

Janne Haverinen

**TOIMINTAMALLI RAKENNUSTEN PUTKISTOJEN KÄYTTÖIÄN
MÄÄRITTÄMISEEN**

TOIMINTAMALLI RAKENNUSTEN PUTKISTOJEN KÄYTTÖIÄN MÄÄRITTÄMISEEN

Janne Haverinen
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Rakentamisen koulutusohjelma
(ylempi AMK-tutkinto)
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakentamisen koulutusohjelma (YAMK)

Tekijä: Janne Haverinen
Opinnäytetyön nimi: Toimintamalli rakennusten putkistojen käyttöään
määrittämiseen
Työn ohjaaja: Martti Hekkanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018
Sivumäärä: 53

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella julkishallinnon tuotantorakennuksien kunnossapitoon työmenetelmiä, joilla pystytään arvioimaan vesi- ja viemärijärjestelmien kuntoa ennakoivasti pääosin ainetta rikkomattomin keinoin.

Tarkoituksena oli suunnitella putkistojen kunnossapitomallia ennalta ehkäisevästi, ennen ongelmien ilmaantumista. Tavoitteena oli selvittää, millä tavoin putkistojen nykykunto pystytään arvioimaan luotettavasti. Lisäksi työssä tarkastellaan vesi- ja viemäriputkistojen vauriomekanismeja yleisesti käytetyissä materiaaleissa ja näiden putkistojen kuntotutkimusprosessin läpivientiä.

Opinnäytetyö on luonteeltaan kirjallisuusselvitys. Tämän lisäksi rakennuksien huoltohenkilökunnalta hankittiin tietoa rakennusten lähihistoriasta. Tämän työn tuloksena saadaan toimintamalli siihen, miten selvitetään rakennusten putkistojärjestelmien nykykunto. Toimintamallia käyttämällä kyetään määrittelemään tarkemmin, kuinka paljon putkijärjestelmällä on jäljellä luotettavaa käyttöikää sekä tulevan saneerausohjelman ajankohta.

Asiasanat: Kunnossapito, Six Sigma, DMAIC, kuntotutkimus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Engineering, Master`s degree

Author: Janne Haverinen

Title of thesis:

Supervisor: Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 53

Purpose of the thesis was to develop working methods for the maintenance of administrative production buildings, which can be preemptively used to estimate condition of water pipes and sewerage without causing damage to structures.

The objective was to design a maintenance model, which can be applied before problems turn up in water pipes and sewerage. In addition, aim was to study how their current condition could be reliably estimated. Furthermore, damage mechanisms of commonly used water pipe and sewerage materials, as well as their physical examination processes are estimated.

Thesis was accomplished in the form of literature study. Additionally, maintenance personnel of the buildings were interviewed to gain prior knowledge. As a result of the study, operating model for the estimation of the current condition of water pipes and sewerage can be developed. By using this model, their expected safe life as well as point of renewal time can be estimated.

Keywords: Maintenance, Six sigma, DMAIC, Condition survey

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PUTKISTOJEN VAURIOMEKANISMIT.....	7
	2.1 Vesijohdot.....	7
	2.1.1 Sinkitty teräs.....	7
	2.1.2 Kupari.....	8
	2.1.3 Messinki.....	12
	2.1.4 Muovit.....	13
	2.2 Viemärit.....	16
	2.2.1 Valrauta.....	16
	2.2.2 Muovi.....	18
3	PUTKISTOJEN KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU.....	19
	3.1 Käsitteet ja määritelmät.....	19
	3.2 Kunnossapitolajit.....	21
	3.3 Six Sigma - kunnossapitoa ohjaavana teoriana.....	22
	3.4 Six Sigma – viemäreiden ja putkistojen ohjaavana teoriana.....	25
4	PUTKISTOJEN KUNTOTUTKIMUKSEN LÄPIVIENTI.....	33
	4.1 Yleistä.....	33
	4.2 Lähtötietojen kerääminen.....	35
	4.3 Katselmusvaihe.....	36
	4.4 Tutkimusmenetelmät ja laitteet.....	37
	4.5 Kenttätutkimusvaihe mittausmenetelmillä.....	42
	4.6 Toimenpidesuositus.....	47
	4.7 Raportointi.....	49
	4.8 Kuntotutkimuksen hyödyt.....	50
5	YHTEENVETO.....	51
	LÄHTEET.....	52

1 JOHDANTO

Suomen rakennuskanta lisääntyi voimakkaasti 1960- ja 1970-luvulla, niin yksityisen kuin julkisen sektorin puolella. Nyt tämä rakennuskanta on saneerausiässä ja siihen kuuluvat suunnittelut ja korjaukset työllistävät rakennusalan ihmisiä maassamme paljon. Yleisimpiä toimenpiteitä, joita rakennuksille tehdään, ovat muun muassa julkisivu- ja kattoremontit, ikkunoiden vaihdot, sekä talotekniikan puolelta putki- ja sähkösaneeraukset. Ennen korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä kiinteistöissä yleensä suoritetaan kuntoarvioita ja kuntotutkimuksia. Näiden arvioiden ja tutkimusten perusteella saadaan selvitettyä tarkemmin rakennuksen kuntoa ja pystytään arviomaan mahdollisesti tulevan saneerauksen laajuutta.

Kiinteistöhuollon piirissä on julkishallinnon tuotantorakennuksia, jotka ovat tulossa saneerausikään. Ajankohta rakennusten kuntoarvioinnille ja kuntotutkimusten teettämiselle on sopiva. Tässä työssäni paneudun vesi- ja viemäriputkistojen kuntotutkimusprosessiin ja tarkoituksenamme on toteuttaa prosessi käytännössä lähitulevaisuudessa.

Tämän työn tavoitteena on suunnitella putkistojen kunnossapitomallia ennalta ehkäisevästi, ennen ongelmien ilmaantumista. Tavoitteena on selvittää, millä tavoin putkistojen nykykunto pystytään arvioimaan luotettavasti. Lisäksi työssä tarkastellaan vesi- ja viemäriputkistojen vauriomekanismeja yleisesti käytetyissä materiaaleissa ja näiden putkistojen kuntotutkimusprosessin läpivientiä.

Tämä työ on luonteeltaan kirjallisuusselvitys, jonka aineisto koostuu alan kirjallisuudesta. Työssä on johdannon ja yhteenvedon lisäksi kolme päälukua, joista toisessa luvussa kerrotaan vauriomekanismeista eri putkimateriaaleissa. Kolmas luku käsittelee putkistojen kunnossapidon suunnittelua lähestyen sitä Six Sigman DMAIC -ongelmanratkaisumallia käyttäen. Neljännessä luvussa käydään läpi putkistojen kuntotutkimuksen eri vaiheet, alkukatselmoinnista loppuraportointiin.

2 PUTKISTOJEN VAURIOMEKANISMIT

2.1 Vesijohdot

Nykyään rakennusten kylmä- ja lämminvesijohtoina käytetään etupäässä kupari- ja komposiittiputkia sekä muovisia PEX-putkia. Putkistojen liitin- ja venttiilimateriaalina käytetään eniten messinkiä, mutta liitososia tehdään myös muovista. Aiempina vuosina asennettiin kylmävesiputkiksi sinkittyä teräsputkea.

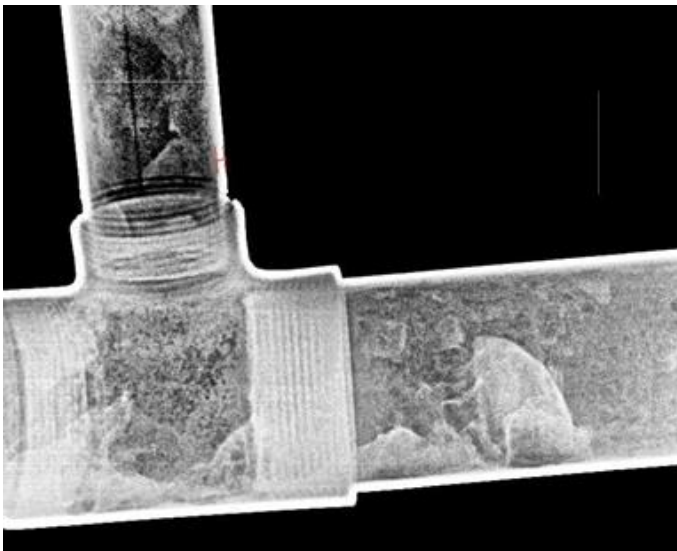
2.1.1 Sinkitty teräs

Pinnoittamaton hiiliteräs voi vaurioitua helposti ja yksi sen suosittu pinnoitemateriaali on ollut sinkki. Teräksen korroosio on selvästi nopeampaa kuin sinkin ja se antaa katodisen suojan teräkselle. Jos pinnoite vaurioituu, liukenee sinkkiä vauriokohtaan, ja näin vältetään alla olevan teräksen korroosiolta. Sinkityn teräksen käyttö uudisasennuksien kylmävesiputkistoissa lopetettiin 1970-luvulla ja niitä on uusittu ja uusitaan saneerauksissa tälläkin hetkellä toisiin materiaaleihin. Sinkittyä terästä käytettiin valtamateriaalina kylmänvedenputkistoissa aina 1900-luvun alusta alkaen. (Kekki, Keinänen-Toivola, Kaunisto & Luntamo. 2007, 69.)

Rakennuksiin asennetuissa kylmävesiputkissa on ollut laatuvaihtelua etenkin sinkityksessä ja pituussuunnassa hitsatuissa saumoissa, mikä osaltaan vaikuttaa niiden kestoikään tänäkin päivänä. Putkien valmistuksessa ainevahvuudet ja halkaisijat vaihtelivat eri aikakausina. (Kekki, Kaunisto, Keinänen-Toivola & Luntamo. 2008, 53.)

Kuumasinkityksellä suojatut teräsputket pinnoitettiin ulko- ja sisäpuolelta. Pie-nemmillä putkilla sinkkikerroksen paksuus on keskimäärin 0,07 mm ja suurem-milla keskimäärin 0,14 mm eli sinkkikerros on kaksinkertainen. Sinkkipinnoitteen paksuus ja veden laatu vaikuttavat suoraan putkien käyttöikänsä. (Kekki ym. 2007, 69.)

Pitkään jatkunut sinkin liukeneminen syövyttää lopulta terästä, joka paljastuu sinkkipinnoitteen alta. Syöpymisen johdosta veteen alkaa tulla myös väri- ja makuhaittoja. Teräksen tultua esiin korroosion eteneminen nopeutuu ja sen seurauksena putkistoon alkaa tulla korroosiotuotteita. Tämä aiheuttaa putkien tukkeutumista, ja tämän johdosta virtauspoikkipinta-ala putken sisällä pienenee. (Kekki ym. 2007, 70.)



KUVA 1. Röntgenkuva sinkitystä teräsputkesta, jossa sakkia ja syöpymää.

Liitoscappaleina käytettiin tavallisesti muhvikierrelitoksia, jotka olivat kuumasinkittyä terästä ja kuumasinkittyä adusoitua valurautaa. Jos sinkittyihin putkistoihin on asennettu jälkeinpäin kupariosia, on ne pitänyt sijoittaa virtaussuunnassa teräksen jälkeen, koska kuparin liukeneminen veteen voi nopeuttaa syöpymisreaktiota sinkityssä teräsputkessa. (Kekki ym. 2007, 67 – 69.)

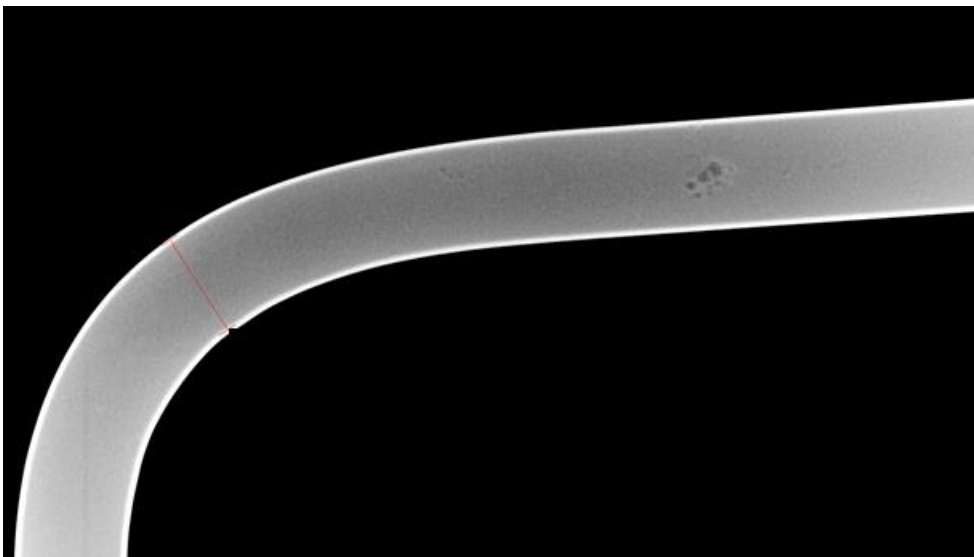
2.1.2 Kupari

Kuparia on käytetty eniten vesijohtojen materiaalina suomalaisessa rakennuskannassa. Ensimmäisiä asennuksia tehtiin jo 1890-luvulla, ja niiden runsas käyttö jatkuu edelleen. Aluksi kupariputkien käyttö keskittyi ainoastaan lämpimän käyttöveden puolelle.

Kylmävesiputkien asentaminen kuparilla aloitettiin 1950-luvun loppupuolella ja kokonaan kupariasennuksiin siirryttiin 1970-luvun loppupuolella. Muoviputkistojen käyttö aloitettiin pienemmissä rakennuksissa 1980-luvulla, mutta kuparin suosio oli tällöin selkeä etenkin suuremmissa kiinteistöissä. (Kekki ym. 2007, 71 - 77.)

