

VESI-INSTITUUTIN JULKAISUJA 6

Kiinteistöjen vesijärjestelmien messinkiosien vauriot vesivahinkojen aiheuttajana

RIIKA MÄKINEN ja AINO PELTO-HUIKKO

Riika Mäkinen ja Aino Peltö-Huikko

Kiinteistöjen vesijärjestelmien messinkiosien
vauriot vesivahinkojen aiheuttajana

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Pori

2017

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sarja B, Raportit 12/2017

ISSN 2323-8356 | ISBN 978-951-633-237-9 (verkkójulkaisu)

Copyright Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät

Julkaisija:

Satakunnan ammattikorkeakoulu

PL 1001, 28101 Pori

www.samk.fi

Kannen suunnittelu: Heidi Valtonen, VidaDesign

SAMKin julkaisut ovat luettavissa ja ostettavissa verkkokirjakaupassa osoitteessa:
<http://samk.pikakirjakauppa.fi/>

Tekijät Mäkinen, Riika ja Peltö-Huikko, Aino	Ryhmä RTA 2016 - 2017
Ohjaajat Tuija Kaunisto, Satakunnan ammattikorkeakoulu ja Markku Vehanen, Oras Oy	
Opinnäytetyön nimi Kiinteistöjen vesijärjestelmien messinkiosien vauriot vesivahinkojen aiheuttajana	Sivu- ja liitesivumäärä 37 sivua
<p>Työssä tarkasteltiin kiinteistön vesijärjestelmien messinkiosia (liittimet, venttiilit) mahdollisina vesivahinkojen aiheuttajina. Vesijärjestelmän vaurion aiheuttama vesivahinko voi edelleen aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioita kiinteistössä, jotka taas voivat aiheuttaa terveyshaittoja asukkaille. Raumalla hyvinkin uusissa (2–5 v.) kiinteistöissä on havaittu kiinteistön vesijärjestelmän messinkiosien sinkinkatoa.</p> <p>Messingin vauriotyypeistä on tarkasteltu kahta yleisintä; jännityskorroosio ja sinkinkato. Lisäksi on tarkasteltu vedenlaadun merkitystä messinkiosien (ja muidenkin metalliosien) vaurioissa. Myös vesijärjestelmien osien rakentamisen aikaista hankintaprosessia on tarkasteltu kriittisesti yhtenä mahdollisena syynä huonolaatuisiin messinkiosiin.</p> <p>Työssä kuvataan näytteenotto, analyysit ja tulokset tutkimuksesta, joka toteutettiin raumalaisessa kiinteistössä, jossa oli havaittu messinkiosien vaurioita jo kahden käyttövuoden jälkeen. Kyseisen kiinteistön vesijärjestelmien osien hankintaprosessi on kuvattu.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että osa kiinteistön vesijärjestelmien messinkiosista ei ollut sinkinkadonkestävää messinkiä, vastoin rakentamisen yleistä ohjeistusta Suomessa. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että talousveden laatu Raumalla täyttää kyllä sosiaali- ja terveysministeriön laatiman talousvesiasetuksen (1352/2015) kaikki raja- ja ohje-arvot, mutta on tekniseltä laadultaan melko aggressiivista juuri vesijärjestelmien metalliosille. Talousvesiasetus keskittyy pääasiassa veden terveydelliseen laatuun.</p> <p>Vastaavien messinkiosien vaurioiden välttämiseksi tulevaisuudessa voidaan ajatella joko käsiteltävän vettä siten, että se on vähemmän aggressiivista messinkiosille, tai vesijärjestelmissä on käytettävä aggressiivista vettä paremmin kestäviä osia.</p>	
Avainsanat talousvesi, vesijärjestelmä, messinki, korroosio, sinkinkato	Luottamuksellisuus julkinen

Authors Mäkinen, Riika ja Pelto-Huikko, Aino	Group RTA 2016 - 2017
Supervisors Tuija Kaunisto, Satakunta University of Applied Sciences ja Markku Vehanen, Oras Ltd.	
Name of the Thesis Failures of brass fittings of water distribution system of a building causing water damages	Pages and appendices 37 pages
<p>In this thesis, brass parts (fittings, valves) of a water distribution system of a building being the cause of water damages was studied. Water damages caused by failures in distribution network may cause dampness and microbial damage which might further cause health issues to the inhabitants. In the City of Rauma, dezincification of brass parts in water distribution systems in fairly new (2–5 yrs) buildings have been observed.</p> <p>Of brass failure types, the two most common ones are introduced; stress corrosion and dezincification. Additionally, the significance of drinking water quality to failures in brass parts (and other metal parts as well) is discussed. Also, the procurement process of water distribution parts at the time of construction is recognized as one possible cause of poor quality brass parts.</p> <p>In this thesis, there is a description of sampling, analysis and results from a research done in a building in the City of Rauma where brass part failures were observed already after two years of operation. Also, the procurement process of water distribution parts of this building is described.</p> <p>In the research, it was found out that some of the brass parts in the building were not dezincification resistant brass, contrary to the common construction related instructions in Finland. Additionally, also the technical quality of drinking water in Rauma is quite aggressive towards metal parts although it fulfills all the requirements and recommendations in the Finnish legislation. The legislation concentrates mainly on the health effects of drinking water.</p> <p>To avoid similar failures in brass parts either drinking water could be treated to be less aggressive towards metal parts or water distribution systems could be constructed with parts more resistant to aggressive water.</p>	
Keywords drinking water, water distribution system, brass, corrosion, dezincification	Confidentiality public

ESIPUHE

Haluamme kiittää työnantajaamme Satakunnan ammattikorkeakoulua mahdollisuudesta osallistua Rakennusterveysasiantuntijan koulutukseen.

Kiitämme lopputyön ohjaajia DI Tuija Kaunistoa ja Ins. (AMK) Markku Vehasta ansiokkaasta ohjauksesta ja arvokkaista neuvoista.

Haluamme erityisesti kiittää kurssikavereitamme vertaistuesta koulutuksen aikana ja työtovereitamme SAMKissa positiivisesta kannustuksesta opintojen aikana.

Kiitämme myös tahoillamme kotiväkeä ymmärryksestä ja venymisestä opintojemme aikana.

Raumalla 10.5.2017,

Aino ja Riika

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	MESSINKI VESIJÄRJESTELMIEN MATERIAALINA	8
2.1	Messingin sinkinkato.....	8
2.2	Messinkiosien jännityskorroosio.....	9
2.3	Vedenlaadun vaikutus messinkiosiin	10
2.4	Vesijärjestelmien vauriot.....	12
2.5	Vesijärjestelmiä koskeva lainsäädäntö.....	14
2.6	Vesijärjestelmien suunnittelu ja messinkiosien toimitusketju	15
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	17
3.1	Koekohde.....	18
3.2	Messingin analyysit	19
3.3	Vedenlaatuanalyysit	21
4	TULOKSET	21
4.1	Syöttimen kiinteistön messinkiosat ja messinkiosien laatu	21
4.2	Vedenlaatu ja sen vaikutus messinkiosien vaurioihin, vedenlaatuun vaikuttaminen ...	29
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
6	LÄHTEET.....	37

1 JOHDANTO

Kiinteistöjen vesijärjestelmissä käytetään messinkiosia putkien liittimissä ja venttiileissä. Vesijärjestelmien putkimateriaaleina käytetään kuparia sekä muovisia putkia kuten PEX-putkea ja monikerrosputkea. Messinki on yleinen liitin- ja venttiilimateriaali, mutta liittimiä valmistetaan myös muovista.

Suomalainen ja pohjoismainen vedenlaatu on yleisesti ottaen haastava vesijärjestelmien metalliosille. Suomalaiselle vedelle tyypillinen alhainen alkaliteetti ja happamuus edistävät korroosiota. Vesijärjestelmien kestävyys edistämiseksi kansallisessa lainsäädännössä on ohjeistettu vuodesta 1977 lähtien, että messinkiosien tulee olla pääosin sinkinkadon kestävä messinkiä.

Vesijärjestelmien messinkiosien vaurioituminen voi johtaa vesivuotoihin ja sitä kautta rakenteiden kastumiseen. Vaurioituneiden messinkiosien aiheuttama vesivahinko voi olla pitkän aikavälin rakenteen kostumista eli vuoto on pistemäistä tihkuvuotoa tai messinkiosa voi repeytyä tai katketa, jolloin vuoto on äkillinen ja laaja. On tärkeää, että kosteusvauriot havaitaan nopeasti ja vaurioituneet rakenteet korjataan ajoissa terveydelle haitallisten homeongelmien välttämiseksi ja taloudellisten vahinkojen minimoimiseksi. Mikäli vettä ei saada heti poistettua, rakenteet saattavat vaurioitua epätoivotulla mikrobikasvustolla. Erityisen haitallista on, jos vaurioituneista rakenteista on ilmayhteys asuintiloihin. Vastuukysymykset messinkiosien vaurioiden aiheuttamista vesivahingoista ovat usein epäselvät.

Vesijärjestelmien kestävyys lisäksi viime aikoina on keskusteltu myös messinkiosien vaikutuksesta veden terveellisyyteen esimerkiksi lyijyn liukenemisen vuoksi. Vesijärjestelmien tuotteiden kelpoisuus tulisi osoittaa ennen tuotteen valintaa käyttöön. Suomessa on käytössä tyyppihyväksyntä joillekin vesijärjestelmien osille. Rakennushankkeeseen ryhtyvä on vastuussa valittujen tuotteiden soveltuvuudesta käyttöön. Tuotteiden soveltuvuusvaatimukset on hyvä tuoda esille jo tarjouspyyntövaiheessa.

Raumalla muutamien vesijärjestelmien messinkiosissa on havaittu yllättäviä vaurioita jo muutaman käyttövuoden jälkeen (aikaisimmillaan kolmen vuoden käytön jälkeen). Tämän työn tavoitteena on tarkastella messinkiosien laatua ja vaurioita sekä arvioida paikallisen vedenlaadun vaikutusta sinkinkadon syntyyn. Esimerkkitapauksena tutkitaan raumalaista kiinteistöä, jossa on havaittu talousvesiverkoston messinkiosien vaurioita jo muutaman käyttövuoden jälkeen. Tavoitteena on selvittää messinkiosien materiaalin koostumus ja faasirakenne, jolloin voidaan arvioida erityisesti materiaalin sinkinkadonkestävyyttä. Vedenlaadun osalta tavoitteena on hyödyntää kyseisen kiinteistön kattavia, aiemmissa tutkimuksissa tehtyjen vesianalyysien tuloksia syövyttävyyden arvioimiseksi. Lisäksi työssä on pohdittu messinkiosan ja talousveden yhteisvaikutuksen merkitystä vaurioiden ja edelleen vesivahinkojen syntyyn. Tutkimuksessa arvioidaan messinkiosien kelpoisuutta talousvesikäyttöön sekä kelpoisuuden toteamista toimitusketjun eri vaiheissa.

2 MESSINKI VESIJÄRJESTELMIEN MATERIAALINA

Messinki on kupariseos, jossa kuparin lisäksi on sinkkiä ja muita metalleja. Vaikka kuparimetallien korroosionkestävyys vesijärjestelmissä on yleisesti ottaen hyvä, messingillä sinkkipitoisuuden kasvaessa korroosionkestävyys heikkenee jonkin verran ja käyttöikä lyhentävää syöpymistä voi tapahtua. Messingin mikrorakenne koostuu pääasiassa α -faasista sinkkipitoisuuteen 37 % asti. Tätä suuremmilla pitoisuuksilla muodostuu myös toista kidelaatua, β -faasia. Näiden faasien ominaisuudet poikkeavat toisistaan, ja ne vaikuttavat muokattavuus- ja lujuusominaisuuksiin, mutta myös korroosioilmiöihin. (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001) Messingin korroosiolajeista lähemmin on tarkasteltu sinkinkatoa (2.1) ja jännityskorroosiota (2.2). Lisäksi on tarkasteltu olosuhteista pääasiassa vedenlaadun vaikutusta messingin edellä mainittuihin korroosionmuotoihin (2.3).

