

# **WODA** **SUBSTANCJA ŻYCIA**

**Andrzej Mizera**

Konsultant Naukowo Techniczny  
Ds. Inżynierii Ochrony Środowiska

Woda stanowi podstawę życia wszystkich organizmów, a także większości abiotycznych procesów na Ziemi. Jest głównym składnikiem organizmów roślinnych i zwierzęcych, a jej nadmierny ubytek lub niepożądane zanieczyszczenia prowadzą do śmierci roślin zwierząt i ludzi.

Wody zajmują 71% powierzchni kuli ziemskiej. Samo jednak jej rozmieszczenie jest nierównomierne. Na półkuli północnej wynosi ono tylko 61 %, a na południowej aż 81 % powierzchni. Jednak z ogólnego zasobu wodnego Ziemi prawie 98% stanowią wody słone, a tylko ok. 2% wody słodkie, z czego 1,6% to wody uwięzione w lodowcach i wiecznych śniegach, a 0,4% to słodkie rzeki i jeziora. Dlatego na niedostatek wód słodkich cierpi ok. 60% lądowej powierzchni globu. Wody naszego globu zaliczane są wprawdzie do zasobów naturalnych odnawialnych, ale nie zaspokajają to w pełni potrzeb ludzkości ani też naturalnego środowiska przyrodniczego, gdyż także opady atmosferyczne rozłożone są bardzo nierównomiernie.

## **Właściwości wody**

Z chemicznego punktu widzenia woda stanowi wodny roztwór substancji nieorganicznych i organicznych, występujących na Ziemi. W wodzie mogą znajdować się koloidy i zawiesiny. Substancje występujące w wodzie są pochodzenia naturalnego lub są wprowadzane do wód na skutek działalności człowieka.

Jak widzimy, woda należy do najprostszych związków chemicznych występujących w przyrodzie. Składa się tylko z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu -  $H_2O$ .

Aczkolwiek przypatrując się bliżej stwierdzamy, że w cząsteczce wody atomy wodoru są usytuowane niesymetrycznie w stosunku do atomu tlenu. Kąt zawarty pomiędzy wiązaniami wodoru z tlenem wynosi  $105^\circ$ .

W konfiguracji cząsteczki wody atomy wodoru mają ładunki dodatnie, a atom tlenu ładunek ujemny.

W wyniku takiego rozmieszczenia ładunków  $H_2O$  jest cząsteczką dipolową czyli biegunowo-polarną.

Cząsteczka dipolowo-polarna charakteryzuje się tym, że występują w niej zarówno ładunki dodatnie jak i ujemne oddalone od siebie. Polarność cząsteczki charakteryzuje tzw. moment dipolowy, który równa się iloczynowi ładunków i odległości między środkami ładunków dodatnich i ujemnych.

## **Właściwości charakteryzujące wodę**

- **Trójpostaciowość** - poniżej  $0^\circ C$  woda przybiera postać stałą, przy temperaturze od  $1^\circ C$  do  $100^\circ C$  jest cieczą, a powyżej  $100^\circ C$  parą wodną, czyli przybiera postać lotną. Jednakże i w niższej, wbrew pozorom, temperaturze odbywa się parowanie wody.
- **Gęstość** - jest niezwykle ważną własnością mającą żywotne znaczenie dla całej biosfery. Polega ona na tym, że przy zamrażaniu woda zmniejsza, a nie zwiększa swoją gęstość. Przy oziębianiu wody początkowo zachodzi zwykły i naturalny proces, w wyniku którego woda staje się coraz gęstsza i żadnych odchyłeń od normy nie zaobserwujemy, dopóki nie oziębimy wody do temperatury  $4^\circ C$ . Poniżej tej temperatury woda, wbrew wszelkim prawom, staje się lżejsza, a w trakcie dalszego zamrażania obserwujemy powstawanie lodu, który pływa po powierzchni wody. Ta właśnie cecha wody zabezpiecza zbiorniki wodne (jeziora, stawy) przed zamrażaniem do dna podczas surowych zim, umożliwiając tym samym przetrwanie życia w tych zbiornikach.
- **Rozpuszczalność** - woda jest bardzo dobrym rozpuszczalnikiem w porównaniu z innymi cieczami, co w dużym stopniu wynika z jej polarności. Ciało stałe, ciecz lub gaz rozpuszczają się w wodzie w określonym stopniu. Woda idealnie czysta

jako zbiór cząsteczek H<sub>2</sub>O praktycznie nie istnieje. Nawet uzyskiwana w laboratoriach o bardzo wysokim stopniu czystości zawsze zawiera niewielką ilość rozpuszczonych substancji.

