

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), LVI-tekniikka

2022

Daniel Holm

LEGIONELLABAKTEERIN RISKIARVIOKARTOITUS KIINTEISTÖJEN KÄYTTÖVESIVERKOSTOISSA



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), LVI-tekniikka

2022 | 57 sivua

Daniel Holm

LEGIONELLABAKTEERIN RISKIARVIOKARTOITUS KIINTEISTÖJEN KÄYTTÖVESIVERKOSTOISSA

[Click here to enter text.](#)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan legionellabakteerin käyttäytymistä kiinteistöjen käyttövesiverkostoissa ja esitetään tutkimustuloksiin perustellen sille valideja ehkäisykeinoja. Tutkimustulosten perusteella kehitetään ohjeistus riskiarviokartoitukselle, LVI-tekniikan näkökulmasta.

Työssä esitellään riskien arvioinnin tarve, legionellabakteeri ja kiinteistöjen käyttövesiverkostojen eri osa-alueet.

Työssä tutkitaan lukuisia eri tutkimuksia kymmenien vuosien ajanjaksolta, joita on suoritettu erilaisten kiinteistöjen käyttövesiverkostoihin ympäri maailmaa. Työssä etsitään myös dataa legionellasta eri terveydenhuoltoon liittyvistä kirjastoista ja artikkeleista.

Valmiin työn tarkoitus on jakaa tietoa legionellan ehkäisystä ja erilaisia ehkäisyn toimintavoista. Riskiarviokartoituksen on tarkoitus olla vain yksi monista ehkäisytoimista muiden joukossa. Riskiarviokartoitukseen liittyy toimenpide-ehdotukset, kuinka legionellakasvustoa pystytään ehkäisemään.

Asiasanat:

LVI-tekniikka, legionellabakteeri, talousvesi, käyttövesiverkosto, kiinteistö, riskiarviointi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Bachelor of Engineering, HVAC Engineer

2022 | 57 pages

Daniel Holm

LEGIONELLA BACTERIA RISK ASSESSMENT IN PREMISE WATER SUPPLY SYSTEM

[Click here to enter text.](#)

This thesis studies the behavior of legionella bacteria in premise water supply systems and offers valid ways to prevent its growth based on different studies. Based on the findings a guidance for risk assessment is made on the HVAC standpoint.

The thesis introduces the necessity of the risk assessment, legionella bacteria and different parts of the water supply system.

In this thesis, numerous different studies from tens of years are being examined, which have been performed in various premise water supply systems all over the world. This thesis also searches data about legionella from different libraries and articles concerning health care.

The purpose of the complete thesis is to share information about the prevention of legionella and the ways to execute them. The purpose of the risk assessment is to be one of the many ways for the prevention. The risk assessment involves suggestions for actions of how the growth of legionella is being prevented.

Keywords:

HVAC technology, legionella bacteria, tap water, water supply system, estate, risk assessment

Sisältö

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 RISKIARVIOKARTOITUKSEN TARVE JA NYKYTILANNE	9
3 LEGIONELLABAKTEERI	11
3.1 Bakteerin historia ja syntyvyys	11
3.2 Tartunta	12
3.3 Oireet	12
3.4 Hoito	13
4 KIINTEISTÖJEN KÄYTTÖVESIVERKOSTOT	14
4.1 Tonttivesijohto ja lämmönsiirtimet	14
4.2 Siirto-osat	16
4.3 Pääte-elimet ja erikoisjärjestelmät	18
5 LEGIONELLABAKTEERIN ESIINTYVYYS JA RISKIT KÄYTTÖVESIVERKOSTOISSA	22
5.1 Legionellabakteerin pitoisuuksia erilaisissa kiinteistöissä ja esimerkkitapauksia	22
5.2 Putkistojen ja materiaalien riskit	26
5.3 Pääte-elimien ja erikoisjärjestelmien riskit	30
6 LEGIONELLAN EHKÄISY KÄYTTÖVESIVERKOSTOISSA	33
6.1 Kiinteistöjen käyttövesijärjestelmiin liittyvät määräykset	33
6.2 Legionellabakteeriin liittyvät ohjeistukset	34
6.3 Ehkäisyn toimintatavat	35
7 LEGIONELLABAKTEERIN RISKIARVIOKARTOITUS	45
7.1 Kartoitusta edeltävät toimenpiteet	45
7.1.1 Tarjouspyyntö	45
7.1.2 Tarjous	46

7.1.3 Esivalmisteludokumentaatio ja sen merkitys	46
7.1.4 Vastuualueet	46
7.2 Kenttätutkimukset	47
7.2.1 Kellarikerros ja kierroksen aloitus	47
7.2.2 Käyttökerrokset	48
7.2.3 Erityisjärjestelmät	49
7.2.4 Dokumentointi kenttätöissä	49
7.3 Raportointi	49
7.3.1 Kiinteistön esittely	49
7.3.2 Johdanto	50
7.3.3 Tiivistelmä	50
7.3.4 Pöytäkirja	51
7.3.5 Yleisohjeistuksia legionellabakteerin ehkäisemiseksi	52
7.3.6 Muita yleishavaintoja	52
7.3.7 Konsultointi raportoinnin yhteydessä	52
8 LOPPUYHTEENVETO	54
LÄHTEET	55

Liitteet

Liite 1. Salainen liite.

Kuvat

Kuva 1. Kaukolämmön alajakokeskus.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 2. Pelkistetty esimerkki lämmönjaon alajakokeskuksen kytkentäkaaviosta.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 3. Kupariputkea puristusliitoksin.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 4. Suihkusekoittaja.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 5. Pyykinpesukoneen venttiili. Venttiilin toimintaperiaate on sama, kuin astianpesukoneen venttiilissäkin.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

Kuva 6. Läpivalaisukuva sinkitystä teräsputkesta, kylmän käyttöveden runkolinjasta. Putkessa korroosiota ja sakkaa. (Kiwa Inspecta 2021). **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**

Kuva 7. Esimerkki CE-merkinnästä.

Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

Kuva 8. Takaisinimusuoja liitettynä pyykinpesukonehanaan. (Kiwa Inspecta 2021)

Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

Kuva 9. Legionellabakteerin riskiarviointikategoriat.

Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

Kaaviot

Kaavio 1. Legionellatapausten ilmaantuvuusluku Suomessa 2014–2018. (ECDC 2018)

9

Kaavio 2. Legionellabakteerin pitoisuuksia kotiympäristöjen käyttövesiverkostoissa, joissa sairastumistapauksia todettiin Suomessa vuosina 2014–2016 (Kusnetsov ym. 2018).

23

Kaavio 4. Legionellan esiintyvyyden todennäköisyys eri lämpötiloissa (Rasheduzzaman ym. 2020)

28

Kaavio 5. Tutkimuksessa (Yoshida ym. 2018) todetut legionellapositiiviset vesipisteet. Vesipisteiden kokonaismäärä tiskikoneiden ja sekoittajien näytteenotossa oli sama, 12 kappaletta.

31

Kaavio 6. Legionellan selviytyminen klooridioksidin jatkuvan lisäyksen takia vesijohtoverkoston eri osissa. (Vincenti ym. 2018)

43

Taulukot

Taulukko 1. Esimerkki pöytäkirjamallista.

51

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

pmy/l	Pesäkettä muodostavaa yksikköä litrassa (THL 2021a)
KVV	Kiinteistön vesi- ja viemäriverkosto

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia legionellabakteerin käyttäytymistä kiinteistöjen käyttövesiverkostoissa ja luoda tutkimustulosten pohjalta ohjeistus riskien kartoittamiseksi. Ensimmäisenä työssä esitellään riskiarviokartoituksen tarpeellisuus, legionellabakteeri ja käyttövesiverkosto. Ennen tutkimustulosten analysointia on tärkeää ymmärtää työssä esiteltyjen asioiden kokonaisuudet ja ominaisuudet.

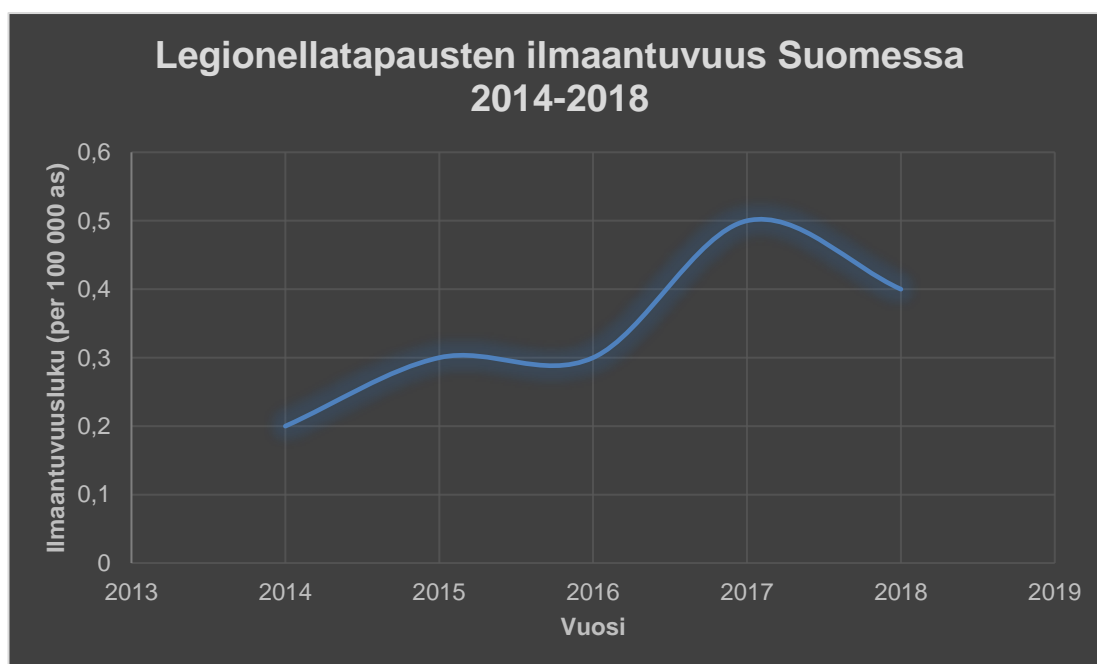
Legionellabakteeri on luonnon bakteeri, joka voi aiheuttaa keuhkoihin päästessään ihmisille infektiotaudin eli legionelloosin tai Pontiac-kuumeen. Bakteeri voi lisääntyä vesijärjestelmissä. Ajankohtaisen legionellabakteeriongelman tekee sen, että taudin aiheuttamaan keuhkokuumeseen kuolee ihmisiä vuosittain. Eräs keino bakteerikannan ehkäisyyn käyttövesiverkostoissa on legionellabakteerin riskiarviokartoitus.

Legionellabakteerin riskiarviokartoitukset ovat useissa Euroopan maissa jopa laissa säädettyjä, ja niitä on tehtävä kiinteistöjen käyttövesiverkostoihin, tasaisin väliajoin. EU:n uuden juomavesidirektiivin mukaan sen alueella on vuodesta 2029 lähtien pakollista suorittaa kiinteistöjen käyttövesiverkostoihin riskiarviokartoitus. Riskiarviokartoituksella tarkoitetaan kartoitusta, jolla käyttövesiverkostojen riskejä legionellabakteerin kasvamiselle pystyttäisiin vähentämään.

Työssä tarkastellaan eri tutkimuksia liittyen legionellabakteerin käyttäytymiseen ja ehkäisyyn erilaisten kiinteistöjen käyttövesiverkostoissa ja niiden osissa. Legionellabakteeriin liittyviä tutkimuksia on suoritettu ympäri maailmaa.

2 RISKIARVIOKARTOITUKSEN TARVE JA NYKYTILANNE

Legionellabakteerin aiheuttaman keuhkokuumeen kuolleisuus on noin 5–10 % ja sen uskotaan olevan maailmanlaajuinen ongelma. Vuonna 2018 30:ssa Euroopan maassa tartuntoja todettiin 10 672, tämä tarkoittaa ilmaantumislukua 2,2, 100 000 ihmistä kohti. Legionellatartuntojen määrä EU:n alueella on jatkuvassa kasvussa. Kokonaisvaltaisesti Euroopassa, Australiassa ja USA:ssa vuosittainen tartuntamäärä on noin 10–15 tapausta miljoonaa ihmistä kohden. Kaaviossa 1 on esitetty ilmaantuvuusluvun kehitys Suomessa vuosina 2014–2018. Vuonna 2018 kaksi ihmistä Suomessa kuoli todetusti legionellabakteerin aiheuttamaan keuhkokuumeeseen. (WHO 2007, ECDC 2018, Terveyskirjasto 2020)



Kaavio 1. Legionellatapausten ilmaantuvuusluku Suomessa 2014–2018. (ECDC 2018)

Suomessa todetut tartuntamäärät ovat Euroopan mittakaavalla pieniä, koska Suomessa legionellabakteerin testaus ei ole yhtä yleistä, kuin esimerkiksi Ruotsissa tai muualla Euroopassa. Asiantuntijoiden mukaan, mikäli testaus olisi Suomessa yhtä yleistä kuin muualla, tartuntatapausten määrä olisi noin kymmenkertainen. Suomessa legionellabakteerin aiheuttamaan infektiin sairastuu yleensä heikkokuntoisemmat, ja tästä syystä keuhkokuumeen alkuperä jää usein selvittämättä. On arvioitu, että

legionellabakteeri voi olla jopa yksi yleisimmistä kuolemaan johtavien keuhkokuumeiden alkuperistä. Legionellan tutkimattomuus, johtaa ilmeiseen ongelmaan. Koska testausta ja tutkimustuloksia ei Suomessa ole, ei ongelmaakaan ole todettu. Tapausten vähäisyys johtuu siitä, että legionellaa ei laajamittaisesti Suomessa tutkita. (YLE 2018b)

Suomessa on tutkittu legionellan esiintymistä kiinteistöissä 1990-luvulla. Tutkimustuloksissa saatiin selville, että legionellaa esiintyi noin kolmasosassa kiinteistöjä. Euroopassa legionellabakteeria on tutkittu paljon, ja esimerkiksi Saksassa pelkästään bakteerin testaukseen erikoistuneita kaupallisia laboratorioita on noin kaksisataa. EU:n alueella on yritetty priorisoida vähäisten tartuntalukujen omaavia maita legionellan testauksessa, jotta bakteerin raportoimista ja diagnosointia pystyttäisiin parantamaan. (YLE 2018b, ECDC 2018)

Esimerkiksi vuonna 2018 suuria tartuntaryppäitä Euroopan alueella havaittiin kymmenessä eri maassa. Tartuntaryppäiden yhteismäärä oli 32 kappaletta. Nämä leviämistapaukset tapahtuivat yhteisöissä ja sairaaloissa. Euroopassa legionellabakteeria pidetään yleisesti merkityksellisenä sairastumisen tai kuoleman syynä, joka olisi mahdollisesti estettävissä. Jatkuvien tarkastuksien sekä oikeanlaisen legionellan hallinnoimisen on havaittu vähentävän bakteerin kasvamisen riskiä verkostoissa. (ECDC 2018)

Riskiarviokartoituksen tarvetta tarkemmin tarkastellessa on syytä keskittyä legionellabakteerin aiheuttamien tautien vakavuuteen ja esimerkkitapauksiin, joita viime vuosina erilaisissa kiinteistöissä ympäri maailmaa on tapahtunut.

3 LEGIONELLABAKTEERI

Legionellabakteeria esiintyy luonnossa ja se elää erilaisissa vesiympäristöissä ja maaperässä. Yleisimmät tartuntojen lähteet ovat peräisin keinotekoisista ympäristöistä, joissa on legionellan kasvua tai leviämistä edistäviä tekijöitä. (WHO 2018) Tässä kappaleessa käsitellään itse bakteeri ja sen aiheuttamia tauteja sekä niiden oireita.

3.1 Bakteerin historia ja syntyvyys

Legionellabakteerista ensimmäinen merkintä on heinäkuulta 1976, kun yhdysvaltalaisessa hotellissa havaittiin keuhkokuume-epidemia sotaveteraanien keskuudessa. Lääketieteelliset tutkijat alkoivat ihmetellä tapausta, kun hieman yli 600:sta hotellin vieraasta 200:lla alkoi tulla vakavan influenssan oireita. Näistä 200:sta tartunnan saaneista henkilöistä 29 menehtyi. Menehtyneet kuuluivat ”Amerikan Legionaan”, josta bakteeri on myös ilmeisesti saanut nimensä. Joulukuussa 1976 Tohtori Joseph McDade onnistui eristämään taudin aiheuttaman bakteerin ja tunnisti sen legionellabakteeriksi. Näiden tuloksien myötä vasta jälkeenpäin on päätelty, että bakteeri levisi kyseisessä hotellissa juuri ilmanvaihtojärjestelmien kautta. Huhtikuussa 1977 termi legionellatauti julkaistiin ja siitä tuli taudin virallinen nimi. Hotelli, jossa alkuperäinen legionellaepidemia oli tapahtunut, suljettiin pysyvästi. Tästä kyseisestä epidemiasta ja sen tuloksista johtuen, alettiin tutkimaan aikaisempia vastaavia tapauksia Yhdysvalloissa ja saatiin selville, että taudista selviytyneillä oli legionellan vasta-aineita veressään. (Terveyskirjasto 2020, Denenea)

Erilaiset olosuhteet määrittävät bakteeripesäkkeiden mahdollisen laajuuden ja bakteerikannan lisääntymisen. Optimaalinen elinympäristö bakteerin lisääntymiselle on vedessä, jonka lämpötila on noin 20–45 °C. Optimaalinen pH-arvo bakteerin lisääntymiselle on 5,5–9,2. (Wadowsky ym. 1985, THL 2021a)

Vaikka bakteerista on paljon tutkimustietoa ja lääketieteellinen yhteisö on siitä hyvinkin tietoinen, on legionellan torjunnassa paljon haasteita.

