

Anu Pitkäaho-Juntunen

**KALKKIKIVIALKALOIDUN TALOUSVEDEN VAIKUTUS LÄMMI-  
TYSJÄRJESTELMIIN**

# **KALKKIKIVIALKALOIDUN TALOUSVEDEN VAIKUTUS LÄMMI- TYSJÄRJESTELMIIN**

Anu Pitkäaho-Juntunen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikka

---

Tekijä: Anu Pitkäaho-Juntunen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kalkkikivialkaloidun talousveden vaikutus lämmitysjärjestelmiin

Opinnäytetyön nimi englanniksi: The Effects of Limestone Alkalised Drinking Water to Heating Systems

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020

Sivumäärä: 26 + 1 liite

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa kalkkikivialkaloidun pohjavedestä valmistetun talousveden vaikutuksia lämminvesijärjestelmille erityisesti alueilla, joilla talousvesi valmistetaan happamasta pohjavedestä, ja selvittää mahdollisen jatkotutkimuksen tarvetta aiheesta. Lisäksi tavoitteena oli toteuttaa lämmitysjärjestelmäratkaisuiden suunnittelijoille ohjeistus, jossa neuvotaan huomioidaan veden ominaisuudet suunnitteluvaiheessa.

Talousveden soveltuvuutta lämminvesijärjestelmiin ei ole aiemmin juuri kyseenalaistettu. Soveltuvuus riippuu kuitenkin raakaveden ominaisuuksista eikä ole siten niin yksiselitteinen asia Suomessa. Kalkkikivialkaloinnin tiedetään aiheuttavan saostumia lämminvesijärjestelmille, mutta tätä asiaa ei yleensä huomioida lämminvesijärjestelmien suunnittelussa. Aiemmin talousvesi alkaloitiin yleisesti lipeällä, mutta nykyään vesilaitokset ovat siirtyneet laajalti kalkkikivialkalointiin. Talousvesiasetuksen laatutavoitteissa linjataan, ettei talousvesi saa aiheuttaa saostumia ja syöpymiä vesilaitteistolle. Kalkkikivialkaloinnin seurauksena kalkki kuitenkin saostuu vettä lämmitettäessä ja aiheuttaa ongelmia lämminvesijärjestelmille. Asia täytyy huomioida lämminvesilaitteistojen suunnittelussa ja vedenkäyttäjiä tulee ohjeistaa alueilla, joilla ongelma esiintyy.

Työn toimeksiantajana oli Limingan Vesihuolto Oy. Limingan vesihuolto Oy valmistaa pohjavedestä talousvettä yhteensä noin 7000 vedenkäyttäjälle ja vettä jaetaan yhteensä noin 400 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Työssä tarkasteltiin talousveden laatuvaatimuksia ja talousveden käyttöä lämminvesijärjestelmissä sekä vedenkäsittelymenetelmiä erityisesti painottaen pohjavesien käsittelyä. Lisäksi työssä pohdittiin jatkotutkimuksen tarvetta ja mahdollisen ongelman laajuutta yleisesti.

---

Asiasanat: kalkkikivialkalointi, korroosio, talousvesi, vedenkäsittely, lämminvesijärjestelmä, pohjavesi

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 TALOUSVESI	6
2.1 Talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet	6
2.2 Talousveden laatupoikkeamat	7
2.3 Talousvesi lämminvesijärjestelmissä	8
2.4 Vedenkäsittely	9
3 VEDEN ALKALOINTI	15
3.1 Korroosio	15
3.2 Alkaloinnin teoria	19
3.3 Kalkkikivialkalointi	21
3.4 Toimenpiteet ongelmakohteissa	22
4 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	26
LIITTEET	
Liite 1 Tutkimussuunnitelma	

# 1 JOHDANTO

Talousvettä on käytetty kotitalouksien lämminvesijärjestelmissä pitkään ja yleisesti ottaen se onkin sopinut siihen tarkoitukseen. Vesilaitosten siirtyessä enenevässä määrin kalkkikivialkalointiin lipeällä alkaloinnin sijaan on jatkossa huomiotava kalkkikivialkaloidun veden mahdolliset haittavaikutukset lämminvesijärjestelmille tietyillä happaman raakaveden alueilla.

Idea opinnäytetyöhön syntyi omasta havainnosta: uudehkon omakotitalon lämminvesijärjestelmän veden pH:n huomattiin olevan hyvin matala ja kiertoveden olevan ruskeaa, sakeaa ja rautapitoista. Vettä verrattiin toisen lähistöllä olevan vanhemman talon kiertoveteen ja havaittiin verrokkiveden olevan laadultaan erinomaista. Tämä herätti kysymyksiä ja selvisi, että vanhemman talon vesi on aikanaan alkaloitu lipeällä ja se on oletettavasti siksi säilyttänyt ominaisuutensa myös lämpimän veden kiertojärjestelmässä.

Työssä laaditaan tutkimussuunnitelma ja sen pohjalta ohjeistus tilaajan käyttöön lämminvesijärjestelmäratkaisujen suunnittelijoille. Lisäksi tarkastellaan talousveden laatuvaatimuksia, käydään läpi vedenkäsittelymenetelmiä ja perehdytään tarkemmin vesijohtoverkoston korroosioon sekä alkalointimenetelmiin keskittyen erityisesti kalkkikivialkalointiin. Työssä pohditaan myös, miten jatkossa kalkkikivialkaloidun veden käyttö lämminvesijärjestelmissä tulisi ottaa huomioon tietyillä alueilla.

Työn tilaajana toimii Limingan Vesihuolto Oy. Limingan vesilaitos huolehtii vesijohtoveden hankkimisesta ja jakelusta sekä viemärlaitoksen toiminnasta Limingassa ja Tyrnävän kunnan Temmeksen kylässä sekä Rantsilan kunnan pohjoisosassa. Yhtiön jakama vesi on kokonaan pohjavettä. Limingan vedellä on asiakkaita noin 2400 kappaletta ja vedenkäyttäjiä noin 7000 kappaletta. Vettä jaetaan kuluttajille noin 400 000 m<sup>3</sup> vuodessa. (Limingan Vesihuolto 2020, linkit Yhtiö -> Tietoa vedestämme)

## **2 TALOUSVESI**

Talousvedellä tarkoitetaan vettä, jota käytetään kotitalouksissa juomavetenä, ruoanvalmistuksessa ja yleisen hygienian ylläpitämisessä. Talousvettä on myös julkisissa tai kaupallisen toiminnanharjoittajan tiloissa ihmisten käyttöön tai elintarvikkeiden valmistukseen käytetty vesi. Kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo talousveden laatua säännöllisesti. Laadunvalvonnan tarkoituksena on varmistaa, että talousvesi on säädösten mukaista eikä aiheuta haittaa terveydelle. Viranomaisvalvonta kattaa myös vesilaitoksen riittävän omavalvonnan ja riskienhallintakeinojen ajantasaisuuden varmistamisen. (Valvira 2019, 1; 17.11.2015/1352.)

