



Suomen LVI-liitto
The Finnish Association of HVAC societies

YHTEISTYÖSSÄ:

KOSTEUS- JA  TALKOOT

LVV-KUNTOTUTKIMUSOPAS 2013
Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen
kuntotutkimuksiin

Sisällys

ESIPUHE	v
JOHDANTO	1
KÄSITTEITÄ JA LYHENTEITÄ	2
1. KUNTOTUTKIMUKSEN ARVIOINTI JA INDIKAATIT	5
1.1. Asuinkiinteistöjen rakentamisen ja lämpö-, vesi- sekä viemäritekniikan historiikki lyhyesti ..	5
1.2. Kiinteistön kunnossapitosuunnitelma PTS	6
1.3. Kuntotutkimuksen tarve	9
1.4. Kuntotutkimuksen käyttö	9
1.5. Pätevyysvaatimukset ja pätevytyminen	10
1.6. Tilaajan ohje.....	10
1.7. Putkivuodot ja vauriot	14
2. KUNTOTUTKIMUKSEN PROSESSI	23
2.1. Yleistä.....	23
2.2. Vastuualueet.....	23
2.3. Tutkimusmallit	26
3. LÄHTÖTIETOJEN KERUU	29
3.1. Tarvittavat lähtötiedot	29
1. Kiinteistön perustiedot	29
2. Korjaushistoria	29
3. Tutkittaviin järjestelmiin kohdistuneet vauriot	30
4. Suunnitelma-asiakirjat.....	30
5. Henkilöhaastattelut.....	30
4. KUNTOTUTKIMUKSEN KOHDISTAMINEN	31
4.1. Tutkimuksen laajuus	31
4.2. LVV-järjestelmien kriittiset kohdat	32
4.3. Tutkimuskohtien valitseminen	33
4.4. LVV-järjestelmien tekninen toimivuus.....	34
5. TUTKIMUSVAIHEEN SUORITTAMINEN	36
5.1. Yleisiä periaatteita.....	36
5.2. Rakennuksen ulkopuoliset putkistot	37
5.3. Sisäpuoliset vesi- ja viemärijohdot.....	38
5.4. Lämmitysjärjestelmät ja lämmityspotket	41
5.5. Tutkimusnäytteiden otto ja tarkastus	42
5.6. Muuta huomioitavaa tutkimuskohteessa	42

6. TUTKIMUSTULOSTEN ANALYSOINTI	44
6.1. Kuka analysoi näytteet?.....	44
6.2. LVV-järjestelmien korjaustarpeen analysointi ja synteesi	44
6.3. Salaojaverkoston toiminnallisuuden analysointi ja verkoston kuntoluokan määrittäminen	45
6.4. Viemäriverkoston toiminnallisuuden analysointi ja verkoston kunnan määrittäminen	46
6.5. Röntgenkuvan analysointi ja näytteen kuntoluokan ja käyttöiän määrittäminen	46
6.6. Putkien pinnoituskelpoisuuden arviointi.....	50
6.7. Toimenpide-ehdotukset	50
7. KUNTOTUTKIMUKSEN VIESTINTÄ JA RAPORTOINTI.....	54
7.1. Yleistä	54
7.2. Tarjouspyyntö	54
7.3. Tarjous	54
7.4. Tilaus	54
7.5. Haastattelut, kyselyt ja lähtötiedot.....	54
7.6. Tiedottaminen	55
7.7. Kenttätyöt.....	55
7.8. Tutkimustuloksien läpikäynti (analyysi).....	55
7.9. Raportin kirjoitus (synteesi)	55
7.10. Raportin tulostus ja esittely tilaajalle.....	55
7.11. Asiakkaan jälkihoito.....	57
8. KIRJALLISUUS	58
LIITE 1. Vauriomekanismit ja kriittiset kohdat.....	61
LIITE 2. LVV-tekniikassa yleisesti käytetyt muoviputkimateriaalit ja niiden yleisimmät vauriot...73	73
LIITE 3. Akustiikka.....	79
LIITE 4. Tutkimusvaiheessa käytetyt mittalaitteet ja mittausmenetelmät	82
LIITE 5. Korjaustapavaihtoehdot	88
LIITE 6. Lomakemallit.....	94
LIITE 7. LVV-kuntotutkimuksen mallisisällysluekko	99
LIITE 8. LVV-kuntotutkimuksen tarjouspyyntömalli	100
LIITE 9. Muovi putkimateriaalina	103
LIITE 10. Vanhat putkimateriaalit ja -dimensiot.....	111
LIITE 11. Sisäilmaongelman tutkimisen vaiheet	113

Kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimuksen voidaan sanoa käynnistyneen vuonna 1987 Teknillisen Korkeakoulun LVI-tekniikan laboratorion koerakentamistutkimuksesta ”Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinkerrostaloissa”. Silloinen tarve tutkimukselle oli asiakaskeskeinen. ”Suomessa asuinkiinteistöjen putkistot uusitaan hallitsemattomasti ja liian aikaisessa vaiheessa”. Tutkimuksen tavoite oli silloin kehittää menetelmät ja toimintatapa, joilla voidaan selvittää luotettavasti vesi- ja viemäriputkien kunto. Tavoite on edelleenkin voimassa. Tutkimuksen korroosiota käsittelevä luku on laajin kirjoitettu yhtenäisen selvityksen putkien korroosiosta, korroosion kemiallista prosesseista ja korroosion ilmenemismuodoista.

”Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohje” ilmestyi vuonna 1998 ympäristöministeriön rahoittamana ”Remontti-ohjelman” yhteydessä. Ohjeen tarve lähti muun muassa seuraavista käytännössä havaituista ongelmista; vesijohdot ja viemärit vanhenevat nopeammin kuin muut kiinteistön rakennusosat, huonokuntoiset putket voivat aiheuttaa vakavia vesivahinkoja kiinteistöissä ja lisäävät homehtumisriskiä, putkien vanheneminen ja syöpyminen on monimutkainen ilmiö ja putkien uusimisajankohtaa ei voi päätellä pelkästään iän mukaan, putkien kunnan ja uusimistarpeen selvittäminen on vaativa tehtävä ja edellyttää hyvää ammattitaitoa. Vanhan ohjeen tarve ja tavoitteet ovat edelleen voimassa. Ohjeen kuntotutkimusprosessi, taulukot ja lomakemallit ovat muokattuina ja päivitettyinä edelleen käyttökelpoisia.

Ohjeen 1998 päivitystarve on lähtenyt eri tahoilta. Siihen ovat vaikuttaneet muun muassa uudet putkimateriaalit, putkien sisäpuolisten pinnoitusten ja sujutusten käyttö vesijohtojen ja viemäreiden siirtokorjauksissa tai uusinnan vaihtoehtona, asuinkerrostalokannan vanhenemisesta johtuva putkiremonttitarpeen selvittäminen etukäteen luotettavasti, putkien kuntotutkijoiden FISE-pätevyys sekä ympäristöministeriön Kosteus- ja Hometalkoot ohjelman tavoite saada rakennusallalle yhtenäiset tutkimusohjeet. Myös kiinteistön omistajat ovat esittäneet, että kuntotutkimuksien korjaussuosituksen laatutaso vaihtelee.

LVV-kuntotutkimusoppaan tavoite on opastaa ja luoda edellytykset putkien kuntotutkijalle suorittaa tutkimus oikealla tavalla. Oppaaseen on yhteistyössä alan eri asiantuntijoiden kanssa koottu putkien kuntotutkimusalan viimeisin tieto, tutkimus-

kokemukset ja -menetelmät luotettavan kuntotutkimuksen suorittamiseksi.

Putkien kuntotutkijan kuntotutkimusraportin korjaustoimenpide-ehdotukset käynnistävät miljoonien eurojen putkiremontin tai aiheuttavat kiinteistön omistajalle ja käyttäjille taloudellisia menetyksiä, kun hän arvioi raportissa kiinteistön putkistojen vesivaurioriskit väärin. Siksi putkien kuntotutkijan on hallittava järjestelmien ja rakennusosien ja niiden yhdistelmien elinkaaria sekä vaurio- ja vikaantumislähteitä ja koko kiinteistön toimivuutta. Vastaavasti tilaajien tulee vaatia, että putkien kuntotutkijoilla on voimassa oleva FISE-pätevyys ja että kuntotutkija on pitänyt ammattitaitoaan yllä ja täydentänyt sitä. Tämä on haaste kaikille osapuolille, mutta samalla mahdollisuus alan koulutusjärjestöille.

Kiitän rahoittajia, jotka ovat mahdollistaneet oppaan tekemisen. Ilman rahoitusta hankeehdotuksen aikana tehty talkootyö olisi mennyt hukkaan. Ohjausryhmän tuki ja etenkin Juhani Pirisen kannustus ja mallit projektin alkuvaiheessa autoivat tavoitteen konkretisoimisessa.

Kiitän myös kirjoittajia, jotka omien työkiireittensä keskellä sovitussa aikataulussa laativat korkeatasoiset asiantuntijakirjoitukset projektiryhmän käyttöön ja hanke eteni aikataulussa. Erityisesti kiitän projektiryhmää, joka pyyteettä toista vuotta valmisteli hanketta ja käytti paljon aikaa oppaan eri lukujen täydentämiseen, yhteensovittamiseen, oikolukuun ja kirjoitti täydentävät luvut oppaaseen.

LVV-putkistojen säännöllinen kunnan seuranta tulee olla osa kiinteistön ylläpitokulttuuria muiden kuntotutkimusten ohella, jotta ennen aikaiset syöpymiset ja muut putkien teknistä käyttöikää alentavat riskit ja vauriot saadaan hallintaan riittävän ajoissa tai jo uudisrakennuksen vastaanottotarkastuksen yhteydessä. Tällöin putkistot toimivat ilman käyttökeskeytyksiä, taloudellisia menetyksiä, terveyshaittoja koko elinkaarensa ajan ja putkistot voidaan käyttää riskit halliten taloudellisesti loppuun.

Minulle on ollut eräänlainen etuoikeus, että olen saanut olla mukana kehittämässä kiinteistöjen putkien kuntotutkimusmenetelmiä sekä tutkimassa putkistoja 1980-luvulta saakka tähän päivään asti.

Helsingissä 31.1.2013

Heimo Levamo

Oppaan kirjoittajat ja asiantuntijat:
Heikki Helimäki
Heimo Levamo
Jaakko Laksola
Jukka Saarenpää (laadunohjaus)
Jyrki Lukkari
Katri Nieminen
Leo Ruuskanen
Marko Lukkari
Minna Launiainen
Osmo Ahjoniemi
Pekka Laamanen
Pentti Järvelä
Tuija Kaunisto

Oppaan projektiryhmä:
Hannu Sipilä 5 / 2012-
Heimo Levamo (puheenjohtaja)
Hilkka Peltoharju 5 / 2012 asti
Jaakko Laksola 8 / 2012 asti
Marko Lukkari (projektipäällikkö ja sihteeri)
Minna Launiainen
Tuija Kaunisto

Oppaan ohjausryhmä:
Arvo Ylönen, LVI-tekniset urakoitsijat ry
Hannu Sipilä, Suomen LVI-liitto ry
Heimo Levamo (puheenjohtaja)
Jaakko Laksola, Kiinteistöliitto Uusimaa ry
Juhani Pirinen, ympäristöministeriö
Magnus Sirén, LVI-teknisen kaupan liitto ry
Marko Lukkari (sihteeri)
Tiina Strand, Rakennustieto Oy

Oppaan rahoittajat:
Kiinteistöliitto Uusimaa ry
LVI-tekniset urakoitsijat ry
LVI-teknisen kaupan liitto ry
Rakennustieto Oy
Suomen LVI-liitto ry
Talotekniikka-Julkaisut Oy
Ympäristöministeriön Kosteus- ja
Hometalkoot ohjelma (päärahoittaja)

Kosteus- ja hometalkoiden tervehdys

Valtakunnalliset kosteus- ja hometalkoot on hallituksen käynnistämä 5-vuotinen toimenpideohjelma, joka tähtää home- ja sisäilmaongelmien ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseen suomalaisessa rakennuskannassa. Yhtenä osana toimenpideohjelmaa tarkennetaan ja synkronoidaan rakennusten kuntotutkimuskäytäntöjä sekä terveyshaitta- että rakennusteknisestä näkökulmasta. Osana tätä työtä uusittiin myös tämä LVV-kuntotutkimusopas.

Rakennuksen sisäilmaongelmat vaikuttavat käyttäjien terveyteen. Ongelmat voivat aiheutua suunnittelussa, rakennustyössä tai huollossa tapahtuvien virheiden johdosta, mutta usein on kysymys yksinkertaisesti rakennuksen osien kulumisesta. Talkoiden yhtenä tavoitteena on tuoda esiin rakennuksen elinkaaren aikaisten huolto- ja peruskorjaustoimien tärkeys ja rakennusosien iän merkitys niiden toimivuuteen ja sitä kautta sisäilmaongelmien syntyyn.

Rakennuksessa ilmenevien terveyshaittojen lähteitä selvitetään rakennuksen osien ja materiaalien kuntotutkimuksilla kuten kosteus- ja homevauriotutkimukset, haitta-ainetutkimukset ja ilmanvaihdon kuntotutkimukset. Apuvälineenä käytetään myös käyttäjän kokemien haittojen selvittämistä sisäympäristö- ja oirekyselyin. Yksi potentiaalinen terveyshaitan lähde on LVV-järjestelmien vesivuodoissa tai viemäriputkistojen ilmavuodoissa. Niinpä ainakin putkien vuotojen kuuntelu ja

viemäriputkien tiivisteiden ja liitosten kunnan arviointi ovat myös terveyshaittatutkijan työkaluja.

Rakennusta on vaikea huoltaa ja korjata oikea-aikaisesti, jos ei tiedä miten rakennus on tehty ja missä kunnossa se on. Rakennuksen elintärkeistä osista monet ovat elinkaarensa lopussa suurin piirtein yhtä aikaa. Esimerkiksi vesikate, salaojat, kylmävesi- ja viemäriputket, ilmanvaihtolaitteet ja vesieristeet vaativat uusimista noin 30-45 vuoden iässä. Rakennuksen omistajan pitäisikin osata jaksottaa näiden osien vaihto pidemmälle ajalle pystyäkseen rahoittamaan ne. Oikein tehty jaksottaminen onnistuu vain hyvin tehtyjen kuntoarvioiden ja riittävien kuntotutkimusten avulla.

Terveyshaittojen ennaltaehkäisyssä LVV-kuntotutkimuksella on erittäin tärkeä rooli. Jos rakennusten vesi-, viemäri- ja lämmitysjärjestelmien kunto tutkitaan ajoissa ja tutkimusten pohjalta tehdään oikea-aikaiset korjaukset ja uusimiset, jäävät monet terveyshaittaa aiheuttavat homeongelmat syntymättä. Toivottavasti tämän kuntotutkimusoppaan tilaajan ohje löytyy tulevaisuudessa mahdollisimman monen kiinteistöpäällikön ja isännöitsijän työpöydältä – hiirenkorville selailtuna.

Juhani Pirinen
TkT, Ohjelmapäällikkö
Kosteus- ja hometalkoot

Valtakunnallinen Kosteus- ja hometalkoot ohjelma on mahdollistanut vuonna 1998 julkaistun Vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohjeen päivittämisen. Ohjelman puitteissa laaditaan useita kuntotutkimusoppaita kiinteistön sisäilmaongelman, kunnan, korjaustarpeen ja riskien selvittämiseksi. LVV-kuntotutkimusopas 2013 on yksi laadittavista tutkimusoppaista. LIITE 11 sisältää esimerkin laadittavista oppaista. LVV-kuntotutkimusoppaaseen on koottu alan tietotaito, jonka mukaan tutkimukset tulee tehdä, jotta tutkimustulokset ja niihin perustuvat korjaussuositukset ovat luotettavia. Opas on laadittu ryhmäkirjoituksena ja ensisijaisesti asuinkerrostaloja varten, mutta sitä voidaan hyödyntää ja soveltaa myös muiden asuinrakennusten sekä liike- ja palvelurakennusten LVV-järjestelmien kuntotutkimuksissa.

Kuntotutkimus ja kuntoarvio sekoitetaan usein keskenään. Oppaassa on selvennetty näiden kahden eri menetelmän erot ja tavoitteet. Näin ollen tutkijoilla ja tilaajilla on yhtenevä käsitteistö, kun selvitetään kiinteistön korjaustarvetta ja korjausohjelmaa. Putkien kuntoluokitus on muutettu kuntoarvio-ohjeen kuntoluokituksen mukaiseksi.

Kokonaisuuden hallinnan kannalta oppaaseen on lisätty lämmitysverkoston kuntotutkimus, putkivuodon ilmenemismuodot rakenteissa ja niiden aiheuttamat tyypilliset kosteus- ja homevauriot, putkistojen akustiikka, putkistojen pinnoitus- ja sujutusvalmiuden selvittäminen. Muoviputkien osuutta on laajennettu verrattuna vuoden 1998 ohjeeseen, johtuen muoviputkien jatkuvasti lisääntyvistä käytöstä rakennusalalla. LIITE 9 kertoo enemmän muovista putkimateriaalina.

Oppaassa on käsitelty yksityiskohtaisesti LVV-kuntotutkimuksen kulku alkaen tilausvaiheesta päättyen raportin luovutukseen tilaajalle. Opas soveltuu LVV-kuntotutkijoiden koulutukseen, pätevyityneiden kuntotutkijoiden täydennyskoulutukseen sekä kiinteistön teknisestä kunnosta vastaavien henkilöiden ja isännöitsijöiden koulutukseen.

Oppaassa on ohjeita, malleja ja tarkistuslistoja tutkijoille ja tilaajille tarjouspyynnön laadintaan ja tarjousten vertailuun. Ne on tarkoitettu muokattaviksi kohteen ja tutkimuksen tavoitteiden mukaan ja ne eivät ole kattavia, vaan niissä on esitetty keskeiset tutkimuksessa tarvittavat asiat.

Vaihtoehtoisten korjausmenetelmien käyttö on lisääntynyt jatkuvasti 2000-luvulla putkistojen uusinnan vaihtoehtona joko hybridikorjauksina tai siirtokorjauksina. LVV-kuntotutkimuksen yhtey-



dessä on kustannustehokasta selvittää puolueettomalla asiantuntijalla putkien pinnoitus- ja sujutusmahdollisuudet sekä riskit.

Opas on kuitenkin väline. Luotettavien ja laadukkaiden LVV-kuntotutkimuksien edellytys on, että kuntotutkija on pätevyitynyt, tuntee kiinteistöjen talotekniikkaa ja rakentamista laajasti ja ylläpitää osaamistaan.

KÄSITTEITÄ JA LYHENTEITÄ

Barrier: Materiaalin kyky olla läpäisemättä pieni-molekyylisiä aineita (nesteet, kaasut).

Ekstruusio: Menetelmä valmista jatkuvia tuotteita (esim. putket) muoveista (lähinnä kestopuovot).

Enimmäisäänitaso: (*A-painotettu*) $L_{A,max}$ (dB): Tarkasteluajanjaksona esiintynyt voimakkuudeltaan korkein äänitaso F-aikapainotuksella mitattuna.

Intensiteetti: Säteilyn voimakkuus.

JV: Jätevesiviemäri.

Jännitysrelaksaatio: Kuormitetun muovin jännitysten pieneneminen vakio muodonmuutoksen alaisena ajan kuluessa.

Keskiäänitaso: (*ekvivalenttitaso*) $L_{A,eq,T}$ (dB) Jatkuva vakioäänitaso, jonka tehollisarvo on sama kuin vaihtelevan äänitason keskimääräinen tehollisarvo määritellyllä ajanjaksolla.

Kierresaumaputki: Putki, joka valmistetaan hitaamalla ekstruusiolla valmistettu profiili putken muotoiseksi jatkuvaksi tuotteeksi.

Koepala: Näytepala.

Komposiittiputki: Nimitys kerrosrakenneputkelle, jossa kahden ristisilloitetun polyeteenikerroksen välissä on hitsattu alumiiniputki.

Korjausohjelma: Kiinteistönomistajan (asunto-osakeyhtiössä yhtiökokouksen) hyväksymä periaateohjelma.

Kunnossapitajakso: Keskimääräinen aikaväli, jonka päätyttyä putken tai laitteen korjaustoimenpide uusitaan tai putki tai laite on tarkoituksen mukaista uusia.

Kunnossapitosuunnitelma: Asunto-osakeyhtiön hallituksen kokoama, kuntoarvion ja kuntotutkimusten pohjalta laadittu, kymmenen vuoden kunnossapitosuunnitelman.

Kunnossapitotarveselvitys: Asunto-osakeyhtiölain 1599/ 2009 edellyttämä asunto-osakeyhtiön hallituksen kirjallinen selvitys, joka on esitettävä vuosittain varsinaisessa yhtiökokouksessa (tilinpäätöskokous). Selvitys annetaan tarpeesta sellaiseen yhtiön rakennusten ja kiinteistöjen kunnossapitoon yhtiökokousta seuraavien viiden vuoden aikana.

Kuntoarvio: Kiinteistön tilojen, rakennusosien, järjestelmien, laitteiden ja ulkoalueiden kunnan selvittämistä pääasiassa aistiensavaraisesti ja kokemusperäisesti sekä rakennetta ja materiaaleja rikkomattomin menetelmin. Kuntoarvion tekee työryhmä, johon kuuluu rakennus-, LVIA- ja sähkötekniikan asiantuntija. Kuntoarvio voidaan tehdä koko kiinteistölle tai, jos tarpeita koko kiinteistön käsittävälle kuntoarviolle ei ole, myös jollekin tietylle rakennusosalle, rakenteelle, järjestelmälle tai laitteelle.

Kuntotutkimus: Yksittäisen rakenteen, rakenneosan, järjestelmän tai laitteen tarkempi tutkiminen, jonka tavoitteena on saada selville mahdollisen ongelman tai vaurion laajuus ja aiheuttaja sekä antaa sen jälkeen tarvittavat toimenpide-ehdotukset suunnittelun ja korjauksen tai uusimisen lähtötiedoiksi. Tutkimusmenetelmät ovat usein rakenteita rikkovia. Kuntotutkimuksiin löytyy eri osa-alueille ohjeita, joissa on määritelty tutkimuksen sisältö, laajuus ja suoritustapa. Tutkimuksia ja selvityksiä tekevät erikoisasiantuntijat.

KV: Kylmävesijohto.

Linjasaneeraus: Vesi- ja viemärijärjestelmien putkien laajamittainen korjaus uusimalla tai putkien sisäpuolisilla korjausmenetelmillä asuinkiinteistöissä. Kerrostalossa korjataan yleensä pystylinja (päälekkäiset asunnot) kerrallaan. Laajemman korjauksen yhteydessä uusitaan sähköjärjestelmät ja korjataan kylpyhuoneet.

LJ: Lämpöjohto, lämmitysputki.

LP: Lämpöpatteri, lämmityspatteri.

LTO: Lämmöntalteenotto.

LV: Lämminvesijohto.

LVK: Lämminvesikiertojohto, lämpimän (käyttö) veden kiertovesijohto.

Lämpölaajenemiskerroin: Aineen lämpölaajenemista kuvaa lämpölaajenemiskerroin, joka kertoo paljonko kappaleen koko muuttuu sen lämpötilan muuttuessa yhden asteen Celsius- tai Kelvin-asteikolla. Kerroin voi riippua lämpötilasta ja kappaleen rakenteesta (muun muassa kiderakenteesta) ja olla erisuuruinen eri suuntiin. Lämpölaajenemiskertoimen yksikkö on $1/^\circ\text{C}$ tai $1/\text{K}$.

Materiaalin vanheneminen: Rakenneaineiden mekaanisten ominaisuuksien heikkenemistä iän myötä.

Muotoputkisujutus:

1. Muoviputki, joka on muotopuristettu halkileikkaukseltaan munuaisen muotoon (*Close-fit Lining, Fold and Form(ed) Lining*), jotta se voidaan vetää lämmitettynä vaijerilla korjattavan putken sisään. Muotoputki palautetaan pyöreään muotoonsa paineilmalla ja se jäykkenee jäähtyessään. Haarakappaleet on uusittava erikseen osista.

2. Lähes vastaava menetelmä on kuristussujutus (*Swage/Swaged Lining*), jossa sujutusputki pakotetaan kuristavan suulakkeen läpi pienempään halkaisijaan ja putki palautuu alkuperäiseen muotoon asennuksen jälkeen.

Muovit: Epoksinnoite, epoksimuovi (*epoxide plastic*, EP) PEM, keskikova-/keskitiheysinen polyeteeni (*medium density polyethylene*) PEH, kova-, korkeatiheyksinen polyeteeni (*high density polyethylene*) PET, polyeteenitereftalaatti (*polyethylene terephthalate*) Bisfenoli A (BPA) on polykarbonaattimuovien ja epoksinnoitteiden raaka-aine, jota saattaa vapautua tuotteista elintarvikkeisiin epätäydellisen polymeraation tai muovituotteen hajoamisen seurauksena. Vuonna 2006 Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen EFSA määritteli BPA:n turvalliseksi todetuksi päivittäiseksi saantiarvoksi 0,05 mg henkilön painokiloa kohden päivässä. (ks. **LIITE 5** Putkien pinnoitus: sivu **89**).

Tässä oppaassa mainitut muovimateriaalit:

ABS = Akrylinitriilibutadieenistyreeni.

ASA = Akrylinitriilistyreeniakryyliesteri.

EVOH = Etyylivinyylialkoholi.

PB = Polybuteeni.

PC = Polykarbonaatti.

PE = Polyeteeni.

PE-X = Ristisilloitettu polyeteeni.

PP = Polypropeeni.

PS = Polystyreeni.

PVC = Polyvinyylikloridi.

Näytepala: Putkikappale/putken osa, joka irrotaan putkistosta ja tutkitaan laboratoriossa joko mekaanisesti tai kemiallisesti tai molempia menetelmiä käyttäen.

Pakkosujutus: Halkaisevalla pakkosujutuksella korjattava putki halkaistaan koko matkalta ja samalla sen sisään vedetään uusi halkaisijaltaan samankokoinen tai joissakin tapauksissa yhtä kokoluokkaa suurempi muoviputki. (*Pipe Bursting, Pipe Cracking, Pipe Splitting*)

Pitkäsujutus: Korjattavaan putkeen vedetään vaijerilla tai työnnetään hydraulisesti uusi halkaisijaltaan pienempi muoviputki. Asennuspituus on jopa 500 m kerralla. Välitila vanhaan putkeen voidaan täyttää kevytbetonilla. Aina se ei ole tarpeellista, esimerkiksi kun vesijohtoja sujutetaan ja vanha putki jää pois käytöstä. (*Lining with Continuous pipes*)

Profiili: Putken seinämä röntgenkuvassa.

Pätevöitynyt kuntotutkija: FISE-pätevöitynyt kuntotutkija.

Pätkäsujutus: Muovinen putkimoduuli-järjestelmä, jonka moduulien asennuspituudet ovat 500 mm ja halkaisijat 90–560 mm (suuremmat erikoistilauksesta). Asennetaan kaivojen kautta tai työaukoista korjattavan putken sisään hydraulisesti painamalla. Välitila vanhaan putkeen injektoidaan betonilla. (*Lining with Discrete pipes, Short Section Lining*)

Radiograafinen kuvaus: Röntgenkuvaus, ainetta rikkomaton testausmenetelmä, jossa käytetään säteilyä esineiden kuvantamiseksi.

RakMK: Ympäristöministeriön julkaisema Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Rengasjäykkyys: Rengasjäykkyys ilmaisee kuinka suurta puristusvoimaa putki kestää. Putkeen kohdistuu maan alla ja täytteissä ulkopuolinen paine. Maassa paine luokitellaan asennuspaikan mukaan (kevyt- ja raskas liikenne sekä muu käyttö). Mittayksikkö on kN/m². 1 kN = 100 kg/m². Yleisimmät luokitukset ovat: A = >16 kN/m², B = >8 kN/m² ja C = >4 kN/m².

Rinnakkaiskstruusio: Menetelmä, jolla valmistetaan jatkuvia tuotteita joissa on pituussuunnassa rinnakkain kahta tai useampaa muovia.

RTG-kuva: Röntgenkuva.

RTG-kuvaus: Röntgenkuvaus, radiograafinen kuvaus.

Ruiskuvalu: Menetelmä, jolla valmistetaan muotti-tekniikalla yksittäisiä kappaleita eri muoveista.

Sekventiaalinen ekstruusio: Ekstruusio, jossa jatkuva tuote tehdään pituussuunnassa jaksoittain eri muoveista.

Sementtilaastivuoraus: Putken sisäpinnalle ruiskutetaan sementtilaastikerros. Menetelmä on vanhin vesi- ja viemäriputkien saneerauksissa käytetty pinnoitusmenetelmä. (*Cement Mortar Lining*)

Sukitus/sukkasujutus: Polyesterihuovasta tai joustavasta polyesterikudoksesta tehty putki, joka kylästetään kemiallisesti kovettuvalla kaksikomponenttisella epoksilla. Käytettäessä lasikuitusukkaa se kylästetään polyesteri vinyyliesterihartsilla, jonka kovetus voi tapahtua UV-valolla. Sukituksen asennus tapahtuu paineilman avulla. Sukan muodostama putki paineistetaan kovettumisen ajaksi muottina toimivan korjattavan putken muotoon paineilamalla, höyryllä tai vedellä. Tarvittaessa käytetään lämmitystä, esimerkiksi talvella. Lämpö kiihdyttää kovettumista. Haarakappaleet voidaan asentaa samasta materiaalista erikseen. (*Soft Lining, Cured-in-Place Pipe/Lining*)

SV: Sadevesiviemäri.

Tekninen käyttöikä: LVV-osan, -laitteen tai -putken oletettu elinkaari, kun osa, laite tai putki on tehty voimassa olevien standardien ja rakentamismääräysten mukaisesti.

TV-kuvaus: Viemäriin sisäpuolinen TV-kuvaus, yleensä kuvaus tallennetaan CD-levykkeelle tai USB-muistille.

UV-säteily: Ultraviolettisäteily on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän valon, mutta pidempi kuin röntgensäteilyn.

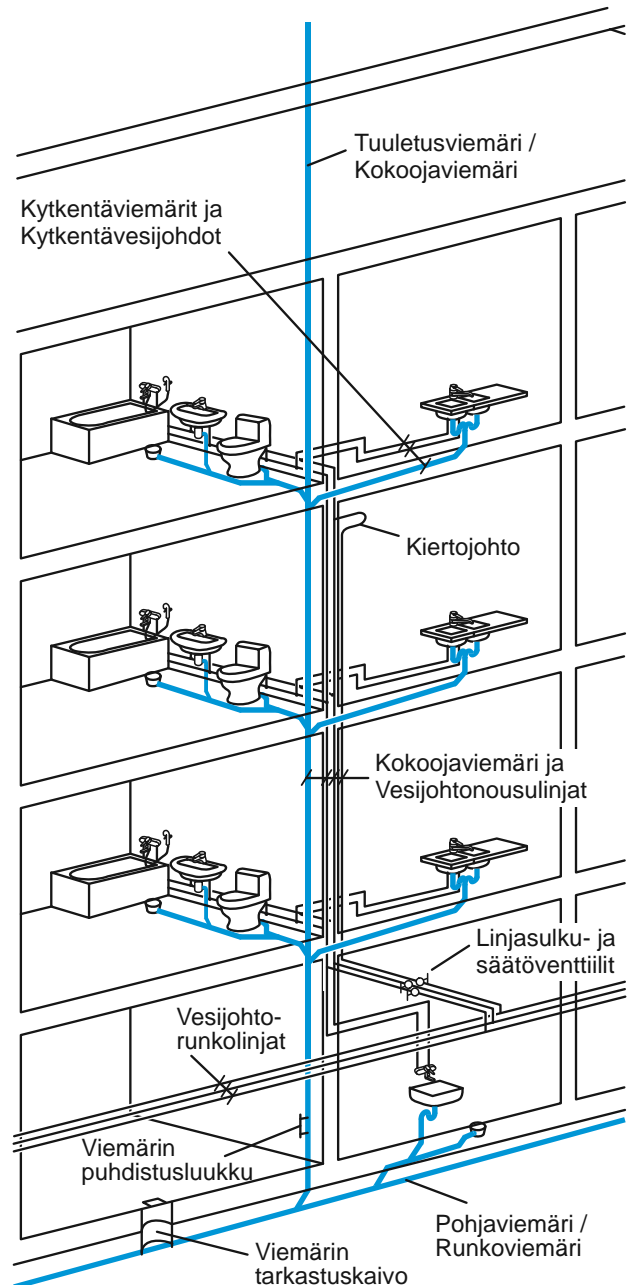
UÄM-mittaus: Ainetta rikkomaton testaus- ja koestusmenetelmä, jossa käytetään ultraääntä eli 50 kHz – 500 MHz taajuisia ääniaaltoja.

Vanheneminen: Muovien ominaisuuksien muuttuminen ajan kuluessa ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta (lämpö, kosteus, säteily ja kuormitus).

Vastuullinen kuntotutkija: Kuntotutkimuksen johtaja ja tutkimuksen tuloksista vastaava (FISE-pätevöitynyt henkilö, allekirjoittaa kuntotutkimusraportin).

Viemäri TV-kuvaus: Ks. TV-kuvaus.

Viruminen: Pakkovoiman esim. lämpöliikkeen aiheuttama muoviputken muodonmuutos ajan kuluessa.



Kuva 1. Vesi- ja viemäriputkistojen eri osien nimitykset (Lähde: Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinrakennustaloissa, koerakentamistutkimus, TKK LVI-laboratorio 1987 ja RakMK D1 2007).

1. KUNTOTUTKIMUKSEN ARVIOINTI JA INDIKAATIT

1.1. Asuinkiinteistöjen rakentamisen ja lämpö-, vesi- sekä viemäritekniikan historiikki lyhyesti

Rakentamisen historia

Kerrostalojen rakentaminen kaupungeissa alkoi 1800-luvun loppupuolella. Asuinkerrostalojen rakentaminen kasvoi tasaisesti toiseen maailmasotaan saakka. Sodan jälkeen Suomi muuttui vähitellen maatalousvaltaisesta yhteiskunnasta teollisuusvaltaiseksi yhteiskunnaksi. Väki muutti maaseudulta runsain määrin 1960- ja 1970-luvulla kaupunkiin työn perässä. Asuntoja tarvittiin myös sodanjälkeen syntyneille suurille ikäluokille. Suomen suuremmissa kaupungeissa alkoi hyvin voimakas asuinkerrostalojen rakentaminen kaupungeissa sekä asuntolähiöiden rakentaminen kaupunkien keskustojen ulkopuolelle. Asuinkerrostalojen rakentaminen oli huipussaan 1970-luvulla. Rakentamisen voimakas teollistuminen alkoi myös samoihin aikoihin, jolloin muun muassa siirryttiin paikalla rakentamisesta elementtirakentamiseen ja kylpyhuone-elementtien käyttöön. Yli 50 % Suomen asuinkerrostalokannasta on rakennettu 1970-luvulla tai sen jälkeen. Rivitalojen rakentaminen alkoi 1950-luvulla ja niiden rakentaminen oli huipussaan 1980-luvulla. Liike- ja toimistorakentaminen alkoi kaupunkien keskustoissa ja liikenneväylien laidoilla suuremmissa mittakaavassa myös 1980-luvulla. Lisää rakentamisen historiasta löytyy esimerkiksi Rakennustiedon verkkokaupasta.

LVV-järjestelmien historia rakennuksissa

Helsingissä kunnallisen vesijohtoverkoston rakentamisen katsotaan lähteneen liikkeelle 1866, kun Helsingin Polyteknisen laitoksen insinööri Andre Lekve sai senaatilta tehtäväksi laatia suunnitelman päävesijohdon rakentamisesta kaupunkiin. Kaupunki allekirjoitti 1871 toimilupasopimuksen suunnitelman toteuttamisesta pietarilaisen liikemiehen A W Abeggin kanssa. Hän sai myös oikeuden veden jakeluun maksua vastaan. Abegg siirsi toimiluvan 1872 berliiniläiselle Neptun Continental Wasserwerk AG -nimiselle yhtiölle. Yhtiö antoi, silloin 28-vuotiaalle sveitsiläiselle Robert Huberille, tehtäväksi johtaa Helsingissä päävesijohdon rakennustyötä. Työt aloitettiin vuonna 1872 ja työt valmistuivat joulukuussa 1876. Robert Huber sai myös yksioikeuden liittää talojohdot katujohtoon ja yhdessä

kolmen muun toiminimen kanssa oikeuden asentaa putkijohtoja taloihin.

Tätä varten hän perusti konttorin Helsinkiin 1879, joka oli samalla Huber asennusliikkeen syntymävuosi. Robert Huber asensi muun muassa vesi- sekä viemärijohtoja sekä myöhemmin lämpöjohtoja ja ilmanvaihtojärjestelmiä kiinteistöihin.

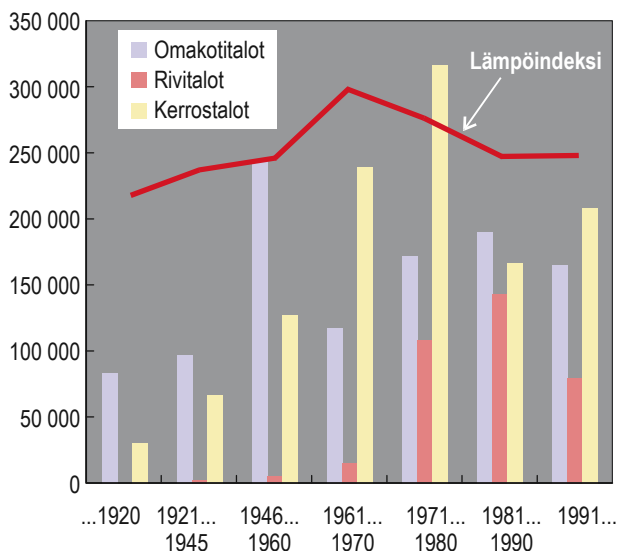
Hän perusti myös sivukonttoreita muun muassa Viipuriin ja Tampereelle ja siten lämpö-vesi- ja viemärijohtojen asentaminen levisi myös muihin kaupunkeihin. Lisää Oy Huber AB:n historiaa on julkaisussa ”Oy Huber AB 1879-1979”/G. W. Normen.