3.2 Tartunta

Legionellabakteerin infektiotaudin eli legionelloosin voi saada hengittämällä bakteereja sisältävää aerosolia. Aerosoleja keuhkoihin on mahdollista päästä esimerkiksi vesisuihkeista, suuttimista tai höyrystimistä. Bakteerin päästessä hengitysteihin ja keuhkoputken kautta kudoksiin, infektio syntyy. Bakteeripitoisia aerosoleja hengitysilmaan pääsee esimerkiksi vesihöyryn avulla. Tartunnasta aiheutuva oireilu alkaa noin 2–10 vuorokauden kuluttua tartunnan saamisesta. Bakteerin tarttuminen ei ole mahdollista ihmisten välityksellä eikä sitä ole mahdollista saada juomavedestä, koska vesi ei pääse niiden avulla keuhkoihin aerosoleina. (WHO 2007, THL 2019, Terveyskirjasto 2020)

Pontiac-kuume on legionellabakteerin toinen tautimuoto. Pontiac-kuume ei ole yhtä tavanomaista saada kuin legionelloosi. Pontiac-kuumeessa bakteeri ei legionelloosin tavoin johdu kudoksiin, vaan bakteerista tulee veteen myrkkyä, josta tartunta on ilmeisesti mahdollista saada. Pontiac-kuumeen itämisaika on varsinaiseen legionelloosiin verrattuna lyhyempi, noin muutamasta tunnista muutamaan päivään. (Terveyskirjasto 2020)

Suomessa legionellan aiheuttamien sairastumistapausten vuosittainen määrä noin 30 kappaletta, näistä tartuntatapauksista alle puolet ovat peräisin kotimaisista lähteistä. Euroopassa todettiin vuonna 2016 noin 6 500 legionellan tartuntatapausta. Teollisuuden vesien, uimahallien sekä kiinteistöjen talousvesien on havaittu olevan pääosaisia lähteitä infektioiden syntymiselle Suomessa. (Terveyskirjasto 2020)

Esimerkiksi Yhdysvalloissa, jossa taudin alkuperää on alkuperäisesti ruvettu selvittämään, tunnistetaan noin 8 000–18 000 tartuntatapausta vuosittain. (Denenea)

3.3 Oireet

Legionellabakteerille altistuminen voi olla ihmiskohtaisesti hyvinkin erilaista ja taudin vakavuus vaihtelee suuresti. Bakteerille altistuessa oireet vaihtelevat täysin oireettomasta infektiosta vaikeaan keuhkokuumeeseen. Keuhkokuumeen sairastaminen voi johtaa mahdollisesti jopa kuolemaan. Riskiä vakavaan sairastumiseen lisäävät esimerkiksi tupakointi, alkoholismi, korkea ikä, perussairaudet ja immuunipuute. Varsinaiseen keuhkokuumeeseen bakteerille altistuneista sairastuu vain 5 %. Noin 60–70 % raportoiduista tartuntatapauksista havaitaan miehillä.

Legionellabakteerin aiheuttamaan keuhkokuumeseen sairastuneista noin 5–10 % kuolee sairauteen. Immuunipuutteisilla ihmisillä, joilla taudin hoito jää olemattomaksi, kuolleisuuden uskotaan olevan jopa 40–80 %.

Legionelloosin oireilun alku muistuttaa enemmänkin influenssaa kuin bakteerikantaista keuhkokuumetta. Alkuoireet infektiolle ovat tyypillisesti jonkinasteinen kuumetila erilaisilla lihas- ja pääkivuilla, jota seuraa kuiva yskä. Vakavan taudin oireilua ovat edellä mainittujen jälkeen esimerkiksi hengenahdistus, vatsa- tai rintakipu, ripuli sekä sekavuus. Legionelloosin yhteydessä on joskus havaittu keuhkojen ulkopuolisiakin infektiota, esimerkiksi haava- ja suolistotulehduksia.

Pontiac-kuumeen oireita ovat korkea kuume, lihas- ja pääkivut, kylmät väreet ja yleinen huonovointisuus. Pontiac-kuume ei aiheuta keuhkokuumetta ja se muistuttaa enemmänkin influenssaa. Pontiac-kuumeeseen sairastuneissa ihmisissä ei ole toistaiseksi havaittu kuolemantapauksia. (WHO 2007, Kusnetsov ym. 2018, THL 2019, Terveyskirjasto 2020)

3.4 Hoito

Legionellabakteerin aiheuttamaa legionelloosia hoidetaan esimerkiksi antibiootein. Tautia vastaan ei ole rokotetta. Antibioottihoitoon päätyminen on perusteltua verikokeen tekemisen jälkeen ja siinä ilmenneen CRP-pitoisuuden todentamista, jolla pystytään päättämään, onko kyse bakteeri-infektiosta. Epäillyn bakteeritaudin lisäksi antibioottihoitoon päädytään sairastuneen henkilön matkustushistorian perusteella. Esimerkiksi ulkomaanmatkat, hotelliyöpymiset sekä kylpyläkäynnit ovat vahvoja perusteita legionellabakteeriperäiselle taudille. Legionelloosia varten annettavan antibioottikuurin kesto on noin kymmenestä päivästä neljääntoista päivään. Legionelloosiin sairastuneita hoidetaan sairaalahoidossa yleensä vain muutaman päivän, jotta mahdolliset vakavat taudinkäänteet pystytään havaitsemaan. Hoitamaton tauti pahenee ensimmäisen sairasteluviikon aikana.

Pontiac-kuumeessa antibioottien ei ole havaittu auttavan taudista paranemista ja tästä syystä sitä ei hoideta antibiootein. Pontiac-kuumeeseen sairastuva paranee taudista tavallisesti noin 2–5 päivän kuluttua. (WHO 2007, Terveyskirjasto 2020)

4 KIINTEISTÖJEN KÄYTTÖVESIVERKOSTOT

Kiinteistön käyttövesiverkostot koostuvat yleensä kahdesta osasta. Nämä osat ovat kylmän veden ja lämpimän veden putkistot. Lämpimän käyttöveden verkostoihin asennetaan, kiinteistöstä riippuen, virtauksen ja lämpötilan stabilisointia varten lämpimän käyttöveden kiertojohto. Kiertojohdon tarkoitus on kiertovesipumpun avulla pitää lämpimän käyttöveden verkoston lämpötila tasaisena. Käyttövesiverkoston tarkoitus on nimensä mukaisesti luoda vettä ihmisten käyttöön. Käyttövesiverkoston vettä käytetään esimerkiksi hygienian hoitoon, kuten hampaiden pesuun, suihkussa käymiseen tai kylpemiseen. Muita tarkoituksia käyttövedelle on esimerkiksi WC:n käyttö, ruuan valmistus, astioiden tiskaus ja pyykin pesu. (Harju 2016)

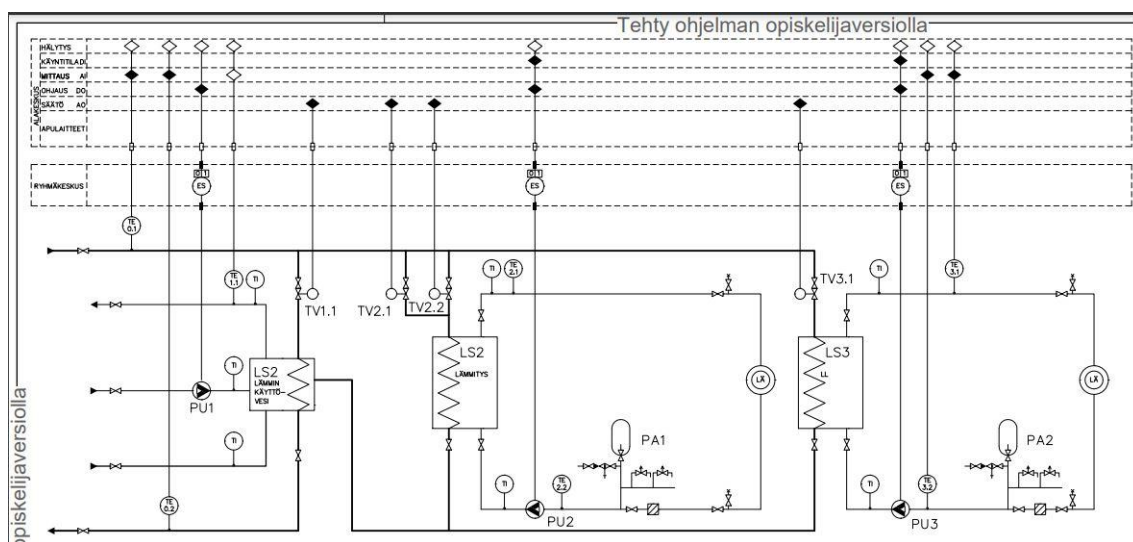
4.1 Tonttivesijohto ja lämmönsiirtimet

Kiinteistön käyttövesiverkoston alkupää virtaussuunnassa on tonttivesijohto. Vesi johdetaan kaupungin katujohdosta tonttivesijohtoa pitkin kiinteistöön. Kiinteistössä tonttivesijohdon jälkeen asennetaan vesimittari ja sen molemminpuoliset venttiilit. Vesi tulee kiinteistöön noin +7 °C lämpimänä. Tonttivesijohdon materiaalina käytetään yleisesti muovia. (Harju 2016)

Vesimittarin jälkeen verkostossa suoritetaan yleensä käyttöveden lämmitys. Lämpimän käyttöveden tuotto tapahtuu joko hajautetusti lämpimän veden käyttökohteessa kiinteistön sisällä sähköisellä lämmittimellä tai keskitetysti yhdessä pisteessä. Taloyhtiöissä lämpimän käyttöveden lämmitys tapahtuu yleisesti keskitetyn alajakokeskuksen kautta (kuva 1). Lämpimän käyttöveden tuottoon voidaan käyttää kattilaa, sähkövaraajaa, kaukolämmityksen lämmönsiirrintä, maalämpöpumppua tai auringon lämpöä. Lämpimän veden valmistus vaihtelee kiinteistön lämmitystavan mukaan. Lämmityksen jälkeen putkistot lähtevät kulkeutumaan kohti kiinteistön käyttövesiverkoston pääte-elimä. (Harju 2016)



Kuva 1. Kaukolämmön alajakokeskus.



Kuva 2. Pelkistetty esimerkki lämmönjaon alajakokeskuksen kytkentäkaaviosta.

Kuvassa 2 esitetään lämmönjaon alajakokeskuksen kytkentäkaavio, jossa lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimeen virtaa paineen avulla kylmää vettä. Kylmä vesi

lämmitetään verkostossa lämmönsiirtimien avulla. Lämmönsiirtimestä lämmintä vettä alkaa virtaamaan verkostoon, jonka veden kierto avustetaan kiertovesipumpulla. (Harju 2016)

4.2 Siirto-osat

Käyttövesiverkoston putkien avulla vesi siirtyy päätelaitteille. Pääasialliset putkimateriaalit käyttövesiverkostoihin ovat kupari, komposiitti ja PEX-muovi. Suuremmissa kylmän veden runkoputkissa on käytetty materiaalina myös sinkittyä terästä. Putkien sisäisen veden jäähtyminen, lämpeneminen tai putkien kondensoiminen pyritään estämään asianmukaisilla eristyksillä. (Harju 2016)

Kupari

Kupariputkien seinämät ovat muihin LVI-tekniikassa käytettyihin materiaaleihin verrattuna ohuempia, niiden ominaislujuuden ollessa parempia. Kupariputkella (kuva 3) on ohuen seinämän vuoksi suurempi sisähalkaisija ja sen kitkakerroin on myös vähäinen. Kuparin käytön erinomaisuus johtuu näistä asioista, koska niillä saavutetaan suuri virtauskapasiteetti. Kupari on ruostumatonta materiaalia, eikä esimerkiksi UV-säteily, ilman kosteus tai muut ympäristötekijät ole sen rakenteelliselle kunnolle uhaksi. Kupariputkien liitostapoina käytetään yleisesti kovajuottoa, pehmeäjuottoa, puserrusliittimiä, puristettavia liittimiä ja pistoliittimiä. Kupariputkien katkaisu toteutetaan tiheähampaisilla metallisahoilla, erilaisilla katkaisukojeilla tai kupariputkileikkureilla. Katkaisun jälkeen putkien päihin muodostuneet kuroumat jyrsitään pois ja putken sisälle syntyneet lastut putsataan pois. Kupariputket asennetaan näkyviin pintavetoina tai rakenteiden sisälle. Asennuksia tehdessä putket on kiinnitettävä kannakkein riittävän tiheästi. (Harju 2016)



Kuva 3. Kupu-putkea puristusliitoksin.

Komposiitti

Komposiittiputkella tarkoitetaan monikerroksista putkea. Komposiittiputken muodostavat kaksi muoviputkea, joiden väliin on erikoisliimalla liimattu alumiiniputki. Komposiittijärjestelmien käyttö perustuu niiden äänettömyyteen, helppoon asennettavuuteen, hygieenisyyteen, erinomaiseen tiiveyteen ja korroosiovapauteen. Komposiittiputkien liitostapoina käytetään puristus- ja kierreläittimiä. Liitoksissa on käytettävä juuri komposiittiin tarkoitettuja läittimiä ja kiinnityksessä on käytettävä niihin tarkoitettuja erikoistyökaluja. Komposiittiputken lyhyissä kytkentä- ja jakojohdoissa olevissa taivutuksissa sekä T-liitoksissa on huomioitu sen lämpölaajeneminen, joka on 0,0025 mm/mK. Pidempiin jakojohdoin on kiinnityspisteiden väliin asennettu paljetasaimia tai paisuntakaaria, jotka myötäävät lämpöliikettä. Komposiittiputkien katkaisu tapahtuu siihen tarkoitetuilla leikkureilla. Jäyste, jota katkaisussa syntyy, puhdistetaan pois putken sisä- ja ulkopinnalta katkaisun jälkeen. (Harju 2016)

PEX-muovi

PEX-muoviputkea käytettäessä juomaveteen ei erity makua, hajua, raskasmetalleja tai terveydelle haitallisia aineita. Muoviputkien teknistä käyttöikää voi vähentää

mahdollinen UV-säteily sekä erilaiset kemikaalit. Kemikaalit voivat aiheuttaa muoviputkessa pehmenemistä, syöpmistä, kovenemista tai halkeilua. PEX-putken lämpölaajeneminen on suurta ja sitä kompensoidaan putken ympärille asennetun suojaputken avulla. Muoviputken liitokset toteutetaan työntämällä liitin putken päähän, putken laajentamisen jälkeen. Muovi kutistuu liittimeen tiiviisti muutamassa sekunnissa. Muoviputkien katkaisussa käytetään yleisesti muoviputkileikkureita tai muoviputkille tarkoitettuja katkaisupihtejä. (Harju 2016)

Sinkitty teräs

Sinkittyä teräsputkea käytetään vain rakennuksien sisäpuolisissa kylmän veden verkostoissa. Sinkityn teräksen käyttökielto lämpimän veden verkostoissa perustuu siihen, että veden lämpötilan noustessa sinkistä tulee jalompi metalli, kuin sen alla olevasta teräksestä. Jalompi metalli syövyttää epäjalompaa metallia ja tästä syystä teräksessä alkaa ilmetä korroosiota. Tästä samaisesta syystä esimerkiksi kupariputkia ei saa asentaa virtausuunnassa ennen sinkittyä teräsputkea. Sinkityn teräsputken liitokset toteutetaan kierrelitoksien. (Harju 2016)

Eristeet

Yleisimmät putkieristemateriaalit ovat villa ja solukumi. Villaeristeet päällystetään yleensä erilaisilla materiaaleilla, kuten sinkityllä teräslevyllä, alumiinilla tai PVC-muovilla. (Harju 2016)

4.3 Pääte-elimet ja erikoisjärjestelmät

Käyttövesiverkoston niin sanotut päätepiisteet ovat vesijohtokalusteet.

Vesijohtokalusteet sijaitsevat putkistojen päässä ja ne ovat tarkoitettu veden ottoon.

Kalusteiden materiaali on yleensä pintavalettua messinkiä, joiden pinta voi olla kromattu, maalattu tai kullattu. Kalusteilla tulee olla tyyppihyväksyntä. Vesikalusteiden tulee olla helposti vaihdettavissa ja ne asennetaan yleensä kiinteästi seinään, altaaseen tai pöytään. (Harju 2016)

Sekoittajat

Sekoittajien tarkoitus on sekoitinkammiossa sekoittaa kylmä ja lämmin vesi käyttäjälle sopivalle lämpötilalle. Sekoituksen jälkeen vesi poistuu sekoittajasta haluttuun pisteeseen halutulla tavalla. Sekoittajia on yksi- ja kaksiotehanoja. Yksiotehanalla

veden lämpötilaa pystytään säätämään yhdellä vivulla. Hanan sisällä on kaksi keraamista levyä, jotka liukuvat toisiaan vastaan ja joissa on reiät kuumaa ja kylmää vettä varten. Näiden levyjen avulla veden lämpötilaa ja virtausta pystytään säätämään. Kaksiotehanassa on kaksi erillistä venttiiliä lämpötilojen säätöön. Sekoittajia on lukuisiin eri käyttötarkoituksiin kuten pesualtaisiin, keittiöihin ja suihkuihin (kuva 4). (Harju 2016)



Kuva 4. Suihkusekoittaja.