Käyttövesimateriaalien korroosiomekanismeista kupari on eniten tutkittu materiaali. Näin tekijöistä, jotka aiheuttavat vaurioita kupariputkistoille, tiedetään keskimäärin eniten. Karkeasti jaoteltuna kupariputkien vaurioista puolet johtui putkiliitoksista ja toinen puoli putkien seinämiin liittyvistä vaurioista. Selvityksen mukaan vuodoista oli 60 % lämminvesijohdoissa ja 40 % kylmävesijohdoissa. Yleensä kupariputket kestävät hyvin, koska kuparin pinnalle syntyy veden kanssa reaktiotuotteista kalvo, joka estää metallia liukenemasta veteen. Kalvon muodostumisen nopeuteen vaikuttaa veden laatu. (Kekki ym. 2008, 63.)

Suomessa yleisimmät korroosiomekanismit kupariputkissa ovat eroosikorrosio ja sisäpuolinen pistekorrosio, joista koostuu yli 70 % vauriotapauksista. Näiden lisäksi korroosiotyypeiksi luokitellaan jännitys- ja piilokorroosio sekä mikrobiologinen ja ulkopuolinen korrosio. (Kekki ym. 2008, 63.)



KUVA 2. Röntgenkuva sinkityssä teräsputkesta jossa sakkaa ja syöpymää.

Mikäli korroosion eteneminen on poikkeuksellisen nopeaa, paljastuu syyksi usein käyttöolosuhteet (virtausnopeudet ja lämpötilat), virheellinen asennustapa tai veden laatu. Tällöin kysymyksessä voi olla esimerkiksi aggressiivinen vesi, joka voi vaurioittaa kalvoa tai hankaloittaa suojakerroksen syntymistä. Asennuksen- ja käyttöönoton laatu vaikuttavat usein korroosionmuotojen syntymisriskiin, kuten eroosiokorroosiossa ja pistekorroosioissa. (Kekki ym. 2008, 63 – 67.)

Eroosiokorroosion aiheuttaa liian suuri nesteen virtausnopeus putkessa tai tasan virtauksen häiriintyminen esimerkiksi huonosta asennuksesta johtuen. Huonot - ja liian jyrkästi tehdyt taivutukset, joissa putken sisäpinta on poimuttunut tai muuten litistynyt, aiheuttavat pyörteisiä virtauksia. Asennusvaiheen putkistojen huolellisen huuhtelun avulla ehkäistään pistekorroosiolle otollisen ympäristön syntymistä. (Kekki ym. 2008, 66.)

Vanhemmissa kupariputkissa ongelmia on tuottanut juotosliitosten pettäminen. Usein tämä johtuu vanhoissa kiinteistöissä käytetyistä messinkijuotteista, joissa esiintyy sinkkikatoa. Sinkkikato on tavanomaista runsaasti hopeaa sisältäneissä (hopea, hopeamessinki ja hopeafosforikupari) messinkijuotoksissa, jotka on tehty 1950-70-luvulla. Messinkijuotteiden käyttö lopetettiin 1960-70-lukujen vaihteessa, sitten ne korvattiin kokonaan nykyisillä fosforikuparijuotteilla 1970-luvun aikana. (Kekki ym. 2008, 62 – 66.)



KUVA 3. Sinkkikatoa kuparijuotoksessa.

Hyvälaatuinen käyttövesi ei normaalisti liuota merkittävästi kupariputkea, mutta hyvin pehmeät ja aggressiiviset vedet voivat liuottaa kuparia huomattavia määriä. Tällöin veden väri, maku ja joissakin tapauksissa jopa terveydellinen laatu saattaa huonontua. Talousvesiasetuksessa olevan kemiallisen laatuvaatimuksen kuparin enimmäismäärä vedessä saa olla 2,0 mg/l. Veden makuun voivat vaikuttaa jo selvästi pienemmät pitoisuudet. Yleisin veden laatuvirhe on juuri metallimainen maku. (Kekki ym. 2007, 71.)

Kupariputkistojen asennustavat ovat muuttuneet eri vuosikymmenten aikana ja niistä on saatavissa runsaasti tietoa. Kupariputkien liitostavat voidaan jaotella kovajuottoon, pehmeäjuottoon ja mekaanisiin liittimiin, joita ovat irrotettavat ja tiivisteelliset puristusliittimet ja pistoliittimet. Tavanomaisten kupariputkien ulkohalkaisijat ovat kooltaan 10 - 108 mm. Kupariputkien seinämävahvuudet ovat aikojen saatossa vaihdelleet 0,8-2,5 mm:n välillä. (Kekki ym. 2007, 71.)

Nykyisin puristusliitoksen osuus on kasvanut entisestään, joten suositut kovuotokset ovat vähenemässä kiinteistöjen putkitöissä. Kupariputkien pinta-asennuksissa ja korjaustöissä käytetään puristusliitoksia. Näin työaika nopeutuu eikä asennustyö aiheuta kohteelle palovaaraa. Puristettavia tiivisterenkaallisia putkiliittimiä on käytetty liitostekniikkana kupariputkiin vasta viime vuosikymmeninä, vaikka tekniikkaa kehitettiin jo 1960-luvulla. Tänä päivänä asennetuista kupariputkista käytetään uudistuotantoon puolet ja toinen puoli korjausrakentamiseen. Rakennusten kupariputket asennetaan joko koteloon piiloon tai näkyville pintaan. Mikäli kupariputket asennetaan rakenteiden sisälle, niihin tulee suunnitella vuotovesisuojaus. Pintaan asennettavat kupariputket voivat olla maalattuja, kromattuja tai muovipäällysteisiä. (Kekki 2008, 67.)

2.1.3 Messinki

Messinkiä on aloitettu käyttämään putkiverkostoissa tiettävästi 1900-luvun alusta alkaen. 1970-luvulle asti messinki oli selvästi yleisin liitosmateriaali kupari-putkien juotoksissa ja liittimissä. (Kekki 2007, 69.)

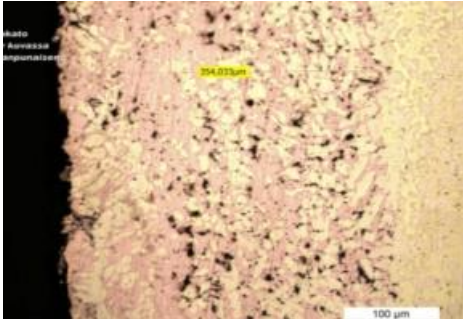
Messinki on kuparin ja sinkin seos, ja se kuuluu kuparimetalleihin. Messinki sisältää myös muita metalleja, kuten alumiinia, nikkeliä, rautaa tai lyijyä. Messingillä on samoja ominaisuuksia kuin kuparilla, mutta se on kovempaa ja se kestää isompia virtausnopeuksia. (Kekki 2008, 74.)

Messinkisen tuotteen valmistusprosessi ja messingin koostumus vaikuttavat sen korroosiokestävyyteen ja muihin ominaisuuksiin. Suomessa on sallittu vuoden 1977 jälkeen käyttää vesilaitteistoissa vain sinkinkadon kestävä messinkiä. Tästä johtuen liittimet ja venttiilit on valmistettu sinkinkadonkestävistä messinkilaaduista (mm. lyijymessingistä) tai punametallista. (Kekki 2008, 74.)

Yleisimpinä korroosimuotoina ovat sinkinkato sekä jännityskorroosio. Ennen 70-luvun loppua tehdyissä messinkisissä osissa kuten liittimissä ja venttiileissä sinkinkato on merkittävä haitta. Tämä johtui siitä, että valmistusprosessissa käytetty seostussuhde (sinkin osuus 30 - 40 %) ei ollut kestävyden kannalta optimaalinen. Yleensä sinkinkato huomataan siitä, että putkiosien pinnoille muodostuu vihertäviä korroosiojälkiä, venttiilien karat ovat juuttuneet kiinni tai lujuuden heikkenemisen myötä on syntynyt vuotoja ja murtumia. Sinkinkatoa voi esiintyä laajoilla alueilla tai yksittäisissä paikoissa. Sinkinkadosta johtuen messingin keltainen väri voi muuttua kuparinpunaiseksi. (Kekki 2008, 75.)

Sinkinkadon ilmenemiseen vaikuttaa myös veden laatutekijät. Sinkinkatoa on esiintynyt eniten happi- ja kloridipitoisissa lämminvesilinjoissa. Korkea kloridipitoisuus yhdistettynä matalaan bikarbonaattipitoisuuteen on lisännyt huomattavasti korroosiovaurioitumisen riskiä. Tämän lisäksi sinkinkadon muodostumisen mahdollisuus yleensä kasvaa veden lämpötilan noustessa, etenkin lämpimän

veden järjestelmissä. Vanhojen messinkisen osien ulkoinen muoto voi pysyä entisen kaltaisena, mutta sen tiiviys ja lujuus ovat voineet heikentyä sinkinkadon vuoksi, koska kuparirakenne on huokoistunut. (Kekki 2007, 75.)



KUVA 4. Sinkinkato näkyy kuvassa vaalean punaisena. (kuva: Kaunisto, luentomateriaali 7.5.2018)

Tänä päivänä jännityskorroosio on messingin ominainen vauriotyyppi, joka aiheuttaa murtumia. Näitä ongelmia aiheuttaa valmistuksen jälkeiset jännitykset, mekaaninen kuormitus ja veden laadulliset tekijät (mm. typpiyhdisteet). On havaittu, että liiallinen puserrusliittimen kiristäminen voi johtaa jännityskorroosio-ongelmaan. Tämä on johtunut usein siitä, että asennuksen ohjeistus on ollut puutteellista tai sitä ei ole ollut ollenkaan. (Kekki 2008, 78.)

2.1.4 Muovit

Muovien käyttö vesijohtomateriaaleina oli ennen 1980-lukua lähinnä jakeluverkostopuolella. Tällöin vesijohtomateriaaleina käytettiin polyeteenejä ja PVC:tä. Ne eivät soveltuneet lämpimän veden siirtoon huonon lämmönkestokyvyn vuoksi, ja tämän vuoksi niitä ei kannattanut käyttää lämminvesiputkistoissa. 1980-luvulla muovien käyttö lisääntyi huomattavasti, etenkin pienemmissä rakennuksissa. Suomessa käytetään lähinnä ristosilloitettua polyeteeniä eli PEX:iä ja monikerros- eli komposiittiputkia, joissa käytetään virtausputkena PEX- ja PERT-muovia. Muoveja käytetään runsaasti myös monenlaisissa verkostojen liitososissa. (Kekki 2007, 75.)

Kiinteistöissä on käytetty eniten ristosilloitettu polyeteeniä (PEX), mutta myös polypropeenia ja polybuteenia on käytetty jonkin verran. Ruotsissa ristosilloitettu polyeteeni (PEX) sai tyyppihyväksynnän vuonna 1973. Suomessa tyyppihyväksyntä astui voimaan vuonna 1986, mutta sen käyttöä oli jo aiemmin 1980-luvun alussa. Suomessa käytetään monikerrospotkea, jonka materiaali on PE-RT ja jossa on alumiinikalvo PE-RT-kerroksen välissä.

Valmistuksessa käytetään eteeni-okteenia kopolymeerina, jotta riittävän lämmönkeston saamiseksi ei tarvita ristosilloitusta. Tyyppihyväksynnän metallinen välikalvon sisältävä monikerrospotki sai ensimmäisen kerran Suomessa vuonna 2000. (Kekki 2007, 75 – 77.)

Muovimateriaaleissa kuten metalleissakin keskinäiset eroavaisuudet ovat huomattavan merkittäviä. Muovien rakenteellisia ominaisuuksia ovat moolimassajakautuma, kemiallinen koostumus, kiteisyysaste, morfologia, mahdollisesti ristosilloittuminen ja orientaatio. Lisäaineiden avulla voidaan vaikuttaa edellä mainituihin ominaisuuksiin. (Kekki 2008, 89.)

Perinteistä korroosiota ei esiinny muoviputkilla, mutta niitä vanhentavat lämpö, mikrobiologinen toiminta ja hapettuminen ajan kuluessa. Jos vanheneminen etenee liian nopeasti, se voi aiheuttaa mm. lujuuden heikkenemistä ja jännitys-säröilyä putken seinämään. (Kekki 2007, 75.) Muoveissa tulee olla sopivia lisäaineita ja niiden pitää säilyä rakenteessa, jotta putket voivat saavuttaa pitkän käyttöiän. Muoviputkien valmistusprosessissa niihin lisätään lisäaineita, joita ovat pehmittimet, stabilisaattorit, lujiteaineet, voiteluaineet sekä väriaineet. (Kekki 2007, 75.) Muovien vanhenemisilmiöön vaikuttaa oleellisesti lisäaineiden pois liukeneminen, koska niiden vaikutus on oleellinen muoviputkien pitkäaikaiskestävyyteen (Kekki 2008, 90).

Rakennuksien sisäiset muoviputkistot ovat monesti korkeammassa lämpötilassa verrattuna jakeluverkoston putkiin. Korkeampi lämpötila edesauttaa aineiden liukenemista materiaaleista ja kiihdyttää mikrobien toimintaa. Lämpötilat ovat

muoviputkien käytössä keskeisessä roolissa, koska se vaikuttaa olennaisesti niiden kestävyys- ja käyttöikänsä. Muoveilla tapahtuu voimakkaammin lämpölaajenemista kuin monilla muilla materiaaliryhmillä. Myös lämpötilan vaihtelut vaikuttavat erilailla eri muovityyppeihin. (Kekki 2008, 89.)

Lämpölaajeneminen on huomioitava muoviputkien asennuksessa ja suunnittelussa. Tällä voidaan ehkäistä osaltaan mahdollisia liitosten vuotoja. Taipuisien muoviputkien etuna on niiden asennus suojaputkiin. Tällöin niiden vaihtomahdollisuus ja vuotojen havaittavuus paranee huomattavasti. Suojaputkien käytöllä saadaan vähennettyä virtausputkessa tapahtuvaa lämpölaajenemisen rasitusvaikutusta. (Kekki 2008, 89.)

