

VISOCOLOR®SCHOOL

553088 Koulun vesitutkimussalkku

Käyttöopas

Tevella Oy

Sisältö

1. Johdanto; 3
2. Yleistä tietoa; 4
3. Toimintaohje; 4
4. Ammonium(ioni); 5
5. Veden kovuus; 7
6. Nitraatti; 9
7. Nitriitti; 11
8. Fosfaatti; 12
9. pH-arvo; 13

1. Johdanto

Vesitutkimus juontaa alkuperänsä 1500–1700-luvuilta – muiden muassa fyysikko Paracelsusiin, englantilaiseen kemistiin Robert Boyleen ja saksalaiseen fyysikko Friedrich Hoffmanniin (tunnettu ”Hoffmannin tipoista”). He kuvailivat ensimmäisen saostumisen ja värireaktiot havaitakseen veteen liuenneita aineita. Ensimmäiset siirrettävät vesitutkimuslaboratoriot esiteltiin jo 1800-luvulla – esim. kemian professori Johann F. A. Göttlingin toimesta, jota kannatti Johann W. Goethe ”kemiallisen kokeen kaappina”. Vesitutkimus koki merkittävän nousun 1800-luvulla titrimetristen ja kolorimetristen menetelmien takia, sekä yhä kuuluisan Carl Remigius Freseniuksen toimista hänen Saksassa olevissa kemiallisissa laboratorioissaan, jotka perustettiin 1848.

1900-luvun toisella puoliskolla ympäristö- ja vesitutkimus tulivat yhä tärkeämmiksi saasteiden lisääntymisen myötä. Vaikka instrumentaalinen analytiikka kehittyi, titrimetriset ja kolorimetriset tutkimusmenetelmät säilyttivät asemansa laboratorioissa sekä etenkin liikutettavina tutkimusmenetelminä. Nykypäivänä nämä menetelmät ovat yhdenmukaistettu (DIN-, EN- ja ISO-normien mukaan) ja siten virallisesti hyväksytyt. Niitä käytetään niin koeliuskoissa kuin myös kolorimetrisessä tai fotometrisessä tutkimuksessa, ja tarvittavat välineet on pakattu liikutettaviin tutkimussalkkuihin. Nykyisin tietynlaiset reagenssit sallivat erityisesti aineiden määrittelyn käyttämällä värjättyjä yhdisteitä, joiden väri-intensiteetti nousee pitoisuuden nousun kanssa.

Vesitutkimustestipakkaukset pohjautuvat sekä kolorimetriin että titrimetriin metodeihin. Titrimetrisesti pitoisuus määritetään käyttämällä muovisia pipettejä tai laskemalla pisaroita tippapullosta. Kolorimetrisesti värit kehittyvät sen jälkeen kun reagenssia on lisätty säiliöön, jossa on näyte, minkä jälkeen näytettä verrataan standardisoituihin väreihin ja täten keskinäinen pitoisuus voidaan määrittellä. Värien vertailuun käytetään joko väriasteikkoja tai levyjä. Käyttämällä värivertailun periaatetta (ns. vertailijassa) myös esivärjättyjä vesinäytteitä voidaan analysoida. Tässä tapauksessa vertailija sisältää vesinäytteen ilman reagenssia ja yhden näytteen reagenssilla sekä keskinäisellä reaktiivärillä. Väriasteikossa on kaksi riviä värejä; yksi rivi kuvaa eri pitoisuuksia ja toinen on valkoinen tai sisältää pohjavärin. Jotta pitoisuus voidaan määrittellä, vertailijaa liikutetaan väriasteikolla, kunnes molemmat värit täsmäävät. Näytesäiliön pituus (= kyvetissä olevan veden paksuus fotometrissä) määrittää kokeen herkkyden. Aineiden alhaiset pitoisuudet vesinäytteissä voidaan määrittellä riittävällä tarkkuudella.

Tärkeimmät parametrit vesistön arvioinnissa ovat pH-arvo, kovuus ja mahdollisten epäpuhtauksien myötä nitraatti-, nitriitti-, ammoniakki- ja fosforipitoisuudet.

2. Yleistä tietoa

Tämä suomenkielinen käännös on tarkoitettu käytettäväksi saksan- ja englanninkielisen alkuperäisen opaskirjan kanssa ja siinä esiintyvien kuvien ja taulukoiden tueksi. Huomioi myös varoitusmerkinnät.

Symbolit: Suositeltu käyttöpäivä ennen; (ensimmäinen symboli engl. oppaassa; kappale 2); Eränumero (LOT; toinen symboli); Valmistajan tuotenumero (REF; kolmas symboli); Säilytyslämpötila (neljäs symboli); Lue ohjeet (i; viides symboli); Huomioi turvallisuusseikat, jotka mainittu ohjeissa (huutomerkki; kuudes symboli)

Täydennyspakkaus reagensseja on saatavissa Tevellasta koodilla 553089.

3. Toimintaohje

Mittaukset *VISOCOLOR® SCHOOL* tutkimuspakeilla eivät tarvitse tueksi aiempaa tietämystä vesianalyyseistä ja sopivat hyvin kouluihin, oppilaille ja opettajille. Sekä kolorimetrisiä että titrimetrisiä menetelmiä käytetään. Tulokset voi lukea suoraan mg/L tai ppm (mg/L = ppm). Veden kovuus (kokonaiskovuus) ilmoitetaan kovuuden eri asteina (°d, saksalainen) tai mmol/L.

3.1. Kolorimetriset menetelmät

Kolorimetrinen tutkimus käyttää hyväkseen erityisten reagenssien ominaisuuksia, jotka muodostavat värjättyjä yhdisteitä kyseessä olevan aineen kanssa. Väri-intensiteetti nousee suhteellisesti halutun aineen pitoisuuden kanssa.

Kaikkia värejä verrataan standardisoituihin väreihin. Kun värit täsmäyvät, tulos voidaan lukea.

Kolorimetrisissä kokeissa *VISOCOLOR® SCHOOL* tutkimuspakkaus käyttää kahta mittalasia (putkea), jotka täytetään näytteellä. Reagensseja lisätään vain yhteen putkeen (mittalasi B). Kun kaikki reagenssit on lisätty ja keskinäinen reaktioaika on kulunut, vertailijaa liikutetaan värikartalla kunnes A- ja B- mittalasiin värit täsmäyvät (katsomalla näytteiden läpi ylhäältäpäin). Tulos voidaan lukea vertailijassa olevasta kolosta.

