

Handleiding chemische wateranalyse

Inleiding

In de natuur komt geen scheikundig zuiver water voor doordat water allerlei stoffen uit zijn omgeving oplost. Welke stoffen dat zijn en in welke hoeveelheid zij oplossen, is voor een groot deel afhankelijk van de samenstelling van het milieu.

Men kan een zestal manieren onderscheiden waardoor stoffen in het water terecht komen:

1. Door contact met de lucht gaan vooral gassen in het water oplossen. Het betreft o.a. koolstofdioxide, stikstof- en zuurstofgas. Vooral koolstofdioxide en zuurstofgas zijn van belang.
2. Door contact met de gesteenten en sedimenten komen vooral zouten in het water terecht; deze zouten behoren voornamelijk tot de carbonaten, chloriden, silicaten, sulfaten en oxiden. Het oplossen van gesteenten is voor het water één van de belangrijkste bronnen aan calcium, magnesium, natrium en ijzer. Naar gelang de geografische ligging wordt het dus mogelijk verschillende watertypes te onderscheiden: brak water in de kuststreek, kalkrijk water in de Condroz of zuur water uit de hoge Venen.
3. Ook door de wind kunnen stoffen in het water terechtkomen. Dat is dan in de vorm van plantenresten, stofdeeltjes of aerosols. Deze stoffen kunnen (on)rechtstreeks via de neerslag in het water terechtkomen
4. De in het water levende organismen nemen stoffen op en scheiden er andere weer uit.
5. Door lozingen en afvalstortingen.
6. Door afspoeling van het aardoppervlak na hevige neerslag. Dat zijn dan voornamelijk meststoffen en organische materialen afkomstig van landbouwgronden.

Natuurlijke waters moeten dus gezien worden als een waterige oplossing van allerlei scheikundige stoffen waarvan de concentratie voortdurend wijzigt. De hoeveelheid opgeloste stof wordt dus uitgedrukt door zijn concentratie. Een stof is niet onbeperkt oplosbaar. De oplosbaarheid is afhankelijk van factoren zoals o.a. temperatuur en druk.

Om een volledig beeld te krijgen van het watermilieu zal men natuurlijk op verschillende tijdstippen metingen moeten doen.

Tip voor de leerkracht

Deze koffer met analysekits voor water is uitermate geschikt om (onder begeleiding van de leerkracht) door leerlingen aan bijvoorbeeld een vijver of beek gebruikt te worden.

Voor de tweede graad van het secundair onderwijs passen deze analyses in de gemeenschappelijke eindtermen van het vak natuurwetenschappen en de vakgebonden eindtermen chemie.

De meetresultaten kunnen nadien vergeleken worden met de resultaten van een zoektocht naar de aanwezigheid van macro-invertebraten in functie van het bepalen van de BBI (Belgische Biotische Index) in diezelfde vijver. Achteraan deze bundel vind je daar meer informatie over. Beide meetmethodes vullen elkaar aan, je kunt zo tegelijkertijd zowel de biotische als abiotische factoren meten die iets zeggen over de zuiverheid van het water .

Het nemen van waterstalen

- Neem een voldoende groot recipiënt zodat je waterstaal groot genoeg is om alle analyses te doen (bv. 2 l)
- Spoel je recipiënt eerst drie keer met het te onderzoeken water.
- Vermijd contact met je handen en het water
- Vermijd zo veel mogelijk overgieten
- Giet traag over zodat er zo weinig mogelijk luchtballen gevormd worden en zorg dat je flessen zo vol mogelijk zijn.
- Voor het nemen van stalen op verschillende dieptes, gebruik een aangepaste monsternemer (zie voorbeeld hieronder)



De zware roestvrijstalen buis brengt de slang tot elke gewenste diepte. De aanzuigslang uit PVC is 2,50 m lang.

Gebruik: laat de aanzuigslang in het medium zakken, koppel de monsterfles aan de adaptor, zuig met de handpomp een vacuüm en neem het monster. Verwijder de gevulde monsterfles, sluit hem en etiketteer hem.

