

# Arduino-suolaisuusmittari: suunnittelu, toteutus ja opetuskäyttö

Ida Jääskeläinen

Kemian opettajakoulutusyksikkö, Kemian osasto,  
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

**Tiivistelmä:** Itämeren suolapitoisuus on sen ekosysteemien kannalta merkittävä tekijä. Itämeren suolapitoisuutta mitataan säännöllisesti erilaisilla mittalaitteilla, joka mahdollistaa suolapitoisuuden tilan seurannan. Näillä tiedolla pystytään ymmärtämään paremmin ihmisen toiminnan vaikutusta Itämereen sekä ylläpitämään ja parantamaan sen tilaa. Tässä artikkelissa suunniteltiin ja toteutettiin Arduino-ohjelmistoalustalla mittalaite, joka mittaa vesiliuoksen suolapitoisuuden. Suolaisuusmittaria voidaan käyttää osana projektioppimisen kokonaisuutta, joka esitellään artikkelissa.

**Avainsanat:** kemian opetus, suolaisuus, Arduino, projektioppiminen, Itämeri

## Johdanto

Itämeri on ainutlaatuinen merialue. Itämeren vesi on vähäsuolaista murtovettä, joka vaikuttaa merkittävästi sen lajistoon. Itämeren kalalajisto onkin niukka, johtuen sen vaihtelevista ja vaativista ympäristöoloista. Suomen merialueella havaitaan n. 60 kalalajia, valtamerikaloista makeanveden kaloihin. Yksi keskeinen tekijä kalalajin esiintymiselle on veden suolapitoisuus. Itämeren suolapitoisuus vaihtelee alueittain paljon, jolloin myös kalalajien levinneisyys vaihtelee. (*Merialueen kalat*, n.d.). On havaittu, että Itämeren suolapitoisuus laskee, etenkin pohjoisella Itämerellä. Suolaisuuden lasku liitetään ihmisen aiheuttamaan ilmastonmuutokseen mm. makeanveden valumien kasvun myötä. Tämä vaikuttaa kalalajien esiintyvyyteen, esimerkiksi kampela ja turska vähenevät Itämerestä. Suolapitoisuuden laskulla on myös muita merkittäviä vaikutuksia. On esimerkiksi ennustettu, että kokonainen ekosysteemi voi romahtaa liiallisen suolapitoisuuden laskun myötä. (Vuorinen, 2017.) Itämeren suolapitoisuutta ja sen muutoksia mitataan säännöllisesti erilaisilla mittalaitteilla. Esimerkiksi merentutkimusalusten perusvarusteluun sisältyvät CTD-mittalaitteet mittaavat vesimassojen lämpötilaa, suolaisuutta ja syvyyttä (*Automaattiset mittalaitteet*, n.d..)

Tässä artikkelissa esitellään mittalaitteen suunnittelu ja rakentaminen Arduino-kehitysalustalla. Lisäksi mittalaitteen käytölle kehitetään sopiva projektioppimisen kokonaisuus, jota voi hyödyntää osana kemian opetusta. Artikkelin tarkoitus on kuvata



miten luonnontieteiden opetuksessa voi hyödyntää insinöörimäistä lähestymistapaa (eng. engineering approach), ohjelmointia sekä teknologiaa osana projektioppimisen kokonaisuutta.

Artikkelissa luvussa kaksi esitellään aiheen teoreettinen tausta. Luvussa kolme kuvataan mittalaitteen kehittämisprosessi, kokoamisohjeet sekä testaus. Luvussa neljä esitellään esimerkkinä projektioppimisen kokonaisuus, jossa hyödynnetään valmistettua mittaria Itämeren kontekstissa. Viimeisenä viidennessä luvussa pohditaan projektin soveltuvuutta kemian opetukseen sekä mahdollisia jatkokehitysideoita.

## 2 Teoreettinen tausta

### 2.1 Vesiliuoksen suolaisuus

Vesiliuoksen suolaisuus tarkoittaa veteen liuenneen suolan pitoisuutta. Suolaisuuden yksikkö on usein liuenneen suolan massa litraa kohden (g/l). Se voidaan myös ilmoittaa massapromilleina (ppt). Esimerkiksi valtamerien suolaisuus on usein 35 g/l ja makean veden alle 0,5 g/l.

Suolat ovat ioniyhdisteitä, jotka liuetessaan veteen hajoavat ioneiksi. Tällöin ionien ja vesimolekyylien välille muodostuu ioni-dipolisidoksia eli ne hydratoituvat. Hydratoituneet ionit toimivat sähkövarauksen kuljettajina, jonka takia ioneja sisältävä liuos johtaa sähköä. Sähkönjohtavuus kasvaa ionien määrän kasvaessa, joten suolapitoisuus voidaan laskea sähkönjohtavuudesta. Sähkönjohtavuuden ja suolaisuuden suhde on empiirinen.

Sähkönjohtavuuden tunnus on  $\sigma$  ja yksikkö (S/m) eli Siemens metriä kohden. Sähkönjohtavuus on riippuvainen lämpötilasta. Sähkönjohtavuudesta voidaan laskea liuoksen suolaisuus lämpötilassa 25 °C empiirisellä kaavalla,

$$S = 0,4665 \cdot \sigma^{1,0878}$$

jossa liuoksen suolaisuus  $S$  on yksikössä g/l ja sähkönjohtavuus yksikössä mS/cm (Williams, 1986). Jos lämpötila on eri kuin 25 °C täytyy käyttää laskussa korjauskerrointa.

Valtamerivedessä ioneista 98 % on natrium- ja kloridi-ioneja (NaCl). Loput 2 % ovat sulfaatti-, magnesium-, kalsium, kalium ja bromidi-ioneja. (Gros et al., 2008). Itämeri luokitellaan murtovesialueeksi ja sen suolapitoisuus on pintakerroksessa noin 7 g/l (*Itämeren vedessä on vähän suolaa*, n.d.). Suolaisuus voi vaihdella Itämeren alueella paljonkin, esimerkiksi Pohjanlahdella ja Suomenlahdella vesi on hyvin vähäsuolaista (2–4 g/l), mutta Tanskan salmilla jopa 10 g/l sieltä virtaavan runsassuolaisen meriveden takia.