Alkuvaiheessa kiinteistö liitettiin kunnan kylmävesiverkostoon ja viemäriverkostoon sen jälkeen, kun jätevedet oli ensin mekaanisesti käsitelty kiinteistön saostuskaivossa. Asuinkerrostaloissa lämmintä vettä oli käytettävissä myös siihen aikaan ylelliseen ammekylpyyn. Lämpöisen käyttöveden varaaja lämmitettiin kaasulla. Asuinkerrostaloissa oli pääasiassa huoneistokohtainen uunilämmitys ja jossain määrin oli käytössä myös kattilalaitoksia kerros- tai huoneistokohtaisella patteriverkostolla saksalaiseen tapaan. Polttoaineena oli kooksi ja puu.

1920-luvulla uuneista ja asutokohtaisista patteriverkostoista alettiin luopua kerrostaloissa. Tilalle rakennettiin yhä enenemässä määrin kiinteistökohtaisia keskuslämmityslaitoksia, alussa järjestelmät olivat ”painovoimaisia” ja myöhemmin ne varustettiin kiertopumpuilla. Kellarissa valurautaiset kattilat olivat parin asuinhuoneen korkuisia ja niihin oli liitetty jopa kymmenien kuutioiden vesivaraajia. Poltettavat halot tai hiilet karrattiin kattilan päältä suoraan palopesään. Keskuslämmitys mahdollisti sen, että myös keskitetty lämpimän käyttöveden jakelu alkoi lisääntyä asunnoissa. Lämpöinen käyttövesi kehitettiin kuparisella lämminvesikierukalla, joka oli liitetty patteripiirin varaajan yläosaan. Alussa keskuslämmityksen polttoaineena olivat halot. Myöhemmin siirryttiin kooksiin, antrasiittiin ja öljyyn, joka oli huomattavasti vattomampi lämmitystapa ja polttoaineena edullinen. 1950-1960-luvulla syntyivät ensimmäiset kunnalliset kaukolämpölaitokset ja siitä lähtien Suomi on ollut johtava maa sähkön ja lämmön yhteistuotannon kehittämisessä.

Asuinrakennusten energian ja veden kulutusta ei seurattu sen kummemmin. Energia oli halpaa,

lämmitysöljy maksoi alle markan litra 1960-luvulla. Vasta 1970-luvun alussa, kun öljyn hinta nousi kolminkertaiseksi, alkoivat kiinteistön omistajat ja viranomaiset kiinnittää erityistä huomiota myös asuinrakennusten ja LVV-järjestelmien energiankulutukseen. Raha on aina ollut hyvä konsultti! Osa silloin kehitetyistä ja käyttöön otetuista taloteknisistä energiansäästötoimenpiteistä johti rakennuksissa vakaviin sisäilmaongelmiin, joita korjattiin vielä 1990-luvulla.



Kuva 2. Kuvassa punaisella on piirretty lämpöindeksi ja asuinhuoneistojen rakentamismäärät 1900-luvulla. Lämpöindeksi kuvaa suhteellista lukua, kuinka paljon eri aikoina rakennetut rakennukset kuluttivat keskimäärin lämpöenergiaa rakennuskuutiota kohden vuodessa

LVV-järjestelmien suunnittelu ja rakentaminen ennen sotia ja sotien jälkeen noudatti pitkälle saksalaisia DIN-normeja. 1950- ja 1960-luvulla käytössä oli myös laajasti ”RVV-Käsikirja” (Rakennusten Vesijohdot ja Viemärit). Kirjaa julkaisi Suomen Kunnallisteknillinen Yhdistys ry. 1970-luvun puolivälissä ympäristöministeriö julkaisi ensimmäiset Rakentamismääräykset, joiden mukaan lvi-suunnittelu ja -rakentaminen on tehty tähän päivään saakka. Myös professori Jussi Saarson, professori Olavi Vuorelaisen ja professori Olli Seppäsen LVV-alan julkaisut ja -oppikirjat ovat ohjanneet suomalaista LVV-suunnittelua ja -rakentamista.

Suomalaisen LVV-asennuksien historia on kuitenkin suhteellisen lyhyt, kun sitä vertaa Herculaneumin vesi- ja viemäriasennuksiin vuonna 79 jKr., jolloin kaupunki hautautui mutavyöryn alle Vesuviuksen räjähtäessä. Kreikkalaiset perustivat kaupungin noin 300 vuotta eKr.



Kuva 3. Katuviemärin välikkøkansi (tehty esille kaivetun mallin mukaan).



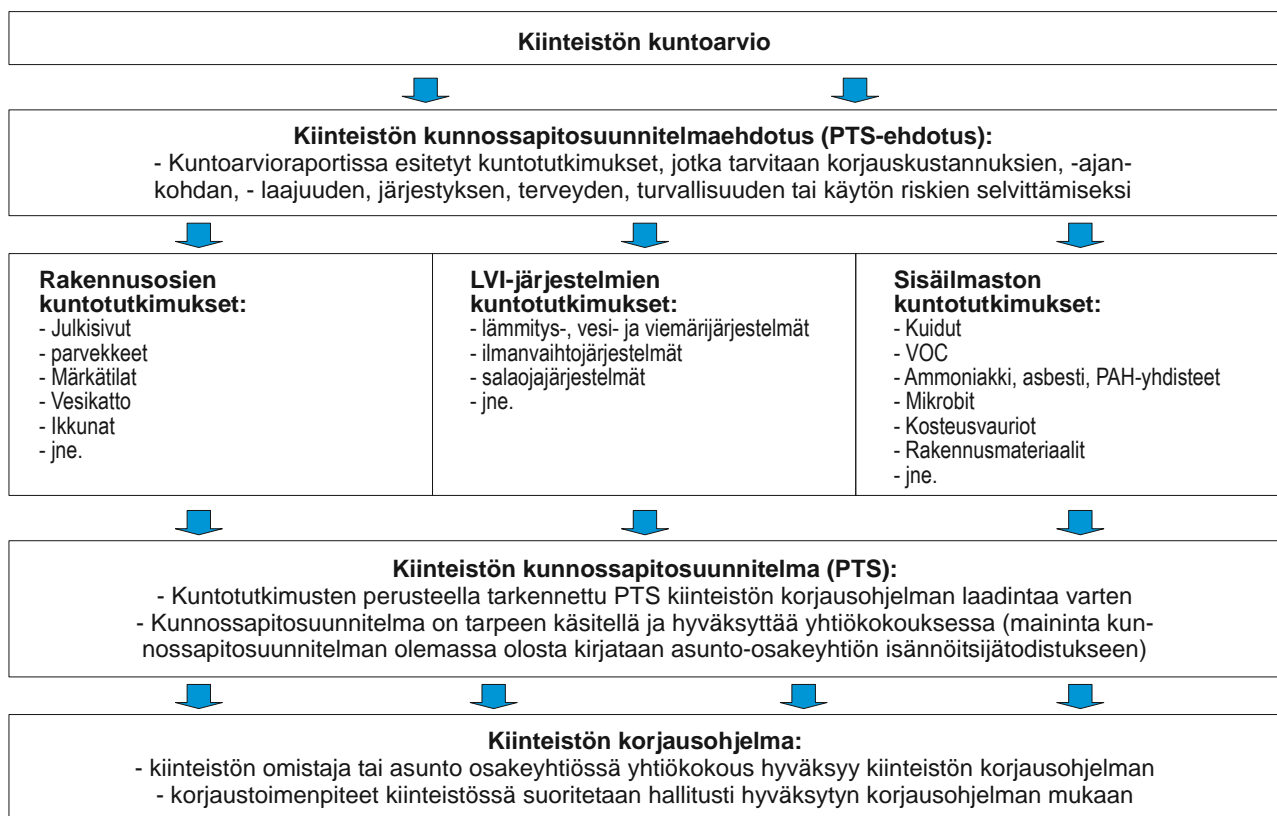
Kuva 4. Juomaveden korttelivedenottamo (päädyssä oleva juoksuputki on lyijyä).

1.2. Kiinteistön kunnossapitosuunnitelma PTS

Kunnossapitosuunnitelma PTS

Hyvään kiinteistön ylläpitoon kuuluu, että kiinteistön omistaja, osakkeenomistaja tai kiinteistön käyttäjä tietää, missä kunnossa kiinteistö on teknisesti:

- mitä korjauksia tehdään tulevaisuudessa ja missä järjestyksessä
- mitä korjauksia on suunniteltu tehtäväksi lähivuosina
- mitä korjauksia on jo tehty eli kiinteistön korjaushistoria.



Kuva 5. Kiinteistön korjausohjelman laadinta, periaatekaavio.

Asunto-osakeyhtiölaki (AsOYL 6:3.2) esimerkiksi velvoittaa, että hallituksen on varsinaisessa yhtiökokouksessa esitettävä kirjallinen selvitys tarpeesta yhtiön rakennusten ja kiinteistöjen kunnossapitoon yhtiökokousta seuraavan viiden vuoden aikana, joka vaikuttaa olennaisesti osakehuoneistojen käyttämiseen, yhtiövastikkeeseen tai muihin osakehuoneiston käytöstä aiheutuviin kustannuksiin. Hallitus hoitaa asuintaloyhtiötä ja osakkaiden omaisuutta vastuullisesti ja hyvin, kun hallitus on kuntoarvion ja kuntotutkimusten pohjalta koonnut kymmenen vuoden ajalle kunnossapitosuunnitelman (PTS), jossa on esitetty kiinteistön korjaustoimenpiteet, niiden kustannukset ja järjestys sekä hyväksyttävä kunnossapitosuunnitelman osakkailla ja toteuttaa ohjelman korjaustoimenpiteitä vuosittain yhteistyössä osakkaiden kanssa käymällä ne läpi kunnossapitotarveselvityksen yhteydessä varsinaisessa yhtiökokouksessa.

Kun kuntotutkija täydentää ja tarkentaa kuntoarvion kunnossapitosuunnitelmaa PTS, niin hänen on osattava tutkia kiinteistön putkistot kriittisiltä kohdin ja annettava tutkimuksen pohjalta teknisesti korkealaatuinen ja perusteltu raportti putkijärjestelmien kunnosta, korjaustarpeesta, käyttöiästä ja kustannuksista sekä riskeistä, jos korjauksia ei tehdä ajallaan.

Tutkija auttaa asiakasta päätöksenteossa

Tutkijan tulee kirjoittaa kuntotutkimusraportin korjaussuositukset maallikon kielellä ja niin, että kiinteistön omistaja tai osakkaat ymmärtävät mitä heidän tulee päättää ja korjata ja millä aikataululla. Lisäksi kuntotutkijan on osattava suullisesti kertoa maallikon kielellä tutkimustulokset ja päätelmät, kun hän luovuttaa raportin tilaajalle tai kertoo tuloksista taloyhtiön tiedotustilaisuudessa. Esimerkiksi putkiremontti on asuinkerrostalon elinkaaren aikaisista remonteista kallein ja kestoltaan pisin sekä koskee kaikkia osakkaita ja asukkaita. Taloyhtiön osakkaat tai kiinteistön omistaja odottavat kuntotutkijalta aina perusteluja päätöksen teon tueksi, kun heidän pitää päättää remontin korjausajasta ja - laajuudesta ja korjaustavasta.

Riskien hallinta

Myös korjausriskien ja taloudellisten riskien hallinta on yksi oleellisemmista asioista, kun kuntotutkimuksella täydennetään kymmenen vuoden kunnossapitosuunnitelmaa PTS tai selvitetään laitteen tai putkiston korjausajankohtaa. Kun tutkitaan kiinteistön rakenneosia, laitteita ja putkistoja ja annetaan arvioita niiden jäljellä olevasta elinkaaresta, uusinta-ajankohdasta, teknisestä käyttöiästä

tai käytettävyydestä, on huomioitava myös riskit, joita ko. rakenneosan, laitteen tai putkistot tulisivat aiheuttamaan, jos ne rikkoutuisivat ennen arvioitua ajankohtaa tai suositeltuja korjaustoimenpiteitä ei tehdä. Kuntotutkimuksen kannalta riskit liittyvät ehdotettuihin korjaustoimenpiteisiin, kunnossapitopaksoihin, kuntotutkijan ammattitaitoon, putkistojen ja rakennusosien rakennustapaan ja -ajankohtaan, kiinteistön ylläpitoon ja tilaajan tai ne ovat em. mainittujen yhdistelmiä. Riskit voidaan jakaa:

- tekninen riski
- taloudellinen riski
- toiminnallinen riski
- terveys- ja turvallisuusriski

Tekninen riski syntyy kun putki tai laite on teknisen käyttöikänsä päässä ja sitä ei voi enää korjata, vaan putki tai laite on uusittava tai seurauksena on putken hajoaminen tai laitteen rikkoutuminen lopullisesti. Putken tai laitteen arvosta on jäljellä kierrätysarvo. Kuntotutkimusraportissa tekniset riskit liittyvät yleensä joko heti tehtäviin tai muuttaman vuoden sisällä tehtäviin korjaustoimenpiteisiin. Kuntotutkijan on mittauksia ja näytteitä analysoidessaan pyrittävä arvioimaan varmuudella kumpaan kategoriaan ehdotettava korjaustoimenpide kuuluu. Jos tutkija ei ole täysin varma, niin hänen tulee esittää tilaajalle lisätutkimuksia tai ilmoitettava, että on epävarma korjaustoimenpiteen ajankohdasta ja riskeistä.

Taloudellinen riski syntyy silloin kun vesivaurioiden lukumäärä kasvaa kiinteistössä. Vuotuiset korjauskustannukset nousevat ja on taloudellisesti kannattamatonta uusita jatkossa erillisiä vuotokoh- tia eri puolella taloa tai laitteen varaosia, vaan on taloudellisempaa uusita putkiston osa tai laite ker- ralla. Kiinteistön omistajan kannalta tietoinen ta- loudellinen riski syntyy, kun kuntotutkimuksen korjaustoimenpidettä ei tehdä tai se tehdään myö- hemmin kuin mitä kuntotutkija on suositellut. Ta- loudellinen riski kiinteistön omistajan kannalta on myös kuntotutkimuksen teettäminen liian myö- hään, eli korjaustyön aikana kuivattaan ja korja- taan putkiston korjaamattomassa osassa. Taloudel- linen riski syntyy myös siitä, että kuntotutkija suo- sittelee putkiston tai sen osan tai laitteen uusitta- vaksi liian aikaisin. Syynä voi olla tutkijan puut- teellinen ammattitaito tai rakennuksesta otettujen näytteiden tai mittausten liian pieni lukumäärä.

Riskin välttämiseksi kuntotutkijan tulee jaotella tarvittaessa korjaustoimenpiteet putkiston eri osien kunnon mukaan ja eri aikakausina rakennetut put-

kistot erikseen. Tutkijan on myös uskallettava sa- noa tilaajalle, että kaikkien laiteiden ja putkien kuntoa ei voitu tutkia rakenteita rikkomatta tai näytteiden ja mittausten lukumäärä ei riitä korjaus- tarpeen määrittämiseen ja tarvitaan lisätutkimuk- sia. Esimerkiksi tällaisia paikkoja ovat hormeihin asennetut putket, keittiön ja pesuhuoneiden lattia- rakenteisiin asennetut vesijohdot. Kuntotutkijan on annettava kuitenkin vastaus tilaajalle, milloin kiinteistön omistajan on taloudellisesti tarkoituk- senmukaista uusita lämpö-, vesi- ja viemärijärjes- telmä tai niiden osia.

Toiminnallinen riski aiheuttaa usein haittaa asu- miselle, käyttäjille tai kiinteistön käytölle. Toi- minnallinen riski voi laukaista myös terveellisyys- ja turvallisuusriskin. LVV-järjestelmissä toimin- nallisia riskejä ovat muun muassa kiertopumppu- jen toimimattomuus, kaukolämpösiirtimien vuo- dot, säätimien toimimattomuus, käyttöön nähden väärät aika-asetukset, viemäriputkien tukkeutumise- set. Yleensä kiinteistön toiminnalliset riskit johtu- vat siitä, että kiinteistössä ei ole noudatettu huol- tokirjan huoltovälejä tai huoltotehtäviä ei ole tehty tai ylläpito-organisaatio ei ole tehtäviensä tasolla.

Terveellisyys- ja turvallisuusriskit tulevat esille usein asumisterveyshaittojen yhteydessä. Yleensä aiheuttajana on aluksi hyvin pieni putkivuoto. Kestää kauan, ennen kuin vuoto havaitaan ja pai- kallistetaan. Rakenteet ovat saattaneet olla kosteita tai märkiä pitkään ja tilaan on syntynyt homevau- rio, eli asumisterveyshaitta. Siksi kuntotutkijalla tulee olla hyvä käsitys kiinteistön rakentamisajan- kohdan tavanomaisista rakenteista ja rakenteiden vesivaurioiden ilmenemismuodoista. Asumister- veyshaittoja ovat myös mm. liian korkea tai matala huonelämpötila, veto tai rakenteiden kylmäsilto- jen kylmäsiiteily, lämpöisen käyttöveden liian ma- tala tai korkea lämpötila, äänihaitat sekä ilman- vaihtoon liittyvät sisäilmastohaitat. Siksi kuntotut- kijan on hallittava myös Sosiaali- ja Terveysmini- teriön asettamat terveyskriteerit, joita on muun muassa esitetty Asumisterveysoppaassa.

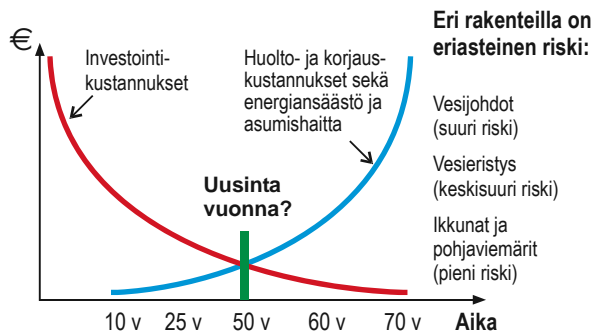
Esimerkki riskien hallitsemisesta laitteen paine- kokeella: Lämmönsiirtimet ovat 15 vuotta vanho- ja. Siirtimien tilastollinen elinkaari on 20-25 vuot- ta, joten siirtimillä on elinkaarta jäljellä vielä noin 5-10 vuotta. Suurin riski on, että lämpöisen käyt- töveden tai patteriverkoston siirrin alkaa vuotaa ennen aikojaan. Riski on joko **asumismukavuus- tai asumisterveysriski tai taloudellinen riski**. Ris- kien hallitsemiseksi kuntotutkija suorittaa siirti- mille lämpölaitoksen ohjeen mukaisen paineko- keen. Paineekokeessa todettiin, että siirtimet eivät

vuoda ja kiinteistön omistajalle suositeltiin, että siirtimet uusitaan viiden vuoden kuluttua. Jos jompikumpi siirrin olisi painekokeessa vuotanut, niin se olisi pitänyt uusia välittömästi, koska siirtimen vuotoa ei voi paikata.

Asumismukavuus / asumisterveysriski aiheutuu, kun käyttövesipuolen siirrinputket tai välilevyt vuotavat, jolloin kaukolämpövedä pääsee lämpimään käyttöveteen ja ehkä myös kylmään käyttöveteen. Tällöin lämmintä käyttövedettä ei voida käyttää ruuanlaittoon, koska kaukolämpövedeen on lisätty mm. hydratsiinia, joka on lievästi myrkyllistä. Kylmää käyttövedettä ei tulisi juoda myöskään varmuuden vuoksi. Peseytymiseen voidaan käyttää sekä lämmintä että kylmää vettä. Patteriverkoston siirtimen vuoto ei yleensä vaikuta asuintilojen huonelämpötilan oleelliseen alenemiseen.

Taloudellinen riski kiinteistön omistajalle aiheutuu sitä, jos siirtimien uusinta joudutaan tekemään hätätyönä, jolloin se maksaa 20–50 % enemmän, kuin suunnitelmallinen ja hallittu uusinta.

Tunnetko riskienhallinnan kiinteistössäsi?

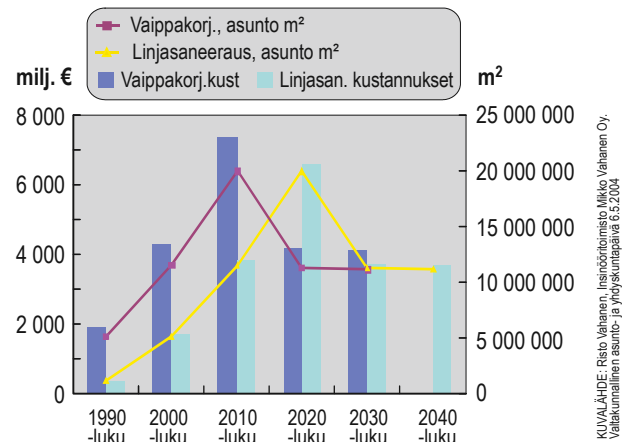


Kuva 6. Kiinteistön järjestelmien ja rakennusosien riskienhallintaperiaate elinkaaren aikana.

1.3. Kuntotutkimuksen tarve

1960- ja 1970-luvulla rakennettua rakennuskantaa on jo tullut ja tulee perusparannusikänsä. **Kuva 7** esittää putkiremonttien lukumäärän kasvavan 2020-luvulla voimakkaasti asuinkerrostaloissa. Karkean arvion mukaan vuosina 2015–2025 tulee noin 600 000 asuntoa putkiremontin piiriin. Tämä tarkoittaa sitä, että noin miljoonan ihmisen kodissa tehdään putkiremontti. Remonttikustannukset ovat yhteensä noin 15-18 miljardia euroa. Keskimäärin taloyhtiön putkiremontin urakkahinta on yli miljoonaa euroa. Taloyhtiössä putkiremontin hankesuunnittelun käynnistää useimmiten juuri LVV-kuntotutkimus. Kuntotutkijan korjausehdotusten pohjalta kiinteistön omistajat ja taloyhtiöiden

osakkaat tulevat tekemään mittavia taloudellisia päätöksiä eli putkien kuntotutkijan työ on siinä mielessä vastuullista.



Kuva 7. Asuinkerrostalojen perusparannusvolyymien arvioitu kehittyminen Suomessa 1990–2040.

1.4. Kuntotutkimuksen käyttö

Putkien kuntotutkimusta voidaan käyttää muuhunkin kuin putkiremontin aloitusajankohdan selvittämiseen. Putkien kuntotutkimuksen käyttökohteita ovat myös:

- uudisrakentamisessa laadunohjaus ja -varmistus esimerkiksi viemäriputkien sisäpuoliset kuvaukset sekä putkien hitsausaumojen, kupariputkien liitos- ja haaroitusjuotoksien röntgenkuvaukset
- putkiremontin laadunohjaus- ja varmistus; puserrus- ja hitsausliitoksien kuvaus sekä pinnoituksen ja sukutusten onnistumisen arviointi viemäreiden sisäpuolisella kuvauksella
- putkiston käyttöhäiriön tutkiminen, lausunto ja korjausehdotus
- hankesuunnittelun lähtötietojen hankinta, kun selvitetään putkiremontin eri toteutus- ja laajuusvaihtoehtoja kustannusarvioineen
- putkiston nykykunnan määrittäminen, uusinnan ajankohdan arviointi ja riskien kartoitus
- tarkentavien lisätiedon hankinta hanke-ehdotus-, hanke- ja toteutussuunnittelijoille
- putkiston kunnan määräaikaistarkastukset esimerkiksi 5-10 vuoden välein.

Edellä olevan luettelon perusteella pätevällä kuntotutkijalla on syytä olla myös suunnittelukokemusta tai vastaavaa, jotta hän voi perustella tutkimustulokset ja arvioida tutkitun putkiston soveltuvuutta eri korjaustapoihin ja eri osapuolien käyttötarpeiksiin.

Rakennuttajien ja rakentajien tulisi käyttää putkien kuntotutkimuksia entistä enemmän osana rakentamisaikaista laadunohjausjärjestelmää ja vastaanototarkastuksissa. Nykyinen käytäntö on, että putkien kuntotutkijaa tarvitaan vasta takuuaikana lausunnonantajana, kun putkistossa on esiintynyt jo toimintahäiriöitä tai kun kiinteistön omistaja ja rakentaja ovat jo riitaantuneet.

1.5. Pätevyysvaatimukset ja pätevytminen

Putkien kuntotutkijoiden pätevyysvaatimukset ja pätevytminen on määritelty FISE Käsikirjassa (www.fise.fi). Käsikirjassa on luettelo pätevytneistä lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmien (LVV) kuntotutkijoista.

1.6. Tilaajan ohje

Yleiset vaatimukset kiinteistön omistajalle

Lain tuomat vaatimukset

Maankäyttö- ja rakennuslaissa 132/1999 (MRL) kiinteistön omistajalle on asetettu yleiset kunnossapitovaatimukset.

Rakentamiselle asetut vaatimukset MRL 132/1999 / 117§

”Korjaus- ja muutostöissä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä terveelliset olot heikentyä.”

Rakennuksen ylläpidon vaatimukset MRL 132/1999 / 166§

”Rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset eikä aiheuta ympäristöhaittaa tai rumenna ympäristöä. Rakennus ja sen energiahuoltoon kuuluvat järjestelmät on pidettävä sellaisessa kunnossa, että ne rakennuksen rakennustapa huomioon ottaen täyttävät energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset.”

”Jos rakennuksen kunnossapitovelvollisuus laiminlyödään, kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä rakennuksen korjattavaksi tai sen ympäristön siistittäväksi. Jos rakennuksesta on ilmeistä vaaraa turvallisuudelle, tulee rakennus määrätä purettavaksi tai kieltää sen käyttäminen. Ennen korjauskehotuksen antamista rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä rakennuksen omistajan esittämään rakennusta koskevan kuntotutkimuksen terveellisyyden tai turvallisuuden johdosta ilmeisen välttämättömien korjaustoimenpiteiden selvittämiseksi.”

Rakentamismääräysten tarkennukset

Suomen Rakentamismääräyskokoelma tarkentaa lainsäädännön vaatimuksia. LVV-järjestelmien ja niiden aiheuttamien vuotovaurioiden osalta on otettava huomioon erityisesti seuraavat rakentamismääräykset.

RakMK C2 Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998, kohta 1.4.1 (määräys)

”Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi tunkeudu haitallisesti rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamisesta esitetään suunnitelma.”

RakMK D1 Kiinteistön Vesi - ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007, kohta 6.1 (määräys)

”Vesi- ja viemärlaitteistoa on käytettävä ja huollettava siten, että näiden määräysten vaatimukset täyttyvät jatkuvasti.”

”Laitteiston käytöstä ja huollosta on oltava riittävät ohjeet kiinteistön omistajalle, ylläpito-organisaatiolle ja asukkaille (ks. Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa A4. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeet. Määräykset ja ohjeet 2000).”

Kuntoarvion ja kuntotutkimuksen erot

Kuntoarvio on asiantuntijoiden tekemä aistinvarainen arvio kiinteistön rakennusosien ja järjestelmien kunnosta ja korjaustarpeesta. Kuntoarvion luotettavuus perustuu kuntoarvion tekijöiden ammattitaitoon ja kokemukseen sekä tilastoihin rakennusosien ja järjestelmien kunnossapitopakkeista tai huoltoväleistä. Asuinrakennusten kuntoarviot tehdään oppaan julkistamishetkellä LVI- ja KH-korttien mukaan:

- LVI 01-10481, KH 90-00489 Asuinkiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje
- LVI 01-10482, KH 90-00490 Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje
- LVI 01-10487, KH 90-00495 Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määräytyminen
- LVI 01-10509, KH 90-00500 Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje
- LVI 01-10510, KH 90-00501 Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje

Kuntotutkimus perustuu mitattuihin tietoihin tutkittavan rakennuksen rakennusosasta tai järjestelmästä. Kuntotutkimuksen luotettavuus perustuu kirjallisten mittaustuloksien lisäksi, asiantuntijan laatimaan analyysiin mittaustuloksista ja niiden pohjalta laadittuun korjausehdotukseen. Jos toinen asiantuntija tekisi kuntotutkimuksen samoista paikoista, samoilla menetelmillä, niin hänen tulisi päätyä samaan korjausehdotukseen:

- Kuntotutkimus perustuu aina mitattuun tietoon.
- Kuntotutkimuksessa käytetään aina vähintään kahta erilaista tutkimusmenetelmää (esimerkiksi viemäreiden sisäpuolinen kuvaus pelkästään ei ole kuntotutkimus).
- Kuntotutkimus tehdään järjestelmä-/putkisto-kohtaisesti korjaustarpeen ja -laajuuden, korjausmenetelmien ja -ajankohdan sekä riskien selvittämiseksi (esim. LVV-putkistot, ilmastointijärjestelmät, salaojat jne.).
- Kuntotutkimus täydentää ja tarkentaa kuntoarvion kunnossapitosuunnitelman PTS korjaussuosituksia.
- Kuntotutkijalla on FISE-pätevyys.

Putkien kuntotutkimuksen tavoite ja laajuudet

Putkien kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennuksen LVV-järjestelmien (lämpö-, vesi- ja viemäriputkien) todellinen kunto, korjaustarve- ja laajuus sekä korjausajankohta ja -kustannukset sekä riskit, jos korjauksia ei tehdä ehdotetussa aikataulussa tai ehdotettuja jatkotutkimuksia ei tehdä.

Tutkimukseen sisältyy aina tutkimussuunnitelma, tarvittavat aputyöt (esimerkiksi rakenteiden avaukset), ellei tilaaja tee niitä, haastattelut, kenttätutkimukset ja -mittaukset ja kirjallinen raportti sekä raportin esittely. Kuntotutkimusraportti esitellään aina henkilökohtaisesti tilaajalle.

Luvussa 4 sekä seuraavassa taulukossa on esitetty vähimmäislaajuudet tutkittaville järjestelmille/putkistoille röntgenkuvien osalta, jotta tutkija voi määrittää luotettavasti putkien kunnan ja korjaustarpeen sekä riskit. Esitetty laajuus/putkisto on ohjeellinen. Laajuus määräytyy aina tutkittavan kohteen mukaan, kuitenkin ei suositella oppaan määrittämän vähimmäislaajuuden alittamista. Tilaa-ajan tulee lisäksi huomioida viemäreiden sisäpuolisen TV-kuvauksen laajuus, joka tulee olla yleisesti ottaen vähintään 50 % pohja-/runkoviemäreistä ja 1–2 tuuletus-/kokoojaviemäriä (ks. tarkemmin **Luku 4**). Tilaa-ajan tulee perehtyä vaatimukseen ja ne tulee liittää tarjous-

pyyntöön, jotta saatujen tarjouksien hinnat ja tarjouksien palvelut ovat helposti vertailtavissa ja ovat myös vertailukelpoisia.

Röntgenkuvien vähimmäismäärä asuinkerrostalon porrashuoneiden mukaan määriteltynä.

Porrashuoneita	SV	JV	KV	LV ja LVK	LJ	LP
1	1–2	3–4	3–4	3–4	1–2	1–2
2	2–3	4–5	4–5	4–5	2–3	2–3
3	3–4	5–6	5–6	5–6	2–3	3–4
3+n	4+n	6+n	6+n	6+n	3+n	4+n

SV = sadevesiviemäri (jos kyseessä on erillisviemärinti)

JV = jätevesiviemäri (ja sekaviemärinti)

KV = kylmävesijohto

LV = lämminvesijohto

LJ = lämmitysputki

LP = lämmityspatteri

Putkien kuntotutkimuksen hyödyt

Putkien kuntotutkimuksen lopputuloksena tilaaja saa luotettavan tiedon kiinteistön putkien todellisesta kunnosta ja jäljellä olevasta käyttöiästä tai uusimisajankohdasta. Tilaaja voi suunnitella ja tehdä päätöksiä etukäteen putkien uusinnasta ja valmistella rahoitusta sekä käyttää putkijärjestelmiin investoidun rahan halliten lähes loppuun. Putkistojen uusinnan aloitusajankohtaa ja riskejä voi vielä tarkentaa jatko- tai seurantatutkimuksilla.

Putkien kuntotutkimus tarkentaa kiinteistön kuntoarvion kunnossapitosuunnitelmassa PTS esitettyä putkien korjausajankohtaa ja -kustannuksia sekä riskejä. Putkien kuntotutkimus on myös peruskorjaushankkeen ja laajan vauriokorjauksen suunnittelun lähtötieto muiden kiinteistössä tehtävien tutkimusten ohella. Kuntotutkimuksen jälkeen kiinteistön omistajalla on käytettävissä hanke-ehdotus- tai hankesuunnitteluvaiheessa alustava laajuus ja aikataulu sekä ensimmäinen kustannusarvio. Kiinteistön omistaja välttyy kuntotutkijan korjausehdotusten avulla myös pelkästään olettamukseen perustuvalla virheinvestoinnilla. Esimerkiksi korjaushanke, jossa juuri korjatussa tilassa alkuperäinen tutkimaton vesi- tai viemäriputki vuotaa, on taloudellisesti ja toiminnallisesti kestävä lopputulos kiinteistön omistajille, osakkaille ja käyttäjille.

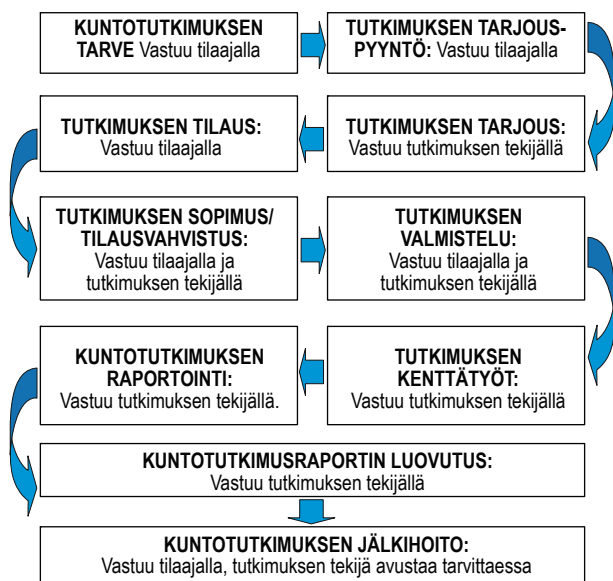
Riittävän ajoissa, luotettavasti ja tarvittaessa määrävällein tehtävä putkien kuntotutkimus vähentää myös merkittävästi vesivuotojen riskiä, ehkäisee home- ja kosteusvaurioiden syntymistä ja terveydellisiä haittoja sekä käyttökeskeytyksien aiheuttamia taloudellisia tappioita.

Kuntotutkimuksen kulku

Putkistojen kuntotutkimukset kuntotutkimuksen prosessi on kuntotutkimuksen käyttötarkoituksesta riippumatta samanlainen:

1. Tutkimushanke alkaa tilaajan tarjouspyynnöstä (tilaajan tavoitteet kuntotutkimukselle)
2. Kuntotutkijan tarjous (kuntotutkimusprosessin 1. läpikäynti ja hinnoittelu)
3. Varsinainen tutkimus alkaa aina tilauksesta tai sopimuksesta (prosessin 2. läpikäynti ja aikatalutus).
4. Lähtötiedot, riippuvat tutkimuksen käyttötarkoituksesta (kuntotutkimus/seurantatutkimus)
5. Tiedottaminen, tehdään aina (sovitaan roolit, tapa ja vastuut tilaajan kanssa). Yleisiä esimerkkitiedotteita löytyy oppaan lopusta (**LIITE 6**).
6. Kenttätyöt, suorituksessa on eroja riippuen tutkimuksen käyttötarkoituksesta.
7. Näytteiden, mittaustulosten, kuvausten, jne. läpikäynti järjestelmittain (analyysi).
8. Raportin koonti ja kirjoitus (synteesi).
9. Raportin esittely sekä raportin ja tutkimusmateriaalin luovutus tilaajalle (dialogi).
10. Jatkoimenpiteet ja jatkotutkimukset ovat tilaajan vastuulla

Sekä tilaajalla että tutkijalla on kuntotutkimuksessa omat vastuut, roolit ja tehtävät. Tilaajan ja kuntotutkijan yhteistyö ja tiedottaminen puolin ja toisin prosessin edetessä varmistaa hyvän lopputuloksen tutkijan ja tilaajan kannalta. Kuntotutkimuksen kulkua on kuvattu laajemmin **Luvussa 2**. Tutkimuksen kulkua esittää oheinen **Kuva 8**.



Kuva 8. Kuntotutkimuksen kulku ja vastuualueet.

Kuntotutkimuksen tarve

Kiinteistön omistajan ylläpitotarpeet ja rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeet sekä kuntoarvio määrittelevät putkien kuntotutkimuksen ajankohdan. LVI- ja KH-ohjeissa LVI 01-10424, KH 90-00403 on esitetty tavanomaisia LVV-laitteiden ja -putkien kunnossapitopaketteja joita voi käyttää apuna putkien kuntotutkimuksen ajankohdan arvioinnissa.