- **Napięcie powierzchniowe** - jest to praca, którą należy wykonać w celu zwiększenia powierzchni cieczy. Jeśli założymy, że powierzchnia cieczy zachowuje się jak elastyczna błona, to napięcie powierzchniowe będzie siłą rozrywającą. Jednostką napięcia powierzchniowego jest niuton na metr (N/m), przy czym 1 dyna/cm = mN/m. Dzięki napięciu powierzchniowemu kropla wody ma kształt kuli. Napięcie powierzchniowe wody zmniejsza się przy wzroście temperatury. Woda charakteryzuje się najwyższym napięciem powierzchniowym ze wszystkich cieczy. Woda o zbyt niskim napięciu powierzchniowym jest szkodliwa dla organizmów wodnych. Napięcie powierzchniowe wody obniżają m.in. substancje powierzchniowo czynne, czyli wszystkie środki myjące, substancje humusowe, rozpuszczalniki organiczne itp.

Reasumując, o wodzie można powiedzieć, że:

- największa gęstość wody występuje nie w punkcie zamarzania - 0° C, lecz w temperaturze 3,98° C,
- ciepło właściwe wody jest bardzo duże w porównaniu z innymi cieczami,
- woda jest bardzo dobrym rozpuszczalnikiem dla wielu substancji,
- woda ma praktycznie największe napięcie powierzchniowe ze wszystkich cieczy.

### Funkcja wody w organizmie

Bilans wodny organizmu jest utrzymywany przez odpowiedni pobór wody ze środowiska i jej wydalanie. Organizm wielokomórkowy czerpie wodę z pożywienia (ludzie, zwierzęta) lub z gleby (rośliny) oraz utleniania biologicznego, którego jednym z produktów końcowych jest woda. Wydalanie wody jest regulowane w zależności od istniejących nadmiarów; u ludzi i zwierząt przez nerki z moczem i w postaci potu, a u roślin - przez zmiany szybkości transpiracji czyli utratę wody

na skutek parowania, głównie przez tzw. aparaty szparkowe, znajdujące się w epidermie czyli skórcie liści. W wyniku transpiracji w górnych częściach rośliny wytwarza się siła ssąca, powodująca ciągły przepływ wody z rozpuszczonymi solami mineralnymi z korzeni. W poszczególnych komórkach bilans wodny jest utrzymywany na zasadzie ciśnienia osmotycznego, wynikającego ze stężeń substancji rozpuszczonych w cytoplazmie podstawowej czyli części komórki znajdującej się na zewnątrz jądra komórkowego.

Woda pełni w organizmie wielokomórkowym następujące funkcje:

- rozpuszczalnika,
- czynnika umożliwiającego wymianę ciepła,
- czynnika transportującego substancje między poszczególnymi tkankami.

Dzięki dipolarnemu charakterowi cząsteczki wody możliwe jest przeprowadzenie do roztworu substancji o charakterze jonowym i polarnym np.: kwasów, zasad organicznych i nieorganicznych, ich soli oraz pochodnych (aminokwasów i białek), a także innych związków organicznych.

### Zanim odkręcisz kran

Woda jako podstawowe źródło zaopatrzenia ludności powinna spełniać ściśle określone warunki zawarte w odrębnych przepisach prawnych (rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 4 maja 1990 r.). Przede wszystkim woda musi charakteryzować się następującymi własnościami:

- powinna być klarowna, bezbarwna i orzeźwiająca w smaku;
- nie może zawierać składników szkodliwych dla zdrowia ludzkiego;
- nie może zawierać bakterii chorobotwórczych, pasożytów zwierzęcych oraz ich larw i jaj.

Pożądane jest również, aby woda zawierała odpowiednio ilości składników potrzebnych dla organizmu ludzkiego, jak jod i fluor.

W celu określenia substancji zawartych w wodzie przed dopuszczeniem jej do użytku należy przeprowadzić szereg badań fizykochemicznych, które polegają na określeniu

pewnych cech składników, na podstawie których można odpowiedzieć na następujące pytania:

- jaki jest charakter i skład wody oraz jej przydatność do ściśle określonego celu;
- czy badana woda odpowiada wymaganiom higieniczno-sanitarnym;
- czy woda nie zawiera składników szkodliwych dla zdrowia;
- jak przebiega stosowany proces uzdatniania wody.

W zależności od postawionego pytania ustala się odpowiedni zakres i określa te cechy wody, na podstawie których można ją scharakteryzować.

W praktyce stosowane są następujące zakresy badań fizyko-chemicznych:

- badanie sanitarne skrócone,
- badanie sanitarne rozszerzone,
- badanie sanitarne pełne.