Tekijät, jotka vaikuttavat muoviputkistojen käyttöikänsä ja vaurioitumisherkyyteen, voidaan ryhmitellä kolmeen luokkaan eli

- materiaalitekijöihin
- ympäristötekijöihin
- kuormitustekijöihin.

Materiaalitekijöihin kuuluvat mm. valmistusprosessit, raaka-aineet, lisäaineet ja lujitteet. Ympäristötekijöistä eniten käyttöikänsä vaikuttavat nesteet, kiinteät partikkelit, kemialliset kaasut, mikrobiologinen toiminta ja UV-säteily. Kemikaalit ja UV-säteily ovat ympäristötekijöitä, jotka vaikuttavat selvästi putkien käyttöikänsä. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 74.)

Kemikaalit voivat vaikuttaa kestumuovien ominaisuuksiin negatiivisesti. Niistä voi aiheutua muoviputkistoille seuraavia ongelmia: turpoaminen, pehmeneminen, liukeneminen, syöpyminen, kupliminen (pintakerrokset), halkeilu ja koveneminen. Kuormittavana tekijöinä ovat staattinen - ja dynaaminen kuormitus, lämpötila ja sen vaihtelu, naarmut ja lovet. (Kekki 2008, 89 – 90.)

Vesiputkistojen hajoamismekanismit voidaan jakaa kemiallisiin ja mekaanisiin. Kemiallinen hajoaminen aiheutuu ympäristötekijöiden ja lämpötilan kuormituk

sesta, ja mekaaninen hajoaminen aiheutuu taas ylikuormituksesta esim. putken ylipainetilasta. (Kekki 2008, 89.) Paikallisesti mekaaninen hajoaminen voi synnyttää suoraan vaurion, mutta pienempimuotoisempaan se voi olla alku myöhemmin tulevalle murtumalle (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 75).

Muoviputkistojen murtumatapaukset voidaan jakaa sitkeisiin ja hauraisiin. Myös näiden välivaiheita esiintyy, riippuen muovityypistä. Usein suunnitellun käyttölämpötilan ylärajan ylityksen tai liian korkean paineen aiheuttamat murtumat ovat sitkeitä. Murtumat voivat olla myös hauraita, jotka ovat kehittyneet hitaammin pitkän ajan kuluessa. Sitkeän murtuman tapauksessa putkessa tapahtuu laajenemista tai pullistumista murtumakohdan lähellä ja siitä jää pysyvä muutos putkeen, kun taas hauraassa murtumassa sitä ei jää. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 74.) Muoviputkien käytöstä on kerätty laaja-alaisesti vähän tietoa. Tulevaisuudessa saadaan lisää informaatiota niiden pitkäaikaiskestävyydestä.

2.2 Viemärit

Viemäriputkimateriaalina käytetään nykyään joko valurautaa tai muovia.

2.2.1 Valurauta

Valuraudaksi nimitetään rautaseosta, jossa hiilen määrä on vähintään 1,7 %. Suomugrafiittirautaa kutsutaan myös harmaaksi valuraudaksi, ja siinä hiili on grafiittisuomuina. Sen vuoksi harmaa valurauta on haurasta ja kovaa. Pallografiittiraudassa grafiitti tulee pallomaiseksi cerium- ja magnesiumseostuksella, ja tästä johtuen siitä saadaan sitkeämpää ja lujempaa kuin harmaasta valuraudasta. Valmistajat ohensivat putken seinämävahvuutta neljänneksen, kun siirryttiin harmaasta valuraudan käytöstä pallografiittiputkiin. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 69.)

Suomessa on valmistettu valurautaputkia 1930-luvulta lähtien. Vanhemman polven putket liitettiin toisiinsa muhviilitoksilla lyijyn ja hamppunarun avulla.

1970-luvulla otettiin käyttöön pantaliitokset (ruostumaton teräs + kumitiiviste). Nykyisin valurautaputkissa käytetään sisäpuolista epoksinnoitetta. Putkien leikkaamisessa pitää käyttää siihen tarkoitettuja työkaluja, jotta pinnoite pysyy vaurioitumattomana. Katkaisupinnat pitää maalata paikkamaalilla. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 69.)

Pinnoittamattoman valuraudan kesto korroosiota vastaan riippuu siinä kulkeutuvan veden epäpuhtauksista ja veden happamuudesta. Normaalia nopeampi syöpyminen voi johtua viemäriin laskettavista jätevesistä mm. happamista tai alkalisista aineista. Pallografiittiputkia on hyvän lujuustasonsa johdosta tehty ohuemmalla seinämävahvuudella kuin vanhempia harmaita valurautaputkia, Tästä on aiheutunut tilanteita, että epäedullisissa olosuhteissa putken seinämä on syöpynyt puhki muutaman vuoden jälkeen asennuksesta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 69.)

Valurautojen selektiivistä (valikoivaa) liukenemista kutsutaan yleisesti grafitoitumiseksi. Grafitoitumisessa rauta liukenee putkirakenteesta ja muuttuu korroosiotuotteeksi. Grafitoitunut rakenne ei välttämättä aiheuta putkessa vuotoa, mutta muodostaa luonnollisesti putkeen hauraan ja helposti murtuvan kohdan. Grafitoitunut kerros voi toisaalta myös suojata valurautaa enemmän syöpymiseltä. Valuraudan grafitoituminen johtaa sen mekaanisen lujuuden heikkenemiseen, mutta putken muoto säilyy ennallaan. Grafitoitumista voi esiintyä paikallisesti tai suuremmalla pinnalla. Mikäli grafitoituminen on edennyt paikallisesti putken seinämän läpi, voi se ilmetä ruosteen valumajälkinä tai ulkopinnan saostumina tai tihkuvana kosteutena, joka voi syövyttää putken ulkopintaa. (Kapainen 1995, 33.)

Myös mikrobitoiminta voi vaikuttaa korroosionkestävyyteen viemäriolosuhteissa. Jätevesissä on sekä orgaanisesti että epäorgaanisesti sitoutunutta rikkiä, joka voi muodostaa bakteeritoiminnan vaikutuksesta rikkivetyä. Lämpötilan ollessa 20 C astetta rikkivedyn muodostuminen on merkittävää. Epäorgaaniset rikkiyhdisteet sijoittuvat putken yläosien kostealle sisäpinnalle, jossa aerobiset bakteerit

usein viihtyvät. Bakteerit hapettavat rikkivetyä rikkihapoksi, minkä seurauksena aiheutuu valuraudan syöpymistä. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 69.)

2.2.2 Muovi

Haurastumista ja lasittumista on esiintynyt kokemusperäisesti 1960 - 1970-luvun muovisissa PVC-viemäriputkissa. Tämän aikakauden putkimateriaali on voinut ajan kuluessa kovettua ja se voi rikkoutua herkästi esimerkiksi iskusta tai mekaanisesta rasituksesta. Tällöin liimaamalla tehdyt muhviiliitokset lisäävät vielä ongelmaa, koska ne estävät muoviputkien lämpöliikkeen. Kuntotutkijan tulee muoviviemärien osalta kiinnittää huomiota materiaalin valmistusvuoteen ja arvioitava iän mukanaan tuomat riskit, kun hän tekee korjaussuosituksia tutkimuskohteesta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 78.)

Jos kannakoinnissa on puutteita tai ne ovat ruostuneet, putkiliitokset ovat voineet irrota putkihormissa tai alapohjassa (ryömintätilassa). Tästä johtuen kuntotutkijan tulee tarkastaa muoviviemäreiden kannakoinnin riittävyys ja kannakemateriaalien kunto kenttätöiden aikana ja raportoida mahdolliset puutteet mahdollisina riskeinä. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 78.)

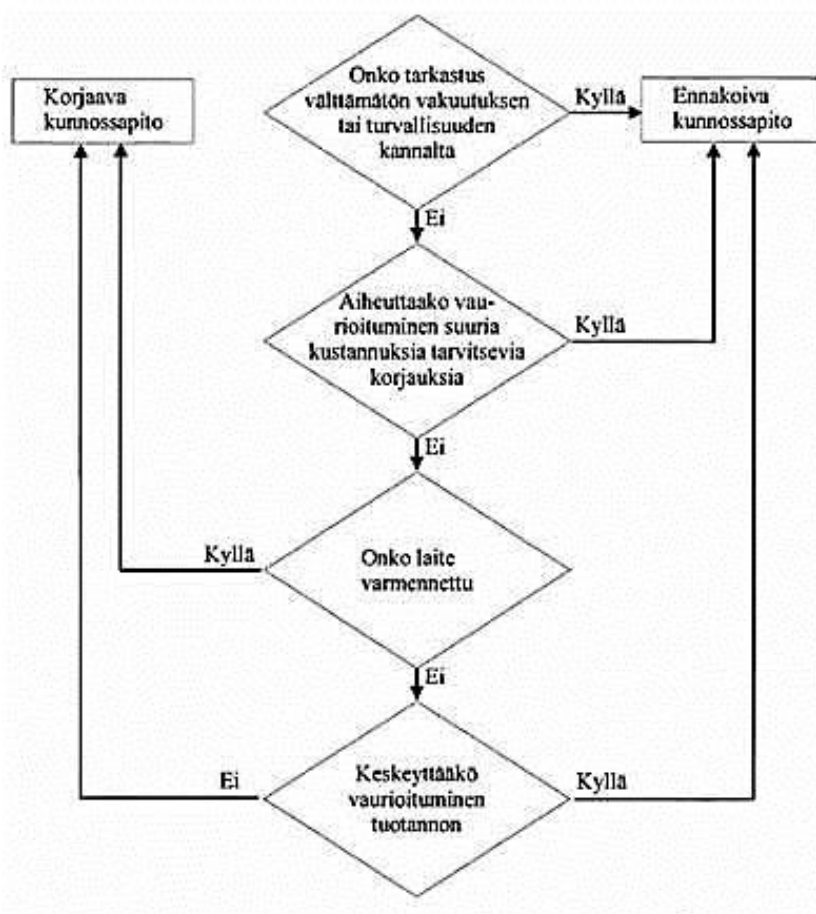
Muhvillisten muoviviemäreiden eräs yleisimmistä ongelmista liittyy virheelliseen tiivistysrenkaan asentamiseen. Tiivisterengas voi olla murtunut tai katkennut. Se voi olla osittain paikoillaan tai se puuttuu kokonaan. Kuntotutkijan tulee viemäreiden sisäpuolisissa TV-kuvauksissa kiinnittää erityistä huomiota putkien liitoskohtiin ja mahdollisiin asennusvirheisiin, jotka voivat aiheuttaa vesivaurioriskin tai käyttökeskeytyksen. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 78.)

Korroosio muoviviemäreissä on hyvin samantyyppistä kuin muovisissa vesijohdoissa, mutta kemiallinen korroosio on huomattavasti yleisempää johtuen öljy- ja toisten aineiden ja erilaisten liuottimien sisältämisestä aggressiivisista viemäriveresistä. Muoviviemäreitä ei ole myöskään suunniteltu kestämään jatkuvia korkeita viemäriveresien lämpötiloja. (Helenius, Seppänen & Jokiranta. 1998, 55.)

3 PUTKISTOJEN KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU

3.1 Käsitteet ja määritelmät

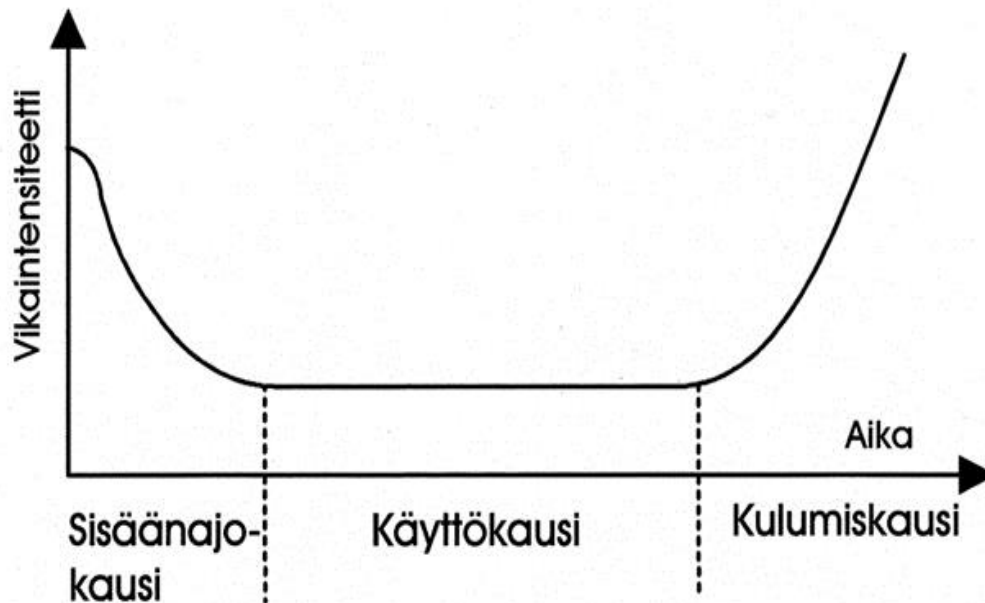
Standardi PSK 6021:2011 määrittelee kunnossapitoa seuraavasti: Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. (Järviö & Lehtiö 2017, 18.)



KUVA 5. Arviointikaavio. (kuva: Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. 2018.)

Yllä olevan kuvan 5 arviointikaaviossa selvitetään kriteereitä, kun mietitään kunnossapitotoimien ajankohtaa ennen vikaantumista tai sen jälkeen. (Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. 2018.)

