

Substancje nieorganiczne w wodach.



1

1

Fizyczno-chemiczne właściwości wody związane z występowaniem domieszek i zanieczyszczeń nieorganicznych

Potencjał redox , Kompleksy,
Rozpuszczalność , Odczyn,
Układ węglanowy, Twardość,
Temperatura, Mętność,
Barwa, Przewodność elektrolityczna,
Zapach.



2

2

Potencjał redox



Reakcje redox (utleniająco-redukujące) odgrywają istotną rolę w wielu procesach zachodzących w wodach naturalnych.

Przemiany związków zawierających węgiel, azot, siarkę, żelazo i mangan w znacznym stopniu są reakcjami redox.

Pierwiastki występują w wodach na różnych stopniach utlenienia, z czym związane są ich różne właściwości (toksyczność, zdolność do hydrolizy, skłonność tworzenia nierozpuszczalnych związków itp.)

3

3

W zbiornikach wodnych możemy wyróżnić trzy strefy:

1. Strefa aerobowa (tlenowa) - dobre napowietrzenie powoduje, że większość związków powinna być w najwyższych stopniach utlenienia
2. Strefa anaerobowa (beztlenowa) - brak tlenu, występują warunki redukcyjne (anoksydacyjne) SO_4^{2-} są redukowane do H_2S , związki organiczne do metanu,
3. strefa przejściowa - może zachodzić zarówno utlenianie (NH_4^+ do NO_3^-) lub redukcja (NO_3^- do N_2 lub NH_4^+)



4

4

Kompleksy



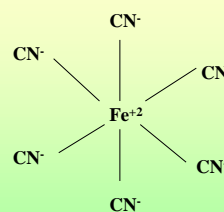
Tworzenie kompleksów odgrywa istotną rolę w chemii wód naturalnych. W jego wyniku zmieniają się formy występowania substancji w wodzie, głównie metali.

Przy powstawaniu kompleksów zmniejsza się stężenie wolnych jonów metali.

Związek kompleksowy składa się z jednego lub więcej centralnych atomów lub jonów (np. metali) połączonych z innymi jonami lub cząsteczkami zwanymi ligandami

5

5



Jon kompleksowy $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$



6

6

Rozpuszczalność

Substancje wprowadzone do wody mogą znajdować się w niej jako:

- zawiesiny ($>0,1/0,5/1 \mu\text{m}$)
- koloidy (1 nm – 100 (500, 1000) nm)
(wg IUPAC 1 nm – 1 μm)
- roztwór ($< 1 \text{ nm}$ [10Å])

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm}$$

Kolejne przedrostki jednostek miar układu SI

deka • hekto • kilo • mega • **giga** • tera • peta • ekса • zetta • jotta
decy • centy • mili • mikro • nano • piko • femto • atto • zepto • jokto



7

Koloidy

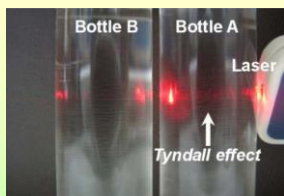


Źródło: http://bio1151b.nicerweb.com/Locked/media/ch0303_iron-oxide_colloid.jpg

8

7

8



Właściwość	Roztwór	Koloid	Zawiesina
Typ cząstek	Jony, małe molekuly	Duże molekuly, cząstki	Duże cząstki
Rozmiar cząstek	$< 1 \text{ nm}$	1 - 100 nm	$> 100 \text{ nm}$
Efekt Tyndalla	Nie	Tak	Tak

9

Faza rozproszona w układzie koloidalnym może, na swojej powierzchni, adsorbować elektrycznie naładowane cząstki (jony).

Adsorpcji mogą ulegać aniony lub kationy nadając cząstce koloidalnej ładunek dodatni lub ujemny.

Podobnie jak odpychają się ładunki ładunki jednoimienne tak odpychają się jednakowo naładowane cząstki koloidalne. W połączeniu z ruchami Browna zwiększa to trwałość układu koloidalnego.