Suolapitoisuus kasvaa myös veden syvyyden myötä, syvänteissä suolapitoisuus voi olla jopa 10 g/l. (*Itämeren suolapitoisuus* | *CMEMS*, n.d.).

## 2.2 Projektioppiminen

Projektioppiminen (eng. project-based learning, PBL) on opetusmenetelmä, jossa oppiminen tapahtuu rajatun projektin ympärillä. Projektioppimisessa pyritään yhdistämään opetussisällöt tosimaailman ilmiöihin ja ongelmiin. Projektioppimista ohjaa usein avoin kysymys tai ongelma, jonka vastaukseksi opiskelijat tuottavat konkreettisen lopputuotoksen. Projektioppimisen muita elementtejä ovat opiskelijälähtöisyys, yhteistyö ja vuorovaikuttaminen opiskelijoiden välillä, opiskelijoiden sitoutuminen prosessiin sekä projektin tuotoksen esittely sen valmistuttua. (Haatainen & Aksela, 2021.) Projektioppiminen mahdollistaa syvemmän ymmärryksen aiheista, parantaa opiskelijoiden motivaatioita sekä harjoittaa työelämätaitoja kuten ongelmanratkaisukykyä ja kriittistä ajattelua (Larmer et al., 2015). Vaikka menetelmä on oppilaslähtöinen, opettajalla on tärkeä rooli projektin onnistumisen kannalta. Hän seuraa projektin etenemistä aktiivisesti sekä ohjaa ja tukee oppilaiden työtä projektin aikana. (Haatainen & Aksela, 2021.)

## 2.3 Arduino

Tämän artikkelin mittalaitteessa käytetään Arduino Uno mikro-ohjainta. Arduino opetusvälineenä tarjoaa yksinkertaisen ja helppokäyttöisen tavan oppia elektroniikasta ja ohjelmoinnista sekä se soveltuu hyvin aloittelijoille. Lisäksi Arduinon laitteisto on suhteellisen halpa sekä se on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, jolloin myös sen käyttö on edullista. (Galadima, 2014.) Arduinon yhdistäminen projektioppimiskokonaisuuteen mahdollistaa ohjelmoinnin ja teknologian yhdistämisen projektiin ja opetukseen. Lisäksi Arduino-projekti voi tarjota insinöörimäisen lähestymistavan projektille (Ambrož et al., 2023).

# 3 Menetelmät

## 3.1 Kehittämisprosessi

Mittalaite kehitettiin osana Helsingin yliopiston Tutkiva ja eheyttävä kemian opetus -kurssia. Kurssilla harjoiteltiin ensin Arduinon käyttöä LUMA-keskus Suomen Arduino-paketilla (LUMA-keskus Suomi, 2022). Mittalaitteen suunnittelussa ja toteuttamisessa käytettiin insinöörimäistä lähestymistapaa, jonka vaiheisiin kuuluu konseptin synteesi,

konseptin arviointi sekä parhaan konseptin valinta ja toteutus (Ambrož et al., 2023). Suunnittelu lähti liikkeelle siitä, että pohdittiin mittarille vaadittuja ja toivottuja ominaisuuksia, sekä tapoja, millä nämä voisi toteuttaa. Näiden kartoittamiseen hyödynnettiin aiemman vuoden kurssilla tehtyä suolaisuusmittaria (Taponen, 2024) sekä TeachEngineering.org esimerkkiprojektia (*Build and Test a Conductivity Probe with Arduino - Activity*, n.d.) Suolaisuusmittarin vaaditut ja tavoiteltavat toiminnot on listattu taulukkoon 1.

**Taulukko 1.** Suolaisuusmittarin ominaisuudet

Toiminto	Vaadittu	Tavoiteltava
sähkönjohtavuuden mittaus	anturi ei rikkoudu upottaessa nesteeseen	mahdollisimman tarkka mitaus
datan keräys	reaaliaikainen	
suolaisuuden laskeminen	laskee suolapitoisuuden sähkönjohtavuuden perusteella	
datan esitys	ilmaistaa suolaisuus Arduino IDE -ohjelmassa	ilmaistaa erillisellä näytöllä
datan analysointi	määrällinen analyysi	laadullinen analyysi
virtalähde	täytyy riittää laitteen toimintaan	

Näiden toimintojen perusteella luotiin morfologinen matriisi mittalaitteen mahdollisista komponenteista. Kullekin toiminnolle kehitettiin vaihtoehtoisia toteutustapoja, joiden kustannus, tarkkuus ja rakentamisesta syntyvä vaivannäkö vaihtelivat. Morfologinen matriisi esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Suolaisuusmittarin morfologinen matriisi

Salinator -sähkönjohtavuusmittari		Periaate		
		A	B	C
Toiminto	1 sähkönjohtavuuden mittaus	itse tehty anturi	analoginen sähkönjohtavuusanturi	
	2 datan keräys	tietokone	mikro-ohjain	
	3 suolaisuuden laskeminen	automatisoitu lasku koodissa		
	4 datan esitys	tietokoneen näyttö	LCD-näyttö	mittarissa näyttö
	5 datan analysointi	ei mitään	LED-valo	äänimerkki
	6 virtalähde	tietokone	akku/paristo	seinäpistoke

Matriisin vaihtoehtoista muodostettiin erilaisia konsepteja, jotka on esitelty taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Suolaisuusmittarin neljä eri konseptia

Konsepti	Periaate	Konseptin nimi
Konsepti 1	1A-2A-3A-4A-5A-6A	perus
Konsepti 2	1B-2A-3A-4C-5C-6B	ihanteellinen
Konsepti 3	1A-2B-3A-4C-5B-6C	edistyksellinen
Konsepti 4	1B-2B-3A-4B-5B-6A	yhdistelmä

