

TUTKIMUSKESKUS WANDERIN JULKAISUJA 1

---

## **Messinkituotteiden sinkinkadonkestävyys erilaisissa vesissä**

---

TUIJA KAUNISTO, AINO PELTO-HUIKKO, NOORA SALONEN,  
RIIKA MÄKINEN ja MARTTI LATVA

# Messinkituotteiden sinkinkadonkestävyys erilaisissa vesissä

Tuija Kaunisto, Aino Peltö-Huikko, Noora Salonen,  
Riika Mäkinen ja Martti Latva

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Pori

2021

Tutkimuskeskus WANDERin julkaisuja 1

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Satakunnan ammattikorkeakoulu Sarja B, Raportit 19/2021

ISSN 2323-8356 | ISBN 978-951-633-348-2 (verkkojulkaisu)

Copyright Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät

Julkaisija:

Satakunnan ammattikorkeakoulu

PL 1001, 28101 Pori

[www.samk.fi](http://www.samk.fi)

Kannen suunnittelu: Heidi Valtonen, VidaDesign

Satakunnan ammattikorkeakoulun julkaisut ilmaiseksi ladattavissa: [theseus.fi](http://theseus.fi).

## Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	4
2	Vesilaitteistojen messinkituotteita koskevat säädökset .....	5
2.1	Säädökset ennen vuotta 2018 .....	5
2.2	Nykytilanne .....	6
3	Messingin sinkinkato .....	9
3.1	Messinkiseokset.....	9
3.2	Sinkinkato .....	10
3.3	Messingin koostumuksen ja mikrorakenteen vaikutukset sinkinkadon todennäköisyyteen .....	11
3.4	Veden laadun vaikutus.....	12
4	Suoritettut tutkimukset .....	13
4.1	Tavoitteet.....	13
4.2	Tutkitut näytteet ja suoritettut tutkimukset.....	13
4.3	Tutkimusten tulokset.....	15
5	Tulosten tarkastelu .....	21
5.1	Koostumus .....	21
5.2	Mikrorakenne .....	22
5.3	Veden laatu.....	22
5.4	Käyttöaika .....	23
6	Johtopäätökset .....	25
7	Yhteenveto.....	26
	Kirjallisuusviitteet.....	28

## 1 Johdanto

Rakennusten vesilaitteistojen materiaalien tulee olla kestäviä ja turvallisia eikä niistä saa tulla veteen terveydelle haitallisia aineita. Vesilaitteistoissa tulee käyttää tuotteita, jotka täyttävät ympäristöministeriön asetuksissa annetut vaatimukset. Kelpoisuus voidaan osoittaa tyyppihyväksynnällä tai vastaavalla kelpoisuuden arviointimenettelyllä. Kelpoisuus talousveden johtamiseen edellyttää, että messinkituotteista ei liukene veteen haitallisia määriä raskasmetalleja (lyijy, kadmium). Kestävyys varmistamiseksi vesilaitteistojen messinkiosien tulee olla sinkinkadonkestäviä. Messinkisten venttiilien, putkiyhteiden, liittimien ja vesikalusteiden sinkinkadonkestävyys on testattava, jos messinkiseoksen sinkkipitoisuus on yli 15 %.

Messingin sinkinkadon todennäköisyyteen vaikuttaa merkittävästi veden laatu. Suomessa ja osin muissa Pohjoismaissa vesi on luonnostaan pehmeää ja sen alkaliteetti on matala, jolloin vesi on metallisten materiaalien kannalta syövyttävää. Tämä voi aiheuttaa metallien liukenemistä veteen, jolloin juomaveden terveellisyys heikkenee. Syövyttävä vesi voi aiheuttaa ongelmia myös tuotteen kestävydessä, esimerkiksi messingin sinkinkadon vaikutuksesta. Markkinoilla on tuotteita, jotka eivät sovellu suomalaiseen talousveteen, ja joita saatetaan hankkia ymmärtämättä niiden aiheuttamia terveys- ja kestävyysriskejä.

Suomessa kuten muissakin Pohjoismaissa sinkinkadonkestävyysvaatimus on vesijärjestelmässä käytettäville messinkiosille ollut jo kauan olemassa. Aiemmin vesikalusteissa sallittiin vähäinen määrä sinkinkatota, mutta vuoden 2018 jälkeen voimaan tulleissa rakennustuotteiden olennaisia teknisiä vaatimuksia koskevista asetuksista messinkituotteiden sinkinkatota koskevat vaatimukset on yhtenäistetty. Lainsäädännön uudistamisen myötä sinkinkadon kestävyysvaatimus koskee vuoden 2020 alusta myös messinkisiä vesikalusteita eli hanoja.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla ennen lainsäädännön muuttumista eli ennen vuotta 2018 asennetuissa vesikalusteissa sinkinkadonkestävän ja tavallisen messingin kestävyyseroa metallisia materiaaleja syövyttäväksi luokitellun vedenlaadun alueella. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa hanojen sinkinkadosta tietoa kansallisten päätösten tueksi. Tutkimuksen tilaajana on ympäristöministeriö ja toteuttaja Satakunnan ammattikorkeakoulun Tutkimuskeskus WANDER. Hankkeen ohjausryhmässä olivat Tomi Marjamäki (puheenjohtaja 04–12/2021), Kaisa Kauko (puheenjohtaja 09/2020–03/2021) ja Kirsi White ympäristöministeriöstä, Juhani Hyvärinen Talotekninen teollisuus ja kauppa ry:stä, Paula Porkola Tukesista sekä Ville Matveinen, Verner Nurmi ja Tatu Toivonen Eurofins Expert Services Oy:stä.

## 2 Vesilaitteistojen messinkituotteita koskevat säädökset

### 2.1 Säädökset ennen vuotta 2018

Messinkituotteiden sinkinkatoa on esiintynyt Suomessa ja muissa Pohjoismaissa jo 1960-luvulta. Syyksi esitettiin tuolloin toisaalta paljon sinkkiä sisältävien messinkien käytön yleistymisen ja toisaalta pohjoismaisten vesien laatu. Pohjavedet sisältävät vähän kalkkia mutta paljon vapaata hiilidioksidia, ja niiden alkaliteetti on matala. Sinkinkato oli 1970-luvulla yleisintä vesilaitteistojen venttileissä ja putkiyhteissä. Syöpyminen oli nopeinta lämminvesiverkostoissa ja venttiilien lisäksi termostaateissa. Vesilaitteistojen messinkiosilta onkin Suomessa ja muissa Pohjoismaissa edellytetty jo vuosikymmeniä, että ne tehdään veden koskettamilta osiltaan sinkinkadonkestäviksi. (Tunturi & Hinttala 1978)

Rakentamisen säädöksiä on ollut Suomessa jo 1970-luvun alkupuolelta, jolloin laadittiin rakentamismääräyskokoelma ja kehitettiin pohjoismaisen mallin mukainen tyyppi hyväksyntämenettely ja tuotekohtaiset tyyppi hyväksyntäohjeet. Vuonna 1978 voimaan tulleiden sisäasiainministeriön antamien vesi- ja viemärlaitteistoja koskevien rakentamismääräysten ja vesilaitteiston kestävyttä koskevien ohjeiden mukaan vesilaitteiston vaihdettavissa oleva osa oli tehtävä sellaisesta materiaalista ja sellaisin liitoksin, että saavutetaan riittävä kestävyys ja toimintavarmuus sopivan uusimisvälin puitteissa. Ei-vaihdettavissa oleva osa tuli tehdä sellaisesta materiaalista ja sellaisin liitoksin, että laitteiston voitiin olettaa kestävän rakennuksen käyttöön nähden kohtuulliseksi katsottavan ajan. Ohjeen mukaan hyväksyttävän syöpymiskestävyuden saavuttamiseksi vaadittiin, että venttiilit, putkiyhteet, pumput tms. tehtiin materiaalista, joka on kestävä sinkinkatoa vastaan. Vesijohtokalusteille hyväksyttiin myös materiaali, jossa tapahtuu vähäisessä määrin sinkinkatoa. Kestävyys sinkinkatoa vastaan tuli osoittaa tyyppi hyväksynnällä tai muulla luotettavalla tavalla. Sisäasiainministeriössä laadittiin täsmälliset ohjeet soveltamisesta, vaatimuksista ja laadunvalvonnasta. Tyyppi hyväksynnän edellytyksenä oli laadunvalvontasopimus hakijan eli messinkituotevalmistajan ja ministeriön hyväksymän koestuslaitoksen kanssa. Koestuslaitoksena toimi tuolloin VTT:n metallurgian laboratorio, ja laadunvalvonta kohdistui siis tietyn valmistajan valmistusmenetelmään. (Tunturi & Hinttala 1978)

Messingin sinkinkadonkestävyyttä on edellytetty pitkään myös Ruotsissa, mutta Ruotsissa tyyppi hyväksyttiin materiaali, kun taas Suomessa tyyppi hyväksyntään kuului myös valmistusmenettely (Tunturi & Hinttala 1978). Lopputuotteen ominaisuudet riippuvat seoskoostumuksen lisäksi valmistustavasta ja käytetyistä lämpökäsittelyistä, joten sinkinkadonkestävästä messinkiseoksesta on mahdollista valmistaa sinkinkatoa kestävämpää lopputuote. Tästä huolimatta Ruotsissa hyväksyntä annetaan edelleen messinkiseokselle, mutta testauksia tehdään kuitenkin käytännössä usein myös lopputuotteille.

Alkuvaiheessa kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteiston tuotteita koskevat säädökset ja tyyppi hyväksynät antoi sisäasiainministeriö, mutta sittemmin kiinteistöjä koskevat rakentamismääräykset on antanut ympäristöministeriö. Vuodesta 2008 tyyppi hyväksyntätoiminnasta on ympäristöministeriön päätöksellä vastannut Eurofins Expert Services Oy (ent. VTT Expert Services Oy). Tyyppi hyväksyntä myönnetään viideksi vuodeksi ja siihen liittyy aina kolmannen osapuolen laadunvalvonta.

Sinkinkadonkestävyys osoitettiin standardin SFS-EN ISO 6509 mukaisella testillä, jossa koekappaleessa mahdollisesti esiintyvän sinkinkadon syvyyden keskiarvo sai olla enintään 200 µm ja maksimiarvo enintään 400 µm.

## 2.2 Nykytilanne

Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista säädettiin vuosina 2007–2017 rakentamismääräyskokoelman osassa D1, joka sisälsi määräysten lisäksi paljon ohjeistusta (Ympäristöministeriö 2007). Nykyiset vesi- ja viemärlaitteistoja koskevat säädökset poikkeavat aiemmista siten, että asetuksissa annetaan vain sitovat määräykset, eikä siis enää ohjeita. Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (1047/2017) todetaan lyhyesti, että vesilaitteistossa käytettävien tuotteiden on oltava talousveden johtamiseen soveltuvia (Ympäristöministeriö 2017). Tuotteita koskevat olennaiset tekniset vaatimukset annetaan omissa asetuksissaan (taulukko 1). Asetukset ovat pohjana tuotteiden kelpoisuuden arvioinnille oli sitten kyse tyyppihyväksynnästä tai muista tuotehyväksyntämenettelyistä.

Laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (*tuotehyväksyntälaki*, 954/2012) säädetään menettelyistä sen toteamiseksi, täyttääkö rakennustuote maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) tai sen nojalla säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset (*kelpoisuus*). Lakia sovelletaan sellaiseen rakennustuotteeseen, joka ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan ja jonka valmistaja ei ole hankkinut tuotteelleen eurooppalaista teknistä arviointia rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) N:o 305/2011 (*rakennustuoteasetus*) mukaisesti. Tuotehyväksyntälaki sisältää vapaaehtoiset kansalliset menettelyt rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamiseen silloin, kun tuotetta ei CE-merkitä rakennustuoteasetuksen mukaisesti. Vesikalusteille ei ole annettu harmonisoitua eurooppalaista tuotestandardia. Tuotehyväksyntälakiin perustuen vesikalustusteiden kansallisena hyväksyntämenettelynä on tyyppihyväksyntä. Tyyppihyväksyntä on valmistajalle vapaaehtoinen tapa osoittaa, että rakennustuote ominaisuuksiensa puolesta täyttää sille säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset valmistajan ilmoittamassa käyttötarkoituksessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on selvitettävä rakennuspaikkakohtaisesti, että rakennustuote täyttää sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset, jos tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu.

Olennaisten teknisten vaatimusten asetukset ja tyyppihyväksyntäasetukset (taulukko 1) kattavat hyvin Suomessa käytetyt putket, liittimet, vesikalusteet ja venttiilit. Asetuksissa on tuotteen kelpoisuudesta talousveden johtamiseen oma pykälänsä, jossa säädetään vaatimusten lisäksi myös käytettävät testausmenettelyt.

Messinkiosien laadunvalvontatestauksessa varmistetaan, ettei messingistä liukene liikaa lyijyä veteen. Tyyppihyväksyntätestauksiin on jo pitkään kuulunut lopputuotteen lyhytaikainen (10 vrk) lyijyn ja kadmiumin liukenemisen testaus synteettisellä talousvedellä. Tätä nk. NKB4-testiä käytetään myös muissa Pohjoismaissa. Lyijyaltistusta pyritään vähentämään, joten nykyisissä asetuksissa vaatimukset ovat aiempaa tiukempia. Testausta ei edellytetä venttiileiltä, putkiyhteiltä tai liittimiltä, jos kupariseoksen lyijypitoisuus on enintään 0,2 %. Sen sijaan vesikalusteilta ja joustavien putkiyhteiden messinkiliittimiltä testaus vaaditaan aina.

Toisena vaihtoehtona talousvesikelpoisuuden osoittamistapana messinkituotteita koskevat asetukset antavat 26 viikon liukenemiskokeen, joka tehdään valmistusmateriaalille, ei siis lopputuotteelle. Nämä kaksi testiä mittaavat eri asioita. Ensin mainittu, Suomessa ja muissakin Pohjoismaissa pitkään käytetty testi kertoo lyijyn liukenemisesta lopputuotteesta käytön alkuvaiheessa, kun taas jälkimmäinen testi kertoo käytetyn messinkiseoksen pitkäaikaiskäyttäytymisestä.



Taulukko 1. Ympäristöministeriön asetukset vesilaitteistojen tuoteryhmille.

Tuoteryhmä	Asetus olennaisista teknisistä vaatimuksista	Tyyppihyväksyntäasetus
PEX-putket	476/2018	1/18
Joustavat kytkentäputket	475/2018	2/18
Kupariputket	455/2019	2/19
Sulkuventtiilit	477/2019	6/19
Messinkiset ja kupariset putkiyhteet	480/2019	3/19
Kupariputkien mekaaniset liittimet	481/2019	1/19
Yksisuuntaventtiilit	482/2019	8/19
Vesikalusteet	497/2019	7/19
PEX-putkien liittimet	499/2019	5/19
Monikerrosputket ja niiden liittimet	500/2019	4/19
PE-putket	1044/2020	1/20
PE-putkien liittimet	1112/2020	2/20

Messinkiosien tulee olla veden koskettamilta osiltaan sinkinkadonkestävää materiaalia. Nykyisissä asetuksissa vesilaitteistojen messinkituotteilta edellytetään sinkinkadonkestävyyden testausta, jos messingin sinkkipitoisuus on yli 15 %. Standardin SFS-EN ISO 6509 mukaisessa testissä koekappaleessa mahdollisesti esiintyvän sinkinkadon syvyyden maksimiarvo voi olla enintään 200 µm. Testauksen hyväksyntäraja on siis tiukennettu, ja sinkinkadonkestävyyden osoituksena tuotteissa on CR- tai DZR-merkintä.

Aiempien säädösten mukaan vesikalusteissa sallittiin vähäisessä määrin sinkinkatoa. Nykyisissä asetuksissa messinkiosien sinkinkatoa koskevat vaatimukset on yhdenmukaistettu, joten myös vesikalusteiden veden kanssa kosketuksissa olevien paineenalaisten messinkisten rungon osien on oltava sinkinkadonkestäviä.

Messinkisissä liittimissä voi tapahtua myös jännityskorroosiota, joka voi aiheuttaa murtumia. Vesilaitteistojen kiristettävien messinkiliittimien vaatimuksiin kuuluu sinkinkadonkestävyyden testauksen lisäksi myös jännityskorroosionkestävyyden testaus.

Messinkisissä liittimissä on viime vuosina todettu sekä jännityskorroosiota että sinkinkatoa. Myös kohonneita lyijypitoisuuksia on mitattu etenkin verkoston käyttöönottoaiheessa. On siis mahdollista, että Suomessa hankitaan ja asennetaan Suomeen soveltumattomia tuotteita todennäköisesti



edullisemmän hinnan perusteella. Tämä voi kostautua vuotovahinkoina ja veteen liukenevan lyijyn aiheuttamia terveyshaittoina. Joissakin tapauksissa messinkiosia on markkinoitu kelpoisiksi Suomeen, kun ainoastaan lyijyn liukenemiselle asetetut kriteerit täyttyvät, vaikka Suomessa edellytetään myös sinkinkadonkestävyyttä.

### 3 Messingin sinkinkato

#### 3.1 Messinkiseokset

Messingit ovat kuparin (Cu) ja sinkin (Zn) seoksia, ja monet messingit sisältävät myös jonkin verran lyijyä (Pb) ja pieniä määriä muista seosaineita. Vesikalusteissa käytetään yleisesti yli 35 % sinkkiä sisältäviä seoksia. Kuparin hyvä korroosionkestävyys ilmenee myös messingeissä, mutta korroosionkestävyys heikkenee sinkkipitoisuuden kasvaessa. Messingit ovat helposti työstettäviä sekä muovaavasti että lastuavasti. Niiden valettavuus on hyvä, ne soveltuvat hitsaukseen ja juottamiseen, ja niitä voidaan pinnoittaa metalleilla. Hyvien valmistusominaisuuksien, kohtuullisen hinnan ja kohtuullisten käyttöominaisuuksien ansiosta messinkejä käytetäänkin laajasti erilaisissa käyttökohteissa.

Eri messinkilaatujen ominaisuudet poikkeavat toisistaan, ja tiettyihin käyttötarkoituksiin onkin kehitetty jopa satoja erilaisia messinkejä. Messinkiseoksia on esitetty mm. CEN:n teknisessä spesifikaatiossa CEN/TS 13388 (2020) *Kupari ja kupariseokset. Yhteenveto kemiallisista koostumuksista ja tuotemuodoista* sekä standardeissa SFS-EN 1982 (2017) *Kupari ja kupariseokset. Valuharkot ja valukappaleet*, SFS-EN 12164 (2016) *Copper and copper alloys. Rod for free machining purposes*, SFS-EN 12165 (2016) *Copper and copper alloys. Wrought and unwrought forging stock* ja SFS-EN 12420 (2014) *Copper and copper alloys. Forgings*.

Sulan messingin ja yleisesti muidenkin metallien jähmettyessä muodostuu samanaikaisesti useissa paikoissa kiteitä. Kiinteä eli jähmeä metalli on siis rakenteeltaan kiteistä, jolloin atomit ovat säännöllisessä järjestyksessä. Kiteiden tai rakeiden, kuten niitä myös kutsutaan, kasvu pysähtyy vieressä kasvaviin muihin rakeisiin, ja ne muodostuvat pinnoiltaan epäsäännöllisiksi. Rakeet yhdistyvät muihin viereisiin rakeisiin tiiviisti nk. raerajalla. Atomit voivat pinoutua säännöllisiksi kiteiksi eri tavoin, ja kolmiulotteisesti yleisimmät hilytyypit ovat tilakeskiset ja pintakeskiset yksikkökopit. Eri metalleja voidaan seostaa toisiinsa, ja muodostuvien seosten rakenne on myös kiteistä, mutta toisiinsa liittyvät kiderakenteet eli faasit voivat olla monenlaisia ja aineiden liukoisuus toisiinsa on yleensä rajallinen. (Miekk-oja 1965)

Messinkiseos koostuu siis jähmeässä tilassa erillisistä, raerajaa myöten toisiinsa liittyvistä kiteistä. Rakenteessa voi kuitenkin olla samanaikaisesti erilaisia kiteitä eli eri faaseja. Lopulliseen faasirakenteeseen vaikuttavat eri metallien pitoisuudet seoksessa ja lämpötila. Lämpökäsittelyllä voidaan saada aikaan jähmeässä tilassa tapahtuvia faasimuutoksia ja niille toivottuja ominaisuuksia omaavia rakenteita. (Miekk-oja 1965)

Kupari-sinkkiseosten jähmettyessä sulasta voi siis muodostua monenlaisia faaseja. Eräät näistä faaseista ovat hauraita tai muuten lujuusominaisuuksiltaan tai korroosionkestävyydeltään niin heikkoja, että niitä vastaavilla seoksilla ei ole teknistä merkitystä. Teknisesti tärkeitä metalliseoksia ovat  $\alpha$ - ja  $\beta$ -messingit sekä molempia faaseja sisältävät ( $\alpha+\beta$ )-messingit, joiden kuparipitoisuus on vähintään 50 %.

Alle 37 %:n pitoisuuksilla sinkki liukenee kupariin ja muodostaa pintakeskisen kuutiollisen eli pkk-rakenteisen  $\alpha$ -faasin, joka on sitkeää ja sopii kylmämuokkaukseen, mutta jonka työstettävyys korkeissa lämpötiloissa on huono. Se on myös kallista (Stålacke 2017).  $\alpha$ -faasissa sinkki on siis täysin liuennut kuparin pintakeskiseen kuutiolliseen kiderakenteeseen, mutta suuremmilla sinkkipitoisuuksilla  $\alpha$ -faasin lisäksi alkaa esiintyä siitä poikkeavaa  $\beta$ -faasia, jossa on erilainen, tilakeskeinen kuutiollinen kiderakenne

(ttk) ja jonka sähkökemialliset ominaisuudet poikkeavat  $\alpha$ -faasista.  $\beta$ -messinki muovautuu erittäin helposti kuumana, kuten muutkin ttk-rakenteiset metallit, minkä vuoksi sitä käytetään kuumapursotusta edellyttäviin tuotteisiin.

Kaksifaasisen ( $\alpha+\beta$ )-rakenteen koostumusalue on vain noin 5 %:n laajuinen (Zhou 2017). Kiderakenteiden ominaisuudet poikkeavat siis toisistaan, mutta sopivalla ( $\alpha+\beta$ )-rakenteella messingille saadaan hyvät muokattavuus- ja lujuusominaisuudet. Kaksifaasiset ( $\alpha+\beta$ )-messingit sopivat hyvin kuumamuokattaviksi, jolloin niiden valmistaminen on halvempaa kuin valumenetelmillä.

