



## Suolapitoisuuden määrittäminen

**KOHDERYHMÄ:** Työ on tarkoitettu lukiolaisille. Työ voidaan tehdä kursseilla KE1, KE4, KE5 ja työkurssi.

**KESTO:** n. 30–45 min. Työn kesto riippuu käsittelylaajuudesta.

**MOTIVAATIO:** Itämeren suolapitoisuus on vähäinen verrattuna muihin maailman meriin. Itämeressä asuvat eliöt ovat sopeutuneet vähäiseen suolapitoisuuteen. Jotta meren ja siellä elävien eliöiden tilasta saataisiin tietoa, tarkkaillaan meren suolapitoisuutta säännöllisesti tehtävillä mittauksilla.

Olet harjoittelussa meren tutkimuslaitoksella ja tehtävänäsi on selvittää meren suolapitoisuus.

**TAVOITE:** Työssä on tavoitteena oppia ionien vaikutuksesta liuoksen sähkönjohtokykyyn. Työssä tutustutaan myös Vernier-laitteiston käyttöön.

**AVAINSANAT:** Suolapitoisuus – Kloori-ioni – Sähkönjohtavuus – Konsentraatio – Ympäristö – Arjen kemia

*Itämeren suolapitoisuus on vähäinen verrattuna muihin maailman meriin. Itämeressä asuvat eliöt ovat sopeutuneet vähäiseen suolapitoisuuteen. Jotta meren ja siellä elävien eliöiden tilasta saataisiin tietoa, tarkkaillaan meren suolapitoisuutta säännöllisesti tehtävillä mittauksilla.*

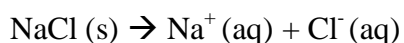
*Olet harjoittelussa meren tutkimuslaitoksella ja tehtävänäsi on selvittää meren suolapitoisuus.*

### TAUSTAA

Veteen liuenneiden suolojen yhteismäärä ilmoitetaan suolapitoisuutena eli saliniteettina S. Suolaisuus kertoo, kuinka monta grammaa yhteensä eri suoloja on liuennut yhteen kiloon vettä. Esimerkiksi valtameriveden suolapitoisuus on noin 35 g/l.

Meriveden ioneista 91 % on natrium- ja kloridi-ioneita. Lisäksi merivedessä on pieniä määriä muun muassa kalium-, magnesium-, sulfaatti- ja kalium-ioneja

Kloridi-ioni, Cl<sup>-</sup>, on merkittävä negatiivinen ioni eli anioni merivesissä ja makeisvesissä. Ruokasuola on kiinteä ioniyhdiste, jossa positiivisen natrium-ionin ja negatiivisen kloridi-ionin välillä on ionisidos. Suolakiteen ionien ja poolisten vesimolekyylien välinen sähköinen vetovoima saa aikaan sen, että ionit irtoavat kiteestä. Ruokasuola liukenee veteen hyvin natrium- ja kloridi-ioneina:



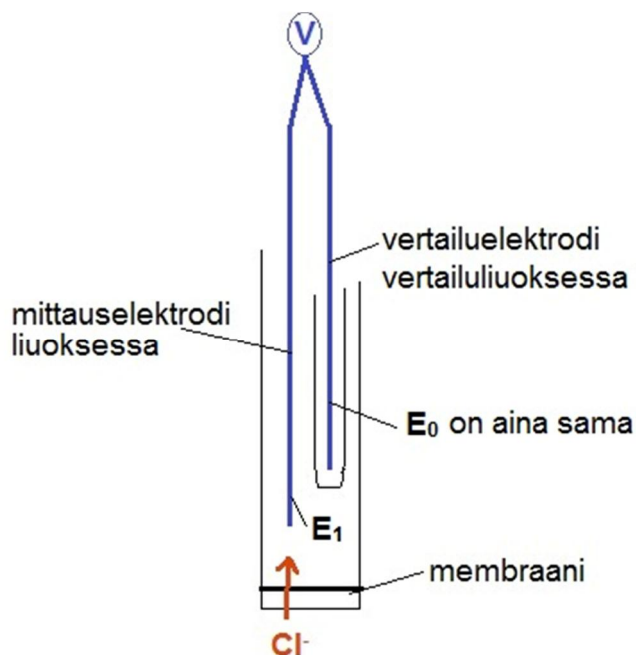


Vesinäytteen elektrolyytit eli sähköisesti varautuneet ionit tekevät liuoksen sähköä johtavaksi. Sähkönjohtavuus voidaan mitata johtokykymittarilla näytteestä laboratorioissa tai luonnossa. Johtokykymittari mittaa liuoksen sähkönjohtavuutta kahden graffitielektrodin välillä. Mitä suurempi ioni-konsentraatio liuoksessa on, sitä suurempi on liuoksen sähkönjohtokyky. Kämmenlaite tallentaa mitatun jännitteen ja muuntaa sen suolapitoisuudeksi.