Konseptit arvioitiin teknisestä ja taloudellisesta näkökulmasta, jonka perusteella ne pisteytettiin arvosana-asteikolla 1–5. Tekniseen arvoon vaikuttivat mittarista saatu tieto (määrällinen/laadullinen), mittalaitteen kokoamisen helppous, mittaamisen tarkkuus, mittaamisen automaatio ja mittaamisen nopeus. Nämä kriteerit valittiin tarkasteluun, sillä ne huomioivat mittarin tarjoamat toiminnot sekä käyttökokemuksen. Taloudelliseen arvoon vaikuttivat mittarin hinta, sen ylläpitokustannukset sekä mahdolliset sovelluskohteet muuhun koulussa toteutettavaan toimintaan. Nämä kriteerit tarkastelevat, kuinka perusteltua mittalaitteen hankinta koululle olisi. Kriteereille on annettu painoarvo sen perusteella, kuinka tärkeäksi ne koettiin mittalaitteen ominaisuuksina. Tekniset pisteet on koottu taulukkoon 4, josta nähdään, että tekniseltä arvolta ensimmäiseksi sijoittui yhdistelmä-konsepti.

**Taulukko 4.** Tekninen arvo

Kriteeri	Painoarvo	Perus	Ihanteellinen	Edistyksellinen	Yhdistelmä
Mittarista saatu tieto	5	1	3	5	5
Kokoamisen helppous	5	2	3	1	4
Tarkkuus	3	2	5	2	5
Automaatio	3	5	5	5	5
Nopeus	2	3	3	3	3
Summa, absoluuttinen	18	42	66	57	81
Summa, normitettu	1	2,33	3,67	3,17	4,50
Sijoitus		4	2	3	1

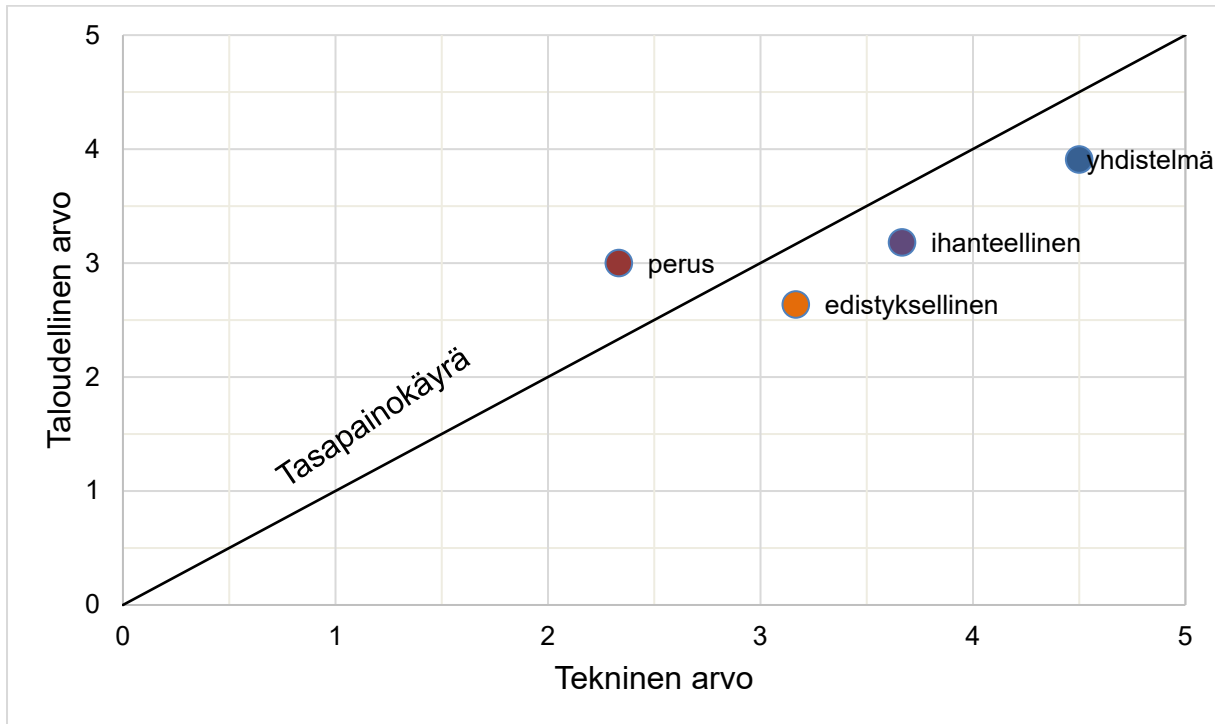
Taloudelliset pisteet esitetään taulukossa 5, josta nähdään, että ensimmäiseksi taloudelliselta arvolta sijoittui myös Yhdistelmä-konsepti.

**Taulukko 5.** Taloudellinen arvo

Kriteeri	Painoarvo	Perus	Ihanteellinen	Edistyksellinen	Yhdistelmä
Hinta	4	5	3	2	3
Ylläpitokustannukset	2	4	4	3	3
Sovelluskohteet	5	1	3	3	5
Summa, absoluuttinen	11	33	35	29	43
Summa, normitettu	1	3,00	3,18	2,64	3,91
Sijoitus		3	2	4	1

Lopuksi teknisistä ja taloudellisista pisteistä koottiin kuvaaja (kuvaaja 1), jossa x-akselilla näkyy tekninen arvo ja y-akselilla taloudellinen arvo. Tasapainokäyrä osoittaa optimaalisen kompromissin alueen näiden kahden arvon välillä. Kuvaajasta havaitaan, että yhdistelmä konsepti on saanut parhaat pisteet kummassakin näkökulmassa, jonka perusteella se valitaan rakennettavaksi prototyypiksi.