Sinkkipitoisuuden noustessa yli 42–45 %:n seokseen syntyy hyvin hauraita faaseja, joiden vuoksi näillä messinkiseoksilla ei ole teknisiä käyttökohteita (Stålnacke 2017).

Raerajat ovat yleensä vähemmän järjestäytyneet kuin itse rakeet, ja epäpuhtaudet kerääntyvätkin etenkin raerajoille. Epäpuhtauksien asettuminen raerajoille aiheuttaa korroosionkestävyyden heikentymistä. Messingin seosaineista lyijy on usein myös raerajoilla tai muualla rakenteessa pallomaisina sulkeumina eikä muodosta tavanomaiseen lyijymessinkiin metallienvälisiä seoksia. Pehmeät lyijypartikkelit auttavat työstettävyyttä.

### 3.2 Sinkinkato

Kuparimetallien korroosionkestävyys on tavallisesti hyvä myös vesijärjestelmissä. Messingin korroosionkestävyys heikkenee jonkin verran sinkkipitoisuuden kasvaessa, ja käyttöikä lyhentävää syöpymistä voi tapahtua epäedullisissa olosuhteissa. Edellytyksenä korroosiolle on happipitoinen ympäristö ja pinnoilla oleva vesi tai kosteus. Sinkinkadon voimakkuus lisääntyy lämpötilan noustessa, joten se on yleisempää lämminvesijärjestelmissä.

Sinkinkato on messinkiseosten selektiivistä eli valikoivaa korroosiota, jossa epäjalompi metalli eli sinkki liukenee ja jalompi eli kupari ei. Sinkinkadon mekanismeista on olemassa useita teorioita. On esitetty, että sekä sinkki että kupari liukenevat, mutta kupari saostuu heti takaisin pinnalle. Toisen teorian mukaan kyseessä on sinkin ensisijainen liukeneminen, jossa ainoastaan sinkki osallistuu sähkökemialliseen korroosioreaktioon, eivätkä ympäröivät kupariatomit osallistu suoraan sähkökemiallisiin prosesseihin. On myös esitetty, että molemmat edellä esitetyt mekanismit vaikuttavat samanaikaisesti. (Zhou 2017)

Sinkinkadossa metalliseoksesta liukenee siis sinkkiä, ja jäljelle jää tiiviytensä ja lujuutensa menettänyt rakenne. Seurauksena voivat olla korroosiotuotteena muodostuvan sakan aiheuttamat tukkeutumiset, tihkuvuodot tai murtumat. Sinkinkadon seurauksena messinki myös menettää keltaisen värinsä ja alkaa muuttua kuparinpunaiseksi. Pahimmillaan ongelmia voi esiintyä jo muutaman ensimmäisen käyttövuoden aikana.

Sinkinkadosta kärsineen metallikappaleen ulkoinen muoto säilyy entisellään, mutta jäljellä jäävä kuparivaltainen materiaali on siinä määrin huokoista ja haurasta, että tällaisen messinkiosan läpi voi tihkua vettä tai osa voi mekaanisen lujuuden heikennyttyä jopa murtua. Sinkinkadon oireita ovat messinkiosien ulkopinnalle saostuvat vaaleat korroosiotuotteet ja pienehköt vuodot sekä tukkeutumiset. Korroosiotuotteet voivat haitata mm. termostaattiventtiilien toimintaa jopa niin, että energiankulutus kasvaa (Spångberg & Svensson Hultgren 2021).

Sinkinkato voi edetä paikallisesti tai tasaisesti koko pinnalla. Kerrostyyppistä sinkinkatoa tapahtuu happamahkossa kloridipitoisessa vedessä, jonka ja happi- ja mahdollisesti myös hiilidioksidipitoisuudet ovat suuret, sekä seisovassa tai hitaasti virtaavassa vedessä. Paikallista sinkinkatoa tapahtuu neutraaleissa ja alkalisisä, paljon suolaa sisältävissä vesissä erityisesti korkeahkoissa lämpötiloissa.

### 3.3 Messingin koostumuksen ja mikrorakenteen vaikutukset sinkinkadon todennäköisyyteen

Sinkinkadon esiintymiseen vaikuttavat seoksen koostumus, valmistusmenetelmät ja käyttöympäristö. Sinkinkatotaipumus kasvaa messingin sinkkipitoisuuden kasvaessa. Alle 20 % sinkkiä sisältävät seokset eivät ole taipuvaisia sinkinkatoon. Messinki on sitä kestävämpää sinkinkatoa vastaan mitä suurempi on kuparipitoisemman  $\alpha$ -kiderakenteen osuus messingissä. Kuparipitoisuuden ollessa alle 62 % rakenteeseen muodostuu runsaasti myös  $\beta$ -faasia.

Messinkituotteen sinkinkadonkestävyys saadaan aikaan oikealla seostuksella ja sopivalla lämpökäsittelyllä. Sinkinkatoa voidaan estää  $\alpha$ -messingissä tai  $(\alpha+\beta)$ -messingin  $\alpha$ -faasissa seostamalla materiaaliin pieniä määriä, yleensä 0,02–0,10 % arseenia (As), antimonia (Sb) tai fosforia (P), jotka liukenevat  $\alpha$ -faasin hilaan. Kaksifaasinen messinki voidaan muuttaa  $\alpha$ -faasiseksi lämpökäsittelyn avulla, jolloin sinkinkatoa estävät seosaineet ovat tasaisesti kiderakenteessa. Näiden seosaineiden eli inhibiittien toimivuus edellyttää eräiden epäpuhtauksien pitoisuuksien rajoittamista seoksessa. Muista seosaineista alumiini (Al), pii (Si) ja tina (Sn) voivat estää tai hidastaa sinkinkatoa.

Rauta (Fe), mangaani (Mn) ja nikkeli (Ni) voivat parantaa mekaanisia ominaisuuksia, mutta erityisesti rauta voi lämpökäsittelyssä muodostaa yhdisteitä esimerkiksi arseenin kanssa. Näiden yhdisteiden erkautuminen raerajoille voi aiheuttaa arseeniköyhän alueen muodostumista ympärilleen, jolloin korroosioalttius kasvaa (Andersen ym. 2011). Esimerkiksi rauta voi muodostaa metallienvälisiä yhdisteitä arseenin kanssa, jolloin arseenin inhiboiva vaikutus häviää ja seoksen sinkinkadonkestävyys huononee. Tämä voi tapahtua erityisesti raerajoilla ja seurauksena voi olla paikallinen sinkinkato ja raerajakorroosio (Johansson 2012).

Pohjoismaissa yleisesti käytetyssä sinkinkadonkestävässä messingissä CuZn36Pb2As (CW602N) arseenipitoisuus on 0,02–0,15 %. Raudan määrän tulee olla alle 0,1 %, samoin kuin mangaanin ja tinan. Ruotsissa tyyppihyväksytyjä messinkiseoksia ovat esim. CW602N, CW625N, CW511L Aqua Nordic (Pb<0,1 %), CB771S Aqua Nordic (Pb<0,1 %), CB772S, AMETAL C (Nordic Brass Gusum AB, 2021; RISE).

$\beta$ -faasin sinkinkatoa ei voida estää inhiboivilla seosaineilla. Tina, alumiini ja pii parantavat todennäköisesti  $\beta$ -faasin sinkinkadonkestävyyttä  $(\alpha+\beta)$ -messingissä. Sinkinkadossa  $\beta$ -faasi käyttäytyy useimmiten  $\alpha$ -faasiin nähden anodisesti. Kun  $\beta$ -faasin määrä on kaksifaasisessa messingissä pieni ja siten anodialue pieni katodialueeseen nähden,  $\beta$ -faasi syöpyy erityisesti inhiboiduissa  $(\alpha+\beta)$ -messingeissä voimakkaasti. Mikäli  $\beta$ -faasi on valussa tai muokkauksessa syntyneen suuntaisen mikrorakenteen vuoksi yhtenäinen, sinkinkato etenee syvälle seinämään. Jos taas  $\beta$ -faasin määrä on suuri, se suojaa inhiboimatonta  $\alpha$ -faasia jossain määrin sinkinkadolta. (Zhou 2017).

$\beta$ -faasi ei saisi esiintyä messingin mikrorakenteessa jatkuvana verkostona, vaan mieluiten erillisinä  $\alpha$ -faasin ympäröiminä alueina. Verkottunut  $\beta$ -faasi on epätoivottua siitä syystä, että sinkinkato voi jatkuvassa  $\beta$ -verkostossa edetä syvälle rakenteeseen. Valmistustekniikan eli optimaalisen lämpökäsittelyn avulla pyritään saamaan  $\beta$ -faasin rakenne mahdollisimman epäyhtenäiseksi. (AWWA 1996)

Sinkinkadonkestävä messinki voi olla altis muille korroosiotyypeille kuten raerajakorroosiolle ja jännityskorroosiolle erityisesti hyvin aggressiivisessa vedessä, jollaista on esimerkiksi Tanskassa. (Andersen ym. 2011).

### 3.4 Veden laadun vaikutus

Metallien korroosioon vaikuttavista veden koostumustekijöistä tärkeimpiä ovat veden happipitoisuuden lisäksi sen happamuus eli pH-arvo, suolapitoisuus (kloridit, sulfaatit), kovuus (kalsium- ja magnesiumipitoisuus) ja alkaliteetti (bikarbonaattipitoisuus).

Veteen liuennutta happea tarvitaan erityisesti metallituotteen käytön alkuvaiheessa suojaavien oksidikerrosten muodostumiseen. Toisaalta happi on tavallisin katodireaktion osapuoli eli elektronien vastaanottaja, ja veden happipitoisuus on siis korroosion edellytys. Hapettomissa oloissa tavanomaista korroosiota ei tapahdu, mutta normaaleissa käyttöympäristöissä veden happipitoisuus on yleensä aina riittävä korroosioreaktioihin. Kiinteistöjen vesilaitteistoissa veden käyttö on jaksoittaista, ja vesi seisoo putkissa vaihtelevia aikoja. Korroosion edetessä näiden seisontajaksojen aikana happea sitoutuu korroosiotuotteisiin, ja veden happipitoisuuden pienenemisen myötä myös korroosio hidastuu.

Veden suuri kloridipitoisuus sekä matala alkaliteetti (eli matala bikarbonaattipitoisuus) ja veden pehmeys lisäävät sinkinkatoriskiä (Kunnossapitoyhdistys ry 2006). Suomessa sinkinkatotapauksia on esiintynyt mm. rannikkoseuduilla veden korkean kloridipitoisuuden vuoksi. Myös sulfaatit lisäävät kuparin ja kupariseosten korroosioriskiä. Kuparimetallien korroosion estämiseksi bikarbonaatin ja sulfaatin suhteen (mg/l) tulisi olla yli 1 (syövyttävyysindeksi) (Mattsson 1990).

Sinkinkatoa voidaan jossain määrin estää vedenkäsittelyn avulla, esimerkiksi nostamalla veden pH-arvoa ja alkaliteettia ja laskemalla sulfaattien ja kloridien pitoisuutta.

Veden pH-arvo vaikuttaa talousveden normaaleissa vaihtelurajoissa lähinnä sinkinkatotuotteiden saostuvuuteen. Happamissa vesissä saostumia ei aina muodostu, mutta veden pH-arvon kasvaessa eli emäksisyyden lisääntyessä korroosiotuotteiden taipumus saostua pinnoille kasvaa. Monissa maissa suositellaankin veden pH-arvolle ylärajaa, jolloin saostumat eivät pääse tukkimaan venttiileitä.