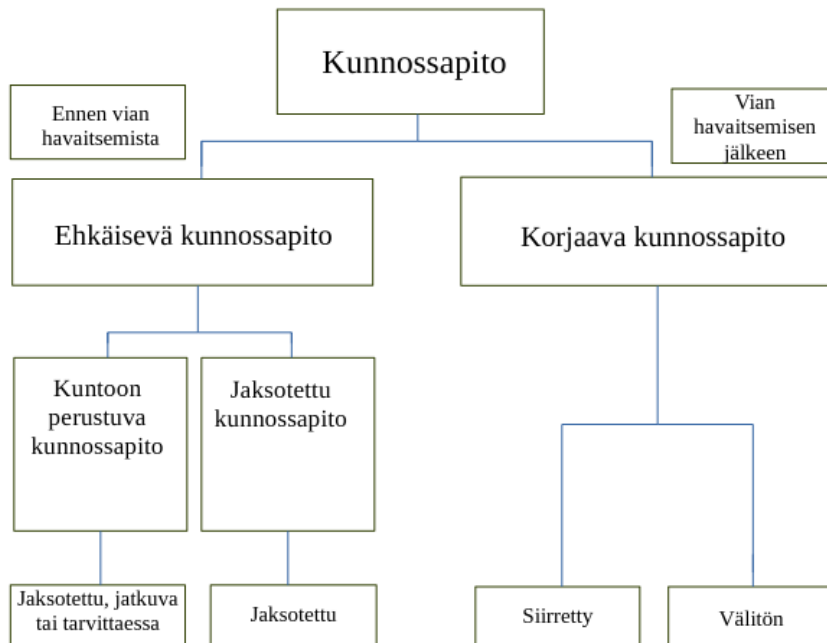
Alla olevassa kuvassa 6 käytetään ns. kylpyammekäyrää, joka kuvaa, miten laitteen tai komponentin vikataajuus muuttuu ajan funktiona. Laitteen ikä voidaan jakaa kolmeen jaksoon: sisäänajokauteen, käyttökauteen ja kulumiskauteen. Jaksojen kesto ja voimakkuus vaihtelevat paljon riippuen tuotteista. (Johdanto luotettavuustekniikkaan. 2018.)



KUVA 6. Vikataajuus ajan funktiona. (kuva: Johdanto luotettavuustekniikkaan. 2018.)

3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito voidaan jaotella eri kunnossapitolajeihin, kuten ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Kunnossapitolajien avulla voidaan seurata kunnossapidon toimintaa sekä kehittää ja johtaa sitä tehokkaasti. (Järviö & Lehtiö 2017, 46.)



KUVA 7. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306). (kuva: Järviö ym. 2007, 47)

Ehkäisevällä kunnossapidolla laite tai järjestelmä pyritään pitämään kunnossa edeltäkäs in suunnitelluin huoltotoimenpitein ennen vikaantumista. Hyviä ennakkohuollon toimenpiteitä ovat muun muassa kunnontarkastukset ja -mittaukset. Tarkastuksia ja mittauksia tehdään aistihavainnoin sekä käyttämällä nykyaikaisia menetelmiä. (Ansaharju & Maaranen 1998, 329.) Putkistojen kuntotutkimuksissa käytettäviä menetelmiä ovat muun muassa TV- ja röntgenkuvaus.

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitoa, joka tehdään vian havaitsemisen jälkeen ja jonka tavoitteena on saada kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon. Korjaava kunnossapito voi olla suunnittelematonta häiriökorjausta tai suunniteltua kunnostusta. (Järviö & Lehtiö 2017, 51.)

3.3 Six Sigma – kunnossapitoa ohjaavana teoriana

Six Sigma – menetelmän juuret ovat Motorolan 1970-luvun lopulla syntyneessä päätöksessä lähteä parantamaan yhtiön hyvin huonolla tasolla ollutta laatua. Yhtiön johto julkisti tavoitteekseen kymmenkertaistaa toimintansa tehokkuus tulevan viiden vuoden sisällä. Tällöin Motorolassa insinöörinä työskennellyt Bill Smith havainnoi, että kannatta keskittää voimavaroja laadun tarkastuksesta ennaltaehkäisevään toimintaan koko tuotantoprosessissa. Pääpaino asetettiin koko tuotantoprosessiin, vaikka aiemmin monet kehitysprojektit olivat olleet pieniin teknisiin ongelmiin suunnattuja. Menetelmä sai vähän myöhemmin tunnustusta laadunkehitystyöstä ja alkoi levitä aluksi teollisuuteen sekä myöhemmin muille aloille kuten palvelutuotantoon ja terveydenhuoltoon. (Ihalainen & Hölttä 2001, 26.)

Six Sigma on teoria, jolla pyritään parantamaan prosessien, palvelujen ja tuotteiden ominaisuuksia ja laatua. Menetelmänä se on perusteltu keino johtaa liiketoimintaa, koska se luokittelee asiakasnäkökulman etusijalle ja rakentaa parempien ratkaisujen etsimisen faktojen ja datan kautta. Menetelmä kiinnittää huomiota siis etenkin suorituskyykyyn ja tehokkuuteen. Se antaa organisaation päättäjille todellisen ja testatun menetelmän tuloksen parantamiseen ja toiminnan uudistamiseen. Six Sigman avulla organisoidaan luonnollisesti kehitystoimia ja johdetaan tietotaidon karttumista eri osa-alueilla. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 9 – 17.)

Aluksi Six Sigmassa on tärkeä käsittää, mikä on asiakkaan palvelun tarve ja mitä asioita asiakas arvostaa tuotteessa/palvelussa omasta näkökulmastaan. Menetelmä syventyy asiakkaan kriittisiin laatuvaatimukseen ja pyrkii kehittämään juuri näihin vaikuttavia prosesseja. Tämän lisäksi voidaan todeta, että yleensä asiakaskunta odottaa täsmällistä ja nopeaa toimitusta, laadukasta tuotetta ja sopivaa hinnoittelua. Six Sigma vastaa juuri näihin tarpeisiin nopeuttamalla läpimenoaikoja, pienentämällä prosessien vaihtelua ja vähentämällä tuotannon kustannuksia. (Ihalainen & Hölttä 2001, 46.)

Six Sigmalla saatavaan tulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat

- parantunut asiakastyytyväisyys
- lyhentynyt läpimenoaika
- vähentyneet virheet ja viat
- ei-jalostusarvotyön väheneminen.

(Karjalainen & Karjalainen 2002,17.)

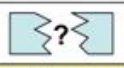



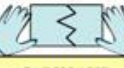
Six Sigman hyödyntämiselle ei ole asetettu rajoituksia, ja sitä voidaan soveltaa monen tyyppisissä prosesseissa. Esimerkiksi General Electric on soveltanut menetelmää kaikkeen toimintaansa valmistavasta teollisuudesta kautta palvelu- ja rahoituslalle. Monesti historiallisistakin syistä Six Sigman voidaan ajatella soveltuvan lähinnä pitkien sarjojen massatuotantoon. Luonteensa takia menetelmä on todettu hyväksi rutiinityyppisissä prosesseissa eli samankaltaisina toistuvissa tuotanto- ja palveluprosesseissa, joissa eteneminen ja ulostulo on tarkasti asetettu. Tämän tyyppisistä toiminnoista saadaan helposti paljon dataa ja tilastollinen analysointi on luontevaa. Rutiiniprosesseista saadaan monesti myös nopeita tuloksia. Viime vuosina on kuitenkin huomattu entistä enemmän, että Six Sigmaa voidaan soveltaa monenlaiseen toimintaan organisaatioiden tavoissa toimia. (Ihalainen & Hölttä 2001, 43.)

Jokainen organisaation, joka päättää hyödyntää Six Sigmaa, tulee pyrkiä luomaan omaan toimintaansa sopiva versio menetelmästä. Tällöin on mahdollista löytää yksilöidysti suorituskyvyn kannalta heikot lenkit organisaation toiminnasta ja lähteä tekemään korjausliikettä niiden suhteen. (Ihalainen & Hölttä 2001, 28.)

Menetelmää apuna käyttäen on mahdollista tuoda ilmi toiminnassa olevia piileviä heikkouksia. Six Sigma kiinnittää tarkastelun todelliseen suorituskykyyn analysoimalla ja mittaamalla toiminnan vaiheiden eteenpäin menoa sen sijaan, että paneudutaan perinteiseen saantomittaukseen. Perinteisesti ei ole pureuduttu resurssien hukkakäyttöön ja läpimenoaikaan prosessin aikana. Six Sigman päämääränä on tehdä kerralla moitteeton tuote, jolloin tarkastustoimia voidaan keventää.

Six Sigman avulla organisoidaan ja kohdennetaan kehitystoimet tavalla, josta saadaan taloudellista hyötyä. Taloudellisen hyötymisen tavoitteet näkyvät selkeästi, koska Six Sigman avulla kiinnitetään huomiota toiminnan rakenteeseen, projekti aikatauluihin, rahaan ja projektihenkilöstön kokoonpanoon. (Ihalainen & Hölttä 2001, 40.)

Laatutyökaluna Six Sigma pohjautuu laatujohtamisen periaatteille ja hyödyntää sen työkaluja. Monien työkalujen tehokas käyttö vaatii kunnan perehtymistä asiaan. Six Sigma -projekti soveltaa muissakin laatumalleissa käytettyä MAIC-lähestymistapaa, johon lisätään vielä D-vaihe projektin määrittelyyn. DMAIC eli Define (Määrittele), Measure (Mittaa), Analyze (Analysoi), Improve (Paranna), Control (Ohjaa) on järjestelmällinen tyyli mennä eteenpäin ongelman ratkaisemisessa. Tämä prosessi on johdonmukainen tapa lähestyä toiminnan ongelmia asiakkaalle tärkeiden laatutekijöiden kannalta. (Ihalainen & Hölttä 2001, 58.)

PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA		
Lean Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu
 1. MÄÄRITTELY	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista ongelma Määrittele vaatimukset Aseta tavoite 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat Määrittele tavoite/muutos visio Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset
 2. MITTAUS	<ul style="list-style-type: none"> Kelpuuta ongelma/prosessi Viimeistele ongelma/tavoite Mittaa avainkohdat/inputit 	<ul style="list-style-type: none"> Mittaa vaatimusten suorituskyky Kerää prosessin hyötysuhteen määrittäessä tarvittavaa dataa
 3. ANALYSOINTI	<ul style="list-style-type: none"> Luo syy-seuraus hypoteesi Tunnista keskeiset ydinsyyt Kelpuuta hypoteesit 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnista "paras käytäntö" Arvioi prosessisuunnitelmaa <ul style="list-style-type: none"> arvon/ei-arvon lisäys pullonkaulat/katkokset vaihtoehtoiset "polut" Viimeistele vaatimuksia
 4. PARANNUS	<ul style="list-style-type: none"> Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan Testaa ratkaisu Standardisoi ratkaisu Mittaa tulos 	<ul style="list-style-type: none"> Suunnittele uusi prosessi <ul style="list-style-type: none"> haasteelliset oletukset käytä luovuutta virtausperiaate Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit
 5. OHJAUS	<ul style="list-style-type: none"> Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy 	<ul style="list-style-type: none"> Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy

KUVA 8. DMAIC. (kuva: Lean Six Sigma DMAIC. 2018.)

Six Sigma -filosofiassa olennaisena osana kuuluu esittää kysymyksiä ja etenkin uusia kysymyksiä, koska silloin saadaan uudenlaisia vastauksia tai ratkaisumalleja (Ihalainen & Hölttä 2001, 58). Six Sigman käyttöönoton jälkeen ensimmäisiä merkkejä vaikutuksista havaitaan vapautuvissa resursseissa. Kun prosessin ongelmien syyt selvitetään ja saadaan pudotettua virheiden määrää, työn kokonaismäärä alkaa pienentyä ja toiminnan tehokkuus parantua. (Ihalainen & Hölttä 2001, 53.)

Tärkeimmät edellytykset tulosten saamiseksi Six Sigman avulla ovat aivan samat kuin muussakin kehitystyössä. Jos organisaation johto ei halua sitoutua hankkeeseen ja osoittaa sille resursseja, kaikki ponnistelut menevät hukkaan. Johdon tulee sisäistää avainasiat, mistä menetelmässä on kysymys ja miten sitä käyttämällä on mahdollisuus parantaa organisaation tuloksia. Lisäksi päätösten tekijöiden on syytä tiedostaa, millaisia resursseja Six Sigman toteuttaminen vaatii ja millaista tukea tarvitaan myös johdon edustajilta itseltään. (Ihalainen & Hölttä 2001, 66.)

3.4 Six Sigma – viemäreiden ja putkistojen kunnossapidon ennakoinnissa

Oletetun teknisen käyttöiän saavuttaminen edellyttää, että rakennuksessa oleva vesi- ja viemärijärjestelmä on suunniteltu ja toteutettu rakennusajankohdan voimassa olevien ohjeiden ja määräysten mukaisesti. Lisäksi edellytetään, että on noudatettu hyvää rakennustapaa ja että asiamukaiset kunnossapito- ja hoito- ja huoltotoimenpiteet on tehty ja käyttöohjeita noudatettu.

Kunnossapitokaksot vaihtelevat paljon järjestelmän iän, erilaisten käyttö- ja rasisolosuhteiden yms. seikkojen takia. Myös materiaalit, mahdolliset suunnittelu- ja asennusvirheet sekä asetetut vaatimukset ja tavoitteet vaikuttavat kunnossapitokaksoihin.