2.1 Messingin sinkinkato

Sinkinkato on selektiivisen eli valikoivan korroosion muoto. Siinä messingistä liukenee sinkkiä ja jäljelle jää huokoinen kuparirakenne. Liukeneminen voi tapahtua paikallisesti tai koko tuotteessa. Tämän myötä messinkiosa menettää lujuuttaan ja tiiviytään, vaikka säilyttääkin

ulkoisen muotonsa. Sinkinkadon ensimmäisiä merkkejä voivat olla ulkopinnalle saostuvat vaaleat korroosiotuotteet sekä pienehköt vuodot. Korroosiotuotteita voi tulla myös venttiilin sisäpinnalle ja siten aiheuttaa messinkiventtiilien tukkeutumista tai toimimattomuutta, jolloin esimerkiksi venttiili ei sulkeudu tiiviisti. Sinkinkadon myötä messinki menettää keltaisen värinsä ja muuttuu kuparinpunaiseksi. (Kaunisto 2010; Kekki et al 2008; Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001)

Messinkituotteiden sinkinkadon kestävyys voidaan siis vaikuttaa valitsemalla tuotteeseen sinkinkadon kestävä messinkilaatu. Pelkkä sinkinkadon kestävä messinkiseos ei kuitenkaan riitä takaamaan messingin sinkinkadon kestävyttä, sillä myös messingin kidemuoto vaikuttaa asiaan. α -kiderakenne kestää paremmin sinkinkatoa ja sen kestävyttä voidaan edelleen parantaa arseeni-, antimoni- tai fosforilisäyksellä. β -kiderakenteen sinkinkatoa ei voida estää lisäaineilla. Valmistustavalla pyritään varmistamaan, että joko β -faasin osuus on pieni (5-10 %) tai se on ympäröity α -faasilla ja ei muodosta yhtenäistä verkostoa kappaleen sisällä. Työstettävät messingit toimitetaan lämpökäsiteltyinä, jolloin β -faasin osuus on pieni. Kuumapuristamalla ja valamalla valmistettujen tuotteiden mikrorakenteessa voi olla niin paljon β -faasia, että hyväksyttävän sinkinkadonkestävyyden varmistamiseksi tuote on lämpökäsiteltävä. Myös sinkin määrä seoksessa vaikuttaa sinkinkatoon yli 20 % sinkkipitoisuuksien ollen pääsääntöisesti alttiita sinkinkadolle. (Kaunisto 2010; Kekki et al 2008; Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001)

2.2 Messinkiosien jännityskorroosio

Kaunisto (2010) on raportissaan Messinkikomponenttien vauriomekanismit kuvannut myös messingin jännityskorroosion yksityiskohtaisesti. Jännityskorroosiossa metallikomponenttiin kohdistuvat vetojännitykset ja syövyttävä ympäristö yhdessä aiheuttavat metalliin murtumia. Jännityskorroosiomurtumaan johtava korroosioympäristö on spesifinen kullekin materiaalille, esimerkiksi ammoniakkipitoisessa ympäristössä yli 20 % sinkkiä sisältävät messingit ovat suhteellisen herkkiä jännityskorroosiolle. On myös todettu, että jännityskorroosio voi edistää sinkinkatoa ja sinkinkato jännityskorroosiota. (ASM International 2005)

Metallikomponenttiin kohdistuvat jännitykset voivat muodostua komponentin valmistuksessa tai sen asennuksessa. Valmistuksessa muodostuvia sisäisiä jännityksiä aiheuttavat esimerkiksi kylmämuokkaus, lastuaminen, leikkaus, lävistäminen ja hitsaus. Asennuksessa jännitys voi aiheutua esimerkiksi ruuviliitoksen ylikiristyksestä. (Kaunisto 2010)

Jännityskorroosiota edistävän syövyttävän ympäristön voivat aiheuttaa muun muassa ammoniakki, sulfaatti, nitriitti ja fluoridi (Lee ja Shih 1995). Ammoniakki voi olla peräisin puhdistusaineista ja eristemateriaaleista. Nitriittejä voi muodostua esimerkiksi talousveden sisältämän nitraatin pelkistymisreaktioissa. (Kaunisto 2010)

Edellä mainituille kemikaaleille tai sisäisille vetojännityksille ei tunneta niin sanottuja minimiarvoja. Valmistuksessa syntyneet pienetkin jännitykset ja aggressiiviset kemikaalit voivat siis aiheuttaa jännityskorroosiota. Komponenttien vetojännityksiä pyritään poistamaan valmistusprosessin loppuvaiheen jännitystenpoistohetkellä (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001). Myös oikea asennustapa on tärkeä ja mahdollisuuksien mukaan on hyvä estää suora kontakti tyyppiyhdisteitä sisältävien aineiden kanssa. Käyttövesijärjestelmien messinkisten liittimien ja putkiyhteiden tyyppihyväksyntävaatimukset edellyttävät sinkinkadonkestävyyden lisäksi myös jännityskorroosionkestävyyttä, joten jännityskorroosiotestaus on osa messinkisten liittimien ja putkiyhteiden tyyppihyväksyntää Suomessa. (Kaunisto 2010)

2.3 Vedenlaadun vaikutus messinkiosiin

Korroosiovaurioihin vaikuttavista käytönaikaisista tekijöistä merkittävin on vedenlaatu. EU:n juomavesidirektiivi (Euroopan unionin neuvosto 1998) on implementoitu Suomessa talousvesiasetuksella (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015), joka asettaa vaatimuksia ja suosituksia talousveden terveydelliselle laadulle. Talousvesiasetus ei kuitenkaan juurikaan ohjeista tai huomioi veden teknistä laatua, mikä saattaa johtaa raakavedestä johtuen heikkoon veden tekniseen laatuun ja edelleen korroosioriskiin verkostomateriaaleille. Esimerkiksi kaivoista sinällään käytettävät luonnonvedet ovat lähes poikkeuksetta metalleja syövyttäviä. Kaivovesien (ja muidenkin vesien) teknistä laatua voidaan parantaa erilaisten vedenkäsittelyjen

avulla, esimerkiksi kalkkikivialkaloinnilla. Veden teknisen laadun käsittelyä hankaloittaa vedenjakelujärjestelmissä esiintyvien materiaalien runsaus. Eri materiaalien kestävyysvaikutukset vedentraaunparametrit poikkeavat toisistaan. (Kaunisto 2010)

Vedentraaun voi myös muuttua verkostossa. Hyvälaatuinenkin vesi voi muuttua verkostossa kulkiessaan ja viipyessään huonolaatuiseksi ja jopa terveydelle haitalliseksi, etenkin jos olosuhteet ovat mikrobiologiselle toiminnalle suotuisat. Metallien korroosioon vaikuttavista vedentraatutekijöistä tärkeimpiä ovat veden happipitoisuuden lisäksi sen happamuus eli pH-arvo, suolapitoisuus (kloridit, sulfaatit), kovuus (kalsium- ja magnesiumipitoisuus) ja alkaliteetti (bikarbonaattipitoisuus). Veden pH-arvo vaikuttaa sinkinkatotuotteiden saostuvuuteen siten, että happamissa vesissä saostumia ei aina muodostu, mutta veden pH-arvon kasvaessa eli emäksisyyden lisääntyessä korroosiotuotteet alkavat saostua pinnoille. Monissa maissa suositellaankin veden pH-arvolle ylärajaa, jolloin saostumat eivät pääse tukkimaan venttiileitä. Veden suuri kloridipitoisuus sekä matala alkaliteetti (bikarbonaattipitoisuus) ja veden pehmeys lisäävät sinkinkatoriskiä (Kunnossapitoyhdistys ry 2006). Suomessa sinkinkatotapauksia on esiintynyt esimerkiksi rannikkoseuduilla veden korkean kloridipitoisuuden vuoksi. Veden laatuvaatimuksiksi messingin sinkinkadon estämiseksi on esitetty, että pH olisi alle 8,3 ja bikarbonaatin ja kloridin suhde yli 2 (Suomen kuntaliitto 1993). Käyttöveden syövyttävyydelle on kuitenkin verrattain hankala asettaa yleispäteviä rajoja verkostomateriaalien eroavaisuuksien vuoksi. (Kaunisto 2010)

Talovesiasetuksen soveltamisohjeen osassa III (Valvira 2016) käsitellään lyhyesti myös veden syövyttävyyden arviointia. Ohjeessa todetaan, että ”Vesijohtovesi ei saa aiheuttaa merkittävää syöpymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa”. Ohje toteaa veden korroosio-ominaisuuksien riippuvan yksittäisistä vedentraadun muuttujista ja niiden keskinäisistä suhteista. Soveltamisohje antaa lukuarvoja muutamille vedentraadun muuttujille syövyttävyyden arvioinnin tueksi (Taulukko 1).

Latva ym. (2017) ovat tutkineet ei-sinkinkadonkestäviä messinkiosia pohjoismaisissa vesissä ja esittelevät useita korroosio-indeksejä, joiden avulla pyritään arvioimaan vedentraadun vaikutusta metallisiin materiaaleihin. Indeksien kehittämisen tarkoitus on ollut tarjota

yksinkertainen arviointityökalu, jonka avulla vedenlaatua voidaan muuttaa vähemmän korroosiota aiheuttavaksi. Indeksien lukumäärä viittaa siihen, että ei ole olemassa yhtä kaikkiin olosuhteisiin sopivaa korroosio-indeksiä, veden syövyttävyyttä ei ole helppo arvioida. Edelleen tunnetuin ja käytetyin korroosio-indeksi on Langelierin kehittämä indeksi (1936), joka arvioi olosuhteiden ”suosiollisuutta” kalsiumkarbonaatin saostumiselle. Muodostuvan kalsiumkarbonaattikerroksen on todettu ehkäisevän korroosiota.

Taulukko 1. Talousveden arviointiperusteet syövyttävyyden vähentämiseksi (Valvira 2016).

Muuttuja	Arviointiperuste
pH	> 7,5
Alkaliteetti, mmol/l	> 0,6
Kalsium, mg/l	> 10
Happi, mg/l	> 2
$\frac{\text{Alkaliteetti} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}}\right)}{\frac{\text{mg}}{48} + \text{Kloridi} \frac{\text{mg}}{35}}$	$\geq 1,5$

2.4 Vesijärjestelmien vauriot

2.4.1 Vuotovahinko

Vesijärjestelmien vaurioiden seurauksena vettä päätyy johonkin osaan rakennuksesta ja tällöin käytetään vakuutusmielessä termiä vuotovahinko. Vuotovahingossa nestettä, höyryä tai kaasua vuotaa rakennuksen omasta laitteesta tai putkistosta. Vuotovahingossa neste aiheuttaa kosteusvaurioita ja korjaustarpeen rakenteille. Myös kosteusvahingoissa nestettä vuotaa

johonkin osaan rakennuksesta, mutta neste ei ole peräisin edellä mainituista rakennuksen omasta laitteesta tai putkistosta. (Pellikka ym. 2011)

Finanssialan keskusliitto on tehnyt selvityksiä vuotovahinkoista 2000-luvulla (Haapaniemi 2014). Selvityksissä on kuvattu vuotovahinkoja 2003, 2007-2007 ja 2012-2013. Messinkiliittimet ovat kiinteistössä osana putkistojärjestelmää, mutta kyselyssä ei tarkennettu liitinten materiaalia. Messinkiliittimiä käytetään kaikkien putkimateriaalien kanssa, joten putkimateriaalien perusteella ei voida määritellä liitinmateriaalia. Käyttövesiputkistoissa vuodon syntymekanismeista yleisin oli kylmälle veden putkistoille rikkoutuminen (vuonna 2012-2013 kyselyssä 42 %) korroosion ollessa seuraavana (24 %) ja lämpimän veden putkistoille korroosio (59 %). Näiden vahinkojen sisältä messinkiliitinten korroosiotapauksia ei ole eritelty tarkemmin. (Haapaniemi 2014)

2.4.2 Terveysvaikutukset

Suomalaisessa rakennuskannassa esiintyy melko yleisesti kosteus- ja mikrobivaurioita ja niiden arvioidaan olevan merkittävä sisäilmaongelmia aiheuttava tekijä (Ympäristöopas 2016). Kosteusvauriot voivat aiheutua rakenteellisesta kosteudesta tai esimerkiksi vesijärjestelmän vaurion, vuotovahingon, seurauksena. Haitallista altistumista voidaan pitää todennäköisenä, kun tilassa todetaan näkyviä kosteus- ja homevaurioita ja mikrobikasvuja materiaaleissa tai tilaan on ilmayhteys ja ilmavirtauksia kosteus- ja homevaurioituneista tiloista (Duodecim 2014). Verrattain tuoreessa Rakennusten kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen suorittamista ohjeistavassa oppaassa todetaan, että kosteusvauriorakennuksissa oleskelevilla on tutkimusten mukaan esiintynyt hieman tavallista enemmän hengitystieoireita ja infektioita sekä astmaa. (Ympäristöopas 2016)

Kosteusvaurioihin liittyvien mikrobikasvustojen terveysvaikutuksia on tutkittu jo pitkään. Tietoa on saatu tutkimuksista sekä Suomesta että ulkomailta, kosteusvaurioita esiintyy muuallakin kuin Suomessa. Kosteusvaurioihin liittyvien mikrobikasvustojen terveysvaikutusten riskinarviointi on kuitenkin haastavaa. Kokonaisriskiin vaikuttavat mm. mikrobin ja mikrobikasvuston ominaisuudet, kohdeväestön ominaisuudet, mahdolliset

yhteisvaikutukset esimerkiksi mikrobien ja kemiallisten altisteiden välillä, muut kuin kosteusvauriomikrobit ja potilaan elinkaaren altistumishistoria. Kosteus- ja homevauriorakennuksessa oleskelevien oireet etenevät ja vaihtuvat vaurion iän ja mikrobikannan mukaan. Vakavia terveyshaittoja edeltää usein vuosien altistuminen. Tarkkoja syy-seuraus-diagnooseja on haastava osoittaa juuri laajan oirekirjon vuoksi. Myös mikrobien erittämät toksiinit voivat altistaa sairauksille. (Putus 2014)

Vaikka tutkimustietoa on paljon, terveyshaittoihin keskittyvää kirjallisuutta, erityisesti suomenkielistä, on vielä verrattain vähän. Lääkärikunnalle suunnatut Majvik-ohjeet lienevät näistä tunnetuimmat (Majvik 2008). 2016 Duodecim on julkaissut Käypä hoito -suositukset kosteus- ja homevaurioista oireilevan potilaan diagnostiikkaan, mutta nämäkin ohjeet ovat lähinnä lääkärille tarkoitettuja (Duodecim 2016).

2.5 Vesijärjestelmiä koskeva lainsäädäntö

2.5.1 Messinkiosat

Kiinteistöjen vesijärjestelmiä koskeva lainsäädäntö on Rakentamismääräyskokoelman osassa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärijärjestelmät (2007). Lainsäädännön määräyksissä sanotaan, että vesijärjestelmällä tulee olla riittävä kestävyys ja toimintavarmuus suunnitellun käyttöiän ajan. Lainsäädännön saman kohdan ohjeistuksen mukaan kiinteistön vesijärjestelmien messinkiosien tulee olla veden koskettamilta osiltaan sinkinkadon kestävä. Rakentamismääräyskokoelmassa messinkiosien sinkinkadon kestävyysohjeistus on ollut jo vuonna 1976. Lisäksi määräyksissä todetaan, että vesilaitteiston materiaalit eivät saa heikentää talousveden laatua. Verkostoon johdettavan veden tulee täyttää talousvedelle asetetut laatuvaatimukset. Talousveden laatuvaatimukset löytyvät sosiaali- ja terveysministeriön asetuksista (1352/2015, 401/2001) sekä Talousvesiasetuksen soveltamisohjeessa (Valvira 2016).