### Kloridi-ioni-mittausanturin toiminta

Kun kloridi-ionimittausanturi laitetaan tutkittavaan vesiliuokseen, pääsevät kloridi-ionit anturin päässä olevan osittain, läpäisevän kalvon eli membraanin läpi. Anturin sisällä on kaksi elektrodia, jotka muodostavat sähköparin. Ioniselektiivisen **mittauselektrodin** potentiaali liuoksessa on  $E_1$ . Vertailuliuoksessa olevan **vertailuelektrodin** potentiaali,  $E_0$ , on aina sama. Kun lasketaan potentiaalierotus, saadaan jännite  $V$ :

$$V = E_0 - E_1.$$



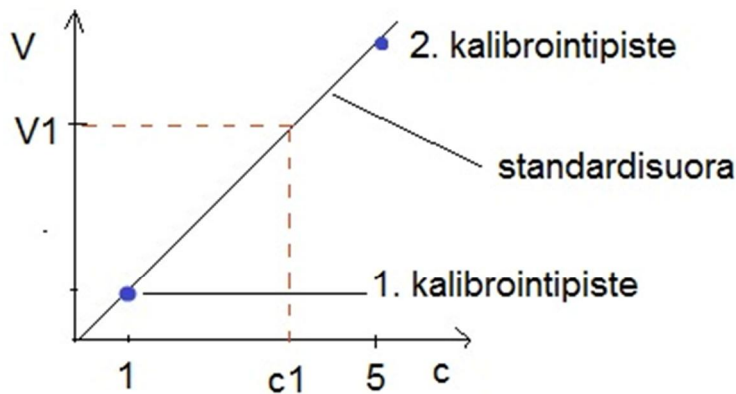
### Standardisuoramenetelmä

Ennen mittausta mittari kalibroidaan kahdella vakio- eli standardinäytteellä, joiden tulokset mittari merkitsee koordinaatistoon. Lisäksi mittari piirtää suoran näi-



den kahden pisteen välille. Koordinaatistossa **x-akselina on konsentraatio  $c$**  ja **y-akselina mitattu jännite  $V$** .

Kloridi-ionimittarilla mitataan tutkittavan liuoksen ja vertailuliuoksen välinen potentiaaliero ja saadaan selville jännite  $V$ . Jännite on suoraan verrannollinen konsentraatioon, jonka avulla saadaan selville kloridi-ionikonsentraatio tutkittavassa liuoksessa.



jännite  $V_1$  on suoraan verrannollinen konsentraatioon  $c_1$

## REAGENSIT

- ✪ Tislattua vettä vesipullossa
  - ✪ High Standard -liuosta
  - ✪ LowStandard-liuosta (10mg/l CL-) kalibrointiin
  - ✪ Very High Standard-liuosta (20 000mg/l CL-) kalibrointiin
- Kalibrointiliuokset, jotka annetaan oppilaille valmiina: (Liuoksia oltava noin 150 ml/liuos/kalibroitava laite (150 + 150) paitsi High Standard-liuosta riittää se määrä, mikä laitteen mukana tulevassa pullossa on)
- ✪ 4,6 g/l suolapitoista standardointi-liuosta
  - ✪ 9,2 g/l suolapitoista standardointi-liuosta
  - ✪ vesinäytteet



## TARVIKKEET

- 🔥 Vernier-tiedonkeräin ja johto
- 🔥 Vernier kloridi-ionimittausanturi
- 🔥 Käsipaperia kuivaamiseen
- 🔥 250 ml dekantterilasi vesinäytteelle
- 🔥 3 kpl 150 ml dekantterilaseja
- 🔥 Magneettisekoittaja ja magneetti
- 🔥 100 ml mittalasi
- 🔥 Astia vesinäytteelle

### TYÖTURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Suojatakki ja suojalasit.

Vesinäytteet hävitetään kaatamalla viemäriin.

## TYÖOHJE 1

Ennen mittausta laita ionimittausanturi High Standard-liuokseen noin 30 minuutiksi. Aseta anturi niin, että sen kärki ei kosketa astian pohjaa. Varmista, että anturin kärjestä noin sentin päässä oleva kapea ura on upotettuna nestepinnan alle.