Vesilaitoksen toimittaman veden tulee täyttää sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksen (1352/2015) vaatimukset ja suositukset, jotka koskevat lähinnä veden terveydellistä laatua. Veden tekniselle laadulle (syövyttävyydelle) ei ole asetettu vastaavia spesifisiä vaatimuksia, ja vesilaitoksen toimittama vesi voi siis aiheuttaa metallien syöpymistä. Suomessa erityisesti pohjavedet ovat luonnostaan happamia ja pehmeitä, ja ilman käsittelyä veden laatu voi poiketa merkittävästi korroosionkestävyyden kannalta annetuista suosituksista. Ennenaikaista sinkinkatoa on todettu myös sulfaattipitoisista pintavesistä valmistetussa talousvedessä, jonka alkaliteetti on matala (Latva ym. 2017).

Vesijärjestelmän suunnittelijan on tunnettava vesilaitteistoon johdettavan veden laatu voidakseen valita vesilaitteistoon soveltuvat ja kestävät materiaalit. Mikäli kiinteistöllä on oma kaivo, siitä tulee ottaa vesinäyte ennen vesijärjestelmän suunnittelua. Kaivoveden laadun arviointiin voi käyttää kaivoveden analyysitulkkia ([www.vesi.fi](http://www.vesi.fi)).

## 4 Suoritetut tutkimukset

### 4.1 Tavoitteet

Tutkimusten tavoitteena oli selvittää sinkinkadon esiintymistä erilaisista messinkiseoksista valmistetuissa vesikalusteissa (hanoissa). Tutkimukset keskitettiin kahteen paikkakuntaan (A ja B), joiden vedenlaatu tiedetään metallisia materiaaleja syövyttäväksi. Lisäksi tutkittiin joitakin vesikalusteita kahdelta paikkakunnalta (C ja D), joissa veden tekninen laatu on hyvä eli vesi ei ole metalleja syövyttävää.

### 4.2 Tutkitut näytteet ja suoritetut tutkimukset

Tutkitut hanat hankittiin yksityiskäytössä olleista kiinteistöistä neljältä paikkakunnalta. Hanat oli asennettu vuosina 1995–2017, ja ne irrotettiin käytöstä vuosien 2020–2021 aikana. Tutkitut hanatyypit sekä niiden käyttöaika ja -ikä on esitetty paikkakunnittain taulukossa 2. Hananäytteet 3, 4, 6, 7, 11, 13 ja 17 ovat pohjoismaisten valmistajien tuotteita. Muut hanat ovat muualta Euroopasta tai kauppaetjujen omia tuotemerkkejä, joiden valmistajat eivät ole tiedossa.

Taulukossa 2 esitetyt messinkiset hanat (20 kpl) tutkittiin Eurofins Expert Services Oy:ssä. Tutkimusta varten näytteet halkaistiin ja niiden sisäpinnat kuvattiin. Hanamateriaalin kemiallinen koostumus analysoitiin optisella emissiospektrillä (OES). Hanoista valmistettiin poikkileikkausnäytteet, joista tutkittiin mikrorakenne sekä mahdollisen sinkinkadon esiintyminen ja sinkinkadon syvyys. Pintakerrostumien alkuaineille tehtiin SEM/EDS-analyysit muutamasta näytteestä paikkakuntakohtaisesti.

Taulukossa 3 esitetään paikkakuntien A, B, C ja D talousveden laadusta veden syövyttävyyteen vaikuttavien muuttujien arvoja. Paikkakunnilla A ja B talousveden laatu on jossain määrin metalleja syövyttävä, ja paikkakunnilla C ja D vesi on teknisesti hyvälaatuista eikä siis syövyttävää. Talusvesiasetuksen mukaan vesi ei saa olla syövyttävää, mutta asetuksessa ei ole annettu suosituksia kaikille veden syövyttävyyteen vaikuttaville tekijöille. Terveydelliset vaatimukset täyttävä vesi voi siis olla syövyttävää eli terveydellisesti hyvälaatuisen talousveden tekninen laatu voi olla puutteellinen.

Kuparimetalleja syövyttäväksi luetaan vesi, jossa bikarbonaatin ja sulfaatin suhde (syövyttävyysindeksi) on alle 1 (Mattsson 1990). Syövyttävyyteen vaikuttavat kuitenkin myös muut tekijät kuten pH-arvo ja hiilidioksidi, joista kaikki eivät välttämättä ole edes tiedossa. Lisäksi ei ole tiedossa, miten pienet muutokset indeksissä vaikuttavat sinkinkadon esiintymiseen ja voimakkuuteen.

Taulukko 2. Tutkitut hanat. Näytenuumeron jälkeinen kirjain kertoo käyttöpaikkakunnan (A/B/C/D). Hanatyyppeihin on lisätty valmistajat luokiteltuna pohjoismaisiin (p) ja ei-pohjoismaisiin tai valmistaja ei tiedossa (e).

Näytenuumero ja paikkakunta (A/B/C/D)	Hanatyyppi ja valmistaja (p/e)	Käyttöaika	Käyttöaika vuosina
1 A	Keittiöhana e	2014–2020	6
2 A	Keittiöhana e	2014–2020	6
3 A	Keittiöhana p	2014–2020	6
4 A	Keittiöhana p	2012–2020	8
5 A	Keittiöhana e	2002–2020	18
6 A	Keittiöhana p	2000–2020	20
7 A	Keittiöhana p	1995–2020	25
8 A	Pesuallashana e	2017–2020	3
9 A	Pesuallashana e	2014–2020	6
10 A	Pesuallashana e	2001–2020	19
11 A	Suihkuhana p	2002–2020	18
12 A	Keittiöhana e	2008–2020	12
13 B	Keittiöhana p	2005–2020	15
14 B	Keittiöhana e	2010–2020	10
15 B	Pesuallashana e	2010–2020	10
16 B	Keittiöhana e	2013–2020	7
17 B	Suihkuhana p	2015–2021	6
18 C	Pesuallashana e	1995–2020	25
19 D	Keittiöhana e	2016–2020	4
20 D	Pesuallashana e	2016–2020	4



Taulukko 3. Talousveden laatu näytteenottopaikkakunnilla A–D. Vedenlaatutiedot ovat kunkin vesilaitoksen julkaisemasta verkostovedenlaadun raportista. Bikarbonaattipitoisuus on laskettu alkaliteetin perusteella. Syövyttävyyssindeksi on laskettu bikarbonaatin ja sulfaatin suhteena.

		A	B	C	D
Sulfaatti	mg/l	110	130	18	35
Alkaliteetti	mmol/l	0,73	0,6	0,78	1,3
Bikarbonaatti	mg/l	45	37	48	79
Syövyttävyyssindeksi		0,4	0,3	2,7	2,3

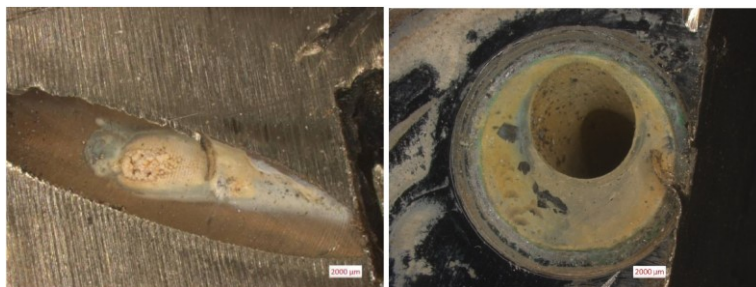
### 4.3 Tutkimusten tulokset

#### 4.3.1 Hananäytteiden sisäpinnat

Kaikista hanoista otettiin valokuvat ennen tutkimuksia ja sisäpinnoilta halkaisujen jälkeen. Muutamia valokuvia analysoiduista hanoista on esitetty kuvassa 1. Esimerkkeinä valokuvat halkaistujen hanojen sisäpinnoista on esitetty kuvissa 2–5. Kuviiin on merkitty myös näytenumero sekä hanan käyttöönottovuosi.



Kuva 1. Esimerkkejä analysoiduista hanoista.



Kuva 2. Näytteen 1 (keittiön hana vuodelta 2014) sisäpinnalla on sinkinkatota, jonka päällä on saostumaa. (Eurofins Expert Services Oy 2020)



Kuva 3. Näytteen 2 (keittiön hana vuodelta 2014) sisäpinnalla on sinkinkatota, jonka päällä on saostumaa. Oikeanpuoleisessa kuvassa sinkinkatokohdassa sinkki on liennut ja messingin keltainen väri on muuttunut kuparin punaiseksi. (Eurofins Expert Services Oy 2020)



Kuva 4. Näytteen 4 (keittiön hana vuodelta 2012) sisäpinnalla ei havaita sinkinkatota, mutta pinnalla on jonkin verran saostumaa. (Eurofins Expert Services Oy 2020)



Kuva 5. Näytteen 11 (suihkuhana vuodelta 2002) sisäpinnalla on tyypillinen saostumakerros, joka Rauman vedestä kiinnittyy messingin pintaan. Sinkinkatota tässä näytteessä ei ole tapahtunut. (Eurofins Expert Services Oy 2020)

Tutkimuksessa analysoitiin pintakerrostumien alkuaineita pyyhkäiselektronimikroskoopilla (SEM) ja siihen liitettyllä energiadiispersiivisellä röntgenanalysaattorilla (EDS) näytteistä 12 (paikkakunta A), 14 (paikkakunta B), 18 (paikkakunta C) ja 20 (paikkakunta D).

Hananäyte 12 oli ollut 12 vuotta käytössä vedessä A, ja näytteessä oli tapahtunut sinkinkatoa. Pintakerrostumien pääkomponentin sinkin lisäksi pinnalla todettiin alumiinia, kuparia, piitä, rautaa ja vähän myös rikkiä.

Hananäyte 14 oli ollut kymmenen vuotta käytössä vedessä B, ja näytteessä oli tapahtunut voimakasta sinkinkatoa. Pintakerrostumissa todettiin kuparin ja sinkin lisäksi lyijyä, piitä, rikkiä ja klooria.

Hananäyte 18 oli ollut 25 vuotta käytössä vedessä C, ja näytteessä oli tapahtunut sinkinkatoa. Pinnan kerrostumissa todettiin pääkomponenttina sinkkiä ja sen lisäksi kuparia, piitä, kalsiumia, lyijyä, nikkeliä ja vähän myös rikkiä.

Hananäyte 20 oli ollut neljä vuotta käytössä vedessä D. Pintakerrostumassa todettiin runsaasti sinkkiä, kuparia ja piitä. Näytteessä ei ole tapahtunut sinkinkatoa, mutta pintakerrostumissa todettu sinkki on ilmeisesti liuennut messingistä. Hana on ollut käytössä vain neljä vuotta, mutta todettu sinkin liukeneminen voi merkitä sinkinkadon käynnistymistä ajan mittaan näytettä vastaavissa vesikalusteissa myös tässä teknisesti hyvälaatuisessa vedessä.

#### 4.3.2 Hananäytteiden koostumus, mikrorakenne ja sinkinkadon esiintyminen

Taulukossa 4 on esitetty tutkittujen näytteiden koostumus ja  $\beta$ -faasin jakautuminen sekä mahdollisesti todettu sinkinkato ja sen maksimisyvyys.