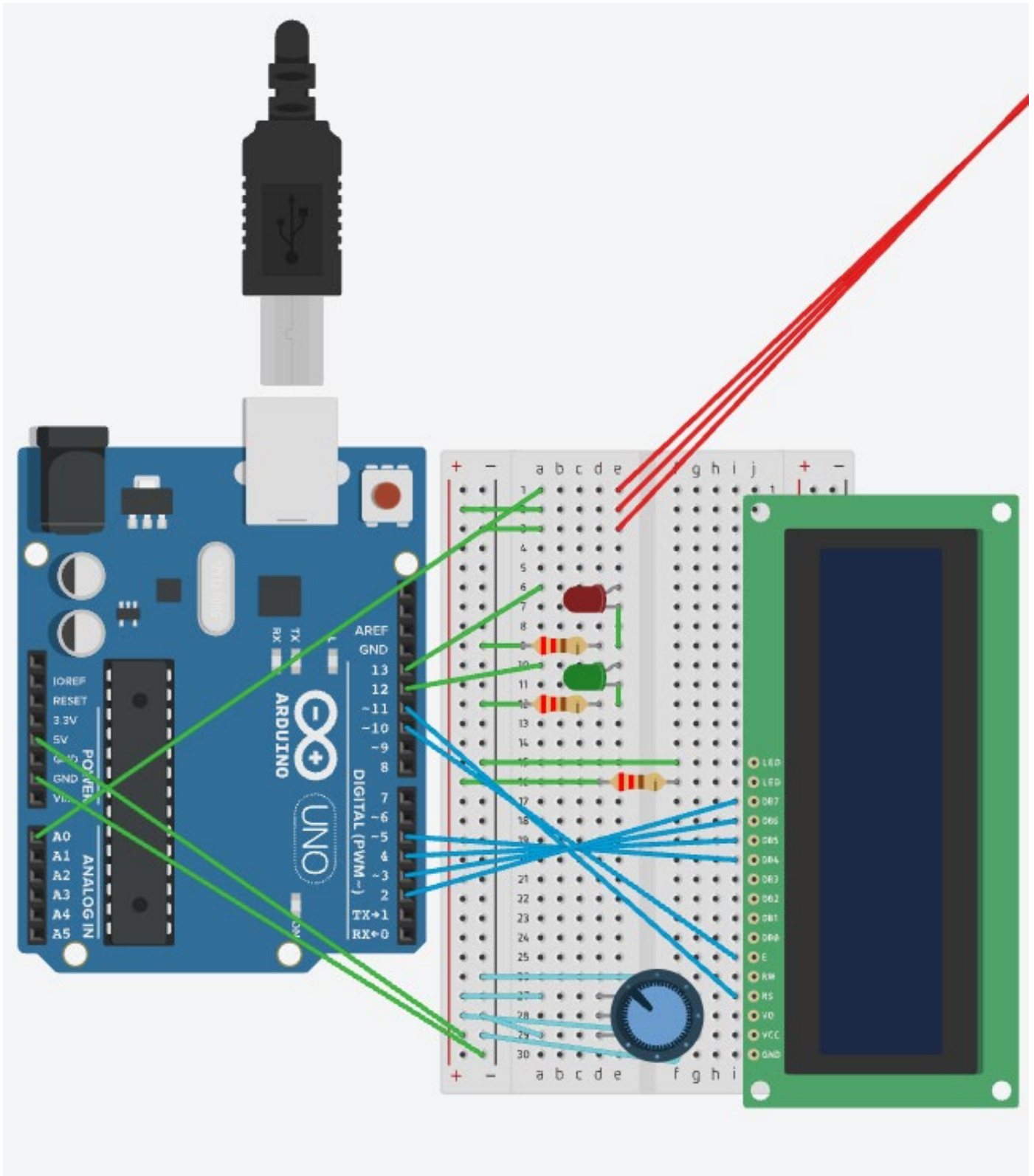
### Kuvaaja 1. Konseptien tekninen ja taloudellinen arvo



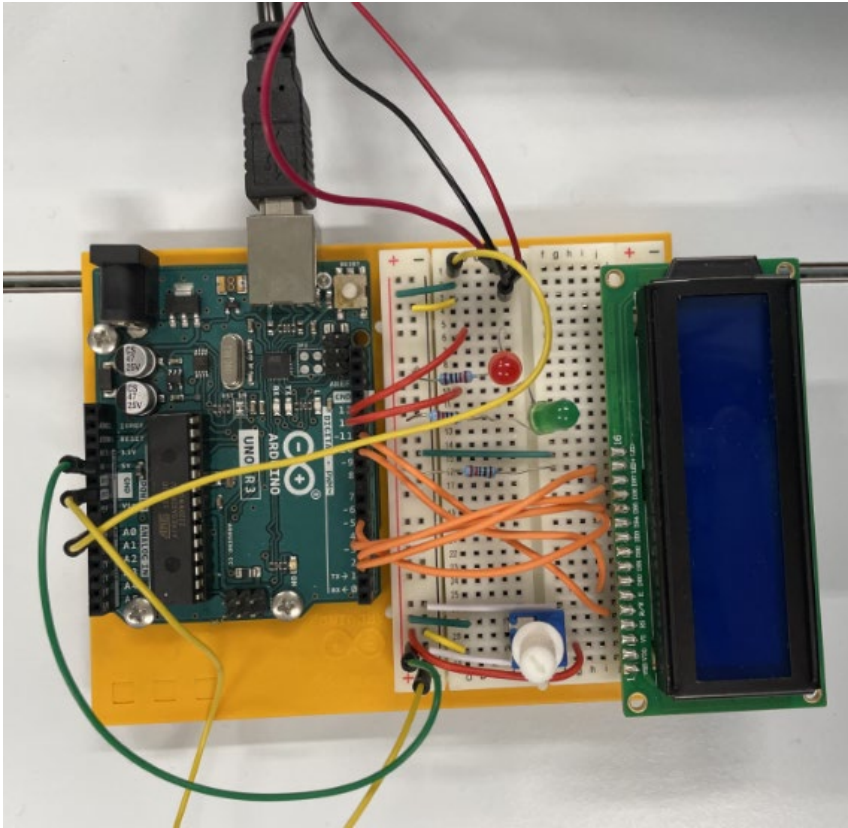
### 3.2 Prototyypin valmistus

Mittalaitteen pääkomponentteja ovat Arduino Uno mikro-ohjain, DFR0300 sähkönjohtavuusanturi, LCD-näyttö sekä LED-valot. Lisäksi mittalaitteen rakentamiseen tarvitaan koekytkentälevy, hyppylankoja, 220  $\Omega$  vastuksia, potentiometri LCD-näytön kirkkauden säätämiseen sekä USB-johto, jolla mittari saadaan liitettyä tietokoneeseen. Komponentit kytkettiin kuvan 1 osoittamalla tavalla. Kuvassa 2 näkyy valmiin mittalaitteen kytkentä ja kuvassa 3 koko mittalaite.