KH 90-00403 -kortissa käsitellään kiinteistön teknistä käyttöikä ja kunnossapitokaksoja. Talotekniikan kohdalla arvioidaan vesijohtojen (G2300) ja viemäriputkien (G2600) keskimääräisistä normaalin rasisluokan teknisistä käyttöajoista seuraavasti:

Vesijohdot

- Kupariputket (kylmä/lämmin) 40...50 vuotta
- Galvanoidut teräsputket (kylmä) 50
- Muovi (PEX-putket suoja-putkessa) 50
- Komposiitti (puristusliitoksin) 50

Viemäriputkistot

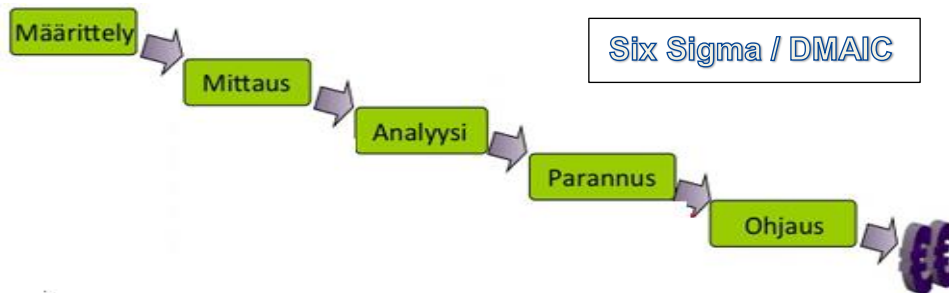
- Valurautaviemärit lyijyliitoksin 50
- Valurautaviemärit pantaliitoksin 50
- Muoviviemärit (1965-1975) 40
- Muoviviemärit (1975...) 50

Näistä teknisistä käyttöajoista voidaan päätellä, että keskimääräisesti 50 vuotta vanhat vesi- ja viemärijärjestelmät alkavat olla uusimisen tarpeessa ainakin osittain.

Tämän työni lähtökohtana on tarkastella erään julkishallinnon käytössä olevan tuotantotilojen vesi- ja viemärijärjestelmien nykykuntoa. Erityisen tarkastelun kohteena ovat 1960- ja 1970-luvulla rakennetut kiinteistöt. Kyseisissä rakennuksissa putkien kunnossa ei ole ollut suurempia ongelmia 2010-luvulla. Huoltohenkilökunnalle teettämäni lomakekyselyn ja haastattelujen perusteella muutamien viemäriputkistojen häiriöt olivat johtuneet lähinnä vääränlaisesta käytöstä.

Kiinteistöjen omistajalla, käyttäjillä ja huoltohenkilökunnalla on halua selvittää 1960- ja 1970-luvun rakennusten vesi- ja viemäriverkostojen nykytilanne tarkemmin. Omistaja haluaa tietää, kuinka paljon putkistoilla on todellista käyttöikää jäljellä ja onko jokin osa järjestelmästä huonokuntoisempi verrattuna kokonaisuuteen. Lisäksi selvityksestä tulisi lisätietoa, mikä olisi sopiva ajankohta alkaa varautua järjestelmien uusimiseen, jotta tuotantotilojen käyttäjällä olisi huoletonta käyttää rakennuksen vesi- ja viemärijärjestelmiä jatkossakin. Huoltohenkilökunta taas haluaisi tietää putkistojärjestelmien ns. heikot kohdat, jotta he voisivat tarvittaessa tehostaa näiden kohtien tarkastelua ylläpitotoimissaan.

Mielestäni Six Sigma -menetelmän soveltaminen edellä käytyjen kysymysten ratkaisujen haussa on kokeilun arvoinen asia. DMAIC-prosessi toimi hyvänä työkaluna asian ratkaisun haussa. Luvussa 4 esittelen tarkemmin vesi- ja viemärijärjestelmien kuntotutkimuskäytäntöjä, jotka ovat pohjana soveltamani DMAIC –prosessin käsittelyssä.



KUVA 9. DMAIC-prosessin etenemisjärjestys. (kuva: Tanja Karjalainen. Kymmenen tilastollista Six Sigman työkalua selitettynä 26.10.2016.)

MÄÄRITTELY

Usein kiinteistön rakenteet ja muut järjestelmät tulevat samaan aikaan teknisen käyttöikänsä päähän, ja silloin on järkevää toteuttaa laajempi saneerausohjelma koko kiinteistöön. Kääntöpuolella on taas korkeat kustannukset, jotka voivat tulla esteeksi laajan saneerausohjelman toteutukselle. Suomi on kaupungistumassa kovaa vauhtia, ja suuressa osassa maata laajat saneeraukset ovat mahdottomia toteuttaa yksistään rahoituksen kannalta. Mikäli putkisaneeraus toteutetaan, monesti paras aika sen tekemiseen on yleisen taloustilanteen laskusuhdanteen aika. Tällöin urakkahinnat eivät karkaa liian korkeiksi ja ammattitaitoisilla tekijöillä ei ole tilauskanta täynnä.

Vesijohtovuotovahingot ovat aina tapauskohtaisia. Joskus lattiakaivollisessa tilassa tullut putkivaurio voidaan korjata muutamassa tunnissa ja asia saadaan käsiteltyä nopeasti päiväjärjestyksestä taka-alalle. Toisena päivävastaisena esimerkkinä voidaan pitää lattia- tai seinärakenteen sisällä olevaa pientä vuotoa, joka on voinut jatkua pahimmillaan vuosia. Tällöin vuoto on voinut aiheuttaa kosteusvaurioita laajemmalle alueelle ja pahimmillaan aiheuttanut sisäilmaongelmia tilan käyttäjille.

Korjauskustannukset voivat tällöin olla mittavia ja samalla tilan käyttäjälle joudutaan etsimään väliaikaistiloja putkisaneerauksen ja muun rakennusteknisen korjauksen ajaksi. Tilanteessa, jossa esimerkiksi rakennuksen vesijohdoissa ilmenee eri puolilla verkostoa useita vuotoja muutaman vuoden sisällä ja suositeltu tekninen käyttöikä on lopussa, kannattaa harkita saneerauksen aloittamista tai ainakin aloittaa valmistelevalle hankesuunnittelu.

Tämän opinnäytetyöni taustalla on tilanne, jossa kartoitin tuotantorakennusten sisäpuolisten vesi- ja viemärijärjestelmien nykytilannetta lomakekyselyjen ja haastattelujen avulla. Näiden toimien avulla sain selville, että tuotantorakennuksien sisäpuolisissa putkistoissa on ollut todella vähän ongelmia ja yksittäiset vikatilanteet ovat johtuneet käyttäjän vääränlaisesta käytöstä. Mielenkiintoiseksi tilanteen tekee se, että osa kiinteistöistä on rakennettu 1960- ja 1970-luvulla, eikä niihin ole tehty putkisaneerauksia. Edellisessä luvussa käsiteltiin vesi- ja viemärijärjestelmien teknisiä käyttöikä ja yleinen arvio ajansaatossa tulleista kokemuksista on näiden järjestelmien kohdalla noin 50 vuotta. Eli osa tutkinnan kohteena olleista rakennuksista on ylittänyt tuon 50 vuoden rajapyykin ja 70-luvun alussa rakennetut kohteet lähestymässä sitä.

Kiinteistön omistaja haluaa tietää tarkemmin, mikä on näiden rakennusten putkistojen todellinen nykytilanne. Omistaja haluaa faktaan perustuvaa tietoa varsinkin 60- ja 70-luvulla tehdyistä rakennuksien putkistoista. Lisäksi tietoa halutaan siitä, onko osa vesi- ja viemärijärjestelmistä selkeästi huonommassa kunnossa ja onko niissä ennustettavissa vaurioherkkyyttä lähitulevaisuudessa.

Mielestäni putkistoille tulisi tehdä tässä tilanteessa kuntotutkimus, jossa kohteet tutkitaan nykyaikaisilla laitteilla ainetta rikkomattomilla menetelmillä. Kuntotutkimuksen toteutukseen valitaan ammattitaitoinen ryhmä, joka saa selvitettyä putkistojen tilaa tarkemmin. Nimittäin ei olisi optimaalista huomata putkisaneerauksen aikana, että järjestelmien osilla olisi ollutkin käyttöikä vielä pitkän aikaa. Esitietona voidaan vielä todeta, että rakennusten kylmä- ja lämminvesiputkistojen materiaalina on käytetty pääasiassa kuparia ja viemäriputkistoissa valurautaa.

MITTAUS

Aluksi omistajan kanssa keskustellaan taloudelliset raamit kuntotutkimuksen tekemiseen. Työlle asetetaan kattohinta, ja mikäli joudutaan laajentamaan tutkimusta sitä tehtäessä, keskustellaan mahdollisista lisäkustannuksista erikseen omistajan edustajien kanssa. Mittausvaiheessa kuntotutkimustiimin asiantuntemus ja käytettävissä oleva mittauslaitteisto tulee keskeiseen rooliin. Tässä tapauksessa kiinteistön huoltohenkilökunnan edustajat valitsevat yhteistyökumppanin omien kriteeriensä pohjalta. Valintavaiheessa haastatellaan kuntotutkimuksen tekijäehdokkaat ja keskustellaan kuntotutkimuksen käyttötarkoituksesta ja tavoitteesta. Mikäli tekijän kanssa päästään yhteisymmärrykseen prosessin kulusta ja alustavista kustannusarvioista, siirrytään toteutusvaiheeseen.

Ennen kenttätutkimuksen aloittamista tulee tutkijoilla olla käytettävissä asianmukaiset lähtötiedot, kuten piirustukset, tekniset asiakirjat, vesinäytteiden raportit ja muut asiaan kuuluvat asiakirjat. Tutkijat suorittavat kyselyt ja haastattelut huoltohenkilökunnan kanssa samalla kertaa, kun käyvät tekemässä kohteeseen tutustumisen. Tällöin he suorittavat alustavan silmämääräisen tarkastuksen kiinteistöjen sisällä huoltohenkilökunnan edustajien kanssa. Kierroksen aikana selvitetään verkoston osien kriittisiä kohtia, kuvauspaikkoja, tarkastusluukkujen paikkoja, mahdollisia asbestieristeitä ja sitä, pitääkö esim. alas laskettua kattoa avata jne. Tähän vaiheeseen tulee käyttää 1-2 päivää.

Varsinaisen kenttätutkimukseen kuuluvat

- silmämääräinen ja kokemusperäinen tarkastaminen
- röntgenkuvaus (määristä sovitaan rakennuskohtaisesti)
- viemärin TV-kuvaus (niin laajasti kuin on aikataulullisesti järkevää)
- ultraäänipaksuusmittaukset (muutamia pisteitä röntgenkuvauksen tueksi)
- näytepalojen otto (tarvittaessa)
- vesinäytteet (tarvittaessa).

ANALYSOINTI

Mittausvaiheen tutkimustulokset läpikäydään analysointivaiheessa perusteellisesti ja niiden tuloksena koostetaan raportti sovittuun tapaan. Seuraavassa lueteltu asioita, joita tulee tässä analysointivaiheessa ottaa huomioon. Analysointivaiheet esitellään LVV-kuntotutkimusoppaan (2013) mukaisesti.

Silmämääräinen tarkastaminen:

- kuvat
- muu raportointi

Röntgenkuvien analysointi:

- jäljellä olevat seinämävahvuudet esim. % alkuperäisestä seinämän vahvuudesta
- mustumat, luokitus
- sakkakertymät
- asennusvirheet (liitokset, materiaali- ja hitsivirheet, kolhut)
- korroosiotyypit
- jäljellä oleva käyttöikä

Viemärikuvausten analysointi:

- vajaat liitokset
- siirtymät
- painumat, takalaskut
- muodonmuutokset
- sakkakertymät
- irtokertymät
- syöpymät valuraudassa
- muut tekniseen kuntoon vaikuttavat tekijät

Ultraäänipaksuusmittaukset:

- seinämävahvuudet
- syöpymien laaja-alaisuus

Mahdolliset näytepalat:

- seinämävahvuudet
- korroosiotyypit

Mahdolliset vesinäytteet:

- aiemmin ennen tutkimusta otetut vesinäytteet (arkisto)
- tutkimuksen aikana otetut vesinäytteet

PARANNUS

Tässä vaiheessa tutkimusryhmän edustaja esittelee kohteen raportin. Raportissa tulee olla tutkimuksen yhteenveto ja tutkimustulosten erittely jokaiselle osaluokalle sovitulla tavalla. Analysoinnin pohjalta esitetään toimenpide- ja korjausehdotukset ja akuutit korjaukset sekä alustava kustannusarvio ja mahdolliset lisätutkimustarpeet. Liitteenä mahdollinen vauriokartta, videokuvaukset muistitikulla + kuvauskartta, röntgenkuvat + samasta paikasta otettu normaali kuva yms.

Tämän jälkeen huoltohenkilökunta aloittaa tarvittavien toimenpide- ja korjausehdotusten toteuttamisen yhdessä kiinteistön omistajan edustajien kanssa. Suuremmat korjaukset kilpailutetaan useamman urakoitsijan kesken ja pienemmät osien vaihdot teetätetään omalla henkilökunnalla tai sopimusurakoitsijalla. Korjauksien jälkeen niiden toimivuutta seurataan tehostetusti seuraavan vuoden aikana.

OHJAUS

Ohjausvaiheessa määritellään tässä prosessissa tarvittavat seurantatutkimukset jatkossa. Mikäli tehtävän kuntotutkimuksen mukaan vesi- ja viemärijärjestelmien jäljellä olevaa laskennallista käyttöikää on enemmän kuin viisi vuotta, suunnitellaan seurantatutkimusajankohta tulevaisuuteen.

Seurantatutkimuksen toteutusajankohta määritetään 5-10 vuoden päähän. Tällöin varmistetaan, onko vesi- tai viemärijärjestelmissä tapahtunut selkeitä muutoksia huonompaan suuntaan. Tällöin seurantatutkimuksen tärkeimpänä lähtökohtana käytetään aiemmin tehtyä kuntotutkimusta. Lisäksi huoltohenkilökunnan tulee pitää historiatietokantaa tutkimusten välillä tapahtuneista vuototapauksista, tukkeumista ja muista ongelmista.

4 PUTKISTOJEN KUNTOTUTKIMUKSEN LÄPIVIENTI

4.1 Yleistä

Tarve kuntotutkimukselle saa alkunsa monesti asiantuntijan tekemästä kuntoarviosta, jossa on aistinvaraisesti havaittu merkkejä rakennusosien ja järjestelmien heikentyneestä kunnosta ja suositeltu tarkempien tutkimusten suorittamista. Kuntoarvion pintapuolisuudesta ja laajuudesta johtuen siinä ei yleensä kyetä menemään tarpeeksi syvälle ongelmien aiheuttajien ja korjaussuunnittelun lähtökohdaksi tarvittavan informaation selvittämisessä. Kuntoarviossa voi ilmetä, että kiinteistössä on ongelmia putkistoissa, mutta kuntoarviossa ei monesti kyetä selvittämään, mistä mahdolliset ongelmat syntyvät ja mikä on korjaustarve.