10

9

10

Odczyn

Odczyn wody ma istotne znaczenie dla organizmów żywych i dla gospodarczego użytkowania wody. W wodach zbyt kwaśnych lub zbyt alkalicznych zamiera życie biologiczne. Przykładem tego mogą być niektóre jeziora w Szwecji. Ich woda jest klarowna, czysta i całkowicie pozbawiona żywych organizmów.

Niski odczyn przyspiesza korozję metali, powoduje także wymywanie metali ciężkich z osadów dennych.



11

Odczyn roztworu określa stężenie, a ściślej **aktywność, jonów wodorowych** wyrażoną w gramorównoważnikach na litr

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$[\text{H}^+]$ – stężenie/aktywność jonów H^+ mol/dm³

$$pX = -\log X$$

*X np. c; K itp.
pC; pK; pCa⁺²; pOH*

12

11

12

Zmienność wartości liczbowych różnych stałych oraz niemożność dokładnego obliczenia współczynników aktywności uniemożliwia dokładne obliczenie wartości pH. Powszechnie znany wzór (z logarytmem) jest zaledwie przybliżonym sposobem oszacowania pH.

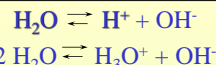
Oficjalną definicją pH wg IUPAC jest:

pH jest to odczyt ze skali pH-metru, którego elektrody zanurzone są w badanym roztworze. pH-metr uprzednio powinien być wykalibrowany przy użyciu międzynarodowych wzorcowych roztworów buforowych.



13

13



stopień dysocjacji $\alpha = 1,4 \cdot 10^{-9}$

$$K = ([\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]) / [\text{H}_2\text{O}]$$

dla $T=22^\circ\text{C}$ $K = 1,8 \cdot 10^{-16}$ (stała dysocjacji)

$$[\text{H}_2\text{O}] = \text{const}$$

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \text{const (przy danej T)}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 1000 [\text{g/dm}^3] / 18 [\text{g/mol}] = 55,56 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \quad [\text{H}^+]^2 = 10^{-14} \quad [\text{H}^+] = 10^{-7}$$

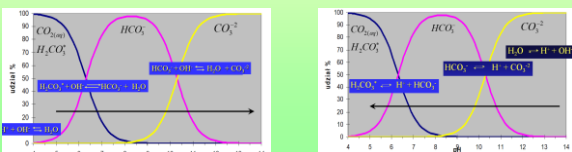
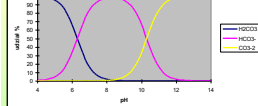
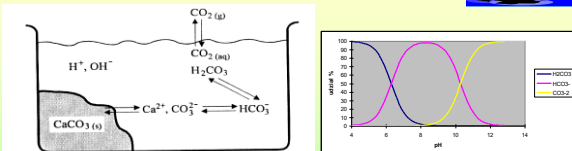
$$\text{pH} = 7$$



14

14

Układ węglanowy

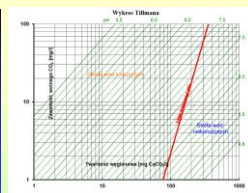


15

15

Odczyn wód naturalnych z zakresu $6,5 < \text{pH} < 8,5$ można obliczyć na podstawie oznaczenia Z_{og} i $K_{w_{\text{og}}}$

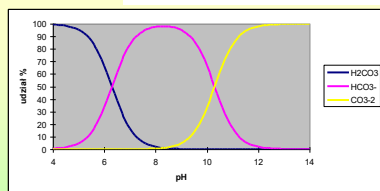
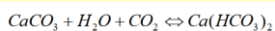
$$\text{pH} = 6,37 + \log Z_{\text{og}} - \log K_{w_{\text{og}}}$$



Układ węglanowy ma ogromne znaczenie dla środowiska wodnego. Układ ten buforuje naturalne wody wpływając na ich odczyn. Poszczególne formy uczestniczą w wielu reakcjach zachodzących w wodach np. fotosyntezie, respiracji, rozpuszczaniu i wytrącaniu ciał stałych w biochemicznym rozkładzie związków organicznych

16

16



pH_s – odczyn wody będącej w równowadze z wydzielnym osadem węglanu wapnia (*s*-saturation)

Jeżeli osiągnięcie równowagi wymusza przebieg reakcji ze strony lewej na prawą (czyli rozpuszczanie CaCO_3) to, w wyniku przebiegu reakcji, zmniejsza się zawartość CO_2 , a rośnie zawartość HCO_3^- . Jak wynika z diagramu towarzyszy temu wzrost odczynu od wartości aktualnej do odczynu równowagi.