Pyykinpesukone

Pyykinpesukoneet yhdistetään käyttövesiverkostoon pesukonehanoilla (kuva 5). Pyykin pesuun tarkoitetut järjestelmät yhdistetään ainoastaan kylmään veteen erilaisten pesuohjelmien vuoksi. Pesukoneiden veden tuloputkia ei saa yhdistää sekoittimien juoksuputkiin, käsisuihkun liitäntään tai vastaavaan. Pesukonehanan tulee olla suljettuna, pesukoneen ollessa poissa käytöstä. Pesukonehanan voi yhdistää sekoittajan kylmän veden putkistoon. (Harju 2016)



Kuva 5. Pyykinpesukoneen venttiili. Venttiilin toimintaperiaate on sama, kuin astianpesukoneen venttiilissäkin.

Astianpesukone

Astianpesukoneet voidaan liittää käyttövesiverkoston lämpimän tai kylmän veden puolelle. Hana asennetaan pöydän yläpuolelle, jotta sen sulkeminen ja avaaminen on helppoa ja auki-asennon havainnointi selkeää. Liitostavalla on merkitystä vain pesukoneen energiankulutukseen. Kylmän veden verkostoon liitetyn pesukoneen käyntiaika voi olla kaksinkertainen lämpimään veteen kytketyn pesukoneen käyntiaikaan verrattuna. Kylmään veteen kytketyn pesukoneen sähkönkulutus on myös suurempaa. (Harju 2016)

WC-laitteet

WC-laitteiden huuhteluun käytetään yleensä käyttövettä. Yleisimmät huuhtelumenetelmät ovat yleishuuhtelusäiliöllä, matalahuuhtelusäiliöllä ja huuhteluventtiileillä huuhtelu. Ylähuuhtelusäiliössä huuhtelukello nostaa vettä säiliössä, joka lappovaikutuksen ansiosta virtaa WC-kulhoon. Ylähuuhtelusäiliöitä ei enää asenneta ja on toimiessaan äänekäs. Matalahuuhtelusäiliö tyhjenee säiliön päällä olevan nupin avulla. Nuppia painamalla säiliön pohjalla oleva kumiosa nousee ja säiliö

tyhjenee. Matalahuuhtelusäiliö on matalaääninen ja yleisin huuhtelukeyno. Huuhteluventtiilillä kulhot tyhjennetään vesijohtoverkoston paineella. (Harju 2016)

Kastelupostit

Kastelupostien tarkoitus on saada käyttövetä rakennuksen ulkopuolisiin käyttötarkoituksiin. Kastelupostit asennetaan niin, että venttiili ja itse vesi sijaitsevat lämpimässä tilassa, rakennuksen sisällä. Letkuliitin ja kastelupostin venttiilin käsikahva asennetaan rakennuksen ulkopuolelle. (Harju 2016)

Uima- ja porealtaat

Uima- ja porealtaisiin vesi johdetaan käyttövesiverkostoista suodattimien ja puhdistusmenetelmien läpi. Suodattimien jälkeen on mahdollista olla altaan oma vedenlämmitin. Uima-altaiden puhdistusmenetelmiä on useita erilaisia, esimerkiksi kemikaalein ja aktiivihilisuodattimilla. Altaissa vettä kierrätetään pumppujen avulla. Altaita voi sijaita kiinteistöjen sisällä tai ulkopuolella. (Harju 2016)

Palonsammutus

Kiinteistön vesijohtoverkon vettä voidaan käyttää palonsammutukseen. Kiinteistön sisäisiä palonsammutusmenetelmiä ovat esimerkiksi märkäjohtojärjestelmä, kuivajohtojärjestelmä ja sprinklerjärjestelmä. Märkäjohtojärjestelmässä on yksi nousujohto, johon yhdistetään palopostikaapit. Palopostien käyttämättömyyden vuoksi virtaus putkistossa mahdollistetaan nousujohdon päähän liitettyllä päätelaitteella. Kuivajohtojärjestelmässä putkistossa ei ole vettä ja se on tarkoitettu palokunnan käyttöön, joka täyttää putket esimerkiksi palopostista. Sprinklerjärjestelmissä putkistoihin liitetyt suuttimet laukeavat nestetäytteisten lasiampullien hajotessa. (Harju 2016)

5 LEGIONELLABAKTEERIN ESIINTYVYYS JA RISKIT KÄYTTÖVESIVERKOSTOISSA

Legionellabakteeria on havaittu esiintyvän lukuisissa kiinteistöissä ympäri Eurooppaa ja siitä on tehty lukuisia tutkimuksia. Legionellabakteerille altistuminen tapahtuu useimmiten kylmän tai lämpimän käyttöveden kautta. Lukemattomia tapauksia legionellan pesäkkeiden syntymiselle on havaittu esimerkiksi sairaaloissa, hoivakodeissa ja suurissa asuintaloissa, joiden kompleksien rakenteiden uskotaan tarjoavan optimaalisia olosuhteita bakteerin kasvamiselle. Bakteeri alkaa kehittyä käyttövesiputkistoissa sen ollessa optimilämpötilassa. Varsinaisen lämpimän käyttövesiputkiston ja sen kiertojohdon osalta näihin optimilämpötiloihin (20–45 °C) päästään esimerkiksi kiertovedellä toteutetuilla lämmityspattereilla, niin sanotuilla sokeilla linjoilla sekä vajailla putkieristeillä. Lämpimällä kiertovedellä toimivat lämmityspatterit toimivat lämmönluvovuttimina ja näin jäähdyttävät lämmintä vettä. (Mathys ym. 2006, Kusnetsov ym. 2018; Kiwa Inspecta 2021)

5.1 Legionellabakteerin pitoisuuksia erilaisissa kiinteistöissä ja esimerkitapauksia

Legionellabakteerin pitoisuus vedessä yleensä määrittää sairastumisen riskin vakavuuden. Pitoisuusasteikolla 10 000–10 000 000 pmy/l on havaittu sairastumistapauksia. (THL 2021a) Infektiotartunnan aiheuttaman annoksen määrä on toistaiseksi tuntematon (WHO 2007). Ohjeistuksena pitoisuuksien kontrolloimiseksi Suomessa käytetään kotimaisia ohjeistuksia sekä eurooppalaista teknistä ohjeistusta. Eurooppalaisessa ohjeistuksessa legionellapitoisuuden suurimmaksi pitoisuusarvoksi on määritetty 1 000 pmy/l jäähdytystorneissa sekä kylmän ja lämpimän käyttöveden järjestelmissä. Uima-altaissa legionellapitoisuus ei saisi ylittää arvoa 100 pmy/l. (ESGLI 2017)



Kaavio 2. Legionellabakteerin pitoisuuksia kotiympäristöjen käyttövesiverkostoissa, joissa sairastumistapauksia todettiin Suomessa vuosina 2014–2016 (Kusnetsov ym. 2018).

Kaavioon 2 on koottu seitsemässä erilaisessa asuinkiinteistössä havaitusta legionellabakteerin tartuntatapauksesta Suomessa, vuosien 2014 ja 2016 välisellä ajanjaksolla. Näytteitä otettiin sekä kylmästä että lämpimästä vedestä. Kylmän veden lämpötila bakteerin merkittävillä arvoilla oli $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä. Lämpimän veden verkostossa lämpötilat olivat $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä. Kymmenestä seurattavista tartuntatapauksista seitsemän havaittiin talousvedestä, yksi omakotitalosta, jossa käytössä oli maalämpö ja poreamme, yksi ilmankostuttimesta ja yksi nurmikkomullasta, joka kompostoitui jätevesilietteellä. Kuten kaavion 2 pitoisuuksista huomataan, legionellabakteerin pitoisuudet voivat olla hyvinkin erilaisia toisiinsa nähden ja silti aiheuttaa tartuntatapauksia. Tutkimustuloksista havaittiin kuinka ilmankostuttimesta otetussa legionellanäytteessä on suhteessa suurimmat arvot, $3\,000\,000\text{ pmy/l}$. Ilmankostuttimista bakteerit voivat päästä kulkemaan ilmankostuttimien kautta aerosoleina ihmisten keuhkoihin, jolloin riski infektiolle on suuri. Toiseksi suurimman pitoisuusarvon legionellan tutkimuksissa sai nurmikkomulta. Legionellainfektion johdosta tutkimuksia suoritettiin kiinteistön vesijohtoverkostoon, jossa legionellaa ei havaittu merkittävien määrien. Nurmikkomullasta otetuissa näytteissä havaittiin legionellapitoisuuksia $1\,100\,000\text{ pmy/g}$. Potilas oli levittänyt nurmikkomultaa, joka oli valmistettu kompostoimalla jätevesilietettä käyttäen. Jätevesilietteen kautta aerosoleja

on luultavasti päässyt keuhkoihin ja aiheuttanut näin infektion. Suurimpien pitoisuuksien skaala näissä kyseisissä mittauksissa oli 2 000–3 300 000 pmy/l välillä. (Kusnetsov ym. 2018) Näiden tilastojen pohjalta voidaan päätellä, että skaala legionellan syntyvyydelle ja sen tartunnan mahdolliselle riskille on hyvinkin suuri.

Esimerkiksi Hollannissa on toistaiseksi lain mukaista suorittaa legionellan riskiarvio vain tiettyjen kiinteistöjen käyttövesiverkostolle. Juomaveden maksimipitoisuus legionellabakteeria koskien saa olla 100 pmy/l. Hollannissa suoritetuissa tutkimuksissa (Van der Lugt ym. 2019) yritettiin selvittää, onko pakollinen juomaveteen liittyvä hallintasuunnitelma tehokas ja koskevatko pakolliset riskiarviot oikeita riskialueita. Tutkimus suoritettiin 206:een eri rakennukseen ja näytteitä otettiin yhteensä 6 000 kappaletta. Kaaviossa 3 on esitetty, kuinka rakennuksien jakaus tutkimuksessa suoritettiin. Kaaviossa 3 esitettyjen kiinteistöjen lisäksi Hollannissa on lain mukaisesti tehtävä legionellabakteerin riskiarviokartoituksia myös sairaaloihin, mielisairaaloihin, vankiloihin, uintikeskuksiin ja saunoihin, leirintäalueille sekä rekkapysäkeille, huoltoasemille ja tieliikenneravintoloissa, joissa on yleiseen käyttöön tarkoitettuja suihkuja.

Hollannissa pakollisen riskiarvion tarkastuksen tulee sisältää seuraavat 4 kohtaa:

- Veden lämpötila on tarkastettava ja sen lämpötila on oltava alle +25 °C tai yli +50 °C.
- Käyttövesiverkoston linjat, joilla ei ole tarkoitusta tai päätelaitetta, eivät ole sallittuja juomavesiä sisältäviin linjoihin.
- On tarkastettava, että veden ei ole mahdollista seistä kiinteistön käyttövesiverkostossa yli viikon ajan.
- Biofilmien ja sakan riskien arviointi.

Tutkimustuloksista havaittiin, että 16,2 % kaikista näytteistä sisälsi yli 100 pmy/l legionellaa. Pienet kiinteistöt, joissa vesipisteitä oli alle 50 kappaletta, havaittiin 100 pmy/l pitoisuuksia 28,2 % näytteistä. Kaikki pienet kiinteistöt eivät kuulu Hollannissa pakollisen riskien arvioinnin piiriin. Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että riskien arvioinnilla on merkitystä, koska legionellaa ilmenee vakavina pitoisuuksina monissa erilaisissa verkostoissa. Verkostoissa, joihin mahdollisia riskien arviointeja ei tehdä, on tämän tutkimuksen perusteella suurempi riski legionellabakteerin muodostumiselle. Vaikka kiinteistöjen riskien arvioinnilla ei pystytä poistamaan kokonaan legionellan riskiä on sillä tutkimuksen perusteella prosentuaalinen merkitys. Hollannissakin kiinteistöjen vesijohtoverkostojen tehtyjä riskienarviointeja on syytä parantaa, jotta

positiivisten näytteiden prosentuaalinen määrä laskisi. Tutkimustulosten pohjalta voidaan arvioida, onko riskiarviokartoitukseen tehty ohjeistukset riittävät ja ovatko ne legionellan torjunnan kannalta tarpeeksi merkittävät.

Unkarissa suoritetussa tutkimuksessa (Barna ym. 2015) tutkittiin legionellan esiintyvyyttä erilaisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettujen kiinteistöjen vesiputkistoissa. Tässä tutkimuksessa tutkittiin terveydenhuollon tiloja, kouluja, hotelleita, yksityisasuntoja, toimistoja ja teollisuuden rakennuksia. Tutkimustulokset osoittivat, että yli 60 % kaikista tutkituista verkostoista sisälsivät legionellapitoisuuksia ja 49 % tapauksissa pitoisuudet olivat yli 1 000 pmy/l. Tutkimustuloksien mukaan suuret, kompleksit rakennukset ovat pahempia muodostamaan legionellapesäkkeitä, kuin pienet rakennukset. Suurien rakennuskompleksien verkostoissa voi mahdollisesti olla enemmän riskialueita, kuin pienemmissä ja niitä on myös vaikeampi kartoittaa. Rakennuksen iän huomattiin olevan myös suuri riskitekijä. Rakennuksen iällä on merkittävä osa legionellakasvuston riskeihin, vaikka rakennuksen sisäiset vesijärjestelmät olisivatkin uusittuja. Tuloksien perusteella veden lämpötilojen pysyessä kansainvälisten suositusten mukaisilla tasoilla (lämmin vesi yli 55 ° ja kylmä vesi alle 10 °C) on suuri ennaltaehkäisevä vaikutus legionellabakteerin kolonisaation syntymiselle verkostoissa. Valitettava tosiasia on, että suurimmat osat sairaaloista asettautuvat kategoriaan, johon suurimmat riskit legionellakasvuston esiintymiselle todettiin. Sairaaloissa on myös yleisesti enemmän vakavan taudin riskiryhmään kuuluvia henkilöitä.

Hotellien käyttövesijärjestelmissä legionellabakteeri on tullut hyvinkin tutuksi. Tavallisesti noin 20 % vuodessa todetuista tautitapauksista ympäri Eurooppaa on peräisin hotelleista. (Terveyskirjasto 2020) Marokossa suoritettu tutkimus (Assadi ym. 2021) tehtiin 118:aan eri hotellin lämpimän veden järjestelmiin ja näytteitä otettiin yhteensä 149 kappaletta. Tutkimustuloksien perusteella jopa 44 % tutkituista verkostoista sisälsivät legionellabakteeria, jonka pitoisuus oli yli 1 000 pmy/l. Italiassa tutkituista hotelleista (Borella 2005) noin 60 % vesijärjestelmistä sisälsi legionellapitoisuuksia yli 103 pmy/l. Tutkimustulokset osoittivat, että italialaiset hotellit, jotka sijaitsevat vanhoissa rakennuksissa ovat todella suuri riski legionellapesäkkeiden muodostumiselle. Varsinkin vähäisessä käytössä olevat hotellit ovat riskialttiita legionellan muodostumiselle. Verkoissa oleva vesi ei pääse kiertämään ja veden pitkätkin seisona-ajanjaksot voivat olla mahdollisia. Veden seisona voi johtaa lämpötilan optimoitumiseen legionellan lisääntymiselle suotuisille tasoille. Näiden

tutkimusten perusteella hotelleja voidaan pitää merkittävinä riskikiinteistöinä legionellakasvustoa ajatellen.

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa (Mathys ym. 2006) tutkittiin kahdessa eri kaupungissa 452 näytettä legionellaa koskien. Näytteet otettiin yhden perheen asuttamista asunnoista. Tutkimuksessa verrattiin, kuinka paljon välittömien vedenlämmittimien ja lämminvesivaraajien välillä bakteerikannalla on vaihtuvuutta. Tutkimustulokset osoittivat, että verkostoissa, joissa oli välittömiä lämmittimiä, olivat legionellavapaita. Huoneistoissa, joissa vedenlämmittimenä käytettiin lämminvesivaraajia ja kiertävää lämminvesijärjestelmää, 12 % järjestelmistä havaittiin legionellapitoisuuksia yli arvon 1 000 000 pmy/l. Tässäkin tutkimuksessa uusissa taloissa (alle 2 vuotta vanhat) ei havaittu merkittävää legionellan kolonisaatiota. Lämpötilojen osalta tutkimuksessa havaittiin, että merkittävimmät lämpötilat legionellan kasvamiseksi ovat lämpimän veden osalta alle +46 °C ja ne sisälsivät suurimpia pitoisuuksia. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että myös pienempien rakennusten verkostoihin on suositeltavaa tehdä riskiarviokartoituksia. Tutkimuksessa ehdotettiin, että kiinteistöjen käyttövesiverkostoihin olisi joissain tapauksissa suotavaa asentaa suodatusjärjestelmiä.