3.2. Titrimetriset menetelmät

Joitain aineita on vaikea tai jopa mahdoton muuntaa tutkittaviksi, värjättyiksi yhdisteiksi. Sellaisissa tapauksissa käytetään usein titrimetrisiä menetelmiä. Tällaisen tilavuuden tutkimuksen aikana reagenssi, joka reagoi halutun aineen kanssa, lisätään tipoitain määrättyyn näytetilavuuteen. Heti kun aine näytteessä on kokonaan muuntunut reaktiossa, lisäämällä titrausliuosta tipoitain tullaan tilanteeseen, jossa on ylimäärä reagenssia. Tämä on loppuneen reaktion kohta (ekvivalentti kohta) ja se näkyy värimuutoksena.

VISOCOLOR® SCHOOL tutkimuspakkauksen titrimetrisessä kokeessa on lisättävä indikaattoria näytteeseen, jonka tilavuus on 5ml. Titrausreagenssia lisätään pisara pisaralta kunnes näyte vaihtaa väriä. Tarvittava määrä pisaroita indikaattorin värin vaihtumisen saavuttamiseksi kuvaa halutun aineen määrää vesinäytteessä.

3.3. Hävittäminen

Käsittellyt näytteet voidaan huuhtoa viemäriin hanavedellä.

4. Ammonium(ioni)

Mittausalue

0.2–3 mg/L NH₄⁺

Koeohjeet

1. Lisää **5ml vesinäyte** molempiin mittalaseihin käyttämällä muoviruiskua. Laita toinen mittalasi A-paikkaan vertailijassa. Laita **reagenssi vain B-mittalasiin**.
2. Lisää **10 pisaraa** NH₄-1.
3. Sulje lasi ja sekoita.
4. Lisää yksi **mittalusikallinen NH₄-2**.
5. Sulje lasi ja ravistele kunnes jauhe on liennut.
6. Odota **5 minuuttia**.
7. Avaa lasi, lisää **4 pisaraa NH₄-3**.
8. Sulje lasi ja sekoita.
9. Odota **7 minuuttia**.
10. Avaa lasi ja liu'uta vertailijaa väriskaalalla kunnes värit täsmäävät. Varmista tulos vertailijassa olevasta kolosta. Kahden värin keskelle osuva lukema voidaan arvioida.

Kuva 1. 2 x 5 ml näyte K2. K3. Sekoita K4.

K5. Sekoita K6. K7. K8. Sekoita

K9. K10. Mittaus

Käytön jälkeen huuhtelee molemmat mittalasit kunnolla ja sulje ne.

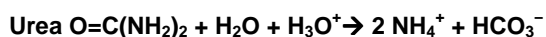
Tätä menetelmää voi käyttää myös tutkiakseen merivettä laimennuksen jälkeen (1+9).

Taustatietoa

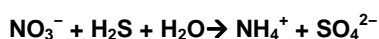
Luonnossa ammoniakkia muodostuu tulivuorten purkauksista sekä ilmakehän yläosissa typpi- ja vesihöyryn staattisista purkauksista. Lisäksi ammoniakkia muodostuu hajoamisprosesseissa, eli kasvi- ja eläinproteiineja sisältävän typen mineralisoitumisen aikana. Lähes kaikki magmaattiset kivet kivikunnassa sisältävät pieniä määriä ammoniumsuoloja. Suuria ammoniumkloridilähteitä on löydetty yli 1000 vuoden ajan kytevien hiiliesiintymien läheisyydestä. Myös ammoniumsuoloja voi löytää Vesuvius ja Etna-tulivuorien läheisyydestä. Näistä eri alkuperistä, kuten myös autoista ja teollisuuden pakokaasuista, merkittäviä määriä ammoniumsuoloja laskeutuu maaperään sateen mukana.

Sekä ihmiset että eläimet erittävät ammoniakkia virtsan yhteydessä typpiyhdisteinä ulosteessaan. Ammoniakki on solumyrkky kehittyneemmissä eliöissä, joten se täytyy poistaa niin pian kuin mahdollista. Aineenvaihdunnallinen välittäjäaine muodostuu aivoissa, lihaksissa, maksassa ja munuaisissa. Se reagoi välittömästi hiilidioksidin kanssa virtsassa ja aivoissa siitä tehdään harmiton muuntamalla se glutamiiniksi. Ammoniumsuolat, toisin kuin ammoniakki, eivät ole myrkyllisiä.

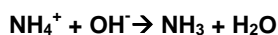
Ammoniumioneja voi myös muodostua mikrobien nitraatin pelkistyksessä. Näitä ioneja saattaa päätyä luonnonvesistöihin lannoitevalumista tai orgaanisten yhdisteiden ensisijaisista hajoamistuotteista kunnallisista jätevesistä. Puhtaissa vesistöissä on vähemmän kuin 0,1mg/l ammoniumioneja, mutta saastuneessa vedessä saattaa olla jopa yli 10mg/l. Erityisesti hygieeniseltä kannalta ammoniumyhdisteiden sisältöä täytyy arvioida kriittisesti, sillä ammoniakkia saattaa muodostua ihmisten tai eläinten jätteiden hajoamisprosessissa. Esimerkiksi virtsa hajoaa ammoniakiksi ja hiilidioksidiksi tai ammonium- ja vetykarbonaatti-ioneiksi reaktiossa:



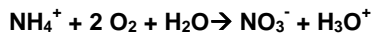
Poikkeustapaus on suovesi tai erityinen pohjavesi korkeilla rauta- ja mangaanipitoisuuksilla, joissa rautasulfidi ja hiilidioksidi muodostavat vetysulfidin maan paineen avulla, mikä heikentää nitraatin ammoniakiksi.