Agresywność $\text{pH} < \text{pH}_s$



woda stabilna $\text{pH} = \text{pH}_s$

Jeżeli natomiast osiągnięcie równowagi wymusza przebieg reakcji ze strony prawej na lewą (czyli wytrącanie CaCO_3) to, w wyniku przebiegu reakcji, zmniejsza się zawartość HCO_3^- , a rośnie zawartość CO_2 . Jak wynika z diagramu towarzyszy temu spadek odczynu od wartości aktualnej do odczynu równowagi.

inkrustacja $\text{pH} > \text{pH}_s$



Twardość



Twardość wody jest pojęciem umownym, określającym zawartość w wodzie kationów dwuwartościowych, głównie wapnia i magnezu.



<https://www.shutterstock.com/>

18

17

18

Temperatura

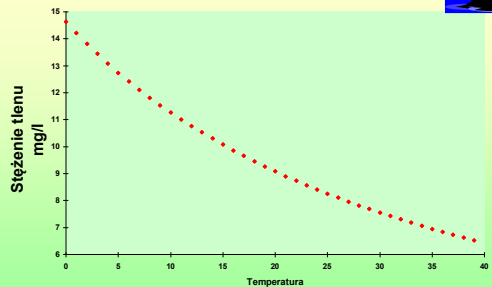


Temperatura wody ma istotny wpływ na biocenozę wód i na przebieg procesów chemicznych w wodzie. Każdy organizm ma swoisty zakres temperatur, w którym może się normalnie rozwijać.

Wyższa temperatura wody zwiększa toksyczność wielu substancji a jednocześnie zwiększa wrażliwość organizmów wodnych na ich działanie.

19

19



20

20

Mętność



Mętność wody powodowana jest przez obecność w niej cząstek zawieszonych, które rozpraszają i absorbują promieniowanie świetlne. Cząstki te mogą być różnej wielkości, od cząstek koloidalnych do grubych zawiesin. Większość cząstek powodujących mętność ma w zasadzie charakter mineralny, chociaż czasami mogą przeważać substancje organiczne.

Mętność wody ma szczególne znaczenie w głębokich zbiornikach, gdzie od tej cechy zależy głębokość, na którą przenika światło słoneczne.

21

21

Barwa



Woda zabarwia się przy kontakcie z odpadami organicznymi (liście, drewno) oraz produktami ich rozkładu. Barwa wody może być też powodowana przez dopływ ścieków przemysłowych lub rezultatem obecności żelaza, manganu a także planktonu.

W ostatnich badaniach stwierdzono zależność między barwą wody a zdolnością tworzenia haloformów w procesie chlorowania wody.

22

22

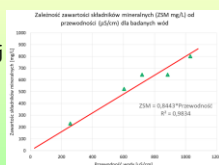
Przewodność elektrolityczna



Przewodność elektrolityczna roztworu wodnego jest to jego zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego. Prąd elektryczny jest przenoszony w roztworze przez ruch jonów. Im stężenie jonów wyższe tym wyższa jest przewodność. Przewodność właściwa czystej wody wynosi 0,038 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Poziom przewodności określa stopień zanieczyszczenia wody substancjami mineralnymi.

Przewodność właściwa wód powierzchniowych waha się przeciętnie 50-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



23

23

Zapach



Zapach wody jest powodowany obecnością substancji chemicznych działających na organ powonienia człowieka. Większość substancji organicznych i część związków nieorganicznych ma charakterystyczny zapach.

Przykładem występowania przykrego zapachu jest siarkowodor, często obecny w wodach podziemnych, w ściekach, a czasem nawet w zanieczyszczonych wodach powierzchniowych. Zapach wody ma istotne znaczenie przy spożywaniu wody do picia.