5.2 Putkistojen ja materiaalien riskit

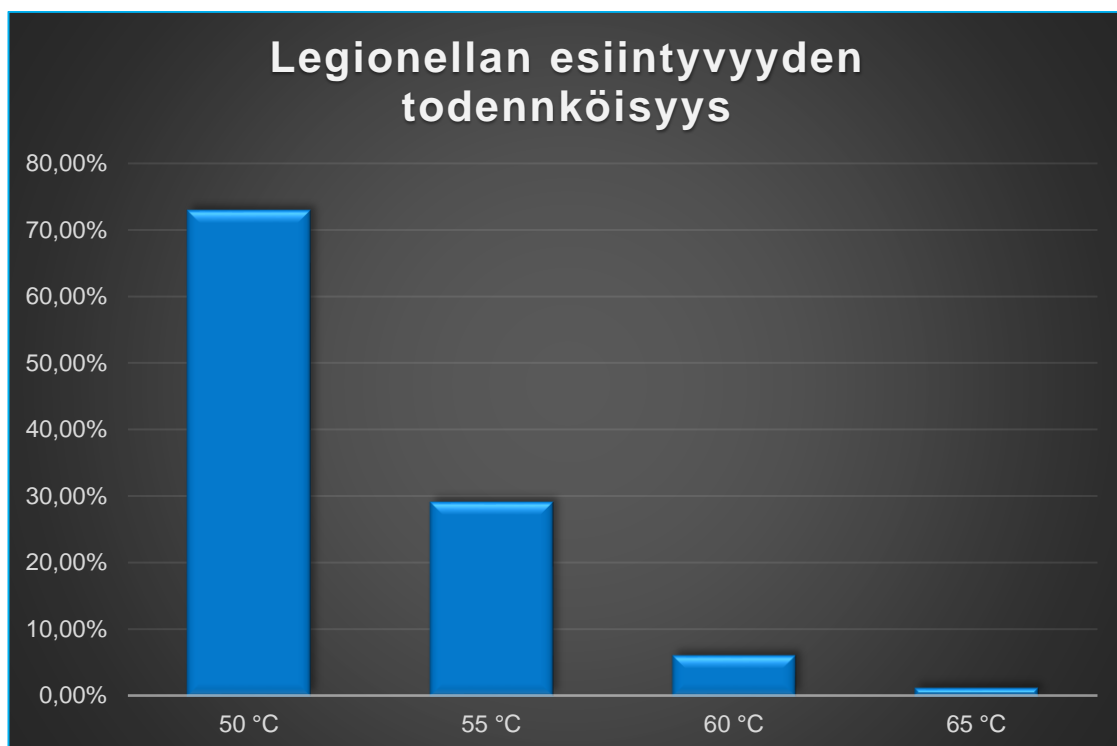
Tutkimuksessa (Mathys ym. 2007) esiteltiin legionellapitoisuuden suhdetta veden lämpötilaan lämpimän veden järjestelmissä, joissa on kierto-ominaisuus. Tutkimuksessa todettiin että, verkoston pitoisuudet tippuvat lineaarisesti lämpötilojen noustessa suuremmiksi. Merkittävä putoaminen havaittiin noin 46–47 °C kohdalla.

Yoshida ym. (2018) nostivat lämpimän menoveden lämpötilan ensimmäisten sairaalassa havaittujen kontaminaatioiden jälkeen +65 °C. Putkistoissa olevan lämpimän veden lämpötilan huomattiin mittauksissa kuitenkin olevan 44,1 °C – 57,2 °C. Alhaiset lämpötilat saattavat mahdollisesti johtua lämmönluovuttimista, joita kiinteistön lämpimän käyttöveden verkostoon on asennettu. Alhaiset lämpötilat muodostavat merkittävän riskin legionellakasvuston edistymiselle. Kuten mittauksista huomataan veden lämpötilan taso, nostotoimista huolimatta oli silti osittain tasolla, jolla Mathyksen ym. (2006) tutkimuksen mukaan legionellakasvuston riski on suuri. Lämpötiloja tarkkailtaessa on oltava tarkkoja, mille tasolle lämpötila todellisuudessa päätyy.

Lämpimän käyttöveden säätö optimilämpöiseksi ja sen siellä pitäminen voi olla vaikeaa, koska veden virtaaman vaihtelu verkostossa voi olla suurta. Veden virtaaman tarkemman optimoinnin myötä myös kalliimpaa automatiikkaa joudutaan käyttämään. Verkostossa olevan veden käyttö määrittää virtausnopeutta ja hankaloittaa säätöä. Tästä syystä automatiikalta vaaditaan nopeaa reagointia virtauksen muutoksiin. Säädön heikolla toiminnalla voidaan huomata käyttöveden lämpötilan vaihtelua. (Harju, 2016)

Rasheduzzaman ym. (2020) vertailivat 13:a eri tutkimusta perustuen hotellien vesijohtoverkostojen legionellapitoisuuksiin ympäri maailmaa. Lämpötiloja tarkasteltiin pääosin 45–70 °C välillä. Tutkimuksessa todettiin, että kymmenessä näistä tutkimuksista oli tarpeeksi tietoa lämpötilojen suhteen, jotta niitä pystyttäisiin luokittelemaan eri osiin. Näistä tutkimuksista vain yhdessä todettiin, että yli +50 °C lämpötilat pitävät päätelaitteet legionellavapaina. Esimerkiksi Suomessa ennen vuotta 2007 rakennettujen kiinteistöjen lämpimän käyttöveden verkostoissa lämpötilan tuli olla vähintään +50 °C. (D1 1987) Nämä lämpötilat luovat tutkimusten perusteella merkittävän riskin kiinteistöjen legionellapitoisuuksiin, järjestelmissä, jotka ovat rakennettu ennen vuotta 2007 ja joissa noudatetaan vuoden 1987 säädöksiä. Neljä näistä tutkimuksista tuli tulokseen, että lämpimän käyttöveden lämpötilan pitäminen yli +55 °C lämpötiloissa on riittävää legionellan ehkäisyyn. +55 °C on Suomen tämänhetkisten (D1 2007) rakennusmääräysten mukainen minimilämpötila lämpimän käyttöveden verkostolle. Loput viisi tutkimusta puolustivat kantaa, että vasta +60 °C lämpötilat ovat tarpeeksi suuret legionellan ehkäisyyn. Tämä tarkoittaa sitä, että vain puolet tässä tutkimuksessa vertailussa olevista tutkimuksista hyväksyvät Suomen rakennusmääräysten mukaiset lämpötilat.

Suurien lämpötilojen kanssa ristiriidassa ovat energiakustannukset koskien lämpimän käyttöveden lämmitystä. Verkostojen liian korkeat veden lämpötilat voivat esimerkiksi myös lisätä palovammojen riskiä.



Kaavio 3. Legionellan esiintyvyyden todennäköisyys eri lämpötiloissa (Rasheduzzaman ym. 2020)

Kaaviossa 4 on esitetty legionellan esiintyvyyden todennäköisyyttä vesijohtoverkoston veden eri lämpötiloissa. Kuten kaaviosta 1 huomataan Suomen ennen vuotta 2007 ja sen jälkeen olevien rakennusmääräysten mukaiset lämpötilat luovat hyvinkin merkittäviä eroja legionellan ehkäisyn suhteen. Kaavion 1 perusteella +50 °C legionellabakteerin ilmentymisen todennäköisyys on noin 73 %, +55 °C samainen todennäköisyys on noin 29 %. Tutkimuksen perusteella tämä tarkoittaa noin 44 prosenttiyksikön putoamista näiden viiden asteen välillä. Tämä on tärkeä asia ymmärtää kiinteistöjen vesijohtoverkostojen riskienhallintaa tehtäessä ja toimenpide-ehdotuksia luodessa. Suomen rakennusmääräysten mukaisesti lämpimän käyttöveden lämpötila ei saa ylittää +65 °C. Kuten taulukosta huomataan näihin maksimilämpötiloihin päästyä, legionellan ilmentymisen todennäköisyys on lähes olematon (alle 1 %).

Rakennusvaiheen aikana legionellabakteerien on mahdollista päästä putkistoihin. Korjaus- ja rakennusvaiheessa vajaat putkimerkinnot voivat johtaa erilaisiin ristikytcentöihin, jotka lisäävät legionellan riskiä. Ristikytcentöjen tapahtuminen rakenteiden sisällä vaikeuttaa mahdollisen legionellan riskin arvioimista ja on tärkeää

siksi, että kiinteistöjen vesijohtoverkostoja rakennettaessa valvonta on asianmukaista. (Kaunisto 2013)

Erilaisten materiaalien on havaittu vaikuttavan legionellabakteeriin kasvuun eri tavoin käyttövesijärjestelmissä. Synteettiset materiaalit, kuten PVC-muovi, ovat korvaamassa metallisia materiaaleja. Synteettiset materiaalit ovat heikompia vastustamaan legionellabakteerin kasvustoa, kuin esimerkiksi kupari. Kuparilla ja muilla metallisilla materiaaleilla on kuitenkin alttius korroosiolle. Korroosiotasojen kasvaminen voi mahdollistaa biofilmien ilmestymisen putkistojen sisälle, jotka mahdollistavat bakteerikasvuston edistymistä. Vesijärjestelmissä olevien erilaisten kumitiivisteiden välillä on havaittu eroja legionellan kasvamisen edistämisen suhteen. Osa kumitiivisteistä ovat hyviä estämään bakteerikasvustoa ja osa taas edistämään. (THL 2020) (WHO 2007)

Aikaisemman tutkimukset (Bedard ym. 2021) osoittavat, että kupariputkilla on selvästi suurempi teho legionellakasvuston vähentämiseen kuin PEX-putkissa alle +41°C lämpötiloissa. Kuparia on jo pitkään käytetty desinfioivana materiaalina, sen ominaisuuksien vuoksi. Esimerkiksi sairaaloissa, joissa on käytetty kuparihopea ionisaatiota, on huomattu legionellabakteerikannan vähentymistä. Moritz ym. (2010) osoittivat, että kuparisilla pinnoilla biofilmien määrä legionellabakteerin kanssa vähenevät nopeammin kuin esimerkiksi EPDM-kumissa ja PE-X-muovissa. Tutkimustulosten osalta voidaan perustella kupariputken käyttöä käyttövesiverkostoissa. Kupariputkiin muodostuva korroosio kuitenkin rajoittaa sen käyttöä legionellavastaisena materiaalina, joka tulee ottaa huomioon.

Niin sanottujen sokeiden linjojen riskin legionellan esiintymiselle muodostaa veden staattinen tila, koska vesi ei pääse kiertämään putkistossa suunnitellulla tavalla. Totaro ym. (2017) huomasivat viidestä sokeasta linjasta otetuista näytteistä jokaisen olevan legionellaposiitivisia. Keskiarvallisesti näytteiden legionellapitoisuudet olivat 19 000–75 000 pmy/l.

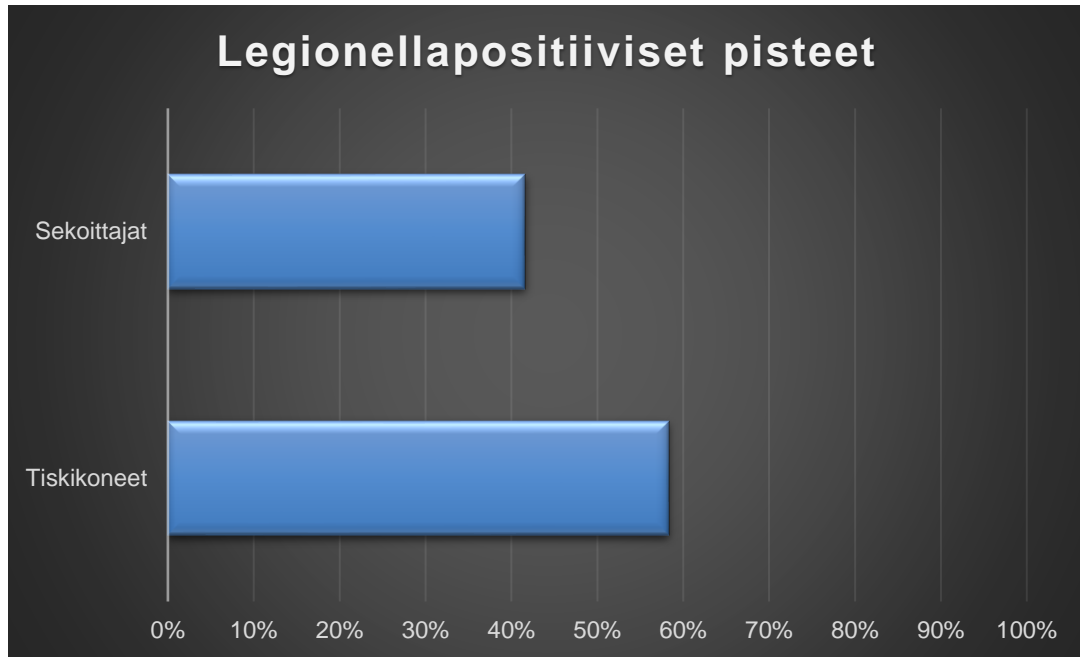
Ph-arvojen puolesta varsinainen riski käyttövesiverkostoissa on olemassa jatkuvasti. Koska legionellalle optimaaliset ph-arvot lisääntymistä varten ovat välillä 5,5–9,2 on sen lisääntymisen riski olemassa teoreettisesti koko ajan. Voimassa olevien laatutavoitteiden mukaan vesijohtoverkoston vesi Suomessa on oltava ph-arvojen 6,5 ja 9,5 välillä. (Wadowsky ym. 1985, Valvira 2020)

5.3 Pääte-elimien ja erikoisjärjestelmien riskit

Verkostojen kytkentäjohtojen päissä olevat pääte-elimet voivat aiheuttaa legionelloille suotuisan ympäristön. Pääte-elimien riskialueita ovat pääasiassa mahdollisten sekoittajien vähäinen käyttö, jolloin veden lämpötila voi muuttua suotuisaksi sekä klooripitoisuus laskea. Sekoittajien ja suuttimien pinnoille sekä korroosion muodostaman karheuden takia putkiston sisälle on mahdollista muodostua biofilmejä. Biofilmit tarjoavat suojaa esimerkiksi mikrobien torjunta-aineita vastaan. (Kaunisto 2013, THL 2018)

Pääte-elimien tarkoitus voi olla esimerkiksi pesukoneiden pesuvesien tuottaminen. Pesukoneiden legionellapitoisuuksia tutkittiin japanilaisessa sairaalassa (Yoshida ym. 2018). Näytteitä tutkimuksessa otettiin 12:sta eri pesukoneesta eri puolilta sairaalaa ja kuten kaaviosta 4 huomataan seitsemässä niistä, havaittiin legionellaa. Tutkimuksessa käytetyt pesukoneet olivat tavallisia asuntoihin tarkoitettuja pesukoneita, jotka olivat valmistettu vuosien 2004 ja 2011 välillä. Pesukoneita ei käytetty lääketieteellisten välineiden pesuun, vaan niitä käytettiin muun muassa potilaiden käytössä olevien astioiden pesuun. Pesukoneiden aistinvaraisissa tarkastuksissa havaittiin veden paikallista seisontaa veden tulo- sekä viemäröintiputkissa. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että pesukoneet ovat merkittävä riski legionellakasvuston edistämiseen ja ne luovat sopivan ympäristön bakteerille sekä edistävät sen mahdollista kasvamista. Bakteerit voivat veden seisonnan ja pesukoneiden sisäisen kosteuden takia altistua niille suotuisille lämpötiloille, jotka mahdollistavat niiden kasvun pesukoneessa. Pesukoneiden avulla legionellabakteerilla on mahdollista edistyä muualle vesijohtoverkostoon, ilman sopivia ehkäisytapoja.

Samaisessa tutkimuksessa otettiin legionellanäytteitä myös sairaalan henkilökunnan tiloista. Henkilökunnan tiloista otetut näytteet otettiin vesihanoista. Hanoista otetuissa näytteissä legionellaa havaittiin viidessä näytteessä, näytteiden kokonaismäärän ollessa 14 kappaletta. Vaikka pesukoneista otetut näytteet olivat prosentuaalisesti enemmän positiivisia, on silti tärkeää muistaa, että biofilmien kasvu päätelaitteiden päällä on myös mahdollista. Biofilmit kasvavat alle +55 °C lämpötiloissa. Tämän perusteella voidaan todeta, että pesukoneet luovat suuremman riskin bakteeripesäkkeiden syntymiselle, kuin sekoittajat.



Kaavio 4. Tutkimuksessa (Yoshida ym. 2018) todetut legionellaposiitiiviset vesipisteet. Vesipisteiden kokonaismäärä tiskikoneiden ja sekoittajien näytteenotossa oli sama, 12 kappaletta.

