



Selvitys katujen suolauksen vaikutuksista katupuihin Helsingissä



Anu Riikonen, Teemu Hölttä, Teemu Paljakka
& Eero Nikinmaa, HY

Selvitys katujen suolauksen vaikutuksista katupuihin Helsingissä



HELSINGIN YLIOPISTO

Julkaisija | Helsingin kaupungin rakennusvirasto
Kirjoittaja | Anu Riikonen, Teemu Hölttä, Teemu Paljakka & Eero Nikinmaa, HY
Taitto | Olli Turunen | Tovia Design Oy
Kuvat | Anu Riikonen
Paino | Kopio Niini Oy, Helsinki 2016
Painosmäärä | 50 kpl
ISBN | 978-952-331-080-3 (painettu versio),
978-952-331-081-0 (verkkoversio)
ISSN | 1238-9579

Sisällys

Tausta	4
Selvityksen tavoite	4
Seurantakohteet ja menetelmät	5
Kohteet	5
Näytteenotto ja mittausmenetelmät	7
Tulokset ja tulosten tarkastelu	8
Maaperä	8
Suolapitoisuus	8
Johtokyky	11
Kationinvaihtokapasiteetti (KVK) ja vaihtuva natrium	12
Lehvästö	14
Natrium	14
Kalium ja K/Na-suhde	16
Silmävarainen arviointi ja sen vertailu mittauksiin	17
Suolavaurion diagnosointi lehtien silmävaraisen arvioinnin avulla	17
Ksyleeminesteen osmoottinen vahvuus	19
Johtopäätökset	20
Jatkotoimet	22
Viitteet	23
Kuvailulehti	24

Tausta

Katusuola (vuorisuola, natriumkloridi, NaCl) on haitallista kasveille. Sekä natrium että kloridi ovat runsaina itsessään toksisia, ja lisäksi katusuola häiritsee maan ionitasapainoa ja voi vaikeuttaa puiden ravinteiden saantia. Katusuola voi myös lisätä maanesteen ionikonsentraatiota ja vaikeuttaa siten puiden vedenottoa. Kasvualustaan kertyvällä suolalla on omat haittavaikutuksensa, ilmalaskeumana oksoon päätyvällä suolalla omat, osittain itsenäiset haittansa puille. Riippuu kasvilajista, miten herkkä se on katusuolalle. Lehmus on puulajina suolansiedoltaan (koh-talainen-) heikko (Dirr 1976).

Suomen ilmastossa, jossa vuotuinen sadanta on suurempi kuin haihdunta, katusuolan haittavaikutusten oletetaan olevan akuuteimpia keväällä puiden elintoimintojen alkaessa, jolloin talvisen katusuolauksen jäljiltä maassa maaperän täyttävissä sulamisvesissä on paljon suolaa; helppoliukoisena natriumkloridin on uskotu huuhtoutuvan osittain kasvukauden sateiden myötä. Paikoissa, joissa suola-altistusta syntyy muutakin kautta kuin jäänestosuolauksesta, tilanne voi olla tästä poikkeava.

Natriumin ja kloridin, kuten muidenkin ionien, pidättyminen maahan riippuu maan kationinvaihtokapasiteetista (KVK). Maan hienojakoisuus ja multavuus lisäävät kationinvaihtokapasiteettia, karkeus puolestaan alentaa sitä. Suolaa pidättyy vähemmän karkeampiin maa-aineksiin, mutta sen haittavaikutukset puille voivat vastaavasti ilmetä jo pienemmissä pitoisuuksissa, koska natriumia ja kloridia voi silti olla maassa paljon suhteessa muihin ioneihin. Natrium ajaa kaliumia maan kationinvaihtopaikoilta maanesteseen, mistä se suola-altistuksen jatkuessa huuhtoutuu pois. Natrium häiritsee erityisesti kasvin kaliumin ottoa, sillä kasvit eivät pysty riittävästi erottelemaan näitä ioneja, mutta natrium ei voi korvata kaliumia kasvin entsyymitoiminnoissa. Kasvit käyttävät kaliumia erityisesti nestetasapainon säätelyyn, joten natrium voi tätäkin kautta haitata puiden vesitaloutta. Jotkut tutkimukset viittaa-

vat siihen, että kaliumlannoitus voisi vähentää kasvien natriumin ottoa suolaantuneesta maasta.

Selvityksen tavoite

Tavoitteena oli selvittää katupuiden kasvualustojen natrium- ja kloridipitoisuutta sekä puiden lehdistä havaittavia em. aineiden määriä vuosien 2013–2014 aikana. Tätä kautta haluttiin tutkia, esiintyykö Helsingin katupuilla selkeitä katusuolan aiheuttamia ongelmia. Samalla selvitettiin, voidaanko suola-altistusta liittää esimerkiksi kasvialustan ominaisuuksiin tai tiettyyn suolaus-aineeseen. Suolavaurioille etsittiin silmävaraisesti arvioitavia tuntomerkkejä.

Suolaraportti

Tutkimus on osa Helsingin katupuukujanteiden seurantaan. Puiden latvuksissa näkyvät ongelmat, oksien kärkien kuivuminen ja usein loppukesästä nopeasti reunoiltaan ruskettuvat lehdet, havaittiin joitakin vuosia sitten. Puiden vointia alettiin seurata tarkemmin ja pääteltiin, että katujen suolauksella saattaisi olla osuutta heikentymiseen. Selvitys tilattiin Helsingin yliopiston metsätieteen laitokselta, jossa oli paras asiantuntemus puiden vaurioihin ja maaperän suolaongelmiin liittyen. Kahden vuoden seurannan tuloksena valmistui nyt käsillä oleva raportti. Raportin tulosten perusteella suolan yhteys vaurioiden syntyyn näyttää kiistatonta. Yhteyden selvittyä suolaukselle voidaan avainkohteissa nyt hakea vaihtoehtoja ja vähintäänkin käsittelyiden minimoimista.

Raportti ilmestyy HKR:n tutkimusraporttien sarjassa, jossa julkaistaan puiden hyvinvointiin ja kunnon seurantaan liittyviä selvityksiä. Pitkäjänteisen, tuloksellisen tutkimustyön ja puiden olosuhteiden kohentamisen avulla puistojen ja katuvarsiensa puille voidaan saada runsaasti lisävuosia.

Seurantakohteet ja menetelmät

Kohteet

Koska eri puulajeilla on erilainen suolansietokyky, keskitettiin selvityksessä Helsingin yleisimpään katupuuhun eli puistolehmukseen. *Tilia* sp. oli puulajina kaikilla näytteenotossa mukana olleilla alueilla. Alla listataan seurantakohteet, perässä ajokaistojen määrä (k) ja lähin soveltuva liikennelaskentatieto (pyöristettynä lähimpään 500 ajoneuvoon/vrk. Lähde: Lilleberg ja Hellman 2012).¹

Seurantakohteista Mannerheimintien liikennelaskentatieto lienee hieman yläkanttiin näytteenotokohdalla, koska osa liikennekuormasta jakautuu laskentapaikan (Ruskeasuo) ja näytteenottopaikkojen välillä pois väylältä. Munkkiniemen sillan liikenne puolestaan koostuu pääasiassa Huopalahdentieltä tulevasta tai menevästä liikenteestä (näytteenottopaikka on Lokkalan-

tien ja Turuntien liittymän välissä), mutta ei ehkä täysin vastaa Huopalahdentien lukemia. Niistä kohteista, joille laskentatietoa ei ollut, voidaan arvioida suurimpien liikennemäärien kohdistuvan Kaupintielle. Pohjolankatu, Leikosaarentie ja Munkkiniemen puistotie eivät nykyisellään juuri toimi läpikulkuväylinä, vaikka niillä kaikilla kulkee joukkoliikennettä.

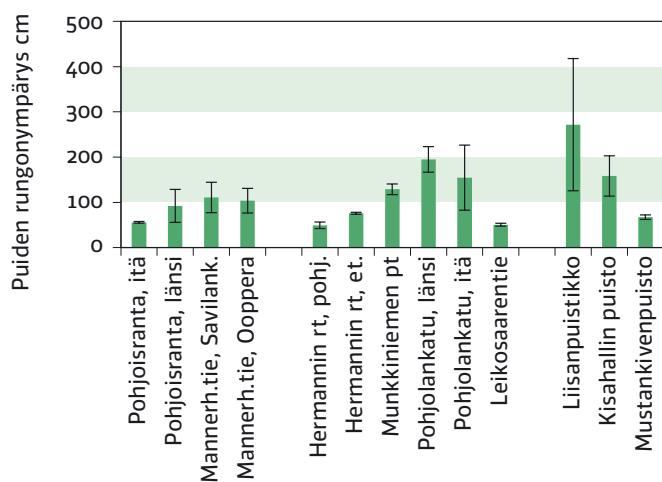
Seurantakohteet valittiin yhdessä HKR:n kanssa pölynestosuolauksen kohdetietojen ja vuonna 2012 tehdyn esiselvityksen pohjalta. Mukaan tulleista kohteista Hermannin rantatieltä oli aiempi epäily vakavasta suolavauriosta Tukutorin kohdalla (Hermannin rantatie, etelä); paikalta oli 2011–2012 menetetty muutamia aiemmin elinvoimaisen oloisia puita, joiden kuolinsyy jäi epäselväksi, mutta latvusoireet herättivät epäilyn suolaongelmista. Pohjoisrannasta puolestaan oli ai-

Jäänestosuolaus ja pölynsidonta	Jäänestosuolaus
Pohjoisranta, itäpuoli (4k, 34000) ¹ ¥ Pohjoisranta, länsipuoli (5k*, 34000) ¹ ¥	Hermannin rantatie, Haukilahdenk. (pohj.) (4k, 20500) †
Mannerheimint., Savilankadun risteys (4k, 37500)† ¥	Hermannin rantatie, Tukutori (etelä) (4k, 20500) †
Mannerheimint., Ooppera (4k, 37500) † ¥	Munkkiniemen puistotie (4k)
Lisäkohteet: lehti¥- ja maanäytteet elok. 2013 Huopalahdentie (5k*, 40500) ² Kaupintie (2k)	Pohjolankatu, länsipää (2k) † Pohjolankatu, itäpää (2k) † Leikosaarentie (2k) †
	Ei jäänestoa/pölynsidontaa (kontrollit)
	Liisanpuistikko Kisahallin puisto Mustankivenpuisto

¹ Liikennelaskentapaikka: 1 Pitkäsilta, 2 Munkkiniemen silta. * Pohjoisrannan länsipuolen ja Huopalahdentien puurivit ovat keski-kaistatyyppisiä, sillä puurivien ulkopuolella on vielä tien kanssa rinnakkainen katu tai ajokaista. † Näiden kohteiden kohdalla on kiinteistöjä, joiden toimesta alueella on voitu käyttää jäänestoaaineita. Muissa kohteissa puut keskikaistassa tai kohdalla rakentamaton tontti, puisto tms. ¥ puut kestopinnoitetulla alueella.



Kuva 1. Hermannin rantatien pohjoinen (vasen kuva) ja eteläinen (oikea kuva) näytteenottopaikka.



Kuva 2. Seurantapuiden keskirunkonympärysyys $\pm$ sen keskijajonta seuranta-kohteittain elokuussa 2013.

emmin mitattu vain vähäisiä suolapitoisuuksia, vaikka alueella oli runsaasti liikennettä. Mannerheimintietä pidettiin etukäteen yhtenä pahiten suolaantuneista kohteista Helsingissä. Munkkiniementien, Pohjolankadun ja Leikosaarentien tilanteesta ei ollut mitään ennakkotietoa. Kesällä 2013 otettiin näytteet Huopalahdentieltä ja Kaupintieltä HKR:n toivomusten pohjalta suolaaltistusepäilyn vuoksi.

Tutkimuskohteissa kasvaneiden lehmusten keskikoko vaihteli kohteittain (■ Kuva 2), mutta kaikissa kohdetyypeissä oli mukana kohtalaisen hyvä ikähaarukka; kaikissa kohdetyypeissä oli mukana sekä viimeisen 30 vuoden aikana istutettuja että 1930-luvulla istutettuja puita. Sekä lehti- että maanäytteiden tarkkoja keruupaikkoja Mannerheimintiellä jouduttiin vaihtamaan seurannan aikana, koska puita poistettiin seuranta-aikana; poistetun puun tilalle valittiin aina lähin (rivissä seuraava) puu. Syksyllä 2014 kaadettujen puiden kasvualustat olivat marraskuun 2014 näytteenotossa mukana. Pohjolankadun itäpäässä yhden seurantapuun latvus oli v. 2014 jo niin korkealla, että lehtinäytteitä siitä ei saatu; näyte otettiin rivissä seuraavasta puusta.

Näytteenotto ja mittausmenetelmät

Jokaisesta seurantakohteesta valittiin 3–4 puuta, joiden kasvualustoista otettiin maanäytteet. Nämä näytteet kerättiin vuosittain toukokuussa, kesäkuussa, elokuussa ja marraskuussa. Pelkän jäänestosuolauksen kohteista ei kuitenkaan määritetty kaikkia kesä- ja elokuun näytteitä. Maanäytteet kerättiin jokaisessa kohteessa pinta-maasta (0–30 cm), ja toinen näyte syvemmältä (30–60 cm) otettiin niistä kohteista, missä kaapelikartan perusteella uskallettiin kairata hieman syvemmälle. Maanäytteistä määritettiin 1:5 vesiuutoksesta maan pH (Metterlab PHM210), johtokyky (Jenway 4010) ja natriumpitoisuus (liekkifotometrisesti, Corning 410 tai Jenway PFP7). Toukokuun näytteistä määritettiin 1:5 vesiuutoksesta myös klooripitoisuus Mohr-titrauksella (titrantina 0.01M hopeanitraatti, indikaattorina kaliumkromaatti; titrattu näytemäärä 20 ml). Toukokuun näytteistä tehdyistä kokoomanäytteistä määritettiin lisäksi bariumkloriduuutoksesta kationinvaihtokapasiteetti. Yhdestä näyte-erästä (marraskuu 2014) tehtiin myös hehkutushäviön määrittäminen (550°C, 2t).