### **2.1 Talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet**

Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut talousvesiasetuksessaan talousvedelle laatuvaatimuksia ja -tavoitteita. Laatuvaatimuksissa luetellut mikrobit ja kemialliset aineet ovat jo hyvin pieninä pitoisuuksina ihmisen terveydelle vaarallisia. Laatuvaatimukset taas pitävät sisällään veden syövyttävyyteen ja aistinvaraisiin asioihin liittyviä asioita. Laatuvaatimukseen on kirjattu, että talousvedessä ei saa olla mitään haitallisia aineita, pieneliöitä tai loisia sellaisina määrinä, jotka aiheuttavat haittaa terveydelle. (17.11.2015/1352.)

#### **Laatuvaatimukset**

Laatuvaatimukset on lueteltu kolmeen kategoriaan: mikrobiologiset, kemialliset ja radioaktiiviset. Mikrobiologisista laatuvaatimuksista käy ilmi enimmäisarvot esimerkiksi Escherchia coli -bakteerien määrälle (0 pmy/100 ml) talousvedessä. Kemiallisissa laatuvaatimuksissa on säädetty enimmäisarvot eri alkuaineille ja kemiallisille yhdisteille kuten arseenille ja elohopealle. Radioaktiivisissa laatuvaatimuksissa taas on säädetty enimmäisarvot radonille ja tritiumille sekä radioaktiivisen altistuksen viitteellisen vuosiannoksen maksimimäärä. (17.11.2015/1352.)

## Laatutavoitteet

Talousvesi ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai saostumien syntymistä kiinteistöjen vesilaitteistoissa tai vedenjakeluverkostoissa. Talousveden käyttökelpoisuuteen perustuvat laatutavoitteet on jaettu mikrobiologisiin muuttujiin, veden syövyttävyyteen vaikuttaviin muuttujiin, veden laadun yleisindikaattoreihin (haju ja maku) sekä muuttujiin, joihin vedenkäsittely tai vesienkäsittelylaitteisto on voinut vaikuttaa. (17.11.2015/1352.) Taulukossa 1 on esitetty materiaalien syöpyminen kannalta oleelliset laatutavoitteet.

*TAULUKKO 1. Veden syövyttävyyteen vaikuttavat muuttujat (17.11.2015/1352)*

<b>Veden syövyttävyyteen vaikuttavat muuttujat</b>	
Muuttuja	Enimmäisarvo ja yksikkö
pH	6,5-9,5
Kloridi	alle 250 mg/l
Sulfaatti	alle 250 mg/l
Sähkönjohtavuus	alle 2500 µS/cm

Talousvettä toimittava vesilaitos on vastuussa toimittamansa veden laatutavoitteista ja -vaatimuksista siihen kohtaan saakka, kun vesilaitoksen jakelujohto yhdistyy kiinteistön tonttijohtoon tai kun vesi johdetaan tankkiin (17.11.2015/1352).

### 2.2 Talousveden laatupoikkeamat

Talousveden laatupoikkeamista seuraaviin toimenpiteisiin vaikuttaa se, onko poikkeama laatuvaatimuksessa vai laatutavoitteessa. Jos talousvesi ei täytä sen mikrobiologisia laatuvaatimuksia tai jos siinä on loisia tai pieneliöitä terveydelle haitallisissa määrin, täytyy kunnan terveydensuojeluviranomaisen viipymättä ohjeistaa vedenkäyttäjiä toimenpiteisiin, joilla ehkäistään mahdollisia terveyshaittoja sekä tiedottaa poikkeamasta ja sen mahdollisista vaikutuksista terveydelle. Lisäksi on selvitettävä yhdessä vettä toimittavan vesilaitoksen kanssa mistä laatu-poikkeama johtuu ja määrättävä vesilaitos korjaamaan tilanne pikaisesti. (17.11.2015/1352.)

Jos talousvesi ei täytä sille säädettyjä kemiallisia tai radioaktiivisuuden laatuvaatimuksia tai jos vedessä on muita terveydelle haitallisia aineita, täytyy kunnan terveysturvaviranomaisen edellisessä kappaleessa mainittujen toimenpiteiden lisäksi selvittää, tarvitaanko veden laadun korjaamiseksi välittömiä toimenpiteitä. Lisäksi viranomaisen on määrättävä vesilaitos tekemään poikkeushakemus korjaustoimenpiteiden ajaksi, jos poikkeama ei aiheuta välitöntä terveyshaittaa ja jos tilanteen korjaaminen kestää yli 30 päivää. (17.11.2015/1352.)

Kun kyseessä on laatutavoitepoikkeama, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on selvitettävä, aiheutuuko tavoitepoikkeamasta ihmisille terveyshaittaa. Jos terveyshaitta aiheutuu, terveydensuojeluviranomaisen on meneteltävä edellä mainituilla tavoilla eli ohjeistettava, tiedotettava, määrättävä korjaamaan ja selvitettävä poikkeaman syy. Jos laatutavoitepoikkeama ei aiheuta terveyshaittaa, on viranomaisen tai vesilaitoksen tiedotettava kuluttajia laatu- ja terveysvaikutuksista. (17.11.2015/1352.) Tässä opinnäytetyössä käsitelty kalkkikivialkaloinnin aiheuttama mahdollinen haitta lämminvesijärjestelmille olisi talousvesiasetuksen mukaan laatutavoitepoikkeama ja vaatisi vesilaitoksilta tiedotus- ja ohjeistusmenettelyn kuluttajille ja suunnittelijoille.

### **2.3 Talousvesi lämminvesijärjestelmissä**

Talousvedelle annetut laatuvaatimukset ja -tavoitteet ovat terveysperusteisia, koska ne on annettu juomavedelle. Jos jokin terveysperusteinen raja-arvo ylittyy, se saa heti suurta huomiota tiedotusvälineissä ja aiheuttaa huolestuneisuutta ihmisten keskuudessa. Jos jokin muu kuin terveysperusteinen raja-arvo ylittyy, se ei aiheuta vastaavaa mediahuomiota, vaikka sen taloudelliset vaikutukset, esimerkiksi korroosion takia, olisivat huomattavat. (Kapanen 1995, 90.)

Kotitalouksien lämminvesijärjestelmissä käytetään kiertovetenä yleisesti talousvettä. Rakennusta suunniteltaessa tulisi suunnittelijan tiedossa olla rakennukseen johdettavan veden laatu, jotta rakennuksen tekninen laiteisto voidaan optimoida käytettävissä olevan veden mukaan. Varsinkin lämmitysveden laatuun tulisi kiinnittää suurta huomiota, koska verkoston vesipiiri on suljettu ja vettä ei vaihdeta yleensä kuin suurten korjausten yhteydessä. (1047/2017; Kapanen 1995, 90.)