Erilaiset vesilaitteistot voivat aiheuttaa nesteiden takaisinvirtauksen putkistoon. Takaisinvirtaus voi johtua vesilaitteiston ulkopuolisesta paineesta, joka ylittää alkuperäisen paineen tai vesilaitteiston paineen laskusta. Alipaineistusta voi aiheutua esimerkiksi putkirikoista verkostossa tai suurista vedenottomääristä. Suuria vedenottomääriä voi aiheutua esimerkiksi, kun tulipalojen sammutukseen tarvitaan vettä tai kun vesijohtoja tyhjennetään korjaustoimenpiteiden vuoksi. Takaisinvirtauksessa vesilaitteiston neste voi aiheuttaa bakteerikannan leviämistä käyttöveteen. (Kaunisto 2013, Harju 2016)

Poreammeiden riskit muodostuvat poreammeen veden kiertoon, lämpötilan tarkasteluun ja veden oikeanlaiseen puhdistukseen. Poreammeiden käyttäjiin legionellat leviävät helposti, ammeiden muodostaessa jatkuvasti suuria määriä aerosoleja. (THL 2020; Kiwa Inspecta 2021)

Ilmanvaihtojärjestelmien kostuttimet muodostavat, poreammeiden tavoin, aerosoleja. Kostuttimet ottavat yleensä kosteuttavan veden kiinteistön käyttövesijärjestelmästä. Esimerkiksi haihdutuskostuttimet muodostavat haihtumalla tai höyrystymällä aerosoleja tuloilmaan. Kostuttimissa veden vaihtuvuus saattaa olla hyvin vähäistä, mikä voi

mahdollistaa ilman epähygienisyyden. Haihdutuskostuttimissa voi olla heikko säädettävyys, joka vaikeuttaa kostuttimien optimointia. (Kiwa Inspecta 2021)

Haihdutuskostuttimet toimivat siten, että niiden sisälle laitetaan vettä, jonka jälkeen lämmin ilman pusketaan sen läpi. Lämmin ilma absorboi kostuttimesta vettä ja ilma muuttuu kosteammaksi. Joissain haihdutuskostutintyyeissä on mahdollista olla ilman jäähdytysominaisuuksia. (Condair)

Kostuttimet ovat usein monimutkaisia koneita, jotka vaativat alan asiantuntijoiden huomioita. Höyrystimissä riski voi muodostua esimerkiksi huoltohenkilökunnalle, mikäli höyrystinvedet viemäroidään huolimattomasti. Huolimattomasti viemäroidyissä vesissä roiskeet voivat epähuomioissa olla aerosoleja, jotka voivat päätyä henkilön keuhkoihin. Vähän käytetyissä kostuttimissa, kuten putkistoissakin, on veden seisonnan suuri riski. Putkistoista erittyvät karstat ja liat kasvattavat legionellan kasvun riskiä kostuttimissa. Putkistoista peräisin olevia epäpuhtauksia voi olla vaikeita havaita, koska ne tulevat putkistojen sisältä. Kuten tutkimuksissa on osoitettu (Bedard ym. 2021, Moritz ym. 2010) erilaiset materiaalit luovat myös riskin bakteerikasvuston syntymiselle. Mikäli kostuttimien eri komponenteissa käytetään näitä, legionellakasvustoa edistäviä materiaaleja, on bakteerin eteneminen aerosoleihin ja tuloilmaan mahdollista. (Scott)

Kostuttimien toiminnassa suuri merkitys on myös kostutinveden lämpötilalla. Kostutinvesi johtuu käyttöverkostosta. Mikäli vesijohtoverkoston vesi on legionellalle suotuisella tasolla ja sille altistunut, on sen mahdollista myös päästä kostuttimien kautta aerosoleina tuloilmaan. Tuloilmaan päästyä legionella voi päästä kiinteistöä käyttävien ihmisten keuhkoihin ja aiheuttaa infektion. (Scott)

Kostuttimien valinnassa on syytä muistaa sen toimintaympäristön käyttäjät. Koska kostuttimet voivat olla mahdollinen riski legionellan levittämisessä ilmanvaihdon avulla, käyttäjät eivät voi olla riskiryhmäläisiä. Riskiryhmäläisiin kuuluu esimerkiksi sairaat ja vanhat ihmiset. Riskiryhmäläisiä voi olla esimerkiksi sairaaloissa ja hoivakodeissa. Näihin ympäristöihin on tärkeää arvioida, minkälainen kostutin on oikeanlainen kiinteistöön. (Scott)

6 LEGIONELLAN EHKÄISY KÄYTTÖVESIVERKOSTOISSA

Legionellabakteerin ehkäisyyn käyttövesiverkostoissa on luotu lukuisia määräyksiä niin EU:n kuin Suomenkin lain tasolla. Monet kansainväliset elimet kuten WHO, ECDC ja ESGLI ovat luoneet erilaisia ohjeistuksia, joilla bakteerikasvuston esiintymistä pysyttäisiin hallitsemaan ja ennaltaehkäisemään. Erilaisia legionellabakteerin ehkäisytapoja käyttövesiverkostoissa on tutkittu myös lukuisissa eri tutkimuksissa. (THL 2021b)

Legionellan torjunta vesijohtoverkostoissa Suomessa perustuu pääosin viranomaisten antamiin turvallisuusmääräyksiin, joita on asetettu juomavettä koskien. Vanhojen kiinteistöiden rakennusaikaiset määräykset sekä rakennustavat ovat osin nykytutkimuksiin perustuen vanhentuneita ja bakteeripesäkkeiden muodostumisen riski on sen vuoksi niissä suurempi. Riskiarviokartoituksessa määräyksiä ja niiden noudattamista pyritään valvomaan sekä ohjaamaan kiinteistöjä uusien määräyksien ja ohjeistuksien suuntaan. Kartoituksella pyritään ennaltaehkäisemään mahdollisten legionellapesäkkeiden syntymistä ja niihin kohdistuvia riskejä.

6.1 Kiinteistöjen käyttövesijärjestelmiin liittyvät määräykset

Vuoden 2020 joulukuussa säädetyssä EU:n juomalakidirektiivissä (2020/2184) on ensimmäistä kertaa veloitteita legionellabakteerin riskien arvioimiseen, ihmisten käyttöön tarkoitetun veden osalta. Legionellalle annetaan direktiivissä maksimiarvoksi 1000 pmy/l, jota kiinteistön käyttövesiverkostossa oleva vesi ei saa ylittää. Sen mukaan, mikäli kiinteistössä havaitaan arvon ylittäviä pitoisuusarvoja, on kiinteistössä ryhdyttävä toimenpiteisiin legionellaa vastaan. Toimenpiteisiin on suositeltavaa myös ryhtyä, vaikka pitoisuudet olisivatkin arvon alapuolella, mutta tartunnat ja taudinpurkaukset silti yleisiä. Direktiivissä mainitaan, että 12.1.2029 mennessä kiinteistöön on viimeistään tehtävä legionellabakteerin riskiarvio. Riskiarvion tulee kattaa analyysi riskeistä, joita voi esiintyä vesijärjestelmissä ja niiden tuotteissa ja materiaaleissa. Riskiarvio tulee uusaa vähintään joka kuudes vuosi.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoista (1047/2017) määritellään talousveden ominaisuuksia ja laatutekijöitä, jotka vaikuttavat

legionellan ehkäisyyn. Vesilaitteistossa oleva vesi tulee asetuksen mukaan olla talousveden laatuvaatimukset täyttävää vettä ja verkostossa käytettävien laitteiden siihen soveltuvia. Asetuksessa määritellään, että lämminvesilaitteistossa olevan veden lämpötila tulee olla vähintään +55 °C ja se on saatava kalusteesta vähintään 20 sekunnin kuluessa. Lämpimän veden lämpötila saa verkostossa olla korkeintaan +65 °C. Kylmävesijohdot ovat asetuksen mukaan suunniteltava siten, että veden lämpötila ei laske alle +20 °C. Lämpötila on kuitenkin sallittua olla enintään +24 °C, vähintään 8 tunnin käyttämättömän jakson jälkeen. Mahdolliset ristiin virtaukset kylmän ja lämpimän veden verkostojen välillä on estettävä.

Terveysturvallisuuslain tarkoitus on terveyden ylläpitäminen ja edistäminen. Siinä määritellään, että mikrobeja ei saa esiintyä oleskelutiloissa, mikäli niistä aiheutuu terveyshaittoja. Kunnan terveysviranomaisen voi velvoittaa kiinteistön haltijan näiden, terveyshaittoja aiheuttavien, mikrobien hävittämiseksi. (763/1994)

Talousvesiasetuksessa Sosiaali- ja terveysministeriö säätelee ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laatua. STM:n asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015) määrittelee, että talousvedessä ei saa olla pieneliöitä, loisia tai muitakaan aineita sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, joista voi olla vaaraa ihmisten terveydelle.

Asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) määritellään esimerkiksi, että sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisissa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentyviä hajuja. Kostutuksesta mainitaan, että mikäli ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan kostutuksella, erityissuunnittelijan on suunniteltava kostutus siten, että vältetään olosuhteet terveyttä vaarantavien mikrobien kasvulle.

6.2 Legionellabakteeriin liittyvät ohjeistukset

Kansainvälisesti valmistetut ohjeistukset antavat lisäystä Suomen laissa säädettyihin asetuksiin. Näitä kyseisiä ohjeistuksia ovat tehneet esimerkiksi Euroopan Unioni, Euroopan tautien ehkäisy- ja valvontakeskus ECDC, Maailman terveysjärjestö WHO ja eurooppalainen legionella-asiantuntijoiden verkosto ESGLI. (THL 2021b)

ECDC:n julkaisemassa ohjeistuksessa esitetään tietoa tautiseurannasta legionellabakteeriin liittyen ja kuinka tartuntaryppäitä havaitessa toimitaan. Ohjeistuksen tavoite on, että legionellabakteerista pystyttäisiin keräämään tietoa, jotta bakteerin leviäminen pystytään tiedostamaan nopeasti ja riskit minimoimaan. Kyseinen ohjeistus liittyy erityisesti matkustukseen liittyvien tapausten seurantaan esimerkiksi hotelleissa tai muissa majoitustiloissa. (ECDC 2017)

ESGLI julkaisi vuonna 2017 teknisen legionellaohjeiston, joka sisältää ohjeita sekä pitoisuusrajoja koskien legionellabakteeria. Näiden monimuotoisten teknisten ohjeistusten päämääränä on minimoida legionellainfektioiden riskiä kiinteistöjen vesijärjestelmissä. Ohjeistukset ovat luotu pohdiskelemalla legionellainfektioiden havaitsemista, hallitsemista ja ehkäisyä sekä kokemuspohjaisesti tutkimalla legionellan leviämistä ja tartuntatapauksia kontaminaatioiden takia vesijärjestelmissä. Painos antaa ohjeistuksia myös legionellabakteerin riskiarvioon. (ESGLI 2017)

COVID-19-pandemian vuoksi osa vesijärjestelmistä ovat jouduttu sulkemaan väliaikaisesti tai mahdollisesti kokonaan. Kyseisiä kohteita ovat esimerkiksi majoitustilat ja toimistot. Veden käyttämättömyyden sekä puhdistustoimien vähentyneisyyden takia sen laatu on voinut huonontua legionelloille sopivaksi ympäristöksi. (THL 2021b) Tästä syystä ESGLI loi vuonna 2020 ohjeistuksen (ESGLI 2020), jolla pyritään hallitsemaan edellä mainittujen kohteiden vesijärjestelmien legionellapitoisuuksia.

WHO on julkaissut useita erilaisia ohjeistuksia, joilla pyritään hallitsemaan legionellabakteeria vesijärjestelmissä. Ohjeistuksia on eritelty esimerkiksi juomaveden laatuun, rakennusten vesijärjestelmien turvallisuuteen, legionelloosin torjumiseen sekä uima-altaiden ja muiden samankaltaisten ympäristöjen turvallisuuteen. (THL 2021b)

6.3 Ehkäisyn toimintatavat

Käyttövesijärjestelmien legionellabakteeripitoisuuden ennaltaehkäisemiseksi kiinteistöissä on noudatettava ympäristöministeriön asettamia lämpötilarajoja, jotka ovat kylmälle vedelle alle +20 °C sekä lämpimälle vedelle yli +55 °C. (Finlex 1047/2017) Lukuisien tutkimuksien perusteella lämpötilojen pitäminen vastaavien määräysten mukaisella tasolla vähentää legionellariskiä verkostoissa huomattavasti. Suomen rakennusmääräyksien tehokkuuden todentamiseksi on tarkasteltava tutkimuksia, joissa erilaisia lämpötiloja on tarkasteltu legionellabakteerin suhteen

erilaisissa käyttövesiverkostoissa. Näitä tutkimuksia tarkastellessa pystytään perustelemaan riskien hallinnalle ja legionellan ehkäisylle sopivat lämpötilat.

Tutkimuksien perusteella (Rasheduzzaman ym. 2020) Suomen nykyinen lainsäädäntö, koskien lämpimän käyttöveden lämpötilaa legionellan torjunnassa on sopiva ja sitä tulisi noudattaa. Näiden tulosten perusteella on perusteltua ehdottaa ennen vuotta 2007 rakennettuihin kiinteistöihin legionellan hallinnan vuoksi, kyseistä +55 °C lämpötilaa. Lämpimien käyttövesiverkostojen osalta palaavan käyttöveden johtoon tulisi asentaa aina lämpömittari, josta lämpimän veden lämpötilan lämpöhäviöiden jälkeen pystyttäisiin tarkastuttamaan. Vaikka aikaisemmat rakennusmääräykset (D1 1987) eivät määrittäneet lämpimän käyttöveden lämpötilaa +55 °C tasolle, on riskiarviokartoituksissa paras mainita, että lämpötilojen ollessa mahdollisimman korkealla myös legionellan riski vähenee.

Kiinteistöjen tutkimukset osoittavat, että nykyisillä suunnittelutavoilla on paljonkin eriäväisyyksiä vanhojen rakennusten käyttövesiverkostojen suunnittelutapoihin. Uusissa taloissa verkostoja suunnitellaan paljon legionellavastaisemmin kuin aikaisemmin. Tutkimuksista (Barna ym. 2015, Mathys ym. 2006) päätellen nykyisen rakennustavan avulla pystytään ehkäisemään legionellakasvuston esiintymistä enemmän, verrattuna aikaisempaan rakennustapaan.

Kiinteistöjen verkostoissa tulee tarkkailla sokeiden linjojen ilmenemistä esimerkiksi korjaustoimenpiteiden jälkeen. Mahdolliset sokeat linjat tulee poistaa välittömästi tai niiden huuhtelu pitää olla säännöllistä. Mahdollisimman lyhyet putkivedot vähentävät bakteeripesäkkeiden lisääntymisen riskiä. (WHO 2007)

Sokeiden linjojen osalta legionellabakteerin ehkäisyn kannalta toimiva ratkaisu on myös asentaa sokeiden linjojen päihin niin sanotut ajastetut sekoittajat. Ajastetuilla sekoittajilla tarkoitetaan sekoittajia, jotka kytkeytyvät automaattisesti päälle, niille asetetuin väliajoin. Italialaisessa sairaalassa tehdyssä tutkimuksessa (Totaro ym. 2018) tutkittiin veden vaihtuvuuden merkitystä sokeiden linjojen legionellabakteerin esiintymisen kannalta. Yhden sokean linjan veden vaihtuvuuden ollessa 64 litraa päivässä, legionellan esiintyvyys oli lähes yhtä korkea, kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa vaihtuvuutta ei ollut lainkaan. Veden vaihtuvuuden lisäämisen 192 litraan päivässä sai aikaan legionellabakteerikasvuston häviämisen lähes kokonaan putkistosta. Ajastettuja sekoittajia kyseisessä tutkimuksessa käytettiin viiden sokean linjan päässä. Noin 200 litran päiväkulutuksella kiinteistön vedenkulutus nousi siis noin 6 000 litraa sekoittajaa kohden kuukaudessa. 6 000 litraa kuukaudessa tarkoittaa

keskimäärin yhden ihmisen kuukausittaista vedenkulutusta vuokrakerrostalossa (Harju 2016). Esimerkiksi Turun vesihuollon hinnoilla tämä tarkoittaisi noin 11 euron hinnan nousua kuukausitasolla sekoittajaa kohden (Turun Vesihuolto Oy 2020). Hinnan nousuna tämä ei ole merkittävä, jos sokeita linjoja on suurissa kiinteistöissä vain muutamia. Kustannustehokkuuden määrittäminen ja sen arviointi legionellan ehkäisyyn on hyvinkin kiinteistökohtaista. Veden kiertämisen käyttäminen tavalla, jolla vesi menee hukkaan ei kuitenkaan ole eettisesti oikein maailmassa, jossa miljardeja ihmisiä kärsii vesipulasta (YLE 2018a). Tämän toimintatavan yhdistämisellä tapaan, jolla kierrätetty vesi voidaan käyttää hyödyksi muuhun tarkoitukseen, on varteen otettava keino legionellabakteerin ehkäisyyn vesijohtoverkostossa.

