

# SUUREIDEN MERKITYS

---

## Ammonium

Ammonium toimii ravinteena vesistöjen kasveille ja leville, sillä se on yksi typen lähteistä. Typpi on yksi kasvien välttämättömistä pääravintoaineista ja kaikki kasvit, kuten myös eläimet, tarvitsevat typpeä (N) valmistaakseen aminohappoja ja proteiineja, jotka toimivat rakennusaineina ja monissa muissa tärkeissä tehtävissä. Kasveissa typpi on esimerkiksi tärkeä osa yhteyttämisessä tarvittavaa lehtivihreää sekä muita kasvin elintärkeitä aineosia. Typpi toimii lisäksi monissa kasvin kemiallisissa ja rakenteellisissa reaktioissa, joten sen saanti on kasville välttämätöntä. Kasvien kasvu määräytyy pitkälti typen saatavuuden mukaan: kasvu on sitä parempaa, mitä enemmän typpeä on saatavissa (tiettyyn rajaan asti). Typen puute taas ilmenee kasvissa kokonaisvaltaisena huonona kasvuna ja esimerkiksi haaleana värinä, joka johtuu lehtivihreän vähäisyydestä.

Monissa ympäristöissä typpeä on niukasti ja esimerkiksi vesistöissä vähäinen typpiyhdisteiden määrä johtaa vähäiseen vesikasvien ja levien määrään. Kun ammoniumin määrä lisääntyy vesistössä, kasvien kasvu kiihtyy lähes suorassa suhteessa lisätyn typen määrään nähden (jos muitakin tarvittavia ravinteita on saatavilla!). Jos vesistöön siis pääsee paljon ammoniumia, esimerkiksi typpilannoitteiden mukana, johtaa tämä usein vesistöjen kasvien ja levien huomattavaan lisääntymiseen ja vesistön rehevöitymiseen. Tämä johtuu siitä, että typpi toimii usein minimitekijänä, eli sen puute rajoittaa kasvua. Kun typpeä on enemmän käytettävissä, se saa aikaan räjähdysmäisen kasvun lisääntymisen. Kasvu ei kuitenkaan lisääny loputtomasti, sillä kun typpeä on tarpeeksi saatavilla, jokin toinen ravinne alkaa toimia minimitekijänä ja lopulta rajoittaa kasvua. Typen lisääntymisestä johtuva runsas rehevöityminen johtaa kuitenkin vesistöissä happipitoisuuden laskuun ja eliöiden kuolemiin.

Sopiva määrä ammoniumia on vesistöjen kasvien terveille kasville siis tarpeen, mutta liian suuret ammoniumpitoisuudet ovat monille eliöille myrkyllisiä. Liika ravinteiden määräkin siis saattaa johtaa huonoon kasvuun ja kuolemaan.

Vedessä suurin osa ammoniakista esiintyy ammonium-ionien muodossa ( $\text{NH}_4^+$ ), jota kasvit voivat käyttää sellaisenaan typenlähteenään. Ammoniumioneja syntyy muun muassa eläinten aineenvaihdunnan lopputuotteina, eli jätteinä, jotka poistetaan elimistöstä. Kaloista ammonium erittyy suoraan veteen, selkärankaisilla- ja sammakkoeläimillä virtsanerityselimistö muuttaa ammoniumin ensin vähemmän myrkylliseksi ureaksi joka laimenee nesteeseen (=virtsa) ja linnuilla sekä matelijoilla ammonium muuttuu aineenvaihdunnassa kiinteäksi väkeväksi virtsahapoksi, jonka mukana elimistöstä ei poistu juurikaan vettä. Kaikkien kuolleiden eliöiden ja eläinten jätteiden hajotessa syntyy ammoniakkia, jota maaperän hajottajabakteerit muuttavat edelleen ammoniumtypeksi, joka on kasveille käyttökelpoinen muoto. Tällöin eliöiden sisältämä typpi päätyy takaisin kiertoon. Eläinperäisten lähteiden lisäksi ammoniumia pääsee vesistöihin valuntana myös pelloilta, sillä sitä käytetään peltojen typpilannoituksessa. Liiallisen ammoniumin myrkyvaikutusten vuoksi peltojen typpilannoituksessa ei yleensä käytetä pelkkää ammoniumia, vaan myös muita kasvien käyttämiä typpilähteitä, kuten nitraatteja.

Typpeä esiintyykin vesistöissä myös nitraatteina ja nitriitteinä (ks. nitraatti), minkä vuoksi vesinäytteitä analysoitaessa tuleekin ottaa huomioon, että ammonium ei välttämättä kuvaa suoraan typen määrää vesistössä.

## Happamuus (pH)

Kala	Kriittinen pH-raja	Viihtyisä pH-alue
Kirjolohi	5,5	6,2 – 8,4
Made	5,2	6,0 –
Lohi	5,0	6,0 – 8,0
Taimen	4,5	5,6 – 8,0
Hauki	4,2	5,5 – 9,8
Ahven	4,0	5,2 – 8,5
Särki	5,2	NA

Kalaveden pH	Veden laatu
6,6 – 7,1	Erinomainen
7,2 – 7,3	Hyvä
7,4 – 8,0	Tyydyttävä
8,1 – 9,0	Välttävä
Yli 9,0	Huono

Happamuutta kuvataan pH:lla, joka kuvaa vetyionien ( $H^+$ ) ja hydroksidi-ionien ( $OH^-$ ) määrää: mitä happamampi aine, sitä enemmän vetyioneja. Hydroksidi-ionit taas nostavat pH-arvoa. Neutraali pH on 7. Tätä pienemmän pH -arvon omaavat aineet ovat happamia ja suuremmat pH -arvot kuvaavat emäksisyyttä. Numerolliset arvot kuvaavat happamuuden muutosta niin, että luvun kasvu pH -arvosta 7 arvoon 8 kuvaa  $OH^-$  -ionien kymmenkertaistumista. Sadevesi on yleensä hieman hapanta johtuen ilmassa olevan hiilidioksidin liukenemisestä siihen sekä ilmansaasteista, kuten rikkidioksidista ja typpioksideista. Muutkin veteen joutuvat saasteet vaikuttavat pH-arvoon. Voimakas yhteyttäminen taas nostaa pH-arvoa. Käytännössä veden happamuus on yleensä välillä 6-8 ja suurin osa eliöistä tuleekin parhaiten toimeen lähellä neutraalia pH-arvoa. Suomalaiset järvet ovat usein lievästi happamia (pH 6,5-6,8) johtuen runsaasta humuksen määrästä. Kuitenkin esimerkiksi soilla vesi on huomattavasti happamampaa ja tällöin myös suolla elävä eliöstö on sopeutunut happamampaan ympäristöön. Merivesi taas on lievästi emäksistä, pH:n ollessa noin 8.