Kuntotutkimuksen käynnistää yleensä:

- kuntoarvio
- kunnossapitotarveselvitys (asunto-osakeyhtiöt)
- putken tekninen käyttöikä lopussa
- putken lopuillaan oleva kunnossapitopaketti
- vesi- tai viemäriputken rikkoutuminen
- visuaaliset havainnot putkistojen kunnosta esimerkiksi tihkuvuodot, ruostejaljet, korroosiokeritymät putkien pinnalla, veden ruosteinen väri, verkostojen ääni- ja hajuhaitat
- putkien tai kalusteiden tukkeutumisesta, josta seurauksena on käyttökeskeytyksiä tai rakenteiden vesivaurioita (esim. lattia-kaivon kytkentäviemäriin tukkeutuminen)
- LVV-putkien toistuvat vuodot
- märkätilakorjauksessa todettu putkien huono kunto (esim. asunnon kylpyhuone)
- kiinteistön peruskorjaus
- kiinteistön tai tilan käyttötarkoituksen muutos
- sisäilmaongelmat, haju- ja terveyshaitat
- rakenteiden näkyvät kosteusvaurioita tai rakenteissa on vettä
- vedenkulutuksen yhtäkkinen ja selittämätön kasvu
- valmistus- ja asennusvirheet sekä asennuksen yhteydessä aiheutetut mekaaniset vauriot ja virheellinen varastointi
- tai edellä mainittujen yhdistelmät

Asuinrakennusten osalta kuntotutkimuksen käynnistää yleensä putkistojen teknisen käyttöiän päätyminen ja toistuvat putkivuodot niistä aiheutuneet vesivauriot ja käyttökeskeytykset.

Putkien kuntotutkimus tulee tehdä ensimmäisen kerran noin 25-30 vuotta vanhoille rakennuksille/putkille, vaikka putkissa ei olisikaan ilmennyt vuotoja tai silmämääräisesti havaittavia jälkiä korroosiosta tai em. luettelon tekijöistä, jotka käynnistävät kuntotutkimuksen. Ensimmäisen kuntotutkimuksen jälkeen verkostojen sisäpuolista kuntoa, riskejä ja korroosion etenemistä voidaan seurata määrävälillä tehtävällä kuntotutkimuksella ja siten tarkentaa putkien uusimisajankohtaa. Oikea määrävälillä määräytyy putkien kunnan mukaan. Kuntotut-

kimuksessa havaittua sisäpuolista korroosiota voidaan hidastaa tietyissä tapauksissa esimerkiksi pienimuotoisilla korjaus- ja säätötoimenpiteillä.

Kuntotutkimuksen tarjouspyyntö ja tilaaminen

Kuntotutkimuksen tarjouspyynnössä tilaajan tulee esittää selkeästi tutkimuksen tavoitteet ja mitä muita palveluita tarjoukseen tulee sisältyä, jotta tarjoukset ovat palvelujen ja hintojen osalta vertailukelpoisia.

Tarjouspyynnössä on syytä kertoa tutkittavien järjestelmien korjaus- ja vuotohistoria, jos sellainen on tiedossa. Tarjouspyynnössä tilaajan tulee esittää vaatimukset kuntotutkijan pätevydestä, voimassa olevista vakuutuksista (esim. vastuuvakuutus), työnantajavelvoitteiden hoitamisesta ja tutkimuksen suoritusaikataulusta. **LIITE 8** sisältää mallitarjouspyynnön.

Tilaaaja voi liittää tarjouspyyntöön myös kuvauksen kuntotutkimuksen sisällöstä. **LIITE 8** sisältää esimerkin tutkimustapaselostuksesta.

Tilaaajan velvoitteet kuntotutkimuksessa

Tilaaajan tulee ottaa huomioon, että hän vastaa tutkimuskohteessa työskentelevien henkilöiden turvallisuudesta. Vanhoissa kiinteistöissä on otettava huomioon asbesti ja muut terveydelle haitalliset aineet. Lisäksi tilaajan tulee huolehtia mm. seuraavista asioista:

1. Lähtötietojen toimittaminen tutkijalle

Lähtötietoja ovat muun muassa:

- kiinteistön perustiedot (esim. isännöitsijätodistuksen tekninen osa)
- korjaushistoria
- aiemmin tehdyt kuntoarviot, tekniset selvitykset ja tutkimukset
- tiedot tapahtuneista vaurioista ja niiden korjaustavasta ja -laajuudesta
- tilaajan haastattelu ja tilaajan tutkimukselle asettamien tavoitteiden kertaaminen.

2. Suunnitelma-asiakirjojen hankkiminen ja toimittaminen tutkijalle

Suunnitelma-asiakirjoja ovat muun muassa:

- piirustukset ja kaaviot

3. Avustaminen kiinteistön asukkaiden ja käyttäjien tiedottamisessa

Tiedottamista on muun muassa:

- porraskäytävissä ns. yleistiedotteilla (noin 1 vko ennen)
- (jos ulkopuolisille on vuokrattu kiinteistöä tiloja, joihin pääsy on

tutkimuksen vuoksi välttämätöntä, tulee myös heille tiedottaa)

- huoneistokohtaisilla asukastiedotteilla (välttämätön, jos tehdään huoneistokäyntejä, ilmoitusaika tilaajan käytännön mukaan)
- tilaajan tulee tiedottaa kohteen huoltohenkilökuntaa, jotta huoltoorganisaatio on tietoinen tutkimuksesta
- jos tilaajalla on oma tiedotepohja, hän antaa sen kuntotutkijan käyttöön
- tilaaja jakaa tiedotteet.

4. Avustaminen muissa asioissa

Lisäresurssit, muun muassa:

- huoltomiehen varaaminen asuntokäyntejä varten
- huoltomiehen varaaminen opastamaan ja avaamaan ovia
- (esimerkiksi ei kiinteistöissä asuvat vuokranantajat, joiden tiloissa tehdään tutkimuksia)
- huoltomiehen varaaminen avustamaan kenttätutkimuksissa
- kaivojen kansien etsintä ja kaivutyöt.

5. Raportin vastaanottaminen

Tilaisuus kysyä tutkijalta epäselviä asioita.

Osan edellä mainituista lähtötiedoista tai suunnitelma-asiakirjoista tilaaja on voinut toimittaa tutkijalle jo tarjousvaiheessa. Jos piirustuksia ei löydy tilaajan arkistosta, yleensä kunnan tai kaupungin rakennusvalvonnan arkistosta löytyvät rakennuslupa- tai toimenpidelupaan liittyvät suunnitelmat ja niiden muutossuunnitelmat. Kuntotutkija voi myös tilaajan kanssa erikseen sopia, että hän hankkii lisätyönä piirustukset rakennusvalvonnasta tai kiinteistön arkistosta tai teknisistä tiloista. Tämä on kuitenkin otettava huomioon kuntotutkimuksen aikataulussa ja hinnoittelussa viimeistään tilauksen yhteydessä.

Kuntotutkijalta vaadittava ammattitaito

Putkistojen kuntotutkijan tulee hallita syvällisesti LVV-tekniikan perustiedot ja ymmärtää laajasti LVV-tekniikkaa ja -järjestelmiä, rakennus- ja asennustekniikoita, putkimateriaalien vanhenemisprosesseja sekä asennustapoja ja ylläpidon vaikutuksia putkistojen elinkaareen ja häiriöttömään toimintaan, sisäilmastoon ja käyttäjien viihtyvyyteen.

Putkistojen kuntotutkija voi hankkia itselleen FISE-pätevyyden, mikä erityisesti osoittaa hänen ammattitaitonsa kuntotutkijana. Päivitetyt vaatimukset löytyvät osoitteesta www.fise.fi.

Kuntotutkimuksen raportointi

Kuntotutkimuksen raportin kirjoittamisesta kuntotutkimustuloksien pohjalta ja korjaustoimenpiteiden paketoinnista on kerrottu seikkaperäisesti **Luvussa 6**. Raportin kirjoitusvaihe on kuntotutkimustuotteen kannalta keskeisin vaihe.

Tiedottamisen kannalta raportissa tulee olla ainakin seuraavat asiat:

- Rakennuksen/kiinteistön nimi
- Kuntotutkimuksen yhteenveto, enintään noin 1 sivu
- Tilaajan tiedot
- Kuntotutkijan tiedot
- Kuntotutkimuksen tavoite
- Kiinteistön tiedot
- Kiinteistön korjaushistoria
- Nykyisten, tutkittujen järjestelmien lyhyt kuvaus
- Järjestelmäkohtaiset tutkimusmenetelmät
- Järjestelmäkohtaiset tutkimustulokset ja analyysit
- Akuutit korjaukset
- Lisätutkimustarpeet
- Toimenpide- ja korjausehdotukset
- Liitteet.

LIITE 7 sisältää kuntotutkimusraportin mallisisällysluettelon.

1.7. Putkivuodot ja vauriot

Yleistä putkistovuodoista

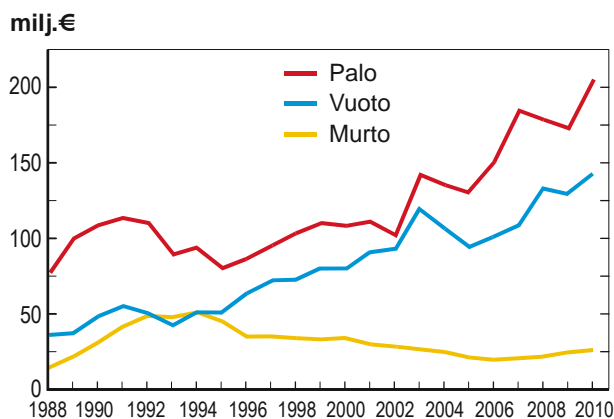
Tilastojen mukaan rakennuksissa tapahtuu vuotovahinko keskimäärin kerran viidessä vuodessa. Vesivahinkojen osuus vakuutusyhtiöiden maksamista korvauksista on kasvanut viimeisten 10 vuoden aikana lähes kaksinkertaiseksi (**Kuva 9**). Luonnollisena syynä tähän on, että kunnostettavaan ikään ehtineiden putkistojen määrä on kasvussa rakennuskannan vanhetessa.

Tehtyjen selvitysten mukaan eniten vuotovahinkoja sattuu lähinnä 1960-1980-luvuilla rakennetuissa kerrostaloissa.

Käytössä kaikki putket syöpyvät, ruostuvat ja alkavat jossakin vaiheessa vuotaa. Vanhempien rakennusten kohdalla prosessia ei juurikaan voida hidastaa. Siksi heikentyneiden kohtien löytäminen, ja pahimmassa tapauksessa putkivuotokohdan tarkka paikallistaminen rakenteista aikaisessa vaiheessa, on suurempien vahinkojen torjumiseksi

ensi-arvoisen tärkeää. Kiinteistön säännöllinen ylläpito vähentää myös vuotoriskiä. Yleisimmät putkivuodon aiheuttajat ovat putkistojen käyttöiän päätyminen, korrosio sekä työvirheet. Vuotovahinkojen voimakas kasvu jatkuu edelleen.

Palo-, murto- ja vuotovahinkokorvaukset 1988-2010



Kuva 9. Tilasto vuotovahingoista vuosina 1988–2010 (FK taulukko).

Putkistovuotojen ennalta ehkäisy

Putkivuotojen aiheuttamien vakavien kosteusvaurioiden ennaltaehkäisyyn on kiinnitetty viime vuosina aiempaa selvästi enemmän huomiota. Riskialttiimpien rakenne- ja asennusratkaisujen suunnittelua ja rakentamista on pyritty selvästi rajaamaan ja ohjaamaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 ”Kosteus” vuodelta 1998. Määräykset toteavat ennaltaehkäisystä seuraavaa:

”8.1.1 Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot sekä ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytyslaitteistot niihin liittyvine laitteineen on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita niin aikaisin, ettei se ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa. Putket, kanavat ja laitteet on sijoitettava, eristettävä tai varustettava siten, ettei vesi putkistoissa jäädy ja ettei putkien, kanavien tai laitteiden pinnoille tiivisty haitallisesti vettä tai tiivistyvä vesi on johdettavissa pois haittaa aiheuttamatta.”

Putkistovuotojen aiheuttaminen vaurioiden estämiseksi vuotokohdan nopea korjaaminen on tärkeää putkistoissa, lämmönjakohuoneissa sekä rakenteissa havaitut pienetkin viat pitää korjata pikaisesti. Rakennusten ulkopuoliset putket ja laitteet on sijoitettava, eristettävä ja varustettava niin, etteivät putkistot pääse jäätymään (muoviset lattialämmitysputket). Vesipisteellisten tilojen rakenteiden kuten

astianpesukoneiden alla tulee pitää joko turvakaukaloa tai vuodonilmaisinta. Vesijohtoverkoston liitettyjen muidenkin laitteiden kuten joustavien letkujen tulee olla valmistajien hyväksymiä.

Usein on vaikea arvioida, milloin putkistot tulisi uusia. Kiinteistössä olisi hyvä pitää esim. vesivahinkorekisteriä. Vesijohtojen kuntotutkimus tulee teettää viimeistään silloin, kun vesivahinkohistoriassa alkaa näkyä merkkejä vuotojen lukumäärän kasvusta. Vuotovahinkojen torjunnassa pyritään ensisijaisesti mahdollisimman yksinkertaiseen vuodottomaan järjestelmään. Apuvälineitä hyödyntäen kuten kosteusvahdeilla voidaan saada ilmoitus vuodosta jo sen alkuvaiheessa. Vesimittareiden yhteyteen on nykyään saatavissa magneettiventtiileillä varustettuja vesivuotokytкимиä. Jos epäillään putkivuotoa esim. vesijohtoverkostossa, olisi syytä asentaa vesimittarin yhteyteen joko kiinteä vuotoahti tai erillinen siirrettävä laitteisto. Lämmönjakohuoneessa olevat laitteistot tulee tarkistaa kerran vuodessa (paisunta-astia, siirtimien tiiveys yms.). Tärkeintä olisi että vedenkulutusta seurattaisiin kiinteistöissä vähintään kuukauden välein. Säännöllisen hapellisen veden lisäys suljetuun järjestelmään ei ole suotavaa.

Asukkaiden rooli vuotovahinkojen aiheuttajana ja ehkäisijänä on tärkeää, joten valistusta lisäämällä saataisiin vahinkoja ennaltaehkäistyä. Pienemmistäkin korjaustöissä tulee käyttää ammattihenkilöstöä, jotta ”tee-se-itse”-miesten osuus saataisiin vähenemään. Viranomaiset ja vakuutusyhtiöt tarkentavat jatkuvasti määräyksiään, joten uusissa kohteissa vuodosta saatava havainto saadaan nopeasti esille. Ongelmaisten putkivuotojen selvittämisessä kannattaa käyttää erikoisliikkeitä ennen kuin lähdetään arvokkaita rakenteita availemaan ”mutu”-tuntumalla.

Putkistovuoto-oireet ja putkivuotojen aiheuttamat tyypilliset kosteus- ja homevauriot ja niiden ilmenemismuodot













Vuotoja esiintyy runsaasti mm. astianpesukoneissa, viemäröinneissä, lattiakaivoissa, puutteellisissa vesieristeissä, kattiloissa yms. Seuraavassa keskitytään ainoastaan paineellisissa putkistoissa oleviin putkistovuotoihin.

Vuotovahinko on todennäköisesti jo tapahtunut, jos seuraavat muutokset huoneiston lattia- tai seinärakenteissa, laitteistoissa tai putkistoissa on havaittavissa:

- lämmitysverkoston joudutaan säännöllisesti lisäämään hapellista vettä

- vesimittarin osoittimet pyörivät, vaikka kulutusta ei pitäisi olla (**Kuva 10**)
- vesi- ja jätevesilasku kasvaa huomattavasti
- rakenteet ovat kostuneet
- huoneilma on ummehtunutta ja kosteaa
- lämmityskulut nousevat
- kuuluu poikkeavia ääniä (suhina sekoittajassa tms.)
- parketit turpoavat ja muovimatot irtoavat
- aamuisin ei tule enää kylmää vettä hanan ollessa kylmävesipuolelta, vaan vesi on lämmintä (selkeä muutos tapahtunut)

Jos yhdestäkin yllä olevasta oireesta on tehty havainto, niin kyseessä voi olla vesivuoto. Mitä aikaisemmassa vaiheessa epäilykset vuodosta tulevat esille, sitä parempi se on kaikille osapuolille. Suurimmat vahingot syntyvät yleensä pienistä vuodoista, jotka pääsevät jatkumaan huomaamatta pidempiä aikoja. Yleensä vahingot ilmenevät vasta kun vesivauriot ovat edenneet jo laajoille alueille.

Vuoto vuodessa	Vuotokohdan koko	Lisäkustannus
30 m ³ /vuosi 	 Ompelulanka	 75 €
300 m ³ /vuosi 	 Parsinneula	 750 €
3 000 m ³ /vuosi 	 Tulitikku	 7 500 €
30 000 m ³ /vuosi 	 Lyijykynä	 75 000 €

Vuotava vesimäärä, kun vedenpaine on 50 m vp (500 kPa) Veden hinta 2,5 €

Kuva 10. Erikokoisista rei’istä virtaama vesimäärä, kun verkoston paine on 500 kPa ja siitä aiheutuva kustannus. (Kuvälähde Motiva)

Putkivuotojen aiheuttamat vauriot

Jäljempänä on kuvattu tyypillisiä putkivuotojen ilmenemismuotoja rakenteissa. Äkillisiin putkivuotojen aiheuttamiin vaurioihin ei ole otettu kantaa, vaan esimerkitapaukset liittyvät rakenteiden sisällä oleviin piileviin putkivuotoihin. Pienikin putkivuoto rakenteiden sisällä voi aikaansaada pitkään jatkuessaan tietyissä rakenneratkaisuissa ja -

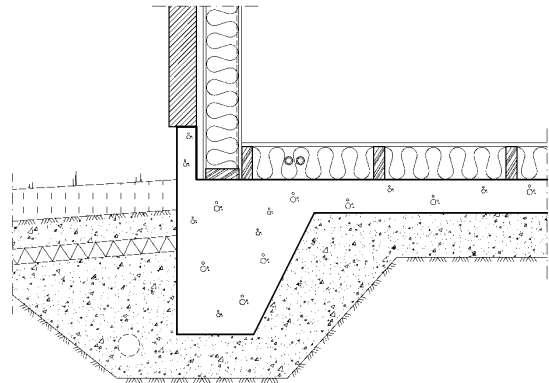
osissa erittäin vakavia kosteusvaurioita ja voi johtaa sisäilman laadun huonontumiseen ja terveyshaittaan tai pysyvästi terveyden menettämiseen. Putkivuodon rakennus- ja seurauskustannukset voivat olla mittavia. Tämän osan tavoitteena on kuvata putkien kuntotutkijalle rakenteissa näkyviä viitteitä siitä, että rakenteissa sijaitsevassa putkistossa on vesivuoto tai vesivuotoja. Putkien kuntotutkija voi käyttää viitteitä kuntotutkimuksen tuloksien tukena arvioidessaan vesi-, viemäri-, tai lämmitysjärjestelmän jäljellä olevaa elinkaarta, käyttöriskejä sekä korjaustarvetta ja -ajankohtaa. Mukaan on liitetty myös joitakin tyypillisiä rakenteiden putkiläpivien teihin liittyviä puutteita, joista voi aiheutua kosteus- ja sisäilmaongelmia käytön aikana.

Maanvaraiset alapohjat

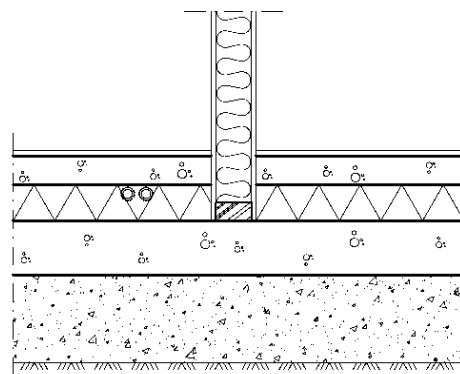
Alapohjarakenteissa putkivuodot ovat ongelmallisia varsinkin maanvaraisten laattojen päälle koolatuissa puulattioissa. Laatan päällä olevaa lämmöneristys- ja koolaustilaa on käytetty yleisesti vesijohtojen, lämmitysverkoston ja viemäreiden vaakavedoissa. Näissä rakenteissa putkivuodot etenevät veden leviessä maanvaraisen laatan yläpinnalla laajalle alueelle. Irtovesi ja vuodon aikaansaama suhteellisen kosteuden nousu lämmöneristevilloissa johtavat alapohjarakenteen puuosien home- ja lahovaurioihin sekä lämmöneristevillojen homeutumiseen. Rakennerratkaisulle on myös tyypillistä, että kantavat ulko- ja väliseinät sekä märkätiloja ympäröivät väliseinät ulottuvat maanvaraisen laatan yläpinnalle asti. Vesivuoto lahottaa ja homehduttaa seinärunkojen alaosat. Kivirakenteisissa seinissä ongelmat ilmenevät lattiatason yläpuolella kapillaarisen kosteuden nousun aiheuttamina pinnoitevaurioina. Rakenteessa tapahtuva vesivuoto voi jatkua pitkään ilman näkyviä kosteusvaurioviitteitä. Useimmiten vaurioepäily syntyy näissä vauriotapauksissa huoneilmasta aistittavana homeen hajuna.

Alapohjissa esiintyy myös yleisesti ns. kaksoislaattarakaisuja, joissa maanvaraisen betonilaatan päällä on lämmöneriste ja tämän päällä erillinen betoninen pintalaatta. Vanhemmissa rakenteissa lämmöneristeenä on lastuvillalevyä, korkkilevyä tai kevytsoraa ja uudemmissa rakenteissa solumuovilämmöneristeitä ja joissakin tapauksissa, tosin harvemmin, kovaa mineraalivillaa. Lämmöneristetilaa on käytetty myös tässä rakenteessa vesi- ja lämmitysputkien sekä myös viemäriputkien vaakavetoihin ja sivuttaissiirtoihin. Betonilaatat ja solumuovilämmöneriste ovat edellä kuvattua puukoolattua rakennetta vähemmän vaurioherkkiä, mutta tällekin rakennerratkaisulle on ominaista, että kantavat seinät ja märkätiloja ympäröivät väliseinät on ulotettu alemmalle betonilaatalle.

Seinärakenteet voivat olla puurunkoisia tai ne voivat olla betonia tai muurattuja rakenteita. Vesivuoto etenee alemman betonilaatan pinnalla laajalle alueelle ja turmelee seinien alaosat. Puurunkojen ollessa kysymyksessä kosteusvaurio esiintyy rungon laho- ja homevaurioina sekä ja verhoukslevyjien ja lämmöneristeiden homevaurioina.



Kuva 11. 1970 ja 1980-luvuilla on yleisesti käytetty rivi- ja pientaloissa alapohjaratkaisua, jossa betonilaatan päälle on tehty puukoolaus ja lämmöneristys mineraalivillasta. Lämmöneristetilassa on yleisesti johdettu vesi- ja lämmitysputkia. Putkivuodosta voi seurata vakavia kosteusvaurioita lattiarakenteisiin, koska betonilaatan yläpinta mahdollistaa veden leviämisen laajalle alueelle.



Kuva 12. Maanvastaisissa lattiarakenteissa on yleisesti käytetty kaksoislaattarakaisua, jossa kahden betonilaatan välissä on lämmöneriste. Lämmöneristetilassa on yleisesti johdettu vesi- ja lämmitysputkia. Putkivuodot aiheuttavat tässä rakennerratkaisussa vakavia kosteusvaurioita puurunkoisten seinien alaosissa ja orgaanisia materiaaleja sisältävissä lattian lämmöneristeissä.

Kun on kyseessä suurempi putkivuoto, niin se tulee näkyviin betonisessa tai muuratussa seinässä lattiatason yläpuolella seinärakenteessa. Vesi nousee kapillaarisesti seinärakenteeseen ja turmelee tasoite- ja maalipinnan sekä värjää seinän pintaa. Joissakin

tapauksissa putkivuodon aiheuttama vesivaurio on paljastunut vasta, kun märkää seinärakennetta vasten olevan jalkalista tai seinärakennetta on purettu.



Kuva 13. Kaksoislaatta-alapohjan lämmöneristetyssä on putkivuoto, joka on aiheuttanut runkolaa-
tan päältä lähtevässä puurunkoisessa lastulevyvä-
liseinässä kosteusvaurion. Vaurion jäljet ovat näh-
tävissä seinän pintarakenteessa, kun jalkalista on
irrotettu.



Kuva 14. Kivirakenteisessa väliseinässä kapillaar-
isesti nouseva kosteus turmelee seinän alaosan
maalipinnoitteita. Irrotetun jalkalistan taustapin-
nasta löytyy tällöin yleensä home- tai lahovaurio.

Ryömintätilat

Rakennusten ryömintätilaisissa alapohjissa voi esiintyä viemäri- ja putkivuotoja, jotka johtuvat mm. viemäriputkien liian harvasta kannakoinnista tai putken yläpuolella oleva maan paino repii vajotessaan kannakkeet irti, kun pohjaveden pinta rakentamisen jälkeen laskee. Seurauksena on viemäriputkiliitosten peittäminen ja jäteveden valuminen ryömintätilaan. Alapohjan viemäri- ja putkivuodot tulevat pahimmissa tapauksissa ilmi vasta kloaakin hajuna, joka tunkeutuu alapohjan epätiivelyskohtien kautta huonetiloihin.

Lisäksi harva kannakointi alapohjassa aiheuttaa vähitellen pohjaviemäriin takalaskua, josta seuraa putken sisäpuolinen liettyminen, putken kuljetuskyvyn huonontuminen ja verkoston huono tuuletuminen, joka ilmenee usein viemäri- ja putkiverkoston vesilukkojen tyhjentyminen ja hajuhaittoina tai siten haitallisena viemäri- ja putkiverkoston ääntelyinä.

Varsinaisten vuotojen lisäksi tiivistämättömät alapohjan läpi ryömintätilaan johtavat putkiläpiviennit aiheuttavat yleisesti homeongelmia yläpuolisissa huonetiloissa. Ryömintätilan olosuhteet ovat ajoittain sellaiset, että rakenteiden pinnoille ja varsinkin alustäyttöihin tulee homekasvua. Ryömintätilat ovat lähes aina alipaineisia yläpuolisiin huonetiloihin nähden ja homekasvuston itiöitä ja homeen hajua tulee ilmavirran mukana yläpuolisiin huonetiloihin tiivistämättömien putkiläpivientien kautta ryömintätilasta.



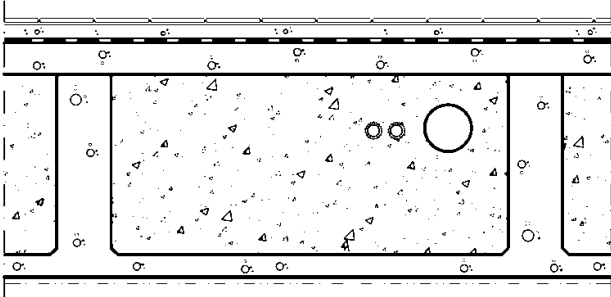
Kuva 15. Viemäri- ja putkivuotoja esiintyy yleisesti rakennusten ryömintätiloissa.



Kuva 16. Ryömintätilan epäpuhtaudet pääsevät puutteellisesti tiivistettyjen putkiläpivientien kautta yläpuolisiin huonetiloihin.

Välipohjat

Rakennusten välipohjissa esiintyy runsaasti märkätilojen kohdalla kosteusvaurioita, joita on aiheuttanut vuotavat lattiakaivot tai lattiakaivojen vuotavat korokerenkaat tai lattian sisässä sijaitsevat vuotavat kytkentäviemärit. Massiivibetonilaattojen ollessa kyseessä, vauriot näkyvät alemman kerroksen katossa tasoite- ja maalivaurioina. Viime vuosisadan alun rakennuskannassa on välipohjarakenteena käytetty ns. alalaatta- ja kaksoislaattapalkistoja, joissa laattojen palkkivälit oli täytetty yleensä märkätilojen kohdalla kiviainespohjaisella materiaalilla. Täytteenä voi olla myös orgaanisia materiaaleja, kuten kutterilastua, purua ja sammalta. Varsinkin jälkimmäisessä tapauksessa putkivuodot johtavat täytemateriaalien homehtumiseen ja usein sisäilmaongelmiin. Myös tässä rakennetyypissä putkivuodon aiheuttama kosteusvaurio voi ilmetä myös alemman kattopinnoitteen vauriona.



Kuva 17. 1900-luvun alun kerrostaloille tyypillinen välipohjaratkaisu on ns. alalaattapalkisto. Välipohjan täytteiden sisällä kulkevat vesi- ja viemäriputket aiheuttavat varsinkin orgaanisissa välipohjätäytöissä vuotaessaan joskus laajoja mikrobikasvustoja ja siitä seuraavia sisäilmahaittoja.



Kuva 18. Massiivilaattavälipohjassa ylemmän kerroksen kylpyhuoneen lattiakaivon vuoto näkyy alemmassa kerroksessa paikallisena maalipinnoitteen vauriona.



Kuva 19. Alalaattavälipohjassa tapahtunut putkivuoto on aiheuttanut maalipinnoitteen kuplimisen.



Kuva 20. Välipohjarakenteessa olevan putkivuodon aiheuttamia vaurioita kattopinnoitteessa ja väliseinissä.



Kuva 21. Lämmityspatterin kytkentäjohtoon pitkään jatkunut vesivuoto on aiheuttanut vakavan kosteusvaurion purutäytteisessä viime vuosisadan alkupuolen välipohjassa. Purkutyöt käynnisti seinien alaosien kosteusvauriot ja sisäilmassa aistittava homeen haju.



Kuva 22. Patteriverkoston nousujohto on vuotanut ja vesi on levinnyt lautaparketin alla. Tämänkaltaisen vuoto voi jatkua melko pitkään aiheuttamatta erityisiä viitteitä rakenteissa, koska vesi voi levitä vaivatta ja laajalti lautaparketin alusmaton alla. Ennen pitkää ilmenee kosteusvaurioviitteitä välipohjan nousujohtojen putkiläpivientien ympäristössä sekä seinien alaosien tasoite- ja maalipinnoissa. Vesivuodosta aktivoituvaa homekasvu on aistittavissa myös huoneen sisäilmassa homehajuuna.

Putkiläpiviennit

Varsinaisten putkivuotojen lisäksi myös vesikalusteiden ja läpivientien asennukset aiheuttavat runsaasti kosteusvaurioita. Erittäin yleisiä ovat vesikatoissa varsinkin aluskatteen ja viemärin tuuletusputken tai ilmanvaihdon poistohormin puutteellisesti tehdyt läpiviennit. Vaurio ilmenee yläpohjan homevaurioina ja ylimmän kerroksen katon pinnoitevaurioina. Toinen yleinen vaurioipaikka ovat märkätilavedeneristeen lävistävät vesijohto- ja lämmitysverkoston putket sekä viemärit.



Kuva 23. Märkätilojen putkiläpivientien vedeneristyksissä esiintyy yleisesti tiivistyspuutteita.



Kuva 24. Alakautta vesipisteelle tulevien pinta-asennettujen putkien kiinnikkeet lävistävät vedeneristysten ja aiheuttavat vuotoriskejä ja suihkussa kävijä voi irrottaa putkien kannakkeet. Kytkentä johdot tulee asentaa yläkautta suihkuhanalle.



Kuva 25. Viemärin tuuletusputken huolimattomasti toteutettu läpivienti aluskatteesta aiheuttaa vesikatevuodon.

Vesivuodon paikannus

Vesivuodon paikannus ei sisälly kiinteistössä tehtävään putkistojen kuntotutkimukseen. Vesivuodon paikannuksen tekee yritys, joka on keskittynyt pelkästään siihen. Tutkimusmenetelmät ovat nopeita ja suhteellisen luotettavia. Niillä pystytään määrittämään vuodon sijainti rakenteita rikkomatta hyvinkin tarkasti, jolloin rakenteiden turha rikkominen jää pois. Käyttökäytysaika lyhenee ja korjauskustannukset vastaavasti vähenevät. Vesivuodon paikallistaminen tehdään pääosin putkien kuntotutkimusprosessin mukaan.

Paineelliset putkistot on asennettu pääsääntöisesti 1980-luvulle asti rakenteiden sisään joko pintalaataan, eristetilaan, kotelorakenteisiin, kiviaineisiin putkihormeihin tai putkielementteihin, jolloin vuodon paikantaminen myös silmämääräisesti on mahdollista ennen kuin vesivauriot näkyvät rakenteissa.

Tyypillisiä putkistojen vesivuodon paikantamiskohteita ovat:

- rakennuksen alapohjarakenteessa sijaitsevat putket
- ulkopuolisessa kanaalissa tai putkielementissä sijaitsevat putket
- välipohjassa tai rakennusaineisessa pystyhormissa sijaitsevat putket

Eniten paikannettuja putkivuotokohtia ovat:

- Käyttövesiputkistot, lähelle putkiliitoksia tai myös suoralla putkiosuudella.
- Lämpimän käyttöveden kiertojohdot, korrosio on alkanut yleensä putken sisäpinnalta.
- Lämmitysverkoston, pääsääntöisesti betonirakenteen sisällä lattiassa sijaitseva, teräspanputki on altistunut pidemmän ajan kuluessa ulkopuoliselle kosteudelle ja putki on syöpynt ulkoapäin puhki.

Rakennusten välisissä ulkopuolisissa alueämpö- ja -käyttövesijohtojen asennuksissa käytettiin 1970-luvulla ”Fiskars-elementtejä”, 4- tai 5-putkielementtejä. Elementtien liitos- ja haarakohdista sisään päässyt vajovesi tai pohjavesi on syövyttänyt teräksiset lämpöjohdot elementtien sisässä. Myös alueputkistojen vuotavia putkiliitoksia on selvitetty menetelmällä.

Muoviputkien vesivuotojen paikallistamisessa on vuodon syyksi todettu useasti asennus- tai työvirhe tai käyttäjän aiheuttama vika. Muoviputkien käytön

voimakas lisääntyminen on tuonut mukanaan myös lisävaatimuksia tarkastusmenetelmien valinnalle.

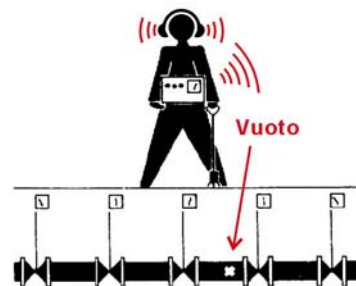
Jos LVI-piirustuksia ei ole käytettävissä tai ne eivät ole ajan tasalla, niin putkistojen sijainti rakenteiden sisällä on joko pääteltävä tai selvitettävä erikoislaitteistoilla.

Yleisimmät paikallistamismenetelmät

Usein oireiden perusteella tiedetään putkistossa olevan vuoto, mutta ei sen sijaintia. Kallein tapa, jota myös käytetään, on paikantaa vuotokohta purkamalla rakenteita niin paljon, että vaurioitunut putkiston osa tai vuotokohta löytyy.

Kuten putkien kuntotutkimuksessa, niin myös vesivuodon paikantamisessa suositellaan käyttämään kahta eri tarkastusmenetelmää paikallistamisessa.

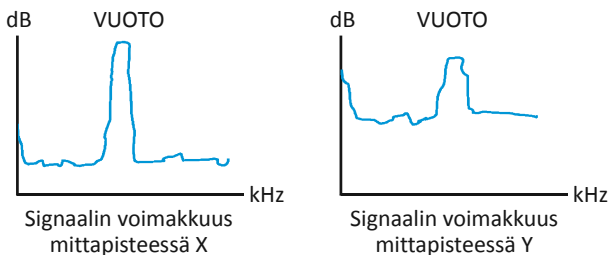
Maamikrofoniteknikka: Vuodonkuuntelulaitteella kuunnellaan vuodosta syntyvää ääntä joko maan- tai rakenteen pinnalta putken kohdalta, joka mikrofoneilla vahvistetaan korvin kuultavaksi ($f = 100 \text{ Hz} \dots 1\,000 \text{ Hz}$). Mitä voimakkaampana ääni kuullaan, sitä lähempänä vuotokohtaa ollaan. Menetelmää käytettäessä tulee huomioida eri maalajit sekä putkiston sijaintisyvyys muun muassa laatan alla, koska eri kerrokset vaimentavat ääntä eri tavalla. Putken asennussyvyys voi myös vaihdella. Putkistoissa olevat kiinnikkeet, haarat ja eristeet voivat vahvistaa tai vaimentaa vuotoääniä. Kuuntelulaitteella on vaikea paikallistaa vesimäärältään pieniä vuotoja (**Kuva 26**).



Kuva 26. Vuodonkuuntelulaitteisto ja periaatekuva menetelmästä.

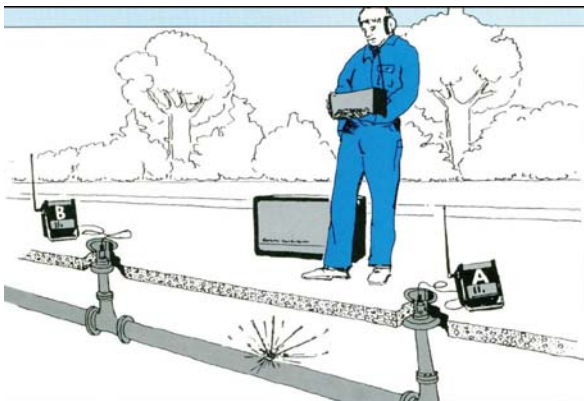
Vuodonkuuntelumenetelmä soveltuu ensisijaisesti putkistolle, joka on tehty teräs-, kupari- tai muoviputkesta ja verkoston paine on yli 3 bar.