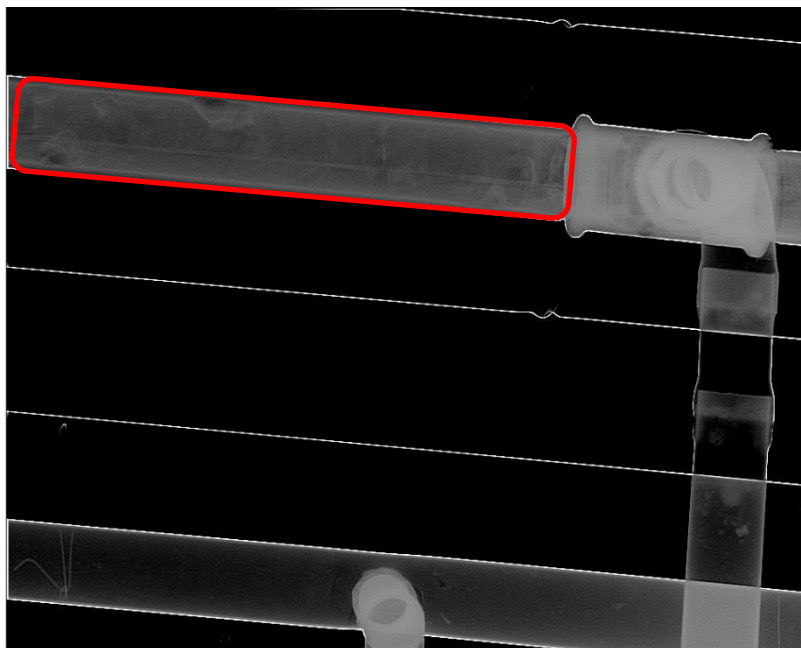
Lämmintä käyttövedtä käytettäessä lämmönluovuttimena sen lämpötila laskee ja voi mahdollistaa legionellakasvuston. Tästä syystä lämmitykseen tulisi käyttää vain siihen tarkoitettuja verkostoja. Voimassa olevien asetusten mukaan uusissa rakennuksissa lämpimän käyttöveden kiertojohdossa ei saa olla lämmönluovuttimia. Korjaus- ja muutostöissä lämmönluovuttimien uusimistyö on sallittua, kun lämmönluovuttimen luovutusteho on enintään 200 wattia huonetilaa kohti. (Talotekniikkainfo) Toimiva tapa legionellakasvuston ehkäisylle on, että käyttöveeteen yhdistetyt lämmönluovuttimet poistetaan käytöstä, ammattilaisten toimesta. Näiden lämmönluovuttimien poistotyön yhteydessä on syytä tarkkailla, kuinka ne poistetaan käytöstä. Lämmönluovuttimia irrottaessa tulee tarkkailla, kuinka pitkälle sen jakojohdo on asennettu. Jakojohdo tulisi katkaista mahdollisimman läheltä tarvittavaa runkolinjaa, jotta vesi ei pääse seisomaan putkiston sokeissa linjoissa.

Toinen syy käyttöveden putkistojen mahdolliseen lämpöhäviöiden suuruuteen ovat vajaat eristykset. Kylmävesijohtojen vajailla eristyksillä tai lämminvesijohtojen läheisyydellä lämpötilat putkistoissa voivat asettua legionellalle suotuisiksi. Tästä syystä kiinteistön käyttövesiputkistoille on erityisen tärkeää, että ne ovat eristetty asianmukaisesti. (Kaunisto 2013)

Kiinteistön huoltohenkilökunnan apu legionellan ehkäisyssä on kriittinen. Huoltohenkilökunnalla on mahdollisuus vaikuttaa päätelaitteiden käyttöasteeseen, sekä tarkastella toimivatko ne suunnitellulla tavalla. Päätelaitteiden, esimerkiksi viikoittainen käyttö, mahdollistaa veden vaihtuvuuden putkistossa, joka vaikuttaa suoraan bakteerikannan kehitykseen. Huoltohenkilöstön on myös mahdollista tarkkailla käyttövesiverkoston laitteiden päällistä puhtautta. Huoltohenkilökunnalla ja kiinteistön käyttäjillä on vastuu kiinteistön vesikalusteiden puhtaudesta. (Kiwa Inspecta 2021)

Päätelaitteiden päällä kasvavien biofilmien torjumistapoja on monia. Japanilaisessa tutkimuksessa (Yoshida ym. 2018), jossa sairaalan päätelaitteisiin tehtiin legionellatutkimuksia, bakteerin puhdistamiseen verkostosta käytettiin veden lämpötilan nostoa sekä kloorausta. Klooraus suoritettiin ylempään lämpimän veden kiertojohtoon 2 ppm kloorilla. Kloorauksen lisäksi vettä käytettiin sekoittajista 10 minuutin ajan yli kahden viikon ajanjaksolla. Näiden lisäksi lämmityskattilan vesi nostettiin kahden päivän ajaksi +70 °C. Sairaalaan poistettiin myös pesukoneet henkilökunnan tiloista. Näillä teoilla oli tutkimuksen mukaan merkittävä vaikutus. Tutkimuksen jälkeen legionellaa testattiin samaisista paikoista, ilman positiivisia tuloksia. Kuten tutkimuksesta huomataan verkostojen yksinkertaisillakin torjuntakeinoilla legionella on mahdollista hävittää lähes kokonaan. Tämän tutkimuksen tulosten ongelmana suomalaisen kiinteistöön tehtävän riskiarviokartoituksen suhteen on kuitenkin Suomen rakennusmääräysten vastaisuus. Suomessa rakennusmääräysten mukaisesti lämpimän käyttöveden lämpötila ei saa nousta yli +65 °C. (1047/2017) Tämä tarkoittaa sitä, että siirtimeltä lämpötilaa ei voida asettaa yhtä korkealle, kuin Japanissa tehdyssä tutkimuksessa. Biofilmien kasvua kuitenkin pystytään rajoittamaan merkittävästi, kunhan veden lämpötila pysyy vähintään +55 °C, jotka ovat nykyisten rakennusmääräysten mukaiset. (Yoshida ym. 2018) Lämpötilan tarkastus on mahdollista suorittaa esimerkiksi lämpimän kiertoveden paluujohdon putkesta esimerkiksi erillisellä laserlämpötilamittarilla tai putkeen asennetusta fyysisestä lämpötilamittarista.

Putkiston sisäpuolisen korroosiotason arvioiminen on mahdollista esimerkiksi läpivalaisukuvauksilla. Kiinteistön käyttövesiputkistoon on suositeltavaa tehdä kuntotutkimus, putkiston iän ollessa noin 25–30 vuotta. Putkiston kuntotutkimuksen yhteydessä käyttövesiverkostosta otetaan läpivalaisukuvauksia. Korroosiotasoa arvioimalla voidaan mahdollisesti arvioida biofilmien kehittyminen putkistoon, mikäli sille on tarvetta. Korroosiotason arvioinnin perusteella legionellan ehkäisytapoja ovat esimerkiksi putkiston uusiminen tai klooraus. Kloorauksella on huomattu olevan hyvin suuri vaikutus muiden asioiden ohella legionellan ehkäisyssä. (Kaunisto 2013, LVV-kuntotutkimusopas 2013, Nakamura ym. 2020)



Kuva 6. Läpivalaisukuva sinkitystä teräsputkesta, kylmän käyttöveden runkolinjasta. Putkessa korroosiota ja sakkaa. (Kiwa Inspecta 2021).

Kuten kuvasta 6 huomataan, putkistojen läpivalaisukuvauksissa korroosion ja sakan ilmeneminen on mahdollista havaita. Putkistojen kuntotutkimuksia tekevällä henkilöllä tulee olla tietoa korroosion analysoimisesta. Korroosiotasoa pystytään arvioimaan myös niin sanotulla tuhoavalla testauksella. Tuhoavassa testauksessa putkistoista irrotetaan osia ja niitä katkaisemalla pystytään korroosiotasoa arvioimaan visuaalisesti sekä tekemään laboratoriotutkimuksia. (SuLVI 2013) Esimerkiksi kyseisiä putkistojen kuntotutkijan tekemiä läpivalaisukuvauksien pöytäkirjoja on mahdollista käyttää myös legionellakasvuston riskien hallinnan arvioimiseen.

Kostuttimien osalta toimiva ratkaisu legionellabakteerin ehkäisemiseksi on vaihtaa kostuttimet höyrykostuttimiksi tai poistaa kostuttimet täysin. Suositeltavaa on selvittää, onko kiinteistössä kostuttimelle varsinaista tarvetta. Höyrykostuttimet kuumentavat veden höyryäväksi, jolloin suurin osa vedessä mahdollisesti esiintyvistä bakteerikannasta kuolee. Höyrykostuttimissa tulee kuitenkin huomioida valmistajan ohjeistukset laitteiston huollosta ja veden vaihtuvuudesta. Höyrykostutin on ilmarkostutinmalleista allergia- ja astmaliiton suosittelema. (Aaltonen 2020)

Kostuttimia asentaessa sekä valitessa on syytä kysyä asiantuntijalta neuvoa erilaisten kostuttimien ominaisuuksista ja tarkoituksista. Kostuttimia valitessa kiinteistöön on syytä muistaa, kuinka ilmarkostutin suorittaa kostuttamisen. Mikäli kostuttaminen

tapahtuu niin, että vesi muutetaan aerosoliksi, on veden desinfiointi ja puhtauden seuranta erityisen tärkeää. Kuitenkin monet modernit höyrystimet ja haihdutuskostuttimet sisältävät ominaisuuksia, jotka ovat suunniteltu legionellabakteerin ehkäisyyn. Kostuttimiin on esimerkiksi mahdollista asentaa UV- tai hopeaionisointia suorittavia laitteita. (Scott)

Kostuttimien toiminnassa on tärkeää, että asiantuntija tai muu henkilö, joka kostutinta on suositellut ymmärtää sen toiminnan ja toimintatarkoituksen. Toimintatarkoituksen ymmärtäminen hyvän huollon kanssa mahdollistaa veden kierron kostuttimessa, joka vähentää legionellan riskiä. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa käytössä oleva L8-ohjeistuskokoelma koskien legionellabakteeria määrittää, että vesi ei saisi olla staattisessa tilassa 24:tä tuntia kauempaa. Monet automaattilaitteistot ovat mahdollistaa säätää tähän esimerkilliseen vedenkiertosykliin, joka lisää asiantuntevan huollon ja asentajan merkitystä.

Automaattisesti viemäröidyt kostuttimet ovat arvokkaita mahdollisten roiskekontaminaatioiden suhteen. Automaattiviemäröidyt koneet poistavat riskin, että viemäröintiä tekemässä oleva henkilö saisi tartunnan roiskeaerosolien kautta. (Scott)

Kostutinviesien puhtaana pysymiseen on suunniteltu erilaisia menetelmiä. Näitä menetelmiä on esimerkiksi veden pehmentäminen sekä käänteisosmoosi.

Käänteisosmoosisuodatuksella veden suodatus on todella tehokasta ja vesi saadaan hyvin puhtaaksi sakkakertymästä ja bakteereista. Käänteisosmoosin ongelmana on kuitenkin se, että sen erinomaisen suodatuskyvyn takia vettä puhdistavatkin kemikaalit suodattuvat pois. Veden käyttö olisi suotavaa olla lähes välitöntä suodatuksen jälkeen, jotta siihen ei kohdistuisi ulkopuolisia riskejä bakteerikasvuston kannalta.

Käänteisosmoosisuodatuksen jälkeistä vettä on säteilytetty esimerkiksi UV-valolla ja hopeaionisaatiolla. Näillä menetelmillä veden puhtaus voidaan ylläpitää ja siihen ei kohdistu bakteerikasvuston asettamia riskejä. (Scott)

Ph-arvon säätämisellä legionellan ehkäisy on Suomen juomaveden laatutavoitteiden vuoksi vaikeaa. Teoreettinen alue veden ph-arvoille Suomen käyttövesiverkostoissa legionellan ehkäisyyn ovat arvojen 9,2 ja 9,5 välissä, mikä tarkoittaa sitä, että vesi olisi suhteellisen emäksistä. Veden kovuuden lisääminen ja ph-arvon nostaminen ovat yleinen keino välttää putkiston sisäpuolista syöpymistä. Tämä tapahtuu lisäämällä kalsiumhydroksidia. Tämän jälkeen veteen lisätään myös hiilidioksidia, jolla ph-arvoa pyritään laskemaan. (Wadowsky ym. 1985, Valvira 2020, Helsingin yliopisto)

Putkimateriaalien valinnoilla legionellan alustava ehkäisy on yksinkertaista. Riskit voidaan minimoida valitsemalla kiinteistöön vain materiaaleja ja tuotteita, jotka ovat hyväksytty juomavesikäyttöön. Erilaisten materiaalien kelpoisuus voidaan osoittaa esimerkiksi CE-merkinnällä (kuva 8) tai tyyppihyväksynnällä. CE-merkintä tarkoittaa, että kyseinen tuote täyttää EU:n lainsäädännön asettavat vaatimukset eri tuotteille. CE-merkintöjä edellyttäviä direktiivejä on laadittu yli 20 kappaletta. Direktiiveillä on positiivinen vaikutus hyvän laadun menettelylle EU:n alueella. (SFS)

Materiaalivalintojen yhteydessä on syytä tarkastaa soveltuvatko kumi- ja muoviosat sekä voiteluaineet käyttöveteen tarkoitettuihin laitteistoihin. (Kaunisto 2013)



Kuva 7. Esimerkki CE-merkinnästä.

Nesteiden takaisinvirtaus käyttövesiverkostoon voi lisätä bakteerikantaa putkistossa. Kuten tutkimuksissa on huomattu (Yoshida ym. 2018), esimerkiksi pesukoneet muodostavat merkittävän riskin legionellabakteerin kasvamiselle. Ilman takaisinvirtauksen ehkäisyä, bakteerikanta voi ali- tai ylipaineistuksen takia päästä verkostoon ja aiheuttaa bakteerikannan etenemisen verkostossa. Takaisinvirtauksen ehkäisy suoritetaan takaisinimusuojauksilla (kuva 8). Voimassa olevien määräysten mukaan veden takaisinimeytymistä verkostoon on pyrittävä torjumaan. Takaisinimusuojaustyyppien määrittäminen eri tilanteissa perustuu standardin SFS-EN 1717 mukaan. Takaisinimusuojalaitteiden toimintatapoja ovat ilmavälijärjestely, ilman sisääntuloaukko tai mekaaninen järjestely. (Kaunisto 2013)



Kuva 8. Takaisinimusuoja liitettynä pyykinpesukonehanaan.

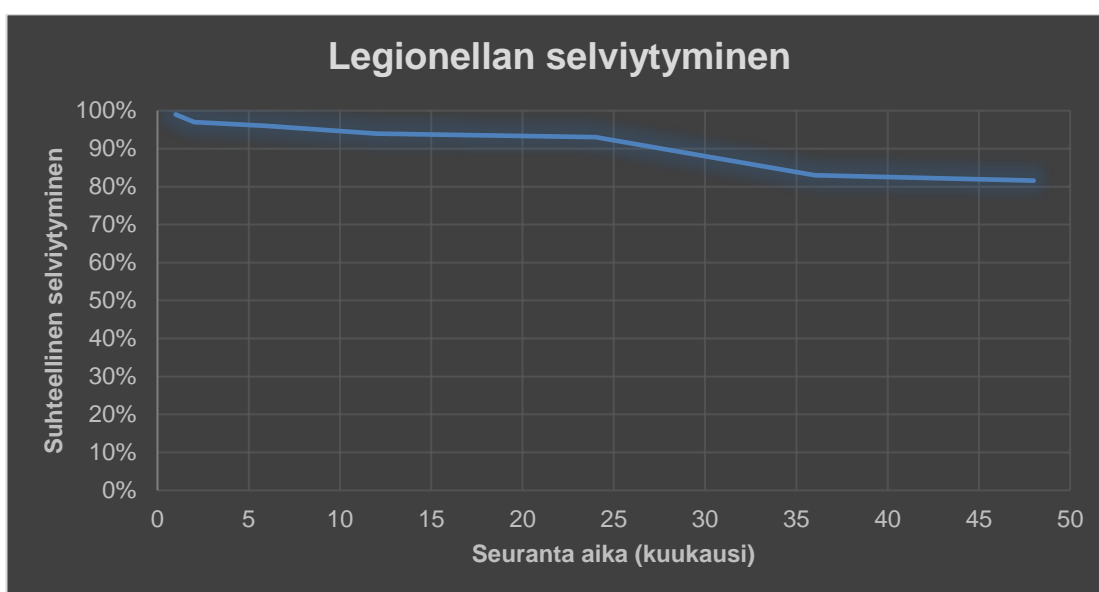
Rakennus- ja korjausvaiheiden riskienhallintaan vaikuttaa asentajien ammattitaito sekä dokumentaation merkitys. Vajailla putkimerkinnöillä on mahdollista, että liitoksia tehdään vääristä järjestelmistä toiseen. Veden laatu voi heikentyä merkittävästi, jos vesijohtoja liitetään esimerkiksi sammutusjärjestelmiin tai muihin erillisiin vesijärjestelmiin. Hyvän dokumentoinnin, ammattitaidon ja valvonnan tuloksena näin ei tulisi käydä. (Kiwa Inspecta 2021, Kaunisto 2013)

Eräs kemiallinen torjuntamekanismi legionellaa vastaan vesijohtoverkostoissa on klooridioksidin (ClO_2) käyttö. Klooridioksidin käyttöä tutkittiin italialaisessa sairaalassa (Vincenti ym. 2018) elokuun 2011 ja elokuun 2018 välisenä ajanjaksona.

Klooridioksidia laitettiin verkostoon ja näytteitä otettiin ajanjakson aikana yhteensä 490 kappaletta. Tutkimuksessa vesinäytteitä otettiin lämpimän veden varaajista, lämpimän käyttöveden kiertojohdosta sekä pääte-elimistä kuten sekoittajista.