Kohteista kerättiin maanäytteiden lisäksi myös lehtinäytteet elokuussa leikkaamalla varrellisilla oksasaksilla 3–4 pientä oksaa mahdollisimman eri puolilta latvusta ja keräämällä niistä lehdet näytteeksi. Lehtinäytteistä määritettiin natrium- ja kaliumpitoisuudet tuhkauksen ja suolahappouuton jälkeen liekkifotometrillä. Kesällä 2014 kerätyt lehtinäytteet puhdistettiin ja kuvattiin lehtenreunavaurioiden tarkempaa arviointia varten. Elokuussa 2013 tehtiin ksyleeminesteen osmoottisen vah-

vuuden määritykset oksanäytteistä samoista puista, joista lehtinäytteet kerättiin.

Katusuolan vaikutuksia kaupunkikasvillisuuteen on kaikkiaan tutkittu melko paljon, mm. Tanskassa. Tulosten mittaus- tai ilmoittamistapa ei kuitenkaan ollut sellainen, että tuloksia olisi voitu vertailla tässä saatuihin. Tässä käytettiin latvialaisia ja puolalaisia havaintoja haitallisista suolapitoisuuksista lehmuksilla (*T. x europaea*, *T. cordata*). Puolalaisessa verrannetutkimuksessa (Czerniawska-Kusza et al. 2004) havaittiin natriumin olevan myrkyllistä maaeliöille pitoisuudessa 26 mg Na+/100g kuivaa maata (jatkossa mg Na/100g mkp, maan kuivapainoa kohti). Lehmuksen lehdissä havaittiin suolavaurion oireita (nekroosia ja kloroosia lehdenreunoissa) natriumpitoisuudessa 13.2mg Na/100g mkp ja laajaa nekroosia ja lehtien varisemista havaittiin pitoisuudessa 26mg Na/100g mkp. Tämän perusteella tässä selvityksessä saadut tulokset luokiteltiin **maanäytteiden** osalta seuraavien **viitearvojen** mukaan (puulaji lehmus):

- Luultavasti ei haitallinen: alle 13 mg Na /100 g mkp, alle 4 mg Cl/100 g mkp
- Haitallinen 13–26 mg Na /100 g mkp, 4–12 mg Cl/100 g mkp
- Erittäin haitallinen yli 26 mg Na /100 g mkp, yli 12 mg Cl/100 g mkp

Lehtien osalta käytettiin seuraavia **viitearvoja** (Cekster et al. 2008, Czerniawska-Kusza et al. 2004) :

- Ei haitallinen: alle 0,02 % Na (kuivapainosta)
- Haitallinen yli 0,14% Na (kuivapainosta)

Tulokset ja tulosten tarkastelu

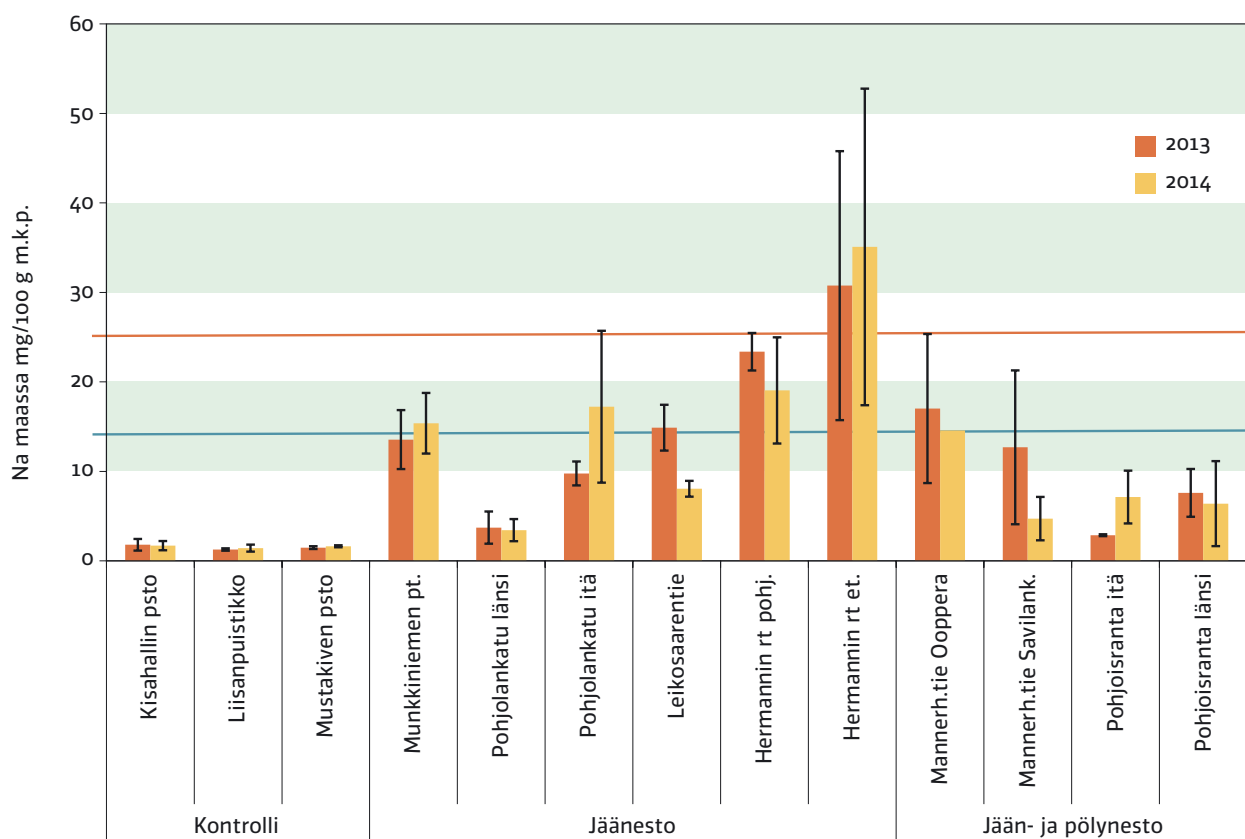
Maaperä

Suolapitoisuus

Suola-altistukseltaan erityyppisten seurantakohteiden välillä oli joitakin eroja maan **natriumpitoisuudessa** (■ Kuva 3). Kontrollikohteiden natriumpitoisuudet olivat odotetusti hyvin alhaisia. Sekä pelkän jäänestosuolauksen että jään- ja pölynestosuolauksen kohteissa pitoisuudet olivat koholla, pääosin haitallisen viitear-

von yläpuolella, mutta yleensä erittäin haitallisen rajan alapuolella. Näistä kohteista Hermannin rantatie poikkesi selvästi muista; natriumpitoisuus Hermannin rantatiellä oli selvästi korkeampi kuin muissa vastaavissa kohteissa. Se oli pelkän jääneston kohteista selkeästi ajonopeuksiltaan korkein ja vilkkaimmin liikennöity.

Suolauskohteista muista poikkesi Pohjoisranta ja etenkin v. 2013 sen itälaita, missä maasta tavatut natriumpitoisuudet olivat muita vastaavia kohteita alhai-

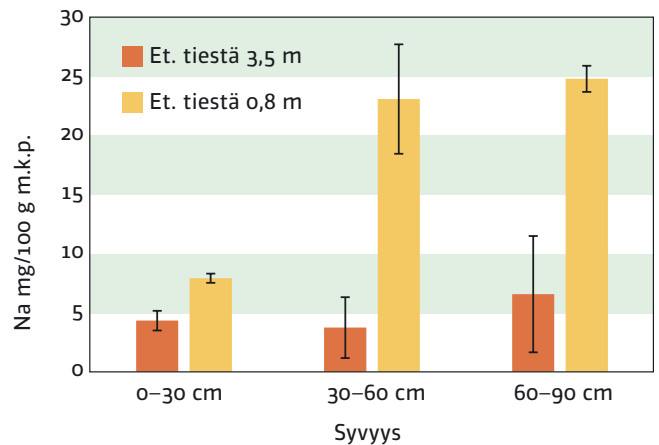


Kuva 3. Pintamaan (0–30 cm) maanäytteistä mitattu Na-pitoisuus toukokuussa 2013 ja 2014 eri seurantakohteissa. Sininen viiva osoittaa haitallisen Na-tason rajan ja punainen erittäin haitallisen.

sempia. Tämä on erityisen kiinnostavaa siksi, että seurannassa oli mukana myös kadun toinen puoli lähes samalta kohdalta, ja siellä natriumpitoisuus sekä kasvu- alustoissa että erityisesti puiden lehdistä oli selvästi korkeampi. Itälaidan puut vuosien 2013–2014 seurannassa olivat pyörätien ja jalkakäytävän välissä eli pyörätien mitan kauempana ajokaistasta kuin länsipuolen puut. Vuonna 2012 tehtiin näytteenottoa myös hieman etelämpänä rivissä, missä puurivi siirtyy ajoradan viereen; vuoden 2012 mittaukset viittaavat siihen suuntaan, että suurempi etäisyys ajokaistasta saattoi Pohjoisrannan itälaidalla olla suola-altistusta alentava tekijä (■ Kuva 4).

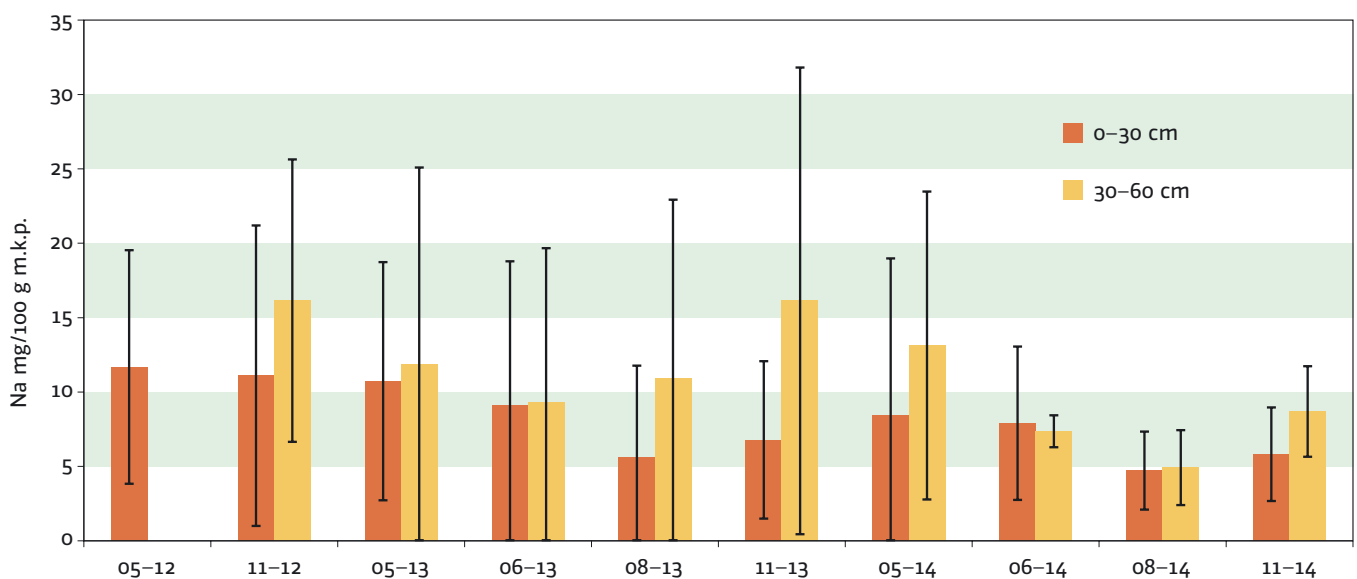
Muissa kohteissa puiden etäisyys ajokaistan reunasta oli korkeintaan noin metri, pisimmillään Munkkiniemen puistotiellä, missä muista kohteista poiketen maanpinta myös vietti voimakkaasti istutusalueelta kohtia ajokaistaa. Ajoväylän etäisyyttä puista ja sen vaikutusta suola-altistukseen ei tässä tutkittu, mutta mm. tanskalaisesta tutkimuksesta (Pedersen et al. 2000) tiedetään, että maahan päätyvä suolan määrä alenee nopeasti etäisyyden kasvaessa. Kahden metrin päässä ajokaistasta suolan määrä oli jo puoliintunut, tosin tarvittava etäisyys riippuu myös liikennemäärästä ja ajonopeuksista.