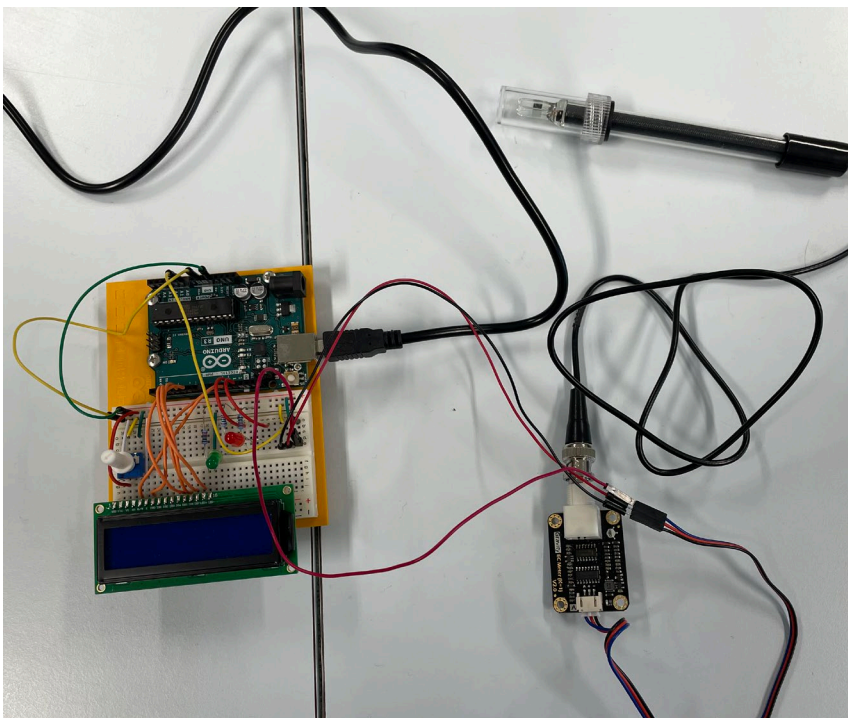
**Kuva 1.** Mittalaitteen komponenttien kytkentä.



**Kuva 2.** Valmiin mittalaitteen kytkentä.



**Kuva 3.** Koko mittalaite, jossa sähkönjohtavuusanturi kiinnitettyinä.



Koodaus tehdään Arduino IDE-ohjelmointialustalla. Koodissa muutetaan sähkönjohtavuus suolaisuudeksi. Anturi mittaa jännitettä, jonka se ilmaisee ADC-arvona. Tämä voidaan muuttaa lineaarisesti sähkönjohtavuudeksi kertoimen avulla. Kerroin saadaan selville kalibroimalla anturi, eli mitataan ensin liuos, jonka johtavuus tunnetaan, jonka jälkeen mitataan anturin antama ADC-arvo. Kerroin saadaan laskukaavasta

$$k = \frac{\text{johtavuus}}{\text{ADC} - \text{arvo}}$$

Kalibroinnista kertoimeksi saatiin 0,0315. Sähkönjohtavuus saadaan siis koodilla:

```
double sensorVal = analogRead(A0);  
float conductivity = (sensorVal*0.0315);
```

Josta suolaisuus lasketaan koodilla:

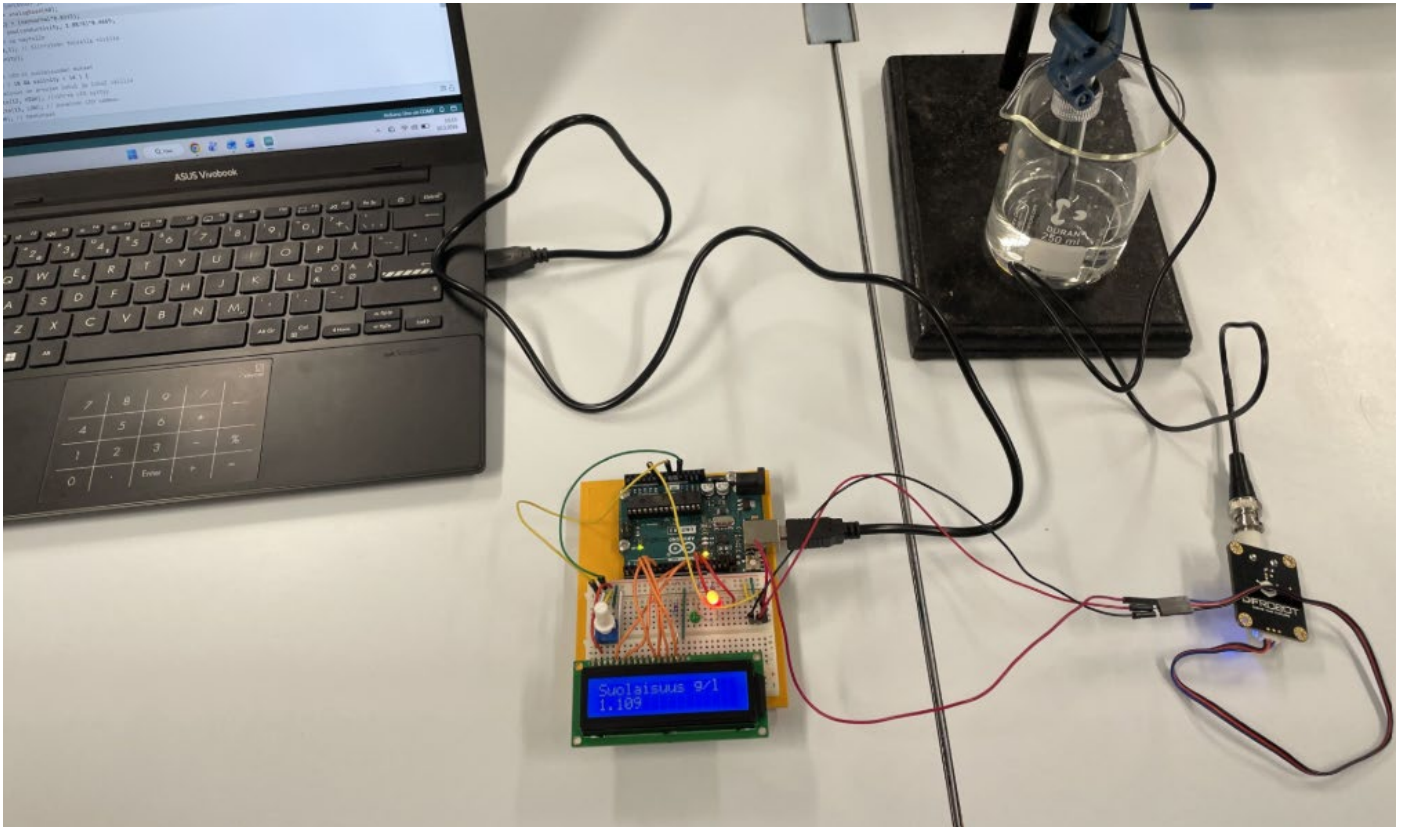
```
float salinity = pow(conductivity, 1.0878)*0.4665;
```