pH vaikuttaa suuresti vesistön tilaan ja sen eliökoostumukseen. Pääsääntöisesti eliöt ovat sopeutuneita pieniin pH:n muutoksiin ympäristössään, mutta tavallista suuremmat pH -arvon muutokset aiheuttavat ongelmia. Happamuus heikentää kasvin kestävyttä ja elintoimintoja sekä vahingoittaa kasvien rakenteita. Tuhoja kärsivät varsinkin veden ja ravinteiden otossa tärkeät hiusjuuret sekä kasvia suojaavat pintarakenteet. Happamassa maassa myös ravinteet alkavat huuhtoutua kasvien ulottumattomiin ja voi syntyä myös myrkyllisiä yhdisteitä, jotka entisestään vaurioittavat kasvien juuria. Happamuus vahingoittaa myös maaperässä toimivia hajottajaeliöitä ja sotkee siten aineiden kiertoa. Vaikutuksia on myös eläimiin, sillä monet lajit eivät kestä liikaa happamuutta, ja lisäksi happamoituminen aiheuttaa lisääntymishäiriöitä. Järvissä happamoitumisesta kärsivät ensimmäisenä ravut sekä kalkkikuoriset eliöt, kuten simpukat ja kotilot, joiden kuoren ja tukirankojen rakennusaineet alkavat liueta happamassa vedessä. Myös kalojen mäti- ja maitimunat sekä kalanpoikaset ovat erittäin herkkiä happamuudelle. Happamoituminen saattaa siten hankaloittaa tai estää joidenkin lajien lisääntymistä ja vähentää ja lopulta hävittää vesistöstä kaikkein herkimmät lajit. Aikuisista kaloista kaikkein huonoiten happamuutta sietäviä lajeja ovat särki- ja lohikalat ja ne häviävätkin happamoituneista vesistä ensimmäisinä. Hieman edellisiä paremmin happamuutta sietävä kalalaji on esimerkiksi kuha. Toiset lajit taas kestävät pH:n vaihtelua ja happamuutta huomattavasti paremmin. Tällaisia kaloja ovat esimerkiksi hauki ja ahven.

Vesistön happamuus johtuu luonnollisesta kallio- ja maaperän suolojen, orgaanisten happojen (esim. kuolleista kasveista syntyvän humuksen) ja ilman hiilidioksidin liukenemisesta veteen. Happamoittavat aineet voivat liueta ympäristöstä suoraan vesistöön. Hapot voivat tulla myös sadeveden tai ympäristöstä tulevan valunnan mukana. Valunta voi tulla joko pinta- tai pohjaveden valuntana. Iso osa sateesta valuukin lopulta vesistöihin ja kuljettaa sinne samalla mukanaan maalta liuenneet hapot. Kun tähän vielä lisätään ihmisen aiheuttama happamoituminen, esimerkiksi jätevesien ja teollisuuden valuntojen kautta, ovat vesistömme melko suuren happamoitumiskuorman alla.

Vesistöt kestävät eri tavalla happamoittavia päästöjä. Esimerkiksi kalkkipohjaiset järvet pystyvät neutraloimaan happoja muita vesistöjä paremmin, sillä kalkki (kalsiumin oksidi) muodostaa veden kanssa emäksisen liuoksen. Happamoituneita vesistöjä ja maa-alueita voidaan myös hoitaa kalkitseamalla. Kaikki vesistöt pystyvät luonnostaan kestämaan jonkin verran happamoittavia päästöjä veden pH:n muuttumatta, sillä niissä on tietty puskurointikyky neutraloida sinne pääseviä happoja. Tärkeintä veden puskurikykyä kutsutaan bikarbonaattipuskuriksi, jossa veteen liuennut bikarbonaatti neutraloi vety-ioneja. Vesistön puskurointikyky ei kuitenkaan ole rajaton, vaan liian suuren happokuorman alla vesistö on menettää puskurikykyänsä ja vesistö happamoituu pysyvästi. Siihen kuinka herkästi vesistö happamoituu, vaikuttavat lisäksi vesistön koko sekä vesistön maaperän laatu. Vähävetiset järvet happamoituvat suuria järviä helpommin. Graniittinen kallioperä neutraloi happoja huonosti, joten kalliopohjaiset vedet, joissa kallioperän päällä on vain vähän kivennäismaata ja ohut eloperäinen kerros, happamoituvat herkemmin kuin vedet, joissa maannosta on paksummin.

Happamoittavia yhdisteitä ovat typen oksidit, rikkidioksidi sekä ammoniakki. Ihmisen aiheuttamat vesistöjä ja maaperää happamoittavat päästöt tulevat pääasiassa jätevesistä, maataloudesta, liikenteestä ja teollisuudesta. Näistä lähtevät päästöt voivat valua vesistöihin suoraan valunnan mukana, tai sitten liikenteen ja teollisuuden päästöt ilmakehän kautta kuiva- tai märkälasseumana. Kuivalasseumassa happamoittavat yhdisteet laskeutuvat kaasumaisina ja kiinteinä yhdisteinä esimerkiksi pölyn mukana suoraan vesistöihin tai maaperään. Märkälasseumassa ilmassa leijuvat happamoittavat yhdisteet tulevat sateen mukana alas niin kutsuttuina haposateina (pH<5). Vesistöt saavat happamoitumisessa aina maa-alueisiin verrattuna ”tupla-annoksen”, sillä suoraan veteen laskeutuneiden päästöjen lisäksi ainakin osa maalle laskeutuneista päästöistä kulkeutuu lopulta vesistöihin valunnan mukana.

Suomessa happamoituminen on ollut voimakkainta ennen 1990 lukua. Tilanne on kuitenkin parantunut silloisesta, kun happamoittavia päästöjä on vähennetty. Happamoitumista voidaan ehkäistä muun muassa vähentämällä ja puhdistamalla teollisuuden rikkipäästöjä, käyttämällä vähärikkisiä polttoaineita sekä käyttämällä autoissa katalysaattoreita. Jokainen yksilö voi ehkäistä happamoitumista lisäksi esimerkiksi säästämällä sähköä ja suosimalla joukkoliikennettä tai pyöräilyä. Koska monet happamoittavista päästöistä kulkeutuvat ilman mukana, ne eivät huomioi myöskään valtioiden rajoja. Monet Suomen happamoittavista päästöistä ovatkin peräisin muualta Euroopasta (39 %), ja Suomen omien päästöjen osuus on vain noin 17 %. Tämän vuoksi kansainvälinen yhteistyö ja sopimukset happamoitumisen ehkäisemiseksi ovat välttämättömiä.