24

24

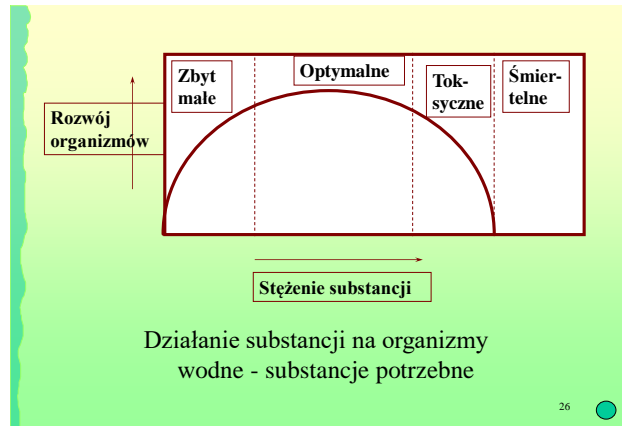


Oddziaływanie substancji* na środowisko wodne

*wg Prawa ochrony środowiska (DZ. U. 2001 r. Nr 62 poz. 627, tekst jednolity Dz.U. 2024 poz. 54)
„pierwiastki chemiczne oraz ich związki, mieszaniny lub roztwory występujące w środowisku lub powstałe w wyniku działalności człowieka”

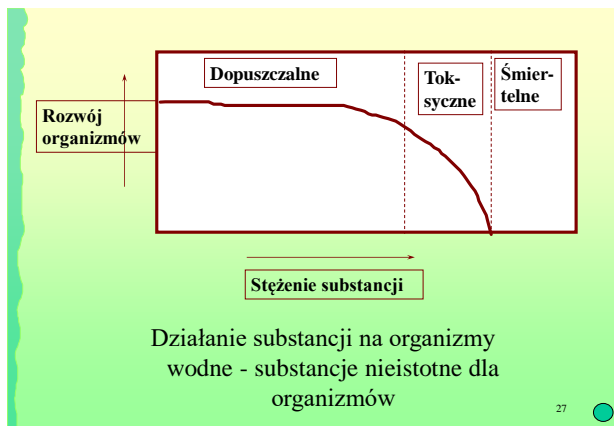
25

25



26

26



27

27

Toksyczność ostra – szkodliwe zmiany w organizmach testowych wywołane oddziaływaniem związku chemicznego w krótkim czasie ekspozycji (do 96 godzin).

Toksyczność chroniczna - szkodliwe zmiany w organizmach testowych wywołane oddziaływaniem związku chemicznego w dłuższym czasie. Obserwacje polegają na ocenie zmian aktywności fizjologicznej (przy stężeniach subletalnych).

LC – (*lethal concentration*) – stężenie śmiertelne powodujące śmierć określonej części (w %) populacji w odniesieniu do czasu trwania ekspozycji np. LC₅₀-3h (50% populacji ginie po 3 godzinach)

EC – (*effect concentration*) – stężenie efektywne – stężenie toksykanta powodujące powstanie jakichkolwiek zmian w organizmach testowych. Jako wynik podawane jest stężenie hamujące w 50% dany proces fizjologiczny w odniesieniu do czasu trwania ekspozycji np. EC₅₀-10h

28

28

NOEC – (*no observed effect concentration*) – najwyższe stężenie toksykanta, które w określonym czasie trwania badań nie powoduje żadnych spostrzegalnych zmian w organizmach testowych.

LOEC – (*lowest observed effect concentration*) najniższe stężenie toksykanta, które w określonym czasie trwania badań toksyczności chronicznej lub subchronicznej, wywołuje zmiany w organizmach testowych.

IC – (*inhibition concentration*) – stężenie inhibicyjne – powoduje obniżenie o określony procent aktywności fizjologicznej organizmów testowych w badaniach subletalnych (np. IC₂₅)

29

29

Toksyczność różnych grup związków nieorganicznych (na przykładzie ryb)



Jedną z najbardziej rozpowszechnionych grup trucizn dla ryb stanowią sole różnych metali.

Są one bardzo toksyczne i przez długi czas utrzymują się w zbiornikach.