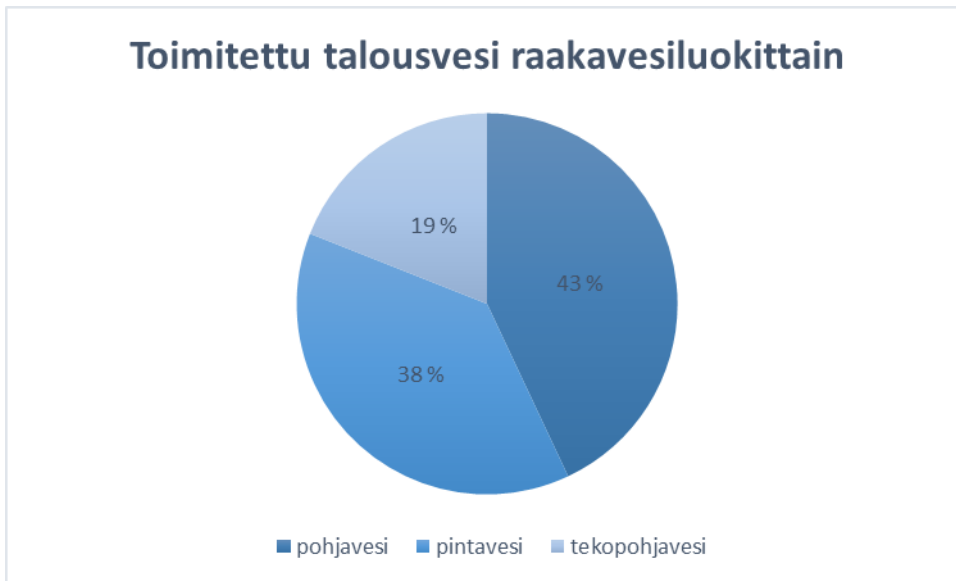


Jos paikallinen talousvesi osoittautuu syövyttäväksi, on syytä harkita lämmitysveden tuontia muualta korroosion välttämiseksi. Korroosion aiheuttamat kustannukset ovat paljon suuremmat kuin lämmitysveden laadun varmistaminen ja mahdollinen vedenkäsittely korroosion ehkäisemiseksi. Näihin asioihin tulee jatkossa kiinnittää entistä suurempaa huomioita ja on toivottavaa, että tietoisuus aiheesta tulee lisääntymään. (1047/2017; Kapanen 1995, 90.)

## **2.4 Vedenkäsittely**

Suurin osa Suomen kotitalouksista kuuluu vesijohtoverkoston piiriin. Talousvesi valmistetaan joko pintavedestä, pohjavedestä tai tekopohjavedestä. Pintavesi ei koskaan sovellu sellaisenaan juomavedeksi epäpuhtauksien ja korkean humuspitoisuutensa vuoksi. Osa maamme pohjavedestä on suoraan juomakelpoista eikä siis välttämättä vaadi desinfiointia tai alkalointia. Yleensä pohjavettä kuitenkin käsitellään, jotta vältetään veden aiheuttamat syöpymät ja varmistetaan veden mikrobiologinen puhtaus. Tekopohjavesi on lopulta vedenotto-kaivoon kulkeuduttuaan ominaisuuksiltaan lähes pohjaveden kaltaista. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 2020, linkit Ympäristöterveys -> Vesi; Karttunen 1999, 127; Suomen vesilaitosyhdistys ry 2016, 16–17.)

Vuonna 2018 talousvedestä 43 % valmistettiin pohjavedestä, 38 % pintavedestä ja loput 19 % sadetuksen tai imeytyksen avulla tuotetusta tekopohjavedestä (kuva 1). Talousvettä toimitettiin noin 4,5 miljoonalle vedenkäyttäjälle yhteensä 153 vedenjakelualueelta. Vedenkäyttäjien määrä lisääntyi 25 000 henkilöllä edellisvuodesta. (Zacheus 2018, 3.)



*KUVA 1. Vuonna 2018 toimitettu talousvesi raakavesiluokittain (Zacheus 2018, 3)*

Vedenkäsittelyn tärkeimpänä tavoitteena on tuottaa mahdollisimman hyvälaatuista ja terveellistä juoma- ja talousvettä. Tämän lisäksi vedenkäsittelyssä tulee huomioida korroosion hallinta sekä estää verkoston ja lämminvesijärjestelmän saostumien muodostuminen. Korroosiota aiheuttavat ominaisuudet sekä korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet korostuvat pohjavesien käsittelyssä koska Suomen pohjavedet ovat luonnostaan kohtalaisen happamia. Oikeanlaisella vedenkäsittelyllä voidaan vaikuttaa veden syövyttävyyteen ja nostaa putkiston käyttöikä moninkertaiseksi. Tässä työssä käydään läpi tarkemmin pohjavesien käsittelyä, koska kalkkikivialkaloinnin mahdolliset haitalliset vaikutukset korostuvat happamista pohjavesistä valmistetussa talousvedessä. (Rontu 1992, 9; Suomen kaupunkiliiton julkaisu 617, 58.)

Talousvettä käsitellään joko fysikaalisilla menetelmillä tai kemiallisilla prosesseilla tai niiden yhdistelmällä. Puhdistuksessa käytetyssä hidassuodatuksessa on myös biologisia osatekijöitä, mutta varsinaisesti itse pääprosessi on fysikaalinen. Biologinen prosessi pelkästään ei täytä talousvedelle asetettuja vaatimuksia. Taulukossa 2 on lueteltu vedenpuhdistuksessa käytetyt menetelmät ja jaoteltu ne käsittelymenetelmän mukaan. (Karttunen 1999, 128.)

TAULUKKO 2. Talousveden puhdistuksessa käytetyt puhdistusmenetelmät  
(Karttunen 1999, 129)

Poistettava epäpuhtaus	Yksikköprosessi/ käsittelysystemi	Kemiallinen (K)/ Fysikaalinen (F)
Patogeeniset (sairauksia aiheuttavat) organismit	Klooraus	K
	Otsonointi	K
Sameus ja suspendoituneet aineet	Välppäys	F
	Laskeutus	F
	Suodatus	F
	Koagulaatio/	K
	Flokkaus/	F
	Laskeutus/	F
	Suodatus	F
Väri	Adsorptio	F/K
	Ioninvaihto	K
	Koagulaatio/	K
	Flokkaus/	F
	Laskeutus/	F
	Suodatus	F
Maku ja haju	Ilmastus	F/K
	Adsorptio	F

	Kemiallinen hapetus	K
Orgaaniset aineet	Adsorptio	K
	Ioninvaihto	K
	Otsonointi	K
	Koagulaatio/	K
	flokkaus/	F
	laskeutus/	F
	Suodatus	F
Kovuus, Ca <sup>++</sup> ja Mg <sup>++</sup>	Kemiallinen saostus	K
	Ioninvaihto	K
Liuenneet kaasut	Ilmastus	F
	Klooraus	K
	Ioninvaihto	K
Raskaat metallit	Kemiallinen saostus	K
	Ioninvaihto	K
Rauta ja mangaani	Ioninvaihto	K
	Ilmastus/	K
	Saostus/	F

	suodatus	F
Liuenneet suolat	Käänteinen os- moosi	F
	Tislaus	F

## Pohjavedet

Pohjavettä syntyy sadeveden imeytyessä ja suodattuessa maaperään. Pohjaveden laatuun vaikuttavat sadeveden laatu, maaperän mineraalikerrosten laatu ja maaperässä tapahtuva biologinen toiminta. Pohjavesien humus- ja bakteeripitoisuudet ovat huomattavasti matalammat kuin pintavesissä ja muun muassa siitä syystä pohjavesien käsittely on yleensä yksinkertaisempaa kuin pintavesien. (Kaplanen 1995, 84.)