## Liuenut happi (DO<sub>2</sub>)

Veden happipitoisuus	Veden laatu
Alle 2 mg/l	Huono
2 – 4 mg/l	Välttävä
4 – 7 mg/l	tydyttävä
7 – 14 mg/l	hyvä

Happipitoisuus on yksi tärkeimmistä tekijöistä vesistön ekosysteemissä, sillä ilman happea eliöt eivät selviydy hengissä. Liuenut happi kertoo, kuinka paljon vedessä on happea kasvien ja eläinten käytettävissä. Riittävä happipitoisuus, varsinkin veden syvänteissä, on osoitus vesistön hyvästä kunnosta, sillä veden pinnan happitilanne on lähes aina pohjaa parempi. Happipitoisuutta mitataan yleensä yksiköllä mg/l, mutta toisinaan voidaan käyttää myös kylläisyysastetta, joka ilmoitetaan prosentteina (%). Järven happitilanne on huono, jos pitoisuus on alle 5mg/l.

Kaikki eliöt tarvitsevat happea elintoimintojensa ylläpitämiseen: myös kasvit käyttävät osan tuottamastaan hapesta itse, ja vasta ylijäämä on muiden eliöiden käytettävissä. Mitä suurempi on vesistön happipitoisuus, sitä paremmin vesistö voi. Happea tulee lisää vesistöihin esimerkiksi vesikasvien yhteyttämisestä ja liukenemalla ilmakehästä veteen. Happea taas kuluu esimerkiksi kasvien ja eläinten hengityksessä, erilaisissa kemiallisissa reaktioissa (palamisessa) sekä pohjan bakteerien hajotustoiminnassa, jossa kuolleiden eliöiden aineet palautetaan takaisin ekosysteemin kiertoon. Suomalaisissa järvissä on usein paljon humusaineita, jotka värjäävät veden ruskeaksi ja tekevät vedestä hapanta. Humuksen määrä vaikuttaa osaltaan myös happipitoisuuteen: jotkut eliöt käyttävät humusta ravintonaan ja kuluttavat samalla vedestä happea. Humus myös estää valon pääsyn syvempiin vesikerrokseen, ja estää näin kasvien yhteyttämistä ja hapen tuotantoa syvemmällä (ks. sameus). Hapen lisääntymisen ja kulutuksen lisäksi vesistön happitilanne riippuu monista eri tekijöistä, kuten vuodenajasta, kasvillisuuden määrästä ja siitä, onko vesi paikallaan seisovaa vai virtaavaa.

Happea liukenee veteen pääasiassa ilmasta. Tämän takia happitilanne on vesistön pinnassa parempi kuin pohjalla, jonne hapen siirtyminen kestää kauemmin. Hapen liukoisuus veteen on riippuvainen veden lämpötilasta siten, että kylmään veteen liukenee enemmän happea kuin lämpimään. Talvella, jolloin veden lämpötila on noin 0,5-1 °C, pintaveden happipitoisuus on noin 12-13mg/l. Kesäaikaan taas ilman lämpötilan ollessa noin 18-20 °C, veden happipitoisuus on luokkaa 8-9 mg/l. Talvella jääpeite estää hapen liukenemista veteen ja paikoittain happitilanne voi olla erittäin huono, koska uutta happea ei tule riittävästi käytetyn tilalle. Veden lämpötilakerrostuneisuus on toinen asia, joka estää ilmasta liukenevan hapen tasaista sekoittumista pohjalle saakka. Lämpötilakerrostumisessa talvella veden pohjalla saattaa olla lämpöasteita ja pinnan läheisyydessä (jään alla) veden lämpötila on lähellä nollaa. Kesäaikaan taas kerrostuneisuus menee toisinpäin ja pohjalla oleva vesi on kylmempää ja lämpenee siitä pintaa kohti mentäessä. Järvissä eri lämpötilassa olevat vesikerrokset eivät sekoitu keskenään ilman kovia tuulia, tai jos niillä on jääpeite yllään, ja näin pintaan liuenut happi ei pääse sekoittumaan alempiin vesikerrokseen. Huonoimmat happitilanteet vesistöissä on siis havaittavissa kesäisin ja talvisin. Syksyisin ja keväisin järvissä tapahtuva veden täysikierto parantaa vesistön happitilannetta. Tällöin koko vesimassa on pohjalta pintaan asti suunnilleen saman lämpöistä ja vesi pääsee sekoittumaan kokonaisuudessaan, ja samalla happi sen mukana.

Virtaavissa vesissä happitilanne on seisovia vesiä parempi, sillä niissä vesi sekoittuu tehokkaammin, eikä vastaavaa lämpötilakerrostunteisuutta muodostu. Virtaavaan vesistöön ei myöskään muodostu talvisin jääpeitettä yhtä helposti kuin paikallaan seisovaan veteen. Merivedessä taas suolaisuus hidastaa jäätymistä ja siten jääpeitteen muodostumista. Parempi happitilanne on myös sellaisissa seisovissa vesissä, joihin laskee paljon puroja tai jokia, jotka sekoittavat ja tuovat mukanaan hapekkaampaa vettä jopa jääkerroksen alle.

Kaikki vesien happi ei ole kuitenkaan peräisin ilmasta liuenneesta hapesta. Osa on peräisin kasvien ja kasviplanktonin yhteyttämisreaktiosta, jossa tuotetaan hiilidioksidin ja auringon valoenergian avulla happea ja sokeria. Yhteyttävät eliöt käyttävät osan tuottamastaan hapesta itse, ja loppu vapautuu niiden ulkopuolelle ja on näin muiden eliöiden käytettävissä. Happi liukenee yhteyttäjiltä suoraan veteen vesieliöiden käyttöön. Osa siitä liukenee myös pois vedestä, ilmakehään. Happi liikkuu siis veden pinnan välityksellä molempiin suuntiin, riippuen siitä, kuinka paljon happea vedessä on. Tätä vedessä olevan hapen määrää kutsutaan hapen kylläisyysasteeksi. Kun kylläisyysaste on yli 100 %, se tarkoittaa, että vedessä on happea enemmän kuin kasvit ja eläimet sitä kuluttavat ja happea poistuu ilmakehään enemmän. Kun kylläisyysaste on tasan 100 %, happea poistuu vedestä yhtä paljon kuin sinne tulee. Veden kylläisyysaste kertoo siis luonnonveden tilasta niin, että tilanne on huono, jos aste on liian matala tai liian korkea. Esimerkiksi kylläisyysaste 80–100 % on hyvä, ja 40–70% tai 120-150% on välttävä.