Ammoniakki on erityisen myrkyllistä kaloille (alkaan 0.5gm/l) ja sitä esiintyy pH-arvon ollessa yli 7 ammoniumionien ja ammoniakkin pH-riippuvaisen tasapainon takia.



pH:n ollessa 6, tasapaino on miltei yksinomaan vasemmalla puolella, pH:n ollessa 8 jo 4%, pH 9 25% ja pH:n ollessa 10 jopa 78% ammoniakkeja esiintyy (veden lämpötilan ollessa 17°C).

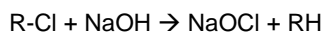


Tämä prosessi on toisaalta tärkeä osa vesien puhdistumista, mutta toisaalta se saattaa johtaa kalojen kuolemaan hapen kulutuksen vuoksi. Niin sanottu nitrifikaatioprosessi muuntaa ammoniumsuoloja nitriitin avulla nitraateiksi. Nitraattia taas käyttävät kehittyneemmät kasvit juurissaan ja lehdistään monimutkaisissa biosynteesivaiheissa luodakseen olennaisia proteiineja. Biologisissa jätevedenpuhdistamoissa tyyppiyhdisteiden kuten ammoniakin, nitraatin ja nitriitin monitorointi on tärkeää, sillä nitrifikaatiovaiheet ovat tärkeimpiä puhdistusmenetelmissä. Ammoniumpitoisuus jätevesivirtauksessa määrittelee hapen tarpeen. Jäljelle jäävä ammoniakki jäteveden ulosvirtauksessa antaa tietoa puhdistamon tehokkuudesta.

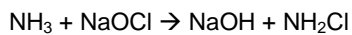
Reaktiopohja

Monokloramiinia saadaan ammoniumioneista kloorin vaikutuksesta emäksiseen alueeseen. Yhdistäen tymolia tämä muodostaa sinistä indofenoliväriainetta.

Reaktioyhtälö



(R= Dichloroisocyanuric acid [CAS 2893-78-9]) natriumhypokloriitti



monokloramiini

Tymoli + NH_2Cl Na₂[Fe(CN)₅NO] / natriumnitroprussidi katalyytti N-Chloroquinoneimine[CAS 637-61-6]

N-Chloroquinoneimine + tymoli – HCl → indofenoli sininen

Häiriöt

Primääriset amiinit reagoivat kuten ammoniumionit ja tuottavat korkeampia tuloksia. Riippuen pitoisuudesta, aineet jotka kiinnittyvät klooriin, saattavat heikentää mittaustuloksia tai tukahduttaa reaktion kokonaan.

Varoitus

NH₄-1 sisältää natriumhydroksidiliuosta 5-20%. NH₄-3 sisältää etanolia 20-55% ja tymolia 5-10%.

Aiheuttaa vakavia palovammoja sekä silmävaurioita.

Älä hengitä höyryjä. Käytä suojakäsineitä ja –hanskoja. JOS NIELTY: Huuhtelee suu. Älä aiheuta oksentamista. IHOLLA (tai hiuksissa): Poista välittömästi altistuneet vaatteet. Huuhtelee iho vedellä/suihkussa. HENGITETTYNÄ: Poistu raittiiseen ilmaan ja pysy helposti hengitettävässä asennossa. SILMISSÄ: Huuhtelee varovasti vedellä useita minutteja. Jos käytät piilolinssijä, poista ne jos mahdollista. Jatka huuhtomista.

5. Veden kovuus

Mittausalue

1 pisara 1°d 17.8mg/l CaCO₃

Koeohjeet

1. Lisää **5ml vesinäyte** muoviputkeen käyttämällä muoviruiskua.
2. Lisää **2 pisaraa GH-1**.
3. Ravista hellästi sekoittaaksesi sisällön. Vesinäyte muuttuu **punaiseksi**. Jos näyte muuttuu vihreäksi, näytteessä ei ole kovuutta tuottavia aineita.
4. Pidä tippapullo **GH-2** täysin pystysuorassa ja lisää reagenssi pisara pisaralta, ravistamalla samalla näytettä sekoittaaksesi sitä kunnes se muuttuu **vihreäksi**.
5. Laske pisaroiden määrä. Yksi pisara vastaa yhtä vedenkovuusastetta (°d).

Kuva 1. 5ml näyte K2. K3. Ravistele hellästi K4. GH-2 kunnes värjäytyy K5. Punainen → vihreä

Käytön jälkeen huuhtelee muoviputki kunnolla.

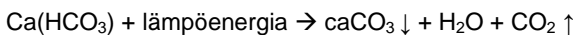
Sulje tippapullot heti käytön jälkeen. Älä koske pipetteihin.

Tätä metodia voidaan käyttää myös laimennetun meriveden tutkimiseen (1:30).

Taustatietoa

Termi "kovuus" viittaa kalsiumionien käyttämiseen saippuan puhdistusominaisuuksien heikkenemiseen muodostamalla vaikeasti liukenevaa tai liukenematonta kalkkisaippuaa (korkeampien rasvahappojen kuten palmitiinihapon kalsiumsuoloja). Kovuuden osina kalsium ja magnesium huomioidaan yhdessä. Luonnonvesistöissä strontium- ja bariumsuolat voidaan jättää huomiotta niiden alhaisten pitoisuuksien takia (niiden karbonaatit ja sulfaatit ovat vaikeasti liukenevia).

Kalsium- ja magnesiumsuolojen summaa kutsutaan veden kovuudeksi. Jos näitä maaperästä tulevia ioneja esiintyy vetykarbonaatteina, ne nopeuttavat veden kiehumispistettä kalkkikerrostumina:



Vetykarbonaattien aiheuttamaa veden kovuutta kutsutaankin usein tilapäiseksi kovuudeksi. Muiden happojen suolat (kuten esim. suolahapon ja rikkihapon) pysyvät liuoksessa myös vettä kuumenttaessa. Tällaista kovuutta kutsutaan *pysyväksi kovuudeksi* tai *sulfaattikovuudeksi*.