Korjaustoimenpiteiden lähtökohdaksi ja ongelmien syiden määrittämiseksi tarvitaan monissa tapauksissa syvällisempää tietoa, jota saadaan teettämällä rakennuksessa putkistoille kuntotutkimus. Tällöin saadaan selvitettyä putkiston eri komponenttien teknillinen kunto ennakkoon päätetyn suunnitelman mukaisesti. (Helenius ym. 1998, 76.)

Toinen kuntotutkimustarpeen syy on laitteiden ja putkiston suurentuneet korjauskustannukset tai yhä useammin tapahtuvat vaurioitumiset (Helenius ym. 1998, 10). Putket ruostuvat, syöpyvät ja vuodon riski kasvaa käyttöiän pidentyessä elinkaaren loppupuolella. Putkisto-osien vanhetessa edellä mainittua prosessia on hankala hidastaa. Tästä johtuen heikentyneiden putkisto-osuuksien paikallistaminen ja huonoimmassa tilanteessa vaurioituneen kohdan löytäminen putkistossa varhaisessa vaiheessa on isompien vahinkojen ehkäisemiseksi tärkeää. Yleisesti ottaen putkivaurion syyt johtuvat putkistojen elinkaaren loppumisesta, korroosiosta ja asennuksien aikaisista työvirheistä. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 14.)

Putkistojen optimaalisen uusimisajankohdan määrittäminen on monesti vaikeaa. Rakennuksissa olisi tärkeää pitää huoltokirjassa tms. korjaushistoriatietoja, ja

sinne pitäisi merkitä myös vesivahinkotapaukset. Vesi- ja viemärijärjestelmien kuntotutkimuksen teettäminen on ajankohtainen viimeistään, kun vuototapauksia on ollut useita lähihistorian aikana. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 15.)

Kuntotutkimuksella tarkoitetaan kiinteistön yksittäisen osa-alueen tai teknillisen järjestelmän tarkkaa tutkimista johdonmukaisesti, ongelmalähtöisesti hyödyntäen erityyppisiä tutkimusmenetelmiä, joihin kuuluvat rakennuksen silmämääräinen tarkastelu, suunnitelma-asiakirjojen tarkasteleminen, kulutustiedot, korjauskulut, erilaiset rakennuksessa tapahtuvat mittaukset, asukaskyselyt ja erilaiset laboratorioanalyysit. (Helenius ym. 1998, 76.)

Näistä saatujen tietojen avulla pyritään selvittämään kiinteistön putkistorjestelmien sen hetkinen kunto, mahdollinen korjaustarve ja sen laajuus. Tämän lisäksi määritetään korjausajankohta ja arvio siitä tulevista kustannuksista. Kuntotutkimuksen perusteella voidaan ennakoida myös rakennuksen tulevaa korjaustarvetta, vaikka varsinaisia ongelmia ei vielä olisikaan havaittu. Kuntotutkimusprosessin aikana tulisi asiakkaille selvittää myös mahdolliset riskit, jos toimenpide ehdotuksia ei toteuteta ehdotetussa aikataulussa. Tutkimuksen tilaaja pystyy asiantuntijoilta saamansa informaation perusteella myös välttämään pelkästään olettamukseen perustuvalta virhearvioinnilta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 11.)

Putkiston kuntotutkimuksesta tehdään kiinteistön ylläpitäjälle aina raportti, jossa tuodaan esille putkistokatselmuksen päätelmät sekä selvitetään suoritetuista mittauksista saadut tulokset. Raportissa ehdotetaan myös mahdolliset eri korjausvaihtoehdot sekä alustavat kustannusarviot. Putkiston kuntotutkimus päätetään korjaustarpeen arviointiin. Tuloksena voi olla putkiston osittainen tai kokonaan uusiminen tai pitäminen määräajan ennallaan. (Helenius ym. 1998, 13.) Tutkittaessa putkistoja keskitytään ennalta määrätyle alueille. Tästä huolimatta pitää huolellisen kuntotutkijan havainnoida tekemällään alueella asioita yleiselläkin tasolla. Putkiston kuntotutkimuksessa voidaan esittää tarve tehdä jatkotutkimuksia esim. katselmuksen aikana havaituille kosteusvaurioepäilyksille. (Helenius ym. 1998, 76.)

4.2 Lähtötietojen kerääminen

Kuntotutkimus aloitetaan lähtötietojen keräämisellä. Tällöin kootaan kiinteistöön liittyvät, putkiston kuntotutkimuksessa tarvittavat olennaiset tiedot. Rakennuksen omistajalta tai siitä vastaavalta huoltohenkilöstöltä hankitaan rakennuksen taustatiedot, jos nämä eivät käy selville mahdollisesta kuntoarviosta. (Helenius ym. 1998, 16.)

Lähtötietoja ovat

- aiemmin tehdyt kuntoarvot/tutkimukset
- kiinteistön kunnossapitosuunnitelma (PTS)
- yleiset tiedot rakennuksesta
- huoltokirja
- vanhat asiakirjat ja piirustukset
- tiedossa olevat ongelmat
- korjaushistoria
- haastattelut
- vesianalyysi tai muu selvitys veden laadusta

Lähtötietojen keräämisen yhteydessä suoritetaan myös kiinteistön hallinnosta, hoidosta ja huollosta vastaavien henkilöiden sekä käyttäjien haastattelu (Helenius ym. 1998,12). Joissakin kohteissa voi kiinteistön lähtötietojen kerääminen viedä enemmän aikaa kuin itse kuntotutkimuksen muuhun työhön (LVV-kuntotutkimus 2013, 29).

Kerättyjen lähtötietojen avulla suunnitellaan katselmusvaihe. Huoltohenkilöstön on ennalta ilmoitettava kiinteistön käyttäjille tutkimuksen suoritusajankohta, jotta kohteessa voidaan liikkua ongelmitta. Huoltohenkilöstön on järjestettävä mahdollisuus päästä kaikkiin tarkastettaviin paikkoihin, kuten kellariin, ullakolle, teknisiin tiloihin yms. (Helenius ym. 1998, 20.)

4.3 Katselmusvaihe

Kuntotutkimuksen seuraavana osana tulee katselmusvaihe, jossa putkien, järjestelmien ja laitteiden kuntoa arvioidaan aistin varaisesti. Kuntotutkijalla tulee olla käytössään ennen tätä vaihetta asiaan kuuluvat lähtötiedot, piirustukset, käyttäjille tehtyjen kyselyjen vastaukset ja haastatteluista saatu informaatio.

Katselmuksen aikana pyritään kartoittamaan ne putkiston kriittiset kohdat, joiden kunnan selvittäminen vaatii tarkempia tutkimuksia. Katselmuskierroksella kartoitetaan mahdolliset vauriokohdat ja tarkastusluukkujen sijainti sekä putkistojen luokse pääseminen yms. Talvella lumiseen aikaan tehtävän putkiston katselmuksen suunnittelussa pitää huomioida pihakaivojen kansien päällä olevien jään ja lumen vaikutus katselmuksen suoritusmahdollisuuteen. Mikäli talvella ei kaikkia haluttuja järjestelmän osia päästä katsomaan, tulee ne tarkastaa uudelleen sulan maan aikana. (Helenius ym. 1998, 12.)

Katselmusvaiheessa pyritään tarkastelemaan läpi mahdollisimman kattavasti ulko- ja sisäpuolista vesi- ja viemäriverkostoa. Katselmuksen yhteydessä tarkastetaan mm. kellaritiloissa tai ensimmäisessä kerroksessa kaikki näkyvät viemärit ja vesijohdot varusteineen. Tuuletusviemärit tulee tarkastaa vesikatolta tai ullakolta käsin. Samalla saadaan selvitettyä, missä putket tarkalleen kulkevat ja mistä paikoista on mahdollista tehdä mittauksia sekä miltä liitokset ja putkistovarusteet päällisin puolin näyttävät. (Helenius ym. 1998, 20.)

Tässä vaiheessa tarkastellaan ja merkitään työpiirustuksiin paikat, missä epäillään putkistojen eristeiden sisältävän asbestia. Katselmusvaiheen tarkastelussa tulee kiinnittää huomiota (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 31.)

- putkien, laitteiden ja varusteiden ikään
- erityisesti eri aikoina asennettuihin järjestelmän osiin ja laitteisiin
- käytettyihin putkimateriaaleihin ja niiden asennusjärjestykseen (esim. sinkittyputki on asennettu ennen kupariputkea veden virtaussuunnassa)
- putkien, laitteiden ja varusteiden näkyvään kuntoon

- putkieristeiden laatuun ja kuntoon, mahdollisista asbestieristeistä ja erityisesti rikkinäisistä ja pölyävistä, on mainittava tutkimusraportissa
- putkien ja viemäreiden kannakointiin, erityisen tärkeäksi muodostuu putkihormeissa sijaitsevien putkien kannakoinnin tilan selvittäminen silloin, kun tilaaja harkitsee vaihtoehtoisia (pinnoitus, sukitus) putkien korjausmenetelmiä
- putkien ja viemäreiden liitostapoihin ja liitosten kuntoon
- näkyvissä olevien viemäreiden osalta kaatoon
- asennusten määräystenmukaisuuteen, mm. eri viemärijärjestelmien erottimet, vesijohdoissa yksisuuntaventtiilit, takaisinimusuojat, jne.

Katselmuksen perusteella tehdään päätös siitä, mitä mittauksia tarvitaan ja mitä mittauslaitteita käyttämällä voidaan saada luotettavaa tietoa kohteesta. Katselmuksen aikana on merkitty putkistoon ja työpiirustuksiin ne kohdat, joista mittaukset tehdään. Kaikki mittauskohdat yksilöidään valitulla tavalla. Samalla selvitetään, mitä työvälineitä tullaan mittauksia tehdessä tarvitsemaan. Mittauspisteitä valitessa kiinnitetään erityisesti huomiota niihin kohtiin, joissa on havaittu ongelmia tai vaurioita. (Helenius ym. 1998, 20.) Kokeneen kuntotutkijan aistinvaraisen havainnoinnin ohella tutkimuksen varmuus on suoraan verrannollinen järkevästi sijoitettujen tutkimusotosten määrään (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 31).

Joskus katselmuksen tuloksena voidaan suotuisissa tapauksissa määritellä korjaustarve, eikä tarkempia laitteiden avulla tehtäviä tutkimuksia välttämättä tarvita. Katselmuksen yhteydessä todetaan usein putkieristeiden sisältävän asbestia ja tällöin pyydetään tilamaan erillinen asbestikartoitus ennen korjausten tekoa. Putkistokatselmusta seuraa tutkimusvaihe, jossa putkiston kunto ja mahdollinen korjaustarve selvitetään ainetta rikkomattomia mitta-, kuvaus- sekä katselulaitteiden avulla. Tuloksena saadaan selvitys putkiston eri osien kunnosta ja korjaustarpeesta. (Helenius ym. 1998, 12.)

4.4 Tutkimusmenetelmät ja laitteet

Tutkimusvaiheessa käytetään apuna ainetta rikkomattomia menetelmiä ja laitteita, kuten optisia katselulaitteita, tv-kuvausta, ultraäänimenetelmää sekä röntgenkuvausta. Tavoitteena on tutkia tarkemmin silmämääräistarkastuksessa havaittuja vauriokohtia, arvioida putken sisäpuolisen korroosion ja kerrostumien määrää ja laatua. (Helenius ym. 1998, 28.)

TV-KUVAUS

Kaapelikameraa käytetään yleisimmin kiinteistön viemäreiden sisäpuolisissa TV-kuvauksissa. Laitteistossa on kaapeli, jonka päässä on videokamera valoiheen ja ohjainlaitteita mallista riippuen. On olemassa erikokoisia ja hintaisia viemärikameroita pienille ja suuremmille putkille. Kameroiden työntökaapeli pituudet vaihtelevat muutamasta metristä yli sataan metriin.



KUVA 10. Viemärikamera.

Viemärikamerat ovat joko itsetasaavia tai ei-itsetasaavia. Itsetasaava kamera kääntää aina kuvan vaakatasoon, vaikka kamera liikkuisi kuvattavassa putkessa akselinsa ympäri. Lisävarusteena kameroissa voi olla paikannuslaite, jonka avulla voidaan esimerkiksi alapohjan alta määrittää tarkasti vauriokohta. TV-kuvaukset tulee tallentaa muistitikulle sähköiseen muotoon jatkokäyttöä varten. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 82 – 83.)

OPTINEN KATSELU

Endoskoopilla ja fiberoskoopilla voidaan tutkia ahtaita paikkoja, joita on muuten hankala nähdä. Endoskoopissa käytetään kuvan siirtoon linsejä, ja sen varsi muodostuu kahdesta sisäkkäisestä jäykästä putkesta. Fiberoskoopissa kuva siirretään käyttäen optisia kuituja, jotka muodostavat taipuisan kaapelin. Näillä laitteilla voidaan tutkia myös vesijohtoja, mutta vesijohdot pitää tehdä paineettomiksi tutkimuksen ajaksi. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 83.)

ULTRAÄÄNI

Ultraäänimittarit/paksuusmittarit ovat tänä päivänä kooltaan pieniä ja useimmiten varustettu digitaalinäytöllä. Mittareiden mitta-alue on esimerkiksi 1-100 mm ja niiden mittatarkkuus on noin 0,1 mm (Järviö ym. 2007, 261).



KUVA 11. Putken ultraäänipaksuusmittaus. (kuva: LVV-kuntotutkimusopas 2013, 85)

Ultraäänitutkimusta voidaan käyttää putkistojen tutkimuksissa apuvälineenä, mutta se ei sovellu yksinään luotettavaksi menetelmäksi (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 85).