Kun tarkasteltiin vain sellaisia kohteita, joista oli käytettävissä mittauksia kaikilta näytteenottokerroilta (■ Kuva 5), havaittiin, että odotetusti pintamaan Na-pitoisuus oli korkeimmillaan kevään näytteenottokerralla, mikä oli ensimmäinen näytteenotto jäänestosuolauksen päätyä. Samaten pölynestosuolauksesta suurin osa ajoittunee alkukeväälle, jaksolle lumen sulamisesta siihen saakka, kun kadut on saatu harjattua. Ymmär-

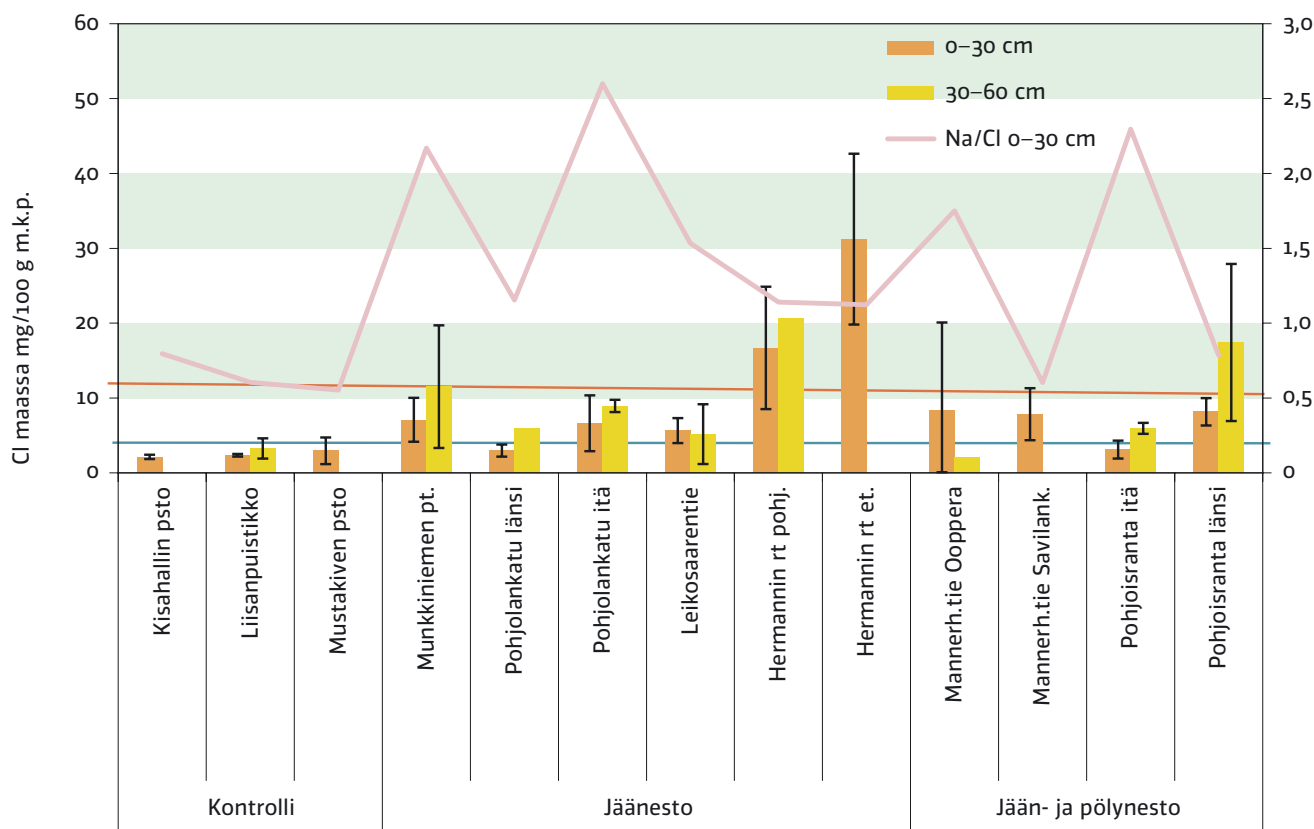


Kuva 4. Pohjoisrannan itälaidalla puurivi siirtyi Liisanpuistikon edessä ajokaistan reunasta pyörätien toiselle puolelle, jolloin etäisyys puun ja ajokaistan välillä vaihtuu noin metrillä lähes neljään metriin. Vuoden 2012 näytteenotossa oli mukana puita kummaltakin etäisyydeltä. Näyttemäärä oli pieni ja siksi hajontaluvut suuria, mutta näytti siltä, että etäisyydellä on vaikutusta etenkin syvemmälle maahan kertyvään natriummäärään.

rettävästi siis pintamaan suolapitoisuudet olivat korkeimmillaan toukokuun näytteissä. Syvemmällä maassa Na-pitoisuus oli ainakin osassa kohteita korkeimmillaan marraskuun näytteenottokerralla. Tämä viittasi siihen, että odotetusti natrium kulkeutuu ainakin jossain määrin alaspäin maaprofilissa kesän aikana. Kuitenkin syvemmän näytteenottokerroksenkin pitoisuudet olivat



Kuva 5. Maanäytteistä mitattu natriumpitoisuus eri näytteenottokerroilla keväästä 2012 marraskuuhun 2014. Kuvas- sa on mukana vain Mannerheimintien ja Pohjoisrannan kohteet, jotka kontrollien lisäksi olivat mukana näytteenotos- sa jo 2012, ennen projektin varsinaista alkamista.



Kuva 6. Maanäytteistä mitattu klooripitoisuus toukokuussa 2014 0–30 ja 30–60 cm:n syvyydellä vasemmalla pystyakselilla. Jälkimmäiseltä syvyydeltä saatujen näytteiden määrä jäi varsin pieneksi. Oikealla pystyakselilla Na/Cl –suhde, joka natriumkloridissa on noin 0,65. Sininen viiva osoittaa haitallisen Cl-tason rajan ja punainen erittäin haitallisen.

melko korkeita kautta vuoden, joten huuhtoutuminen kokonaan pois kasvualustasta ei näytä olevan selvitys-vuosien kaltaisissa oloissa kovin tehokasta.

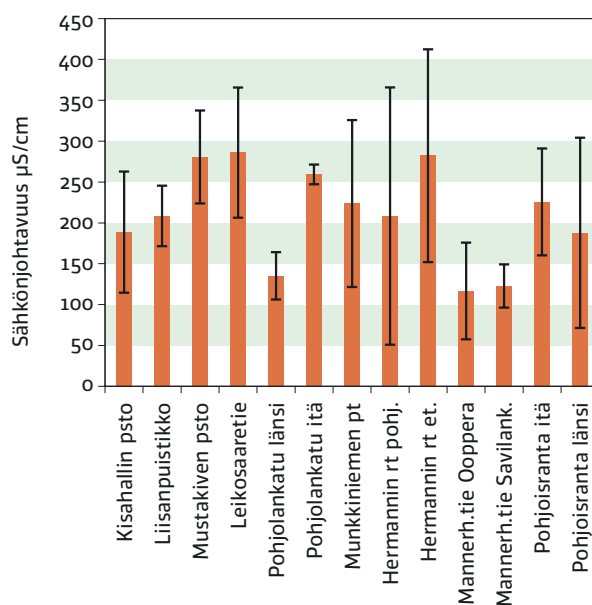
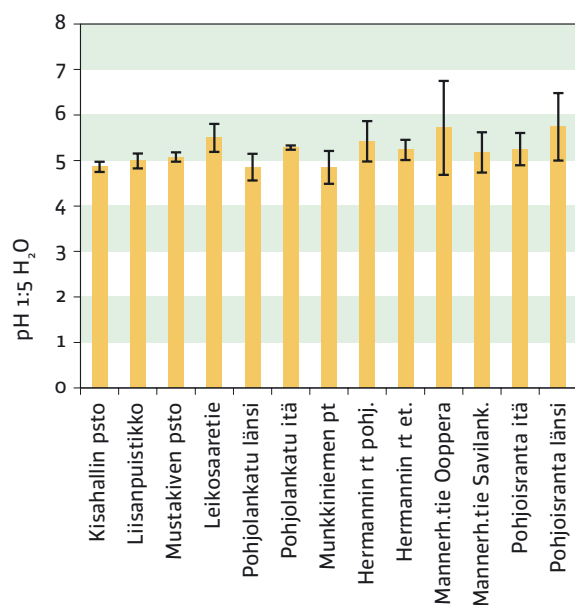
Kesän näytteistä mitatut alemmat Na-pitoisuudet 30–60 cm kerroksessa ovat osittain harhaanjohtavia, sillä ke-sällä ei saatu kairattua yhtä syvälle kuin keväällä ja syk-syllä (kaira uppoaa helpommin märkään maahan kuin kuivaan). Kovin syvältä maanäytteitä ei yleensä saatu otettua, joten tilanne n. puolen metrin syvyydessä ja si-tä syvemmällä jäi varsin epäselväksi. Ainoastaan Poh-joisrannan itälaidalta saatiin näytteitä 90 cm:n syvyyteen saakka, ja tällä syvyydellä pitoisuudet olivat korkeam-mat kuin 0–30 ja 30–60 cm:n korkeudella.

Klooripitoisuudet (■ Kuva 6) seurasivat natrium-pitoisuuksia, eikä natriumin ja kloorin suhde alittanut missään selkeästi vuorisuolan Na/Cl –suhdetta (0,65). Kloori kiinnittyy maahan natriumia huonommin, jo-ten sitä pitäisi suhteessa olla aina vähemmän kuin na-triumia silloin kun NaCl on näiden alkuaineiden pää-asiallinen lähde, ja näin olikin. Vain kontrollikohteis-sa, joissa Na ja Cl eivät olleet pääsääntöisesti lähtöisin suolausaineista, niiden määräsuhde oli joskus jopa hie-man alle 0,65. Jos pölynestossa käytetty kalsiumkloridi olisi suuri suolaantumisen lähde, olisi oletettavissa, et-tä jään- ja pölynestokohteissa olisi alempi Na/Cl-suh-de kuin pelkissä jäänestokohteissa. Tällaista ei havaittu,

vaan kohteiden keskinäinen ja sisäinen vaihtelu oli pal-jon suurempaa kuin jäänestokohteiden ja jään- ja pöly-nestokohteiden välinen. Toisin sanoen tämä viittaa sii-hen, että kalsiumkloridi ei ollut tarkasteltuina vuosina seurantakohteissa vuorisuolaan verrattuna kovin mer-kittävä suolaantumisen aiheuttaja.

Maan klooripitoisuudet olivat yleensä haitallisten ra-ja-arvojen yläpuolella samoissa kohteissa kuin Na-pi-toisuudetkin, eli kaikkein korkeimmat pitoisuudet ta-vattiin Hermannin rantatieltä (eteläpäässä noin 30–40, pohjoispäässä noin 15–20 mg Cl/100 g m.k.p.). Haitalli-sen korkeita klooripitoisuuksia tavattiin joko 2013 tai 2014 kaikista muista seurantakohteista paitsi kontrolli-kohteista ja Pohjolankadun länsipäästä.

Oli siis melko ilmeistä, että pölynsidontasuolaus ei ollut havaittua maan natrium- tai klooripitoisuutta se-littävä tekijä. Pikemminkin **suola-altistusta määräsi lii-kenteen ja sitä kautta jäänestosuolauksen määrä**. Her-mannin rantatien huono tilanne voi suurten liikenne-määrien lisäksi osin selittyä myös suurilla ajonopeuk-silla. Ajonopeus vaikuttaa suolaroiskeiden leviämisetäi-syyteen. Hermannin rantatien kahdesta kohteesta ete-läisempi oli pahemmin suolaantunut, vaikka ajonope-udet kaupunkiin johtavalla kaistalla ovat pohjoispääs-sä suuremmat, koska moottoritie on lähempänä. Toi-saalta eteläinen kohde on lähempänä liikennevaloja (■



Kuva 7. Maanäytteiden pH ja johtokyky (marraskuu 2013). Erot seurantapaikkojen välillä olivat kohtalaisen pieniä.

Kuva 1), jolloin suola-auto voi levitysvantaan pyöriessä auton seistessä valoissa levittää kohdalle suurenkin lii-
ka-annoksen suolaa.

Pohjolankadun kahden eri näytteenottokohdan yllät-
tävän selvää eroa (■ Kuva 3, ■ Kuva 6) voi selittää se, et-
tä lyhytaikainen pysäköinti on sallittu kadun varrella ja
autot voivat muodostaa paitsi konkreettisen esteen suo-
laroiskeille, myös ohjaavat liikennettä väylän keskelle,
jolloin roiskeet eivät niin helposti ulotu kasvualustoihin.
Kadun länsipään näytteenottokohta on lähempänä lii-
kerakennuksia ja pysäköinti lieenee siinä tavallisempaa
kuin kadun itäpäässä.

Kesän 2014 maan Na- ja Cl-pitoisuudet olivat hie-
man alemmat kuin edellisen kesän, mahdollisesti kos-
ka talvi 2013–2014 oli varsin lyhyt ja suolan käyttömää-
rät todennäköisesti jäivät vähäisemmiksi kuin edellise-
nä talvena. Ylipäätään selvästi nousevaa maan Na-pitoi-
suuden trendiä seurantajakson yli ei juuri nähty, joten
suolan jatkuva kertyminen maan pintakerrokseen ai-
nakaan seurantavuosien tyyppisissä sääoloissa ja suo-
lankäyttömäärissä **ei ole kovin todennäköistä**, joskin ly-
hyt seuranta-aika lisää päätelmän epävarmuutta. Ikävä
kyllä **syvempien maakerrosten tilanne** on huomatta-
vasti **epävarmempi**, sillä pitoisuudet alempana maas-
sa olivat yleensä kautta vuoden korkeampia kuin pinta-
maassa, vaikka sielläkään ei selvää pitoisuuksien nou-
sua seuranta-aikana nähty.

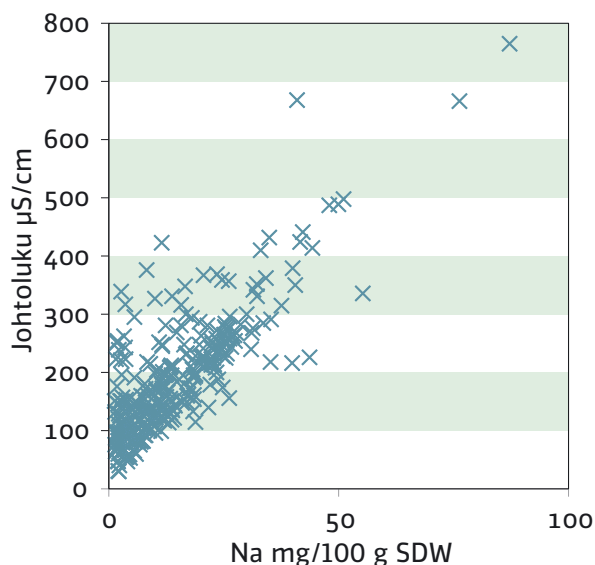
Seurannassa kerättiin ja määritettiin 503 maanäytettä,
joista 116 oli kontrollinäytteitä. Kaikkiaan 41 näyttees-
tä tavattiin natriumpitoisuuksia, jotka ylittivät tässä erit-
tään haitalliseksi katsotun määrän raja-arvon. Haitalli-
sen pitoisuuden raja-arvo ylittyi 156 näytteessä. Noin 70
% kaikista määritetyistä näytteistä edusti pintamaata eli
0–30 cm:n kerrosta, mutta erittäin haitallisia pitoisuuksia
löytyi suhteessa useammin syvemmältä kuin pinta-

maasta. Erittäin haitallisen raja ylittyi useimmin Her-
mannin rantatien näytteissä ja kohtalaisen usein myös
Mannerheimintien Oopperan kohdalla otetuissa näyt-
teissä. Lisäksi useita haitallisen korkeita natriummarvo-
ja määritettiin Pohjoisrannan länsilaidalta. Haitallisen
maan Na-pitoisuuden raja ylittyi v. 2013 keskiarvoissa
lisäksi Munkkiniemen puistotiellä ja Leikosaarentiellä,
v. 2014 vain Munkkiniemen puistotiellä.