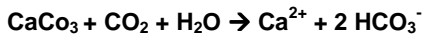
17.8 mg/L CaCO₃ = 1 °d

Riippuen kalsium- ja magnesiumsuolojen määrästä, vesi luokitellaan kovaksi tai pehmeäksi eri asteikoilla:

Erittäin pehmeä	0-50 mg/l CaCO₃
Pehmeä:	50-120 mg/l CaCO₃
Keskikova:	120-240 mg/l CaCO₃
Kova:	240-360 mg/l CaCO₃
Erittäin kova:	enemmän kuin 360 mg/l CaCO₃

Kalsiumioneja ja magnesiumioneja voi löytää miltei kaikista luonnollisista ja saastumattomista vesistä. Geokemiallisissa prosesseissa hiilidioksidi poistaa vetykarbonaatteja kivistä kuten dolomiitti, marmori, kalkkikivi ja kipsi, liuottaen vetykarbonaatteja (tai kipsin sulfaatteja) veteen. Tällaisten kivien valuma-alueilla esiintyy korkeita vedenkovuusasteita, joskus jopa yli 360 mg/l CaCO₃. Uusilla hiekkakivialueilla vedessä taas on vain vähän kovuutta aiheuttavia osia. Hiilen sitomisen takia (yhteyttäessä) niin sanottu biogeeninen kalkinpoisto saattaa tapahtua planktonrikkaisissa vesissä, luoden korkeita vedenkovuusasteita.

Tätä kuvaa seuraava:



Ottaen huomioon äärimmäiset geologiset olosuhteet, usein vesi, jonka kovuus on yli 420 mg/l CaCO_3 (n. 25°d), luokitellaan saastuneeksi. Tällainen saastuminen saattaa johtua kaatopaikkojen valumista. Kasvinosien hajoaminen muodostaa hiilidioksidia, joka tiheyyden mukana maahan. Kalkkia sisältävä maaperä voi siten luovuttaa kalsiumkarbonaatteja ja kalsiumvetykarbonaatteja (kalkkikerrostumayhtälö päinvastoin). Lannoitteet saattavat lisätä kalsiumsuoloja pohjaveteen. Tietty aste kovuutta on toivottavaa juomavedessä kahdesta syystä. Ensimmäiseksi, kalsiumkarbonaattit muodostavat suojakerroksen putkistoihin, joten vapaa, niin sanottu aggressiivinen hiilidioksidi ei voi vahingoittaa niitä. Toiseksi, ottaen huomioon ihmisten mineraalitarpeet, 20-60 mg/l kalsiumia on toivottavaa. Yli 280 mg/l kalsiumia tai 125 mg/l magnesiumia ei kuitenkaan tulisi ylittää. Kovassa vedessä on tuorempi maku kuin pehmeässä, tai jopa "puhtaassa" tislatussa vedessä. Keskikova juomavesi saattaa kattaa 10% päivittäisestä kalsiumtarpeesta. Korkea kovuusaste saattaa johtaa huomattaviin eroihin kahvin ja teen maussa.

Karbonaattikovuus (ks. pH-arvo, synonyyminä käytetään alkalisuutta) on nimi maaperästä peräisin oleville pohjaioneille, joita esiintyy vetykarbonaateina tai karbonaateina. Normaalisti osa kalsium- ja magnesiumsuoloja liukenee sulfaatteina, jotta karbonaattikovuus on aina pienempi kuin veden kovuus. Vettä pidetään vähemmän ravinteikkaana, jos se sisältää karbonaattikovuutta alkaliniteettilukumalla, joka on alle 0.5, ja ravinteikkaana jos nämä arvot ovat yli 1.5. Erittäin kovaa veden kovuutta tai korkeita alkaniliteettilukemia esiintyy Britannian kuuluisissa liituaalueen joissa, jotka ovat parhaimpia lohikalajien kalastuspaikkoja maailmassa. Hapokkaammissa vesissä, joissa on vähän kalsiumkarbonaatteja, on myös vähemmän kaloja.

Reaktiopohja

Kompleksometrinen titraus

Magnesium- ja kalsiumionit, jotka aiheuttavat kovuutta, yhdistetään kompleksinmuodostaja EDTAn kanssa, jotta ne muodostavat kelaatteja. Testi tehdään titraamalla käyttämällä metalli-indikaattoria, joka vaihtaa väriä kun kaikki kovuutta aiheuttavat aineet ovat yhdistetty.

Reaktioyhtälö

Häiriöt

Kupari-ionit (II) saattavat myöhästyttää indikaattorin vaihdosta tai jopa estää tämän, jos korkeita määriä esiintyy. Joten jos kupariputkia käytetään, anna veden valua riittävän ajan ennen näytteen ottamista.

Muuntotaulukko

Varoitukset

GH-1 sisältää trietanolamiinia 20-45% ja etanolia 20-55%.

6. Nitraatti

Mittausalue

1-90 mg/l NO₃⁻

Koeohjeet

1. Lisää **5ml vesinäyte** kumpaankin mittalasiin käyttämällä muoviruiskua. Laita mittalasi A-paikkaan vertailijassa. Lisää **reagenssi vain mittalasiin B**.
2. Lisää **5 pisaraa NO₃-1**.
3. Sulje lasi ja sekoita.
4. Lisää **1 mittalusikallinen NO₃-2**.
5. Sulje lasi ja ravistele sekoitusta **välittömästi minuutin ajan**.
6. Odota **5 minuuttia**.
7. Avaa lasi ja liu'uta vertailijaa väriasteikolla kunnes värit täsmäävät. Varmista tulos vertailijassa olevasta kolosta. Kahden värin keskelle osuva lukema voidaan arvioida.

Kuva 1. 2 x 5 ml näyte K2. K3. Sekoita K4. K5. Sekoita kunnolla K6. K7. Lukema

Käytön jälkeen huuhto molemmat mittalasis kunnolla ja sulje ne.