Kost ongeveer € 200,00

Meting en bespreking van de parameters

1. De temperatuur

Meting

Meet eerst met een goed droge thermometer de temperatuur vlak boven het wateroppervlak. Meet daarna de temperatuur van het water zelf.

Bespreking

De temperatuur van water wordt hoofdzakelijk bepaald door klimatologische factoren. Ze heeft een grote invloed op een aantal eigenschappen van het water zoals het oplossingsvermogen, de dichtheid, de viscositeit en het bepaalt de snelheid van de reacties in het waterig milieu. Zo verhoogt per 10° C de reactiesnelheid twee- tot driemaal.

Voor levende wezens is de temperatuur van het water van levensbelang. Ieder wezen kan maar overleven binnen een bepaald temperatuursverloop. Deze marge is niet voor elk levend wezen gelijk. Zo kan bijvoorbeeld plaatselijk het onderwaterleven stroomafwaarts grondig veranderen door een fabriek die koelwater in een rivier loost.

2. Het zuurstofgehalte (O₂)

Meting

Bij het meten van het zuurstofgehalte, moeten we steeds rekening houden met de vraag hoeveel zuurstof er bij deze temperatuur kan opgelost worden. De watertemperatuur is immers bepalend voor het zuurstofgehalte: water van 24°C is verzadigd met 8,42 mg O₂/l, water van 4 °C is slechts verzadigd met 13,11 mg O₂/l. (Een te laag gehalte aan zuurstof leidt tot sterfte van vissen en macrofauna terwijl een oververzadiging aan zuurstof een aanwijzing is voor een sterke algengroei.)

Bespreking

Het getal van het zuurstofgehalte zal ons dus onvoldoende informatie geven. Daarom spreken we liever van het zuurstofverzadigingspercentage. Het zuurstofverzadigingspercentage geeft aan hoeveel procent van de maximaal oplosbare hoeveelheid zuurstof is aangetroffen bij een bepaalde watertemperatuur.

De benedengrens voor het zuurstofgehalte is 5 mg/l, het niveau waaronder vissterfte optreedt. Bij een temperatuur van 25, 15 en 10 °C komt dit ongeveer overeen met respectievelijk 60, 50, en 40 % zuurstofverzadiging. De normale waarden in beekwater lopen uiteen tussen 80 en 120 %. Voor stilstaande wateren worden onder normale omstandigheden ook lagere waarden dan 80% bereikt.

3. De zuurtegraad (pH)

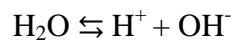
Meting

Vergeet niet eerst de watertemperatuur te bepalen. De zuurtegraad kan men bepalen met meetstrips, met een indicatorvloeistof en een kleurenkaart, of tegenwoordig ook met handige elektronische toestelletjes.

Bespreking

Zelfs zuiver water geleidt nog een beetje elektrische stroom omdat de watermoleculen dissociëren in H^+ en OH^-

Het water met daarin de beide ionen bereiken een evenwicht, wat als volgt kan genoteerd worden:



Hoewel de concentraties van H^+ en van OH^- -ionen in water zeer klein zijn, zijn ze toch van groot belang voor het verloop van bepaalde chemische reacties in het water. Daardoor heeft men de “waterstofexponent” of de pH van water als volgt bepaald:

$$pH = -\log [H^+]$$
$$pH = -\log (1 \times 10^{-7})$$

bij zuiver water bedraagt die dus:

$$pH = 7$$

Wanneer in een oplossing de concentratie van H^+ gaat stijgen, gaat de pH-waarde dalen en de oplossing wordt dan zuur ($pH < 7$). Wanneer de OH^- -concentratie gaat stijgen, stijgt de pH-waarde ($pH > 7$)

Belangrijk voor ons is dat bepaalde zouten zoals carbonaten, bicarbonaten, silicaten, humuszuren, ammoniumverbindingen, fosfaten, sulfaten e.a. in oplossing basisch of zuur kunnen reageren. Ook goed om weten is dat bepaalde reacties enkel kunnen plaatsvinden binnen een welbepaald pH-spectrum.

