie występują nigdy w roztworach wodnych, gdyż ulegają natychmiast solwatacji, czyli łączą się z rozpuszczalnikiem;

**aluwium** – namuły, piasek, żwir lub inne materiały osadzone przez płynącą wodę w korycie, na obszarach zalewowych, w deltach rzek lub u podnóży gór;

**analiza hydrologiczna** – badanie cech elementów, ich struktury oraz związków zachodzących między nimi; obejmuje zwykle uporządkowane wyniki obserwacji (aktualne lub z ustalonego okresu) oraz przewidywane wartości wybranych elementów; opis ogólny jest zwykle uzupełniony zestawieniami tabelarycznymi oraz wykresami i mapami;

**bagna** – obszary powstałe w wyniku zarastania i zatorfienia zbiorników wodnych na terenach nizinnych, płaskich, gdzie płytko zalega warstwa gruntów nieprzepuszczalnych;

**bieg rzeki** – charakterystyczny odcinek rzeki wyróżniony w profilu podłużnym; bieg górny odznacza się dużym spadkiem, dużą prędkością przepływu wody i intensywną erozją denną, dzięki której koryto rzeki jest głęboko wcięte w podłoże; w biegu środkowym spadek zwierciadła i prędkość wody ulegają zmniejszeniu, maleje erozja denną, zwiększa się natomiast erozja boczna, prowadząca do powstawania zakoli; wówczas dolina staje się szersza, a rzeka może zmieniać koryto podczas wezbrań; w biegu dolnym spadek

zwierciadła wody jest niewielki, a ruch wody powolny, występuje akumulacja rumowiska powodująca podnoszenie się dna rzeki; bieg rzeki kończy się zwykle ujściem do innej rzeki, jeziora lub morza;

**bifurkacja** – odpływ wody z jej obszaru źródłowego w różnych kierunkach lub rozwidlenie ciekłu na ramiona prowadzące wodę do różnych dorzeczy;

**bilans wodny** – stanowi porównanie przybytków i ubytków wody, charakteryzuje obieg wody w danej przestrzeni bilansowania (np. powierzchni zlewni lub jakiegś z góry założonej powierzchni, dla której można porównywać składniki bilansu) i w określonym czasie;

**biologiczne oczyszczanie ścieków, oczyszczanie II stopnia** – oczyszczanie (po wstępnym, mechanicznym oczyszczeniu ścieków) poprzez wykorzystanie procesów biologicznych do zmniejszenia zawartości koloidów, zawiesin i organicznych substancji rozpuszczonych w ściekach z oczyszczalni pierwszego stopnia; do oczyszczania drugiego stopnia stosuje się metody biologiczne lub chemiczno-fizyczne;

**bruzda erozyjna** – bardzo mała forma erozyjna, w której koncentruje się spływ powierzchniowy;

budowa hydrotechniczna – budowla wraz z urządzeniami i instalacjami technicznymi służąca gospodarce wodnej; pozwala na kształtowanie zasobów wodnych i umożliwia korzystanie z nich;

**bystrze** – płytkie miejsce w korycie rzeczonym, gdzie powierzchnia wody, częściowo lub całkowicie, załamuje się na przeszkodach, np. kamieniach;

**cień opadowy** – obszar znajdujący się po zawietrznej stronie wzniesienia lub pasma górskiego, gdzie opad jest znacznie mniejszy niż po stronie dowietrznej;

**cykl hydrologiczny (cykl wodny)** – naturalny obieg wody na Ziemi; obejmuje on procesy zachodzące zarówno w atmosferze (parowanie, kondensacja, opady, transport wilgoci), biosferze (pobieranie wody i jej oddawanie w procesie oddychania czyli transpiracji), jak i w litosferze (wsiąkanie, spływ podziemny i powierzchniowy); w cyklu hydrologicznym wyróżnia się obieg duży i mały;

**deficyt wodny** – różnica między ewapotranspiracją potencjalną a opadem w okresie suchym;

**delta** – płaskie, rozgałęzione ujście rzeki do morza lub jeziora, powstające w wyniku akumulacji materiału transportowanego przez rzekę w jej dolnym biegu; akumulacja materiału powoduje powstawanie przy ujściu rzeki dużych ławic, rozpościerających się wachlarzowo w kierunku zbiornika wodnego; osady tworzą tzw. równinę deltową – poziomą powierzchnię posiadającą niekiedy postać stożka napływowego; równinę przecinają rozwidlające się koryta rzeczne (tzw. koryta rozprowadzające), między którymi znajdują się zwykle zabagnione obszary (obszary międzykorytowe) z licznymi jeziorami i zatokami;

**deszczomierz** – jest to najprostszy przyrząd do pomiaru opadów; PLUWIOMETR jest rodzajem deszczomierza do mierzenia opadów, zarówno ciekłych jak i stałych (tzn. śnieg, krupy); OMBROMETR – przyrząd do mierzenia wyłącznie opadów ciekłych; w Polsce używany jest deszczomierz Hellmanna (tzw. „duży Hellmann”) o powierzchni chwytnej 200 cm<sup>2</sup> (tj. o średnicy pierścienia 159,6 mm);

# WARTO WIEDZIEĆ

opady zbierające się w naczyniu dostają się do zbiornika przez lejki; w określonych terminach zbiornik zostaje wyjęty, a nagromadzona woda zostaje przelana do menzurki (wykalibrowanej odpowiednio do wielkości powierzchni chwytnej pluwiometru); odczyty są dokonywane z dokładnością do 0,01 mm; standardowo deszczomierz umieszcza się na wysokości 1 m nad ziemią;

**deszczowanie** – powszechna metoda nawadniania upraw za pomocą wysokociśnieniowych deszczowni; w porównaniu z innymi systemami stwarza ono najdogodniejsze warunki do pełnej mechanizacji i automatyzacji nawadniania na dużych kompleksach gleb oraz zapewnia najbardziej oszczędne dawkowanie wody oraz jej najbardziej równomierne jej rozmieszczenie na powierzchni pola; ponieważ woda z deszczowni jest wyrzucana wysoko w górę, jej część wyparowuje zanim spadnie na rośliny;

**długość rzeki** – określana jest wzdłuż linii nurtu; tzw. kilometrowanie rozpoczyna się od ujścia w górę rzeki, aż do źródeł; wyjątek stanowią duże rzeki żeglowne, których kilometrowanie rozpoczyna się od miejsca uznanego za początek żeglowności (km 0); od tego punktu rzeka jest kilometrowana w górę do źródeł i w dół do ujścia – np. na Wiśle km 0 znajduje się przy ujściu Przemszy, na Odrze przy ujściu Opawy pod Ostrawą;

**dolina ciek** – obszar położony po obu stronach ciek, utworzony na skutek erozyjnego działania wody płynącej; najniższej położona część doliny, znajdująca się stale lub okresowo pod wodą nazywana jest łożyskiem lub korytem ciek;

**dopływ** – mniejsza rzeka lub ciek wpadający do większej rzeki; zazwyczaj kilka mniejszych dopływów łączy się tworząc rzekę; w zależności od tego, z której strony rzeki dopływ łączy się z nią, wyróżnia się dopływy lewe i prawe; ponadto dopływy posiadają swoje własne dopływy – tworzą w ten sposób hierarchię sieci rzecznej; rzeka główna, dopływy pierwszego stopnia, drugiego, trzeciego; cały ten system tworzy dorzecze i zlewnię;

**eksploatacja zasobów wodnych** – czerpanie wody ze źródeł podziemnych lub powierzchniowych dla celów użytkowych;

**erozja** – proces niszczenia materiałów stałych przez strumień cieczy (wody) lub powietrza, często w wyniku obecności materiału ściernego w strumieniu; w zależności od miejsca występowania i pochodzenia wód wyróżniamy: erozję deszczową, rzeczną (wgłębną, wsteczną, boczną, denną) oraz erozję morską – abrazję; negatywne skutki erozji to – w rolnictwie: zmniejszanie miąższości gleby, wymywanie składników pokarmowych, pogorszenie struktury gleby, straty powierzchni uprawnej (wąwozy, żłobiny, itp.), niszczenie roślin uprawnych; w gospodarce wodnej: pogorszenie stosunków hydrologicznych, pogorszenie warunków eksploatacji urządzeń hydrotechnicznych, wzrost splywu powierzchniowego, spadek retencji, zmiany przepływów rzek, wzrost sedymentacji rzecznej (zagrożenie powodziowe);

**estuarium** – miejsca, w których łączą się wody słodkie i słone – należą do nich zatoki, stony błota (marsze), ujścia rzek do morza lub oceanu; przyprływy i odpływy działają erozyjnie, wydzierając w stronę morza zbierany przez rzekę materiał osadowy; powoduje to poszerzanie ujścia rzeki i jednocześnie uniemożliwia tworzenie się delty; estuaria dzielą się na otwarte (uchodzące do otwartego morza) i przegrodzone (czyli uchodzące do zamkniętej laguny);

**ewapotranspiracja** – ilość wody przechodząca do atmosfery w wyniku parowania z gleby i transpiracji – czyli parowania z komórek roślinnych;

**filtracja** – (1) powolny przepływ wody przez drobne spękania, ośrodki porowate i szczeliny w materiale skalnym do wód podpowierzchniowych; zjawisko to może mieć też kierunek odwrotny – przepływ może odbywać się z wód podziemnych na powierzchnię; (2) proces wsiąkania wody w glebę z koryt kanałów, rowów, bocznych odcinków kanałów, cieków wodnych, zbiorników, zbiorników retencyjnych, innych akwenów względnie z pól uprawnych;

**gardiaza, lamblioza** – choroba pasożytnicza rozwijająca się w następstwie zakażenia pierwotniakiem *Giardia Intestinalis* po spożyciu niefiltrowanej lub niechlorowanej wody pitnej; tam, gdzie fekalia stykają się z wodą pitną, powstają idealne warunki do rozprzestrzeniania się zakażenia; choroba częściej występuje u dzieci niż u dorosłych, a jej objawy to bóle brzucha, nudności oraz występujące na przemian zaparcia i biegunki;

**gejzer** – zjawisko geotermalne występujące na Ziemi; rodzaj gorącego źródła, które okresowo wyrzuca słup wody i pary wodnej; woda z gejzerów ogrzewana jest zalegającą kilka kilometrów pod ziemią magmą i może być wyrzucana na wysokość nawet 30-70 m; wybuchy gejzerów są dość regularne, ale dla każdego źródła odstępy pomiędzy kolejnymi wybuchami są inne;

**gęstość śniegu** – stosunek objętości wody pochodzącej ze stopienia próbki śniegu do początkowej objętości tej próbki – liczbowo równa ciężarowi właściwemu śniegu;

**gospodarka wodna** – planowany rozwój i wykorzystanie zasobów wodnych; zajmuje się likwidowaniem lub łagodzeniem problemów związanych z użytkowaniem wody (niedobór lub nadmiar wody, stopień jej zanieczyszczenia);

**hydrogram** – wykres obrazujący w określonym czasie zmienność stanu wody lub przepływu, a także innych parametrów (np. zmiany stężenia roztworów); w Polsce pojęcie stosowane głównie w odniesieniu do przepływu wody;

**infiltracja** – grawitacyjny przepływ wody z powierzchni gruntu do warstw podpowierzchniowych; zależy głównie od przepuszczalności gruntów (ich współczynnika filtracji), morfologii terenu, szaty roślinnej, niedosytu wilgotności powietrza, nasycenia wodą środowiska skalnego, przemarzania gruntu, działalności człowieka i klimatu; odgrywa decydującą rolę w odnawianiu zasobów wód podziemnych;

**intensywność oddawania wody przez śnieg** – dotyczy wody grawitacyjnej, pochodzącej z topniejącego na powierzchni gruntu śniegu, która nie jest zatrzymywana przez śnieg [mm/°C doba]; zależy od fizycznych właściwości śniegu (od stopnia przekształcowania, ziarnistości, kapilarności); zakłada się, że przeciętnie na jeden stopień i dobę otrzymujemy 1,3 mm wody;

**intercepcja** – zatrzymywanie się opadu na powierzchni roślin, co powoduje, że woda nie osiąga powierzchni gruntu, lecz powraca do atmosfery w wyniku parowania;

**irygacja** – sztuczne nawadnianie pól i łąk w celu uzyskania lepszych plonów, stosowana od starożytności w Egipcie, Mezopotamii, Persji, Indiach, Sri Lance, Chinach, Peru;

## WARTO WIEDZIEĆ

**irygacja kropelkowa** – powszechna metoda irygacji, polegająca na zastosowaniu wypełnionych wodą rurek, z których ścieka ona powoli na rośliny uprawne; irygacja kropelkowa jest niskociśnieniową metodą nawadniania, dzięki której strata wody w wyniku parowania jest mniejsza niż w przypadku wysokociśnieniowego deszczowania;

**jakość wody** – właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne wody, zazwyczaj w odniesieniu do jej przydatności do określonego użycia;

**jednostki elementów hydrologicznych i meteorologicznych** – stan wody [cm], – przepływ [ $m^3/s$ , l/s], – odpływ [mln  $m^3$ ,  $km^3$ , mm,], – spływ powierzchniowy [l/s  $km^2$ ,  $m^3/s km^2$ ], – opad [mm, l/ $m^2$ ].

**jeziorność zlewni** – wyrażony w procentach stosunek powierzchni zajętej przez naturalne zbiorniki wodne do powierzchni zlewni;

**kanal burzowy** – specjalny kanał ściekowy odbierający wyłącznie spływy powierzchniowe, zanieczyszczenia zmywane przez wodę z ulic oraz topniejący śnieg; kanały burzowe są całkowicie oddzielone od kanałów odprowadzających ścieki bytowo-gospodarcze i komunalne (kanalizacja sanitarna);

**kanal irygacyjny** – znany i stosowany już w starożytności; to kanał grawitacyjny, przypominający kanał splawny; większość kanałów irygacyjnych to zwykłe rowy gruntowe, ale niektóre mogą być wybetonowane; kanały te odgrywały ważną rolę w nawadnianiu terenów rolniczych;

**kanal ściekowy** – system rur podziemnych odbierających i odprowadzających ścieki do oczyszczalni lub cieków wodnych; najstarsza na świecie jest Cloaca Maxima – główny kanał ściekowy w Rzymie, którego budowę zainicjował król Tarkwiniusz Stary w VII w. p.n.e., ma długość około 600 m, wysokość prześwitu 4,20 m, a szerokość 3,20 m; jest to najstarszy czynny kanał w Rzymie;

**kanal ulgi** – kanał służący ochronie przeciwpowodziowej, odprowadzający część wód płynących korytem właściwym rzeki;

**kataster wodny** – zbiór dokumentów ewidencjonujących zasoby wód śródlądowych, powierzchniowych, podziemnych, rejestrujący podstawowe dane dotyczące wód oraz urządzeń wodnych;

**katastrofa ekologiczna** – trwałe (nieodwracalne w naturalny sposób) uszkodzenie lub zniszczenie dużego obszaru środowiska przyrodniczego, wpływające negatywnie, bezpośrednio lub pośrednio, na zdrowie i życie ludzi;

**komunikat hydrologiczny** – charakteryzuje bieżącą sytuację hydrologiczno-meteorologiczną oraz przewidywany jej rozwój w czasie; w okresie zagrożenia powodziowego przygotowany jest w cyklu 3-godzinny i zawiera dane o wzrostach stanu wody w rzekach, opadach atmosferycznych w przedziałach 3-, 6- lub 12-godzinnych oraz prognozy dotyczące tych zjawisk;

**kondensacja** – proces przejścia pary wodnej do stanu ciekłego; krople wody na zewnętrznej stronie szklanki z zimną wodą to skondensowana woda; zjawisko kondensacji jest odwrotnością parowania;

**krzywa natężenia przepływu** – krzywa przedstawiająca zależność między stanami wody a przepływami w profilu hydrometrycznym, może być przedstawiona w postaci graficznej, tabelarycznej lub równania;

**kwasy** – związek chemiczny którego odczyn w skali pH jest mniejszy niż 7;

**lodowiec** – ogromna masa lodu uformowana w wyniku kompaktacji i rekryształizacji śniegu, poruszająca się bardzo powoli w dół lub w kierunku zewnętrznym pod wpływem własnego ciężaru; lodowce powstają tam, gdzie ukształtowanie terenu sprzyja gromadzeniu się dużej ilości śniegu, a jednocześnie jest zbyt chłodno, aby cały zgromadzony śnieg topił się w ciągu lata; warunki takie panują przede wszystkim w strefie podbiegunowej oraz wysokich górach wszystkich stref klimatycznych, powyżej granicy wieloletniego śniegu;

**łata wodowskazowa** – wyskalowana listwa używana do pomiaru stanu wody (poziomu zwierciadła wody) w korycie cieku, zbiorniku, jeziorze, itp.;

**mapa podziału hydrograficznego** – mapa przedstawiająca sieć hydrograficzną (rzeki, jeziora) i podział na zlewnie (wraz z nazewnictwem);

**metr sześcienny na sekundę ( $1 m^3/s$ )** – w systemie metrycznym jednostka miary prędkości przepływu; ilość wody, mieszcząca się w sześciennie o długości krawędzi 1 m, pokonująca odległość 1 m w ciągu 1 s;

**mętność, zmętnienie** – obecność substancji stałych tworzących w wodzie zawiesinę i powodujących rozproszenie promieni światła przechodzących przez wodę; w wyniku tego woda staje się mętna, a w ekstremalnych przypadkach nieprzejrzysta; mętność mierzy się w nefelometrycznych jednostkach mętności (NTU);

**miligram (mg)** – jedna tysięczna grama;

**miligramy na litr (mg/l)** – jednostka stężenia składnika wody lub ścieków; oznacza, że w 1 litrze wody znajduje się 0,001 grama danego składnika; w przybliżeniu jednostka ta jest równa jednej części na milion (ppm);

**napięcie powierzchniowe** – wzajemne przyciąganie się cząsteczek na powierzchni cieczy – w ten sposób powstaje bariera między powietrzem a cieczą; zjawisko to polega na powstawaniu dodatkowych sił działających na powierzchnię cieczy w sposób kurczący ją tak, że zachowuje się ona jak sprężysta błona;

**natężenie opadu** – jest to ilość opadu w milimetrach [mm] w określonym czasie, zazwyczaj w ciągu 1 godziny; według Chomicza (1951) opad o natężeniu 5 mm/h to deszcz zwykły, o natężeniu od 5 do 10 mm/h – deszcz silny, o natężeniu od 10 do 45 mm/h – deszcz ulewny, a o natężeniu od 45 do 120 mm/h – deszcz nawalny;

**natężenie przepływu** – miara ilości płynu przepływającego przez wyodrębnioną przestrzeń, obszar lub poprzeczny przekrój w jednostce czasu. Objętościowe natężenie przepływu określane jest symbolami Q albo V, gdzie jednostką fizyczną jest objętość/czas – najczęściej:  $m^3/s$ ;

**nefelometryczna jednostka mętności** – jednostka miary mętności wody; zasadniczo dotyczy pomiaru zmętnienia wody nefelometrem; mętność określa się na podstawie ilości światła rozpraszanego przez zawiesiny w wodzie na podstawie analizy efektu Tyndalla; jakość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi wg PN nie powinna przekraczać 1 NTU;

# WARTO WIEDZIEĆ

**niżówka** – okres niskiego stanu wody w korycie rzeczonym; niżówka jest związana z wyczerpywaniem się zasobów wodnych dorzecza w następstwie ograniczonego zasilania (niewielkie opady lub ich brak, ujemna temperatura powietrza w zimie uniemożliwiająca topnienie pokrywy śnieżnej i powodująca przemarznięcie gruntu); nie ma ścisłej definicji niżówki; jedna z umownych definicji brzmi: niżówką nazywamy taki stan wody w rzece, który znajduje się poniżej strefy stanów średnich i trwa co najmniej kilkanaście dni; im bardziej obniża się stan wody w rzece poniżej dolnej granicy stanów średnich, tym niżówka jest głębsza;

**objętość fali wezbraniowej (całkowita)** – sumaryczna ilość wody jaka przepłynęła przez dany profil od początku wezbrania do jego zakończenia [mln m<sup>3</sup>], obejmująca zarówno odpływ pochodzący z zasilania (opadowego, roztopowego) jak i odpływ stanowiący podstawę fali wezbraniowej;

**obniżenie poziomu zwierciadła wody** – obniżenie zwierciadła wód podziemnych w wyniku wypompowania wody;

**oczyszczalnia ścieków** – obiekt przeznaczony do odbierania ścieków bytowo-gospodarczych i usuwania materiałów, które po wrzuceniu do odbiorników takich jak cieki wodne lub inne akwenty, obniżają jakość wody i stanowią zagrożenie dla zdrowia i bezpieczeństwa ludzi; większość oczyszczalni, aby osiągnąć pożądane rezultaty, stosuje mechaniczne metody usuwania zanieczyszczeń w połączeniu z metodami biologicznymi (rozkład przez bakterie);

**oczyszczanie ścieków trzeciego stopnia** – wybrane biologiczne, fizyczne i chemiczne procesy separacji, przy pomocy których usuwa się substancje organiczne i nieorganiczne odporne na konwencjonalne metody oczyszczania; dodatkowe oczyszczanie ścieków, po oczyszczeniu pierwszego i drugiego stopnia, w celu uzyskania ścieków o bardzo wysokiej jakości; kompletny proces oczyszczania ścieków zazwyczaj jest procesem trójfazowym: (1) faza pierwsza – oczyszczanie pierwszego stopnia, metodami mechanicznymi, gdy nieoczyszczona woda przepływa przez liczne filtry, które usuwają zanieczyszczenia stałe; (2) faza druga – oczyszczanie drugiego stopnia, zazwyczaj metodami biologicznymi i chemicznymi, gdzie przefiltrowane ścieki płynne odprowadzane są do osadników gnilnych i komór napowietrzania; (3) faza trzecia – oczyszczanie w komorach flokulacji, odstojnikach, filtrach i komorach chlorowania lub poprzez ozonowanie lub promieniowanie ultrafioletowe;

**odcinek źródłowy rzeki** – (1) źródło i górny bieg rzeki; również górny odcinek płynącego zbiornika/zalewu; (2) woda płynąca w górę rzeki od określonego obiektu lub punktu na rzece; (3) mniejsze cieki wodne łączące się w rzekę; ponadto, odcinek źródłowy to wszystkie części dorzecza z wyjątkiem głównego nurtu i dopływów rzeki;

**odpływ podstawowy** – trwały przepływ w cieku wodnym w przypadku braku odpływu bezpośredniego; obejmuje przepływ naturalny i antropogeniczny (związany z działalnością człowieka); źródłem naturalnego przepływu podstawowego jest w dużej mierze drenaż wód podziemnych;

**odpływ, spływ** – (1) część opadów atmosferycznych, stopniatego śniegu lub wód irygacyjnych tworząca nieregulowane cieki powierzchniowe, spływająca do rzek, systemów drenażowych lub

kanalów ściekowych; w zależności od prędkości występowania po opadach deszczu lub stopnieniu śniegu, odpływy klasyfikuje się jako odpływ bezpośredni i podstawowy, a w zależności od jego źródła jako odpływ/spływ powierzchniowy, odpływ podpowierzchniowy wód burzowych lub odpływ podziemny; (2) suma przepływów opisanych w punkcie (1) w określonym czasie; (3) głębokość wody, która pokryłaby zlewnię powierzchniową, jeżeli cały odpływ w danym czasie rozłożyłby się równomiernie na jej terenie;

**odsalanie** – ogólne określenie procesów usuwania soli i innych minerałów z wody morskiej, w celu uzyskania słodkiej wody zdanej do nawadniania lub spożycia; odsalanie jest metodą uzyskiwania wody pitnej na jednostkach pływających; na większą skalę jest stosowane w bogatych krajach, w których występuje deficyt wody, szczególnie w Arabii Saudyjskiej, na Karaibach i w Izraelu (Aszkelon, Palmahim); coraz częściej jest też stosowane w USA, Chinach, Singapurze, Hiszpanii i Australii; największe na świecie zakłady odsalające znajdują się w Jebel Ali w Zjednoczonych Emiratach Arabskich – wytwarzają 300 milionów metrów sześciennych wody rocznie;

**odwrócona osmoza** – (1) odsalanie – proces usuwania soli z wody przy pomocy półprzepuszczalnej błony; w procesie odwróconej osmozy woda przechodzi przez nieprzepuszczalną dla soli membranę, natomiast odpady z odsalania (solanka) są odprowadzane i utylizowane; proces ten różni się od elektrodializy gdzie do ekstrakcji soli z wody używa się membrany przyspieszającej oddzielenie się jonów dzięki działaniu pola elektrycznego; kationy przenikają przez jedną membranę, natomiast aniony przepływają przez inną membranę; w wyniku tego procesu powstaje woda słodka; (2) uzdatnianie – zaawansowana metoda oczyszczania wody lub ścieków z zastosowaniem półprzepuszczalnej membrany do oddzielania zanieczyszczeń; zwykły proces osmotyczny jest odwracany przez siłę zewnętrzną, czego wynikiem będzie przejście rozpuszczalnika z roztworu o wyższym stężeniu do roztworu o niższym stężeniu;

**opad atmosferyczny** – ogół ciekłych lub stałych produktów kondensacji pary wodnej spadających z chmur na powierzchnię Ziemi; do opadów atmosferycznych zalicza się: deszcz, mżawkę, śnieg, krypy oraz grad; opad, który nie dociera do powierzchni Ziemi, nazywa się virgą; do pomiaru wielkości opadów stosuje się deszczomierz (pluwiometr); wielkość opadów podaje się w milimetrach (mm) słupa wody lub litrach na metr kwadratowy (l/m<sup>2</sup>) powierzchni (jednostki te są sobie równe); niektórzy zaliczają do opadów również osady atmosferyczne, tj. rosę, szron czy szadź; jest to błędne, gdyż zjawiska te nie powstają wskutek spadania; mają one jednak wpływ zbliżony do prawdziwych opadów ( np. mgła może spowodować spadanie kropli wody z drzew na ziemię);

**opad przelotny** – zwykle krótkotrwały i intensywny, pochodzący z chmur konwekcyjnych; charakteryzuje się nagłym rozpoczęciem i zakończeniem oraz dużym i zmiennym natężeniem; nierzadko wywołany pojedynczym zdarzeniem meteorologicznym; obejmuje zasięgiem zwykle niewielki obszar;

**opad ciągły** – jednostajny i długotrwały, o umiarkowanym natężeniu, obejmujący swym zasięgiem rozległy obszar;

## WARTO WIEDZIEĆ

**opad ulewny** – cechuje go wyjątkowa intensywność i krótki czas trwania;

**opad punktowy** – opad zmierzony w określonym punkcie;

**opad skuteczny (efektywny)** – opad, którego wystąpienie powoduje spływ powierzchniowy w zlewni (wzrost stanu wody w rzekach);

**opad średni na obszarze** – wysokość opadów jakie spadły na dany obszar (zlewnię) w określonym czasie, wyrażona średnią wysokością warstwy wody w mm;

**operat hydrologiczny** – opis zagadnień hydrologicznych związanych z wyznaczeniem optymalnego rozwiązania różnorodnych problemów hydrologiczno-meteorologicznych zachodzących na obszarze zlewni; zawiera zbiór informacji niezbędnych do prowadzenia osłony hydrologicznej obiektu (np. zbiornika retencyjnego); powinien zawierać charakterystykę fizjograficzną, hydrologiczną i meteorologiczną zlewni, informacje na temat lokalizacji i charakterystyki osłanianego obiektu, opis sygnalizacji (ustalenie organizacji i zasad działania systemu przepływu informacji), opis metodyki i instrukcję opracowywania prognoz oraz dokumentację oceny sprawdzalności prognoz; powinien również określić sposoby gromadzenia danych do przyszłej modernizacji lub aktualizacji operatu;

**osad** – materiał tworzący zawiesinę w wodzie lub niedawno oddzielony od zawiesiny; w liczbie mnogiej termin ten określa wszystkie rodzaje złóż w rzekach, jeziorach lub morzach;

**osadnik terenowy** – staw, w którym są gromadzone i przechowywane ścieki zanieczyszczone substancjami stałymi; zanieczyszczenia stale opadają na dno stawu, a płynne ścieki przedostają się do kolejnego etapu oczyszczania;

**osadniki** – zbiorniki ścieków, w których usuwane są zanieczyszczenia unoszące się na powierzchni oraz osady stałe; zasada działania osadnika polega na przetrzymaniu ścieków w warunkach zwolnionego przepływu, dzięki czemu woda i zawieszona w niej cząsteczki uczestniczą w dwóch fazach: cząstki cięższe od wody opadają na dno zbiornika (sedymentacja), a lżejsze unoszą się na jej powierzchni (flotacja);

**osady zawieszone** – bardzo drobne cząsteczki gruntu tworzące w wodzie zawiesinę, które przez dłuższy czas nie opadają na dno; taki materiał tworzy zawiesinę dzięki turbulencjom, prądom lub suspensji;

**osiadanie** – obniżanie się powierzchni gruntu w wyniku eksploatacji (wypompowywania) wód podziemnych; na powierzchni gruntu mogą powstawać spękania i szczeliny; osiadanie jest praktycznie procesem nieodwracalnym;

**osmoza** – przenikanie cząsteczek wody przez cienką membranę; proces osmozy zachodzi w ciele ludzkim, a także jest jedną z metod odsalania wody;

**parowanie** – proces przejścia wody z fazy ciekłej w parę wodną, w tym odprowadzanie pary wodnej z powierzchni wody, łądu i pól śniegowych, z wyłączeniem powierzchni liści – zobacz: transpiracja;

**patogen** – czynnik chorobotwórczy działający na organizmy żywe; zasadniczo są to wszelkie wirusy, bakterie lub grzyby wywołujące choroby;

**perkolacja** – (1) pionowy przepływ wody przez otwory w skałach lub gruncie; (2) przeniknięcie części przepływu przez koryto rzeki i zasilenie wód podziemnych;

**pH** – współczynnik względnej kwasowości lub zasadowości wody; woda, której współczynnik pH wynosi 7 ma odczyn obojętny; niższe poziomy pH wskazują na wzrost jej kwasowości, natomiast poziomy pH wyższe niż 7 są charakterystyczne dla roztworów zasadowych;

**posterunek hydrometryczny** – profil w korycie rzeki, jeziora, zalewu lub innego zbiornika wodnego, w którym prowadzi się obserwacje i uzyskuje dane hydrologiczne; dokładnie zlokalizowany punkt (z podaniem współrzędnych geograficznych i wzniesienia nad poziomem morza), gdzie prowadzone są obserwacje i pomiary hydrologiczne; posterunek wyposażony jest w urządzenia umożliwiające natychmiastowe przekazanie informacji do stacji zbiorczych; posterunek automatyczny wyposażony jest w nowoczesne czujniki, automatycznie przesyłające dane do zbiornika; pozwalają to na dostęp do danych z dowolną częstotliwością;

**powódź** – wylanie się nadmiaru wody ze zbiornika wodnego na tereny użytkowe normalnie, nie znajdujące się pod wodą;

**powódź stuletnia** – termin powódź stuletnia nie oznacza powodzi, która występuje raz na sto lat, lecz określa poziom wody powodziowej o prawdopodobieństwie wystąpienia (lub jego przekroczenia) w danym roku wynoszącym 1% (ryzyko wystąpienia powodzi w ciągu roku wynosi 1%);

**poziom wody** – odległość między zwierciadłem wody a zerem na skali wodowskazu; często używany zamiennie z potocznym terminem „stan”, chociaż termin „poziom wody” jest bardziej odpowiedni w sytuacji, gdy podawany jest odczyt wodowskazu;

**ppb** – jednostka używana do wyrażania stosunku zmieszania substancji; liczba „części” wagowych substancji w miliardzie (109 = 1 000 000 000) części wagowych wody; jednostka pomiaru bardzo małych stężeń.

**ppm** – liczba „części” wagowych substancji w milionie (106 = 1 000 000) części wagowych wody; jednostka powszechnie stosowana do oznaczania stopnia zmieszania zanieczyszczeń;

**przepływ** – woda płynąca w naturalnym korycie; jako że jest to termin bardziej ogólny od odpływu, przepływ oznacza płynącą wodę nawet w przypadku zmiany kierunku lub regulacji rzeki;

**przepływ kulminacyjny** – maksymalny przepływ chwilowy w strumieniu lub rzece w danym miejscu; zazwyczaj występuje blisko szczytu fali wezbraniowej;

**przepływ osadów zawieszonych** – ilość osadów zawieszonych przebywających określoną odległość w danym czasie; wyrażany w tonach na dobę przepływ osadów zawieszonych oblicza się mnożąc przepływ wody (w metrach sześciennych na sekundę) przez stężenie osadów zawieszonych (w miligramach na litr) oraz przez współczynnik 0,0027;

**przepływ powrotny** – (1) niespożytkowana część wody, która wraca do swojego źródła lub innego akwenu; (2) (irygacja) woda odprowadzana z nawadnianych terenów rolniczych, która wraca do systemu wodnego i jest dalej wykorzystywana w dolnym biegu rzeki;

**przepływ powrotny z oczyszczalni ścieków** – woda, która wraca do środowiska z oczyszczalni ścieków;

# WARTO WIEDZIEĆ

**przepuszczalność (k)** – zdolność ciała stałego do przeciekania przez niego płynów (cieczy i gazów) stanowi podstawową miarę zdolności ośrodka porowatego do transportu zawartych w nim płynów; determinuje ona filtrację, gdy pojawią się warunki powodujące przepływ wody podziemnej (spadek hydrauliczny będzie większy od zera); przepuszczalność gruntu wyraża się współczynnikiem filtracji;

**przewodnictwo właściwe** – zdolność wody do przewodzenia prądu elektrycznego mierzona celką konduktometryczną o stałej cm<sup>-1</sup>, wyrażona w jednostkach przewodności elektrycznej, tj. simensach (S) na centymetr w temperaturze 25 stopni Celsjusza; przewodnictwo właściwe mierzy się w celu określenia przybliżonej łącznej zawartości substancji rozpuszczonych w wodzie sprawdzając jej zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego; w trosce o jakość wody, przewodnictwo właściwe wykorzystuje się w monitorowaniu wód podziemnych do wykrywania obecności jonów substancji chemicznych, które mogły przedostać się do tych wód z wysypiska lub miejsca utylizacji odpadów; wyższe przewodnictwo właściwe wody czerpanej ze studni kontrolnych położonych poniżej źródła zanieczyszczeń w porównaniu z wodą ze studni położonych powyżej takiego źródła, wskazuje na możliwość, że dany obiekt powoduje jej zanieczyszczenie;

**publiczne źródła dostaw wody** – woda czerpana przez jednostki i agencje publiczne, na przykład przez wodociągi komunalne oraz spółki prywatne, które następnie dostarczają ją do odbiorców; dostawcy publiczni dostarczają wodę na potrzeby gospodarstw domowych, do celów komercyjnych, do generowania energii cieplnej i elektrycznej, do zastosowań przemysłowych oraz dla publicznych odbiorców wody;

**reakcja zlewni** – sposób w jaki zlewnia reaguje na zjawiska meteorologiczne, np. na intensywne opady zlewnia górską gwałtownie reaguje wzrostem stanu wody, wzrostem prędkości i wielkości przepływu;

**regulacja rzek** – zabudowa inżynierska cieków, wykonana np. w celu wyprostowania lub umocnienia koryta, zwiększenia głębokości wody dla żeglugi, itp.;

**retencja** – możliwość czasowego zatrzymania wody w dorzeczu (zlewni); w zależności od sposobu i miejsca zatrzymania wody wyróżniamy retencję powierzchniową (intercepcja szaty roślinnej, zwilżanie przedmiotów na powierzchni obszaru, retencję powierzchniową gleby, woda zatrzymywana w zagłębieniach i nierównościach terenu, woda gromadzona w jeziorach, zbiornikach retencyjnych oraz w sieci rzecznej, retencję śniegową i lodowcową) oraz podziemną (woda znajdująca się w strefie aeracji i saturacji);

**reżim rzeki (ustrój rzeki, charakter)** – zasady zmienności stanu i charakterystyk obiektu hydrograficznego, podlegającego regularnym zmianom sezonowym, w wyniku działania cyklu hydrologicznego; jest to ściśle określony tryb zachowania się rzeki; wyróżniamy rzeki o reżimie: nizinnym, podgórskim i górskim;

**rok hydrologiczny** – ciągle dwunastomiesięczny okres, w Polsce od 1 listopada do 31 października; wprowadzony dla łatwiejszego bilansowania zasobów wodnych; wszystkie charakterystyki hydrologiczne obliczane są dla lat hydrologicznych;

**rozpuszczalnik** – substancja, która rozpuszcza inne substancje tworząc roztwór; woda rozpuszcza więcej substancji niż jakikolwiek inny rozpuszczalnik, dlatego nazywana jest „rozpuszczalnikiem uniwersalnym”;

**roztwór** – mieszanina rozpuszczalnika i substancji rozpuszczonej (solutu); w niektórych roztworach, na przykład w wodzie z cukrem, substancje mieszają się tak dokładnie, że substancja rozpuszczana staje się niewidoczna; jednak w innych roztworach, na przykład w wodzie zmieszanej z barwnikiem, roztwór ulega widocznej zmianie;

**rzeka** – naturalny, powierzchniowy ciek wodny płynący w wyżłobionym przez erozję rzecznej korycie, okresowo zalewający dolinę rzecznej; w Polsce przyjmuje się, że rzekę stanowi ciek wodny o powierzchni dorzecza powyżej 100 km<sup>2</sup>;

**samowypływ wód artezyjskich** – ujęcie, znajdujących się pod ciśnieniem wód podziemnych, w studnię lub źródło, powodujące podniesienie poziomu wody bez pompowania; jeżeli słup wody podniesie się powyżej powierzchni terenu, mówi się o samowypływie wód artezyjskich;

**skała macierzysta** – podłoże skalne pod warstwą gleby i skał powierzchniowych; termin ogólny określający litą skałę zalegającą pod warstwą ziemi, luźnymi osadami lub innymi materiałami nieskonsolidowanymi; od rodzaju skały macierzystej zależy skład mineralny gleby; wpływa on także na ważne właściwości fizyczne i chemiczne wody;

**skała osadowa** – skała powstała z osadów, a w szczególności (1) piaskowców i łupków, przeniesionych z miejsca ich występowania i osadzających się w wodzie; (2) skały powstające np. z muszli i szkieletów mięczaków; wiele skał osadowych ma bardzo wyraźny układ warstwowy, co jest wynikiem spiętrzenia się różnych rodzajów osadów;

**solut** – substancja rozpuszczająca się w innej substancji tworząca wraz z nią roztwór;

**stan alarmowy** – poziom wody znajdujący się powyżej naturalnego brzegu cieków lub zbiornika wodnego zagrażający zalaniem danego obszaru;

**stan wody** – położenie zwierciadła wody w danym przekroju ponad przyjęty umownie poziom, zwany zerem wodowskazu; jest to wielkość względna, podawana w centymetrach (z dokładnością do 1 cm) i oznaczana literą H;

**stężenie osadów zawieszonych** – stosunek masy suchych osadów w mieszaninie woda-osad do masy mieszaniny woda-osad; najczęściej wyrażany w miligramach suchej masy na litr mieszaniny woda-osad;

**strata przepływu** – strata wody w rurach, kanałach lub rowach w wyniku wycieku lub parowania; zasadniczo nie ma możliwości dalszego wykorzystania tak utraconej wody; chociaż może się zdarzyć, że wyciek z kanału irygacyjnego przepływnie do źródła wód podziemnych, dzięki czemu woda zostanie ponownie spożytkowana;

**straty wody** – w bilansie wodnym to całkowita ilość wody utracona na danym obszarze w wyniku transpiracji i wzrostu masy roślinnej, parowania z powierzchni wody, z wilgotnej gleby i ze śniegu oraz intercepcji;



## WARTO WIEDZIEĆ

**strefa nienasycona, strefa aeracji** – strefa znajdująca się bezpośrednio pod powierzchnią gruntu, w której ośrodkach porowatych znajduje się zarówno woda jak i powietrze; strefa ta różni się od warstwy wodonośnej, której ośrodki porowate są nasycone wodą;

**strumień** – termin ogólny oznaczający płynącą masę wody; naturalny ciek wodny, w którym woda płynie przynajmniej przez część roku; w hydrologii zasadniczo oznacza wodę płynącą w naturalnym korycie w odróżnieniu od sztucznego kanału;

**studnia** – sztuczny otwór wykopany lub wywiercony w ziemi w celu ujęcia wody z podziemnych warstw wodonośnych; kopany, drążony, wiercony lub wbijany szyb o głębokości większej od jego największego wymiaru powierzchniowego służący do ujęcia wód podziemnych, magazynowania lub zrzucania płynów pod powierzchnię gruntu;

**studnia iniekcyjna** – studnia służąca do wtłaczania oczyszczonych ścieków bezpośrednio do gruntu; zasadniczo, ścieki są wtłaczane (przy pomocy pompy) do studni w celu ich rozproszenia lub magazynowania w określonej warstwie wodonośnej; studnie iniekcyjne najczęściej wierci się w warstwach wodonośnych, z których nie czerpie się wody pitnej;

**substancje organiczne** – szczątki roślin i zwierząt lub substancje utworzone przez organizmy żywe; związki organiczne mogą zawierać praktycznie wszystkie pozostałe pierwiastki, choć najczęściej zawierają: wodór, tlen i azot, zwane razem z węglem pierwiastkami organicznymi; do innych często występujących pierwiastków można zaliczyć siarkę, fosfor oraz fluorowce;

**substancje zawieszone** – zawiesiny, które nie tworzą roztworu właściwego i można je usunąć poprzez filtrację; zazwyczaj powodują zmętnienie wody; w gospodarce ściekowej mianem tym określa się niewielkie cząstki zanieczyszczeń stałych, których nie można odzielić tradycyjnymi metodami;

**susza hydrologiczna** – zwana inaczej niżówką hydrologiczną, jest następstwem suszy atmosferycznej i objawia się wystąpieniem i utrzymaniem się niskiego stanu wody w rzekach, poniżej przyjętego poziomu granicznego, np. poniżej poziomu wody, który odpowiada średniemu niskiemu przepływowi (SNQ);

**szambo** – zbiornik służący do odbioru i gromadzenia ścieków bytowo-gospodarczych zanim zostaną one przewiezione do zlewni ścieków komunalnych lub na poletkę drenażowe, gdzie są wchłaniane przez grunt; szamba stosuje się w przypadku braku sieci kanalizacyjnej odprowadzającej ścieki do oczyszczalni;

**sztuczne zasilanie wód podziemnych** – proces zasilania zbiorników wód podziemnych przez wody powierzchniowe w wyniku irygacji lub wtłaczania wody przez cieki wodne i studnie;

**ścieki socjalno-bytowe** – powstają z wód wykorzystywanych w gospodarstwach domowych – do utrzymywania higieny osobistej, splukiwania urządzeń sanitarnych, przygotowywania posiłków; są bardzo mętne, mają szarozółte zabarwienie, charakterystyczny zapach i odczyn lekko zasadowy; zawierają 40% zanieczyszczeń nieorganicznych i 60% organicznych w postaci rozpuszczalnej i zawieszonych; ścieki te możemy rozdzielić na szarą wodę, tzn. odciek ze wszystkich urządzeń domowych (poza toaletę) o małym zanieczyszczeniu bakteriologicznym oraz czarną wodę, tj. odpływ z toalet skażony znaczną ilością patogenów;

**teren y zalewowe** – fragment względnie płaskiego i w zwykłych warunkach suchego terenu położonego wzdłuż strumienia, rzeki lub jeziora, który jest zalewany wodą w okresach wezbrań i powodzi, gdy ilość wody prowadzonej przez rzekę przekracza pojemność koryta; obszar zalewowy powoduje spłaszczenie fali powodziowej; stanowi najczęściej nieużytek porośnięty lasem łęgowym lub wykorzystywany jako pastwisko; naturalny obszar zalewowy ograniczany jest często wałami przeciwpowodziowymi;

**transpiracja** – proces, w którym woda wchłaniana przez rośliny (zazwyczaj pobierana przez korzenie) jest wydzielana w postaci pary wodnej, najczęściej przez aparaty szparkowe liści;

**twardość** – właściwość chemiczna wody, której miarą jest stężenie soli zasadowych (głównie związków wapnia i magnezu) w wodzie; twardość wody ma bardzo silny wpływ na jej napięcie powierzchniowe; „twarda” woda wymaga zużycia większej ilości mydła, detergentu lub szamponu do wytworzenia piany, posiada intensywny, metaliczny posmak i trudniej zaspokaja pragnienie;

**wał przeciwpowodziowy** – pełniący funkcję bariery naturalny lub sztuczny wał ziemny usypany wzdłuż strumienia, jeziora lub rzeki; wznoszony wzdłuż rzeki w pewnym oddaleniu od jej koryta, otacza tereny zalewowe wzdłuż rzeki (międzywał), tworzy większe koryta (a w praktyce czasami także pewien rezerwuuar) dla przewidywanych wód powodziowych, przeciwdziałając jednocześnie rozlaniam się tych wód na sąsiednie tereny;

**warstwa nieprzepuszczalna** – warstwa zbudowana z materiału litego, takiego jak skała lub glina, uniemożliwiająca przedostanie się przez nią wody; za nieprzepuszczalne uznaje się ility i ilitupki (łupki ilaste), zwarte gliny ilaste, margle ilaste oraz skały masywne niespękane;

**warstwa wodonośna** – używa się też określenia „poziom wodonośny”; jest to formacja lub zespół formacji geologicznych o właściwościach wodonośnych; ta struktura geologiczna zdolna jest do gromadzenia lub przewodzenia wody do studni i źródeł; stosowanie tego terminu jest zazwyczaj ograniczone do formacji wodonośnych zasobnych w wodę w ilości wystarczającej do celów eksploatacyjnych;

**warunki hydrauliczne** – właściwości naturalnego lub sztucznego koryta, określające związek między stanem wody i przepływem w danym profilu;

**woda pitna** – czysta woda, nadająca się do spożycia (bez zagrożenia dla zdrowia); powinna ona zawierać odpowiednią ilość soli mineralnych (dlatego woda destylowana, mimo wysokiej czystości, nie nadaje się do celów konsumpcyjnych); nie może zawierać zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych;

**woda słodka** – woda, której 1 litr zawiera mniej niż 1 000 miligramów (mg/l) substancji rozpuszczonych; zasadniczo woda o zawartości powyżej 500 mg/l substancji rozpuszczonych jest niezdatna do picia oraz nie posiada zbyt wielu zastosowań przemysłowych;

**woda słona** – woda zawierająca znaczne ilości substancji rozpuszczonych; parametry określające wodę słoną: (1) woda słodka – mniej niż 1.000 części na milion (ppm), (2) woda lekko zasolona

# WARTO WIEDZIEĆ

– od 1.000 ppm do 3.000 ppm, (3) woda umiarkowanie zasolona – od 3.000 ppm do 10.000 ppm, (4) woda mocno zasolona – od 10.000 ppm do 35.000 ppm;

**woda z recyklingu** – woda wykorzystywana więcej niż jeden raz przed jej powrotem do naturalnego systemu hydrologicznego;

**woda zanieczyszczona, ścieki** – woda, która była użytkowana w gospodarstwach domowych, szpitalach, firmach usługowych, zakładach przemysłowych i bez uzdatnienia nie nadaje się do potroznego użycia;

**woda ze źródła własnego** – woda pobierana przez odbiorcę ze źródła wód powierzchniowych lub podziemnych we własnym zakresie; przykładem może tu być czerpanie wody z własnej studni przez właściciela domu;

**wodoprzepuszczalność** – zdolność materiału do przeciekania przez niego wody; woda szybko przenika przez materiały wodoprzepuszczalne takie jak żwir i piasek; materiały nieprzepuszczalne (choćby gлина) uniemożliwiają jej swobodny przepływ;

**wody artezyjskie** – wody podziemne występujące pod ciśnieniem hydrostatycznym, zdolne do samoczynnego wypływu na powierzchnię po ujęciu ich w studnię; ciśnienie w takiej warstwie wodonośnej nazywa się ciśnieniem artezyjskim, a formacja zawierająca wody artezyjskie nazywana jest poziomem artezyjskim lub warstwą wodonośną o zwierciadle napiętym;

**wody lenityczne** – wody stojące lub zbiorniki słodkowodne ze słabym prądem wody, np. stawy, jeziora i wolno płynące cieki;

**wody lotyczne** – wody płynące, biotopy słodkowodne z wyraźnym zaznaczonym prądem wody;

**wody podziemne** – (1) wody przepływające pod powierzchnią gruntu lub wsiąkające w grunt, gdzie nasycają glebę zasilając źródła i studnie; górna powierzchnia strefy nasycenia (saturacji) nazywana jest zwierciadłem wody; (2) wody magazynowane pod powierzchnią Ziemi, wypełniające szczeliny w materiale geologicznym tworzącym skorupę ziemską;

**wody podziemne o zwierciadle napiętym** – wody podziemne pozostające pod ciśnieniem znacznie wyższym od atmosferycznego, gdzie warstwa wodonośna występuje pod przykryciem utworów bardzo słabo przepuszczalnych;

**wody podziemne o zwierciadle swobodnym** – wody w warstwie wodonośnej, których zwierciadło pozostaje pod ciśnieniem atmosferycznym;

**wody pościekowe** – oczyszczone ścieki, które można wykorzystać na przykład do nawadniania niektórych roślin;

**wody powierzchniowe** – wody znajdujące się na powierzchni Ziemi, łatwe do bezpośredniego ujęcia (czerpania); dzielimy je na: (1) słone (morza i oceany), (2) słonawe (brakcyjne) – wody w ujściach rzek, a także wody Bałtyku oraz (3) słodkie (większość wód śródlądowych): płynące (rzeki, strumienie) i stojące (jeziora, stawy);

**współczynnik odpływu** – stosunek ilości wody odpływającej z danej zlewni [V] do całkowitej ilości wody opadowej (lub roztopowej) [P] spadającej na daną powierzchnię w tym samym przedziale czasu (? (alfa) =  $V/P$ , gdzie V – objętość wody opadowej, która odpłynęła ze zlewni przez profil zamykający, P – objętość wody, która spadła na zlewnię);

**współczynnik porowatości** – miara zdolności przenoszenia wody przez skały podpowierzchniowe; aby woda mogła się przemieszczać, nie tylko ważny jest stopień porowatości materiału, ale również wielkość ośrodków porowatych oraz stopień w jakim są one połączone między sobą, ponieważ ośrodki porowate w utworze skalnym mogą być otwarte, połączone ze sobą lub zamknięte i odizolowane. Na przykład glina może mieć bardzo wysoki współczynnik porowatości, ale stanowi słabe podłoże jako warstwa wodonośna, gdyż występujące w niej ośrodki porowate są bardzo małe;

**wstępne oczyszczanie ścieków, oczyszczanie mechaniczne** – pierwszy etap procesu oczyszczania ścieków, w trakcie którego zanieczyszczenia usuwa się metodami mechanicznymi, na przykład przy pomocy filtrów i zgarniaczy; w tym procesie wytrącają się również osady;

**wykorzystanie zasobów wodnych** – wykorzystanie wody do określonych celów, na przykład do celów bytowo-gospodarczych, do nawadniania pól lub produkcji przemysłowej; wykorzystanie wody ściśle wiąże się z działaniem człowieka i jego wpływaniem na cykl hydrologiczny; obejmuje takie elementy jak: eksploatacja wód powierzchniowych i podziemnych, doprowadzenie wody do domów i przedsiębiorstw, konsumpcyjne zużycie wody, zrzut wody z oczyszczalni ścieków oraz użytkowanie wody rzecznej na przykład do wytwarzania energii hydroelektrycznej;

**wymywanie (procesy krasowe, krasowienie)** – proces usuwania z gleby substancji rozpuszczalnych, takich jak sole, składniki odżywcze, pestycydy lub zanieczyszczenia poprzez ich wymycie do niższej położonej warstwy lub poprzez ich rozpuszczenie i wyniesienie przez wodę; krasowieniu podlegają skały krasowiejące, przede wszystkim wapienie, a także dolomity, margle, gips, anhydryt, hality (potocznie sól kamienna);

**wypływ, zrzut** – miejsce, w którym woda wypływa z kanału ściekowego, systemu drenażowego lub rzeki; otwór wylotowy lub obiekt, z którego następuje zrzut wody z oczyszczalni lub oczyszczonych ścieków do odbiornika ścieków;

**xeriscaping, ogrody kserofityczne** – metoda stosowana w architekturze krajobrazu polegająca na wykorzystaniu roślin dobrze przystosowanych do lokalnych warunków i odpornych na suszę (kserofitów), celem ograniczenia lub wyeliminowania dodatkowego nawadniania; xeriscaping staje się coraz bardziej popularnym sposobem oszczędzania wody; najczęściej wykorzystuje się następujące rośliny: agawę, kaktus, lawendę, jałowiec, rozchodnik i tymianek;

**zagrożenie powodziowe** – stan zagrożenia na terenach o określonym poziomie zagospodarowania, na których występują zalewy powodziowe, wywołane wezbraniem wody, przekraczającym pojemność koryta rzecznej czy zbiornika;

**zanieczyszczenia obszarowe** – zanieczyszczenia występujące na rozległym terenie, nie pochodzące z jednego konkretnego źródła; są to zanieczyszczenia rozproszone: osady, składniki odżywcze, substancje organiczne i toksyczne powstałe wskutek użytkowania gruntów, przenoszone do jezior i cieków wodnych przez sploty powierzchniowe; zanieczyszczenie obszarowe występuje, gdy woda deszczowa, topniejący śnieg lub wody irygacyjne

## WARTO WIEDZIEĆ

splywają z pól uprawnych, ulic lub podmiejskich podwórek; taki spływ, przemieszczając się po powierzchni terenu, zbiera cząsteczki gruntu wraz z zanieczyszczeniami, np. pestycydami;

**zanieczyszczenie termalne** – obniżenie jakości wody spowodowane wzrostem jej temperatury, często w wyniku zrzutu ciepłej wody z działalności przemysłowej lub z elektrowni; zanieczyszczenia termalne mogą być szkodliwe dla środowiska, ponieważ roślinom i zwierzętom trudno przystosować się do radykalnie nowych warunków;

**zanieczyszczenie ze źródeł punktowych** – zanieczyszczenie wody pochodzące z określonego źródła, na przykład z wypływu ścieków;

**zapadlisko krasowe** – zagłębienie w powierzchni skorupy ziemskiej powstałe w wyniku krasowienia (rozpuszczania) podłoża wapiennego, skał solnych lub gipsowych; woda przepływa podziemnymi kanałami, które mogą ulec powiększeniu, np. w wyniku zapadnięcia się stropu jaskini;

**zapas wody w pokrywie śnieżnej** – całkowita objętość wody zmagazynowana w śniegu zalegającym na danej powierzchni w określonym czasie (wyrażana iloczynem wodnego równoważnika śniegu i powierzchni zlewni);

**zapotrzebowanie tlenu** – zapotrzebowanie na tlen cząsteczkowy w celu zaspokojenia potrzeb zachodzących w wodzie procesów biologicznych i chemicznych; chociaż tlen bardzo słabo rozpuszcza się w wodzie, jego obecność jest niezmiernie ważna dla procesów biologicznych i chemicznych;

**zasada** – substancja, której odczyn w skali pH jest większy niż 7 (odczyn obojętny); zasada ma mniej wolnych jonów wodorowych (H<sup>+</sup>) niż jonów wodorotlenowych (hydroksylowych – OH<sup>-</sup>);

**zasilanie wód podziemnych** – napływ wód powierzchniowych do zbiornika wód podziemnych; jedną z form zasilania naturalnego jest infiltracja opadów oraz podążanie ich w kierunku zwierciadła wody;

**zbiornik wodny** – wyróżnia się zbiorniki naturalne nazywane jeziorami oraz zbiorniki sztuczne (zbiorniki antropogeniczne), które w zależności od sposobu powstania misy dzieli się na: zaporowe, poeksploatacyjne, groblowe, w nieckach z osiadania, zapadliskowe, poregulacyjne, sadzawki i baseny różnego typu; zbiorniki wodne (zarówno jeziora jak i zbiorniki antropogeniczne) według kryterium przepływowości dzieli się na dopływowe, odpływowe, przepływowe i bezodpływowe; w innym podziale – według kryterium czasu funkcjonowania – wyróżnia się zbiorniki wodne stałe i okresowe (wysychające);

**zjawisko kapilarne** – ruch cieczy wewnątrz przestrzeni porowatych w materiale litym, na przykład w glebie, korzeniach roślin oraz włosowatych naczyniach krwionośnych, występujący w wyniku oddziaływania sił przywierania, spójności i napięcia powierzchniowego; zjawisko kapilarne jest niezbędne, aby ciecze i składniki odżywcze w nich rozpuszczone mogły być transportowane w organizmach roślin, zwierząt i ludzi;

**zlewnia** – nazywana również dorzeczem – obszar lądu skąd woda spływa do określonego cieku, rzeki lub jeziora; jest to część tere-

nu, którą można wyznaczyć rysując linię wzdłuż najwyższych punktów między dwoma obszarami na mapie – często wzdłuż linii grzbietu wypukłości terenu; na terenie dużych zlewni, jak na przykład dorzecza Wisły, znajdują się tysiące mniejszych zlewni;

**zużycie wody na osobę** – średnia ilość wody zużywana przez jedną osobę w standardowym okresie czasu, zazwyczaj w ciągu doby;

**zużycie wody do celów bytowych** – woda wykorzystywana do celów bytowo-gospodarczych, na przykład do picia, przygotowywania posiłków, kąpieli, prania, mycia naczyń, do splukiwania toalet oraz podlewania trawników i ogrodów; w miastach prawie 100% wody do celów bytowych pochodzi ze źródeł publicznych, na przykład z wodociągów komunalnych; poza terenami miejskimi część populacji wykorzystuje własne zasoby wody, czerpiąc ją głównie ze studni;

**zużycie wody do celów elektrociepłowniczych** – wykorzystanie wody w procesie wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej;

**zużycie wody do celów energetycznych** – wykorzystanie wody do generowania energii elektrycznej w elektrowniach wodnych, których turbiny są napędzane przez spadającą lub przepływającą wodę;

**zużycie wody do celów hodowlanych** – wykorzystanie wody do pojenia zwierząt gospodarskich, opasu, dojenia, hodowli ryb oraz do innych celów gospodarskich;

**zużycie wody do celów komercyjnych** – wykorzystanie wody przez motele, hotele, restauracje, biurowce oraz inne obiekty o charakterze komercyjnym; woda taka pobierana jest zarówno ze źródeł publicznych (wodociągów komunalnych) jak i własnych (studnie);

**zużycie wody do celów nawadniania** – sztuczne nawadnianie gruntów w celu wspomaganie wzrostu roślin uprawnych i trawy na pastwiskach lub utrzymania roślinności na terenach rekreacyjnych, na przykład w parkach i na polach golfowych;

**zużycie wody do celów przemysłowych** – wykorzystanie wody na potrzeby przemysłu, np. metalurgicznego, chemicznego, papierniczego czy naftowego;

**zużycie wody do celów przemysłu wydobywczego** – wykorzystanie wody podczas urabiania skał i wydobywania bogactw mineralnych;

**zużycie wody do celów publicznych** – woda dostarczana ze źródeł publicznych wykorzystywana między innymi do gaszenia pożarów, mycia ulic, utrzymania w należytym stanie parków miejskich oraz napełniania basenów;

**zwierciadło wody** – górna powierzchnia wody w strefie nasycenia warstwy wodonośnej; zwierciadło wód podziemnych może być napięte lub swobodne; swobodne – pozostające pod ciśnieniem atmosferycznym (nad zwierciadłem wody w tej samej warstwie przepuszczalnej występuje przestrzeń bez wody umożliwiającą jego podnoszenie się); napięte – pozostające pod ciśnieniem wyższym od atmosferycznego; jego położenie jest wymuszone przez wyżej leżące twory nieprzepuszczalne, które uniemożliwiają wzrost poziomu zwierciadła wody;



# HISTORIA WODOCIĄGÓW

CZYLI JAK TO DAWNIEJ BYWAŁO Z WODĄ

# S T A R O Ż Y T N O Ś Ć



[1] Akwedukt



[2] Starożytny wodociąg (foto W. Siwiak)

W najdawniejszej starożytności zaopatrywano się w wodę czerpiąc ją z rzek, kopiąc studnie, a także chwytając wodę deszczową w specjalne w tym celu wykonywane zbiorniki. Na początku VII wieku p.n.e. w Niniwie, mieszkańcy mogli czerpać w określonych punktach miasta wodę doprowadzaną akweduktem, czyli prawodociągiem. Była to konstrukcja zazwyczaj o kilkusetmetrowej długości, transportująca wodę z pobliskiego, położonego odpowiednio wysoko źródła (zazwyczaj górskiego z uwagi na czystość i niską temperaturę wody) rurami lub przewodem otwartym, w którym woda płynęła pod działaniem siły ciężenia. Wodociągi zasilały akweduktem, powszechne aż do czasów nowożytnych, ograniczały się zazwyczaj do doprowadzania wody do publicznych fontann i łaźni, a tylko wyjątkowo do użytkowników prywatnych (oczywiście na najniższe kondygnacje).