Kokonaismääräisesti vesinäytteistä vain 6,12 % sisälsi legionellaa. Kuten kaaviossa 6 esitetään, legionellan suhteellinen määrä neljän vuoden aikana tarkastetuista pisteistä väheni ja suhdanne osoittaa, että se todennäköisesti vähenee edelleen. Vastaavaa

tutkimusta olisi suotavaa suorittaa pidemmältäkin ajanjaksolta, jotta legionellan vähenemistä verkostoissa pystyttäisiin seuraamaan tarkemmin. Tämän tutkimuksen jälkeen kysymykseksi jäikin, kuinka lähelle nollaa prosenttia klooridioksidin lisäämisellä pystytään pääsemään. Tulokset kuitenkin osoittivat, että klooridioksidilla saadaan vähennettyä legionellabakteerin kantaa käyttövesiputkistoissa. Tutkimus osoitti merkittävää lisätietoa klooridioksidin käytöstä ja merkityksestä riskiarvioiden riskienhallintaosioon. Päättelemällä kaaviosta 6, voidaan sanoa, että verkoston jatkuva klooridioksidin lisäys edesauttaa verkoston puhtaana pysymistä ja vähentää legionellabakteerin taudin riskiä. Tietona tämä on merkittävä, esimerkiksi verkostoja ajatellen, joissa veden vaihtuvuus ei ole suurta.



Kaavio 5. Legionellan selviytyminen klooridioksidin jatkuvan lisäyksen takia vesijohtoverkoston eri osissa. (Vincenti ym. 2018)

Klooridioksidille korvaavana tapana legionellan ehkäisyä vastaan on käytetty esimerkiksi kupari- ja hopeaionisaatiota. Iso-Britannialaisessa sairaalassa (Barbosa ym. 2016) tehdyssä tutkimuksessa kupari- ja hopeaionisaatiolla saatiin parempia tuloksia legionellan ehkäisyn suhteen, kuin klooridioksidilla. Kupari- ja hopeaionisaatiossa vettä syötetään kahden 99.99 % kupari- ja kahden 99.99 % hopeaelektrodin läpi. Näiden elektrodikammioiden läpi virtaavaan veteen erittyy reaktiossa kupari- ja hopeaioneita. Tutkimuksessa seurattiin neljän vuoden ajan ionisaation aloittamisen jälkeen, kuinka paljon legionellaa havaitaan verkostossa. Seurantajakson alussa verkostoon tehtiin riskien arviointi mahdollisista riskikohdista ja

nämä poistettiin verkostosta ensimmäisen 4 kuukauden aikana. Kupari- ja hopeaionisaation seurantajakson viimeisen 15:n kuukauden aikana ei koko verkostossa havaittu yhtäkään legionellaposiitivista näytettä. Näytteitä otettiin sekä kylmän että lämpimän käyttöveden verkostoista. Tutkimustuloksista huomattiin, kuinka kupari- ja hopeaionisaatiolla sekä verkoston kiinteistön käyttövesiverkoston riskien arvioimisella päästään hyviin tuloksiin. Legionellapitoisuudet kiinteistön verkostossa putosivat radikaalisti ensimmäisten testausten jälkeen, noin 45 prosenttiyksikköä. Kupari- ja hopeaionisaatiota voidaan tutkimuksen perusteella pitää validina ehkäisytoimenpiteenä legionellabakteeria vastaan.

Yhdistetyillä toimintatavoilla legionellan ehkäisyyn on suuri mahdollisuus ja ovat tutkimuksia seuraamalla todettu olevan tärkeää. Japanissa tuotetussa tutkimuksessa (Nakamura ym. 2020) vuosien 2015 ja 2018 välillä todettiin, että yhdessä vesijohtojen kloorauksen, veden lämpötilan yli +55 °C pitämisen ja veden juoksutuksen kanssa pystytään mahdollistamaan hyvät tulokset. Tutkimus suoritettiin Tokion yliopistolliseen sairaalaan. Näytteitä otettiin lukuisista eri vesijohtoverkoston kohdista kuten sekoittajista, WC-istuimista, jätehuoneista ja kaivoista. Näytteitä otettiin yhteensä 1439 kappaletta ja vain 1,3 % näytteistä sisälsi legionellaa. Vaikka legionellan täysi ehkäisy ei tässäkään tutkimuksessa ollut mahdollista, on tutkimustulos merkittävä. Erilaisten metodien yhdistämisellä pystytään jatkuvasti yhä parempiin tuloksiin legionellabakteerin torjumista vastaan. Riskien kartoittamiseen sekä legionellabakteerin hallinnoimiseen on keskittävä jatkuvasti parempia keinoja. Bakteerikasvuston hallinnoimiseen olevien lukuisten keinojen yhdistäminen on tutkimusten mukaisesti hyvin toimivaa. Toimivia tapoja kartoittaessa on myös todettava, että riskien hallinnoimiseen keksityt tavat eivät saa olla ristiriidassa kohdemaan rakennusmääräyksiä koskevan lainsäädännön kanssa.

Legionellabakteerin ehkäisyä varten kiinteistöjen käyttövesiverkostoihin on mahdollista tehdä riskiarviokartoitus, jolla pyritään kartoittamaan legionellabakteerille suotuisia elinympäristöjä verkostoissa.

7 LEGIONELLABAKTEERIN RISKIARVIOKARTOITUS

Legionellabakteerin riskiarviokartoitus kiinteistössä on Euroopassa yleinen tapa hallinnoida käyttövesijärjestelmien riskejä bakteerin suhteen. Kartoitus voidaan jakaa sitä edeltäviin toimenpiteisiin, kenttätutkimuksiin sekä varsinaiseen lopputuotteeseen eli raporttiin ja siinä esitettyihin johtopäätöksiin ja toimenpide-ehdotuksiin.

7.1 Kartoitusta edeltävät toimenpiteet

Varsinaista kartoitusta edeltäviin toimenpiteisiin kuuluu asiakkaan tarve riskiarviokartoitukselle, joka johtaa tarjouspyyntöön. Tarjouspyynnön jälkeen palvelun tuottaja tekee asiakkaalle tarjouksen, joka vastaa asiakkaan toiveita kartoituksesta. Tässä kappaleessa käydään läpi prosessia, mikä tapahtuu kartoitusta edeltävissä toimenpiteissä. Ennen kartoitusta on tärkeää ymmärtää kummankin osapuolen vastuualueet.

7.1.1 Tarjouspyyntö

Riskiarviokartoituksen ensimmäiseen vaiheeseen liittyy asiakkaan tarve kartoitukselle. Tarpeita kartoituksen toteutukseen on monia, mutta yleisimmät syyt tähän tulevaisuudessa ovat kiinteistön omistajan tai käyttäjien huoli sen käyttövesiverkoston legionellapitoisuuksista sekä EU:n asettama direktiivi koskien legionellabakteeria.

Tarveselvityksen jälkeen asiakas on yhteydessä eri konsultointi- ja tarkastusalan yrityksiin, jotka mahdollisesti tekevät legionellabakteerin riskiarviokartoituksia. Yhteydenpidon yhteydessä asiakas lähettää kartoituksia tekeville yrityksille tarjouspyynnön kiinteistön riskiarviokartoituksesta. Tarjouspyynnön yhteydessä tulisi olla liitteenä kiinteistön pohjapiirustukset sekä yleistiedot, joiden avulla pystytään arvioimaan, kuinka kauan kyseisen kiinteistön riskiarviokartoitukseen menee aikaa sekä pystytään kartoittamaan riskiarviokartoituksen laajuus kiinteistössä.

Tarjouspyyntövaiheessa asiakkaan ja mahdollisen toteuttajan välinen kommunikaatio on erityisen tärkeää, jotta tarjousvaiheessa ei tulisi väärinymmärryksiä. (Kiwa Inspecta 2021, KSE 2013)

7.1.2 Tarjous

Tarjousvaiheen alkaessa mahdollinen riskiarvion toteuttaja on saanut tilaajalta tarvittavat tiedot kartoituksen tarjousta varten. Tarjouksen toteuttaa yleensä tuotteeseen sekä tarjouslaskentaan perehdytetty henkilö. (Kiwa Inspecta 2021)

7.1.3 Esivalmisteludokumentaatio ja sen merkitys

Erityisen tärkeää hankkeen etenemisen kannalta on dokumentaation merkitys. Kaikki tarjousvaiheessa asiakkaalta saadut dokumentit tulisi palvelua tuottavan yrityksen yhteyshenkilön tai -henkilöiden toimesta dokumentoida yhteen samaiseen kansioon tai toimintajärjestelmän osaan, josta jokainen hankkeessa toimiva henkilö löytäisi tarvitseviensa tiedot hankkeen etenemiseksi.

Huolellisen dokumentoinnin tärkein ominaisuus on ajan säästäminen. Mikäli kaikki hankkeeseen liittyvät asiakirjat ovat samassa paikassa aina, ei hankkeeseen osallistuvien henkilöiden tarvitse tehdä kokonaisvaltaista selvitystä dokumentteihin. Aikaa säästämällä yritys säästää näin resurssoinneissa, mikä korreloi suoranaisesti sen rahan kulutukseen. Tällä tavalla hankkeesta tulee kokonaisvaltaisesti kannattavampi.

Varsinainen dokumentointi on tulevaisuuttakin varten tärkeää. Varsinkin suurissa yrityksissä henkilökunnan vaihtuvuus on yleistä. Vaihtuvuuden mukana yrityksistä lähtee osaamista sekä yhteystietoja. Huolellisessa dokumentaatiossa yhteystietojen sekä riskiarviota varten tarvittavan osaamisen jääminen yritykseen on todennäköisempää, kuin vajaassa dokumentaatiossa. (Kiwa Inspecta 2021)

7.1.4 Vastuualueet

Tässä työssä vastuualuekysymyksissä noudatetaan Konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja.

Tilaajan vastuista riskiarviokartoituksen kannalta tärkeitä asioita ovat siihen tarvittujen asiakirjojen hankinta ja toimitus ajallaan. Kartoituksen aikana tarkastajalla tulee olla kiinteistön KVV-piirustukset käytössä, jotta tarkastus pystytään suorittamaan tarvittavin

osin. Piirustusten ajallaan toimittaminen säästää aikaa ja vaikuttaa näin konsulttiyrityksen yritystoimintaan. Piirustusten toimitus lähtötietoina helpottaa työn suunnittelua ja on tästä syystä erityisen tärkeää. Lisäsiilaajan vastuu on ilmoittaa konsultille mahdollisista muista viivästyksistä, jotka vaikuttavat kartoituksen suorittamiseen. Tilaaja on myös velvollinen ilmoittamaan tarkastajalle jo aikaisemmin putkistoissa havaituista riskikohdista. Riskikohtien ennakkotiedot helpottavat kartoituksen etenemistä ja luovat varmemman kokonaiskuvan.

Tutkijan velvollisuus on suorittaa tarkastus mahdollisimman objektiivisesti ja noudattaa hyviä teknisiä työtapoja. Konsultin tulee noudattaa tarjouksessa tehtyä sopimusta ja suorittaa tarkastukset sovitulla tavalla. Alikonsultin työstä on ilmoitettava erikseen ennakkoon tilaajalle.

Konsultin ja tilaajan välinen sisäinen kommunikointi on erittäin tärkeää. Konsultilla on velvollisuus kertoa tilaajalle mahdollisista muutoksista, jotka eivät alkuperäiseen toimeksiantoon liity. Muutoksia voivat olla esimerkiksi lisäselvityksien tarve. Konsultti ei saa ottaa ohjeita tehtävän suorituksesta muilta kuin työn tilaajalta. Mikäli näin jostain syystä tapahtuu, on konsultti velvollinen ilmoittamaan tästä tilaajalle. Tämän jälkeen on tilaajan kanssa sovittava, missä määrin muualta tulevat ohjeet otetaan huomioon. Mahdolliset ylimääräiset ohjeet, määräykset ja ilmoitukset on vahvistettava kirjallisesti, mikäli niillä on olennaista merkitystä. (KSE 2013)

7.2 Kenttätutkimukset

Kiinteistökierroksen tarkoituksena on visuaalisesti tarkastaa kaikki kiinteistön näkyvissä olevat käyttövesijärjestelmän osat, jotka tehdyn tarjouksen mukaisesti on mahdollista tarkastaa. Kiinteistökierroksen periaate perustuu lukuisiin eri tutkimuksiin, joissa legionellabakteeria on havaittu erilaisissa käyttövesiverkoston osissa.

7.2.1 Kellarikerros ja kierroksen aloitus

Kiinteistökierroksen aloitus on loogisinta aloittaa käyttövesiverkoston alkupäästä, eli lämmönjakohuoneesta. Lämmönjakohuone sijaitsee yleensä kiinteistön kellarikerroksessa tai ulkopuolisessa tilassa. Lämmönjakohuoneessa tulee tarkastaa lämpimän veden paluulämpötila, joko etälumentalaitteesta tai esimerkiksi putken pinnalta

laserlämpömittarilla. Sokeiden linjojen tarkastelu on suositeltavaa aloittaa välittömästi kiinteistöön saapuessa. Linjojen tarkastelujen yhteydessä tulee tarkkailla putkistojen kuntoa, jotta korroosion ja sakan määrää putkistossa pystytään arvioimaan.

Lähtötietoina korroosion ja sakan arvioimiseen avustaa esimerkiksi putkistoon tehdyt mahdolliset läpivalaisukuvaukset tai tuhoavat testaukset. (Kiwa Inspecta 2021)

Tarkastajan vastuulla on selvittää, onko kiinteistöön tehty käyttövesiverkoston osalta korjaus- tai muutostöitä. Tarkastajalla on kiinteistökierroksella mukana kiinteistön piirustukset. KVV-piirustuksia ja linjoja tarkastelemalla tulee tarkkailla mahdollisia vääriä putkimerkintöjä tai ristikytkentöjä. (Kaunisto 13; Kiwa Inspecta 2021)

Kellarikerroksessa tai ulkoisissa tiloissa sijaitsee usein myös väestönsuojatilat. Väestönsuojatilojen kannalta ratkaisevia tekijöitä legionellabakteerin kannalta ovat harvoin käytetyt vesipisteet. Harvoin käytettyjä vesipisteitä voi sijaita myös muissa kellarikerroksen osissa. Kellarikerroksen vesipisteiden käyttöasteesta tulee haastatella kiinteistön käyttäjiä tai huoltohenkilökuntaa. Vesipisteiden ollessa vähäisellä käytöllä niiden kytkentäjohdoissa vesi voi paikoin seisoa ja johtaa lämpötilojen asettumista bakteeri kasvustolle suotuisille tasoille. Vesikalusteiden pinnoille sekä tiivistäisiin voi kehittyä biofilmejä, jotka mahdollistavat mikrobikasvuston kehityksen. Kenttätöiden yhteydessä on suositeltavaa selvittää vesikalusteiden pintojen puhdistuksen yleisyys. (THL 2020; Kiwa Inspecta 2021)

7.2.2 Käyttökerrokset

Käyttökerroksien tarkastukset ovat sokeiden linjojen sekä vesipisteiden kanssa hyvinkin samanlaisia kuin kellarikerroksessa. Kerroksissa sokeita linjoja on kuitenkin vaikeampi havaita kuin kellaritiloissa, koska linjat ovat yleensä piilotettu rakenteiden sisälle. Vesipisteiden käyttöasteiden varmistumisesta, helpoin tapa on suorittaa henkilöhaastatteluja.

Käyttökerroksien vesipisteiden tarkastuksien yhteydessä tulee varmistaa pesukoneiden tuloputkien takaisinimusuojaus. Voimassa olevien määräysten mukaan vesilaitteisto on suunniteltava siten, että siinä pyritään torjumaan veden takaisinimeytymistä verkostoon. (1047/2017)

Mahdolliset lämpimään käyttöveteen liitetyt lämmönluovuttimet kiinteistössä on syytä kartoittaa seuraamalla KVV-piirustuksia sekä lukemalla kiinteistön korjaushistoriaa.

7.2.3 Erityisjärjestelmät

Erityisjärjestelmien kuten uima-altaiden ja ilmastokostuttimien tarkastukset suoritetaan pääosin näitä kyseisiä laitteistoja huoltavien henkilöiden haastatteluilla.

Kostuttimien riski legionellabakteerille on laitteiston sisäisen veden bakteeripitoisuuden määrä. Veden bakteeripitoisuuden riskiarviointi tapahtuu selvittämällä veden desinfiointimahdollisuudet sekä veden vaihtuvuus kostuttimessa.

Uima-altaiden vesi kloorataan muidenkin mikrobien sekä infektioiden estämiseksi. Tämä on yleensä riittävä kemiallinen torjunta myös legionellabakteeria kohtaan. Kenttätöissä tulee selvittää kloorauksen säännöllisyys ja uima-altaiden puhdistuksen sekä käyttöasteiden yleisyys. (THL 2021)

7.2.4 Dokumentointi kenttätöissä

Kenttätöiden dokumentointi riskien arvioimisesta tapahtuu, joko digitaalisin tai käsin tehtyjen muistiinpanojen avulla. Dokumentaatioissa käytetään hyväksi, tilaajalta saatuja, kiinteistön vesijärjestelmien piirustuksia. Piirustuksien sekä paikalla tehtyjen havaintojen avulla riskikohdat pystytään dokumentoimaan ja paikallistamaan tarkasti.

Muistiinpanojen lisäksi dokumentointia vahvistaa kiinteistöstä ja sen riskialueista otetut valokuvat. Valokuvat ovat osa raporttia, jossa riskikohdat esitetään tilaajalle. Riskikohtien havainnollistaminen toimii valokuvien avulla.