Vesikalusteille ei (vielä) ole käytössä CE-merkintää, joten tuotteen kelpoisuus tulee osoittaa esimerkiksi tyyppihyväksynnällä. Ympäristöministeriön tyyppihyväksyntäasetuksessa

messinkisille ja kuparisille putkiyhteille (2008) todetaan, että messinkiyhteiden sinkinkato tulee testata tuotteesta standardin SFS-EN ISO 6509 mukaisessa testauksessa. Messinkisen putkiyhteen veden kanssa kosketuksiin joutuvan materiaalin sinkinkadon syvyyden keskiarvo saa olla enintään 200 µm ja maksimiarvo enintään 400 µm.

Suomessa ei ole käytössä messinkisen putkiyhteen veden kanssa kosketuksiin joutuvan materiaalin testausta. Lopputuotteesta eli esimerkiksi valmiista messinkisestä putkiyhteestä testataan tyyppihyväksynnän yhteydessä raskasmetallien (Pb, Cd) liukeneminen (Ympäristöministeriö 2008). Alankomaat, Iso-Britannia, Ranska ja Saksa ovat valmistelleet vastavuoroiseen hyväksyntään tähtäävää nk. 4MS-hyväksyntämenettelyä juomaveden kanssa kosketuksissa oleville materiaaleille ja tuotteille. 4MS-menettelyssä metalliseosten hyväksyntä perustuu pitkäaikaistestaukseen (SFS-EN 15664), ja hyväksytyistä metalliseoksista valmistettuja tuotteita ei pääsääntöisesti tarvitse testata. 4MS-menettely on tarkoitettu tuotteen juomaveden laatuun ja terveyteen liittyvien asioiden osoittamiseen. Se ei huomioi yllä mainittuja kestävyteen (kuten sinkinkato) vaikuttavia ominaisuuksia. (UBA 2017)

2.5.2 Hankinnat

Julkisten alojen hankintalaki (Työ- ja elinkeinoministeriö 1397/2016) säätelee julkisten alojen hankintoja. Tarjouspyynnössä tulee määritellä riittävällä tavalla tuotteen ominaisuudet. Tämä voidaan tehdä myös viittaamalla standardeihin (esim. SFS-EN) tai kansallisiin teknisiin hyväksyntöihin (esim. tyyppihyväksyntä). Hankintalain mukaan tulee hankinnassa ottaa huomioon myös tuotteet, jotka eivät olet viitatus standardin tai muun teknisen hyväksynnän mukaisia, mutta täyttävät niissä asetetut vaatimukset. Nämä tulee huomioida, jotta kilpailua ei rajoiteta. Tämän vuoksi tarjoukseen on lain mukaan liitettävä ilmaisu ”tai vastaava”. Tällöin tarjoajan tulee osoittaa, että tuote vastaa tarjouspyynnössä esitettyjä vaatimuksia.

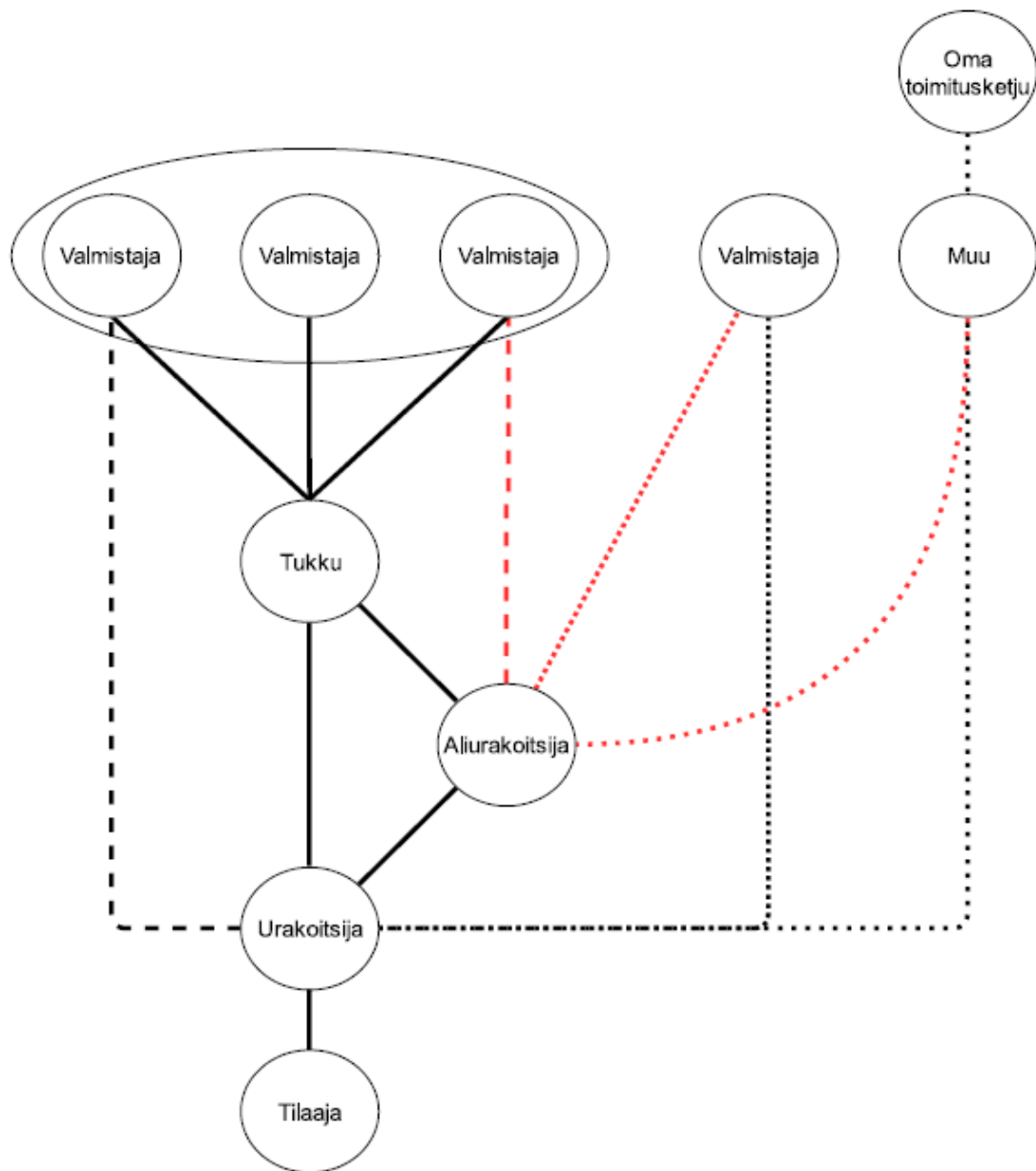
2.6 Vesijärjestelmien suunnittelu ja messinkiosien toimitusketju

Vesijärjestelmien toimivuuden ja kestävyuden varmistamiseksi tulee suunnittelun, materiaalien valinnan, asennuksen, käytön ja kunnossapidon olla ammattitaitoista. Käytettävien tuotteiden

tulee olla hyvälaatuisia ja säädösten mukaisia. Säädöksiä on kuvattu tarkemmin laadun osalta luvussa 2.4 ja hankintatapaan liittyen luvussa **Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.** Rakennusvalvontaa ja rakennusten suunnittelua koskevat valtioneuvoston asetus 214/2015 ja ympäristöministeriön asetukset 216/2016. Hyvällä suunnittelulla voidaan ehkäistä mm. liian vähäisen veden virtauksen, paineenvaihtelujen, eroosiokorroosion sekä jäätyksen aiheuttamia vaurioita. Sinkinkadon estämiseksi tulee suunnitelmiin kirjata sinkinkadon kestävä messinkilaatu vaatimukseksi tuotteille. Nämä tuotehyväksyntävaatimukset tulee sisällyttää LVI-suunnitelmiin ja sitä kautta rakennuttajan tarjouspyyntöihin ja tukkuliikkeiden tuotevalintakriteereihin.

Suunnittelijat käyttävät tuotteita tarkentaessaan yleensä LVI-numerointia. Nämä LVI-numerot ovat seitsemännumeroisia tunnistenumeroita Suomessa myytävälle LVI-teknisille tuotteille ja numerot voivat olla joko toimittaja- ja tuotekohtaisia tai yhteisnumeroita. Mikäli tuotteella on oma merkkinumero, muiden valmistajien vastaavat tuotteet eivät saa käyttää samaa numeroa. Yhteisnumero on LVI-numero, joka on rekisteröity useammalle valmistajalle. Yhteisnumerot yksilöidään valmistajan oman tuotemerkin mukaan. (Kaunisto 2013, 30; LVI-info 2016; Heikkilä 2012, 11)

Messinkiosien toimitusketjusta on olemassa vain vähän kirjallisuutta. Topias Palon insinööriyössä (2016) selvitettiin vaihtoehtoja messinkiosien hankinnalle (Kuva 1). Samassa työssä tehtyjen haastattelujen perusteella LVI-urakointiyrietykset käyttivät pääsääntöisesti tukkua hankintakanavanaan. Työssä tehdyn haastattelun mukaan LVI-tukut Suomessa vaativat myymiltään messinkiosilta kelpoisuudenosoittamisen. Työssä tuotiin esille, että on mahdollista ostaa osia myös toisesta maasta, jolloin tuotteen vaatimukset eivät välttämättä vastaa kansallista lainsäädäntöä esimerkiksi sinkinkadonkestävyysvaatimusten osalta. LVI-numeroiden yhteisnumeroitujen tuotteiden osalta LVI-tukkujen vastuu tuotteiden laadusta messingin sinkinkadonkestävyyden osalta on suuri (Kaunisto 2013, 30).



Kuva 1. Messinkiosien toimitusketju (Palo 2016).

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

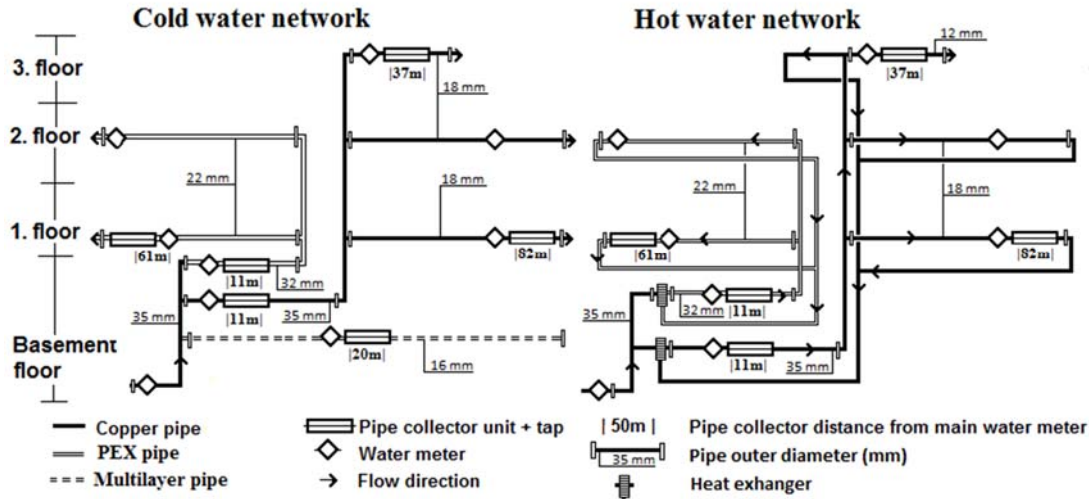
Messinkiosien kokeellinen tutkimus tehtiin Rauman kaupungin alueella. Messinki- ja vesinäytteitä otettiin toimistotalosta, teknologiatalo Syyttimestä. Kiinteistö on valmistunut vuonna 2011 uudisrakennuksena. Koekohde on kuvattu tarkemmin luvussa 3.1. Lisäksi

tutkimuksessa on hyödynnetty Satakunnan ammattikorkeakoulun tutkimusryhmän Vesi-Instituutti WANDERin aiemmissa projekteissa saatuja messinkivaurioihin ja vedenlaatuun liittyviä tutkimustuloksia, joita on julkaistu myös tieteellisissä artikkeleissa (Latva ym. 2017; Inkinen ym. 2014).

3.1 Koekohde

Teknologiatalo Sytyttimessä on innovatiivinen Living Lab -ympäristö; kiinteistön vesijärjestelmät ovat normaalikäytön lisäksi myös tutkimuskäytössä. Kiinteistö on valmistunut maaliskuussa 2011. Kiinteistössä on kolme erillistä vesijärjestelmää, jotka koostuvat kupari-, PEX- ja monikerros- eli komposiittiputkista (Kuva 2). Vesijärjestelmien eriytyminen lähtee jo lämmönjakohuoneesta. Kupariputkijärjestelmällä ja PEX-putkijärjestelmällä on erilliset lämmönvaihtimet. Kiinteistön keskeltä nousevat putkilinjat haarautuvat, niin että kiinteistön toisessa osassa on kupari- ja toisessa PEX-putkijärjestelmä. Monikerrosputkijärjestelmä on yksittäinen kylmävesijohto kellarikerroksissa. Monikerrosputkijärjestelmää ei ole hyödynnetty tässä tutkimuksessa. Järjestelmä on kuvattu tarkemmin RYM-IE loppuraportissa ja Inkisen artikkelissa (Pelto-Huikko 2015; Inkinen ym. 2014).