Beoordeling van de zuurtegraad van drinkwater kan met onderstaande tabel:

pH	kwaliteit water
6,5 - 8,0	uitstekend
6,0 - 6,5 of 8,0 - 8,4	aanvaardbaar
5,0 - 6,0 of 8,4 - 9,0	licht verontreinigd
3,9 - 5,0 of 9,0 - 10,1	verontreinigd
< 3,9 of > 10,1	zwaar verontreinigd

Normale pH-waarden voor viswater liggen tussen 6,3 en 9,3. (De groei en voortplanting van vissen verloopt slecht onder een pH van 6)

De interpretatie weergegeven in deze tabel geldt voor “normaal” water. Uitzondering hierop vormt het water uit sommige vennen in de Kempen. Het water in die vennen is reeds van nature behoorlijk zuur (pH rond 5,0) omdat ze uitsluitend afhankelijk zijn van regenwater en onder invloed van veenmossen verzuren.

4. De hardheid (CaCO₃)

Meting

Deze meting moet zo snel mogelijk gebeuren na het nemen van het staal, vóór er gassen uit de lucht in het staal opgelost worden.

Bespreking

Voor de hardheid van water zijn vooral twee kationen verantwoordelijk: vooral calcium en in mindere mate magnesium. De hardheid wordt bepaald door de aanwezigheid van deze metalen in de ondergrond en wordt uitgedrukt in Duitse hardheid: dH, °dH of D° of in Franse hardheid: fH, °fH of F°.

In onderstaande tabel wordt de concentratie van zouten in mg/l weergegeven. Voor de Franse hardheid betreft het CaO, voor de Duitse hardheid betreft het CaCO₃.

De omrekening van concentraties doe je zo:

- 1 dH = 10 mg CaO/l = 17,8 mg CaCO₃/l
- 1 fH = 10 mg CaCO₃/l = 5,6 mg CaO/l

Beoordeling van de hardheid kan met onderstaande tabel:

Duitse hardheid in dH	Franse hardheid in fH	concentratie zouten in mg/l	type water
0 - 4	0 - 7	0 - 20	zeer zacht
4 - 8	7 - 15	20 - 40	zacht
8 - 12	15 - 22	40 - 60	gemiddeld
12 - 18	22 - 32	60 - 80	vrij hard
18 - 30	32 - 55	80 - 120	hard
>30	>55	> 120	zeer hard

5. Het chloridegehalte (Cl⁻)

Meting

Om het chloridegehalte in rivierwater te meten kan een meetmethode toegepast worden, gebaseerd op het verschil in spanning tussen twee elektrodes. Een testkit waarbij met titratie het chloridegehalte kan gemeten worden, is echter goedkoper en eenvoudiger.

Bespreking

De chloriden zijn de voornaamste anionen in het zout- en brakwater. In zoetwater komen ze in veel mindere mate voor. Het chloridegehalte stijgt door natuurlijke en menselijke activiteiten enerzijds en door mineralisatieprocessen anderzijds. Chloriden vormen vaak een goede vervuilingparameter.

Enkele cijfers:

- Gemiddeld bevat niet-vervuild grondwater tussen 10 en 30 mg/l Cl⁻.
- Voor agrarische toepassingen van rivierwater worden een aantal verschillende normen gehanteerd.
- Voor glastuinbouw geldt, afhankelijk van het gewas, een norm van 50 tot 200 mg/l,
- Voor het drinken van vee is de maximum toegelaten hoeveelheid 250 mg/l.
- Voor tuinbouw in volle grond mag er in het water 500 mg/l aanwezig zijn.
- Voor akker en weidebouw maximum 1000 mg/l. Bij hogere gehalten treedt groeischade op.

Beoordeling van het chloridegehalte van het oppervlaktewater kan met onderstaande tabel:

Chloridegehalte in mg/l	kwaliteit water
< 50	uitstekend
50 - 150	aanvaardbaar
150 - 300	licht verontreinigd
300 - 620	verontreinigd
> 620	zwaar verontreinigd

6. Het ammoniumgehalte (NH_4^+)

Meting

Factoren zoals zuurtegraad, stikstofconcentratie en de temperatuur van het water hebben een invloed op het gehalte aan het ammoniakgas in het water.