Kaupintie ja Huopalahdentie olivat mukana vain elo-
kuun 2013 näytteenotossa, mutta näistä molemmista ta-
vattiin tällöin haitallisen korkeita natriumpitoisuuksia
erityisesti 30–60 cm syvyydestä (Kaupintie $68,5 \pm 23,5$
mg / 100 g mkp, Huopalahdentie $30,0 \pm 12,3$ mg / 100 g
mkp). Samaan aikaan yhtä korkeita pitoisuuksia ei ta-
vattu muista seurantakohteista kuin Pohjoisrannan län-
silaidalta, mikä viittaa siihen, että kyseiset kaksi kohdet-
ta olisivat seuranta-aineistoon verrattuna kaikkein pa-
himpien suolahaitta-alueiden joukossa. Erityisesti lii-
kennemääriltään selvästi Huopalahdentietä alemman
Kaupintien tilanne oli yllättävän heikko. Molemmissa
kohteissa puut kasvavat nurmikaistassa. Huopalahden-
tie oli todennäköisesti aineiston liikennemääriltään vilk-
kain kohde, vaikka liikennelaskentapaikka olikin jonkin
matkan päässä näytteenottokohdasta.

Johtokyky

Maan natriumin määrittämiseksi tehdyistä 1:5 vesi-
uutoksista mitattiin myös pH ja sähkönjohtokyky, sil-
lä johtolukua tai -kykyä käytetään joskus indikaattori-
na maan suolaantumisen, ja pH saatiin vaivatta mi-
tattua samassa yhteydessä. Mittausmenetelmät poik-
keavat Viljavuuspalvelun menetelmästä, jossa uutto-
suhde on 1:2,5, joten tulokset eivät ole suoraan verran-
nolliset Viljavuuspalvelun vastaaviin (■ Kuva 7). pH:n



Kuva 8. Koko seuranta-aineiston näytteiden Na-pitoisuuden ja sähkönjohtavuuden suhde. Noin alle 100 µS/cm johtokykyjen yhteydessä ei tavattu koholla olevia Na-pitoisuuksia, mutta korkeakaan johtokyky ei välttämättä viitannut natriumin kertymiseen.

osalta tässä käytetty uuttosuhde antaa tyypillisesti hie- man (alle puoli pH-yksikköä) korkeampia arvoja; säh- könjohtavuuden osalta tuloksia ei voi suoraan muun- taa Viljavuuspalvelua vastaavaksi. Menetelmä on kui- tenkin sama kuin nykyinen lannoitevalmistelain vaati- mus, joten jatkossa näitäkin arvoja voidaan päästä ver- taamaan laajempiin aineistoihin.

Johtokyky ja Na-pitoisuus näyttivät osittain korreloi- van (■ Kuva 8), mutta korkeita johtokykyjä tavattiin myös sellaisissa näytteissä, joissa natriumpitoisuus ei ollut ha- vaittavasti koholla. Vaikka korkea johtokyky saattoi joh- tua natriumista, usein ei näin kuitenkaan ollut. Johtoky-

kyä ei siis voi sinällään käyttää katusuolauksen haitto- jen diagnosoinnissa, mutta mikäli se yhdistyy tyypilli- siin lehtivaurioihin, voidaan sitä käyttää viitteenä siitä, että tarkempia määrittämiä on syytä tehdä.

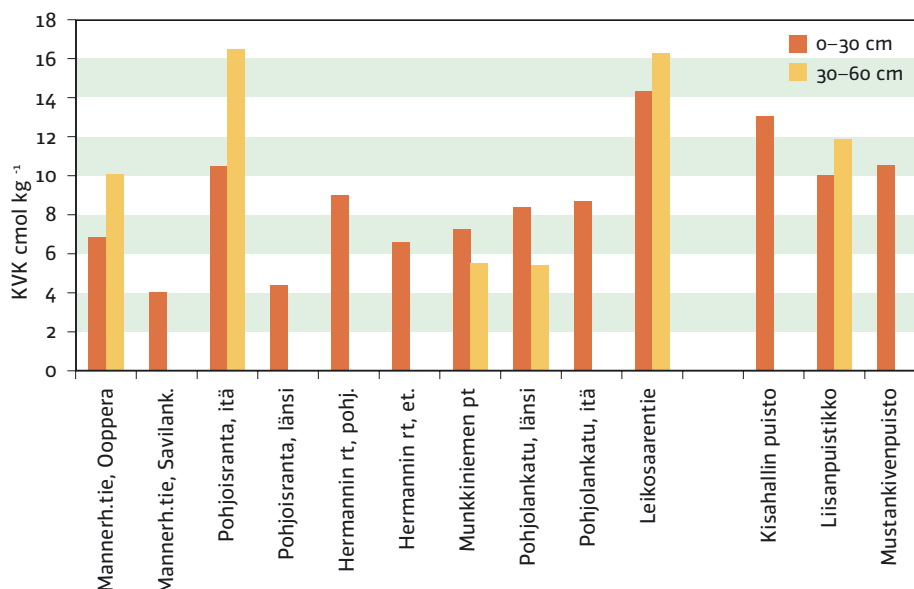
Kationinvaihtokapasiteetti (KVK) ja vaihtuva natrium

Korkeimmat **kationinvaihtokapasiteetit** tavattiin tyypil- lisesti uusimmista katupuuistutuksista Leikosaarentiel- tä ja Pohjoisrannan itälaidalta (■ Kuva 9). Tämä onkin ymmärrettävää, sillä hankalimmissa kaupunkikasvupai- koissa katupuiden kasvualustan laatu pyrkii heikkene- mään ja orgaaninen aines vähenemään vuosien kules- sa. Kationinvaihtokapasiteetin vaihtelusta noin puolet selittyikin maan **orgaanisen aineksen määrän** vaihte- lulla (■ Kuva 10), ja uusimmissa kohteissa tavattiin myös korkeimmat maan orgaanisen aineksen pitoisuudet.

Natriumin osuus maan kationivarastosta näytti nou- sevan kationinvaihtokapasiteetin laskiessa. **Alhaisen ka- tioninvaihtokapasiteetin on toisinaan ajateltu suojaa- van puita** katusuolan aiheuttamilta haitoilta, koska na- trium (kuten myös ravinneionit) voisi huuhtoutua hei- kosti kationeita pidättävästä maasta nopeasti pois. Täs- sä selvityksessä tehdyt havainnot **eivät selkeästi tue tä- tä ajatusta** (■ Kuva 11a); niissä näytteenottopaikoissa, missä KVK oli alhainen, oli myös maan kationivarasto- sa paljon natriumia, ja huonon K/Na-suhteen omaavi- en puiden kasvualustoissa oli yleensä alhainen KVK (■ Kuva 11b).

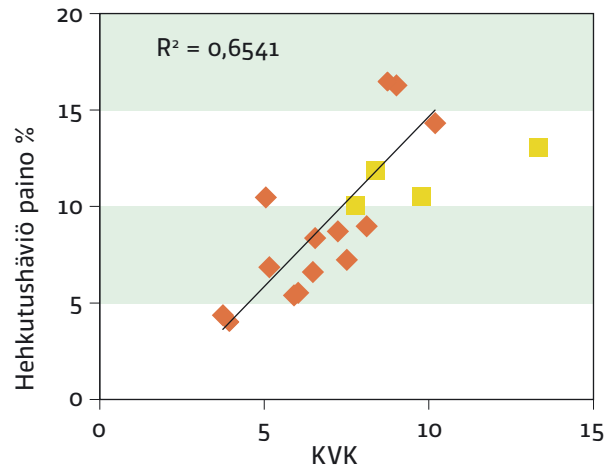
Kuitenkin jos tarkasteltiin vain oletettuja kaikkein ko- vimman suolauksen kohteita (Mannerheimintie, Poh- joisrannan länsilaita, Hermannin rantatie), näiden osal- ta korrelaatio oli sen suuntainen, että suolaa oli vähiten alimman KVK:n kasvualustoissa. Ikävä kyllä luotettavan vertailun teko vaatisi tarkkoja tietoja käytetyistä suola-

Kuva 9. Kasvualustanäyt- teiden kationinvaihtoka- pasiteetti mitattuna tou- kokuun 2013 maanäytteis- tä. Korkea kationinvaihto- kapasiteetti viittaa hyvään ravinteiden pidätyskykyyn, mutta samalla myös na- triumia ja kloridia kertyy helposti maahan. Alhaisen kationinvaihtokapasitee- tin omaava maa on yleen- sä ravinneköyhää, mutta myös katusuolan on uskot- tu huuhtoutuvan siitä hel- pommin pois.



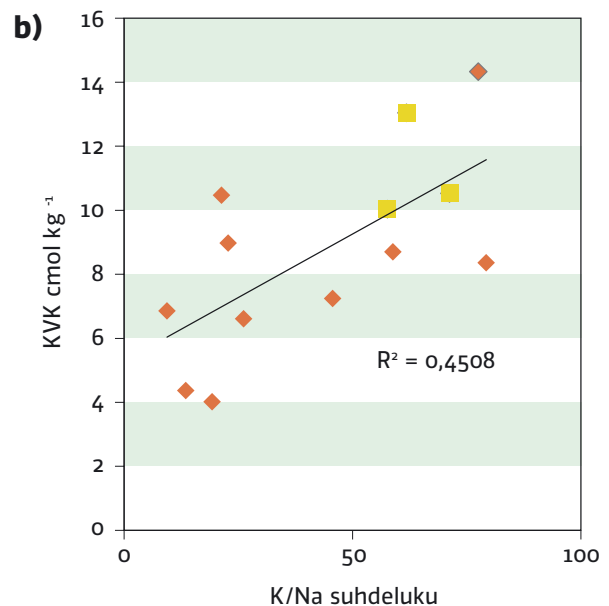
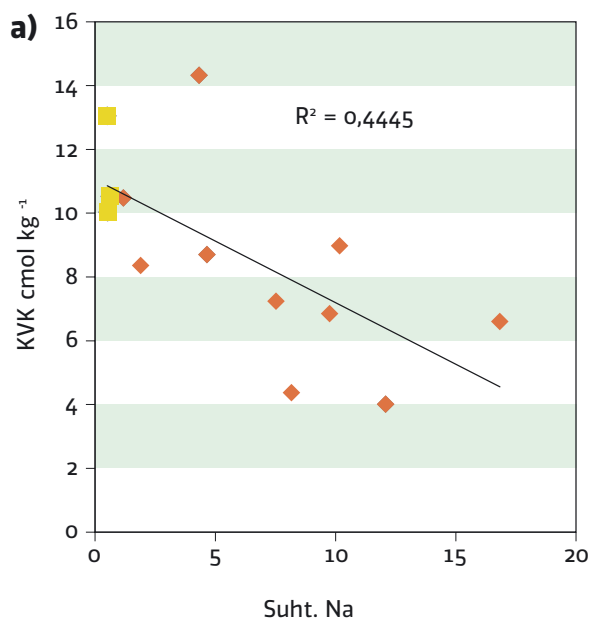
määristä. Lisäksi on ilmeistä, että ainakin ns. rajoitetussa kasvualustassa alhainen kasvualustan KVK ja suolaaltistus kytkeytyivät kaliumin puutteeseen ja lehvästön suolaoireisiin.

Suolaantunut maa voidaan määritellä monin tavoin ja erilaisten indeksien ja raja-arvojen avulla. Eräs varsin vakiintunut **suolaantumisen indikaattori on ESP-arvo** (*exchangeable sodium percentage*) (■ Kuva 12). Suomeksi tästä voisi käyttää käännöstä vaihtuvan natriumin osuus. Suolaantumattoman maan ESP-arvo on alle 6 %; tässä aineistossa kaikki kontrollikohteina käytetyt puistoalueet jäivät tämän rajan alle, samoin Pohjoisrannan itäpuoli, Pohjolankatu ja Leikosaarentie. Erityisesti Leikosaarentien ESP jäi varsin pieneksi, vaikka maassa oli painoyksikköä kohti melko paljon natriumia ottaen huomioon, miten uusi kohde on kyseessä; alhainen ESP johtui muiden kationien (kuten Mg, K, Ca) runsaudesta maassa. ESP-arvon ylittäessä 15 % puhutaan selvästi suolaantuneesta maasta. Tämä raja-arvo ylittyi vain yhdessä seurantapaikassa, Hermannin rantatien eteläpäässä. Muut seurantakohteet jäivät ESP-arvoiltaan jonkin verran suolaantuneen – suolaantuneen maan luokkiin, pahin tilanne edellä mainitun Hermannin Rantatien eteläpään jälkeen oli Hermannin rantatien pohjoispäässä ja Mannerheimintielle. Tässä käytetty analyysimenetelmä pikemminkin aliarvioi kuin yliarvioi ESP-arvoa, sillä KVK on tehty bariumkloridiuutoksesta, mutta natrium on määritetty vesiutosta. Suurta virhettä tuloksissa ei tästä johtuen kuitenkaan pitäisi olla, sillä natrium on maassa hyvin helppoliukoinen.