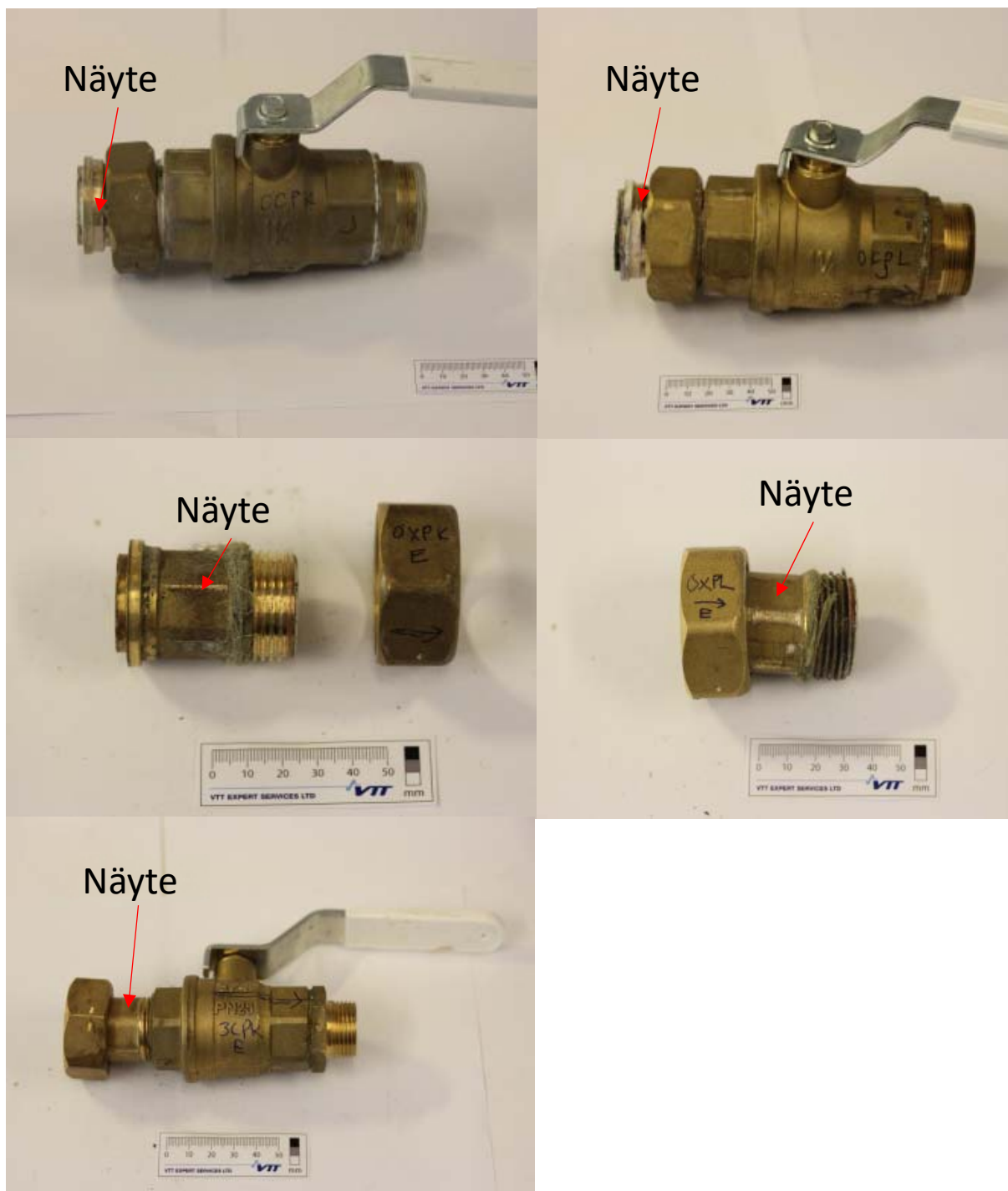
Sytyttimeen tulee vesi Rauman Vedeltä, joka valmistaa pintavedestä talousvettä. Vesilaitoksen prosessi sisältää useita prosessivaiheita kuten muun muassa saostuksen, flotaation ja desinfioinnin.



Kuva 2. Sytyttimen kiinteistön vesijärjestelmät on suunniteltu tutkimuskäyttöön. Kiinteistössä on kolme erillistä vesijärjestelmää, jotka on tehty kupari-, PEX- ja komposiittiputkilla. Vesijärjestelmiin on lisätty putkikeräimiä (pipe collector unit), näytteenottohanoja (tap) ja vesimittareita (water meter) tutkimuksia varten.

3.2 Messingin analyysit

Messinkiosat olivat teknologiatalo Sytyttimestä yhden ja viiden käyttövuoden jälkeen irrotettuja osia. Osat olivat vesijärjestelmän alkuosasta eli kellarikerroksesta läheltä lämmönjakohuonetta sekä kolmannen kerroksen konehuoneesta. Lämmönjakohuoneen lähellä olevat näytteet olivat kylmän ja kuuman veden linjoista sekä PEX- että kuparijärjestelmästä. Konehuoneessa oleva näyte oli verrokinäyte, jossa ei ollut näkyvää sinkinkatoa. Yhden vuoden käytön jälkeen tutkittavat messinkiosat kuvattiin ja arvioitiin silmämääräisesti. Viiden vuoden käytön jälkeen messinkiosia tutkittiin VTT Expert Service Oy:ssä. Messinkiosat kuvattiin (Kuva 3) ja halkaistiin pituussuunnassa ja sisäpinnat kuvattiin. Näytteistä valmistettiin poikkileikkaushieet, joista tutkittiin mikrorakenne, α/β -faasisuhde sekä vauriotyyppi. Lisäksi messikinäytteistä analysoitiin metalliseoksen kemiallinen koostumus optisella emissiospektrometrilla (OES). Pintakerrostumien alkuaineet analysoitiin SEM/EDS:llä (scanning electron microscope/energy dispersive analyzer).



Kuva 3. Viiden vuoden käytön jälkeen Sytyttimen vesijärjestelmästä irrotettiin viisi messinkiliitintä. Näytteissä 1-4 oli silmin havaittavaa sinkinkatkoa. Näytteessä 5 ei ollut sinkinkatkoa havaittavissa. Tarkemmat näytepisteet osoitettu valokuvissa. (VTT 2016)

3.3 Vedenlaatuanalyysit

Teknologiatalo Sytyttimen vesijärjestelmien käyttöveden vedenlaatua on analysoitu osana Tekes-rahoitteista Hygtech-tutkimusta, jossa kirjoittajat ovat olleet mukana (Ahonen ym. 2013). Kiinteistön ensimmäisen käyttövuoden aikana käyttövesijärjestelmistä otettiin säännöllisesti vesinäytteitä ja ennen analyysia niitä säilytettiin 100 ml muovipulloissa pakastettuna. Näytteistä määritettiin muun muassa alkaliteetti, kovuus, johtokyky, pH, suoloja ja ravinteita (mm. Cl^- , NO_2^- , NO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+), AOC, MAP, HPC (R2A), DAPI ja ATP. Näytteitä analysoitiin Satakunnan ammattikorkeakoulun tutkimusryhmän Vesi-Instituutti WANDERin laboratorion lisäksi muun muassa Rauman ympäristölaboratoriossa, Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksella ja Labtiumilla.

Vesinäytteistä analysoitiin myös metalleja kuten lyijy (Pb), sinkki (Zn) ja kupari (Cu), jotta messinkiosien vaikutusta vedenlaatuun voitiin analysoida. Metallianalyysejä varten vesinäytteet esikäsiteltiin typpihappomärkäpoltolla (SFS-EN ISO 15587-2) ja metallit analysoitiin ICP-MS-menetelmällä (SFS-EN ISO 17294-2). Veden messingin syövyttävyyteen liittyvät analysoidut parametrit olivat alkaliteetti (SFS 3005), sulfaatti (SO_4^-) ja kloridi (Cl^-) (Hach Lange DR 2800 spectometer valmistajan ohjeiden mukaan).

4 TULOKSET

4.1 Sytyttimen kiinteistön messinkiosat ja messinkiosien laatu

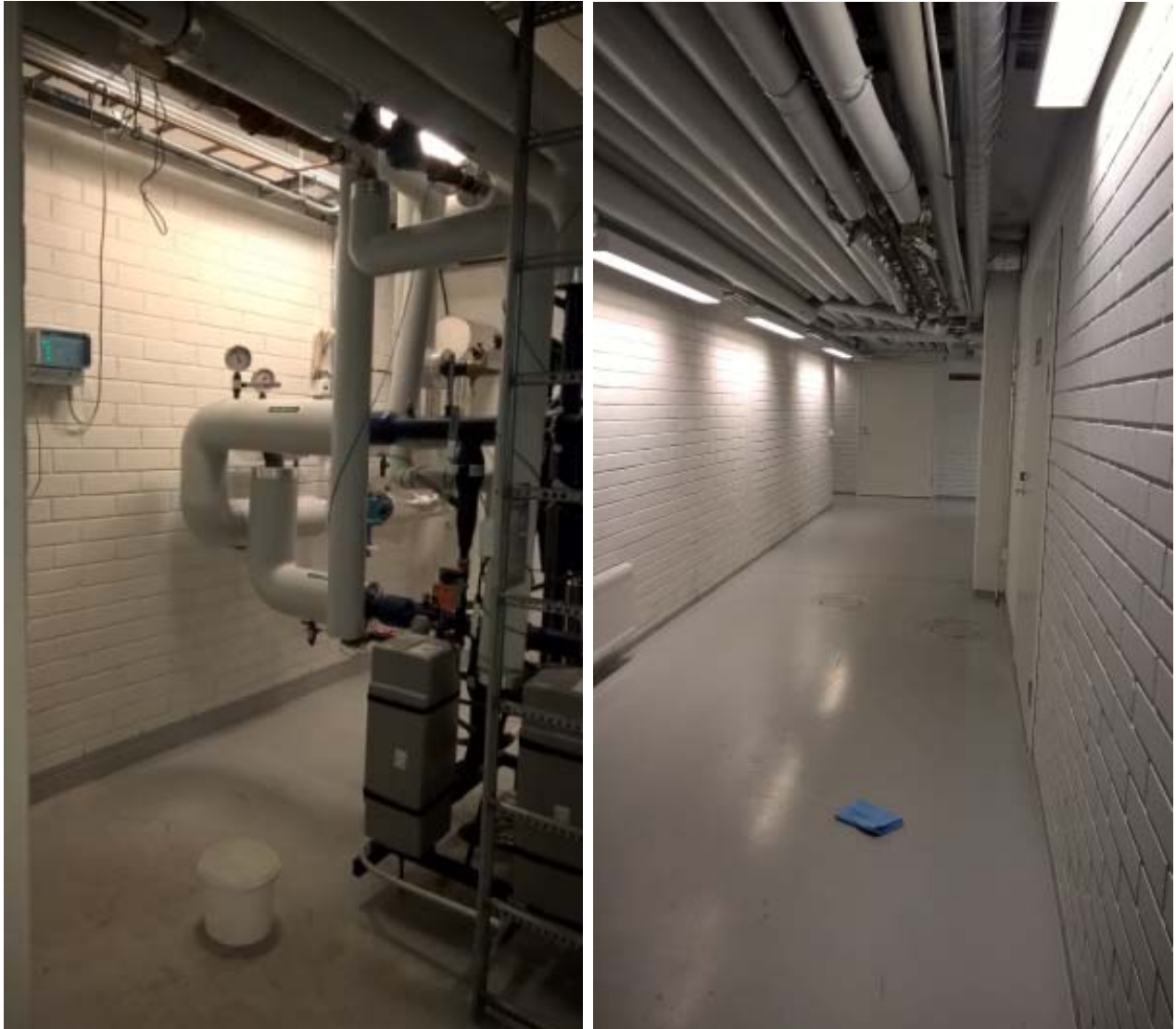
Tutkimuskohteen messinkiosien korroosiota ja messinkiosien laatua on tutkittu Vesi-Instituutin projekteissa. Niistä on raportoitu tarkemmin Latvan ja kumppaneiden tutkimuksessa (2017). Sytyttimen kiinteistön vesijärjestelmästä irrotettiin putkinäyte sekä messinkiliitin yhden ja viiden vuoden käytön jälkeen. Liittimen sisäpinnalla näkyi saostumaa jo vuoden käytön jälkeen (Kuva 4). Vuoden näytteestä ei tutkittu sinkinkatoa. Viiden vuoden messinkinäytteestä analysoitiin messinkilaatu sekä sinkinkato (Kuva 5). Syksyllä 2016 (5,5 vuotta kiinteistön käyttöönoton jälkeen) lämmönjakohuoneessa havaittiin vuotavia messinkiliittimiä (Kuva 6).



Kuva 4. Putkinäytteen messinkiliittimen sisäpinnalla näkyi saostumaa vuoden käytön jälkeen (kuva vasemmalla). Kolmen vuoden käytön jälkeen saostumaa näkyi liittimen ulkopinnalla (kuva oikealla).



Kuva 5. Kuvissa näkyy viiden käyttövuoden jälkeen sinkinkatoa liittimen pinnalla (marenkimainen saostuma sekä punertavuus liittimen pinnalla, kuva vasemmalla). Liittimessä näkyy edelleen saostumaa sisäpinnalla (kuva keskellä) sekä poikkileikkauksuvassa (kuva oikealla). (VTT 2016)



Kuva 6. Sytyttimen toimistokiinteistön kellarikerros lokakuussa 2016. Lämmönjakohuoneessa (kuva vasemmalla) on laitettu vesimittarien alapuolelle ämpäri, johon liittimistä vuotava vesi tippuu. Kellarin käytävällä olevan vuotavan messinkiliittimen alle on asetettu siivousliina.