W starożytnym Rzymie zaopatrzenie w wodę na głowę ludności, było kilkakrotnie wyższe niż w większości miast dzisiejszych! Należy jednak pamiętać, że wodociągi rzymskie działały na zasadzie stałego przepływu wody, w wyniku czego, znaczna jej część nie była wykorzystana i odpływała do systemu kanalizacyjnego. Od Frontinusa wiemy, że w Rzymie woda sprowadzana akweduktami trafiała do specjalnych zbiorników, gdzie

pozostawała przez pewien czas, aby zanieczyszczenia osiadły na dnie. Następnie odprowadzano ją rurami do castellum, czyli wieży ciśnień, a stąd do mniejszych zbiorników skąd za pomocą rur, rozprowadzano ją do fontann, łaźni, zakładów rzemieślniczych oraz dolnych kondygnacji niektórych domów. W użyciu były głównie rury otowiane, choć już Witruwiusz (I wiek p.n.e.) zwracał uwagę na fakt, że ze względów zdrowotnych stosowanie ich jest niewskazane. Stopniowo przestano używać ich w wodociągach, jednak przełom nastąpił dopiero pod wpływem rozprawy Beniamina Franklina z 1768 roku. Dziś otów zaliczany jest do tzw. metali śmierci, wiadomo bowiem, że jest przyczyną nieodwracalnych uszkodzeń w układzie nerwowym i krwionośnym człowieka.

W II wieku p.n.e. w miastach Azji Mniejszej – Smyrnie i Pergamonie – powstały, dzięki użyciu syfonu, pierwsze wodociągi ciśnieniowe (do 20 atmosfer!). Przypuszczalnie w wodociągach tych, stosowano rury z brązu w kamiennej obudowie. Są to jedyne przykłady wodociągów ciśnieniowych, istniejących przed czasami nowożytnymi. Zaniechano ich zapewne z uwagi na kłopotliwość konserwacji oraz, jak się wydaje, konieczności stałego strzeżenia przed kradzieżą instalacji wykonanej z cennego metalu.

### Cuchnąca historia

W starożytnej Grecji toalety były miejscem spotkań towarzyskich. W niektórych miastach archeolodzy odkryli urządzenia służące nawet 50 osobom naraz. Zaalatwanie potrzeb fizjologicznych nie było najwidoczniej niczym wstydliwym, skoro na marmurowej ławie z otworami siedzieli obok siebie kilkadziesiąt osób. Ta „spoleczna” rola toalety przetrwała do naszych czasów. Także w starożytności na ścianach toalet publicznych pojawiały się napisy, wyznania miłosne, ogłoszenia o charakterze erotycznym lub hasła polityczne. W Sumerze pociągano za sznurek, czym otwierano zbiornik z płynącą pod sedesem wodą, już 3000 lat p.n.e. W Rzymie oglądać można resztki Cloaca Maxima, czyli kolektora, do którego spływały nieczystości. Kanał ten był w całości przykryty, co eliminowało nieco straszliwy smród, trudny do wytrzymania szczególnie w upalne lato. Cloaca Maxima wpadała do Tybru, więc jakość wody w tej rzece nie była najlepsza.

Już 2000 lat temu w Chinach istniały toalety wyposażone w spluczkę i solidne siedzisko. W grobach władców chińskiej dynastii Han można znaleźć wszystko, czego Chińczyk tamtych czasów (III w. p.n.e. – I w. n.e.) potrzebował do życia – meble, ubrania, jedzenie. Archeolodzy badający w lipcu 2000 w prowincji Henan grób jednego z tych władców zdziwili się, kiedy w jednym z pomieszczeń znaleźli sedes. Kamienny sedes splukiwany wodą był podobny do tych używanych przez nas, a nawet wygodniejszy. Miał on specjalne oparcia pod ręce, tak że można było siedzieć w nim jak w fotelu.

Około 1350 lat przed Chrystusem budowano w Egipcie toalety podłączone do kanalizacji. Ponieważ starożytni Egipcjanie byli fanatykami czystości, najczęściej umieszczano je tuż obok publicznych łaźni. W zależności od liczby mieszkańców, nieczystości odprowadzane były do rowów lub dołów asenizacyjnych.

## S T A R O Ż Y T N O Ś Ć

Ścieki miejskie starano się usuwać już w wielkich starożytnych miastach. Na przykład w Jerozolimie płynne nieczystości wywożono do specjalnych stawów, skąd po pewnym czasie wybierano osad denną jako nawóz, a wody ze stawu używano do polewania ogrodów. W miastach Mohendžo-Daro i Harappa, które w latach 2800-2400 p.n.e. „kwitły” nad brzegami Indusu, wiele budynków mieszkalnych miało urządzenia sanitarne na stosunkowo wysokim poziomie. Wewnątrz domów były łazienki i ustępy splukiwane, z których ścieki odpływały rurami. We wspomnianych miastach odkopano resztki basenu pływakiego z kamienia, starannie uszczelnionego asfaltem. Podobnie były zbudowane kanały ściekowe, które biegly wzdłuż ulic, przykryte płytami kamiennymi.

Równie rozbudowana kanalizacja pojawia się dopiero po 2 tys. lat w Rzymie. Słynny przesklepiony kanał, o charakterystycznej nazwie Cloaca Maxima, zbierał ścieki z całego Wiecznego Miasta. Wybudowano go w 184 roku p.n.e., a za cesarza Augusta przewod ten zaczęto regularnie splukiwać wodą z wodociągów. Pierwsze ustępy zbudowano w akkadyjskim pałacu w Eszunna w Mezopotamii. Były to prymitywne platformy, czasem z ukształtowanym siedziskiem z bitumu (smoły). Nie było żadnych zamknięć wodnych, odcinających je od cieku, który płynął pod spodem. Również w Szkocji znaleziono prawdopodobnie splukiwane wodą ubikacje, zajmujące niewielkie pomieszczenia w domach wzniesionych około 3 tysiące lat p.n.e.



[3] Naczynie do czerpania wody – ok. 3700 lat p.n.e. (foto Andreas Praefcke)

## STAROŻYTNOŚĆ

### Z historii higieny

#### Łaźnie i termy

W Starożytnej Grecji i Rzymie dbałość o czystość ciała stała się wizytówką wolnego obywatela. Łaźnie i termy często wchodziły w skład kompleksów gimnastycznych. Zazwyczaj było tam kilka wpuszczonych w podłogę wanien do siedzenia. Podobne wanny były później znane w Polsce w XIX wieku jako wanny „nasiadowe”. Służyły one do leczniczych kąpeli ziółowych. W Grecji gromadzono też wodę w wielkich zbiornikach, skąd zabierano ją w naczyniach do potrzeb domowych. W takim zbiorniku można się było również umyć i wykąpać. Kult ciała, troska o zdrowie i higiena osobista stworzyły nową jakość. Cywilizacja stąpiła się w jedno z kulturą i pięknem.

W Rzymie łaźnienny obrządek, jego instrumentarium i woda o zmieniającej się temperaturze odgrywały ważną rolę. Budowano termy – ogólnodostępne, publiczne łaźnie – kąpieliska lub przedsiębiorstwa zarobkowe. Tam korzystano z różnorodnych kąpeli: od parówki, po basen z lodowatą wodą. Kąpiel rozpoczynano od namaszczenia ciała oliwą. Potem następowały ćwiczenia cielesne i gorąca kąpiel. Tak przygotowany „kąpielowicz” udawał się do parówki. Tamże niewolnik zeszkrobywał metalową płytką lub muszlą pot, brud i oliwę z ciała kąpielącego się patrycjusza. Końcowy akt stanowił skok do basenu z zimną wodą.

Do Rzymu dostarczano 200 mln litrów czystej wody na dobę. Słynne rzymskie akwedukty stanowiły ponad 400 km wodociągów i kanałów. Wszystkie te urządzenia wodociągowe musiały mieć swój odpowiednik w kanalizacji. Kiedy źródłana woda po użyciu zamieniała się w ścieki, trzeba było je wyprowadzić z miasta. Znana była wówczas metoda badania zdatności wody. Pierwszą próbą był test, czy woda nie powoduje plam na naczyniach z brązu. Obserwowano również, czy pozostawia osad po przegotowaniu. Jakość wody klasyfikowano po długości gotowania się w niej zielonych jarzyn. Z badań tych wyciągano rygorystyczne wnioski. Były więc akwedukty niosące wodę pitną, wykorzystywaną również do podlewania ogrodów, czy prania.

Rzymianie w gronie starożytnych społeczności wyróżniali się wyjątkową czystością osobistą. W „Quo vadis” Sienkiewicza Petroniusz marzy: „Wróciwszy do domu wezmę kąpiel w fiołkowej wodzie, a moja Złotowłosa mnie namaści...”. W zagrożeniu życia mówi on do ukochanej: „każę ci zrobić wannę w kształcie konchy, a ty będziesz w niej jak kosztowna perła...”. Łaźnie publiczne pochodziły z różnych okresów. Były wielokrotnie rekonstruowane, unowocześniane i zmieniane. Bogate w urządzenia, których zasady działania nie zmieniły się do dziś (np. cały system centralnego ogrzewania pod podłogą i podgrzewania wody). Były tam szatnie, toalety, podział na część męską i damską. Łaźnie bogato zdobiono. Wnętrza obfitowały w mozaiki, freski, rzeźby, sklepienia i kopuły. Wszak Rzymianie lubili się otaczać dziełami sztuki, przedmiotami o dużej wartości artystycznej i nie szczędzili na to środków. Szczególnie bogate były łaźnie prywatne.

#### Galia – higiena starożytnych Celtów

Wpływy rzymskie łagodnie przenikały do Galii. Łazienki były tam rozpowszechnione nawet bardziej niż w Rzymie. Z bogatych domów miejskich przeszły do wiejskich posiadłości, a nawet domów biednych. Decydował o tym chłodniejszy niż w Rzymie, czy Grecji klimat. Galowie lubowali się w sprzętach bogato zdobionych. Łazienki wykładano kunsztownymi mozaikami. Przedstawiały one motywy wody, ryb, scen morskich, wodnych bóstw i ptaków. Kolorystyka, kwiaty, girlandy, luźne aplikacje z kamieni i muszli miały poszerzyć pomieszczenie i nadać mu charakter bogatej architektury. Być może taka właśnie łaźienka miała przybliżyć Galom słoneczne plaże ciepłych mórz. W porównaniu z „życiem łaźniennym” Rzymian, Galowie o wiele więcej czasu poświęcali myciu. Kąpanie było tu powszechniejsze i jak gdyby bardziej zamierzone. Zajmowało ono o wiele więcej czasu, niż wymagałoby tego zwykle utrzymanie ciała

w czystości. Było to odprężenie, przyjemność, zabieg zdrowotny. Szczególnie długo przesiadywały w łaźniach galijskie damy. Wiele czasu poświęcały swemu ciału i modzie. Kąpały się, namaszczały olejkami i układały włosy. Czasem pojawia się nawet w galijskim domu pomieszczenie przeznaczone do korygowania niewieściej urody.

We wspaniałych budowlach lokalizowali Galowie swe łaźnie publiczne. Rytuał był częściowo zdeterminowany rygorami architektury i przypominał rzymski. Polegał on na stopniowaniu procesu pocenia się. Uważano go za zdrowotny i oczyszczający. Wielu odwiedzających odbywało drogi męki, aby się odchudzić. Cały łaźnienny proceder kończył się perfumowaniem i nacieraniem skóry. Wreszcie owinięty w prześcieradła klient mógł poleżeć i odpocząć, aby w znakomitej formie powrócić do domu. Łaźnie były w Galii płatnymi publicznymi instytucjami. Początkowo koedukacyjne, potem otwarte w różnych godzinach dla kobiet i mężczyzn. W łaźniach galijskich, w większym stopniu niż u Rzymian, prowadzono działalność kulturalną i oświatową. Profesor Camille Julian, badacz starożytnej Galii pisał: „Wspaniałymi budowlami są termy, gdzie miasta i ich dobroczyńcy starali się roztoczyć jak największy przepych. Lud tutaj wypoczywał, kształcił się i zabawiał jednocześnie, jak w muzeum, kasynie lub na publicznej promenadzie. Piękne przedmioty, na które patrzy się choć na chwilę jego własnością. W dodatku zaznaje wypoczynku w kąpeli, w pięknym iście księżycowym otoczeniu, gdzie nie brak mu i hałaśliwej wesołości i prostackich żartów, do jakich dają okazję gromadne igraszki w wodzie... dla niektórych jest to najmilsze wspomnienie całego ich życia.”



(©Photofactory®)





## STAROŻYTNOŚĆ



[4] Studnia o konstrukcji drewnianej – Karczyn II-III w. n.e. (foto dr J. Bednarczyk)



[5] Studnia z okresu rzymskiego – odkrycie 1912 r. (foto W. Siwiak)

### Pradzieje

Woda w mitologii indoeuropejskiej to naturalny symbol życia, zdrowia i nieśmiertelności, ściśle powiązany z boginiami, a następnie z bóstwami patrolującymi płodności. Jako źródło i siedziba życia, woda identyfikowana była z ziemią. Będąc życiodajnym elementem, woda stanowiła centralną część kosmosu. Uchodziła za siedzibę potworów i demonów, jak hydra, rusalka lub wodnik. W wierzeniach oddzielała świat żywych od świata zmarłych, a czasem była z nim utożsamiana. Było tak w przypadku plemion germańskich, wśród których praktykowano obyczaj wrzucania ciał zmarłych do wody bagiennej.

Symboliczne pojmowanie wody znalazło ujście w jej graficznym zapisie wyrażającym się poprzez sztukę kultur pradziejowych. Ludność zamieszkująca ziemie polskie kilka tysięcy lat przed Chrystusem, w sposób obrazowo-symboliczny przedstawiała wodę na używanych przez siebie naczyniach ceramicznych i wyrobach z brązu. Do symboli wodnych powszechnie odnoszony jest znany ze starożytnych naczyń motyw poziomej linii falistej lub zygzakowatej. Symbolizował żeńskość i płodność wód lunarnych, a także stanowił element trójstrefowej budowy świata (Niebo – Ziemia – Podziemie). Wodę mogły symbolizować również, często wykorzystywane w starożytności, motywy spirali. Woda, a raczej zbiorniki wodne były też miejscem składania ofiar wotywnych, wyrażającym sacrum związane ze środowiskiem wodnym.

Dostęp do źródeł świeżej i czystej wody był i jest niezbędny dla normalnego funkcjonowania działalności człowieka. Na podstawie źródeł archeologicznych można przypuszczać, że źródłem wody w starożytności ziem polskich, obok naturalnych zbiorników takich jak rzeki, jeziora i stawy były studnie. Najstarsze przykłady studni odkrytych na ziemiach polskich pochodzą z pierwszych tysięcy lat (okresu neolitu) przed Chrystusem. Skupiska takich neolitycznych

bezcembrowinowych studni odkryto między innymi w Ludwinowie na Kujawach. Studnie kopalne z tego czasu występują jednak sporadycznie. Widocznie dostęp do zbiorników i cieków wodnych był nieograniczony. Większa liczba studni znana jest z przełomu epoki brązu i żelaza. Jedną z takich studzien, pochodzącą z VII wieku przed Chrystusem odkryto w Milejowicach na Dolnym Śląsku. Kolejną studnię znaleziono w trakcie badań archeologicznych obronnej osady kultury łużyckiej w Wicinie. Wykonano ją z pionowo wbitych w ziemię dranic, w obudowie z belek łączonych przypuszczalnie na zrąb. Wewnątrz studni znajdowało się ceramiczne naczynie z resztkami sznura przywiązanego do ucha, służące do wyciągania wody.

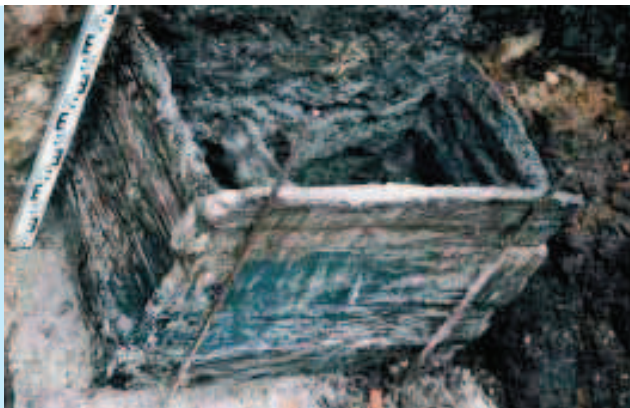
Większa liczba badanych wykopaliskowo studni pochodzi z pierwszych stuleci naszej ery, czyli okresu wpływów rzymskich [5]. Z okresu rzymskiego, na terenie ziem polskich, studnie czerpalne znane są na przykład z Wólki Łasieckiej nad Bzurą i Karczyna na Kujawach [4]. Były to z reguły niewielkie rozmiarów płytkie studnie kopalne, o głębokości przeciętnie nie przekraczającej półtora metra. Do wykładania cembrowin używano przede wszystkim drewna dębowego. Wykorzystywano także sporadycznie przy ich budowie mieszaną konstrukcję drewniano-kamienną. W zależności od uwarunkowań środowiskowych, korzystano również ze studni wykutych w skale wapiennej lub wykonanych

z wydrążonego pnia drzewa. Ślady po słupach odkrywano w trakcie prac archeologicznych przy niektórych studniach mogą wskazywać, że wyciąganie wody odbywało się przy pomocy żurawia lub też świadczyć o zadaszeniu miejsca poboru wody. Do wyciągania i przechowywania wody służyły drewniane wiadra lub duże gliniane naczynia. Studnie drewniane przeważnie w rzucie poziomym były kwadratowe, wyjątkowo zaś okrągłe.

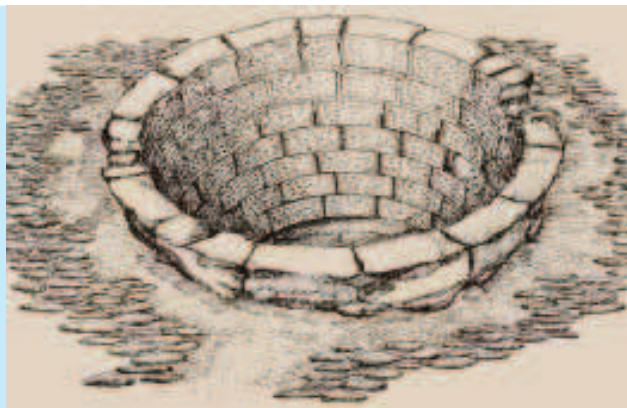
(©Photofactory®)



## Ś R E D N I O W I E C Z E



[6] Bydgoszcz. Studnia XIV/XV w. (foto W. Siwiak)



[7] Kamienna studnia XIII/XIV w.

## Średniowiecze

O szczególnym znaczeniu wody jako źródła życia i początku wszystkiego w kulturze człowieka wspominają pierwsze wersety pisma Świętego – „Na początku Bóg stworzył niebo i ziemię. Ziemia zaś była bezładem i pustkowiem: ciemność była nad powierzchnią bezmiarów wód, a Duch Boży unosił się nad wodami”. Woda to jednak nie tylko życie, lecz również czasem śmierć i zniszczenie. Przed zagrożeniami, jakich przysparza ów cudowny, lecz groźny żywioł, w kulturze chrześcijańskiej chroni św. Jan Nepomucen. Jako męczennik, który poniósł śmierć przez utopienie, szczególną opieką ma otaczać sprawy związane z wodą. Uważa się go za patrona rzek, jezior, mostów, brodów, wodopojów, obrońcę przed utonięciem i powodzią. Na Węgrzech i w Austrii rozpowszechniony jest zwyczaj stawiania figury św. Jana Nepomucena przy studniach i źródłach, co zapobiegać ma według ludowej tradycji ich wysychaniu.

W czas budowy małych i wielkich miast i zarazem pierwszych wodociągów wprowadza nas średniowiecze. Za nim jednak zaczęto budować w obecnych i historycznych granicach Polski pierwsze wodociągi i kanały odprowadzające nieczystości, ich funkcję spełniały i spełniają na niektórych obszarach kraju do dziś, rozmaite studnie i ustępy. Te ostatnie zwane również szaletami, latrynami, kloakami lub miejscami sekretnymi. Takie locus secretus pochodzące z przełomu XI i XII wieku odkryto na grodzie w Santoku. Ustronne miejsce wygradzono ścianą z desek z pozostałej części pomieszczenia. Składało się z wąskiej deski jako siedzienia i jamistego dołu, w którym odkryto między innymi dużą ilość mchu, mogącą świadczyć o wykorzystywaniu go do celów higienicznych.

Równie stałym elementem środowiska kulturowego człowieka były studnie, które w sposób planowy pojawiały się w momencie lokacji miasta [6]. Przewidywano ich usytuowanie w planie zagospodarowania przestrzennego poszczególnych działek miejskich. Przeznaczano dla nich miejsce przeważnie w tylnej części parceli, gdzie znajdowały się również latryny. Regulowane zarządzeniami rad miejskich odległości pomiędzy studniami i latrynami, wynikające ze względów sanitarnych, w praktyce rzadko stosowano. Istniały także studnie publiczne, budowane przeważnie w rynku lub przy ważniejszych pla-

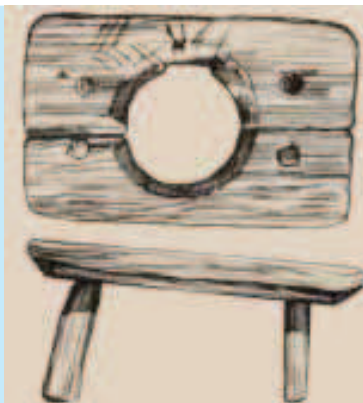
cach i ulicach, tak, żeby mieszczanie bez względu na status społeczny mieli zapewniony dostęp do wody. W publicznych punktach poboru wody obowiązywały zaostrzone przepisy sanitarne, celem utrzymania jej należytej czystości. Zakazane było pranie odzieży, czy pojenie zwierząt. Studzienki wodociągowe zabezpieczano specjalną obudową, mającą chronić punkt poboru wody porą zimową. Budowano jednocześnie rynsztoki i różnego rodzaju kanały odprowadzające z miasta płynne nieczystości.

W okresie późniejszym, w przypadku funkcjonowania sieci wodnej, studnie publiczne zasilano wodą z rurociągu, ograniczając ich funkcję do roli zbiorników, zwanych również cysternami lub rząpami. Głębokość studni kopanych w miastach średniowiecznych uzależniona była od lokalnego poziomu wód gruntowych. Mogła wynosić w znanych przypadkach od jednego do kilkadziesiąt metrów. Kształt studni w rzucie poziomym uzależniony był przede wszystkim od materiału z którego ją wykonano. Studnie kamienne miały przeważnie kształt okrągły, a drewniane kwadratowy, prostokątny lub zbliżony do kwadratu. Sporadycznie jako cembrowiny używano w średniowieczu pień wydrążonego drzewa. Przy budowie studni drewnianych przede wszystkim korzystano z drewna dębowego. Stosowano przy tym różnorodne techniki budowy studni kopalnych. Na przestrzeni wieków praktycznie się one nie zmieniły. Najprostsze rozwiązanie techniczne wykorzystane w Paczkowie, to średniowieczna studnia wykonana z dwóch połówek wydrążonego dębu, o głębokości przekraczającej 3 metry. Cembrowiny studni kamiennych wykonywano z kamienia łamanego (Lwówek Śląski, XIII-XIV w.; Jelenia Góra, XV-XVI w.) lub z obrobionych ciosów piaskowca (Lwówek Śląski, XIII-XIV; XIX/XX w.) [7]. Odmienne typy studni wykształciły się na obszarach skalistych. XV-wieczna studnia na rynku w Chelmie została wydrążona w pokładach kredy na głębokość 24,5 m. Górna i dolna partia studziennego szybu była zabezpieczona drewnianym oszalowaniem, a dno wysypano warstwą piasku pełniącą rolę filtra. Do wyciągania wody zastosowano klepkowe wiadra, zawieszane na łańcuchach. Znacznie częściej jednak studnie drążone w podłożu skalistym powstawały na zamkach niż w miastach.

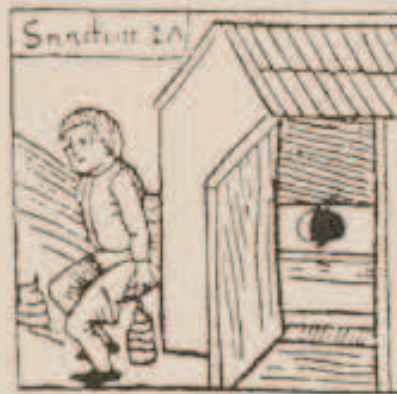


[8] Umywalnia na Zamku w Malborku (Muzeum Zamkowe)

## Ś R E D N I O W I E C Z E



[9] Drewniana deska sedesowa



[10] Średniowieczna latryna

Zastosowanie piaskowego filtra przy budowie studni drewnianych stało się głównym, choć nie miarodajnym, kryterium rozróżniania przez archeologów ujęć wody od znajdujących się w średniowieczu w ich pobliżu latryn. O pierwotnym przeznaczeniu często konstrukcyjnie zbliżonych obiektów miałby decydować czynnik występowania pomiędzy drewnianą cembrowiną a naturalnym gruntem, piaskowego filtra, chroniącego pobieraną wodę przed zanieczyszczeniem. Najprostszą formą studni w XIII wieku w Gdańsku i Wrocławiu była konstrukcja składająca się z pionowo wbitych dranic połączonych na pióro i wpust lub gdy całość studni tworzyła konstrukcja słupowa. W takim przypadku narożne słupy klinowały cembrowiną złożoną z pionowo wbitych dranic łączonych na własne pióro lub też z położonych na sztorc desek łączonych w narożnikach na styk. W XIV-XV wieku budowano studnie, gdzie prócz słupów pionowych wstawiano dodatkowe elementy stabilizujące całą konstrukcję. Były to różnorodne rozpory i dolne ramy, w których czopowano pionowe słupy. Rzadziej budowano cembrowinę składającą się z dwóch autonomicznych części: dolnej i górnej. Na przełomie XV i XVI wieku pojawiają się we Wrocławiu studnie wykonane w nieznaną wcześniej technice. Polegała ona na zastosowaniu rozpór krzyżowych przebiegających w świetle studziennego otworu. W tym przypadku jednak, charakter studziennych funkcji takich konstrukcji, może budzić wątpliwości. Rozpory rozmieszczone w szybie studni, utrudniałyby wyciąganie wiader wypełnionych wodą. Można zaryzykować stwierdzenie, że większość tego typu obiektów służyła jako kloaki.

Przykładem średniowiecznych zabiegów sanitarnych związanych z prowadzoną gospodarką wodną są, obok studni i wodociągów, latryny. Podejmowano różnorakie wysiłki w celu pozbycia się nieczystości poza swe najbliższe otoczenie. W średniowieczu podchodzono do potrzeb fizjologicznych w sposób osobliwy, który dziś mógłby wywołać zdziwienie. W miejscach „ustronnych”, można powiedzieć, że intymnych i wstydlivych, kwitło całkiem ożywione życie towarzyskie. Król przyjmował swych gości na audiencjach siedząc na wychodku, a w klasztorach zajmowano się tam wspólną lekturą.

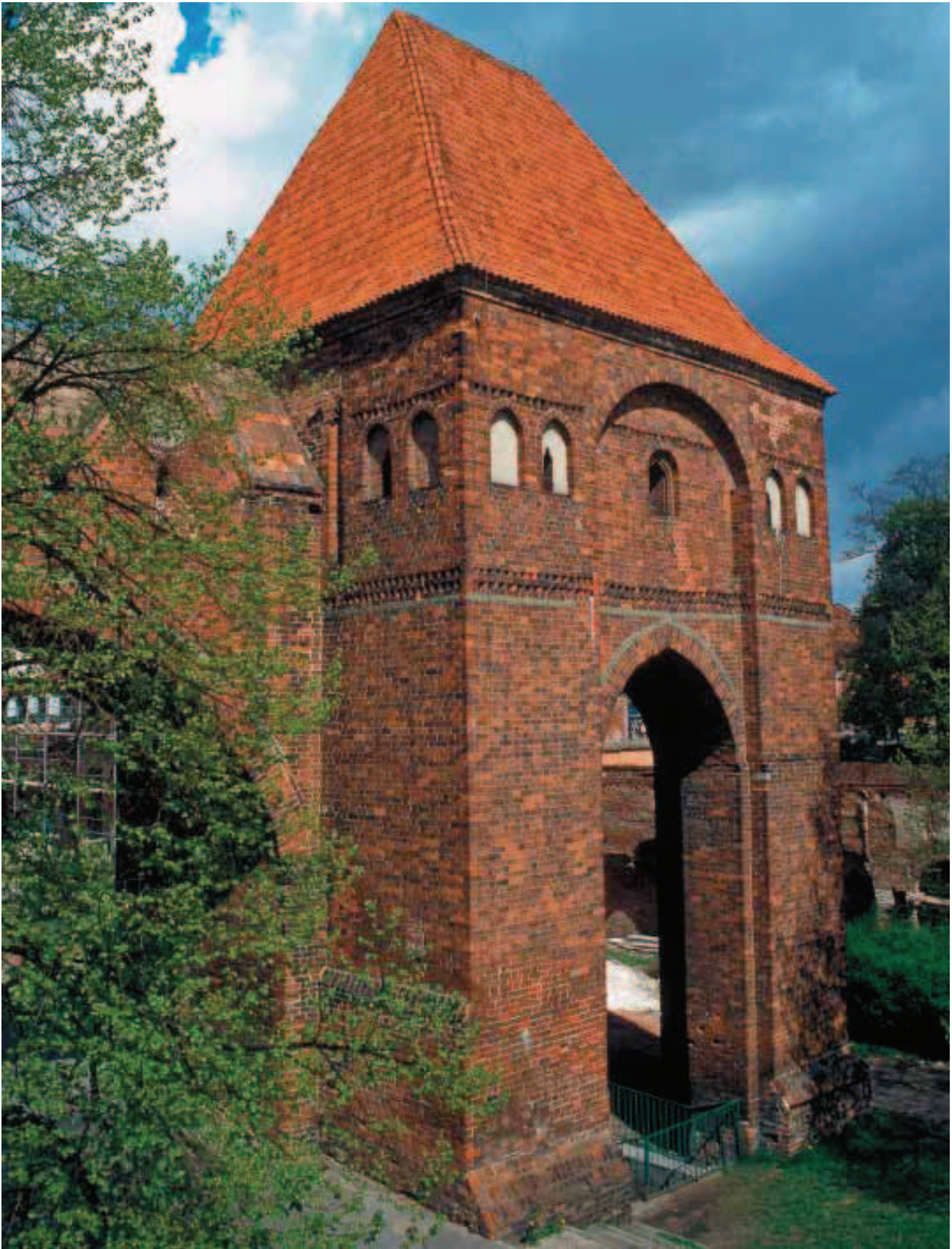
Kloaki w miastach umiejscawiano najczęściej na zapleczu działki, często w bezpośrednim sąsiedztwie studni. Były to obiekty proste konstrukcyjnie, wymagające cyklicznego opróżniania i mieszczące się w myśl obecnie stosowanej terminologii, w typie studni chłonnych. Służyły do wprowadzania nieczystości płynnych do gruntu, przy częściowym ich oczyszczeniu w przypadku zastosowania warstwy filtracyjnej na dnie lub ścianach konstrukcji. Charakterystyczna dla kloak może być niestaranność ich wykonania, użycia do budowy gorszej jakości drewna lub przeznaczenia na nie wcześniejszych, niewykorzystywanych już w celu poboru wody studni. Najprostszą formą kloak były wykopane w ziemi jamy, wyłożone lub nie, deskami i faszyną. Bardziej zaawansowane technicznie ustępy, korzystały z rozwiązań konstrukcyjnych, znanych z budowy studni. W wielu przypadkach tak skonstruowane latryny obudowywano, nadając im formę współczesnych „sławojek” [10]. Nad kloacznym dołem, dbając niewątpliwie o wygodę, umieszczano drewnianą pokrywę otworu sedesowego. Deski sedesowe ze średniowiecza i nowożytności znane są z badań archeologicznych między innymi z Elbląga [9], Gdańska, Torunia i Wrocławia. W Elblągu stwierdzono, że praktycznie na każdej parceli w ciągu całego okresu jej istnienia użytkowano najczęściej dwie latryny, choć znane są tam również działki, gdzie używano tylko jednej kloaki, oraz trzech jednocześnie.

Interesująca architektonicznie forma „ustronnych miejsc”, gdzie nawet król pieszo chadzał, wykształciła się w XIII-XV-wiecznym budownictwie militarnym. Modelowym przykładem są zamki wybudowane przez budowniczych Zakonu Krzyżackiego. Ustępy zamkowe w budownictwie krzyżackim nazywamy gdaniskami (niem. Dansker). Najstarsze gdaniska krzyżackie powstały w połowie XIII wieku, a koniec ich wznoszenia przypada na stulecie XV. Przykłady

gdanisk możemy odnaleźć obecnie na ziemi chełmińskiej [11-12]. Gdanisko było budowlą ustępową, spełniającą jednocześnie funkcje obronne. Miało kształt wieży lub wykusza, nadwieszonego na murze obwodowym, znajdującym się nad płynącą lub stojącą wodą. Jednocześnie było oddalone znacznie od zamku

**Boży bród**

Na brak toalet uskarżali się nawet mieszkańcy Wersalu. Niejeden przyparty potrzebą strojniś opróżniał zawartość pęcherza prosto na ścianę lub framugę drzwi. Damy miały o wiele łatwiej, ponieważ pod potężnym stelażem, na którym rozpięta była suknia nie nosiły majątek. Wystarczyło więc na krótko zatrzymać się w miejscu i... Wniosek z tego, że Wersal nie pachniał fiołkami, chyba że służba rozpyliła wonności dla zabicia natarczywego smrodu fekaliiów i brudnych ciał.



[11] Charakterystycznym elementem zamku był wyprowadzony z naroża skrzydła wschodniego dansker (wieża kłoczna). Sięgał on około 32 metry poza obwód murów, prowadził do niego podparty na arkadach ganek z oryginalnym, ceglany zadaszeniem (foto Dariusz Zaród Photoagecy.com.pl)

## Ś R E D N I O W I E C Z E



[12] Toruń. Gdanisko z około 1300 r. (z archiwum W. Siwiak)



[13] Gdanisko – zamek w Kwidzynie (foto Dariusz Zaród Photoagecy.com.pl)

i połączone z nim przy pomocy ganku murowanego lub drewnianego, który mógł być wsparty na filarach. Woda nad którą sytuowano gdaniska, mogła być zamkową fosą (Malbork), strumykiem (Toruń, Kwidzyń), rzeką (Brodnica, Ostróda) lub jeziorem (Człuchów, Kowalewo Pomorskie). Głównym zadaniem wody było szybkie usuwanie nieczystości z najbliższego otoczenia warowni. Tego typu obiekty występowały również poza granicami państwa zakonnego. Ich przykłady odnajdziemy w budownictwie klasztornym, gdzie trzeba było dużej liczbie osób zapewnić odpowiednią liczbę ustępów. Funkcję tę pełniła między innymi zachowana do dnia dzisiejszego, baszta zwana „Kurzą Stopą” z zamku w Wawelu w Krakowie. W nowożytności gdaniska zatraciły charakter obiektów sanitarnych, będąc wykorzystywane do innych celów.

Humorystyczny powód dla którego miała powstać ta specyficzna forma toalety na zamku w Kwidzynie [13] podają XVII-wieczne przekazy pisane. Tamtejszy kanonik został zganiony przez biskupa za posiadanie kochanki. Skruszony „obiecał załatwić się na miłość”. Był to jednak tylko sprytny fortel. Kazał zbudować długi portyk na arkadach zakończony ustępem nad rzeczka Liebe (miłość), gdzie codziennie chodził za potrzebą, nie zrywając jednak z niemoralnym życiem.

Panaceum na zwiększenie ilości wody pozyskiwanej ze studzien prywatnych i miejskich, niezbędnym z uwagi na jej wciąż zwiększającą się konsumpcję i wzrastające zanieczyszczenie wód podskórnych w miastach, miały być powstające na terenie Polski od XIII-XIV wieku wodociągi. W Europie proces budowy wodociągów

i kanałów ściekowych w pierwszej kolejności objął w XI wieku klasztory. Następnie pojawiły się one w zamkach, a od XII-XIII wieku w miastach [14].

Można je podzielić na rurociągi dostarczające wodę zazwyczaj ze studni do jednego lub maksymalnie kilku odbiorców, oraz właściwe wodociągi, czerpiące wodę z rzek i źródeł, zasilające w wodę większą liczbę miejsc poboru usytuowanych w różnych punktach miasta. Zasilanie wodą miejskich posesji, powodowało w konsekwencji konieczność odprowadzania zużytej wody. Budowano w tym celu między innymi rynsztoki biegnące środkiem ulicy. Mogły to być oszalowane dranicami koryta, znane we Wrocławiu już w XIII wieku. Średniowieczne „urządzenie” wodociągowe składało się ze źródła-czerpalni i instalacji rozprowadzającej. Skuteczność tego układu była przede wszystkim zależna od kilku czynników, jak obfitości źródła, urządzenia czerpalno-podnoszącego, zbiornika i rurociągów. Ujęcie mogło się znajdować nad nurtem rzeki, powyżej miasta. W takim przypadku nurt rzeki decydował o wydajności instalacji, gdyż moc napędu uzależniona była od obrotów koła napędowego, przenoszonych następnie na koło czerpalne. Na obwodzie koła czerpalnego umocowane były wiadra-nabieraki, oddające nabraną wodę do koryta, za pośrednictwem którego docierała do zbiornika. Ze zbiornika woda systemem podziemnych rurociągów była następnie rozprowadzana po mieście. Rury kładziono przeważnie na głębokości 1,5-1,8 m poniżej poziomu przemarzania gleby. W razie płytkiego posadowienia rurociągu przebiegającego przez sady i ogrody, jak miało to miejsce



[14] Wodociąg z XV w. – drzeworyt z 1550 r.



[15] Wrocław. Fragment średniowiecznego wodociągu (foto T. Gąsior)

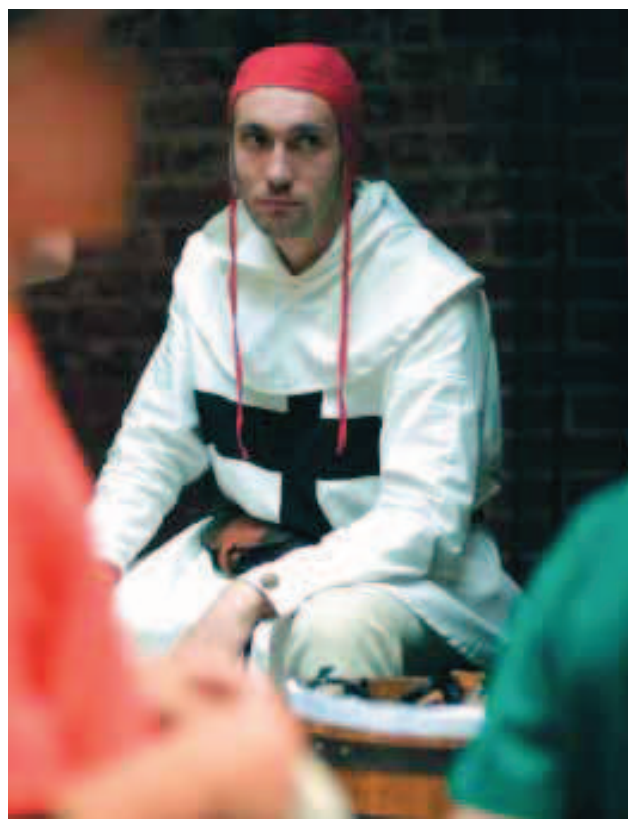


[16] Zamek krzyżacki w Malborku (©Photofactory®)





[17] Studnia na Zamku Wysokim w Malborku (foto 1896 r. Muzeum Zamkowe)



(©Photofactory®)

# Ś R E D N I O W I E C Z E

w przypadku fragmentu sieci wzmiankowanej w Warszawie od 1625 roku, rury na okres zimowy przykrywano gnojem, który usuwano na wiosnę. W ośrodkach miejskich nie posiadających wodociągów, pobór wody odbywał się przy pomocy studni czerpalnych, lokowanych w miejscach występowania wysokiego poziomu wód gruntowych. Studnie kopane w miastach, publiczne czy prywatne, aż do przełomu XIX/XX wieku spełniały podstawową rolę w bieżącym zaopatrywaniu ludności w wodę. Działały nawet w miastach gdzie funkcjonowały sieci wodociągowe, stając się dowodem, iż ówczesne wodociągi nie zaspokajały w pełni potrzeb mieszkańców.

W miastach gdzie działały wodociągi, prócz studzien kopanych, funkcjonowały publiczne rząpia wodociągowe, czyli zbiorniki służące do poboru wody. Miały kształt skrzyń lub beczek, usytuowanych w różnych punktach ośrodka [18]. W średniowieczu instalacje wodociągowe nie posiadały systemów filtracyjnych. Ich funkcję pełniły studnie osadnikowe gromadzące szlam. Lokalizowano je poniżej przewodów wodociągowych. Rząpia te jednocześnie spełniały wspomniane funkcje zbiorników poboru wody lub przepływowe. W miastach zachodnioeuropejskich takim publicznym punktem poboru wody nadawano w średniowieczu niekiedy formę ozdobnych fontann.

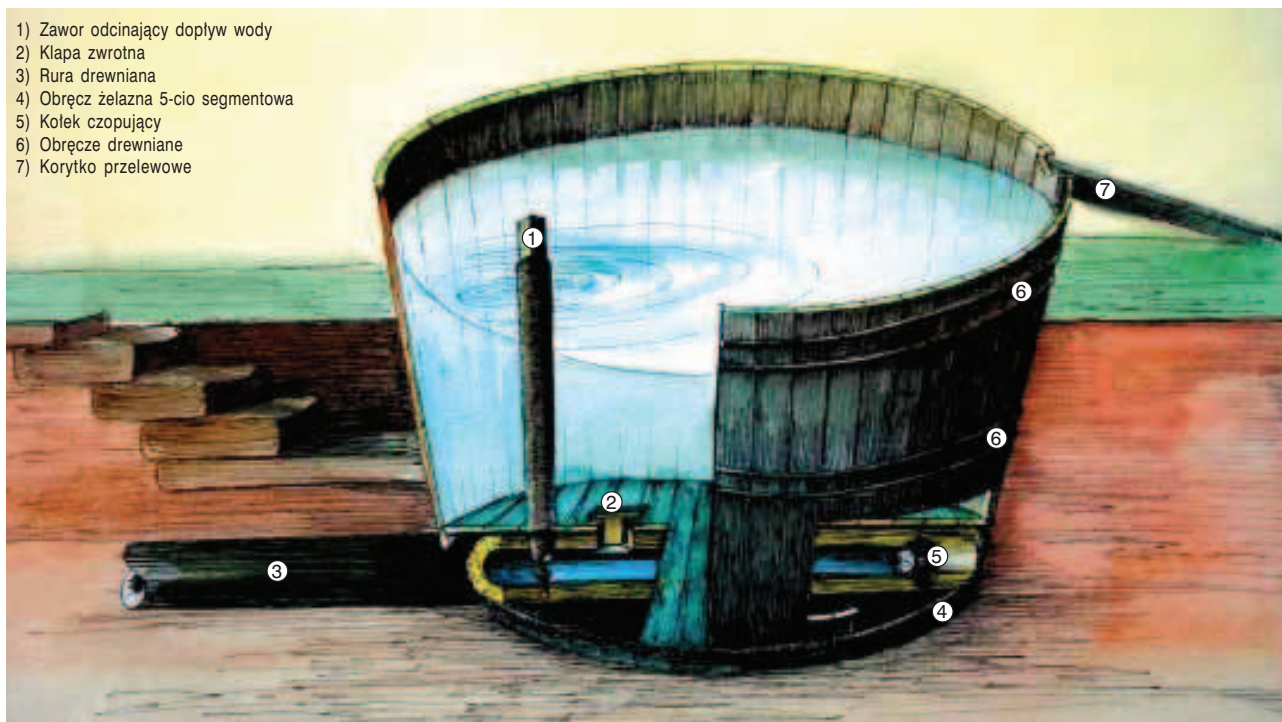
Najstarsze wzmianki wspominające budowę wodociągów na obecnych ziemiach polskich pochodzą z końca XIII wieku z Krakowa, Poznania i Wrocławia. W znanej wzmiance z 1272 roku z Wrocławia, jest mowa o przyzwoleniu otrzymanym przez mieszczan wrocławskich na prowadzenie i korzystanie z wody dla własnych potrzeb. Informację tę jednak uważa się za XIV-wieczny falsyfikat. Dopiero rachunki miejskie Wrocławia z lat 1386-1387 informują o budowie wodociągów z rurmusem. W rurmusie zainstalowano koło czerpakowe do którego przymocowano 160 drewnianych wiader-czerpaków. Wspom-

niano również wtedy rurmistrza pobierającego opłatę w wysokości 6 grzywien. Ogromne koło czerpakowe wybudowano w 1394 roku w niemieckiej Bremie. Jego łopatki były poruszane prądem rzeki, a zawieszono na kole kubły podnoszący przy każdym obrocie 1200 litrów wody na wysokość 13 metrów.

Z 1282 roku znany jest przywilej Przemysła I, zezwalający księżom Dominikanom w Poznaniu, na budowę wodociągu od młyna książęcego na Warcie do klasztoru. Można sądzić, że właściwe miejskie wodociągi powstały w Poznaniu w XIV wieku. W 1399 roku wspomniano w źródłach rurmistrza Janusza.

W Krakowie najstarsza informacja związana z wodociągami także łączy się z klasztorem. O doprowadzeniu wody do klasztoru Dominikanów w Mydlnikach pod Krakowem informuje przywilej Leszka Czarnego wydany w 1286 roku. Początek wodociągów krakowskich datuje się na pierwsze lata XIV wieku. Z zachowanych dokumentów wynika, że już w XIII wieku istniał system sztucznych odkrytych kanałów, zaopatrujących miasto w wodę. Pierwszym znanym rurmistrzem krakowskim był Piotr Swalmus, odnotowany przez źródła pisane w 1385 roku. W 1399 roku rozpoczęto budowę krakowskiego rurmusa z kołem grzebieniastym. Pełniło ono funkcję mechanizmu przenoszącego siłę na inne koło, przez które przewieszono łańcuchy z przymocowanymi skórzanymi konwiami lub wiadrami. Od drugiej połowy XV wieku zaczęto w Europie stosować w rurmusach pompy. Wodociągi w Krakowie, budowane były ze środków miasta, a koszty ich konserwacji dzielono wspólnie z odbiorcami, poprzez ustalenie podatku wodociągowego za korzystanie z sieci. Był on zróżnicowany, w zależności od tego jakie zyski przynosiła dana posesja jej użytkownikom. Każdy obywatel krakowski mógł połączyć posesję z wodociągiem miejskim. W XV wieku wystarczyło otrzymać od rady miasta pisemne oświadczenie: My, rajcy miasta Krakowa, zezwalamy,

- 1) Zawór odcinający dopływ wody
- 2) Kłapa zwrotna
- 3) Rura drewniana
- 4) Obręcz żelazna 5-cio segmentowa
- 5) Kolek czopujący
- 6) Obręcze drewniane
- 7) Korytko przelewowe



[18] Punkt czerpalny (arch. MPWiK Lublin)

## Ś R E D N I O W I E C Z E

aby ... (imię) miał wszelaką swobodę doprowadzenia sobie do domu wody z wodociągów miejskich własnym kosztem i przeprowadzenia rury na rzeczoną ulicę do własnej studni albo cysterny, alias rząpi. Z XV wieku znanych jest dziewięć pozwoleń na przyłączenie posesji do wodociągu. Z upływem lat liczba przyłączy systematycznie wzrosła. W krakowskich rachunkach miejskich z 1625 roku odnotowano 210 parcel podłączonych do sieci.

Budowa wodociągów nie była zadaniem łatwym. Przed przystąpieniem do prac należało uzyskać królewskie przyzwolenie, zebrać środki finansowe, wykonać projekt i zatrudnić fachowców. Miasto podpisywało umowę z rurmistrzem na wykonanie wodociągu, a on dobierał sobie współpracowników. Dopiero po spełnieniu tych wszystkich warunków, można było przystąpić do prac. Inwestycję często uniemożliwiały koszty dodatkowe, związane z niekorzystnym położeniem miasta i niemożnością zastosowania grawitacyjnego przepływu wody. W przypadku, gdy miasto było wyżej położone niż ujęcie wody, musiano ją podnieść na wyższy poziom. Wiązało się to z budowaniem rurmusu, czyli wieży ciśnieniowej w której umieszczano urządzenie podnoszące wodę. Rurmusy po raz pierwszy pojawiły się w Niemczech w końcu XIII wieku. Najistotniejszą częścią rurmusów były budowane przeważnie z drewna koła czerpakowe. Na ich obwodzie zawieszano kubły, wiadra lub na stałe zamontowane drewniane skrzynki, tzw. koła „skrzynczaste”. Koła czerpakowe poruszano za pomocą kół wodnych, kieratów lub kół deptakowych. W celu przesłania siły z koła wodnego, kieratu lub koła deptakowego korzystano z mechanizmów transmisyjnych. Składały się na nie koła palczaste i zębiające się z nimi cewie, prototypy kół trybowych. Uruchamiane w ten sposób koła czerpakowe stosowane w rurmusach, były zdolne podnosić wodę na potrzebną wysokość. Następnie wylewać wodę do zbiornika za pośrednictwem którego kierowano ją drewnianymi rurami do punktów poboru zlokalizowanych w różnych punktach przestrzeni miejskiej.

Ważnym argumentem przemawiającym za szybkim powstaniem wodociągów, były obfite źródła czystej wody zlokalizowane blisko miasta. Budowanie specjalnych kanałów, upustów i tam oraz wielokilometrycznych odcinków rur od źródła do miasta znacznie podrażało inwestycję. Projektując wodociąg musiano również zapewnić odpowiednią różnicę poziomów pomiędzy miejscem poboru wody, a punktem jej odbioru, celem maksymalnego wykorzystania do spływu wody sił grawitacji. Wodociągowców nazywano rormagister, magister cannalium, magister aquae, canalium rector, canalista, Rohrmeister lub rurmistrzami. Czasami zapisywano ich jako aqueductor. Określenie to jednak mogło również oznaczać osobę wodę noszącą lub dostarczającą, czyli nosiwodę. Wśród osób zawodowo zajmujących się dostarczaniem wody byli również określani mianem fontanus. Nie byli to jednak rurmistrze, a prawdopodobnie studniarze, zajmujący się budową studni kopanych. Wśród personelu fachowego budującego i konserwującego wodociągi, znajdowali się również powroźnicy. Wzmacniali, przykładowo w Sieradzu, w połowie XVI wieku, sznurami konopnymi metalowe łączenia rur. Przy budowie wodociągów pracowali także w przypadku korzystania z rur ceramicznych wyspecjalizowani garncarze oraz zwykli kopacze.

Nie można zapomnieć o wytwórcach rur drewnianych. Osobę wierzącą rurę we Lwowie nazywano wierczochem, a sam proces jej wykonywania terebratio lub perforatio canalium. Nieznana pozostała wydajność lwowskiego urzędnika do wiercenia rur. Nieco światła na tą kwestię daje nam rękopis dołączony do Monachijskiego Kodeksu Mariano (1430). Umieszczono w nim rycinę przedstawiającą maszynę do wiercenia rur. Z opisu dowiadujemy się: „To jest podstawa, na której wierci się rury. To zrobili ci z Norymbergi. Za pomocą tego wierci się codziennie 15 rur, z których każda jest osiemnaście stóp długa”. Norymberczycy byli więc w stanie w 1. połowie XV wieku przygotować w ciągu jednego dnia 15 sztuk rur o długości 6 metrów każda.

Korzystano także z pomocy młynarzy, zaznajomionych w budowie instalowanych w rurmusach pionowych kół wodnych i analogicznego procesu wytwarzania energii potrzebnej do poboru wody dla potrzeb wodociągów, jak w przypadku zaopatrywania się w wodę młynów wodnych. We Lwowie przy budowie wodociągów korzystano także dość często z usług murarzy. Wyścielali oni kamieniami wnętrza wykopanych kanałów na podłożu dla rur oraz budowali murowane przewody dla spływu wód. Koszty ponoszone w związku z utrzymaniem wodociągów były skrupulatnie zapisywane w wykazie miejskich wydatków. Zachowane spisy wydatków informują o zakupionych materiałach i wypłatach za wykonane roboty. Koszty utrzymania wodociągów mogły być w księgach miejskich wydzielone, tworząc osobną grupę jak w przypadku wodociągów warszawskich czy lubelskich w XVI-XVII wieku. Do okresowych czynności zapewniających sprawność sieci, należało tzw. lozowanie (luzowanie) rur, czyli wymiana uszkodzonych na nowe. Do tego należało doliczyć ceny złączy tzw. buks, lepiszcza i robocizny.

Znacznie łatwiejsze technicznie wodociągi grawitacyjne, nie wymagały zatrudniania wysoko wykwalifikowanych magister cannalium. Wystarczyło sprawne opanowanie wyrobu drewnianych rur, dwudzielnych lub jednocześnie wierconych. Zasada dystrybucji wody, w przypadku sieci grawitacyjnych i korzystających dodatkowo z rurmusów była taka sama. Większość mieszkańców, jeśli nie miała doprowadzonego przyłącza ruruciągu bezpośrednio na swą posesję, korzystała ze wspomnianych studni publicznych. Były to przede wszystkim drewniane skrzynie, nazywane „zbiornikiem wody”, „rurą”, „rząpiem” lub „studnią”, do których doprowadzano wodę z najbliższych ujęć za pomocą drewnianych rur. Jako rur używano głównie specjalnie wyselekcjonowanych i wydrążonych pni drzew lub rzadziej kształtek ceramicznych.

Z zachowanych źródeł wiadomo, że w Gdańsku wodę pitną pierwotnie czerpano z naturalnego, otwartego nurtu Potoku Siedleckiego określonego w XIV-XVI wieku jako „Freiwasser”. W pierwszej połowie XIV wieku wodę pitną doprowadzano również do studni publicznych drewnianymi rurami z Kanału Raduni. Na Głównym Mieście w Gdańsku wodociągi działały już w połowie XIV wieku. Źródła pisane z lat 1379-1382 informują o wydatkach związanych z wykonaniem przewodu doprowadzającego wodę do miasta, dostarczaniem drewna, oczyszczaniem i budową studni, zakupem cegieł do studni

**Czy wiesz, że...?**

W średniowieczu kanalizacja miast upadła zupełnie. Otwartymi rowami wzdłuż ulic płynęły ścieki i woda deszczowa, kierując się w najlepszym przypadku do rzeki. Nieczystości z dołów kloacznych wywożono beczkami za miasto, ale gdy nikt nie widział i mimo że było to surowo zakazane, zrzucano nawet do rowów przyulicznych. Nierzadko zawartość beczek opróżniano do pobliskiej rzeki.

i wykonaniem krat przy kanale. Opisy elementów i wykonanych prac przy budowie wodociągów gdańskich w XIV wieku, zezwalają przypuszczać, że sieć ta była zbliżona do znanych z tego okresu z innych miast polskich, gdzie drążone pnie drzew łączono były między innymi przy pomocy żelaznych nakładanych na styki obręczy. Woda drewnianymi rurami była doprowadzana do publicznych studni, których na obszarze całego miasta miało być 594. Do dziś zachował się słynny gdański Neptun [19] oraz studnia przylegająca do Wielkiej Zbrojowni. Od początku XV wieku w Gdańsku jakość wody pitnej dostarczanej do studni miejskich i prywatnych budziła wątpliwości i podejrzenia o powodowanie epidemii. Od połowy XIV wieku istniał również drewniany wodociąg w Opolu, który doprowadzał wodę z rzeki do prywatnych i publicznych zbiorników. Nad jego sprawnym funkcjonowaniem czuwał rurmistrz (Wassefhrer), wymieniony po raz pierwszy w dokumentach miejskich z 1369 roku. Za korzystanie wody ze zbiorników pobierano opłaty. Poza tym wodę czerpano ze studzien wywierconych w kilku punktach Opoli.

We Lwowie budowę wodociągów rozpoczęto w 1404, a ukończono w 1407 roku, gdy wzmiankowany jest Piotr Stecher, budowniczy miejski. Według tradycji, pierwszy wprowadził do wnętrza otoczonego murami miasta wodę źródlaną za pomocą rur glinianych. W przypadku Lublina przyjmuje się, że najstarszy wodociąg funkcjonował co najmniej w latach 30. XV wieku. W XV wieku sieci wodociągowe wybudowano jeszcze między innymi w Krośnie (1461), Nowym Sączu (1465) i Płocku (1498) oraz Piłźnie w Małopolsce (1487).



[19] Studnia – fontanna Neptuna w Gdańsku uruchomiona w 1633 r.

## Z historii higieny

### Średniowieczny brud

Kryteriami oceny czystości w średniowiecznej Europie był wzrok i węch. Mimo to, pojęcie czystości istniało wraz ze swymi wymogami, powtarzanymi czynnościami i kryteriami. Higiena wydaje się jednak schlebiać pozorom. Normy wyraża się i demonstruje. Różnica w stosunku do dnia dzisiejszego polega na tym, że zanim norma ta zaczęła dotyczyć skóry, odnosiła się wyłącznie do bielizny, elementu natychmiast dostrzeżanego. Woda natomiast nie kojarzyła się z czystością. Przypisywano jej działanie magiczne. Ciało noworodka uważano za całkowicie porowate. Dlatego stosowano technikę masowania dłonią maczaną w ciepłej wodzie. Masaż miał usunąć z jego skóry krew i śluz pozostałe po porodzie. Przede wszystkim jednak miał on formować pożądaną kształt fizyczny. Kąpiel była więc konieczna dla ukształtowania pięknego ciała. Skóra niemowlęcia musiała być nieustannie smarowana. Do „zatykania” porów służyły przede wszystkim sól, oliwa i wosk. Ciało było nimi powlekane niczym przedmiot. Niemowlęta smarowane były olejkiem różanym i jagodowym, popiołem z rogu wolego albo ołowiu. Specyfiki te dokładnie rozcierano i mieszano z winem. Jednak powtarzanie tego zabiegu w późniejszym wieku uważano za szkodliwe. Właśnie dlatego nogi Delfina, przyszłego Ludwika XIII nie były myte do czasu ukończenia przezeń szóstego roku życia. Pierwsze zanurzenie ciała w wodzie (poza tym bardzo krótkim po urodzeniu) odbyło się gdy Delfin miał siedem lat.