Kalibroi laite seuraavasti:

### Ensimmäinen kalibrointipiste

- Anna anturin olla High Standard-liuoksessa
- Valitse **Sensors** → **Calibrate** → **CH1: Chloride ISE**  
→ valitse **Calibrate now**
- Kirjoita **1000** (mg/L Cl<sup>-</sup> konsentraatio) tekstiruutuun
- Kun näytön oikeaan yläkulmaan ilmestyvä jännitelukema tasapainottuu paina **Keep** (jos jännitelukema ei näy, voit kelata sen esiin sivupalkkia vierittämällä)
- Huuhtelee anturi tislattulla vedellä ja kuivaa se varovaisesti käsipaperilla

### Toinen kalibrointipiste

- Jos tutkit makean veden näytettä ( $0,02\text{g/l} < \text{suolapitoisuus} < 1,8\text{g/l}$ ), laita anturi **Low Standard (10mg/l Cl<sup>-</sup>)** -liuokseen
- Jos tutkit merivesi- tai murtovesinäytettä ( $1,8 < \text{suolapitoisuus} < 36\text{g/l}$ ), laita anturi **Very High Standard (20 000 mg/l Cl<sup>-</sup>)** liuokseen.
- Varmista, ettei anturi kosketa astian pohjaa ja että ura on nestepinnan alla.



- Kytke magneettisekoittaja päälle ja anna lukeman tasaantua
- Kirjoita **10 tai 20 000** tekstiruutuun riippuen käyttämästäsi liuoksesta
- Kun näytölle ilmestyy jännitelukema tasapainottuu, paina **Keep**
- Paina lopuksi **OK**
- Huuhtele anturi tislattulla vedellä ja kuivaa se varovaisesti käsipaperilla

Aloita kloridi-ioni-konsentraatiomittaus seuraavasti:

- Huuhtele anturi tislattulla vedellä ja kuivaa se varovasti. Älä hankaa mittarin päätä paperilla, painele vain varovaisesti kerran.
- Aseta anturi näyteliuokseen ja varmista, ettei anturi kosketa astian pohjaa ja että ura on nestepinnan alla.
- Kytke magneettisekoittaja päälle ja anna lukeman tasaantua
- Jos kloridi-konsentraatio-lukeman arvo tasaantuu, merkitse se muistiin tulostaulukkoon ja tee toinen mittaus.
- Jos lukeman arvo heilahtelee, määritä keskiarvo seuraavasti
  - o anna anturin olla upotettuna näytteessä ja klikkaa **Sensors -> Data Collection 10s/** aloittaaksesi 10 sekunnin näyteenottomittauksen
  - o kirjoita kloridi konsentraation keskiarvo tulostaulukkoon
  - o tee toinen mittaus kohdan 3 mukaan

Laske suolapitoisuus, joka perustuu kloridikonsentraatioon seuraavan kaavan avulla ja merkitse se tulostaulukkoon

$$\text{Suolapitoisuus (g/l)} = 0,0018066 \times \text{Cl}^- \text{ (mg/l)}$$



## Tulokset

### Suolapitoisuus kloridi-konsentraation avulla mitattuna

	A	B
Mittaus	Kloridi (mg/l Cl <sup>-</sup> )	Suolapitoisuus (g/l)
1		
2		
Keskiarvo		

## TYÖOHJE 2

Vesinäytteen elektrolyytit eli sähköisesti varautuneet ionit tekevät liuoksen sähköä johtavaksi. Sähkönjohtavuus voidaan mitata näytteestä sähkönjohtokykymitarilla laboratoriossa tai luonnossa. Johtokykymittari mittaa liuoksen sähkönjohtavuutta kahden graffittielektrodin välillä. Mitä suurempi ionikonsentraatio liuoksessa on, sitä suurempi on liuoksen sähkönjohtokyky. Tiedonkeräin tallentaa mitatun jännitteen ja muuntaa sen suolapitoisuudeksi.

Kiinnitä johtokykyanturi Vernier-laitteeseen.

- Aseta vipu 0-20000  $\mu\text{S}$  asentoon (0-13g/l suolapitoisuus)
- Tarkista, että laitteen näytölle ilmestyvän punaisen alueen (**CH 1: Conductivity**) yksikkö on **mg/l**. Jos näin ei ole napauta punaista aluetta ja **Change Units**-valikosta vaihda yksiköksi **mg/l**.

Kalibroi laite seuraavasti:

### Ensimmäinen kalibrointipiste

- valitse **Sensors ->Calibrate->CH1: Conductivity**
- valitse **Calibrate now**.