Arvot 1,0878 ja 0,4665 on otettu suolaisuuden laskukaavasta, joka on esitelty luvussa kaksi.

### 3.3 Testaus

Kokeellinen mittausasetelma luotiin mittalaitteen testaukseen. Testausta varten valmistettiin kolme natriumkloridin vesiliuosta eri konsentraatioilla, jotka tunnettiin. Mittalaite kytkettiin tietokoneeseen, jossa Arduino IDE- ohjelmisto avattiin. Ohjelmistoon syöteettiin koodi (Liite 1), joka oli luotu mittalaitetta varten. Sähkönjohtavuusanturi mittaa liuoksen sähkönjohtavuuden, jonka jälkeen koodissa se muutetaan suolaisuudeksi (g/l). Mittalaite näyttää tuloksen LCD-näytöllä reaaliaikaisesti ja lisäksi sytyttää joko punaisen tai vihreän LED:in palamaan riippuen liuoksen suolaisuudesta sekä koodiin kirjoitetuista arvoista. Koko mittausasetelma on esitetty kuvassa 4.

**Kuva 4.** Mittausasetelma.



Suolaliuokset mitattiin 17 °C lämpötilassa ja koska sähkönjohtavuus on riippuvainen lämpötilasta, kerrottiin tulos vielä korjauskertoimella. Veden sähkönjohtavuuden korjauskerroin lämpötilasta 17°C lämpötilaan 25°C on 1,16 (Opetushallitus, n.d.) ja kun korjauskerroin sijoitetaan suolaisuuden laskukaavaan,

$$\begin{aligned} S &= 0,4665 \cdot (\sigma \cdot 1,16)^{1,0878} \\ &= 0,4665 \cdot \sigma^{1,0878} \cdot 1,16^{1,0878} \\ &\approx 0,4665 \cdot \sigma^{1,0878} \cdot 1,175 \end{aligned}$$

saadaan suolaisuuden korjauskertoimeksi lämpötilasta 17°C lämpötilaan 25°C 1,175. Mitattuja suolapitoisuuksia verrattiin tunnettuihin pitoisuuksiin ja nämä tulokset on esitetty taulukossa 5.

**Taulukko 5.** Mittalaitteen testauksen tulokset. Pitoisuuksien yksikkönä g/l.

Näytteen valmistuksessa laskettu suolapitoisuus	mittarilla mitattu suolapitoisuus 17 °C	korjauskertoimella korjattu suolapitoisuus	lasketun ja mitatun suolaisuuden ero
1,0	1,1	1,3	0,3
6,0	5,1	6,0	0
10,0	8,8	10,3	0,3

Tuloksista voidaan havaita, että mittalaite mittaa suolaisuuden melko tarkasti, joten mittalaite toimii halutulla tavalla. Mittalaitteen sähkönjohtavuusanturi mittaa sähkönjohtavuutta välillä 0–20 mS/cm, joka tarkoittaa, että liuoksen maksimisuolapitoisuuden tulisi olla noin 12 g/l.

## 4 Projektityön esimerkki

Tämän projektioppimiskokonaisuuden aihe on Itämeren suolaisuuden tutkiminen. Oppimiskokonaisuutta ohjaa Itämeren ekosysteemeihin liittyvä keskeinen ilmiö ja ongelma: Itämeren suolapitoisuuden lasku. Projektia ohjaava ongelma valittiin sen perusteella, että se on konkreettinen ja aito ilmiö. Lisäksi Itämeri on monille Suomessa asuville oppilaille entuudestaan tuttu alue.

Ensin oppilaat voivat tutustua suolan ja suolapitoisuuden käsitteisiin ja oppia ioniyhdisteistä ja niiden liukenemisestä. Tässä välissä voidaan käydä läpi myös, miten sähkönjohtavuus liittyy suolaisuuteen ja miten sen perusteella pystytään mittaamaan suolaisuutta. Sitten oppilaat voivat tutustua Itämereen alueena: miksi suolapitoisuus vaihtelee sen eri osissa, mitkä tekijät vaikuttavat suolapitoisuuteen (Tanskan salmista tulevat suolapulssit, valuma-alueilta valuva makea vesi), millainen on Itämeren kalalajisto ja mitkä tekijät vaikuttavat lajien esiintyvyyteen. Lopuksi otetaan selvää, miksi suolapitoisuus Itämeressä laskee. Näitä aiheita voidaan käydä läpi katsomalla dokumentteja aiheista tai tutustumalla esimerkiksi Itämeri.fi verkkosivuston artikkeleihin.

