



ER IS EEN duidelijk verband tussen de kwaliteit van het water en het optreden van vissterfte. Vissterften hebben in het overgrote deel van de gevallen met de beschikbaarheid van zuurstof te maken.

Waterkwaliteit en vissterfte

Zuurstof in het water

Zuurstof is in water matig oplosbaar. De oplosbaarheid neemt af bij een stijgende watertemperatuur, waardoor wateren tijdens de zomer vaak minder zuurstof bevatten dan tijdens de winter. Als koudbloedig dier heeft een vis in de zomer echter een snel-

lere stofwisseling dan in de winter, waardoor een grotere zuurstofbehoefte bestaat. Hierdoor kan juist in de zomermaanden een verlaging van het zuurstofgehalte snel tot problemen leiden. Zuurstof uit de lucht kan in het water terecht komen als het wateroppervlak sterk in beweging is door harde stroming, wind en golven. De meeste zuurstof in een water is afkomstig van de fotosynthese in algen en onderwaterplanten.

De vis en zuurstofgebrek

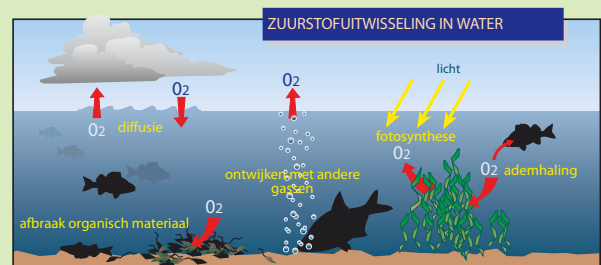
Vissen zullen delen van een water met een laag zuurstofgehalte zoveel mogelijk mijden. In een open watersysteem vluchten vissen weg naar aangrenzende wateren met betere leefomstandigheden. Als een vis zuurstofarmoede niet kan ontvluchten, zal hij in eerste instantie het water met een grotere snelheid langs de kieuwen pompen. In de kieuwen vindt hierdoor een versnelde opname van zuurstof plaats. De overige activiteiten, zoals zwemmen en voedselzoeken, komen op een laag pitje om het zuurstofverbruik te verminderen.

Bij een toenemende zuurstofbehoefte kan de vis het zuurstofdragende vermogen van het bloed vergroten door het percentage rode bloedlichaampjes te vergroten. Deze aanpassing van het bloed duurt enkele uren tot een dag. Bij extreem lage zuurstofgehalten zullen vissen (door diffusie wat zuurstofrijker) water of zelfs lucht gaan happen aan het wateroppervlak. Dit gedrag heet *noodademhaling*. De vissen bewegen zich steeds trager en verliezen hun natuurlijke schuwheid (*visflauwte*).

Soorten als de aal en de zeelt zijn vaak niet aan de oppervlakte te zien en duiken in de modder, hoewel van aal ook bekend is dat deze bij zuurstofgebrek uit het water kruipt. De ene vissoort blijkt langer bestand tegen zo'n levensbedreigende situatie dan de andere. Dit hangt onder andere af van de mogelijkheid om zich aan te passen aan een geleidelijke afname van zuurstof. Ook minimale, maar niet direct dodelijke zuurstofgehalten (onder 3 mg/liter) kunnen uiteindelijk leiden tot de dood van vissen.

Algen, planten en zomersterfte

Terwijl de zuurstofproductie 's nachts wegvalt door het ontbreken van zonlicht, gaat de zuurstofconsumptie door waterplanten en andere organismen normaal door. Dit heeft tot gevolg dat het zuurstofgehalte in een water 's nachts lager wordt



Noodademhaling





Onder het ijs



Algenbloei



Kwetsbaar water

dan overdag. Aan het einde van de nacht, dus tegen zonsopgang, kunnen daardoor zuurstofgehalten ontstaan die aanzienlijk lager zijn dan overdag. Dit kan problemen veroorzaken voor vissen. In algenrijk of plantenrijk water kan vooral aan het einde van de zomer vissterfte als gevolg van zuurstoftekort optreden ("zomersterfte"). De algen en planten beginnen af te sterven en te verteren, en produceren overdag niet voldoende zuurstof om 's nachts in de zuurstofbehoefte van het verteringsproces te voorzien. De vissterfte treedt vaak op in de vroege ochtenduren na een bewolkte dag waarop weinig fotosynthese heeft plaatsgevonden.