Tavallisimmat pohjaveden käsittelymenetelmät ovat raudan ja mangaanin poisto, desinfiointi sekä alkalointi eli pH:n nosto. Korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat seurausta pohjaveden matalasta happipitoisuudesta: niukkahappinen vesi liuottaa maaperästä rautaa ja mangaania. Rautaa ja mangaania voidaan poistaa vedestä muun muassa hiekkasuodatuksella ja hapettamalla se saostuvaan muotoon. (Suomen vesilaitosyhdistys ry 2016, 17.)

Pohjaveden jatkuva desinfiointi ei ole pakollista, mutta se on suositeltavaa veden hygieenisyyden varmistamiseksi. Jos vettä ei desinfioida jatkuvasti, tulee vesilaitoksella kuitenkin olla valmius aloittaa desinfiointi muutamassa tunnissa. (Suomen vesilaitosyhdistys ry 2016, 17.)

Pohjavedet ovat lähestulkoon aina metallisia putkistoja ja laitteistoja syövyttäviä. Syövyttävyyden aiheuttaa veden pehmeys ja happamuus sekä pohjaveden alhainen puskurointikyky. Happamuus johtuu siitä, että pohjavesissämme on runsaasti hiilihappoa ja hapan maaperä ei neutraloi hiilihapon aiheuttamaa happamuutta. Hiilihappoa muodostuu, kun pintavesi suodattuu maakerrosten läpi ja mikrobit toiminta hajottaa vedessä olleet orgaaniset aineet hiilidioksidiksi ja ve-

deksi. Hiilihappo pysyy vedessä, koska pohjavesi on paineenalaisena. Pintavesissä sen sijaan hiilihappo on ilmakehän hiilidioksidimäärän mukaisessa tasapainossa. Vesianalyysin avulla voidaan selvittää, kuinka kaukana kalkkihiilidioksiditasapainosta vesi on ja analyysin perusteella voidaan arvioida veden alkaloinnin tarve. (Rontu 1992, 10; Karttunen 1999, 128.)

### **Pintavedet**

Pintaveden laatuun ja sitä kautta käsittelytarpeeseen vaikuttavat muun muassa valuma-alueen maaperän laatu, lähistöllä olevan maatalouden määrä sekä vesistöön johdettavat teollisuuden tai kotitalouksien jätevedet. Pintavesien happipitoisuus on suuri, suolapitoisuus matala ja pintavedet ovat yleensä pehmeitä. Suomen pintavesien korkea humuspitoisuus ilmenee veden ruskeana värinä. Humus on orgaanisen aineksen maatumisprosessissa muodostuvaa erittäin hienojakoista ainesta, joka on liennut kokonaan veteen. Humuksen hiukkaskoko on alle 0,45 mikrometriä. Pintavesien sameus johtuu vedessä olevista kiintoaineista kuten savesta tai turpeesta. Kiintoaineiden hiukkaskoko on yli 0,45 mikrometriä. (Kapanen 1995, 83; Vapo 2012, linkit Ympäristökoulutus ja -tiedotus -> Tietoa humuksesta.)

Pintavedet vaativat aina monivaiheisen kemiallisen käsittelyn. Tavanomainen pintavesilaitoksen prosessi sisältää seuraavat vaiheet: välppäys ja siivilöinti, sostonkemikaalin ja pH:n säätökemikaalin annostelu ja pikasekoitus, hämmennys, selkeytys, hiekkasuodatus, hajun ja maun parantaminen, pH:n nosto ja desinfiointi. Pintavesien käsittelymenetelmä täytyy kuitenkin aina valita tapauskohtaisesti, koska pintavesien laatu vaihtelee alueellisesti hyvinkin paljon. (Suomen vesilaitosyhdistys 2016, 17; Karttunen 1999, 133.)

### 3 VEDEN ALKALOINTI

Talousvesiasetuksen mukaan talousvesi ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisia saostumia kiinteistön vesilaitteistossa tai vedenkäytölaitteissa. Verkostokorroosio aiheuttaa suuria kustannuksia, mutta myös terveydellistä haittaa esimerkiksi raudan liueteessa veteen. Lisäksi korroosion aiheuttamat saostumat putkien sisäpinnoilla huonontavat putkistojen virtausta ja sitä kautta kasvattavat pumppauskustannuksia. Korroosioon vaikuttavat useat eri tekijät, mutta veden laatuun vaikuttaminen on tärkein tekijä putkimateriaalin korroosion eston kannalta. Veden syövyttävyyttä vähennetään alkaloinnilla eli nostamalla veden pH emäksisen puolelle (yli 7). Pohjavesilaitosten yleisimmin käyttämät alkalointikemikaalit ovat lipeä (natriumhydroksidi  $\text{NaOH}$ ), sooda (natriumkarbonaatti  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ja kalkki (vesilaitoskalkki, kalsiumhydroksidi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Vaihtoehtoisesti alkaloinnissa voidaan käyttää kalkkikivisuodatusta ( $\text{CaCO}_3$ ) tai ilmastusta. (Rontu 1992, 24; Kapanen 1995, 88; Suomen vesilaitosyhdistys 2016, 19.)

#### 3.1 Korroosio

Useimmat metallit esiintyvät luonnossa erilaisina termodynaamisesti stabiileina yhdisteinä, joista metallin valmistukseen soveltuvia yhdisteitä kutsutaan malmeiksi. Kun näistä malmeista valmistetaan metalleja tai metalliseoksia, niiden vapaaenergiatilaa kohotetaan ulkopuolisella energialla kuten lämmöllä ja sähköllä. Kaikki jalostetut metallit pyrkivät takaisin termodynaamisesti stabiiliin olotilaansa. Tätä muutosprosessia, jossa energia pyrkii vapautumaan metallista, kutsutaan yleisesti korroosioksi. (Kapanen 1995, 11.)

Tässä työssä keskitytään vedessä tapahtuviin korroosioreaktioihin ja tarkemmin lämminvesijärjestelmissä yleisesti käytettyjen materiaalien, kuparin ja raudan, korroosioon. Vedessä tapahtuva korroosio on sähkökemiallinen ilmiö, jossa metalli pyrkii tasapainotilaan ympäristön kanssa. Suomessa etenkin pohjavedet, mutta alueellisesti myös pintavedet ovat syövyttäviä happamuutensa ja pehmeytensä vuoksi. Jotta veden syövyttävyyttä voidaan arvioida, vesijohtovedelle on asetettu tietyt kriteerit syövyttävyyden suhteen (taulukko 3). Kuitenkaan kaikkia

laatumerkkien vaikutuksia korroosioon ei vielä tunneta, ja korroosion ilmeneminen ei aina noudata tiettyä kaavaa. (Suomen kaupunkiliiton julkaisu 617 1991, 28–32.)

*TAULUKKO 3. Syövyttävän veden ohjearvot (Kapanen 1995, 88)*

<b>Vesi on syövyttävää jos</b>	
pH	alle 8,3
alkaliteetti	alle 0,6 mval/l
kloridipitoisuus	yli 50 mg/l
sulfaattipitoisuus	yli 100 mg/l
KMnO <sub>4</sub> -kulutus	yli 20 mg/l
Al -pitoisuus	yli 0,3 mg/l
Fe -pitoisuus	yli 0,3 mg/l tai
Mn -pitoisuus	yli 0,1 mg/l
bikarbonaattikovuus	alle 2,8 °dH
vapaa hiilidioksidipitoisuus	yli 0 mg/l
happipitoisuus	alle 6 mg/l

Vedessä tapahtuvassa korroosiossa hapettumis- ja pelkistymisreaktiot tapahtuvat rinnakkain. Hapettumisreaktiossa positiivisesti varautunut anodi pyrkii luovut-



tamaan liuokseen eli elektrolyyttiin positiivisia ioneja. Pelkistymisreaktiossa negatiivisesti varautunut katodi vastaanottaa hapettuvan aineen luovuttamia elektroneja. (Kapanen 1995, 12.)