Analysointitekniikka: Laitteisto käsittää analysaattorin sekä kiihtyvyyssanturin. Vuodonpaikannus perustuu vuodon aiheuttaman värähtelyn (äänen) voimakkuuseroihin eri kohdista mitattaessa. Mittaus suoritetaan ensin kohdassa A ja sen jälkeen kohdissa B ja C. Menettelyä jatketaan kunnes voimakkain signaali on löydetty. Vuoto paikantuu kahden pisteen (X ja Y) väliin. Pisteissä X ja Y mitataan signaalien absoluuttinen voimakkuus. Tämän jälkeen pystytään laskemaan matemaattisesti vuotokohdan sijainti. Laitteella löytyvät nekin vuodot, joita muilla laitteilla ei kyetä paikallistamaan. Vuoto saadaan paikannettua vaivattomasti kahden pisteen väliin. Mittauspisteinä voidaan käyttää näkyvissä olevia putkistoja, sekoittimia, venttiilikaroja yms. (**Kuva 27**). Menetelmän rajoituksena on, että putkistossa tulee olla vähintään 1 bar paine. Laitteisto soveltuu kaikille muille putkimateriaaleille paitsi muoviputkille.



Kuva 27. Vuotokohdan paikallistaminen analysointitekniikalla, vuoto lähellä mittapistettä X.

Korrelaatiotekniikka: Siirtolinjoissa olevat vuodot paikallistetaan ns. ristikorrelaatio-tekniikalla, jossa mitataan vuotoääniä kahdesta pisteestä samanaikaisesti ja korreloimalla eri mittapisteisiin saapuvat vuotoäänit voidaan äänen saapumisaikero laskea (**Kuva 28**).



Kuva 28. Ristikorrelaatiotekniikan periaate.

Mittausantureiden välinen etäisyys voi olla jopa satoja metrejä. Jos vuotopaikka ei ole antureiden A ja B välillä, menetelmä paljastaa suunnan, jossa vuoto sijaitsee. Paikannus tapahtuu siirtämällä antureita tarkastuspisteittäin eteenpäin siksi kunnes vuotokohta on antureiden välillä. Tällöin tarkka paikannus on mahdollista. Analysointi tapahtuu tarkastuskohteella. Mittauslaitteistolla kyetään paikallistamaan mm. teräs-, kupari- ja valurauta-putkistoissa olevat vuodot.

Ilmaisinkaasutekniikka (H₂-metodi): Muoviputkistoissa esiintyvät vuodot paikallistetaan ns. ilmaisinkaasutekniikalla. Tekniikka perustuu pienien kaasumolekyyliden kykyyn tunkeutua läpi putken vuotokohdista. Merkkiaineena käytetään nykyisin Formier 10 (10 % vetyä ja 90 % typpeä). Putkivuodosta purkautunut kaasu voidaan havaita herkäällä analysaattorilla, jota kuljetetaan putkistoa pitkin maan tai lattiarakenteiden päällä (**Kuva 29**). Kaiutin antaa selvän äänimerkin, kun vuotokohta on löytynyt. Äänen voimakkuutta voidaan säätää. Tarvittaessa ympärillä olevien äänien häiritessä, voidaan käyttää kuuloketta. Menetelmän rajoituksena on, että putkisto tulee tyhjentää ennen tarkastusta ja kaasun käyttö täytyy olla hyvin hallinnassa. Menetelmää voidaan soveltaa myös muihin kohteisiin kuin paineellisiin putkistoihin. Talvella menetelmän käyttö on rajoitettua.



Kuva 29. Laitteet liitetään vuotavaan putkistoon, johon laitetaan "erikoiskaasua".

Lämpökuvaus: Laitteistolla muutetaan vuotokohdasta tuleva lämpösäteily asteikolla luettavaksi lämpötilaeroksi. Vertailemalla eri pisteistä saatuja lämpötilaeroja, voidaan mm. lattialämmitysputkistoissa olevat vuodot paikallistaa. Vuotokohdasta voidaan ottaa valokuva, jota kautta sekä raportointi että korjaustyö helpottuu.



Kuva 30. Lämpökuvaamalla on paikallistettu putkivuoto keittiön lattiaan tiskialtaan alle.

Käytettäviä apumenetelmiä ovat helium-menetelmä, veden värjäys, painekoe ilmalla, kosteusmittaukset, vuotovahti, lämpötilamittaukset, yms.

Vuodonpaikannuksen raportointi

Kuten putkien kuntotutkimuksesta, niin myös vuoto tarkastuksesta laaditaan raportti tai pöytäkirja, johon on sisällytetty kohteen tunnistetiedot, paikallistamismenetelmät, vahingon laajuus putkistoissa ja rakenteissa, vahingon syy, kuvaus mittauksista ja mahdollisimman tarkka määrittely vuotokohtan sijainnista. Lisäksi annetaan toimenpide-ehdotukset korjaustyöstä ja ohjeistetaan kosteuskartoituksen tekemistä. Raportin liitteenä on yleensä myös kohteesta otettuja valokuvia.



2. KUNTOTUTKIMUKSEN PROSESSI

2.1. Yleistä

Putkistojen kuntotutkimukset nimetään niiden käyttötarkoituksen mukaan:

- **Kuntotutkimus** (Ensimmäistä kertaa tehtävä kuntotutkimus)
- **Seurantatutkimus** (putkiston jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen ja kunnon muutosten seuranta)

Kuntotutkimuksia voidaan käyttää myös laadun varmistuksessa ja ohjauksessa.

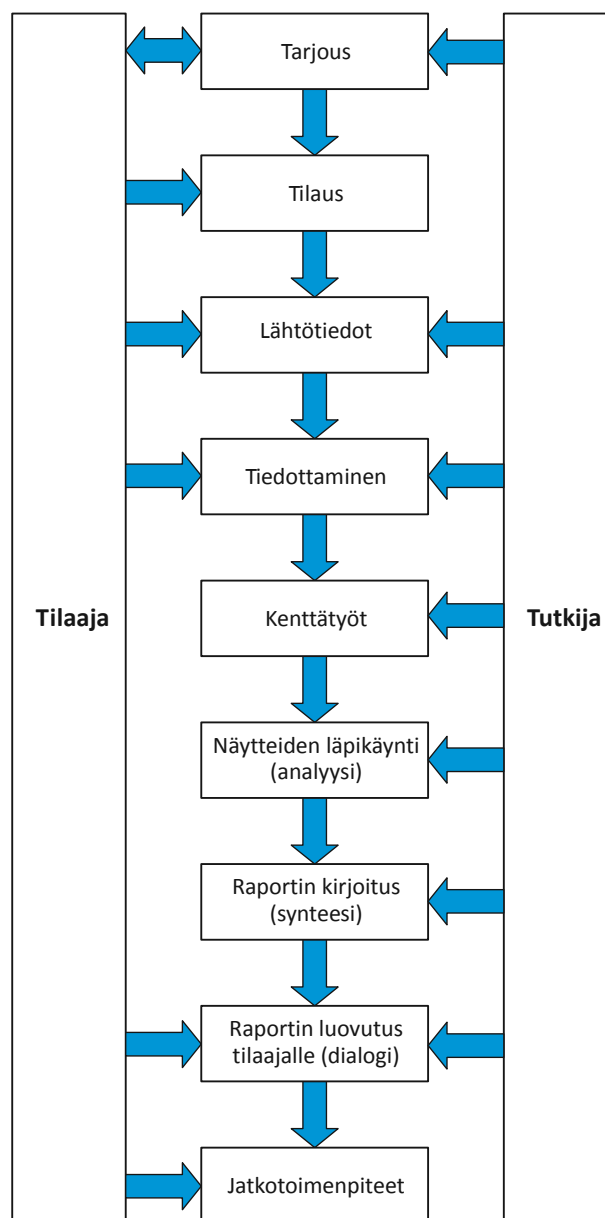
Kuntotutkimuksen prosessi on käyttötarkoituksesta riippumatta kuitenkin samanlainen:

1. Tutkimushanke alkaa tilaajan tarjouspyynnöstä (tilaajan tavoitteet kuntotutkimukselle)
2. Kuntotutkijan tarjous (kuntotutkimusprosessin 1. läpikäynti ja hinnoittelu)
3. Varsinainen tutkimus alkaa aina tilauksesta tai sopimuksesta (prosessin 2. läpikäynti ja aikatalutus).
4. Lähtötiedot, riippuvat tutkimuksen käyttötarkoituksesta (kuntotutkimus/seurantatutkimus)
5. Tiedottaminen, tehdään aina (sovitaan roolit, tapa ja vastuut tilaajan kanssa). (**LIITE 6** sisältää yleisiä esimerkkietiedotteita).
6. Kenttätyöt, suorituksessa on eroja riippuen tutkimuksen käyttötarkoituksesta.
7. Näytteiden, mittaustulosten, kuvausten, jne. läpikäynti järjestelmittain (analyysi).
8. Raportin koonti ja kirjoitus (synteesi).
9. Raportin esittely sekä raportin ja tutkimusmateriaalin luovutus tilaajalle (dialogi).
10. Jatkotoimenpiteet ja jatkotutkimukset ovat tilaajan vastuulla

Sekä tilaajalla että tutkijalla on kuntotutkimuksessa omat vastuut, roolit ja tehtävät. Tilaajan ja kuntotutkijan yhteistyö ja tiedottaminen puolin ja toisin prosessin edetessä varmistaa hyvän lopputuloksen tutkijan ja tilaajan kannalta. Kuntotutkimusprosessin läpivienti edellyttää myös vastuulliselta kuntotutkijalta projektiosaamista, koska putkien kuntotutkimus on kuten mikä tahansa rakennusalan projekti.

2.2. Vastuualueet

Kuntotutkimusprosessi on tilaajan osalta käynnistynyt jo siinä vaiheessa kun tilaaja kuntoarvion tai hanke-ehdotuksen pohjalta on päättänyt pyytää tarjouksen putkien kuntotutkimuksesta. **Luvussa 1** on käsitelty kuntotutkimustyön vastuualueiden ja tehtävien ja roolien jakautumista tilaajan ja kuntotutkijan välillä tilauksesta lähtien. Tilaaja ei välttämättä ole aikaisemmin ollut missään tekemisissä kuntotutkimusten kanssa ja suunnitelma-asiakirjat ovat kuitenkin aina teknisiä asiakirjoja, joten tutkijan apu voi olla tarpeellista, esim. lähtötietojen keräämisessä ja hankkimisessa.



Kaavio 1. Kuntotutkimuksen prosessikaavio.

Tilaaajan vastualueet

1. Lähtötietojen toimittaminen tutkijalle

Lähtötietoja ovat muun muassa:

- kiinteistön perustiedot (esim. isännöitsijätodistuksen tekninen osa)
- korjaushistoria
- aiemmin tehdyt tekniset selvitykset ja tutkimukset
- tiedot tapahtuneista vaurioista
- tilaaajan haastattelu ja tilaaajan tutkimukselle asettamien tavoitteiden kertaaminen.

2. Suunnitelma-asiakirjojen hankkiminen ja toimittaminen tutkijalle

Suunnitelma-asiakirjoja ovat muun muassa:

- piirustukset ja kaaviot
- työselostukset.

3. Avustaminen kiinteistön asukkaiden ja käyttäjien tiedottamisessa

Tiedottamista on muun muassa:

- porraskäytävissä ns. yleistiedotteilla noin 1 vko ennen (jos ulkopuolisille on vuokrattu kiinteistöstä tiloja, joihin pääsy on tutkimuksen vuoksi välttämätöntä, tulee myös heille tiedottaa)
- huoneistokohtaisilla asukastiedotteilla (välttämätön, jos tehdään huoneistokäyntejä, ilmoitusaika tilaaajan käytännön mukaan)
- tilaaajan tulee tiedottaa myös kohteen huoltohenkilökuntaa, jotta myös huolto-organisaatio on tietoinen tutkimuksesta
- jos tilaajalla on oma tiedotepohja, niin antaa sen tukijan käyttöön
- tilaaja jakaa tiedotteet.

4. Avustaminen muissa asioissa

Lisäresurssit, muun muassa:

- huoltomiehen varaaminen asutokäyntejä varten
- huoltomiehen varaaminen opastamaan ja avaamaan ovia (esimerkiksi ei kiinteistössä asuvat vuokraajat, joiden tiloissa tehdään tutkimuksia)
- huoltomiehen varaaminen avustamaan kenttä tutkimuksissa
- kaivojen kansien etsintä ja kaivuutyöt.

5. Raportin vastaanottaminen

- tilaisuus kysyä tutkijalta mahdollisesti epäselviä asioita.

Osan edellä mainituista lähtötiedoista tai suunnitelma-asiakirjoista tilaaja on voinut toimittaa tutkijalle jo tarjousvaiheessa. Jos piirustuksia ei löydy tilaaajan arkistosta, niin yleensä kunnan tai kaupungin rakennusvalvonnan arkistosta löytyvät rakennuslupaan tai toimenpidelupaan liittyvät suunnitelmat ja niiden muutossuunnitelmat. Tutkija voi myös tilaaajan kanssa erikseen sopia, että hän hankkii lisätyönä piirustukset rakennusvalvonnasta tai kiinteistön arkistosta tai teknisistä tiloista. Tämä on kuitenkin huomioitava tutkimuksen aikataulussa ja hinnoittelussa viimeistään tilauksen yhteydessä.

Kuntotutkijan vastualueet

1. Tarvittaessa avustaminen lähtötietojen ja suunnitelmien hankinnassa

- A. Rakennusvalvonta
- B. Muut mahdolliset arkistot
 - kiinteistöstä löytyy monesti "kadonneita" piirustuksia sähköpääkesuksesta, lämmönjakohuoneesta tai muista teknisistä tiloista

2. Kohteen asukkaiden ja kiinteistön käyttäjien tiedottaminen yhdessä tilaaajan kanssa

- A. Sopii tutkimuksen kenttätöiden aikataulun tilaaajan kanssa (liike- ja toimistotilat on huomioitava aina aikataulussa erikseen)
- B. Toimittaa tilaajalle tiedotteen hyväksyttäväksi
- C. Tarvittaessa täyttää tilaaajan tiedotepohjan ja toimittaa sen tilaajalle jaettavaksi

3. Tilaajan ja/tai huoltohenkilökunnan haastattelu

- A. Tilaajalla tai huoltohenkilökunnalla voi olla tutkimuksen kannalta oleellista tietoa, joka ei käy piirustuksista tai korjaushistoriasta

4. Tutkimuksen kenttätöet

- A. Kohteen silmämääräinen ja kokemusperäinen tarkastaminen
 - Lämmöntuotantolaitteet
 - Lämmönsiirtimet
 - ikä
 - tyyppi/valmistaja
 - teho
 - vuotojäljet
 - verkostojen lämpötilat ja vertailu suunniteltuihin arvoihin
 - muut kuntoon vaikuttavat seikat
 - Pumput
 - ikä
 - tyyppi/valmistaja
 - vuotojäljet
 - sivuäännet
 - Rakennusautomaatio
 - Alakeskuksen ja toimilaitteiden
 - ikä
 - tyyppi/valmistaja
 - vuotojäljet
 - asetusarvot
 - toiminta
 - Varo- ja paisuntalaitteet
 - ikä
 - tyyppi/valmistaja
 - vuotojäljet
 - (esipaine)
 - toiminta
 - Muut järjestelmään kuuluvat laitteet
 - mudanerottimet
 - ilmanerottimet jne.
 - Vesimittari
 - sijainti
 - verkoston paine
 - tonttijohdon materiaali
 - kunto
 - pääsulkuventtiilit
 - kunto ja toimivuus
 - Paineenalennus/vakiopaineventtiilit
 - kunto ja toimivuus
 - Paineenkorotusasemat
 - ikä
 - tyyppi
 - asetusarvot
 - sivuäännet
 - Muut mahdolliset vedenkäsittelylaitteet
 - esim. elektroniset vedenkäsittelylaitteet

...kuntotutkijan vastualueet

- Verkostojen venttiilit
 - ikä
 - tyyppi
 - venttiilien toimivuus ja kunto
 - sulkuventtiilit
 - linjasäätöventtiilit (LJ ja LVK)
 - patteriventtiilit
 - verkoston säädöt (ovatko venttiilit säädetty ja säätöarvot merkitty?)
- Putket ja putkireiitit
 - Putkimateriaalit
 - alueputket
 - kaivot
 - runkojohdot
 - pohjaviemärit
 - nousujohdot
 - nousuviemärit
 - kytkentäjohdot
 - kytkentäviemärit
 - Putkireittien mahdolliset riskirakenteet
 - maanvaraisten lattioiden alla kulkevat putkireiitit
 - Näkyvät vauriot
 - vuotojäljet
 - korjatut vuodot
 - kannakevauriot
 - putkistot
 - patterit
 - ilkivalta
- Eristeet
 - materiaali
 - näkyvät vauriot
 - mahdollinen asbesti huomioitava

- B. Tutkimuskohtien (esim. röntgenkuvaus ja viemäriin TV-kuvaukset) määrittäminen
- riittävä määrä putkistojen todellisen kunnon määrittämiseksi
- C. Tutkimusten suorittaminen
- röntgenkuvaus
 - viemäriin TV-kuvaus
 - ultraäänipaksuusmittaukset
 - näytepalojen otto
 - vesinäytteet
 - muut mahdolliset putkistojen tai laitteiden kuntoa mittaavat menetelmät

5. Tutkimustulosten läpikäynti (analyysi)

- A. Röntgenkuvien tulkinta mm.
- jäljellä olevat seinämävahvuudet esim. % alkuperäisestä seinämän vahvuudesta
 - mustumat, luokitus
 - sakkakertymät
 - asennusvirheet (liitokset, materiaalivirheet, hitsit, kolhut)
 - korroosiotyypit
 - jäljellä oleva käyttöikä

B. Viemärikuvausten tulokset

- Toiminnallisen kunnon määrittäminen
 - vajaat liitokset
 - siirtymät
 - painumat, takalaskut
 - muodonmuutokset
 - sakkakertymä
 - irtokertymä
 - rasvakertymä (suurkeittiöt)
- Havainnot teknisestä kunnosta
 - syöpyvät per materiaali
 - valurauta
 - ruostumaton teräs
 - haponkestävä teräs
 - betoni
 - muoviviemäriin halkeamat ja muut tekniseen kuntoon vaikuttavat vauriot

C. Ultraäänipaksuusmittausten tulokset

- seinämävahvuudet
- syöpymien laaja-alaisuus
- ovatko syöpyvät paikallisia vai pistemäisiä

D. Näytepalojen laboratoriotutkimusten tulokset

- seinämävahvuudet
- korroosiotyypit

E. Muiden mahdollisten putkistojen tai laitteiden kuntoa mittaavien menetelmien tulosten tulkinta

F. Tutkimustulosten vertailu keskenään

- tukevat toisiaan
- ovat ristiriitaiset
 - aiheuttaa mahdollisen lisätutkimustarpeen
- tulosten vertaaminen tutkimustulosten tietokantaan

6. Raportin koonti ja kirjoitus (synteesi)

A. Yhteenveto

B. Tulokset järjestelmittäin

C. Toimenpide-ehdotukset ja kustannusarviot ja lisäksi tarvittaessa:

- riskit
- suositeltavat jatkotutkimukset
- toimenpiteiden suoritusjärjestys.

D. Liitteet, esimerkiksi vauriokartat, viemäreiden TV-kuvauksen tallenne, röntgenkuvat ja kuvauspaikat, jne.)

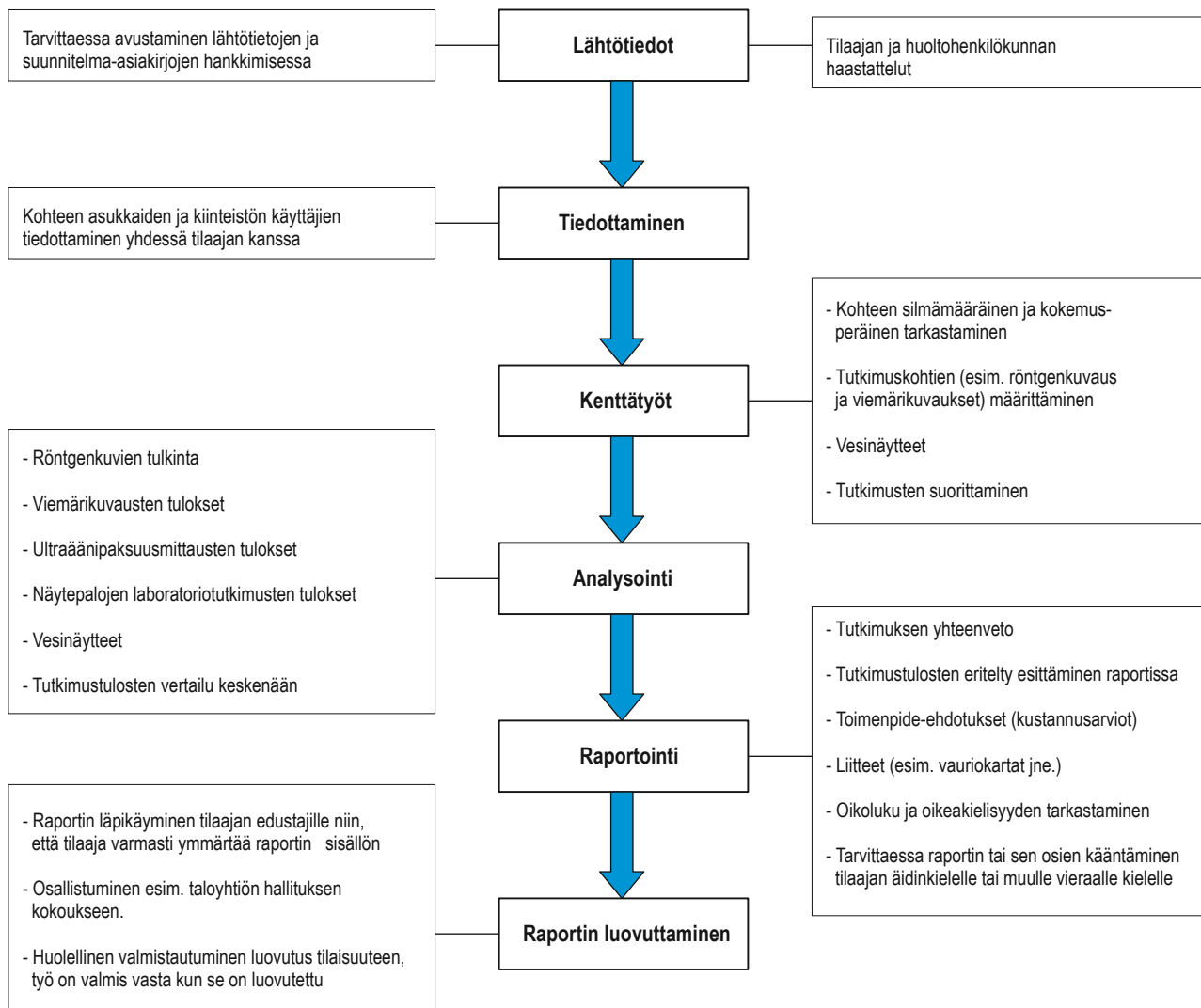
E. Oikoluku ja oikeakielisyyden tarkastaminen

7. Raportin luovutus (dialogi)

A. Raportin läpikäynti tilaajan edustajille niin, että tilaaja varmasti ymmärtää raportin sisällön

- B. Osallistuminen esim. taloyhtiön hallituksen kokoukseen.
- huolellinen valmistautuminen luovutustilaisuuteen, työ on valmis vasta kun se on luovutettu





Kaavio 2. Kuntotutkijan tehtävät, vastuut ja roolit.

Jatkotoimenpiteistä vastaa tilaaja. Jos tilaaja haluaa tutkijan jatkavan hankkeessa, oli se sitten suunnittelua, valvontaa, toteuttamista tai mitä muuta tahansa tutkimuksen luovuttamisen jälkeen tehtävää työtä, on erittäin tärkeää huomata, että tutkija ei ole enää tutkija vaan esim. konsultti. Tässä ohjeessa ei ole jatkotoimenpiteiden prosessikuvausta, vaan ainoastaan tutkimuksen prosessi on käsitelty.

2.3. Tutkimusmallit

Kuntotutkimus (ensimmäistä kertaa tehtävä kuntotutkimus)

Ensimmäinen kuntotutkimus on suositeltavaa tehdä ennen kuin putkistoissa alkaa esiintyä vuotoja tai muita vaurioita. Kun putkistojen kuntotutkimus tehdään ensimmäistä kertaa kiinteistöön, niin on sen sisältö hieman poikkeava seurantatutkimuksesta tai laadunvarmistukseen käytetystä tutkimuksesta. Kuntotutkimukset prosesseina ovat kui-

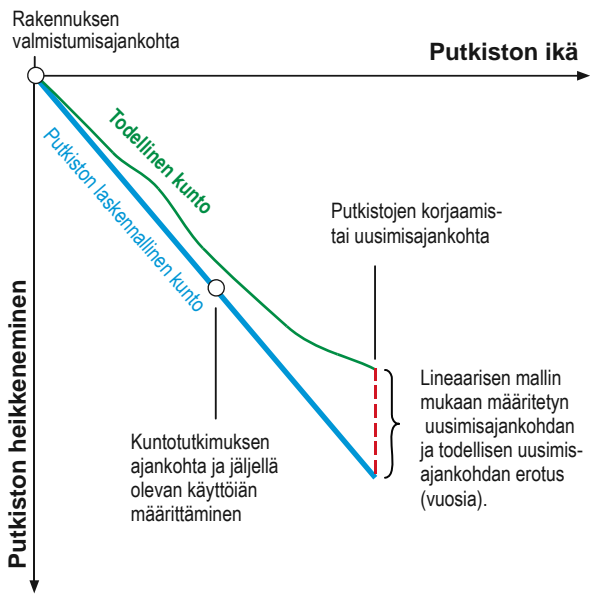
tenkin keskenään verrannolliset ja samat työvaiheet seuraavat toisiaan.

Ensimmäistä kertaa tehtävässä kuntotutkimuksessa lähtötiedot kartoitetaan huomattavasti laajemmin ja tietolähteitä on useita, verrattuna seurantatutkimukseen. Lähtötiedoista poimitaan tarpeellista tietoa kuntotutkimuksen kenttätöiden suorittamiseksi sekä raportin kirjoittamista varten. Suurin ero seurantatutkimuksen verrattuna on kuitenkin raportoinnissa, koska kuntotutkimuksessa ei ole pohjalla aikaisempaa tutkimustietoa.

Raportissa tehdyt johtopäätökset putkistojen kunnosta, jäljellä olevasta käyttöiästä ja toimenpideehdotuksista perustuvat ainoastaan tehtyyn kuntotutkimukseen, jolloin esim. korroosion eteneminen perustuu laskennalliseen malliin.

Kuntotutkimuksen perusteella voi olla mahdollista, että tutkittujen järjestelmien kunto on niin huo-

no, että uusintatutkimusta ei ole edes järkevää suositella. Jos kuntotutkimuksen tuloksien perusteella putkistojen jäljellä oleva laskennalliset käyttöiät ovat yli 5 vuotta, niin on seurantatutkimuksen suosittaminen tilaajalle perusteltua. Putkistojen kunnan heikkeneminen uusinta- tai korjauskuntoon ei ole välttämättä lineaarista. Ensimmäistä kertaa tehtävässä kuntotutkimuksessa tutkimustulosten perusteella laskennallisesti määritetty käyttöikä tulee olla kuitenkin lineaarinen (**Kaavio 3**).



Kaavio 3. Laskennallisen kunnan ja todellisen kunnan ero.

Seurantatutkimus (putkiston jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen ja kunnan muutosten seuranta)

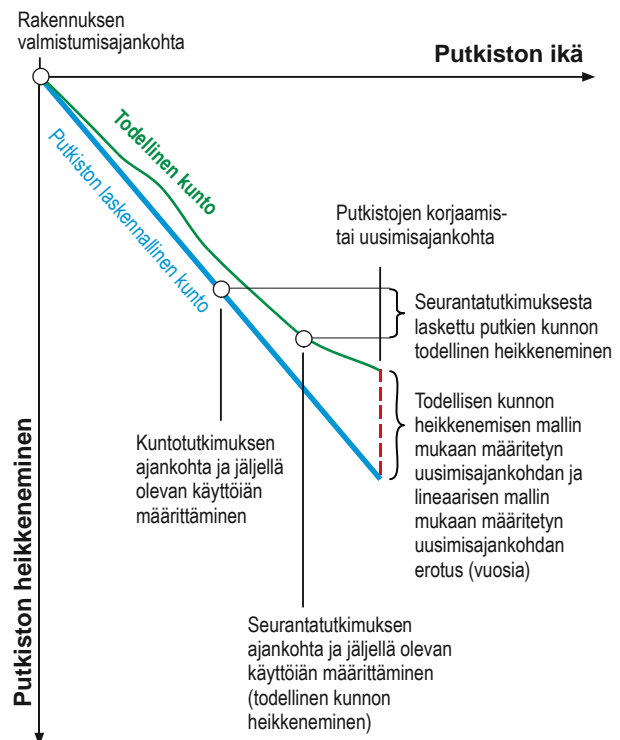
Seurantatutkimuksen tärkein lähtökohta on aikaisemmin tehty kuntotutkimus. Lisäksi tutkimusten välinen historiatieto tulee olla tutkijan tiedossa (vuodot, ongelmat, jne.). Seurantatutkimuksen kulku on pääasiassa sama kuin kuntotutkimuksessa. Lähtötietojen keräysvaihe on tosin suppeampi, koska lähtötietona käytetään aikaisemmin tehtyä tutkimusta. Analysointivaihe on taas laajempi, koska tutkijan tulee tutustua ja analysoida myös ensimmäisen tutkimuksen näytteet. Tästä johtuu, että seurantatutkimus ei ole kustannuksiltaan merkittävästi halvempi, vaikka kenttätyövaihe ja lähtötietojen kerääminen on kevyempi.

Seurantatutkimuksen onnistumisen ehtona on, että kuntotutkimus on tehty vähintään ensimmäistä kertaa tehdyn kuntotutkimusotannan mukaisesti.

Ohessa on kuvattu tapauksia, joissa seurantatutkimuksen tulos voi johtaa väärin johtopäätöksiin putkiston jäljellä olevasta käyttöiästä:

- Aikaisemmin tehty kuntotutkimus on tehty liian suppeasti
 - tutkimusmäärät eivät alun perinkään ole olleet riittävät jäljellä olevan käyttöiän määrittämiseen
 - samanlaisen tutkimusotannan (suppean) toistaminen ei anna toistettunakaan luotettavaa lopputulosta
- Aikaisemmin tehty kuntotutkimus on tehty asiallisesti, mutta putkistoa on muutettu tutkituin osin
 - tutkimusotanta voi pienentyä merkittävästi ja luotettava lopputulos kärsii
- Tilaaja tai tilaajan edustaja haluavat, että seurantatutkimuksen tutkimuskohdat tai -määrät poikkeavat aikaisemmin tehdystä asianmukaisesta tutkimuksesta
 - tutkimusotanta tulisi olla sama kuin aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa

Seurantatutkimuksen tuloksia analysoitaessa verrataan saatuja tuloksia kuntotutkimuksen tuloksiin ja tämän perusteella on mahdollista muodostaa jäljellä olevan käyttöiän arvio kahden pisteen mukaan, kuten **Kaavio 4** esittää.



Kaavio 4. Putkiston jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen seurantatutkimuksen perusteella.

Seurantatutkimuksen lisäarvo ja hyöty on putkistojen todellisen kunnan heikentymisen parempi ennustettavuus, koska esim. todellinen korroosionopeus on mahdollista määrittää. Seurantatutkimus olisi suositeltavaa tehdä ensimmäisen kuntotutkimuksen tulosten määrittämässä aikataulussa, mutta esim. noin viisi vuotta on sopiva väli. Seurantatutkimuksen ajankohta riippuu kuitenkin ensimmäisen kuntotutkimuksen tuloksista, joten mitään yleispätevää ohjetta ei ole mielekääntä antaa. Esimerkiksi kuntotutkimus tehdään putkistojen teoreettisen elinkaaren puolivälin jälkeen tai loppupuolella, jolloin syöpymisvauhdin määrittää kuntotutkimuksen ja seurantatutkimuksen väliselle ajalle kuntotutkimuksen tulokset. Putkistojen jäljellä olevan käyttöikäennusteen tarkentuessa järjestelmien tekninen ja taloudellinen loppuun ajaminen on mahdollista ja sillä on taloudellista merkitystä tilaajalle.

Kuntotutkimuksen käyttäminen laadunvarmistuksessa ja ohjauksessa

Kuntotutkimuksia käytetään vähän uudisrakentamisessa ja perusparannuksessa laadunvarmistukseen. Viemäreiden sisäpuoliset kuvaukset ovat yleisimmin käytössä rakennusaikaisessa laadunvarmistuksessa, tosin käytäntö on varsin kirjava ja varsinaisesta kuntotutkimuksesta ei voi puhua, vaan yhden kuntotutkimusmenetelmän osittaisesta hyödyntämisestä. Lämmitysverkostojen hitsisaumojen RYL-mukaisen oikeellisuuden tarkastaminen röntgenkuvauksella on toinen nykyään yleisimmin käytetty menetelmä. Putkistojen pinnoitusten laadunvarmistusta on tehty näytekappaleiden ja röntgenkuvauksen avulla.

Tarve laadunvarmistukselle on kuitenkin ilmeinen, koska takuuaikaisia vikoja esiintyy yleisesti ja ”turhia” vikoja joudutaan korjaamaan, vaikka ne olisi voinut havaita jo aikaisessa vaiheessa, mikäli kuntotutkimus olisi laadunvarmistuksen osana. Tehdyissä kuntotutkimuksissa on havaittavissa usein asennusvirheitä esim. 1970-luvun kiinteistöissä. Tällaisia asennusvirheitä valvoja ei voi havaita, koska virheet ovat näkymättömissä. Näistä asennusvirheistä johtuvaa putkistojen kunnan heikkenemistä on havaittu kuntotutkimuksissa.

Jos asiakas haluaa käyttää kuntotutkimusta laadunvarmistuksessa, voi tutkimus sisältää mm. seuraavia asioita:

- Talotekniikka RYLLin-ohjeiden noudattaminen asennuksissa
 - viemärien kaadot oikein
 - hitsisaumat tehty ohjeiden mukaan

- CE-merkintöjen ja tyyppihyväksynnän tarkastaminen
 - sertifioitujen tuotteiden käyttö
- Nesteanalyysit suljetuissa verkostoissa
 - onko verkostot puhdistettu ja ylläpidetty asianmukaisesti.

Kuntotutkimus soveltuu hyvin putkistojen pinnoitusten ja sujutusten laadunvarmistukseen ja -ohjaukseen. Laadunvarmistukseen tähtäävän kuntotutkimuksen tavoitteet tulee määrittää siten, että tuloksista on yksiselitteisesti nähtävissä, että täytetäänkö korjaus sille asetetut yleiset laatuvaatimukset ja täyttääkö korjaus menetelmän omat laatuvaatimukset ja luvatut ominaisuudet esimerkiksi:

- Pinnoituksen paksuus
 - toimittajan ja materiaalivalmistajan ennakkoon antamat raja-arvot
- Pinnoituksen tarttuvuus
 - toimittajan ja materiaalivalmistajan ennakkoon antamat raja-arvot
- Pinnoituksen lujuus
 - toimittajan ja materiaalivalmistajan ennakkoon antamat raja-arvot
- Putkiston yleinen toimivuus
 - virtausaukot riittävän suuret
 - verkostoon liitetyt laitteet toimivat normaalisti

Laadunvarmistuksessa ja -ohjauksessa menetelmät ovat samoja kuin kuntotutkimuksessa, mutta ainetta rikkovat tutkimusmenetelmät ovat käytettyimpiä (näytepalat ja laboratoriokeet). Jos kuntotutkimusta käytetään laadunvarmistukseen tai -ohjaukseen, niin tilaajan tavoitteena ei ole putkiston jäljellä olevan käyttöiän selvittäminen, vaan tieto vastaako tehty työ sille asetettuja vaatimuksia, määräyksiä ja hyvää rakennustapaa sekä kuinka paljon mahdollinen virhe lyhentää putkiston käyttöikä.



3. LÄHTÖTIETOJEN KERUU

3.1. Tarvittavat lähtötiedot

Kuntotutkimukseen tarvitaan runsaasti lähtötietoja. Lähtötiedot ovat oleellinen osa kuntotutkimusta. Seurantatutkimuksen pääasiallinen lähtötieto on edellinen kuntotutkimusraportti, mutta osittain myös siihen tarvitaan samoja lähtötietoja kuin ensimmäistä kertaa tehtävään kuntotutkimukseen sekä tiedot tutkimusten välillä putkistoissa tapahtuneista muutoksista.

Lähtötietolähde on yleensä tilaaja tai tilaajan edustaja (isännöitsijätöimistö, kiinteistömanageri/-johtaja, kiinteistöpäällikkö, huolto-yhtiö, kiinteistön oma arkisto, rakennusvalvonnan arkisto, jne.). Tilaaja yleensä pääsee helpoiten käsiksi lähtötietoihin ja eri arkistoihin.

Myös kuntotutkija voi hankkia tai kerätä osan lähtötiedoista lisätyönä, yleensä kysymykseen tulee silloin piirustusten hankinta tai kerääminen eri lähteistä. Siitä pitää tutkijan kuitenkin sopia tilaajan kanssa tilauksen yhteydessä ja huomioida se myös tutkimusaikataulussa. Kohteesta riippuen lähtötietojen hankkiminen voi viedä pahimmillaan aikaa kuntotutkimukseen varatun ajan verran.

Tutkimuksen tekemisen kannalta oleellisia lähtötietoja ovat mm.:

1. Kiinteistön perustiedot (huom. on yleensä jo tarjouspyynnön liitteenä olevassa isännöitsijätodistuksessa)
2. Korjaushistoria
3. Tutkittaviin järjestelmiin kohdistuneet vauriot (Huom.! henkilöhaastattelut)
4. Suunnitelma-asiakirjat ja työselostukset
5. Viimeisin kuntoarvio
6. Kiinteistön rakennusosista tai järjestelmistä tehdyt tutkimukset ja selvitykset
7. Henkilöhaastattelut
8. Asukas-/käyttäjäkysely.