W księgach poświęconych zdrowiu z XVI wieku wspomina się o niektórych zapachach ciała, które powinno się usuwać. Erazm z Rotterdamu pisał: „Aby zapobiec odorowi spod pach, które cuchną capem, należy dotykać skóry i nacierać ją gałkami różanymi”. Uwagę skupiano na widocznych częściach ciała: rękach i twarzy. Poranne zmaczanie twarzy zimną wodą było oznaką schludności i zdrowia. Jednak w regułach dobrego wychowania z XVII wieku wymienia się szereg nakazów, by mycie zastąpiono wycieraniem. Twarz zaczęto więc oczyszczać białą szmatką. Uważano, że w ten sposób skutecznie można usunąć brud. Skóra natomiast, jej koloryt, pozostawały w naturalnym stanie.

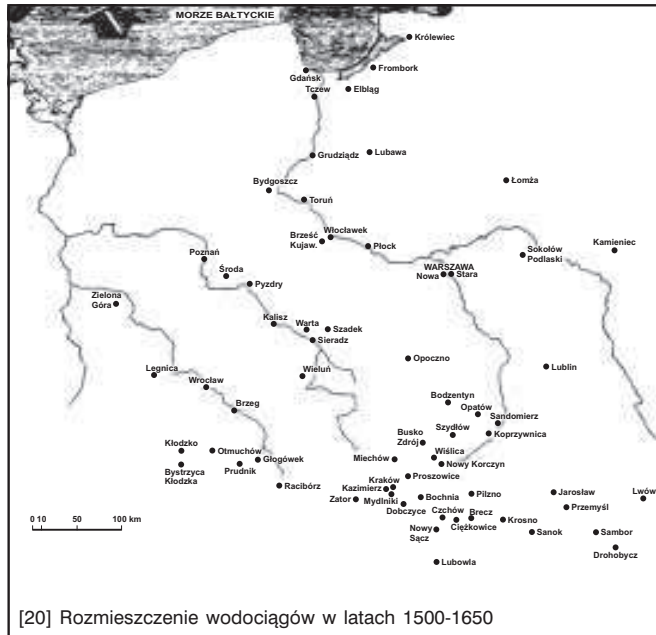
W średniowieczu mycie wodą było nie wskazane, szkodziło na wzrok, powodowało bóle zębów i katar. Uważano, że twarz po kontakcie z wodą staje się blada, podatna na chłód w zimie i upał w lecie. Sądzono, że umyta skóra otwarta jest na zarazę i inne, bliżej nieokreślone choroby. Natomiast w odwrotną stronę przez pory na zewnątrz miały wydobywać się z organizmu ciecze hormonalne zasobne w energię. Dlatego właśnie kąpiel miała osłabiać, powodować głupotę, niszczyć potęgę siły i cnoty. Nie wolno było więc brać kąpeli, nie narzucając sobie uprzednio koniecznych rygorów. Po jej ukończeniu należało wypościć, poleżeć w łóżku i przywdziać odpowiednią odzież. Jeśli nie stosowano się do tych wskazówek, kąpiel mogła być niebezpieczna. Konieczność podjęcia środków ostrożności skomplikowała czynność mycia tak, że rzadko ją stosowano. Nie warto było trudzić się i jednocześnie narażać na chorobę. Dochodzono nawet do takich skrajności, jak ekstrawagancka propozycja Bacona, który uważał, że woda powinna mieć podczas kąpeli taki sam skład jak materia ciała. Płyn winien uzupełniać wymykające się z ciała substancje i nie powodować zakłóceń w równowadze jego składu.

# XVI W. – I POŁOWA XVII WIEKU

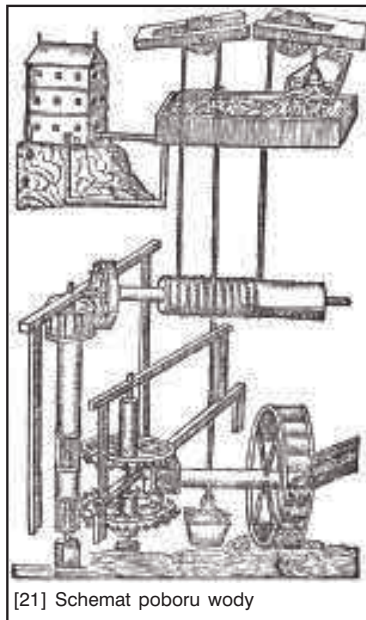
## XVI wiek – I połowa XVII wieku

W związku ze stale powiększającą się liczbą ludności w miastach, radykalnie rosła również potrzeba efektywniejszego zaopatrywania jej w wodę. Woda prócz celów konsumpcyjno-higienicznych, była także masowo zużywana na przykład przez browary, piekarnie i garbarnie, choć te ostatnie starano się lokować jak najbliżej jej źródła. Rosnące potrzeby mieszczan wymuszały konieczność przybliżenia punktu poboru wody dla jej odbiorcy. XVI wiek to czas rozwoju urządzeń wodociągowych w Polsce. Liczba miast budujących wodociągi szybko wzrastała. Urzędy miejskie królewskich i prywatnych miast licznie ubiegały się w tym okresie o przywilej na budowę własnego wodociągu. W latach 1500-1650 pozwolenie na budowę urządzeń wodociągowych otrzymało około 40 miast i miasteczek w granicach ówczesnej Polski. W okresie tym nie tylko budowano nowe, ale również przebudowywano i modernizowano wcześniej powstałe instalacje wodne. Łącznie około 60 miejscowości znajdujących się w granicach Rzeczypospolitej (tj. około 5%) posiadało własne wodociągi. [20] Nie były one jednak rozłożone równomiernie w granicach państwa. Stosunkowo najwięcej było ich w Małopolsce, gdzie występowały wyjątkowo dogodnie warunki wynikające z ukształtowania terenu. Dawało to dogodniejsze możliwości niż na obszarach nizinnych, zastosowania tańszych wodociągów grawitacyjnych. W przypadku miast, gdzie nie można było zastosować naturalnej grawitacji, rosły znacznie koszty budowy sieci wodociągowej, a w dalszym etapie jej użytkowania trzeba się było liczyć z dodatkowymi środkami na jej konserwację i bieżącą naprawę ówczesnych wiez ciśnień – rurmusów [21].

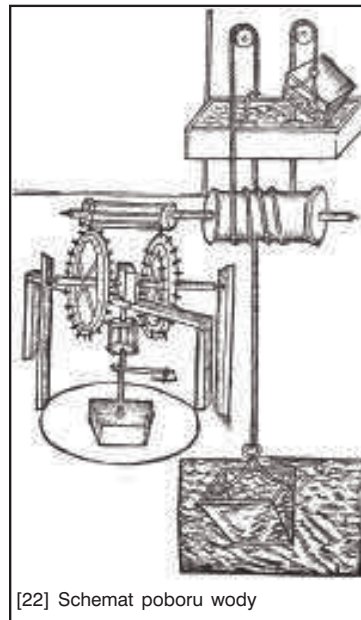
Zapewne z tego powodu na Mazowszu i kresach wschodnich, tylko duże i silne ekonomicznie ośrodki miejskie, jak Stara i Nowa Warszawa, Płock, Łomża, Wilno, Drohobycz, Lublin i Lwów, mogły sobie pozwolić na taką inwestycję. Stosunkowo więcej wodociągów powstało w miastach kujawskich, wielkopolskich i biskupich na Warmii. W Olsztynie sieć wodociągowa została uruchomiona w pierwszej połowie XVI wieku. Według tradycji miała powstać z inicjatywy samego Mikołaja Kopernika. Z osobą Kopernika próbowano łączyć również budowę wodociągów w innych miastach, w tym we Fromborku, Toruniu i Działdowie. Przepuszczenie o rzekomo inżyniersko-wodociągowej działalności Mikołaja Kopernika w Prusach rozpowszechnione zostało w polskiej literaturze historycznej okresu międzywojennego. Badanie zachowanych archi-



[20] Rozmieszczenie wodociągów w latach 1500-1650



[21] Schemat poboru wody



[22] Schemat poboru wody

waliów na temat „wodociągów kopernikańskich” przesunęło otaczającą ją tradycję do kategorii pomylek historycznych. Nie istnieją żadne przekazy pisane współczesne Kopernikowi. Najstarsze z nich powstały dopiero w końcu XVII wieku. Od tego czasu pojawiają się w źródłach coraz częściej informacje o „wodociągach kopernikańskich” i dotyczą coraz większej liczby miast. W ośrodkach, w których nie powstały wodociągi, lub nie objęły znacznej części miasta, mieszkańcy w dalszym ciągu korzystali ze studni. Prócz funduszy miejskich, zdarza-

ło się, że miasto, jak w przypadku Sandomierza za panowania Zygmunta I Starego (1506-1548), wykorzystywało na budowę wodociągów miejskich środki z prywatnych dochodów królewskich. W innych przypadkach budowa wodociągu mogła być finansowana ze specjalnego podatku nałożonego na mieszczan, a także z funduszy poszczególnych obywateli, szlachty lub duchowieństwa.

# DZIEJE WODOCIĄGÓW

W ten sposób powstały wodociągi w Ciężkowicach, gdzie mieszczanin Piotr Bembenek przeznaczył na ich budowę 200 złp. oraz w Kamieńcu, wybudowane kosztem mieszczanina Narsesa.

W Szczecinie pierwszy udokumentowany ślad budowy wodociągu pochodzi z 1577 roku, kiedy to

Książę Fryderyk remontował Zamek Książąt Pomorskich i postanowił doprowadzić do niego wodę. Do budowy wodociągu mistrz Szymon Petzke potrzebował 400 pni drewna smolnego, 20 sztuk drewna olchowego, 15 dębowych dyli, 8 dębowych bel oraz 800 żelaznych puszek. Materiały te kosztowały 207,5 florena, a zapłata za robociznę wyniosła 600 florenów. Niezahamowany wzrost zapotrzebowania miast w wodę, stał się również motorem napędowym dla ciągłego unowocześniania stosowanych w tym zakresie rozwiązań technicznych. Zwracano równocześnie uwagę na lokalizację ujęć, czystość i jakość wody. Wymagało to niekiedy budowy rurociągu długości kilku kilometrów. Postąpiono tak w Poznaniu, który w umowie z 1521 roku zapewnił sobie wodę z oddalonego wówczas od miasta o 7,5 km jeziora. W Lublinie i Toruniu sprowadzano wodę z ujęcia odległego o 4 km, a w Bydgoszczy niecałe 2 km od miasta.

W celu podniesienia wody na wyższy poziom budowano znane już z XIV-XV wieku rurmusy czerpakowe [22]. W porównaniu ze średniowiecznymi, XVI-wieczne koła czerpakowe były znacznie większych rozmiarów. Do pompowania wody mogła być również wykorzystywana siła wiatru [24]. Rurmus we Fromborku, zbudowany w latach 1571-1572 podnosił wodę na wysokość 22-25 m (80 stóp) dzięki czerpakom zawieszonym nie na kole, lecz na dwóch równoległych wałach, z których niższy napędzany był kołem wodnym. Równie duży rurmus wybudowano we Wrocławiu w 1539 roku, w którym koło osiągnęło średnicę około 15 m, a w następnym, zbudowanym w 1607 roku około 20 m. Interesujące urządzenie wodociągowe znajdowało się w Warszawie. Opisał je w 1643 roku angielski podróżnik Peter Mundy. Nie był to jednak element sieci miejskiej, a urządzenie prywatne zasilające w wodę jeden z warszawskich pałaców. Skonstruowane przez włoskiego inżyniera, miało podnosić wodę na znaczną wysokość. Składało się z kilku kół, z których do największego przymocowano dużą liczbę naczyń. Koło to raz poruszone, dostarczało wodę na wyższy poziom przy pomocy pomp i rur. Część wody używał pałac, a reszta sphywała do przymocowanych naczyń, powodując dalszy obrót koła. Miało być to swoiste perpetuum mobile. Po śmierci konstruktora skomplikowane urządzenie napędowe zastąpiono

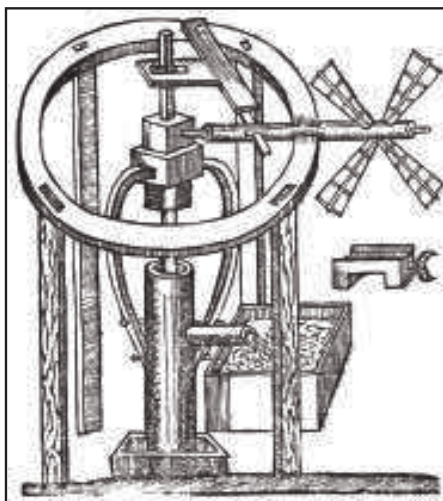
kieratem o napędzie ludzkim. Pracowało przy nim 12 jeńców tatarskich. Korzystano również z rozwiązań technicznych zaprojektowanych w starożytności. Urządzenie takie, znane z dzieła Witruwiusza „O architekturze ksiąg dziesięć” jako cochlea (ślimacznica) zastosowano w Poznaniu.

Podstawową część urządzenia stanowił wał z nałożonym zwojem śrubowym w nieruchomej rurze. W ramach ulepszenia urządzeń wodociągowych w XVI-XVII wieku wprowadzano również w miejsce małych wydajnych kół wodnych, pompy tłokowe. Pompy tłokowe wprawiano w ruch za pomocą kół wodnych lub siłą zwierząt pociągowych.

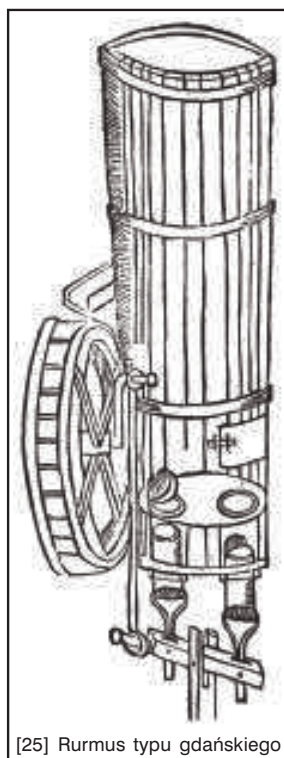
Nie poprawiła się natomiast znacząco sytuacja w zakresie urządzeń kanalizacyjnych. Rolę kanałów odprowadzających nieczystości pełniły przede wszystkim rynsztoki biegnące po obu stronach lub środkiem ulicy. Tylko duże miasta mogły sobie pozwolić na budowę podziemnych kanałów kanalizacyjnych, odprowadzających nieczystości poza miejskie mury. Mogły nimi być, stosowane również do przepływu wody, drewniane kanały wydrążone

w sosnowych, okrągłych lub czworobocznych w przekroju pniach, zakrytych od góry deskami. Usuwanie błota i gnojów z ulic regulowały specjalne rozporządzenia rad miejskich, zrzucając obowiązek zachowania czystości głównie na mieszkańców, rzadziej zatrudniając w tym celu specjalnie przeszkolonych ludzi.

Niewątpliwą nowinką techniczną, było zastosowanie w pierwszej połowie XVI wieku w Krakowie, wspomnianej już pompy przy rurmusie. Urządzenie takie posiadał również w 1624 roku Nowy Sącz. Pompę tłokową zastosowano także w wodociągu gdańskim. W wydanym w 1690 roku podręczniku ówczesnej mechaniki tak o nim pisano: „Rurmus gdański ma to osobliwego, że koło skrzynicaste pędzi wody tłokami w fosę dość szeroką i wysoką na kilkanaście łokci, otwieralną z boku dla chędożenia, która pod wierzchem przez kratę rozdaje wodę rurom” [25]. Urządzenia wodne jako niewątpliwie kosztowne i wymagające ochrony, były przeważnie umieszczone w budynkach zaduszonych, o dwu kondygnacjach, w pobliżu których mógł działać warsztat wykonujący rury wodociągowe i przechowujący niezbędne narzędzia. Rury wykonywano w dalszym ciągu przeważnie z drewna, a jedynie do ich łączenia, a także na luki i zagięcia stosowano żelazne lub ołowiane obejmy – złączki. Zakręty pokonywano również przy pomocy drewnianych studzienek pośredniczących, od których wychodziły rury w pożądanym kierunku, jak zaobserwowano to w Pokrzywnicy. Wyjątkowo, jak w przypadku miast dolnośląskich,



[24] Przyrząd służący do pompowania wody przy pomocy siły wiatru



[25] Rurmus typu gdańskiego

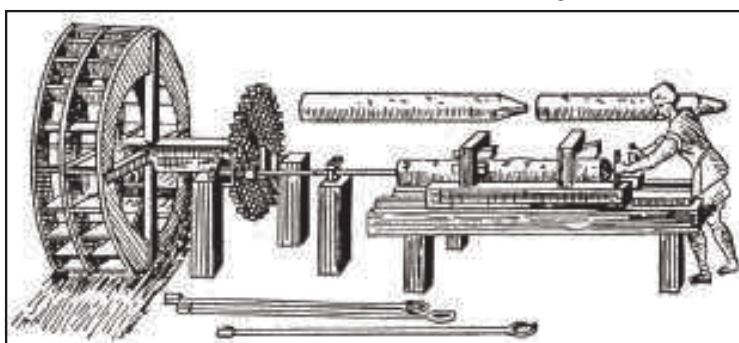
# XVI W. – I POŁOWA XVII WIEKU

w tym szczególnie w XIV-XVI-wiecznym Wrocławiu, stosowano rury ceramiczne o długości poszczególnych odcinków w granicach 30-60 cm i średnicy 8-12 cm. Rury ceramiczne z XIV wieku miały kształt zbliżony do puchara. Rozchylony brzeg jednego odcinka nakładano na zwężony drugi. Na przełomie średniowiecza i nowożytności uzyskiwały kształt cylindryczny z pogrubieniem na wpust. Nie wykonywano ich już na kole garncarskim, lecz na drewnianym rdzeniu. Powoli wypierały one we Wrocławiu tradycyjne rury drewniane. Wodociągi ceramiczne w pierwszym etapie budowy układano we wkopach nieckowatych, następnie oszalowanych. Sporadycznie stwierdzono fakt usztywniania członów ceramicznych za pomocą drewnianych kołków wbitych po obu stronach rury. Ostatecznie zdecydowano się je prowadzić przez zbudowane z drewna kanały ułatwiające dostęp do nich w przypadku uszkodzenia. Chroniło to dodatkowo rury przed zniszczeniem w wyniku nacisku gruntu.

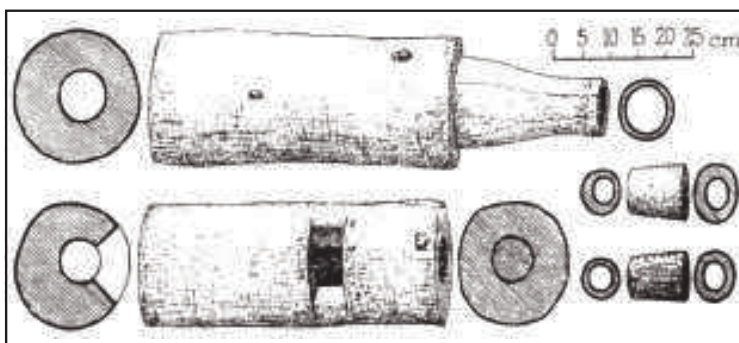
Ceramiczne rury w innych miastach Polski nie przyjęły się. Próbę ich zastosowania znamy również z Legnicy, Polkowic i być może Głogowa. Jak można sądzić na podstawie przykładu lwowskiego z początku XV wieku i ponownia próby ich zastosowania w latach 40. XVII wieku, nie były one zbyt praktyczne, łatwo ulegające przerwaniam i wymagające częstych napraw. Ceramiczne wodociągi, popularne szczególnie w miastach północno francuskich, łączono na surową glinę. Stosowano w ich przypadku dodatkowo przepływ wody na tym samym odcinku magistrali więcej niż jedną nitką wodociągu, jak we Wrocławiu maksymalnie trzema. Stosowanie kilku równoległych nitek magistrali wodociągowej miało zapewnić w razie awarii większy przepływ i ciągłość dostawy wody. Przepływ wody więcej niż jedną nitką wodociągu znany jest również odnośnie wodociągów drewnianych. Datowane ogólnie na XVI-XVII wiek podwójne drewniane magistrale wodociągowe odkryto w trakcie badań archeologicznych w Brzegu i Poznaniu.

Nie znalazły też szerszego zastosowania używane we Lwowie i Drohobyczu rury miedziane (*canales cuprei*) i spiżowe. Rzadziej korzystano do transportu wody ze wspomnianych koryt przykrywanych pokrywami. Przykłady ich zastosowań znamy z Pokrzywnicy, Krakowa, Torunia i Wrocławia. Wyrób takich przewodów był znacznie tańszy, gdyż nie wymagał pracochlon-

ego wiercenia. Na ich zastosowanie zezwalało również niewielkie ciśnienie, jakie panowało zazwyczaj w wodociągach grawitacyjnych. Miejsca połączeń w takich dwudzielnych rurach i pomiędzy kolejnymi ich odcinkami wypełniano mchem i oblewano smołą. Jako lepiszcza łączącego elementy przewodu wodociągowego używano również dziegciu. W średniowiecznym Toruniu zastosowano dodatkowo w konstrukcji takiego przewodu glinę. Koryto zaizolowano kilkucentymetrową warstwą iltu, na trwale utrzymującą miejsca połączenia przewodu. Il pełnił zarazem funkcję uszczelniacza uniemożliwiającego wyciek wody i przedostawanie się do przewodu zanieczyszczeń. Najpopularniejszą formą rur pozostały jednak aż do XIX wieku drążone rury drewniane, łączone przeważnie metalowymi pierścieniami nazywanymi buksami. Były one doskonałe technologicznie od rur dwudzielnych, stanowiąc nie-



[26] Urządzenie służące do wytwarzania drewnianych rur z 1615 r.



[27] Wrocław-Leśnica. Fragmenty drewnianych rur wodociągowych

odzowny element rozwiniętych technicznie wodociągów, w których woda przepływała pod ciśnieniem, a zastępowane były powoli od XVIII wieku przewodami żelaznymi. Długość drewnianych rur wodociągowych zależała od zastosowanej techniki wiercenia, a więc między innymi od długości użytych świdrow. Tak więc długość używanych rur wahała się od około 1 m do wyjątkowo 11 m (w Warszawie). Otwory w rurach były przeważnie okrągłe, ale zdarzały się i prostokątne. W Warszawie do uszczelniania połączeń rur używano prócz mchu tzw. targańca, czyli nasmołowanych paku. W XVII wieku wyrobem rur w Warszawie zajmował się rurmistrz.

We Lwowie rury drewniane (*canales lignei*, holcher rorn) spinano kłamrami i żabkami żelaznymi, spajano buksami, uszczelniano smołą, Inem, kopianiami, bawełną, a wyjątkowo miejsca połączeń zalewano tłuszczem. Różnorodny był również asortyment narzędzi wykorzystywanych do budowy i obsługi wodociągów. We Lwowie „naczynia” rurmistrzowskie przechowywano w wielkiej skrzyni przy budynku dawnego ratusza. Były w niej świdry, kłamry, łopaty, rydle, szypy, gwoździe, liny, buksy, nalewki, piły i tarany. Ze Lwowa znany jest również *Inwentarz rzeczy należących do kassy wodny*, który wymienia między innymi: *mapy na których wodociągi narysowano; łaski do chędożenia rur oraz warsztat nadpsowany u oo. Karmelitów do rur wiercenia.*

# DZIEJE WODOCIĄGÓW

Celem uniknięcia mechanicznych zanieczyszczeń wody, rurmi-  
strze instalowali przy otworach rur, w miejscach ujęć, przy stud-  
niach (rząpiach) specjalne sita. W Krakowie woda przepływała  
przez miotły i grzebienie, a w zimie przez kraty dla zatrzymania  
bryłek lodu. Poszczególne odcinki rur łączono także poprzez  
zastosowanie różnego rodzaju zacięć na ich końcówkach, umoż-  
liwiających wsunięcie jednego w drugi. Stosowano także ścina-  
nie końcówek rur na skos i łączenie ich na styk. Praktykowano  
również w działających jeszcze na przełomie XIX i XX wieku  
wodociągach drewnianych we Wrocławiu-Leśnicy spinanie rur  
poprzez znajdujące się na jednym końcu zwężone tuleje, wy-  
ciosane z jednolitego pnia. Przy ich pomocy poszczególne  
przewody łączyły się na zasadzie wpustu [27]. Uzupełnienie  
zastosowanego w tym przypadku rozwiązania technicznego sta-  
nowiły drewniane tuleje mniejszych rozmiarów, pełniące rolę  
łącznika z pozostałymi rurami.

XVI i XVII wiek to czas znacznej rozbudowy sieci wodociągowej,  
ogarniającej swym zasięgiem coraz większe partie miast. W Krako-  
wie do pierwszej połowy XVII wieku objęły one całe miasto  
w obrębie murów miejskich. Wodę doprowadzano do miejskich stud-  
ni, z których mogli pobierać ją mieszkańcy. Studnie publiczne umiej-  
scawiano przeważnie na rynku. Ponadto woda docierała rurami do  
innych pomniejszych zbiorników w poszczególnych punktach miast,  
a także do domów, na podwórka i raczej sporadycznie bezpośre-  
dnie do mieszkań. Możliwości techniczne dostarczania jej jednak bez-  
pośrednio do zabudowy mieszkalnej istniały, o czym świadczy choć-  
by zainstalowanie umywalki (lavabo) w krakowskim klasztorze na  
Gródku z dopływem wody oraz jej odpływem w dnie miednicy. Umy-  
walka z Krakowa na podstawie elementów dekoracyjnych datowana  
jest na lata 1520-1530. W 1634 roku Lwów posiadał 15 głównych  
nitek wodociągowych z odgałęzieniami, zaopatrującymi w wodę 86  
kamienic. Rozbudowaną sieć wodociągową posiadał również



[28] Lublin. Drewniana XVI-wieczna rura wodociągowa (foto MPWiK Lublin)



# XVI W. – I POŁOWA XVII WIEKU

Poznań, a w szczególności Wrocław, gdzie woda rozprowadzana była po całym centrum. We Wrocławiu funkcjonowała dodatkowo liczna sieć studni połączonych z siecią wodociągową. Przy studniach urządzano dodatkowe zbiorniki na wodę, w których jak na przykład we Lwowie przekupki przechowywały ryby, a w Poznaniu w 1582 roku 8 takich koryt przy ratuszu zarezerwowali wyłącznie dla swego użytku rajcy miejscy. W XVI wieku trzy drewniane zbiorniki na wodę pitną zlokalizowane na Rynku znajdowały się również w Opolu. Mogli pobierać ją właściciele domów, używając do tego celu wiader i konwi.

Rozmaicie bywało z jakością dostarczanej wodociągami do miast wody. Jej przydatność do spożycia w wielu przypadkach pozostawała dużo do życzenia. Dotyczyło to szczególnie miast pobierających wodę od istniejącej sieci z rzek, czy strumieni przez nie przepływających. Ujęcia w takich przypadkach były często zanieczyszczone przez rzemieślniczą produkcję i miejskie ścieki spływające do tych wód rynsztokami. Rury wodociągowe nie były również w pełni szczelne, co zwiększało możliwość zanieczyszczenia wody ściekami. Zdawano sobie sprawę często z gorszej jakości wody wodociągowej, o której w 1571 roku Piotr Crescentyn pisał: „... woda ludziom najzdrowsza do picia, która ze stoków ziemnych sama dobrowolnie wypływa, ... wody studzienne albo rurne ... nie są tak dobre, gdyż te mają wiele gęstości i lepkości. A najgorsza ta woda bywa, którą puszczają olowianymi rurami”. W kolejnych dziesięcioleciach ogłaszano drukiem nowe rozprawy na temat cech zdrowej wody i poszukiwań wód podziemnych. Rosła świadomość wpływu jakości wody na stan zdrowotny człowieka. Stanisław Solski w 1690 roku pisał: „Woda klarowna, słodka, zimna, a długo się nie psująca, jaka bywa źródelna i ze studzien, z których wiele wody na dzień wychodzi, jest zdrowiu ludzkiemu przyjazna. Rzeczki mętne i ludziom, i bydłom żołądek zamulają. Rzeczki ruskie kołtanem zarażają. Wody deszczowe brodawkami ręce osypują ...”

Miernej jakości woda miałyby być z kolei przydatna dla uzyskania dobrego piwa. Ze złą jakością wody pitnej wiązano wyjątkową jakość mocnego gdańskiego piwa Joppel. Zapewne jest to tylko jedna z licznych legend, lecz zaprzestanie produkcji tego piwa jest zbieżne z uruchomieniem w Gdańsku nowoczesnych wodociągów. Złą jakość gdańskiej wody wodociągowej w XVI-wieku opisał Włoch Aleksander Gwagnin oraz nuncjusz papieski Fluwiusz Ruggieri, który odnotował, że polskie piwa są tym lepsze, im gorsza jest woda z której są robione. Ruggieri jednocześnie podkreślił wysoką jakość gdańskiego piwa i zły stan wody.

Budowniczości wodociągów, którzy na zlecenie poszczególnych miast budowali, a następnie konserwowali działające wodociągi, byli już w XVI-XVII wieku przeważnie Polakami. Znaczny jednak ich odsetek, szczególnie w południowej Polsce, wywodził się z Czech. Miasta zawierały z nimi szczegółowe umowy dotyczące kosztów, a następnie utrzymania powstałej sieci i czerpanych przez nich korzyści. W umowach zwracano uwagę na ich sprawne funkcjonowanie, lata dzierżawy i naprawianie ewentualnych szkód mogących powstać w trakcie ich budowy. W Lublinie, na podstawie zawartej w 1506 roku umowy z rurmistrzem Janem, mieszkańcy byli wolni od jakichkolwiek opłat za wodę z wyjątkiem browarów od warów piwa i miodów, początkowo na rzecz rurmistrzów, a po upływie 6 lat na rzecz miasta. Do naprawy rur wodociągowych w okresie pierwszych 6 lat zobowiązali się majstrowie. Po kilku latach odnowiono umowy z rurmistrzami (1512 i 1514 r.) Chodziło o ograniczenie zbyt dużych docho-

dów rurmistrza Jana z tytułu eksploatacji wodociągu. Umowa z 1514 roku zobowiązywała rurmistrza do wyszkolenia ucznia „aby dokładnie był wyuczony i biegły w sztuce kanałów”, za co majster miał otrzymać 50 zł. wynagrodzenia. Także w umowie zawartej w 1541 roku pomiędzy Bydgoszczą, a rurmistrzem Walentym z Bochni, spreycyzowano, że do naprawy ulicznych bruków, jeśli takowe w trakcie budowy rurociągu uszkodzi, zobowiązany jest rurmistrz.

Koszty związane z funkcjonowaniem wodociągów miasta pokrywały z opłat wnoszonych przez mieszczan oraz właścicieli browarów i gorzelni, będących największymi w owym czasie odbiorcami wody. Istniały dwa rodzaje opłat jak opodatkowanie wszystkich obywateli miasta korzystających z wodociągu, oraz opłaty uzależnione od ilości zużytej wody, wnoszone przez browary od każdego wyprodukowanego waru piwa. W przypadku browarów płaciły one od ilości wyprodukowanego piwa, a nie całkowitej ilości zużytej wody w procesie technologicznym. Opłaty wnoszone na rzecz miasta nazywano *Contributio*, *Cannalium*, *Rurne*, *Census Aquarius*, *Rorgelt*. W Zielonej Górze znane instrukcje cesarskie z 1609 i 1649 roku wspominają o opłatach *Pfann und Wassergeldt*. Opłata *Pfann* (panewkowe) była pobierana od każdego koła wodnego, poruszającego między innymi młyny. Nie jest wyjaśniona opłata *Wassergeldt*. Nie była to należność za pobór wody do celów gospodarczych.

W Sandomierzu wodociąg miał dostarczać wodę do celów gospodarczych mieszkańcom, a także browarnikom, którym wymierzono opłatę w wysokości 6 groszy od każdego wyprodukowanego waru piwa. Ludzie biedni i żebracy mogli korzystać z wody bezpłatnie w łaźni miejskiej raz na dwa tygodnie. Zastrzeżona umową była również budowa zbiorników gromadzących wodę w poszczególnych dzielnicach miast. W 1549 roku rajcy poznańscy wydali specjalne pozwolenie na budowę zbiorników wodnych w dzielnicy żydowskiej, wraz z regulaminem korzystania z nich przez ludność chrześcijańską i żydowską. Z Poznania znamy również rozporządzenie wydane w 1562 roku i ponowione w 1600 roku, zakazujące wylewania plugawych rzeczy na ulicę i nakazujące zabezpieczyć wodociągi w domach narożnikowych. Nieczystości w Poznaniu miano wylewać do „zabu”, czyli prawdopodobnie specjalnego kanału. Możliwe, że na przełomie XV i XVI wieku w Krakowie dotychczasowe rynsztoki odprowadzające nieczystości i wody deszczowe zaczęto ubodowywać i łączyć w system podziemnych kanałów biegnących pod miastem. Odprowadzały one nieczystości i wody opadowe za pośrednictwem fos do Wisły.

Powstająca w miastach sieć wodociągowa nie była jednak często w stanie zapewnić dostatecznej ilości wody. Brakowało jej w momentach zwiększonego zapotrzebowania, na przykład jarmarków. Wpływ na ilość dostarczanej wody miały również susze, powodujące niski stan rzeki, z której akurat czerpano wodę oraz awarie rurmistrzów czy też często brak dostatecznej dbałości władz miejskich o urządzenia wodociągowe. Niewydolność sieci wodociągowej powodowała również pogarszająca się w XVII wieku sytuacja ekonomiczna miast i minimalizowanie w związku z tym wydatków na ich konserwację i modernizację. Do ich prawie całkowitego upadku przyczynił się potop szwedzki z połowy XVII wieku. W trakcie potopu znaczna liczba wodociągów i związanych z nimi urządzeń uległa zniszczeniu i nie została już odbudowana. Zastąpiły je kopane studnie, utrzymywane niezależnie od wodociągów, oraz woda z najbliższych naturalnych zbiorników wodnych.

## Tekst umowy z Janem z Nowego Sącza – 1506 rok

Tekst umowy z 1506 roku zawartej pomiędzy rurmistrzem Janem z Nowego Sącza i jego pomocnikiem Łukaszem Czyryską, a Radą Miejską w Lublinie:

„My rajcy miasta Lublina nowo obrani i dawni wraz ze wszystkimi i poszczególnymi mistrzami cechów i majstrami poszczególnych zawodów i z całym obywatelstwem miasta Lublina publicznie podajemy do wiadomości niniejszym aktem wszem wobec i każdemu z osobna i tym, którzy będą mieli świadomość spraw obecnych, że zgodziliśmy sławnego Jana mistrza kanałów wraz z jego towarzyszem Łukaszem Czyryską z Nowego Sącza do zrobienia i wzniesienia kanałów dla naszego miasta Lublina pod takim warunkiem, na takiej zasadzie i w następującym porządku.

Przede wszystkim wymienieni majstrowie winni zrobić tamy albo zajazie na rzece Bystrzycy, a miasto będzie zobowiązane dawać pale dębowe, faszyne oraz ziemię; (od miejsca) skąd rozpoczyna się tama miasto musi kopać rów i koryto rzeki (własnymi siłami) własnym kosztem lub drabarką, którym to korytem bieg i dostarczenie wody pójdzie na tył ogrodu pisarza miejskiego.

Z tego (którego) to miejsca doprowadzenia wody sami majstrowie własnymi funduszami obowiązani są podnieść wodę w górę, a miasto będzie dostarczać odpowiednich i nadających się pali dla samych kanałów. Sami zaś majstrowie mają przygotować i dać tyle miedzi i żelaza ile będzie trzeba, aż (do miejsca gdy) doprowadzą wodę do miasta, a sami obywatele mają kanałami doprowadzić aż do samego miasta. I gdy woda zostanie doprowadzona wtedy najpierw i przede wszystkim mają dać wodę w środku miasta w dwóch zbiornikach

i wreszcie doprowadzić wodę aż do browarów.

Wtedy ciż sami majstrowie od każdego piwnego wywaru przez przeciąg 6 lat mają mieć i otrzymywać 6 groszy zwykłych polskich monety obiegowej w państwie. Z tych 6 groszy ma być wyznaczony i dany jeden grosz człowiekowi wożącemu sód do młyna, od każdego sodu zawiezonego i z powrotem odwiezonego, a jeżeli sami mistrzowie kanałów mogliby wozić sód, ten grosz im się należy. I tak od każdego waru miodu owi majstrowie będą otrzymywać przez przeciąg 6 lat po groszu. Po upływie zaś 6 lat wymieniony grosz przypada miastu na stałe, a gdy upływie 6 lat, odtąd od każdego wywaru piwnego, od tego który będzie warzył piwo mają być dane i wypłacone 4 grosze miastu, a 2 grosze samym majstrom wieczyste lub ich prawnym spadkobiercom. Z tych 4 groszy miasto winno mieć staranie, aby sód był wożony ze młyna. A jeżeli wymienieni już

mistrzowie kanałów mogliby temu podołać przy dowożeniu sodu do młyna, wówczas powinni się zadowolić wymienionym groszem.

A w czasie tych 6 lat, jeżeliby się coś zepsuło w wymienionych kanałach, sami majstrowie mają naprawić własnym kosztem, po upływie zaś 6 lat, jeżeliby się coś zepsuło w wymienionych kanałach, wtedy ci sami majstrowie mają naprawić, jednak miasto musi dostarczyć pali dębowych, miedzi, żelaza oraz opłacić smolarzy i kowali. Do tej naprawy ilekroć się zdarzy są zobowiązani. Podobnie gdy popsuje się koryto, za pomocą którego woda jest prowadzona do kanałów, wówczas miasto ma każdorazowo po wieczne czasy zarządzać drabarkę i koryto oraz rzekę oczyścić. Także w tym miejscu, gdzie woda podniesie się w górę, tam winniśmy dać mistrzowi Janowi i jego towarzyszy na prawach dziedziczenia ogród i plac na budowę domu oraz drzewo, a od owego ogrodu i domu, tam obok przewodów wodnych położonego nie należy się miastu żadna opłata (lecz) również wymienieni majstrowie żyjący na tym miejscu winni używać wieczystej wolności i są po wieczne czasy wolni (i wyjęci) od wszystkich czynszów, podatków i innych ciężarów miejskich.

Ci mistrzowie kanałów i ich spadkobiercy winni mieć staranie i pilnie baczyć, aby woda było wystarczającą, a wszystkie potrzeby do tej konieczności muszą pokryć z tych 2 groszy. Również gdyby wymienieni wyżej mistrzowie mogli wymyślić jakiś inny pożytek w tym korycie i rzece, wyjąwszy to koło, które pędzi wodę do góry, wtedy 2 części kosztów na budynki płaci miasto, a trzecią sami mistrzowie i w podobny sposób miasto będzie miało 2 części z dochodu, a trzecią część sami mistrzowie i ich spadkobiercy. I podobnie jeżeli będzie duża obfitość wody, a niektórzy z obywateli chcieliby mieć wodociągi w swoich domach, wtedy za przewiercenie jednego pała trzeba zapłacić jeden grosz i drugi grosz mistrzowi kanałów.

Gdyby wymienieni mistrzowie lub ich prawni spadkobiercy owe kanały chcieli sprzedać, wtedy po porozumieniu się z właścicielami i rajcami mogą sprzedać majstrowi dobrze obeznanemu, który im się będzie podobał i obrócić swój majątek na dobry użytek podług tego jak sami będą uważali (że jest) lepiej i pożyteczniej. Aby uwierzytelnić świadectwo i dla wzmocnienia wiecznej siły zawieszamy naszą pieczęć. Spisane i dane w Lublinie w naszym lubelskim ratuszu w piątek przed świętym Walentym roku Pańskiego 1506”.

Gdyby wymienieni mistrzowie lub ich prawni spadkobiercy owe kanały chcieli sprzedać, wtedy po porozumieniu się z właścicielami i rajcami mogą sprzedać majstrowi dobrze obeznanemu, który im się będzie podobał i obrócić swój majątek na dobry użytek podług tego jak sami będą uważali (że jest) lepiej i pożyteczniej. Aby uwierzytelnić świadectwo i dla wzmocnienia wiecznej siły zawieszamy naszą pieczęć. Spisane i dane w Lublinie w naszym lubelskim ratuszu w piątek przed świętym Walentym roku Pańskiego 1506”.



(foto Stanisław Turski – ze zbiorów MPWiK w Lublinie)

Oryginał umowy z 1506 roku znajduje się w zbiorach Archiwum Państwowego w Lublinie (dokument nr 20), a jej polskie tłumaczenie zamieścili: J. Libfeld i E. Górecki, *Historia lubelskiego wodociągu*, "Gaz, Woda i Technika Sanitarna" R.28, nr. 7, s. 206-207.

### Upadek łaźni

Mniemanie o szkodliwości wody spowodowało zmiany w zabiegach higienicznych. Okresowe zamykanie łaźni podczas kolejnych epidemii stało się praktyką oficjalną i systematyczną. Na rozkaz prefekta Paryża ponawiany przy każdym ataku dżumy (w latach 1510-1561) jest zakaz udawania się do łaźni, a nawet jej nagrzewania. Nieprzestrzeganie przepisu groziło karą grzywny sądowej. W większości przypadków epidemii zakaz ten zaczyna obowiązywać w porze upałów, które sprzyjają rozprzestrzenieniu się zarazy. Odrzucono bliskie kontakty. Twierdzono, że ciepło i woda powodują powstanie na ciele szczelin. Przez nie dżuma miała wślizgiwać się do organizmu. Kąpiel i łaźnia mogły powodować otwieranie się szczelin, były więc niebezpieczne. „Należy więc zakazać łaźni i kąpielisk, albowiem gdy się z nich wyjdzie, ciało ma pozostać rozmiękkłą i pory otwarte, a zadżumione opary mogą szybko wnikać do organizmu i wywołać od razu śmierć, co widzieliśmy już wiele razy.” (M. Le Long, *Le regime de sante de Lecole de Salerne*, Paris 1663). Zaprzestano kąpać się również w domach. Sam proces zamykania łaźni spowodował regres norm higieny. Do rzadkości należały wtedy wizyty w zakładach oferujących kąpiele. Zdarzały się one przed ślubem, miłosną schadzka, przed podróżą, lub po jej zakończeniu. Korzystanie z tego rodzaju usług było zabiegiem elitarnym. Ciało trzeba było chronić przed atakiem złego powietrza. Ten pogląd decydował o kroju i jakości odzieży noszonej podczas epidemii. Była ona wykonana z gładkiego płótna, ściśle tkanego i ciasno przylegającego do ciała. Morowe powietrze miało ześlizgiwać się po niej bez możliwości wtargnięcia do wewnątrz.

W podręczniku Jeana Babineta de la Salle z 1736 roku normy dotyczące zachowania higieny osobistej są już bardziej kategoryczne niż w dziele Erazma z 1530 roku. La Salle rozowiada się na temat pielęgnacji włosów strzyżonych i czesanych. Regularnie (bez mycia) pozbawiano je tłuszczu przy pomocy pudru i otrębów. Podaje on nawet technikę i częstotliwość ruchów przy pielęgnacji włosów. Wspomina również o pielęgnacji ust i dokładnie szorowanych zębach. Szczegółowo opisuje, że aby utrzymać w porządku paznokcie należy je obcinać co osiem dni. Jednocześnie zaleca ograniczenie zużycia wody.

### Gra pozorów

Podczas gdy z wody prawie nie korzystano, normy czystości i pielęgnacji ulegały rozszerzeniu. O higienie stanowiło wiele kryteriów takich jak przestrzenie, bielizna, odzież i rozmaite akcesoria. Cała uwaga skupiała się na rzeczach okrywających skórę. Ubranie miało być porządne, gdyż na wierzchnią odzież kierowano spojrzenia. Czyste ręce i gładka twarz nie wiązane były z pojęciem higieny. Były one raczej częścią kodeksu społecznego. Podanie wody do rąk drugiej osobie było oznaką uprzejmości i przyjaźni. Dlatego właśnie często ten gest praktykowa-

(©Photofactory®)



no. Specjalny zegar wzywał mnichów do ablutorium, gdzie myli ręce przed posiłkiem. W spisach inwentarza zamożnych ludzi często czytamy o miednicach do mycia rąk. Jednak mycie ciała było ograniczone do miejsc widocznych. Pozostałe partie pozostawały zamknięte w szczelnym ubiorze.

Szata była strukturą tkanin wierzchnich i spodnich. Ich konstrukcja tworzyła swobodną architekturę materiału. Właśnie w tej grze wielu warstw jest miejsce na dbałość o higienę. Warstwy wewnętrzne można było przecieć zmieniać. Koszula pełniła rolę elastycznej podszewki między innymi, a ciałem. Gatunek materiału z którego utkana była koszula stanowił o randze społecznej. Zmiana bielizny była równoznaczna z usunięciem brudu. Stosowanie wody nie wydawało się więc konieczne. Nowa metoda była pewniejsza i bezpieczniejsza. Do niepokoju, który wywoływała kąpiel dołączyła się również pewność,

że jest ona bezużyteczna. Bielizna odgrywała główną rolę. Tworzyła ona coraz ciekawsze dla oka obrazy. Dała początek szacie, której związek ze skórą był coraz bardziej symboliczny. W XVII wieku maskowanie brudu przybrało odmienną postać. Zapach stał się kryterium wzorcowym w tej sztuce pozorów. W ustach trzymano wodę cytrynową, aby oddech miał przyjemny zapach. Wyróżniano perfumy królewskie, inne zapachy dla mieszczan i biedaków. Miały one chronić przed zakażeniem się chorobami i poprawiać popsute powietrze. Wody nie używano. Saszetki umieszczone pod pachami bądź na biodrach, ukryte w fałdach sukien lub pod kaftanami, były środkami utrzymania czystości. W zamku Marly, gdzie woda tryskała obficie w ogrodach, nie stykała się ona niemal nigdy ze skórą mieszkańców.

# DZIEJE WODOCIĄGÓW



[29] Studnia na Rynku w Kazimierzu Dolnym (foto W. Siwiak)



[30] Studnia – skansen w Sanoku (foto Dariusz Zaród Photoagecy.com.pl)

## XVII wiek – XVIII wiek

W drugiej połowie XVII i XVIII wieku wyraźnie zaostrił się problem z zaopatrzeniem miast w wodę. Prócz gospodarstw domowych coraz jej większe ilości zużywał rozwijający się na nieznaną dotąd skalę przemysł. Jednocześnie uległ pogorszeniu stan czystości wód bieżąco płynących i zaskórnych, zanieczyszczanych przez produkcję rzemieślniczą. Dodatkowy wpływ na to miały nieszczelne latryny i powiększające się składowiska śmieci. Przy studniach z kolei, prócz pobierania wody do celów spożywczych, prano odzież, myto się i pojono zwierzęta. Powstające w ten sposób zanieczyszczenia przenikały do wód podziemnych zasilających prywatne i publiczne ujęcia wody.

Technika budowy studni w porównaniu ze stuleciami poprzednimi nie uległa większym zmianom. Czasami próbowano stosować pompy ssąco-tłoczące, z niezbyt jednak dużym powodzeniem. Stosunkowo powszechnie stosowano natomiast studnie poruszane kieratem. W użyciu były także studnie deptakowe [32]. Jak w późnym średniowieczu do czerpania wody ze studni wykorzystywano żurawie [31], składające się z pionowo wbitego pała oraz prostopadłej do niego ruchomej żerdzi obciążonej na jednym końcu ciężarkiem, a na drugim zawieszano wiadro. W przypadku studni głębokich, podobnie jak we wcześniejszych stuleciach, instalowano nad studnią koło zębate i naczynie do czerpania wody. Studnie mogły być również zaopatrzone w blok lub kotwót ze sznurem do którego przyczepiano wiadro. Studnie publiczne były jednocześnie miejscem spotkań towarzyskich, przy których można było się zapoznać z najnowszymi nowinkami z życia sąsiadów i miasta.



[31] Studnia – żuraw (foto Dariusz Zaród Photoagecy.com.pl)

W dalszym ciągu w miastach funkcjonowały studnie prywatne, zlokalizowane przeważnie na posesjach bogatszych mieszczan. W Lublinie już w 1696 roku było 90 studni, z czego 20 na utrzymaniu miasta. W końcu XVIII wieku w Skierniewicach były 43 studnie, z czego 6 publicznych, w Radomsku 6 (4 publiczne, 2 prywatne) i Łodzi, gdzie działały po 4 studnie prywatne i miejskie. Rekordzistką pod względem liczby studni była Świdnica, w której w 1745 roku miano ich naliczyć aż 158. W dużych ośrodkach miejskich nadawano publicznym ujęciom wody ozdobny kształt. Było tak również w Szczecinie, którego mieszkańcy czerpali wodę za pomocą wader ze studni rozlokowanych w różnych punktach miasta. Dopiero w latach 1729-1732 król Fryderyk Wilhelm I jako dowód łaski dla ówczesnej stolicy nowo powołanego księstwa Przedpomorza, pozwolił na wybudowanie rurociągu doprowadzającego wodę do ozdobnej studni znajdującej się na dzisiejszym placu Orła Białego. Zbudowano także sieć zbiorczą, z której zasilano kilka domów przy ważniejszych ulicach miasta.

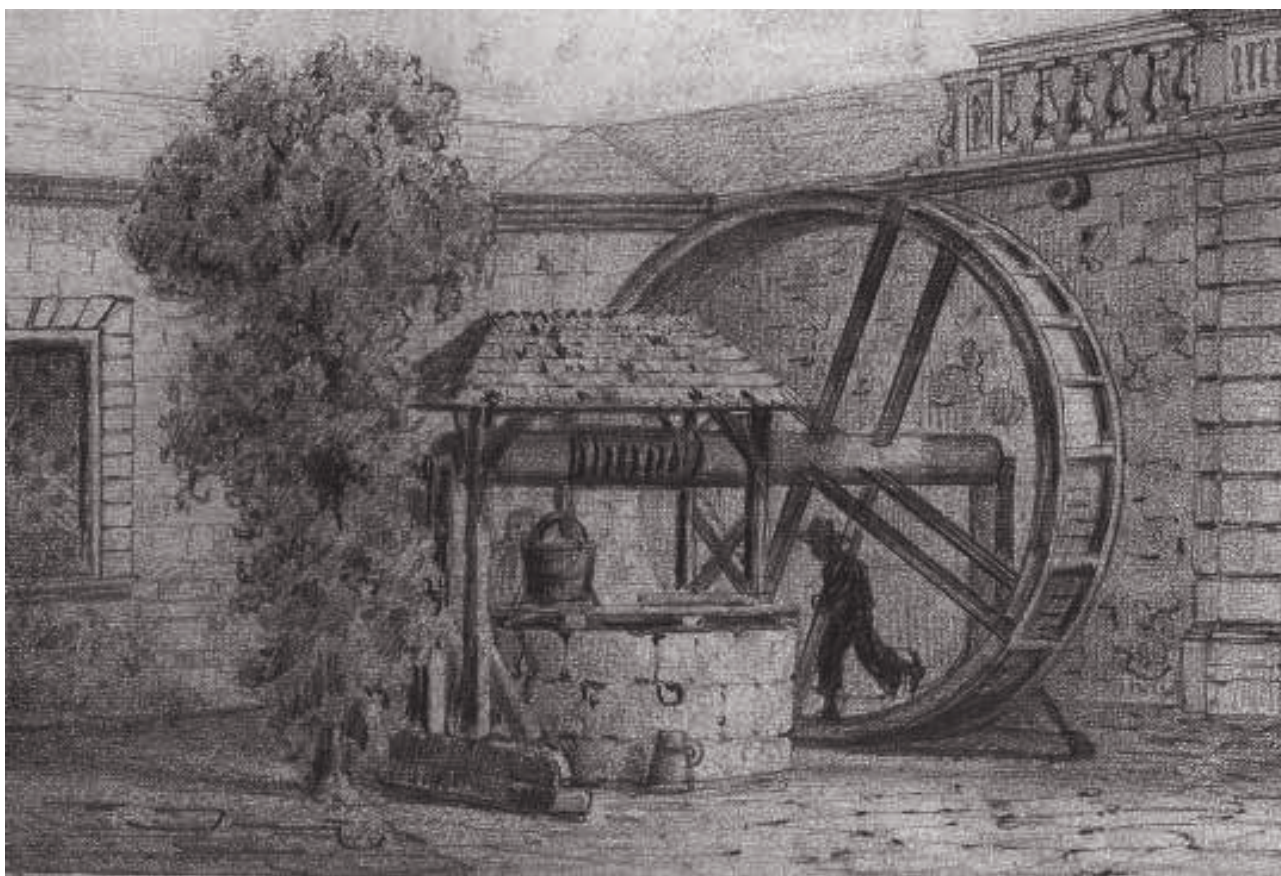
Większość dotychczas działających w miastach polskich wodociągów przestała funkcjonować lub została zniszczona w czasie wojen szwedzkich. Stało się tak między innymi w przypadku Lublina. Po wojnach kozackich i potopie szwedzkim wydatki na utrzymanie i naprawy wodociągu przerosły możliwości finansowe miasta. W 1673 roku władze miasta podjęły decyzję o zdemontowaniu z zachowanej do dziś, a powstałej około 1564 roku Wieży Wodnej oraz rurmusu cenniejszych urządzeń. W Wieży Wodnej znajdował się metalowy zbiornik do magazynowania wody oraz także rury, które w przypadku niskich temperatur podgrzewano poprzez palenie ogniska. Na widoku Lublina z 1617 roku rurmus został opisany jako „budynek wodociągów i kanałów do góry wodę

## XVII WIEK – XVIII WIEK

cisnący". Napływająca do rurmusa woda, gromadziła się w drewnianej skrzyni, skąd przy pomocy pomp [39] tłoczona była na odpowiednią wysokość do wieży wodnej [37]. Rurmus pełnił w Lublinie funkcję stacji pomp wodociągowych w przekazie wody do budynku wieży wodnej. W Krakowie rurmusy zdemontowano w latach 1655-1657, a w Wilnie wodociąg zaprzestął działalności po 1657 roku. Podobny los spotkał wodociągi świętokrzyskie, gdzie miasta po zniszczeniach wojennych z okresu potopu szwedzkiego nie były w stanie ich odbudować. Tylko w nielicznych ośrodkach wybudowane wcześniej sieci wodociągowe kontynuowały działalność w XVIII i początkach XIX stulecia, jak miało to miejsce w przypadku Kalisza, Poznania, Bydgoszczy, czy też Warszawy i Torunia. Budowano przy tym także wodociągi w miastach nie posiadających wcześniej tego typu instalacji. W XVIII wieku wodociągi zrealizowano między innymi w Iłży, Mirowie i Stopnicy oraz uruchomiono ponownie około 1789 roku wodociąg w Sandomierzu. Z powodu znikomej liczby działających wodociągów miejskich obserwujemy wzrost budowy przez poszczególne władze miejskie, publicznych ujęć wody w postaci studni, a nie odbudowywanie starych, uszkodzonych sieci wodociągowych. Choć w niektórych ośrodkach, jak w przypadku Bydgoszczy, XVI-wieczne wodociągi miały się dobrze również w końcu XVIII wieku. Oznaką dawnej wielkości i dobrobytu Bydgoszczy pozostają wodociągi, które jeszcze częściowo są używane i zasługują na zachowanie. „Na wzgórzu, około jednej czwartej mili drogi od miasta, tryska świeża woda, jaka rurami do niego spływa i poprzez nie może w obfitości docierać do wszyst-

kich ulic. Wszystkie studnie miejskie czerpią wodę z tego wodociągu i nigdy jej w nich nie brakuje.” Pochwałę taką wyraził w 1792 roku radca tutejszego Sądu Nadwornego.

Czynne XVIII-wieczne wodociągi działały jak w wiekach wcześniejszych, na zasadzie grawitacji. W Warszawie zastosowano przykładowo do podnoszenia wody koło deptakowe. Woda była prowadzona, jak i wcześniej wierconymi rurami drewnianymi, przeważnie sosnowymi lub dębowymi, o średnicy otworu przepływowego około 10 cm. Poszczególne odcinki przygotowanych rur łączono krótkimi rurkami żelaznymi lub otowanymi wbijanymi w dwa sąsiednie końce lub pierścieniami ściśle opasującymi końce rur. Sporadycznie wykorzystywano połączenia poszczególnych odcinków przygotowanych rur tzw. kielichowe, gdzie końce zwęzły się z jednej strony i rozszerzały z drugiej, wykorzystywane już w średniowieczu w przypadku ceramicznych wodociągów wrocławskich. Miejsca łączeń uszczelniano ponadto lnem, konopiami, smołą, dziegciem, a same rury oklejano gliną. Produkcją rur trudnili się przede wszystkim cieśle i bednarze. Odmianą technikę budowy rur wodociągowych zastosowano w latach 1720-1780 w Zielonej Górze. Każda z rur składała się z dwóch części wydrążonych półkolistości. Były one dodatkowo łączone początkowo przy pomocy miedzianych kołnierzy, a od 1747 roku wyłącznie żelaznych obręczy. Rury te miały większą średnicę od wierconych, a miejsca połączeń owijano najczęściej płótnem i zalewano żywicą. Ponieważ część rur biegła na specjalnych stojakach nad ziemią, ocieplano je na zimę słomą.