Messinkiseosten tyyppi ilmoitetaan yleensä koostumuksen perusteella, ja sinkin ja lyijyn prosenttiosuuksien lisäksi voidaan ilmoittaa muut merkittävät lisäaineet. Tutkituille hananäytteille ei kuitenkaan tehty täsmällistä seosluokittelua koostumusanalyysien perusteella. Standardeissa esitetyissä messinkiseosten koostumuksissa kupari- ja sinkkipitoisuuksien minimi- ja maksimipitoisuuksien erot voivat olla useiden prosenttiyksiköiden suuruisia. Samoin esimerkiksi seoksen nimellinen lyijypitoisuus voi olla 1 %, mutta standardin antamat minimi- ja maksimipitoisuudet voivat olla 0,5 ja 2,5 %.

Näytteiden mikrorakenne on kaksifaasista ( $\alpha+\beta$ )-messinkiä. Näytteiden välillä on eroja  $\beta$ -faasin jakautumisessa. Näytteiden 2, 6 ja 11 mikrorakenteet on esitetty esimerkkinä kuvassa 6.

Sinkinkatoa todettiin näytteissä 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17 ja 18. Sinkinkatoa ei todettu näytteissä 3, 4, 6, 11, 19 ja 20. Kuvassa 7 on esitetty esimerkkeinä sinkinkadon mittaus näytteestä 1 (vasemmalla) sekä näytteestä 4, missä sinkinkatoa ei havaita (oikealla).

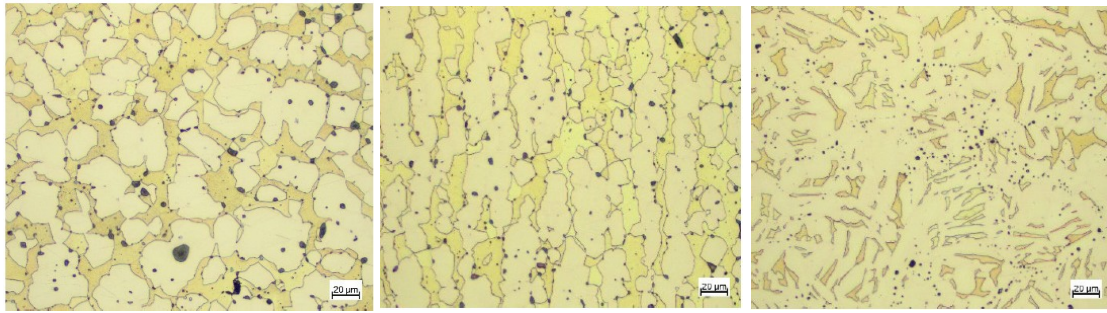
Sinkinkadon alkamisen ajankohtaa tai todellista etenemisnopeutta ei voida päätellä näytteiden perusteella, mutta tutkimustuloksista voidaan laskea sinkinkadon teoreettinen etenemisnopeus. Näin laskettuna sinkinkadonopeus oli yli 0,1 mm vuodessa näytteissä 2, 7, 8, 9 ja 14, ja suurimmat etenemisnopeudet olivat näytteissä 9 ja 14.

Taulukko 4. Hananäytteiden koostumus OES-analyysin perusteella ja mikrorakennetutkimusten tulokset eli  $\beta$ -faasin jakautuminen sekä sinkinkadon esiintyminen ja maksimisyvyys tutkituissa näytteissä.

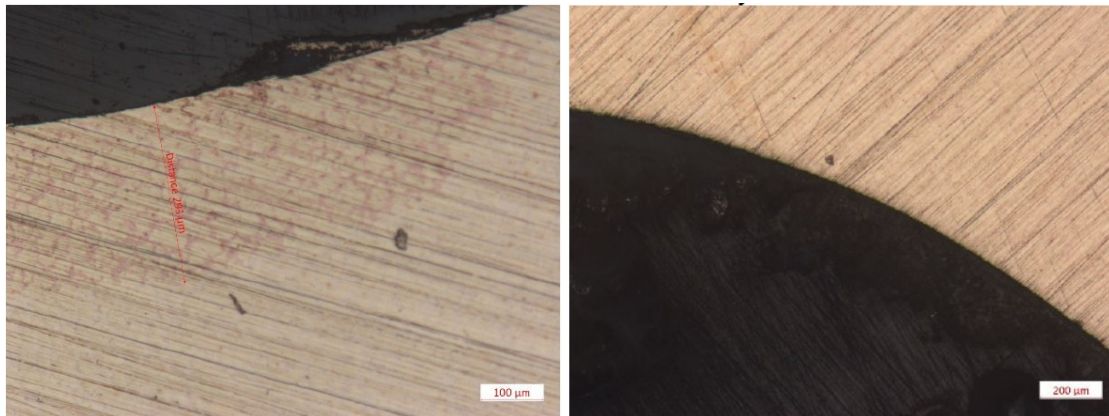
Näyte	Seostyyppi	Muu koostumus	$\beta$ -faasin jakautuminen	Sinkinkadon maksimisyvyys ( $\mu\text{m}$ )
1	Cu 57,7 Zn 39,0 Pb 2,75	Al 0,03 As 0,036 Sb 0,01 Fe 0,22 Sn 0,16	jatkuvaa verkostoa	293
2	Cu 56,8 Zn 39,6 Pb 2,96	As 0,017 Fe 0,21 Sn 0,24	monin paikoin jatkuvaa verkostoa	1152
3	Cu 61,4 Zn 36,8 Pb 1,12	Al 0,43 Sb 0,02 Fe 0,04 Sn 0,11	erillisiä epäyhtenäisiä alueita	0
4	Cu 61,7 Zn 36,5 Pb 1,06	Al 0,40 Sb 0,02 Fe 0,04 Sn 0,10	erillisiä epäyhtenäisiä alueita	0
5	Cu 57,4 Zn 39,0 Pb 2,93	As 0,010 Fe 0,24 Sn 0,24	jatkuvaa verkostoa	1315
6	Cu 61,0 Zn 37,2 Pb 1,12	Al 0,37 Sb 0,02 Fe 0,06 Sn 0,10	erillisiä epäyhtenäisiä alueita	0
7	Cu 60,1 Zn 37,4 Pb 1,49	Al 0,43 As 0,010 Sb 0,01 Fe 0,19 Sn 0,16 Ni 0,14	monin paikoin jatkuvaa verkostoa	4000
8	Cu 57,6 Zn 39,2 Pb 2,59	As 0,010 Fe 0,23 Sn 0,23	osuus suuri ja paikoin verkottunut	406
9	Cu 58,3 Zn 38,3 Pb 2,75	Al 0,03 As 0,013 Fe 0,25 Sn 0,21	monin paikoin jatkuvaa verkostoa	1800
10	Cu 59,9 Zn 37,0 Pb 1,97	Al 0,63 As 0,023 Sb 0,01 Fe 0,19 Sn 0,17	$\beta$ :n osuus suuri ja verkottunut	1245
11	Cu 60,2 Zn 37,9 Pb 1,22	Al 0,39 Sb 0,02 Fe 0,06 Sn 0,10	erillisiä paikallisia verkostoja	0

12	Cu 62,3 Zn 35,8 Pb 1,09	Al 0,43 Sb 0,03 Fe 0,04 Sn 0,17	erillisiä epäyhtenäisiä alueita	303
13	Cu 61,9 Zn 36,5 Pb 1,04	Al 0,38 Sb 0,04 Fe 0,05 Sn 0,11	erillisiä epäyhtenäisiä alueita	837
14	Cu 58,3 Zn 38,9 Pb 1,63	Al 0,11 Sb 0,02 Fe 0,32 Sn 0,42	jatkuvaa verkostoa	2500 (läpi seinämän)
15	Cu 58,6 Zn 40,9 Pb 0,18	Al 0,27 Sb 0,01 Fe 0,05 Sn 0,01	jatkuvaa verkostoa	221
16	Cu 58,4 Zn 38,2 Pb 2,74	Sb 0,01 Fe 0,27 Sn 0,23	jatkuvaa verkostoa	488
17	Ei määritetty			320
18	Cu 57,6 Zn 39,0 Pb 2,90	As 0,015 Sb 0,01 Fe 0,16 Sn 0,18	jatkuvaa verkostoa	559
19	Cu 58,9 Zn 37,8 Pb 2,69	Sb 0,01 Fe 0,31 Sn 0,26	jatkuvaa verkostoa	0
20	Cu 58,2 Zn 38,3 Pb 2,71	Al 0,05 As 0,023 Sb 0,01 Fe 0,22 Sn 0,25	jatkuvaa verkostoa	0





Kuva 6. Näytteiden numero 1 (vasen), 2 (keskellä) ja 6 (oikea) mikrorakenne. Näytteessä 6  $\beta$ -faasia on erillisinä saarekkeina, mutta näytteissä numero 1 ja 2 verkostoina, jotka jatkuvat koko rakenteen yli. (Eurofins Expert Services Oy 2020)



Kuva 7. Sinkinkadon syvyys näytteessä 1 (vasen) sekä vastaava kohta näytteestä 4, missä sinkinkatota ei ole tapahtunut (oikea). (Eurofins Expert Services Oy 2020)

## 5 Tulosten tarkastelu

### 5.1 Koostumus

Tutkittujen hanojen messinkiseosten kuparipitoisuus oli 57–62 % ja sinkkipitoisuus oli 36–41 %. Pääasialliset suuntaa antavat seostyytit olivat CuZn36Pb1AlSb ja CuZn38Pb3/CuZn39Pb3/CuZn39Pb2, joissa arseeni- ja antimonipitoisuudet vaihtelivat. Näytteen 17 koostumusta ei analysoitu, joten se ei ole mukana seuraavissa tarkasteluissa.

Sinkinkatoa esiintyi selvästi useammin näytteissä, joiden kuparipitoisuus oli alle 60 %. Sinkkipitoisuudella ei todettu olevan vaikutusta. Messinkiseosten lyijypitoisuudet olivat 0,2–2,9 %. Tutkituissa hananäytteissä lyijypitoisuudella ei ollut selkeää vaikutusta sinkinkadon esiintymiseen.

Sinkinkadon estämiseksi  $\alpha$ -faasissa messinkiin seostetaan pieniä määriä arseenia ja/tai antimonia. Tutkituista hananäytteistä käytettävissä olleiden yksittäisten koostumusanalyysitulosten perusteella ei voi päätellä messinkiseoksen alkuperäistä täsmällistä kemiallista koostumusta. Analyysitulosten perusteella arseeni- ja/tai antimonipitoisuudet olivat inhiboinnin kannalta riittävät ( $\geq 0,02$  %) näytteissä 1, 3, 4, 6, 10, 11, 12, 13, 14 ja 20, mutta sinkinkatoa todettiin inhiboinnista huolimatta näytteissä 1, 10, 12, 13 ja 14. On kuitenkin todettava, että eräissä sinkinkadonkestävissä messingeissä arseenipitoisuuden tulee kuitenkin olla vähintään 0,04 %.

Analyysitulosten perusteella arseeni- ja/tai antimonipitoisuudet olivat inhiboinnin kannalta selvästi riittämättömät ( $\leq 0,01$  %) näytteissä 5, 7, 8, 15, 16 ja 19 ja vähäiset ( $< 0,02$  %) näytteissä 2, 9 ja 18. Näistä näytteistä sinkinkatoa oli tapahtunut kaikissa muissa paitsi näytteessä 19, joka oli ollut käytössä vasta muutamia vuosia teknisesti hyvälaatuisessa vedessä.