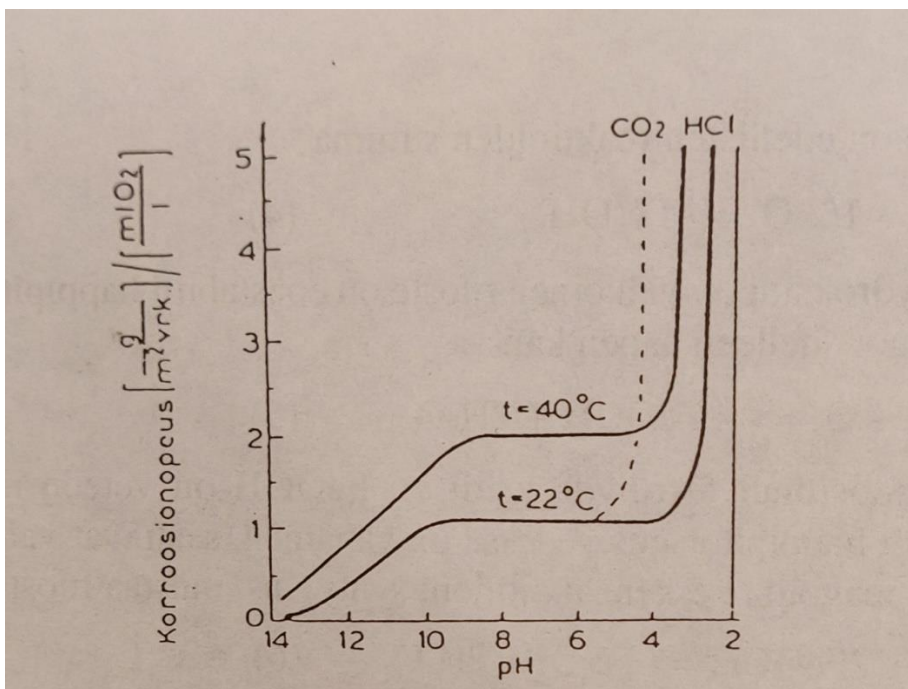
Kun metalli-ioneja irtoaa veteen, ne joko reagoivat vedessä olevien yhdisteiden kanssa muodostaen saostuman putken pinnalle tai liukenevat veteen ja saostuma jää muodostumatta. Saostuman muodostuminen tai muodostumatta jääminen riippuu oleellisesti veden ominaisuuksista ja muista olosuhteista kuten käytetyistä materiaaleista. (Suomen kaupunkiliiton julkaisu 617, 28.)

Putkistojen ja muiden vesilaitteistojen suurin yksittäinen saneeraussyy on niiden korrosio. Putkistokorrosio edistää putkistojen tukkeutumista, lisää kunnossapitokustannuksia, lyhentää putkiston käyttöikää ja heikentää veden laatua. Yleisin vesivuotovahinkojen syy on korrosio: kaikista vesivuotovahingoista 34 % on korrosion aiheuttamia. (Kapanen 1995, 21, 40.)

Korrosiota ilmenee eri muodoissa, joista yleisin on tasainen korrosio. Muita korrosiomuotoja ovat pistekorrosio, rakokorrosio, galvaaninen korrosio, valikoiva korrosio ja eroosikorrosio. Tasaisessa korroosiossa metallin syöpyminen tapahtuu tasaisesti koko metallin pinnalla. Tasaista korrosiota ei yleensä pidetä kovin ongelmallisena, koska korrosio saa edetä hyvin pitkään, ennen kuin se aiheuttaa mitään vaurioita. Tasainen korrosio aiheuttaa kuitenkin määrällisesti eniten materiaalihävikkiä. Kuparin tapauksessa kuparin korrosiotuotteet muodostavat tasaisessa korroosiossa usein suojaavan kerroksen, joka pysäyttää korrosion etenemisen. (Kapanen 1995, 21.)

Kuparilla on pääsääntöisesti hyvä korrosionkesto, joka johtuu sekä kuparin ja- loudesta että kuparin pintaan käytössä syntyvästä oksidikerroksesta. Kupari kuitenkin syöpyy happipitoisissa liuoksissa tai muuten hapettavien aineiden sekä emäksisten aineiden kanssa reagoidessa. Happipitoisessa vedessä kuparin pintaan syntyy veteen liunneen hapen vaikutuksesta suojaava oksidikerros. Oksidikerros on stabiilein pH:n ollessa 8,9. Happipitoisuus siis sekä suojaa kuparia korrosiolta että toisaalta myös edesauttaa sitä. Kuparin korrosioneston kannalta merkittävää on pH:n optimoiminen välille 7,5–9,0 ja lämminvesiputkissa käyttölämpötilan pitäminen välillä 55–65 °C. (Kapanen 1995, 22.)

Rauta epäjalona metallina ruostuu hyvin herkästi. Raudan korroosioneston kannalta suojaavan oksidikerroksen muodostuminen on ratkaisevan tärkeää. Suojakerroksen muodostuminen edellyttää, että vesi ei sisällä aggressiivista hiilidioksidia. Aggressiivinen hiilidioksidi syövyttää terästä etenkin happaman pH:n alueella. Lisäksi veden virtausnopeus, bikarbonaattikovuus ja veden kloridipitoisuus vaikuttavat suojakerroksen muodostumiseen. Veden ominaisuuksista pH:lla on erittäin tärkeä merkitys raudan korroosiolle. On myös tärkeää välttää pH:n äkillisiä muutoksia esimerkiksi nostamalla veden puskurointikykyä eli alkaliteettia. Yleisesti ottaen vesi on sitä syövyttävämpää mitä pienempi sen puskurointikyky on. Kuvasta 2 nähdään pH:n ja lämpötilan vaikutus veden korroosionopeuteen. Jo pieni lämpötilan nosto vaikuttaa korroosionopeutta kiihdyttävästi. (Kapanen 1995, 31–32.)



KUVA 2. Veden pH:n vaikutus korroosionopeuteen (Kapanen 1995, 32)

### Korroosiot teoriat

Veden syövyttävyyden vähentämiseen liittyen on esitetty erilaisia korroosioteorioita, joista tunnetuin ja vanhin on kalkkiruostesuojakerrosteoria. Kaikille korroo-

sioteorioille on yhteistä se, että veden hiilihappopitoisuudella ja suoloilla on oleellinen merkitys korroosion kannalta. Kalkkiruostesuojakerros syntyy, kun vesi on käsitelty niin, että siinä vallitsee kalsiumkarbonaatin suhteen ylikyllästetty tila. Toimivan kalkkiruostesuojakerroksen muodostuminen on mahdollista kovissa vesissä, mutta pehmeästä vedestä muodostuva kalkkiruostesuojakerros on koostumukseltaan pehmeää ja huokoista sakkaa eikä näin toteuta tarkoitustaan. (Suomen kaupunkiliiton julkaisu 617 1991, 33.)