Bespreking

Ammoniumionen in het water zijn het resultaat van stedelijke, landbouw en industriële vervuiling. Het ammoniumion is een zwak zuur. In een basisch milieu zal het zich als een zuur gedragen en een H^+ -ion afsplitsen. In een meer neutraal en zuur milieu zal het waterstofion aan het ammoniumion gebonden blijven.

Tussen ammonium en het ammoniakgas bestaat een zich voortdurend instellend evenwicht. Voor vissen en watervlooiën is ammoniak giftig vanaf 0,15 mg/l.

Beoordeling van het ammonium-/ammoniakgehalte van oppervlaktewater kan met onderstaande tabel:

ammonium-/ammoniakgehalte in mg/l	kwaliteit water
< 0,08	zeer goed
0,08 - 0,25	aanvaardbaar
0,25 - 0,75	licht vervuild
> 0,75	zwaar vervuild

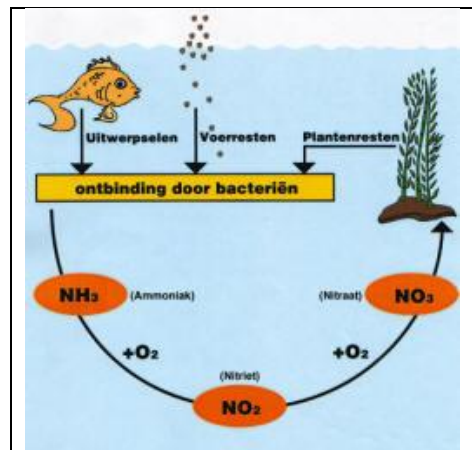
7. Het nitrietgehalte (NO_2^-)

Meting

Door de bepaling van het nitrietgehalte kunnen we gemakkelijk vaststellen of de stikstofkringloop in orde is. De gevolgen van teveel stikstof zijn: vermeting, eutrofiëring en zuurstoftekort.

Bespreking

Ammonium kan door bacteriën in het water worden omgezet in nitriet. Nitriet kan door bacteriën verder worden omgezet in nitraat (en omgekeerd). Nitraten vormen opnieuw de voedingsstoffen voor planten. Deze microbiële nitrificatie vraagt veel zuurstof en meting van het ammoniumgehalte is daarom ook nuttig in verband met de zuurstofhuishouding van het water (voor het nitrificeren van 1 mg ammonium is maar liefst 4,6 mg zuurstof nodig).



Beoordeling van het nitrietgehalte van het oppervlaktewater kan met onderstaande tabel:

nitrietgehalte in mg/l	kwaliteit water
< 0,1	zuiver
0,1 - 1	vervuild
> 1	sterk vervuild

8. Het nitraatgehalte (NO_3^-)

Bespreking

Nitraten spelen een belangrijke rol bij de stikstofopname door de plant uit de bodem. De plant zet nitraten om in eiwitten voor zijn groei. Door langdurige overbemesting vormt nitraat een bedreiging voor de kwaliteit van het drinkwater. Dit vormt op lange termijn een gevaar voor de mens, alhoewel de schadelijkheid van nitraat op zich niet hoog is. Een probleem kan echter wel ontstaan bij de omzetting in het veel giftiger nitriet door bacteriën.

Beoordeling van het nitraatgehalte van het oppervlaktewater kan met onderstaande tabel:

nitraatgehalte in mg/l	kwaliteit water
< 4	zeer zuiver
4 - 12	aanvaardbaar
12 - 36	licht verontreinigd
36 - 108	duidelijk verontreinigd
> 108	sterk verontreinigd

9. Het fosfaatgehalte (PO_4^{3-})

Bespreking

In water bevordert fosfaat de groei van algen. Fosfaatverbindingen vormen samen met anorganische nitraten het belangrijkste bestanddeel van kunstmest. Wanneer er te veel van beide in het oppervlaktewater terecht komt, leidt dit tot zuurstoftekort. Tegenwoordig is er een groeiend aantal wetenschappers van mening dat fosfaten juist belangrijk zijn voor het leven in het oppervlaktewater.