Tätä menetelmää voidaan käyttää myös meriveden tutkimiseen (ks. Muuntotaulukko)

Taustatietoa

Natriumnitraatti on tärkein luonnollisesti esiintyvä nitraatti. Suurin esiintymä on Pohjois-Chilen kuivilla alueilla. Sen takia sitä kutsutaan joskus Chilen salpietariksi. Lisäksi pieniä esiintymiä on Egyptissä, Kolumbiassa ja Kaliforniassa. Kaliumrikkaiden maaperien rapautumisesta syntynyttä kaliumnitraattia esiintyy myös Intiassa, Kiinassa ja Egyptissä. Nitraatteja muodostuu lähinnä proteiinin muuntumisen tuloksena (esim. kuollut merilevä natriumnitraatin tapauksessa) mikrobien nitrifikaatioissa. Kalsiumnitraatin (ns. ”muuraussalpietari”) muodostuminen on erilainen. Hajoavista proteiineista bakteerit muodostavat hapettavissa prosesseissa ensin ammoniakkia ja sitten typpihappoa. Typpihappoa muodostuu yhdessä kalsiumkarbonaattien kanssa muurauskalsiumnitraatissa. Joitakin kasveja, jotka osoittavat nitraatin esiintymistä maaperässä ja pystyvät jossain määrin varastoimaan nitraattia hyvin, kutsutaan nitraattikasveiksi (nitrofiiliseksi). Nitrofiilisiä kasveja ovat muun muassa horsmat, nokkoset, jättiputket ja koiranputket, mitä esiintyy suurina määrinä kosteikoissa tai muokatuissa maissa, joissa on suuria määriä nitraattia.

Joissakin ihmisten ravinnoksi käytettävissä kasveissa on myös suuri nitraattipitoisuus, kuten esimerkiksi pinaatissa, soijapavuissa, lehtijuurikkaassa, punajuuressa ja retiisissä. Nitraatti sinänsä ei ole myrkyllistä ihmisille ja eläimille. Nitraattien vaara kehittyi ihmiskehossa, tarkalleen ottaen ruuansulatuselimistössä (jo syljessä); bakteerit voivat muodostaa nitriittejä nitraateista (ks. Nitraatit).

Luonnollisessa ja saastumattomassa vedessä nitraatti-ionipitoisuus on 0.4 mg/l ja 0.8 mg/l välillä ja nitriitti-ionipitoisuus on enintään 0.01 mg/l. Lannoitteista (salpietareista) kuin myös nitraattiyhdisteiden aerobisesta hajoamisesta (esim. proteiinien) suuria määriä nitraatteja saattaa joutua veteen.

Saastuneissa vesistöissä nitraattipitoisuus saattaa vaihdella 50-150 mg/l välillä, ja suuremmatkin lukemat ovat mahdollisia. Jos tällaiset korkeat nitraattipitoisuudet eivät pohjaudu geologisiin salpietarisäostumiin (etenkin kun pitoisuudet pohjavesissä ovat korkealla), kyseessä on aina saastuminen.

Arvioidakseen vesistöjen itsepuhdistautumiskykyä, on tärkeää tutkia esiintyykö myös korkeita määriä ammoniakkia ja nitriittiä. Jos näitä muita ei esiinny paljoa, itsepuhdistautumiskyky on riittävä. Tämä suhde sopii myös biologisten jätevedenpuhdistamoiden ulosvirtaukseen. Juomavedessä 50mg/l on WHO:n, EU:n ja Saksan vesiviranomaisten asettama raja.

Reaktiopohja

Nitraatti-ionit vähentävät nitriitti-ioneja happamissa liuoksissa. Yhdistettynä sopivaan aromaattiseen amiiniin, nämä muodostavat oranssinkeltaisen Atso-väriaineen.

Reaktioyhtälö

1. Pelkistysaine
2. 1,3 fenyleenidiamiini → 3-atsoaniliini
3. 1,3 fenyleenidiamiini + 3-atsoaniliini → Atso-väriaine

Häiriöt

Riippuen pitoisuuksista, hapettavat aineet saattavat heikentää mittaustulokseja tai tukahduttaa reaktion kokonaan. Kloori $\leq 10\text{mg/l}$ ei aiheuta häiriötä. Nitriitti aiheuttaa häiriötä (sama reaktio). Tämä voidaan kiertää lisäämällä amidosulfonihappoa.

Vesinäytteen tulisi olla $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä. Alemmilla lämpötiloilla reaktio tapahtuu huomattavasti hitaammin, ja tulokset ovat heikkoja.

Muunnostaulukko

(nitraatti-vety) merivedessä

Varoitukset

NO_3^- sisältää m-fenyleeni-diammoniumkloridia 1-10% ja sitruunahappoa 10-20%. Saattaa aiheuttaa allergisen reaktion.

Vältä hengittämästä pölyä. Aineelle altistuneita työvaatteita ei tulisi viedä ulos työpaikalta. Käytä suojalaseja ja suojahanskoja. IHOLLA: Pese käyttäen paljon vettä ja saippuaa. Jos iho ärsyyntyy tai ihottumaa esiintyy: Hakeudu lääkäriin. Pese aineelle altistuneet vaatteet ennen uudelleenkäyttöä.

7. Nitriitti

Mittausalue

0.02-0.5 mg/l NO_2^-

Koeohjeet

1. Lisää **5ml vesinäyte** kumpaankin mittalasiin käyttämällä muoviviruisia. Laita mittalasi A-paikkaan vertailijassa. Lisää **reagenssi vain mittalasiin B**.
2. Lisää **4 pisaraa NO_2-1** .
3. Sulje lasi ja sekoita.
4. Lisää **1 mittalusikallinen NO_2-2** .
5. Sulje lasi ja ravistele sekoitusta kunnes jauhe on liennut.
6. Odota **10 minuuttia**.
7. Avaa lasi ja liu'uta vertailijaa väriasteikolla kunnes värit täsmäyvät. Varmista tulos vertailijassa olevasta kolosta. Kahden värin keskelle osuva lukema voidaan arvioida.

Kuva 1. 2 x 5ml näyte K3. Sekoita K5. Sekoita K7. Tulos

Käytön jälkeen huuhtelee molemmat mittalasit huolellisesti ja sulje ne.

Tätä metodia voidaan käyttää myös meriveden tutkimiseen.

Taustatietoa

Aikuiset ihmiset muuntavat nitraattia nitriitiksi ohutsuolessaan, kun taas vauvat tekevät niin jo vatsassaan, koska heidän vatsahapon tuotantonsa ei ole vielä kehittynyt kokonaan. Vatsahappo mm. estää nitraattia vähentävää bakteeria leviämstä ohutsuolessa. Nitriitti salpaa hemoglobiinin, joka vastaa hapen kuljettamisesta. Happi korvataan nitriitistä saatavalla typpimonoksidilla, joka ottaa hapen paikan hemoglobiinin sisältämästä raudasta. Tämä voi aiheuttaa hengenvaaralliset olosuhteet ja tukehtumisvaaran etenkin lapsilla ja vauvoilla.