Oppaan liitteenä olevassa lähtötietoluettelossa ei ole eritelty mitä tietoja tarvitaan jo tarjousvaiheessa ja mitä sen jälkeen, vaan siihen on koottu yleensä kaikki kuntotutkimuksessa tarvittavat lähtötiedot (**LIITE 6**).

1. Kiinteistön perustiedot

- Kohteen nimi
- Katuosoite
- Talotyyppi
 - asuinkerrostalo
 - rivitalo
 - liike- ja palvelurakennus, toimistorakennus
 - muu
- Rakennusten lukumäärä
- Porraskäytävien lukumäärä
- Valmistumisvuosi ja käyttöönottovuosi
- Pinta-ala- ja tilavuustiedot
- Asuinhuoneistojen lukumäärä
- Liikehuoneistojen lukumäärä
- Muiden tilojen lukumäärä tai koko
 - esim. autohalli
- Lämmitysmuoto (kaukolämpö, öljylämmitys, suorasähkö, yösähkö-, jne.)
- Viemärintiijärjestelmät; jätevesi, sadevesi, öljynerotus, rasvanerotus, pumppaamot
- Salaojajärjestelmä
- Kattotyyppi ja materiaali
 - viemärikuvauksia varten hyvä tietää
- Korjaushistoria (huom. isännöitsijätodistuksessa ei ole kaikkia korjauksia, vaan yleensä Peruskorjaukset ja -parannukset (investoinnit), osakkaiden tekemiä korjauksia ei ilmoiteta eikä Vuosikorjauksia, jotka voiva olla mittavia ikääntyneessä kiinteistössä)
- Asunto-osakeyhtiössä viiden vuoden korjaustarveselvitys.

Suurin osa näistä kiinteistön perustiedoista on saatavissa asunto-osakeyhtiön isännöitsijätodistuksesta.

2. Korjaushistoria

- Tutkittaviin järjestelmiin kohdistetut korjaustoimenpiteet
- Lämmöntuotantolaitteiden uusiminen (kaukolämpö, kattilalaitos jne.)
- Putkistojen uusinnat ja uusintojen laajuustiedot
 - Alueputket
 - Tonttijohdot
 - Rakennuksen sisäpuoliset verkostot
 - Lämmitysverkosto
 - Käyttövesiverkosto
 - Viemäriverkosto
- Venttiileiden uusiminen
 - Lämmitysverkosto
 - Sulkuventtiilit
 - Linjasäätöventtiilit
 - Onko perussäätö tehty samassa yhteydessä?
 - Käyttövesiverkosto
 - Sulkuventtiilit (kylmä/lämmin)
 - Linjasäätöventtiilit
 - Onko perussäätö tehty samassa yhteydessä?
- Vauriokohta: putki / liitos
- Tehtyjen korjaustoimenpiteiden toteuttamisajankohta
- Vuosikorjaukset kolmelta viimeiseltä vuodelta
- Asunto-osakeyhtiössä, osakkaiden tekemät huoneistoremontit.

Korjaus- ja vauriohistorian tietoja tutkija käyttää kuntotutkimuksen kenttätöiden kohdistamiseen. Historiatietoja tarvitaan myös raportin kirjoitusvaiheessa ja tuloksien analysointivaiheessa. Jos myöhemmin tutkimuksen analysointivaiheessa havaitaan merkittävä ristiriita putkiston korjaushistorian / vauriotietojen ja tehtyjen tutkimustulosten välillä, on se kirjoitettava raporttiin. Jos sille ei ole loogista selitystä, niin tilaajalle tulee ehdottaa viimeistään raportin esittelyssä lisätutkimuksen tekemistä.

3. Tutkittaviin järjestelmiin kohdistuneet vauriot
<ul style="list-style-type: none"> ■ Lämmöntuotantolaitteiden viat (kaukolämpö, kattilalaitos jne.) ■ Putkivuodot <ul style="list-style-type: none"> • Alueputket • Tonttijohdot • Rakennuksen sisäpuoliset verkostot <ul style="list-style-type: none"> □ Lämmitysverkosto □ Käyttövesiverkosto □ Viemäriverkosto ■ Venttiileistä johtuvat vuodot <ul style="list-style-type: none"> • Lämmitysverkosto • Käyttövesiverkosto • Viemäriverkosto (padotusventtiili) ■ Viemäriverkoston tukokset <ul style="list-style-type: none"> • Vesivuotojen ja kosteusvaurioiden sijainti ■ Rakenteiden sisällä / näkyvillä ■ Muut tutkittaviin järjestelmiin liittyvät vauriot

4. Suunnitelma-asiakirjat
<p>Suunnitelma-asiakirjojen hankkiminen on yleensä tilaajan vastuulla.</p> <p>Täydellisiä ja paikkansa pitäviä piirustuksia ei ole aina saatavissa tilaajalta tai arkistoista. Esimerkiksi putkistoihin tehdyistä muutoksista ei ole käytettävissä tarkkevia, joten kenttätöiden alussa silmämääräisen tarkastuksen yhteydessä on hyvä tarkistaa vielä näytteidenotto- ja kuvauspaikat. Piirustukset ovat kuitenkin tutkijalle niin keskeinen lähtötieto ja työkalu, että ne on oikeastaan oltava tutkijan käytettävissä ennen tutkimuksen kenttätöiden aloitusta ainakin jonkin tasoisena. Kokemus on osoittanut, että loppujen lopuksi melko harvassa tapauksessa suunnitelma-asiakirjoja ei ole saatavilla.</p> <p>Asiakirjoja kannattaa hakea seuraavista paikoista tai kysyä seuraavilta tahoilta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kiinteistön yleiset ja tekniset tilat <ul style="list-style-type: none"> • Lämmönjakuhuone • Sähköpääkeskus • Taloyhtiön arkisto, taloyhtiön yhteiset varastot tai kokoonmistilat • Siivouskomerot jne. ■ Suunnittelutoimistoilta <ul style="list-style-type: none"> • Suunnittelutoimistojen omat arkistot ■ Talonmieheltä / huoltomieheltä ■ Kaupunkien ja kuntien rakennusvalvonta <ul style="list-style-type: none"> • Esim. Helsingin kaupungin Arska-palvelu ■ Viimeisen peruskorjauksen tai -parannuksen suunnittelijalta

Suunnitelma-asiakirjat kuten työselitykset/ työselostukset ja piirustukset auttavat tutkijaa muodostamaan kokonaiskäsityksen kiinteistöstä ja putki-

järjestelmistä sekä auttavat tutkimuksen kenttätöiden suunnittelussa. Järjestelmien sijainnit, kulureitit ja putkikoot selviävät piirustuksista. Tutkimuksen kenttätöiden suorituksen ja näytteiden ottopaikat suunnitellaan yleensä piirustusten avulla ja ne tarkennetaan vielä kenttätöiden alussa silmämääräisesti. Vauriokartat, näytteidenottopaikat, viemäreiden TV-kuvauspisteet, jne. merkataan myös piirustuksiin, ellei muuta tilaajan kanssa ole sovittu ja liitetään ne raportin liitteeksi.

5. Henkilöhaastattelut

Tutkija saa myös kuntotutkimuksen lähtötietoja haastattelemalla kiinteistön henkilökuntaa. Vaurio- ja korjaushistoria muodostavat rungon näille haastatteluille. Kuntotutkimuksen kannalta tärkeimmät haastateltavat ovat tilaajan ja huolto-organisaation edustajat. Aukkaiden tai kiinteistön käyttäjien haastattelut kuntotutkimuksen toteuttamiseksi eivät ole välttämättömiä, mutta joskus tilaajalla voi olla syynsä pyytää myös asukaskyselyn tekemistä kuntotutkimuksen yhteydessä. Kuntotutkijan tehtävä on pelkistää haastattelujen tuloksista olennaiset asiat. Haastateltavien subjektiiviset mielipiteet eivät saa vaikuttaa tai ohjata tutkimuksen lopputulosta, vaan tutkijan pitää muodostaa korjaustarpeesta oma kantansa tutkimustuloksiin ja analyysiinsä perustuen, vaikka ne olisivat ristiriidassa tilaajan tutkimukselle asettamien tavoitteiden kanssa.

Haastattelujen apuna tutkija voi käyttää muistilistoja tai valmiita lomakkeita. Oppaan lomake- ja muistilistamallit ovat esimerkkejä ja toivotaan, että tutkijat kehittävät niitä edelleen. Malleissa on kuitenkin kuntotutkimuksen kannalta perustieto, joka tarvitaan tutkimuksen tekemiseen ja se on syytä säilyttää, kun lomakkeita kehitetään eteenpäin. Haastattelu on hyvä tehdä siten, että itse kirjaa asiat ylös (esim. valmiiseen lomakkeeseen) sen sijaan, että lähettäisi lomakkeen isännöitsijälle tai huoltomiehelle täytettäväksi. Lomakkeissa täytyy aina huomioida ”kaikki” mahdolliset asiat ja ne voivat vaikuttaa sekavilta, mikä vaikuttaa vastaajan intoon täyttää kaikki kohdat ja jotain olennaista voi jäädä puuttumaan. Oppaassa on esitetty muutamia lomakemalleja, joita voi käyttää pohjana (ks. **LIITE 6**). Esimerkiksi Perustietolomakkeeseen tutkijan tulee koota vain se tieto, josta on apua kenttätöissä ja raportin kirjoituksessa.

Tilaajalta ja huoltomieheltä kysytään paljon samoja asioita, mutta vastaukset voivat olla erilaisia. Huoltomieheltä voi saada paljon tutkimuksen kannalta tietoa, etenkin jos hän on ylläpitänyt kiinteistöä pidemmän aikaa.

4. KUNTOTUTKIMUKSEN KOHDISTAMINEN

4.1. Tutkimuksen laajuus

Kuntotutkimus tehdään siinä laajuudessa, että saadaan luotettava kokonaiskuva järjestelmien toimivuudesta, kunnosta ja uusimistarpeesta sekä riskeistä korjaustoimenpiteiden ehdottamiseksi tilaajalle. LVV-kuntotutkimukseen sisältyy yleensä kiinteistön lämmöntuotantolaitteet, lämmönluovuttimet varusteineen, kaikki sisä- ja ulkopuoliset lämmitysputket ja vesijohdot, jätevesi- ja sadevesiviemärit sekä tilaajan kanssa erikseen sovittaessa myös salaojajärjestelmä.

Putket, järjestelmät ja laitteet tarkastetaan aistienväisesti (pääasiassa silmämääräisesti) näkyviltä osin kauttaaltaan yleisissä ja yhteisissä tiloissa, ryömintätiloissa ja ullakolla tai vesikatolla. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota:

- putkien, laitteiden ja varusteiden ikään,
- erityisesti eri aikoina asennettuihin järjestelmän osiin ja laitteisiin
- käytettyihin putkimateriaaleihin ja niiden asennusjärjestykseen (esimerkiksi sinkitty putki 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 putkien korjausmenetelmiä
- putkien ja viemäreiden liitostapoihin ja liitosten kuntoon
- näkyvissä olevien viemäreiden osalta kaatoon
- asennusten määräystenmukaisuuteen, mm. eri viemärijärjestelmien erottimet, vesijohdoissa yksisuuntaventtiilit, takaisinimusoijat, jne.

Huoneistot ja mahdollisia liiketiloja tarkastetaan tarvittaessa otantana. Laajuus asuinhuoneistojen osalta voi olla esimerkiksi 10...15 %. Liiketiloja tarkastetaan sen mukaan, missä on ilmennyt tutkitavissa järjestelmissä ongelmia tai joissa on erityisiä LVV-teknisiä laitteita. Mahdollisista toimistotiloista voidaan tarvittaessa tarkastaa vähintään yksi tyypillinen kerroksen osa tai koko kerros ja lisäksi sellaisia alueita, joiden käyttäjät ovat kyse-lyssä tai haastattelussa kertoneet ongelmista.

Ennen aistienväistä tarkastusta, näytteiden ja röntgenkuvien ottoa, viemäreiden TV-kuvausta tulee kuntotutkijalla olla käytettävissä riittävät lähtötiedot, LVV-piirustukset ja käyttäjäkyselyiden vastaukset tai haastattelut tehtynä, jotta kaikkiin tutkimuksen kannalta oleelliset tilat tulee huomioitu kenttätöiden suunnittelussa ja kenttätöiden aikana tiloissa käydään. Lähtötietoja on käsitelty tarkemmin **Luvussa 3**.

Aistienväisen tarkastuksen lisäksi tutkimuksen luotettavuus on suoraan verrannollinen oikein kohdistettujen tutkimusnäytteiden määrään. Tässä oppaassa annetut tutkimusnäytteiden määrät ovat vähimmäismääriä järjestelmistä otettavien näytteiden määrästä ja muiden tutkimusmenetelmien vähimmäislaajuuksia luotettavien tutkimustulosten varmistamiseksi.

Putkien röntgenkuvaus

Ohessa on suositus otettavien röntgenkuvien määrästä (**Taulukko 1**). Tässä oletetaan, että porraskäytävien ja nousulinjojen lukumäärä ovat suhteessa toisiinsa. Filmin tai paneelin, jolle kuvat otetaan, on oltava tarpeeksi suurikokoinen, jotta putkista saadaan mahdollisimman suuri osuus kuvattua. Suositeltavaa on käyttää mahdollisimman suurta filmikokoa, kun käytetään perinteistä, erillistä filmiä käyttävää, kuvausmenetelmää. Taulukossa 3 on esitetty suositus röntgenkuvien määrästä järjestelmäkohtaisesti. Samaan kuvaan voi olla mahdollista ottaa vierekkäisiä kylmä- ja lämminvesijohtoja tai lämmitysputkia. Tällöin tulee muistaa, että samaan röntgenkuvaan tulevien useampien kuin yhden eri putkilinjan tulee olla samaa putkimateriaalia eikä eri putkilinjojen ulkohalkaisijat saa poiketa toisistaan merkittävästi. Röntgenkuvien oikeaoppisen arvostelun kannalta peruslähtökohtana on pidettävä sitä, että yhdessä röntgenkuvassa on kuvattuna ainoastaan yksi putkilinja.

Taulukko 1. Röntgenkuvien vähimmäismäärä asuin-kerrostalon porrashuoneiden mukaan määriteltynä.

Porrashuoneita	SV	JV	KV	LV ja LVK	LJ	LP
1	1-2	3-4	3-4	3-4	1-2	1-2
2	2-3	4-5	4-5	4-5	2-3	2-3
3	3-4	5-6	5-6	5-6	2-3	3-4
3+n	4+n	6+n	6+n	6+n	3+n	4+n

SV = sadevesiviemäri (jos kyseessä on erillisviamäröinti)

JV = jätevesiviemäri (ja sekaviamäröinti)

KV = kylmävesijohto

LV = lämminvesijohto

LJ = lämmitysputki

LP = lämmityspatteri

Ulkopuolisten viemäreiden ja salaojien sisäpuoliset TV-kuvaukset

Viemäri- ja salaojaverkostojen sisäpuoliset TV-kuvaukset, tulee suorittaa ensisijaisesti ilman painehuuhtelua, koska kuvauksilla haetaan tutkimustietoa myös eri verkostojen toiminnallisesta kunnosta.

Rakennuksen ulkopuolisten viemäreiden ja salaojien kuvaukset suoritetaan sovitussa laajuudessa. Tutkimustiedon kannalta olennainen osalta on saada kuvattu vähintään 50 % viemäri- ja salaojaverkostoista. Osassa kiinteistöjä on aiheellista pyrkiä 100 % kuvauslaajuuteen, mutta monesti se ei ole teknisesti ja kustannusmielessä mahdollista. Salaojajärjestelmän toimivuuden osalta tulee selvittää perusvesikaivoon purkavien putkien ja tarkastuskaivojen kunto ja korjaustarve.

Viemäreiden sisäpuoliset TV-kuvaukset rakennuksen sisällä

Viemäriverkostojen sisäpuoliset TV-kuvaukset rakennuksessa, tulee suorittaa ensisijaisesti ilman painehuuhtelua, koska kuvauksilla haetaan tutkimustietoa myös eri verkostojen toiminnallisesta kunnosta.

Rakennuksen sisäpuolisten viemäreiden kuvaukset suoritetaan sovitussa laajuudessa. Tutkimustiedon määrän ja tutkimuksen luetettavuuden on pyrittävä kuvamaan vähintään 50 % alapohjan alla tai rakenteiden sisällä olevista vaakakokoojaviemäreistä (runkoviemäri). Osassa kiinteistöjä on aiheellista pyrkiä 100 % kuvauslaajuuteen, mutta monesti se ei ole teknisesti ja taloudellisesti mahdollista.

Rakennuksen jätevesipystyviemäreitä kuvataan otantana, ellei tilaajan kanssa ole sovittu laajemmasta kuvauksesta. Suositeltava määrä on kuvata noin 10-20 % pystyviemäreistä, kuitenkin jokaisesta rakennuksesta tulee kuvata vähintään yksi jätevesipystyviemäri. Rakennuksessa, jossa keittiöillä on oma pystyviemärinsä, on suositeltavaa kuvattava ainakin yksi kyseistä linjaa. Asuntojen viemärihajotusten kuvaukset sovitaan aina tapauskohtaisesti ja ne eivät sisälly perustutkimukseen.

Jos rakennuksessa on erillisviemärointi, sadevesipystyviemäreitä kuvataan otoksena, jos se on teknisesti mahdollista. Umpivirtausviemäreiden osalta sisäpuolinen kuvaus voi olla teknisesti vaikeaa suorittaa. Suositeltava määrä on noin 10-20 % pystyviemäreistä, kuitenkin jokaisesta rakennuksesta tulee kuvata vähintään yksi sadevesipystyviemäri, jos se on teknisesti mahdollista.

4.2. LVV-järjestelmien kriittiset kohdat

Kuntotutkimuksen yhteydessä otettavien näytteen määrä on kuitenkin rajallinen. Keskikokoisen asuinkerrostalon viemäriverkostojen kokonaispituus on noin 800...1200 m ja 100 % tutkimuslaajuus ei ole mahdollista kohtuullisin kustannuksin eikä se ole verkoston kunnan ja korjaustarpeen kannalta edes tarpeellista.

Edellä esitetyt tutkimusnäytemäärät tulee jakaa kiinteistössä luotettavalla tavalla ja pyrkiä löytämään järjestelmän kriittiset kohdat (ks. Luku 4.3). Kriittisten kohtien määrittämiseen auttavat putken pinnalla näkyvissä olevat vauriot tai mahdolliset verkoston riskikohdat, joita voivat olla esim.:

- Vuotojäljet tai tihkuvuodon aiheuttamat pahkurat putkistossa
- Vuotojäljet putkieristeissä
- Sinkityn teräspanputken liian pitkät kierteitykset
- Huonosti tehdyt kupariputkien liitokset
- Putkien korjauksissa käytetyt väärät materiaalit (kuumasinkitty teräs ennen kuparia)
- Kupariputkien messinkiosissa tai -liitoksissa näkyvät vaaleat saostumat ovat merkki messingin läpäisseydestä sinkinkadosta
- Valurautaputken pinnalle muodostuneet ruostekohoumat ovat merkki seinämän läpäisseydestä korroosiosta. Putkesta voi tihkua läpi vettä ja pintaan tulee ruosteinen vesivana.
- Yleisiä valurautaviemäreiden vaurioita ovat mekaaniset vauriot, kuten huonot lyijyliitokset sekä haljenneet muhvit tai putken nousu muhvista.
- Sisäpuolisten kerrostumien määrää valurautaviemäreissä voidaan arvioida akustisesti koputtelemalla pintaa metalliesineellä: ”puhdas putki” helähtää kirkkaasti, mutta tukkoisesta ja kerrostumia sisältävästä viemäriputki kopisee vaimeasti. Vaimean äänen voi aiheuttaa myös pitkälle grafitoitunut valurautaputki.

Eri verkostojen kriittisiksi tiedettyjä kohtia:

- Lämmitysverkoston heikoimpia kohtia ovat liitokset, haarat ja mutkat sekä venttiilit ja patterit.
- Vesijohtoverkostojen kriittisiä kohtia ovat liitokset, juotokset ja dimensiomuutokset, mutkat ja haarat, lämpimän veden kiertopumpun läheisyydessä olevat kiertovesiputket, suuren virtausnopeuden tai seisovan veden alueet, asennusvirheet sekä venttiilit.

- Valurautaviemärien heikoimpia kohtia ovat verkoston alimmat osat, jyrkät suunnan muutokset ja mutkat, ullakolla olevien tuuletusviemäreiden vaakasiirtymät ja keittiöiden haara- ja pystyviemäri, silloin kun putkessa viemäroidään vain keittiöiden jätevettä.
- Muoviviemäreiden heikoimpia kohtia ovat putkiliitokset ja pystyviemäreiden pohjakulmat
- 1960-luvun lopun ja 1970-luvun alun UPO:n ”Uponyl” tuotemerkillä tehdyt PVC-muoviviemärit. Kyseisessä putkessa on havaittu vuosien varrella stabilisaattorien haihtumista, joka aiheuttaa putken haurastumista. Erityisesti liimaamalla tehdyt liitokset altistavat haurastuneen putken lämpölaajenemisen kanssa rikkoutumiselle.

Riskialttiita kohtia verkostoissa ovat myös seuraavat kohdat:

- Lämmitysverkostoon lisätyt korroosionestoaineet eli inhibiitit voivat muuttaa verkostossa olevan veden aggressiiviseksi, jos pitoisuutta ei ole säännöllisesti tarkistettu ja pidetty oikealla tasolla.
- Lämmitysverkostoon lisätty happirikas vesi voi aiheuttaa teräsputkien ja pattereiden nopean syöpymisen. Kriittisenä määränä pidetään vuosittaista vedenlisäystä, joka ylittää 5 % verkoston tilavuudesta. Kuntotutkija tulee selvittää veden lisäyksen huoltohenkilökunnalta ja jos se ylittää kriittisen rajan, lisätään lämmitysputkista ja -pattereista otettavien röntgenkuvien määrää vähintään 50 %.
- Kupariputkien messinkiliitokset haurastuvat ja menettävät tiiviytensä sinkinkadon vaikutuksesta. Liitostapa tulee selvittää ja erityisesti messinkiliitosten tapauksessa niihin liittyvät riskit (eivät kestä mekaanista rasitusta) tulee mainita kuntotutkimusraportissa.
- Erityisesti rakenteiden sisään asennetut ja maassa sijaitsevat metalliputket ovat alttiita ulkopuoliselle korroosiolle. Jos putki on suoraan kosketuksissa ympäröivään rakenteeseen tai maahan, putki syöpyy nopeasti ulkopuolelta, jos mukana on kosteutta. Näiden putkien kuntoa on mahdoton tutkia avaamatta rakenteita tai kaivamalla putkia maasta esiin, joten ne tulee aina mainita riskikohtina kuntotutkimusraportissa ja suosittaa niiden uusimista sopivassa yhteydessä.

- Ryömintätiloissa yms. näkyvissä olevien metalliputkien tulee olla hyvin eristettyjä ulkopuoliselta kosteudelta.
- Kylmävesijohtojen lämmöneristysten tulee olla höyrytiivitä. Kuntotutkimuksessa tulee näkyvissä olevien kylmävesiputkien osalta ja mahdollisuuksien mukaan muiltakin osin tarkastaa, että eristeiden saumat on teipattu asianmukaisesti ja eristykset ovat muutenkin höyrytiivitä. Lämpimissä tiloissa kylmävesiputken pinnan ja eristeen väliin tiivistyvä kosteus voi aiheuttaa putken syöpymisen ulkopuolelta.
- Putkien eri palo-osastot toisiinsa yhdistävissä läpivienneissä on tarkastettava, että palokatkot ovat tiiviit ja määräysten mukaiset. Lisäksi muiden läpivientien osalta tulee näkyviltä osin tarkastaa, etteivät putket ole suoraan kosketuksissa rakenteeseen erityisesti on kiinnitettävä huomiota märkätilojen läpivienteihin. Putki voi syöpyä ulkopuolelta, kun se on suoraan kosketuksessa kosteaan betoniin kanssa. Lisäksi tästä voi aiheutua ääniongelmia (runkoääni) ympäröiviin tiloihin (ks. **LIITE 3. Akustiikka**). Puutteelliset palokatkot ja läpiviennit raportoidaan tilaajalle.

4.3. Tutkimuskohtien valitseminen

Varsinaiset tutkimukset kohdistetaan näkyvissä oleviin putken ulkopintaan asti ulottuviin vaurio-kohtiin sekä verkostojen kriittisiksi tiedettyihin kohtiin. Lisäksi **Luvussa 4.2** mainitut riskialttiit kohdat selvitetään ja tarkastetaan.

Kun valitaan röntgenkuvauspaikkoja, niin on aina huomioitava säteilyturvallisuus ja että ulkopuolisten pääsy kuvauksen aikana kuvausalueelle pystytään 100 % estämään. Röntgenkuvauspaikat pyritään keskittämään yleisissä tiloissa runkoputkien ja nousulinjojen lähtöihin. Röntgenkuvauksia huoneistoissa tulee välttää. Kuvauspaikkoja valittaessa tulee huomioida, että röntgenkuvauksessa käytetty filmikasetti tai digitaalinen kuvalevy mahtuu kuvattavan putken taakse.

Jos tutkimuksessa otetaan putkistoista koepaloja, valitaan ottopaikat mahdollisuuksien mukaan niin, että kyseinen putkisto-osuus saadaan suljettua koepalan ottamisen ajaksi muusta verkostosta vaivattomasti. Vaihtoehtona on paineellisen putkiosuuden sulkeminen jäädyttämällä. Ennen näytepalan ottamista tulee työn suorituksessa huomioida mahdollinen asbestia sisältävän putkieristeen purku sekä lisäksi näytepalan paikalle asennettava uusi putkiosuus ja putkieristys.

Ulkopuoliset viemärit TV-kuvataan kaivoista käsin. Pohjaviemäreiden TV-kuvauspaikoiksi sopivat kaivojen lisäksi puhdistusluukut, joita yleensä on sijoitettuna pystyviemäreiden alapäähän ja sisäpuolisiin pohjaviemäriin määräväleihin. Pystyviemärit voidaan kuvata ylhäältä alaspäin ullakolla sijaitsevista tuuletusviemäreiden puhdistusluukusta (jos niitä on) tai yläpäästä vesikatolta käsin. Jos kuvaaminen ei ole mahdollista ullakolta tai vesikatolta, voidaan kuvausta suorittaa myös pohjakerroksen pystyviemäreiden puhdistusluukuista vastavirtaan tai ylimmässä kerroksessa irrotettavien wc-kalusteiden poistoviemäriin kautta. Kuvauspaiikat paikannetaan ennen varsinaisia kuvauksia tehtävässä kiinteistö tarkastuksessa.

Jos kaivojen ja luukkujen kansiin ei päästä käsiksi, ne ovat jumiutuneet tai maan alla tai tarvitaan kalusteirrotuksia, on näistä tutkimuksen aputoista sovittava tilaajan kanssa tilauksen yhteydessä. Aputyöt on mahdollista suorittaa lisätyönä tai kuntotutkijan johdolla tilaajan laskuun tilaajan putkiliikkeen toimesta.

Mittaus- ja kuvauskohdat sekä koepalojen paikat merkitään kentällä putkistoon ja piirustuksiin.

4.4. LVV-järjestelmien tekninen toimivuus

LVV-järjestelmät lämmittävät rakennusta pitäen yllä osaltaan rakennuksen sisäilmastoa, käyttäjien viihtyvyyttä, toimeliaisuutta ja terveyttä. Käyttäjät saavat puhdasta ja oikean lämmintä käyttövedettä mihin vuorokauden aikaan tahansa sekä ne kuljettavat pois kiinteistöstä käytetyn veden, jäte- ja sadeveden sekä perustusten veden. Sen vuoksi on tärkeää selvittää teknisen kunnan lisäksi myös järjestelmien toimivuus.

4.4.1 Lämmöntuotantolaitteet (lämmönsiirtimet)

Lämmöntuotantolaitteiden toimivuus selvitetään havainnoimalla aistinvaraisesti laitteiden toimintaa sekä lukemalla järjestelmän omista mittareista hetkelliset toiminta-arvot ja vertaamalla niitä asetusarvoihin. Poikkeamien syyt selvitetään tai tehdään ehdotukset raportissa lisätutkimuksista ja/tai huoltotoimenpiteistä. Lämmönsiirtimien tiiviys testataan painekoneen avulla (esim. paikallisen kaukolämmön toimittajan ohjeiden mukaisesti).

Lämmitysverkostot

Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän kuntoa ja toimivuutta arvioidaan mm.:

- verkoston meno- ja paluuveden lämpötilojen perusteella
- verkoston tutkimushetken paineen perusteella
- testaamalla pää- ja linjakohtaisten sulkua ja säätöventtiilien toimintaa otantana
- patterikohtaisten meno- ja paluuveden lämpötilojen perusteella
- huonelämpötilojen perusteella
- arvioimalla säätölaitteiden sekä säätö- ja patteriventtiilien kuntoa
- käyttäjäpalautteiden perusteella
- huoltohenkilökunnan haastattelun perusteella
- edellisen perussäädön suoritusajankohdan perusteella.

Venttiilien testaamisessa tulee käyttää harkintaa ja varmistaa aina etukäteen pääsulkuventtiilien sijainti. Selkeästi huonokuntoisiin venttiileihin ei kannata vuotoriskin vuoksi koskea.

Vesijohtoverkostot

Vesijohtoverkoston toimivuutta arvioidaan mm.:

- vertaamalla vesijohtopaineen oloarvoa suunniteltuun tai tarpeen mukaiseen arvoon, liian suuri paine rasittaa putkistoa ja aiheuttaa paineiskuja verkostoon, liian pieni paine näkyy riittämättöminä virtaamina ja pitkinä odotusaikoina verkoston ääripäässä, syynä voi olla myös mitoitusvirhe
- vertaamalla mitattuja vesikalusteiden virtaamia RakMK osan D1 mukaisiin normivirtaamiin, ylisuuret virtaamat nostavat tarpeettomasti vedenkulutusta ja kertovat liian korkeasta vesijohtopaineesta
- mittaamalla lämpimän veden meno- ja paluuveden lämpötilat ja odotusaika verkoston epäedullisimmassa pisteessä
- tarvittaessa voidaan mitata myös kylmän veden lämpötiloja, liian korkea kylmän veden lämpötila aiheuttaa ylimääräistä veden juoksumusta.

Lämpimän käyttöveden tavoitelämpötila vanhoissa verkostossa on +55 °C. Lämpimän käyttöveden paluuveden lämpötila tulisi legionellavaaran vuoksi olla suositusten mukaan vähintään +50 °C. Meno- ja paluuveden lämpötilaero kertoo lämmönkulutuksesta kiertovesijohdossa ja sitä tulee verrata suunniteltuihin arvoihin. Vanhoissa järjestelmissä jäähtyminen voi olla liian suurta aiheuttaen paluuveden jäähtymisen alle sallitun alarajan.

Ellei menoveden lämpötilaa voida nostaa, tulee suositella lämpimään käyttövedeen kytkettyjen lämmityslaitteiden korvaamista muilla ratkaisuilla

sopivassa yhteydessä. Hanasta laskettavan käyttöveden lämpötila ei turvallisuussyistä saa missään tilanteessa nousta yli +65 °C ja tällaisesta tapauksesta tulee olla toimiva hälytys. Lämpimän käyttöveden odotusaika tulee olla enintään RakMK osan D1 mukainen.

Kylmän käyttöveden lämpötila ei saa nousta yli +20 °C.

Jätevesiviemäriverkostot

Jätevesiviemäreiden toimivuutta arvioidaan tekemällä silmämääräisiä havaintoja kohteessa ja mahdollisesti otantana tehtävin käyttökokein. Ongelmista järjestelmän toiminnassa indikoivat esimerkiksi:

- havainnot tai käyttäjien kertomukset viemäriverkoston toimintahäiriöistä ja hajuongelmista tai tulvimisesta, etenkin niissä kaupungin osissa, joissa on kunnan sekavesijärjestelmä
- vuotojäljet sisäpuolisissa jätevesiviemäreissä tai kosteusvauriot niitä ympäröivissä rakenteissa.

Tarkemmin viemäreiden toimintaa päästään arvioidaan TV-kuvauksessa. Lisäksi otetaan huomioon kiinteistön kuntotutkimuskohteita valittaessa käyttäjien ja huoltohenkilökunnan raportoimat käyttöhäiriöt. Viemäriverkostoon asennetut padotusventtiilit tulee tarkastaa käyttökokein.

Sadevesiviemäriverkostot

Sadevesiviemäreiden toimivuutta arvioidaan tekemällä silmämääräisiä havaintoja kohteessa. Järjestelmän toiminnan ongelmia indikoivat esimerkiksi:

- veden lammikoitumiset vesikatolla ja piha-alueella
- havainnot tulvimisjäljistä rakenteissa tai käyttäjien kertomukset tulvista rakennuksessa esimerkiksi rankkasateella tai keväisin lumien sulaessa
- vuotojäljet sisäpuolisissa sadevesiviemäreissä tai kosteusvauriot niitä ympäröivissä rakenteissa.

Tarkemmin viemäreiden toimintaa päästään arvioidaan kuntotutkimuksen yhteydessä tehtävässä TV-kuvauksessa. Viemäriverkostoon asennetut padotusventtiilit tulee tarkastaa käyttökokein ja

sadevesikaivojen lähtökäyrien kunto, että ne ovat ehjät estävät kiintoaineen pääsyn verkostoon.

Salaojaverkosto

Salaojien toimivuutta arvioidaan tekemällä silmämääräisiä havaintoja kohteessa. Ongelmista järjestelmän toiminnassa voivat kertoa esimerkiksi:

- kosteusvauriot alimman kerroksen seinärakenteissa
- putkien korkoasema kaivoissa
- kokonaan kuivat tai täynnä olevat salaojien tarkastuskaivot.

Salaojaverkoston osalta tulee selvittää, minne perustusten vedet on ohjattu perusvesikaivon jälkeen ja että perusvesikaivon padotusventtiili on asennettu oikein ja että venttiili on toimintakunnossa ja salaojaverkoston tarkastuskaivojen lietepesät eivät ole täynnä.

Tarkemmin salaojien toimintaa päästään arvioidaan kuntotutkimuksen yhteydessä tehtävässä TV-kuvauksessa.

Pumppaamot

Pumppaamojen kunto tarkastetaan silmämääräisesti ja pumppujen käyntiautomaatiikan ja hälytysten toiminta testataan.

Öljyn-, hiekan- ja rasvanerotuserottimet

RakMK osa D1 määrittää, missä tapauksissa tilan viemärit on varustettava öljyn-, hiekan- tai rasvanerottimella ennen kytkemistä viemäriverkkoon. Kuntotutkimuksessa tarkastetaan, että asianmukaiset erottimet on asennettu verkostoon. Erottimien kunto tarkastetaan silmämääräisesti ja huoltohenkilökunnalta selvitetään tyhjentämiskäytännöt. Tärkeää on, että tyhjennysvastuusta on sovittu kiinteistön omistajan ja tilojen käyttäjien kesken ja että erottimet on varustettu toimivilla hälytyslaitteilla. Erottimia palvelevien viemäreiden tutkimukset suoritetaan vastaavalla tavalla, mitä jätevesiviemäriverkoston tutkimukset.

Lämmöntalteenotto- ja jäähdytysverkostot

Lämmön talteenottoon ja jäähdytykseen liittyvien putkistojen kuntoa voidaan tutkia samoilla menetelmillä kuin lämmitysputkien. Läpivalaisukuvia otetaan vähintään 1 kpl / LTO-piiri tai tarpeellinen määrä verkoston koosta riippuen.

5. TUTKIMUSVAIHEEN SUORITTAMINEN

5.1. Yleisiä periaatteita

Putkistojen kuntotutkimuksien teon yhteydessä kuntotutkijan tulee aina huomioida tilojen käyttäjät. Tutkimusvaiheen tiedotusta ja vastuuta on käsitelty tarkemmin **Luvussa 2**.

Tutkimusvaiheessa huomioidaan sekä tilojen käyttäjien että tutkijoiden turvallisuus. Röntgenkuvattessa varmistetaan, ettei kukaan ole säteilyalueella ja säteilyalueella olevia tiloja ei saa käyttää kuvauksen aikana. Säteilysuojelun määrittää röntgenkuvaaja, jonka ohjeistusta muiden tulee noudattaa, ja hänellä tulee olla suoritettuna Säteilysuojelukeskuksen hyväksymä säteilysuojelututkinto.

Jos tutkimuksen aikana havaitaan rikkonaisia pölyäviä asbestieristeitä tutkimusalueella, tutkimus keskeytetään ja asiasta tiedotetaan tilaajalle. Tutkimusta jatketaan, kun tilaaja on poistanut asbestipölyn vaaran. Vaihtoehtoisesti tutkimusta voidaan jatkaa, jos käytetään suojavarustusta, joka vastaa asbestityön edellyttämiä turvallisuusohjeita.

Erityisesti on hyvä muistaa kenttätöissä, että kellaritiloissa voi olla piilotettuna huumeruiskuja, yleensä niitä on putkimattojen päällä kellarikäytävillä. Käden työntäminen paikkaan, johon ei ole näköyhteyttä, voi olla vaarallista. Varmuuden vuoksi tulisi käyttää myös aina riittävän vahvoja suojakäsineitä.

Tutkimislaajuus määritetään yleensä tarjouksessa, tutkimusnäytteiden kohdentaminen silmämääräisessä tar-

kastuksessa. Seuraavissa luvuissa on käsitelty eri järjestelmät ja niille suoritettavat tutkimustoimenpiteet.