Ijs, sneeuw, zout en wintersterfte

Wanneer een water tijdens de winter door ijs wordt bedekt, kan de windwerking geen zuurstof meer in het water brengen. Zolang het ijs helder is en er daardoor voldoende zonlicht in het water kan schijnen, hoeft dit geen bezwaar te zijn. De algen die tijdens de winter nog in het water aanwezig zijn, kunnen meestal voldoende zuurstof produceren om de vis in zijn zuurstofbehoefte te voorzien. Bijkomend voordeel is dat de - koudbloedige - vis tijdens de winter minder zuurstof verbruikt dan tijdens de zomer.

Wanneer een laag sneeuw het ijs bedekt, dan kan het zonlicht nauwelijks in het water schijnen terwijl er wel zuurstof verdwijnt door rotting. Daarnaast kunnen in de waterbodem giftige afbraakproducten ontstaan, zoals ammoniak en zwavelwaterstof. Lang aanhoudende vorstperioden leveren dan ook steevast meldingen op over massale sterfte onder vissen ("wintersterfte"). Een negatieve invloed heeft winterse ijspret, doordat vissen verstoord raken in hun winterrust.

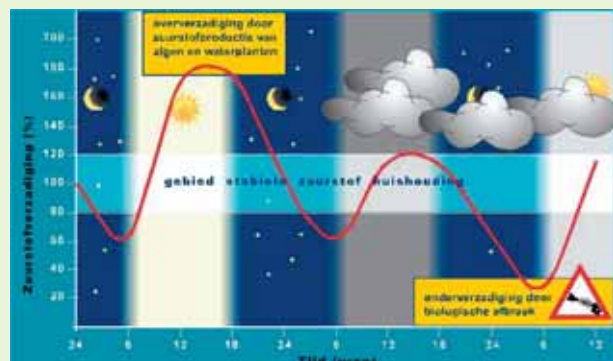
De temperatuur van het water zelf vormt geen probleem, mits de vis kan acclimatiseren. Over het algemeen is een verandering van maximaal 5° C per dag mogelijk, gevolgd door een stabiele periode van enkele dagen om de stofwisseling op orde te laten komen. Een sterke temperatuurwisseling is onnatuurlijk. Vissen die zich tijdens de winter ophouden in het warme water van een elektriciteitscentrale (kweekvis bijvoorbeeld), kunnen dood gaan door de temperatuurverandering die optreedt na het tijdelijk uitschakelen van de centrale. Een winterse bedreiging voor vissen kan in sommige gevallen ook de instroom van smeltwater met strooizout vanaf wegdekken zijn. Vissen die niet bestand zijn tegen hoge zoutgehalten leggen hierbij het loodje.

Wintersterfte, een regelmatig optredend fenomeen



Zuurstofverzadiging

Het zuurstofgehalte van het water kan worden uitgedrukt in milligram zuurstof per liter water (mg/l). Bij elke watertemperatuur verandert de verzadigingswaarde (dat is de maximale hoeveelheid zuurstof die in het water kan oplossen). Om wateren bij verschillende temperaturen te kunnen vergelijken, geeft men het gemeten zuurstofgehalte aan in procenten van de verzadigingswaarde bij de betreffende watertemperatuur, ofwel het *zuurstofverzadigingspercentage*. Wanneer men bijvoorbeeld bij een temperatuur van 15° C een zuurstofgehalte van 5 mg/l meet, is dit de helft van wat het water maximaal aan zuurstof zou kunnen bevatten (100 % zuurstofverzadiging bij 15° C is 10,1 mg/l). Het water is dan dus slechts voor 50% met zuurstof verzadigd.



Het zuurstofverzadigingspercentage in een algenrijk water, weergegeven over enkele dagen. In water met een stabiele zuurstofhuishouding blijft het zuurstofverzadigingspercentage over het algemeen tussen 80 en 120. Een zuurstofverzadiging ver beneden 80% duidt op een sterke biologische afbraak, boven de 120% op een algenbloei.

Invloed van de modderlaag

In algenrijke of plantenrijke wateren en in wateren met veel bomen aan de oever, is de bodem vaak bedekt door een dikke laag dood organisch materiaal (afgestorven algen, plantenresten en bladeren). Bacteriën en schimmels verbruiken bij de afbraak van dit organisch materiaal veel zuurstof uit het water. Het gevolg is dat de zuurstofhuishouding in wateren met een dikke modderlaag vaak erg instabiel is. Vooral bij een hoge watertemperatuur in het najaar kan het zuurstofgehalte dramatisch dalen.