4.1.1 Messinkiosan sinkinkadon kestävyuden analysointi

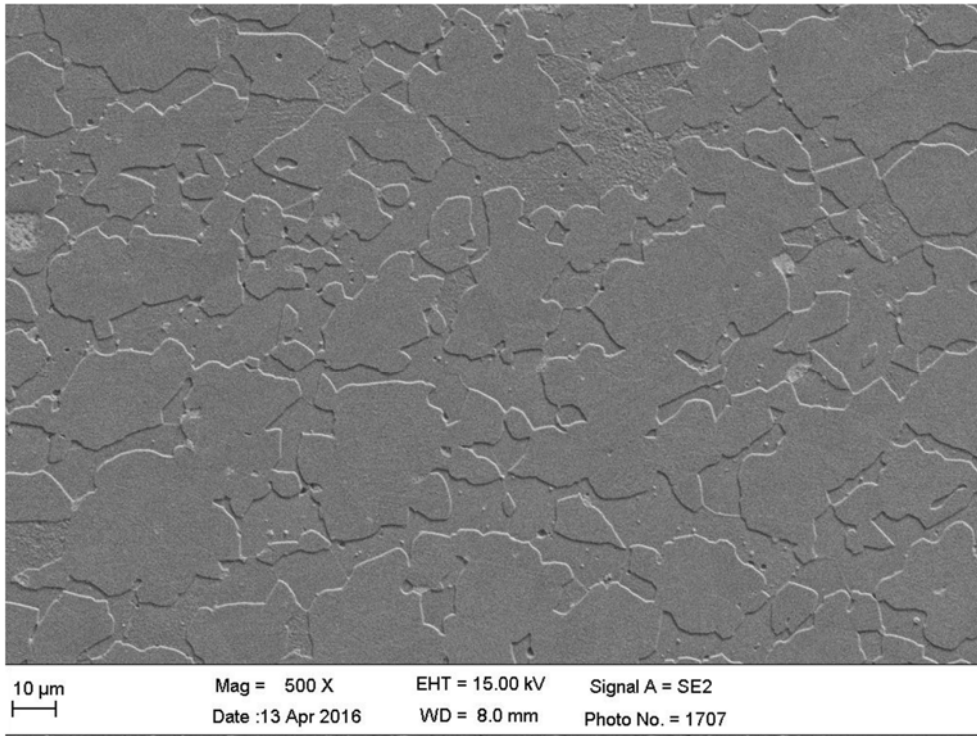
Messinkiosista analysoitiin messinkikoostumus (Taulukko 2). Kaikkien kappaleiden messinkikoostumus vastaa standardin CEN/TS 13388 (2015) mukaiselle materiaalille CW617N (CuZn40Pb2) annettua messinkikoostumusta. Tämä messinkiseos ei ole sinkinkadon

kestävää, sillä siitä puuttuu arseeni-, antimoni- tai fosforilisäys, jonka tarkoituksena on vähentää α -faasin sinkinkatoa.

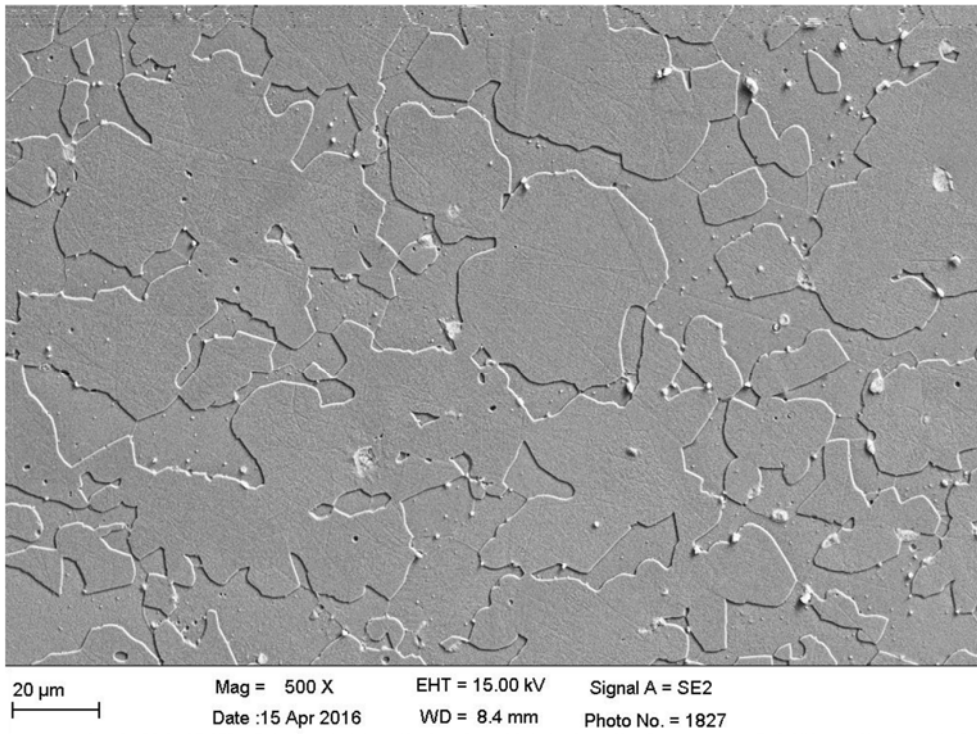
Taulukko 2. Näytekappaleiden analysoitu kemiallinen koostumus verrattuna standardissa CEN/TS 13388 (2015) kuvattuun messinkilaadun CW617N koostumukseen. (VTT 2016)

Näyte	Koostumusprosentiosuus										
	Sn	Pb	Zn	Ni	P	Fe	Si	Mn	As	Al	Cu
1	0,25	2,0	39,2	0,04	<0,005	0,23	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	58,2
2	0,23	2,1	39,4	0,05	<0,005	0,22	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	57,9
3	0,25	2,0	39,4	0,05	<0,005	0,22	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	58,0
4	0,25	1,9	38,9	0,05	<0,005	0,22	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	58,6
5	0,25	2,0	38,9	0,03	0,008	0,26	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	58,5
CW617N	0-0,3	1,6-2,5	Loput	0-0,3		0-0,3				0-0,05	57-59

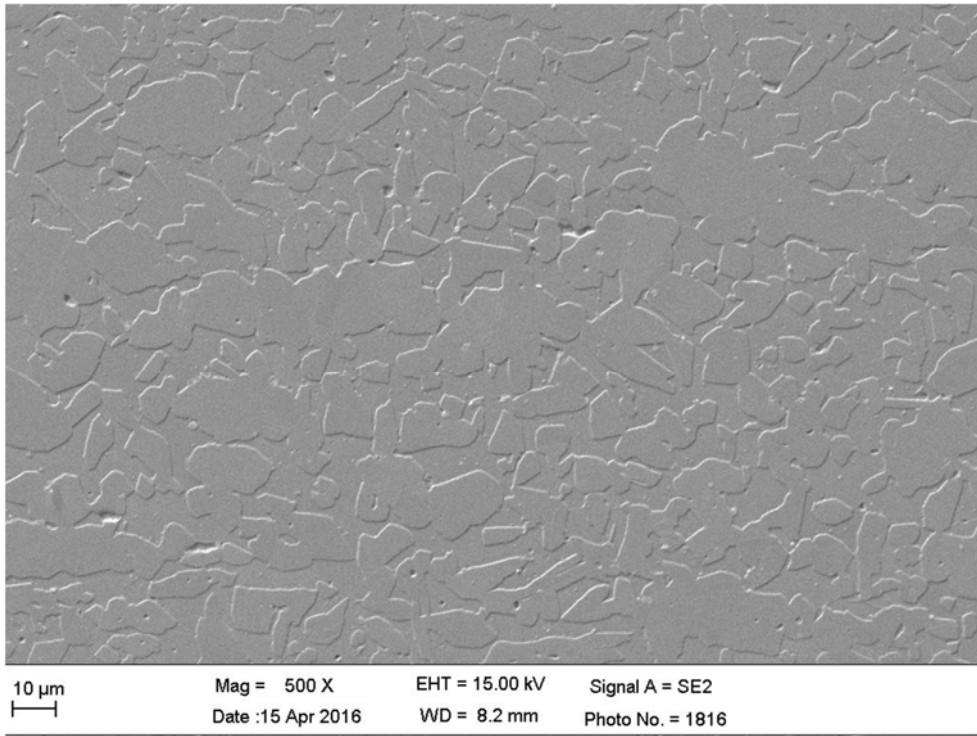
Messinkikappaleista analysoitiin myös mikrorakenne, joka vaikuttaa kappaleen sinkinkadon kestävyteen. Mikrorakenne analysoitiin poikkileikkausten keskikohdilta, joissa ei ole havaittavissa sinkinkatoa. Kappaleiden mikrorakenteet on esitetty SEM-kuvat 500-kertaisella suurennuksella (Kuva 7–11). Kuvista tehdyn viiva-analyysin perusteella on laskettu messingin α - ja β -faasin osuus (Taulukko 3). Kaikissa kappaleissa β -faasin suuri osuus ja yhtenäisyys altistavat kappaleen sinkinkadolle.



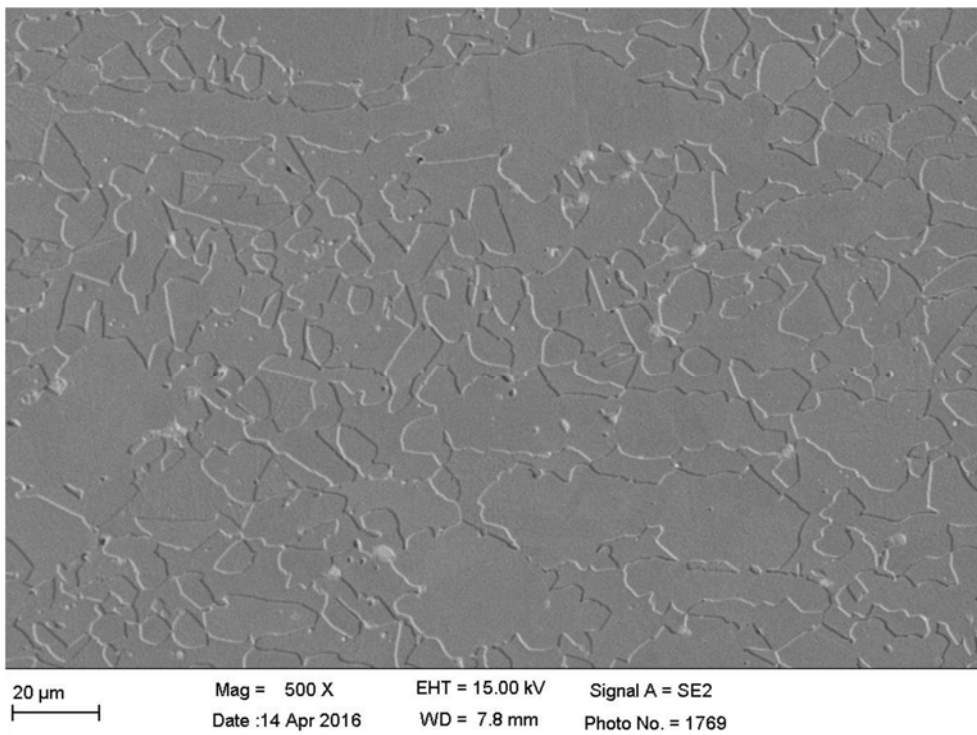
Kuva 7. Näytteen 1 mikrorakenne SEM-kuvana x500. (VTT 2016)



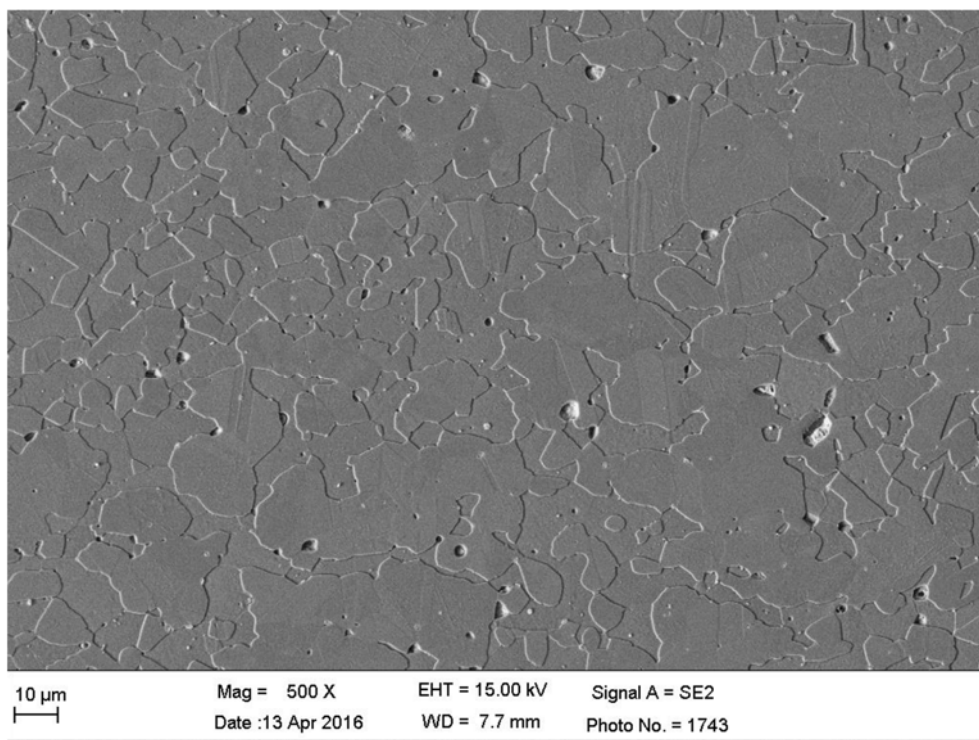
Kuva 8. Näytteen 2 mikrorakenne SEM-kuvana x500. (VTT 2016)



Kuva 9. Näytteen 3 mikrorakenne SEM-kuvana x500. (VTT 2016)



Kuva 10. Näytteen 4 mikrorakenne SEM-kuvana x500. (VTT 2016)



Kuva 11. Näytteen 5 mikrorakenne SEM-kuvana x500. (VTT 20176)

Taulukko 3. Messinkikappaleiden faasisuudet analysoituna SEM-kuvista viiva-analyysillä. (VTT 2016)

Näyte	α -faasin osuus %	β -faasin osuus %
1	80	20
2	63	27
3	68	32
4	75	25
5	65	35

Messinkikappaleiden poikkileikkausnäytteistä tutkittiin sisäpinnalta kerrostuman koostumus SEM-EDS analysaattorilla. Sisäpinnalla havaittiin messingin seosaineiden lisäksi piitä (Si) ja alumiinia (Al) sekä pieniä määriä rikkiä (S), klooria (Cl), magnesiumia (Mg) ja kalsiumia (Ca).