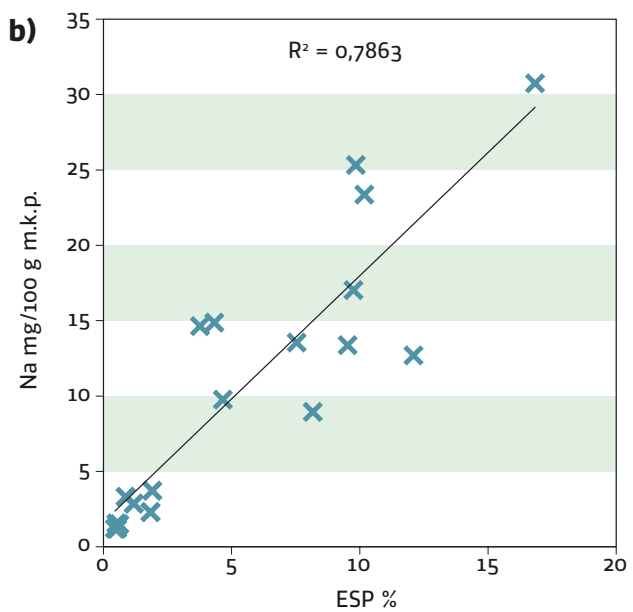
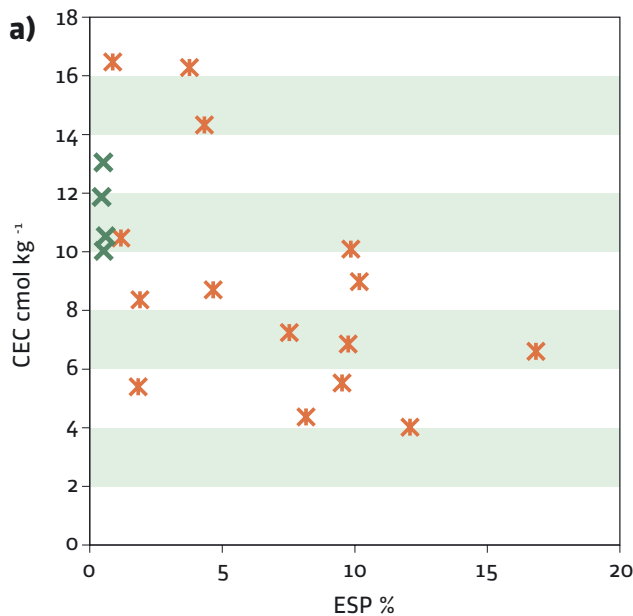


Kuva 10. Hehkutushäviö selitti näytteiden kationinvaihtokapasiteettia varsin hyvin. Oranssit neliöt ovat suolauskohteita ja keltaiset ovat kontrollikohteita. Korrelaation arvossa ovat mukana vain suolauskohteet; mikäli mukaan otetaan myös kontrollikohteet, $R^2 = 0,56$.

Suolaantumattomissa kohteissa maan kationivaraostossa oli kaliumia noin yhtä kertaluokkaa enemmän kuin natriumia, kun taas pahiten suolaantuneissa kohteissa kaliumia oli kationivaraostossa vain viidennes tai vähemmän natriumin määrästä.



Kuva 11. a) Natriumin suhteellinen osuus maan kationivaraostosta (0–30 cm syv.) ja **b)** kalium-natriumsuhde puiden lehdistä kasvualustasta (0–30 cm syv.) mitatun kationinvaihtokapasiteetin (KVK) funktiona. Kolme kontrollikohdetta on merkattu keltaisilla neliöillä.



Kuva 12. a) ESP-suolaantumisindekaattorin arvo maan kationinvaihtokapasiteetin funktiona. Kontrollikohteet eli kolme puistokohdetta on merkitty vihreillä rasteilla ja suolauskohteet oransseilla tähdillä. **b)** Maan Na-pitoisuuden ja ESP-indikaattorin suhde.

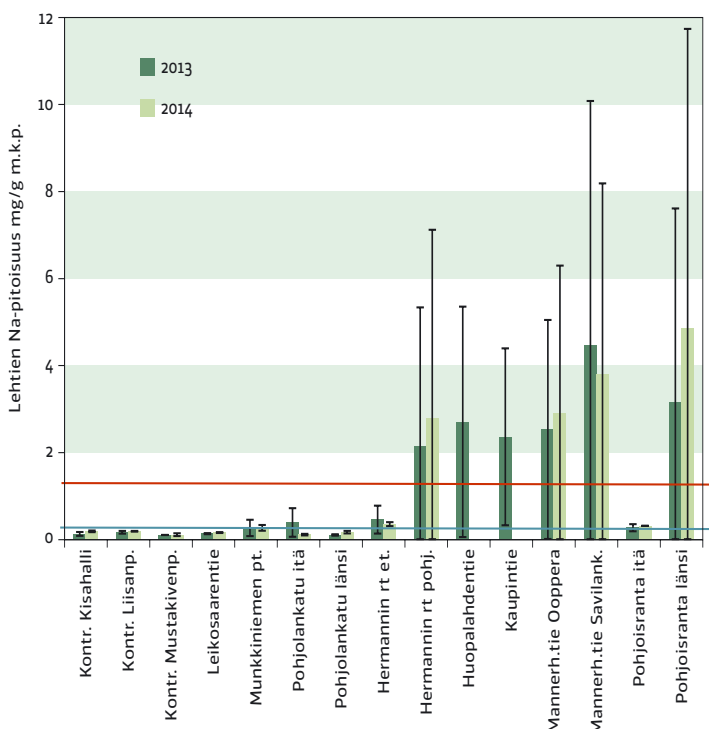
Lehvästö

Viittä erilaista puusta silmävaraisesti arvioitavaa kunnon ja terveyden indikaattoria (elinvoimaisuusarviointi, lehtien kloroottisuus, nekroosi, enneaikainen putoaminen, lehdenreunojen palaminen) verrattiin puiden lehdistä ja maasta mitattuihin natriumpitoisuuksiin. Lisäksi lehdistä analysoitiin niiden natrium- ja kaliumpitoisuus. Seurantapuiden koossa oli melko suuria eroja. Puiden kunnon ja terveyden indikaattorit tai lehtien natrium- ja kaliumpitoisuudet eivät yleensä korreloineet puun koon kanssa (R^2 alle 0,2); ainoastaan kesällä 2013 lehtien putoaminen oli hieman tavallisempaa

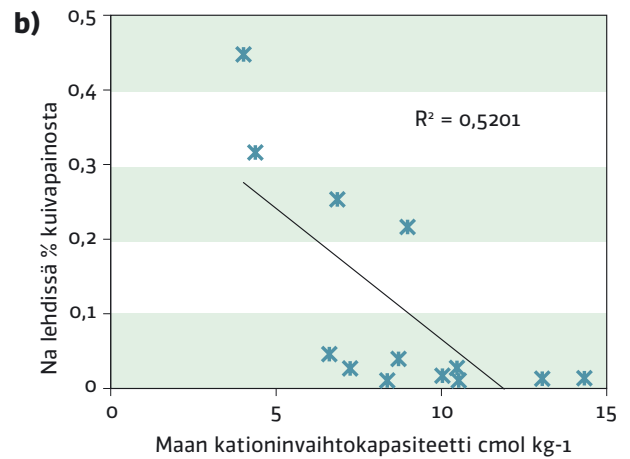
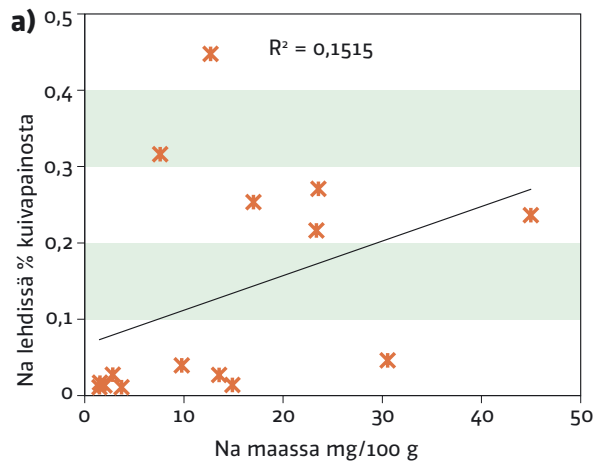
isommassa puussa kuin pienemmässä (R^2 0,37), mikä onkin ymmärrettävää, jos lehtien putoamisen pääsyyksi oletetaan kuivuus.

Natrium

Haitallisia **natriumpitoisuuksia** tavattiin **puiden lehdistä** varsin yleisesti (■ Kuva 13). Kontrollikohteiden, Leikosaarentien ja Pohjolankadun länsipään puiden lehtien Na-pitoisuudet jäivät normaaliarvojen rajoihin kumpakin vuonna. Kohtalaisen alhaisia olivat myös Munkkiniemen puistotien ja Pohjolankadun itäpään puiden lehtien Na-pitoisuudet. Hermannin rantatien pohjoispäässä, Pohjoisrannan länsilaidalla ja Mannerheimintien kummassakin näytteenottokohdassa lehtien keskimääräinen Na-pitoisuus ylitti haitallisen raja-arvon kumpanakin vuonna. Myös vain v. 2013 näytteenotossa mukana olleet Huopalahdentien ja Kaupintien kohteet ylittivät haitallisen pitoisuuden rajan. Muut suolauskohteet, eli Pohjoisrannan itälaita, Hermannin rantatien eteläpää, sekä Pohjolankadun itäpää olivat lehtien Na-pitoisuuden osalta hieman koholla, mutta haitallisen pitoisuuden raja-arvo ei niissä ylittynyt. Vuosien välillä ei ollut kovin suuria eroja, yksittäisten puiden väliset erot olivat sen sijaan hyvin suuret. Näytteenottoa ei pystytty maasta käsin tekemään edustavasti, ja siihen nähden vuosien välinen vaihtelu oli yllättävän pientä. Samat neljä puuta osoittivat korkeimmat lehtien natri-



Kuva 13. Lehtinäytteiden Na-pitoisuus elokuussa 2013 ja 2014 seurantapaikoittain. Sininen viiva osoittaa suunnilleen ei-haitallisen viitetason ylärajan ja punainen haitallisen viitetason alarajan.



Kuva 14. a) Lehtien ja maaperän natriumpitoisuuden välillä ei ollut juuri korrelaatiota. **b)** Lehtien natriumpitoisuus korreloi maan ominaisuuksista parhaiten kationinvaihtokapasiteetin kanssa siten, että mitä alempi kationinvaihtokapasiteetti oli, sitä enemmän lehdistä tavattiin natriumia.

umpitoisuudet sekä vuonna 2013 että 2014. Tässä mielessä näyttää, että natriumin pitoisuuksien vaihtelu alalatuksen sisällä ei ole tavattoman suurta, mikä helpottaa lehtinäytteiden käyttöä suolaongelmien diagnosoinnissa. Toisaalta on ilmeistä, että kohteesta on otettava näytteet vähintään kolmesta puusta, jotta saadaan kohdetta edes kohtalaisesti kuvaava keskiarvotieto.

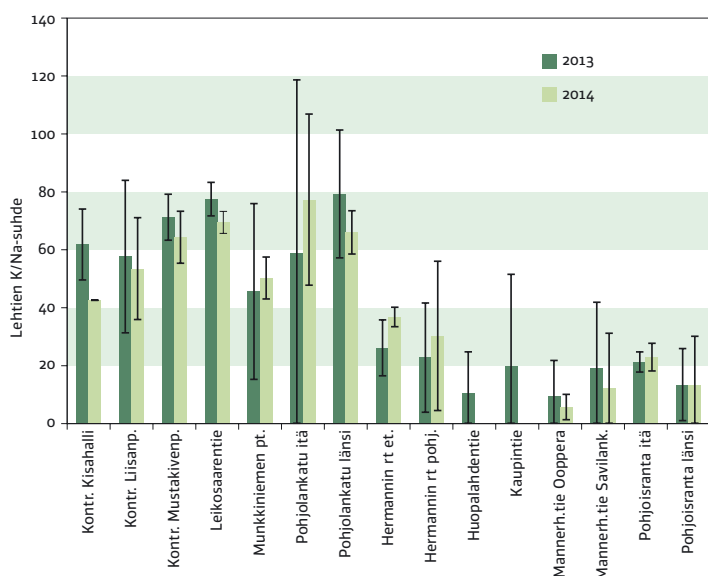
Vaikka maanäytteiden ja lehtinäytteiden Na-pitoisuuksissa yleensä erottuivat samat kohteet huonoina ja hy-

vinä, korrelaatio lehtien ja maan Na-pitoisuuden välillä oli heikko (■ Kuva 14 a). Tämä on siinä mielessä ymmärrettävää, että maanäytteet eivät välttämättä edusta puun juurten ulottuvilla olevaa maa-ainesta erityisen hyvin. Maanäytteenotto tehtiin esimerkiksi Mannerheimintieltä alle 1 m² pinnoittamattomasta aukosta puun tyveltä (■ Kuva 15), vaikka puun juuriston on täytynyt levitä huomattavasti laajemmalle. Samoin syvimpien maakerrosten puuttuminen näytteenotosta voi vääris-



Kuva 15. Seurantapuita rajoitetussa kasvualustassa, vasemmalla näkymää Oopperan näytteenottokohdasta Mannerheimintieltä elokuussa 2013. Selvityksen päättyessä syksyllä 2014 kuvan etualalla oleva seurantapuu oli jo poistettu kuolleena. Oikealla Pohjoisrannan länsilaidan seurantapuista lehtien Na-pitoisuudeltaan kumpanakin mittausvuonna korkein puu (puurekisterin puu 5535).

tää havaittua kasvualustan ja lehtien välisen natriumpitoisuuden suhdetta. Puiden keskinäinen suuri vaihtelu lehtien Na-pitoisuudessa samassa kohteessa antoi aiheutta epäillä, että osa puista on onnistunut löytämään vähemmän suolaantunutta maata, kun taas osan juuristo keskittyy hyvinkin suolaantuneille alueille. Kuitenkin niissä kohteissa, joissa lehtien Na-pitoisuus keskimäärin ylitti haitallisen pitoisuuden raja-arvon, lähes kaikissa lehtinäytteissä raja-arvo ylittyi, osassa enemmän ja osassa vain juuri ja juuri.