- Laita johtokykyanturi **4,6 g/l standardiliuokseen** niin, että anturin kärjessä oleva reikä on kokonaan liuoksessa
- Kirjoita **Reading now** tekstiruutuun: **4600**
- Kun näytön oikeaan yläkulmaan ilmestyvä jännitelukema tasapainottuu paina **Keep** (jos jännitelukema ei näy, voit kelata sen esiin sivupalkkia vierittämällä)
- Huuhtele anturi tislattulla vedellä ja kuivaa se varovaisesti käsipaperilla

### Toinen kalibrointipiste

- laita johtokykyanturi **9,2 g/l standardiliuokseen** niin, että anturin kärjessä oleva reikä on kokonaan liuoksessa
- Kirjoita tekstiruutuun: **9200**
- Kun näytölle ilmestyvä jännitelukema tasapainottuu, paina **Keep**
- Paina lopuksi **OK**
- Huuhtele anturi tislattulla vedellä ja kuivaa se varovaisesti käsipaperilla

Aloita suolapitoisuusmittaus seuraavasti:

- Aseta anturi tutkimaasi näyteliuokseen (noin 100 ml) niin, että anturin kärjessä oleva reikä on kokonaan liuoksessa.
- Merkitse taulukkoon muistiin mittarin ilmoittama suolapitoisuusarvo, jos se on vähemmän kuin 13 000 mg/l. Jos arvo on enemmän kuin 13 000 mg/l, lue kohta 8.
  - o Toista mittaus samalle näytteelle kohdan 5 mukaan.
  - o Muunna taulukkoon saamasi tulokset grammoiksi.
  - o Jos mittarin ilmoittama arvo on enemmän kuin 13 000 mg/l, laimenna näytettäsi, niin että sen suolapitoisuus-arvo on alle 13 000 mg/l seuraavasti
- Kaada 100 ml näytettä 500 ml mittapulloon.
- Lisää 300 ml tislattua vettä mittalasiin.
- Laita korkki kiinni ja sekoita hyvin.
- **Tärkeää:** Koska näyte on nyt laimennettu suhteessa 100ml/400ml tai ¼ niin



nyt saatava mittaustulos täytyy kertoa luvulla 4, jotta saataisiin alkuperäistä liuosta vastaava oikea tulos.

- Toista kohta 5 tehdäkseen toisen mittauksen.

## Tulokset

### Suolapitoisuus johtokykyanturilla mitattuna

A	B	C
Mittaus	Suolapitoisuus (mg/l)	Suolapitoisuus (g/l)
1		
2		
Keskiarvo		

## POHDINTAA

Kuinka suuri on mittauksesi mukaan meren suolapitoisuus? Vertaa tätä arvoa Itämeren keskimääräiseen suolapitoisuuteen. Tee vertailua myös muiden valtamerten ja Kuolleenmeren suolapitoisuuksiin.

*Suolapitoisuudet: Valtameri 3,5%, Itämeri 1-2%, Kuollutmeri 30%.*

Missä tiedät ruokasuolaa käytettävän teiden suolauksen lisäksi?

*Mausteena, säilöntäaineena, kemianteollisuuden raaka-aineena mm. saippuat ja pesuaineet.*

Miksi teitä suolataan?

*Suolaus estää tien pinnan jäätyksen sulattamalla tien pinnalle muodostuvaa jääkerrosta. Suolauksella siis estetään teiden liukkaita ja liikenneonnettomuuksia.*





Miksi liuos, johon on lisätty ruokasuolaa, johtaa hyvin sähköä?

*Ruokasuola liukenee veteen natrium- ja kloridi-ioneina. Ionit ovat sähköisesti varautuneita hiukkasia eli elektrolyyttejä. Elektrolyytit tekevät vesiliuoksen sähköä johtavaksi.*

Mitä sähkönjohtavuus kuvaa?

*Veden sähkönjohtavuus kuvaa liuenneiden suolojen määrää vedessä. Mitä suurempi sähkönjohtavuusarvo, sitä suurempi on liuoksen suolapitoisuus. Sähkönjohtavuuden mittayksikkö on mS/m (luetaan: millisiemensia metriä kohti) tai  $\mu\text{S/cm}$  (luetaan: mikrosiemensia senttimetriä kohti).  $1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{S/cm}$ .*

Mitä muita suoloja natriumkloridin (NaCl) lisäksi käytetään maantiesuolaukseen?

*Kalsiumkloridia  $\text{CaCl}_2$  ja magnesiumkloridia  $\text{MgCl}_2$ .*

Pohdi, miksi sähkönjohtavuuden avulla voidaan tutkia jätevesien kulkeutumista vesistöissä tai makean veden leviämistä merialueilla?  
*Jätevedet sisältävät enemmän suoloja kuin järvi- tai jokivesi. Kohonneen sähkönjohtavuuden avulla voidaan selvittää jätevesien kulkeutumista vesistöissä. Myös makean veden leviämistä merialueella voidaan seurata johtokykyarvojen perusteella.*

Millainen arvelet tislattun veden sähkönjohtavuuden olevan?