**Badanie sanitarne skrócone** wykonywane jest w stacjach wodociągowych (oraz w punktach kontrolnych) przy rutynowej kontroli jakości wody do picia i na potrzeby gospodarcze. Obejmuje ono oznaczenie: barwy, mętności, zapachu, odczynu, wolnego CO<sub>2</sub>, zasadowości, twardości, żelaza manganu, chlorków, amoniaku, azotynów, azotanów, utlenialności. Dodatkowo oznacza się również zawartość chloru pozostałego lub ozonu.

**Badanie sanitarne rozszerzone** ma na celu ustalenie przydatności wody do picia i potrzeb niektórych gałęzi przemysłu. Zakres jego obejmuje: badanie sanitarne skrócone oraz oznaczanie suchej pozostałości (ogólnej, mineralnej, straty przy prażeniu) i siarczanów. W przypadku określania przydatności wody do zasilania kotłów wysokoprężnych oznacza się również związki krzemu.

**Badanie sanitarne pełne** wykonuje się w celu poznania ogólnego stanu fizyko-chemicznego wody przeznaczonej do celów wodociągowych. Zakres obejmuje analizę rozszerzoną, oznaczenie zawartości fluorków i metali ciężkich. W przypadku wód powierzchniowych dodatkowo oznacza się zawartość azotu organicznego, fosforanów oraz stężenie zanieczyszczeń specyficznych, doprowadzanych do odbiorników ze ściekami

przemysłowymi.

Jak już wcześniej wspominałem woda, z którą mamy do czynienia na co dzień, jest rozcieńczonym roztworem rozmaitych domieszek niejednokrotnie definiowanymi jako jej zanieczyszczenia. Domieszkami wody są:

- sole,
- substancje organiczne,
- drobnoustroje.

Związki organiczne wytwarzane w drodze biosyntezy i związki syntezowane przez człowieka znajdujące się w środowisku wodnym można odróżnić metodą pomiaru węgla radioaktywnego. Mianowicie związki organiczne sztucznie wytwarzane są w znacznej części pochodnymi substancji występujących w węglu i ropie naftowej, które nie zawierają węgla radioaktywnego C<sup>14</sup>. Natomiast w związkach organicznych powstających obecnie w przyrodzie występuje C<sup>14</sup>. Pomiar polega na wyekstrahowaniu substancji organicznych z wody i oznaczeniu zawartości C<sup>14</sup>.

### Źródła substancji organicznych w wodzie

Rozróżnić można następujące źródła powstawania substancji organicznych w wodzie:

- **Substancje naturalne.** Podstawową grupą w wodach i osadach dennych są substancje humusowe, które stanowią 60-80% całkowitej masy substancji organicznych. Związki te nie są całkowicie usuwane w trakcie uzdatniania wody i tworzą podczas chlorowania wody wiele produktów utleniania, z których najistotniejsze są haloformy.
- **Ścieki przemysłowe i miejskie.** Ścieki zawierają wiele naturalnych i syntetycznych związków organicznych. Do substancji syntetycznych najczęściej występujących należy zaliczyć węglowodory alifatyczne i aromatyczne tj. benzen, fenole, i in.
- **Spływy powierzchniowe.** Spływy z pól uprawnych zawierają pestycydy. Tereny miejskie i drogi dostarczają wiele różnych substancji, takich jak węglowodory alifatyczne i aromatyczne, WWA, kwasy tłuszczowe, ketony, ftalany. Źródłem substancji organicznych są także spływy z hałd odpadów i wysypisk śmieci.
- **Opady atmosferyczne.** Na skutek paro-

wania z powierzchni terenu, spalania węgla i ropy naftowej oraz emisji z zakładów przemysłowych, głównie chemicznych, wody deszczowe zawierają wiele substancji, między innymi dwutlenek siarki, tlenki azotu, amoniak.

- **Związki organiczne powstające przy uzdatnianiu wody i oczyszczaniu ścieków.** Podczas chlorowania wody i ścieków powstaje wiele halogenowanych i niehalogenowanych produktów utleniania. W procesie tym główną rolę odgrywają substancje humusowe. Dodawanie koagulantów przy uzdatnianiu wody i oczyszczaniu ścieków zaliczane jest również jako wprowadzanie zanieczyszczeń do wody. Koagulanty zawierają często takie substancje uboczne, jak monomery akryloamidowe.
- **Zbiorniki wodne jako źródło powstawania związków organicznych.** Związki organiczne są wytwarzane w wodach powierzchniowych ze związków mineralnych przez organizmy autotroficzne w procesie fotosyntezy przez rośliny zielone i bakterie oraz w procesie chemo-syntezy. Również w wyniku przemian metabolicznych w organizmach wodnych do wody są wprowadzane różnorodne substancje. Rośliny wydzielają do wody węglowodany, kwasy organiczne, aminokwasy, aminy, polipeptydy, witaminy, fenole i in.