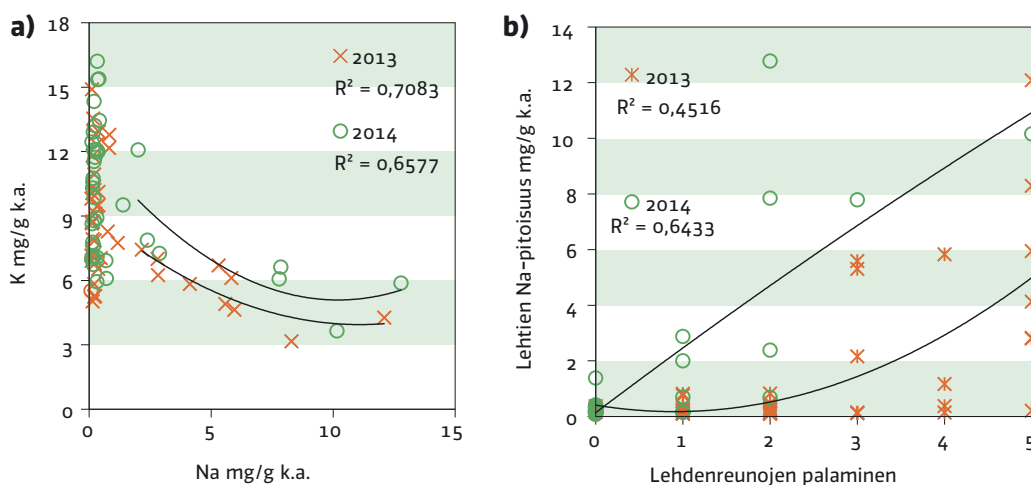


Kuva 16. Lehtien kalium/natrium-suhde seuranta- paikoittain elokuussa 2013 ja 2014. Korkeampi arvo viittaa puiden parempaan ravinnetasapainoon.

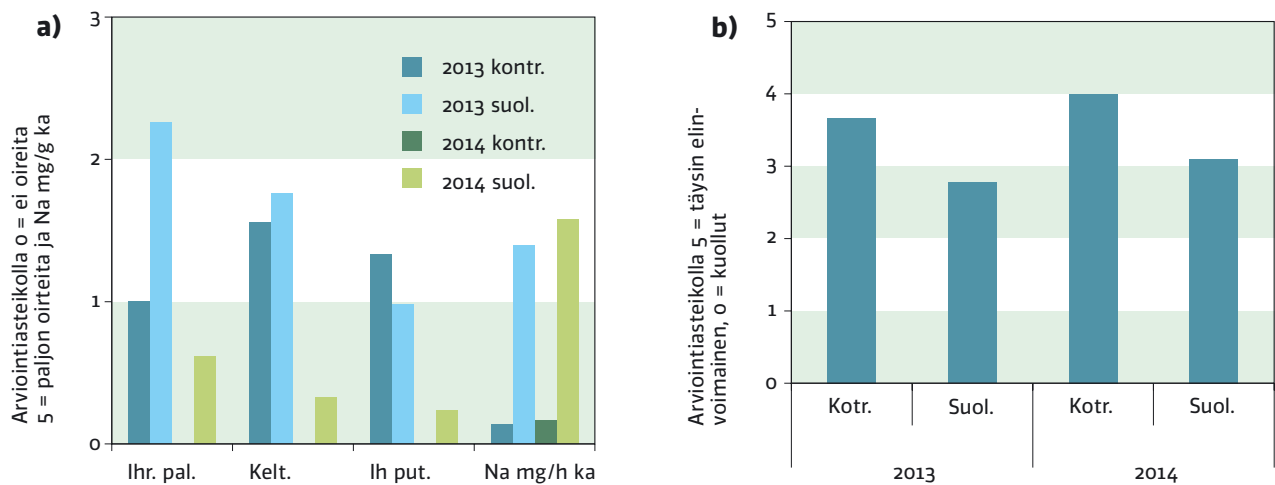
Toisaalta KVK ja lehtien Na-pitoisuus korreloivat melko hyvin (■ Kuva 14 b), mikä edellisestä poiketen viittaa siihen, että maanäytteet olisivat edustaneet juuriston kolonisoimaa maa-ainesta varsin hyvin. Toisaalta KVK ehkä vaihtelee saman alueen maa-aineksessa vähemmän kuin Na-pitoisuus. Vaikka maan KVK ja ESP ovat vaikeammin määritettäviä kuin Na-pitoisuus maan painoyksikköä kohti, kuvaavat ne paremmin natriumin päätymistä kasviin kuin pelkkä pitoisuus maassa, sillä ne kuvaavat natriumin määrän sijaan sen osuutta maan vaihtuvista kationeista ja siitä ionipoolista, josta kasvi ravinteet ja muut liukoiset aineet ottaa.

Kalium ja K/Na-suhde

Lehdistä määritetyt kaliumpitoisuudet olivat pääosin melko alhaisia verranteisiin (Bergmann 1988, Kopinga 1995); kaikkien seuranta- pauiden keskiarvo 2013 oli 8,4 ja 2014 9,8 g/kg ka. Osasyynä vuoden 2013 heikkoihin arvoihin lienee kesän kuivuus, ja tässä tarkastellaan siksi pääosin v. 2014 tuloksia. Kuitenkin myös 2014 jopa kontrolloina mukana olleiden puistopuiden lehtien K-pitoisuudet jäivät alle kirjallisuuslähteiden viitetason. Eritäin heikko K-taso tavattiin Mannerheimintien ja Pohjoisrannan itäpuolen puiden lehdistä. Kohtalaisen hyvältä kaliumtilanne näytti puolestaan Leikosaarentiellä, Pohjolankadulla sekä hieman yllättäen Hermannin rantatiellä. Muissa kohteissa (kontrollit, Pohjoisrannan länsilaita) lehtien K-pitoisuus jäi viitearvojen alle. Munkkiniemen puistotien seuranta- pausta tavattiin vuonna 2013 varsin heikkoja K-arvoja, mutta 2014 lehtien K-pitoisuus oli siellä hyvällä tasolla.



Kuva 17. a) Lehtien natriumpitoisuus alkaa selittää niiden alenevaa kaliumpitoisuutta vasta, kun natriumpitoisuus nousee yli noin 1 mg/g kuiva-ainetta. R^2 kuvaa korrelaation voimakkuutta havainnoissa, joissa Na-pitoisuus on yli 2 mg/g kuiva-ainetta. **b)** Lehtien reunojen palaminen oli tarkastelluista vioituksista selvimminkin linkittynyt lehtien natriumpitoisuuteen. Palamisoireiden pisteytys: 0 = ei vioitusta, 5 = selvää lehdenreunojen palamis- tai kellastumisvioitusta valtaosassa latvusta. Sovitetut korrelaatiota kuvaavat yhtälöt ovat polynomisia.



Kuva 18. a) Lehvästöstä arvioidut suolaantumisen mahdolliset oireet (lehdenreunojen palaminen, lehtien kellastuminen, lehtien putoaminen ja lehtien natriumpitoisuus) vuosina 2013 ja 2014 erikseen kontrollikohteille ja suola-altistuskohteille. **b)** Elinvoimaisuusluokitus vuosina 2013 ja 2014 erikseen kontrollikohteille ja suola-altistuskohteille. Huomaa että kuvassa b skaala on käänteinen kuvaan a verrattuna. Elinvoimaisuusluokitus: ks. kuvateksti Kuva 17.

Lehtien kalium/natrium-suhde käyttäytyi varsin samankaltaisesti kuin lehtien natriumpitoisuus (■ Kuva 16). Erityisesti suolaus- ja pölynestokohteissa maaperässä havaittu kationivaraston epätasapaino K/Na-suhteessa heijastui varsin suoraan lehdistä mitattuun tilanteeseen; mitä korkeampi kationinvaihtokapasiteetti maassa oli ja mitä pienempi osuus siitä oli natriumin käytössä, sitä parempi oli havaittu lehtien K/Na-suhde. Kohteet, joissa lehtien natriumpitoisuus selitti selvimmin niiden heikkoa kaliumpitoisuutta (■ Kuva 17 a) olivat tyypillisesti sekä pölynestosuolaus- että jäänestosuolauskohteita. Lehtien K/Na-suhde oli sitä huonompi, mitä alhaisempi kasvualustan kationinvaihtokapasiteetti oli (■ Kuva 11 a, b). Alhaisen KVK:n kohteissa kaliumin ja natriumin epäsuhta maassa ja lehtinäytteissä oli pahimmillaan.

Silmävarainen arviointi ja sen vertailu mittauksiin

Lehtien kellastuminen (■ Kuva 18 a) oli varsin vähäistä ja sitä tavattiin lähes yksinomaan vuonna 2013. Tällöin kontrollien ja varsinaisten seurantapuiden välillä ei ollut juuri eroa lehtien kellastumisoireissa. Lehtien putoaminen käyttäytyi varsin samankaltaisesti; kontrollipuissa lehtien ennen aikainen putoaminen oli jopa yleisempää kesällä 2013 kuin suolalle altistuneissa seurantapuissa. Elinvoimaisuusluokituksessa, jonka asteikko on edellisiin verrattuna käänteinen (■ Kuva 18 b), vuosien välinen ero oli pienempi, mutta kontrollien ja suola-altistettujen puiden välinen ero pysyi samanlaisena. Tämä indikaattori kuvaa puun pitkäaikaista kehitystä.

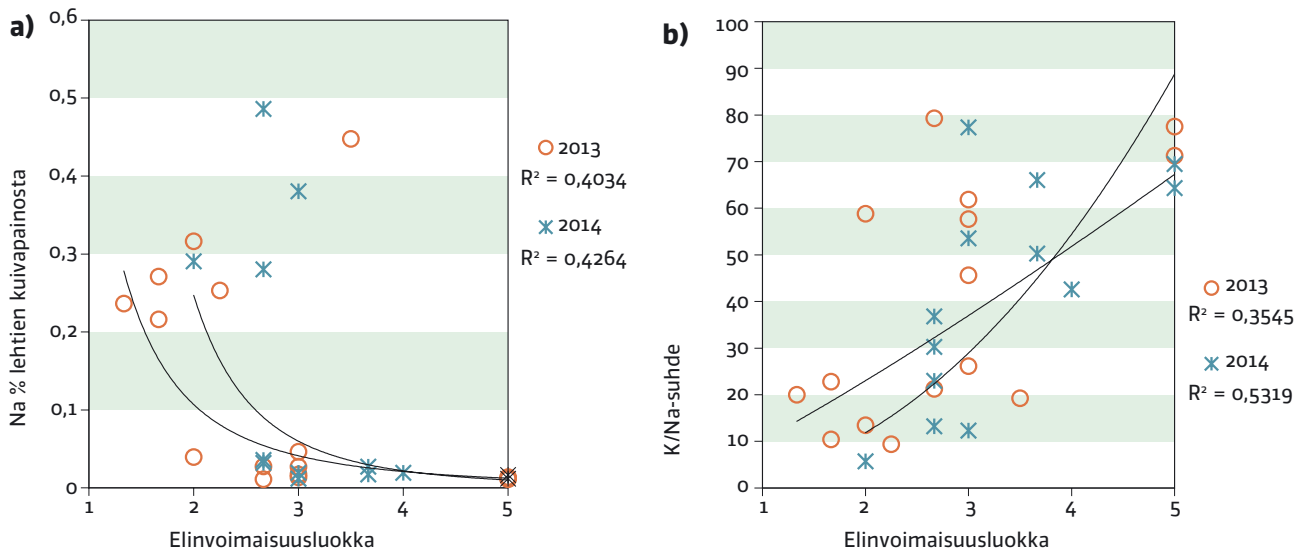
Lehtinäytteiden Na-pitoisuuden lisäksi myös K/Na-suhde (■ Kuva 19) näytti linkittyvän melko selkeästi puiden pitkäaikaisempaa elinvoimaisuutta kuvaavaan indeksiin, mutta pelkkä lehtien kaliumpitoisuus ei korre-

loinut puiden elinvoimaisuuteen tai lehtien kuntoon. Kontrollipuut olivat puistopuita, suola-altistuspuut puolestaan katupuita; ei ole yllättävää, että puistopuut ovat katupuita elinvoimaisempia, sillä niillä on yleensä paremmat kasvualustaolot. Korrelaatiot K/Na-suhteen, Na-pitoisuuden ja elinvoimaisuuden välillä heikkenivät kun aineistosta poistettiin puistopuut eli kontrollit (■ Kuva 20), mutta ne olivat kuitenkin yhä havaittavissa aineistosta. **Maaperän suolaantuminen ja erityisesti lehtien K/Na-suhde näyttivät siis selittävän puiden elinvoimaisuutta** myös pelkästään katupuita keskenään vertailtaessa.