Tutkimusmenetelminä voidaan käyttää viemäreiden sisäpuolista TV-kuvausta, radiograafista kuvausta (röntgenkuvaus), ultraäänipaksuusmittausta ja koepaloja. Viemäriverkoston sisäpuolinen TV-kuvauksen suoritetaan ensisijaisesti ennen viemäreiden painehuuhtelua, koska rakennuksen sisäpuolisten viemäreiden ollessa kyseessä kuvauksella haetaan viemäriverkoston toiminnallista kuntoa. Piha-alueen viemäreiden osalta voi olla joissakin tilanteissa suositeltavaa suorittaa painehuuhtelu ennen kuvausta.

Kaikki tutkimustulokset tulee dokumentoida, jotta saatuja tutkimustuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa ja jatkotutkimuksia voidaan verrata aikaisempaan tutkimukseen. TV-kuvaukset tallennetaan sähköiseen muotoon. Röntgenkuvaukset luovutetaan tilaajalle joko filminä tai digitaalista röntgenkuvausta käytettäessä sähköisessä muodossa. Esimerkiksi kaikki röntgenkuvauskohdat merkitään piirustuksiin ja kentällä / kohteeseen.

Kuntotutkija voi arvioidessaan silmämääräisesti kentällä laitteiden ja järjestelmien kuntoa, uusimistarvetta, riskejä ja näytteidenottoaikoja käyttää apuna LVI- ja KH-ohjeen (LVI 01-10424, KH 90-00403) ”Käyttöikäodotukset”-taulukkoita.

Oheen (**Taulukko 2**) on koottu eri järjestelmiin soveltuvat tutkimusmenetelmät. Tutkimusmenetelmien soveltuvuus on esitetty asteikolla -1...1.

Taulukko 2. Tutkimusmenetelmien soveltuvuus järjestelmäkohtaisesti. Selitteet: -1 = menetelmä ei sovellu tutkimiseen, 0 = menetelmä soveltuu tutkimiseen, mutta se ei anna luotettavaa tietoa, 1 = menetelmä soveltuu tutkimiseen.

Järjestelmä	Tutkimusmenetelmä				
	Visuaalinen tarkastus	Sisäpuolinen kuvaus (TV-kuvaus tai endoskoopi)	Ultraääni-tutkimus	Radiografinen kuvaus	Koepala***
Rakennuksen ulkopuoliset putkijärjestelmät					
Vesijohdot- ja lämmitysputket	1	0	-1 / (0)*	-1 / (0)*	1 / (0)*
Jäte- ja sadevesiviemärit	1	1	-1	-1	-1
Salaojat	1	1	-1	-1	-1
Rakennuksen sisäpuoliset putkistot					
Valurautaviemärit ja muut metalliset viemärit	1	1	0	1	1
Muoviviemärit	1	1	-1	-1 / (0)**	1
Kupariset vesijohdot	1	0	-1	1	1
Sinkkistä teräksestä olevat kylmävesijohdot	1	0	0	1	1
Komposiitista olevat vesijohdot	1	0	-1	1	1
Muoviset vesijohdot	1	0	-1	-1	1
Vaihtoehtoisin menetelmin korjatut vesijohdot	1	0	-1	1	1
Teräksiset lämmitysputket	1	0	0	1	1

* HUOM! Ulkopuolisten putkien tarkastus rajoittuu tarkastuskaivoihin tai edellyttää putkien esille kaivamista.

** HUOM! Kuvauksella on mahdollista havaita esim. liitosvirheet, sakkakertymät ja putken säröilyt.

*** HUOM! Koepalojen käyttö LVV-kuntotutkimuksissa on vähäistä (harkitaan aina tapauskohtaisesti). Koepalat tarkastaa aina erityisasiantuntija laboratorioissa

5.2. Rakennuksen ulkopuoliset putkistot

Käyttövesi- ja lämmitysputket

Rakennuksen ulkopuolisten vesi- ja lämpöjohtojen tutkimukset vaativat yleensä kaivojen kansien tai putkien esille kaivamisia ja kaivujälkien siistimistä tutkimuksen jälkeen. Näistä lisätöistä tulee sopia aina tilaajan kanssa tilauksen yhteydessä. Vaihtoehtoisesti kuntotutkija on huomionnut lisätyöt tarjouksessa erillishinnalla tai tiedottanut niistä tilaajalle tarjouksessa.

Ulkopuolisten putkien tarkastus rajoittuu yleensä venttiilikaivoihin ja paikallisesti esille kaivettuihin putkiin. Joissakin tilanteissa putkien tarkastus onnistuu myös rakennusten sisällä olevista alueputkien lähtö- tai nousukaivoista. Metallisten vesijoh-tojen- ja lämmitysputkien kunnan määrittämiseen soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräisen tarkastuksen lisäksi, ultraäänitarkastus ja röntgenkuvaus sekä harvemmin käytetty näytepalan otto.

Venttiilikaivon tai kiinto- tai ohjauspistekaivon tarkastuksessa tulee ottaa huomiin muuan muassa seuraavaa:

- kaivon materiaali
- kaivon rakenteellinen kunto, vesitiiviys ja kansiston kunto
- askelrautojen kunto
- putkieristeiden kunto
- kaivon salaojituksen kunto (kerääntykö kaivoon vettä)
- venttiileiden sekä kiinto- ja ohjauspisteiden kunto
- putkien kannakoinnin kunto
- kaivon tuuletuksen kunto ja toimivuus
- pumppauksen tarve
- kaivon laitteiden välitön huoltotarve
- putkien ulkopuoliset syöpymät (lämmitysputket, jos kaivoon on pääsy vettä)
- kaivon paikka, jos poikkeaa piirustuksista

Jos alueputkia on kaivettu esille, on tärkeää tarkastaa putkielementin eristyksen kunto ennen eristeen purkua ja putken tutkimista. Lisäksi salaojituksen ja vuotohälytysjärjestelmän kunto, jos sellainen on asennettu verkostoon.

Jäte- ja sadevesiviemärit

Rakennuksen ulkopuolisille viemäreille soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräinen tarkastus

viemäreiden tarkastus- ja sadevesikaivojen kautta sekä viemäreiden sisäpuolinen TV-kuvaus. Rakennuksen ulkopuoliset jäte- ja sadevesiviemärit TV-kuvataan sisäpuolisesti tilaajan kanssa sovitussa laajuudessa. Vähimmäislaajuutena voidaan pitää 50 % ulkopuolisesta viemäriverkostoista. Kaivojen ja putkien materiaalit tarkastetaan ja kaivojen täyttöasteet mitataan tarvittaessa mittakepillä. Erityisesti kiinnitetään huomiota seuraaviin ongelmakohtiin:

- tukkeumat ja liettymät sekä rasvakerrokset
- painaumat, takalakut ja putkiliitoksien hammastukset
- putkien rikkoutumat ja halkeamat
- huonot liitokset
- korroosioauriot ja korroosion aiheuttama putken sisäpuolinen karheus (kerää kiintoainetta ja lisää tukkeutumista- ja käyttökeskeytysriskejä)
- puunjuuret putkien sisäpuolella
- välitön huoltotarve

Venttiilikaivon tarkastettavien kohtien lisäksi silmämääräisesti tarkastetaan seuraavat asiat kaivoissa:

- putkimateriaalit
- kaivon tekninen kunto
- kaivon pohjan sekä pohjakourun kunto (tärkeää on arvioida, että pohjakouru ohjaa jätevettä jouhevasti, esimerkiksi suunnanmuutokset kaivoissa eivät ole liian jyrkkiä ja että pohjakourun muotoilu ei kerää kiintoainetta)
- kaivossa olevan hiekan tai jätekertymän määrä

Kaivoista voidaan liittää raporttiin tarvittaessa kaivokortit.

Rakennuksesta ulos lähtevä pohjaviemäri kuvataan pohjaviemäriin tarkastusluukusta ensimmäiselle tarkastuskaivolle asti tai tarkastuskaivolta talon pohjaviemäriin vastavirtaan (jos on teknisesti mahdollista). Rakennuksen ulkopuoliset viemärit pyritään kuvaamaan tarkastuskaivoista aina kunnalliseen jäte- ja sadevesiliitoskohtaan asti tai haja-asutusalueella/kunnallisen viemäriverkostoalueen ulkopuolella viemäriin päättymiskohtaan asti.

Joissakin tapauksissa tekniset rajoitukset voivat estää kuvauksen suorittamisen halutussa laajuudessa, jolloin rajoituksen syy kirjataan raporttiin.

Jos tutkimuksessa havaitaan, että jäte- ja sadevesiviemäriin sijainti poikkeaa piirustuksista, se kirjataan raporttiin ja dokumentoidaan.

Salaojat

Rakennuksen salaojille soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräinen salaojakaivojen tarkastus ja kaivojen välisten salaojaputkien sisäpuolinen TV-kuvaus. Kaikki rakennuksen salaojat TV-kuvataan sisäpuolisesti, jos se on teknisesti mahdollista. Kuvaukset tehdään salaojakaivoista ja perusvesikaivosta käsin. TV-kuvauksessa kiinnitetään huomiota vikoihin ja vaurioihin. Tällaisia voivat esimerkiksi olla seuraavat:

- toiminnalliset vauriot, takalaskut, painautumat
- hiekka, liete, roskat ym. verkostossa
- puunjuuret
- auenneet putkiliitokset
- muut mekaaniset vauriot, esimerkiksi sortumat
- välitön huoltotarve

Silmämääräisesti tarkastetaan kaivoista ainakin seuraavat asiat:

- kaivojen materiaali
- kansistojen kunto
- salaojaputkien materiaali
- hiekan/lietteen määrä kaivojen sorapesissä
- tarkastusputkien riittävyys tarkastuksen ja huollon kannalta
- veden määrä kaivoissa: salaojajärjestelmä ei toimi, jos vettä on salaojaputken yläpuolelle asti tai perusvesikaivon padotusventtiilin läppä on juuttunut
- välitön huoltotarve

Kaivoista voidaan laatia tarvittaessa erillinen kaivokortti raporttiin.

Hyvin yleistä on myös, että tarkastuskaivot voivat olla maan peitossa. Jos tarkastuskaivojen ja -putkien kannet ovat maan peitossa, on niiden paikantaminen ja esille kaivaminen yleensä lisätyö, jonka kustannuksista tilaaja vastaa ellei ole muuta sovittu tilauksen yhteydessä. Metallisen tarkastuskaivon kannen löytää usein metallinpaljastimella. Kun tarkastuksessa löydetään yksi kaivo, voidaan TV-kuvauksen avulla paikallistaa muita tarkastusputkia ja -kaivoja.

Lisäksi jos voidaan, tarkastetaan, että veden virtaussuunta salaojaputkessa on oikea. Jos salaojien sijainnin havaitaan poikkeavan piirustuksista, se kirjataan raporttiin.

Lisäksi salaojaverkoston pluskorot voidaan mitata erillisenä työnä tai se voi kuulua tutkimuslaajuuteen. Yleensä korkomääritykset ja -kartat laatii erillinen konsultti.

Salaojaverkoston riskikohtia ja toimivuutta voidaan tutkia myös juoksuttamalla vettä kaivosta kaivoon mittaamalla lähtökaivosta syötetty vesi tulokaivossa sekä myös syötetyn veden virtausaika kaivojen välillä voidaan kellottaa.

5.3. Sisäpuoliset vesi- ja viemärijohtot

Valurautaviemärit ja muut metalliset viemäriputket

Valurautaviemäreille ja muille metallisille viemäreille soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräinen tarkastus, ultraäänitarkastus tietyin rajoituksin, röntgenkuvaus ja sisäpuolinen TV-kuvaus. Silmämääräisen tarkastuksen perusteella valitaan verkoston heikoimmat kohdat, joiden kuntoa tutkitaan edellä mainituilla tutkimusmenetelmillä tarkemmin. Valurautaviemäreiden kriittisiä kohtia on käsitelty tarkemmin **Luvussa 4.2**.

Ultraäänitarkastusta voidaan käyttää viemäriputkien paksuusmittaukseen tietyin ehdoin: ultraäänitarkastusta voidaan käyttää heikkokuntoisten viemäriosuuksien paikallistamisessa, mutta sitä ei voida käyttää pelkästään tutkimusmenetelmänä, sillä mahdollisuus syöpymien ja sitä kautta jäljellä olevan käyttöiän määrittelyn virhetulkintoihin on erittäin suuri. Ultraäänitarkastuksessa heikoksi havaittu putken kohta on siis aina varmistettava röntgenkuvaamalla.

Röntgenkuvauksella saadaan selville kerrostumien määrä, syöpymien laajuus, syöpymien syvyys ja halkeamat sekä kuonasulkeumat. Jos rakennuksessa on viemäri- ja sadevesijohdot, jotka palvelevat ainoastaan keittiöitä, pyritään ainakin yhdestä sellaisesta ottamaan röntgenkuva. Vaakaviemärit pyritään röntgenkuvaamaan mahdollisuuksien mukaan siten, että kuvaan saadaan sivuprofiili putken ylä- ja alaosasta. Mahdollisten umpivirtaussadevesiviemäreiden liitokset tulee tutkia röntgenkuvauksella minimissään 1-2 kohdasta, jos umpivirtausjärjestelmä on tehty metallisesta putkimateriaalista.

Rakennuksen alapohjan alla tai rakenteiden sisällä olevat vaakakokoojaviemärit (JV+SV) kuvataan sisäpuolisella TV-kuvauksella sovitussa laajuudessa. Vähimmäislaajuutena voidaan pitää 50 % viemäriverkostoista. Rakennuksen jätevesi- ja sadevesipystyviemäreitä kuvataan sovitussa laajuudessa. Vähimmäislaajuutena voidaan pitää 1-2 tuuletusviemäriä / järjestelmä / rakennus. Pystyviemäreiden kuvaamista voivat hankaloittaa putkien vaakasiirtymät. Umpivirtausviemäriä aiheuttaa kuvauskalustolle omat vaatimukset, koska putkikoko on huomattavasti tavanomaista viemäriputkea pienempi.

Pystyviemäreitä kuvattaessa tuuletusviemärin sisäpinnassa oleva ruoste ja pystylinjan sisäpintaan kertynyt kiintoaine voi irrota ja tippua pohjakulmaan. Kuvattaessa tuleekin huomioida tämä ja keskeyttää kuvaus ennen mahdollista pystyviemärin pohjakulman tukkeutumista. Mahdolliset irronneet tuotteet voivat kiinnittyä pohjakulmaan niin lujasti, että niiden irrottamiseen tarvitaan painehuuhtelua kuvauksen jälkeen.

Jos näytteiden otossa tai TV-kuvauksessa ilmenee seikkoja, jotka edellyttävät lisänäytteitä tai lisätutkimuksia, tulee niistä olla välittömästi yhteydessä tilaan ja selvittää tilaajalle lisätutkimuksen perusteet ja sopia niiden tekeminen tai kirjaaminen tutkimusraporttiin jatkotutkimukseksi.

Muoviviemärit

Muoviviemäreille soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräinen tarkastus, röntgenkuvaus (rajoituksin), sisäpuolinen TV-kuvaus ja näytepalat (rajoituksin). Silmämääräisen tarkastuksen perusteella valitaan heikoimmat kohdat, joiden kuntoa tutkitaan edellä mainituilla tutkimusmenetelmillä tarkemmin. Muoviviemäreiden kriittisiä kohtia on käsitelty tarkemmin **Luvussa 4.2**.

Röntgenkuvauksella saadaan selville esim. muoviviemäriinjojen pystynousujen alapäiden käyräosien mahdollisesta nopeasta vanhenemisestä (muoviputkiosien säröilyvaurioaihiot näkyvät röntgenkuvissa ennen varsinaisten putkiosien halkeama- tai lohkeamavaurioiden syntymistä), muoviviemäriosien välisten muhviiliitosten tyypistä ja kunnosta (esim. ovatko muhviiliitokset varustettuina kumirengastiivisteillä ja miten kumirenkaat ovat liitosten tiivisteuriin asettuneet) tai muoviviemäriinjojen sisällä olevien sakkakertymien laajuudesta. Röntgenkuvauslaajuus voi olla sama mitä metallisilla viemäriputkilla.

Rakennuksen alapohjan alla tai rakenteiden sisällä olevat vaakakokoojaviemärit (JV+SV) kuvataan sisäpuolisella TV-kuvauksella sovitussa laajuudessa. Vähimmäislaajuutena voidaan pitää 50 % viemäriverkostoista. Rakennuksen jätevesi- ja sadevesipystyviemäreitä kuvataan tarvittavassa laajuudessa. Vähimmäislaajuutena voidaan pitää 1-2 tuuletusviemäriä / järjestelmä / rakennus. Pystyviemäreiden kuvaamista voi hankaloittaa putkien vaakasiirtymät. Umpivirtausviemäriä aiheuttaa kuvauskalustolle omat vaatimukset, koska putkikoko on huomattavasti tavanomaista viemäriä pienempi.

Pystyviemäreitä kuvattaessa tuuletusviemärin sisäpinnassa oleva jätekertymä voi irrota ja tippua pohjakulmaan. Kuvattaessa tuleekin huomioida tämä ja keskeyttää kuvaus ennen mahdollista viemärin tukkeutumista. Mahdolliset irronneet tuotteet voivat kiinnittyä pohjakulmaan niin lujasti, että niiden irrottamiseen tarvitaan painehuuhtelua kuvauksen jälkeen.

Muoviviemäreistä voidaan ottaa koepaloja ja niitä voidaan tutkia laboratoriossa. Koepalojen määrä ja sijainti tulee harkita aina tapauskohtaisesti. Putkinäytteen analysointi tapahtuu aina erityisasiantuntijan toimesta laboratoriossa (materiaalista riippumatta), eikä putkien kuntotutkijan toimesta. Putkelle voidaan tehdä mm. vetokoe, jolloin tuloksia verrataan kirjallisuudesta saataviin arvoihin. Uutta, vastaava putkea ei voi välttämättä verrata vanhoihin putkiin, sillä muovin valmistusaineet ovat voineet vuosien saatossa muuttua.

Vaihtoehtoisin menetelmin korjatut viemäriputket

Sujutetun ja pinnoitetun viemäriputken kuntoa on mahdollista tutkia röntgenkuvaamalla, TV-kuvauksen avulla ja näytepalojen avulla.

Jos näkyvissä olevia viemäriputkia on pinnoitettu, niitä voidaan tutkia röntgenkuvaamalla ja näytepalojen avulla. Pinnoitettujen viemäriputkien röntgenkuvasta tutkitaan pinnoitteen paksuutta. Pinnoitteen paksuuden tulisi olla vähintään 2 mm, jotta radiograafisesti voidaan luotettavasti tutkia. Lisäksi tutkitaan, onko pinnoite kiinni putkessa vai onko se irronnut putken sisäpinnasta. Tämä vaatii yleensä näytepalan ottamista putkesta ja näytteen tutkimista laboratoriossa.

Jos näytepaloja otetaan putkista, on sovittava etukäteen vastuut tilaajan kanssa, jotta näytepalan ottaminen ei esimerkiksi poista pinnoittajaurakoitsijan takuuta. Pinnoitteen paksuutta kannattaa tutkia erityisesti haara- ja mutkaosissa, jotka ovat pinnoitustyön kannalta haasteellisimpia. Vaakaviemäreissä röntgenkuva kannattaa ottaa siten, että voidaan tutkia pinnoitteen paksuus putken ylä- ja alapuolella. Röntgenkuvien määrä ja tutkimuksen laajuus tulee olla samaa tasoa kuin metallisilla viemäriputkilla.

Pinnoitetut viemärit TV-kuvataan samassa laajuudessa kuin valurauta- ja muoviviemärit on esitetty kuvattavan. Sisäpuolisella TV-kuvauksessa tulee huomioida erityisesti viemäreiden haarakohdat ja liitosten rajapintojen asianmukaisuus.

Kupariset vesijohdot

Kuparisille vesijohdoille soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräinen tarkastus ja röntgenkuvaus. Ultraäänimittausta ei suositella kupariputkien tutkimiseen, sillä kuparin korroosiomuodoista pistesyöpymät on suurin vaurioiden aiheuttaja. Koska pistesyöpymä on nimensä mukaisesti pistemäinen, sitä ei pystytä ultraäänimittauksella havainnoimaan tai todennäköisyys löytää syöpymiä on erittäin pieni.

Silmämääräisen tarkastelun perusteella valitaan tutkimuskohdat röntgenkuvien ottoa varten. Röntgenkuvista saadaan selville sisä- ja ulkopuoliset vauriot, pistesyöpymien laajuus ja niiden syvyys, korroosiotuotteiden määrä sekä putkiliitosten liitostapa ja virheelliset liitokset sekä myöskin viitteitä messinkijuotoksien sinkinkadon etenemisestä.

Sinkitystä teräksestä olevat kylmävesijohdot

Sinkitystä teräksestä oleville kylmävesijohdoille soveltuvat tarkastusmenetelmät ovat silmämääräinen tarkastus ja röntgenkuvaus. Ultraäänimittausta ei suositella kyseisten putkien tutkimiseen, sillä heikoimmat kohdat ovat yleensä kierteet ja liitokset. Näitä ei pystytä tutkimaan luotettavasti ultraäänimittaamalla.

Silmämääräisen tarkastelun perusteella valitaan tutkimuskohdat röntgenkuvien ottoa varten. Röntgenkuvista saadaan selville sisä- ja ulkopuoliset vauriot, korroosiotuotteiden määrä, virheelliset liitokset ja järjestelmän kriittisiä kohtia. Kuvasta määritetään jäljellä oleva seinämävahvuus.

Komposiittista olevat vesijohdot

Komposiittiputkien kuntoa voidaan tutkia silmämääräisen tarkastuksen lisäksi röntgenkuvaamalla. Monikerrospotken kerrosten paksuus voidaan röntgenkuvasta mitata ja tulosta verrata vertailukappaleen kerroksen paksuuteen. Jos tutkittavan monikerrospotken kerroksen paksuus on normaalia suurempi, kerrokseen on päässyt vettä turvottaen kerrosta. Lisäksi röntgenkuvauksella voidaan havaita, onko kerros irronnut toisesta kerroksesta.

Muoviset vesijohdot

Muovisten vesijohtojen kuntoa voidaan tutkia silmämääräisen tarkastuksen lisäksi koepalojen avulla. Muovisille vesijohdoille röntgenkuvaamista ei suositella kuntotutkimusmenetelmänä, koska menetelmällä ei saada mainittavaa lisätietoa putkiston kunnosta ja jäljellä olevasta käyttöiästä.

Vaihtoehtoisin menetelmin korjatut vesijohdot

Pinnoitettujen vesijohtojen kuntoa voidaan tutkia röntgenkuvaamalla ja koepalojen avulla. Pinnoitteen paksuuden tulisi olla vähintään 1 mm, jotta radiograafisesti voidaan tutkia luotettavasti. Kuvaamalla pyritään saamaan selville pinnoitteen paksuus ja pinnoitteen mahdollinen irtoaminen putken pinnasta. Pinnoitteen paksuutta kannattaa tutkia erityisesti haara-, liitos- ja mutkaosissa, mutta myös suoralla osuudella. Pinnoitettujen vesijohtojen kunnan tutkimisessa kannattaa kuvata radiograafisesti myös liitososia sekä tutkia niitä visuaalisesti. Erityisesti kupariputkien liitososat voivat olla hyvinkin hauraita messinkijuotosten sinkinkadon takia.

Jos pinnoitteessa havaitaan jotain normaalista poikkeavaa, varmistetaan havainnot koepalalla ja siitä tutkitaan esimerkiksi pinnoitteen tarttuvuutta.

Asunnoissa ja toimistotiloissa tehtävät kuntotutkimukset

Jos tilaajan kanssa on sovittu etukäteen, niin tarkastettaviksi tiloiksi valitaan sellaisia, joissa on mahdollisen käyttäjäkyselyn perusteella havaittu ongelmia. Lisäksi asunnot tai tilat pyritään valitsemaan siten, että niiden sijainti ja kerros jakautuu tasaisesti rakennuksessa ja niiden joukossa on myös verkostojen ääripäitä.

Tarkastettavissa tiloissa tarkastetaan vesi- ja viemärikalusteiden kunto ja ikä sekä kytkennät verkostoihin. Esimerkiksi astian- ja pyykinpesukoneiden kytkentöjen tulee olla RAKMK osan D1 mukaisia. Hanojen virtaamat voidaan mitata esimerkiksi mitatakupilla ja verkoston painetaso painemittarilla. Lämpimän käyttöveden odotusaika mitataan verkoston epäedullisimmassa pisteessä. Lisäksi tarkastetaan viemärien toiminta käyttökokein. Lattiakaivojen mahdolliset sivuliittymät ja korokerenkaan liitokset tarkastetaan. Lisäksi tarkastetaan vesieristeiden liittyminen lattiakaivoon. Lattiakaivojen liitoksia voidaan tutkia tarkemmin esimerkiksi fiberoskoopilla (Ks. **LIITE 3. Akustiikka**).

Pattereiden kunto ja ikä tarkastetaan silmämääräisesti. Lämmityskaudella voidaan mitata huonelämpötila keskeltä huonetta oleskeluvyöhykkeeltä. Pintalämpötilamittarilla voidaan mitata patterin meno- ja paluuvien lämpötilat. Jos patteri on varustettu termostaattiventtiilillä, ei patterin kuulu olla lämmin silloin, kun lämmitystarvetta ei ole. Jos patteri ei ole lämmin ja huonelämpötila on alhainen, tulee pyrkiä tarkemmin selvittämään syy.

Mitattu huonelämpötila, termostaatin asetus, patteriventtiilin malli, tyyppi ja ikä sekä meno- ja paluuveden lämpötilat kirjataan ylös.

Jos kerroksissa on näkyvissä pystyviemäreitä tai vesijohtoja, tulee osa röntgenkuvista ottaa myös näistä kerroksista.

5.4. Lämmitysjärjestelmät ja lämmitysputket

Kaukolämpölaitteet

Kaukolämmön lämmönjakokeskuksesta kirjataan ylös lämmönsiirtimien, säätölaitteiden, pumppujen ja paisuntalaitteiden tekniset tiedot. Samalla arvioidaan laitteiden kunto.

Lämmönsiirtimistä arvioidaan yleiskunto ja eristykset sekä tarkkaillaan mahdollisia näkyviä vuotoja. Pumppujen osalta kuunnellaan mahdollisia poikkeamia käyntiäännessä ja tarkastetaan moottorin lämpötila. Säätöventtiilien osalta tarkkaillaan epätavallista toimintaa, kuten jatkuvaa sahaamista eli säädön huojuntaa.

Säätökeskuksesta kirjataan ylös mahdollisuuksien mukaan ainakin seuraavat asetusarvot:

- lämmityksen säätökäyrä(t)
- hetkellinen ulkolämpötila
- lämmitysverkosto(je)n menoveden lämpötilan asetusarvo (hetkellinen)
- lämpimän käyttöveden lämpötilan asetusarvo

Oloarvot saadaan usein myös säätökeskuksesta tai keskukseen asennetuista osoittavista mittareista. Asetusarvoja verrataan oloarvoihin ja sen perusteella arvioidaan säätölaitteiden toimintaa ja asetusten järkevyyttä. Säädön toiminnalle on asetettu ohjearvoja Energiateollisuus ry:n K16/03 Kaukolämpölaitteiden toimintakoe.

Tarvittaessa laitteiden toiminnan ja kunnan tarkemmaksi tutkimiseksi on olemassa Energiateollisuus ry:n K3/95 Kaukolämmityslaitteiden katselmus.

Öljy- ja kaasulämmityslaitteet

Öljy- ja kaasulämmityslaitteista kirjataan ylös kattiloiden, polttimien, varaajien, säätölaitteiden, pumppujen ja paisuntalaitteiden tekniset tiedot. Samalla arvioidaan laitteiden kunto. Kattiloiden osalta arvioidaan yleiskunto ja eristykset. Pumppujen osalta kuunnellaan mahdollisia poikkeamia käyntiäännessä ja tarkastetaan moottorin lämpötila.

Säätölaitteiden osalta toimitaan kuten kaukolämpölaitteiden kohdalla. Mahdollinen savukaasun lämpötila mitataan erillistyönä, jos tätä tietoa ei ole tutkimuksen yhteydessä käytössä. Kattilalaitosten vuosihyötysuhteen selvittäminen on energiatalouden kannalta oleellista ja se voidaan selvittää lisätyönä.

Lisäksi tarkastetaan öljysäiliön sijainti ja kunto silmämääräisesti mahdollisuuksien mukaan. Säiliön materiaali, sijainti, koko ja valmistusvuosi kirjataan ylös. Säiliön viimeisin tarkastuspäivä selvitetään ja tarvittaessa suositellaan tarkastuksen uusimista.

Varaajien, kattiloiden ja säiliöiden kunto voidaan tarvittaessa tutkia tarkemmin samoilla menetelmillä kuin metalliputkienkin kunto. Kuntotutkija tekee tästä suosituksen tilaajalle ja tutkimus tehdään tarvittaessa lisätyönä tai kirjataan raporttiin jatkotutkimuksena.

Uusiutuvaa energiaa hyödyntävät lämmöntuotantolaitteet

Muiden lämmitysmuotojen kunnan tutkimiseen, kuten pellettilämmityksen, maa- ja aurinkolämmityksen, osalta sovelletaan edellä annettuja ohjeita sekä kyseisiin järjestelmiin ja laitteisiin liittyviä mahdollisia valmistajien antamia erityisohjeita. Lisäksi uusiutuvaa energiaa käyttävien laitteiden osalta oleellista on selvittää laitteiston vuosihyötysuhde.

Lämmitysputket ja -patterit

Teräsputkesta tehtyjen lämmitysputkien ja -pattereiden soveltuvia tarkastusmenetelmiä ovat silmämääräinen tarkastus ja röntgenkuvaus. Ultraäänimittausta ei suositella tutkimiseen, sillä heikoimmat kohdat ovat yleensä putkien kierteet ja liitokset. Näitä ei pystytä tutkimaan luotettavasti ultraäänimenetelmällä.

Ennen tutkimusta on selvitettävä tilaajalta lämmitysverkostoon syötetyn lisäveden määrä/vuosi tai täyttökerrat/vuosi, koska suuri täyttövesivirta tai jatkuvat verkoston täytöt indikoivat sitä, että verkosto vuotaa, verkostossa on syöpyymiä ja kiertovedessä on sakkaa, joka heikentää lämmitystehoa ja on myös käyttökeskeytysriski.

Visuaalisen tarkastuksen perusteella valitaan kuvauskohdat. Röntgenkuvasta tutkitaan syöpymät ja kerrostumat niin putkista kuin pattereista. Lämmityspattereista pyritään kuvaamaan ylä- ja alaosat, koska verkostoon syötetystä lisävedestä erottuva

happi kertyy yleensä ylimpien kerroksien pattereiden yläosaan ja aiheuttaa syöpymistä.

Myös pattereiden alaosaan kertyy sakkaa, yleensä verkoston ääripäissä ja kellareissa, joissa veden virtaus putkissa ja pattereissa on laminaarista. Sakka heikentää veden kiertoa patterissa ja siten lämmitystehoa sekä voi tukkia kokonaan patterin paluuputken ja säätötulpan.

Lämmitysverkostojen venttiilit tarkastetaan visuaalisesti ja toimintakokein. Linjasäätöventtiileiden osalta tarkastetaan niiden säätöarvot ja verrataan niitä suunniteltuihin. Patteriventtiileiden osalta tarkastetaan niiden malli ja soveltuvuus patterin sijoitukseen (esim. ikkunasyvennyksessä olevan patterin mahdollinen termostaatti vaatii ulkoisen anturin).

5.5. Tutkimusnäytteiden otto ja tarkastus

Röntgenkuvaus

Röntgenkuvaus on yleisin putkien sisäpuolisen kunnan, riskien ja uusimistarpeen ja -ajankohdan selvittämisessä käytetty menetelmä. Tutkimusmenetelmä on käytännöllinen sen vaivattomuuden ja luotettavuuden vuoksi. Röntgenkuvauksessa tulee huomioida erityisesti säteilyturvallisuus. Röntgenkuvauksen suorittaa erikoiskoulutuksen saanut henkilö pätevöityneen kuntotutkijan osoittamista kohdista. Röntgenkuvien tulkinna eli kuvatun kohteen kunnan, riskit, uusimistarpeen- ja ajankohdan tekee aina pätevöitynyt kuntotutkija.

Luku 4 käsittelee röntgenkuvien vähimmäismääriä luotettavan kuntotutkimuksen suorittamisessa.

Koepalan ottaminen

Koepaloja otetaan lähinnä silloin, kun halutaan tietää putken vaurioitumisen syy. Näytekappaleesta tutkitaan mm. korroosion laatu, onko se yleistä vai paikallista, korroosion syy, materiaalivirheet ja asennusvirheet. Koepalojen tutkimus vaatii yleisimmin laboratoriotutkimuksia.

Koepaloja voidaan kyllä käyttää röntgenkuvien lisänä varmistamaan röntgenkuvasta saatu tieto, mutta taloudellisesti se ei ole kannattavaa. Röntgenkuvasta saadaan jo selville korroosion laajuus ja syöpymien syvyys.

Koepalojen ottamista varten putken katkaisu tehdään kyseisen putkimateriaalin katkaisuun sovel-

tuvalla työkalulla. Mahdollisia putkivalmistajan ohjeita noudatetaan. Paineellisesta verkostosta koepala voidaan ottaa käyttämällä putken jäädytysmenetelmää. Joka tapauksessa ongelmien välttämiseksi linjan sulkuventtiilien ja pääsulkuventtiilin sijainti varmistetaan ennen näytteen irrottamista.

Metalliputkien sisäpinta kuivataan mahdollisimman hyvin heti irrottamisen jälkeen, jotta korrosio ei etene. Sen jälkeen putken päät suojataan muoveilla, jotta putkien sisälle ei pääse ylimääräisiä aineita.

Irrotusvaiheessa koepala tulee merkitä tarkasti ja dokumentoida valokuvaamalla.

Pinnoitetuista vesijohdoista voidaan ottaa koepaloja. Koepalojen ottamisessa on huomioitava tarkasti pinnoittajan ohjeet putkien liittämistä. Yleistä on, ettei pinnoitettuun putkeen saa liittää putkea juottamalla. Jos ei-avattavien rakenteiden sisältä halutaan ottaa koepala, uusi putkiosa on liitettävä avattavin liitoksin ja liitoksen kohdalle on tehtävä tarkastusluukku määräysten mukaisesti. Putken katkaisussa ja liitoksissa on kiinnitettävä huomiota siihen, ettei putken sisäpinnan pinnoite pääse hajoamaan. Pinnoitetusta putkesta voidaan tutkia pinnoitteen paksuus ja sen tasaisuus sekä pinnoitteen kiinnitarttuvuus. Poikkileikkaushieestä nähdään, onko pinnoitetun putken pinta ollut puhdas vai onko pinnoitteen alla ruostetta tai muita epäpuhtauksia.

5.6. Muuta huomioitavaa tutkimuskohteessa

Kuntotutkimusta tehdessään kuntotutkijaa tulee aina ymmärtää ja hahmottaa rakennuksen osat ja järjestelmät kokonaisuutena sekä miten järjestelmät ja rakennusosat toimivat, yhdessä tai mitä riskejä toimimattomuuteen sisältyy esimerkiksi kosteusvauriot, jotta hän voi suositella tilaajalle perustellusti lisätutkimuksia.

Ilmanvaihdon kuntotutkimus on aiheellinen, kun havaitaan esimerkiksi seuraavia ongelmia:

- rakennuksessa leviävät hajut
- tunkkainen tai huono sisäilma
- veto ja väärät painesuhteet
- huurtuneet ikkunat.

Jos ilmanvaihdon kuntotutkimuksesta ei löydetä syytä kyseisiin ongelmiin tai muuten ilmenee tarvetta, voidaan tutkimus laajentaa sisäilmaston

kuntotutkimukseksi, jossa tutkimuksen kohteena ovat tekniikan lisäksi rakenteet (rakennusfysiikka) ja sisäilman epäpuhtaudet.

Kosteus- ja hometutkimus on tarpeen silloin, kun putkiston kuntotutkija tekee havaintoja kosteusvaurioista, jotka eivät ole putkivuodoista lähtöisin. Kosteusvauriot voivat ilmetä:

- näkyvinä läikkinä katoissa ja muissa rakennusosissa
- halkeilevana tai hilseilevänä maalipintana
- ummehtuneena hajuna
- kosteana pintamateriaalina tai
- suoranaisena homekasvustona.

Energiakatselmus on tarpeen silloin, kun kuntotutkija tekee havaintoja tarpeettomasta energiankulutuksesta, kuten esimerkiksi:

- lämmitysenergiankulutus on poikkeavan suuri
- ikkunoita pidetään paljon auki lämmityskaudella
- liian korkeat huonelämpötilat erityisesti tiloissa joissa ei ole termostaatteja
- huonelämpötilat vaihtelevat suuresti.

Haitta-ainekartoitus on tarpeen silloin, kun kuntotutkija tekee havaintoja esimerkiksi:

- kolhiintuneista ja pölyävistä asbestimateriaaleista
- jne.



YH Kuvapankki / Piirjo Fein

6. TUTKIMUSTULOSTEN ANALYSOINTI

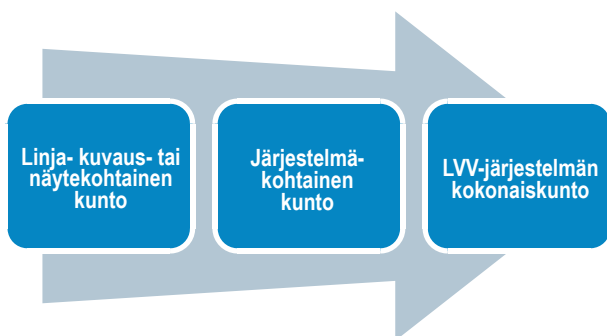
6.1. Kuka analysoi näytteet?