### Substancje nieorganiczne

W wodzie, obok substancji organicznych występują również substancje nieorganiczne. Podział na substancje organiczne jak i nieorganiczne nie jest ścisły, ponieważ wiele związków nieorganicznych wchodzi w połączenia z substancjami organicznymi. W środowisku wodnym w procesach biologicznych i biochemicznych związki nieorganiczne ciągle są przekształcane w związki organiczne, a związki organiczne są rozkładane do związków nieorganicznych. Niektóre substancje zawarte w wodzie

- **Żelazo** - w małych stężeniach pierwiastek niezbędny do życia. Duże stężenia zmieniają smak wody. Dopuszczalne stężenie w wodzie do picia wynosi 0,5 mg/l.
- **Mangan** - pierwiastek niezbędny do życia zwierzętom. Braki manganu mogą powodować chorobę zwaną chlorosis. Duże stężenia są toksyczne. Dopuszczalne stężenie w wodzie do picia wynosi 0,1 mg/l.
- **Sód** - w małych stężeniach jest niezbędny do życia. W dużych dawkach jest szkodliwy; na przykład dawka 1 g NaCl na 1 kg ciała może być śmiertelna dla małych dzieci. Duże stężenia też są szkodliwe, szczególnie dla osób z chorobami serca i nerek. Dopuszczalne stężenie w wodzie do picia wynosi 200 mg/l.
- **Wapń** - jest podstawowym pierwiastkiem stanowiącym o twardości wody i z tego powodu duże jego stężenia są niepożądane w wodzie użytkowanej przemysłowo i w gospodarstwie domowym. Wapń w wodzie do picia nie ma większego znaczenia higienicznego. Istnieją jednak opinie, że duża zawartość wapnia może powodować reumatyzm, a małe stężenia choroby serca, krzywicę, osłabienie zębów. Ilość wapnia spożywanego wraz z wodą do picia jest małą częścią diety człowieka.
- **Magnez** - wraz z wapniem powoduje twardość wody. Magnez w małych stężeniach jest nieszkodliwy dla organizmów żywych. Niedobór magnezu w organizmie może powodować wzrost zachorowań na choroby nowotworowe. Przy większych stężeniach (powyżej 250 mg/l) nadaje on wodzie gorzki smak. Woda zawierająca magnez o stężeniu powyżej 100 mg/l może działać przeczyszczające. Siarczan magnezowy (sól gorzka) jest stosowany w medycynie.
- **Arsen** - powszechnie występuje w środowisku, znajduje się w roślinach i zwierzętach. Tworzy związki organiczne i nieorganiczne o różnym stopniu toksyczności. Związki arsenu są uznawane za toksyczne, jednak w określonych dawkach są stosowane w medycynie. Toksyczność arsenu zależy od jego wartościowości i od postaci, w której występuje. Związki  $As^{3+}$  są bardziej toksyczne niż związki  $As^{5+}$ . Najbardziej toksyczny jest arsenowodor  $AsH_3$ . Dopuszczalna zawartość arsenu w wodzie pitnej wynosi 0,05 mg/l.
- **Ołów** - działa toksycznie na organizm

człowieka. Zastępuje on wapń, co może prowadzić do dużych stężeń ołowiu w układzie kostnym. Dopuszczalne stężenie ołowiu w wodzie do picia wynosi 0,05 mg/l.

- **Rtęć** - wykazuje dużą toksyczność w stosunku do organizmów wodnych. Związki rtęci są silnie trujące dla roślin. W rybach rtęć występuje głównie w postaci połączeń metylowych. Okres półtrwania metylortęci w rybach wynosi 600-1200 dni. Ze względu na zagrożenie człowieka ustalono dopuszczalne stężenia rtęci w mięsie ryb 0,5 mg/kg. Związki rtęci należą do bardzo silnych trucizn dla człowieka. Dopuszczalne stężenie rtęci w wodzie do picia wynosi 0,001 mg/l.
- **Azotany** - w dużych stężeniach są niebezpieczne dla zdrowia, głównie dla niemowląt, powoduje u nich sinicę - methemoglobinemię.

Woda jest substancją niezwykle, bardzo cenną i niezastąpioną, a jej występowanie na Ziemi jest gwarantem życia oraz wszelkiego rozwoju w środowisku przyrodniczym. Ważne jest, aby użytkownicy tego daru natury mieli świadomość, że niewłaściwe gospodarowanie naturalnymi zasobami wodnymi może doprowadzić do ich nieodwracalnej degradacji, a w konsekwencji spowodować zminimalizowanie ilości źródeł wody przeznaczonej do picia i na potrzeby gospodarcze.