Tämän jälkeen opettaja esittelee projektin, jonka tavoitteena on 1) rakentaa mittalaite mittaamaan vesiliuoksen suolapitoisuutta, 2) mitata mittalaitteella vesinäytteitä eri suolapitoisuuksista (nämä voivat olla esimerkiksi opettajan valmistamia suolaliuoksia, jotka demonstroivat Itämerestä kerättyjä vesinäytteitä), 3) verrata näytteiden suolapitoisuuksia toisiinsa ja selvittää millaisia kalalajeja kussakin näytteessä voisi esiintyä, 4) pohtia, mitä

eri kalalajien esiintyvyyksille tapahtuisi ja miten ekosysteemi muuttuisi, jos suolapitoisuus Itämeressä laskisi ja 5) pohtia ratkaisuja siihen, miten Itämeren suolapitoisuuden laskun ehkäisemiseen voidaan vaikuttaa. Tavoitteen kaksi ja kolme kohdalla, mittalaitteen koodia muokkaamalla, oppilaat voivat halutessaan tutkia suoraan tietyn kalalajin mahdollista esiintyvyyttä näyteliuoksessa. Kun koodiin kirjoitetaan lukuarvojen kohdalle kalalajin elinympäristön suolapitoisuusarvot, LED-valot osoittavat, jos näyteliuos on lajille sopiva (vihreä) tai liian vähä- tai runsassuolainen (punainen). Esimerkkejä kalalajien elinympäristöjen suolapitoisuuksista sekä näyteliuoksista löytyy liitteestä kaksi.

Projektin avuksi opettaja voi esitellä oppilaille Arduino-harjoituspaketin, joka on LUMA-keskus Suomen kehittämä (LUMA-keskus Suomi, 2022) sekä tarjota artikkeleita ja sivustoja, jotka tarjoavat tietoa aiheesta. Itse suolaisuusmittarin rakentamiseen voi käyttää esimerkiksi tämän artikkelin ohjeita. Lisäksi opettaja voi projektin aikana kysyä ohjaavia kysymyksiä ja antaa kannustusta ja palautetta oppilaille. Projektin lopputuotos on rakennettu mittalaite, ennustus siitä, mitä kalalajien esiintyvyyksille tapahtuisi suolapitoisuuden laskiessa sekä ratkaisuehdotus suolapitoisuuden laskun ehkäisemiselle. Osa projektioppimista on projektin esittely, joka voidaan toteuttaa tässä projektissa opettajan parhaaksi katsomalla tavalla esimerkiksi suullisena esityksenä, posterina tai videona. Jotta projektioppimiset tavoitteet yhteistyöstä ja vuorovaikutuksesta toteutuisivat, olisi suositeltua, että projektit toteutettaisiin 3–4 henkilön ryhmissä.

Koska aihe on hyvin laaja, voidaan projekti toteuttaa useamman eri oppiaineen oppitunneilla keskittyen sen eri näkökulmiin. Esimerkiksi biologiassa voidaan perehtyä kalalajeihin ja ekosysteemin toimintaan sekä Itämereen elinympäristönä, maantiedon tunnilla käydä läpi Itämeren maantieteellisiä ominaisuuksia sekä suolapulseja, kemian tunnilla tutustua suolaan ja suolaisuuteen, fysiikan tunnilla sähkönjohtavuuteen, matematiikan tunnilla ohjelmointiin ja teknisen työn tunnilla mittalaitteen rakentamiseen.

## 5 Pohdinta ja Johtopäätökset

Tämä projektioppimisen kokonaisuus ja siinä hyödynnetty Arduino-suolaisuusmittari soveltuu yläkoulun ja lukion kemian opetukseen. Projektin vaikeustasoa voi muokata luokka-asteelle sopivaksi esimerkiksi sillä, kuinka laajasti projektioppimisen aihetta käydään läpi ja kuinka opettaja tukee projektin aikana. Tämä oppimiskokonaisuus tukee opetussuunnitelmien yleisiä ja kemian opetukselle laadittuja tavoitteita (Opetushallitus, 2014, 2019). Tavoitteissa mainitut ongelmanratkaisu-, vuorovaikutus- ja tutkimisen taidot sekä teknologiaosaaminen korostuvat tässä oppimiskokonaisuudessa (Galadima, 2014; Haatainen & Aksela, 2021; Larmer et al., 2015).

Tässä artikkelissa rakennettu suolaisuusmittari on kouluopetuksen kannalta saavutettavissa. Laitteiston osat ovat melko edullisia ja laitteiston kokoaminen kohtuullisen helppoa. Lisäksi suolaisuusmittarilla on muita sovelluskohteita kokeellisissa töissä esim. liukoisuuden ja konsentraation mittaaminen sekä sähkönjohtavuuden tarkastelu esim. lämpötilan vaikutusten kautta.

Suolaisuusmittaria voisi kehittää lisäämällä laitteistoon lämpömittarin, jolloin lämpötilaa ei tarvitsisi erikseen mitata. Kemppainen (2025) ja Turpeinen (2025) ovat kehittäneet lämpötilan mittaamiseen soveltuvat mittalaitteet, joita voi hyödyntää suolaisuusmittarin jatkokehityksessä (Kemppainen, 2025; Turpeinen, 2025). Lisäksi suolaisuusmittaria voisi muokata lisäämällä erillisen akun tai pariston laitteistoon, jolloin se olisi helpommin liikuteltavissa.