Liian matala happipitoisuus vaikuttaa veden eläimiin, kuten kaloihin, haitallisesti. Kalan hapentarve riippuu esimerkiksi lajista, koosta, aktiivisuudesta ja aineenvaihdunnasta. Pienet kalat kuluttavat kokoonsa nähden suhteessa enemmän happea kuin isommat kalat. Osa lajeista saa herkemmin hapenpuutteesta johtuvia oireita ja jopa kuolee, kun taas toiset kalalajit pystyvät tulemaan toimeen vähähappisissakin oloissa. Parhaimpana esimerkkinä tästä on ruutana, joka pystyy elämään alkoholikäymisen avulla jopa täysin ilman happea. Kun veden happipitoisuus putoaa alle 5 mg:aan/l, alkaa useimmilla kalalajeilla näkyä hapenpuutteesta johtuvia oireita. Tällaisia ovat esimerkiksi vaaleavärisyys ja ilmanhaukkaaminen pinnalta. Osa lajeista kärsii kroonisesta hapenpuutteesta jo, kun veden happipitoisuus on 6-7mg/l. Pitkäaikainen vähähappisuus heikentää yleisesti kalan kuntoa ja kasvua ja esimerkiksi sietokykyä eri taudinaiheuttajia vastaan. Hapenpuutteeseen kuolleen kalan tunnistaa kidusten haaleasta väristä, sekä auki olevista kiduskansista ja suusta. Vastaavasti liiallinen happipitoisuus on myös vaarallista, joskaan ei kovinkaan usein riskinä luonnon vesissä. Silloin kala vähentää hengittämistä kidusten kautta ja sille voi muodostua kaasukuplatauti, jolla on samanlaisia oireita kuin ihmisellä sukeltajantaudissa.

Happipitoisuuden heikkeneminen vaikuttaa eliöihin kohdistuvien vaikutusten lisäksi myös elottoman luonnon kautta, sillä se sotkee joitakin kemiallisia prosesseja. Normaalitylanteessa järviin huuhtoutunut fosfori painuu pohjaan, kerrostuu (sedimentoituu) sinne ja peittyy muiden sedimenttien alle. Hapettomassa pohjassa reaktio kääntyykin toisin päin ja jo pohjaan sedimentoitunutta fosforia alkaakin vapautua takaisin veteen. Fosfori toimii typen tavoin kasvien tärkeänä ravinteena lisäten rehevöitymistä. Rehevöitymisen seurauksena enemmän kuollutta kasvimassaa vajoaa pohjaan. Tämä taas lisää entisestään vesistön happikatoa hajottajien käyttäessä pohjan happivaroja. Tätä itseään kiihdyttävää prosessia kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. Tämän lisäksi hapettomassa pohjassa hajottajat alkavat muodostaa hajotustoiminnassaan myrkyllistä rikkivetyä, joka tappaa pohjaeläimet ja karkottaa kalat.

## Lämpötila

Veden lämpötila vaikuttaa veden tilaan vaikuttamalla kaasujen liukenemiseen ja eliöiden terveyteen. Lämpötila vaikuttaa kaasujen liukoisuuteen, niin että kylmään veteen liukenee enemmän happea kuin lämpimämpään, kunhan vesi ei ole jään peitossa. Samoin tapahtuu hiilidioksidin kohdalla. Meriin on sitoutuneena valtavat määrät hiilidioksidia, mutta ilmaston ja sen seurauksena valtamerien lämmetessä meriin sitoutunut hiilidioksidi alkaakin vapautua ilmakehään, joka ennestään kiihdyttää ilmastomuutosta.

Kaikilla eliöillä on ympäristön ominaisuuksien suhteen sietorajat, joissa ne tulevat toimeen. Ominaisuuden ollessa parhaimmat kyseisille eliöille, ne selviävät, kasvavat ja lisääntyvät kaikkein parhaiten. Eliölaajien välillä on merkittäviä eroja siinä, kuinka suurta lämpötilan vaihteluväliä ne sietävät. Esimerkiksi taimenelle viihtyisä lämpötila on 5 – 20 °C ja sudenkorennonle 10 – 20 °C. Veden lämpötila vaikuttaa myös veden happipitoisuuteen, ja tämän takia esimerkiksi paljon happea vaativia lohikaloja esiintyykin enemmän kylmissä vesistöissä. Eri lajit ovatkin sopeutuneet elämään eri lämpöisissä olosuhteissa ja siksi lämpimissä ja kylmissä vesissä on usein omat lajinsa. Lisäksi on joitain lajeja, joiden lämpötilan sietoalue on hyvin laaja, ja niitä voi esiintyä hyvin erilämpöisissä vesissä. Kuitenkin yleisesti voidaan todeta, että mitä lämpimämpää vesi on, sitä enemmän siellä on lajeja ja elämää, sillä lämpimässä eliöt menestyvät paremmin kuin kylmässä – oli kyse sitten vedessä tai maalla elävistä lajeista. Tämän huomaa selvästi esimerkiksi verratessa yleisesti pohjoisen ja esimerkiksi sademetsien lajikirjoa. Kylmässä ympäristössä eliön energia menee esimerkiksi lämmöntuotantoon ja tämä energia on siis pois esimerkiksi ruuan hankinnasta tai lisääntymisestä.

Vaikka osa kalalajeista on sopeutunut elämään kylmissäkin lämpötiloissa, jopa lähellä nollaa astetta, vesi ei kuitenkaan saa olla niin kylmää, että kalojen kiduksiin alkaa muodostua jääkiteitä. Mikään kalalaji ei kestä edes lyhytaikaista jäätymistä, sillä jäätyminen rikkoo solurakenteita peruuttamattomasti. Koska kalat ovat vaihtolämpöisiä eläimiä ja niiden ruumiinlämpö riippuu ympäröivän veden lämpötilasta, kylmissä vesissä elävät kalat ovat uudessaan tavallaan ”puolijäässä”. Suurin osa kalalajeista kuolee, kun veden lämpötila alittaa -0,7 °C. Osa arktisten merialueiden lajeista voi kuitenkin selviytyä jopa pakkasasteissa väliaikaisesti, sillä merivesi jäätyy suolan takia vasta noin -3°C:ssa. Niiden elimistössä muodostuu jäätymistä estävää proteiinia, joka toimii pakkasnesteen tavoin. Sisävesien, kuten järvien kalat selviävät pakkastalvistakin useimmiten hengissä, sillä vaikka vedet jäätyvät pinnalta, niin vesi on pohjalla usein noin 4 asteista, ja järvet jäätyvät harvoin aivan pohjaan saakka.