Beoordeling van het fosfaatgehalte van het oppervlaktewater kan met onderstaande tabel:

fosfaatgehalte in mg/l	kwaliteit water
< 0,03	voedselarm
0,03 - 0,1	matig voedselrijk
0,1 - 0,3	voedselrijk
0,3 - 0,9	vervuild
> 0,9	sterk vervuild

10. Het sulfaatgehalte (SO_4^{2-})

Bespreking

Sulfaten vertonen meestal een goede oplosbaarheid in water. Zwavel is belangrijk voor het functioneren van eiwitten en enzymen in planten en in dieren die voor zwavel afhankelijk zijn van planten. Planten absorberen zwavel wanneer het opgelost is in water. De meeste zwavel op aarde zit vast in rotsen en zouten of zit diep in de oceaan begraven in oceanische sedimenten.

Voorbeelden van natuurlijke bronnen zijn vulkanische erupties, bacteriële processen, de verdamping van water of het rotten van dode organismen.

Wanneer zwavel via menselijke activiteiten in de atmosfeer terecht komt, is dit meestal het gevolg van industriële processen waarbij zwaveldioxide- (SO_2) en waterstofsulfidegas (H_2S) op grote schaal uitgestoten worden.

Zwaveldioxidegas dat van nature in geringe concentraties voorkomt, maar door menselijke activiteiten in grote hoeveelheden wordt geëmitteerd, lost op in regendruppels waarbij zwavelig zuur ontstaat ($\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$). De hierdoor ontstane zure regen zorgt voor een hoger zuurgehalte van oppervlaktewateren.

De zwavelconcentratie in zeewater ligt bij ongeveer 870-930 mg/l, terwijl rivierwater over het algemeen slechts rond de 4 mg/l van dit element bevat.

Voor de EU mag er max. 250 mg/l sulfaat in drinkwater zitten. In anorganische vorm komt zwavel in water vooral als SO_4^{2-} , maar ook als HSO_4^- en in de sterk gereduceerde vormen HSO_3^- , SO_3 , SO_2 en HS^- voor. In zeewater is ook NaSO_4^- aanwezig.

Zwavel zelf geldt als niet waterbedreigend. Een aantal zwavelverbindingen kan echter wel in oppervlaktewateren voor een grotere schade zorgen.

11. Het ijzergehalte (Fe^{2+} en Fe^{3+})

Bespreking

Zuiver ijzer en een groot aantal ijzerverbindingen zijn in normale omstandigheden in water onoplosbaar. Bijv. natuurlijk voorkomend ijzeroxide en ijzerhydroxide. Sommige ijzerverbindingen hebben een hogere oplosbaarheid bij een lagere pH-waarde.

Andere ijzerverbindingen zijn echter wel min of meer goed oplosbaar in water. Zo heeft ijzercarbonaat een oplosbaarheid van 60 mg/l, ijzersulfide van 6 mg/l en het mineraal "melanteriet" (ijzervitriool - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) van zelfs 295 g/l. Meestal kan er een verschil gemaakt worden tussen oplosbare Fe^{2+} -verbindingen en over het algemeen onoplosbare Fe^{3+} -verbindingen. De laatstgenoemden zijn slechts in heel zure oplossingen oplosbaar, maar kunnen onder bepaalde omstandigheden gereduceerd worden tot Fe^{2+} en zo aan oplosbaarheid toenemen.

Rivierwater bevat over het algemeen 0,5-1 mg/l en grondwater tot 100 mg/l ijzer. Het ijzergehalte in zeewater is ongeveer 0,001-0,003 mg/l maar kan sterk variëren.