Arseenia oli yli 0,02 % näytteissä 1, 10 ja 20 ja lähes saman verran eli yli 0,015 % näytteissä 2 ja 18. Näistä näytteistä sinkinkatoa oli tapahtunut kaikissa muissa paitsi näytteessä 20, joka oli ollut käytössä vasta muutamia vuosia teknisesti hyvälaatuisessa vedessä. Arseenin pitoisuus tai inhibointiteho näyttää tutkituissa tapauksissa olleen riittämätön.

Antimonia oli vähintään 0,02 % näytteissä 3, 4, 6, 11, 12, 13 ja 14. Näistä näytteistä sinkinkatoa todettiin näytteissä 12, 13 ja 14, jotka olivat olleet käytössä syövyttävässä vedessä 10–15 vuotta. Sinkinkatoa ei kuitenkaan todettu esimerkiksi 18–20 vuotta samanlaisessa syövyttävässä vedessä käytetyissä hanoissa 6 ja 11.

Messinkiseosten alumiinipitoisuudet olivat  $< 0,01$ –0,63 %. Korkeat alumiinipitoisuudet näyttävät olevan eduksi, mutta eivät ole estäneet sinkinkatoa kaikissa tapauksissa.

Messinkiseokset sisälsivät rautaa 0,04–0,32 %. Sinkinkatoa esiintyi lähes kaikissa (10/12 kpl) seoksissa, joiden rautapitoisuus oli vähintään noin 0,2 % (näytteet 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 14 ja 16). Sen sijaan vastaava korkea rautapitoisuus ei aiheuttanut sinkinkatoa näytteissä 19 ja 20, jotka olivat tosin olleet käytössä teknisesti hyvälaatuisessa vedessä vasta 4 vuotta. Pieni rautapitoisuus ei kuitenkaan estänyt sinkinkatoa kaikissa tapauksissa (12, 13 ja 15).



Seosten tinapitoisuudet olivat 0,01–0,42 % ja nikkelpitoisuudet <0,01–0,22 %. Suurimmat rauta-, tina- ja nikkelpitoisuudet olivat näytteessä 14, missä antimonipitoisuus oli 0,02 % ja missä todettiin varsin voimakasta sinkinkatoa 10 vuoden käytön jälkeen syövyttävässä vedessä.

## 5.2 Mikrorakenne

Sinkinkadon eteneminen messinkirakenteessa riippuu messingin koostumuksen lisäksi sen  $\alpha$ - ja  $\beta$ -faasien suhteesta mikrorakenteesta sekä etenkin  $\beta$ -faasin rakenteesta. Sinkinkadon estämiseksi  $\beta$ -faasia tulisi olla mahdollisimman vähän ja  $\beta$ -faasin tulee olla täysin  $\alpha$ -faasin ympäröimää.

Sinkinkatoa ei tapahtunut syövyttävässä vedessä hanoissa, joissa  $\beta$ -faasia on erillisinä saarekkeina tai korkeintaan paikallisina verkostoina.

Sinkinkatoa todettiin näytteissä, joissa  $\beta$ -faasi esiintyi jatkuvana verkostona (1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16 ja 18). Poikkeuksia olivat vasta muutaman vuoden teknisesti hyvälaatuisessa vedessä käytetyt hanat 19 ja 20, joissa  $\beta$ -verkostosta huolimatta ei ollut tapahtunut sinkinkatoa.

Hananäytteet 12 ja 13 poikkesivat muista siinä, että niissä oli tapahtunut sinkinkatoa 12–15 vuodessa syövyttävässä vedessä, vaikka antimonipitoisuus oli standardin mukainen ja  $\beta$ -faasi esiintyi erillisinä epäyhtenäisinä alueina. Näytteessä 17 oli myös tapahtunut sinkinkatoa alle 7 vuodessa syövyttävässä vedessä.

## 5.3 Veden laatu

Veden laatu voi hidastaa tai kiihdyttää sinkinkadon käynnistymistä etenkin, jos lopputuotteessa on koostumukseen ja/tai mikrorakenteeseen liittyviä riskitekijöitä. Veden laatu on siis merkittävä riskitekijä sinkinkadon esiintymisen ja voimakkuuden kannalta. Tutkituista 20 hananäytteestä suurin osa (17 kpl) oli ollut käytössä syövyttävässä vedessä ja vain kolme teknisesti hyvälaatuisessa vedessä.

### 5.3.1 Syövyttävä vesi (A ja B)

Näytteiden 3, 4, 6 ja 11 koostumus ja mikrorakenne ovat suositusten mukaiset, eikä sinkinkato ollut alkanut 6–20 vuoden käytön aikana syövyttävästä vedestä huolimatta. Syövyttävässä vedessä sinkinkatoa ei siis yleensä tapahtunut tutkituissa näytteissä, kun materiaaliin liittyviä riskitekijöitä ei esiintynyt. Sinkinkatoa oli kuitenkin tapahtunut optimaalisesta koostumuksesta ja mikrorakenteesta huolimatta syövyttävässä vedessä 12 ja 15 vuotta käytössä olleissa näytteissä 12 ja 13. Toisaalta sinkinkatoa oli tapahtunut syövyttävässä vedessä jo kolmessa vuodessa näytteessä 8, jossa todettiin koostumukseen ja mikrorakenteeseen liittyviä riskitekijöitä. Myös 25 vuotta käytössä olleen hananäytteen 7 koostumukseen ja mikrorakenteeseen liittyi riskitekijöitä, ja näytteessä olikin tapahtunut sinkinkatoa. Näytteessä 17 oli tapahtunut sinkinkatoa alle 7 vuodessa. Mahdolliset mikrorakenteeseen ja koostumukseen liittyvät riskitekijät eivät ole tiedossa, koska näytteen 17 materiaalia ei analysoitu.

Syövyttävässä vedessä A sinkinkatoa ei havaittu näytteissä, joissa materiaali oli sinkinkadonkestävä (näytettä 12 lukuun ottamatta). Syövyttävässä vedessä B sen sijaan sinkinkatoa havaittiin kaikissa

viidessä näytteessä riippumatta materiaalin laadusta. Näyttää siltä, että tutkimuksessa mukana olleista paikkakunnista paikkakunnan B vesi oli syövyttävämpää kuin paikkakunnan A vesi.

Vaikka paikkakuntien A ja B syövyttävyysindeksit ovat lähellä toisiaan (0,4 ja 0,3), vesi ei välttämättä ole molemmilla paikkakunnilla yhtä syövyttävää.

### 5.3.2 Ei-syövyttävä vesi (C ja D)

Tutkimustulosten mukaan sinkinkadon esiintymiseen teknisesti hyvälaatuisessa vedessä liittyi riskitekijänä  $\beta$ -verkosto ja toisaalta pitkä käyttöaika (25 vuotta). Muut kaksi teknisesti hyvälaatuisessa vedessä käytettyä hanaa olivat olleet käytössä vasta neljä vuotta, eikä niissä todettu sinkinkatoa. Niitä vastaavissa hanoissa sinkinkato voi kuitenkin alkaa käyttöajan pidentessä, sillä niissä koostumus ja/tai mikrorakenne eivät ole suositusten mukaiset ja SEM/EDS-analyyseissä tutkitun näytteen pintakerrostumassa todettiin sinkkiä.

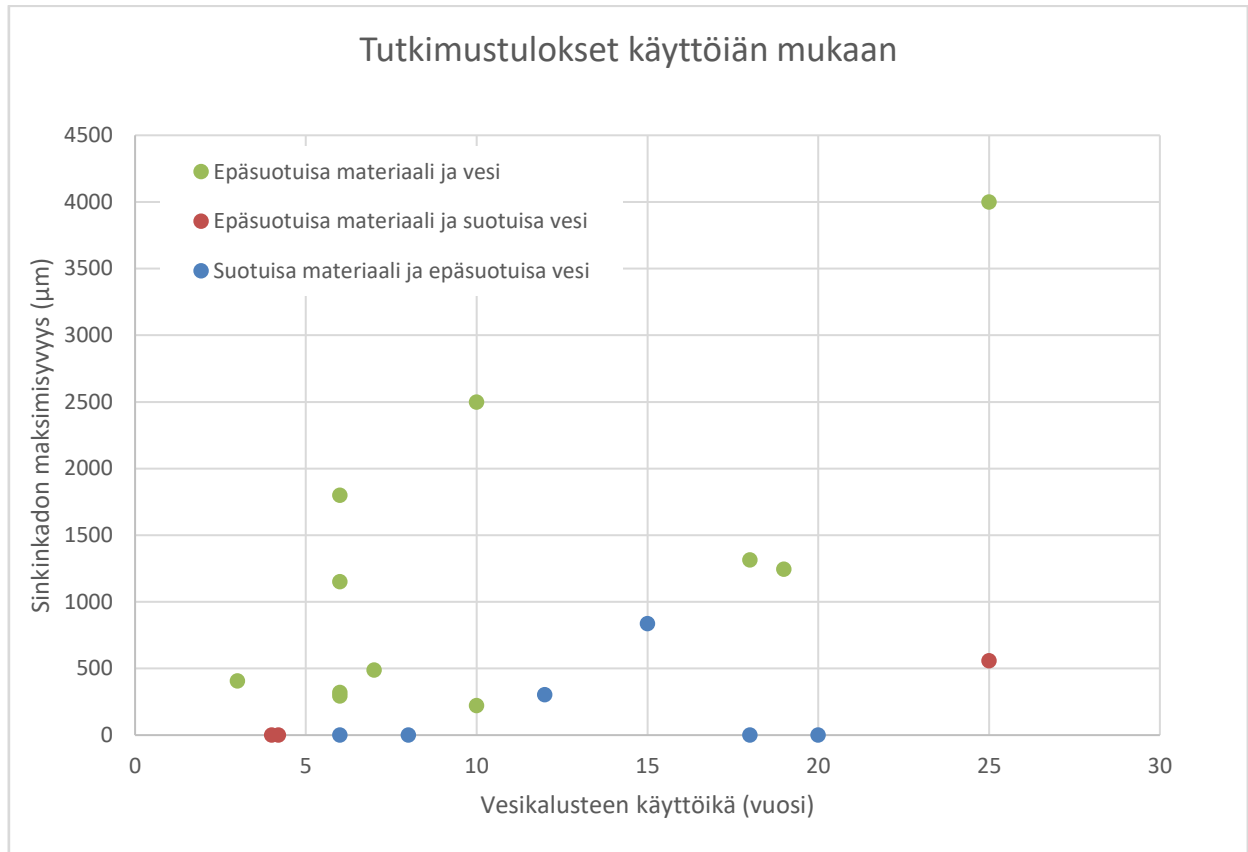
## 5.4 Käyttöaika

Kuvassa 8 esitetään sinkinkatohavainnot eri-ikäisissä näytteissä ja mahdolliset epäsuotuisaan materiaaliin eli koostumukseen ja mikrorakenteeseen sekä veden laatuun liittyvät tekijät. Veden laatu on arvioitu taulukossa 3 lasketun syövyttävyyden perusteella.