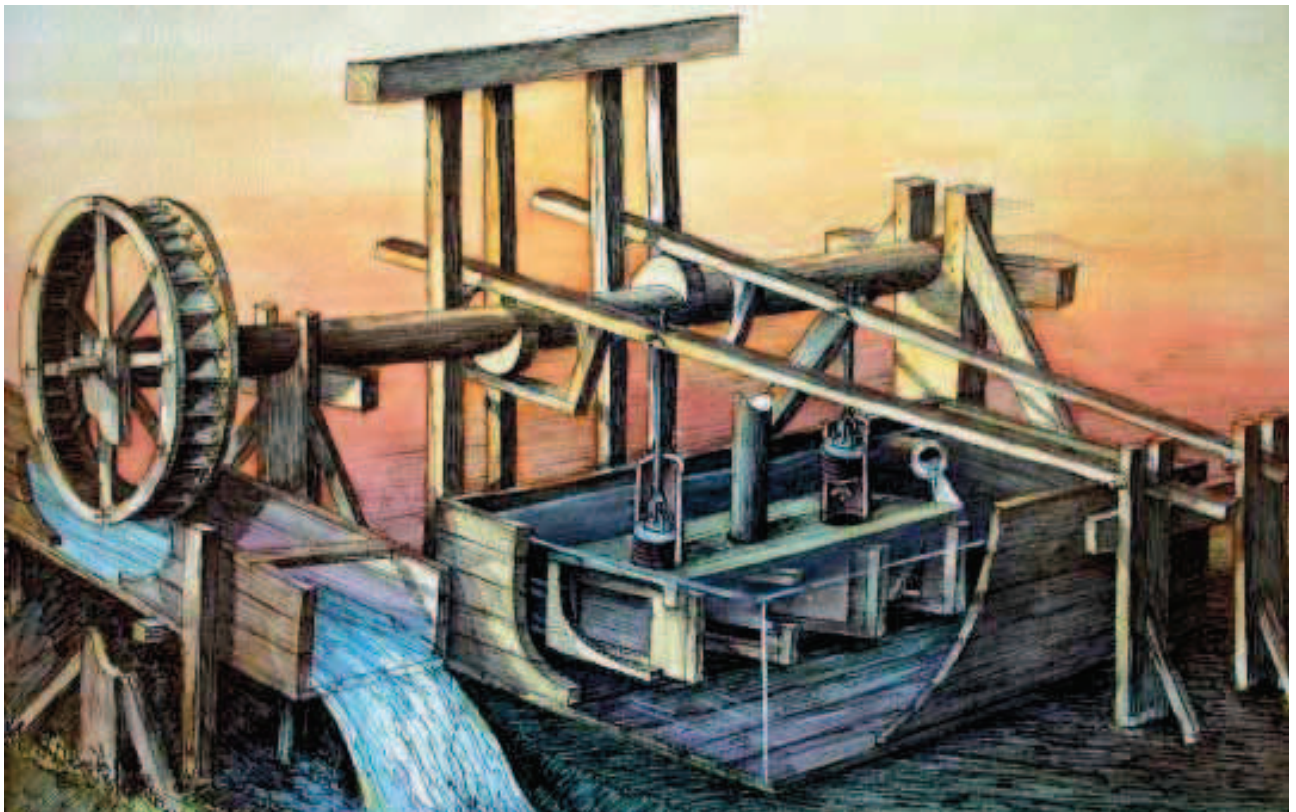
[32] Studnia deptakowa na dziedzińcu zamku w Podhorcach – autor Z. Gryglewski (Muzeum Narodowe w Warszawie)



[33] Lublin. Wieża wodna z 1564 r. zbudowana z łupanego kamienia wapiennego oraz z cegły z czterospadowym dachem. Ze zbiornika z wieży woda sphywała grawitacyjnie drewnianymi rurami do browarów, kamienic bogatych mieszczan, klasztorów, szpitala przy kościele św. Ducha, łaźni i publicznych studzienek miejskich (foto MPWiK w Lublinie / arch. MPWiK Lublin)



[34] Lublin. Wodociąg zbudowany przez mistrza Jana funkcjonował półtora wieku dostarczając 95.000 litrów wody na dobę. (arch. MPWiK Lublin)



[35] Lublin. Rurmus – urządzenie do podnoszenia wody na wysokość 20 metrów do zbiornika w wieży ciśnień. (arch. MPWiK Lublin)

# DZIEJE WODOCIĄGÓW

W miejscach skreśtu wodociągu zakładano metalowe kolana, zakończone płaskimi kołnierzami, które łączono z rurą drewnianą zbijając je gwoździami. Celem zapewnienia bezawaryjności wodociągu budowano dodatkowe studzienki rewizyjne, dzięki którym miano możliwość sprawdzania stanu technicznego sieci i usuwania ewentualnych uszkodzeń. Czyszczenie, regulowanie dopływu wody do poszczególnych zbiorników i czasowe zamykanie przepływu, regulowały instalowane w rurach zawory. Wzdłuż przebiegu instalacji wodociągowej budowano dodatkowo źródła, zwane również znanymi już nam cysternami, rząpami, kastami, studniami lub skrzyniami, z których można było czerpać wodę bezpośrednio z ulicy. Były to konstrukcje zazwyczaj kwadratowe lub prostokątne, częściowo wkopane w ziemię, przeważnie drewniane, zadaszone lub murowane, jak w przypadku źródeł z Torunia z około 1700 roku. XVII-wieczne studnie, czy też poprawniej zbiorniki połączone z miejskim wodociągiem, mogły mieć jak w przypadku Lublina obudowę ozdobioną rzeźbionymi w drewnie głowami zwierząt – lwa lub kozła. Miejsca łączeń desek w zbiornikach uszczelniano także sierścią i smołą łączoną z woskiem. Pensja roczna poznańskiego rurmistrza w 1712 roku wyniosła 208 zł.

Problemem pozostawało odprowadzanie wody zużytej i deszczowej. Budowano w tym celu specjalne kanały odpływowe, czyli jak byśmy to dziś nazwali sieć kanalizacyjną. Wykonywano je w konstrukcji drewnianej lub drewniano-murowanej. Kryte kanały powstawały przeważnie w centrach miast, a na przedmieściach odkryte. Do utrzymania w stanie używalności ulic i biegnących pod nimi kanałów zobowiązywano najczęściej właścicieli posesji. W przepisach zwracano uwagę, aby nikt błota w rynsztoki zmiatać lub zgarniać, a tym samym spadek wodzie tamować, śmieci i innych wszelkich rzeczy ulice szpecących i zawałających na ulice wyrzucać nie ważył się. Obostrzenia te jednak musiały nie przynosić większego skutku, gdyż stan ulic w miastach pozostawał wiele do życzenia. Kryte kanały miejskie miały przeważnie kształt kwadratowy lub prostokątny. Służyły wyłącznie do odprowadzania ścieków płynnych i wód opadowych. Dla zabezpieczenia ich drożności umieszczano na wpustach kraty. Własnością prywatną pozostawały wszelkie urządzenia odprowadzające nieczystości płynne i wody opadowe z poszczególnych posesji do kanałów lub rynsztoków przebiegających w ulicy. Mogły to być drewniane rury, odkryte koryta lub rynny odprowadzające wodę z podwórka do rynsztoków w ulicach. Dbano również o okresowe opróżnianie dołów kłocznych. Nieczystości z miejsc „sekretnych” usuwano przeważnie w nocy, czym zajmowali się „nocni”. Wywożono je przeważnie za miasto do wyznaczonych w tym celu miejsc zwanych gnojnicami lub do ogrodów i na pola uprawne. W XVII-wiecznej Warszawie osobom zajmującym się czyszczeniem kanałów i dołów kłocznych przysługiwał przy wykonywaniu tej nieprzyjemnej czynności co nocny przydział gorzałki kwoli smrodowi. Starano się również usuwać zalegające na ulicach błota i gnoje. W Poznaniu nakazano chłopom wyjeżdżającym pustym wozem naprzód załadowanie go nieczystościami przed wyjazdem za obręb murów miejskich. W Bydgoszczy w XVII wieku odnotowano fakt pozbywania się gnojów poprzez ich wywożenie barkami rzecznyymi do podmiejskiego folwarku. Budowane na obszarze działki mieszkalnej w XVIII wieku latryny były już częściowo murowane, o otwartym lub wyłożonym deskami dnie.

## Z historii higieny

### Higieniczna reforma

Pod koniec XVIII wieku sytuacja się zmienia. W Wersalu dobudowuje się pomieszczenia mające służyć jako łazienki. Umieszcza się je w pobliżu większych apartamentów. Jednak zwyczaj kąpieli utrwała się w wyższych warstwach społeczeństwa bardzo powoli. W encyklopedii z 1751 roku podaje się definicję wanny: „Obiekty te miały ustalone kształty: 4.5 stopy długości na 2.5 szerokości oraz 26 cali wysokości. Może być wykonany z miedzi bądź z drewna opasanego obręczami.” Wrz z wanną odkryto na nowo uroki kąpieli.

Woda gorąca, bardziej przenikająca do ciała, wpływa na rozluźnienie wszystkich jej części. Może ukoić nerwy i złe samopoczucie podczas upałów. Woda zimna wywołuje częste skurcze i jest w stanie wzmocnić mięśnie i dodać wigoru. Oprócz tego woda jest elementem, który faluje i uderza, porusza się i naciska. Zanurzenie odbywa się przede wszystkim po to, aby wytworzyć pewien stan. Kąpanie się jest związane z tworzeniem pewnej atmosfery, poddaniem się przemożnym wpływom, odczuwaniem afektów.

Pierwszy zakład kąpielowy nad Sekwaną powstał w 1761 roku. Organizacja miejsca była zupełnie nowa. Przeprowadzono ją tak, aby ułatwić przepływ wody. Sam projekt miał charakter leczniczy i higieniczny. Również w zakresie intymności nastąpiła zmiana. W wielkich rezydencjach obok sypialni pojawiają się nowe pomieszczenia. Obejmują one funkcje toalety, garderoby i ustępu. Każdy wyznacza sobie czas tam spędzony. Czynności higieniczne mniej bezpośrednio obliczone są na pokaz. Powiększa się przestrzeń dla anonimowych czynności. Kształtują się początki mycia intymnego. Sprzyja temu wydzielona, odosobniona przestrzeń. Na zmianę podejścia do czystości wskazują konkretne przedmioty. Bidet jest typowym przykładem takiej odnowy. Pojawiają się też misy i konwie z fajansu. Zdobią one prywatne łazienki. Modna staje się kąpiel, która reguluje ruchy cieczy i elementów stałych. W 1763 roku Pomme zanurza w wodzie swoich pacjentów cierpiących na wapory. Chce on za pomocą zimna walczyć z ich słabością, przywrócić sprężystość ich ciałom. Liczy się nabieranie sił i wzmacnianie organizmu. Uważano, że ciało podlega takim samym regułom jak hartowana stal. Zimna kąpiel jest jednak czymś zupełnie innym od kąpieli w rezydencjach arystokratycznych. Ta druga, ciepła, powoduje rozleniwienie. Staje się dla oświeconej burżuazji oznaką zdegenerowania. Ciepła kąpiel była odrzucana jako praktyka klasy upadającej. Zimna miała powodować wzrost oporu poprzez zwężenie żył, wyzwalać więcej działania. Na jej skutek miał wzrastać przepływ cieczy humoralnych. Zimno stało się więc czynnikiem stymulującym. Bycie czystym zaczyna polegać na pozbyciu się tego co usztynnia i ogranicza, na rzecz tego, co uwalnia. Naturalność skóry staje się ważniejsza od substancji, które ją barwią. Ta zmiana była odpowiedzią na dotychczasowy, przesadnie staranny, wystylizowany ubiór i makijaż. Perfumy, które niegdyś myły i bezpośrednio zwalczały przykre zapachy straciły swą użyteczność. Jest jednak kilka wyjątków od takiego zaniechania. Potwierdzają one odwołania do natury. Marzy się o zapachach wystarczająco prostych, aby mogły naśladować „woń ziemi wilgotnej po deszczu”. Świeżość i schludność kojarzone są z elementem organicznym. Przeciwnie stawia się ona dawnym kryterium pozoru.



# XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU

## Nowy obraz miasta

Czystość, która w XVII wieku była wyrazem estetyki, staje się funkcjonalna. Jednocześnie zatrute miasta, nagromadzenie nieczystości, stojąca i butwiejąca woda powodują, że środowisko miejskie staje się miejscem trudnym do utrzymania. Powoduje to powstanie założeń higieny publicznej. Zawiera ona załączki tego, co rozwinięte się w XIX wieku. Pierwszym obiektem krytyki są przestrzenie miejskie. Powstają projekty uwzględniające większą cyrkulację i wymianę powietrza. Zauważone zostaje powiązanie między brakiem czystości i chorobami. Proponuje się zwiększenie dopływu wody do miast. Marzy się o wodzie spadającej wzdłuż pochylonych, wybrukowanych uliczek, fontannach skrapiających targowiska, o odpływach, które unoszą odpadki. Planuje się tworzenie sieci wodnych. Miasto byłoby „myte wodą”. Zaczyna się myśleć o wodzie, którą ludzie mogliby się myć. Zbliżyła się to powoli do idei wody dostępnej dla każdego domu. Nie myślano jednak, że znajdzie się ona w każdym mieszkaniu.

Higiena to słowo, które weszło do użytku na początku XIX wieku. Nie określa ono tylko zdrowia, ale całość środków i umiejętności sprzyjających jego utrzymaniu. Dzięki podręcznikom higieny powrócono do dawnych praktyk, na przykład używania mydła. „Dobrze oczyszczona skóra jest bardziej giętka, funkcjonuje i oddycha lepiej, skóra bowiem oddycha tak jak płuca, a sen w takich warunkach daje wypoczynek o wiele bardziej regenerujący, nadając organizmowi nową tężyznę, nową energię”. (T. Gallard *Notions d'hygiene a l'usage des instituteurs primaires. Paris 1868, s. 28*). Bycie zdrowym zakłada posiadanie prawidłowej energii spalania. Woda zapobiega niejasnym jeszcze zagrożeniom. Przede wszystkim dynamizuje funkcje ciała, przyspiesza proces pocenia się i wymianę energii. A więc, woda nie wystawia na ryzyko, lecz je usuwa.

Powstaje nowy obraz miasta. Wystawność fasad przeciwstawiono ukrytej sieci kanałów. Miejsce zamieszkania tworzy się dopiero po zainstalowaniu maszynierii hydraulicznej. Jednak na taką kąpiel mogli sobie pozwolić tylko najzamożniejsi mieszkańcy miasta. Biedota kąpała się w rzece. Chaotyczne, przypadkowe zanurzenia odbywały się wyłącznie w lecie. Modna staje się kąpiel morska. Woda jest tu tylko terenem próby, środowiskiem wstrząsu i hartowania. Następuje powolny proces polegający na umoralnianiu czystości. Higiena nędzarza ma być świadectwem jego moralności, a także gwarancją ładu.



(©Photofactory®)

## XIX wiek – początek XX wieku

Wiek XIX to szczególny okres w dziejach wodociągów. Prócz wdrażania w życie wciąż nowych rozwiązań technicznych wieku pary, istniała nadal precyzja manualnego rzemiosła. Dzięki temu było możliwe tworzenie nowatorskich rozwiązań technicznych. W dalszym jednak ciągu pozostawały bariery techniczne dla bardziej skomplikowanych realizacji. W XIX wieku stworzono również w odniesieniu do wody pitnej, podstawy współczesnych standardów sanitarnych. Szczególne zasługi na tym polu należą się wynikom badań londyńskiego lekarza Johna Snowa. W połowie XIX wieku jako pierwszy potwierdził istnienie związku epidemii cholery z konkretną lokalizacją punktu czerpania wody. Był to fakt bardzo istotny, gdyż tylko w Prusach w latach 1848-1859 epidemie pochłonęły 170 tysięcy ofiar. Miasta w tym czasie potrzebowały coraz szybciej realizacji nowoczesnych wodociągów i kanalizacji. Gdy w ówczesnych Niemczech przed 1850 rokiem powstały tylko dwa systemy kanalizacji, to w latach 60. XIX wieku rozpoczęto budowę 22, w latach 70. 23, w latach 80. 80, a w latach 90. 310 układów. Do początku XX wieku zorganizowane formy gospodarki wodno-ściekowej pojawiły się praktycznie we wszystkich miastach o średniej wielkości. Niechlubne miejsce związane z brakiem miejskiego systemu wodno-kanalizacyjnego wśród dużych miast zajmowała jedynie Łódź, o której dalej. Z nowinek technicznych na szczególną uwagę zasługuje rozpowszechnienie się pod koniec XIX wieku napędu gazowego oraz pojawienie się napędu elektrycznego. Równocześnie widać pierwsze symptomy odchodzenia od tradycyjnej precyzji rzemieślnika. W użytkowanie wchodziły wyroby betonowe powoli wypierające murowane kanały o dużych przekrojach.

Na początku XIX wieku przestało funkcjonować wiele z istniejących dotychczas urządzeń wodociągowych. Działające jeszcze stare sieci wodociągowe popadły w „ruinę” lub sporadycznie konserwowane i naprawiane były niewystarczająco sprawne, aby sprostać potrzebom w szybkim tempie rozwijających się miast. Nie zapewniały również zaopatrzenia w wodę wszystkim mieszkańcom, działając przeważnie tylko w niektórych dzielnicach rozrastających się ośrodków miejskich. Mieszkańcy miast, podobnie jak wsi, korzystali w dalszym ciągu z naturalnych zbiorników oraz studzien prywatnych i wciąż nielicznych studni publicznych [38]. Od około lat 20. XIX wieku można mówić o rozbudowie sieci studni publicznych przez władze miejskie w różnych częściach kraju. Studnie te były przeważnie głębsze od prywatnych, zaopatrzone dodatkowo w pompy ręczne i mechaniczne. Jednak aż do XX wieku zdarzało się we wsiach oraz większych i mniejszych miastach, że ludność czerpała wodę z różnych zbiorników naturalnych, szczególnie z zanieczyszczonych ściekami rzek, gdyż istniejące studnie były mało wydajne lub też w ogóle ich nie było. Na Ziemi Dobrzyńskiej korzystano ze studni z żurawiem jeszcze w latach 70. XX wieku. Podobnie było w innych regionach Polski.

Publiczne ujęcia wody zasilane co najmniej XVIII-wiecznymi mało wydajnymi wodociągami, działały nadal w miastach i miasteczkach śląskich. Na przełomie lat 20. i 30. XIX wieku przystąpiono do ich unowocześnienia, zastępując coraz częściej dotychczasowe drewniane rury żeliwnymi, a drewniane cembrowiny zbiorników poboru wody kamiennymi. Podobnie było w Małopolsce, gdzie w Krakowie zaczęto pogłębiać publiczne studnie, zastępując jednocześnie drewniane cembrowiny kamiennymi. Przy studniach instalowano

# DZIEJE WODOCIĄGÓW



[36] Maszyna parowa – wieża ciśnień Na Grobli we Wrocławiu (foto A. Olej-Kobus, K. Kobus, TravelPhoto)



[37] Przepompownia ścieków „Port” we Wrocławiu – 1881 r. (foto M. Madejowski)

dotąd dodatkowo pompy. W Poznaniu nowo powstałe zbiorniki zaopatrywano w dalszym ciągu za pomocą rur drewnianych, wymienianych na żeliwne dopiero od 1862 roku. W Toruniu proces wymiany rur drewnianych na żelazne rozpoczął się z kolei w 1826 roku.

Były to jednak zabiegi niewystarczające. Przy braku rozbudowanych sieci wodociągowych obejmujących swym zasięgiem większość miejskich dzielnic, woda z publicznych ujęć była dodatkowo dystrybuowana w beczkowozach przez prywatnych woźniców. Bezpośrednio do izb mieszkalnych za stosowną opłatą dostarczał ją nosiwoda. Nie rozwiązywało to jednak w większym stopniu problemów z jej zaopatrzeniem i umiarkowaną jakością. Poprawę sytuacji w masowym dostępie do wody zaczęto upatrywać w wykorzystaniu do jej przesyłu znanych już maszyn parowych. Miały one zastąpić przestarzałe technicznie wodociągi grawitacyjne, tłocząc

wodę do wież ciśnień i zwiększając równocześnie ich wydajność [36-37]. Maszyny parowe sprawdziły się już pod koniec XVIII wieku. W 1788 roku po raz pierwszy na ziemiach polskich zastosowano maszynę parową służącą do odwadniania wyrobisk w kopalni w Tarnowskich Górach. Projekty z wykorzystaniem maszyn parowych zostały opracowane w 1818 roku dla wodociągów krakowskich, następnie w 1822 roku warszawskich, czy też szczecińskich w 1826 roku. Z przyczyn finansowych nie zostały one jednak zrealizowane. Maszynę parową zastosowano w 1827 roku w wodociągach wrocławskich. Efekty okazały się umiarkowane. Zastosowanej maszynie parowej nie towarzyszyła przebudowa przestarzałej infrastruktury wodociągowej, niewydolnej w przypadku rozrastającego się w szybkim tempie miasta. Na pełne wykorzystanie możliwości maszyn parowych do przesyłu wody trzeba było jeszcze poczekać.



[38] Studnie na Starym Rynku w Bydgoszczy – akwarela P. Jackel, 1810 r. (foto ze zbiorów Muzeum Okręgowego w Bydgoszczy)

## XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[39] Budowa filtrów powolnych w Warszawie (arch. MPWiK Warszawa)



[40] Budowa kanału burzowego w Warszawie (arch. MPWiK Warszawa)

W latach 1842-1845 uruchomiono we Wrocławiu nowoczesną jak na owe czasy pompownię i oczyszczalnię wody. Łączna długość wrocławskiej sieci wynosiła wówczas 26,5 kilometra, a ilość dostarczonej wody 7 tysięcy m<sup>3</sup> na dobę.

Nowoczesne wodociągi w połowie XIX wieku otrzymała również Warszawa. Powstały one na podstawie projektu Henryka Marcconiego, który wykorzystał sprawdzone już urządzenia angielskie.

Wodę z Wisły tłoczyły dwie maszyny parowe o mocy 40 KM każda. Woda była filtrowana, a następnie rurami żeliwnymi rozprowadzana po śródmieściu Warszawy. Woda docierała przede wszystkim do studni publicznych nazywanych zdrojami i do hydrantów przeciwpożarowych. W zależności od punkowego zapotrzebowania na wodę ustawiano na ulicy jeden z kilku typów żeliwnych źródeł różniących się wielkością i wydajnością. Wykonane z żeliwa obudowy pomp na studniach miały formy różnorodnie dekorowanych kolumnienek. Dostępna z publicznych ujęć wodociągowych woda miała mieć nie tylko użytkowy charakter. Równocześnie miała służyć upiększaniu miasta [42-45]. Prócz ozdobnych źródeł, Henryk Marconi w systemie wodociągów włączył fontanny i wodotryski. Obok studni publicznych na terenie miasta wzrastała również systematycznie liczba studni prywatnych. W 1861 roku było ich w Warszawie 710, a w 1869 roku 2702. Wodociąg Henryka Marcconiego działał do 1889 roku. Jego sieć zasilala docelowo 48 źródeł ulicznych, 7 fontann, 111 hydrantów pożarowych i 1250 budynków. Z sieci, której długość wynosiła 31



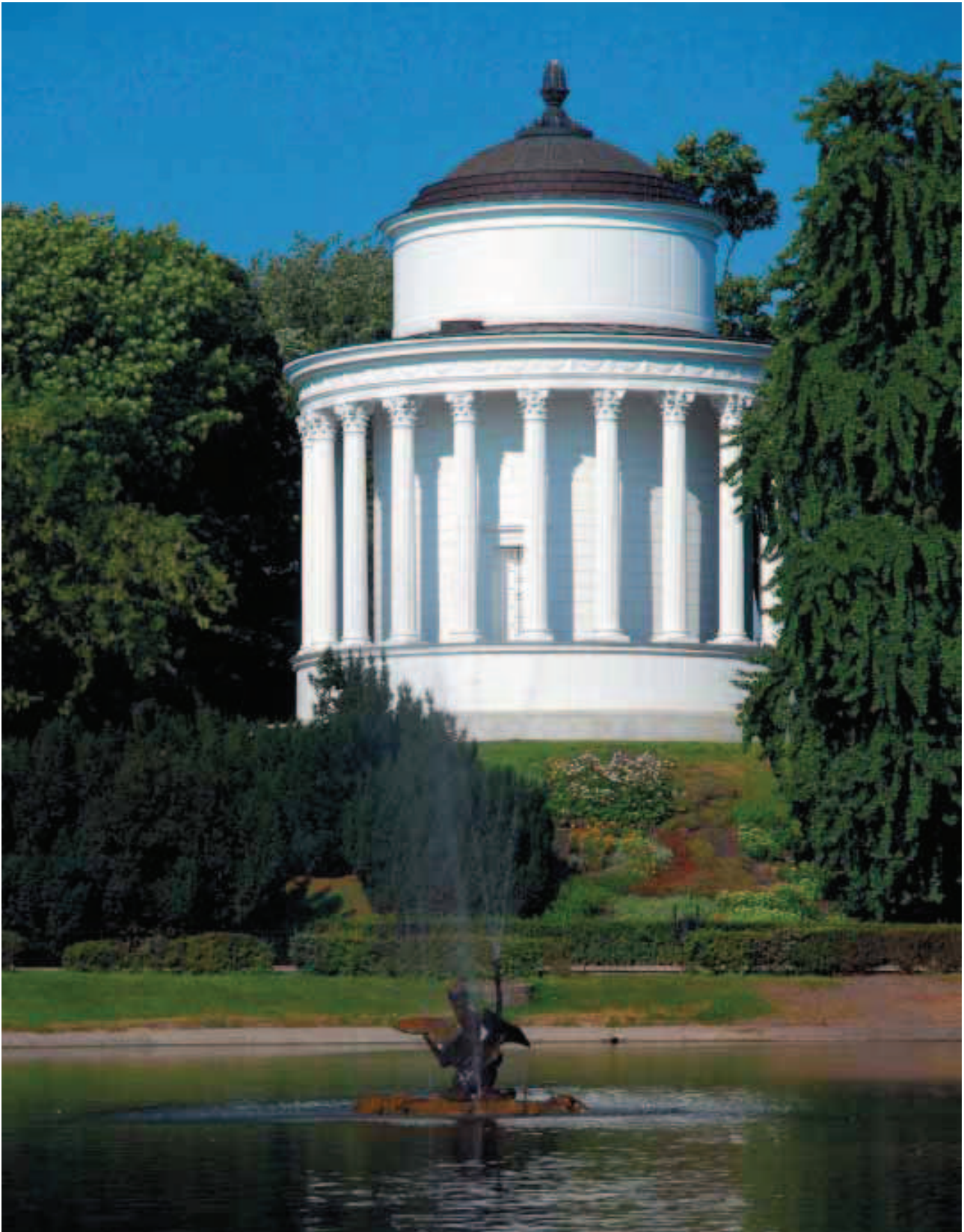
[41] Studnie warszawskie (foto W. Siwiak)

kilometrów, korzystała zaledwie 1/4 mieszkańców lewobrzeżnej Warszawy. Odrębny wodociąg działał od lat 60. XIX wieku na warszawskiej Pradze. Dostarczał jednak wody przede wszystkim do gaszenia pożarów. Obydwa wodociągi nie doprowadzały wody do każdego budynku znajdującego się w zasięgu sieci. Dopiero budowa w latach 1883-1886

ogólnomiejskiej sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w Warszawie [48-49] według projektu inż. Williama Lindleya pozwoliła doprowadzić wodę w końcu XIX i na początku XX wieku do każdej posesji w zasięgu sieci. Do poboru wody w obrębie poszczególnych posesji służyły specjalnie instalowane w tym celu studnie podwórzowe. Było to jeszcze przez jakiś czas podstawowe źródło wody zanim wykonano w budynkach, szczególnie starszych, wewnętrzne instalacje.

Studnie podwórzowe zasilane z wodociągów i z odprowadzeniem kanalizacji, stały się charakterystycznym detalem nie tylko warszawskich kamienic w końcu XIX wieku [41]. Starannie opracowane żeliwne studnie pełniły rolę estetyczną, zarówno jako ozdoba, jak i element kompozycji podwórza. Były to odlewy wysokie przeciętnie na 120 cm, najczęściej o formie półokrągłych arkad na pilastrach ujmujących półkolistą wnękę zamkniętą konchowo. Rurka doprowadzająca wodę była zazwyczaj wmontowana w usta maski, przedstawiającej głowę lwa lub ludzką. Był to tradycyjny motyw rzygacza, już od starożytności kojarzący się z wypływem wody. Mimo produkowania studni podwórzowych przez różnorodne odlewnie żeliwa, wzory płyt źródeł były niemal identyczne, różniąc się nieznacznie detalami dekoracyjnymi. Na początku XX wieku studnie w nowo projektowanych kamienicach, od początku wyposażonych we wnętrzu w bieżącą wodę, rzadko się spotyka. Do celów pożarowych i sanitarnych służyły zwykle hydranty, ale podwórza bogatszych domów wyposażano niekiedy w ozdobne studnie i baseny.

Do 1850 roku wodociągi powstały w Jaworzynie Śląskiej (1825), Grodźcu (1828), Chełmnie (1842) i Bieczu (1850). W latach 50. i 60. XIX wieku między innymi w Warszawie (1855), Żywcu i Szczecinie, które realizował wielki europejski inżynier – James Friedrich Ludolf Hobrecht (1863), Brzegu i Gorzowie Wielkopolskim (1864), Poznaniu, Niemodlinie (1866), Gdańsku (1869), a w 1870



[42] Warszawa, Ogród Saski – wieża ciśnienia wraz z pompownią (wodozbiór) ukryta w budowli wzniesionej w latach 1853-1854 na wzór świątyni Westy z Tivoli, według projektu H. Marconiego. Obecnie zapasowy rezeruar wody dla Teatru Wielkiego. (foto M. Kucharczyk)



[43] Warszawa, al. Solidarności – zabytkowy wodozbiór na nieistniejącym już placu Tłomackim zbudowany (1783-87) wg projektu wybitnego architekta Szymona Zuga. Rotunda z powodu formy nazwana przez mieszkańców „Grubą Kaśką”. (foto M. Kucharczyk)



[44] Warszawa – studnia na placu Kasińskich wybudowana (1793-1795 r.) wg projektu Merliniego miała charakter obelisku. W 1824 r. zastąpiono ją obudową żeliwną według projektu Ch. P. Aignera w „guście starożytnym”. (foto M. Kucharczyk)



[45] Warszawa, Łazienki Królewskie – okrągły wodozbiór wznosił w latach 1777-1778 Dominik Merlini dla dostarczania wody do fontann ogrodowych. Przebudował go w latach 1823-1827 Ch. P. Aigner, na wzór starożytnego grobowca Cecylii Metelli w Rzymie. Obecnie mieści się w nim galeria sztuki. (foto M. Kucharczyk)

# DZIEJE WODOCIĄGÓW

roku w Elblągu, Pszczynie i Kołobrzegu oraz w 1875 roku w Zielonej Górze. W 1884 roku uruchomiono pierwszy państwowy wodociąg dla Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego – Państwowy Wodociąg Królewska Huta, zaopatrujący Chorzów i sąsiednie gminy. Jego uruchomienie poprzedziło wykonanie ujęć wody w Zawadzie koło Pyskowic w 1882 roku i Reptach Śląskich, gdzie w 1884 roku wybudowano szyb „Adolf” (obecnie „Staszic”). W 1895 roku uruchomiono kolejny państwowy wodociąg Zawada-Zabrze, zaopatrujący prócz Zabrza i Gliwic szereg pomniejszych miejscowości. W 1896 roku z ujęcia „Zawada” przesłano około 2,4 mln m<sup>3</sup> wody. W 1910 roku 470.257 ludzi wspólnie z zakładami przemysłowymi, korzystając z państwowego zaopatrzenia, zużyło 11 mln m<sup>3</sup> wody. Charakterystyczną cechą wodociągów GOP-u było finansowanie ich budowy przez państwo pruskie oraz ich wielogminność, co znaczy, że dostarczały wodę równocześnie do kilkunastu gmin. Podział Górnego Śląska pomiędzy Niemcy i Polskę w wyniku pierwszej wojny światowej i powstań śląskich, spowodował, że każde z tych państw stworzyło własną, odrębną sieć pozyskiwania wody i jej dystrybucji dla mieszkańców i zlokalizowanego tu przemysłu. W 1924 roku utworzono „Państwowe Zakłady Wodociągowe na Górnym Śląsku”.

Część z wodociągów, powstała szczególnie w pierwszej połowie XIX wieku była jeszcze grawitacyjna. Doprowadzały one przeważnie nie filtrowaną wodę do publicznych ujęć i sporadycznie do budynków mieszkalnych, jak i urzędowych. We Wrocławiu, gdzie

wodociągi oddano do użytku w 1871 roku, surową wodę czerpano bezpośrednio z Odry, tłocząc ją następnie na filtry piaskowe. Po oczyszczeniu trafiała do zbiornika wieżowego na wysokość około 40 m, skąd rurociągiem zasilala sieć miejską. Wrocławska wieża ciśnień [46] mieściła w swoim wnętrzu najważniejsze urządzenia myśli inżynierskiej wieku pary. Wykorzystano w niej dwie maszyny parowe systemu Woolfa pojedynczego działania, nie posiadające jeszcze wówczas kół zamachowych. Zainstalowane pompy w tłaczały do zbiornika 900 m<sup>3</sup> wody w ciągu godziny. Woda dostarczana do mieszkań była płatna. Po otwarciu zakładu ustalono opłatę za łazienkę lub spluczkę przy toalecie w wysokości 2,25 marki rocznie ryczałtem, a gdy odbiorca zdecydował się na zainstalowanie wodomierza -0,20 marki za 1m<sup>3</sup> pobranej wody. W Szczecinie początkowo woda była dostarczana do odbiorców bez opomiarowania. Rozliczano jej zużycie na podstawie posiadanej liczby ogrzewanych pokoi, kuchni, łazienek, splukiwanych toalet, pralni i ilości zwierząt. Zużycie było tak duże, że na piętrach i końcówkach sieci ciągle brakowało wody. W 1870 roku władze policyjne Szczecina wydały rozporządzenie o zakazie nadużywania wody. W 1879 roku we wrocławskiej wieży ciśnień zainstalowano zachowane do dnia obecnego maszyny parowe podwójnego działania z największym kołem zamachowym w Europie o średnicy 7,5 m. W pierwszym okresie funkcjonowania wieża zaopatrywała w wodę całe miasto, dostarczając ją dla 165.000 mieszkańców Wrocławia w ilości 97 litrów na mieszkańca.



[46] Wieża ciśnień Zakładu Uzdatniania Wody „Na Grobli” we Wrocławiu, pocz. XX w. (arch. MPWiK Wrocław)

## XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[47] Wierzba woj. dolnośląskie – wieża ciśnień z 1697 r. (foto M. Łoś)

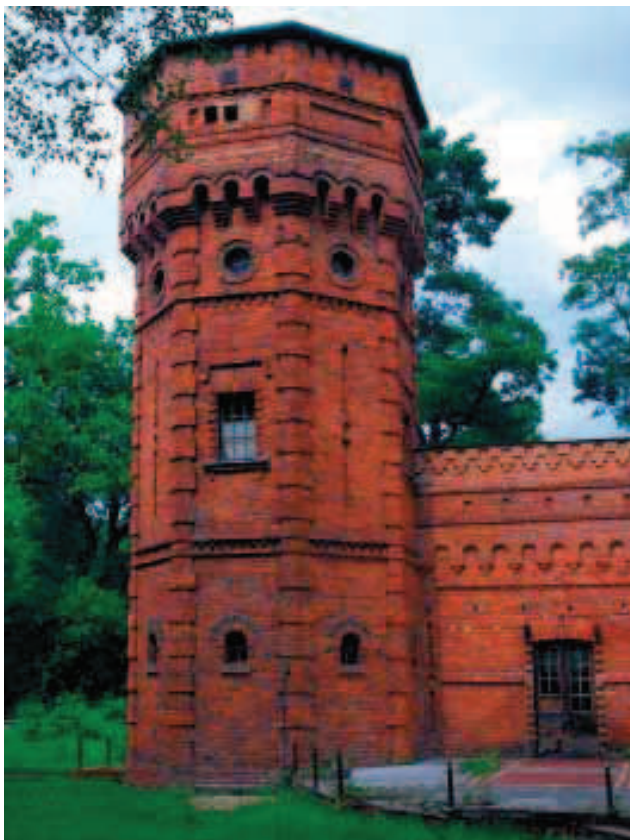


[48] Wierzba. Poczтівka z wizerunkiem wieży wodnej. (arch. M. Łoś)

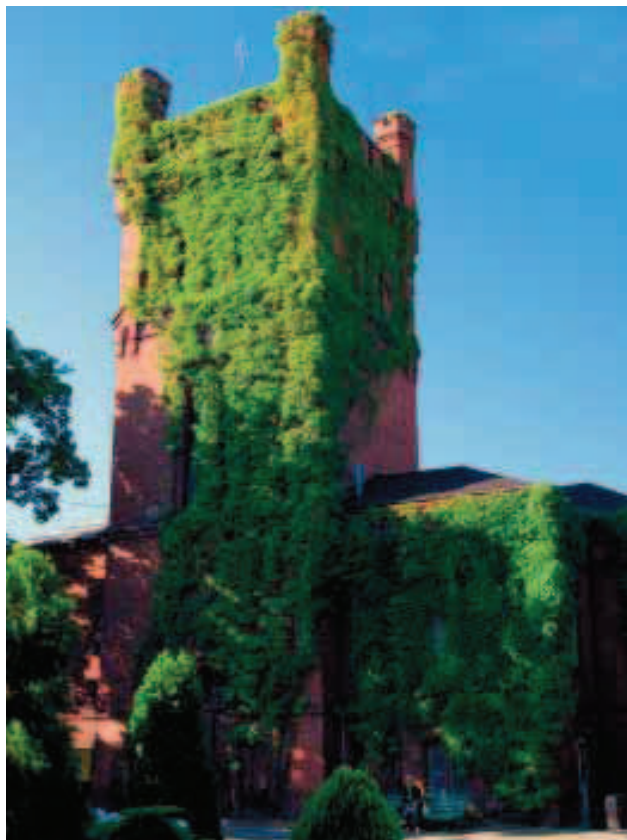
Widoczne w krajobrazie kulturowym zabytki techniki wodociągowej jak wieże ciśnień, stacje pomp i filtrów oraz towarzyszące im zabudowania są jednymi z najbardziej rozpoznawalnych urządzeń komunalnych.

Najbardziej charakterystycznymi obiektami wodociągowymi są bez wątpienia wieże ciśnień. W drugiej połowie XIX i na początku XX wieku były to najważniejsze obiekty sieci wodociągowej. Nadawano im często ozdobne kształty, poprzez wykonanie bogato zdobionych

gzymsów, dekoracyjnych attyk ze szczytami, blank czy ostrołukowych okien, w przypadku gdy bryła wieży miała przykładowo nawiązywać do stylu neogotyckiego. Nowoczesne wieże ciśnień zaczęto budować w latach 50. XIX wieku. Pierwszy tego typu obiekt powstał w Hamburgu w 1855 roku i Altonie w 1859 roku. Następne wybudowano w Szczecinie, Lubece, Rostoku i Wrocławiu w 1871 roku, a także w Lublinie w 1899 roku. Większość z zachowanych w Polsce wież ciśnień powstała od końca XIX do lat 30. XX wieku.



[49] Konstancin-Jeziorna, ul. Żeromskiego, woj. mazowieckie – wieża ciśnień wybudowana w 1899 r. wg projektu E. Lilpopa. (foto M. Kucharczyk)



[50] Skierniewice, woj. łódzkie – neogotycka wieża ciśnień z XVIII w., dziś Instytut Warzywnictwa. (foto M. Kucharczyk)

# DZIEJE WODOCIĄGÓW



[51] Wieża Nyska w Białej z 1596 r., woj. opolskie (arch. UM Biała)



[52] Toruń. Wnętrze wieży ciśnieniowej. (foto M. Łoś)

Zadaniem ich było stworzenie stałego, wysokiego ciśnienia w sieci miejskiej. Wymuszało to odpowiednio wysokie umieszczenie zbiornika celem zapewnienia dostaw wody dla piętrowej zabudowy miejskiej. Przy budowie wież ciśnieniowych uwzględniano również odpowiednią pojemność zbiornika, aby sumując wydajność filtrów, moc pomp i maszyn parowych, zapewnić mieszkańcom i szybko rozwijającemu się przemysłowi odpowiednią ilość wody. Oddzielną grupę, mniej urozmaiconą architektonicznie stanowią kolejowe wieże ciśnieniowe. Budowano je bezpośrednio na terenie dworców kolejowych lub w ich pobliżu. Wyróżnić można jeszcze wieże przemysłowe lokalizowane na terenie zakładów i parkowe, które zgodnie z romantyczną modą otrzymywały staranne opracowania architektoniczne. W odróżnieniu od wież komunalnych lub parkowych, wieże kolejowe nie różnią się zbytnio między sobą. Ich budowę realizowały specjalistyczne firmy w niewielu wariantach. Są one z reguły niższe od miejskich, o charakterystycznej surowej bryle, gdyż nie były na ogół przeznaczone do „oglądania”. Znanymi są również wieże zaopatrujące w wodę pałace, dwory i folwarki.

Obecnie większość z zachowanych wież ciśnieniowych została wyłączona z eksploatacji, stając się widocznym świadectwem minionej techniki wodociągowej. Do najstarszych zachowanych wież wodnych można zaliczyć wspomniane już wieże z Fromborka i Lublina [33] oraz Wieżę Nyską w Białej (1596) [58-59], Głogówku (1597) i w Wierzbnej (1697) [55-56], powiat świdnicki. W wielu z nich, jak w przypadku wieży ciśnieniowej w Bydgoszczy z 1900 roku finalizuje się otwarcie Muzeum Wodociągów lub realizuje inne plany o charakterze kulturalnym. Funkcje takie pełni już wybudowana w 1894 roku wieża ciśnieniowa na Stacji Pomp „Stare Bielany” w Toruniu. Zorganizowano w niej między innymi stałą wystawę historii inżynierii komunalnej Torunia, w tym wodociągów [52]. Z racji oryginalnego wyposa-

żenia przyciąga również uwagę wieża ciśnieniowa Na Grobli we Wrocławiu – między innymi żeliwne spiralne schody, zdobione motywami roślinnymi, maszyny parowe czy żeliwne kolumny z misterną dekoracją [54-55]. W innych powstają kawiarnie i restauracje lub adoptuje się je dla potrzeb świątyni religijnych, jak miało to miejsce w Szczecinie. Na liście Narodowych Dóbr Kultury znajduje się kompleks wodociągowy „Zawada” w Karchowicach [56], podległy obecnie Górnośląskiemu Przedsiębiorstwu Wodociągów w Katowicach. Zachowane w „Zawadzie” maszyny parowe i zabytkowe wnętrza stanowią cenny zabytek techniki i doskonale ilustrują postęp, jaki dokonał się w zakresie techniki wodociągowej. Budowa wodociągów w XIX wieku najbardziej była zaawansowana na ziemiach byłego zaboru pruskiego. Najwięcej wodociągów około 1880 roku znajdowało się w miastach śląskich – 87, a znacznie mniej na Warmii i Mazurach – 17, Pomorza Gdańskiego – 11, Pomorza Zachodniego – 8 i w Wielkopolsce – 7. Nie były to jednak każdorazowo nowoczesne wodociągi, a często jedynie proste urządzenia dostarczające wodę z pobliskich źródeł do publicznych studni lub rozprowadzające nie filtrowaną wodę rzeczną. Szczególnie intensywny rozkwit wodociągów na ziemiach polskich pod panowaniem pruskim przypadł na przełom XIX i XX wieku. Na początku XX wieku ludność miast powyżej 15 tysięcy mieszkańców, korzystała prawie wyłącznie z wodociągów. W 1913 roku wodociągi działały w 533 miastach i miasteczkach w zaborze pruskim. Przy budowie wodociągów korzystano przy tym niemal zupełnie z wody gruntowej, a rzadziej ze strumieni, jezior i rzek. Zakłady wodociągów miejskich w pierwszych latach XX wieku rozrosły się do rzędu wielkich przedsiębiorstw, dostarczających duże ilości wody. Na przykład w Gdańsku osiągnęły zdolność produkcyjną około 8,8 mln m<sup>3</sup>, w Poznaniu 30 mln m<sup>3</sup>, a we Wrocławiu



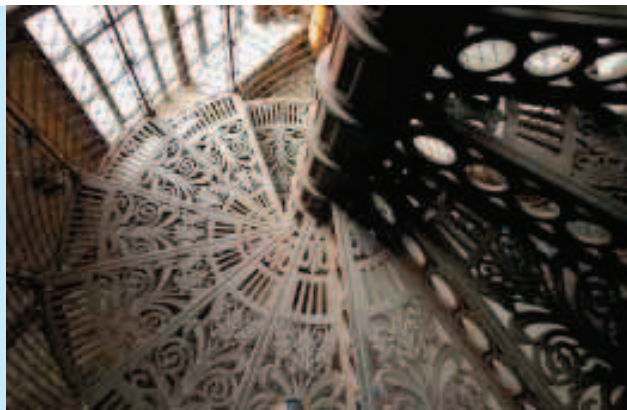
[53] Wieża Nyska w Białej z 1596 r. (foto UM Biała)



# XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[54] Wrocław. Wnętrze wieży ciśnieniowej Na Grobli (foto W. Siwiak)



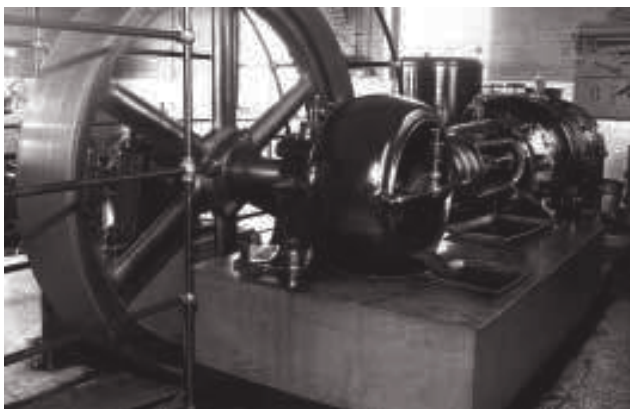
[55] Wrocław. Wnętrze wieży ciśnieniowej Na Grobli (foto W. Siwiak)

wiu 20 mln m<sup>3</sup> wody rocznie. Do tłoczenia tak olbrzymich ilości wody używano pomp motorowych. Rozwojowi wodociągów towarzyszyła rozbudowa sieci ulicznej. We Wrocławiu wzrosła ona w latach 1888-1913 z około 158 do 423 kilometrów, w Poznaniu z 29 do ponad 176 kilometrów, w Gdańsku z 71,4 do 175 kilometrów. W Szczecinie w 1913 roku wynosiła ona 208,1 km, we Lwowie 138,5 km, w Bydgoszczy 52,8 km, w Lublinie 40 km, a w Legnicy 69,5 kilometrów. Powstawały również specjalne zbiorniki gromadzące zapas wody na wypadek awarii. Przed 1914 rokiem dwa zbiorniki w Poznaniu mogły pomieścić 8000 m<sup>3</sup> wody, w Gdańsku 11500, a cztery w Szczecinie 13200 m<sup>3</sup>. W ciągach ulicznych istniały w tym czasie liczne źródła uliczne, z których można było pobierać wodę bez dodatkowych opłat.

W zaborze rosyjskim do pierwszej wojny światowej wybudowano niewiele wodociągów. W wielu miastach w dalszym ciągu korzystano z wody rzecznej i studziennej. Obok istniejących wcześniej w Pińczowie i Warszawie, powstały nowoczesne wodociągi między



[56] Karchowice, woj. śląskie – sprężarka parowa (foto Urząd Marszałkowski w Katowicach)



[57] Gdańsk. Sprężarka parowa (foto arch. Saur Neptun Gdańsk)

innymi w Białymstoku (1891), Płocku (1896), Żyrardowie (1896), Lublinie (1899), Piotrkowie Trybunalskim (1903) oraz Dąbrowie Górniczej (1911). Wodociąg płocki pobierał wodę bezpośrednio z Wisły. Kierowano ją do murowanych osadników, a następnie do filtrów, gdzie oczyszczała się przechodząc przez piasek i żwir. Do wodociągu zostało podłączonych około 160 domów. Od 1895 roku grawitacyjny wodociąg istniał w Ciechocinku. Sprowadzana nim źródłana woda była jednak w ograniczonym stopniu przeznaczona na potrzeby mieszkańców. Woda służyła głównie dla celów zakładu leczniczego. Miejski wodociąg w Ciechocinku powstał dopiero w okresie międzywojennym. Budowa wodociągów była finansowana bezpośrednio z kas miejskich lub tworzonych w tym celu towarzystw i spółek prywatnych. Jednym z nich było Towarzystwo Wodociągów Białostockich. W ciągu dwóch lat zbudowało wieżę ciśnieniową [60-61], stację pomp i 13 kilometrów sieci wodociągowej dla 950 odbiorców. W 1914 roku długość sieci wodociągowej wzrosła do 33 kilometrów. Wodociąg nie cieszył się jednak popularnością wśród mieszkańców.



[58] Bydgoszcz. Stacja wodociągowa Las Gdański 1900 r. (arch. W. Banach)

# XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[59] Białostockie żetony wodociągowe 1892 r. (foto *Wodociągi Białostockie*)



[60] Białostok. Wieża ciśnien – 1923-1925 r. (foto *Wodociągi Białostockie*)

Towarzystwo Wodociągów podjęło kroki celem zwiększenia ilości sprzedawanej wody, tworząc na terenie miasta specjalne punkty jej dystrybucji na wiadra w których płacono emitowanymi przez zakład żetonami wodociągowymi. Równie w niewielkim stopniu korzystała z wody wodociągowej czerpanej ze studni artezyjskich

ludność Lublina. W początkowym okresie eksploatacji wodociągów w Lublinie zaledwie 88 domów było do nich podłączonych na ponad 1200 wówczas istniejących. Wodociągi zapewniały Lublinowi, gdy liczył on w 1900 roku 58 tysięcy mieszkańców, tylko około 15% zapotrzebowania na wodę. Pozostała część mieszkańców w dalszym ciągu używała wody ze studni prywatnych, których liczba około 1900 roku wzrosła do ponad stu. Studnie prywatne coraz częściej umieszczano we wnętrzach budynków. Punkty poboru wody z drugiej połowy XIX wieku i początku XX wieku zlokalizowane w piwnicach budynków mieszkalnych, o okrągłych lub owalnych przekrojach ceglanych cembrowin znane są między innymi z Bydgoszczy.

Studnie, jak się okazuje, służyły jednak nie tylko wyłącznie do zaspokajania potrzeb konsumpcyjnych. Zamieszkująca historyczne ziemie polskie mniejszość żydowska wykorzystywała studnie znajdujące się na jej kirkutach (cmentarzach) w celach rytualnych. Odnośny przepis został umieszczony na jedynej tego typu zachowanej studni w Warszawie, ujętej w obudowę zwaną wodotryskiem. Kto wraca z cmentarza lub dotknął się zwłok albo wszedł do miejsca gdzie złożono zwłoki lub oddał ostatnią posługę zmarłemu, powinien obmyć ręce wodą. Religijny rytuał żydowski wymaga bowiem umycia rąk przy wyjściu z cmentarza.

W użyciu były także tzw. studnie kryniczne lub kapliczne zasilane wodą z naturalnego źródła posiadającego własności lecznicze. Stąd czerpaną z nich wodę nazywano cudowną lub świętą. Sława ich

rozpocznęła się od objawienia przy studni świętego lub czyjegós cudownego uzdrowienia. W takim przypadku nad studnią lub źródłem wody budowano kaplicę i otaczano szczególną czcią jej patrona. Do kaplicy zmierzały pielgrzymki, przez co rosła sława źródła i kaplicy. Ze studniami wiązano również różnorodnego rodzaju

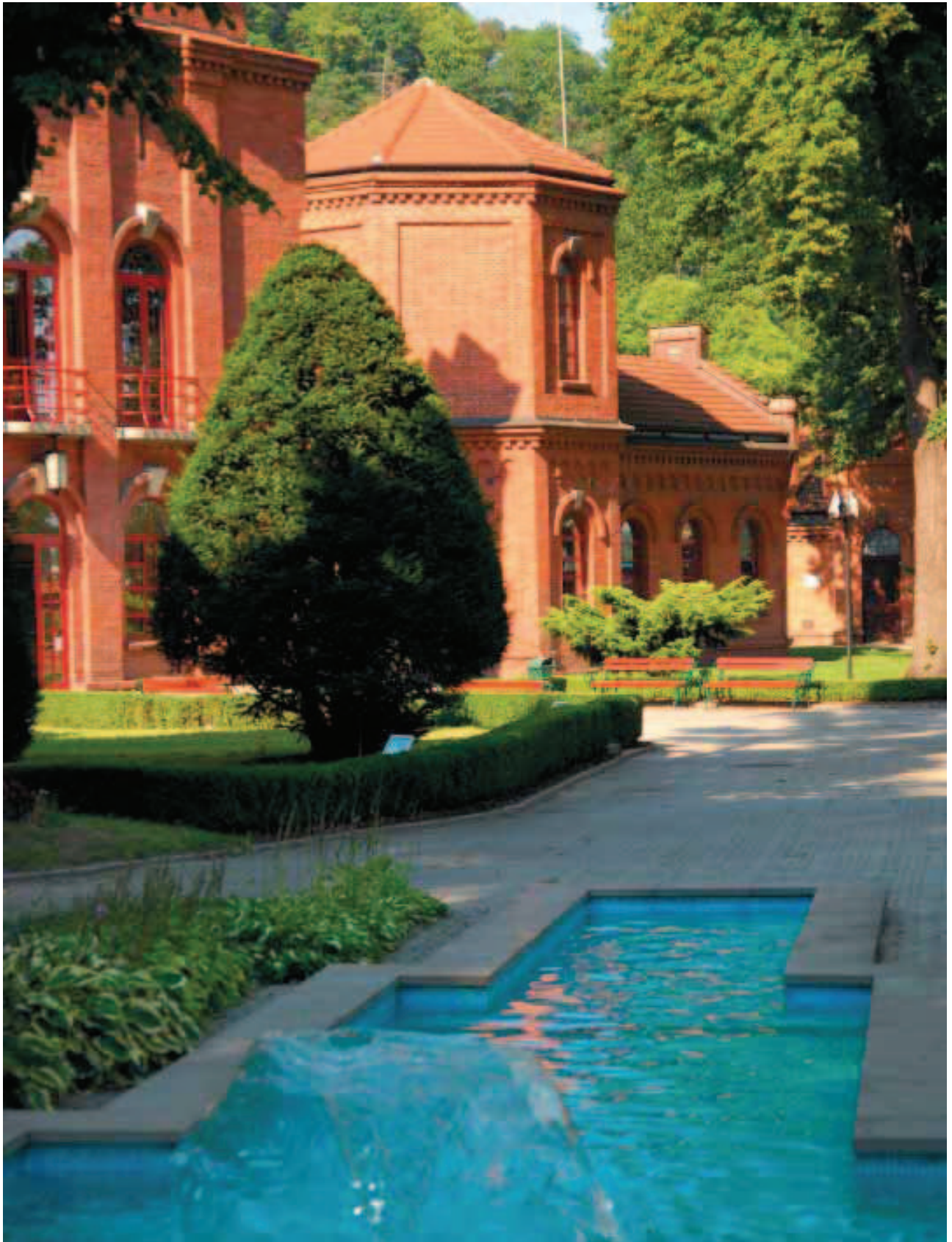
ludowe gusła i przesady. Przykładem może być studnia z klasztoru Trynitarzy w Tomaszowie na Lubelszczyźnie. W 1786 roku odnotowano: „Przy tym klasztorze jest studnia, która gdy mają być żyzne lata z brzegów nie wylewa, gdy zaś ma być nieurodzaj, głód lub jakowa na kraj kłęska, obficie z brzegów wylewając rzeczkę formuje”.

Na „opór” mieszkańców związany z przyłączaniem się do publicznego wodociągu napotymano w wielu miastach. W różnorodny sposób starały się one zachęcić do podłączenia do sieci potencjalnych użytkowników wodociągów. Magistrat Bielska apelował w 1895 roku, że kto zgłosi się w terminie 4 tygodni, ten zapłaci jedynie 1/2 ceny przyłącza za odcinek od rurociągu do głównego zaworu w budynku. Jednocześnie przypomniano o utrzymaniu w stanie używalności istniejących studni publicznych z uwagi na wszelkie możliwe, aczkolwiek mało prawdopodobne sytuacje wyjątkowe. Władze miasta Biela (obecnie oba te ośrodki tworzą jeden organizm miejski – Bielsko-Biała) wyszły z kolei w 1900



[61] Białostok. Wieża ciśnien – 1923-1925 r. (foto *Wodociągi Białostockie*)

roku z propozycją do odbiorców, którzy będą pobierać powyżej 10.000 m<sup>3</sup> wody rocznie i zgłoszą się w określonym terminie, będą mieli zagwarantowane przez pierwsze 10 lat funkcjonowania wodociągu znaczne udogodnienia cenowe. Wynika z tego, że wodociągi w ówczesnym czasie nie były instytucją dochodową dla kasy miejskiej. Związany z ich działalnością deficyt budżetowy, Rady Miejskie starały się łagodzić poprzez podejmowanie uchwał dotyczących nowych stawek opłat.



[62] Kraków – Zakład Wodociągowy w Bielanych – 1901 r. (foto M. Kucharczyk)



[63] Łódź – narożna wieża wodna z 1913 r stanowiąca część budynku składu w fabryce Schweikerta. Obecnie – Biblioteka Główna Politechniki Łódzkiej (foto M. Kucharzyk)

## XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[64] Arch. ZWiK Łódź

Wiercenie jednej z pierwszych studni głębinowych w Łodzi – 1934 r.

System zaopatrzenia Łodzi w wodę zaczęto od budowy studni głębinowych w południowej części miasta i na jego obrzeżach. Także dziś łodzianie piją głównie „głębinówkę” – 90 procent wody pochodzi z blisko 60 ujęć podziemnych. W latach 60. i 70. ubiegłego wieku miasto, w którym pracowało kilkadziesiąt fabryk włókienniczych czerpało również wodę z Pilicy oraz ze specjalnie w tym celu wybudowanego Zalewu Sulejowskiego.

W 1900 roku w Inowrocławiu podniesiono opłatę dla gospodarstw domowych z 30 do 35 fenigów za 1 m<sup>3</sup>, a dla fabryk i warsztatów przemysłowych z 25 do 27,5 fenigów za 1 m<sup>3</sup> wody. Ilość pobranej wody mierzono za pomocą przepływowych wodomierzy. Dostarczała je między innymi firma Heinricha Meinecke z Wrocławia, której opatentowane wyroby otrzymały medale na wystawach światowych: złoty medal w Londynie w 1884 roku oraz srebrny w Antwerpii w 1886 roku.

W Małopolsce i Kresach Południowo-Wschodnich do 1914 roku nowoczesne wodociągi powstały w około 30 miastach. Pierwsze zbudowano w Dolinie (1879), Kanczudze (1883), Bielsku (1895) i Sędziszewie (1890). Następnie w Brzeżanach (1892), Grybowie (1896), Białej (1900), Krakowie i Lwowie (1901). Wspomniany już wodociąg w Bielsku w 1899 roku zaopatrywał prócz zakładów przemysłowych 510 budynków, czyli około 2/3 ogólnej liczby domów w mieście. Łącznie dostarczano do miasta 548.308 m<sup>3</sup> wody w ciągu roku, tj. około 1.500 m<sup>3</sup> dziennie. Specyficzna sytuacja z zaopatrzeniem w wodę wystąpiła we Lwowie. Ze względu na położenie geograficzne na europejskim dziale wód w jego pobliżu nie znaleziono dostatecznie obfitych źródeł wody, spełniających w pełni potrzeby miasta. Wodę sprowadzano żelaznymi rurami z ujęcia odległego o 30 kilometrów od Lwowa. W 1902 roku do wodociągu było podłączonych już ponad trzy tysiące budynków mieszkalnych, które w razie pożarów miał chronić system przeszło 600 hydrantów zlokalizowanych w mieście. Ze znacznej odległości sprowadzał wodę również Kraków [62]. Źródło jej poboru znajdowało się w odległej od miasta o 20 kilometrów wsi Regulice. Wcześniej miasto zaopatrywane było w złej jakości wodę studzienną. Z 74 przebadanych około 1895 roku studni krakowskich, tylko w ośmiu przypad-

kach woda nie zawierała szkodliwych bakterii. Wodę w niektórych studniach określono jako mocz rozcieńczony w stosunku od 1 do 10%. Nie była to jednak tylko specyfika krakowska. Podobnie było w całej Polsce. Dopiero budowa na przełomie XIX/XX wieku coraz liczniejszych studni artezyjskich sytuację tę poprawiła.