*Tislattun veden sähkönjohtavuus on hyvin pieni:  $0,263 \text{ mS/m}$ .*



### Kotitehtäviä työn jälkeen tehtäväksi

Millaisia vaikutuksia tieltä levinneellä suolalla on ympäristöön ja ihmiseen? *Maanteiden suolaus saattaa lisätä pohjaveden pilaantumista erityisesti suurten valtateiden läheisyydessä. Lisäksi suola kulkeutuu helposti pitkiäkin matkoja kauas tiestä horisontaalisesti pinnallisten pohjavesien mukana. Rannikoilla pohjavesien kloridi on peräisin pääasiassa merivedestä. Suolauksen myötä pohjavesien kloridipitoisuus nousee luonnontilaista pitoisuutta suuremmaksi. Kun kloridi-pitoisuus kohoaa, pohjaveden syövyttävyys kasvaa. Pohjaveden luontainen kloridi-pitoisuus on alle 10mg/l.*

*Koska Suomen pohjavedet ovat (pehmeitä vesiä) vähäkalkkisia ja niiden kyky vastustaa pH:n muutoksia on matala (alkaliniteetti-arvot matalia), jo yli 25 mg/l kloridipitoisuus saattaa aiheuttaa metallisten vesijohtojen syöpymistä. Putkista liukenee rautaa, kuparia ja sinkkiä. Suolaus siis alentaa vedenottamoiden veden laatua. Vesilaitoksilla voidaan nostaa luonnon veden pH:ta, jolloin alkaliniteetti nousee ja veden syövyttävyys vähenee.*

*Luonnossa ei tapahdu juuri kloridin rikastumisreaktioita, joten pohjavedessä oleva kloridi on aina peräisin jostakin (tiesuolan lisäksi muita lähteitä esim. kotitalouksien jätevedet, lannoitteet, lantakasat, kaatopaikat). Lisäksi tiesuolat voivat mobilisoida maaperän raskasmetalleja ja aiheuttaa näiden pitoisuuksien nousun vesistöissä. Lisäksi tiesuola on haitallista autoille, betonirakenteille ja aiheuttaa korroosiota silloille. Se vahingoittaa teiden varsien kasvillisuutta, suurina pitoisuuksina tiesuola on haitallista purojen ja pintavesien vesieläimistöille.*

Selvitä tai pohdi, mitä vaihtoehtoisia keinoja tiesuolalle on teiden liukkauden estoon talvisin.

*Muurahaishapon kaliumsuolalla eli kaliumformiaatilla, on saatu hyviä tuloksia. Tiesuolaan verrattuna kaliumformiaatilla on se etu, että se hajoo hiilidioksidiksi ja vedeksi ennen pohjavesiin joutumista. Nopeusrajoitusten vähentäminen. Teiden hiekoitus.*



Käy tutustumassa Helsingin veden sivustoon

<http://www.hsy.fi/vesi/Sivut/default.aspx>. Tutki paljonko juomaveden kloridipitoisuus saa enintään olla? Millaisia arvoja näytemittauksista on saatu?

*Saa olla enintään 250 mg/l.*

Selvitä, millainen on Suomen vesistöjen sähkönjohtavuus?

*Suomen vesistöille on ominaista suhteellisen alhainen sähkönjohtavuus. Arvot vaihtelevat (25°C lämpötilassa) alle 3,31 mS/m - 13,7 mS/m:n. Merivesissä meidän sähkönjohtavuus on pieni, ollen suurimmillaan vain vähän yli 1000 mS/m.*

Selvitä, miksi suistoalueiden murtovesistä otetuista vesinäytteistä tutkitaan niiden suolapitoisuus?

*Suolapitoisuuden mittaaminen on tärkeää merivesistä sekä suistoalueiden murtovesistä, joissa jokien makeavesi sekoittuu meriveteen. Murtovesi on vesieliöille vaikea elinympäristö sillä eliöt ovat tottuneet elämään joko makeissa vesissä tai valtamerissä. Veden suolaisuus asettaa rajat sille, millaisia eliöitä tietyissä olosuhteissa voi elää.*

Selvitä, miksi Itämeren suolapitoisuuden muutoksia tarkkaillaan ja miten suolapitoisuus on muuttunut viime vuosina.

*Suolapitoisuus on vähentynyt, mikä vaikeuttaa Itämeren eliöiden elämää ja aiheuttaa niille sopeutumisvaikeuksia.*