Door de aangroei van de modderlaag wordt een water steeds minder diep. Op een gegeven moment kan door de afgenomen waterdiepte het



Veel sierwateren kennen achterstallig onderhoud en een kans op vissterfte.

zonlicht de bodem bereiken. Dit maakt de groei van onderwater- en drijfbladplanten mogelijk. De toename van de hoeveelheid waterplanten zal in het najaar resulteren in een versnelde aangroei van de modderlaag, steeds ondieper wordend water en uiteindelijk het volledig dichtgroeien met planten. Op een gegeven moment kan vissterfte optreden omdat de zuurstofverbruikende modderlaag te dik wordt ten opzichte van de smalle waterkolom erboven. Door regelmatig baggeren moet worden voorkomen dat dit "omslagpunt" wordt bereikt.

Kroosbedekking

Op plaatsen waar het wateroppervlak wordt bedekt door een laag kroos, kan geen of nauwelijks instraling van zonlicht plaatsvinden. Onder het kroos vindt dus vrijwel geen aanmaak van zuurstof plaats. In een water dat gedeeltelijk door kroos wordt bedekt, hoeft dit geen problemen voor vissen op te leveren, in geheel met kroos bedekte wateren is het zuurstofgehalte vaak erg laag. Daarbij vindt kroosvorming vaak juist plaats in wateren met een geringe waterdiepte en een dikke, zuurstofverbruikende baggerlaag. Wateren die regelmatig geheel door kroos zijn bedekt, zijn vaak vrijwel visloos. Indien mogelijk zullen de vissen via duikers of sloten zijn weggetrokken naar aangrenzende wateren met een hoger zuurstofgehalte. Bij het ontbreken van deze migratiemogelijkheden zal de visstand door sterfte (nagenoeg) zijn verdwenen.

Waar zich kroosproblemen voortdoen in lijnvormige wateren, kunnen bijvoorbeeld kroosvangers worden geplaatst. Dit kunnen balken zijn die, ingesloten tussen twee paar verticale palen, kroos en drijfvuil tegenhouden. Het voor zo'n kroosvanger verzamelde kroos moet regelmatig worden geruimd.

Schoning en baggeren: een must

Kwelwater

Tijdens de warme zomermaanden vindt er veel verdamping van water plaats. Wanneer deze verdamping niet wordt gecompenseerd door regenval of de toevoer van oppervlaktewater van elders, zal het waterpeil dalen. Door de afname van de hoeveelheid water neemt de druk van het oppervlaktewater op grondwaterlagen af, waardoor meer kwelwater dan anders opborrelt. Wanneer dit kwelwater zuurstofarm is, kan dit tijdens lange droge perioden het zuurstofgehalte van het water verlagen. Een extra complicatie levert soms ijzerrijk kwelwater op. Een ijzerhydroxide-neerslag op de kieuwen veroorzaakt dan, vooral in de winter, ademnood, door de werking van ijzerbacteriën.

Lozing van organische stoffen

Naast de eerder besproken "natuurlijke" oorzaken van een laag zuurstofgehalte, zal het zuurstofgehalte abrupt dalen door de instroom van een verontreinigende, organische stof. Bij de biologische afbraak van de organische verontreiniging wordt zuurstof uit het water verbruikt, waardoor het zuurstofgehalte van het water gedurende enkele dagen of weken sterk daalt. Berucht zijn vissterften die optreden na de instroom van rioolwater (riooloverstort bij hevige regenval of rioolstoring), gier, bluswater (bij een brand) en afvalwater van een melk- of papierfabriek. Van watergangen kunnen zo lange trajecten zuurstof- en visloos worden.

Sommige industriële verontreinigingen kunnen eveneens een zuurstofdaling veroorzaken. Olivlekken hebben als effect dat ze het water afsluiten voor zuurstofuitwisseling en zuurstofproducerende planten doen afsterven.