[65] Łódź – wieża wodna dawnej fabryki wyrobów bawełnianych F. Ramischa. (foto M. Kucharczyk)

Historia wodociągów i kanalizacji w większości nie tylko dużych miast w Polsce w wielu przypadkach jest niewiele krótsza od historii miasta. Odmienne było w Łodzi, która będąc w XIX wieku jednym z większych europejskich miast wyróżniała się zupełnym brakiem wodociągów i kanalizacji [64]. Pobór wody odbywał się z tysięcy płytkich kopanych studni, którą po wykorzystaniu odprowadzano z miasta rynsztokami. Instalacje wodociągowe, oparte o ujęcia wód podziemnych posiadały tylko nieliczne bogate kamienice. Na wodzie czerpanej ze studni głębinowych bazowali także łódzcy fabrykanci i z tego powodu niechętnie patrzyli na propozycję budowy miejskiej sieci wodociągowej i kanalizacyjnej. W miarę wzrostu ilości studni fabrycznych, między fabrykantami dochodziło do licznych sprzeczek na tle nieprawidłowej eksploatacji studni. Bliskie odległości pomiędzy poszczególnymi fabrycznymi ujęciami wody powodowały zmniejszanie wydajności zakładowych studni. Przemysłowcy budowali zbiorniki [60], pogłębiali studnie we wspólnych warstwach wodonośnych w tajemnicy, często w nocy. Sytuacja ta doprowadziła na początku XX wieku do odmowy przemysłowców udziału w budowie wodociągów komunalnych, których eksploatacja groziła znacznymi ubytkami wody w studniach fabrycznych na terenie miasta.

W 1901 roku władze miasta zamówiły co prawda u Williama Lindleya – jednego z najlepszych ówczesnych inżynierów – projekt zaopatrzenia miasta w wodę i budowy kanałów, lecz nie zdecydowano się na jego realizację.



[66] Łódź. Budowa wodociągu – lata 30 XX w. – 1930s (arch. ZWIK Łódź)

## XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[67] Łódź. Wnętrze zbiorników wodnych (foto ZWiK Łódź)



[68] Gdynia. Budowa ujęcia wody – 1930-1934 r. (foto PEWiK Gdynia)

Budowa wodociągów i kanalizacji w Łodzi rozpoczęła się dopiero w 1925 roku [66]. Ciekawe, że gdy w innych miastach zaczęto budować kanały betonowe, żelbetowe i azbestocementowe – w Łodzi duże („przelazowe”) kanały budowano z cegły (145 km). W Łodzi powstały też ogromne, ceglane zbiorniki na wodę [67]. Podobne są w Warszawie (ten sam projektant), ale w Łodzi łączy dwie funkcje: rezerwuarów wody i gigantycznej wieży ciśnieniowej o pojemności 100 000 m<sup>3</sup>, bo zbudowano je w najwyższym punkcie miasta (różnica poziomów między najwyższym i najniższym punktem miasta wynosi 100 metrów).

Również w latach 20. XX wieku pierwsze wodociągi otrzymała Gdynia [76]. Wzrastający napływ letników oraz związane z tym kłopoty z zaopatrzeniem w wodę, skłoniły Pierwsze Towarzystwo Polskich Kąpieli Morskich do budowy niewielkiego zbiornika o pojemności 60 metrów sześciennych w rejonie Kamiennej Góry. Do ostatecznego stworzenia nowoczesnego systemu dla dynamicznie rozwijającego się miasta przystąpiono w 1928 roku. Sieć wodociągową uruchomiono w 1930 roku. Początkowo do systemu podłączono zaledwie 250 budynków, głównie w centrum miasta. W pierwszym okresie eksploatacji dobowy pobór wody wynosił średnio 600-1000 m<sup>3</sup>. Chlubą gdyńskich wodociągów była oczyszczalnia ścieków. Była obiektem bardzo nowoczesnym, wyróżniającym ówczesną Gdynię spośród innych polskich miast. Składała się z osadnika piasku, trzech komorowych studzien Imhoffa o głębokości 12,5 m, 16 basenów ociekowych oraz hali maszyn. Do budowy studzien wykorzystano ogromne skrzynie żelazobetonowe, używane do umocnień nabrzeży portowych. „Sercem” systemu były kotły, tzw. „montejusy”.



[69] Poznań. Przepompownia ścieków (foto Aquanet SA)

W XIX wieku dbano również o jakość wody, która miała zasilać miejskie sieci wodociągowe. Przykładem mogą być uchwały podejmowane przez niemieckich higienistów i specjalistów wodociągowych, podejmowane na organizowanych przez nich cyklicznych zjazdach. Na zjeździe w Gdańsku w 1874 roku uchwalono: „Dla celów wodociągowych należy przede wszystkim dążyć do uzyskania wody źródlanej czy to naturalnie wytryskującej, czy też sztucznie otwartej (a więc gruntowej). Nie należy się przeto dopoty zadawała wodą mniej dobrą (filtrowaną rzeczona), dopóki się nie wykaże, że wodociąg o wodzie pierwszej kategorii jest niemożliwy”.

Odrębnym zagadnieniem pozostawało usuwanie nieczystości płynnych. Istniejąca sieć podziemnych kanałów była przy potrzebach rozwijających się miast niewystarczająca. W wielu mniejszych miastach i miasteczkach podziemna sieć w ogóle nie istniała, a ich funkcję pełniły w dalszym ciągu biegnące środkiem ulic najczęściej odkryte rynsztoki. Kanały istniejące były przeważnie wąskie, przez co bardzo często się zapychały. Wymagały też z uwagi na przeważnie nietrwały budulec z których je wykonywano, ciągłych remontów i napraw. Na przestrzeni XIX wieku system kanalizacyjny w miastach polskich zaczynał się dopiero upowszechniać. W 1854 roku skanalizowano poprzez budowę kanałów odpływowych pierwszy fragment Starego Miasta w Toruniu. Do końca stulecia, kanalizację otrzymał również Gdańsk, Wrocław, Warszawa, Poznań [69-70], Szczecin, Legnica i Bydgoszcz.



[70] Pompa wody czystej – Wnętrze Maszynowni (teraz Pompowni Wody Czystej) 1943-1945 r. (arch. Aquanet SA)

# DZIEJE WODOCIĄGÓW



[71] Wrocław. Magazyn rur (arch. MPWiK Wrocław)



[72] Białe-Blota k/Bydgoszczy. Magazyn prefabrykatów – przed 1907 r. (arch. W. Siwiak)

Na początku XX wieku system kanalizacyjny został rozbudowany, obejmując znaczną część ówczesnych miast. W miastach polskich pod panowaniem pruskim, do pierwszej wojny, kanalizację planową wybudowano w ponad 160 miejscowościach, z tym że nie wszystkie posiadały kanalizację ogólnospławną dla ścieków i wód opadowych. Unikatowe rozwiązanie przy budowie sieci kanalizacyjno-odwodnieniowej po raz pierwszy zastosowano w Bydgoszczy na podstawie

projektu inżyniera Heinricha Metzgera z 1896 roku. Pomysł ten w porównaniu z innymi projektami ówczesnych czasów był zupełną nowością. W jednej konstrukcji Metzger zastosował piętrowy układ kanałów – większy kolisty kanał nad mniejszym owalnym kanałem. Układ kanałów piętrowych systemu rozdzielczego kanalizacji z wykorzystaniem prefabrykatów Metzgera stworzył rozdział sieci z podwójnymi, oddzielnymi kanałami na wodę opadową i ścieki. Poszczególne elementy takiego systemu kanalizacyjnego wykonywano głównie z rur betonowych o podwójnym profilu i częściowo z przewodów betonowych umieszczanych nad sobą – górnym przewodem odprowadzano wody deszczowe, dolnym ścieki. Metodę tę zastosowano następnie w wielu innych polskich miastach. Do budowy sieci kanalizacyjnych wykorzystywano również inne materiały. W XIX wieku, gdy na większą skalę zaczęto budować kanalizację, w początkowym okresie wykorzystywano w tym celu głównie drewno i surowce skalne. Następnie ce-



[73] Bydgoszcz, ul. Mostowa 4. Kamionkowa kanalizacja i ołowiany wodociąg z pocz. XX w. (foto W. Siwiak)

glę oraz zaczęto wprowadzać coraz powszechniej do ich budowy żeliwne oraz kamionkowe rury, o zróżnicowanych średnicach. Na przełomie XIX i XX wieku zaczęły dominować, prócz metalowych i ceramicznych, przewody betonowe, żelbetowe i azbestocementowe [71-72]. Kanalizację wewnętrzną w budynkach mieszkalnych wykonywano z rur kamionkowych [73] i żeliwnych. Wodę zaś doprowadzano przeważnie w rurach ołowianych.

Kanalizację rozbudowywano również w miastach znajdujących się pod panowaniem rosyjskim i austriackim. W Warszawie w 1910 roku długość kanałów kanalizacyjnych wynosiła około 180 kilometrów, a liczba skanalizowanych domów osiągnęła blisko 3900. Na południu rozbudowywano kanalizację we Lwowie i Krakowie. Długość kanałów we Lwowie wzrosła z 15,6 w 1870 roku do prawie 90 kilometrów w 1911 roku. Równocześnie poprawiano jakość kana-

łów. Kamień łączony zaprawą wapienną zastępowano cegłą łączoną na zaprawie cementowej. W 1835 roku łączna długość krakowskich kanałów blokowych wynosiła ponad 10 kilometrów. W zakładaniu krakowskiej kanalizacji blokowej brak jednak było systematyczności. Obliczono, że z powodu wadliwie działającej kanalizacji lub jej braku, tylko w latach 1870-1880, w mieście pozostało ponad 100 tysięcy m<sup>3</sup> nieczystości. Użytkowanie zaś w dalszym ciągu przydomowych dołów kloacznych, miało spowodować, że śmiertelność wśród mieszkańców Krakowa była trzykrotnie wyższa od Londynu uważanego wówczas za bardzo niezdrowe miasto.

W większości przypadków kanały przebiegały pod ulicami. Zdarzało się jednak, jak w Krakowie, że kanały przebiegały wewnątrz zwartych bloków zabudowy miejskiej – wzdłuż tylnych ścian budynków, przez podwórza i pod samymi zabudowaniami. Kanały układano w Krakowie stosunkowo płytko, przeważnie na głębokości 1-1,7 m po-

niżej terenu. Kształt ich przekroju poprzecznego był bardzo podobny – płaskie, niekiedy lekko wklęsłe dno, pionowe lub nieznacznie rozchyłające się na zewnątrz ściany oraz beczkowate sklepienie. Szerokość i wysokość kanałów zezwalała na swobodne poruszanie się wewnątrz. Kanały krakowskie budowano z łamanego wapienia, bloków piaskowca lub porfiru, a w późniejszym okresie również cegły.



## XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[74] Wrocław. Czyszczenie kanałów (arch. MPWiK Wrocław)



[75] Warszawa. Inspekcja kanałów – gwasz K. Pillati 1889 r.

Przyśpieszenie budowy nowoczesnej kanalizacji wymuszały dodatkowo powtarzające się w miastach europejskich epidemie, między innymi cholery. Z tego powodu podjęto pierwsze działania inwestycyjne przy kanalizacji Wrocławia, zakończone przyjęciem w 1874 roku do realizacji szczegółowego projektu. Łączna długość sieci kanalizacyjnej wybudowanej we Wrocławiu do końca XIX wieku wyniosła 178 kilometrów [74]. Ścieki z miasta, przy pomocy ogólnospławnych kolektorów, odprowadzono poza miasto do oczyszczalni na pola irygacyjne. Oczyszczalnie takie, prócz tych gdzie ścieki oczyszczano sposobem mechanicznym lub biologicznym, na początku XX wieku stały się nieodzownym elementem miejskiego krajobrazu. Ówczesne oczyszczalnie nie zawsze jednak spełniały pokładane w nich zadania. Niejednokrotnie dochodziło do zanieczyszczeń ściekami rzek i innych zbiorników wodnych.

Stałym elementem kanalizacji deszczowych i sanitarnych są studzienki rewizyjne. Przykrywa się je specjalnymi żeliwnymi włazami z pokrywą. Pokrywy są jedynymi widocznymi na powierzchni elementami podziemnej sieci. W praktyce najbardziej rozpowszechnione są włazy okrągłe. Rzadziej stosowane były włazy prostokątne z również okrągłymi pokrywami.

Wody deszczowe i powierzchniowe wpływają do sieci kanalizacyjnej przez specjalne studzienki, tzw. wpusty deszczowe. Wpusty deszczowe umieszcza się w rynsztokach ulic i placów, w najniższej położonych miejscach terenu. Następnie przykrywa kratą i podłącza do rur odprowadzających do studzienki rewizyjnej, skąd wody deszczowe płyną do kolektora. Istnieje wiele różnych typów wpustów deszczowych. Wśród nich można wyróżnić dwie zasadnicze grupy. Wpusty deszczowe z osadnikiem i bez osadnika, typu przepływowego. Kraty i otwory we wpustach mogą być umieszczane w poziomej i pionowej płaszczyźnie. Rzadziej były używane wpusty zaopatrzone w boczne otwory do odprowadzania wody umiesz-

czony w dolnej części krawężnika. Otwory odbiorcze tych wpustów i część przylegającego chodnika przykrywano żeliwną skrzynką. Ze względu na przelewanie się wody przez wpusty zaopatrzone tylko w boczne otwory w praktyce eksploatacji kanalizacji rzadko są obecnie stosowane. Istnieją poza tym wpusty deszczowe z kombinowanym rozmieszczeniem otworów: w płaszczyźnie pokrycia i w płaszczyźnie krawężnika. Kraty wykonywano z żeliwa. Poza tym było lub jest używanych wiele innych konstrukcji wpustów deszczowych i krat odbiorczych, nie mających jednak szerszego zastosowania.

## Czy wiesz, że...?

J. Simpson w 1829 roku zastosował w wodociągach w Chelsea (Londyn), oczyszczanie wody za pomocą filtra piaskowego, udoskonalonego dopiero po 60 latach. W XIX wieku zaczęto również odkażać i oczyszczać wodę przez dodawanie do niej odpowiednich środków chemicznych. Od 1857 roku w Europie rozpowszechniło się oczyszczanie wody wodorotlenkiem żelazowym, a od ok. 1880 roku w USA zaczęto stosować, na wielką skalę, koagulację za pomocą wodorotlenku glinowego. Odkażanie wody przez chlorowanie wprowadzono, w związku z epidemiami tyfusu, w Pola (Włochy) w 1896 roku i w Maidstone (Anglia) w 1897 roku. W pierwszą stałą instalację do chlorowania wody wyposażony został w 1920 roku wodociąg w Middelkerke (Belgia), a we francuskiej Nicei wprowadzono ozonowanie wody (w oparciu o pracę M. P. Otta). Ostatnio, coraz powszechniej stosuje się w USA, Kanadzie, Anglii i Niemczech fluoryzację wody w celu zapobiegania na skalę społeczną, próchnicy zębów.

Włazy i kratki kanalizacyjne są dziś jednym z najmniej dostrzeganych elementów zabytkowej infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej, która powstawała na ziemiach polskich na przełomie XIX i XX wieku. Tylko ich pobieżna rejestracja wzbogaca naszą wiedzę na temat firm wykonujących swoje usługi dla ówczesnych zakładów wodociągowych. W województwie kujawsko-pomorskim produkcją włazów i krat kanalizacyjnych zajmował się między innymi zakład HERZFELD&VICTORIUS S.A. GRAUDENZ/GRUDZIĄDZ, którego wyroby poza Grudziądem znaj-

dziemy także w Świeciu, Żninie, Toruniu, Chojnicach oraz Warszawie. W Chojnicach używano również na zamówienie miejscowych wodociągów kwadratowych żeliwnych włazów z okrągłymi pokrywami z odlewni DAVIDA GROVE z Berlina. Na lokalny rynek prawdopodobnie tylko produkował zakład R.PETERS CULM z dzisiejszego Chełmna. Większy przegląd firm specjalizujących się w realizacji zamówień wodociągowych odnajdziemy na ulicach Bydgoszczy. Obok miejscowego zakładu WINDSCHILD&LANGELOT BROMBERG, stosowano również włazy i wpusty, w tym z bocznym umiejscowieniem wpływu wody deszczowej w ciągu krawężnika, firmy H.BEHRENDT PASEWALK i BUDE&GOEHDE BERLIN oraz wielu anonimowych wytwórców.

# DZIEJE WODOCIĄGÓW

Dla potrzeb inowrocławskich wodociągów, założonych w 1905 roku, pokrywy włazów kanalizacyjnych, które osadzano w brukowanych nawierzchniach jezdniowych (ważyły 220 kg) lub w trotuarach (80 kg) dostarczały firmy: Zenker-Quabis Breslau, Königsberger Maschinen Fabrik oraz Eisenhüttenwerk Marienhütte Kotzenau A.G. Znane są również kratki kanalizacyjne z napisem Hohensalza. We Wrocławiu najstarsze zachowane pokrywy włazów oznaczano poprzez umieszczenie w centralnej części liter B lub S. W zachodnio-pomorskim z kolei w przykładowym Bornym-Sulimowie włazy produkowała odlewnia H. HOFFMANN PRENZLAU. W Zielonej Górze ich produkcją zajmowała się miejscowa firma Wasserversorgungs A. G.-Grünberg. Z kolei dla potrzeb wodociągów warszawskich, prócz wytwórni z Grudzią-

dza, pracowała również w latach 30. XX wieku odlewnia z Białogonu. Obecnie ich wytwarzaniem zajmuje się znacznie mniej zakładów, wśród których można wspomnieć EKOPOL TUŁOWICE, czy też producenta hydrantów z Węgierskiej Górki. Zdarzają się obecnie przypadki praktykowania przez poszczególne zakłady wodo-

## Czy wiesz, że...?

W początkowym okresie budowania kanalizacji nieczystości kierowano bezpośrednio do rzeki. Dopiero inż. J. Bazalgette w Londynie, mając w pamięci epidemię cholery, w czasie której umarło 20 tysięcy mieszkańców, zastosował pompowanie ścieków na taką wysokość, aby spływające potem nieznanym spadkiem dotarły do Tamizy po przebyciu drogi 12 mil. Bazalgette wybudował także wielkie zbiorniki, w których ścieki przechodziły procesy chemiczno-biologiczne zmieniając swój wygląd, zapach i skład chemiczny. Tak szeroko pomyślaną kanalizację Londynu założono w latach 1859-1875. Metoda poddawania ścieków fermentacji w osadnikach przyjęła się odtąd powszechnie. Również z Anglii wywodzi się pomysł rozprowadzania ścieków na tzw. polach irygacyjnych, zastosowany później m.in. w Gdańsku i Wrocławiu.

ciągowe umieszczania na pokrywach włazów specjalnych napisów czy też wzorów ikonograficznych mających upamiętniać szczególne wydarzenia z historii teraźniejszej firm. Takim szczególnym przykładem mogą być włazy z umieszczoną pamiątkową inskrypcją w związku z wziętym udziałem przez ich pracowników

w XIII Ogólnopolskiej Pielgrzymce Pracowników Wodociągów i Kanalizacji Gospodarki Komunalnej i Ochrony Środowiska na Jasną Górę w 2003 roku. Wykonano je między innymi dla wodociągów z Torunia i Wrocławia. Z kolei w Bielsku-Białej 110 rocznicę założenia miejskiego wodociągu obchodzoną w 2005 roku uczczono dodatkowo poprzez zamówienie ulicznych pokryw włazów ze stosowną rocznicową inskrypcją. Powyższe przykłady zdają się wskazywać na dobre połączenie funkcjonalności z odnotowywaniem w przestrzeni ulicznej ważnych firmowych jubileuszy. Istnieje jeszcze jedna grupa zabytków, niezaprzeczalnie związana z wodociągami. W grupie znanych nam setek różnorodnych żetonów płatniczych, do najrzadszych i w dalszym ciągu słabo rozpoznanych, zaliczają się żetony emitowane przez wodociągi miejskie.



[76] Warszawa. Połączenie kanałów pod ulicą Karową i Krakowskim Przedmieściem (foto K. Kobus/TravelPhoto)



[77] Warszawa. Model „lindleyowskiego” kanału jajowego trzyścieniowego (foto K. Kobus, TravelPhoto)

# DZIEJE WODOCIĄGÓW



[78] (foto – MPWiK Łódź)

Studnia rewizyjna z zasuwanami w „dętce” w Łodzi.

„Dętka” to owalny kanał, pełniący rolę zbiornika na wodę, wybudowany w 1926 roku z myślą o płukaniu sieci kanalizacyjnej w centrum miasta. Ma ponad 142 metry długości i mieści ok. 300 m<sup>3</sup> wody. Jest połączony zasuwanami z okolicznymi kanałami. Jeśli trzeba było je oczyścić, „dętkę” napełniano wodą i spuszczano ją do jednego z nich. Dziś „dętka” to budowla zabytkowa, otwarta dla zwiedzających.

Zaczęto je stosować pod koniec XIX wieku przede wszystkim w miastach byłego zaboru rosyjskiego. W jednym przypadku, znane są one również z ziem polskich należących ówczesnie do Niemiec, z Wrocławia.

Wśród żetonów wodociągowych najłatwiej rozpoznane są te, które były przeznaczone do automatycznych liczników na wodę. Jedyny dotychczas odnotowany przypadek żetonu przeznaczonego do licznika wodnego pochodzi z Wrocławia. Jest nim beznapiśowy żeton z wyobrażonym na jednej stronie fragmentem rurociągu z kranem z którego leci woda i zainstalowanym automatycznym wodnym licznikiem monetarnym. Na odwrotnej stronie umieszczono schematyczne przedstawienie trójnika z zaworem

wodnym. Przeznaczenie jego nie jest jednak w pełni zrozumiałe. Według jednej z hipotez mógł on być przeznaczony dla mieszkańców Wrocławia, którzy nie mając podłączonych swych gospodarstw domowych do istniejącej sieci wodociągowej, pobierali wodę na swój użytek z instalacji wodnej w wyznaczonych do tego miejscach. Niewykluczone jest również funkcjonowanie automatów wodociągowych zlokalizowanych przy postojach dla dorozek konnych. W takim przypadku korzystać z nich mogli dorozkarze w celu zakupu wody do pojenia koni. Próba zastosowania pod koniec XIX wieku automatów wodociągowych działających na żetony nie była jednak niczym nowym. Urządzenie do zakupu wody, z którego nie płynie woda, dopóki się monety nie

## Czy wiesz, że...?

Poeta angielski John Harington w 1596 roku, wymyślił i zaprojektował pierwszą miskę klozetową splukiwaną wodą ze specjalnej cysterny w rodzaju blaszanego, walcowego zbiornika, który był napełniany wodą z kurka znajdującego się powyżej. Splukiwanie następowało poprzez wyciągnięcie wtyczki z dna miski (przez uchwycenie pionowej rączki), co powodowało wypłynięcie jej zawartości. Pierwsze urządzenie służyło jemu samemu, drugie zostało zainstalowane w pałacu w Richmond, na życzenie królowej Elżbiety - matki chrzestnej projektodawcy. Ze względu na brak kanalizacji, splukiwanie toalety było problemem i w związku z tym, ustęp pozostawał kaprysem bogatych ekscentryków aż do połowy XVIII wieku. Na szeroką skalę urządzenie upowszechniło się dopiero około 1780 roku, po szerszym rozwoju kanalizacji i wynalezieniu nowoczesnego WC przez zegarmistrza londyńskiego Aleksandra Cumming'a w 1775 roku. To jemu zawdzięczamy prototyp dzisiejszego syfonu. Cumming opatentował toaletę wyposażoną w zasuwę umożliwiającą zamykanie rury odpływowej, co zapobiegało wydostawaniu się przykrego zapachu z kanalizacji. Ponad sto lat minęło zanim w lutym 1883 roku w drzwiach toalet zastosowano zasuwy: „wolne-zajęte”. Wynalazek A. Ashwella wyprodukowała firma C. Cross & Co. z Herne Hill (USA). Jeszcze nowocześniejsze urządzenie wc (takie jak znamy dziś) opatentował, również w Anglii, w 1890 roku A.A. Neff.



[79] Jedyna zachowana w Lublinie budka wodociągowa z okresu wodociągów Adolfa Weisblata – pocz. XX w. (arch. MPWiK Lublin)

## XIX W. – POCZĄTEK XX WIEKU



[80] Kluczbork. Ekipa do konserwacji kanalizacji (arch. Hydrokom Kluczbork)



[81] Górny Śląsk. Zabytkowy wodomierz (foto GPW S.A. Katowice)

wrzuci, było już znane w starożytności. Nie służyło ono co prawda do poboru wody w celach gospodarczych, lecz religijnych. Znane było Heronowi (około 62 r. n.e.) jako automat w kształcie dzbana sprzedający wodę święconą po wrzuceniu doń monety. Kolejna informacja o automacie sprzedającym wodę pochodzi z XVII wieku. Schemat jego działania, jak i wielu innych urządzeń wodociągowych został dokładnie przedstawiony w Architekcie polskim Stanisława Solskiego wydanym w Krakowie w 1690 roku. Z wodociągami wrocławskimi związany jest jeszcze jeden typ żetonu, choć bezpośrednio nie odnoszący się do podstawowej działalności usługowej firmy. Wrocławskie wodociągi wydały bowiem dla swych pracowników żetony uprawniające ich do otrzymywania w trakcie wykonywanej pracy porcji ciepłej kawy. Emisję ich można wiązać z budową pompowni Świątniki w latach 1902-1904. Mroźną zimą 1903 roku zarząd miejski zdecydował o bezpłatnym wydawaniu robotnikom gorącej kawy. W ciągu 219 dniówek wydano 73 585 porcji kawy.

Prócz żetonów przeznaczonych do automatów, wodociągi emitowały również żetony, które były przeznaczone do dokonywania opłat za wodę sprzedawaną na wiadra w ulicznych punktach sprzedaży, którą nosiwoda dostarczał następnie do mieszkań odbiorców. Żetony takie znamy z trzech miast byłego zaboru rosyjskiego: Białegostoku, Lublina i Płocka. Jako pierwsze rosyjskojęzyczne żetony wydało w 1892 roku Towarzystwo Wodociągów Białostockich [59]. Znane są dwa nominały opiewające na 1 i 10 wiader wody. Można przypuszczać, że Wodociągi przygotowały, jak to miało miejsce później w Lublinie i Płocku specjalne punkty sprzedaży wody na wiadra. Adresowane były dla mieszkańców, którzy nie byli jej bezpośrednimi odbiorcami wprost z istniejącej sieci wodociągowej. Cenę wody ustalono na pół kopiejki za wiadro. Żetony były w użyciu

do 1915 roku. Na początku XX wieku w byłym Królestwie Kongresowym tylko nieliczne miasta jak Warszawa, Lublin, Łomża czy Płock miały wodociągi. Żetony wodociągowe natomiast znane są z Lublina i Płocka.

Żetony w Lublinie [82] pojawiły się prawdopodobnie w 1899 roku, kiedy oddano do użytku nowo wybudowane wodociągi.

Ponieważ do powstałej sieci wodociągowej podłączono niewielką liczbę domów, pozostała część mieszkańców na terenach objętych zasięgiem sieci wodociągowej, zmuszona była do korzystania z publicznych kranów znajdujących się w budkach ulicznych podległych wodociągom.

Zakupioną w takim punkcie wodę dostarczał pod wskazany adres nosiwoda. Żetony lubelskie miały napisy dwujęzyczne, polsko-rosyjskie, a wyemitowano je w kilku odmianach o jednym nominalnie opiewającym na 1 wiadro wody. Cena wody sprzedawanej w wodociągowych budkach publicznych [79] wynosiła 40 kopiejek za sto wiader. Jedno wiadro kosztowało zatem 0,4 kopiejki. Ponieważ nie było monety o takim nominalnie, do obiegu wprowadzono wodociągowe żetony o nominalnie jednego wiadra wody – 0,4 kopiejki. Wraz z upływem czasu,

sprzedaż stosunkowo drogiej wody w budkach ulicznych na wiadra stopniowo malała. W 1901 roku wyniosła ona 1 310 277 wiader, aby spaść w 1907 roku do poziomu 725 109 wiader.

Ostatnim miastem z ziem polskich, z którego znane są żetony wodociągowe jest Płock. Żetony płockie różnią się od powyższych, gdyż napisy na nich umieszczone są w języku polskim, a na rewersach nie mają oznaczenia wartości wyrażonego w wiadrach wody, zamiast którego figuruje tam tylko niemianowana liczba o wartości 5, 10, 20. Jest to zapewne odpowiednik ich wartości liczonych w wiadrach wody. Porównując je ze znanymi emisjami żetonów z Białegostoku i Lublina, można założyć, że były one również używane przy kupowaniu wody w budkach wodociągowych.



[82] Żeton wodociągowy z 1899 r., stanowił równowartość 2/5 kopiejki (foto MPWiK Lublin)

## BURZLIWE LOSY TOALETY

## Z historii higieny

## Narodziny łazienki

Miasta w pierwszym okresie uprzemysłowienia przyciągnęły dużą rzeszę ludzi, których trzeba było ujarzmić. Po 1845 roku mnożą się sugestie i porady w broszurach traktujących o higienie. Masse opisuje przebieg kąpieli w najdrobniejszych szczegółach: „A przede wszystkim, potrzebny jest pusty cebrzyk; misa do połowy napełniona zimną wodą, zwykły garnek z gorącą wodą, dwie dość duże gąbki; to co kupcy nazywają gąbkami domowymi, ponieważ służą one do mycia podłóg; spory kawałek flaneli, ręczniki bądź ściereczki. Bierze się wełnianą ścierekę i naciera się nią całe ciało. Przede wszystkim naciera się klatkę piersiową, pod pachami, wszędzie tam, gdzie ciepło snu mogło wywołać poty[...]. Jest oczywiste samo przez się, że za nim wejście się do cebrzyka, należy nalać do miski zawierającej już zimną wodę tyle gorącej, aby po wymieszaniu woda miała temperaturę poniżej 20 stopni. Stawia się tę misę na skraju stołu w taki sposób, żeby myjący się miał do niej łatwy dostęp. Wówczas wzięwszy obie gąbki, po jednej do każdej ręki, i zanurzwszy je w misce, przystępujemy zdecydowanie do operacji mycia [...]. Nie należy tego przerywać ani na chwilę, trzeba oszczędzać wodę tak, aby jej wystarczyło na całą minutę, a kiedy już będzie po wszystkim, wychodzimy z cebrzyka i bierzemy szybko ręcznik żeby się wytrzeć.” Tekst ten wskazuje na oszczędność wody, czasu i miejsca. Mycie oznacza aseptyczność. Spowodowane jest siłą emocjonalną odkryć dokonanych przez Pasteura. Nigdy jeszcze groźby nie były aż tak naukowe i przerażające za razem. Być czystym, to przede wszystkim usunąć bakterie, pierwotniaki i wirusy. Oczyszczanie oznacza oddziaływanie na niezauważalne czynniki. Drobnoustroje spowodowały prawdziwy przewrót w kryteriach czystości.

Historia higieny łączy się z kształtowaniem zasad i norm moralnych. Przez setki lat następuje stopniowe wprowadzenie dystansu fizycznego. Przystojność zostają nowe normy w sposobie postrzegania obyczajowości i wstydu. W Starożytności łaźnia była miejscem spotkań i rozkoszy. Powoli jednak przestano akceptować widok spleątanych w zamkniętych celach nagich ciał. Pod koniec XIV wieku w wielu łaźniach wprowadzono rozdział płci. Pewne dni zarezerwowane były dla kobiet, mężczyzn, włóczęgów czy Żydów. Zjawisko to rozprzestrzenia się jednak powoli i chaotycznie. Urzędnicy municypalni z Awinionu zakazują w 1441 roku wchodzenia do łaźni żonatym mężczyznom. Zostały one oficjalnie uznane za miejsca nierządu i rozwiązłości. Ten sposób postrzegania nieodwołalnie miał zaciążyć na istnieniu łaźni. Już na początku XV wieku zakazane są w Londynie i na jego przedmieściach. Historia łaźni toczy się wokół konfrontacji z prawem. Jej odrzucenie jest związane z powolnym wzmocnieniem norm społecznych i miejskich.

Łazienka staje się w końcu przestrzenią prywatną. Każdy wchodzi tam samotnie. Dobór przedmiotów, od wieszaka na ręczniki po wieszak na spódnice, sprzyja funkcjonalności jak również czyni pomoc z zewnątrz niepotrzebną. Należy uniemożliwić dostęp. W takim otoczeniu ukształtował się kontakt z samym sobą. Począwszy od 1890 roku projektowane są meble funkcjonalne np. wanna składana, wanna – łóżko, wanna – stół. Powstają podstawki pozwalające łatwo sięgnąć po takie przedmioty jak mydło, gąbka, czy ręcznik. Przedmioty są sączone, zestawiane, dopasowywane. Łazienka staje się aneksem do sypialni. Pojawia się również nowa intymna przestrzeń – kabina prysznicowa.

## Czy wiesz, że...?



## Ustęp narodowy

General Felicjan Sławoj-Składowski zasłynął z tego, że kazał budować i utrzymywać w czystości klozety, od jego nazwiska nazwane sławojkami. Było to przed II wojną światową, kiedy na polskiej wsi panował zwyczaj załatwiania potrzeb naturalnych w polu za stodołą. General był z wykształcenia lekarzem, w wojsku pełnił funkcję szefa służb sanitarnych, więc wiedział, jakie znaczenie ma higiena. A z tą Polacy zawsze byli na bakier. Niestety, sławojki szybko stały się obiektem wielu dowcipów, a satyrycy w niemiłosierny sposób naśmiewali się z generała, który w latach 1936-1939 pełnił funkcję premiera. Sławoj przeszedł do historii jako fatalny szef rządu – ale pozostawił po sobie przynajmniej zwyczaj umieszczania przy każdej wiejskiej zagrodzie latryny.

## Azjatyckie zori

Jednym z ciekawszych przyzwyczajień mieszkańców kraju wschodzącego słońca jest zmienianie kapci przed wejściem do toalety. Zdejmuje się kapcie pokojowe i zakłada specjalne „ubikacyjne”. Trudność polega na tym, że nieprzyzwyczajeni obcokrajowcy wchodzą do ustronnego miejsca automatycznie w obuwiu pokojowym (chyba że chodzą bosą lub w skarpetkach). Jeśli znają zwyczaj, cofają się, zrzucają łaczki przed drzwiami i zakładają te drugie. Po wyjściu z kolei zapominają zmienić je na właściwe. Wychodzą uśmiechnięci i zadowoleni w „ubikacyjnym” obuwiu do pokoju, nie zauważając swojej pomyłki.

Przyczyny tego zwyczaju upatruje się w historii japońskiej toalety. Dawniej w Japonii ubikacjami były olbrzymie, otwarte dziury wykopane w ziemi, które oczyszczano z nieczystości po napełnieniu. Krążyły nad nimi roje much, a w środku wylęgały się larwy robactwa. Dlatego nie budowano ich wewnątrz domu, tylko w pewnym oddaleniu od części mieszkalnej. Wychodzący za potrzebą musieli zatem wkładać geta (tzw. „japonki” na drewnianej podeszwie) lub zori (japońskie sandały, czyt. dzori). W drugiej połowie XX wieku postęp w systemie kanalizacji sprawił, że w dużych miastach japońskich rozpowszechniły się toalety z systemem spłukującym. Nadal jednak w japońskich umysłach zakorzenione jest pojęcie toalety jako miejsca nieczystego.

## BURZLIWE LOSY TOALETY

**Mój klozet**

Jak w przypadku wielu innych wynalazków, również sedes splukiwany wodą został teoretycznie opracowany przez Leonarda da Vinci. Uczony ten w XV wieku opracował dokładne projekty toalet do zamku Franciszka I. Nie wiadomo dokładnie, kiedy w Europie pojawił się pierwszy sedes wyposażony w spluczkę. W każdym razie jego popularna nazwa WC pochodzi z języka angielskiego i oznacza water closet (czyli klozet wodny). Przynajmniej, pierwsze takie urządzenie posiadał w swoim pałacu chrześniak brytyjskiej królowej Elżbiety I. Było to w roku 1596! Natomiast pewne



jest, że pierwszy nowoczesny klozet ze spluczką skonstruował Thomas Crapper pod koniec XIX wieku. W zasadzie nie ma większej różnicy między nim, a ostatnim krzykiem mody japońskich konstruktorów z firmy Matsushita. Japoński futurystyczny sedes oferuje co prawda w pełni elektroniczny proces usuwania fekalii, zintegrowany prysznic analny i suszarkę wraz z rozpylaczem substancji dezynfekującej, ale zasada działania pozostała niezmienną. Dodatkowo, japoński sedes przeprowadza przy okazji kontrolę stanu zdrowia, której wynik komunikuje za pośrednictwem generatora mowy ludzkiej.



# ZABYTKI, PAMIĄTKI, ARCHITEKTURA



POLSKA ZACHODNIA





Wrocław. Pracownicy czyszczący filtry, lata międzywojenne (arch. MPWiK Wrocław)



Budowa rurociągu z Zakładu Uzdatniania Wody „Na Grobli” we Wrocławiu przez rzekę Olawę – 1937 r. (arch. MPWiK Wrocław)



Budowa jazu walcowego na wrocławskich terenach wodonośnych (arch. MPWiK Wrocław)



Wrocław. Oczyszczanie złoża filtra powolnego, lata międzywojenne (arch. MPWiK Wrocław)



Pulpity sterownicze filtrów w zakładzie „Na Grobli” we Wrocławiu (arch. MPWiK Wrocław)



Jeden z pierwszych we Wrocławiu specjalistycznych samochodów do czyszczenia kanalizacji (arch. MPWiK Wrocław)



Pracownicy Zakładu Kanalizacji we Wrocławiu ruszają do pracy (arch. MPWiK Wrocław)



Pompownia „Świątyniki” we Wrocławiu, wybudowana w latach 1902-1904 (arch. MPWiK Wrocław)



Renowacja rurociągu wody we Wrocławiu, w pobliżu odźelaziacza w zakładzie „Na Grobli” – 1936 r. (arch. MPWiK Wrocław)



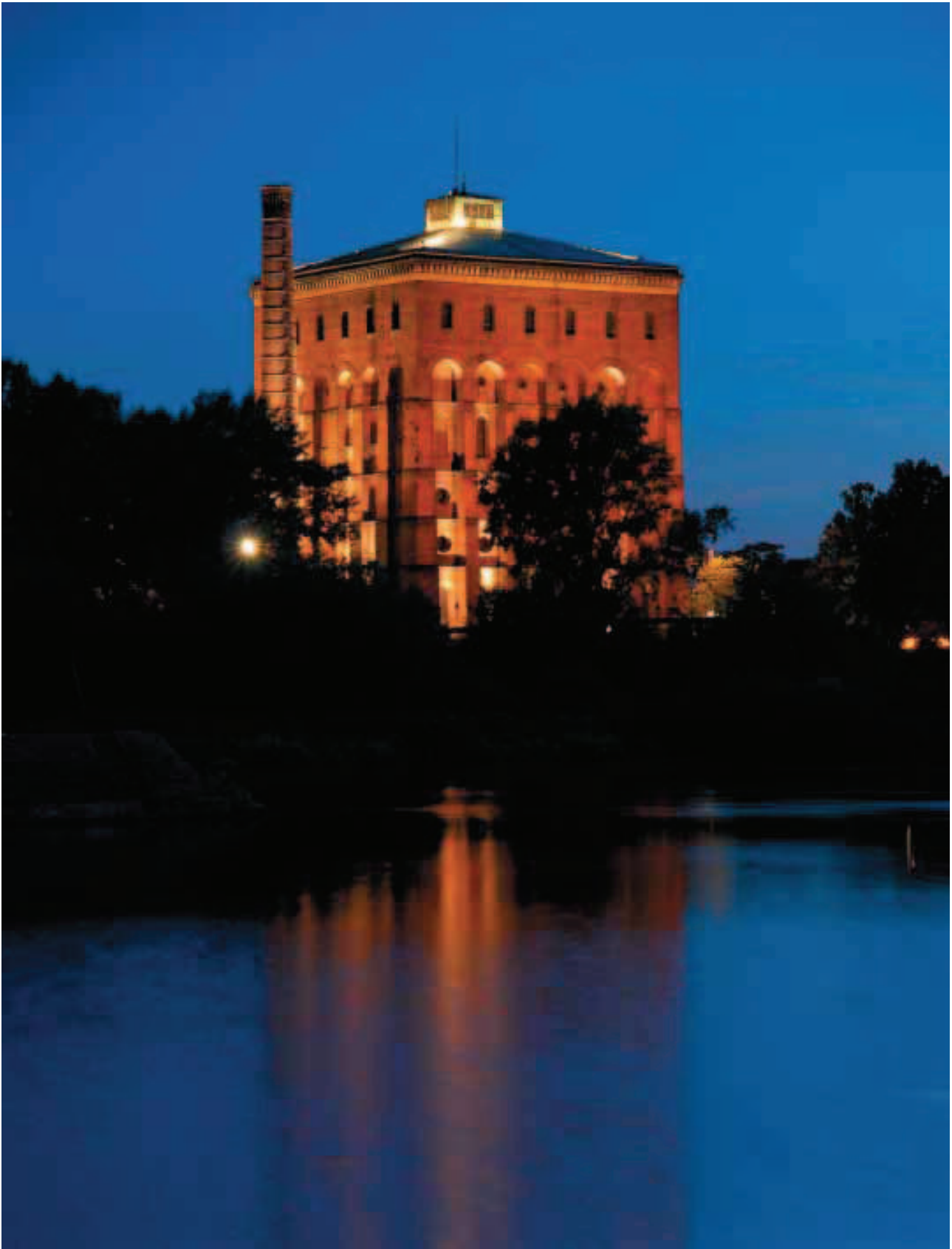
Laboratorium Zakładu Wodociągów we Wrocławiu – ok. 1954 r. (arch. MPWiK Wrocław)



Spust osadów z odżelaziacza przy zakładzie „Na Grobli” we Wrocławiu (arch. MPWiK Wrocław)



Prace wiertnicze przy studni publicznej na wrocławskim Rynku, lata 30. XX w. (arch. MPWiK Wrocław)



Pochodząca z 1871 r. wieża ciśnień jest jedną z najbardziej charakterystycznych wrocławskich budowli (foto M. Kucharczyk)





We wnętrzu wrocławskiej wieży ciśnień przy ul. Na Grobli mieści się przechodząca przez cztery kondygnacje maszyna parowa z kołami zamachowymi o średnicy 7,5 metra (foto M. Bury)



Wrocławska wieża ciśnień przy ul. Na Grobli została zaprojektowana z dbałością o detale. Na zdjęciu regulator Watta (foto M. Bury)



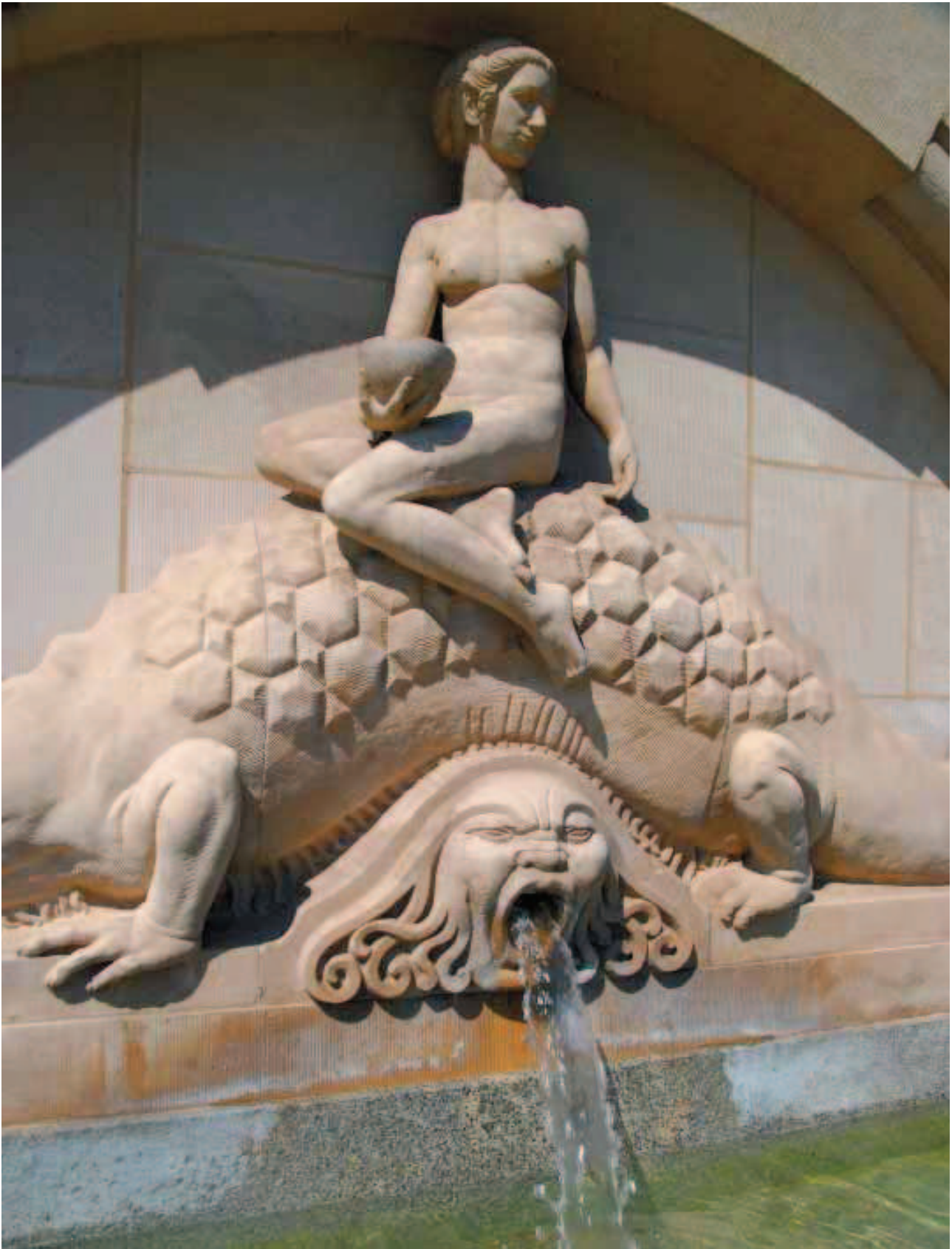
Wieża ciśnień Na Grobli we Wrocławiu – detale zdobnicze (foto A. Olej-Kobus, K. Kobus, TravelPhoto)





Wrocław, ul. Sudecka 125a – Restauracja „Wieża Ciśnień” [www.wiezacisnien.pl](http://www.wiezacisnien.pl). Wybudowana (1903-1904 r.) wg projektu znakomitego wrocławskiego architekta Karla Klimma, od początku istnienia wyposażona była w elektryczną windę, a w 1906 udostępniona zwiedzającym. Od 1908 personel wieży wciągał na jej szczyt czerwoną flagę w dniach, kiedy warunki atmosferyczne zapewniały dobrą widoczność; opłata za wjazd windą na galerię widokową wynosiła 10 fenigów. W czasie oblężenia Festung Breslau w 1945 pełniła rolę punktu obserwacyjnego do kierowania ogniem. Od II wojny światowej do lat 90-tych XX w. wieża nie była konserwowana (nie wykorzystywano też jej walorów turystycznych), choć zbiorniki pracowały jeszcze do połowy lat 80-tych XX w. w systemie wodociągów miejskich. W końcu lat 90-tych XX w. wieża została zakupiona przez Stephan Elektronik Investment. Na podstawie projektu Wacława Bieniasza-Nicholsona przekształcono ją w kompleks restauracji o nazwie „Wieża Ciśnień” (foto M. Kucharczyk oraz arch. restauracji)







Wrocław, ul. Sudecka 125a. Dwaj artyści: Taschner i Bednorz, ozdobili dolną część fasady płaskorzeźbami bestii. Przy fontannie przedstawiającej niewiastę dosiadającą Trytona, umieszczono sentencję zachwalającą walory wody: „Nie szukaj przyjaciół w piwie i winie, to krótkotrwała przyjemność; chcesz jako starzec zachować siły, weź mnie na swoje łono” (foto M. Kucharczyk)





Świętoszów, woj. dolnośląskie. Pocztówka z 1939 r. (arch. M. Łoś)



Jedna z ośmiu wież odpowietrzających, które zdobią wrocławskie tereny wodonośne (foto J. Pasierski)



Bolesławiec, woj. dolnośląskie – wieża wodna i zegarowa (1921 r.) przedwojennej fabryki Spinnerei und Weberei „Concordia” założonej na terenie Górnych Młynów w 1873 roku przez Samuela Wollera – pocztówka wyemitowana w Lipsku w 1929 roku (arch. Muzeum Ceramiki w Bolesławcu)



Ząbkowice Śląskie, woj. dolnośląskie – wieża ciśnieniowa – 1894 r. (foto M. Kucharczyk)



Zielona Góra. Budowa kanalizacji przy ul. Młyńskiej – 1928 r. (arch. Zielonogórskie Wodociągi i Kanalizacja)



Zielona Góra. Budowa kanalizacji w rejonie Młyna Słodowego – 1928 r. (arch. Zielonogórskie Wodociągi i Kanalizacja)





Zielona Góra. Zbiornik wieżowy przy ul. Kordiana – 1928 r. (arch. Zielonogórskie Wodociągi i Kanalizacja)



Międzyrzecz, woj. lubuskie. Samodzielny Publiczny Szpital dla Nerwowo i Psychicznie Chorych – wieża ciśnień, będąca jednocześnie wieżą zegarową (foto arch. Szpitala)



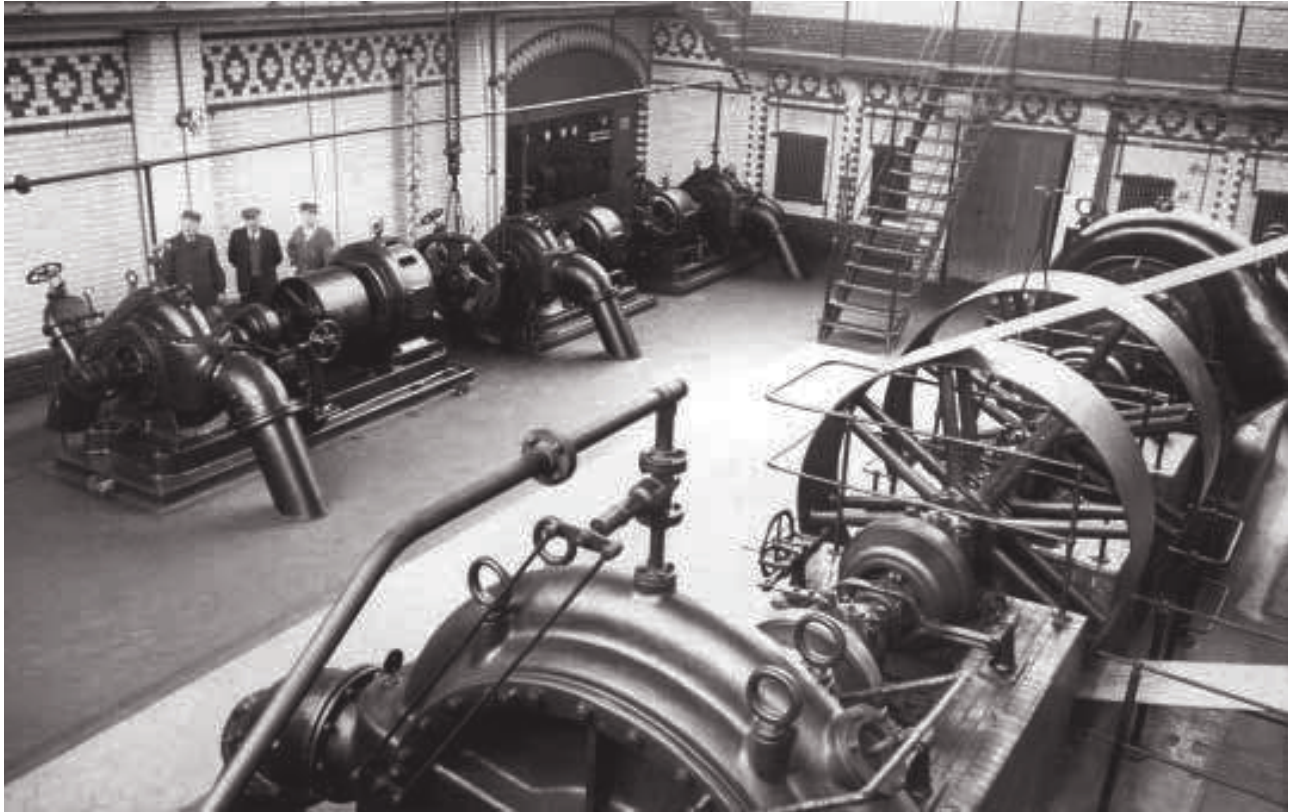
Szczecin. Budynek pierwszej studni wodociągowej z 1865 r., dzisiaj minimuzeum szczecińskich wodociągów (foto ZWIK Szczecin)



Szczecin. Dawniej ozdobna studnia wody, współcześnie Fontanna Orła Białego (foto ZWIK Szczecin)



Przepompownia ścieków przy ul. Garbary w Poznaniu – fasada frontowa (foto M. Kucharczyk)



Wnętrze hali pomp w Przepompowni Ścieków przy ul. Garbary w Poznaniu – zdjęcie z początku XX w. (arch. Aquanet SA)



Poznań. Spartakiada Firm Wodociągowych – I połowa XX w. (arch. Aquanet SA)



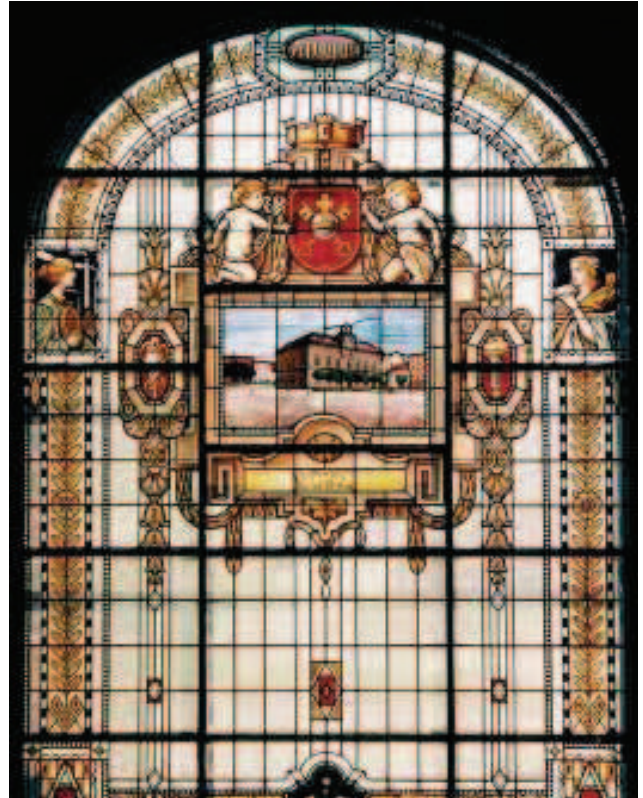
Poznań. Wieża Górnoszląska – zbudowana jako wieża ciśnieniowa, pozostała po niemieckiej wystawie przemysłowo-rolniczej z 1911 r. Zaprojektowana przez architekta Hansa Poelziga, czołowego przedstawiciela niemieckiego ekspresjonizmu. W 1945 roku, w czasie wyzwolenia Poznania, gmach ten został poważnie uszkodzony. Zamiast go naprawić rozebrano górną część, zastępując ją ażurową, strzelistą konstrukcją istniejącą do dzisiaj (arch. M. Łoś)



Kępno, woj. wielkopolskie. Wieża ciśnieniowa – 1905 r. (arch. Wodociągi Kępińskie)



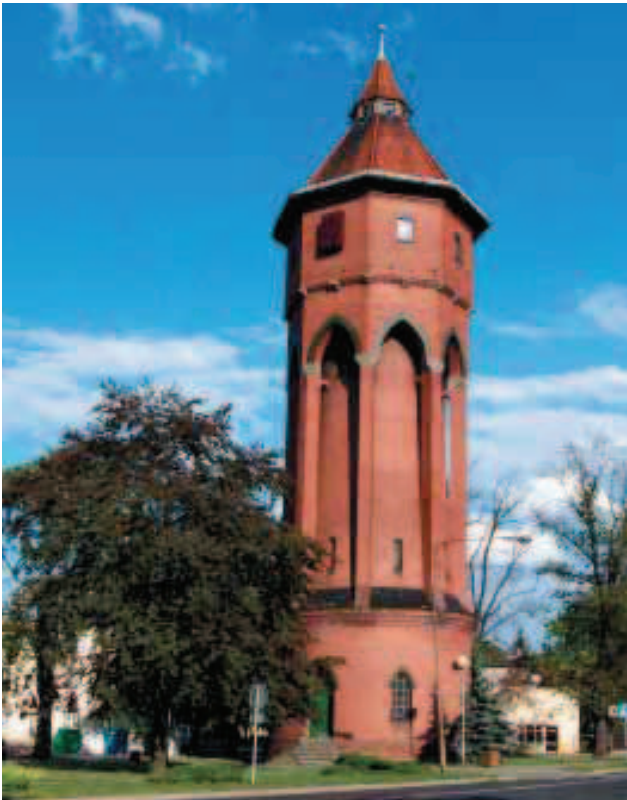
Śmigiel, woj. wielkopolskie. Wieża ciśnieniowa (arch. M. Łoś)



Ostrów Wlkp., woj. wielkopolskie. W czterech oknach zabytkowej hali przepompowni ścieków zabudowane są unikatowe, jak na tego typu obiekt, witraże stanowiące dzieła sztuki. Przedstawiają widok ratusza, wieży ciśnień, stacji wodociągowej i obiektów gazowni (obecnej siedziby WODKAN S.A.) z szeroką bordiurą naokoło okna o motywie kwiatowym (foto WODKAN S.A.)