RÖNTGENKUVAUS

Käytössä olevia röntgenkuvaustapoja on sekä perinteinen röntgenkuvaus että digitaalinen röntgenkuvaus. Perinteiseen röntgenkuvauslaitteistoon kuuluvat röntgenkone ja röntgenputki. Röntgenkone voi olla tasajännitteinen tai puoliaaltotasasuunnattu. Puoliaaltotasasuunnattu on pienempi kooltaan ja painoltaan ja näin soveltuu paremmin kuntotutkimuskenttätyöhön. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 86.)

Digitaalinen röntgenkuvauslaitteisto pakataan siihen tarkoitettuun kantolaukkuun kuljetuksen ajaksi. Kantolaukkuun on usein integroitu työasema (kannettava tietokone). Kentällä työskentelyyn muita tarvittavia laitteita ovat litteä kuvauspaneeli, pulssiröntgenkone, paneelin ohjausyksikkö ja laitteiden välillä olevista kaapeleista. Kuvattua digitaalista röntgenkuvaa voidaan tarkastella ja muokata reaaliajassa tietokoneella. Säteilylähteenä on pulssikone, joka lähettää säteilyn pulsseina kuvauksen aikana. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 87.)



KUVA 12. Röntgenkuvauslaitteisto. (kuva: Välikangas, luentomateriaali 17.4.2018)

Kuntotutkimukseen liittyvää röntgenkuvausta suunniteltaessa tulee huomioida tilojen käyttäjien ja tutkimusten tekijöiden turvallisuus. Röntgenkuvauspaikkoja valittaessa on ehdottomasti huomioitava säteilyturvallisuus ja varmistettava, ettei ulkopuolisilla ole mahdollisuutta päästä kuvausalueelle kuvauksen aikana. Kohteessa säteilyturvallisuudesta vastaa röntgenkuvaaja, ja muiden on noudatettava hänen ohjeistustaan. Röntgenkuvaajalla pitää olla hyväksytyt suoritus Säteilyturvakeskuksen säteilysuojelututkinnosta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 36.)

Pyrkimyksenä on keskittää pääosa röntgenkuvauspaikoista rakennuksen alimmaiseen kerrokseen. Sieltä etsitään mm. vaakaputkistoja ja pyritään löytämään putken haaroituksia, kulmakohтия ja liitoksia. (Helenius ym. 1998, 30.) Kun valitaan kuvauspaikkoja, on huomioitava, että röntgenkuvauksessa käytettävä digitaalinen kuvalevy voidaan asettaa kuvattavan putkisto-osan taakse.



KUVA 13. Röntgenkuvausta. (kuva: Välikangas, luentomateriaali 17.4.2018)

Röntgenkuvauksella määritetään kupari- ja teräsputkien seinämävahvuuksia ja pyritään paikallistamaan mahdollisia korroosiopaikkoja. Kuvausten lukumäärä on kustannuksista johtuen rajallinen, joten yleensä otosten pitäisi edustaa riittävästi koko verkoston tilannetta. (Helenius ym. 1998, 30.)

Mittauspisteet tulisi valita ns. kriittisistä kohdista sekä sattumanvaraisista kontrollipisteistä. Hyvä perussääntö on, että kuvia otetaan viitisen kappaletta esim. porraskäytävää kohden. Kuvauspaikkojen valinnassa korostuu röntgenkuvaajan kokemus ja ammattitaito. Samaan röntgensädekuvaan kannattaa kustannusyistä yrittää sijoittaa sekä kylmä- että lämminvesijohdot eli kuvan kokoa kannattaa kasvattaa mahdollisimman suureksi tilanteen mukaan. Kun otetaan moinen eri putkilinjojen osuuksia samaan kuvaan, tulee putkimateriaalien olla samaa laatua eikä ulkohalkaisijat voi poiketa toisistaan liian paljon. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 31.)

Mikäli ennakkotiedusteluissa on saatu selville, että kohteessa epäillään olevan tiettyä vauriotyyppiä, voidaan ottopaikkoja painottaa sen mukaan. Kaikki kuvatut kuvauspisteet merkitään rakennuksessa kuvaajan valitsemalla tavalla, jotta ne voidaan myöhemmin paikantaa helposti piirustusten avulla. Kuvatut röntgenkuvat annetaan tilaajalle manuaalisina filmeinä tai sähköisessä muodossa digitaalista röntgenkuvausta hyödynnettäessä. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 36.)

4.5 Kenttätutkimusvaihe mittausmenetelmillä

Rakennuksen ulkopuoliset putkistot

Kiinteistön liittymisjohtoa jakeluverkkoon kutsutaan usein tonttivesijohdoksi. Yleensä se alkaa tontin rajalta ja päättyy vesimittariin. Ennen muovin yleistymistä tonttijohtojen materiaalina oli teräs, mutta nykyään käytetään PE-muovia. Tonttivesijohdojen osalta tutkimisen suorittaminen rajoittuu venttiilikaivon sisällä näkyvissä oleviin putken osiin ja putkistovarusteisiin sekä johdon mahdollisesti esille kaivettuihin osiin. Joskus putkien tarkastusta voidaan suorittaa myös kiinteistön sisäpuolella sijaitsevista alueputkien nousu- tai lähtökaivoista. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 37.)

Rakennuksen tonttivesijohdon sulkuventtiilin sijainti sekä paikkamerkintöjen olemassaolo tarkistetaan. Talosulun tiiveys testataan sulkemalla venttiili. (Helénius ym. 1998, 21.)

Kiinteistön ulkopuolella olevien vesijohtojen tarkastukset edellyttävät monesti kaivojen kansien esille kaivamista. Mikäli kaivojen tai luukkujen kannet ovat maan alla tai ne ovat jumiutuneet pitää mahdollisista aputoista ja niiden kustannuksista sopia tilaajan kanssa. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 37.)

Ulkopuolinen viemäriverkosto

Kiinteistön ulkopuolella oleville jätevesiviemäreille käytetään tarkastusmenetelminä silmämääräistä tarkastusta tarkastuskaivojen kautta ja viemäreiden sisäpuolista tv-kuvausta. Tarkastuksessa havainnoidaan, etteivät kaivon liitokset tai seinämät vuoda. Samalla todetaan myös, ovatko kaivojen kansirakenteet ehjiä. Kaikki rakennuksen ulkopuoliset viemärit, joiden oletetaan olevan vaurioituneita ympäristön aiheuttamien tekijöiden vaikutuksesta, tarkastetaan tv-kuvauksella. Näitä tekijöitä ovat mm. puusto ja niiden juuristo, maanpinnan painumat, liikenteen aiheuttama rasitus. TV-kuvauksella tulisi kuvata vähintään puolet ulkopuolisesta viemäriverkostosta, jotta kuvauksen laajuus olisi luotettava. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 37.)

Kiinteistöstä ulospäin lähtevä viemäri kuvataan vastavirtaan talon ulkopuolelta sijaitsevasta tarkastuskaivosta talon sisäpuolelle tai sisäpuolisesta tarkastusluukusta ulospäin ensimmäiselle tarkastuskaivolle. Kiinteistön ulkopuolella sijaitsevat jäteviemärit tulisi kuvata tarkastuskaivoista aina kunnalliseen viemäriliitoskohtaan asti.

Viemäreille suoritetaan tarvittaessa painehuuhtelu ennen kuvausta. Pesu on monesti välttämätön. Näin varmistetaan kameran sujuva liikuttaminen putkistossa ja varmistetaan, että päästään kuvaamaan mahdolliset vauriokohdat. Mikäli viemäriinjassa epäillään olevan tukoksia kuvaushetkellä, kannattaa ensimmäinen kuvaus suorittaa ilman painehuuhtelua. Tällöin saadaan arvioitua tukoskohdan löydyttyä sen tarkka paikka putkessa.

Erityisesti kiinnitetään huomiota seuraaviin kohtiin:

- tukkeumat ja liettymät sekä rasvakerrokset
- painaumat, takalaskut ja putkiliitoksien hammastukset
- putkien siirtymät, rikkoumat ja halkeamat
- huonot liitokset
- korroosioauriot ja korroosion aiheuttama putken sisäpuolinen karheus
- puunjuuret putkien sisäpuolilla
- välitön huoltotarve

Mikäli tutkimuksen aikana huomataan, että viemärin sijainnissa on poikkeamaa verrattuna piirustuksiin, tulee ne kirjata raporttiin. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 37.) TV-kuvauksesta kirjataan seloste tähän suunnitellulle lomakkeelle ja kuvaus tallennetaan muistitikulle.

Sisäpuolinen viemäriverkosto

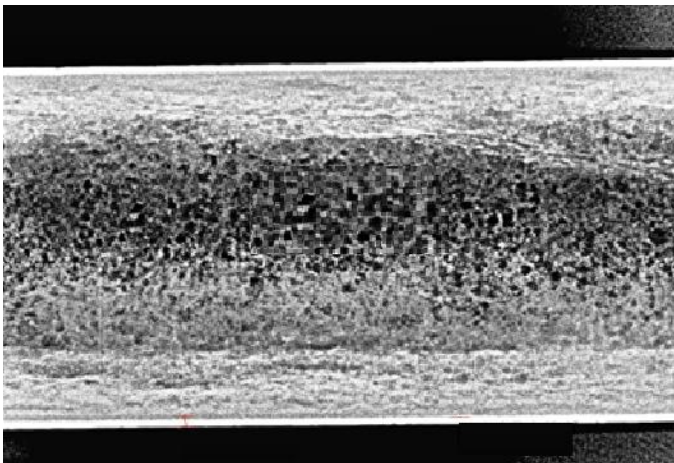
Rakennuksen kaikki alapohjan alla olevat ja rakenteiden sisäpuoliset vaakakoojaviemärit kuvataan TV-kameralla sovitussa laajuudessa. Kuvauspaikat on paikannettu aiemmin suoritettussa katselmuksessa. Pystyviemäreiden kuvausten laajuudesta sovitaan kohteen mukaan. Vähimmäislaajuutena voidaan esittää vähintään 1-2 tuuletusviemäriin kuvausta rakennusta kohden. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 34 - 38.) Kokonaisuudessaan kuvausten vähimmäislaajuutena voidaan pitää vähintään puolta rakennuksen sisällä olevasta viemäriverkostosta. TV-kuvauksella pyritään paikallistamaan mahdollisia painumia, tukkeutumia, siirtymiä, huonoja saumakohtia, rikkoutumia ja korroosioaurioita (Helenius ym. 1998, 29.)

TV-kuvauspaikkoina pohjaviemäreiden kuvauksissa rakennuksen sisällä käytetään mahdollisuuksien mukaan viemärikaivoja ja puhdistusluukkuja, jotka on yleensä sijoitettu määräväleihin pohjaviemäriin ja pystyviemäreiden alaosiin. Pystyviemärit kuvataan yleensä ylhäältä alaspäin vesikaton kautta tai ullakkotiloissa sijaitsevista puhdistusluukuista.

Joskus kuvausta ei voida edellä mainituista paikoista tehdä esim. talviolosuhteissa, tällöin kuvaus suoritetaan pohjakerroksen kautta vastavirtaan pystyviemäreiden puhdistusluukuista tai ylimmästä kerroksesta pois irrotetun saniteettikalusteen poistoviemärin kautta. Mikäli on epäily, että nousujohdoissa voi olla vuotoja, on pohdittava mahdollisuutta rakenteiden avaamiseen erillisenä toimenpiteenä. (Helenius ym. 1998, 21.) Jos rakennuksessa on ryömintätila, tulee siellä sijaitsevien putkistojen ja kannatusten kunto tarkistaa mahdollisuuksien mukaan.

Viemärien röntgenkuvaus

Valurautaviemärien ja muiden metallisten viemärien tutkimiseen käytetään myös röntgenkuvausta ja sen tukena heikkokuntoisten viemäriosuuksien paikallistamiseen ultraäänitarkastusta. Ultraäänitarkastuksen käyttö viemäriputkien paksuusmittauksessa ei yksistään ole luotettava, sillä syöpymien virheellinen tulkintamahdollisuus on suuri. Putkiston jäljellä olevan käyttöiän arvioinnissa virheellisillä mittauksilla voi olla epäedullisia vaikutuksia. Ultraäänitarkastuksella huonokuntoiseksi arvioitu putkiston kohta tulee aina varmistaa röntgenkuvaamalla. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 38.)



KUVA 14. Röntgenkuva valurautaviemäristä, sakkaa ja syöpymää.

Ammattitaitoinen röntgenkuvaaja pystyy saamaan luotettavaa tietoa valurautaviemärien tilasta. Röntgenkuvauksella voidaan paikallistaa syöpymien syvyyttä,

syöpymien laajuutta, kerrostumien määrää, halkeamat ja kuonasulkeumat. Vaakaviemärit tulisi pyrkiä kuvaamaan siten, että yhteen röntgenkuvaan saadaan sivuprofiili ala- ja yläosasta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 38.)

Kupariset vesijohdot

Kuparisille vesijohdoille käytetään tarkastusmenetelminä aistin varaista tarkastusta, jossa pyritään löytämään putkistojen heikkoja kohtia. Kupariputkissa voi olla huonosti tehtyjä liitoksia, pistesyöpymisen merkkejä etenkin vaakaputkissa, kupariputkistojen messinkiosissa tai – liitoksissa voi olla vaaleita saostumia, nämä ovat merkki messingin läpäisseydestä sinkkikadosta.

Toisena tarkastusmenetelmänä käytetään röntgenkuvausta, jolla saadaan luotettavaa tietoa mm. kuparin yleisimmästä korroosionmuodosta pistesyöpymästä. Joskus yhdessä kuvassa voi olla useita pistesyöpymiä ja ne näkyvät selvästi röntgenkuvassa tummina pisteinä kuvatussa putkessa. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 40.)