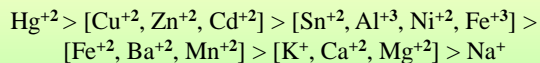
Ich źródłem są najczęściej ścieki przemysłowe.

Większość tych soli stanowi proste związki nieorganiczne, których trujące działanie może być spowodowane anionem bądź kationem lub też fizykochemiczną właściwością soli.

30

30

Uszeregowanie kationów zgodnie z malejącą toksycznością dla niektórych gatunków ryb:

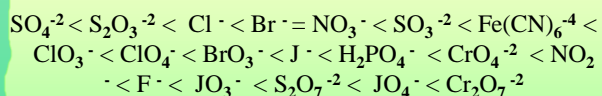


Wyjątkowo wysoka toksyczność różnych soli metali ciężkich stwierdzana jest szczególnie w wodzie słodkiej.

31

31

Szereg wybranych anionów według wzrastającej toksyczności (dla niektórych bakterii)



32

32

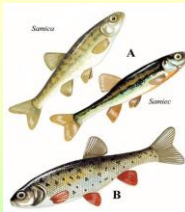
Synergizm i antagonizm trucizn

Synergizm jest to zjawisko, w którym efekt działania mieszaniny jest wyższy od efektu każdego jej składnika oddzielnie.

Jeżeli dwie substancje działają w przeciwnych kierunkach i w wyniku tego biologiczna aktywność mieszaniny jest mniejsza niż biologiczna aktywność najbardziej aktywnego składnika to mówimy o antagonizmie.

33

33



A) Potokowa,
B) Przekopowa

Jednym z najbardziej obrazowych przykładów występowania synergizmu pomiędzy solami metali ciężkich jest cynk i miedź.

Strzebla może wytrzymać do 8 godzin stężenie cynku 8 mg/l i miedzi 0,2 mg/l. W przypadku gdy metale te występują razem ryby giną przy stężeniu cynku 1 mg/l i miedzi 0,025 mg/l (toksyczność zwiększa się ośmiokrotnie)

34

34

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 4 października 2002 r.

w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych. (Dz. U. Nr 176, poz. 1455 – uznany za uchylony)

Dopuszczalne stężenie miedzi rozpuszczonej w wodzie, mg/l Cu	Twardość wody w mg/l CaCO ₃			
	10	50	100	300
	0,005	0,022	0,04	0,112

35

35

Dopuszczalne stężenie cynku w mg/l Zn	Twardość wody w mg/l CaCO ₃			
	10	50	100	500
w wodach dla ryb łososiowatych nie więcej niż:	0,03	0,2	0,3	0,5
w wodach dla ryb karpowatych nie więcej niż:	0,3	0,7	1,0	2,0

36

36

Li

masa atomowa 6,94
liczba atomowa 3



Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 200 mg litu
Pochodzenie	z produkcji szkła, lekarstw, tworzyw sztucznych, SPC, dezynfekcji wody, paliw i smarów raketowych
Występowanie	małe stężenia w wodach powierzchniowych 1 - 500 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (jako Li^+)
Działanie	w stężeniach pow 100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ może być toksyczny dla roślin

37

37

Na

masa atomowa 22,99
liczba atomowa 11



Rozpowszechnienie	2,6% skorupy ziemskiej
Pochodzenie	sól kuchenna, przemysł chemiczny, odmrażanie dróg, wody kopalniane
Występowanie	w wodach śródlądowych zwykle w stężeniach od dziesiątych części mg/dm^3 do kilkudziesięciu mg/dm^3
Działanie	jest pierwiastkiem niezbędnym do życia, duże dawki Na są szkodliwe a nawet toksyczne

38

38

K

masa atomowa 39,10
liczba atomowa 19



Rozpowszechnienie	2,4% skorupy ziemskiej
Pochodzenie	splywy z pól uprawnych, ścieki przemysłowe i miejskie, wody kopalniane
Występowanie	występuje powszechnie w wodach powierzchniowych, jego stężenie jest 4-20 razy mniejsze niż stężenie sodu
Działanie	stężenie potasu jest rzadko limitowane, w wodzie do picia dopuszcza się 10-12 mg/dm^3