## Lähteet

- Ambrož, M., Perna, J., Haatainen, O., & Aksela, M. (2023). Promoting STEM Education of Future Chemistry Teachers with an Engineering Approach Involving Single-Board Computers. *Applied Sciences*, 13(5), 3278. <https://doi.org/10.3390/app13053278>
- Automaattiset mittalaitteet. (n.d.). Itämeri. Retrieved 24 March 2026, from <https://itameri.fi/tutkimus-ja-menetelmat/menetelmat/automaattiset-mittalaitteet/>
- Build and Test a Conductivity Probe with Arduino—Activity. (n.d.). TeachEngineering.Org. Retrieved 20 March 2026, from [https://www.teachengineering.org/activities/view/nyu\\_probe\\_activity1](https://www.teachengineering.org/activities/view/nyu_probe_activity1)
- Galadima, A. A. (2014). Arduino as a learning tool. *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICECCO.2014.6997577>
- Gros, N., Camões, M. F., Oliveira, C., & Silva, M. C. R. (2008). Ionic composition of seawaters and derived saline solutions determined by ion chromatography and its relation to other water quality parameters. *Journal of Chromatography A*, 1210(1), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.09.046>
- Haatainen, O., & Aksela, M. (2021). Project-based learning in integrated science education: Active teachers' perceptions and practices. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(1). <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.1.1392>
- Itämeren suolapitoisuus | CMEMS. (n.d.). Retrieved 19 March 2026, from <https://marine.copernicus.eu/fi/access-data/ocean-visualisation-tools/baltic-sea-salinity>
- Itämeren vedessä on vähän suolaa. (n.d.). Itämeri.fi. Retrieved 19 March 2026, from <https://itameri.fi/itameri-nyt/vedenlaatu/suolaisuus/>
- Kempainen, K. (2025). Maillard-reaktion lämpötilan tutkiminen kemian opetuksessa Arduino-kehitysalustalla. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(1), 3–3. <https://urn.fi/urn:nbn:fi:hulib:editori:lumatb.v10i1.26897>
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project based learning: A proven approach to rigorous classroom instruction*. ASCD.
- LUMA-keskus Suomi. (2022). *Arduino-paketti yläkouluun ja lukioon*.
- LuontoPortti. (n.d.). Retrieved 30 March 2026, from <https://luontoportti.com/>
- Merilueen kalat. (n.d.). Itämeri. Retrieved 24 March 2026, from <https://itameri.fi/luonto-ja-senmuutos/lajit/kalat/>
- Opetushallitus. (n.d.). *Veden sähkönjohtavuuden määrittäminen*. Retrieved 19 March 2026, from [https://www.o3.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit\\_veden\\_sahkonjohtavuus.html](https://www.o3.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_sahkonjohtavuus.html)
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Opetushallitus.
- Opetushallitus. (2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. Opetushallitus.
- Taponen, A. (2024). Vesiliuoksen suolaisuuden mittaaminen Arduino-kehitysalustalla. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(1), 16–27. <https://urn.fi/urn:nbn:fi:hulib:editori:lumatb.v9i1.22427>
- Turpeinen, J. (2025). Lämpömittari kemiallisen reaktion energiamuutosten määrittämiseen Arduino-ohjelmistoympäristössä. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(1), 2–2. <https://urn.fi/urn:nbn:fi:hulib:editori:lumatb.v10i1.26917>
- Vuorinen, I. (2017). Itämeren muuttuva ekosysteemi. *Tieteessä tapahtuu*, 35(3). <https://journal.fi/tt/article/view/63452>
- Williams, W. (1986). Conductivity and salinity of Australian salt lakes. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 37(2), 177–182. <https://doi.org/10.1071/MF9860177>

## Liite 1

Mittalaitetta varten luotu koodi Arduino IDE -ohjelmistolle.

```
#include <LiquidCrystal.h> // Lisataan kirjasto
LiquidCrystal lcd(11,10,5,4,3,2); // Digital Pinnit, joissa näyttö kiinni

void setup() {
  lcd.begin(16,2); //kaynnistetaan naytto
  lcd.print ("Suolaisuus g/l"); //Kirjoitetaan ensimmäiselle riville
  pinMode(13, OUTPUT); // Punainen LED on pinnissa 13
  pinMode(12, OUTPUT); // Vihreä LED on pinnissä 12
}

void loop() {
  // Mitataan sähkönjohtavuus ja muutetaan se suolaisuudeksi
  double sensorVal = analogRead(A0);
  float conductivity = (sensorVal*0.0315);
  float salinity = pow(conductivity, 1.0878)*0.4665;
  //Ja tulostetaan se naytolle
  lcd.setCursor(0,1); // Siirrytaan toiselle riville
  lcd.print(salinity);

  // sytytetään LED:it suolaisuuden mukaan
  if (salinity > 1 && salinity < 2 ) {
    // jos suolaisuus on arvojen luku1 ja luku2 valilla (muuta tarvittaessa)
    digitalWrite(12, HIGH); //vihreä LED syttyy
    digitalWrite(13, LOW); // punainen LED sammuu
    delay(1000); // Odotetaan
  } else if (salinity < 1 ) {
    // jos suolaisuus pienempi kuin luku1 (muuta tarvittaessa)
    digitalWrite(13, HIGH); // punainen LED syttyy
    digitalWrite(12, LOW); //vihreä LED sammuu
    delay(1000); // Odotetaan
  } else if (salinity > 2 )
    // jos suolaisuus on isompi kuin luku2 (muuta tarvittaessa)
    digitalWrite(13, HIGH); // punainen LED syttyy
    digitalWrite(12, LOW); //vihreä LED sammuu
    delay(1000); // Odotetaan
}
```

## Liite 2

Taulukko 6 Kalalajien elinympäristöjen suolapitoisuuksia. Tiedot haettu luontoportti.com -verkkosivulta (LuontoPortti, n.d.).

<b>Kalalaji</b>	<b>Suolapitoisuus</b>
Turska ( <i>Gadus morhua</i> )	suolaisen veden kalalaji, mutta voi esiintyä runsassuolaisissa murtovesissä näyte esim. 12 g/l
Kampela ( <i>Platichthys flesus</i> )	suolaisen veden ja murtoveden kalalaji, sietää matalampaakin suolapitoisuutta, mutta lisääntyminen onnistuu vain korkeissa suolapitoisuuksissa näyte esim. 10 g/l
Siika ( <i>Coregonus lavaretus</i> )	makean veden ja murtoveden kalalaji, levinnyt melkein koko Itämeren alueelle näyte esim. 7 g/l
Lahna ( <i>Abramis brama</i> )	makean veden kalalaji, mutta voi esiintyä vähäsuolaisissa murtovesissä näyte esim. 2 g/l