Liian matalan lämpötilan lisäksi myös normaalia korkeammalla lämpötilalla on haitallisia vaikutuksia eliöihin. Veden lämpötila voi nousta luonnollisista syistä auringon lämmittäessä vettä. Myös veden ominaisuudet, kuten väri, sameus ja pohjan tummuus vaikuttavat veden lämpenemisnopeuteen. Lisäksi ihminen voi vaikuttaa vesien lämpötilaan: lämpösaastetta voi aiheutua vesistöihin tehtaiden jäähdytysvedestä tai varjon puutteesta, joka seuraa esimerkiksi kasvuston tuhoamisesta vesistön lähellä. Korkeampi lämpötila lisää perustuotantoa (yhteyttämistä) ja siten ravintoa on yleisesti enemmän saatavilla, jolloin kalapopulaatiot voivat kasvaa. Joidenkin kalalajien munien kehittyminen ja kuoriutumisen on tehokkainta tietyssä lämpötilassa ja lämpötilan muutokset saattavatkin vaurioittaa munia tai vaikuttaa kuoriutumisaikaan. Kuoriutumisaikojen muutokset taas saattavat vaikuttaa siihen, että kalanpoikasia syöville petokaloilla ei ole ravintoa saatavilla oikeaan aikaan. Normaalia poikkeavat lämpötilat saattavat vaikuttaa myös kalojen kutumiseen. Normaalia korkeampi lämpötila muuttaa kalan aineenvaihduntaa ja siten ne kasvavat nopeammin, olettaen että ravintoa on tarpeeksi saatavilla. Vaikutus on suuri varsinkin poikasten kasvunopeuteen ja poikasina syötävät saalisalat voivat kasvaa pedoille liian nopeasti. Liian lämmin vesi voi aiheuttaa kaloille stressiä ja laskea niiden sietokykyä erilaisia taudinaiheuttajia vastaan. Lämpimämpi vesi saa myös kalat hengittämään normaalia tiheämmin, mikä lisää hiukkasten kertymistä kalan kiduksiin sameassa vedessä.

## Nitraatti

Nitraatti on typen ja hapen muodostama anioni, joka liukenee hyvin veteen ja se toimii kasvien merkittävänä typpilähteenä. Kasvit eivät voi käyttää nitraattia hyväkseen sellaisenaan, vaan sen täytyy ensin muuttua kasvissa ammoniummuotoon, jotta se voi liittyä kasvin aineenvaihduntaan. Koska nitraatti on typen lähde ja typpi kasvien välttämätön ravinne, sen vaikutukset kasviin ovat samanlaiset kuin ammoniumilla: sopiva tai runsas määrä edistää tehokkaasti kasvien kasvua ja puute taas näkyy kokonaisvaltaisena huonokasvuisuutena.

Nitraattia pääsee vesistöihin jätevesistä sekä lannoitteista pelloilta tulevan valunnan mukana, mutta nitraattia esiintyy maassa ja vesistöissä myös luonnollisesti, sillä se on osa typen kiertokulkua. Suurin osa tyypestä on ilmassa kaasumaisessa muodossa, jota kasvit eivät voi sellaisenaan käyttää hyödykseen. Kasveille sopivia muotoja ovat epäorgaaniset typen muodot: ammonium, nitraatti ja nitriitti. Kasvien juurissa sekä maaperässä elävät bakteerit muuttavat ilman typpikaasua kasveille käyttökelpoiseen muotoon ammoniumtyypeksi. Tietyt maaperän bakteerit muuttavat hapen läsnä ollessa ammoniumtyyppiä edelleen kasveille sopivaan muotoon nitraateiksi ja nitriiteiksi, nitrifikaatioksi kutsutussa reaktiossa. Hapettomissa oloissa typpi taas muuttuu bakteerien toimesta kasveille käyttökeltottomaan muotoon. Vain harvat eliöt, esimerkiksi syanobakteerit (sinilevät), voivat käyttää suoraan myös ilman typpikaasua hyödykseen. Tämän vuoksi niillä onkin rajattomat typpivarastot käytettävissään, kun ne eivät kilpaile kasvien kanssa muista typen muodoista. Siksi vesistöjä pilaamaan muodostuu loppukesästä valtavia sinileväkukintoja, kun muut olosuhteet, kuten lämpötila ja valaistus, ovat otolliset.

Typen luonnollisen kiertokulun aiheuttamana tyyppiä ei ole yleensä liikaa kasvien käytettävissä, vaan typpi toimii ennemminkin kasvua rajoittavana minimitekijänä ja sen lisäsaanti saa kasvien kasvun kiihtymään. Näin käy myös vesistöissä, joissa nitraattipitoisuus on luonnollisesti melko matala. Suurin osa vesistöjen nitraattipitoisuudesta onkin ihmistoiminnan aiheuttamaa. Vesistöissä nitraattipitoisuuden kasvu aiheuttaa tehostuneen kasvien ja levien kasvun kautta vesien rehevöitymistä, happitilanteen heikentymistä ja eliöstön kuolemia.

Suomessa viljelyssä lannoitteiden käyttö on säännöstellä ja sille on asetettu tarkat rajat, joilla pyritään ehkäisemään nitraattien joutumista vesistöihin. Nitraatin päätymistä vesistöihin pyritään ehkäisemään lannoituksen säätelyn lisäksi myös erilaisilla peltojen ja vesistöjen välillä olevilla suojavyöhykkeillä sekä muilla säädöksillä liittyen muun muassa lannoitusten ajoitukseen ja peltojen sijaintiin. Maanviljelyn lisäksi toinen ihmisen aiheuttama typpilähde vesistöihin ovat jätevedet. Tätä kuormitusta pyritään vähentämään puhdistamalla jätevedet huolellisesti ja säätämällä erilaisia asetuksia muun muassa siitä, kuinka lähelle vesistöä saa rakentaa asutusta.

Kun vesistön nitraattipitoisuutta tarkkaillaan ympäri vuoden, nitraatin määrässä näkyy selkeä lisäys viljelyaikaan ja heti sateiden jälkeen, kun sadevesi on kuljettanut nitraattia lähivesistöihin. Ihmisen vaikutuksesta nitraattipitoisuus voi vesistössä olla yli 3 mg/l ja rehevöityminen voi sopivissa olosuhteissa alkaa jo 0,5 mg/l pitoisuuksissa. EU-direktiivit asettavat hanaveden nitraattipitoisuuden rajaksi 50 mg/l, mutta Suomi noudattaa ennen EU:n säädöksiä ollutta rajaa 25 mg/l.

## Sameus ja veden väri

Sameus on vesistöjen tutkimuksessa yksi luonnonveden ominaisuutta kuvaava suure, jonka avulla pyritään kuvaamaan veden kirkkautta ja läpinäkyvyyttä vähentäviä tekijöitä. Sameus siis kuvaa veden läpinäkyvyyttä ja johtuu vedessä olevien hiukkasten määrästä. Mitä suurempi sameusarvo, sitä sameampaa vesi on ja sitä vähemmän valo läpäisee vettä. Sameus mitataan tarkastelemalla, kuinka paljon valosta heijastuu sivulle ja tällä mittausten menetelmällä saadusta yksiköstä käytetään lyhennettä NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Sameus erotetaan veden väristä, joka myös vaikuttaa valon kulkemiseen ja esimerkiksi näkösyvyyteen vedessä. Veden väriin taas vaikuttavat erilaiset veteen liuenneet aineet, jotka aiheuttavat värjäytymää. Suomalaisissa vesissä humus on yleinen vedenväriä aiheuttava aine. Rungas humuksen määrä värjää veden tummaksi, ja pienempi määrä taas keltaiseksi tai ruskeaksi. Vedenvärin lisäksi humus vaikuttaa muun muassa veden happamuuteen (ks. happamuus) ja lämpötilaan (ks. lämpötila).