39

39

Cu

masa atomowa 63,55
liczba atomowa 29



Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 3 mg miedzi
Pochodzenie	produkcja stopów, produkcja katalizatorów, przemysł elektrotechniczny, pigmenty, fungicydy
Występowanie	naturalne stężenie miedzi w wodach powierzchniowych wynosi ok. 2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$
Działanie	miedź w małych ilościach jest niezbędnym składnikiem wzrostu, hamuje wzrost roślin wodnych przy stęż. > 100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, tylko rtęć jest dla roślin bardziej toksyczna

40

40

Ag

masa atomowa 107,88
liczba atomowa 47



Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 0,3 mg srebra
Pochodzenie	fotografia, produkcja monet, wyroby jubilerskie, niektóre wody kopalniane
Występowanie	w wodach powierzchniowych na poziomie 0 - 5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$
Działanie	srebro nie jest uznane jako pierwiastek niezbędny do życia, działa bakteriobójczo, w stężeniach pow. 0,5 mg/dm^3 może powodować zmiany w wątrobie i nerkach człowieka

41

41

Be

masa atomowa 9,01
liczba atomowa 4



Rozpowszechnienie	0,0001% powłoki ziemi
Pochodzenie	produkcja stopów i lamp fluorescencyjnych, produkcja paliw raketowych
Występowanie	w wodach powierzchniowych na poziomie 0 - 1,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$
Działanie	Beryl jest toksyczny, duże dawki powodują śmierć, dopuszczalne stężenia dla wód miękkich 11 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ i 1100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ dla wód twardych

42

42

Mg

masa atomowa 24,30
liczba atomowa 12



Rozpowszechnienie	1,9 % w skorupie ziemskiej
Pochodzenie	wymywanie ze skał, ścieki z produkcji sody,
Występowanie	w wodach powierzchniowych śródlądowych na poziomie do 40 mg/dm ³
Działanie	powoduje twardość wody, w małych stężeniach jest nieszkodliwy, standardy WHO zalecają 50 mg/dm ³ (max 150 mg/dm ³). W Polsce w wodzie pitnej 30-125 mg/dm ³

43

Ca

masa atomowa 40,8
liczba atomowa 20



Rozpowszechnienie	3,4 % w skorupie ziemskiej
Pochodzenie	budownictwo, wymywanie ze skał, przemysł papirniczy i cukrowniczy, uzdatnianie wody, neutralizacja ścieków
Występowanie	w wodach powierzchniowych jest głównym kationem, jego stężenie może wynosić kilkaset mg/dm ³
Działanie	powoduje twardość wody, zalecana zawartość w wodzie pitnej 100 mg/dm ³ (max 250 mg/dm ³)

44

43

44

Sr

masa atomowa 87,63
liczba atomowa 38



Rozpowszechnienie	0,008 % w skorupie ziemskiej
Pochodzenie	wymywanie skał, w niewielkim stopniu z metalurgii żelaznej, ceramiki, farmaceutyków, środków pirotechnicznych
Występowanie	w polskich rzekach 0,30 - 0,70 mg/dm ³
Działanie	małe stężenia mogą być korzystne dla zwierząt, duże stężenia są toksyczne, zawartość w wodzie pitnej na ogół nie jest normowana

45

Ba

masa atomowa 137,34
liczba atomowa 56



Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 20 mg baru
Pochodzenie	produkcja farb, pirotechnika, przemysł papirniczy, ceramiczny i chemiczny, wody kopalniane
Występowanie	powszechny składnik wody powierzchniowej, ale w niedużych stężeniach (kilkadziesiąt µg/dm ³)
Działanie	w małych ilościach nieszkodliwy, całkowity brak baru powoduje ograniczenie rozwoju zwierząt, dawka pow. 500 mg baru może być śmiertelna dla człowieka

46

45

46

Zn

masa atomowa 65,38
liczba atomowa 30



Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 10 mg cynku
Pochodzenie	produkcja farb, stopów, pigmentów, leków, kosmetyków, powłoki antykorozyjne
Występowanie	w wodach polskich rzek występuje na poziomie 50 - 200 µg/dm ³
Działanie	w małych ilościach jest potrzebny do wzrostu, w wyższych stężeniach jest szkodliwy, wartość graniczna dla wód o dobrym stanie ekologicznym wynosi 1 mg/dm ³