Nitriittiä muodostuu väliaineena ammoniumionien hapettumisen (ks. Ammonium) tai nitraatin pelkistymisessä. Se on erittäin myrkyllinen kaloille ja esittää esivaiheisia syöpää aiheuttavia N-nitrosoryhmän yhdisteitä (esim. reaktio amiinien ja nitrosoamiinien kanssa).

Nitriitti-ionipitoisuus pohja- ja pintavesissä on alhainen. Jätevesi saattaa sisältää suurempia määriä nitriittiä, mikä saattaa johtua metalli- ja kemikaaliteollisuuden jätevesistä tai saastumisesta ulosteiden takia. Toinen nitriittilähde nitraatista saattaa olla sinkityt rautaputket talouksien putkistoissa. Jos pitoisuus on alle 1mg/l, katsotaan se harmittomaksi.

Reaktiopohja

Sulfaniiliamidi diatsoisoidaan nitriitillä happamassa liuoksessa. Diatsoniumsuola yhdistyy naftyyliamiinin kanssa ja muodostaa punaviolettia Atso-väriainetta.

Reaktioyhtälö

1. sulfaniiliamidi \rightarrow diatsoniumsuola
2. [N-naftyyli-1] -etyleenidiamidi + diatsoniumsuola
 \rightarrow Atso-väriaine

Häiriöt

Jos kromi(VI)- ja rauta(III) -ioneja esiintyy yli 3mg/l, aiheuttavat ne liian korkeita nitriittiarvoja. Kloori häiritsee jo hetkellisinä pitoisuuksina.

Muuntotaulukko

(Nitriitti-typpi)

Varoitukset

NO₂-2 sisältää sitruunahappoa 20-100&.

8. Fosfaatti

Mittausalue

0.5-15 mg/l PO₂³⁻

Koeohjeet

1. Lisää **5ml vesinäyte** kumpaankin mittalasiin käyttämällä muoviruiskua. Laita mittalasi A-paikkaan vertailijassa. Lisää **reagenssi vain mittalasiin B.**
2. Lisää **6 pisaraa PO₄-1.**
3. Sulje lasi ja sekoita.
4. Lisää **6 pisaraa PO₄-2.**
5. Sulje lasi ja sekoita.
6. Odota **10 minuuttia.**
7. Avaa lasi ja liu'uta vertailijaa väriasteikolla kunnes värit täsmäyvät. Varmista tulos vertailijassa olevasta kolosta. Keskiarvo voidaan arvioida.

Käytön jälkeen huuhtelee molemmat mittalasit huolellisesti ja sulje ne.

Tätä tekniikkaa voidaan käyttää myös meriveden tutkimiseen.

Taustatietoa

Puhtaissa vesistöissä, etenkin vuorilla, fosfaattipitoisuus on vähemmän kuin 0.1mg/l, usein jopa alle 0.03mg/l. Jos pitoisuus on korkeampi kuin 0.1mg/l PO₂³⁻, vesi on saastunutta vain jos muut saastumiseen liittyvät tulokset ovat positiivisia. Yli 0.3mg/l fosfaattipitoisuus antaa epäilyksen saastumisesta. Poikkeus on suovesi, jossa pitoisuus saattaa olla jopa 1mg/l. Kotitalouksien jätevesien saastumisen takia (etenkin keittiöjätteen tai ulosteista syntyvät jätteiden) suuria määriä fosfaattia pääsee veteen. Suuri määrä fosfaattia on ulosteperäisen saastumisen luotettava kemiallinen osoitin.

Kemialliset lannoitteet nostavat fosfaattipitoisuutta pohjavesissä. Jotkut maaperät pystyvät imemään itseensä fosfaattia, joten saastunut pohjavesi saattaa sisältää normaalin määrän fosfaattia. Korkeilla fosfaattipitoisuuksilla saattaa lisäksi olla geologinen syy, mutta pitoisuus pysyisi alueellisesti aina samana (7mg/l asti). Saastuneessa vedessä pitoisuus vaihtelee ajan myötä.

Putkissa ja putkistoissa, joissa kulkee syövyttävää vettä, fosfaatti on tärkeä muodostettaessa suojaerros, mutta kuitenkin vähintään 0.1mg/l (1mg/l asti) pitoisuus on riittävä. Jäähdytys- ja lämmitysvedessä tarkoin annostellut fosfaattiläykyt estävät kattilakiven muodostumisen, sillä ne yhtyvät kalsiumionien kanssa.

Kasvanut fosfaattitaso vesistöissä johtaa rehevöitymiseen, mikä tarkoittaa vesikasvien, etenkin levän, määrän nousuun ravintoaineiden suuren tarjonnan vuoksi. Ylenmääräisen kuolleiden levien bakteerien hajoamisen takia tämä prosessi, jota kutsutaan myös leväkukinnaksi, johtaa hapen kulutuksen kasvuun. Jos tuloksena on anaerobiset olosuhteet, rikkivetyä saattaa vapautua.

Alkuaineen muodossa olevassa fosforissa on eroja epäorgaanisessa (fosfaatti- ja vetyfosfaatti-ioneja sekä polyfosfaatteja) ja orgaanisesti sidotuissa fosforeissa. Jälkimmäistä vapautuu vain orgaanisten aineiden ruoansulatuksen jälkeen.

Ihmisille fosfaatilla on tärkeä rooli luiden kehityksen ja energia-aineenvaihdunnan kannalta. Juomavedessä korkea fosfaattipitoisuus ei kuitenkaan ole toivottavaa, sillä se saattaa johtaa ruoansulatuskanavan häiriöihin.

Reaktiopohja

Ammoniummolybdaatti muodostaa fosfomolybdeenihappoa fosfaatti-ionien kanssa. Fosfomolybdeenihappo pelkistetään fosfomolybdeenisiniseksi.