Puskuri-intensiteettiteoria painottaa alkaliteetin ja pH:n merkitystä korroosionestossa. Puskurikyvyllä tarkoitetaan aineen kykyä estää happamia ja emäksisiä aineita muuttamasta aineen pH:ta. Veden tapauksessa sen puskurointikyky määräytyy veden hiilihappotasapainon, suolojen määrän ja pH-arvon mukaan. (Suomen kaupunkiliiton julkaisu 617 1991, 33.)

### **3.2 Alkaloinnin teoria**

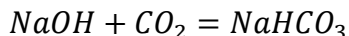
Veden syövyttävyyttä vähennetään alkaloinnilla eli nostamalla veden pH emäksiselle alueelle. Alkalointi myös nostaa veden alkaliteettia ja jotkut alkalointimenetelmät myös veden kovuutta. Vettä voidaan alkaloida useilla eri menetelmillä. Yleisimmät alkaloinnissa käytetyt kemikaalit ovat lipeä eli natriumhydroksidi (NaOH), sooda eli natriumkarbonaatti ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ja kalkki (vesilaitoskalkki, kalsiumhydroksidi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Vaihtoehtoisesti alkalointi voidaan tehdä kalkkikivisuodatuksella tai ilmastuksella. Ilmastuksessa veden hiilidioksidipitoisuus laskee ja veden pH myös hiukan nousee. Yleensä ilmastuksen rinnalla tulee kuitenkin käyttää lisäksi alkalointikemikaalia. Menetelmiä voidaan käyttää myös rinnakkain, esimerkiksi kalkkia ja lipeää yhdessä. Kalkkikivisuodatusmenetelmä on yleistynyt alkalointimenetelmänä huomattavasti muun muassa sen takia, ettei prosessissa ole yliannostelun vaaraa eikä veden pH voi nousta vaarallisen korkealle. (Suomen vesilaitosyhdistys ry 2016, 19; Rontu 1992, 24.)

Kalkki ja kalkkikivi nostavat veden kovuutta sisältämänsä kalsiumin (Ca) takia. Lipeää ja soodaa käytettäessä veden kovuus ei lisääny. Lämminvesijärjestelmien kannalta veden kovuus eli veden kalsium- ja magnesiumsuolojen määrä, on haitallinen asia, sillä kuumentuessaan ne muodostavat kattilakiveä kuumille lämmönsiirtopinnoille. Yleisesti kattilavesi onkin erityisesti siihen tarkoitukseen

valmistettua ionivaihdettua ja hapetonta vettä. (Kapanen 1995, 86; Suomen vesilaitosyhdistys ry 2016, 19.) Tämä tulisikin jatkossa huomioida myös omakotitalokokoluokan suljetuissa lämminvesijärjestelmissä.

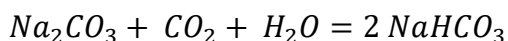
Alkalointikemikaalin tarpeeseen ja alkalointimenetelmän valintaan vaikuttaa veden hiilidioksidipitoisuus. Veden kokonaishiilidioksidipitoisuus koostuu vapaasta hiilidioksidista ( $\text{CO}_2$ ) ja sitoutuneesta hiilidioksidista. Sitoutuneella hiilidioksidilla tarkoitetaan karbonaatin ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ja bikarbonaatin ( $\text{HCO}_3^-$ ) yhteismäärää. Veden pH määrittää näiden eri hiilidioksidityyppien osuudet vedessä. Talousveden pH alueella vallitsevin karbonaattimuoto on bikarbonaatti. Alkalointikemikaalia lisätessä emäksinen alkalointikemikaali muuttaa hiilidioksidia bikarbonaatiksi. Seuraavassa esitetään alkalointiin käytettyjen kemikaalien reaktioyhtälöt. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002, 3–4; Rontu 1992, 25.)

Lipeällä alkaloinnin reaktioyhtälö on kirjattu kaavaan 1. Reaktiossa lipeä ( $\text{NaOH}$ ) reagoi hiilidioksidin kanssa. Reaktiotuotteena muodostuu natriumvetykarbonaattia.



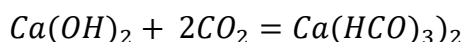
KAAVA 1

Soodalla alkaloinnin reaktioyhtälö on kaavassa 2. Reaktiossa sooda (natriumkarbonaatti,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) reagoi hiilidioksidin ja veden kanssa ja reaktiotuotteena muodostuu natriumvetykarbonaattia.



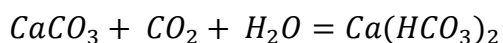
KAAVA 2

Vesilaitoskalkilla eli sammutetulla kalkilla alkaloinnin reaktioyhtälö on esitetty kaavassa 3. Reaktiossa kalsiumhydroksidi reagoi hiilidioksidin kanssa ja reaktiotuotteena muodostuu kalsiumvetykarbonaattia.



KAAVA 3

Kalkkikivialkaloinnin reaktioyhtälö on esitetty kaavassa 4. Reaktiossa kalsiumkarbonaatti reagoi hiilidioksidin ja veden kanssa ja reaktiotuotteena muodostuu kalsiumvetykarbonaattia.



KAAVA 4

### 3.3 Kalkkikivialkalointi

Suomeen rakennettiin ensimmäiset kalkkikivialkalointia käyttävät laitokset 1980-luvulla. Aluksi menetelmä ei yleistynyt kovinkaan vauhdilla, sillä 1990-luvulle tultaessa kalkkikivialkalointi oli käytössä vain alle kymmenessä kohteessa. Kalkkivialkaloinnin suosio kasvoi kuitenkin nopeasti ja vuonna 2000 kalkkivialkalointia käytettiin jo yli sadalla vedenottamolla. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002, 1.)

Kalkkivialkaloinnin suosio perustuu menetelmän helppohoitoisuuteen, toimintavarmuuteen ja turvallisuuteen. Kalkkivialkalointijärjestelmän perustamiskustannukset ovat suuret verrattuna muihin järjestelmiin, mutta toisaalta käyttökustannukset ovat edulliset. Kalkkivialkalointi (kuten myös kalkkialkalointi) lisäävät veden kovuutta toisin kuin lipeällä ja soodalla alkalointi. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002, 1.)

Kalkkivialkaloinnissa kalsiumkarbonaatin liukenemiseen vaikuttavat veden lämpötila, hiilidioksidipitoisuus sekä kalsium- ja bikarbonaatin määrä. Pehmeässä, niukasti hiilidioksidia sisältävässä vedessä, raakaveden hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) muuttuu kokonaan bikarbonaatiksi. Tällöin veden pH voi ylittää arvon 8,3 ja vedessä ollut hiilidioksidi on ollut kokonaan kalkkikiveä liuottavaa, aggressiivista hiilidioksidia. Kovassa raakavedessä kalsium- ja bikarbonaattipitoisuudet ovat korkeita, jolloin veden pH jää alle arvon 8,3 ja kalkkivialkalointi ei pysty poistamaan kaikkea vedessä ollutta aggressiivista hiilidioksidia. Sama tapahtuu, jos vesi on pehmeää, mutta sen hiilidioksidipitoisuus on korkea. Aggressiivinen hiilidioksidi vaikuttaa korroosioreaktiota edistävästi. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002, 6.)