Wodociąg Ostrowa Wlkp. od początku bazuje na wodach podziemnych z pokładów czwartorzędowych. Ujęcie wody zostało zlokalizowane w dolinie rzeki Ołobok w 1903 r. (arch. M. Łoś)



Środa Wlkp., woj. wielkopolskie – wieża ciśnień (1910-1911 r.) – zbiornik wykonano z blach stalowych połączonych ze sobą za pomocą nitów – takie połączenia wymagały niezwykłego kunsztu rzemieślniczego (foto MPCWiK)



Nowy Tomyśl, woj. wielkopolskie – wieża ciśnień z 1906 r., wys. 32 m, zbiornik 100 m<sup>3</sup>, stacja pomp tłokowych napędzanych silnikami na gaz miejski (foto P. Janik)



Mosina, woj. wielkopolskie – wieża ciśnień należąca kiedyś do zakładu kąpielowego sanatorium „Obrabad”, które działało w okresie, gdy Wielkopolska należała do zaboru pruskiego (foto P. Janik)





Śrem, woj. wielkopolskie – wieża wodociągowa (wys. 44 m), zbudowana w 1908-1909 r. wg projektu K. Geislera (foto M. Kucharczyk)



Nietążkowo, woj. wielkopolskie – niecodzienny zbiornik wody dawniej posiadłości ziemskiej – ok. 1800 r., obecnie szkoła rolnicza

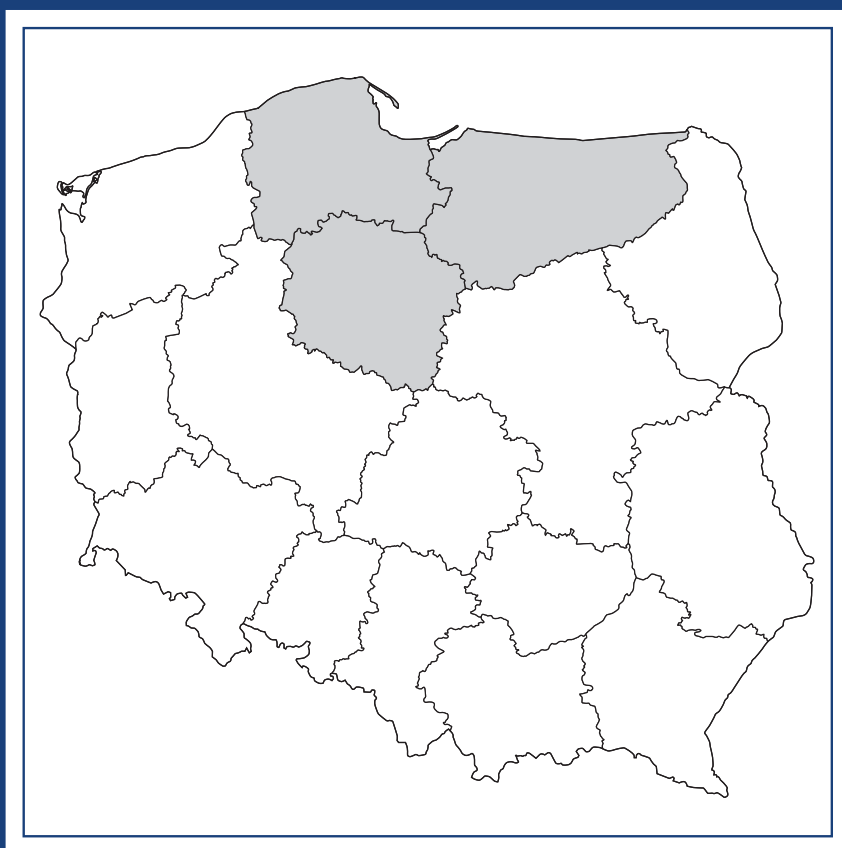


Września, woj. wielkopolskie – wieża z 1911 r. (foto M. Kucharczyk)



Buk, woj. wielkopolskie – wieża ciśnień z 1914 r. (foto P. Janik)

# ZABYTKI, PAMIĄTKI, ARCHITEKTURA



## POLSKA PÓŁNOCNA



Bydgoszcz. Wieża ciśnień z 1900 r. jest przysadzistą mурowaną bryłą cylindryczną. Zbiornik umieszczono w wykuszu. Bogato zdobione są zarówno gzymsy pod wykuszem, jak i sam wykusz. Część zbiornikowa z wąskimi, strzelistymi oknami, dekoracyjną attyką, zdobnymi blankami i szczytami nawiązuje do stylu neogotyckiego, a jej ornamentacja wykonana z cegły profilowanej, do wczesnego baroku. Nad częścią zbiornikową znajduje się stożkowy dach z latarnią i pomostem obserwacyjnym, a powyżej stroma wieżyczka z 6 oknami facjatownymi i iglicą (arch. W. Banach)



Bydgoszcz. Czyszczenie kanalizacji deszczowej na pl. J. Weysenhoffa (foto ze zbiorów Muzeum Okręgowego w Bydgoszczy)





Bydgoszcz. Uruchomienie w 1900 r. stacji wodociągowej Las Gdański (@Photofactory®)



Grudziądz, woj. kujawsko-pomorskie. Wieża wodna dawniej fabryki Ventzki – obecnie wyremontowana i wykorzystywana na cele mieszkalne (foto M. Łoś)



Bydgoszcz. Uruchomienie w 1900 r. stacji wodociągowej Las Gdański zapoczątkowało nowoczesny system zaopatrzenia miasta w wodę. Z 20 studni, odwierconych w lesie na wschód od szosy gdańskiej, woda doprowadzana była wspólnym lewarem do studni zbiorczej na terenie stacji wodociągowej. Obok wybudowano stację uzdatniania oraz pompownię zasilaną silnikami gazowymi (@Photofactory®)



Chełmno, woj. kujawsko-pomorskie. W 1842 założono wodociągi, które wciąż rozbudowywano – na płycie rynku powstała wieża ciśnień, która nie dotrwała do naszych czasów (*pocztówka poniżej arch. M. Łoś*). W późniejszym okresie, w 1869 r. wybudowano drugą wieżę przy ul. Dominikańskiej (*powyżej – foto Dariusz Zaród Photoagecy.com.pl*). Na Rybakach powstał zakład wodociagowy. Ze względu na ukształtowanie terenu sieć kanalizacyjną wybudowano dopiero w latach 1910-1912.

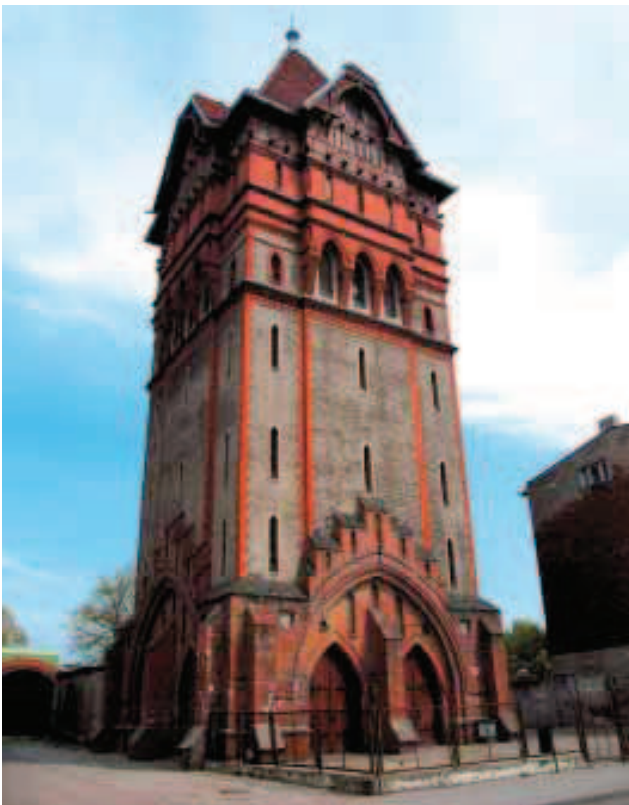




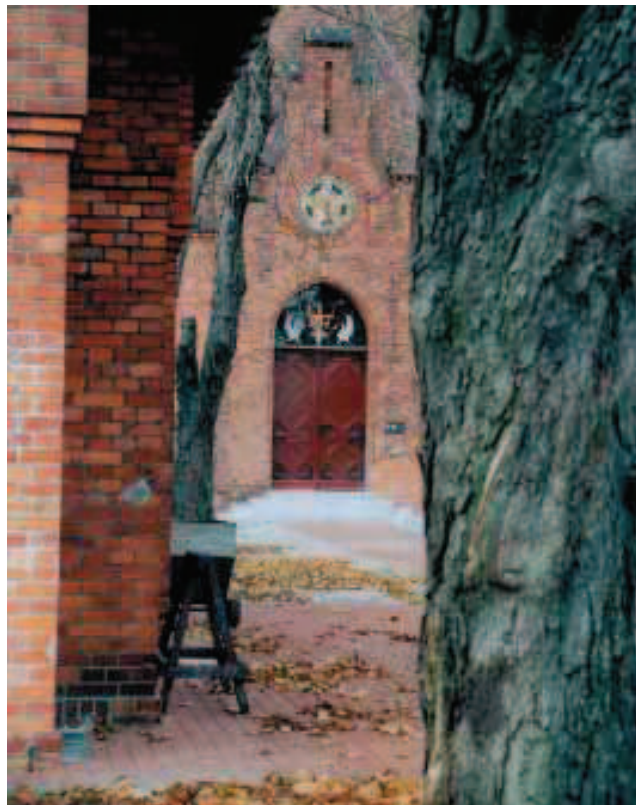
Nowe, woj. kujawsko-pomorskie. Wieża wodna (foto M. Łoś)



Radzyń Chełmiński, woj. kujawsko-pomorskie. Wieża wodna (foto M. Łoś)

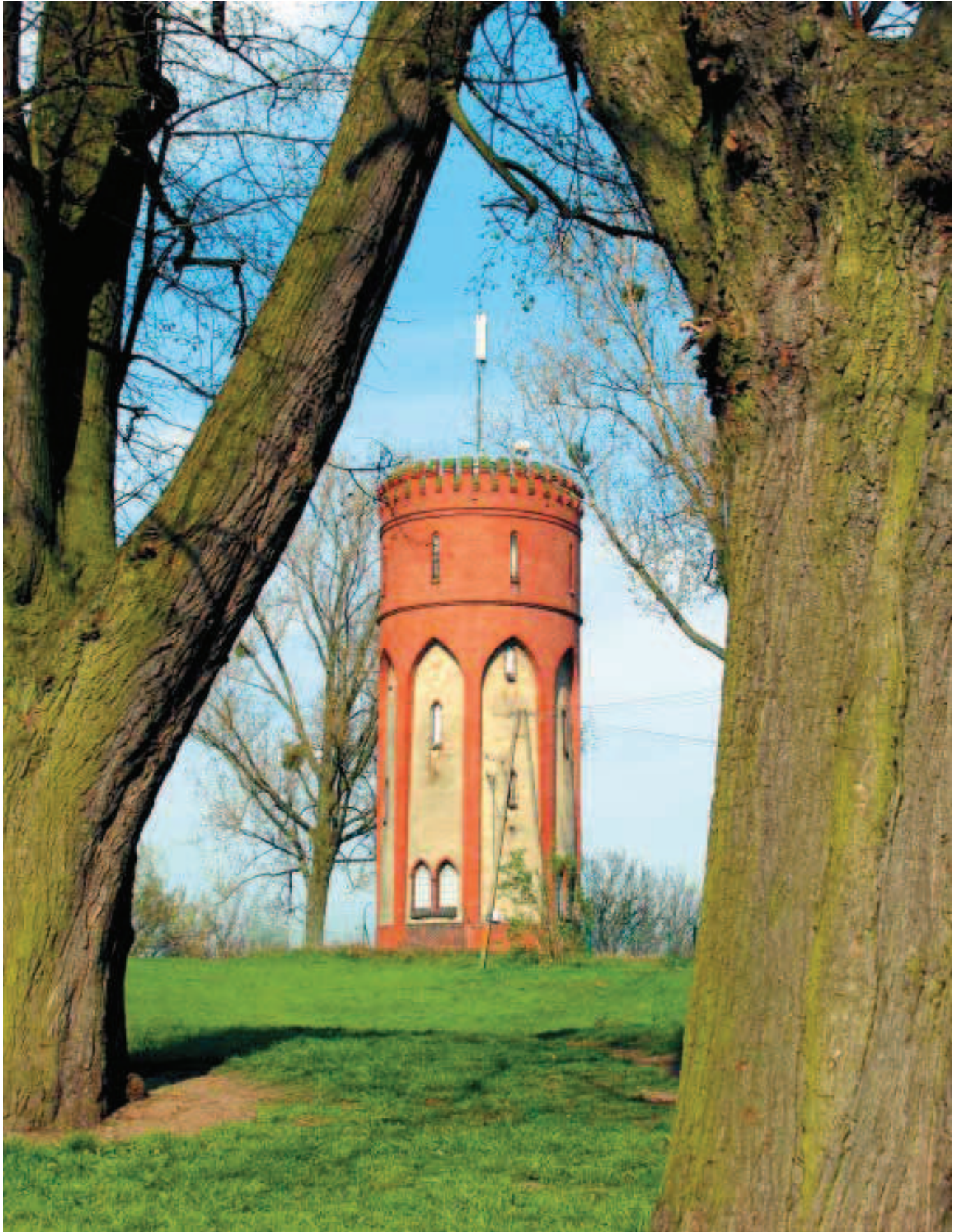


Chelmża, woj. kuj.-pom. Wieża z początku XX w. o poj. 350 m<sup>3</sup> (foto M. Łoś)



Toruń. Wieża i zespół pomp „Stare Bielany” (foto M. Łoś)





Kowalewo Pomorskie, woj. kujawsko-pomorskie. Na fundamentach średniowiecznej wieży, w obrębie nieistniejącej krzyżackiej warowni, zbudowano zachowaną do dziś wieżę ciśnien (foto M. Łoś)



Malbork, woj. pomorskie. Budowa wodociągu w Malborku na placu Gdańskim (obecnie plac Słowiański) w 1906 roku, w tle wieża ciśnień (arch. Muzeum Zamkowe w Malborku)



Starogard – Kocborowo, woj. pomorskie. Wieża ciśnień (1854-1896 r.) Szpitala dla Nerwowo i Psychicznie Chorych – podczas II Wojny Światowej hitlerowcy dokonali tu masowej eksterminacji pensionariuszy – karta pocztowa ze stemplem z 20.02.1900 r. (arch. R. Preising)



Elbląg, woj. warmińsko-mazurskie. Unikalna pompa mamutowa: sprężone powietrze dostarczane przez dmuchawę do zanurzonego w ściekach mieszacza, tworzyło z osadu emulsję, która jako lżejsza od ścieków była wypychana ku górze przewodu tłocznego (foto M.J. Kownacki, opis A. Przybylski EPWiK Elbląg)



Zajazd (obecnie dzielnica Elbląga), woj. warmińsko-mazurskie. Wieża wodna (1923 r.) w nieistniejącym kompleksie dworskim (foto M.J. Kownacki)

# Światło i Obrazach

DODATEK ILUSTROWANY „GONCA POMORSKIEGO”

Rok 5.

TCZEW, piątek, dnia 3-go maja 1929 r.

Rok 5.

Z uroczystości otwarcia i poświęcenia nowych Zakładów Wodociągowych miasta Tczewa z dnia 18-go lutego 1929 r.

(Art. w nr. 43 „Gonca Pomorskiego” z dnia 21-go lutego 1929 r.).

**Zakłady Wodociągowe miasta Tczewa należą do jednych z najlepiej urządzonych zakładów w Polsce.**



**Uroczyste poświęcenie nowo przebudowanych Zakładów Wodociągowych przez Przewielebnego ks. proboszcza Kupczyńskiego i uruchomienie maszyn przez p. burmistrza Wojczyńskiego.**

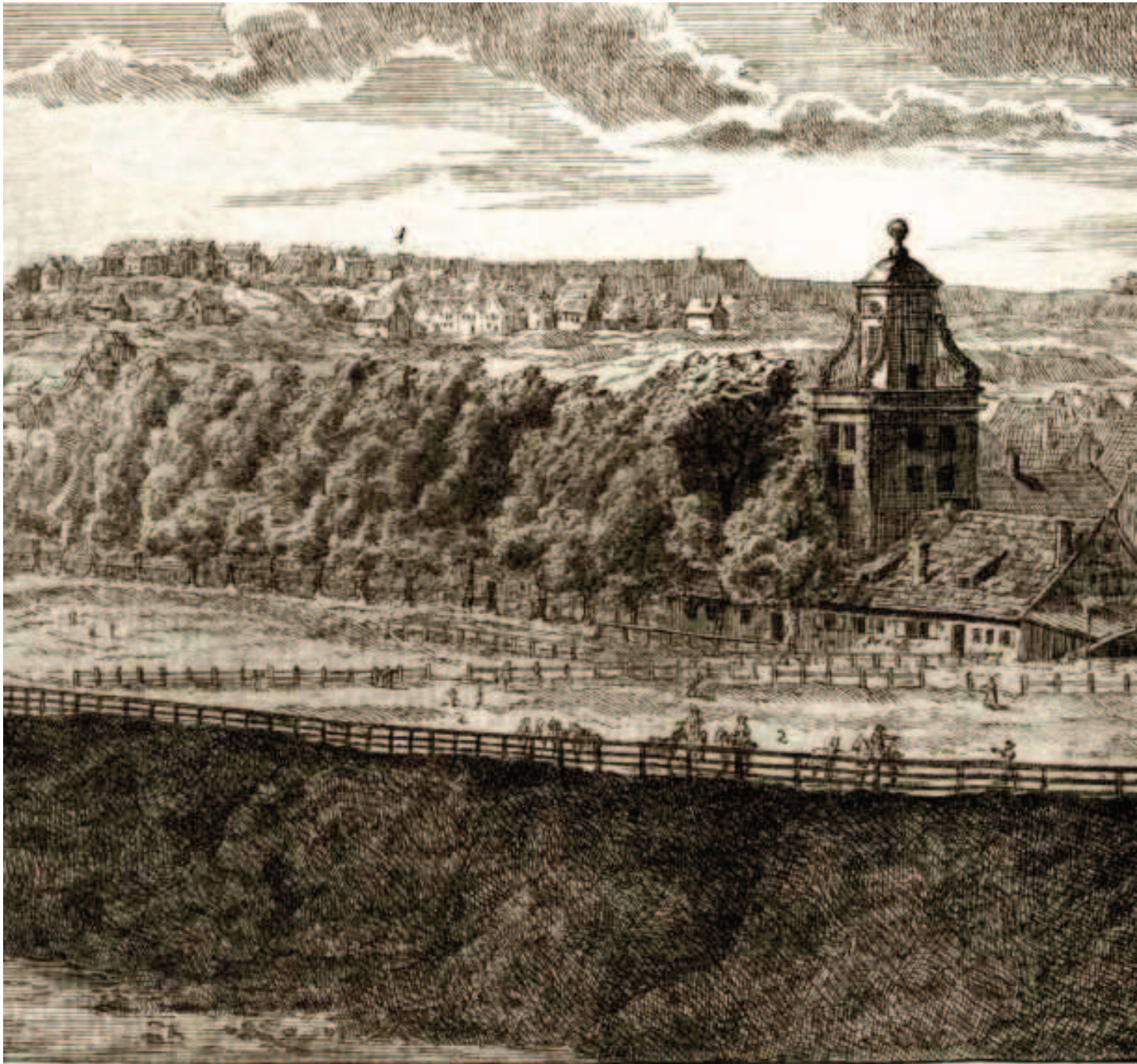
Tczew, woj. pomorskie. Archiwalny egz. gazety upamiętniający uroczyste otwarcie nowych Zakładów Wodociągowych (arch. ZWIK Tczew)



Tczew, woj. pomorskie. Łaźnia miejska (1911 r.) imienia fundatora – dr. H. Schefflera. Mieszkańcy mogli skorzystać m.in. z natrysków, waniń pierwszej i drugiej klasy, kabiny do kąpeli parowej lub elektrycznej. Koszt budowy łaźni wyniósł 134 000 marek – Kolekcja Tomasza Spionka ze zbiorów Miejskiej Biblioteki Publicznej w Tczewie.



Tczew, ul. Bałdowska 1, woj. pomorskie. Wieża ciśnienia z 1905 roku (arch. M. Łoś)



1 Bischofs Berg Mons Episcopalis  
2 Der Pferd-Markt  
Forum Equinum..

Die Wass  
Machina



Der Kunst  
Hydraulica.

3 Der Stolzen Berg  
Mons ab altitudine vulgo  
dictus Mons superbus.

Gdańsk. Jednym z najciekawszych obiektów technicznych dawnego Gdańska był tzw. Wasserkunst (kunszt wodny), nazywany zwykle po prostu „Kunstem”, który był niczym innym jak stacją pomp, zapewniającą odpowiednie ciśnienie w obiektach zasilanych wodą przez rurociąg, od 1536 r. doprowadzający wodę do Miasta z młyńskiego stawu we wsi Tempelburg (dzisiaj: Krzyżowniki). Powstał w I połowie XVI w. na skrzyżowaniu owego rurociągu z Kanałem Raduni. Kunszt wchodził w skład zespołu obiektów przemysłowych napędzanych siłą wody płynącej kanałem, w który za krzyżackich jeszcze czasów ujęto w okolicach Pruszcza część wód Raduni. Powstanie Kunstu poprzedzono zwróceniem się do króla o stosowny przywilej w roku 1536, na mocy którego do dyspozycji Miasta postawione zostały wody ponad dwudziestohektarowej powierzchni Jeziora Nenkau, dzisiaj nazywającego się Jasień. Do wykonania przedsięwzięcia sprowadzono specjalistów aż z Lubeki.

(Rycina M.Deischa – XVIII w.)



Gdańsk. Pompa mamucia wyprodukowana w 1908 roku (foto SNG S.A.)



Zabytkowa siedziba jednej z największych firm wodociągowych w Polsce – Saur Neptun Gdańsk (foto SNG S.A.)





Malowniczo położona siedziba Saur Neptun Gdańsk (foto SNG S.A.)



SNG z dumą prezentują historię i zabytki gdańskich wodociągów (foto SNG S.A.)



Elk, woj. warmińsko-mazurskie. Wieża ciśnieniowa z 1895 r. eksploatowana do lat 70. XX w. W 1994 r. wpisana do rejestru zabytków (foto M. Łoś)



Ryn, woj. warmińsko-mazurskie. Wieża ciśnieniowa z 1940 r. (foto M. Łoś)

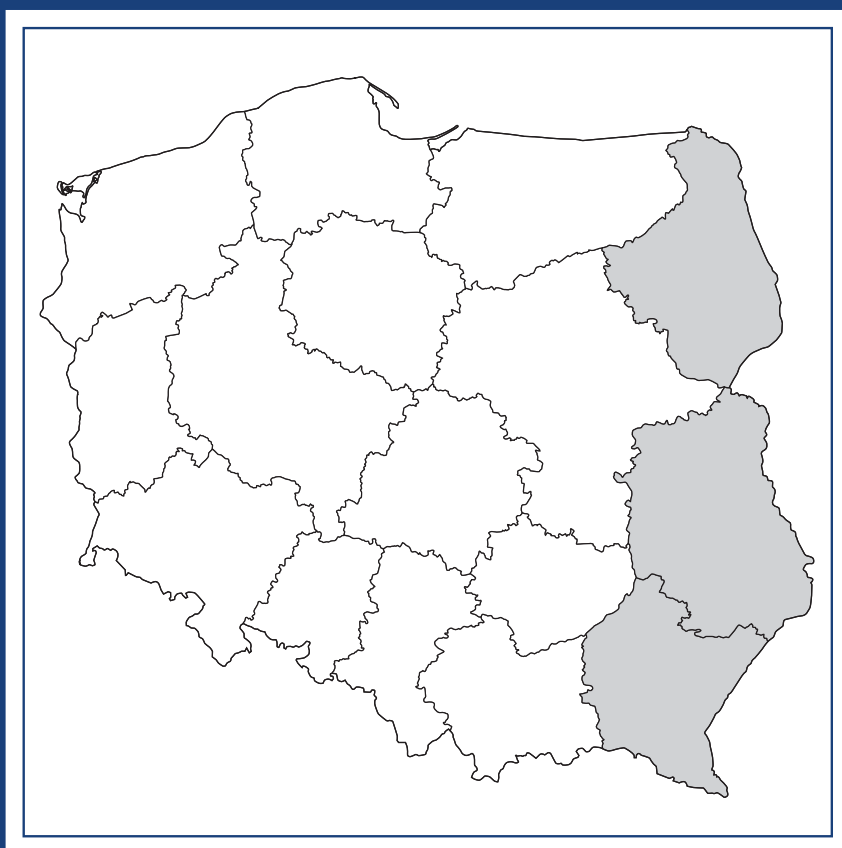


Olsztyn – wieża ciśnieniowa, zbudowana w 1897 roku na wzgórzu Świętego Andrzeja (143 m n.p.m.). Od 1979 r. Obserwatorium Astronomiczne (foto P. Janik – [www.planetarium.olsztyn.pl](http://www.planetarium.olsztyn.pl))



Węgorzewo, woj. warmińsko-mazurskie. Wciąż funkcjonująca 20 metrowa wieża ciśnień wybudowana w latach 1904-1905 posadowiona na wzgórzu nad jeziorem Święcajty (foto M. Łoś)

# ZABYTKI, PAMIĄTKI, ARCHITEKTURA



## POLSKA WSCHODNIA



Puławy, woj. lubelskie. Wieża ciśnieniowa na terenie zespołu pałacowego Czartoryskich. Zbudowana w 1897 r. w czasie modernizacji wodociągów pochodzących z XVIII w. (foto Wodociągi Puławskie)



Zamość, woj. lubelskie – drewniana wieża ciśniń (wys. 12,9 m, ok. 600 litrów) wzniesiona w 1895 r. przez H. Modzelewskiego, oprócz mieszkańców zaopatrywała w wodę pobliskie ogrody i szklarnie (foto H. Szkutnik)



(foto W. Siwiak)



Lublin – rozebrana w 1945 r. wieża ciśniń z 1899 r. (arch. M. Łoś) przypominająca średniowieczną basztę, doczekała się w 2004 r. repliki w postaci fontanny z brązu. W uroczystości uruchomienia fontanny uczestniczyła Maria Mazurkiewicz, która urodziła się w wieży, spędziła w niej wczesne lata swojego dzieciństwa i doskonale pamiętała swój pierwszy „dom”.



Kazimierz Dolny, woj. lubelskie. Słynna studnia z początku XIX w., przykryta gontowym daszkiem, jest symbolem miasta. Była niegdyś źródłem ulicznym, jedyną w mieście studnią. Do dziś przetrwała wiara, że kto napije się z niej wody, będzie tu ciągle wracał (foto W. Siwiak)

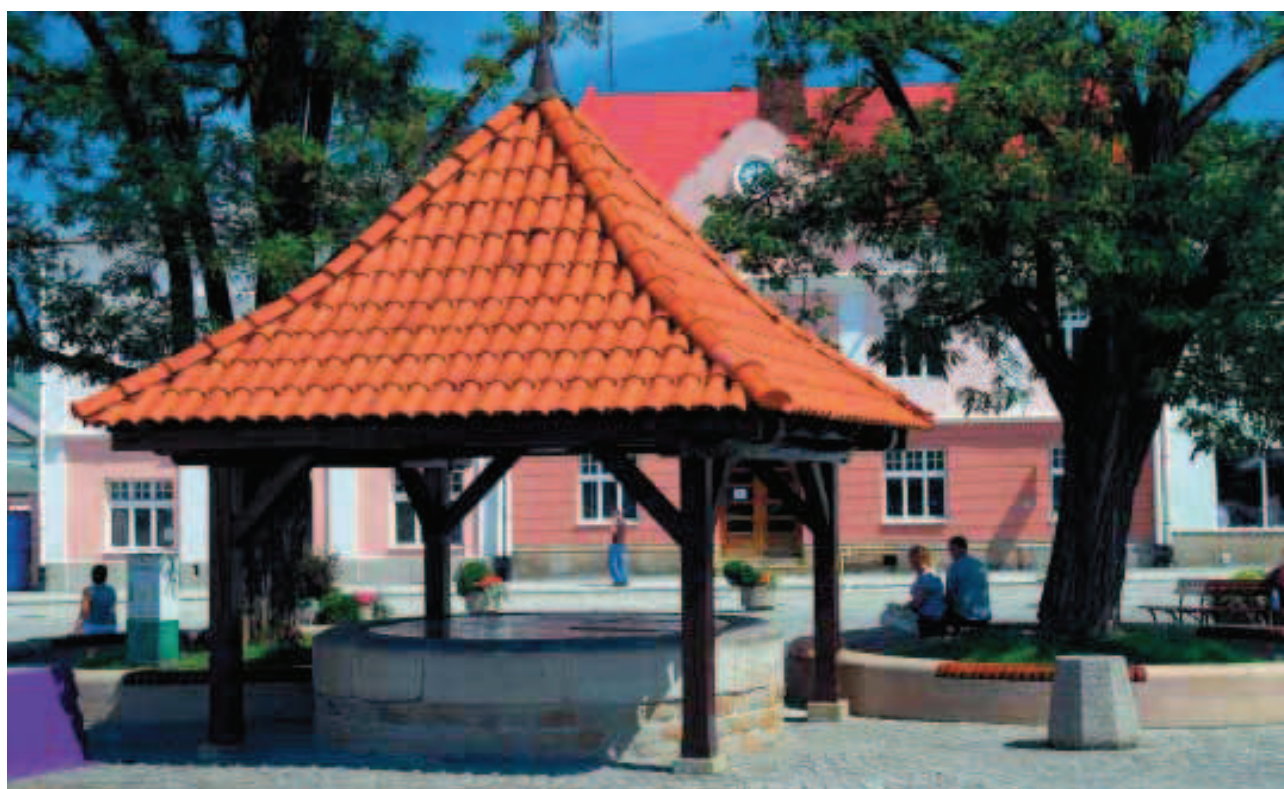
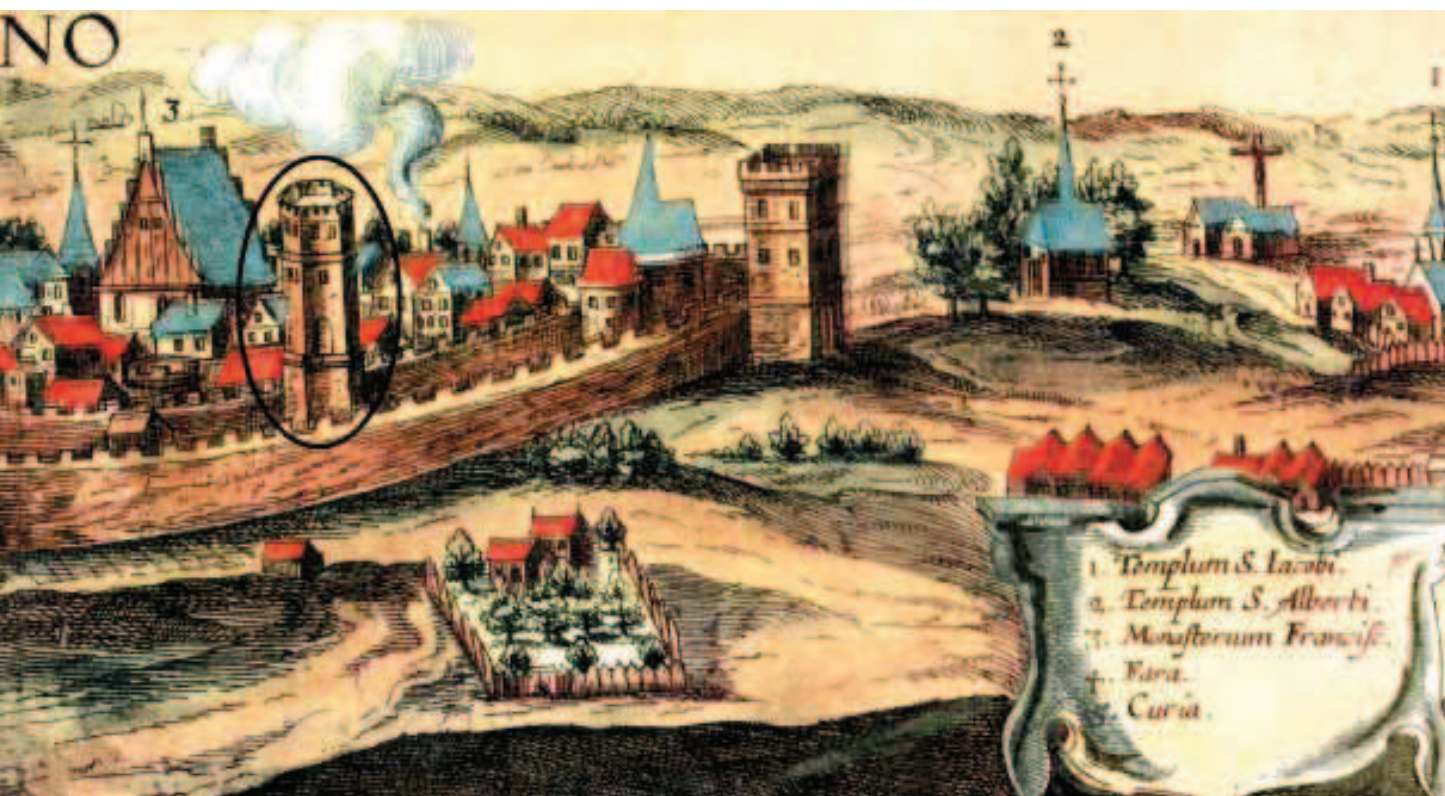


Krosno, woj. podkarpackie – po Krakowie i Lwowie, było trzecim ośrodkiem w Małopolsce posiadającym podziemny wodociąg ciśnieniowy. Spiętrzenie wody znajdowało się na Lubatówce, skąd woda rowem płynęła pod murami miasta do rurmusa. System czerpaków przelewał wodę do zbiornika położonego w obrębie murów, a następnie do zbiornika rozdzielczego (cista) w Rynku. Stamtąd rurami woda sphywała w dół miasta – arch. Muzeum Podkarpackie w Krośnie (arch. Muzeum Podkarpackie w Krośnie)



Najstarsza krośnieńska studnia wykuta w litej skale, później przekształcona w latrynę. W zasypisku latryny znaleziono, m.in. deskę klozetową datowaną na 1430 r. (foto Muzeum Podkarpackie w Krośnie)





Krosno, Rynek, woj. podkarpackie – przepięknie odrestaurowana studnia – ulubione miejsce spotkań turystów (foto M. Kucharczyk)



Krosno, ul. Franciszkańska, woj. podkarpackie – studnia na dziedzińcu klasztorным Franciszkanów, pocz. XX w. (foto M. Kucharczyk)



Dębica, woj. podkarpackie – wodociągowa wieża ciśnieniowa z 1904 r. (foto M. Kucharczyk)



Przemyśl, woj. podkarpackie – wieża ciśnieniowa na Winnej Górze (foto M. Kucharczyk)

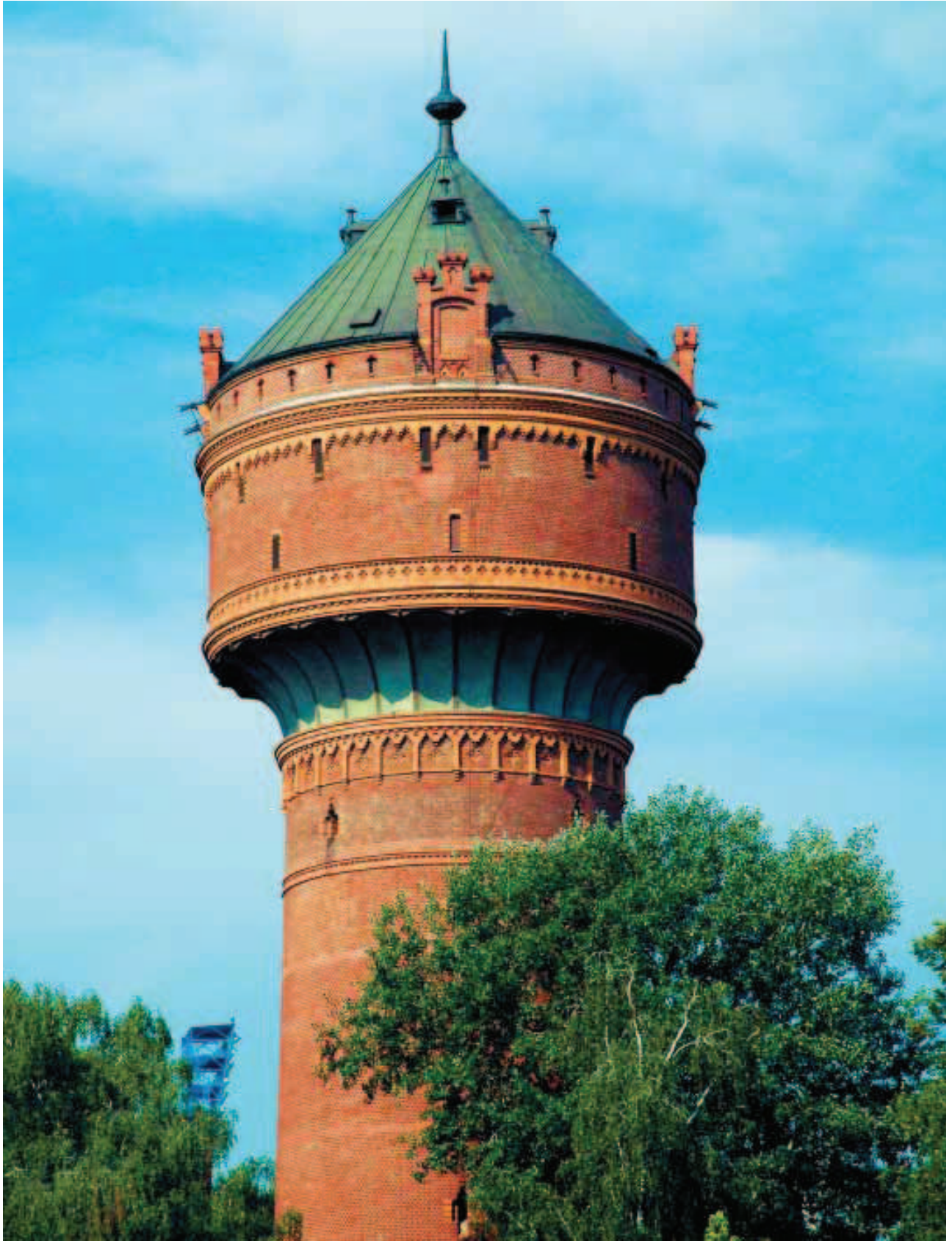


Przemyśl, ul. Puszkina, woj. podkarpackie – studnia w zespole willowym (foto M. Kucharczyk)

# ZABYTKI, PAMIĄTKI, ARCHITEKTURA



## POLSKA POŁUDNIOWA



Opole. Wieża ciśnien 1892-1896 rok (foto T. Kochanowski)



Głogówek, woj. opolskie. Wieża ciśnień 1902 rok – Urząd Miasta Głogówek



Kędzierzyn – Koźle, woj. opolskie – unikatowa studnia forteczna z 1780 r. (foto K. Król)



Paczków, woj. opolskie – stacja uzdatniania wody z 1901 r. (foto M. Kucharczyk)



Otmuchów, woj. opolskie – wieża ciśnienia z 1920 r. (foto M. Kucharczyk)



Otmuchów, woj. opolskie – studnia na zamku biskupów wrocławskich, którego historia sięga XIII w. – patrząc do owej studni wyraźnie widać w niej wejście do lochów i podziemnych tuneli, które ponoć biegną aż do twierdzy w Kłodzku! (foto M. Kucharczyk)



Nysa, woj. opolskie – Bismarckturm (1907 r.) – takie monumentalne wieże wznoszono jako swoiste pomniki dla uczczenia kanclerza Otto Bismarcka – wokół organizowano różne uroczystości narodowo-patriotyczne. W 1924 wieżę zaadaptowano do potrzeb wodociagowych (funkcjonowała do II wojny światowej) (foto M. Kucharczyk)

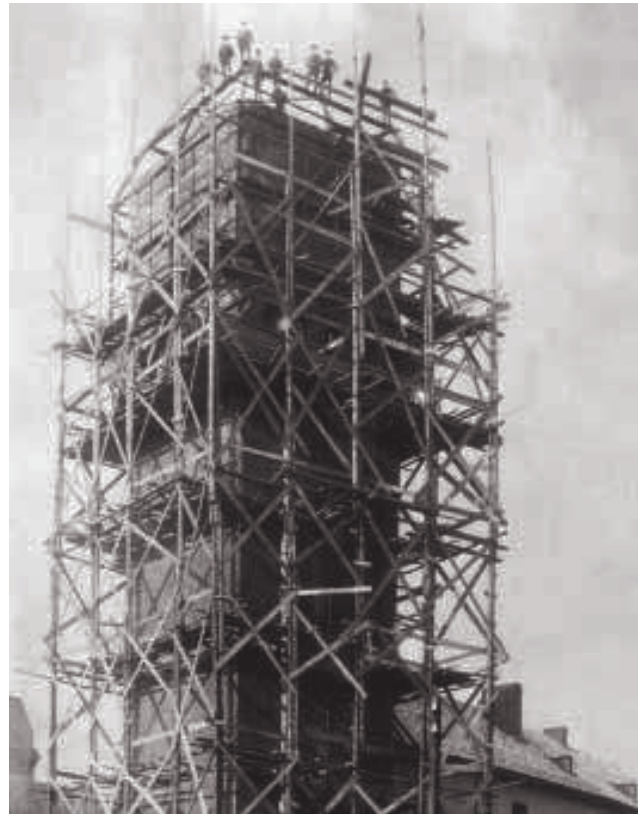




Nysa, woj. opolskie – „Piękna Studnia” powstała w 1686 r. – fundatorem był burmistrz Kasper Naas. Cembrowinę wykonano ze sławniowickiego marmuru, zdobią ją główki aniołków, postaci smoków i bestii. Studnia została nakryta wspaniałą kratą, wykuta przez Wilhelma Hellewega – arcydzieło barokowej sztuki kowalskiej (foto M. Kucharczyk)



Kluczbork. Budowa przepompowni ścieków 1905 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)



Kluczbork. Budowa wieży ciśnieni 1912 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)



Kluczbork. Budowa kolektora sieci kanalizacyjnej 1909 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)



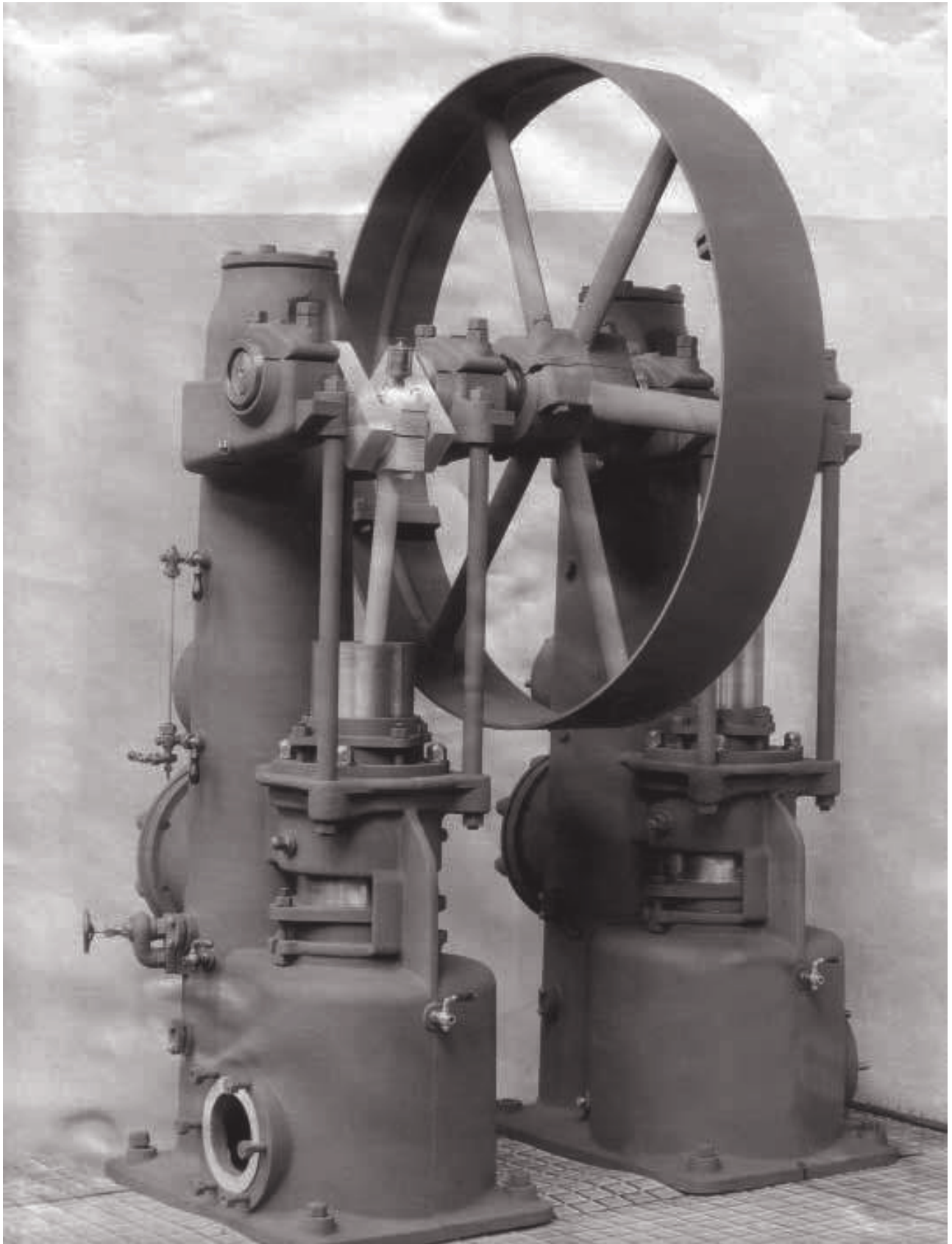
Kluczbork. Budowa przepompowni ścieków 1906 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)



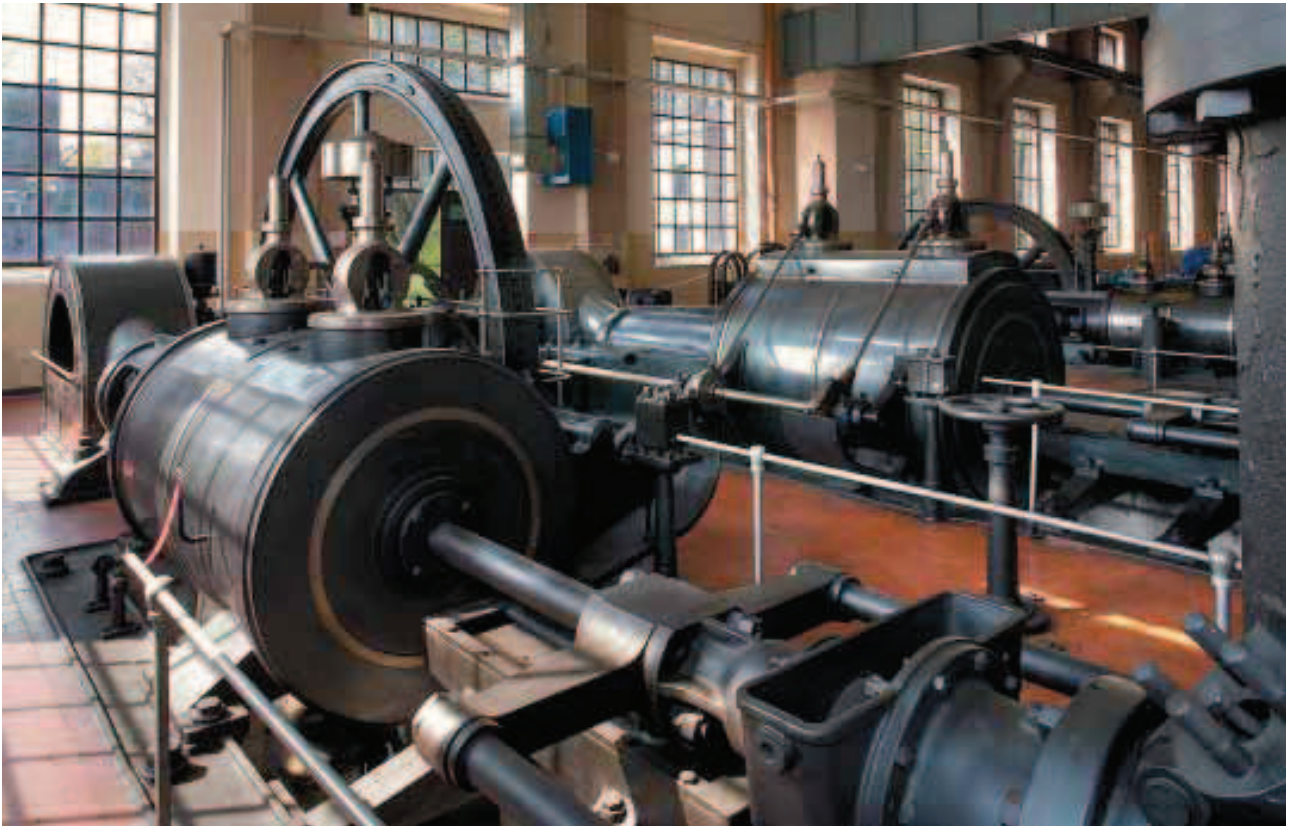
Kluczbork. Stacja uzdatniania wody ok. 1950 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)



Kluczbork. Hala maszyn przepompowni ścieków 1938 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)



Kluczbork. Pompa wodociągowa tłokowa – Stacja Uzdatniania Wody 1918 rok (arch. Hydrokom Kluczbork)





W 1874 roku zrobiono pierwsze odwierty w okolicach wsi Zawada i Karchowice, a osiem lat później zakończono prace wiertnicze przy najgłębszej studni (215 m) – tzw. Karchowickiej Studni Głębinoj. W latach 1894-1895 przystąpiono do budowy kompleksu wodociągowego w Karchowicach. Wzniesiono wolno stojące budynki: stacji pomp, kotłowni parowej i administracyjne. Zainstalowano również konieczne zespoły pompowe o napędzie parowym. Zabytkowy zakład można zwiedzać bezpłatnie ([www.gpw.katowice.pl](http://www.gpw.katowice.pl)).





Maczki, woj. śląskie. Stacja Uzdatniania Wody „Maczki” – jaz na rzece Biała Przemsza (arch. GPW S.A. Katowice)



Oświęcim, woj. małopolskie. Budowa magistrali wodociągowej 1964 r. (arch. PWiK Oświęcim)





Cieszyn, woj. śląskie – Studnia Trzech Braci. Jak głosi legenda synowie legendarnego polskiego króla – Leszka III – Bolko, Leszko i Cieszko spotkali się tu po długiej rozłące i ciesząc się z tego spotkania postanowili założyć miasto Cieszyn upamiętniając w nazwie fakt owego „cieszenia się”. W miejscu ich spotkania znajdowało się źródło, a dzisiaj stoi słynna Studnia Trzech Braci (foto E. Feitzinger 1910 r. z arch. Muzeum Śląska Cieszyńskiego)



Członkowie Rady Miejskiej Cieszyna przy ujęciu wody w Tyrze (Zaolzie) dla Cieszyna – foto H. Jandaurek 1894 r. (arch. Muzeum Śląska Cieszyńskiego)

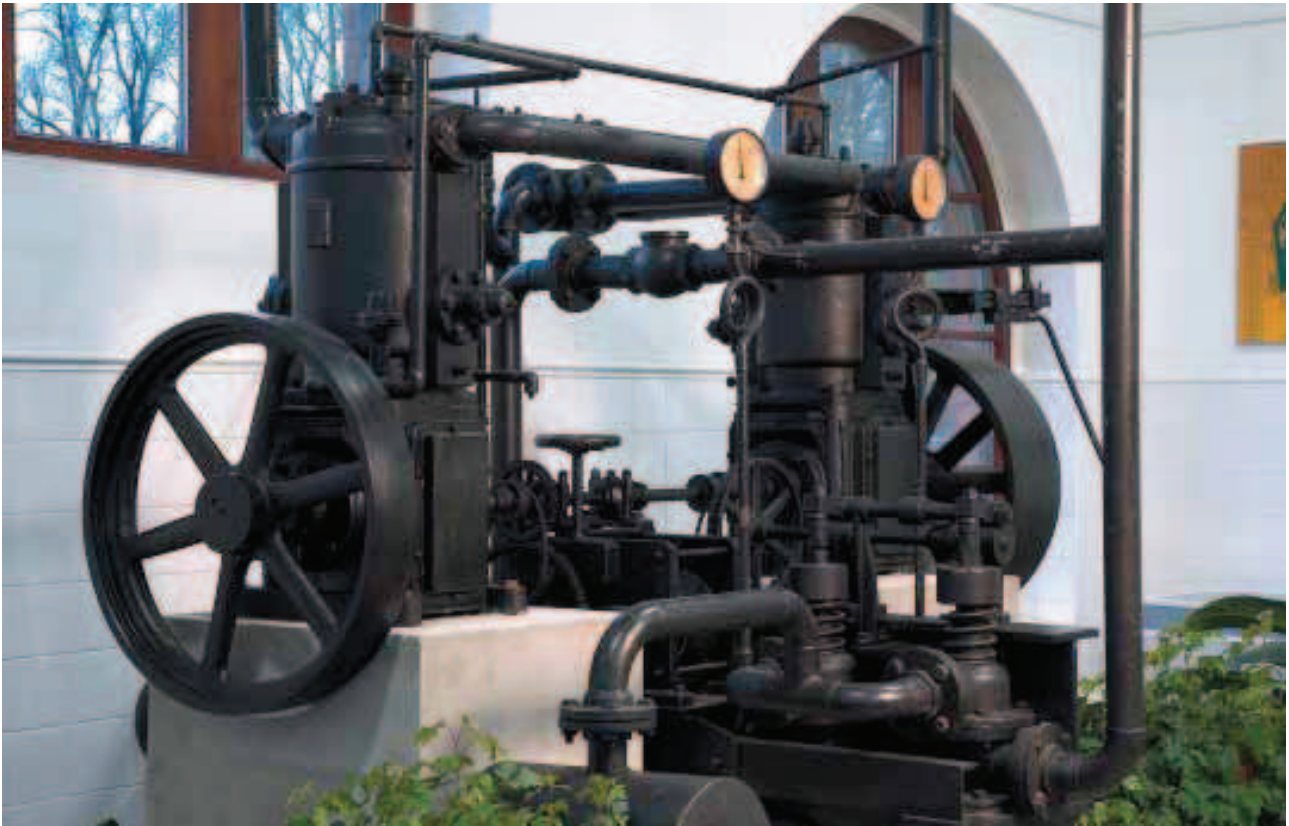


Ujęcie wody w Oldrzychowicach (Zaolzie) dla Cieszyna, ok. 1900 r. (foto arch. Muzeum Śląska Cieszyńskiego)



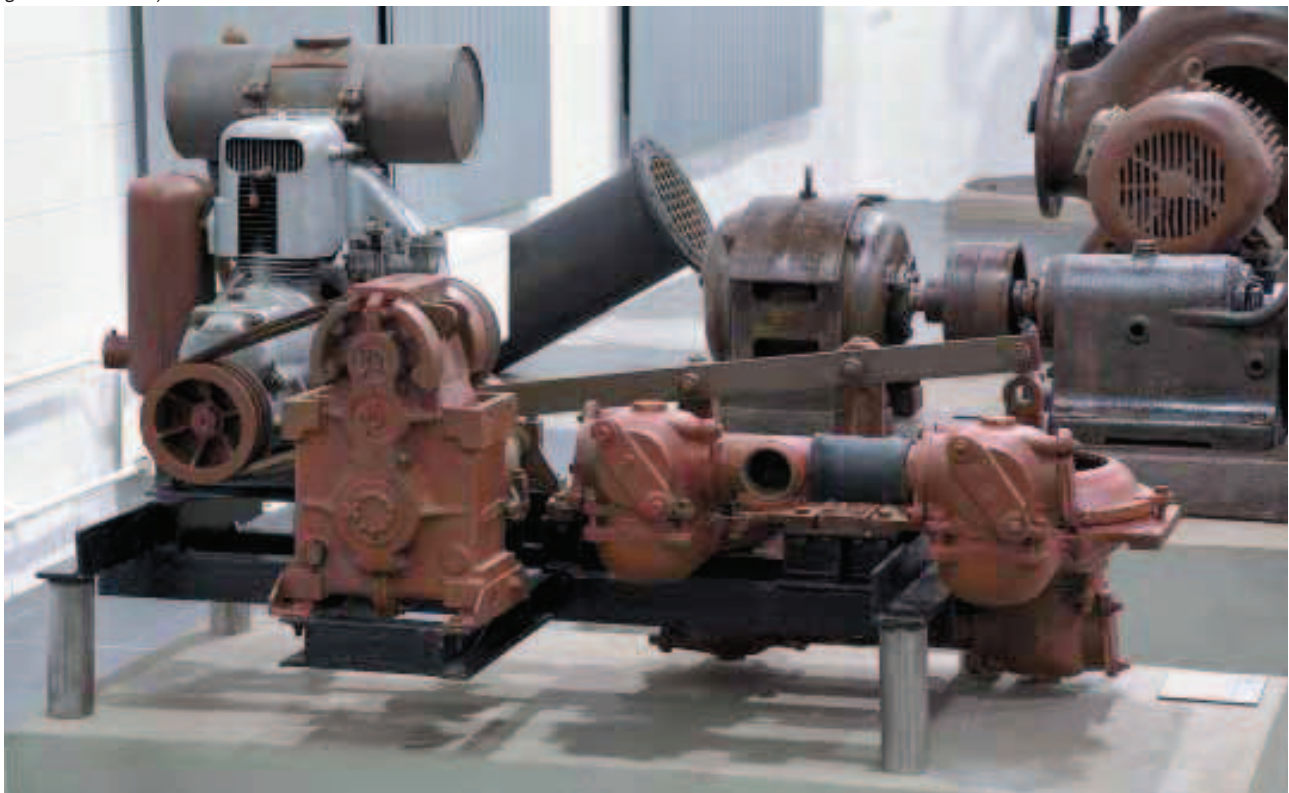
Bielsko-Biała. Zapora w Wapienicy – zdjęcie powyżej budowa ok. 1930 r., poniżej fotografia współczesna (arch. AQUA S.A.)