Reaktioyhtälö

1. molybdeeni(VI)oksidi → fosfomolybdeenihappo
2. Pelkistys → molybdeenisininen

Häiriöt

Suuret määrät hapettavia reagensseja estävät sinisen värin kompleksin muodostumisen ja ne on poistettava näytteestä. H₂S yli 2mg/l pitoisuudella häiritsee koetta, mutta se voidaan poistaa vesinäytteen happamoittamisella. Raskasmetallit yli 10mg/l pitoisuudella saattavat heikentää hieman värin voimakkuutta (vanadiini lisää värin voimakkuutta). Pioksidi vaikuttaa jos pitoisuus on yli 10mg/l Si.

Muuntotaulukko

(Fosfaatti-fosfori)

Varoitukset

PO₄-1 sisältää rikkihappoa 5-15%. PO₄-2 sisältää natriumdisulfiittia 10-25%.

Käytä suojahanskoja ja suojalaseja. JOS JOUTUU SILMIIN: Huuhtelee varovasti vedellä useiden minuuttien ajan. Piilolinssessä käyttäessä poista ne jos mahdollista. Jatka huuhtomista. Ota heti yhteyttä myrkytystietokeskukseen 09 471 977 tai lääkäriin.

9. pH-arvo

Mittausalue

pH 4.0-9.0

Koeohjeet

1. Lisää **5ml vesinäyte** kumpaankin mittalasiin käyttämällä muoviruiskua. Laita mittalasi A-paikkaan vertailijassa. Lisää **reagenssi vain mittalasiin B**.
2. Lisää **4 pisaraa pH-1**.
3. Sulje lasi ja sekoita.
4. Avaa lasi ja liu'uta vertailijaa väriasteikolla kunnes värit täsmäyvät. Varmista tulos vertailijassa olevasta kolosta. Kahden värin keskelle osuva lukema voidaan arvioida.

Kuva 1. 2 x 5ml näyte K3. Sekoita K4. Tulos

Käytön jälkeen huuhtelee molemmat mittalaset huolella ja sulje ne.

Tätä metodia voidaan käyttää myös meriveden tutkimiseen.

Taustatietoa

Huoneenlämmössä puhdas vesi H₂O, joka sisältää pieniä määriä muita aineita, on vähäisissä määrin jakautunut hydratoituiksi vetyioneiksi (hydroksoniumioneiksi) H₃O⁺ ja vastaioneiksi OH⁻ - hydroksidi-ioneiksi.

2 H₂O → H₃O⁺ + OH⁻

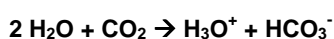
Yhdessä litrassa vettä on 0.000001 moolia (10⁻⁷; koska vetyatomien paino on 1 sekä vety-ioni H⁺ saman verran grammoissa) ja samanaikaisesti 0.0000001 moolia (kerrottuna 17 OH⁻:n moolipaino grammoina) hydroksidi-ioneita. Helpottaakseen näiden alhaisten pitoisuuksien merkintää, pH-arvo osoittaa vain eksponentin, joka on tässä tapauksessa 7. Matemaattisesti pH-arvo määritellään negatiivisena logaritmina: pH = -lg [H₃O⁺]. Joten, pH-arvo 7 huoneenlämmössä tarkoittaa, että vety-ionipitoisuus vastaa jakautuneen puhtaan veden pitoisuutta (tasapainossa hydroksidi-ionien kanssa). Jos suolaa (natriumkloridi NaCl) sekoitetaan veteen, pH-arvo ei muutu ollenkaan (tai hyvin vähän), sillä uusia vety-ioneja ei luoda tai sidota. Vedessä suola hajoaa natrium- ja kloori-ioneiksi. Täten vesi pysyy neutraalina suolan liukenemisen jälkeenkin. Jos vahvaa happoa, kuten suolahappoa (HCl) liuotetaan tislattuun veteen hyvin pieninä määrinä, vety-ionien määrä kasvaa (tulevat suolahaposta). Vahvana happona suolahappo hajoaa melkein kokonaan vety- ja kloori-ioneiksi.

Tätä seuraava vety- tai hydroksiniumionien kasvu näkyy laskevassa pH-arvossa. Pitääkseen yllä mainitun vesiyhtälön tasapainossa, hydroksidi-ionien pitoisuuden täytyy laskea. Siten vety- ja hydroksidi-ionien pitoisuuksien eksponenttien summa on aina 14.

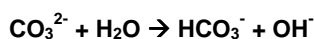
Yhden yksikön lasku pH-arvossa ilmaisee nousua vety-ionien pitoisuudessa potenssiin 10 verrattuna aiempaan pitoisuuteen. Samanaikaisesti hydroksidi-ionien pitoisuus laskee kymmenellä potenssilla.

Heikot hapot, kuten etikkahappo, ei hajoa täysin ioneihinsa. Samalla moolipitoisuudella (viitaten vetyyn molekyyllissä), heikot hapot eivät alenna pH-arvoa niin paljon kuin vahvat hapot, kuten suola- tai rikkihappo. Emäkset toimivat samalla tavoin, mutta toiseen suuntaan. Hydroksidi-onia vapautuu ja vety-ionien pitoisuus laskee, milloin pH-arvo nousee yli 7.

Yhdisteet, jotka reagoivat veden kanssa saattavat myös muuttaa pH-arvoa, vaikka ne eivät voisi tuottaa itse vety- tai hydroksidi-ioneja veteen. Jos hiilidioksidia liukenee veteen, pieniä mutta mitattavia määriä vetykarbonaatteja ja vetyioneja muodostuu seuraavan yhtälön mukaan:

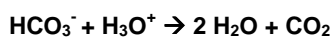
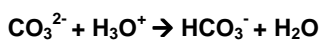


Vesi ja hiilidioksidi muodostavat molemmat yhden oksoniumionin ja vetykarbonaatti-ionin. Veden pH-arvo, joka sisältää aina liuennutta hiilidioksidia ilman takia, on aina alle 7. Liuoksesta tulee hapan. Veteen liuenneet suolat saattavat aiheuttaa muutoksen pH-arvossa. Jos natriumkarbonaattia (soodaa) liukenee veteen, seuraava reaktio tapahtuu veden ja karbonaatti-ionien välillä:

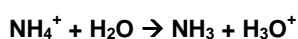


Kun hydroksidi-ioneja muodostuu, pH-arvosta tulee yli 7. Liuoksesta tulee emäksinen.