7.3 Raportointi

Raportoinnin toimintatavan esityksen tarkoituksena on edistää yrityksen sisäisen raportoinnin yhtenäistämistä ja selkeyttää raportoinnin edistymistä.

7.3.1 Kiinteistön esittely

Esittelykappaleen tarkoituksena on esitellä kiinteistö, johon riskiarviokartoitus on tehty.

Raportointi alkaa kiinteistön esittelyllä, johon kuuluu valokuva sen julkisivusta. Esittelykappaleessa esitetään kiinteistön perustietoja kuten kiinteistön koko pinta-alallisesti sekä tilavuudeltaan, rakennusten lukumäärä ja lämmitysmuoto.

Tämä kappale mahdollistaa kiinteistön kohdistamisen, jotta erilaisilta väärinkäsityksiltä vältyttäisiin esimerkiksi kolmansien osapuolten toimesta, jotka raporttia tarkastelevat.

7.3.2 Johdanto

Johdantokappaleessa esitetään, mitä kiinteistössä tehtiin ja mitä raportti käsittelee.

Raportissa käytetyt riskiarvion arvosteluperusteet tarkoittavat seuraavaa:

- 1 Vähäinen riski legionellabakteeri esiintymiselle. Toimenpiteet eivät ole välittömiä tai toimenpiteet ovat jo mahdollisesti aloitettu.
- 2 Riski legionellabakteerin esiintymiselle. Toimenpiteet ovat suositeltavia.
- 3 Suuri riski legionellabakteerin esiintymiselle. Toimenpiteitä suositellaan välittömästi.

Kuva 9. Legionellabakteerin riskiarviointikategoriat.

Osiossa esitetään riskiarviokartoituksen tarkastusperiaatteet sekä arvioinnin perusteet. Arviointi riskikohdista on jaettu kuvassa 9 esitetyin tavoin kolmeen eri luokkaan, joilla kartoittaja antaa asiakkaalle viitteen riskien kriittisyydestä sekä mahdollisista tulevista toiminnoista, joilla riskejä pystytään ehkäisemään.

Johdanto-osuus on raporttipohjassa pääpiirteittäin vakiona, ja toimii myös kartoitusta tekeväälle asiantuntijalle toimintatapaesimerkkinä sekä lyhyenä ohjeistuksena.

7.3.3 Tiivistelmä

Tiivistelmäosiossa raportointia tekevä asiantuntija kokoaa kenttätutkimuksissa tehdyt muistiinpanot sekä pöytäkirjaosuuden tärkeimmät asiat ja kirjoittaa näistä selkeän tiivistelmän raporttiin. Tiivistelmässä esitetään riskit sekä yleiset toimenpide-ehdotukset kyseisille riskeille. Tiivistelmäosion raportointi alkaa asteen 3 riskeistä päättyen asteen 1 riskeihin.

7.3.4 Pöytäkirja

Pöytäkirjaosioon kartoituksen suorittanut asiantuntija kirjaa jokaisen kiinteistössä tekensä havainnon liittyen legionellabakteerin kasvamiseen esimerkiksi taulukon 2 osoittamalla tavalla. Pöytäkirjaosiossa annetaan yksityiskohtaisempi kuva kiinteistöön kohdistuvista huomioista, joita eri käyttövesiverkoston osissa havaitaan.

Riskin numero	Riskikohdan sijainti kiinteistössä	Riskin kuvaus	Riskin lisätiedot	Riskin suuruus	Suosittelut toimenpiteet
1	Ilmanvaihtokonehuone	Haihdutuskostuttimen veden vaihtuvuus vähäistä. (kuva 1)	Ilmanvaihtokoneen haihdutuskostuttimen veden vaihtuvuus on vähäistä, joka voi mahdollistaa legionellakasvuston. Bakteerit pääsevät näin ilmanvaihtoon ja sisäilmastoon.	1	Haihdutuskostutin vaihdetaan turvallisempaan vaihtoehtoon tai veden desinfiointi sekä vaihtuvuus tarkastetaan, tasaisin väliajoin.
2	Väestönsuojatilat	Harvoin käytetyt vesipisteet. (kuva 2)	Vesipisteiden ollessa harvassa käytössä, sen kytkentäjohtoihin voi muodostua veden seisontaa, joka voi johtaa bakteerikasvustoon.	2	Vesipisteitä käytetään, tasaisin väliajoin.
3	Koko kiinteistön siivouskomerot	Käyttövesipattereiden poistotyön jälkeen on jätetty sokeita linjoja. (kuva 3)	Sokeissa linjoissa vesi pääsee seisomaan putkessa, mutta on silti suoraan yhteydessä lämpimään käyttöveteen.	1	Sokeiden linjojen poistotyö siivouskomoista.
4	Liikehuoneiston keittiötilat	Keittiössä sijaitsevan pesukoneen tuloputkessa ei havaittu imusuojaa. (kuva 4)	Imusuojan puuttuminen voi ali- tai ylipaineistuksen takia aiheuttaa bakteerien sekä epäpuhtauksien päätyksen käyttövesiverkostoon.	2	Imusuojan asennustyö pesukoneen tuloputkeen.

Taulukko 1. Esimerkki pöytäkirjamallista.

Pöytäkirjan osiot koostuvat seuraavista osista:

- Riskin järjestysnumero
- Riskikohdan sijainti kiinteistössä
- Riskin kuvaus
- Riskin lisätiedot
- Riskin suuruus
- Suositellut toimenpiteet

Pöytäkirjaosion lisäselitykset

Riskin numeron kohdalla riskeistä johdetaan juokseva numerointi.

Riskikohdan sijainnilla pyritään esittämään riskikohdan sijainti kyseisessä kiinteistössä huonekohtaisella tarkkuudella.

Riskin kuvauksella siitä annetaan yleiskuvaus, jolle esitetään suluissa raportissa vastaava kuva.

Riskin lisätiedoissa siitä annetaan tarkka kuvaus, minkä takia tämä kyseinen riski aiheuttaa mahdollisen legionellabakteerin kasvuston.

Riskin suuruus- osiossa arviointiasteikolla 1–3 kerrotaan, kuinka vakavaan riskikategoriaan kyseinen havainto kuuluu (kts. kuva 9).

Suositteluisissa toimenpiteissä riskikohdille annetaan yksityiskohtaiset ohjeistukset, kuinka niitä pystyttäisiin ehkäisemään.

7.3.5 Yleisohjeistuksia legionellabakteerin ehkäisemiseksi

Viimeisessä kappaleessa raportin päättämiseksi asiakkaalle esitetään yleisohjeistuksia legionellabakteerin ehkäisemiseksi. Tämän osion tekstit ovat vakiona raporttipohjassa.

Yleisohjeistuksessa esitetään esimerkiksi seuraavat torjuntatavat:

- Veden lämpötilan säilyttäminen 20 °C – 55 °C ulkopuolella
- Mahdolliset käyttöveden legionellabakteeripitoisuuden testaukset
- Käyttämättömien vesijohtojen katkaisu mahdollisimman läheltä jakojohtoa
- Vesipisteiden säännöllinen, mieluiten päivittäinen, käyttö
- Uima-altaat tyhjennetään käytön jälkeen tai desinfioidaan säännöllisesti
- Vesilaitteistoissa käytetään takaisinimusojausta määräysten mukaisesti
- Lämpimän käyttöveden käyttö lämmönluovuttimena lopetettava

7.3.6 Muita yleishavaintoja

Tähän raporttiosioon kiinteistössä tarkastuksen suorittanut asiantuntija voi kertoa muista esimerkiksi terveyteen tai turvallisuuteen havaitsemistaan asioista ja antaa toimenpide-ehdotuksia.

7.3.7 Konsultointi raportoinnin yhteydessä

Raportoinnin yhteydessä on mahdollista käyttää asiakkaan tai asiantuntijan toimesta tarjouksen mukaisesti lisäkonsultteja. Lisäkonsultointia voi olla esimerkiksi yrityksen

sisäisesti tai ulkoisesti. Sisäisellä avustavalla konsultoinnilla tarkoitetaan esimerkiksi toisen asiantuntijan käyttöä tapauksissa, joista raportojalla ei ole vankkaa kokemusta. Ulkoinen konsultointi voi olla esimerkiksi veden legionellabakteeripitoisuuden näytteiden analysointia. (Kiwa Inspecta 2021)

8 LOPPUYHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia legionellabakteerin toimintaa käyttövesiverkostoissa ja luoda niiden pohjalta ohjeistus riskien hallinnoimiseksi. Työssä esiteltiin legionellabakteerin ongelman nykytilanne. Tämän jälkeen esiteltiin bakteeri ja sen ominaisuudet. Käyttövesiverkoston esittelyssä käytiin läpi sen eri osa-alueet ja niiden tarkoitukset.

Lukuisia ympäri maailmaa suoritettuja tutkimuksia tarkasteltiin. Käyttövesiverkostojen riskien etsimisessä pyrittiin verkostot jakamaan kahteen osa-alueeseen, putkistoon ja pääte-eliimiin. Putkistoihin huomioon kiinnitetyissä osuuksissa tarkasteltiin materiaaleihin, lämpötiloihin, kytkentävirheisiin, pH-arvoihin ja käyttämättömyyteen liittyviä riskejä. Pääte-elimien riskien tarkasteluissa huomioitiin päätelaitteisiin, kuten sekoittajiin ja pesukoneisiin sekä erityisjärjestelmiin, kuten poreammeisiin ja kostuttimiin liittyviä riskejä.

Riskien hallintaan ja legionellabakteerin ehkäisyyn liittyvässä osiossa ohjeistuksia, määräyksiä ja tutkimuksia tarkastelemalla pyrittiin perustelemaan sopivat ehkäisytöimenpiteet legionellaa vastaan. Ehkäisytapoja on lukuisia erilaisia ja eri asioita voi käyttää hyödyksi legionellan ehkäisyyn. Ehkäisyperiaatteita tutkittiin havaittujen riskien osalta, mutta myös kemiallisia ehkäisytapoja tutkittiin ja kuinka erilaiset tavat auttavat ehkäisyssä. Todellisuudessa mahdolliset yhdistetyt ehkäisyratkaisut ovat toimivimpia ja legionellan ehkäisyssä tulee olla laaja tieto bakteerin käyttäytymisestä sen hallinnoimiseen ryhdyttäessä.

Työn päätteeksi tutkimustuloksien perusteella luotiin ohjeistus legionellabakteerin riskiarviokartoitukseen ja sen lopputuotteeseen. Lopputuotteen eli varsinaisen raportin tarkoitus on olla asiakkaalle mahdollisimman selkeä ja esittää vain tarpeelliset asiat.

Koska opinnäytetyössä esitellyt tutkimukset ovat pääosin englanniksi, on legionellan ehkäisyn kannalta Suomessa tärkeää, että tutkimustuloksia esitetään myös suomen kielellä.

LÄHTEET

- Aaltonen, Teija. 2020. Näin valitset hyvän ilmankostuttimen: ”Halpatuotteissa on terveysriskejä”. Rakennusmaailma. Viitattu 17.4.2022. <https://rakennusmaailma.fi/nain-valitset-hyvan-ilmankostuttimen-halpatuotteissa-on-terveysriskeja/>
- Assaidi A., Soummane A., Ellouali M., Latrache H., Timinouni M., Zahir H., Mliji E. M. 2021. Environmental surveillance of Legionella pneumophila in hot water systems of hotels in Morocco.
- Borella P., Montagna M. T., Stampi S., Stancelli G., Romano-Spica V., Triassi M., Marchesi I., Bargellini A., Tatò D., Napoli C., Zanetti F., Leoni E., Moro M., Scaltriti S., D’Alcalà G. R., Santarpia R., Boccia S. 2005. Legionella contamination in hot water of Italian hotels.
- Barna Z., Kádár M., Kálmán E., Szax A. S., Vargha M. 2016. Prevalence of Legionella in premise plumbing in Hungary.
- Bédard E., Trigui H., Doberva M., Paranjape K., Lalancette C., Allegra S., Faucher S. P., Prévost M. 2021. Local Adaptation of Legionella pneumophila within a Hospital Hot Water System Increases Tolerance to Copper.
- Barbosa V. L., Thompson K. C. 2016. Controlling Legionella in a UK hospital using copper and silver ionisation—A case study.
- Condair. Viitattu 15.3.2022. <https://www.condair.fi/in-duct-adiabatic-humidifiers/condair-me-evaporative-humidifier-cooler>
- Denenea Johnny. The Legionnaires’ Lawyer. The History Of Legionnaires’ Disease. Viitattu 15.3.2022. <https://thelegionnaireslawyer.com/history-legionnaires-disease/>
- ECDC 2017. European Legionnaires’ Disease Surveillance Network.
- ECDC 2018. Legionnaires’ disease Annual Epidemiological Report for 2018.
- ESGLI 2017. European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation, of Infections Caused by Legionella species. Viitattu 21.10.2021. https://www.escmid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research_Projects/ESGLI/ESGLI_European_Technical_Guidelines_for_the_Prevention_Control_and_Investigation_of_Infections_Caused_by_Legionella_species_June_2017.pdf
- ESGLI 2020. Guidance for managing Legionella in building water systems during the COVID-19 pandemic.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2020/2184 ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta. Viitattu 20.2.2022. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184&from=EN>
- Harju P. 2016. Vesi- ja viemärintiteknikka. Penan Tieto-Opus Ky.

Helsingin yliopisto. Veden kovuus. Viitattu 1.4.2022.

https://www2.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/veden_kovuus_opilas_aga.pdf

Kaunisto, Tuija. 2013. Kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienhallinta. Prizztech.

Kiwa Inspecta. Tuotekehityspalaveri 14.7.2021.

Kusnetsov J., Lyytikäinen O., Jaakola S., Räsänen P., Airaksinen P., Ruotsalainen E., Mentula S. 2018. Legionellabakteerit vesijärjestelmissä – vaara, jota ei aina muisteta. Vesitalous 1/2018.

Mathys W., Stanke J., Harmuth M., Junge-Mathys E. 2008. Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating.

Nakamura I., Amemura-Maekawa J., Kura F., Kobayashi T., Sato A., Watanabe H., Matsumoto T. 2020. Persistent Legionella contamination of water faucets in a tertiary hospital in Japan.

Rasheduzzaman, Singh R., Haas C. N., Gurian P. L. 2020. Required water temperature in hotel plumbing to control Legionella growth.

RT 13-11143. 2013. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Scott Tim. Condair. Viitattu 15.3.2022. <https://www.condair.co.uk/knowledge-hub/legionnaires-disease-humidifiers-what-you-need-to-know>.

SFS. Viitattu 15.3.2022. <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/ce-merkinta/>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151352>

Suomen LVI-liitto. 2013. LVV-kuntotutkimusopas.

Talotekniikkainfo. Lämpimän käyttöveden kiertojohto. 11.6.2021.

<https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/8-lampiman-kayttoveden-kiertojohto>

Terveysuojelulaki (763/1994). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940763>

Terveyskirjasto 2020. Legionaalaistauti. Viitattu 19.10.2021.

<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00580>

THL 2019. Legionella. <https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/taudit-ja-torjunta/taudit-ja-taudinaiheuttajat-a-o/legionella>

THL 2021a. Legionellabakteerit vesijärjestelmissä. Viitattu 1.3.2022.

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa>

THL 2021b. Legionellaa koskeva lainsäädäntö ja ohjeistus. Viitattu 1.3.2022.

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/legionellaa-koskeva-lainsaadanto-ja-ohjeistus>

Totaro M., Valentini P., Costa A. L., Giorgi S., Casini B., Baggiani A. 2017. Rate of *Legionella pneumophila* colonization in hospital hot water network after time flow taps installation.

Turun Vesihuolto. 2020. Hinnasto. Viitattu 1.4.2022.

<https://www.turunvesihuolto.fi/hinnasto>

Valvira. 2020. Talousvesiasetuksen soveltamisohje osa 3.

Van der Lugt W., Euser S. M., Bruin J. P., der Boer J. W., Yzerman Ed P.F. 2019. Wide-scale study of 206 buildings in the Netherlands from 2011 to 2015 to determine the effect of drinking water management plans on the presence of *Legionella* spp.

Vincenti S., de Waure C., Raponi M., Teleman A. A., Boninti F., Bruno S., Boccia S., Damiani G., Laurenti P. 2019. Environmental surveillance of *Legionella* spp. colonization in the water system of a large academic hospital: Analysis of the four-year results on the effectiveness of the chlorine dioxide disinfection method.

Wadowsky R. M., Wolford R., McNamara A. M., Yee R. B. 1985. Effect of Temperature, pH, and Oxygen Level on the Multiplication of Naturally Occurring *Legionella pneumophila* in Potable Water.

WHO 2007. *Legionella* and the prevention of legionellosis.

WHO 2018. Viitattu 10.4.2022. Legionellosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>

YLE 2018a. Miljardit ihmiset kärsivät vesipulasta – Kolme suomalaisyritystä kantaa kortensa kekoon ongelman ratkaisemiseksi. Viitattu 28.3.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-10126873>

YLE 2018b. Jopa sata legionellatartuntaa jää pimentoon vuosittain – Arviolta joka kymmenes sairastunut kuolee. Viitattu 2.4.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-10108210>

Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistoista, 7.1.1987. D1.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoista (1047/2017). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Yoshida M., Furuya N., Hosokawa N., Kanamori H., Kaku M., Koide M., Higa F., Fujita J. 2018. *Legionella pneumophila* contamination of hospital dishwashers.