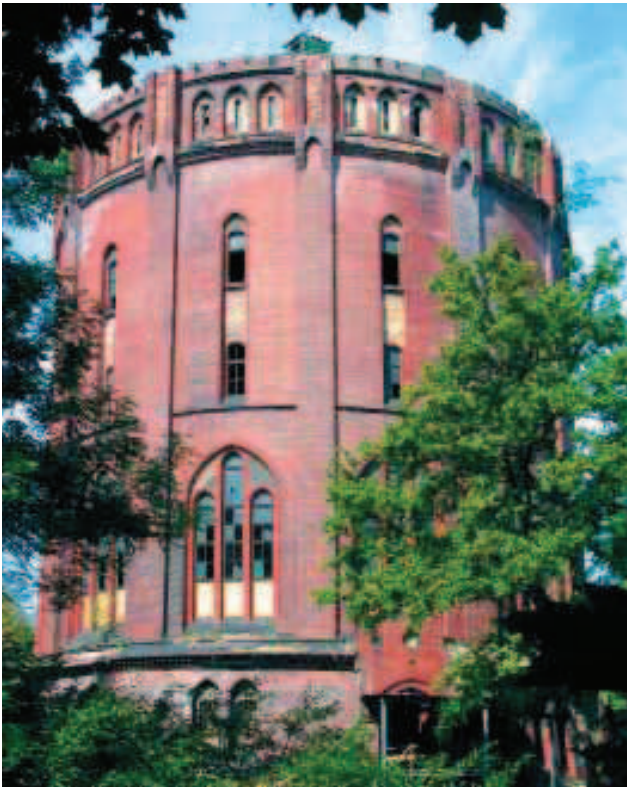






Gliwice ul. Edisona 16, woj. śląskie. Unikatowe Muzeum Techniki Sanitarnej zlokalizowane na terenie Centralnej Oczyszczalni Ścieków w budynku starej pompowni z lat 1909-1911, należącej do dawnej oczyszczalni. Zainstalowane tu zabytkowe urządzenia, działające od początku istnienia obiektu, obrazują zwiedzającym dawną technologię oczyszczania ścieków ([www.pwik.gliwice.pl](http://www.pwik.gliwice.pl)) (foto *Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego w Katowicach*)





Gliwice, ul. Sobieskiego 2. Komunalna wieża ciśnieniowa 1918 roku (foto Urząd Miasta Gliwice)



Myszków-Będuszy, woj. śląskie. Wieża ciśnieniowa na terenie zespołu dworskiego z XIX wieku (foto M. Łoś)



Ruda Śląska, woj. śląskie – dwa symbole miasta: zegar słoneczny (na ścianie kamienicy po lewej) oraz „baszta” – zabytkowa wieża wodna (foto PWiK)



Zabrze, woj. śląskie – wieża ciśnień przy ul. Zamoyskiego (wys. 46 m, pojemność rezerwuaru 2 tys. m<sup>3</sup>) wybudowana w latach 1907-1909 dostarczała wodę dla znacznej części Zabrza, Maciejowa, Sońnicy i warsztatów naprawy lokomotyw w Gliwicach. Jej projekt wykonali architekt August Kind i królewski radca budowlany Friedrich Loose. Na dole mieściły się kiedyś mieszkania i biura. (arch. Muzeum Miejskie w Zabrzu)



Zabrze, woj. śląskie – wieża kominowo-ciśnieniowa na terenie Szpitala Klinicznego o wys. 39 m, wzniesiona na terenie szpitala wybudowanego w 1858 r. przez górniczą Spółkę Bracką. W ramach rozbudowy szpitala realizowanej w latach 1904-1905 wg projektu berlińskiego architekta Arnolda Hartmanna, wybudowano kotłownię, maszynownię z charakterystyczną wieżą ciśnień, pralnię i kuchnię. (arch. Muzeum Miejskie w Zabrzu)



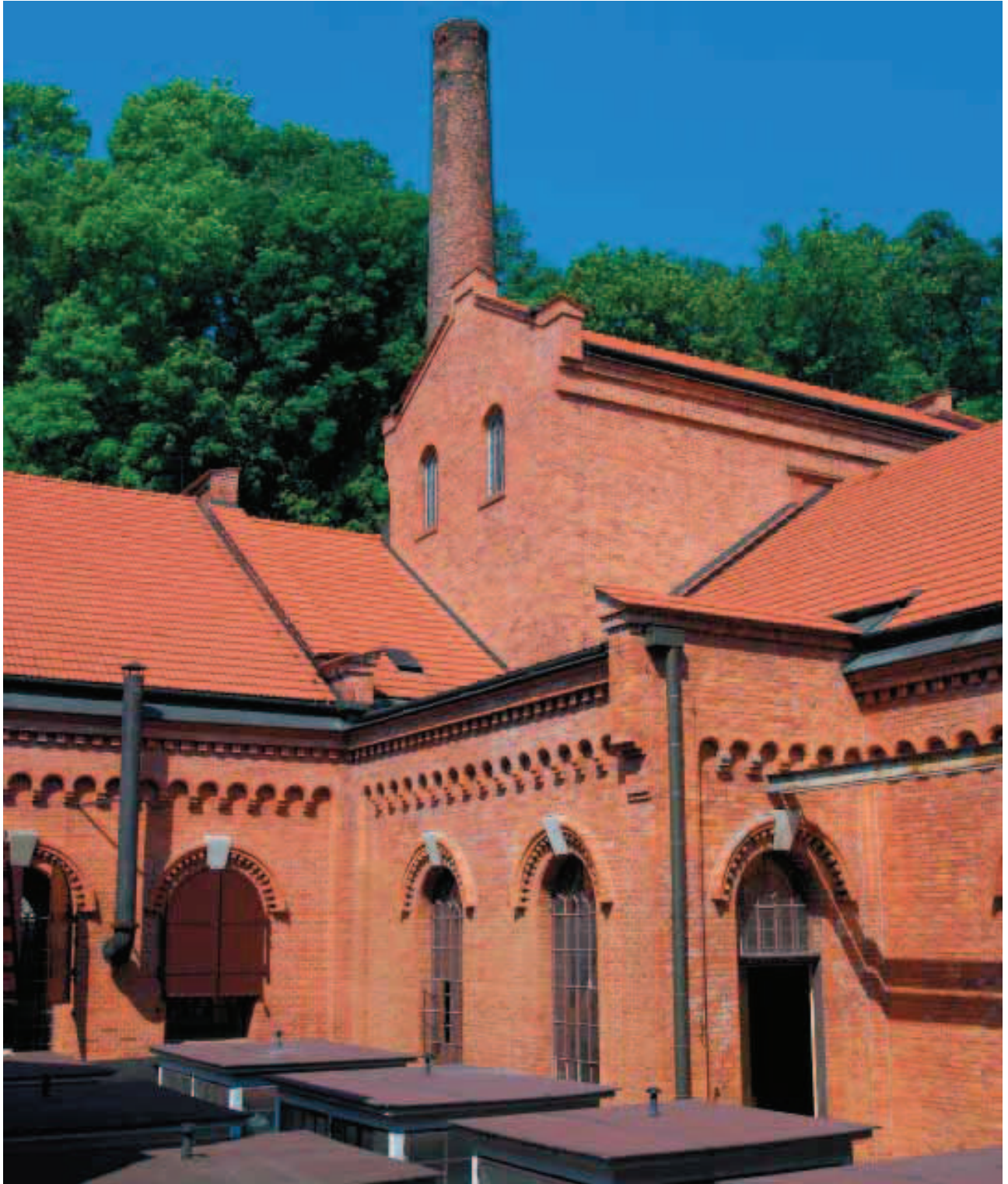
Karchowice, woj. śląskie – zabytkowy Zakład Produkcji Wody „Zawada” – 1894-1895 r. (foto Urząd Marszałkowski Województwo Śląskiego w Katowicach)



Kraków – siedziba MPWiK, ul. Senatorska 1. Budowę głównej siedziby ukończono w 1913 roku. Na terenie zakupionym przez Zarząd w 1913 r. wzniesiono: czterokondygnacyjny dom administracyjny mieszczący: biura Zarządu, mieszkania urzędników technicznych, skład i stację prób wodomierzy oraz kotłownię; warsztaty obejmujące: odlewnię, halę obrabiarek, halę automatów do wyrobu części do wodomierzy, tartak oraz stolarnię; garaże; portiernię z pomieszczeniami socjalnymi dla robotników i mieszkaniem kierowcy; stajnię oraz wozownię. Obecnie znajdują się tu wyłącznie pomieszczenia biurowe (foto M. Kucharczyk)







Kraków – Zakład Wodociągowy w Bielanych (1901 r.) czerpał wodę podziemną przez zespół studzien wierconych na lewym brzegu Wisły. Woda trafiała do studni zbiorczej na terenie zakładu, a pompy tłokowe napędzane maszynami parowymi, tłoczyły ją dalej do zbiornika początkowego na Górze św. Bronisławy, skąd grawitacyjnie sphywała do miasta. Rosnące zapotrzebowanie, przekraczające wydajność terenu wodonośnego, przyczyniło się do produkcji tzw. sztucznej wody gruntowej. Woda przepompowywana z Wisły przesączała się przez piaszczyste dno specjalnych basenów infiltracyjnych, osadzając na jego powierzchni zanieczyszczenia i przenikała do przepuszczalnych warstw gruntu, skąd była ujmowana za pomocą studzien wierconych. Po stu latach od uruchomienia, zakład nadal pracuje i jest żywym świadectwem dawnych technik inżynierskich i zmian jakim one podlegały na przestrzeni minionego wieku.





Kraków – Zakład Uzdatniania Wody Bielany – pomimo stosunkowo niewielkiej zdolności produkcyjnej jest nadal ważnym ogniwem w pracy całego systemu wodociągowego, pełniąc funkcję awaryjnego źródła zasilania na wypadek konieczności czasowego wyłączenia któregoś z pozostałych ujęć (foto M. Kucharczyk)



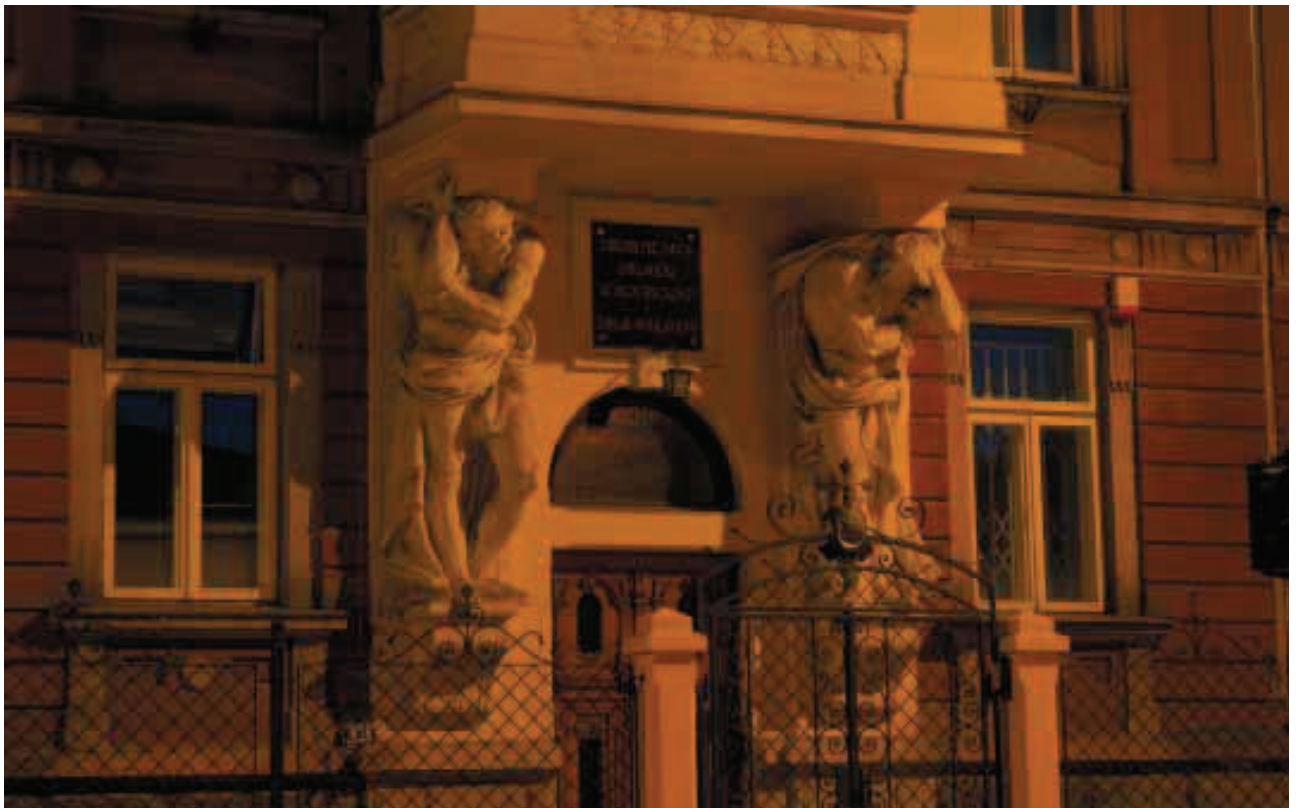


Kraków – studnia kołowrotowa na dziedzińcu klasztoru Benedyktynów w Tyńcu, którego historia sięga XI w. Według legendy studnię w litej wapiennej skale wykuwał przez dziesiątki lat, w ramach odkupienia win, królewski dworzanin, który w porwyczym szale zabił swego najlepszego przyjaciela (foto M. Kucharczyk)





Tarnów, woj. małopolskie – budynek zarządu Wodociągów (1911 r.) – autorem projektu budowy sieci wodociągowej w Tarnowie, składającej się z 10 studni głębinowych, przepompowni, odźelaziacza i zbiornika zapasowego, był dr M. Matakiewicz, profesor Politechniki Lwowskiej (foto M. Kucharczyk)





Zakopane, woj. małopolskie – ujęcie w Dolinie Jaworzynki – komory uzbrojeń – foto H. Schabenbeck – 1929 r. (arch. WBZM)



Zakopane, woj. małopolskie – studnia przy willi „Koliba” – 1894 r. (fot. A. Święch)



Zakopane, woj. małopolskie – budowa kanalizacji na ul. Krupówki – foto Stanisław Mirecki – 1937 r. (arch. WBZM)



Zakopane, woj. małopolskie – zbiornik w Kuźnicach – oficjalne przejęcie wodociągu od wykonawcy przez Radę Gminy – foto z 21 X 1908 r.



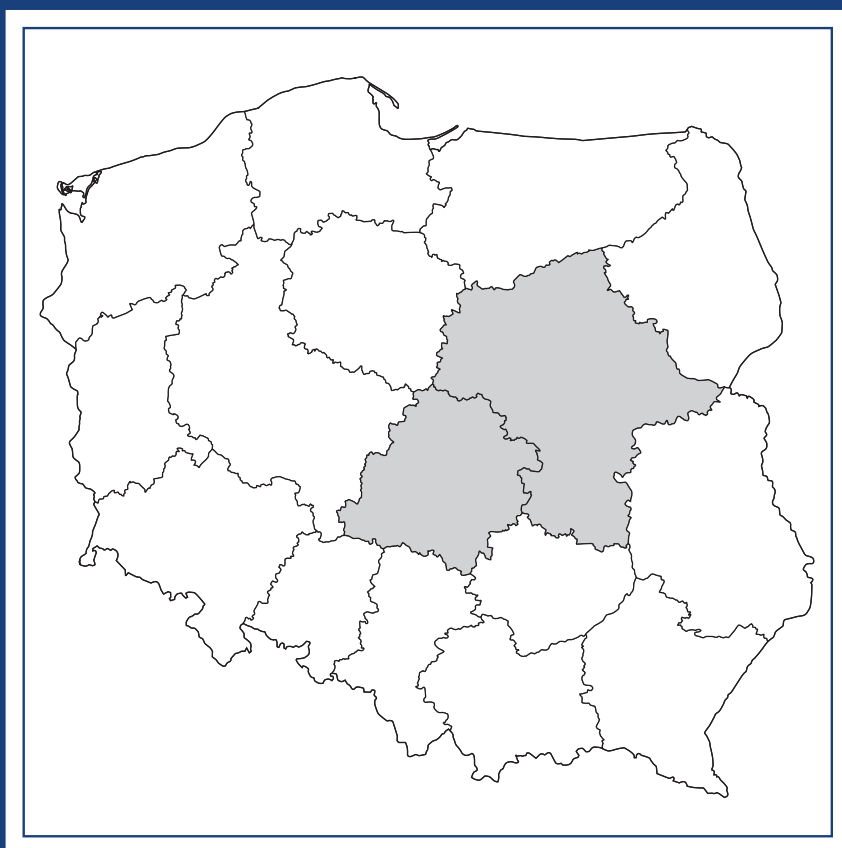
Furmanów, woj. świętokrzyskie – gichtociąg (1877 r.) czyli... winda wodna (wieża wyciągowa) – wykorzystywana w dawnych hutach jako urządzenie do transportowania wsadu do pieca hutniczego – działała dzięki przepompowywaniu wody pomiędzy zbiornikami na różnych poziomach i wykorzystaniu zasady naczyń połączonych (foto M. Kucharczyk)





Zabytkowy Zakład Produkcji Wody ZAWADA wpisany na listę Narodowych Dóbr Kultury (foto Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego w Katowicach)

# ZABYTKI, PAMIĄTKI, ARCHITEKTURA



POLSKA CENTRALNA



Łódź. Dźwig o napędzie ręcznym. Między innymi takich maszyn używano w latach 20. i 30. ubiegłego wieku przy budowie miejskiej kanalizacji i wodociągów w Łodzi (arch. ZWiK Łódź)



Prace przy budowie kanału (przelewu) burzowego w Łodzi, 1931 r. To jeden z kilkunastu przelewów burzowych – zaprojektowano go do odprowadzania bezpośrednio do rzek nadmiaru wód deszczowych, których podczas gwałtownych ulew nie jest w stanie pomieścić miejska kanalizacja (arch. ZWiK Łódź)



Ciuchcia jak z dziecięcego obrazka dowoziła materiały potrzebne do budowy łódzkiej kanalizacji. Na zdjęciu: żwirownia na Polesiu Konstantynowskim w Łodzi, uruchomiona przez budowniczego miejskiej kanalizacji inżyniera Stefana Skrzywaną. 1928 rok (arch. ZWiK Łódź)



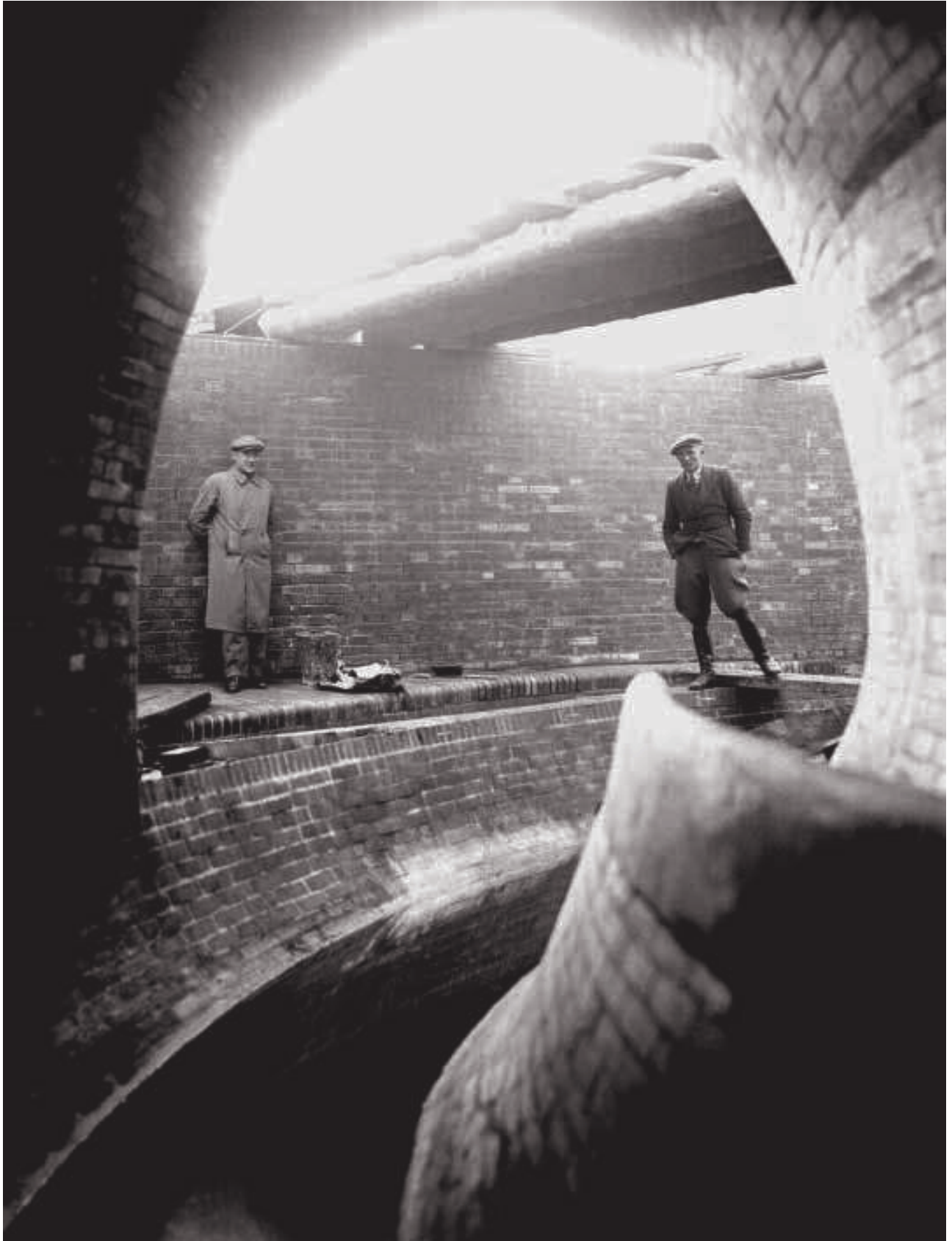
Wnętrze zbiorników wody w Łodzi. 1935-1937 r. Wodociągowcy mówią o nich: „podziemna katedra”. Sklepienie każdego zbiornika tworzy 100 ceglanych kopuł, wspartych na 81 kolumnach (arch. ZWiK Łódź)



Budowa zbiorników wody w Łodzi. 1935-1937 r. Zaprojektował je na początku XX wieku William Heerlein Lindley. W jednym z wyższych miejsc miasta – 260 m n.p.m. – powstały rezerwuary wody, pełniące rolę gigantycznej wieży ciśnień. Zostały zbudowane na planie czterech kwadratów o boku 60 metrów każdy, ze specjalnie wypalanej cegły, ze ścianami w kształcie łuków, by zmniejszyć ciśnienie zgromadzonej w nich wody. Rozbudowane po II wojnie światowej łódzkie zbiorniki mieszczą 100 tys. m<sup>3</sup> wody (arch. ZWiK Łódź)



Montaż ogromnych zasuw na magistrali wodociągowej o średnicy 750 mm podczas budowy Stacji Uzdatniania Wody na Dąbrowie w Łodzi. 1937 r. – (arch. ZWiK Łódź)



Budowa krytego koryta rzeki Łódki. Lata 30 XX w. Większość z 18 łódzkich rzek przepływa przez miasto podziemnymi korytarzami. W korycie Łódki wybudowano nietypowy, „podwieszany” kanał, odbierający ścieki z części śródmiejskich ulic. (arch. ZWiK Łódź)



Łódź. „Gwiazda” (poniżej) – nietypowy wjazd do zejścia bocznego, prowadzącego do komory łączącej dwa najstarsze łódzkie kolektory i przelew burzowy. Budowę łódzkiej kanalizacji zaczęto właśnie od tych kanałów w 1925 roku, należą one do największych podziemnych budowli. Wrażenie robi burzowiec (powyżej) o przekroju dzwonu – bez trudu mógłby przejechać nim autobus komunikacji miejskiej (foto MPWiK Łódź)







Łódź. Drzwi kanałowe w kolektorze ogólnospławnym, Łódź (foto ZWiK Łódź)



Łódź. Połączenie kanału ogólnospławnego z kolektorem w komorze pod „gwiazdą” (foto ZWiK Łódź)



Warszawa. Budowa kanału burzowego (arch. MPWiK Warszawa)

Dzięki determinacji Prezydenta S. Starynkiewicza Warszawa doczekała się nowoczesnej sieci wodno-kanalizacyjnej szybciej od stolicy Imperium Rosyjskiego – Petersburga. Projektantami warszawskich wodociągów byli Anglicy – William Lindley i jego syn, autorzy podobnych rozwiązań w kilku miastach zachodnio-europejskich. Prace podjęto w 1881 roku. Wykorzystano najnowocześniejsze ówczesne rozwiązania techniczne. Duży nacisk położono na dopracowanie szczegółów. Przy budowie wszystkich, nawet najmniejszych, obiektów użyto materiałów najwyższej jakości.



Warszawa. Budowa filtrów powolnych (arch. MPWiK Warszawa)



Warszawa. Budowa filtrów powolnych (arch. MPWiK Warszawa)



Warszawa. Układanie przewodu ssawnego na stacji pomp rzecznych (arch. MPWiK Warszawa)



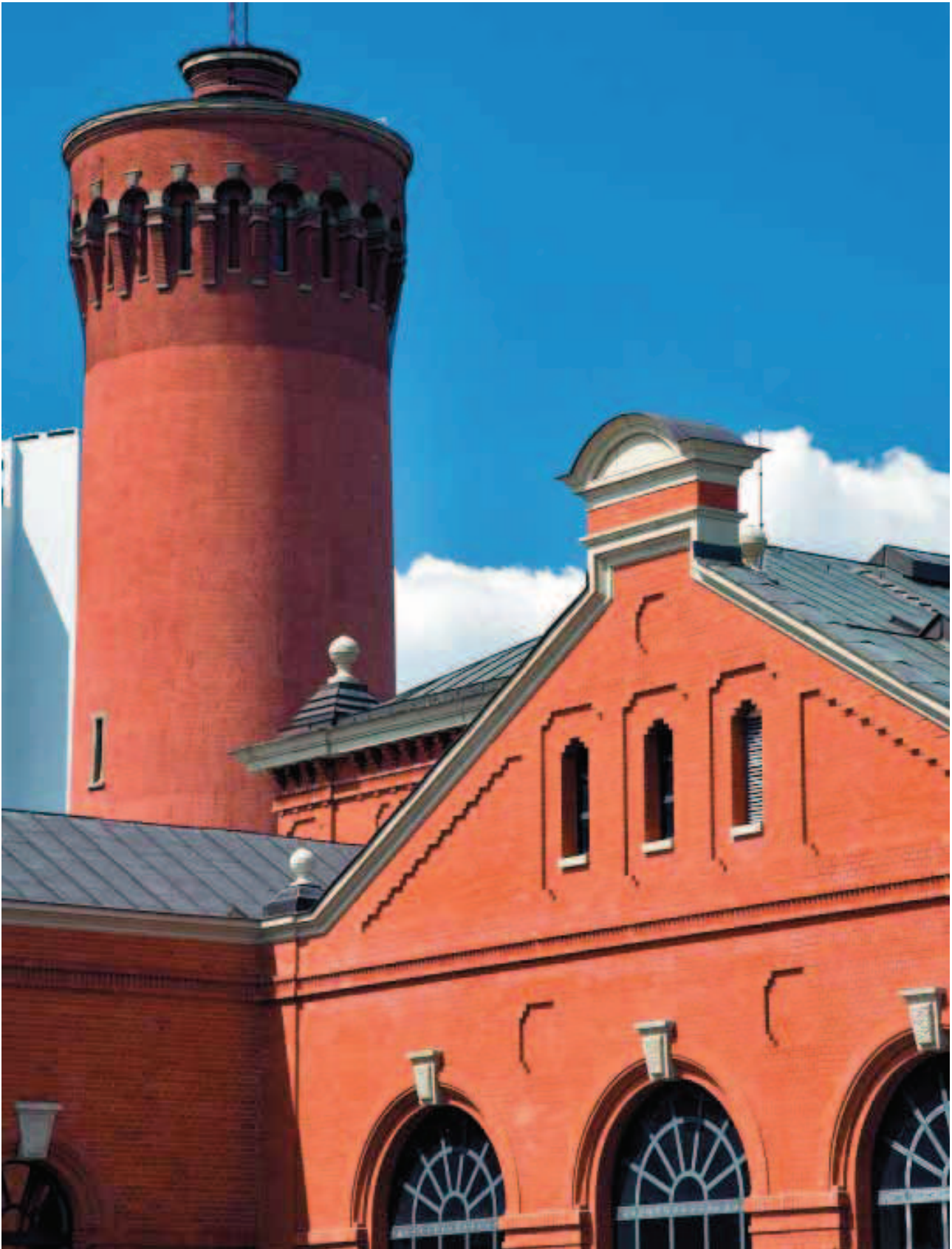
Warszawa. Hala filtrów Zakładu Filtrów Pospiesznych (arch. MPWiK Warszawa)



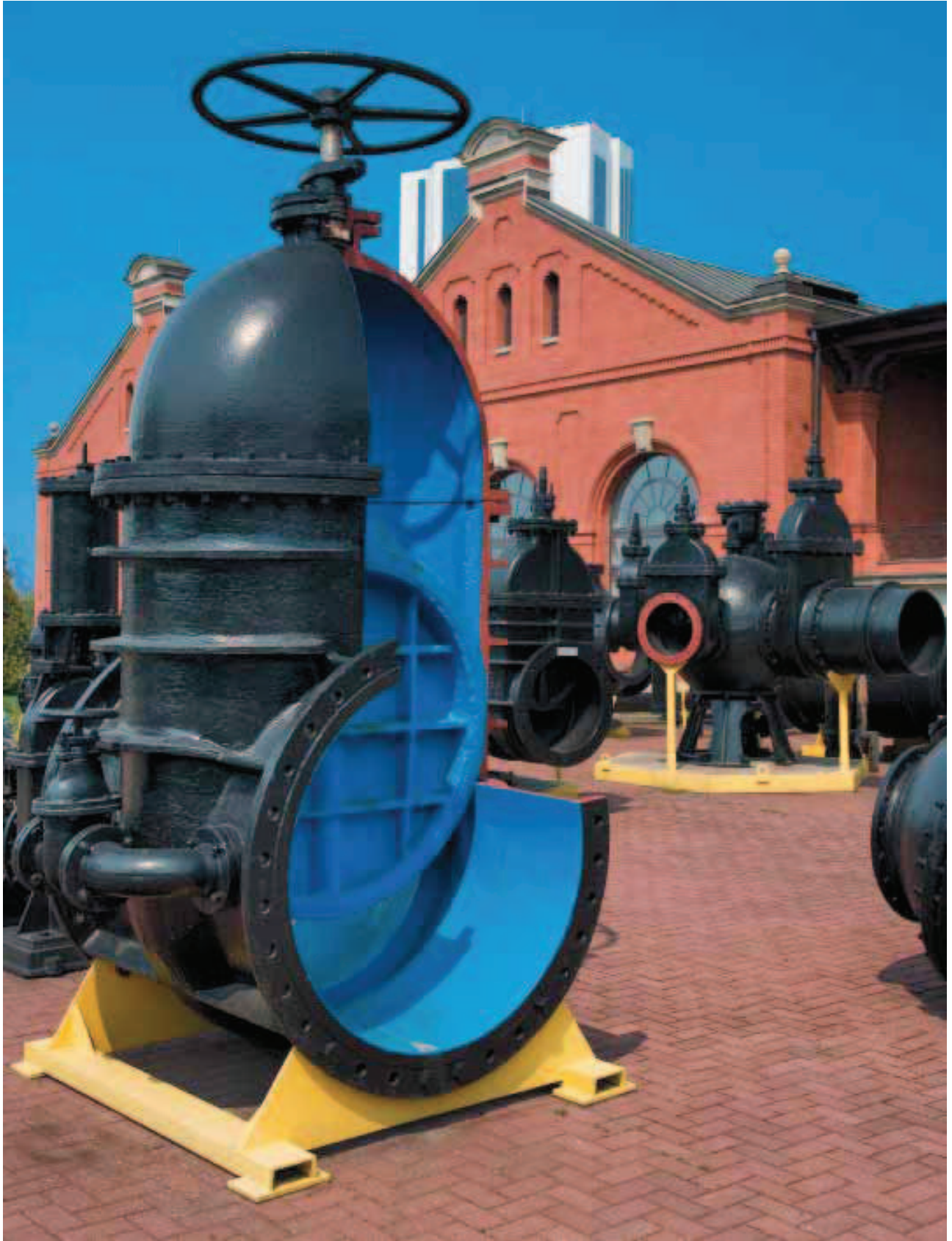
Warszawa. Budynek Zakładu Filtrów Pospiesznych zaprojektowany przez inż. Antoniego Jawornickiego (arch. MPWiK Warszawa)



Warszawa. Jedna z płaskorzeźb dłuta Jana Golińskiego widniejąca na fasadzie zachodniej Zakładu Filtrów Pospiesznych (arch. MPWiK Warszawa)



Ze Stacją Filtrów od ponad stu lat warszawiakom kojarzą się także ceglane budynki naziemne: maszynownia, kotłownia, domy mieszkalne i górująca ponad wszystkim wieża ciśnieniowa. Również projektantami tych budowli byli Lindleyowie, ale na wielu projektach odnaleźć można podpis miejscowego architekta Juliana Herde (foto K. Kobus / TravelPhoto)



Warszawa. Wystawa armatury wodociągowej i kanalizacyjnej na terenie Stacji Filtrów (foto K. Kobus / TravelPhoto)







Warszawa. Wieża ciśnień, kiedyś ważny element systemu tłoczenia wody, obecnie ozdoba i symbol (foto K. Kobus / TravelPhoto)



Warszawa. Kominki wentylacyjne na podziemnych zbiornikach wody czystej (foto K. Kobus / TravelPhoto)



Warszawa. Niecodziennym rozwiązaniem, jak na tamte czasy, była segmentacja budowli. Wszystkie naziemne budowle miały ceglane elewacje skomponowane przy użyciu powtarzających się elementów i określonych motywów. Segmentacja polegała też na dowolnym zestawianiu poszczególnych przęseł i układów budynków (foto K. Kobus / TravelPhoto)



Warszawa. Zabytkowy zegar wskazujący poziom lustra wody i napełnienia zbiornika wody czystej (foto K. Kobus / TravelPhoto)





Warszawa. Ulica między I i III grupą podziemnych filtrów powolnych. W głębi po lewej wieża ciśnień i budynek pompowni (dawniej I Maszynowni)  
*(foto K. Kobus / TravelPhoto)*



# SKĄD SIĘ BIERZE WODA W KRANIE?

CZYLI CYKL UZDATNIANIA WODY PITNEJ

# H Y D R O L O G I A



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

Woda jest jednym z najważniejszych zasobów naturalnych naszej planety. Bez niej nie istniałoby życie. Choć na Ziemi jest mnóstwo wody, nie zawsze znajduje się ona we właściwym miejscu, we właściwym czasie i nie zawsze posiada odpowiednią jakość. Między innymi przez to, że odpady chemiczne nieodpowiednio zużytkowane wczoraj, dziś pojawiają się w zasobach wodnych, i to w miejscach najmniej spodziewanych. Hydrologia jako nauka rozwinęła się w odpowiedzi na potrzebę zrozumienia funkcjonowania złożonej sieci wodnej na Ziemi, a hydrologowie odgrywają niezmiernie ważną rolę w rozwiązywaniu problemów związanych z użytkowaniem wody.

### Hydrologia

Hydrologia jest nauką o występowaniu, rozmieszczeniu, ruchach i właściwościach wód na Ziemi oraz ich związku ze środowiskiem w każdej fazie cyklu hydrologicznego. Wszystkie procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne z udziałem wody przemieszczającej się różnymi drogami w powietrzu, na i pod powierzchnią skorupy ziemskiej oraz w roślinach, są przedmiotem zainteresowania hydrologów. Woda potrafi obrać wiele dróg w nieprzerwanym procesie opadów (deszczu lub śniegu) i parowania do atmosfery. Może być uwięziona przez miliony lat w polarnych pokrywach lodowych.

Może też sphywać do rzek, a następnie do mórz i oceanów. Potrafi wsiąknąć w glebę, by potem wyparować bezpośrednio z jej powierzchni (ewaporacja) lub poprzez liście roślin (transpiracja). Może także nastąpić jej infiltracja do wód gruntowych (poziomów wodonośnych). Niekiedy trwa to krótko, a kiedy indziej – miliony lat. Ludzie próbują – we własnym, dobrze pojętym interesie – nad tym zapanować i niesforny żywioł ujarzmić. Budują ujęcia wody, meliorują grunty rolne lub je nawadniają (irygują), wykorzystują wodę do celów komunalnych, przemysłowych, a także do produkcji energii elektrycznej. W tak różnorodny sposób „przepracowana” i wyciskana woda z reguły trafia ponownie do środowiska. Oczywiście – zazwyczaj wcześniej poddawana jest procesowi uzdatniania. Niestety nawet oczyszczona jest już gorszej jakości niż istniejąca w stanie pierwotnym.

Hydrologowie, zarówno teoretycy, jak i praktycy, procesy zachodzące w obrębie cyklu wodnego analizują pod każdym względem (ilościowym i jakościowym), wyciągając stosowne wnioski. Inżynier hydrolog jest zaangażowany w prowadzenie całościowej, zrównoważonej gospodarki zasobami wodnymi. Zagadnienia te interesują jednak również specjalistów z innych dziedzin: meteorologów, oceanografów, geologów, chemików, fizyków, biologów, ekonomistów, politologów, a nawet specjalistów od matematyki stosowanej i informatyki.



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)



# H Y D R O L O G I A



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

## Czym zajmują się hydrologicy?

Hydrologicy wykorzystują wiedzę naukową do rozwiązywania kwestii społecznych związanych z wodą: problemów z jej ilością, jakością oraz dostępnością. Zajmują się poszukiwaniem zasobów wodnych, melioracją i nawadnianiem gruntów, powodziami i erozją wodną. Pracują także na rzecz ochrony środowiska: usuwają zanieczyszczenia, tworzą miejsca bezpiecznej utylizacji odpadów itp. Osoby z przygotowaniem hydrologicznym mogą obejmować rozmaite stanowiska, pracować zarówno za przysłowiowym biurkiem, jak i być na pierwszej linii frontu w terenie, gdzie mają bezpośredni kontakt z groźnym żywiołem. W terenie zajmują się zbieraniem danych, nadzorują badania jakości wody, kierują robotnikami i obsługują specjalistyczne urządzenia. Charakter ich pracy wymaga częstych podróży. Praca biurowa polega głównie na analizach i interpretacji danych w celu określenia możliwych zasobów, przewidywania powodzi lub określania wpływu różnorodnych inwestycji na środowisko wodne. Praca hydrologów jest tak zróżnicowana, jak rozmaite są zastosowania wody, a jej zakres jest tak szeroki, że obejmuje zarówno planowanie wartych miliony euro przedsięwzięć, jak i udzielanie porad mieszkańcom terenów podmokłych pragnącym uporać się z niby tak prozaicznym problemem jak odwodnienie ich podwórka.

## Zbiorniki wody pitnej

Większość miast zaspokaja swoje zapotrzebowanie na wodę czerpiąc ją z najbliższej rzeki, jeziora czy też sztucznego zbiornika. Hydrologicy pomagają ustalić, ile wody można uzyskać z lokalnych zasobów oraz czy taka ilość będzie wystarczająca do pokrycia przewidywanych potrzeb danej miejscowości czy określonego regionu. W tym celu studiuje istniejące dane o opadach atmosferycznych, średnich temperaturach, ukształtowaniu terenu, przepływie i poziomie wód powierzchniowych i tak dalej.

Projektowanie, budowa i zagospodarowanie sztucznych zbiorników lub regulacja, retencjonowanie naturalnych akwenów mogą być procesami dość złożonymi i kosztownymi, jednakże zwiększającymi zasadniczo niezawodność lokalnych zasobów wodnych. Hydrologicy korzystają więc z map topograficznych, zdjęć lotniczych oraz dziesiątek innych analiz w celu ustalenia, gdzie powinna przebiegać linia brzegowa zbiornika, a także obliczają jego głębokość i pojemność. Prace te gwarantują, że przy zgromadzeniu nawet maksymalnej ilości wody nie zostaną podtopione pobliskie drogi, linie kolejowe czy domy.

Decyzja, ile w danym momencie wypuścić wody, a ile zachować w zbiorniku uzależniona jest od pory roku, prognoz przepływów na kolejne kilka miesięcy, a także zapotrzebowania mieszkańców



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

# H Y D R O L O G I A



Tama w Fafe w Portugalii. (@Photofactory®)



Jesień nad Brdą. (@Photofactory®)

na wodę pitną. Jeżeli akwen wykorzystuje się także w celach rekreacyjnych lub do wytwarzania energii hydroelektrycznej, należy uwzględnić odpowiednie wymagania innych użytkowników. Hydrodzy zbierają niezbędne informacje, wprowadzają je do komputera i tworzą specjalne modele matematyczne, aby przewidzieć rezultaty różnych strategii działania. Na podstawie tych badań, zarządcy zbiornika mogą podjąć właściwe decyzje.

Dostępność wód powierzchniowych do spożycia, rekreacji, nawadniania pól i celów przemysłowych jest niekiedy ograniczona z powodu zanieczyszczeń. Czasami są one tylko niedogodnością, nierzadko jednak mogą stanowić śmiertelne zagrożenie dla całego środowiska – ludzi, zwierząt i roślin. Hydrodzy pomagają więc urzędnikom zajmującym się sprawami zdrowia w monitorowaniu zasobów wodnych. Po stwierdzeniu zanieczyszczenia, inżynierowie środowiska we współpracy z hydrologami opracowują niezbędny program kontroli. Należy objąć nadzorem jakość wody w estuariach (ujściach rzek do mórz), źródłach, rzekach i jeziorach oraz kontrolować stan ryb i roślinności występującej wzdłuż badanego obszaru. Prace pokrewne dotyczą analizy opadów kwaśnego deszczu i określanie jego wpływu na środowisko, jak i występowania metali ciężkich, toksyn i organicznych substancji chemicznych w bezpośrednim otoczeniu zbiorników. Proste analizy, takie jak analiza pH, mętności oraz zawartości tlenu mogą być przeprowadzane w terenie. Pozostałe badania wymagają bardziej wyszukanych metod i urządzeń laboratoryjnych.



Sztuczne zbiorniki we Włocławku i Czorsztynie posiadają łączną pojemność 640 hm<sup>3</sup>. (@Photofactory®)

### Podziemne zasoby wody pitnej

Wody ujmowane spod powierzchni gruntu są zwykle wyższej jakości niż wody powierzchniowe. Dlatego też są często wykorzystywane do celów wodociągowych. Na wielu terenach są zresztą jedyną opcją. Ponadto złoża podziemne są dużo bogatsze, zawierają o wiele więcej wody niż mogą pomieścić wszystkie zbiorniki powierzchniowe. Wielkość podziemnego złoża można oszacować na podstawie pomiaru poziomów wody w miejscowych studniach oraz poprzez odwierty geologiczne określające ilość, głębokość i stan miąższości osadów wodonośnych i skał. Przed rozpoczęciem budowy pełnowymiarowej studni hydrodzy dokonują wierceń próbnych. Odnotowują głębokość, na jakiej znajduje się woda i pobierają próbki gleby, skał i wody do precyzyjnych analiz laboratoryjnych. Określają także najbardziej wydajne tempo pompowania wody, monitorując przy tym powstającą depresję, czyli spadki poziomu wody w eksploatowanej studni oraz w jej najbliższym otoczeniu. Zbyt szybka eksploatacja studni mogłaby bowiem, spowodować jej wyschnięcie lub zakłócać eksploatację sąsiednich ujęć. Na wybrzeżu, nadmierna eksploatacja mogłaby natomiast powodować przenikanie wód słonych do studni. Dzięki nowoczesnym programom komputerowym, tworząc modele matematyczne i analizując liczne dane, hydrodzy mogą oszacować maksymalną i optymalną wydajność powstającej studni.

Skażenia wód gruntowych są mniej widoczne, ale nie mniej szkodliwe niż zanieczyszczenia rzek i jezior, a przy tym bywają trudniejsze do usunięcia. Zanieczyszczenie wód gruntowych najczęściej jest wyni-



## C Z Y S T O Ś Ć W Ó D



Nil jest źródłem wody dla milionów ludzi w Afryce. (@Photofactory®)



Atrykańska studnia. (@Photofactory®)

kiem niewłaściwego gromadzenia i unieszkodliwiania odpadów. Główne źródła takich zanieczyszczeń obejmują substancje chemiczne w ściekach przemysłowo-bytowych, składowiska odpadów, stawy-osadniki do przetrzymywania i filtrowania ścieków przemysłowych, odpady hydrauliczne i ścieki poprodukcyjne z kopalń, komory solankowe, nieszczelne podziemne magazyny ropy naftowej i ropociągi, osady ściekowe i instalacje fermentacyjne, nawozy i środki ochrony roślin. Hydrologicy udzielają wskazówek dotyczących lokalizacji studni monitoringowych, tzw. piezometrów, wokół wysypisk odpadów i pobierają z nich próbki (w regularnych odstępach czasu) w celu stwierdzenia, czy niepożądane odcieki po ługowaniu, zawierające zwykle toksyczne lub niebezpieczne substancje chemiczne, nie przedostają się do wód gruntowych. Na zanieczyszczonych obszarach pobierają próbki gleb i wody w celu określenia rodzaju i obszaru zanieczyszczeń. Następnie dane z analiz chemicznych nanoszą na mapę, aby zobrazować rozmiar i kierunek ruchu toksycznych odpadów. W sytuacjach problematycznych, komputerowe modele przepływu wody i migracji trucizn stanowią wskazówki dla programu usuwania zanieczyszczeń. W ekstremalnych przypadkach, w ramach działań naprawczych, może być wymagane wykopanie i usunięcie zanieczyszczonej gleby. Współczesne społeczeństwa zdają sobie sprawę, że nakłady na działania profilaktyczne są o wiele mniejsze niż koszt późniejszego usuwania zanieczyszczeń. Dlatego inżynierowie środowiska często otrzymują prośby o pomoc w wyborze właściwej lokalizacji dla nowych obiektów utylizacji

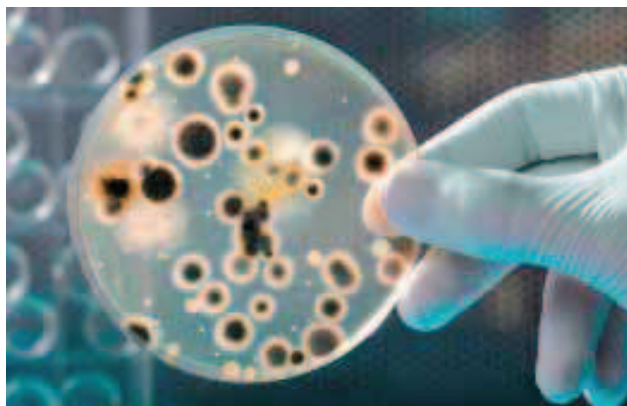
odpadów. Niebezpieczeństwo zanieczyszczeń minimalizuje się także rozmieszczając studnie kontrolne na obszarach występowania wód głębinowych i gleb nieprzepuszczalnych. Pozostałe praktyki obejmują wyłożenie dna składowiska odpadów materiałami wodoszczelnymi, drenaż odcieków po ługowaniu i w miarę możliwości zakrywanie powierzchni wysypiska. Wszystkie te zabiegi i środki ostrożności są niezbędne – tu nie warto ulegać zgubnej pokusie bezsensownych oszczędności.

**Czystość wód**

Ze względu na swoje zdolności rozpuszczania różnych substancji, woda nigdy nie jest czysta w stu procentach. Dużo zależy od tego, przez jakie utwory skalne przepływała i jakie domieszki dzięki temu się w niej znalazły. Świetnym przykładem mogą być tu wody mineralne zawierające niezbędne do życia mikroelementy. Czasami w wodach podziemnych rozkładają się substancje chemiczne nadając im specyficzne właściwości. Znane i cenione wody siarkowe powstają w wyniku rozpuszczania i rozkładu związków siarki, a są szczególnie przydatne w leczeniu chorób układu pokarmowego. Inne wody zawierają sole poprawiające funkcjonowanie układu oddechowego i są wykorzystywane w łożyskach. Niestety, nawet pozornie czysta woda może nie nadawać się do użycia z powodu skażenia bakteriologicznego. Całość tych właściwości będziemy dzielić na fizyczne i chemiczne, choć są one ściśle zależne od siebie.



(@Photofactory®)



(@Photofactory®)

# C Z Y S T O Ś Ć W Ó D



(©Photofactory®)

### Znaczniki fizyczne czystości wody

#### Barwa

Zasadniczo woda jest bezbarwna, choć czysta, zgromadzona w głębokich zbiornikach wydaje się być błękitna. W wodach powierzchniowych może mieć barwę żółto-brunatną, szczególnie jeśli przepływa przez bagna i lasy. Przy zakwitach glonów jej barwa zmienia się na zieloną. Gdy przepływa przez skały zawierające duże ilości żelaza, nabiera koloru czerwonego. Jednak głównym powodem zabarwienia tej życiodajnej cieczy są ścieki. W zależności od ich składu chemicznego woda przybiera rozmaite zabarwienie, może być nawet czarna.

#### Mętność

Płynąca woda niesie ze sobą drobne cząsteczki mineralne i organiczne. Ilość tych substancji ma wpływ na przezroczystość wody. To dlatego rzeki o rwącym nurcie nie są krystalicznie przejrzyste, natomiast w wodach stojących mętność bywa dużo mniejsza.

#### Smak

Woda czysta (destylowana) nie posiada smaku. Na smak wody duży wpływ ma jej temperatura: woda do 5°C jest niesmaczna, ponieważ powoduje podrażnienie gardła, od 5 do 10°C woda dobrze smakuje i świetnie gasi pragnienie, natomiast powyżej tego przedziału staje się mdła i nieapetyczna. Smak jest wynikiem występowania wielu substancji, głównie pochodzenia antropogenicznego – czyli powstałego w wyniku działań człowieka. Oczywiście substancje pochodzenia naturalnego zawarte w skałach, także mogą nadawać wodzie smak od słonego, przez kwaśny, aż po gorzki.

#### Zapach

Woda pozbawiona jest zapachu, jednakże w praktyce może posiadać zapach roślinny, bagienny lub substancji w niej rozpuszczonych – w szczególności gazów. Wspomniane już wody mineralne, niekiedy nieprzyjemnie pachną zgnitym jajem, co jest wynikiem rozpuszczonych w nich siarczków. Najczęściej jednak, nienaturalna, przykra woń wody może sugerować jej skażenie ściekami. Najbardziej znanym wszystkim zapachem wody, jest woń chloru wykorzystywanego do jej dezynfekcji w procesie uzdatniania.

#### Temperatura

Jest głównym czynnikiem wpływającym na pozostałe właściwości wody, na jej zdolność do rozpuszczania substancji, kierunek migracji oraz zmiany stanów skupienia. Najbardziej na wpływ temperatury podatne są powierzchniowe wody stojące. W okresie letnim



(©Photofactory®)

temperatura wody może przekraczać 25°C, natomiast zimą w warstwach powierzchniowych ma 0°C, a w warstwach głębszych, przydennych +4°C. W wodach płynących temperatura jest mniej zróżnicowana ze względu na ciągły proces mieszania. Ogólnie, temperatura wody zależy od prędkości jej przepływu oraz od głębokości zbiornika. W wodach podziemnych temperatura uzależniona jest od głębokości położenia źródła oraz utworów skalnych, przez jakie wędruje. Warto tu wspomnieć o wodach termalnych o temperaturze dochodzącej nawet do kilkudziesięciu stopni Celsjusza, które w dużej mierze są wykorzystywane do zasilania basenów kąpielowych oraz mogą być przydatne, jako ekologicznie czyste i odnawialne źródło energii cieplnej.

### Znaczniki chemiczne czystości wody

#### Przewodność elektrolityczna

Jest to zdolność wody do przenoszenia ładunku elektrycznego. Idealnie czysta woda destylowana nie przewodzi prądu. To rozpuszczone w wodzie sole – ich jony – sprawiają, że jest ona dobrym przewodnikiem. Oznacza to, że tym wyższa przewodność, im więcej rozpuszczonych substancji posiada woda.

#### Odczyn

Jest to stosunek jonów dodatnich do ujemnych, a inaczej ujmując: dodatnich jonów wodorowych do ujemnych wodorotlenowych. W normalnych warunkach jony te znajdują się w równowadze. Wtedy pH (odczyn) jest obojętny i leży w obszarze 6,5 – 8,5. Są jednak wody, które posiadają wysokie pH (do 14). To wody zasadowe, przepływające głównie przez utwory wapienne. Przykładem takich wód mogą być znane akwarystom jeziora Malawi i Tanganiki. Natomiast wody Amazonki posiadają odczyn kwaśny o pH poniżej 5, co wynika z nagromadzenia dużej ilości gnijących szczątków roślinnych i zwierzęcych. Kwaśny odczyn może być spowodowany również tzw. „kwaśnymi deszczami” zawierającymi związki siarki i azotu pochodzącymi z zanieczyszczeń powietrza. Deszcz o rekordowo niskim pH (2,4) spadł w 1974 r. w Szkocji i był on bardziej kwaśny niż sok cytrynowy.

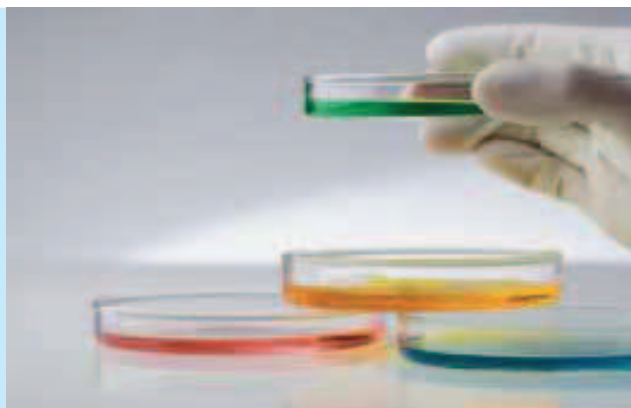
#### Twardość

Jest to zdolność wody do rozpuszczania mydła. Woda miękka bardzo łatwo usuwa zabrudzenia, natomiast twarda potrzebuje wspomaganie – detergentów. Duża ilość proszku potrzebnego do prania oraz niski stopień pienienia się mydła świadczą o wysokim stopniu twardości wody.



(©Photofactory®)

# C Z Y S T O Ś Ć W Ó D



(©Photofactory®)

Twardość wody określa się ilością jonów wapnia i magnezu, a także żelaza, manganu oraz metali ciężkich. Im więcej ich w wodzie, tym jest ona twardsza, a tym samym odznacza się większym napięciem powierzchniowym, które utrudnia zwilżanie powierzchni, na skutek czego trudno jest przy jej pomocy prać ubrania i zmywać naczynia.

### Zasadowość i kwasowość

Zasadowość określa się zdolność wody do zobojętniania jonów kwaśnych. Występuje ona przy pH poniżej 4,6. Kwasowość z kolei to zdolność do zobojętniania jonów zasadowych. Kwasowość i zasadowość tworzą bufor chroniący środowisko wodne przed wpływami zanieczyszczeń, a naruszenie tego układu powoduje nieodwracalne zmiany w ekosystemach.

### Żelazo i mangan

W odróżnieniu od wód podziemnych, w wodach powierzchniowych żelazo i mangan występują w małych ilościach. Ich podwyższone stężenia wpływają nie tylko negatywnie na nasz organizm, lecz także na korozyjność rurociągów i niszczenie pranej odzieży. Obydwa pierwiastki wpływają też na zapach i smak  $H_2O$ .

### Sód i potas

Wody powierzchniowe cechują się zazwyczaj niskim stężeniem sodu (soli), chyba że do zbiornika wpływają ścieki lub znajduje się on blisko morza. W wodach podziemnych ilość sodu uzależniona jest od położenia warstwy wodonośnej. Dlatego wody solankowe



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

możemy spotkać w Ciechocinku czy Inowrocławiu. Duże stężenia tego pierwiastka wpływają negatywnie na korozyjność wody oraz na nasze zdrowie. Nadmierne spożycie soli może mieć wpływ na choroby naczyniowe, cukrzycę, uszkodzenie nerek, dolegliwości wątroby, podwyższone stężenie cholesterolu i uczucie zmęczenia.

### Formy azotu

Najczęściej oznaczany jest azot amonowy. Jego wysoki poziom świadczy o obecności fekalii. Natomiast duża ilość azotu na wyższych stopniach utlenienia spowodowana jest zanieczyszczeniem wody nawozami sztucznymi bądź ściekami przemysłowymi.

### Metale ciężkie

Należą do nich arsen, kobalt, ołów, kadm, rtęć, miedź, cynk, nikiel i chrom. W wodach metale ciężkie pochodzą głównie z zanieczyszczeń pochodzenia przemysłowego. Czasami ich obecność spowodowana jest jednak naturalnym wymywaniem z utworów skalnych. Są bardzo toksyczne i łatwo kumulują się w organizmie (kościach, nerkach, mózgu) będąc przyczyną groźnych, ostrych i przewlekłych zatruc, chorób układu krążenia, układu nerwowego, schorzeń nerek i pojawiania się złośliwych nowotworów.

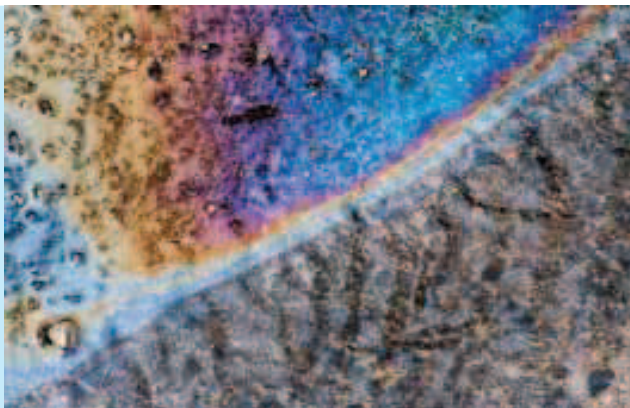
### Chlorki

Pochodzą głównie ze ścieków, a ich wysokie stężenie świadczy o dużym zanieczyszczeniu wody. Powodują słony smak wody i jej wysoką korozyjność.



(©Photofactory®)

# C Z Y S T O Ś Ć W Ó D



(©Photofactory®)

## Substancje organiczne

Substancje organiczne zawarte przede wszystkim w wodzie powierzchniowej, to żywe mikroorganizmy lub też obumarłe i rozłożone części roślinne i zwierzęce, a także substancje, które trafiły do środowiska naturalnego w rezultacie naszej aktywności gospodarczej, np. węglowodory aromatyczne (składniki benzyn, olejów, itp.)

## Gazy rozpuszczone

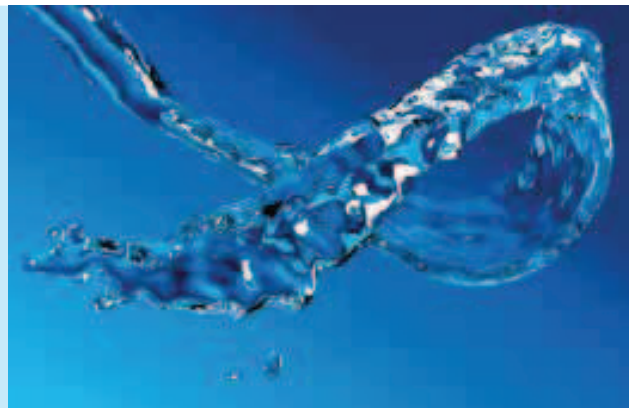
Przed wszystkim chodzi tu o tlen i dwutlenek węgla. Ich ilości świadczą o dobrych warunkach dla życia organizmów oraz o możliwości samooczyszczania się wody. Duża ilość CO<sub>2</sub> wpływa na korozyjność wody.

## Bakteriologia

Bakteriologia określa ilość bakterii, wirusów i pierwotniaków, a nawet pasożytów jakie znajdują się w wodzie. O ile źródła podziemne są zazwyczaj czyste bakteriologicznie, tak powierzchniowe w dużej mierze bywają zamieszkałe przez różne organizmy. Najgroźniejsze z nich to bakterie fekalne typu coli i enterococae oraz zarazki i wirusy chorobotwórcze, a w szczególności salmonelle, legionelle, pałeczki duru brzuszego, pałeczki czerwonki, jak i bakterie typu pseudomonas – szczególnie odporne na chlorowanie – powodujące zakażenia dróg oddechowych i moczowych, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, kości, szpiku, stawów, oka lub ucha;



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

przyczyniają się do powstawania ropni, zapalenia osierdzia, wsierdzia, czasem zatruc pokarmowych; dla zdrowych osób są nieszkodliwe, mogą jednak powodować ciężkie schorzenia u chorych z upośledzoną odpornością.

## Klasy czystości wody

Znając zanieczyszczenia wody możemy określić jej przydatność do spożycia, czemu służy ustalenie czterech klas czystości.

### Klasa I

Zaliczono do niej wodę pitną. Oprócz zaopatrzenia ludności wykorzystuje się ją w zakładach przemysłu spożywczego oraz farmaceutycznego. Ponadto tylko w takich warunkach mogą egzystować ryby łososiowate.

### Klasa II

To woda do hodowli ryb innych niż łososiowate, do chowu zwierząt gospodarskich, do rekreacji, sportów wodnych i urzędowania kąpielisk.

### Klasa III

Zakwalifikowano tu wody nadające się do zaopatrzenia zakładów przemysłowych, nawodnień i upraw ogrodniczych.

### Klasa NON

Są to wody na tyle skażone, iż mogą być wykorzystywane tylko w sposób przemysłowy, np. jako chłodziwo.



(©Photofactory®)

# P O B Ó R W O D Y



Prymitywna studnia na Saharze. (©Photofactory®)



Zalipie, woj. małopolskie – niecodzienna malowana studnia. (©Photofactory®)

## Pobór wód podziemnych

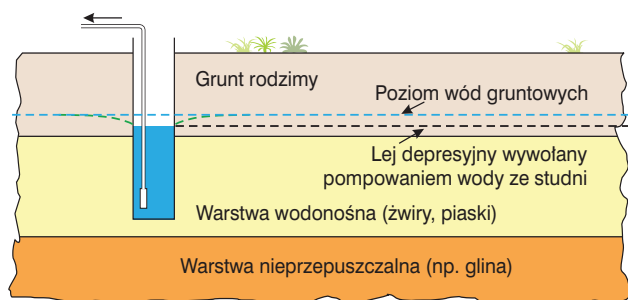
Wodę ze źródeł podziemnych czerpiemy za pomocą studni głębinowych. Studnie te wiercone są po uprzednich badaniach geologicznych. Wszystko zależy od głębokości, na jakiej znajduje się woda zdatna do picia i jakimi utworami (skałami) jest otoczona. Ważnym elementem jest jej ilość oraz sposób, w jaki możemy ją pozyskać nie naruszając równowagi środowiska. Najpłytsze studnie mają ok. 5m, a najgłębsze ponad 400 m głębokości. Czasami, aby zaspokoić potrzeby ludności, należy wykonać kilka odwiertów i połączyć je w zespół zasilający jedną studnię, z której pobiera się wodę przeznaczoną do spożycia.