"Visflauwte"





Lozing van een organische stof



Hevige regenval

Riooloverstorten

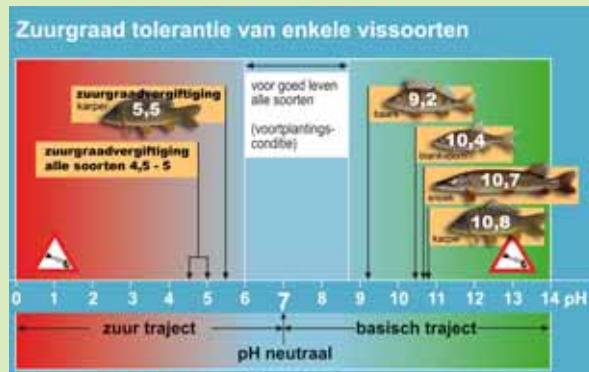
Gemengde rioolstelsels hebben maar een beperkte bergingscapaciteit. Bij een zware regenbui loopt het riool vol, en dan wordt ongezuiverd, verdund rioolwater niet meer naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) geleid, maar via een nooduitlaat, de overstort, op het oppervlaktewater geloosd.

In de eerste "vuilprop" uit het riool is het water zuurstofloos en bevat veel zuurstofonttrekkende stoffen. Bij een aanhoudende overstort of doorspoeling kan deze vuilprop zich verplaatsen, waardoor een groter oppervlak verontreinigd raakt en elders vissterfte kan optreden.

Nog altijd bestaan de meeste rioolstelsels in Nederland uit een gemengd riool. Ze liggen vooral in oudere stadsdelen. Veel stadswateren hebben een functie als berging van overstortwater. Op langere termijn leiden riooloverstorten tot overbemesting van het water, overmatige algengroei en vervuilde bodems. Ook met een modern gescheiden rioleringsstelsel kunnen zich problemen voordoen. In de regenwaterafvoeren vormt zich namelijk een laag slib (afgespoeld straatvuil). Bij zware regenval wordt ook dit slib via een riooloverstort geloosd op het oppervlaktewater. Zomerse onweersbuien kunnen overigens ook al zonder de werking van riooloverstorten tot zuurstofsterfte leiden. In combinatie met een lage luchtdruk en de instroom van koudwater zinken algen naar de bodem. De fotosynthese stopt en de algen sterven af, waardoor het zuurstofgehalte daalt. Daarnaast kan de koudwaterinstroom er toe leiden dat de warmere onderlaag met zuurstofloos bodemmateriaal en al naar boven komt en zich door het water mengt.

Hoge en lage zuurgraad

Zuiver water heeft een zuurgraad of pH-waarde 7 (neutraal). Water met een pH lager dan 7 wordt zuur genoemd. Water met een pH hoger dan 7 wordt basisch genoemd. De meeste vissoorten kunnen een pH lager dan 5 en hoger dan 9 niet verdragen. De meeste wateren in Nederland zijn voldoende gebufferd, vooral door het neutraliserende kalk, zodat deze waarden zelden worden overschreden. Wateren in Drenthe, Noord-Brabant en Limburg hebben van nature een hoge zuurgraad, dat bij schommelingen een gevaar voor vissen kan opleveren. De zuurgraad van een water is ook afhankelijk van de aanwezigheid van koolstofdioxide of *koolzuur* (CO₂). Een toename van dit gas maakt het water zuurder. Bij de afbraak van organisch (bodem)materiaal door bacteriën wordt zuurstof verbruikt en omgezet in koolstofdioxide. De verteringsprocessen resulteren dus enerzijds in een afname van het zuurstofge-





Maaien kan visonvriendelijk zijn

halte en anderzijds in een verlaging van de pH. Verder kan bij extreme algenbloei of waterplantenwoekering onder invloed van fotosynthese veel koolstofdioxide uit het water verdwijnen. Hierdoor stijgt de pH op zonnige dagen soms tot boven de kritieke waarde 10.

Een te hoge zuurgraad kan het gevolg zijn van een lozing van zuren of van hemelwater dat bij een zware bui uit een zure omgeving (bijv. kattekleigrond) het viswater instroomt. Een lage zuurgraad kan ontstaan door de lozing van afvalwater met sterk basische stoffen.

Een zuurgraadvergiftiging is bij vissen herkenbaar in drie stadia. Eerst treedt bruinkleuring van kieuwdekselranden en kieuwen op. Het kieuwweefsel zet op en scheidt veel slijm af. Er treedt een melkachtige vertroebeling op van huid en ogen. De slijm huid laat los en de buik verkleurt rood. Tenslotte gaan vissen traag rondzwemmen en raken verlamd.