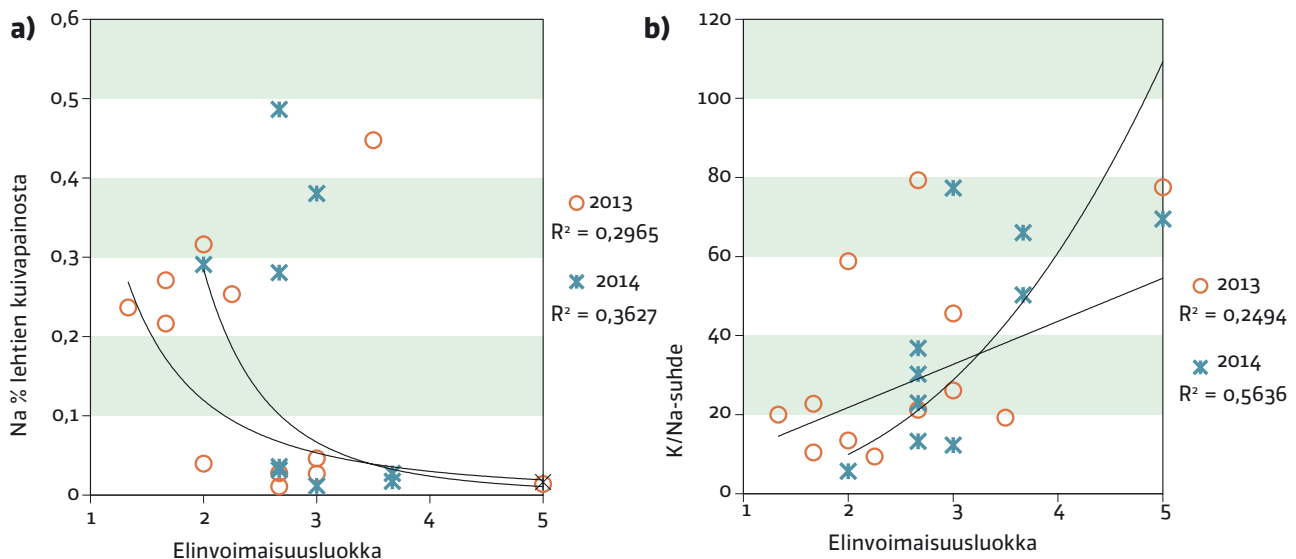
Lehdenreunojen palamisen yleisyydessä oli suuri ero seurantavuosien välillä, mutta oire näytti olevan selkeästi yleisempi ja vakavampi suolalle altistuneissa puissa kuin kontrollipuissa. **Silmävaraisesti arvioiduista puun kunnon indikaattoreista suola-altistusta osoitti siis parhaiten lehdenreunojen palaminen.** Sitä tavattiin lähes aina, kun lehtien natriumpitoisuus ylitti noin 2 mg/g kuiva-ainetta (■ Kuva 17 b), ja vaurion vakavuus ja runsaus latvuksessa korreloi kohtalaisesti lehdistä mitatun natriumpitoisuuden kanssa. Ottaen huomioon tämän selvityksen pienehkön näyttemäärän havainto sopii varsin hyvin yhteen latvialaisen vauriorajan viitearvon 1,4 mg/g kanssa (Cekstere et al. 2008). Toisaalta lehdenreunojen palamista kuitenkin tavattiin myös muutamissa tapauksissa, joissa lehdistä ei havaittu koholla olevia natriumpitoisuuksia. Lehdenreunojen palamista voi aiheuttaa myös kuivuus.

Suolavaurion diagnosointi lehtien silmävaraisen arvioinnin avulla

Lehmuksen lehtien reunoista tavatun **kuivuus- ja suolavaurion erottamista toisistaan** yritettiin parantaa kesän 2014 seurannassa, mutta lehdet olivat kyseisenä kesä-



Kuva 19. a) Seurantakohteiden puiden elinvoimaisuutta kuvaava indeksi korreloi jonkin verran lehtien Na-pitoisuuden ja **b)** K/Na-suhteen kanssa (kuvassa keskiarvot eri seurantakohteille). Elinvoimaisuusluokitus: ks. kuvateksti Kuva 17.



Kuva 20. Edellisen kuvan, Kuva 19, aineisto, josta on poistettu kokonaan kaikki kontrollipuut (puistopuut). Korrelaatiot heikkenevät edelliseen kuvaan verrattuna, mutta ovat edelleen havaittavissa. Elinvoimaisuuden ja suolaantumisen sekä ravinnetalouden indikaattoreiden välinen korrelaatio siis säilyy myös pelkästään vaativammassa oloissa kasvavia katupuita tarkasteltaessa, eikä heikentynyt elinvoima selity pelkästään muutoin huonommilla kasvuoloilla. Elinvoimaisuusluokitus: ks. kuvateksti Kuva 17.

nä huomattavasti paremmassa kunnossa kuin edellisessä. Tästä syystä havainnot jäivät edelleen melko epävarmoiksi. Vaikutti kuitenkin siltä, että kuivuuden aiheuttama lehdenreunojen palaminen rajautui selkeästi melko suoraan terveeseen lehtisolukkuun (■ Kuva 21). Vastaavasti suolavaurioon liittyvässä lehdenreunojen palamisessa terveen solukon ja kuolleen lehdenreunan välissä oli selvempi kellertävän, lievemmin vaurioituneen ja/tai kloroottisen solukon vyöhyke.

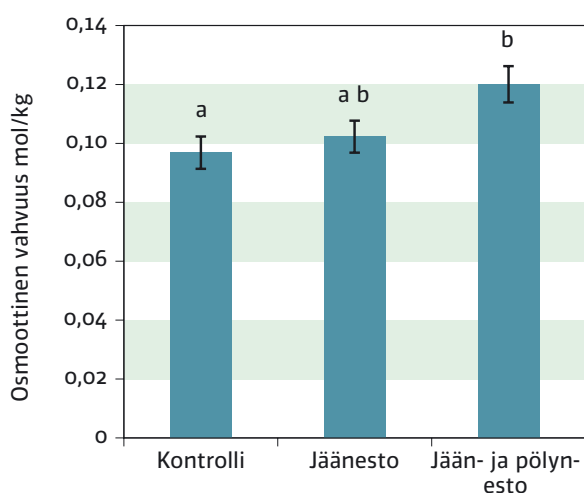
Toinen erottava piirre näytti olevan lehdenreunavaurion sijainti: lehdet, joiden Na-pitoisuus oli korkea, oli-

vat tyypillisesti palaneet lehden kärjestä ja molemmilta reunoilta kärjestä sisäänpäin melko tasaisesti (■ Kuva 22). Huonokuntoisissa lehdissä, joista kuitenkin ei ollut määritetty korkeaa Na-pitoisuutta, oli tyypillisesti epäsäännöllisempi palamiskuvio (esim. ■ Kuva 23), esimerkiksi lehden reuna saattoi olla kuollut lehden tyveltä ja reunasta, mutta ei kärjestä, tai kuollutta solukkoa ulottui lehden reunasta pidemmälle sisäänpäin vain yhdessä suonenvälissä. Tämä saattoi olla myös osin kaliuminpuutosoire, sillä kaliumin puute aiheuttaa myös lehdenreunojen kloroosia ja nekroosia. Tässä tarkastel-

tiin vain lehmusta, eikä ole tietoa, miten suolavaurion oireet muilla puulajeilla ilmenisivät.

Ksyleeminesteen osmoottinen vahvuus

Ksyleeminesteen osmoottinen vahvuus näytti nousevan suola-altistuksen määrän noustessa (■ Kuva 24), mutta vaikutuksen esiin saaminen vaati tilastollista analyysiä (yleinen lineaarinen malli). Tilastollisesti maaveden suhteen korjattu ksyleeminesteen osmoottinen vahvuus korreloi merkitsevästi lehtien kaliumpitoisuuteen, mutta ei natriumpitoisuuteen (osmoottisen konsentraation ollessa korkea kaliumpitoisuus oli alhainen ($p=0,02$) ja natriumpitoisuus korkea ($p=0,2$)). Suolaantumisen indikaattorina ksyleeminesteen osmoottinen vahvuus ei näyttänyt toimivalta, todennäköisesti koska tässä mitatuilla maan Na-konsentraatioilla sen vaikutus maan veden saatavuuteen on vielä varsin pieni ja sillä lienee merkitystä vain hyvin lyhyinä ajanjaksoina kesän kuivimpänä aikana. Menetelmän tulokset eivät olleet niin selkeitä, että sitä tämän selvityksen perusteella kannattaisi käyttää laajemmin.



Kuva 24. Elokuussa oksanäytteistä mitattu ksyleeminesteen osmoottinen vahvuus erosi eri suola-altistustyyppien välillä sen jälkeen, kun maan vesipitoisuus ja näytteen säilytysaika, näytemäärä sekä näyteputkien kunto otettiin huomioon.



Kuva 21. Lehtinäyte yhdestä Leikosaarentien seuranta-puusta heinäkuussa 2014. Ne olivat kärsineet kuivuudesta, ja lehdistä oli havaittavissa lehdenreunojen palamista, joka rajoitui selkeästi terveeseen solukkoon.



Kuva 22. Seurantapuista kesällä 2014 korkein Na-pitoisuus tavattiin yhdestä Pohjoisrannan länsipuolen seuranta-puusta. Sen lehdenreunojen palaminen rajoitui epäselvästi leveän kloroottisen vyöhykkeen kautta terveeseen solukkoon ja palamisjälki oli melko symmetrinen lehden kärjestä sen molemmille reunoille.



Kuva 23. Hermannin rantatien seuranta-puu, jonka lehti-vauriot muistuttavat korkean Na-pitoisuuden lehdistä tavattuja, mutta eivät ole aivan tyypillisiä. Lehdenreunojen palaminen ei sijoitu ensisijaisesti yhtenäisenä vyöhykkeenä lehden kärjestä tyveen päin, vaan kuollutta solukkoa on usein myös lehtien sivuilla kärjen ollessa terveempi.

Johtopäätökset

Tässä selvityksessä seurattiin kahden vuoden ajan kymmentä katusuolauskohdetta (■ Taulukko 1) ja kolmea kontrollikohdetta. Katusuolan aiheuttamat ongelmat näyttivät riippuvan lähinnä kadun liikenteen määrästä ja muutamista puustutuksen piirteistä.

Maaperältään pahiten seurantakohteista oli suolaantunut Hermannin rantatie, vaikka puut siellä eivät olleet seuranta-aineiston huonoimmassa kunnossa eikä lehtinäytteistäkään tavattu keskimäärin kovin suuria Na-pitoisuuksia, vaikka erittäin haitallisen raja ylittyi muutamissa puissa. Tämä johtunee siitä, että Hermannin rantatien kasvualustat eivät olleet ns. rajoitettuja, vaan puut on istutettu nurmipintaiseen välikaisintaan ja pyörätien toisella puolen oli avointa maanpintaa. Puut olivat voineet löytää juurtumisalueeltaan vähemmän suolaantuneita maa-alueita. Hermannin rantatien osalta päätelmiä hankaloittaa se, että istutuskais-tassa oli tehty juuri ennen seurannan alkamista suuria kaivutöitä. Samaan suuntaan edellisen kanssa viittasivat kuitenkin myös Munkkiniemen puistotien puiden kohtalaisen vähäiset lehtioireet ja suhteellisen alhaiset lehtien Na-pitoisuudet, vaikka ajoittain maasta mitattiin erittäin haitallisen suolapitoisuuden ylittäviä arvoja. Munkkiniemen puistotien istutus on nurmipintainen ja keskibulevardi-tyyppinen, jolloin juuret voivat päästä vähemmän suolaantuneeseen maahan kais-tan keskiosissa.

Toisaalta Mannerheimintielle ja Pohjoisrannan länsilaidalla rajoitetuista, kiveyksen tai asfaltin ympäröimistä kasvualustoista mitatut Na-pitoisuudet eivät olleet aineiston suurimpia, toisinaan ne eivät edes ylittäneet haitallisen Na-määrän rajaa. Lehtinäytteet osoittivat kuitenkin erittäin korkeita Na-pitoisuuksia näille puille. Maasta tavattuun natriummäärään nähden suurimmat lehtien Na-pitoisuudet tavattiin nimenomaan Pohjoisrannan länsilaidalta ja Mannerheimintieltä Savilankadun kohdalta. Kaikkiaan siis oli melko ilmeistä, että puut **rajoitetussa kasvualustassa** täysin kestopäälly-

tetyssä ympäristössä **ovat huomattavasti alttiimpia katusuolauksen aiheuttamille haitoille** kuin nurmipintaiset ja laajemmat istutuskaisat. Myös **istutuksen iällä** näyttää olevan merkitystä, sillä Leikosaarentien puiden (ja osin Pohjoisrannan itälaidan) kasvualustoista havaittiin melko runsaita Na-määriä, mutta tämä ei heijastunut vastaavasti lehtien pitoisuuksiin. **Vaikutusmekanismina lienee uuden kasvualustan korkeampi KVK eikä niinkään natriumin kertyminen vuosien kuluessa**, mutta tämän tarkempi selvittäminen vaatisi lisänäytteitä hyvin syvältä kasvualustoista. Otos erityyppisten ja -ikäisten puiden istutusratkaisujen osalta jäi pieneksi ja niiden välillä voi olla eroja myös kadulla käytetyn suolan määrässä, joten päätelmät jäävät hie-man epävarmoiksi.

Pelkästään lehtivaurion avulla katusuolan haitallista pitoisuutta ei tämän selvityksen tulosten perusteella voida varmuudella **diagnosoida**, mutta vahvaan epäilykseen voidaan päästä kasvupaikkatietojen ja lehtivaurion yksityiskohtien tarkastelun avulla. Varmin tapa diagnosoida ongelma on lehtinäytteiden natriumpitoisuuden määrittäminen, sillä maanäytteistä ei tässä selvityksessä välttämättä joka kohteessa tai näytteenotokerralla havaittu haitallisia natriummääriä (varsinkaan helpommin tutkittavasta pintamaasta), vaikka lehvästössä oli selviä vaurioita ja lehtien Na-pitoisuudet olivat korkeita. Erityisen epävarmaa suolaongelmien diagnoosi maanäytteistä on rajoitetuissa kasvualustoissa ja kasvialustoissa, joiden KVK on alhainen ja joissa näytteenotto-syvyys jää matalaksi. Lehtinäytteet suolavaurion diagnosointiin kerätään elokuussa ja niiden tulee olla mahdollisimman edustavia eli kerätty niin eri puolilta latvusta kuin on mahdollista esim. maasta käsin. Samasta kohteesta on syytä määrittää vähintään 3 puun lehtien pitoisuus. Tässä käytetyt kirjallisuuteen perustuvat Na- ja Cl-pitoisuuden **viitearvot** näyttävät käyttökelpoisilta myös Suomessa sekä lehtinäytteille että kasvualustalle, mutta ne **soveltuvat vain lehmukselle**.