Sinkinkatoa ei todettu 6 hananäytteessä (32 %), jotka olivat olleet käytössä 4–20 vuotta. Näistä neljässä tapauksessa hanoissa ei ollut koostumukseen tai mikrorakenteeseen liittyviä riskitekijöitä. Nämä hanat olivat olleet käytössä syövyttävässä vedessä 6, 8, 18 ja 20 vuotta. Kahdessa muussa tapauksessa hananäytteissä todettiin inhibiittivajausta ja/tai  $\beta$ -verkostoa, mutta ei siis sinkinkatoa. Nämä hanat olivat kuitenkin olleet käytössä teknisesti hyvälaatuisessa vedessä vasta 4 vuotta.

Sinkinkatoa oli tapahtunut 14 hananäytteessä (70 %), jotka olivat olleet käytössä 3–25 vuotta. Sinkinkatotapauksista suurin osa (10) oli syövyttävässä vedessä käytetyissä hanoissa, joissa oli koostumukseen tai mikrorakenteeseen liittyvä riski. 7 tapauksessa oli sekä inhibiittivajausta että  $\beta$ -verkostoa. Kahdessa tapauksessa sinkinkatoa tapahtui syövyttävässä vedessä ilman epäsuotuisaa materiaalia, ja nämä hanat olivat olleet käytössä 12 ja 15 vuotta. Näytteessä 17 oli tapahtunut sinkinkatoa alle 7 vuodessa, mutta mahdolliset mikrorakenteeseen ja koostumukseen liittyvät riskitekijät eivät ole tiedossa, koska näytteen materiaalia ei analysoitu. Yhdessä tapauksessa sinkinkatoa tapahtui myös teknisesti hyvälaatuisessa vedessä 25 vuoden käytön jälkeen, kun hanatuotteessa oli  $\beta$ -verkostoa. Voidaan siis olettaa, että epäsuotuisa materiaali voi lisätä sinkinkadon riskiä myös teknisesti hyvälaatuisessa vedessä ajan myötä.

Kuvassa 8 esitetään tutkimustulokset käyttöiän mukaan. Alle 10 vuotta käytössä olleista hanoista vähän yli puolessa tapauksista oli sinkinkatoa, ja näytettä 17 lukuun ottamatta kaikkiin tapauksiin liittyi sekä epäsuotuisa materiaali että vesi. Käytössä 10–19 vuotta olleista hanoista lähes kaikissa oli tapahtunut sinkinkatoa, ja useimmissa tapauksissa oli kyse sekä epäsuotuisasta materiaalista että vedestä. Yli 20 vuotta käytössä olleita hanoja oli vain kolme, joista kahdessa oli tapahtunut sinkinkatoa. Näistä tapauksista toiseen liittyi vain epäsuotuisa materiaali ja toiseen sekä epäsuotuisa materiaali että vesi.



Kuva 8. Sinkinkadon esiintyminen eri-ikäisissä vesikalusteissa vedenlaadun ja materiaalityypin mukaan ryhmiteltyinä.

Tutkituista näytteistä 12 kpl oli keittiöhanoja, 6 kpl pesuallashanoja ja kaksi suihkuhanaa. Sinkinkatoa esiintyi suhteellisesti jonkin verran enemmän pesuallashanoissa (5/6 kpl) kuin keittiöhanoissa (8/12 kpl). Hanojen käyttölämpötilat ja vedenkäyttötavat vaikuttavat todennäköisesti sinkinkadon etenemiseen, mutta tutkittujen hanojen käytöstä ja käyttöolosuhteista oli tiedossa vain asennusvuosi ja käyttökohte.

## 6 Johtopäätökset

Messingin sinkinkatoa voidaan estää  $\alpha$ -faasissa seostamalla materiaaliin pieniä määriä arseenia, antimonia tai fosforia.  $\beta$ -faasin sinkinkatoa ei voida estää seostuksella. Tästä syystä on tärkeää, että  $\beta$ -faasin määrä on mahdollisimman pieni ja se on lopputuotteessa erillisinä epäyhtenäisinä alueina  $\alpha$ -faasin ympäröimänä eikä muodosta jatkuvaa verkostoa.

Vesikalusteiden sinkinkadonkestävyyttä koskeva vaatimus tuli voimaan vuoden 2020 alusta, joten sitä ennen oli mahdollista valmistaa tuotteet ei-sinkinkadonkestävästä messingistä. Koska sinkinkadon riski on tunnettu Pohjoismaissa ja sinkinkadonkestävyyttä on edellytetty muilta messinkiosilta jo aiemmin, käytännössä Suomessa ja muissa Pohjoismaissa myös ennen vuotta 2020 valmistettujen hanojen materiaalin voidaan olettaa suurella todennäköisyydellä ja myös näytteiden perusteella olevan sinkinkadonkestävää messinkiä. Pohjoismaiden ulkopuolella valmistetut hanat puolestaan on todennäköisesti valmistettu ei-sinkinkadonkestävästä messingistä. Tutkittujen hanojen valmistajatiedot ovat luottamuksellisia, mutta yleisesti voidaan todeta, että sinkinkatoa esiintyi syövyttävässä vedessä suurimmaksi osaksi Pohjoismaiden ulkopuolella valmistetuissa tuotteissa, vaikkakin osassa niistäkin oli inhibiittia (arseniä) yleisesti käytetyn standardikoostumuksen mukainen määrä.

Tutkimusten tulosten perusteella inhibointiaineiden puuttuminen tai liian vähäiset arseeni- ja/tai antimonipitoisuudet messingissä lisäävät sinkinkadon riskiä erityisesti syövyttävässä vedessä. Tällaisissa näytteissä todettiin sinkinkatoa lukuun ottamatta näytettä 19, joka oli ollut käytössä vasta muutamia vuosia teknisesti hyvälaatuisessa vedessä.

Toisaalta arseenin inhibointiteho näyttää tutkituissa tapauksissa olleen huono, sillä riittävään arseenipitoisuus ei estänyt sinkinkatoa erityisesti syövyttävässä vedessä. Poikkeuksena oli näyte 20, joka oli ollut käytössä vasta muutamia vuosia teknisesti hyvälaatuisessa vedessä.

Antimoni esti sinkinkatoa jonkin verran paremmin kuin arseni. Tutkituissa näytteissä sinkinkatoa ei havaittu jopa 20 vuotta syövyttävässä vedessä käytetyssä hanassa, kun inhibiittinä oli käytetty antimonia.

Inhibiittien lisäksi sinkinkatoon vaikuttavat muut seosaineet ja epäpuhtaudet sekä erityisesti lopputuotteen mikrorakenne. Korkeahko rautapitoisuus (noin 0,2 %) lisää sinkinkadon riskiä. Korkeat alumiinipitoisuudet taas näyttävät olevan eduksi, mutta eivät estäneet sinkinkatoa kaikissa tutkituissa tapauksissa. Suurimmat rauta-, tina- ja nikkelpitoisuudet olivat näytteessä 14, missä antimonipitoisuus oli 0,02 % ja  $\beta$ -faasi esiintyi jatkuvana verkostona, ja missä todettiin varsin voimakasta sinkinkatoa 10 vuoden käytön jälkeen syövyttävässä vedessä.

Mikrorakenteen vaikutus on merkittävä. Sinkinkatoa ei tapahtunut syövyttävässä vedessä hanoissa, joissa  $\beta$ -faasia on erillisinä saarekkeina tai korkeintaan paikallisina verkostoina. Sinkinkatoa todettiin lähes kaikissa näytteissä, joissa  $\beta$ -faasi esiintyy jatkuvana verkostona. Sinkinkatoa ei todettu  $\beta$ -verkostosta huolimatta kahdessa muutaman vuoden teknisesti hyvälaatuisessa vedessä käytetyssä hanassa.

Hananäytteet 12 ja 13 poikkesivat muista siinä, että niissä oli tapahtunut sinkinkatoa 12–15 vuodessa syövyttävässä vedessä, vaikka antimonipitoisuus oli standardin mukainen ja  $\beta$ -faasi esiintyi erillisinä epäyhtenäisinä alueina.

## 7 Yhteenveto

- Sinkinkadon esiintymiseen vaikuttavat seoksen koostumus ja erityisesti inhibiittipitoisuus (As, Sb), lopputuotteen mikrorakenne ( $\beta$ -faasin osuus ja sen jakautuminen) sekä veden laatu. Ennen aikaisen sinkinkadon riski on suuri tuotteessa,
  - jonka materiaali ei sisällä inhibiittia tai siinä on tavanomaista enemmän rautaa,
  - jossa  $\beta$ -faasia on paljon ja se muodostaa jatkuvan verkoston ja
  - jota käytetään syövyttävässä vedessä.
- Kaikissa tutkituissa hananäytteissä oli joko arseenia tai antimonia määrittämissä (0,01 %) ylittäviä määriä, mutta hyvin pienillä pitoisuuksilla eli pitoisuuden ollessa määrittämissä tuntumassa näytteissä tapahtui sinkinkatoa lukuun ottamatta teknisesti hyvälaatuisessa vedessä vasta muutaman vuoden käytössä ollut hanaa (19).
- Kaikissa niissä messinkilaaduissa, joissa todettiin vähintään 0,02 % arseenia tai antimonia, arseeni esti antimonia huonommin sinkinkatoa. Erityisesti näin tapahtui, jos seoksessa oli myös korkeammat prosenttiosuudet rautaa ja tinaa. Arseeni estää  $\alpha$ -faasin sinkinkatoa, mutta arseenin määrän lisääntyminen näyttää kuitenkin jostain syystä lisänneen  $\beta$ -faasin sinkinkatoa.
- Lopputuotteen mikrorakenne vaikuttaa sinkinkadon esiintymiseen. Sinkinkatoa esiintyi lähes kaikissa näytteissä, joissa  $\beta$ -faasi muodosti jatkuvan verkoston. Poikkeuksena tästä oli kaksi teknisesti hyvälaatuisessa vedessä vasta muutaman vuoden käytössä ollut hanaa (19 ja 20).
- Useimmat hanat olivat olleet käytössä syövyttävässä vedessä, mutta sinkinkatoa ei ollut tapahtunut jopa 20 vuodessa hanoissa, jotka sisälsivät antimonia (0,02 %) ja joissa  $\beta$ -faasi muodosti erillisiä epäyhtenäisiä alueita. Sen sijaan sinkinkatoa tapahtui jo kolmessa vuodessa hanassa, jossa oli inhibiittivajausta ja jossa  $\beta$ -faasin osuus oli suuri ja paikoin verkottunut. Riittävän syövyttävässä vedessä sinkinkatoa havaittiin myös ns. sinkinkadon kestävässä messingissä.
- Teknisesti hyvälaatuisessa (ei-syövyttävässä) vedessä käytössä olleita hananäytteitä tutkittiin 3 kpl. Kaksi näistä olivat olleet käytössä vain neljä vuotta, eikä niissä todettu sinkinkatoa inhibiittivajauksesta ja/tai  $\beta$ -verkostosta huolimatta. Sinkinkatoa oli kuitenkin tapahtunut myös teknisesti hyvälaatuisessa vedessä 25 käyttövuoden aikana hanassa, jonka mikrorakenteessa oli  $\beta$ -verkostoa.