Samoja aineita havaittiin myös kappaleiden ulkopinnoilla. Muita vieraita aineita ei havaittu. (VTT 2016) Havaitut alkuaineet ovat todennäköisesti peräisin talousvedestä.

4.1.2 Tuotteiden laadun vaatimukset ja arviointi hankintaketjussa

Toimistotalo Sytyttimen vesijärjestelmien suunnitteluvaihe on kuvattu Vepsän (2010) opinnäytetyössä. Vepsän opinnäytetyössä mainitaan: ”LVI-tarvikkeina käytetään Suomen oloihin sopivia ja huolloltaan turvattuja tuotteita, joiden laatutaso on ensiluokkainen, tuotteet käyttöturvallisia ja että ne täyttävät erilaiset vaatimukset.” (s. 33). Vepsän mukaan materiaalivalinnoista vastasi pääosin YIT ja tuotteet oli YIT:n toimesta tarkistettu Suomen oloihin sopiviksi.

Kiinteistön vesijärjestelmien messinkiosille on määräyksissä annettu kestävyys ja toimintavarmuuden vaatimus ja ohjeistuksena mainittu sinkinkadon kestävyys vaatimus. Sytyttimen toimistotalon osalta tilaajan antamissa määritelmässä on vaatimus sinkinkadon kestävästä tuotteista 20.10.2010 päivytyssä LVI-kuvassa.

Tuotteiden materiaalin laadun arviointi silmämääräisesti ei ole mahdollista. Sinkinkadon kestävässä messinkiseoksesta valmistetuissa tuotteissa käytetään kirjaimia CR tai DZR. Kuitenkaan kaikkiin pienempiin osiin, kuten vesimittariliittimiin, tätä ei ole merkitty. Näin asennustyömaalla tuotteen laadun varmistaminen tuotetta katsomalla ei ole mahdollista.

Tuote vastaa analyysin perusteella messinkilaatua CuZn40Pb2, joka vastaa standardin CEN/TS 13388 mukaista seosta CW617N. Tuotteessa ei ole sinkinkadon estävää antimoni- tai arseenilisäystä. Lisäksi β -faasin osuus on korkea. Messinkilaatu on standardin SFS-EN 15664 mukaisen testauksen perusteella todettu turvalliseksi juomavesijärjestelmissä ja mainittu 4MS-listauksessa hyväksyttynä seosmateriaalina (4MS Common Approach 2016, 15), mutta tämä arviointi koskee tuotteen juomaveden laatuun vaikuttavia ominaisuuksia eikä ota kantaa tuotteen kestävyysominaisuuksiin.

4.2 Vedenlaatu ja sen vaikutus messinkiosien vaurioihin, vedenlaatuun vaikuttaminen

Tutkimuskohteen Teknologiatalo Sytytin tutkimusverkoston vedenlaatua, messinkiosien korroosiota ja vedenlaadun vaikutusta korroosioon on analysoitu erittäin kattavasti kiinteistön ensimmäisen käyttövuoden aikana eri projekteissa, joissa kirjoittajat ovat olleet mukana. (Inkinen ym. 2013, Latva ym. 2017)

Kiinteistöön sisään tulevan veden eli Rauman talousveden vedenlaatu on joidenkin muuttujien suhteen melko aggressiivista eli vesijärjestelmien metalliosia mahdollisesti syövyttävää. Kappaleessa 2.3 Taulukossa 1 esitelty syövyttävyyden arviointiin avuksi kehitetty laskukaava antaa Rauman talousvedelle arvon 0,23, kun suositus talousvesiasetuksen soveltamisohjeessa on Taulukossa 1 mainittu ohjearvo $\geq 1,5$. Laskennallisen arvon mukaan Rauman talousvesi on siis mahdollisesti hyvinkin syövyttävää. Taulukossa 4 on esitelty kiinteistöön sisään tulevan vedenlaadun arvoja. Lisäksi taulukossa on vastaava arvo Suomen talousvesissä keskimäärin (Ahonen ym. 2008) sekä mahdollinen Suomen lainsäädännössä oleva laatuvaatimus tai -suositus ko. muuttujalle.

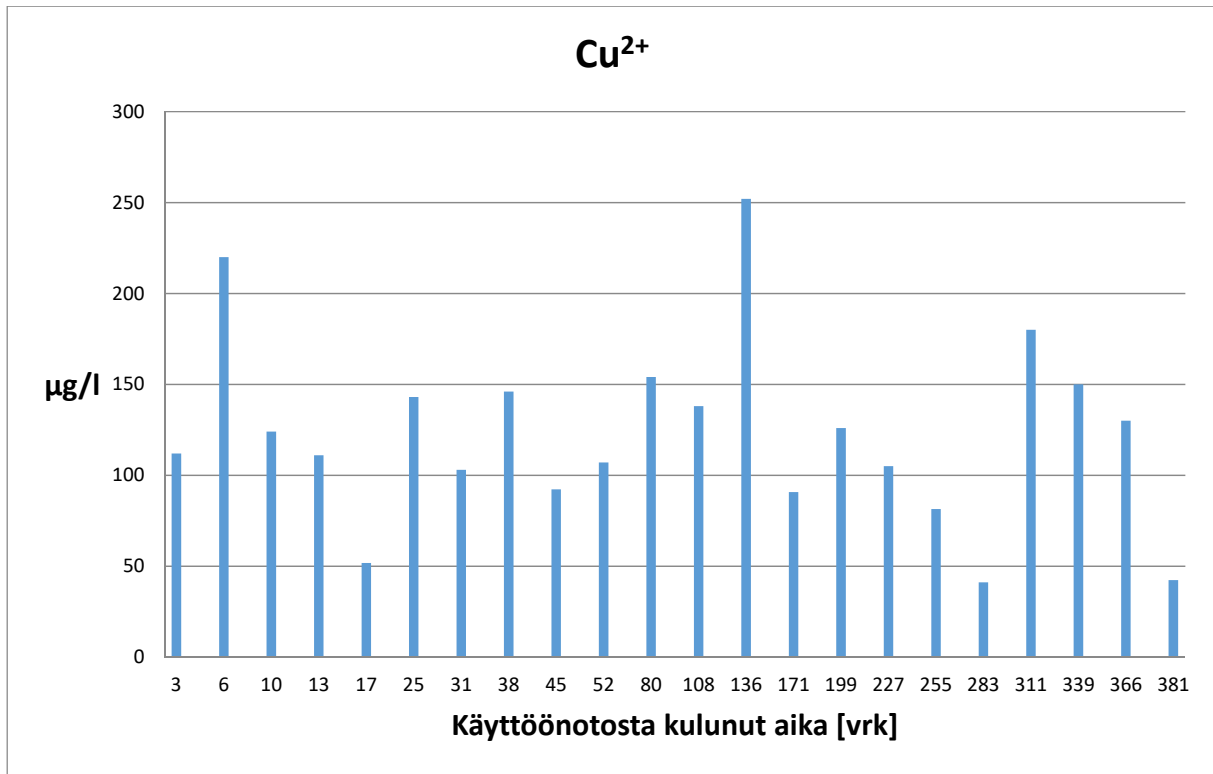
Vesinäytteitä otettiin eri puolilta kiinteistöä. Vesinäytteet otettiin maanantaisin noin klo 7, jolloin vesi oli pääosin seissyt putkistossa viikonlopun ajan. Vesinäytteet otettiin ensimmäisestä pisarasta lähtien, ilman juoksetusta. Verrattaessa kiinteistöön sisään tulevan veden (Taulukko 4) ja kiinteistön verkostosta otetun veden analyysituloksia huomataan, että eräiden vedenlaatumuuttujien pitoisuudet nousevat selvästi kiinteistön verkostossa. Kuvissa 12, 13 ja 14 näkyy Cu^{2+} -, Zn^{2+} - ja Pb^{2+} -ionien pitoisuuksien vaihtelu ensimmäisen käyttövuoden aikana.

Taulukko 4. Tutkimuskohteen sisään tulevan veden ja suomalaisen talousveden keskimääräinen laatu joidenkin syövyttävyyttä arvioivien muuttujien suhteen sekä näitä muuttujia koskevat mahdolliset laatuvaatimukset tai -suositukset lainsäädännössä.

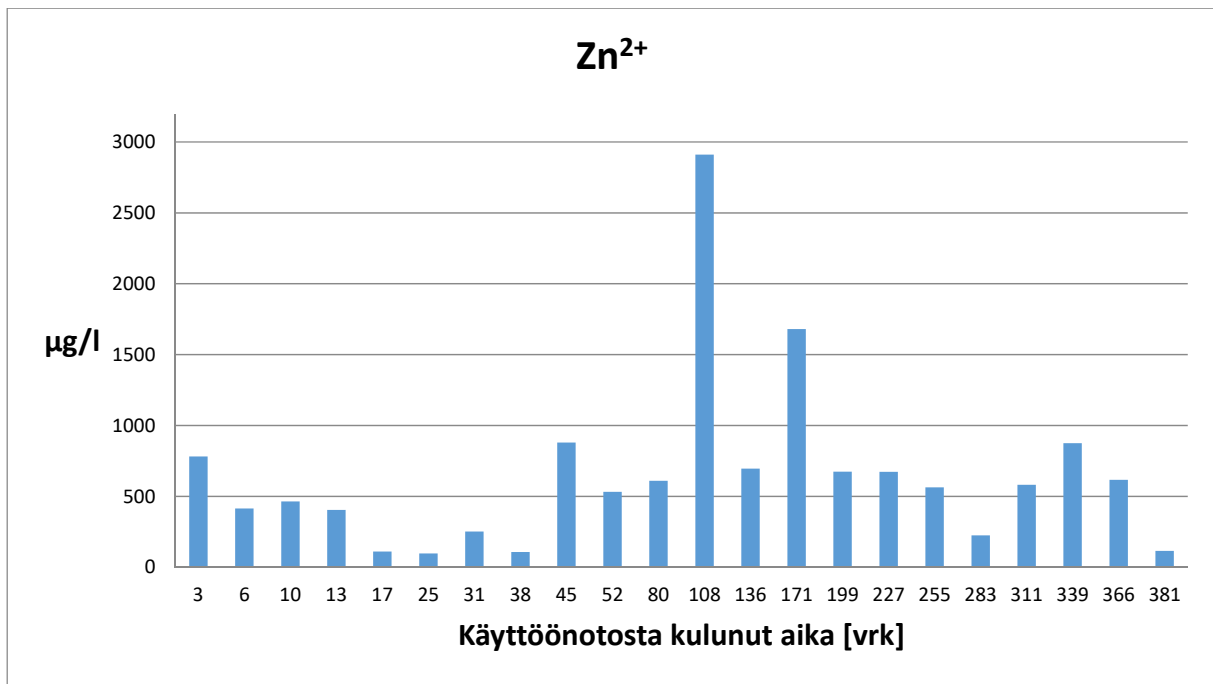
	Minimi arvo	Maksimi arvo	KA	KA suomalaisissa vesissä (Ahonen ym. 2008)	Vaatimus (V), Suositus (S)
Kloridi (mg/l)	11,0	15,1	13,6	8,0	< 25 (S)*
Sulfaatti (mg/l)	86,8	130,0	106,4	32,0	< 150 (S)*
pH	7,76	8,69	8,25	7,8	> 7,5 (S)#
Sähkönjohtokyky (µS/cm)	319,1	411,7	366,3	150,0	< 2500 (S)*
Kovuus (mmol/l)	1,1	1,6	1,3	0,6	-
Alkaliteetti (mmol/l)	0,36	0,64	0,49	0,7	> 0,6 (S)#
Kupari (µg/l)	2,6	17,4	9,2	30,0	< 2,0 mg/l (V)*
Sinkki (µg/l)	5,7	67,1	23,8	2–8	-
Lyijy (µg/l)	0,3	4,8	0,89	1,0	< 10 (V)*

* Talusvesiasetus, Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.