Kohde	Maanäytteiden Na ja Cl-pit.	Lehtinäytteiden Na-pitoisuus	Yhteenveto
Mannerheimint., Ooppera	haitallinen	(erittäin) haitallinen	Sekä kasvualusta että puut varsin pahasti suolaantuneet.
Mannerheimint., Savilankadun rist.	lievä (?)	erittäin haitallinen	Puut hyvin pahasti suolaantuneet, kasvualustan pinta ei juurikaan; syvempien kerrosten tilanteesta ei tietoa. Kasvualustan ikä ja rajoitettu kasvualusta altistavat ilmeisesti puita suolaongelmille.
Pohjoisranta, itäpuoli	alle raja-arvon	jonkin verran haitallinen	Selkeää mutta lievähköä suola-altistusta. Melko uusi kasvualusta (korkea KVK) tai/ ja etäisyys ajo-kaistasta ehkä suojaavat puita.
Pohjoisranta, länsipuoli	lievä-haitallinen	erittäin haitallinen	Puut hyvin pahasti suolaantuneet, kasvualusta lähinnä syvemmistä kerroksista. Kasvualustan ikä ja pienenä altistanevat puita suolaongelmille.
Huopalahdentie *	haitallinen	erittäin haitallinen	Erittäin vilkkaasti liikennöity kohde, todennäköisesti suolankäytöltään aineiston runsain. Sekä kasvualusta että puut varsin pahasti suolaantuneet.
Kaupintie*	(erittäin?) haitallinen	haitallinen	Liikennemääriin nähden pahasti suolaantunut maa ja puusto. Suolan käyttömäärä ehkä ylimitoitettu.
Hermannin rt., etelä	erittäin haitallinen	jonkin verran haitallinen	Maan suolaantumisen osalta pahin seurantakohte, puut siihen nähden yllättävän hyväkuntoiset.
Hermannin rt., pohj.	haitallinen	(erittäin) haitallinen	Sekä kasvualusta että puut varsin pahasti suolaantuneet.
Leikosaarentie	haitallinen	alle raja-arvon	Uusi istutus, vähäinen liikenne, maa jo melko suolaantunut. Puut hyväkuntoiset, uusi kasvualusta (korkea KVK) ilmeisesti suojaa. Suolan käyttömäärä ehkä ylimitoitettu.
Munkkiniemen puistotie	haitallinen	jonkin verran haitallinen	Maan suolaantuminen melko pahaa, puut siihen nähden hyväkuntoiset.
Pohjolankatu, itäpää	haitallinen	jonkin verran haitallinen	Melko lievästi suolaantunut kohde, erityisesti ikäänsä nähden.
Pohjolankatu, länsipää	alle raja-arvon	alle raja-arvon	Ainoa jäänestosuolauksen kohde, jossa maan ja lehtien suolapitoisuudet alle raja-arvojen.

*Huopalahdentien ja Kaupintien tilannearvio perustuu vain yhteen näytteenottokertaan loppukesällä 2013.

Taulukko 1. Yhteenveto natrium- ja kloridimääristä raja-arvoihin nähden eri seurantakohteissa seuranta-aikana keskimäärin, ja yhteenveto kohteen tilanteesta. Mukana ei ole kontrollikohteita. "Lievä" pitoisuus tarkoittaa, että keskimäärin kohteen näytteiden pitoisuudet olivat haitallisen raja-arvon alle, mutta osa näytteistä ylitti raja-arvon. "Erittäin haitallinen" lehtien osalta viittaa siihen, että kohteen keskiarvo ylitti vähintään kaksinkertaisesti haitallisen pitoisuuden rajan; "(erittäin) haitallinen" viittaa siihen, että em. raja ylittyi vain toisena seuranta-vuonna.

Myös alhainen kaliumpitoisuus lehdissä ja kasvialustassa voi liittyä katusuola-altistukseen, mutta heikkoja kaliumpitoisuuksia tavattiin tässä selvityksessä myös kontrollikohteista. Maan korkea johtokyky (tai -luku) ei näyttänyt liittyvän juuri lainkaan katusuola-altistukseen, joten siitä ei ole apua diagnosoinnissa. Joissakin tapauksissa apua voi olla siitä, että johtoluvun jäädessä alle 100 µS/cm voidaan suolaantumista pitää varsin epä-

todennäköisenä. Tätä korkeampi johtoluku johtuu kuitenkin useimmiten muista seikoista kuin natriumin tai kloorin kertymisestä maahan; em. johtoluku on alhainen normaalille, ravinteikkaalle kasvualustalle.

Kationinvaihtokapasiteetiltaan matalat, saven ja orgaanisen aineksen osalta niukat kasvialustat eivät tämän selvityksen perusteella näytä hyvältä ratkaisulta katusuolauksen haittojen ehkäisyyn, sillä alhainen KVK ei

vähentänyt natriumin osuutta maan kationivaraston kationeista. Tarkkojen suolan käyttömäärätietojen puuttuessa asiasta ei voitu tehdä varmoja päätelmiä. Jos tällaisia alhaisen KVK:n kasvualustoja lähdetään kokeilemaan käytännössä, on syytä varautua siihen, että ruttiinomaista kalium- ja todennäköisesti muutakin lan- noitusta tullaan tarvitsemaan.

Jatkotoimet

Paras keino välttää katusuolauksen ongelmia katupuul- le olisi vähentää käytettävän natriumkloridin määrää **korvaamalla osa vuorisuolasta muilla jäänestoaineil- la**. Tämä olisi erityisen keskeistä niillä **vilkkaimmin lii- kennöidyillä** ja **ajonopeuksiltaan suurimmilla** väylillä, joiden varsilla puusto on **rajoitetuissa ja jo vanhoissa kasvualustoissa**. Vaikuttaa myös siltä, että suolaa levi- tettäessä voisi tarkemmin harkita tarvittavia levitysmää- riä ja ajokertoja sekä välttää suolan levittämistä auton seistessä. Muitakin mahdollisuuksia suolan aiheuttami- en haittojen ehkäisyyn voidaan kokeilla. Tanskassa on jo pitkään käytetty puiden kasvualustan ja kadun välis- sä matalaa **suoja-aitaa**, joka estää kadulta tulevan rois- keveden pääsyn kasvualustaan suolauskauden aikana. Vaikka nämä ovat hintavia asentaa ja purkaa, niin jois- sakin keskeisissä kohteissa suojat aidat voisivat olla ko- keilemisen arvoisia.

Natriumin toksisuuden lisäksi kaliumin ja natriumin epäsuhta ja siitä johtuva kaliumin puutos voi tulosten perusteella näytellä jonkinlaista roolia havaituissa ka- tusuolauksen haitoissa erityisesti pitkällä aikavälillä. Jat- kossa voisi kokeilla kohdennettua **kaliumlannoitusta** osalle jostakin suolaantuneesta katujaksosta esim. ka- liumsulfaatin tai kaliumnitraatin muodossa kohdennet- tuna kastelulannoituksena. Jälkimmäinen olisi parempi vaihtoehto, sillä maan rikkipitoisuus saattaa paikoitel-

len olla jo valmiiksi melko korkea (Pohjoisrannan maa- näytteiden määritykset vuodelta 2011 viittasivat tähän suuntaan). Toisaalta rikki ei ole kovinkaan toksista kas- veille, joten lyhytaikainen kokeilu voitaisiin tehdä myös rakeistetulla kaliumsulfaatilla.

Toinen mahdollinen tilannetta helpottava aine on **kip- si**, jonka levitystä voitaisiin myös pienimuotoisesti ko- keilla. Kipsin kalsium ajaa natriumia ulos maan katio- ninvaihtopaikoilta ja edistää näin natriumin huuhtou- tumista pois kasvualustasta. Kipsi olisi todennäköises- ti parasta levittää aikaisin keväällä tai myöhään syksyl- lä, jolloin maassa on riittävästi vettä, jotta kuivuus ei ra- joita ionien liikkumista maaliuokseen. Kipsikään ei ole täysin haitaton, sillä se nostaa maan pH:ta. Lehmuksel- le ei kovin nopeasti synny tästä huomattavaa haittaa, sil- lä se suosii kalkkimaita.

Pitkällä aikavälillä **suunnittelussa** voitaisiin vähen- tää puiden suola-altistusta lisäämällä puun ja ajora- dan välimatkaa silloin, kun se on mitoituksen puoles- ta mahdollista. Parkkikaista kadun ajokaistojen ja pui- den välissä siirtää liikennettä ja roiskevesiä kauemmas puista. Esim. Tanskassa on käytössä myös puiden tyvi- alueelta ulospäin kallistetut kiveykset, jotka vähentävät suolaisen roiskeveden päätymistä kasvualustaan. Tätä keinoa ei olisi kuitenkaan toivottavaa käyttää kovin laa- jasti vaan vain vilkkaimmin liikennöidyillä alueilla, sillä samalla vähenee myös puun vedensaanti.

Kiitokset

Kiitokset hankkeessa tutkimusapulaisina näytteenotos- sa ja laboratoriotöissä toimineille metsätieteiden opis- kelijoille Mari Mäelle ja Heidi Aaltoselle. Kiitokset Juha Raisiolle, Minna Terholle sekä Staran arboristeille avusta sopivien seurantakohteiden etsinnässä ja monista hyö- dyllisistä keskusteluista aiheeseen liittyen.

Viitteet

- Bergmann, W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fisher Verlag, Jena. 762 s.
- Czerniawska-Kusza, I., Kusza, G., Duzynski, M. 2004. Effect of deicing salts on urban soils and health status of roadside trees in the Opole region. *Environmental Toxicology* 19 (4), 296–301.
- Cekstere, G., Nikodemus, O., Osvalde, A. 2008. Toxic impact of the de-icing material to street greenery in Riga, Latvia. *Urban Forestry & Urban Greening* 7, 207–217.
- Dirr, M.A. 1976. Selection of trees for tolerance to salt injury. *Journal of Arboriculture* 2: 209–215.
- Lilleberg I., Hellman T. 2012. Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2011. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2012:1.
- Kopinga, J. & Burg, van den, J. 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal of Arboriculture* 21(1), p. 17–24.
- Pedersen, L.B., Randrup, T.B., Ingerslev, M. 2000. Effects of road distance and protective measures on deicing NaCl deposition and soil solution chemistry in planted median strips. *Journal of Arboriculture* 26(5), 238–243.

Kuvailulehti

Tekijä(t)	Anu Riikonen, Teemu Hölttä, Teemu Paljakka & Eero Nikinmaa, HY
Julkaisun yhdyshenkilö rakennusvirastossa	Juha Raisio
Nimeke	Selvitys katujen suolauksen vaikutuksista katupuihin Helsingissä
Mistä julkaisua saa (henkilö ja huone)	
Sarjan nimeke	Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisuja 2016:5
Sarjanumero	2016:5
Julkaisuaika	Maaliskuu 2016
Sivuja	24
Liitteitä	-
ISBN	ISBN 978-952-331-080-3 (painettu versio), ISBN 978-952-331-081-0 (verkkoversio)
ISSN	1238-9579
Kieli koko teos	Suomi
Yhteenvedo	-

Tiivistelmä

Helsingissä seurattiin vuosien 2013–2014 katupuiden kasvualustojen ja lehtien natriumpitoisuuksia jäänestosuolauksen haittojen kartoittamiseksi kymmenessä katukohteessa. Selviä lehtioireita ja raja-arvot ylittäviä lehtien natriumpitoisuuksia löydettiin noin puolesta seurantakohteista. Ongelmat keskittyivät kaikkein vilkasliikenteisimpien väylien varteen ja rajoitetuille kasvualustoille; kasvualustasta mitatuista korkeista suolapitoisuuksista huolimatta puiden altistustaso näytti alhaisemmalta kohteissa, joissa oli laajemmat nurmipintaiset istutuskaisiat. Uusien katupuukohteiden rakentamisessa ja vanhojen remontoinnissa tulisi kiinnittää huomiota suolahaittojen välttämiseen, sillä liukkaudeneston tarve tulee todennäköisesti kasvamaan ylläpidon ja ilmaston muuttuessa.

Avainsanat KATUPUUT, LEHMUS, NATRIUMKLORIDI, NATRIUM, KLORIDI, SUOLAPITOISUUS, SUOLAANTUMINEN, SUOLAVAURO, JOHTOKYKY, KATIONINVAIHTO, MAAPERÄ, KASVUALUSTA, HUUHTOUTUMINEN, JÄÄNESTO, PÖLYNSIDONTA, LEHVÄSTÖVAURIOT

UDK



Rakennusviraston julkaisut 2016

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2016:1

Mustikkamaan hoito- ja kehittämissuunnitelma

ISBN 978-952-331-039-1 (painettu versio) ISBN 978-952-331-040-7 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2016:2

Myllypuron, Puotinharjun ja Roihupellon aluesuunnitelma

ISBN 978-952-331-046-9 (painettu versio) ISBN 978-952-331-047-6 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2016:3

Jakomäen, Tattariharjun ja Tattarisuon aluesuunnitelma

ISBN 978-952-331-048-3 (vain verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2016:4

Tove Janssonin puisto – puistohistoriallinen selvitys ja kehittämisperiaatteet

ISBN 978-952-331-052-0 (painettu versio) ISBN 978-952-331-053-7 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2016:5

Selvitys katujen suolauksen vaikutuksista katupuihin Helsingissä

ISBN 978-952-331-080-3 (painettu versio) ISBN 978-952-331-081-0 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2016:6

Vartioharjuntien kokeilupuiden menestymisseuranta

ISBN 978-952-331-082-7 (painettu versio) ISBN 978-952-331-083-4 (verkkoversio)

Rakennusviraston julkaisut 2015

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:1

Ulkovalaistuksen tarveselvitys

ISBN 978-952-272-825-8 (painettu versio) ISBN 978-952-272-826-5 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:2

Yliskylän aluesuunnitelma

ISBN 978-952-272-833-3 (painettu versio) ISBN 978-952-272-834-0 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:3

Viikin arboretumin hoito- ja kehittämissuunnitelma 2015–2025

ISBN 978-952-272-865-4 (painettu versio) ISBN 978-952-272-866-1 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:4

Helsingin skeittiohjelma 2015–2019

ISBN 978-952-272-892-0 (painettu versio) ISBN 978-952-272-893-7 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:5

Tuomarinkylän kartanoalueen hoito- ja kehittämissuunnitelma

ISBN 978-952-272-927-9 (painettu versio) ISBN 978-952-272-928-6 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:6

Valmistuneet katu- ja puistokohteet 2014

ISBN 978-952-272-958-3 (painettu versio) ISBN 978-952-272-959-0 (verkkoversio)

Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2015:7

Kulosaaren aluesuunnitelma 2016–2025

ISBN 978-952-331-036-0 (painettu versio) ISBN 978-952-331-037-7 (verkkoversio)