Ultraäänimittausta ei tulisi käyttää kupariputkien tarkastelussa. Kuparin pistesyöpymät ovat nimensä mukaan pistemäisiä, eikä niitä voida havainnoida ultraäänimittauksella luotettavasti. Aistin varaisen tarkastelun mukaan tehdään valinnat tutkimuspisteistä röntgenkuvasta varten. Otetuista röntgenkuvista voidaan analysoida mahdollisia ulko- ja sisäpuolisia vaurioita, pistesyöpymien laajuutta ja niiden syvyyttä, putken sisälle kertyneiden korroosiotuotosten määrää sekä liitosten tekotapoja ja niissä olevia virheitä. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 40.)

Sinkityt teräksiset kylmävesijohdot

Sinkittyä terästä on käytössä enää kylmävesijohtoina vanhemmissa rakennuksissa, joihin ei ole vielä tehty täysimittaista putkisaneerausta. Sinkitylle teräkselle käytetään samoja tarkastusmenetelmiä kuin edellä mainitulle kuparille. Röntgenkuvauksella nähdään heikoimmat kohdat, jotka ovat yleensä liitokset ja kierreet. Tämän lisäksi havaitaan ulko- ja sisäpuoliset vauriot, huonot liitokset ja muut kriittiset kohdat.

Tämän lisäksi voidaan arvioida korroosiotuotteiden määrä, josta aiheutuu väri- ja makuhaittoja käytettävälle kylmälle vedelle, varsinkin jos putkistossa on pidempi käyttökätkos. Röntgenkuvasta voidaan myös määrittellä jäljellä oleva seinämävahvuus, tätä verrataan alkuperäiseen seinämävahvuuteen, jonka mitta saadaan taulukosta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 40.)

Muoviset vesijohdot

Muovisia vesijohtoja tutkitaan silmämääräisellä tarkastuksella, ja mikäli putkistossa on normaalista poikkeavia vaurioita, otetaan koepaloja jatkotutkimuksia varten. Röntgenkuvaus ei sovellu hyvin muovisille vesijohdoille kuntotutkimusmenetelmäksi. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 40.)

4.6 Toimenpidesuositus

Kuntotutkimuksen tuloksena määritetään putkistolle tai sen osalle toimenpidesuositus, joka voi olla

- putkiston säilyttäminen ja siihen liittyvät toimenpiteet, kuten putkiston puhdistaminen, kiinnittäminen tai tukeminen, ulkopuolinen korroosiosuojaus, lisäeristäminen jne.
- putkiston korjaaminen, jolloin osoitetaan korjauskohdat ja -menetelmät
- uusiminen osittain tai kokonaan
- pelkästään asbestipitoisten purku ja uudelleen eristäminen.

(Helenius ym. 1998, 36.)

Edellä esitetyt johtopäätökset perustuvat putkikatselmuksessa, haastatteluissa ja kyselyissä sekä mitta-, katselu, sekä kuvauslaittein tehdyissä tutkimuksissa esille tulleista seikoista. Koska tutkittavat rakennukset ovat hyvin erilaisia, on yleispätevän johtopäätöspolun määrittäminen hyvin vaikeaa. Tästä syystä kuntotutkijan kokemus ja ammattitaito tulevat voimakkaasti esille hyvään lopputulokseen pyrittäessä.

Järjestelmien arvioiminen pitäisi tapahtua ensin linja-, kuvaus- tai näytekohtaisesti. Tämän jälkeen muodostetaan näiden perusteella järjestelmäkohtainen kunto. Arvio tulee antaa erikseen kaikille rakennuksen vesiputkiston eri osille joita ovat

- rakennuksen ulkopuoliset jätevesi-, salaoja- sekä sadevesiviemärit
- tonttivesijohto
- alapohjan alla sijaitsevat viemärit
- pohjaviemärit
- pystyviemärit
- tuuletusviemäri ullakon osalta
- kalusteiden kytkentäviemärit
- pohjakerroksen runkovesijohdot
- vesijohtojen pystylinjat
- vesikalusteet, pumput, venttiilit, lämmönvaihtimet ja lämminvesivaraajat (Helenius ym. 1998, 36.)

Putkilinjan korjaustarpeen määrittäminen on suoritettava materiaali- ja dimensioittain. Tarkastelun aikana on pyrittävä erottamaan paikalliset vauriot sekä yleiset kuntoon vaikuttavat seikat. Lopputuloksena saadaan tarkastetun kohteen näyte- ja järjestelmäkohtainen kuntoluokitus, joka koostuu viidestä kuntosuoritusluokasta. (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 45.)

KL5	Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on yli 10 vuotta
KL4	Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on 5-10 vuotta
KL3	Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on 3-5 vuotta
KL2	Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on 1-3 vuotta
KL1	Järjestelmän jäljellä olevaa käyttöikää ei voida määrittää

Putkiston osan tai laitteen voidaan kuntotutkimuksen perusteella todeta kestävä vähintään kuntoluokan alarajan osoittaman ajan ja olevan todennäköisesti korjauksen tarpeessa ylärajan osoittaman ajan jälkeen. Näiden välille jäävänä aikana on olemassa mahdollisuus satunnaisiin vaurioihin sekä korjaustarpeisiin. (Helenius ym. 1998, 36.)

Järjestelmien arvioiminen pitäisi tapahtua ensin linja-, kuvaus- tai näytekohtaisesti. Tämän jälkeen muodostetaan näiden perusteella järjestelmäkohtainen kunto. Arvio tulee antaa erikseen kaikille rakennuksen vesiputkiston eri osille joita ovat

- tonttivesijohto ja rakennuksen ulkopuoliset jätevesiviemärit
- alapohjan alla sijaitsevat viemärit
- pohja- ja pystyviemärit
- tuuletusviemäri ullakon osaltaan
- kalusteiden kytkentäviemärit
- pohjakerroksen runkovesijohdot
- vesijohtojen pystylinjat
- vesikalusteet, pumput, venttiilit, lämmönvaihtimet ja lämminvesivaraajat.

Koko putkistojärjestelmäkokonaisuuden kuntoluokitus sekä mahdolliset korjaustoimenpiteet määräytyvät tämän jälkeen eri putken osien korjaustarpeen yhteisvaikutuksen perusteella. Kuntotutkija tarvitsee päätöksen tekoonsa kaiken putkistosta saatavilla olevan tiedon. (Helenius ym. 1998, 36.)

4.7 Raportointi

Kuntotutkimusprojektin viimeinen vaihe on raportin luovutus ja esittely. Esittelyn aikana tilaajalla on mahdollisuus esittää kysymyksiä putkiston kuntotutkimuksen kulusta ja raportissa ehdotetuista jatkotoimenpiteistä. (Helenius ym. 1998, 40.)

Raportissa kerrotaan

- tiedot putkistosta (materiaalit, liitokset, asennusvuosi, korjaushistoria)
- mitkä tekijät aiheuttivat tutkimuksen suorittamisen
- mitkä osat johdoista on tarkastettu
- tutkimattomat osat ja syyt siihen
- tutkimusmenetelmät ja käytetyt mittaus- tai havaintolaitteet
- missä on mahdollisesti havaittu vaurio tai puute
- mistä havaittu vaurio johtuu
- putken korjaustarpeen kiireellisyysluokka

- putkiston säilyttäminen ja siihen liittyvät toimenpiteet, kuten putkiston puhdistaminen, kiinnittäminen tai tukeminen, korroosiosuojaus ulkopuolelta, lisäeristäminen jne.
- putkiston korjaaminen, jolloin osoitetaan korjauskohdat ja –menetelmät
- korjaustapavaihtoehdot
- kustannusarviot eri vaihtoehdoille.

Kuntotutkimuksen yhteenvedona tehdään putkiston huollon ja korjauksen pitkän tähtäyksen kunnossapitosuunnitelma. Siinä kuntotutkija ehdottaa kunkin toimenpiteen ajankohtaa. Korjaukset ryhmitellään kiireellisyysjärjestykseen ottaen huomioon putkiston todennäköinen jäljellä oleva käyttöikä, akuuttien toimintahäiriöiden korjaaminen, säännösten vastaisten asennusten korjaaminen sekä paikoilleen jätettävän rakenteen vauriomekanismin pysäyttämistä tai hidastamismahdollisuudet. (Helenius ym. 1998, 42.)

Välittömästi korjausta vaativista seikoista laaditaan vikalista. Kuntotutkija arvioi myös putkiston ylläpito- ja korjauskustannukset. Kuntotutkija kirjaa myös havaitsemansa laitteistojen käyttövirheet. Kuntotutkimuksen tarkoituksena on tuottaa lähtötiedot rakennuksen putkistojen korjaussuunnittelulle ja -toimenpiteille. Kuntotutkimuksen taustatietoina voi olla aikaisemmin suoritettu rakennuksen kuntoarvio. (Helenius ym. 1998, 76.)

4.8 Kuntotutkimuksen hyödyt

Teettämällä putkistoilleen kuntotutkimuksen tilaaja saa luotettavaa tietoa rakennuksen luv-järjestelmien todellisesta nykykunnosta ja arvion kuinka paljon käyttöikä on jäljellä tai milloin pitää aloittaa uusimistoimenpiteet (LVV-kuntotutkimusopas 2013, 11). Putkiston kuntoon saattaminen parantaa käyttö-mukavuutta. Tulokset näkyvät mm. putkistokorjausten ja vuotojen vähenemisenä sekä parantuneena veden laatuna ja viemärien toimivuutena. Putkistokorjausten toteuttaminen pidentää samalla rakennuksen käyttöikä, parantaa laatua nostaa samalla kiinteistön arvoa. Vaarallisten vesivahinkojen ja homevaurioiden riski pienenee. (Helenius ym. 1998, 76.)

5 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella putkistojen kunnossapitomallia julkishallinnon tuotantorakennuksien vesi- ja viemärijärjestelmille. Työn tuloksia voidaan käyttää hyväksi myös muun tyyppisissä rakennuksissa. Painopisteenä on ennakkoiva kunnossapito, jossa käytetään yhteistyökumppaneina LVV-kuntotutkimus alan ammattilaisia ja kuntotutkimuskenttätyöhön soveltuvia erikoislaitteita. Lisäksi työn tavoitteena oli tarkastella yleisluontoisesti vesi- ja viemäriputkistojen vauriomekanismeja yleisesti käytetyissä materiaaleissa ja näiden putkistojen kuntotutkimusprosessin läpivientiä ennalta ehkäisevästi, ennen ongelmien ilmaantumista.

Työssä esitettyä kuntotutkimusprosessia käyttäen voidaan arvioida luotettavasti, missä kunnossa rakennusten putkistojärjestelmät ovat kuntotutkimuksen tekohetkellä. Kuntotutkimustulosten perusteella kyetään määrittelemään tarkemmin tulevan saneerausohjelman ajankohta. Osassa rakennuksissa putkistot ovat yli viisikymmentä vuotta vanhoja ja kirjallisuudessa sen ikäisten putkien käyttöikää pidetään monesti rajapyykkinä korjaustoimenpiteiden aloittamiselle. Tästä huolimatta kyseisten rakennusten putkistoissa ei ole esiintynyt suurempia ongelmia, mutta tätä prosessia käyttämällä saadaan selvitettyä, kuinka paljon luotettavaa käyttöikää on suunnilleen jäljellä. Tämä tieto on tarpeellista, että tuotantolaitoksen toiminta ei häiriintyisi putkisto-ongelmien takia ja että tuleviin saneerauksiin pystytään varautumaan myös taloudellisessa mielessä riittävään ajoissa.

Rakennuksissa on käytössä käyttöveden putkimateriaaleina pääasiassa kupari. Työssä selvitettiin kuparin yleisiä vauriomekanismeja, kuten pistekorrosiota, eroosikorrosiota ja sinkinkatoa. Viemärimateriaalina puolestaan käytetään valurautaa ja työssä käsiteltiin niiden vauriotyyppejä, kuten yleistä korrosiota ja grafitoitumista. Kenttätutkimusvaiheessa pääpaino tulee olla TV-kuvauksessa ja digitaalisessa röntgenkuvauksessa, joilla saadaan parhaimmat tulokset kuparin ja valuraudan nykykunnosta.

LÄHTEET

1. Ansaharju, T., & Maaranen, K., (1998) Koneenasennus. Porvoo. WSOY.
2. Helenius, T., Seppänen, O. & Jokiranta, K. (1998) Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohje. Helsinki. Cosmoprint Oy.
3. Ihalainen, P. & Hölttä, T. (2001) Six Sigma, pähkinänkuoressa. Tampere. Tammer-Paino Oy.
4. Järviö, J., & Lehtiö, T., (2017) Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Kerava. Savion kirjapaino Oy.
5. Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, Åström, T., (2007) Kunnossapito. Hamina. KP-Media.
6. Karjalainen, T. & Karjalainen, E. (2002) Six Sigma, Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenettelmä. Hollola. Salpausselän Kirjapaino Oy.
7. Kapanen, J. (1995) Kiinteistön lämmitys- ja vesiputkistojen kunnossapito. Helsinki. Hakapaino Oy.
8. Kaunisto, T. (2018) Luentomateriaali. Veden laatu, putkistomateriaalit ja tuotehyväksyntä. Vesi-instituutti WANDER.
9. Kekki, T., Kaunisto, T., Keinänen-Toivola M., & Luntamo M., (2008) Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku. Karhukopio.
10. Kekki T., Keinänen-Toivola M., Kaunisto T. & Luntamo M. (2007) Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Turku. Karhukopio.
11. KH 90-00403. (2008) Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustieto Oy.

12. Suomen LVI-liitto. LVV-kuntotutkimusopas (2013) Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin.
13. Välikangas, S. (2018) Luentomateriaali. Sprinklerilaitteistojen kuntotutkimukset. Kiwa Inspectra.
14. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-2_johdanto_luotettavuustekniikkaan.html (luettu 21.4.2018)
15. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html (luettu 22.4.2018)
16. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/six-sigma/dmaic/> (luettu 15.2.2018)
17. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/tilastolliset-tyokalut/>(luettu 15.2.2018)