Kalkkivialkaloidun veden korkeat kalsium- ja bikarbonaattipitoisuudet johtavat kalsiumkarbonaatin eli kalkkikiven saostumiseen. Lämpötila vaikuttaa kalkkikiven saostumiseen siten, että kalsiumkarbonaatti liukenee paremmin kylmään kuin lämpimään veteen. Suomessa on suositeltu, että kalsiumkarbonaatti ei saostu kylmässä vedessä, mutta vettä lämmitettäessä kalkki saostuu. Monissa Keski-

Euroopan maissa vesi on kalsiumkarbonaatin suhteen ylikylläistä, jolloin kalkkikiveä saostuu myös kylmästä vedestä. (Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys 2002, 6.) On erittäin tärkeää selvittää aiheuttaako kalkin saostuminen myös pH:n laskun raakaveden pH:n tasolle. Jos näin tapahtuu, niin kalkkikivialkaloidun korroosionesto-ominaisuudet häviävät vettä lämmitettäessä.

Vesi- ja viemärilaitos linjaa, että lämminvesilaitteiden kalkkisaostumat ovat veden alkaloinnin luonnollinen ja väistämätön seuraus. Linjaus on sinänsä erikoinen, että se on ristiriidassa talousvesiasetuksen linjauksen kanssa, jossa säädetään, että talousvesi ei saa aiheuttaa saostumia vesilaitteistolle.

### **3.4 Toimenpiteet ongelmakohteissa**

On tärkeää, että lämmitykseen käytettävä vesi tutkitaan lämmityksen jälkeen ja selvitetään sen mahdolliset korroosiota edistävät ominaisuudet. Tämä on erityisen tärkeää uudisrakennuksien tapauksessa, joissa ongelmat voidaan vielä ehkäistä. Saneerauskohteissa ja kohteissa, joiden lämmitysjärjestelmille halutaan tehdä korjaavia toimenpiteitä, veden tutkiminen auttaa valitsemaan parhaat käytöikää pidentävät toimenpiteet. Lämmitysveden laadun voi varmistaa joko lisäämällä järjestelmään korroosionestoinhibiittejä tai täyttämällä kiertovesipiiri muualta tuodulla, esimerkiksi ionivaihdetulla, vedellä. Kertakustannuksena muualta tuotu vesi kohtalaisen suuri, mutta verrattuna pidentyneeseen käyttöikään ja pienentyneisiin huoltokuluihin investointi maksaa itsensä pian takaisin. (Kapanen 1995, 109.) Muualta tuotu vesi on käytön kannalta inhibointia huolettomampi vaihtoehto, koska kemikaalien lisäys edellyttää säännöllistä veden laadun tarkkailua vesinäytteiden avulla.

Kapasen mukaan ainoa keino varmistaa suljettujen lämminvesipiirien korroosionesto on käyttää korroosionestoinhibiittejä. Inhibiittien käyttö edellyttää perusteellisen vesianalyysin ja täyden tietämyksen käytetyistä materiaaleista. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi käsittely tulisi tehdä puhtaalle järjestelmälle sen ensitäytössä. Inhibiittejä ei tule missään nimessä lisätä järjestelmään ilman perusteellista perehtymistä. Eri inhibiitit myös reagoivat toisiinsa eri tavalla ja pahimmassa tapauksessa, ilman perusteellista taustatutkimusta, käsittelyllä voidaan aiheuttaa järjestelmälle vain lisää ongelmia. (Kapanen 1995, 99.)

Vesilaitosyhdistyksen mukaan kalkkikivisuodatettu vesi voi aiheuttaa liiallista kalkin saostumista lämminvesilaitteisiin ja se voitaisiin välttää laskemalla lähtevän veden pH:ta (Suomen vesilaitosyhdistys ry 2016, 20). Ohjeistus vaikuttaa erikoiselta, sillä jos kalkkisaostumia pyritään ehkäisemään vähentämällä alkaloinnissa käytettävän kalkin määrää, alkaloinnilla tavoiteltava korroosionesto voi jäädä saavuttamatta.

Limingan vesihuolto teettää yhteistyössä Lumijoen ja Paavolan vesilaitosten kanssa suunnittelijoille ohjeistuksen, jossa neuvotaan huomioimaan veden laatu ja mahdolliset ongelmat lämminvesijärjestelmille. Ohjeistuksen tekoa varten tutkitaan eri asiakkailta otettuja vesinäytteitä liitteenä olevan tutkimussuunnitelman mukaisesti. Oletuksena on, että kalkkikivialkaloinnin vuoksi talousvesi ei säilytä ominaisuuksiaan lämpimänä, ja tämä tulee huomioida uudisrakennusten suunnittelussa ja vanhojen kohteiden saneerauksessa.

## 4 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää kalkkikivialkaloidun pohjaveden mahdollisia haittavaikutuksia lämminvesijärjestelmille ja kartoittaa aiheesta saatavilla olevaa tietoa sekä pohtia mahdollista jatkotutkimuksen tarvetta. Talousvesiasetuksen laatutavoitteisiin on kirjattu, ettei talousvesi saa aiheuttaa syöpymiä tai saostumia vesijärjestelmille. Poikkeama tästä laatutavoitteesta edellyttää vesilaitokselta ohjeistusta suunnittelijoille ja vedenkäyttäjille. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös ohjeistuksen tekeminen, mutta aikataulullisista syistä ohjeistus tehdään tämän selvitystyön jatkona.

Vesi- ja viemälaitoksen Kalkkikivialkalointi – opas veden syövyttävyyden vähentämiseksi -julkaisussa todetaan seuraavaa: ”Näin ollen lämminvesilaitteiden kalkkikivisaostumat ovat veden alkaloinnin väistämätön ja luonnollinen seuraus”. Tämä linjaus on ristiriidassa Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksen kanssa.

Kalkkikivialkaloinnista saatujen esitietojen perusteella oletettiin, ettei kalkkivialkaloinnin vaikutuksista lämminvesijärjestelmille ole juurikaan saatavilla tutkittua tietoa. Kalkkivialkalointi on monen lähteen mukaan erinomainen talousveden alkalointimenetelmä. Lähteissä usein sivutaan kuitenkin yhdellä lauseella kalkkivialkaloinnin voivan aiheuttaa ongelmia lämminvesijärjestelmille kalkkisaostumien muodossa. On erikoista, että asia sivuutetaan välinpitämättömään sävyyn. Kalkkisaostumat lämminvesijärjestelmissä aiheuttavat ongelmia, kun kalkki saostuu esimerkiksi lämmönsiirtopinnoille ja näin huonontaa lämmityksen hyötysuhdetta merkittävästi. Lisäksi ongelmia aiheuttaa saostumien seurauksena tapahtuva veden pH:n lasku raakaveden tasolle ja siitä seuraava korrosio lämminvesilaitteistolle ja -putkistolle.