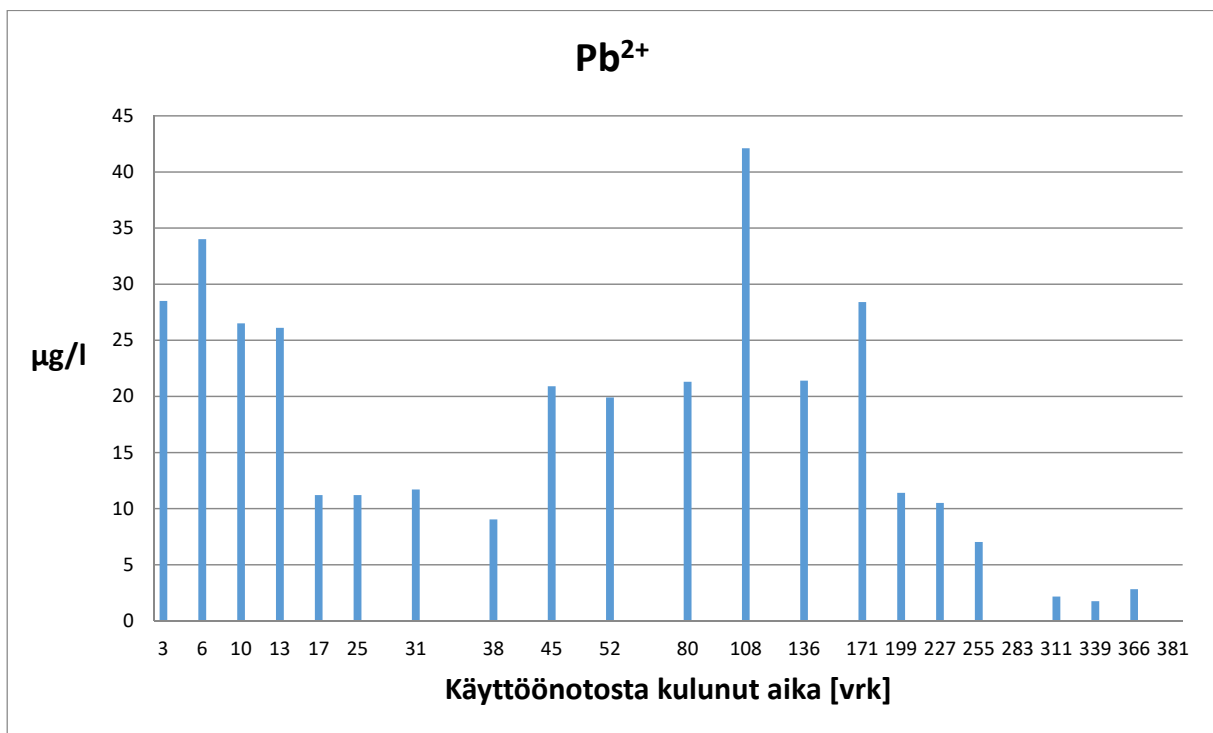
Talusvesiasetuksen soveltamisohje. Valvira 2016.



Kuva 12. Cu²⁺-ionin konsentraatio kylmän veden näytteessä, joka otettu kiinteistön 1. kerroksen hanasta.



Kuva 13. Zn²⁺-ionin konsentraatio kylmän veden näytteessä, joka otettu kiinteistön 1. kerroksen hanasta.



Kuva 14. Pb²⁺-ionin konsentraatio kylmän veden näytteessä, joka otettu kiinteistön 1. kerroksen hanasta.

Tarkasteltujen metalli-ionien pitoisuudet nousevat selvästi sisään tulevaan veteen verrattuna ja käyttäytyvät muutenkin sinkinkatoon viittaavalla tavalla; pitoisuuden laskevat ensimmäisten viikkojen aikana suhteellisen tasaisesti, mutta lähtevät jälleen nousuun n. 40–50 vuorokauden jälkeen. Kuparin pitoisuus pysyy selkeästi alle talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen koko tarkkailujaksolla. Lyijypitoisuus taas ylittää laatuvaatimuksen vielä jopa noin yhdeksän kuukautta (227 vrk) käyttöönoton jälkeen. Lyijypitoisuus laskee vaaditulle tasolle noin vuoden käytön jälkeen. Huomioitavaa on kuitenkin se, että näytteenottotavan vuoksi tulokset tässä tutkimuksessa edustavat pahinta mahdollista tilannetta, jolloin vesi on seissyt putkistossa viikonlopun. Raja-arvo koskee kuluttajan viikoittaista saamaa keskiarvoa. Sinkille ei ole asetettu kansallisessa lainsäädännössä laatuvaatimusta tai -suositusta. Selkeä pitoisuuspiikki havaitaan kaikissa pitoisuuksissa noin 100 vuorokauden kohdalla. Inkinen ym. (2013) toteavat artikkelissaan, että tällainen eräiden metalli-ionien käyttäytyminen on hyvin tyypillistä juuri sinkinkadon yhteydessä.

Latva ym. (2017) ovat laskeneet kiinteistön sisään tulevalle vedelle korroosio-indeksin Larsonin (1958b) mukaan. Larsonin indeksi on osoittautunut erityisen käyttökelpoiseksi läpivirtausveden syövyttävyyden arviointiin. Larsonin indeksi (Larson Ratio) lasketaan seuraavalla kaavalla, jossa pitoisuudet on ilmoitettu milliekvivalentteina litraa kohti:

$$(1) \quad LR = ([Cl^-] + [SO_4^{2-}]) / [HCO_3^-]$$

Tutkimuskohteen sisään tulevan veden Larsonin indeksin keskiarvoksi saatiin 5,3. Yleisesti veden voidaan ennustaa aiheuttavan korroosioriskiä, jos Larsonin indeksin arvo on yli 0,5. Tälläkin laskutavalla raumalaisen talousveden voidaan todeta todennäköisesti olevan vesijärjestelmien metalliosille syövyttävää.

Talousveden teknisen laadun parantaminen vedenkäsittelyn avulla on haastavaa. Rauman talousvesi valmistetaan pintavedestä ja prosessissa käytetään puhdistuskemikaaleina muun muassa sulfaattipitoisia kemikaaleja. Talousvesiasetuksen soveltamisoppaan syövyttävyyden

arviointiin kehitetyn laskukaavan (Taulukko 1) mukaan syövyttävyyteen vaikuttavat alkaliteetti, sulfaatti ja kloridi. Sulfaattipitoiset kemikaalit voidaan korvata, mutta useimmiten korvaavat kemikaalit ovat vastaavia klorideja, jolloin vaihdon hyöty ei todennäköisesti ole paras mahdollinen. Alkaliteetin nostaminen on järkevä ja mahdollinen toimenpide, erityisesti koska se onkin Raumalla suhteellisen alhainen (Taulukko 4).

Vedenkäsittelyn sijasta tai sen lisäksi korroosiota voidaan estää käyttämällä vesijohtoverkostoissa kestävämpiä materiaaleja.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sinkinkadon kestäättömästä messingistä valmistetut vesijärjestelmän osat voivat aiheuttaa vesivahingon kiinteistössä. Vedenlaatu vaikuttaa olennaisesti messingin sinkinkatoon, mutta messingin laatu vaikuttaa sinkinkadon nopeuteen. Vesivahinko voi aiheuttaa kiinteistöön ei-toivottuja kosteus- ja mikrobivaurioita, jotka voivat edelleen altistaa kiinteistön asukkaita ja aiheuttaa terveyshaittoja.

Messinkilaatua ei arvioida silmämääräisesti. Messinkiosia, jotka on valmistettu sinkinkadon kestävästä messingistä, on merkitty kirjaimilla CR tai DZR. Kuitenkaan pienemmissä liittimissä ja osissa tätä merkintää ei välttämättä ole. LVI-tuotteilla on LVI-numerot, joiden perusteella voidaan yksilöidä tuote ja valmistaja. Pienillä tuotteilla, kuten messinkiliittimillä, on yhden LVI-numeron takana eri valmistajien tuotteita. Käytännössä sinkinkadon kestävä messingin asentamisen varmistaminen työmaalla varsinkin pienien liittimien osalta on haastavaa, sillä tarkistusta ei voi luotettavasti perustaa CR-merkintään tai LVI-numeroon.

Koska asennettaessa tuotteen laatua ei voi varmistaa, tulee hankintaketjun toimivuus varmistaa. Hankintaketjussa LVI-tukkujen sekä isojen urakoitsijoiden oman hankintakanavan toimivuus on ensisijaista. Toimijoiden tulee myös ymmärtää eri tuotehyväksyntöjen merkitys. Tuote voi olla esimerkiksi muualla Euroopassa hyväksytty juomavesikäyttöön, ja olla silti valmistettu sinkinkadon kestäättömästä messingistä. Lisäksi tulee huomioida, että sinkinkadon kestäävyyden vaatimusta ei ole kaikissa Euroopan maissa. Sinkinkadon kestäättömästä

messingistä valmistetut tuotteet ovat sallittuja monissa maissa sekä Suomessakin muuhun käyttöön kuin kiinteistöjen vesilaitteistoihin. Suomessa kansallisen lainsäädännön mukaan kiinteistön vesijärjestelmissä tulee riittävän kestävyuden varmistamiseksi käyttää sinkinkadon kestävästä messinkistä.

Kiinteistön vesijärjestelmien laadusta on vastuussa rakennushankkeeseen ryhtyvä. Julkisten kiinteistöjen rakentamisessa on noudatettava hankintalakia. Tuotteiden määrittelyyn voi käyttää standardeja tai teknisiä hyväksyntöjä, mutta jotta kilpailua ei rajoiteta, on tarjouspyyntöön lisättävä ”tai vastaava”. Tällöin tulee vaatia ja varmistaa, että tuotteen vastaavuus tarkoittaa myös sinkinkadon kestävästä messingin käyttöä tuotteessa.

Messinkiosien vaurioiden estämiseksi on sosiaali- ja terveysministeriön johdolla laadittu ohjeet kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienhallintaan. Ohjeissa kehoitetaan tarkistamaan näkyvissä olevat putkistot, venttiilit ja liittimet silmämääräisesti. Kiinteistönomistajan tulee itse tehdä tai velvoittaa huoltoyritys tekemään tarkistus vuosittain. Messinkiosien sinkinkadon voi tunnistaa marenkimaisesta valkoisesta saostumasta osan ulkopinnalla tai punertavasta väristä liittimen pinnalla, usein saostuman ympärillä (sinkin liuetessa jäljelle jää kuparin punertava väri). (Pelto-Huikko & Kaunisto 2015, 40)

Mikäli messinkiosien pinnalla näkyy sinkinkadon merkkejä, on otettava yhteyttä LVI-liikkeeseen tai -asentajaan vaurioituneen osan vaihtamiseksi. Vaihtamisesta aiheutuvaan kustannusvastuuseen vaikuttavat monet asiat, esimerkiksi messinkiosien ikä. Vesijärjestelmien osien normaalina käyttöikäinä pidetään vähintään 20 vuotta. Mitä aiemmin vaurio ilmenee ja havaitaan, sitä todennäköisemmin kustannusvastuu on asentajalla tai osan valmistajalla, erityisesti silloin, jos materiaali ei ole vaatimusten mukaista. Kustannusvastuuta ajatellen rakennus- tai saneeraushankkeeseen ryhtyvän on erityisen tärkeää vaatia hyväksytyjä osia ja dokumentoida asettamansa vaatimukset. Ilman dokumentteja (ja joskus niiden kanssa) asennetun messinkiosien materiaalin sinkinkadonkestävyyden voi varmentaa vain laboratorioanalyysin.

Veden laatu vaikuttaa olennaisesti sinkinkadonkestävyyteen. Kansallisen lainsäädännön mukaan veden laatu ei saa olla syövyttävää, mutta tähän ei ole määritelty tarkempia parametreja. Aggressiivinen vedenlaatu ja erityisesti sen seisominen putkistossa ja/tai vesikalusteissa näyttää edistävän verkoston metalliosien korroosiota ja metallien liukenemista talousveteen. Tutkimuskohteen sisään tuleva vesi todettiin melko aggressiiviseksi metallimateriaaleille ja kohteessa havaittiin sinkinkatoon viittaavaa metallien liukenemista ja pitoisuuksien käyttäytymistä ajan funktiona. Vedenlaatu kuitenkin täytti kaikki Talousvesiasetuksen laatuvaatimukset ja -suositukset. Viime aikaisissa keskusteluissa on noussut esille vesilaitoksen vastuu veden teknisestä laadusta, mikä onkin hankala kysymys ilman selkeitä ohjearvoja veden tekniselle laadulle.

Veden syövyttävyyteen voidaan vaikuttaa veden käsittelyllä, mutta talousveden teknisen laadun parantaminen vedenkäsittelyn avulla on haastavaa. Usein vaihtoehtoisetkin käsittelykemikaalit voivat aiheuttaa veden syövyttävyyden lisääntymistä. Veden käsittely talousvesilaitoksella tehdään tällä hetkellä vedenlaadun terveydellisestä näkökulmasta ja lainsäädännön laatuvaatimukset ja -suositukset keskittyvät veden terveellisyyden varmistamiseen. Näyttää siltä, että myös veden tekniseen laatuun olisi syytä kiinnittää huomiota ainakin alueilla, joissa raakavesi on luonnostaan mahdollisesti aggressiivista verkostomateriaaleille. Veden teknisen laadun kehittäminen vaatii lisää tutkimuksia muun muassa eri syövyttävyysindeksien käyttökelpoisuudesta Suomen olosuhteissa. Vedenkäsittelyn sijasta tai sen lisäksi korroosiota voidaan estää käyttämällä vesijohtoverkostoissa kestävämpiä materiaaleja.