Beoordeling van het ijzergehalte van het oppervlaktewater kan met onderstaande tabel:

ijzergehalte in mg/l	kwaliteit water
< 0,1	uitstekend
0,1 - 0,3	aanvaardbaar
0,3 - 0,9	licht verontreinigd
0,9 - 2,7	verontreinigd
> 2,7	zwaar verontreinigd

Onderzoek naar waterkwaliteit met behulp van aanwezigheid van macro-invertebraten.

Het meten van de biologische kwaliteit van een (in principe stromend) oppervlaktewater kan ook op een andere wijze gebeuren dan door het meten van de concentraties van verschillende chemische stoffen in dat water. De resultaten kunnen aangevuld worden door een onderzoek naar de macro-invertebraten die in het te onderzoeken water aanwezig zijn.






















De Vlaamse Milieumaatschappij gebruikt al meer dan 20 jaar macro-invertebraten voor het beoordelen van de biologische kwaliteit van oppervlaktewateren in Vlaanderen. Macro-invertebraten zijn een zeer diverse groep van organismen, namelijk alle ongewervelde soorten die minstens een deel van hun levenscyclus in het water doorbrengen. Voorbeelden zijn larven van insecten zoals kokerjuffers, libellen en muggen, maar ook weekdieren zoals slakken en mossels en verder ook kreeftachtigen en allerlei soorten wormen.

Door hun grote diversiteit vertonen macro-invertebraten ook een breed spectrum van respons op verstoring van de aquatische habitat, zoals vervuiling. Bovendien zijn ze gemakkelijk te bemonsteren, wat die groep organismen erg bruikbaar maakt voor toepassing in biologische kwaliteitsindexen.

Bij toenemende verontreiniging zullen gevoelige soorten (bovenaan de tabel) progressief verdwijnen en ruimte laten voor de tolerante soorten die onderaan de tabel afgebeeld staan. De biotische index varieert van 10 tot 0, per twee punten wordt een indeling gemaakt die telkens een overeenkomstige kwaliteitsklasse aangeeft.

klasse	punten	beoordeling	kleurcode
I	10 – 9	weinig tot niet verontreinigd	blauw
II	8 – 7	weinig verontreinigd	groen
III	6 – 5	matig verontreinigd	geel
IV	4 – 3	sterk verontreinigd	oranje
V	2 – 1 – 0	zeer sterk verontreinigd	rood

Op de volgende bladzijde vind je een tabel met vereenvoudigde zoekkaart terug.

MACRO-INVERTEBRATEN		Tolerantie-klasse	Totaal S.E.	0-1	2-5	6-10	11-15	16 +
			BIOTISCHE INDEX					
  	TK1	> 1 s.e.		7	8	9	10	
		1 s.e.	5	6	7	8	9	
  	TK2	> 1 s.e.		6	7	8	9	
		1 s.e.	5	5	6	7	8	
  	TK3	> 2 s.e.		5	6	7	8	
		2-1 s.e.	3	4	5	6	7	
    	TK4	-1 s.e.		3	4	5	6	7
			3	4	5	6	7	
   	TK5	-1 s.e.		2	3	4	5	
			2	3	4	5		
 	TK6	-1 s.e.		1	2	3		
			1	2	3			
	TK7	-1 s.e.		0	1	1		
			0	1	1			

Meer informatie en literatuur

- Informatie over de Belgische waterkwaliteit vind je op:
<http://www.vlaamsbrabant.be/wonen-milieu/milieu-en-natuur/beleid/milieu-en-natuurrapport/biologische-waterkwaliteit-belgische-biotische-index.jsp#paragraph0>
- Het geoloket van de Vlaamse milieumaatschappij geeft een geografisch overzicht van de Vlaamse meetpunten voor oppervlaktewater:
<http://www.agiv.be/gis/diensten/geo-vlaanderen/?catid=86>
- Zoek je informatie over de evolutie van de kwaliteit van de oppervlaktewateren en waterbodems aan de hand van diverse parameters? Kijk dan op:
<http://www.vmm.be/water/kwaliteit-oppervlaktewater/toestand-oppervlaktewater>
- <http://www.betavak.nl/biologie/wateronderzoek.htm>