Tutkimuksen kenttätöiden yhteydessä tehdään erilaisia mittauksia, otetaan näytteitä ja näytepaloja, otetaan röntgenkuvia, TV-kuvataan viemäriputkia sisältä jne.. Tutkimuksen luotettavuuden, raportin koonnin, tilaajalle esitettävien riskien, korjaustoimenpiteiden, -kustannusten ja -toimenpiteiden ajoituksen kannalta tutkimustulosten analysointi on putkien kuntotutkimuksen tärkeimpiä työvaiheita. Pääsääntöisesti tutkimustulokset ja näytteet analysoi ja tekee johtopäätökset pätevästi kuntotutkija, mutta esimerkiksi asbestinäytteen tai putken koepalan analysoinnin laboratorioissa alan ammattilainen. Pätevästi kuntotutkijan tehtävä on koota kuitenkin eri tukijoiden tutkimustuloksista analysoinnin yhteydessä kokonaisuus kirjalliseen muotoon, jossa eri korjaustoimenpiteet on ajallisesti ja taloudellisesti sovitettu yhteen tilaajan tavoitteiden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla.

Pätevästi kuntotutkijan tulee tuntea keskeiset rakennusosat ja järjestelmät sekä miten ne toimivat yhdessä oikein ja mitä seurauksia rakennusosille, käyttäjille, ylläpidolle ja kiinteistön omistajille on siitä, jos LVV-järjestelmät vikaantuvat tai vuotavat hallitsemattomasti. Pätevästi kuntotutkijan, joka johtaa tutkimusta, ei tarvitse tehdä kaikkea tutkimustyötä, mutta olisi suotavaa, että hän olisi tutkimusvaiheissa itse mukana ja muut tutkimustyöhön kentällä osallistuvat henkilöt olisivat myös päteviä kuntotutkijoita.

6.2. LVV-järjestelmien korjaustarpeen analysointi ja synteesi

LVV-järjestelmien kunnan ja korjaustarpeen määrittely tehdään kolmessa vaiheessa (ks. **Kuva 31**).



Kuva 31. LVV-järjestelmän kunnan analysoinnin prosessi.

Se alkaa järjestelmän osan näytteiden ja kuvien analysoinnilla ja jatkuu yksittäisen järjestelmän näytteiden ja kuvien analysoinnilla ja päättyy LVV-järjestelmien kunnan analysointiin. Perinteisiä analysoitavia järjestelmiä ovat esimerkiksi:

- salaojajärjestelmä
- lämmitysjärjestelmä
- käyttövesijärjestelmä
- jätevesijärjestelmä
- sadevesijärjestelmä
- erikoisjärjestelmät.

Aluksi järjestelmän kunto määritellään pelkästään teknisen käyttöiän mukaan. Kun järjestelmien kunto on teknisen käyttöiän mukaan määritelty, niin sen jälkeen sovitetaan järjestelmien korjaustoimenpiteiden järjestys ja riippuvuudet ottaen huomioon korjaus- ja uusimistarve, riskit, kiireellisyys, synergiaedut, taloudellinen käyttöikä, tilaajan toiveet ja tavoitteet sekä lisätutkimus- tai jatkotutkimustarve. Korjausten riippuvuusuhuita arvioitaessa on huomattava, että LVV-järjestelmiä voidaan korjata myös toisistaan riippumatta, esim. salaojien uusiminen ei vaikuta lämmitysjärjestelmän korjaustoimenpiteisiin.

LVV-järjestelmän arvosteluasteikko (kuntoluokitus) on kokonaisuuden osalta viisiportainen:

- KL5** Järjestelmällä ei ole toimenpide- / uusinta- / kunnostustarvetta 10 vuoden aikana
- KL4** Järjestelmän toimenpide- / uusinta- / kunnostustarve 5-10 vuoden aikana
- KL3** Järjestelmän toimenpide- / uusinta- / kunnostustarve 3-5 vuoden aikana
- KL2** Järjestelmän toimenpide- / uusinta- / kunnostustarve 1-3 vuoden aikana
- KL1** Järjestelmän toimenpide- / uusinta- / kunnostustarve välittömästi

LVV-järjestelmien kuntoa arvioitaessa on tarkastelujakso 10 vuotta ja painopiste tarkastelujakson ensimmäisellä viidellä vuodella. Järjestelmien kuntoa arvioitaessa niiden kuntoluokat määräytyvät arvosteluasteikolla tutkijan määrittäminä perustuen tehtyihin havaintoihin.

Myös näyte- ja järjestelmäkohtainen arvosteluasteikko(kuntoluokitus) on viisiportainen:

- 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 voi määrittää

Järjestelmien arvosteleminen pitäisi tapahtua ensin linja-, kuvaus- tai näytekohtaisesti. Tämän jälkeen muodostetaan näiden perusteella järjestelmäkohtainen kunto josta voidaan määrittellä LVV-järjestelmäkokonaisuuden kunto.

Korroosionopeuden määrittäminen perustuu Korroosiokäsikirjaan (ks. lähdekirjallisuus). Seuranta-tutkimuksessa korroosionopeus määritellään seuraavasti: Korroosionopeus on aiemmin tehdyn kuntotutkimuksen ja seuranta-tutkimuksen havaintojen välinen erotus jaettuna tutkimusten välisellä ajalla.

Esim. viisi vuotta sitten tehdystä tutkimuksesta seinämävahvuus on ollut 1,5 mm ja seuranta-tutkimuksessa 1,0 mm. Korroosionopeus on ollut siis 0,1 mm vuodessa.

6.3. Salaojaverkoston toiminnallisuuden analysointi ja verkoston kuntoluokan määrittäminen

Suosittelavin salaojaverkoston kunnan arviointimenetelmä on järjestelmän sisäpuolisen TV-kuvauksen avulla. Salaojaverkoston kuntoa ja toimivuutta analysoitaessa arvioidaan ensin järjestelmän linja- tai kaivovälikohtainen putkien ja kaivojen kunto sekä näiden perusteella järjestelmän kokonaiskunto ja kuntoluokka edellä kuvatulla tavalla.

Taulukko 3. TV-kuvauksessa havaittujen korjaustarpeiden vaikutus salaojajärjestelmän kuntoluokittukseen.

SISÄPUOLISESSA TV-KUVAUKSESSA TEHTYJEN HAVAINTOJEN PERUSTEELLA					
Vauriotyyppi	Kuntoluokka 5 (KL5)	Kuntoluokka 4 (KL4)	Kuntoluokka 3 (KL3)	Kuntoluokka 2 (KL2)	Kuntoluokka 1 (KL1) = jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää
Putken muodon muutokset	Putken yläpinnassa ulkopuolisesta maan paineesta aiheutuneita muodonmuutoksia	Putken kyljessä ulkopuolisesta maan paineesta aiheutuneita muodon- ja suunnan muutoksia	Putken alaosassa ulkopuolisesta paineesta aiheutuneita muodon muutoksia	Putkessa merkittävä muodonmuutos yli 60 %	Putki poikki
Putkessa vettä	0–10 %	10–30 %	30–60 %	yli 60 %	Putki täynnä vettä
Putkessa maa-ainesta	0–10 %	10–30 %	30–60 %	yli 60 %	Putkessa on tukos, joka estää veden virtaamisen
Putkessa juurikasvustoa	Ei juurikasvustoa	Ei vielä vaikuta veden virtaamiseen ja putken mekaaniseen kuntoon	Vaikuttaa veden virtaamiseen ja putken mekaaniseen kuntoon aiheuttaen haittaa	Estää veden virtaamisen ja on vaurioittanut putkea	Juurikasvusto on tukkinut putken täysin
Muita puutteita (luokitus tehdään vian tai puutteen vakavuusasteen mukaisesti)	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet Putket liian ylhäällä (korkomääritys) Väärä putkimateriaali	Kaivojen viat ja puutteet Putket liian ylhäällä (korkomääritys) Väärä putkimateriaali	Juurikasvusto on aiheuttanut mekaanisia vaurioita putkeen (rikkonut putken) Kaivo on sortunut

- 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 voi määrittää

6.4. Viemäriverkoston toiminnallisuuden analysointi ja verkoston kunnan määrittäminen

Viemäriverkoston toiminnallisuuden arviointi onnistuu parhaiten sisäpuolisen TV-kuvauksen avulla. Viemäriverkoston toiminnallisuutta analysoidessa arvioidaan ensin linjakohtainen kunto ja näiden perusteella järjestelmän kokonaiskunto ja kuntoluokka. Betoniputkien kuntoluokituksessa käytetään, voimaassa olevaa, VVY:n oppaan luokitusta.

6.5. Röntgenkuvan analysointi ja näytteen kuntoluokan ja käyttöikä määrittäminen

Röntgenkuvien tulkinta vaatii sekä röntgenkuvauksen että LVI-alan perusteiden hallintaa. Kuvien tulkitsijan tulee tuntea eri järjestelmien tyypilliset korroosiolajit ja muut vaurion aiheuttajat sekä tutkittavien putkien alkuperäiset seinämävahvuudet (ks. LIITE 10). Asennusvirheiden tunnistaminen on myös perusedellytys kuvien tulkitsemiselle. Hyvän pohjan läpivalaisukuvien tulkintaan antaa ainetta rikkomatonta tutkimusta suorittavan asian- tuntijayrityksen pitämä korroosio kuvaukskurssi.

Röntgenkuvien luokittelu ja mahdolliset kuntoluokkaan vaikuttavat merkittävät asiat tulee tuoda raportissa selkeästi esiin, koska kyseessä on yksi merkittävimmistä kuntotutkimuksen tuloksiin vaikuttavista tekijöistä.

Yhden huonokuntoisen / syöpyneen näytteen pohjalta ei pidä päätellä, että koko järjestelmä on huonokuntoinen, mutta huonokuntoista näytettä ei toisaalta voi sulkea pois järjestelmän kunnan analysoinnista. Kun kuvien tulkinta tapahtuu kuva kerrallaan ja kuntoluokat ovat näyte- / kuvakohtaisia, niin kokonaisuus / synteesi voidaan tehdä vasta kaikkien näytteiden ja muiden tutkimustulosten analysoinnin jälkeen.

Prosentuaalisesti eniten esiintyvä kuntoluokka on määräävä määrittäessä koko järjestelmän kuntoluokkaa, eli yksi huonokuntoinen näyte ei heikennä merkittävästi koko järjestelmän kuntoa. Jos tutkittavasta järjestelmästä löytyy kuitenkin näytteitä joiden kuntoluokkaa ei voi määrittää (Kuntoluokka 1, KL1), on putkiston vuotoriski kohonnut merkittävästi ja tämä tulisi huomioida järjestelmän kuntoluokan määrittämisessä. Tässäkin tulee huomioida järjestelmien eri valmistusmateriaalit.

Taulukko 4. TV-kuvauksessa havaittujen korjaustarpeiden vaikutus viemärijärjestelmän kuntoluokitukseseen.

SISÄPUOLISESSA TV-KUVAUKSESSA TEHTYJEN HAVAINTOJEN PERUSTEELLA					
Vauriotyyppi	Kuntoluokka 5 (KL5)	Kuntoluokka 4 (KL4)	Kuntoluokka 3 (KL3)	Kuntoluokka 2 (KL2)	Kuntoluokka 1 (KL1) = jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää
Putken muodon muutokset	Muoviputken yläpinnassa ulkopuolisesta paineesta aiheutuneita muodonmuutoksia	Muoviputken kyljessä ulkopuolisesta paineesta aiheutuneita muodon- ja suunnan muutoksia	Muoviputken alaosassa ulkopuolisesta paineesta aiheutuneita muodon muutoksia	Muoviputken alaosassa ulkopuolisesta paineesta aiheutuneita voimakkaita muodon muutoksia	Putki poikki Putkessa halkeama
Putkessa vettä	0–10 %	10–30 %	40–60 %	yli 60 %	Putki täynnä vettä
Putkessa kiinteää kertymää	0–10 %	10–30 %, vesi virtaa	30–60 %, vesi virtaa	yli 60 %, vesi virtaa sykleittäin tai ei ollenkaan	Putkessa on tukos, joka estää veden virtaamisen
Putkessa juurikasvustoa	Ei juurikasvustoa	Ei vielä vaikuta veden virtaamiseen ja putken mekaaniseen kuntoon	Vaiuttaa veden virtaamiseen ja putken mekaaniseen kuntoon aiheuttaen haittaa	Voi estää veden virtaamisen ja on osittain vaurioittanut putkea	Juurikasvusto on tukkinut putken täysin
Tyypillisiä muoviputkien vikoja	Ei puutteita	Liitos vajaa 10-20 mm	Liitos vajaa yli 20 mm Tiiviste ei ole paikallaan	Liitos auki Tiiviste täysin irti	Juurikasvusto on aiheuttanut mekaanisia vaurioita putkeen (rikkonut putken)
Muita puutteita (luokitus tehdään vian tai puutteen vakavuusasteen mukaisesti)	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivo on sortunut

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 voi määrittää

Taulukko 5. Röntgenkuvauksessa havaittujen korjaustarpeiden ja syöpmien vaikutus putkien kuntoluokitukseen.

RÖNTGENKUVAUKSISSA JA MUISSA SEINÄMÄVAHVUUTTA MITTAAVISSA MENETELMISSÄ TEHTYJEN HAVAINTOJEN PERUSTEELLA					
Vauriotyyppi	Kuntoluokka 5 (KL5)	Kuntoluokka 4 (KL4)	Kuntoluokka 3 (KL3)	Kuntoluokka 2 (KL2)	Kuntoluokka 1 (KL1) = jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää
Korroosio (tyypistä riippumatta)	Ei merkittävää korroosiota tai min. seinämävahvuutta jäljellä yli 50 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Min. seinämävahvuus 30-40 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Min. seinämävahvuus 20-30 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Min. seinämävahvuus 10-20 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Putkessa on läpisyöpymä Putki on halki
Saostumat	Ei merkittävää saostumaa	Laaja-alaista saostumaa	Laaja-alaista runsasta saostumaa, putken virtausaukko pienentynyt yli 30 %	Laaja-alaista runsasta saostumaa, putken virtausaukko pienentynyt yli 50 %	Ulkopuolinen syöpyminen on voimakasta Putkimateriaalit ovat määräysten vastaiset

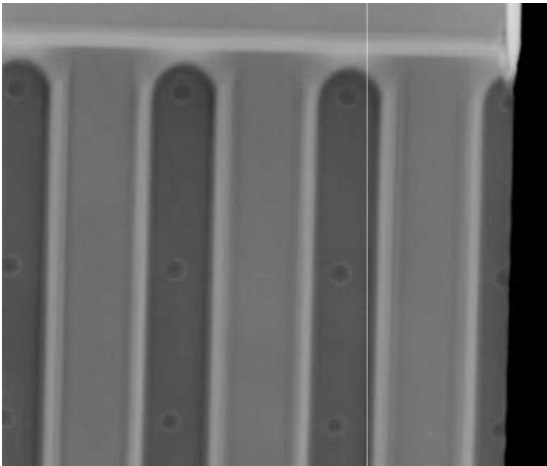
KL5 Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on yli 10 vuotta
 KL4 Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on 5-10 vuotta
 KL3 Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on 3-5 vuotta

KL2 Järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä on 1-3 vuotta
 KL1 Järjestelmän jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää

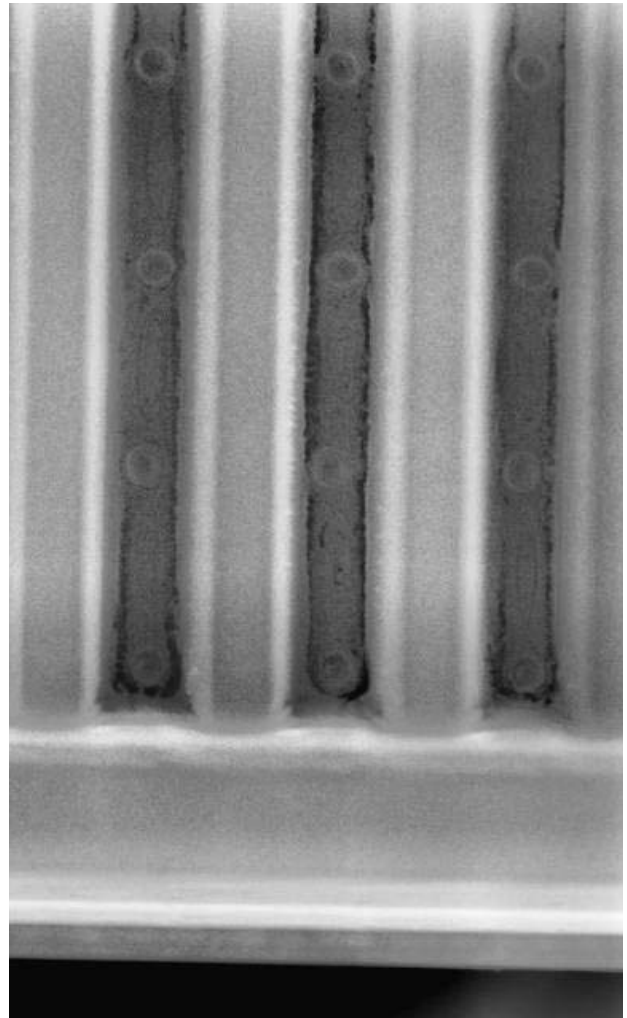
Esimerkkikuvia röntgenkuvien luokituksista

Seuraavassa on esimerkkikuvilla esitetty pattereita ja putkia eri järjestelmistä eri kuntoluokissa. Esimerkkikuvat ovat digitaalisella röntgenlaitteella otettuja kuvia ja niitä on muokattu ohjelmallisesti. Näin ollen niiden kuvan laatu ei vastaa painettuna alkuperäistä röntgenkuvaa (paperille tulostetuista RTG-kuvista ei saa koskaan tehdä kuntoluokan määrityksiä). Esimerkkikuvissa on myös erilaisia korroosiotyyppejä eriasteisena, ei kaikkia korroosiotyyppejä kaikissa vaiheissa. Kaikkia järjestelmiä ei ole myöskään esitetty kaikissa kuntoluokissa, vaan tarkoituksena on antaa esimerkkien avulla jonkinlaisia raja-arvoja.

LÄMMITYSVERKOSTO



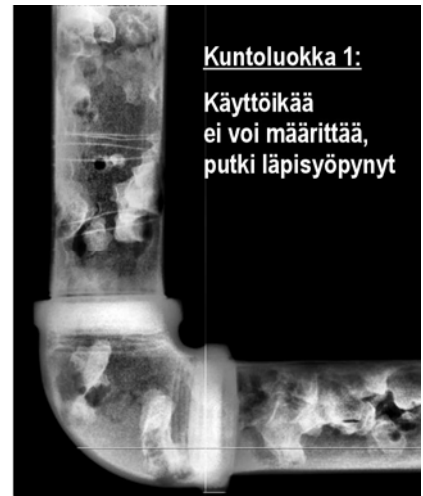
Ei merkittävää korroosiota -> Kuntoluokka 5.



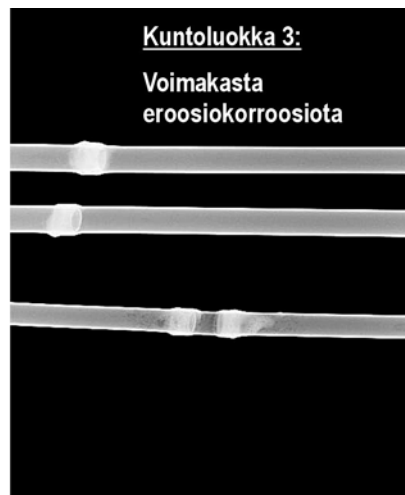
Piilo- ja rakokorroosioita -> Kuntoluokka 3.

KÄYTTÖVESIVERKOSTO

Kuumasinkityt teräsputket



Kupariputket



VIEMÄRIVERKOSTO



Esimerkkejä kuntoluokituksen tulkintavirheistä

Röntgenkuvaamalla tutkitun putkistokohdan kuntoluokan määrittäminen pelkästään röntgenkuvasta havaitun vähimmäisseinämäpaksuuden perusteella on liian pelkistetty ja yksinkertaistettu arviointimalli, koska kyseinen arviointimalli ei ota huomioon esim. tutkitun putkilinjan seinämäpaksuuden teoreettista arvoa uutena eikä sitä, kuinka kauan tutkitu putkilinja on ollut käytössä. Kuntotutkimuksen tekijän ammattitaito korostuu erityisesti näytteiden analysoinnissa, koska väärin tulkittu näyte antaa todellisesta tilanteesta poikkeavan tuloksen.

Alla on havainnollistettu kahdella esimerkillä menetelmän ongelmaa, putkistokohdan kuntoluokan määrittämisestä pelkästään röntgenkuvasta havaitun vähimmäisseinämäpaksuuden perusteella:

Esimerkki 1.1. Valurautainen muhwillinen (ulkohalkaisijaltaan $\varnothing 112$ mm) viemäriputkiosa röntgenkuvattuna. Viemäriputkiosa on asennettu vuonna 1952 ja röntgenkuva on otettu vuonna 2012 eli putkilinja on ollut käytössä 60 vuotta. Röntgenkuvasta havaittu maksimaalinen putkiseinämän laaja-alainen syöpymä on noin 60 %:in luokkaa eli minimaalinen putkiosan seinämäpaksuus on noin 2,4 mm:n luokkaa (40 % putken teoreettisesta 6,0 mm:n seinämäpaksuudesta). **Luvun 6.5 (Taulukko 7)** perusteella röntgenkuvattu viemäriolosuus luokitellaan kuntoluokkaan KL4 eli jäljellä oleva tekninen käyttöikä on noin 5–10 vuotta. Muhwillisen valurautaviemäriosan laskennallinen syöpymisnopeus on noin 0,06 mm/vuosi (linearisessa korroosion etenemismallissa). Laskennallisen lineaarisen syöpymisnopeuden mukaan arvioituna röntgenkuvauskohdan jäljellä oleva heikoin putkiseinämä on esim. 10 vuoden kuluttua tutkimushetkestä eteenpäin noin 1,8 mm.

Esimerkki 1.2. Valurautainen muhviton (ulkohalkaisijaltaan $\varnothing 75$ mm) viemäriputkiosa röntgenkuvattuna. Viemäriputkiosa on asennettu vuonna 2007 ja röntgenkuva on otettu vuonna 2012 eli putkilinja on ollut käytössä 5 vuotta. Röntgenkuvasta havaittu maksimaalinen putkiseinämän laaja-alainen syöpymä on noin 60 %:in luokkaa eli minimaalinen putkiosan seinämäpaksuus on noin 1,6 mm:n luokkaa (40 % putken teoreettisesta 4,0 mm:n seinämäpaksuudesta). **Luvun 6.5 (Taulukko 7)** perusteella röntgenkuvattu viemäriolosuus luokitellaan kuntoluokkaan KL4 eli jäljellä oleva tekninen käyttöikä on noin 5–10 vuotta. Muhvittoman valurautaviemäriosan laskennallinen syöpymisnopeus on noin 0,48 mm/vuosi (linearisessa korroosion etenemismallissa). Laskennallisen line-

aarisen syöpymisnopeuden mukaan putkiseinämän syöpyminen nollaan kestää noin 3,5 vuotta, jäljellä olevaksi tekniseksi käyttöiäksi taulukossa esitetty menettely antaa kuitenkin noin 5–10 vuotta.

Esimerkki 2.1. Lämpimän käyttövesiverkoston $\varnothing 54,5$ mm:n kupariputkiosuus röntgenkuvattuna. Kupariputki on asennettu vuonna 1952 ja röntgenkuva on otettu vuonna 2012 eli putkilinja on ollut käytössä 60 vuotta. Röntgenkuvasta havaitut maksimaaliset kupariputken putkiseinämän pistemäiset syöpymät ovat noin 60 %:in luokkaa eli minimaalinen putkiosuuden seinämäpaksuus on noin 0,7 mm:n luokkaa (40 % putken teoreettisesta 1,75 mm:n seinämäpaksuudesta). **Luvun 6.5 (Taulukko 7)** perusteella röntgenkuvattu viemäriolosuus luokitellaan kuntoluokkaan KL4 eli jäljellä oleva tekninen käyttöikä on noin 5–10 vuotta. LV-verkoston kupariputken laskennallinen syöpymisnopeus on suuruusluokaltaan noin 0,0175 mm/vuosi (linearisessa korroosion etenemismallissa). Laskennallisen lineaarisen syöpymisnopeuden mukaan arvioituna röntgenkuvauskohdan jäljellä oleva heikoin kupariputken putkiseinämä on esim. 10 vuoden kuluttua tutkimushetkestä eteenpäin noin 0,52 mm.

Esimerkki 2.2. Lämpimän käyttövesiverkoston $\varnothing 15$ mm:n kupariputkiosuus röntgenkuvattuna. Kupariputki on asennettu vuonna 2007 ja röntgenkuva on otettu vuonna 2012 eli putkilinja on ollut käytössä 5 vuotta. Röntgenkuvasta havaitut maksimaaliset kupariputken putkiseinämän pistemäiset syöpymät ovat noin 60 %:in luokkaa eli minimaalinen putkiosan seinämäpaksuus on noin 0,4 mm:n luokkaa (40 % putken teoreettisesta 1,0 mm:n seinämäpaksuudesta). **Luvun 6.5 (Taulukko 7)** röntgenkuvattu viemäriolosuus luokitellaan kuntoluokkaan KL4 eli jäljellä oleva tekninen käyttöikä on noin 5–10 vuotta. LV-verkoston kupariputken laskennallinen syöpymisnopeus on noin 0,12 mm/vuosi (linearisessa korroosion etenemismallissa). Laskennallisen lineaarisen syöpymisnopeuden mukaan kupariputken putkiseinämän syöpyminen nollaan kestää noin 3,5 vuotta, jäljellä olevaksi tekniseksi käyttöiäksi taulukossa esitetty menettely antaa kuitenkin noin 5–10 vuotta.

Lineaarisen korroosionopeuden etenemismallin, jossa käytetään Korroosioikäkirjan mukaisia korroosionopeuksia, käyttäminen kuntoluokan määrittämisessä on suositeltavaa ensimmäistä kertaa tehtävässä kuntotutkimuksessa, kunhan huomioidaan edellisten esimerkkien arviointiriskit. Seurantakuntotutkimuksessa tulee käyttää aina seurantaputkinäytteen korroosion laskennallista etenemismallia.

Seuraavaksi on mainittu lisäesimerkkejä kunto-
luokan määrittämisen virheistä. Nämä esimerkit ovat
valitettavasti todellisia ja toistuvat usein. Ne on
poimittu kuntotutkimusraporteista.

Esimerkki 3. Järjestelmät ovat raporttiin kirjattu-
jen tutkimustulosten perusteella tyydyttävässä
kunnossa, mutta jostain syystä tutkija suosittelee
järjestelmien pikaista uusimista. Suosituksen syy
ei käy ilmi raportista.

Esimerkki 4. Kuumasinkitystä teräksestä valmiste-
tun teräsputken kunto on erittäin huono, mutta kuparinen
kylmävesiputki on tyydyttävässä kunnossa. Myös muiden
tutkittavien järjestelmien kunto on tyydyttävä. Tutkija
kuitenkin määrittelee koko kylmävesijärjestelmän
kunnan huonoksi ja tämä määrävänä tekijänä suosittaa
käyttövesiputkien ja viemäreiden uusimista huonoimman
järjestelmän määrittämässä aikataulussa. Tietyn ikäisissä
rakennuksissa kylmävesiverkosto on rakennettu kellari-
ssa olevien runkoputkien osalta kuumasinkitystä teräs-
putkesta, mutta nousu- ja kytkentäputket ovat kuparia.
Koko kylmävesiputkiston kunnan määrittäminen erit-
tään huonoksi ja sitä kautta myös muiden järjestelmi-
en saneerauksen suosittaminen samassa yhteydessä
ei ole perusteltua, koska huonokuntoinen runkoput-
kisto on mahdollista uusida erikseen.

Esimerkki 5. Tämä esimerkki on huonosti onnistu-
neesta tutkimuksesta. Todennäköisesti myös tutki-
jan ammattitaidossa tai/ja kohteeseen perehtymises-
sä on ollut puutteita. Viemäriputkiston pystylinjo-
jen röntgenkuvaukset on tehty kerrostalon kellari-
käytävällä näkyvillä olevista pystyviemäriosuuksis-
ta. Putket ovat erittäin huonossa kunnossa. Muuten
tutkitut järjestelmät ovat tyydyttävässä kunnossa.
Tutkija suosittelee käyttövesi- ja viemäriputkiston
kokonaisvaltaista uusimista, koska viemäriputkien
kunto on huono ja koska putket kulkevat samoja
reittejä, olisi niiden samanaikainen uusiminen tal-
oudellisesti suositeltavaa. Tutkija ei ole huomioi-
nut, että valurautaista viemäriputkea on käytetty
ainoastaan kellarikäytävän näkyvillä osuuksilla pa-
loteknisistä syistä. Muuten viemäriputket ovat
muoviviemäreitä, joissa ei ole havaittu materiaalin
haurastumista tai muita korjaustarpeita.

Huom. Edellä mainittujen esimerkkitapausten
perusteella on erityisen tärkeää, että tutkimukset
suoritetaan huolellisesti, ammattitaidolla ja kor-
jaustarve perustuu tutkimuskohteen mittaus-
tuloksien ja näytteiden analysoinnin pohjalta
määritettyyn kuntoon ja korjaustarpeeseen, jotta
tutkijan laatima raportti palvelee tilaajaa kiinteis-
tön suunnitelmallisessa korjaamisessa.

6.6. Putkien pinnoituskelpoisuuden arviointi

Jos tilaajan kanssa on sovittu tilauksen yhteydessä
etukäteen, niin kuntotutkija määrittelee tutkimuk-
sen yhteydessä myös, onko putkistojen pinnoitus
tai sujutus teknisesti mahdollista. Tässä luvussa ei
kuitenkaan käsitellä käyttövesiputkistojen pinnoi-
tuksia (ks. **LIITE 5** Putkien pinnoitus: sivu **89**).

Yleensä viemäriverkoston pinnoitusta tai sujutusta
ei voi käyttää jos valurautaputki on läpeensä grafi-
toitunut ja putki ei kestä mekaanista rasitusta eikä
iskuja, putken seinämät ovat laajalta alalta syöpy-
neet vuotoriskirajalle. Etenkin putkihormeissa
vuoto- ja taloudelliset riskit kasvavat, jos putki
rikkoutuu pinnoituksen yhteydessä. Pohjaviemäri-
n osalta putken pinnoituksen ja sujutuksen estävät
painumat, takalaskut, sortumat ja putkiliitoksien
hammastukset. **Lisäksi putken tulee kestää koepuh-
distus sellaisella menetelmällä, jota käytetään pin-
noituskorjauksen yhteydessä.**

Kuten oheisesta kuntoluokituksesta (**Taulukko 6**)
voidaan havaita, ei yksiselitteistä kuntoluokkaa
putkinäytteen pinnoituskelpoisuudelle voida mää-
rittää, vaan kysymyksessä on kokonaisuus, joka
määräytyy kaikkien näytteiden ja muiden havain-
tojen perusteella.

6.7. Toimenpide-ehdotukset

Kuntotutkimuksen tulosten perusteella raporttiin
kirjataan suositukset korjaustoimenpiteistä. Tutki-
ja on analysoinut ja määritellyt tutkittujen järjes-
telmien kunnan ja tekee toimenpide-ehdotukset
tämän perusteella. Toimenpide-ehdotukset esite-
tään järjestelmittäin. Niiden ei tarvitse olla kovin
yksityiskohtaisia, mutta siitä tulee selvitä korjaus-
toimenpide ja mitä päätöksiä tilaajan tulee tehdä,
jota toimenpide tulee tehdä. Toimenpidesuosi-
tukset voivat olla yksittäisten puutteiden korjaami-
sia, mutta myös ”korjauspaketteja”, joihin voi si-
sältyä järjestelmien ja rakennusosien korjaamista
tai kiinteistön energiatalouden parannustoimenpi-
teitä. Raportin tulee myös palvella hanke- ja kor-
jaussuunnittelua, lähinnä suunnittelun tausta- ja
lähtötietona.

Toimenpide-ehdotuksien ajoittaminen perustuu
tutkittujen järjestelmien kuntoluokitukseen, mutta
myös joidenkin laitteiden osalta myös, LVI- ja
KH-ohjeen LVI 01-10424, KH 90-00403 käyttö-
ikäsuosituksiin. Tällaisia laitteita ovat esim. läm-
mönsiirtimet ja venttiilit.

Taulukko 6. Taulukossa on merkitty **keltaisella** sellaiset yksittäiset viat tai puutteet, jotka eivät estä pinnoituksen tai sujutuksen käyttöä viemäriputkien korjaamisessa.

RÖNTGENKUVAUKSISSA JA MUISSA SEINÄMÄVAHVUUTTA MITTAAVISSA MENETELMISSÄ TEHTYJEN HAVAINTOJEN PERUSTEELLA					
Vauriotyyppi	Kuntoluokka 5 (KL5)	Kuntoluokka 4 (KL4)	Kuntoluokka 3 (KL3)	Kuntoluokka 2 (KL2)	Kuntoluokka 1 (KL1) = jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää
Korroosio (tyypistä riippumatta)	Ei merkittävää korroosiota tai min. seinämävahvuutta jäljellä yli 50 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Min. seinämävahvuus 30–40 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Min. seinämävahvuus 20–30% alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Min. seinämävahvuus 10–20 % alkuperäisestä seinämävahvuudesta	Putkessa on läpisyöpymä Putki on halki
Valurautaputken grafitoitumisaste	Ei merkittävää grafitoitumista	Grafitoitumista on havaittavissa laajasti	Grafitoituminen on voimakasta	Grafitoituminen on aiheuttanut lieviä putkivaurioita	JOS KÄYTTÖIKÄÄ EI VOI MÄÄRITTÄÄ, EI PINNOITUSTA VOI SUOSITELLA KORJAUSTOIMENPITEEKSI!
Saostumat	Paikallista lievää saostumaa	Laaja-alaista saostumaa	Laaja-alaista runsasta saostumaa, putken virtausaukko pienentynyt yli 30 %	Laaja-alaista runsasta saostumaa, putken virtausaukko pienentynyt yli 50 %	

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 voi määrittää

Seuraavassa on esitetty esimerkkinä toimenpideehdotuksia ("korjauspaketteja") järjestelmittäin. Toimenpiteet on esitetty siten, että ensin kerrotaan mitä pitää tehdä ja sitten hieman tarkemmin, mitä kaikkea toimenpiteeseen sisältyy.

Esimerkki 1. LVV-JÄRJESTELMÄT

Kuntotutkimuksen tulosten perusteella suositellaan käyttövesi- ja viemäriputkistojen kunnon jatkuvaa seuranta. Tämä tarkoittaa verkoston aktiivista seuranta huoltoyhtiön toimesta ja seurantakuntotutkimuksen tekemistä noin 5 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Nykyisen tutkimustiedon perusteella putkistojen laajamittainen peruskorjaus olisi edessä noin 10 vuoden kuluttua. Ennen uusinta-ajankohtaa tulee käynnistää hyvissä ajoin putkistojen uusinnan hanke- ja korjaussuunnittelu, mikä on nykytiedon mukaan aiheellista tarkastelujakson puolivälissä tai sen jälkeen. Ennen hankesuunnitelman käynnistämistä on kuitenkin syytä tehdä edellä mainittu seurantatutkimus VV- verkostoille, jotta saadaan varmistettua korroosion eteneminen ja putkistojen uusinnan oikea aikataulu. Pistemäiset vuotokohdat ovat todennäköisiä seuraavan 10 vuoden aikana, minkä vuoksi verkoston aktiivinen seuranta on ensiarvoisen tärkeää.

Tutkimuksen perusteella on arvioitu, että taloyhtiöllä on kaksi erilaista vaihtoehtoa edetä putkistojen uusinnan osalta:

- Toinen vaihtoehto, joka on suositeltavampi, on ottaa putkistojen nykytila seurantaan ja tehdä lähivuosien korjaukset ja kunnostukset, joilla pyritään hidastamaan havaittua korroosiota ja estää huonokuntoisimpien putkien vesivuodot. Tällä vaihtoehdolla voi olla mahdollista pitkittää peruskorjauksen alkamista muutamilla vuosilla nykyisen tiedon mukaan määritetystä.
- Toinen vaihtoehto on käynnistää hankesuunnitelma seuraavan 5-7 vuoden aikana ja käynnistää käyttövesi- ja viemäriputkistojen peruskorjauksen toteuttaminen seuraavan 10 vuoden aikana.

Huom. Molempien vaihtoehtojen osalta tulee huomioida, että pistemäiset putkivuodot ovat mahdollisia ja todennäköisiä ja jos niitä alkaa ilmetä laajemmin, tulee korjaushankkeita aikaistaa merkittävästi.

Tutkimuksen perusteella käyttövesiputkien kunnostaminen vaihtoehtoisia korjaustoimenpiteitä käyttäen ei arvioitu olevan järkevää, koska riippumatonta tutkimustietoa käyttövesiputkien pinnoituksen terveyshaitoista ja pinnoitusten kestävyydestä ei ole vielä riittävästi. Viemäriverkoston kunnostaminen vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä käyttäen (pinnoitus) on teknisessä mielessä mahdollista. Pinnoitusmenetelmiä arvioitaessa tulee kuitenkin huomioida niiden maltilliset käyttöikäennusteet perinteisen uusinnan käyttöikäennusteille. Putkien pinnoitusta voidaan nykytiedon valossa pitää vain peruskorjausta siirtävänä toimenpiteenä.