Baggeren en maaien

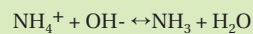
Tijdens bagger- en maaierwerkzaamheden in de zomer treden niet zelden vissterften op. De biologische afbraak van de opgewerkte slibdeeltjes of gemaaide plantenresten onttrekt nogal wat zuurstof uit het water. Modder kan bovendien de kieuwen van vissen verstikken. Maai- en veegboten, maaikorven en grijpers kunnen daarbij ook nog eens directe contactschade toebrengen aan paaiende vissen, aan afgezette eieren op planten en aan jonge vis.

Het feit dat vissen - indien mogelijk - wegtrekken uit delen van het water waar het zuurstofgehalte laag is, kan worden gebruikt om vissterfte tijdens werkzaamheden aan een water zoveel mogelijk te voorkomen. Werkzaamheden zoals bagge-

ren of het maaien van waterplanten kunnen gefaseerd worden uitgevoerd, waarbij delen van het water met rust worden gelaten en bijvoorbeeld een week of enkele weken later pas worden bezocht. Hierdoor kan de vis zich tijdelijk terugtrekken in ongestoorde delen van het water met een voldoende hoog zuurstofgehalte. In visrijke stromende watergangen verdient het de voorkeur stroomopwaarts te werken, zodat de vissen weg kunnen zwemmen en niet in zuurstofarm, vertroebeld water terechtkomen. Het najaar is de beste tijd. Hoewel baggeren en schonen tijdelijk het watermilieu kunnen verslechteren, is de maatregel voor een verbetering van veel wateren op termijn noodzaak.

Ammoniak

In het water zijn de stoffen ammonium (NH_4^+) en ammoniak (NH_3) in samenhang aanwezig. De mate waarin de beide stoffen voorkomen is afhankelijk van de zuurgraad en de temperatuur:



Toenemende temperatuur \Rightarrow

Toenemende pH \Rightarrow

Een toename van de pH van 7,0 naar 7,3 zal de hoeveelheid ammoniak verdubbelen en een toename van de watertemperatuur van 10°C naar 20°C zal hetzelfde effect hebben. Dit is van groot belang, omdat het ammoniak zeer giftig is voor vis, terwijl de giftigheid van ammonium voor vis te verwaarlozen is. Voor veel vissen ligt de dodelijke grens van ammoniak tussen de 0,2 en 0,5 mg/l. Bij een verhoogd ammoniakgehalte gaan kleine en grote vissen aan het wateroppervlak happen, net als bij zuurstofgebrek.

Let op vissen bij het onderhoud van watergangen





Bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen zijn een belangrijke bedreiging voor de gezondheid van vissen. Deze stoffen zijn immers ontwikkeld om levende organismen te doden. Ze kunnen in het water terechtkomen bij de bespuiting van oeverzones, oppervlakkig afstromen tijdens regenbuien en bij het morsen tijdens het oppompen van water uit sloten. Verdunwater kan daarom beter niet uit sloten, maar uit speciale pompplaatsen komen. Door een streng beleid rond de toelating van gewasbeschermingsmiddelen, is de kans op een dergelijke vergiftiging een stuk kleiner geworden. Door storingen in industriële installaties of menselijke fouten kunnen echter ook andere schadelijke stoffen in het water terechtkomen.

Een acute vergiftiging kan vaak waargenomen worden aan afwijkend gedrag van vissen. De vissen vertonen ongecoördi-

neerde zwembewegingen en zwemmen "stuurloos" rond, een gevolg van de aantasting van het zenuwstelsel. De vis lijkt het water te willen ontvluchten.

Een verdunde gifconcentratie hoeft niet direct vissterfte te veroorzaken, maar kan wel tot de dood leiden van viseieren, vislarven en voedseldiertjes en zo het verdwijnen van jaar-klassen van vispopulaties.

Het is vaak moeilijk om achteraf aan te tonen dat een vissterfte door bestrijdingsmiddelen (of andere giftige stoffen) is veroorzaakt. Het vergt specialistisch onderzoek van het water en de vis. Bij een dergelijk onderzoek is het van belang om te weten welke middelen in de buurt van het water zouden kunnen zijn toegepast. Watermonsters dienen door gespecialiseerde instanties te worden geanalyseerd.

Slootkanten sproeien: gelukkig geen gewoonte meer