Messinkiosat ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa veden kanssa ja aiempien tutkimustulostenkin perusteella vedenlaadun vaikutus syöpymiseen on osoitettu selvästi. Työn osana tehdyissä analyyseissa havaittiin vedestä peräisin olevia aineita syöpymissä, mikä osaltaan osoittaa veden ja materiaalin välisiä vuorovaikutuksia. Käyttöolosuhteilla on myös oma vaikutuksensa syöpymisen nopeuteen. Koekohteessa kolmannessa kerroksessa vähäisen vedenkäytön linjassa olleessa liittimessä ei ollut silmin havaittavia sinkinkadon merkkejä eikä laboratorioanalyyseissa havaittu sinkinkatota. Liittimen materiaali on samaa sinkinkadon kestäväntä messinkiä ja vedenlaatu on syövyttävä. Ilmeisesti veden vähäinen vaihtuvuus on hidastanut syöpymien syntymistä.

Jatkossa olisi kiinnostava tutkia, esiintyykö sinkinkadon kestävästä messingistä valmistetuilla liittimillä sinkinkatoa syövyttävässä vedessä. Nyt Talousvesiasetuksen soveltamisohjeessa (Valvira 2016) on annettu syövyttävyysindeksille suositusarvo vähintään 1,5. Olisi tärkeää selvittää, miten laajasti suomalainen vedenlaatu tällä hetkellä täyttää tämän suosituksen. Toisaalta pitäisi myös selvittää, onko tämä suositeltu raja-arvo sopiva suomalaisella vedenlaadulla.

6 LÄHTEET

Ahonen M, Heinonen J, Inkinen J, Kleemola H, Kukka M., Mäkinen R. 2013. Loppuraportti. Kiinteistöjen hygieniakonsepti HYGTECH. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. Satakunnan ammattikorkeakoulu. www.theseus.fi/handle/10024/70248

Ahonen MH, Kaunisto T, Mäkinen R, Hatakka T, Vesterbacka P, Zacheus O, Keinänen-Toivola MM. 2008. Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999–2007. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, Turku, 147 s.

ASM International 2005. ASM Handbook, Volume 13B Corrosion: Materials. Corrosion of Copper and Copper Alloys. 125–163.

CEN/TS 13388. 2015. Kupari ja kupariseokset. Yhteenvedo kemiallisista koostumuksista ja tuotemuodoista

Duodecim. 2014. Duodecim-Oppiportin Kosteus- ja homevauriot –verkkokurssi. Kustannus Oy Duodecim, 2014. <http://www.oppiportti.fi/op/dvk00010>

Duodecim 2016. Käypä hoito -suositus. Kosteus- ja homevaurioista oireileva potilas. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/etusivu>

Euroopan unionin neuvosto. 1998. Neuvoston direktiivi 98/83/EY ihmisten käyttöön tarkoitettun veden laadusta. (Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.)

Haapaniemi, M. 2014. Kiinteistöjen vuotovahingot 2000-luvulla Tampereen teknillinen yliopisto, Diplomityö. 121 sivua. <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/22407>

Heikkilä L. 2012. Tuoteosalaskennan kehittäminen tietomallin näkökulmasta. Insinööriyö. Metropolia AMK. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42531/Heikkila_Laura.pdf?sequence=1

Inkinen J, Kaunisto T, Pursiainen A, Miettinen IT, Kusnetsov J, Riihinen K, Keinänen-Toivola MM. 2014. Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study, Water Research 49, 83-91.

Kaunisto T. 2010. Messinkikomponenttien vauriomekanismit. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. 8 s. http://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Messinkivauriot_raportti1_FI.pdf

Kaunisto T. 2013. Kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienhallinta. Vesi-Instituutin raportteja 5. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. 41 s. http://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Kiinteist%C3%B6jen-vesij%C3%A4rjestelmien-riskienhallinta_Kaunisto.pdf

Kekki TK, Kaunisto T, Keinänen-Toivola MM, Luntamo M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Karhukopio, Turku. 186 s. <http://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Vesijohtomateriaalien-vauriot-ja-k%C3%A4ytt%C3%B6ik%C3%A4-Suomessa.pdf>

Kunnossapitoyhdistys ry. 2006. Korroosiokäsikirja. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 12. Kolmas painos. Hamina. 930 s. (Aiemmin: Korroosiokäsikirja. Toim. P.J. Tunturi. Suomen Korroosio-yhdistys SKY - Finlands Korrosionsförening ry, Hanko, 1988. Suomen Korroosioyhdistyksen julkaisuja n:o 6. 966 s.)

Langelier WF. 1936. The Analytical Control of Anticorrosion Water Treatment. Journal of American Water Works Association. 28, 1500.

Larson TE, Skold RV. 1958a. Laboratory Studies Relating Mineral Quality of Water to Corrosion of Steel and Cast Iron. Illinois State Water Survey, Champaign, Illinois. pp. 43-46. Report no: ill. ISWS C-71.

Larson TE, Skold RV. 1958b. Laboratory studies relating mineral quality of water to corrosion of steel and cast iron. Corrosion 14(8), 285-288. <http://dx.doi.org/10.5006/0010-9312-14.6.43>.

Latva M, Kaunisto T, Peltö-Huikko A. 2017. Durability of the non-dezincification resistant CuZn40Pb2 brass in Scandinavian waters. Engineering Failure Analysis 74, 133–141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2017.01.011>

Lee CK, Shih HC. 1995. Determination of the critical potentials for pitting, protection and stress corrosion cracking of 67-33 brass in fluoride solutions. Journal of Electrochemical Society 142(3), 731–737.

Majvik II –työryhmä (toim. Nordman H, Uitti J). Majvik II -suositus ja sitä täydentävät artikkelit. Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden terveyshaitat. Suomen lääkärilehden eripainos 2-3.5.2006 Majvikin kokous- ja kongressihotellissa pidetyn seminaarin tuloksista. Suomen lääkärilehden eripainos, 2008, 70 s.

Metalliteollisuuden Keskusliitto. 2001. Raaka-ainekäsikirja 3. Kuparimetallit. 2. uudistettu painos. Tampere. 186 s.

Palo T. 2016. Messinkivauriot talousvesiputkistoissa. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 36 s. + liitteet. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016052610032>

Pelto-Huikko A. 2015. Käyttövesijärjestelmien tutkimus Sisäympäristö-ohjelmassa: laatu, turvallisuus sekä veden- ja energiansäästö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Sarja B, Raportit 8/2015, Satakunnan ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015052911327>

Pelto-Huikko A, Kaunisto T. 2015. Kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienhallinta. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Sarja B, Raportit 9/2015, Satakunnan ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-633-181-5>.

Pellikka T, Peilimö P, Puntari P, Vaitomaa M. 2011. Omaisuuden vakuuttaminen, 3. uudistettu painos. Finanssi- ja vakuutuskustannus Oy FINVA. 481 s.

Putus T. 2014. Home ja terveys. Kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesienten esiintyminen sekä terveyshaitat. Uudistettu painos. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy. ISBN: 978-952-9637-53-9. 144 s.

SFS 3005. 2000. Veden alkaliteetin ja asiditeetin määrittäminen. Potentiometrinen titraus

SFS-EN 15664-1. 2014. Influence of metallic materials on water intended for human consumption. Dynamic rig test for assessment of metal release. Part 1: Design and operation

SFS-EN ISO 15587-2. 2002. Water quality. Digestion for the determination of selected elements in water. Part 2: Nitric acid digestion

SFS-EN ISO 17294-2. 2016. Water quality. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2001. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 401/2001.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, 1352/2015.

Suomen kuntaliitto. 1993. Vesijohtoveden laatu ja korrosio. Suomen kuntaliitto & Vesi- ja Viemärlaitosyhdistys. Helsinki. 33 s.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta. Helsinki 2007.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2016. Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista, 1397/2016.

UBA (Umwelt Bundesamt). 2017. Approval and Harmonization – 4MS Initiative. <http://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/drinking-water/distributing-drinking-water/approval-harmonization-4ms-initiative>

4MS Common Approach. 2016. Acceptance of metallic materials used for products in contact with drinking water. Procedure for the acceptance of metallic materials for PDW. 6th Revision 27.05.2016.

http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/6th_revision_4ms_scheme_for_metallic_materials_part_b.pdf

VTT. 2016. Raportti VTT-S-01494-16. VTT Expert Service Oy:n luottamuksellinen tutkimusraportti.

Valtioneuvosto 2015. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 214/2015.

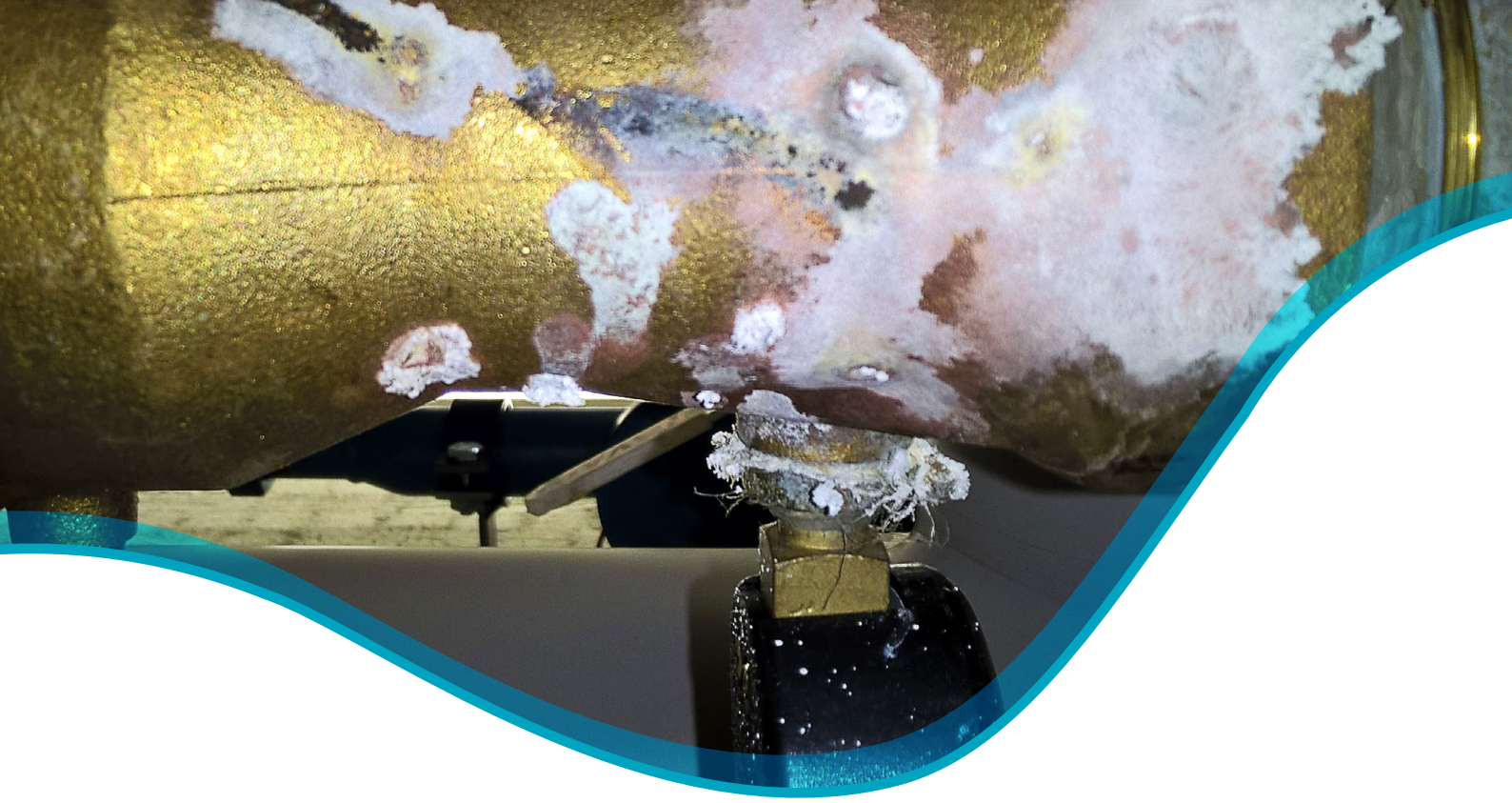
Valvira. 2016. Talusvesiasetuksen soveltamisohje. Osa III. Enimmäisarvojen perusteet.

Vepsä J. 2010. Rauman teknologiatalon talousveden tutkimusverkoston suunnitteluvaiheen seuranta ja analysointi. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. 46 s. + liitteet

Ympäristöministeriö 2008. Ympäristöministeriön asetus messinkisten ja kuparisten putkiyhteiden tyyppihyväksynnästä.

Ympäristöministeriö 2015. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015.

Ympäristöopas 2016. Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toimittanut Miia Pitkäranta. 235 sivua. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>



Työssä tarkasteltiin kiinteistön vesijärjestelmien messinkiosia – liittimiä ja venttiilejä – mahdollisina vesivahinkojen aiheuttajina. Vesijärjestelmän vaurion aiheuttama vesivahinko voi tuottaa kosteus- ja mikrobivaurioita, jotka taas voivat aiheuttaa terveyshaittoja kiinteistön asukkaille. Työssä kuvataan näytteenotto, analyysit ja tulokset tutkimuksesta, joka toteutettiin raumalaisessa kiinteistössä, jossa oli havaittu messinkiosien vaurioita jo kahden käyttövuoden jälkeen.

Messingin vauriotyypeistä on tarkasteltu kahta yleisintä: jännityskorroosiota ja sinkinkatoa. Lisäksi on tarkasteltu vedenlaadun merkitystä messinki- ja muidenkin metalliosien vaurioissa. Myös vesijärjestelmien osien rakentamisen aikaista hankintaprosessia on tarkasteltu kriittisesti yhtenä mahdollisena syynä huonolaatuisiin messinkiosiin.

ISBN 978-951-633-237-9