Asiaa täytyy ehdottomasti tutkia lisää ja selvittää vesinäytteiden avulla, missä lämpötilassa veden pH laskee raakaveden tasolle ja kuinka laajasta ongelmasta on kyse. Jos asialle ei tehdä mitään, edessä voi olla valtavat kustannukset enenaikaisesta lämminvesijärjestelmien saneerauksesta. Tämä voitaisiin välttää ohjeistamalla talouksia toimimaan tilanteen vaatimalla tavalla.



Viime aikoina on uutisoitu uusien kupariputkien selittämättömästä ruostumisesta. Asiaa on pohdittu muun muassa Rakennusmaailman verkkojulkaisussa, jossa putkien ruostumiselle yhteiseksi tekijäksi mainittiin pohjaveden käyttö. Herää kysymys, voisiko tässäkin olla kyse kalkkikivialkaloidun pohjaveden happamoitumisesta lämmitettäessä. Toivottavasti asiaa tutkitaan perehtymällä, onko alueen vesienkäsittelyssä tapahtunut muutoksia lähivuosina. Lisäksi vedestä olisi syytä tutkia lämmitetyn veden pH, alkaliteetti, kovuus, hiilidioksidi ja muut oleelliset ominaisuudet.

## LÄHTEET

1047/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta.

17.11.2015/1352. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista

Jaakkola, Heikki 2019. Kupariputkien nopealle syöpymiselle etsitään selitystä. Rakennusmaailma. Saatavissa: <https://rakennusmaailma.fi/kupariputkien-nopealle-syopymiselle-etsitaan-selitysta/>. Hakupäivä: 22.1.2020

Kapanen, Jaakko 1995. Kiinteistön lämmitys- ja vesiputkien kunnossapito. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.

Karttunen, Erkki 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Limingan Vesihuolto 2020. Yhtiö. Saatavissa: <https://www.liminganvesihuolto.fi/yhtio/>. Hakupäivä 8.1.2020

Rontu, Mika 1992. Pohjaveden alkalointi kalkkikivisuodatuksella. Helsinki.

Suomen kaupunkiliiton julkaisu 617, 1991. Vesijohtoveden laadun muuttuminen verkostossa. Helsinki.

Suomen Vesilaitosyhdistys 2016, Vesilaitostekniikka ja hygienia. Helsinki.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2020. Talousvesi. Saatavissa: <https://thl.fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi>. Hakupäivä: 9.1.2020

Valvira 2019. Talousvesi. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi>. Hakupäivä: 7.1.2020.

Vapo 2012. Turvetuotantoa vastuullisesti. Saatavissa: <https://www.vapo.com/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistokoulutus-ja-tiedotus/tietoa-humuksesta>. Hakupäivä 13.1.2020

Vesi- ja Viemärlaitosyhdistys 2002. Kalkkivialkalointi – Opas veden syövyttävyyden vähentämiseksi. Saatavissa: <https://docplayer.fi/17371070-Kalkkivialkalointi-opas-veden-syovyttavyyden-vahentamiseksi.html>. Hakupäivä: 7.1.2020.

Zacheus, Outi 2018. Yhteenveto suurten, Euroopan komissiolle raportoivien vedenjakelualueiden valvonnasta ja laadusta vuonna 2018. Saatavissa: [https://www.valvira.fi/documents/14444/10176523/Talousvesi\\_2018\\_Tiivistelma\\_13122019\\_.pdf/941413b2-9a67-aacd-fd38-192125dcb7f2?t=1576679526907](https://www.valvira.fi/documents/14444/10176523/Talousvesi_2018_Tiivistelma_13122019_.pdf/941413b2-9a67-aacd-fd38-192125dcb7f2?t=1576679526907). Hakupäivä: 9.1.2020

## TUTKIMUSSUUNNITELMA

Anu Pitkäaho-Juntunen, 9.1.2020

Tämä tutkimussuunnitelma on osa energiatekniikan opintoihin kuuluvaa opinnäytetyötä. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia kalkkikivialkaloinnilla käsitellyn veden vaikutuksia lämmitysjärjestelmiin. Työn tilaajana toimii Limingan, Paavolan ja Lumijoen vesilaitokset.

### Tutkimuksen aihe ja tavoitteet

Tutkimuksen aiheena on tutkia kalkkikivialkaloidun talousveden vaikutuksia yksityistalouksien lämmitysjärjestelmille. On huomattu, ettei kalkkikivellä pH-säädetty vesi säilytä emäksisyyttään lämpimissä/kuumissa lämpötiloissa. Lisäksi veteen lisätty kalkki saostuu kuumille lämmönsiirtopinnoille kattilakiveksi. Matala pH ja kalkkisaostumat aiheuttavat lämmitysjärjestelmille moninaisia ongelmia: mm. korroosiota ja ongelmia lämmönsiirrossa.

Tämän työn tavoitteena on perehtyä ilmiöön ja sen vaikutuslaajuuteen tarkemmin. Oletuksena on, että mahdollinen ongelma esiintyy alueilla, joilla raakaveden pH on happaman puolella (alle 7).

### Tutkimuskysymykset

1. Laskeeko kalkkivialkaloidun veden pH vettä kuumennettaessa raakaveden pH:n tasolle?
2. Missä lämpötilassa mahdollinen pH:n lasku tapahtuu?
3. Minkälaisissa kohteissa ongelma esiintyy? Kaukolämpökohteet, maalämpökohteet, suora sähkölämmitys, öljy-/puu-/pellettikattilalämmitys?

## **Tutkimusmenetelmät**

Kohteiden kartoitus tehdään seuraavasti:

1. Tutkitaan 5-10 kohdetta lämmitysmuototyyppiä kohti: kaukolämpökohteet, maalämpökohteet, suora sähkölämmityskohteet ja lämmityskattilakohteet. Lisäksi lämmityskattilakohteista otetaan tarvittaessa lisänäytteitä, jos löytyy kohteita, joissa vesi on ajalta, jolloin vesi on alkaloitu lipeällä. Tällöin on tärkeää selvittää, onko kattilavettä jouduttu lisäämään. Jos on, milloin vettä on lisätty ja kuinka paljon.
2. Selvitetään tutkittavan kohteen lämpimän käyttöveden asetusarvot
3. Selvitetään onko tutkittavassa kohteessa käytetty inhibiittia. Jos on, mitä on käytetty ja milloin.
4. Kohteista otetaan vesinäytteet, joista tutkitaan seuraavat asiat: pH, sähkönjohtavuus, rauta, kupari, kokonaiskovuus, happi ja alkaliteetti.
5. Verrataan saatuja tuloksia raakaveden ja toimitettavan talousveden mittaustuloksiin.

Tutkittavat kohteet etsitään Limingan vesilaitoksen avustuksella.

## **Tulosten analysointi ja esittäminen**

Mittaustuloksien perusteella saadaan käsitys tutkittavasta ilmiöstä. Tuloksia käytetään apuna tehtäessä ohjeistusta suunnittelijoille, jotta he voivat huomioida veden ominaisuudet lämmitysjärjestelmien suunnittelussa.

## **Pohdinta**

Jos tutkimustulokset vahvistavat oletukset, aiheessa riittää tutkittavaa jatkossa. Mahdollisille ongelmille tulee pohtia ratkaisuja yhteistyössä eri alojen asiantuntijoiden kanssa.