47

Cd

masa atomowa 112,4
liczba atomowa 48



Rozpowszechnienie	0,01 - 2 mg/kg w glebach
Pochodzenie	pokrywanie powierzchni metalowych, produkcja farb, tworzyw sztucznych, baterii, fungicydów, ścieki z kopalni i hut kadmu, spalanie olejów, opon samochodowych i tworzyw sztucznych
Występowanie	w wodach nie zanieczyszczonych występuje na poziomie 0,15 µg/dm ³
Działanie	jest pierwiastkiem silnie toksycznym, kumuluje się w organizmach żywych, dopuszczalne stężenie w wodzie pitnej 5 µg/dm ³

48

47

48

Hg

masa atomowa 200,93
liczba atomowa 80



Rozpowszechnienie	W systemach wodnych, powyżej 90% Hg jest związane z osadami (wody czyste 0,01 – 0,2 mg/kg, wody zanieczyszczone 1 - 2000 mg/kg)
Pochodzenie	przemysł elektrotechniczny, fotograficzny, chemiczny i farmaceutyczny, spalanie węgla i ropy naftowej
Występowanie	przeciętne stężenie wynosi 1 µg/dm ³
Działanie	wykazuje dużą toksyczność w stosunku do organizmów wodnych, jest silnie trująca dla roślin) dopuszczalne stężenie w wodzie pitnej 1 µg/dm ³

49

49

Al

masa atomowa 26,98
liczba atomowa 30



Rozpowszechnienie	8,3% skorupy ziemskiej
Pochodzenie	produkcja urządzeń w przemyśle chemicznym, spalanie węgla, ścieki z hut aluminium
Występowanie	występuje w małych stężeniach w wodach powierzchniowych - do 1 mg/dm ³
Działanie	nie jest najprawdopodobniej pierwiastkiem niezbędnym do życia, pewne ilości pozostające w wodzie pitnej nie są szkodliwe dla człowieka, wg zaleceń WHO stężenie glinu w wodzie pitnej nie powinno przekraczać 0,2 mg/dm ³

50

50

Si

masa atomowa 28,09
liczba atomowa 14



Rozpowszechnienie	27,2 % skorupy ziemskiej
Pochodzenie	przemysł szklarski, ceramiczny i cementowy, elektronika, produkcja mydeł, konserwacja, wymywanie ze skał
Występowanie	większość wód powierzchniowych wykazuje stężenie krzemu poniżej 5 mg/dm ³
Działanie	związki krzemu nie są szkodliwe dla roślin i zwierząt

51

51

Pb

masa atomowa 207,2
liczba atomowa 82



Rozpowszechnienie	powszechny w skorupie ziemskiej (zawartość w glebach 0,1-200 mg/kg)
Pochodzenie	produkcja amunicji, pigmentów, farb, akumulatorów, dodatków do benzyn,
Występowanie	w wodach nie zanieczyszczonych stężenie ołowiu jest mniejsze od 3 µg/dm ³ - wyższe występuje w pobliżu dróg
Działanie	toksyczne są rozpuszczalne formy ołowiu, ołów działa toksycznie na organizm człowieka, dopuszczalne stężenie ołowiu w wodzie pitnej wynosi 25 (do 2013r.) i 10 (od 2014r.) µg/dm ³

52

52

N

masa atomowa 14,0
liczba atomowa 7

P

masa atomowa 30,97
liczba atomowa 15



O

masa atomowa 16,00
liczba atomowa 8

C

masa atomowa 12,01
liczba atomowa 6

53

53

As

masa atomowa 74,92
liczba atomowa 33



Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 3 mg arsenu
Pochodzenie	medycyna, metalurgia, pirotechnika, przemysł garbarski, środki ochrony roślin
Występowanie	stężenie arsenu w wodzie rzek może wynosić do 230 µg/dm ³
Działanie	związki arsenu są uznawane za toksyczne, jednak w określonych dawkach są stosowane w medycynie, dopuszczalne stężenie arsenu w wodzie pitnej 10 µg/dm ³