Monet eri tekijät voivat tehdä vedestä sameaa. Esimerkiksi savi ja plankton ovat niin pieniä hiukkasia, että ne eivät keveytensä vuoksi vajoa pohjaan, vaan leijuvat vedessä tehden sen sameaksi. Myös isommat hiukkaset voivat sameuttaa vettä, mutta painavuutensa takia ne vajoavat paikallaan olevassa vedessä vähitellen pohjaan. Sameutta aiheuttavat hiukkaset voivat tulla vesistöistä, esimerkiksi irrota pohjasta, tai sitten tulla ympäristöstä, kuten valunnan mukana ympäröiviltä alueilta. Veden sameuteen vaikuttavat muun muassa sateet ja veden virtaus sekä vedessä olevat saasteet. Veden virtaus nostaa pohjasta ainesta (mm. hiekkaa, savea, kuollutta eloperäistä ainesta) ja sekoittaa sitä veteen tehden sen sameaksi. Paikallaan seisovassa vedessä, kuten järvissä ja lammissa, taas tällaiset aineet painuvat vähitellen pohjalle, eivätkä ne sekoitu sieltä samalla lailla sameuttamaan vettä. Myös lähialueen maastoaineksella on vaikutusta. Esimerkiksi kallioisella alueella vesi on yleensä kirkkaampaa kuin savisella alueella, koska maa-aines ei pääse sekoittumaan veteen. Myös maalajin raekoko vaikuttaa veden kirkkauteen: raekooltaan pienet kivennäismaalajit, kuten savi ja hiesu, sekoittuvat keveytensä takia helpommin veteen kuin suuremmat raekoot. Tarpeeksi suuret raekoot eivät edes sekoitu veteen ja vaikuta sameuteen. Vesi voi sameutua myös eloperäisistä eliöistä, kuten planktonista, hajoavista kasveista tai runsaista kukinnoista (esim. syanobakteerit). Vesien rehevöityminen lisääkin veden sameutta. Myös eloperäiset maalajit vaikuttavat veden sameuteen, sillä niissä olevat pienet hiukkaset voivat sekoittua veteen. Tällaisia ovat muta- lieju-, humus- ja turvemaat.

Samea vesi tai tumma veden väri estää valon pääsyä syvempiin vesikerroksiin, sillä hiukkaset ja esimerkiksi humusaineet imevät itseensä auringonvaloa ja estävät sen pääsyn syvemmälle. Tämä vaikuttaa kasvien ja planktonin yhteyttämiskykyyn. Yhteyttäminen on mahdollista vain kerroksissa, joihin pääsee tarpeeksi valoa, joten syvemmällä vedessä kasvit eivät kykene yhteyttämiseen ja kuolevat (ks. PAR). Tämä taas lisää kuolleen kasviaineksen määrää pohjalla. Tämän seurauksena myös happitilanne saattaa heiketä, kun pohjan eliöt käyttävät happea hajottaessaan sinne vajonnutta kasvimassaa. Esimerkiksi Itämeressä rakkolevä on herkkä kärsimään veden samentumisesta ja katoaakin alueilta, joissa vesi on esimerkiksi rehevöitymisen takia muuttunut liian sameaksi. Samea tai tumma vesi myös lämpenee paremmin kuin kirkas vesi, (ks. lämpötila), sillä hiukkaset ja tumma väri sitovat itseensä lämpöä. Esimerkiksi humus sitoo itseensä eniten lämpöä pintavedessä (koska sinne pääsee eniten valoa), ja vahvistaa näin veden lämpötilakerrostuneisuutta. Tämä taas estää vesimassan sekoittumista, ja pahentaa pohjalla mahdollisesti olevaa happikatoa, kun pinnan hapekas vesi ei pääse sekoittumaan pohjan vähähappisiin kerroksiin asti (ks. liuennot happi).

Veden sameus vaikuttaa yhteyttävien kasvien lisäksi monien eläinten elämään, esimerkiksi kaloihin. Vaikutuksia on niin muniin, poikasiin kuin aikuisiin yksilöihin. Kalan muniin tarttuessaan hiukkaset voivat tukahduttaa ja tuhota munia, tai tehdä kelluvista mätimunista niin painavia, että ne vajoavat pohjalle, mahdollisesti hapettomiin olosuhteisiin. Monet kalalajit käyttävät näköaistia saalistuksessa, ja samea vesi heikentää saaliin näkemistä ja



siten vähentää ravinnonsaantia. Poikasten kohdalla vaikutus on vielä suurempi, sillä usein ne reagoivat saaliiseen vain hyvin lyhyeltä etäisyydeltä. Sameutta aiheuttavat hiukkaset myös tarttuvat kalojen kiduksiin aiheuttaen mekaanisia haittoja ja vaikeuttaen hengitystä. Poikaset ovat vielä aikuisia herkempiä hapenottovaikeuksille. Pohjalle laskeutuessaan painavimmat sameutta aiheuttavat hiukkaset voivat myös tukahduttaa ja hävittää pohjaeläimiä. Kalojen lisäksi sameus vaikeuttaa myös vesilintujen ja vesinisäkkäiden ravinnonsaantia, koska ne eivät kunnolla havaitse saalistaan.

Veden läpinäkyvyyttä voidaan mitata erilaisilla laitteilla vesinäytteestä, mutta yksinkertaisin tapa mitata näkösyvyyttä on valmis tai itsetehty sekkilevy. Levyä upotetaan veteen ja katsotaan missä kohtaa se häviää näkyvistä. Tässä kohtaa narusta katsotaan syvyys. Mittauksia ja johtopäätöksiä tehdessä on hyvä muistaa, että sameus tai veden väri eivät kuitenkaan kerro suoraan veden puhtaudesta, sillä esimerkiksi runsas eloperäinen aines tekee vedestä sameaa tai väriltään tummaa, mutta ei epäpuhdasta. Virtauksessa pohjasta noussut savi, hiesu tai hiekka ei myöskään suoranaisesti ole likaa tai saastetta. Toisaalta taas kirkkaaltakin näyttävä vesi voi olla pilaantunutta, sillä osa saasteista on esimerkiksi värittömiä. Samoin bakteerit eivät välttämättä näy sameusmittauksissa.