Do czerpania wody z wnętrza ziemi służą pompy wirowe. Istnieją dwa typy takich pomp: głębinowe w całości zanurzone w wodzie oraz powierzchniowe. Te drugie są pompami ssąco tłoczącymi i mogą pobierać wodę z głębokości nie większej niż 10 m; w wodzie zanurzone mają tylko przewód ssawny, natomiast cały korpus znajduje się na powierzchni. Pompy i przewody ssawne chronione są przez osłonę z rur PE, PVC lub stalowych, a w ich dolnych częściach znajdują się osłony filtracyjne zapobiegające uszkodzeniu urządzeń przez ewentualne zanieczyszczenia.

### Studnie kopane

Są to zwykle studnie od 5 do 12 m głębokości, na wyżynach dochodzące nawet do 30 m. Wykonuje się je poprzez osadzanie na siebie kolejnych kręgów betonowych i opuszczaniu ich w głąb przez wybieranie gruntu z dna studni – spod pierwszego, spodniego kręgu. To jedna z najstarszych technologii. Studnie takie buduje się,

### Przekrój przez górotwór, w którym znajduje się studnia ujmująca wodę z warstwy wodonosnej



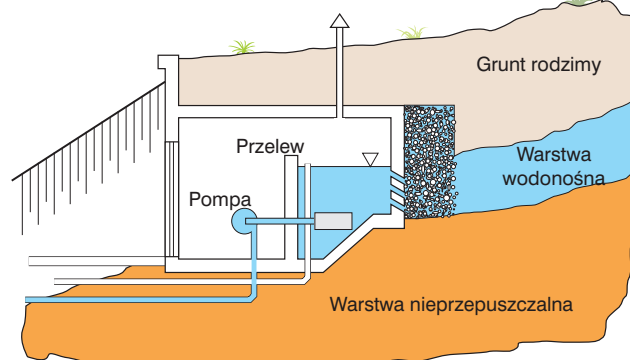
kiedy pragniemy zaopatrzyć w wodę niezbyt liczną zbiorowość; tam gdzie mieszka więcej ludzi, nie zdają one egzaminu ze względu na niewielką wydajność.

### Zespoły studni szybowych

W przypadku niewielkiej wydajności warstw wodonosnych, kopie się szereg studni o głębokości ok. 7 m i łączy ze sobą rurami. Zadaniem zespołu jest zbieranie wody z określonego obszaru i przesył drenażem do studni głównej, skąd woda jest wydobywana na powierzchnię.

### Studnie abisyńskie

Obecnie stosowane są w miejsce studni kopanych, na terenach jeszcze nie zwodociągowanych. Abisynka składa się z metalowych rur o długości kilku, kilkunastu metrów (wyjątkowo nawet do 30 m) połączonych szczelnie za pomocą muf. Rury są zakończone u dołu stożkowym ostrzem lub świdrem, a nad powierzchnią ziemi – ręczną pompą kolumnkową. Nad ostrzem lub świdrem znajduje się filtr, który stanowi rura zaopatrzona w otwory, obciążona siatką meta-



lową lub okręconą drutem. Rury wbija się za pomocą „baby” ręcznej lub kafara, albo wkręca posługując się drągiem jak pokrętkiem. Jakość wód ujmowanych z tych studni nie jest dobra, na szczęście obecnie wykorzystywane są one głównie w celach gospodarczych.

### Studnie wiercone

Są to bardzo głębokie studnie, sięgające skalnych utworów trzecio- i czwartorzędowych, a nawet jurajskich. Ich głębokość może sięgać powyżej 400 m. Wykonuje się je metodą wiertnicową, okładając brzegi odwiertu rurą okładzinową.



# P O B Ó R W O D Y



Studnia na Rynku w Sandomierzu. (©Photofactory®)



SUW Sitnicka – widok na zbiorniki wody – Biała Podlaska. (fot. M. Kucharczyk)

## Ujęcia źródeł naturalnych

Ujęcia źródeł naturalnych, czyli miejsc samorzutnego wypływu wód podziemnych na powierzchnię, pozwalają na racjonalne wykorzystanie tych zasobów, a przy wydajności przekraczającej zapotrzebowanie, nadmiar wody można skierować do cieków wodnych zlokalizowanych poniżej źródła.

## Ujęcia sztucznych wód podziemnych

Niekiedy by pozyskać wodę, która posiada właściwości mieszane: wody podziemnej i powierzchniowej, wykonuje się ujęcia infiltracyjne. Dzielimy je na trzy typy:

**Ujęcie brzegowe.** Jeżeli wokół zbiornika (najczęściej rzeki) występują warstwy przepuszczalne, np. piaski i żwiry, można ujmować wodę odwiercając studnie w bliskiej odległości od jego brzegów. Czerpana będzie w ten sposób zarówno woda podziemna, jak i woda pochodząca bezpośrednio z rzeki, która drenaże okolice gruntu.

**Ujęcie poddenne.** Podobnie jak brzegowe ujmuje wody z rzeki oraz jej okolic. Wykonywane jest poprzez umieszczenie przewodu czerpalnego wraz z drenażem pod dnem rzeki. Przykładem takiego ujęcia jest Gruba Kaśka – studnia umiejscowiona w korycie Wisły, która pompuje wodę z systemu poddennych drenaży do Wodociągu Praskiego mieszczącego się na Saskiej Kępie w Warszawie. Studnia została wzniesiona w 1964 r., a w 2002 r. wyremontowano ją i zwiększono jej przepustowość. Gruba Kaśka pobiera

wodę z kilkunastu promieniście ułożonych drenaży, które znajdują się ok. 6 metrów pod dnem, po czym trzystumetrowym rurociągiem pompuje ją na brzeg. Rurociąg ten znajduje się w podwodnym tunelu, którego obsługa może także dostać się do wnętrza budowli. Sposób pobierania wody spod dna rzeki opracował inż. Włodzimierz Skoraczewski. Na świecie metoda ta znana jest jako „ujęcie warszawskie”. Jej przewaga nad filtrami w brzegach polega na tym, że na nieuregulowanej rzece występuje zjawisko stałego przesuwania się rumowiska dennego, co zapewnia ujęciom stałą, naturalną wymianę złożeń. Dodatkowo dwie barki – Chude Wojtki, kręcą się stale w okolicach Grubej Kaśki i położonych wyżej dwóch ujęć brzegowych, i strugami wody pod ciśnieniem splukują powierzchnię, najbardziej zanieczyszczoną warstwę denną gruntu. Nurt Wisły nanosi wtedy kolejną warstwę żwiru.

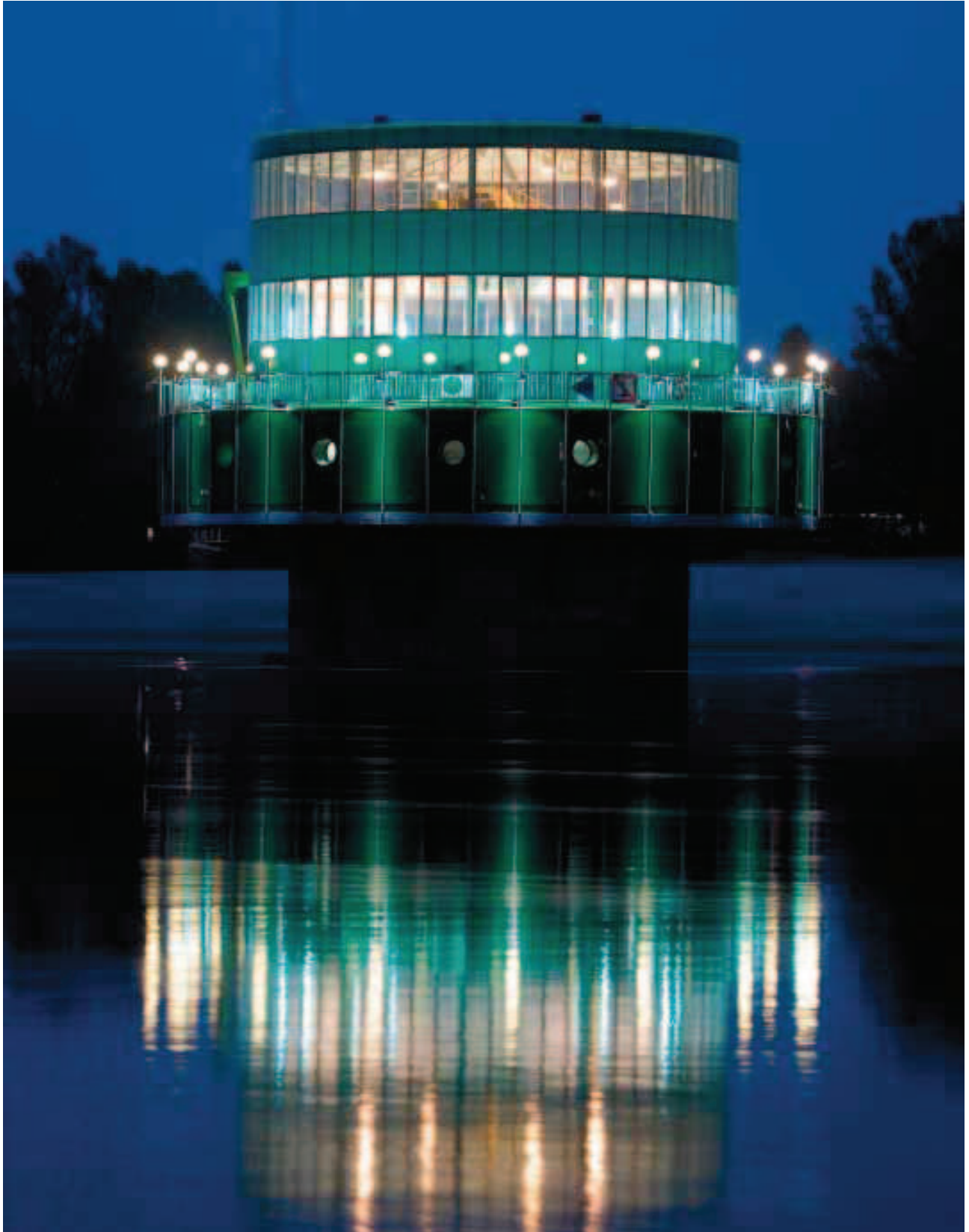
## Stawy infiltracyjne

Jeżeli nie ma możliwości wykonania ujęcia w brzegu lub pod dnem rzeki, wykonuje się stawy infiltracyjne. Technologia poboru wody polega na czerpaniu jej bezpośrednio z nurtu i zalewaniu stawów wyposażonych w odpowiednie warstwy filtracyjne. Woda przenikając w głąb oczyszcza się oraz wzbogaca w różnego rodzaju pierwiastki mineralne. Bardzo ważnym elementem takiego ujęcia jest precyzyjne określenie kierunku spływu takich wód w celu właściwego zlokalizowania studni czerpalnych. Pobierana w ten sposób woda posiada właściwości wody podziemnej!



Studnia głębinowa – Stacja Uzdatniania Wody Sitnicka – Biała Podlaska. (fot. M. Kucharczyk)





Warszawa, „Gruba Kaśka” (1964 r.) – największa w Europie studnia infiltracyjna, która pobiera wodę z promieniście ułożonych drenów znajdujących się 6 metrów pod dnem i 300-metrowym rurociągiem umieszczonym w podwodnym tunelu (którym obsługa może dostać się do wnętrza budowli) pompuje ją na brzeg. Metodę pobierania wody spod dna rzeki opracował Polak – inż. W. Skoraczewski, dlatego nazywana jest ona na świecie tzw. ujęciem warszawskim. (fot. K. Kobus TravelPhoto)

## P O B Ó R

## W O D Y



Wieżowe ujęcie na rzece Kolorado zaopatrza w wodę 20 mln ludzi. (©Photofactory®)

### Pobór wód powierzchniowych

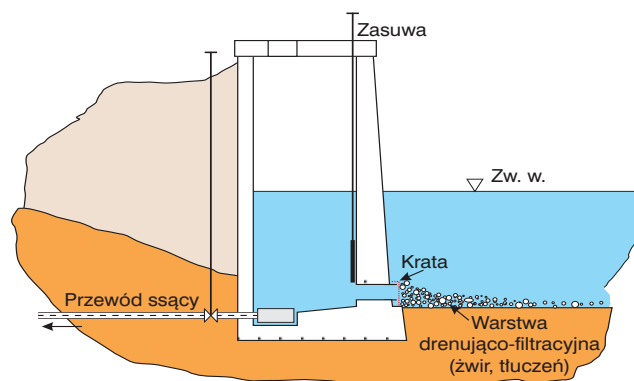
Wody powierzchniowe są bardziej zanieczyszczone od wód podziemnych, nie tylko ze względu na podłoże, po którym płyną, ale także z uwagi na istniejące w nich życie oraz łatwość wprowadzania do nich ścieków. Należy je więc przed właściwym oczyszczaniem poddać obróbce wstępnej. Do tego celu wykorzystuje się kraty i mikrosita. Krata to zestaw prętów bądź płaskowników stalowych, osadzonych na ramie lub umieszczonych w ścianie czerpni, z odpowiednio dobranymi przesłanitami zabezpieczającymi czernie przed dużymi cząstkami stałymi oraz organizmami wodnymi. Mikrosita to urządzenia wykonane z blachy perforowanej (z otworami), na których zatrzymują się osady. Dalsza obróbka wód powierzchniowych jest identyczna, jak podziemnych. W technologii poboru wody wykorzystujemy różne typy ujęć wody powierzchniowej.

#### Ujęcie brzegowe komorowe

Ujęcie lokalizowane jest na brzegu, z wysunięciem w koryto rzeki. Posiada kształt skrzynki przedzielonej wewnątrz ścianką na dwie komory – osadową i czerpnią. Komora osadowa, do której wpływa woda, zabezpieczona jest kratą zapobiegającą przedostawaniu się do czerpni dużych elementów stałych (rośliny, ryby, elementy mineralne niesione przez rzekę). Komora ta jest osadnikiem dla drobnych i łatwo opadających zawiesin. Oddzielona jest od komory czerpnej progami oraz gęstymi kratami. W komorze czerpnej umieszcza się natomiast smoki przewodów ssawnych.

#### Ujęcie zatokowe

Jest podobne do brzegowego, ale posadowione w naturalnej lub sztucznie utworzonej zatoce, w której woda zwalnia swój bieg. Stosuje



Zbiornik Goczałkowice zaopatrza w wodę 30% mieszkańców Górnego Śląska.

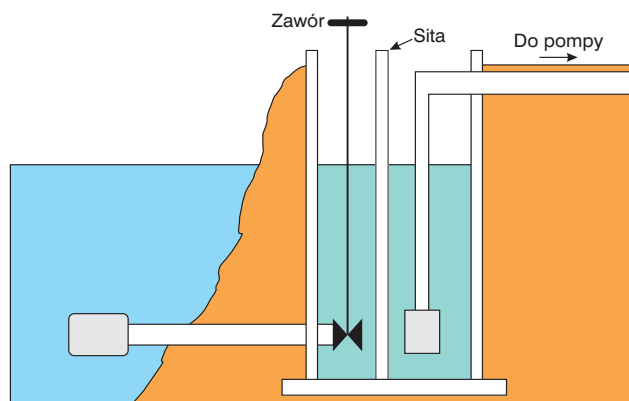
się je szczególnie w przypadku rzek o dużym przepływie, na których w okresie zimowym, zanim powstanie zwarła pokrywa lodowa, tworzy się śryrz i lód denny oraz na rzekach niosących duże ilości mineralnych zawiesin, które zasypują czerpię.

#### Ujęcie zaporowe

Jak sama nazwa mówi, ujęcie takie buduje się przy sztucznej zaporze lub jazie. Umożliwia to wykorzystywanie wody z płytkich zbiorników powierzchniowych, a ponadto pozwala ujmować wodę ciągle z tych samych warstw.

#### Ujęcie nurtowe

Woda przez wlot w nurcie rzeki dopływa grawitacyjnie rurociągiem dosyłowym lub lewarem do studni zbiorczej umieszczonej na brzegu, skąd przepływa do komory czerpnej, a następnie jest zasysana przewodami ssawnymi pomp i przetłaczana do stacji uzdatniania.



#### Ujęcie wieżowe

Ujęcia wieżowe są odmianą ujęć brzegowo-komorowych. Różnią się większą liczbą komór (czerpni), większymi wymiarami oraz kształtem. Okrągły jest przeznaczony dla wód o małym przepływie, eliptyczny stosowany jest przy silnych nurtach. Czernie natomiast umieszcza się w wielu punktach na różnych wysokościach.

#### Ujęcie dennie

Nie można ich mylić z poddennymi, szczególnie wykorzystywanymi dla płytkich rzek i potoków. Technologia budowy polega na doprowadzaniu sączkami wody z dna zbiornika do jednej komory czerpnej, skąd jest ona podawana do uzdatniania.

# F I L T R A C J A

### Uzdatnianie wody

Po ujęciu (wydobyciu) woda, ze względu na zanieczyszczenie, jest napowietrzana i kierowana do filtrów. Napowietrzanie usuwa niepożądane gazy, częściowo utlenia zanieczyszczenia (np. odżelazia) oraz podnosi stężenie tlenu rozpuszczonego, co powoduje przekształcenie części znajdujących się w wodzie substancji w osad, który następnie można łatwo odfiltrować. Urządzenia do tego służące nazywamy aeratorami. Napowietrzanie może odbywać się w zbiornikach ociekowych lub za pomocą dysz.

Oddzieleniu wytrąconego osadu służą filtry z odpowiednim złożem. Jego rodzaj i rozłożenie warstw jest dobierane indywidualnie w zależności od charakterystyki wody. Stosowane są dwa rodzaje filtracji: powolna lub pospieszna.

#### Filtracja powolna

Polega na zalaniu dużej powierzchni filtra i samoistnym przesiąkaniu wody w jego głąb. Na dnie pod warstwą filtracyjną znajduje się drenaż, tj. system rur z otworami, którymi oczyszczona woda (filtrat) odpływa do dalszej obróbki. Filtry powolne czyści się poprzez zdjęcie wierzchniej warstwy złoża filtracyjnego i nasypanie nowego. Filtry takie są często używane jako wspomagające.

Posiadają ważną zaletę, ponieważ oczyszczają wodę nie tylko w sposób mechaniczny, ale także biologiczny. Na ich powierzchni tworzy się bowiem delikatna warstwa z żywych organizmów, która usuwa z wody substancje organiczne. Najczęściej w filtrach powolnych jako wypełnienie cedzące stosuje się piaski kwarcowe.

Największe systemy filtrów powolnych znajdują się w Łodzi i Warszawie. Warszawskie filtry wybudowane w latach 1883 – 1886, zlokalizowane są między ulicami Koszykową, Krzywickiego, Filtrową i Raszyńską. Należą one do systemu wodociągów zaprojektowanych i zbudowanych przez brytyjskiego inżyniera Williama Lindley'a.

#### Filtracja pospieszna

Jest o wiele bardziej wydajna, pozwala uzdatnić dużo większą ilość wody w krótszym czasie. W filtrach pospiesznych przesiąkanie wody wymusza się ciśnieniem. Pracują przy tym filtry otwarte i zamknięte. Pompy przepychają wodę przez warstwę filtracyjną składającą się z powłoki żwiru rozłożonej na perforowanych płytach. Jako warstwę filtracyjną używa się piasku kwarcytowego lub antracytowego, albo stosuje się warstwy kombinowane. Inaczej niż w filtrach powolnych zbiera się także filtrat. Nie potrzeba stosować rur perforowanych lub grzybków. Górne krawędzie filtrów są wyposażone w koryta przelewowe, których zadaniem jest doprowadzenie wody do filtra i odprowadzenie wód popłucznych. Czyszczenie tego typu filtrów też jest łatwiejsze – po prostu przepuszcza się wodę z powietrzem w przeciwnym kierunku i popłuczyny kieruje do kanalizacji lub podczyszczenia.

Aby dokładnie pozbyć się zanieczyszczeń, niekiedy nie wystarczy wykorzystanie złóż piaskowych. Należy wówczas zastosować odpowiednią kombinację reagentów lub specjalnie dobrane warstwy filtracyjne. Dwa najbardziej znane złoża filtracyjne to węgiel aktywny i braunsztyn.



SUW Sitnicka – hala pomp i filtrów – Biała Podlaska. (fot. M. Kucharczyk)





Centralnym elementem sieci wodociągowo-kanalizacyjnej w Warszawie była Stacja Filtrów usytuowana na obszarze pomiędzy ulicą Nowogrodzką a Filtrową. Większość urządzeń „fabryki czystej wody”, jaką do dziś jest Stacja Filtrów, znalazła się pod ziemią. Pod nasypami starannie obsadzonymi trawą możemy oglądać dwa wielkie zbiorniki wstępnie oczyszczonej wody zwanej surową, siedem grup filtrów powolnych oraz zbiorników wody czystej. Większość z tych podziemnych budowli powstała jeszcze w czasach Lindleyów, zgodnie z ich projektami. (foto K. Kobus, TravelPhoto)

# F I L T R A C J A



Stacja uzdatniania wody – hala pomp i filtrów – Biała Podlaska.



Monitorowanie procesów uzdatniania wody – Biała Podlaska.

Węgiel aktywny lub aktywowany, to specjalnie produkowany rodzaj warstwy filtracyjnej o dużej porowatości, zdolnej skutecznie odseparować zanieczyszczenia. Składa się głównie z węgla pierwiastkowego, sadzy i grafitu oraz małych ilości popiołu i innych domieszek. Gdyby zmierzyć powierzchnię 1 grama węgla aktywnego, można by z zaskoczeniem stwierdzić, iż ze względu na olbrzymią porowatość, drobina tej substancji ma pole powierzchni porównywalne nawet do powierzchni dziesięciu kortów tenisowych.

Braunsztytyn, zwany również piroluzytem, to dwutlenek manganu, który posiada właściwość przekształcania rozpuszczonego manganu w łatwo dający się oddzielić osad. Innymi sposobami usuwania zanieczyszczeń z wody są sedymentacja, koagulacja i flokulacja.

### Sedymentacja

Jest to zdolność cząstek osadu do samodzielnego opadania. Wykorzystuje się ją raczej do oczyszczania ścieków niż wody. Urządzenia wykorzystujące to zjawisko nazywamy osadnikami. Do wspomnianego sedymentacji wykorzystuje się koagulację i flokulację.

### Flokulacja

Jest to zdolność do łączenia się w większe cząstki osadu pod wpływem reagentu zwanego flokulantem. Ważnym czynnikiem przy flokulacji jest prędkość mieszania wody z flokulantem. Ze względu na małe rozmiary cząstek i długi czas reakcji mieszanie musi być bardzo wolne i spokojne tak, aby nie rozbić cząstek już stworzonych.

### Koagulacja

Jest to proces podobny do flokulacji i polega na łączeniu się powstałych cząstek w większe ich skupiska. Tym samym ich ciężar wzrasta i możliwe staje się ich coraz szybsze opadanie. Obydwa procesy: flokulacja i koagulacja są prowadzone w urządzeniach zwanych mieszalnikami.

### Zmiękczenie wody

Woda twarda wytwarza osady kamienia i mułu kotłowego. Są to ciała stałe o różnej gęstości i składzie, powstające wewnątrz czajników elektrycznych, bojlerów, podgrzewaczy łazienkowych, kotłów grzewczych i wymienników ciepłych. Substancje te zakłócają ich normalną pracę i prowadzą do kosztownych awarii.

Zmiękczenia wody dokonuje się wytrącając związki wapnia i magnezu, przez ogrzanie wody, użycie reagentów chemicznych, takich jak wapno i soda oraz jonitów zdolnych do specyficznej wymiany jonowej.

Tak przygotowaną wodę można tłoczyć do sieci. Często jednak przedtem należy ją oczyścić bakteriologicznie.

### Dezynfekcja

Wstępnie oczyszczona woda może nadal posiadać groźne dla zdrowia mikroorganizmy. Aby je usunąć, należy przeprowadzić proces dezynfekcji. Najprostszym i najstarszym sposobem, stosowanym często przez nasze mamy, babcie, a niejednokrotnie przez nas samych, jest po prostu przegotowanie wody. Wysoka temperatura zabija bowiem większość bakterii i wirusów. Na skalę przemysłową jest to jednak rozwiązanie problematyczne i nieoptyczne, dlatego stosuje się szereg innych zabiegów pozwalających usunąć zagrażające nam drobnoustroje.

### Chlorowanie

Jest najbardziej rozpowszechnionym sposobem dezynfekcji. Ze względów ekonomicznych stosuje się najczęściej chlor gazowy. Po wymieszaniu z wodą w urządzeniach zwanych chloratorami, chlor przechodzi w chlor wolny, który posiada silne właściwości utleniające. Powoduje to szybki rozpad błon komórkowych, a tym samym śmierć bakterii. Ponadto posiada on zdolność utleniania innych substancji organicznych, a także żelaza i manganu. Po wykorzystaniu właściwości wolnego chloru, w wodzie pozostaje pewna dawka chloru użytecznego w postaci kwasu podchlorynowego, jego anionów lub związków organicznych (chloroaminy). Związki te mają słabsze właściwości dezynfekcyjne, jednak są na tyle trwałe i silne, by zapobiec kontaminacji, czyli wtórnemu skażeniu wody, które następuje w momencie, gdy nie wszystkie przetrwalniki bakterii i wirusów zostaną zabite podczas chlorowania. Zapobiega się temu stosując nadwyżkę chloru. Właśnie dlatego czujemy nieraz jego zapach po odkręceniu kranu. W technice uzdatniania wody stosuje się nie tylko chlor gazowy, ale także jego sole, na przykład podchloryn sodowy czy chlorowane aminy. Niestety, koszty dezynfekcji prowadzonej za pomocą tych środków są zbyt wysokie, by używać ich na skalę przemysłową. Podchloryn za to często stosuje się w basenach kąpielowych, a sole aminowe w domowych środkach czyszczących. Wadą chlorowania jest tworzenie przez chlor połączeń z substancjami organicznymi (trihalometanów – tzw. THM-ów), które posiadają właściwości rakotwórcze. Jest to główny powód powolnego odchodzenia od stosowania chloru w stacjach uzdatniania wody.

### Ozonowanie

Ozon to tlen występujący w postaci trójatomowej. Po połączeniu się z wodą nabiera on właściwości utleniających, ponieważ wydziela się z niego tlen atomowy. Podobnie jak chlor – rozbija on komórki bakteryjne i utlenia białka wirusów. Ozon jest bardzo drogi w wytworzeniu.



# DEZYNFEKCJA



Zespół pomp wody uzdatnionej do sieci wodociągowej.



Nowoczesne filtry węglowe w Zakładzie Uzdatniania Wody w Goczałkowicach.

Co więcej – nie posiada właściwości przeciwdziałających wtórnemu zanieczyszczeniu sieci. Urządzenia służące do jego wytwarzania nazywamy generatorami ozonu, a przyrządy dawujące ozonatorami. Ozon w naturze powstaje w czasie wyładowań elektrycznych podczas burzy. Podobnie w generatorze – tlen przechodzi w ozon pod wpływem działania wysokiego napięcia i odpowiedniego natężenia prądu. Ozonowanie jest używane w dużej mierze na basenach kąpielowych, co można łatwo rozpoznać po pięknej, niebieskiej barwie, braku jakiegokolwiek zapachu, a także podwyższonej temperaturze wody.

### Ultrafiolet

Innym sposobem dezynfekcji jest stosowanie promieniowania UV. Promieniowanie ultrafioletowe, choć niewidzialne, ma silne działanie fotochemiczne – przy długości fali poniżej 300 nm wywołuje jonizację i jest zabójcze dla organizmów żywych. Jednak tak samo jak w ozonowaniu, nie ma możliwości zabezpieczenia wody przed wtórnym zanieczyszczeniem. W tym procesie woda przepływa przez otwartą komorę oświetlaną lampami UV. Podobne lampy możemy spotkać w solariach czy szpitalach.

### Ultradźwięki

Pod wpływem drgań fal dźwiękowych, których częstotliwość jest zbyt wysoka, aby usłyszał je człowiek, bakterie i wirusy są rozrywane. Również ta metoda nie zabezpiecza wody przed wtórnym zanieczyszczeniem.

### Nadmanganian i dwuchromian

Są silnymi utleniaczami, jednak ze względu na to, iż chrom i mangan są niezdrowe dla ludzi, nie są stosowane. Nadmanganian występuje

czasami w zestawach biwakowych do uzdatniania małych ilości wody w trudnych warunkach terenowych. Innymi utleniaczami niestosowanymi ze względów ekonomicznych i zdrowotnych są fluor i jod.

### Ultrafiltracja

Ma bardzo małe zastosowanie w uzdatnianiu wody, a polega na odfiltrowaniu jej przez złoża, w których szczeliny między ziarnami są tak dobrane, że zatrzymują chorobotwórcze bakterie. Metoda charakteryzuje się małą wydajnością, długim czasem potrzebnym do przepływu wody przez filtr i brakiem możliwości zatrzymania wirusów. Nie przeciwdziała także wtórnemu skażeniu.

### Odwrócona osmoza

Odwrócona osmoza jest niezwykle skutecznym sposobem uzdatniania wody; należy do procesów membranowych pozwalających na oddzielenie zanieczyszczeń rozpuszczalnych i koloidalnych znajdujących się w wodzie. Metoda polega na przepuszczeniu wody pod wysokim ciśnieniem przez membranę. Wykorzystuje się tu zjawisko półprzepuszczalności błony osmotycznej. Cząsteczki wody przechodzą przez membranę tworząc permeat, a cząsteczki soli i innych zanieczyszczeń takich jak np. bakterie, koloidy, itp. zostają w tak zwanym koncentracie po stronie naporu wody surowej, skąd są odprowadzane do kanalizacji. Za pomocą tej metody uzyskujemy redukcję zanieczyszczeń rzędu 90-98%. Instalacja uzdatniania wody metodą odwróconej osmozy jest eksploatowana przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Jarosławiu.



Zespół filtrów ciśnieniowych pospiesznych KREVOX – Culligan (typ HF 9) w stacji uzdatniania wody.



Monitorowanie sieci wodociągowej. (fot. M. Kucharczyk)

# TRANSPORT WODY

### Usuwanie azotanów

Istotnym problemem dotyczącym płytkich ujęć wód podziemnych, położonych w sąsiedztwie nieszczelnych szamb oraz na intensywnie nawożonych terenach rolniczych, jest występowanie dużych ilości azotanów. Jony te w niekorzystny sposób wpływają na zdrowie człowieka, powodując – zwłaszcza u małych dzieci – choroby niedokrwienne i nowotworowe. Proces usuwania azotanów zachodzi w wymiennikach jonowych w trakcie przepływania uzdatnianej wody przez specjalną żywicę jonowymienną regenerowaną roztworem soli kuchennej (NaCl). Innym sposobem usuwania azotanów jest częściowa demineralizacja wody metodą odwróconej osmozy.

### Inne metody

Do innych metod można zaliczyć dodawanie do wody metali ciężkich, głównie miedzi i srebra. Jest to jednak sposób bardzo kosztowny, a przez to nieopłacalny. Srebro stosuje się na szeroką skalę w branży turystycznej do filtrów przenośnych. Właściwości bakteriobójcze tego metalu wykorzystywano już pod koniec XVIII wieku. W tym okresie armia austriacka posiadała na wyposażeniu manierki posrebrzane w środku.

### Transport wody do mieszkań

Po dezynfekcji woda nadaje się do picia i można ją transportować do naszych domów. Przedostatnimi urządzeniami w stacjach uzdatniania są zbiorniki wody czystej. Ich zadaniem jest zgromadzenie wody w godzinach nocnych i oddanie jej do sieci wodociągowej rano, kiedy miasto się budzi. Podobnie dzieje się podczas zwiększonego poboru w godzinach wieczornych. Ostatnim elementem jest pompownia, która tłoczy wodę do głównej rury magistralnej, skąd jest ona rozdzielana do poszczególnych dzielnic. Ze względu na różnice wysoko-

ści ukształtowania terenu oraz rozległość sieci, stosuje się także urządzenia pośrednie do utrzymywania odpowiedniego ciśnienia wody. Dzięki temu, bez względu na to, na którym mieszkamy piętrze, szybkość wypływu wody z kranu powinna być taka sama. Do osiągnięcia tego celu służą różne urządzenia, kiedyś wieże ciśnień, a obecnie pompownie pośrednie i hydrofornie. Sieci wodociągowe pełnią jednocześnie rolę sieci przeciwpożarowej, dlatego minimalne ciśnienie w nich panujące, gwarantujące możliwość wykorzystania hydrantów do gaszenia ognia, nie może być mniejsze niż 2 bary.

### Wieże ciśnień

To jedne z najstarszych urządzeń do utrzymywania ciśnienia wody w sieci. Na ich szczytach znajdują się olbrzymie zbiorniki na wodę, której ciężar wywiera nacisk (ciśnienie) na wodę znajdującą się w rurach, a tym samym wypycha ją do kranów.

### Pompownie pośrednie – strefowe

Stosowane są do zaopatrzenia w wodę określonych stref (obszarów), a ich lokalizacja zależy od odległości od stacji wodociągowej. Działają na takiej samej zasadzie jak pompownie w stacji uzdatniania. Posiadają zbiorniki na wodę czystą i w miarę potrzeb pompują ją do sieci. Mogą być także wyposażone w dodatkowe urządzenia do dezynfekcji.

### Hydrofornie

To zestawy stalowych zbiorników, w których zgromadzona woda poddawana jest ciśnieniu za pomocą utworzonej ze sprężonego powietrza, tzw. poduszki powietrznej. Zadaniem sprężarek jest wytworzenie takiego ciśnienia w zbiorniku, by zapewnić równy dostęp do wody dla każdego odbiorcy, bez względu na to, gdzie jest on zlokalizowany. Ostatnim fragmentem sieci wodociągowej jaki musi pokonać woda w drodze do naszego kranu, jest przyłącze, czyli odcinek rury od wodociągu do pierwszego zaworu głównego za wodomierzem zlokalizowanym w budynku.

### Monitorowanie procesów

Nad całym procesem poboru i uzdatniania wody czuwa zespół specjalistów, wykorzystujących szereg urządzeń do pomiaru jej parametrów, począwszy od prędkości przepływu (przepływomierz),



(©Photofactory®)

przez ciśnienie (ciśnieniomierz), po nadzór nad jej jakością (sondy pH, temperatury, przewodnictwa itp.). Ponadto prowadzone jest monitorowanie laboratoryjne właściwości fizyko-chemicznych i bakteriologicznych w wytypowanych punktach systemu wodociągowego, pod kątem zgodności z parametrami wody pitnej ustalonymi przepisami Ministerstwa Zdrowia. W przypadku jakichkolwiek nieprawidłowości, do czasu ich wyeliminowania i przywrócenia odpowiedniej jakości wody, system

wodociągowy zostaje natychmiast wyłączony z eksploatacji. Takowe sytuacje najczęściej spowodowane są skażeniem bakteriologicznym wynikającym z wtórnego zanieczyszczenia wody. Ostatnim pomiarem jest natomiast pomiar ilościowy, który odbywa się w naszych domach za pomocą wodomierza. Oczywiście woda uzdatniona nie jest zupełnie czysta. Spełnia jednak surowe normy i wymogi zdrowotne, zawiera także cenne dla organizmu mikroelementy. Niestety, stosowanie w domach różnego rodzaju dodatkowych filtrów zubaża życiodajną wodę przekształcając ją często w wodę destylowaną! Filtry te zostały bowiem stworzone dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego, gdzie stosowane technologie często wymagają stuprocentowo czystej wody.

Filtry osmotyczne czy demineralizacyjne, oddzielają od wody dosłownie wszystkie pierwiastki, pozbawiając nasze organizmy ważnych składników odżywczych.

# K A N A L I Z A C J A



Czyszczenie kolektorów ściekowych zapewnia utrzymanie drożności systemu (fot. M. Kucharczyk)

### Ścieki

Kiedy odkręcamy kran lub opróżniamy muszlę klozetową, rzadko zastanawiamy się nad tym, jakie są dalsze losy wody, której przed chwilą użyliśmy. Nie zaprzędamy sobie po prostu tym głowy. To, że nie tonimy w ściekach, zawdzięczamy systemowi kanalizacji miejskiej i złożonym procesom oczyszczania. Zanim jednak prześleźdźmy, co dzieje się z usuwanymi przez nas nieczystościami, zwróćmy uwagę na same ścieki. Jak się okazuje jest ich kilka rodzajów:

**ścieki bytowe** – powstają w gospodarstwach domowych i obiektach użyteczności publicznej; jest to zużyta woda odpływająca do kanałów z umywalni, łaźni, kuchni, pralni i toalet;

**ścieki przemysłowe** – powstają w różnorodnych procesach produkcyjnych i są szczególnie uciążliwe dla środowiska; można podzielić je na podgrupy, np.: stosunkowo łatwo biodegradowalne ścieki przemysłu spożywczego, czy bardzo toksyczne ścieki przemysłu ciężkiego;

**wody opadowe** – deszczówka i wody roztopowe to też ścieki, gdyż zazwyczaj są zanieczyszczone materiałami mineralnymi (pyły, piasek, sól do posypywania ulic zimą) czy substancjami ropopochodnymi (oleje, smary, benzyna);

**wody infiltracyjne i drenażowe (przypadkowe)** – to wody pochodzące z odwodnienia terenu, które dostają się do kanalizacji w sposób celowy lub przypadkowy, chociażby przez otwory włazów ulicznych czy też z powodu nieszczelności kanałów; wody te rozcieńczają ścieki oraz zwiększają ich ilość, zaburzając w ten sposób procesy oczyszczania;

**ścieki komunalne** – stanowią mieszaninę ścieków bytowych, niewymagających specjalnego oczyszczania ścieków przemysłowych oraz wód opadowych, infiltracyjnych i drenażowych; ścieki te w ogólnej swej masie zawierają przede wszystkim wodę; W skupiskach miejskich mogą występować wszystkie rodzaje zaprezentowanych powyżej ścieków, a ich ilość, skład i sposób uzdatniania zależą od wielu czynników. Między innymi od populacji miasta, jego uprzemysłowienia, stopnia skanalizowania oraz rodzaju kanalizacji.

### Kanalizacja

Kanalizację, ze względu na sposób transportu ścieków do oczyszczalni, możemy podzielić na ogólnospławną, rozdzielczą, grawitacyjną, ciśnieniową i podciśnieniową.



Wnętrze specjalistycznego samochodu do teleinspekcji kanałów (fot. arch. PWiK Dąbrowa Górnicza)

**Kanalizacja ogólnospławną** – ścieki komunalno-bytowe oraz wody opadowe płyną wspólnym kanałem.

**Kanalizacja rozdzielczą** – ścieki i wody deszczowe są odprowadzane oddzielnymi kolektorami. Z deszczówki, w piaskownikach usuwa się substancje mineralne, a w separatorach związki ropopochodne. Oczyszczone w ten sposób wody opadowe trafiają do rzeki lub innego zbiornika. Natomiast ścieki komunalne kanałami sanitarnymi trafiają do oczyszczalni ścieków.

Wyjątkową w swoim rodzaju odmianą kanalizacji rozdzielczej, chociaż bardzo rzadko stosowaną hybrydą, jest jej wersja piętrowa. Tu owalny kanał sanitarny jest usytuowany jako spodni (dolny), natomiast okrągły deszczowy, o znacznie większej średnicy, jako wierzchni (górnny). Niewralgicznym punktem tej instalacji jest studnia rewizyjna. Dzięki niej można dostać się do dolnego piętra przez specjalne włazy międzykanałowe.

Niestety, pomimo starań służb wodociągowych, czasami w wyniku awarii dochodzi do „przebicia” ścieków z kanału sanitarnego do deszczówki, w wyniku czego nieoczyszczone odpady rynsztokowe trafiają do naturalnych zbiorników wodnych.

**Kanalizacja grawitacyjną** – oczyszczalnia położona jest w najniższym punkcie sieci kanalizacyjnej, a ścieki spływają do niej pod wpływem działania przyciągania ziemskiego.

**Kanalizacja ciśnieniową** – ścieki spływają z danego obszaru do przepompowni, a z niej przetrzaczane są dalej. Przepływają przez kanał tłoczny, w którego zakończeniu, czyli w studni rozprężnej, dochodzi do wyrównania ciśnień. W przepompowniach starszej generacji ścieki najpierw trafiają do komory zbiorczej. Gdy zostanie już napełniona, następuje proces przepompowywania. Niestety, towarzyszy temu silny odór unoszący się nad komorą. Dziś coraz częściej miejsce starych przepompowni zajmują tłocznie. Ścieki są w nich przepychane za pomocą sprzężarek lub pomp. Eliminuje to skutecznie fetory wydzielający się w urządzeniach starego typu.

**Kanalizacja podciśnieniową** – specyficzny rodzaj kanalizacji stosowany w terenie o zróżnicowanym ukształtowaniu i podłożu, wykluczającym stosowanie kanałów głęboko usytuowanych, np.: w górach. Jest realizowana jako zespół kanałów, w których za pomocą przepompowni utrzymuje się stałe podciśnienie w sieci. W tym rozwiązaniu, nieczystości np.: z toalety w domu jednorodzinnym, trafiają do studzienki, skąd są odsysane i podciśnieniowo przesyłane do oczyszczalni.

# SKŁAD ŚCIEKÓW

## Skład, jakość i ilość ścieków

Aby dobrze oczyścić ścieki, które trafiają do oczyszczalni, trzeba znać ich ilość oraz skład. Ilość określa się za pomocą współczynników statystycznych. Przyjmuje się na przykład, iż jeden człowiek zużywa dziennie przeciętnie 150 litrów wody i tyle też wytwarza ścieków. Obliczenie wydajności oczyszczalni wydaje się więc proste: liczbę mieszkańców wystarczy pomnożyć przez wielkość dziennego zużycia wody. Kłopot pojawia się wówczas, gdy do tych wyliczeń trzeba dodać ścieki przemysłowe niewymagające specjalistycznego oczyszczania. Trudno wtedy określić na ile usuwane z wodą brudy pochodzą od indywidualnych mieszkańców, a w jakim stopniu dostarcza ich przemysł. Tu z pomocą przychodzi współczynnik RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców), który określa nam stopień zanieczyszczenia ścieków przemysłowych jako ekwiwalent ścieków z gospodarstw domowych. Przykładowo RLM dla ścieków, które pochodzą z zakładu produkującego margarynę wynosi 500. Oznacza to, że jeśli taki zakład wpuszcza do sieci kanalizacyjnej 150 litrów swoich ścieków dziennie, to obliczając wydajność oczyszczalni, należy te ścieki traktować tak, jak nieczystości bytowe „wyprodukowane” przez 500 osób. Innymi słowy ścieki takie są zanieczyszczone 500 razy bardziej niż te, które odpłyną kanalizacją z naszych domów.

Jakość ścieków określa wiele współczynników. Mają one wpływ nie tylko na proces oczyszczania lecz także na funkcjonowanie całej kanalizacji. Oto najważniejsze z nich:

**BZT (Biochemiczne Zapotrzebowanie Tlenu)** – to najważniejszy czynnik uwzględniany przy projektowaniu oczyszczalni biologicznej. Jest to ilość tlenu, jaką zużywają bakterie, by rozłożyć odpady ściekowe pochodzenia naturalnego.

Proces oczyszczania biologicznego trwa około 20 dni. Najbardziej „burzliwy” i efektywny proces biodegradacji następuje w ciągu pierwszych pięciu dni. Dlatego też najczęściej oznacza się go jako BZT5. Im wyższa wartość BZT, tym większe zanieczyszczenie ścieków związkami organicznymi.

**ChZT (Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu)** – określa ilość tlenu potrzebną do unieszkodliwienia wszystkich zanieczyszczeń, zarówno tych organicznych, jak i nieorganicznych. Gdy znamy różnicę między BZT i ChZT, możemy określić ilość substancji trudno rozkładalnych pochodzenia przemysłowego, jakie znajdują się w ściekach.

**Zawiesina** – jest wyznacznikiem ilości substancji zarówno organicznych, jak i mineralnych, które nie rozpuszczają się w ściekach. Aby laboratoryjnie ustalić skład zawiesiny, najpierw oddzielamy ją od ścieków na sączku bibułowym. Po zważeniu otrzymujemy informację o sumarycznej ilości substancji nierozpuszczalnych w ścieku. Potem spalamy sączek. To, co pozostanie po spalaniu, to substancje mineralne. Natomiast różnica pomiędzy wagą zawiesiny ogólnej, a substancjami mineralnymi powstałymi w wyniku spalania sączka, określa nam zawartość

substancji organicznych w zawieszynie. Jest to bardzo ważny wskaźnik umożliwiający zaprojektowanie urządzeń do oczyszczania wstępnego.

**Substancje biogenne** – to pierwiastki i sole mineralne potrzebne do rozwoju żywych organizmów. Do podstawowych biogenów zaliczane są związki azotu i fosforu. Stanowią szczególne zagrożenie dla środowiska wodnego, gdyż wzbogacają je w składniki odżywcze powodując eutrofizację (zarastanie), a tym samym ich powolną śmierć.

**Azot** – w ściekach występuje w wielu formach, najczęstszą – pochodzącą z metabolizmu – jest amoniak. Związki i sole azotu są niezbędne do rozwoju bakterii niezbędnych do biologicznego oczyszczania ścieków. Jednak jego nadmiar może być niezwykle toksyczny dla organizmów żywych biorących udział w procesach oczyszczania.

**Fosfor** – podobnie jak azot, jest substancją limitującą rozwój organizmów żywych, i tak jak on, w nadmiarze jest toksyczny. Zgodnie z prawem, wprowadzenie do kanalizacji ścieków zawierających fosfor wymaga specjalnych pozwoleń. Szczególnie niebezpieczne są fosforany. Nie dość, że trudno się rozkładają, to jeszcze powodują pienienie się ścieków, komplikując proces ich oczyszczania.

### Substancje tłuszczowe i oleiste

– jeżeli są pochodzenia spożywczego, zostaną łatwo rozłożone przez bakterie. Oleje sztuczne muszą być oddzielone mechanicznie. Tłuszcze są bardzo uciążliwe, gdyż oblepiają rury kanalizacyjne ograniczając ich przepustowość oraz zmniejszając wydajność urządzeń oczyszczających.

**Chlorki i siarczany** – sole tych substancji powodują korozję kanalizacji oraz urządzeń oczyszczalni. Ponadto są szkodliwe dla organizmów żywych.

### Substancje toksyczne

– należą do nich metale ciężkie (rtęć, ołów, cynk, nikiel, kadm, miedź, chrom) fenole, cyjanki, pestycydy, wielopierścieniowe węglowodory, dioksyny i substancje promieniotwórcze. Są to substancje, które zabijają organizmy oczyszczające ścieki, odkładają się w ich organizmach lub – nie dając się usunąć – trafiają do odbiornika, to znaczy rzeki lub jeziora. Powyższe substancje nie powinny znaleźć się w sieci kanalizacyjnej, gdyż wymagają albo odrębnego oczyszczania, albo specjalistycznego składowania.

Wpływ na jakość oczyszczania ścieków ma także stan, w jakim docierają one do oczyszczalni. Ich świeżość określa zawartość tlenu oraz zagniwalność, czyli zdolność do rozkładu beztlenowego, przy którym wydziela się siarkowodor. Zagniwalność oznacza się jako ilość czasu potrzebną do rozpoczęcia procesów gnilnych. Najbardziej zgniłe są ścieki dowożone do oczyszczalni taborem asenizacyjnym. Mają zwykle czarno-szarą barwę i wydzielają bardzo nieprzyjemny zapach.

Ścieki niosą ze sobą również poważne zagrożenia biologiczne. Znajdują się w nich spore siedliska bakterii, wirusów oraz pasożytów. Niektóre z tych organizmów spełniają jednak pożądaną funkcję w procesie oczyszczania.



## M E C H A N I C Z N E



Oczyszczalnia ścieków MPWiK Warszawa (fot. K. Kobus TravelPhoto)

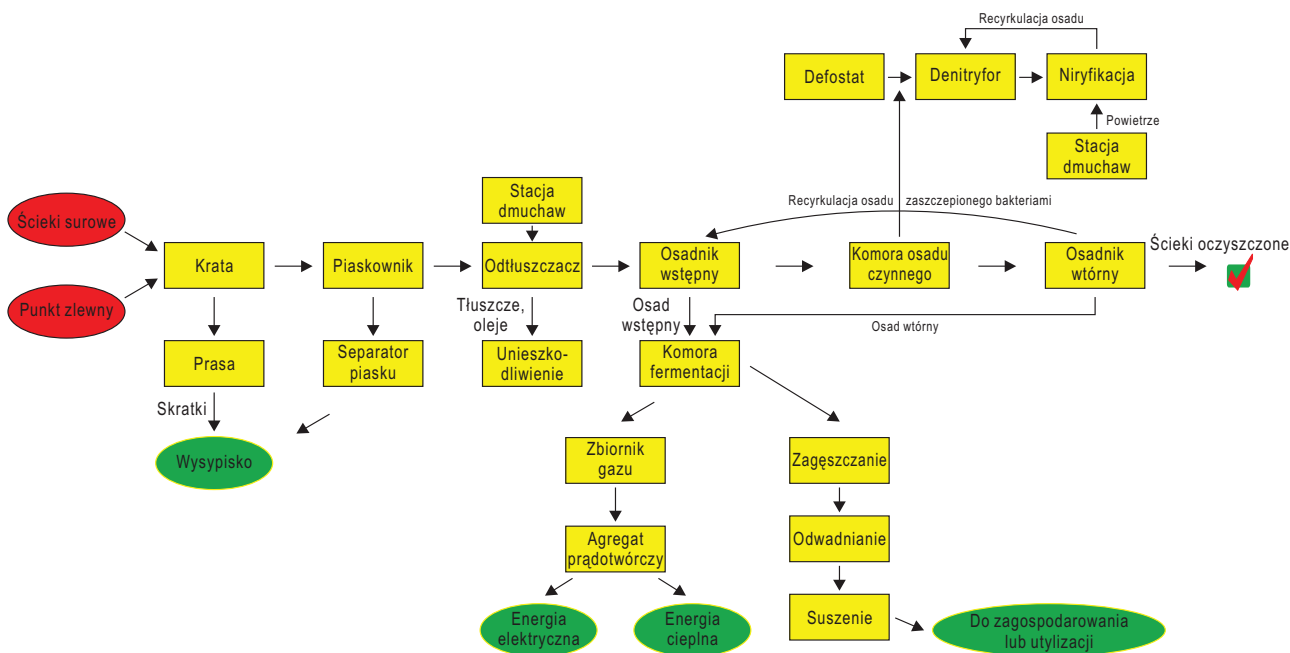


Oczyszczalnia ścieków MPWiK Warszawa (fot. K. Kobus TravelPhoto)

### Oczyszczanie

Skoro znamy już ilość, skład i stopień świeżości ścieków, możemy zacząć je oczyszczać. Najpierw następuje oczyszczanie mechaniczne, polegające na wyodrębnieniu ze ścieków większości substancji nierozpuszczalnych. Dokonujemy tego za pomocą cedzenia, sedymentacji i flotacji. Potem następuje oczyszczanie biologiczne, a na końcu utylizacja osadów.

Kolejnym etapem jest usunięcie ze ścieku cząstek mineralnych, które przedostały się przez kraty. Należą do nich popioły, pyły, piasek i żwir. Urządzenia wykorzystywane do tego celu nazywa się piaskownikami. Wykorzystują one zjawisko sedymentacji, czyli swobodnego opadania cząstek stałych pod wpływem grawitacji. Piasek po odprowadzeniu z urządzeń musi być poddany płukaniu oraz odwodnieniu. Urządzenie do płukania nazywamy płuczką,



### Oczyszczanie mechaniczne

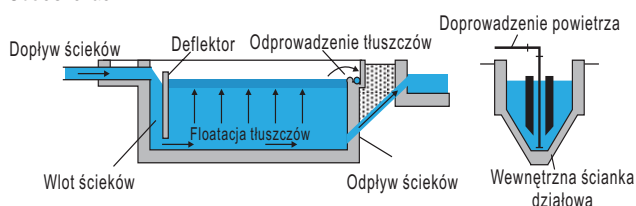
Cedzenie to oddzielenie substancji stałych za pomocą sit lub krat. Sita są zwykle produkowane jako perforowane bębny ustawione tak, aby wlewający się do ich środka ściek, został pozbawiony zanieczyszczeń stałych. Kraty to zwykle rząd ustawionych pochylono lub pionowo prętów stalowych, zamocowanych w poprzek kanału doprowadzającego ścieki. Zanieczyszczenia zatrzymywane na kratce nazywane są skratkami, a sposób ich usuwania zależy od konstrukcji samej kraty.

natomiast do odwadniania – separatorem piasku. Następnie piasek poddany jest dezynfekcji i trafia na wysypisko. Ze ściekami miejskimi dopływa do oczyszczalni także mieszanina tłuszczów i olejów. Są one usuwane w oddzielnych urządzeniach zwanych odtłuszczaczami. Eliminacji tego typu zanieczyszczeń sprzyja proces flotacji. Tłuszcze, jako lżejsze od wody mają tendencje do naturalnego formowania kożucha na powierzchni ścieku i dzięki temu można je łatwo usunąć. Często jednak to naturalne zjawisko

## B I O L O G I C Z N E

jest niewystarczające. Chodzi bowiem o szybkie odseparowaniu substancji unoszących się w toni, których ciężar właściwy zbliżony jest do ciężaru wody. Ich samoistne wypłynięcie na powierzchnię trwałoby zbyt długo. Dlatego do ścieku, za pomocą dyfuzorów, wprowadza się mikropęcherzyki powietrza, które przywierają do cząstek mineralnych i tłuszczu, a następnie wypływają wraz z nimi na powierzchnię cieczy, tworząc kożuch, który zbierany jest zgarniaczem i odkładany do odrębnych zbiorników. Flotację można także wspierać chemicznie, stosując flokulanty zwiększające powierzchnię wynoszonych cząstek; względnie poprzez wprowadzanie do ścieku nadtlenu wodoru wyzwalającego cząsteczki tlenu.

### Odtłuszczacz



Po usunięciu substancji stałych, piasku oraz większości tłuszczu, ścieki zawierają jeszcze zanieczyszczenia organiczne rozpuszczone, koloidy i zawiesinę. Pozostałe w ściekach łatwo opadające zawiesiny oddzielane są w osadniku wstępnym. Stosunkowo długi czas przetrzymania ścieków w zbiorniku i spokojny przepływ zapewniają maksymalne opadanie zawiesin zwanych osadem wstępnym, który jest następnie odprowadzany i poddawany dalszej obróbce.

### Oczyszczanie biologiczne

Procesy biologicznego samooczyszczania zachodzące w wodach naturalnych, mogą zostać zintensyfikowane przez stworzenie odpowiednich warunków dla mikroorganizmów rozkładających materię organiczną. Procesy rozkładu można podzielić na tlenowe i beztlenowe. Niezależnie od wszelkich podziałów, mechanizm biologicznego oczyszczania można określić następująco:

**ŚCIEKI + MIKROORGANIZMY = ŚCIEKI OCZYSZCZONE + NOWE MIKROORGANIZMY**

#### Komora osadu czynnego

Proces osadu czynnego jest biologiczną, tlenową metodą oczyszczania ścieków nazywaną często drugim stopniem oczyszczania. Wykorzystywana jest tu metaboliczna reakcja mikroorganizmów (bakterii). W metodzie tej ścieki doprowadzane są do stale napowietrzanego reaktora, w którym znajduje się tlenowa kultura bakteryjna, przetwarzająca zanieczyszczenia organiczne w gazy, związki proste oraz nowe bakterie.

#### Komora fermentacji beztlenowej

W procesie fermentacji beztlenowej bakteryjny rozkład zanieczyszczeń organicznych zachodzi w szczelnym reaktorze, bez dostępu świeżego powietrza. Produktami końcowymi reakcji są głównie metan i dwutlenek węgla, a oczyszczona, pozbawiona związków organicznych i organizmów chorobotwórczych, mieszanina ścieków i osadu, odprowadzana jest do osadnika wtórnego. Beztlenowy osad zatrzymany w osadniku trafia do

komory fermentacyjnej. Ponieważ przyrost organizmów beztlenowych jest niewielki, objętość powstałego osadu także jest minimalna. Zaletami beztlenowego oczyszczania ścieków są więc: niskie zużycie energii (nie trzeba napowietrzać reaktora), wytwarzanie wysokoenergetycznego metanu i niewielki przyrost osadu.

Biologiczny mechanizm beztlenowego rozkładu związków organicznych przebiega w trzech fazach:

- przetworzenie złożonych związków organicznych na związki przyswajalne przez mikroorganizmy – hydroliza;
- przetworzenie związków powstałych w fazie pierwszej na związki proste przez bakterie kwasowe;
- rozkład związków prostych do końcowych produktów, głównie metanu i dwutlenku węgla przez bakterie metanowe.

### Osadniki wtórne

Oczyszczone w ten sposób ścieki trafiają następnie do osadnika wtórnego, który służy do oddzielenia osadu czynnego od oczyszczonych ścieków. Sedymentacja zachodząca w osadnikach wtórnych różni się od tej przeprowadzanej w osadnikach wstępnych. Zawiesiny osadu czynnego występują w osadnikach wtórnych w znacznie wyższych koncentracjach i sedymentują znacznie trudniej, ponieważ są bardzo lekkie. Poza tym wymagany efekt usuwania zawiesin jest znacznie wyższy.

Mimo że osad wtórny gorzej opada niż zawiesina ziarnista (osadnik wstępny), efektywność pracy osadnika wtórnego jest znacznie wyższa. Spowodowane jest to kłaczkowaniem (scalaniem się cząsteczek stałych) osadu w ciężkie, wielkie kłaczkę oraz występowaniem warstwy osadu zawieszonoego, który niejako filtruje odpływające ścieki, wyłapując drobne, lekkie cząstki zawiesiny. W osadnikach wtórnych następuje więc klarowanie ścieków i zagęszczanie osadu.

Najczęściej stosowane osadniki wtórne to zbiorniki okrągłe lub prostokątne. Usuwanie osadu zgromadzonego na dnie odbywa się w sposób identyczny jak w przypadku osadników wstępnych, tzn. albo za pomocą mechanicznych zgarniaczy, które popychają osad w kierunku leja osadowego znajdującego się pod komorą centralną, albo bezpośrednio z dna, dzięki zastosowaniu specjalnych ssawek umieszczonych na promienistych przewodach przesuwanych obrotowo, równomiernie zasysających osad.

### Zagospodarowanie odpadów

Osad z osadników wstępnych poddawany jest procesowi zagęszczania grawitacyjnego. Natomiast osad pochodzący z osadników wtórnych zagęszcza się mechanicznie. Następnie osad trafia do stalowych komór, gdzie dla zapewnienia odpowiednich warunków fermentacji jest mechanicznie mieszany oraz podgrzewany do 35 stopni Celsjusza. Przefermentowany osad ponownie odprowadzany jest do zagęszczaczy, a potem do wirówek. Suchy osad wykorzystuje się jako paliwo w piecach ciepłowniczych, cementowniach, nawóz w rolnictwie lub po dezynfekcji za pomocą wapna palonego, składowany na wysypisku śmieci.