Tässä yhteydessä hapon sitomiskapasiteetilla tai emäksisyydellä on tärkeä rooli hydrokemiassa. Karbonaattiemäksisyys pohjautuu sille tiedolle, että karbonaatti-ionit voivat sitoa hydroksiniumioneja, jolloin sillä on puskuroiva vaikutus. Veden ns. puskurikapasiteetti on pääosin määritelty liuenneiden hiilidioksidin, vety-karbonaattien ja karbonaattien määrästä (ks. Veden kovuus).



Jos ammoniumkloridia liukenee veteen, seuraava reaktio ammoniumionien ja vesimolekyylien välillä tapahtuu:



Ammoniumioni vapauttaa yhden vety-ionin veteen ja oksoniumioni muodostuu. Tällöin pH-arvo laskee ja liuoksesta tulee hapan.

Hiilihapot (veden hiilidioksidista peräisin) kuten myös ammoniakki ovat molemmat heikkoja happoja ja emäksiä. Siten suolat eivät reagoi neutraalisti vahvojen emäksien tai vahvojen happojen kanssa, vaan joko emäksisenä (heikko happo suolassa) tai happamana (heikko emäs suolassa). Tällaisia reaktioita veden kanssa kutsutaan hydrolyysiksi.

pH-asteikko on 0-14. Alemmassa päässä ovat vahvat mineraalihapot, kuten suolahappo, rikkihappo ja typpihappo. Asteikon yläpäässä ovat lipeäkivi ja kalilipeä. Alkaen laimennetulla suolahapolla (pitoisuus 1.0 mol/l = 36.5g/l = 3.65%) ja pH-arvolla 0, hapoille ja emäksille, sekä jokapäiväisille tarvikkeille on kehitelty seuraavanlainen pH-asteikko:

pH 0: suolahappo – 3.65%

pH 0.9-1.5: vatsahappo (myös laimennettu suolahappo)

pH 2.3: sitruunamehu

pH 3.1: etikka

pH 3.2-4.6: happamat vihannekset

pH 4.5: olut

pH 7:	puhdas vesi
pH 8.3:	merivesi
pH 8-10:	saippuavesi
pH 12.3:	tyydyttynyt kalkkiliuos
pH 14:	natriumhydroksidi – 4.0%

Vesistön pH-arvon määrittäminen antaa tietoa veden laadusta yleisesti. pH-arvon avulla voidaan arvioida veden mahdollista tuhoavaa vaikutusta rakennusmateriaaleihin. Veden pH-arvo antaa viitteitä kasvien ja eläimien elinympäristöistä vesistöissä tai jätevesien käsittelylaitoksissa.

Kalat sietävät vain tiettyä pH-alueita. Rajoilla - sekä alemmilla että ylemmillä, - kalojen nahassa ja kiduksissa näkyy negatiivisia vaikutuksia. Esimerkiksi karppien rajat ovat 4.5 ja 10.8. Jos ne elävät pitkittyneen ajan näillä rajoilla, tämä saattaa johtaa kalojen kuolemaan. Taimen esimerkiksi kestää vain kapeamman vaihteluvälin pH-arvojen 5.5 ja 9.4 välillä. Ihanteellinen pH kaloille on 7 ja 8 välillä.

Lisäksi pH-arvot alle 5 tai yli 10 vaikuttavat negatiivisesti viemäriverkostoihin ja rauta- tai betoniputkiin.

Sadeveden mukana tulevat hapot (esim. typpi-, rikki-, ja suolahappojen saostumisesta) tai maaperässä olevat hapot ja toisaalta emäkset (esim. orgaanisten materiaalien hajoamisesta tai lipeäkivi teollisuuden jätevesistä) saattavat muuttaa veden pH-arvoa. Lisäksi suolat, jotka muodostuvat sekä heikoista hapoista että vahvoista emäksistä (natriumkarbonaatti) tai sekä heikoista emäksistä tai vahvoista hapoista (kalsiumkloridi) saattavat muuttaa pH-arvoa hydrolyysin takia (molekyylireaktio veden kanssa). Siten kalsium ja magnesiumkloridi alentavat pH-arvoa, sillä ne luovat happaman reaktion. Samantapaisesti reaktioita saattaa tapahtua rauta- ja alumiinisuolojen takia (rikki-, typpi- ja suolahaposta), jotka saattavat olla peräisin metallien jalostuksen jätevesistä. Natriumin, kaliumin ja magnesiumin karbonaatit sekä kalsium tuottavat emäksisiä reaktioita. Ne saattavat juontua maa- ja kallioperästä tai talouksien jätevesistä.

Normaalisti vesistöjen pH-arvo on 6.7 ja 7.5 välillä. Poikkeamat pH:sta 7 johtuvat lähinnä hiilidioksidista (kuten mainittu ylempänä). Yhdistemuodossa karbonaattina hiilidioksidin määrä nostaa, ja hiilihapon muodossa laskee pH-arvoa. Suoveden pH on happamalla alueella orgaanisten happojen takia. Talouksien jätevesi on usein neutraali tai emäksinen, kun taas teollisuuden jätevesi on usein hapan johtuen esim. syövytysjätteistä raudan käsittelyssä. Jos pH on alle 5, betoni vahingoittuu. pH-arvon ollessa jo 5.5 biologinen puhdistusvaihe jätevedenpuhdistamoissa häiriintyy; pH:n ollessa 6 tai 8 puhdistusvaiheessa on vähiten vaikutuksia. Juomaveden tulisi olla 6.5 ja 8.5 välillä.

Reaktiopohja

Reagenssissa oleva indikaattorivärien sekoitus tuottaa tietyntyyppisiä ja ominaisia värejä jokaiselle pH-arvolle.

Häiriöt

Indikaattorin ja näytteen ihanteellinen suhde minimoi indikaattorivirheet. Tämä tarkoittaa, että erinomaiset tulokset ovat taattu jopa heikosti puskuroiduille näytteille. Neutraalien suolojen ja kolloidien sekä orgaanisten liuottimien korkeat pitoisuudet, yli 10%, saattavat aiheuttaa vääriä tuloksia.

Varoitukset

pH-1 sisältää etanolia 55-98%.