## Suolapitoisuus

Vesi	Suolapitoisuus (%)	Suolapitoisuus (ppt)
Merivesi (valtameret)	3,5 %	35 ppt
Merivesi (Itämeri)	0,3 – 0,7 %	3 – 7 ppt
Makea vesi	0 %	0 ppt

Yksi veden ominaisuus on suolapitoisuus. Makeassa vedessä suolaa ei ole lainkaan. Itämeri on vähäsuolainen murtovesi, sillä siihen laskee paljon jokia ja sen suolapitoisuus on alle prosentin. Valtamerissä taas vesi on huomattavasti suolaisempaa ja niiden suolapitoisuus on noin 3,5 %. Suurin merkitys suolalla on eliöstön kannalta. Makeassa ja merivedessä on omat lajinsa, jotka ovat sopeutuneet elämään siinä ympäristössä. Murtovedessä on lisäksi erikoislajinsa, jotka tulevat toimeen tällaisessa välimuotoisessa vedessä, mutta eivät välttämättä makeassa tai suolaisemmassa. Osa makean veden tai suolaisen veden lajeista pystyy kuitenkin tulemaan toimeen myös murtovedessä.

Valtamerialat ovat sopeutuneet elämään suuremmissa suolapitoisuuksissa eivätkä ne kykene elämään suolattomissa vesissä. Merissä ympäröivä merivesi on suolaisempaa kuin eliöiden sisällä oleva kudoste. Vesi liikkuu solun ja sen ympäristön välillä osmoottisesti aina laimeammasta pitoisuudesta väkevämpään yrittäen tasoittaa pitoisuuseroja solukalvon eri puolilla. Suolaisessa merivedessä vesi siis liikkuu pois eliöistä ympäröivään meriveteen. Meressä elävät eliöt siis menettäisivät koko ajan vettä ulkopuolelleen ja olisivat kuivumisvaarassa, elleivät ne olisi sopeutuneet elämään suolaisessa ympäristössä. Merissä elävien lajien kudosteet ovatkin tavallista väkevempiä, jotta väkevyys ero meriveden kanssa ei olisi niin suuri ja vettä ei poistuisi. Jos siis merivedessä elävän kalan laittaisi makeaan veteen, vesi alkaisi osmoottisesti liikkua ympäröivästä vedestä kalaan ja kala turpoaisi hengiltä. Kalojen täytyy merivedessä säästää vettä myös muin keinoin, ja yksi tapa liittyykin niiden ulosteen poistamiseen: kalojen kuona-aineet poistuvat väkevinä yhdisteinä, joiden mukana ei menetä vettä. Kalojen pissaa ei olekaan vedellä laimennettua ureaa, niin kuin nisäkkäillä, vaan väkevää ammoniakkaa, josta suurin osa poistuu kidusten kautta. Tarpeeksi nestettä saadakseen kalat myös juovat merivettä ja poistavat liian suolan kidusten kautta.

Makeassa vedessä tilanne on toisin päin. Ympäröivä vesi pyrkii nyt siirtymään kalojen sisälle, koska kalojen kudoste on väkevempää kuin ympäröivä vesi. Makean veden kalat taas ovat sopeutuneet tällaiseen ympäristöön. Niiden kudosteet ovat laimeampia, ja ne poistavat ylimääräistä vettä elimistönsä myös muilla tavoin. Samalla kala menettää suoloja, joten sen on saatava niitä ravinnostaan. Jos makean veden kalan laittaisi suolaiseen meriveteen, vesi alkaisi poistua kalan sisältä ympäröivään meriveteen osmoosin seurauksena ja kala kuivuisi.

Osa eliöistä on kuitenkin sopeutunut elämään erilaisissa olosuhteissa suolaisuuden suhteen ja esimerkiksi hauki selviää sekä makeassa vedessä että murtovedessä, mutta ei kuitenkaan valtameressä. Vaelluskalat taas tulevat toimeen sekä merivedessä että makeassa vedessä. Esimerkiksi merilohi elää suolaisessa vedessä (järvilohi makeissa sisävesissä), mutta vaatii makeaa vettä lisääntymiseen. Lohet nousevatkin lisääntymisaikaan jokiin kutemaan. Kuoriuduttuaan ja kasvettuaan poikaset vaeltavat jokia pitkin takaisin meriin.

Suolapitoisuus laskee veden jäätymispistettä ja vaikuttaa myös sitä kautta vesistöön ja sen eliöihin. Suolan vuoksi merivesi ei jäädy nollassa asteessa, vaan sen jäätymispiste on noin  $-3 - 4$  °C. Pohjoisilla alueilla, joissa merivesi laskee alle nollan asteen, muttei jäädy, eliölajit ovat sopeutuneet elämään jopa miinusasteisessa vedessä. Näiden lajien elimistö tuottaa ns. pakkasnestettä, jotka estävät niiden soluja jäätyästä.

## Sähkönjohtavuus

Vesi	Sähkönjohtavuus	
Tislattu vesi	$5,5 \cdot 10^{-2} \mu S/cm$	$5,5 \cdot 10^{-3} mS/m$
Talousvesi	50 – 500 $\mu S/cm$	5 – 50 $mS/m$
Jätevesi	500 – 1000 $\mu S/cm$	50 – 100 $mS/m$
Merivesi (Itämeri)	12 000 $\mu S/cm$	1 200 $mS/m$
Merivesi (Valtameret)	50 000 $\mu S/cm$	5000 $mS/m$

Sähkönjohtavuus eli konduktiivisuus on resistiivisyyden käänteisarvo, ja yksikkönä käytetään yleensä mS/m (millisiemensä / metri). Käytännössä se ilmoittaa, kuinka hyvin vesi pystyy johtamaan sähköä. Vesi itsessään ei ole hyvä johde, sillä täysin puhdas tislattu vesi ei johda juurikaan sähköä. Ukonilmalla ei ole silti turvallista mennä uimaan, sillä vedessä sähköä johtavat siihen liuenneet aineet, jotka kykenevät muodostamaan sähköä kuljettavia ioneja. Näitä aineita ovat pääasiassa mineraalit eli suolat, mutta sähkönjohtavuutta aiheuttavat myös vedessä olevat epäpuhtaudet. Esimerkiksi suolaisessa vedessä natriumkloridi (NaCl) muodostaa ioneja, ja sähkönjohtavuus on huomattavasti makeaa vettä suurempi. Sähkönjohtavuuden mittaaminen vedestä kuvastaakin veteen liuenneiden suolojen ja epäpuhtauksien määrää.