54

54

S

masa atomowa 32,07
liczba atomowa 16

Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 900 g siarki
Pochodzenie	spalanie paliw, wulkany, produkcja związków siarki
Występowanie	siarczany są anionem powszechnie występującym w wodach, ich stężenie wynosi zwykle 10-80 mg/dm ³
Działanie	siarczany w stężeniach przeciętnie występujących w wodach nie mają znaczenia sanitarnego, przy wysokich stężeniach mogą zmienić smak wody, dopuszczalne stężenie siarczanów w wodzie pitnej wynosi 250 mg/dm ³

55

Cr

masa atomowa 51,996
liczba atomowa 24

Rozpowszechnienie	0,037 % skorupy ziemskiej
Pochodzenie	produkcja stopów żelaza, pigmentów, fungicydów, przemysł tekstylny, garbarski, spalanie węgla
Występowanie	rzadko spotyka się w wodach stężenia przekraczające 100 µg/dm ³
Działanie	chrom w małych ilościach jest pierwiastkiem istotnym dla życia roślin i zwierząt, w dużych stężeniach jest toksyczny, dopuszczalne stężenie chromu w wodzie pitnej 50 µg/dm ³

56

F

masa atomowa 18,99
liczba atomowa 9

Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 1,3 g fluoru
Pochodzenie	produkcja aluminium, nawozów fosforowych, teflonu, CFC (Chlorofluorowęglowodory to związki takie jak np. CFCl ₃ lub CF ₂ Cl ₂ -potocznie nazywane są freonami)
Występowanie	występują w wodach zwykle w stężeniach od dziesiątych części do 1 mg/dm ³
Działanie	fluor powszechnie występuje w organizmach roślinnych i zwierzęcych, w dużych stężeniach (pow 2,5 mg/dm ³) jest szkodliwy, dopuszczalne stężenie fluorków w wodzie pitnej 1,5 mg/dm ³

57

Cl

masa atomowa 35,45
liczba atomowa 17

Rozpowszechnienie	1000 kg wody morskiej zawiera 19,35 kg chloru
Pochodzenie	NaCl, wmywanie skal i gleb, wody kopalniane, ścieki komunalne i przemysłowe
Występowanie	podstawowy anion (Cl ⁻) w wodach powierzchniowych, występuje w stężeniach od kilkunastu do ponad tysiąca mg/dm ³
Działanie	chlorki powszechnie występują w organizmach roślinnych i zwierzęcych, są niezbędne dla organizmu człowieka, dopuszczalne stężenie chlorków w wodzie pitnej wynosi 250 mg/dm ³

58

Mn

masa atomowa 54,94
liczba atomowa 25

Rozpowszechnienie	0,08% w skorupie ziemskiej
Pochodzenie	wymywanie skal i gleb, kopalnie i zakłady hutnicze przerabiające mangan, spalanie węgla i benzyny
Występowanie	występuje powszechnie w wodach powierzchniowych, występuje w stężeniach rzadko przekraczających 1 mg/dm ³
Działanie	mangan jest niezbędnym pierwiastkiem do życia roślin i zwierząt, duże dawki manganu są toksyczne dla organizmów żywych, dopuszczalne stężenie manganu w wodzie pitnej wynosi 0,05 mg/dm ³

59

Fe

masa atomowa 55,85
liczba atomowa 33

Rozpowszechnienie	5,6% w skorupie ziemskiej
Pochodzenie	wymywanie skal i gleb, wody kopalniane, trawialnie, galvanizernie, zakłady hutnicze i metalurgiczne
Występowanie	występuje powszechnie w wodach naturalnych, w wodach powierzchniowych jego stężenie na ogół nie przekracza kilku mg/dm ³
Działanie	żelazo jest pierwiastkiem niezbędnym do normalnego rozwoju organizmów żywych, bardzo duże stężenia żelaza mogą powodować zaburzenia wzrostu roślin, dopuszczalne stężenie żelaza w wodzie pitnej 0,2 mg/dm ³

60

55

56

57

58

59

60