Suomessa on käytetty sinkinkadonkestäviä messinkejä vesilaitteistojen tuotteissa jo 1980-luvulta lähtien, mutta vesikalusteissa sallittiin aiemmin kuitenkin vähäinen määrä sinkinkatoa. Nykyisissä ympäristöministeriön antamissa olennaisia teknisiä vaatimuksia koskeissa tuotekohtaisissa asetuksissa kaikkien vesilaitteiston messinkiosien vaatimukset yhdenmukaistettiin. Vesikalusteiden tulee siis myös täyttää sinkinkadolle asetetut vaatimukset. Kelpoisuus näiltä osin osoitetaan standardin SFS-EN ISO 6509 mukaisella laboratoriotestauksella. Testissä näytteeseen saa tulla sinkinkatoa korkeintaan 200  $\mu\text{m}$ :n syvyydelle.

Suoritettujen tutkimusten tulosten perusteella sinkinkatoa todettiin vuosina 1995–2017 käyttöön otetuissa hanoissa, mutta toisaalta ei todettu vuosina 2000–2016 käyttöön otetuissa hanoissa. Sinkinkadon esiintyminen liittyi tuotteen epätoivottuihin materiaaliominaisuuksiin ja käyttöolosuhteisiin, erityisesti veden syövyttävyyteen. Tuotekohtaisilla vaatimuksilla pyritään varmistamaan kestävyuden kannalta suotuisat materiaaliominaisuudet. Oikea koostumus ja

asianmukainen valmistustapa eivät kuitenkaan kaikissa tapauksissa takaa messinkiosalle pitkää käyttöikää, sillä syövyttävässä vedessä myös hyvälaatuisten tuotteiden sinkinkatoriski on olemassa. Suomalaiset luonnonvedet ovat useimmiten syövyttävämpiä kuin esimerkiksi Keski-Euroopan vedet, joiden pH-arvo, kovuus ja alkaliteetti ovat erilaisesta maaperästä johtuen korkeammat. Suomessa ei ole asetettu vesilaitoksille sitovia vaatimuksia talousveden syövyttävyyden vähentämiseksi, joten terveydelliset vaatimukset täyttävät talousvedet voivat olla syövyttäviä. Vaatimus sinkinkadonkestävistä messinkiosista on siis tarpeen riittävän kestoajan saavuttamiseksi vesilaitteistoissa.

Suomen kansalliset vaatimukset poikkeavat esim. Ruotsin vaatimuksista, sillä Ruotsissa hyväksynnän saa lähtömateriaali eli tietty messinkiseos. Samasta seoksesta voi kuitenkin valmistaa mikrorakenteeltaan erilaisia lopputuotteita, ja mikrorakenteesta riippuu lopputuotteen kestävyys. Suomen vaatimus lopputuotteen testauksesta on siis perusteltua.

Uusi EU:n juomavesidirektiivi tuli voimaan tammikuussa 2021. Direktiivin pohjalta tullaan asettamaan veden kanssa kosketuksissa oleville rakennusmateriaaleille yhteiset terveysperusteiset vähimmäisvaatimukset. Juomavesidirektiivin mukaisesti komissio julkaisee viimeistään 12.1.2025 luettelot EU:ssa sallituista lähtöaineista, koostumuksista tai ainesosista, joiden käyttö on sallittu talousveden kanssa kosketuksissa olevien materiaalien tai tuotteiden valmistuksessa (nk. positiivilistat). Messinkiosille merkittävä muutos on juomaveden lyijypitoisuuden enimmäisarvon laskeminen 15 vuoden siirtymäajan puitteissa 10 µg/l:sta 5 µg/l:aan. Tämä merkitsee painetta kehittää vähälyijyisiä tai lyijyttömiä messinkiseoksia vesikalusteisiin. Juomavesidirektiivi koskee veden terveydellistä laatua, mutta myös messinkituotteiden kansalliset korroosionkestävyyttä koskevat vaatimukset ovat perusteltuja. On siis tärkeää varmistaa, että Suomessa käytetään jatkossakin sinkinkadonkestäviä messinkituotteita.

## Kirjallisuusviitteet

Andersen, A., Fontenay, F. & Rischel Hilbert, L. 2011. Corrosion of brass in drinking water with high alkalinity. Eurocorr' 2011.

AWWA. 1996. Internal Corrosion of Water Distribution Systems - Cooperative Research Report. American Water Works Association Research Foundation & DVGW-Technologiezentrum Wasser. Second Edition. 586 s.

Eurofins Expert Services Oy. 2020. Tutkimus sekoittajien sinkinkadosta. Tilaja Satakunnan ammattikorkeakoulu Oy. Raportti EUFI29-20002347. (luottamuksellinen)

Johansson, L. 2012. Methods for assessment of lead release from brass to drinking water. Master thesis work for Environmental Engineering. Luleå University of Technology & Swerea KIMAB, Stockholm. 59 s.

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

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

Mattsson, E. 1990. Tappvattensystem av kopparmaterial. Korrosionsinstitutet. 31 s.

Miekk-oja, H.M. 1965. Metallioppi. Otava. 671 s.

Nordic Brass Gusum AB. 2021. Typpgodkännanden. Saatavilla 30.11.2021: <https://www.nordicbrass.se/produkter/typpgodkannanden>

RISE. Certifierade produkter. Research Institutes of Sweden. Saatavilla 30.11.2021: <http://publiccert.ri.se/sv/Product/Search/>

Spångberg, A. & Svensson Hultgren, C. 2021. Tappvattenkvaliténs påverkan på ventilers livslängd. Examensarbete i miljöteknik. Linnéuniversitetet, Kalmar Växjö. 102 s.

Stålnacke, E. 2017. Microstructure-corrosion interrelations in new low-lead and lead-free brass alloys. Degree project, KTH Royal Institute of Technology, School of Industrial Engineering and Management. Stockholm. 78 s.

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

Tunturi, P.J. & Hinttala, J. 1978. Messinkiventtiilien sinkinkadon estäminen ja tyyppihyväksyntä. LVI-lehti 30(1978)4, s. 16–20.

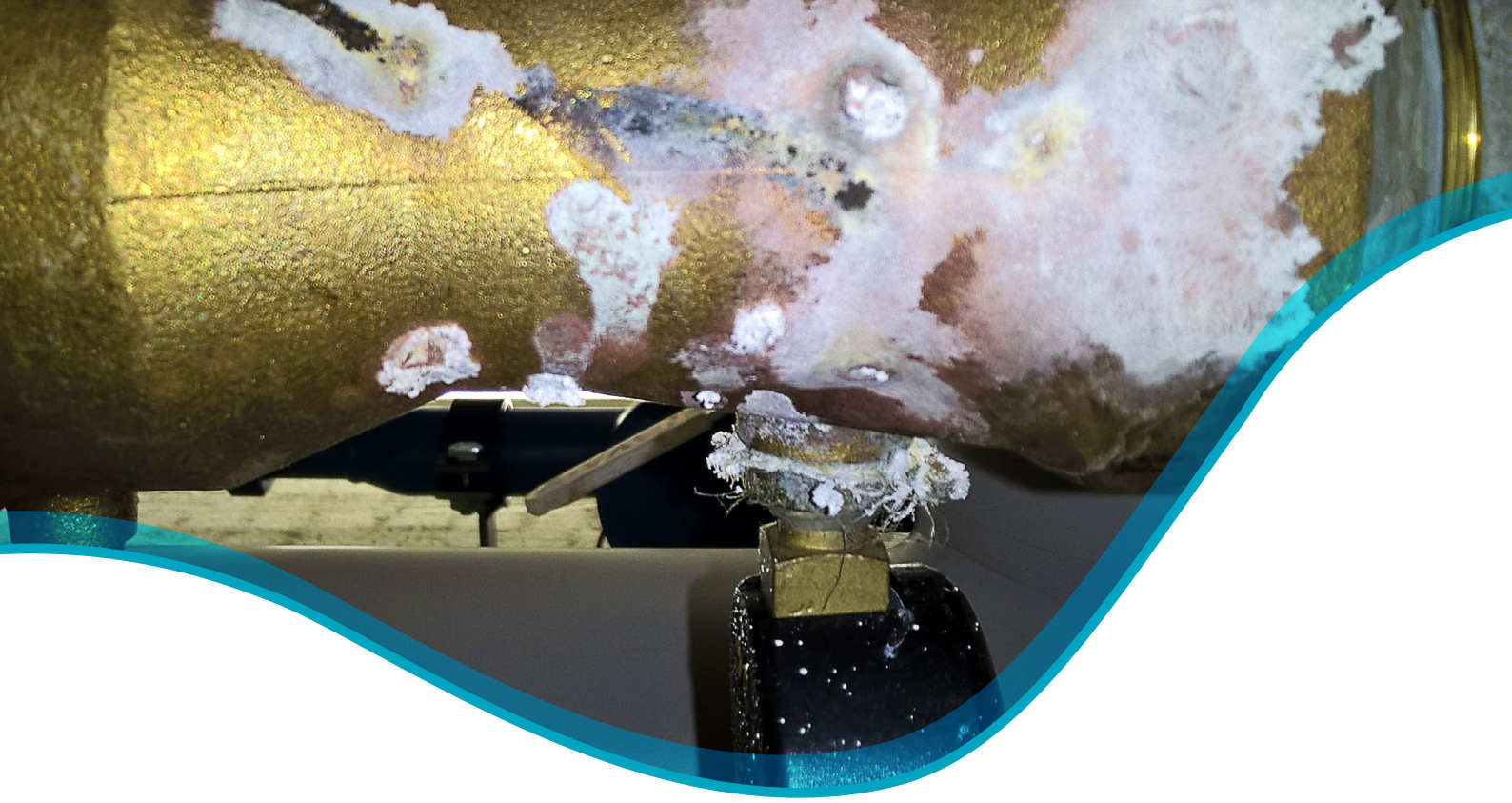


Ympäristöministeriö 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D1. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. 65 s. (ei voimassa 2018)

Ympäristöministeriö 2018. Ympäristöministeriön asetus 1047/2017 rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 11 s.

Ympäristöministeriön asetus 497/2019 rakennusten vesilaitteistoihin tarkoitettujen vesikalusteiden olennaisista teknisistä vaatimuksista.

Zhou, P.P. 2017. An in situ kinetic investigation of the selective dissolution mechanism of Cu alloys. Doctoral Thesis. Université Pierre et Marie Curie, L'Ecole doctorale de Chimie Physique et de Chimie Analytique de Paris Centre. 181 s.



Suomessa on käytetty sinkinkadonkestäviä messinkejä vesilaitteistojen tuotteissa jo 1980-luvulta lähtien, mutta vesikalusteissa sallittiin aiemmin vähäinen määrä sinkinkatota. Nykyisissä ympäristöministeriön antamissa olennaisia teknisiä vaatimuksia koskevissa tuotekohtaisissa asetuksissa kaikkien vesilaitteiston messinkiosien vaatimukset yhdenmukaistettiin. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla ennen lainsäädännön muuttumista asennetuissa vesikalusteissa sinkinkadonkestävän ja tavallisen messingin kestävyuden eroa metallisia materiaaleja syövyttäväksi luokitellun vedenlaadun alueella. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa hanojen sinkinkadosta tietoa kansallisten päätösten tueksi.

Sinkinkadon esiintyminen liittyi tuotteen epätoivottuihin materiaaliominaisuuksiin ja käyttöolosuhteisiin, erityisesti veden syövyttävyyteen. Tuotekohtaisilla vaatimuksilla pyritään varmistamaan kestävyuden kannalta suotuisat materiaaliominaisuudet. Tutkimuksen tulosten perusteella vaatimus sinkinkadonkestävistä messinkiosista on tarpeen riittävän kestoian saavuttamiseksi vesilaitteistoissa.

ISBN 978-951-633-348-2