Makeiden vesien sähkönjohtavuuteen vaikuttaa vesistön maannos: helposti rapautuvasta kallioperästä liukenee helpommin mineraaleja veteen. Suomalaiset järvet ovat kuitenkin melko vähäsuolaisia, koska kallioperä on melko huonosti rapautuvaa. Suomalaisen järvien sähkönjohtavuus onkin tasoa 5-10 mS/m. Jokivedet johtavat sähköä hieman paremmin, ja arvo nousee, jos joki virtaa viljelyalueen läpi (15-20mS/m). Itämereen mentäessä sähkönjohtavuus nousee huomattavasti (>1000 mS/m), ja tämä ero johtuu pääasiassa meriveden suolapitoisuudesta. Valtamerissä, joissa suolapitoisuus on huomattavasti vielä Itämeren murtovettä korkeampi, sähkönjohtavuus on luokkaa 4800 mS/m. Hyvälaatuinen juomavesi sisältää yleensä hyvin vähän epäpuhtauksia ja suoloja, ja sen sähkönjohtavuus onkin erittäin pieni. Yhteiskunnan jätevesissä taas on puhdistuksesta huolimatta huomattavasti luonnonvesiä suuremmat ionimäärät, ja sähkönjohtavuus yleensä välillä 50–100 mS/m.

Järvien ja muiden vesistöjen sähkönjohtavuus johtuu muun muassa natriumin, kaliumin, kalsiumin tai sulfaattien pitoisuuksista. Sähkönjohtavuutta lisääviä aineita voi päätyä veteen ihmisen toimesta. Sähkönjohtavuutta lisääviä aineita pääsee vesistöihin maataloudesta (lannoitteet), jätevesistä, teiden suolauksesta, sekä sade- ja hulevesien päästämisestä vesistöihin. Sähkönjohtavuutta lisääviä suoloja pääsee vesistöihin kuitenkin myös luonnollisista syistä, kuten rapautumisesta tai maalta tulevan valunnan mukana. Lisäksi järvissä ja lammissa pohjalla tapahtuva hajotustoiminta vapauttaa orgaanisesta aineesta suoloja veteen, joka lisää pohjan sähkönjohtavuutta. Sähkönjohtavuus yleisesti suureneekin pinnalta pohjaan päin mentäessä. Pohjan sähkönjohtavuutta lisää myös pohjalla joskus esiintyvä happikato, kun pohjasedimentteihin liuenneet ravinteet alkavat hapettomissa oloissa vapautua takaisin veteen ja nostaa suolapitoisuutta.

Sähkönjohtavuuden eroja mittaamalla voi vesistöissä seurata jätevesien valumakohtia sekä jäteveden kulkeutumista ja kerääntymistä tiettyihin paikkoihin (esimerkiksi suvantopaikkoihin ja poukamiin), sillä jätevesien sähkönjohtavuus on huomattavasti luonnonveden sähkönjohtavuutta korkeampi. Samalla tavalla, vaikkakin päinvastaisena ilmiönä, voidaan seurata jokivesien kulkeutumista jokisuistossa ja merellä, sillä makean jokiveden sähkönjohtavuus on huomattavasti heikompi kuin meriveden.

## **Virtausnopeus**

Liian nopeasti virtaavassa vedessä ei asu pysyvästi moniakaan kaloja tai muita eliöitä. Jotkut kasvit ovat sopeutuneet virtaavaan veteen kasvattamalla vahvat juuret, joilla ne tarttuvat tiukasti pohjaan. Yleensä virtaavassa vedessä happipitoisuus on suurempi kuin seisovassa vedessä, sillä virtaavaan veteen ei muodostu samanlaista lämpötilakerrostuneisuutta kuin paikallaan seisovaan veteen ja pinnan hapekas ja pohjan hapeton vesi pääsevät näin sekoittumaan virtaavassa vedessä keskenään. Veden virtausnopeus vaihtelee riippuen lumien sulamisesta ja sateista (veden määrä siis vaikuttaa virtausnopeuteen, niin että isompi vesimassa virtaa nopeammin) ja mahdollisista esteistä, kuten majavien tai ihmisten rakentamista padoista, jotka hidastavat virtausta. Myös maaston muodot ja joen uoman muoto vaikuttavat virtausnopeuteen. Mitä suurempi korkeusero on virran ylä- ja alajuoksulla, sitä nopeammin vesi käytännössä virtaa. Joen uomassa virtaus on kitkan takia hitaampaa joen reunoilla ja lähellä pohjaa kuin keskellä vettä.

## **Fotosynteesi: PAR-anturi**

Kasvit ja eliöt käyttävät auringon valoa yhteyttämiseen. Yhteyttämiseen kykenevät eliöt eli tuottajat, kuten vihreät kasvit, plankton ja levät muodostavat fotosynteesissä hiilidioksidista auringon valoenergian avulla happea ja sokeria. Tämä prosessi on elämän edellytys, sillä se tuottaa happea toisenvaraisille eliöille, ja ravintoa tuottajia syöville kuluttajille. Yhteyttämisen ehtona on siis auringon valoenergia, jota kasvit nappaavat viherhiukkasissa olevilla pigmenteillään (lehtivihreä eli klorofylli) ja muuttavat tämän auringosta saamansa säteilyenergian monimutkaisten vaiheiden kautta kemialliseksi energiaksi orgaanisiin yhdisteisiin sokeriksi ja samalla vapautuu happea.

Vesissä elämä on mahdollista siellä missä on valoa, ja eniten sitä on saatavilla veden pintakerroksissa. Mentäessä syvemmälle auringon valon määrä vähenee (intensiteetti vaimenee) ja yhteyttäminen vaikeutuu, kunnes tarpeeksi pimeässä loppuu kokonaan. Vaimenemisen voimakkuuteen vaikuttavat vedessä olevat kemialliset yhdisteet, vettä sameuttava kiinteä maa-aines ja jopa plankton. Suomalaisissa vesissä lisäksi humus on yksi tärkeä vesiä tummaksi värjäävä tekijä, joka estää valon pääsyn syvempiin kerroksiin. Rehevöityneissä vesistöissä valon vaimeneminen on yleensä voimakkaampaa kuin niukkaravinteisissa vesistöissä, sillä rehevöityneessä vedessä on paljon ravinteita, planktonia ja muuta orgaanista ainesta jotka samentavat vettä ja estävät valon pääsyn syvälle. Rehevöityneessä vesistössä myös runsaat vesikasvimäärät suurine lehtineen ja varsinkin pinnalla kelluvat kelluslehtiset estävät tehokkaasti valon pääsyä alempiin vesikerroksiin. Syvemmällä vedessä, jonne valo ei pääse, kasvit kuolevat ja vajoavat vesistön pohjalle. Sinne vajoava lisääntynyt kuollut kasvimassa lisää hajotustoimintaa ja kuluttaa happea pohjalta. Tämä johtaa pohjan heikentyneeseen happitilanteeseen ja lopulta jopa täyteen happikatoon, joka tappaa ensin pohjaeläimet ja ylemmäs noustessaan hankaloittaa myös muiden eliöiden elämää (ks. luennut happi). Toisaalta rehevöitymisen seurauksena lisääntynyt kasvi- ja planktonmäärä myös yhteyttää enemmän ja tuottaa happea, mutta lopulta liian rehevöitymisen ja muun veden sameuden aiheuttaman valon puutteen seurauksena suuri osa kasveista kuolee.