Kuntotutkimuksen PTS-aulukossa on esitetty esimerkiksi laskentaohjelmalla tai muulla luotettavalla hinnan määrittävällä määritetty asuineliöpohjainen kustannusarvio käyttövesi- ja viemäriputkien kokonaisvaltaisesta uusinnasta perinteisellä tavalla tarkastelujakson lopussa.

- **Välittömästi korjattavat puutteet:**
 - kolhiintuneiden ja suojaamattomien massaeristeiden kunnostus kellaritiloissa
 - korjataan käyttövesiputkien ”klemmaripaikat” asianmukaisella tavalla
 - pääsulkuventtiilien tarpeen mukainen huoltaminen niiden toimintavarmuuden varmistamiseksi
 - liiketilan viemäreiden tulppausten ja liitosten tiiveyden varmistaminen ja suihkukaapin lattiakaivon asennuksen tarkastus ja tarpeen mukainen korjaus
- **LVV-verkoston toimenpidetarpeet 1-3 vuoden aikana:**
 - VV-järjestelmän tilan seuranta huoltoyhtiön toimesta ja poikkeamiin puuttuminen (huoltotyö)
 - pysty-, pohja- ja tonttviemäreiden painehuuhtelu
 - LVK-verkoston virtaamien tarkastaminen ja tarpeen mukainen säätäminen:
 - työ edellyttää suunnitelmien tekemistä
- **LVV-verkoston toimenpidetarpeet 3-5 vuoden aikana:**
 - VV-järjestelmän tilan seuranta huoltoyhtiön toimesta ja poikkeamiin puuttuminen (huoltotyö)
 - haitta-ainekartoitus
 - käyttövesi- ja viemäriverkoston seurantatutkimus, noin 5 vuoden kuluttua putkistojen jäljellä olevan käyttöiän varmistamiseksi.

- **LVV-verkoston toimenpidetarpeet 5-10 vuoden aikana:**

- VV-järjestelmän tilan seuranta huoltoyhtiön toimesta ja poikkeamiin puuttuminen (huoltotyö)
- Lämmitysverkoston seurantatutkimus:
 - lämmitysverkoston ja -pattereiden tutkimus tulee olla laaja ja siinä tulee tutkia myös huoneistojen pattereita.
- Käyttövesi- ja viemäriverkoston peruskorjaus hankesuunnitelman ja korjaussuunnitelman määrittämässä laajuudessa ja tavalla:
 - käyttövesiputkien ja jätevesiviemäreiden uusinta on tutkimuksen määrittämän käyttöiän perusteella ajankohtaista noin 10 vuoden aikana, ajankohta tarkentuu tarvittaessa seurantatutkimuksella

Esimerkki 2. LVV-JÄRJESTELMÄT

Kuntotutkimuksen tulosten perusteella taloyhtiön on syytä ottaa käyttövesiputket aktiiviseen seurantaan. Tämä tarkoittaa verkoston kunnan seuranta seurantakuntotutkimuksen avulla. Seurantakuntotutkimus on aiheellista noin 5 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Nykyisen tutkimustiedon perusteella putkistojen laajamittainen uusinta ei ole tarpeen vielä seuraavan 10 vuoden aikana, mutta verkostossa olevat virtaustekniset asennuspuutteet ja kiertoverkoston osittainen säätämättömyys ovat riskitekijä, joiden vuoksi putkien syöpyminen voi olla laskennallista korroosionopeutta huomattavasti nopeampaa. Tämän seurauksena voi verkoston elinkaari olla ennakoitua lyhyempää ja vuotoriskien kasvamisen tutkimuksessa arvioitua nopeampaa.

Edellä mainitun vuoksi putkissa voi ilmetä piste-mäisiä vuotoja jo ennakoidun elinkaaren aikana. Vuotoriskin minimoimiseksi tulee säätämätön kiertovesiverkosto säätää erillisen suunnitelman määrittämiin esisäätöarvoihin ja virtaamiin. Tällä toimenpiteellä on mahdollista hidastaa korroosion nopeutta ja rajoittaa mahdollisten vuotojen määrää minimiin.

Huom. Jos putkivuotoja alkaa kunnostustoimenpiteistä huolimatta ilmetä laajemmin, tulee seurantakuntotutkimuksen ajankohtaa aikaistaa, jotta varmistetaan onko korroosion laajuus jo sellainen, että se vaatii koko putkiverkoston uusintaa vai riittävätkö paikalliset kunnostus- ja korjaustoimenpiteet.

- **Välittömästi korjattavat puutteet**
 - Pääsulkuventtiilien tarpeen mukainen huoltaminen venttiilien toiminnan varmistamiseksi.
 - LVK-verkoston virtaamien tarkastaminen ja tarpeen mukainen säätäminen:
 - työ edellyttää suunnitelmien tekemistä ja mahdollisesti säätöventtiileiden uusintaa
- **LVV-verkoston toimenpidetarpeet 1-3 vuoden aikana**
 - Käyttövesiputkien tilan seuranta huoltoyhtiön toimesta ja poikkeamiin puuttuminen (huoltotyö).
- **LVV-verkoston toimenpidetarpeet 3-5 vuoden aikana**
 - Käyttövesiputkien tilan seuranta huoltoyhtiön toimesta ja poikkeamiin puuttuminen (huoltotyö).
- **LVV-verkoston toimenpidetarpeet 5-10 vuoden aikana**
 - Käyttövesiputkien tilan seuranta huoltoyhtiön toimesta ja poikkeamiin puuttuminen (huoltotyö).
 - Käyttövesiputkien seurantakuntotutkimus, noin 5 vuoden kuluttua, putkistojen korroosion etenemistilanteen ja jäljellä olevan käyttöiän varmistamiseksi.



7. KUNTOTUTKIMUKSEN VIESTINTÄ JA RAPORTOINTI

7.1. Yleistä

Putkistojen kuntotutkimuksen viestintä ja tiedottaminen noudattaa pääosin **Luvun 2 (Kaavio 1)** Kuntotutkimusprosessia. Kuntotutkimuksen viestintä ja tiedottaminen voidaan jakaa neljään vaiheeseen:

1. Viestintä ja tiedottaminen kuntotutkimuksen alussa
2. Viestintä ja tiedottaminen kuntotutkimuksen aikana
3. Viestintä ja tiedottaminen raportin esittelyn aikana
4. Viestintä ja tiedottaminen raportin esittelyn jälkeen.

Vastaavasti kuntotutkimusraportin esittelyssä tilaajalle käytetään kolmea tapaa tai niiden yhdistelmiä tai muunnoksia:

1. Raportti luovutetaan ja esitellään pelkästään tilaajan edustajalle, esimerkiksi kiinteistön managerille.
2. Raportti luovutetaan ja esitellään koko operatiiviselle johdolle, esimerkiksi taloyhtiön hallitukselle.
3. Raportti luovutetaan operatiiviselle johdolle ja raportin yhteenvedo kiinteistön omistajille. Koko raportti esitellään kiinteistön omistajalle. Esimerkiksi raportti luovutetaan taloyhtiön hallitukselle ja raportin yhteenvedo taloyhtiön osakkaille ennen raportin esittelyä.

Tärkeintä on, että kuntotutkimuksen viestinnän tehtävistä ja rooleista sovitaan etukäteen sekä viestitetään tai tiedotetaan sidosryhmille kuntotutkimusprosessin kaikissa vaiheissa:

1. Tarjouspyyntö
2. Tarjous
3. Tilaus
4. Haastattelut ja kyselyt/lähtötiedot
5. Tiedottaminen
6. Kenttätyöt
7. Tutkimustuloksien läpikäynti (analyysi)
8. Raportin kirjoitus (synteesi)
9. Raportin tulostus ja esittely tilaajalle (dialogi)
10. Asiakkaan jälkihoito/ tuki päätöksen teossa ja asiakaspalaute.

Varsinaisesti kuntotutkimusprojekti päättyy raportin luovutukseen ja sen jälkeen tilaajalle pidettyyn esittelyyn, mutta asiakkaan jälkihoito ja tukeminen

1. korjaustoimenpiteen päätöksen teossa on hyvää asiakaspalvelua ja normaalia kuntotutkimusprojektiin jälkihoitoa.

7.2. Tarjouspyyntö

Usein tarjouspyynnössä tilaaja ilmoittaa, missä muodossa kuntotutkimusraportti tulostetaan ja kelle sekä miten raportti esitellään. Tarjouspyynnöistä valitettavasti puuttuvat usein ne syyt, viat tai ongelmat, jotka ovat johtaneet tarjouspyyntöön tai kuntotutkimuksen käyttötarkoitus. Kuitenkin ne ovat oleellisia tietoja, joihin tutkijan tulee ottaa kantaa raportin toimenpideoissa ja esittelyssä.

7.3. Tarjous

Jos tilaajan tarjouspyynnössä ei ole erikseen pyydetty raportin esittelyä, kuntotutkijan on tarjouksessa ilmoitettava, sisältyykö raportin tulostus- ja esittelytapa kuntotutkimuksen tarjoushintaan vai onko ne lisätyötä sekä miten esittely tehdään. Jos esittely on lisätyötä, niin sen hinta tai hinnoitteluperusteet tulee ilmoittaa tarjouksessa. Esimerkiksi raportin esittely veloitetaan tarjouksessa ilmoitetulla yksikköhinnalla (tuntihinnalla) tai että tarjouksen kokonaishintaan sisältyy yksi raportin esittely taloyhtiön hallitukselle. Suositeltavaa on, että tarjoushintaan sisältyy ainakin yksi raportin esittely.

7.4. Tilaus

Tilauksen yhteydessä sovitaan tarjouspyynnön ja tarjouksen pohjalta, miten kuntotutkimus raportoidaan ja esitellään tilaajalle. Tilauksen yhteydessä tulee viimeistään kirjata tai määritellä kuntotutkimuksen käyttötarkoitus tai tavoite sekä miten tiedottaminen ja viestintä hoidetaan kuntotutkimuksen aikana ja kuka hoitaa tiedottamisen kuntotutkimuksen eri vaiheissa.

7.5. Haastattelut, kyselyt ja lähtötiedot

Kuntotutkimuksen haastattelujen, kyselyiden ja lähtötietojen hankinnan aikana kuntotutkija joutuu aina kertomaan eri osapuolille kuntotutkimuksen sisällöstä, prosessista, tavoitteista ja aikataulusta. Siksi on hyvä sopia jo tilauksen yhteydessä mitä ja miten tiedotetaan sekä kuka tiedottaa, jotta ei synny väärää mielikuvaa, eikä anneta katteettomia lupauksia ja tiedottaminen on yhdenmukaista. Raportin esittelyvaiheessa tutkimuksen aikainen virheellinen tieto tai ristiriitainen tiedottaminen voi johtaa tarpeettomaan keskusteluun korjaustoimenpiteistä etenkin taloyhtiöissä ja päättäjien kannalta tutkimuksen fokus tai tavoite voi hämärtyä, joka haittaa päätöksen tekoa raportin korjaustoimenpiteistä.

7.6. Tiedottaminen

Kenttätöiden aikana suositellaan tiedottamisen vaiheistusta sekä vastuuta ja rooleja seuraavasti:

1. Yleistiedote kuntotutkimuksen tilauksen yhteydessä/ -tilaaja laatii ja tiedottaa
2. Yleistiedote kuntotutkimuksen kenttätöistä/tutkija laatii ja tilaaja tiedottaa
3. Päivittäiset kuntotutkimukset kiinteistöistä/tutkija laatii ja tiedottaa.

Voidaan sopia toisinkin, mutta kuntotutkimuksen kannalta roolit ja vastuut menevät em. luettelossa tiedon omistajan mukaan. Pääasia on, että tiedottamisen rooleista, vastuista ja toimenpiteistä sovi- taan kuntotutkimuksen tilauksen yhteydessä.

7.7. Kenttätyöt

Kiinteistössä päivittäin tehtävien eri tutkimusten ja mittauksen tiedottamisessa tulee noudattaa myös oppaan muissa luvuissa annettuja tutkimuskohtaisia ohjeita tiedottamisesta, esimerkiksi putkien röntgenkuvaus. Tiedotteessa tulee kertoa kenttätöistä kiinteistön käyttäjille ainakin:

1. Mitä tutkitaan
2. Milloin tutkitaan, alkamis- ja päättymisaika
3. Missä tai missä järjestyksessä tutkitaan
4. Yritys ja ketkä tutkivat
5. Yhteyshenkilön yhteystiedot, jos on kysyttävää
6. Miten toivotaan kiinteistön käyttäjien toimivan tutkimuksen aikana.

Kaikki tiedotteet on hyvä myös hyväksyttävä etukäteen tilaajalla. Akuutista korjauksesta tulee tiedottaa tilaajalle välittömästi vaurioiden ja taloudellisten menetysten minimoimiseksi. **LIITE 6** sisältää muokattavat esimerkkiedotteet.

7.8. Tutkimustuloksien läpikäynti (analyysi)

Tutkimustulosten analysoinnista on kerrottu seikkaperäisesti **Luvussa 6**. Tilaajalle tiedotettavia asioita ovat:

- Välittömästi tehtävät lisätutkimukset ja niiden perustelut
- Mahdolliset poikkeamat tilauksen yhteydessä sovitusta tutkimuslaajuudesta (esimerkiksi aiemmin sovittuun tilaan ei päästy kenttätöiden aikana), mikä oli korvaava tila ja perustelut tutkimuksen tavoitteen kannalta
- Akuutit korjaukset, jos niitä ei ole ilmoitettu tilaajalle heti kenttätöiden jälkeen.

7.9. Raportin kirjoitus (synteesi)

Raportin kirjoittamisesta tutkimustuloksien pohjalta ja korjaustoimenpiteiden paketoinnista on kerrottu seikkaperäisesti **Luvussa 6**. Raportin kirjoitusvaihe on kuntotutkimustuotteen kannalta keskeisin vaihe. Raportin sisällysluettelo on aina tutkimuskohdekohtainen. Tiedottamisen kannalta raportissa tulee olla ainakin seuraavat asiat:

- Rakennuksen/kiinteistön nimi
- Kuntotutkimuksen yhteenveto, enintään noin 1 sivu
- Tilaajan tiedot
- Kuntotutkijan tiedot
- Kuntotutkimuksen tavoite
- Kiinteistön tiedot (isännöitsijäntodistus, voi olla myös liitteenä)
- Kiinteistön korjaushistoria (voi olla myös liitteenä)
- Nykyisten, tutkittujen järjestelmien lyhyt kuvaus
- Järjestelmäkohtaiset tutkimusmenetelmät
- Järjestelmäkohtaiset tutkimustulokset ja analyysit
- Akuutit korjaukset
- Lisätutkimustarpeet
- Toimenpide- ja korjausehdotukset
- Liitteet.

7.10. Raportin tulostus ja esittely tilaajalle

Yleistä

Raportin tulostus esittelemättä sitä on riski sekä kuntotutkijalle että asiakkaalle. Suositeltavaa ei ole myöskään esitellä raporttia heti tulostuksen yhteydessä, koska asiakas ei ole perehtynyt raporttiin ja asiakkaan ja tutkijan välinen vuorovaikutus jää pois. Osalle asiakkaita kuntotutkimuksen käsitteet, menetelmät ja terminologia ovat vieraita ja tilaajan omat painotukset, päätökset ja aikaisemmin tehdyt korjaustoimenpiteet voivat poiketa kuntotutkijan näkemyksistä ja korjausehdotuksista. Raportin lisäarvo tilaajan silmissä liudentuu, jos asiakas ei ymmärrä raportin sisältöä tai sitä, että miksi kuntotutkijan korjaustoimenpitehdotukset ovat ristiriidassa tilaajan oman ylläpito- tai kunnossapito-ohjelman kanssa. Tilaajan silmissä tällainen voi vaikuttaa myös kuntotutkijan maineeseen ja tutkimuksen laatuun.

Kuntotutkimuksen tulosten esittelyn laatua ja vaikuttavuutta lisäävät tilaajan ja tutkijan valmistautuminen esittelyyn sekä oma asenne esittelyn aikana, esimerkiksi vastattaessa asiakkaan esittämiin kysymyksiin. Tutkijan antama myönteinen kuva, asiantuntijuus ja

faktoihin perustuva näkemys, että esitetyt korjaustoimenpiteet ovat hallittavissa sekä teknisesti että taloudellisesti vaikuttavat varmasti positiivisesti myös tilaajan omaan käsitykseen raportin arvosta ja laadusta. Yhtiöpositiivisuutta pitää kuitenkin tutkijan välttää.

Tilaajan kannalta tutkimuksen tulostus ja esittely yhdessä muodostavat palvelun ja tuotteen, josta hän muodosti mielikuvan tarjouksen tai tilauksen yhteydessä ja joka johti kuntotutkimuksen tilaamiseen. Hyvällä esittelyllä voi vielä korjata tai lisätä asiakkaan kokemaa laatua ja vastaavasti huonolla esittelyllä voi pilata hyvin ja seikkaperäisesti tehdyn kuntotutkimuksen ja samalla ”sössiä” oman asiantuntijuutensa.

Raportin tulostusajankohta ja tulosmuoto on sovittu tilauksen yhteydessä ja se on yksi kuntotutkimusprojektin tehtävistä, tosin tärkeä. Raportin esittely on taasen vuorovaikutteinen tilaisuus, jossa asiakkaalla on mahdollisuus esittää kysymyksiä ja kuntotutkijalla mahdollisuus avata raporttia ja omaa ammattitaitoaan laajemmin. Molemmat oppivat toisiltaan. Raportin tulostuksen yhteydessä asiakas mittaa ja arvioi kuntotutkijan toiminnallisen ja palvelun laadun asiantuntijuuden ja vastasiko raportti tilauksessa sovittua tavoitetta.

Raportin esittely

Raportin esittelystä sovitaan jo tilauksen yhteydessä:

- kenelle esitellään
- kuinka monta kertaa esitellään
- miten esitellään
- etukäteen jaettava materiaali
- missä esitellään
- tilaajan vastuut ja tehtävät
- kuntotutkijan vastuut ja tehtävät.

Vaikka esittelystä on jo sovittu tilauksen yhteydessä, niin roolit, tehtävät ja vastuut on syytä käydä vielä läpi ennen raportin esittelyä.

Raportin esittelyn vaiheet:

- **Esittelystä tiedottaminen, tilaaja:**
 - Kutsu esittelyyn
 - Esityslista tai esityksen kulku
 - Esittelijät
 - Etukäteen jaettavan materiaalin toimitus kutsutuille.
- **Valmistautuminen, tilaaja ja kuntotutkija:**
 - Esityslistan läpikäynti yhdessä ennen tilaisuutta ja sopiminen rooleista esityksen aikana
 - Mitä ainakin tilaajan mielestä tulee esitellä.

- Valmistautuminen, kuntotutkija:
- Missä järjestyksessä raportti esitellään
- Diaesityksen koonti ja kirjoitus
- Esittelypaikkaan tutustuminen etukäteen.
- **Kuntotutkimuksen esittely etukäteen toimitetun esityslistan mukaan:**
 - Tilaisuuden avaus, tilaaja
 - Kuntotutkimuksen teettämisen syy ja/tai kuntotutkimuksen tavoite, tilaaja
 - Kuntotutkijan esittely, tilaaja
 - Raportin esittely, kuntotutkija
 - Tutkijoiden esittely
 - Kuntotutkimusprosessin esittely
 - Järjestelmät sekä tutkimus- ja mittaamentelmät (lyhyesti)
 - Järjestelmäkohtaiset tutkimustulokset ja tuloksien arviointi (vain pääkohdat)
 - Tehdyt lisätutkimukset ja syyt niihin
 - Akuutit korjaukset, esimerkiksi putkivuodot, havaitut rakenteiden kosteusvauriot
 - Korjausehdotukset, korjauspaketit, korjausjärjestys/ korjausaikataulu, korjauskustannukset
 - Arvio asiakkaan riskeistä (huomioiden riskilajit), jos korjauksia ei tehdä ehdotetussa aikataulussa tai järjestyksessä, esimerkiksi vaikutukset kiinteistön arvoon, turvallisuuteen, viihtyvyyteen, terveellisyteen
 - Ehdotus ensimmäiseksi korjaustoimenpiteeksi tai –paketiksi eli hanke-ehdotus ja mitä päätöksiä asiakkaan tulee tehdä, jotta hanke-ehdotus käynnistyy
 - Ehdotetut jatkotutkimukset ja niiden perustelut, esimerkiksi sisäilmatutkimus, rakenteissa havaitun kosteusvaurion tutkimus, asbestitutkimus, ilmanvaihdon kuntotutkimus
 - Seurantatutkimuksen ajankohta ja perustelu tutkimustuloksien pohjalta
 - Lyhyt yhteenveto, miten esitelty kuntotutkimus toteuttaa tarjouspyynnössä esitetyt tilaajan tavoitteen
- **Kysymykset ja keskustelu, tilaaja:**
 - Keskustelussa tehtyjen tilaajan tai omistajan ponsien korjausehdotsuten kirjaaminen ylös.
- **Yhteenveto, tilaaja**
 - Miten keskustelun aikana tehty ehdotukset ja ponnet käsitellään sekä miten niistä tiedotetaan.
 - Jatkotoimenpiteistä päättäminen tai miten ehdolliset päätökset ilmoitetaan myöhemmin kiinteistön omistajalle tai osakkaille.
- **Tilaisuuden päättäminen, tilaaja.**

Kuntotutkimuksen esittely on aina kiinteistö- ja tutkimuskohtainen ja raportin esittely on suunniteltava sen mukaan. Esittelyn sisältöön, taustojen ja menetelmien läpikäyntiin ja painotuksiin vaikuttaa myös

kennelle raportti esitellään. Esittely maallikoille vaatii kokonaan toisenlaisen esityksen kuin, jos raportti esitellään kiinteistömanagerille. Erityisesti asunto-osakeyhtiöissä osakkaat ovat kiinnostuneita myös siitä, miten korjauehdotukset vaikuttavat osakkaiden omaa talouteen, jolloin kustannukset tulee ilmoittaa myös vastikenehtiötä kohden.

7.11. Asiakkaan jälkihoito

Kuntotutkijan tulisi olla yhteydessä asiakkaaseen palautteen ja oman liiketoimintansa edistämisen ja

kehittämisen kannalta, kun kuntotutkimuksen esittelystä on kulunut jonkin aikaa. Yhteydenoton ajankohta voidaan sopia vaikka raportin esittelyn yhteydessä. Yhteydenoton hyötyjä tutkijalle ovat asiakkaan antama palaute palvelusta ja raportista sekä mahdollinen asiantuntija-avun tarve ensimmäisen korjaustoimenpiteen hanke-ehdotuksen käynnistämiseksi. Asiakkaalle yhteydenotosta on myös hyötyä, sillä hän pääsee vielä pallotelemaan tutkijan kanssa raportin eri vaihtoehtoja, korjausjärjestystä ja kustannuksia sekä esittämään tutkijalle jälkepäin esille nousseet kysymykset.



8. KIRJALLISUUS

- ASM Handbook, Volume 13B Corrosion: Materials. Corrosion of Copper and Copper Alloys. ASM International. (2005).
- ASNT Level III Study Guide Ultrasonic Method. Golis, J. Matthew. The American Society for Nondestructive Testing, Inc. The United States of America. 111 s. (2001).
- Asuinrakennuksen äänitekniikka täydentävä suunnitteluohje, RTT 2009.
- Asuinrakennusten putkistojen kuntotutkimustulokset linjasaneerauskohteissa. Hemmilä, Katri. Diplomityö, Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Energiatekniikan laitos. (2011).
- Asuinrakennusten viemäri- ja käyttövesiputkistojen pinnoitusmenetelmät – esiselvitys. Markelin-Rantala, L. ja Rautiainen, L. VTT, raportti nro VTT-S-05086-08.
- Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. (LVI STM-00288).
- Asunto-osakeyhtiölaki. Suomen säädöskokoelma 1599/2009. (LVI OM-00426).
- AWWA. Internal Corrosion of Water Distribution Systems - Cooperative Research Report. American Water Works Association Research Foundation & DVGW-Technologiezentrum Wasser. 2nd Ed. 586 s. (1996).
- Betonirakenteiden äänitekniikka, RTT 2000.
- Ein Ratgeber zu Schadensfällen in der Hausinstallation. Heinemann K-J. Sonderdruck der Beiträge in der Sanitär + Heizungstechnik von 1998 bis 2001. 3. unveränderte Auflage. 60 s. (2004).
- Esittelysivu: Sementtilaastivuoraus Vesijohtojen saneeraus -dokumentti. Luotu 2.3.2011. Verkkodokumentti. Aarsleff Oy. <http://www.aarsleffpipe.fi/Lisatietoja/esitteet/viemarit/Esitteit/Vesijohtojen_sementtilaastivuoraus.pdf>. Luettu 12.9.2012.
- GE Measurement & Control Solutions. Verkkosoitteessa <http://www.ge-mcs.com>.
- Gyproc-kevytrakennetekniikka 1998, 2001 ja 2003.
- Haja-asutuksen jätevedet. Lainsäädäntö ja käytännöt. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 2011.
- Kerrostalot 1880-1940. Neuvonen, P., ym. Rakennustieto Oy. 192 s. (2002).
- Kerrostalot 1880-2000. Arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Neuvonen, Petri (toim.). Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy. 288 s. (2006).
- Kerrostalot 1940-1960. Mäkiö, Erkki; Saarenpää, Jukka. Rakennustieto Oy. 275 s. (1990).
- Kerrostalot 1960-1975. Mäkiö, Erkki. Rakennustieto Oy. 288 s. (1994).
- KH 24-00368 Rakennuksen lämpökuvaus. Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus, raportointi ja tilaaminen. KH-kortisto. (2005).
- Kiinteistöjen metallisten käyttövesiputkistojen ja -laitteistojen kestävyys. Forsberg M. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu. 119 s. (2009).
- Kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimukset. Jukka Saarenpää, VTT Asiantuntijapalvelut, Korjausrakentamisen seminaari. (Oulu 25.9.2008).
- Kivitalojen ääneneristys. Kylliäinen Mikko. <http://kivitaloinfo.fi/suunnittelun-tueksi/rakennesuunnittelu/aaneneristys/>.
- Korrelaatiotekniikka vuodonpaikantamisessa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Reaktiolaboratorio. (1980).
- Korroosioikäkirja. Kunnossapidon julkaisusarja no 12. Kunnossapitoyhdistys ry. 3. p. 930 s. (2006). (Aik. Korroosioikäkirja. Toim. P.J. Tunturi. Suomen Korroosioyhdistys SKY - Finlands Korrosionsförening ry, 1988. Suomen Korroosioyhdistyksen julkaisuja n:o 6. 966 s.).
- Korroosio lämpimän käyttöveden kupariputkissa. Kiinteistöalan Koulutussäätiö, isännöitsijäkurssi no 32. (2001).
- K3/1995 Kaukolämmityslaitteiden katselmus. Lämpölaitosyhdistys. Energiateollisuus. (1995).
- K16/03 Kaukolämpölaitteiden toimintakoe. Energiateollisuus. (2003).
- LVI 01-10424, KH 90-00403 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitotaksot. Rakennustietosäätiö RTS. (2008).
- LVI 01-10481, KH 90-00489 Asuinkiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje. Rakennustietosäätiö RTS. (2012).
- LVI 01-10482, KH 90-00490 Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Rakennustietosäätiö RTS. (2012).
- LVI 01-10487, KH 90-00495 Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määräytyminen. Rakennustietosäätiö RTS. (2012).
- LVI 01-10509, KH 90-00500 Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje. Rakennustietosäätiö RTS. (2012).
- LVI 01-10510, KH 90-00501 Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Rakennustietosäätiö RTS. (2012).
- LVI 10-10393 Rakennuksen lämpökuvaus. Rakenteiden lämpötekniinen toimivuus. LVI-kortisto. (2005).
- LVI 20-40075 Talousveden laatu ja verkostomateriaalit. Rakennustietosäätiö RTS. (2008).
- LVI 29-40087 Vesijohtojen saneerauspinnoitus. Rakennustietosäätiö RTS. (2012).
- Maankäyttö- ja rakennuslaki. Suomen säädöskokoelma 132/1999. (LVI YM-00473).
- Messinkikomponenttien vauriomekanismit. Kaunisto T. Vesi-Instituutin Raportteja 1. Vesi-Instituutti WANDER/Priztech Oy, 9 s. (2010).
- Muovisten vesijohtojen pitkäaikaiskestävyys. Rintala s. VVY:n julkaisuja. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. 84 s. (2003).

- MiniCam Ltd. Verkkosoitteessa
<http://www.minicam.co.uk>.
- Muovi- ja elastomeeritekniikka. Tampereen teknillinen yliopisto. Muovikurskien materiaalit 2011-12.
- Muoviputket, Ympäristölle kestävä ratkaisu, Muoviteollisuus ry, Putkijaoston julkaisu n:o 38.
- Muovisten vesijohtojen pitkäaikaiskestävyys. Rintala, Satu, diplomityö, TTY. (2002).
- Nondestructive Testing Handbook. Volume 7, Ultrasonic testing. American Society for Nondestructive Testing. Birks, Albert s. & Green, Robert E. Jr. & McIntire, Paul (editor). 893 s. (1991).
- Olympus Corporation. Verkkosoitteessa
<http://www.olympus-ims.com>.
- Onnistunut putkistoremontti. Laksola, Jaakko & Palsala, Arto. Kiinteistöalan Kustannus Oy-Rep Ltd. (2005).
- Operational Guidelines and Code of Practice for Stainless Steel Products in Drinking Water Supply. The Steel Construction Institute. 39. s. (2002).
- Pientalojen talousvesiverkoston vuotovahingot. Määttä J. ja Kaunisto T. VTT tiedotteita 1829. 42 s. (1997).
- Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinkerrostaloissa, Koerakentamistutkimus. Järvinen J., Jokinen H., Tavi M., Seppänen O., Forsén O. TTK, LVI-laboratorio. (1987).
- Putkiremonttien uudet hankinta- ja palvelumallit. Paiho, Satu, Heimonen, Ismo, Kouhia, Ilpo, Nykänen, Esa, Nykänen, Veijo, Riihimäki, Markku & Vainio, Terttu. VTT Tiedotteita 2483. Edita Prima Oy. (2009).
- Putkistojen elinkaari, ongelmat ja LVV-kuntotutkimus. Kari Helenius. Taloyhtiöiden Hallitusforum. Messukeskus, Helsinki 19.3.2011.
- Putkistojen ja kaivojen saneerausjärjestelmät. Tuotesite. Oy KWH Pipe Ab. (2005).
- Raaka-ainekäsikirja 3. Kuparimetallit. Metalliteollisuuden Keskusliitto. 2. uudistettu painos. 186 s. (2001).
- Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen (YM 108/2003).
- Rakennustiedon verkkokauppa, www.rakennustieto.fi.
- RakMK A4 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Määräykset ja ohjeet 2000. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. (LVI RakMK-00234).
- RakMK C1 Ääneneristys. Määräykset 1976. Sisäasiainministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. (RT RakMK-20215) Tuli voimaan 1.7.1976. (1979).
- RakMK C1 Ääneneristys. Määräykset 1985. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. -lisälehti, kohdan 9.2 Toimistorakennukset, Askelääneneristävyys poistamisesta. Ympäristöministeriön päätös, DNo 6790/531/86. 1985, 1998. (LVI RakMK-20596) Tuli voimaan 1.7.1985.
- RakMK C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. (LVI RakMK-00188). Noudatettava kohteissa, joiden rakennuslupa haettu 1.1.2000 jälkeen.
- RakMK C2 Veden- ja kosteudeneristys. Määräykset. Sisäasiainministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1976. (LVI RakMK-20216).
- RakMK C2 Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1999. (LVI RakMK-00197).
- RakMK C5 Ääneneristys. Ohjeet 1978. Sisäasiainministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1978. (RT RakMK-20168). Kumottu 25.7.1985.
- RakMK C5 Ääneneristys. Ohjeet 1985. Ympäristöministeriö. Kaavoitus- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma - lisälehti: Korjaus ohjeeseen 1987. (LVI RakMK-00014). Kumottu 13.6.2002.
- RakMK C6 Asuinrakennusten LVI-laitteiden äänitekniikka. Ohjeet 1984. Sisäasiainministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma - lisälehti, muutos ohjeisiin 5.8.1992. 1984, 1992. (LVI RakMK-0020516). Kumottu 13.6.2002.
- RakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 1976. Sisäasiainministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1976. (LVI RakMK-20217)
- RakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1987. (LVI RakMK-00029).
- RakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma - lisälehti, muutosasetus 2012. 2007, 2012. (LVI RakMK-00362).
- RakMK D2 Rakennusten ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1978. Sisäasiainministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1978. (LVI RakMK-20187).
- RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1987. (LVI RakMK-00032).
- RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. 2003. (LVI RakMK-00277).
- RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1987. (LVI RakMK-00032).

- RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. 2003. (LVI RakMK-00277).
- RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2009. (LVI RakMK-00421).
- RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2011. (LVI RakMK-00465).
- RIL 129-2003 Ääneneristysten toteuttaminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 243-1-2007 Rakennusten akustinen suunnittelu – akustiikan perusteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 243-2-2007 Rakennusten akustinen suunnittelu – oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 243-3-2008 Rakennusten akustinen suunnittelu – toimistot. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 243-4-2011 Rakennusten akustinen suunnittelu – teollisuustilat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 252-1-2009 Asuinkerrostalojen linjasaneeraus – hankeprosessi ja tekniset ratkaisut 60- ja 70-lukujen kerrostaloissa. Osa 1 perusteet ja ohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 252-2-2009 Asuinkerrostalojen linjasaneeraus – hankeprosessi ja tekniset ratkaisut 60- ja 70-lukujen kerrostaloissa, Osa 2: Malliratkaisuja. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 55-1967 Ääneneristysnormit 1967. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 55b-1971 Ääneneristysnormit 1971. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Ruostumattomat teräkset. Eripainos julkaisusta Muokatut teräkset, Raaka-ainekäsikirja 2001. 4. p. Teknologiateollisuus Oy. 64 s. (2005).
- RVV-käsikirja. Rakennusten vesijohdot ja viemäri. Suomen kunnallisteknillinen yhdistys. Julkaisu no 7/1987.
- SFS-EN 877 Valurautaiset putket, yhteet ja tarvikkeet veden poistamiseen rakennuksista. Vaatimukset, testausmenetelmät ja laatuvarmuus.
- SFS-EN 1057 Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket LVI-käyttöön.
- SFS-EN 10088-1 Ruostumattomat teräkset. Osa 1: Ruostumattomien terästen luettelo.
- SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Suomen säädöskokoelma 461/2000. (LVI STM-00245).
- Talonrakentamisen akustiikka. Kylliäinen Mikko. TTY 137/2006.
- Talousveden kanssa kosketuksissa olevat materiaalit. Kekki T.K., Keinänen-Toivola M.M., Kaunisto T. ja Luntamo M. Vesi-Instituutin julkaisuja 1, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. 101 s. (2007).
- Taloyhtiön energiakirja. Kiinteistöalan Kustannus Oy. (2011).
- Tappvattensystem av kopparmaterial. Mattsson, E. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm. 31 s. (1990).
- Teollisuusradiografia. Latvala, Kari. Inspecta Oy:n koulutusmateriaali radiografiseen tarkastukseen. 119 s. (2009).
- Turvallinen Uponor Wirsbo-käyttövesijärjestelmä, Käsikirja.
- Työkalu putkiremonttiin -opas taloyhtiöille. Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. (2009).
- Ultraäänitarkastus I. Ruha, Matti. Inspectan koulutusmateriaali ultraäänitarkastukseen. 118 s.
- Uponor-PEX-käyttövesijärjestelmä, Käsikirja, 04/2009.
- Uusi muovitieto, Järvinen Pasi. Muovifakta Oy. (2008).
- Uusien linjasaneerausmenetelmien riskianalyysi. Lappeteläinen, Timo. Insinööritö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. (2010).
- Valtioneuvoston päätös melun ohjearvoista VN 993/1992.
- Valujen ja takeiden NDT-tarkastus. Ruha, Matti & Latvala, Kari & Api, Marko & Myöhänen, Heikki. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y. 132 s. (1999).
- Vesi- ja viemäri-laitteistojen kuntotutkimusohje. Suomen LVI-liitto ry, SuLVI Julkaisu 7. (1998).
- Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Kekki T.K., Kaunisto T., Keinänen-Toivola M.M., Luntamo M. Vesi-Instituutin julkaisuja 3, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. 186 s. (2008).
- Vesijohtojen saneerauspinnoitus. Pelto-Huikko, Aino & Kaunisto, Tuija. Vesi-Instituutin raportteja 4. Turku. (2012).
- Vesijohtoveden laatu ja korrosio. Pääkkönen, J. Suomen Kuntaliitto ja Vesi- ja viemäri-laitosyhdistys. 37 s. (1993).
- Vidisco Ltd. Verkko-osoitteessa <http://www.vidisco.com>.
- Viemäreiden ja vesijohtojen TV-kuvauksen teettämisoheje. Vesi- ja viemäri-laitosyhdistys. (1998).
- Vuototestaus, säiliöt ja putkistot. AEL. (2008).
- Vuotovahinkoselvitys. Finanssialan keskusliitto v. 2007-2008.
- What controls the lifetime of plastic pipes and how can the lifetime be extrapolated? Ifwarson M. ja Leijström H. Bodycote Polymer AB. (2001).
- Yxlon Ltd. Verkko-osoitteessa <http://www.yxlon.com>.
- Ääneneristys rakennuksessa YM 99/2003.

LIITE 1. VAURIOMEKANISMIT JA KRIITTISET KOHDAT

1.1 Materiaalit ja niiden kestävyys

Nykyisin kiinteistöjen kylmä- ja lämminvesijohdoiksi asennetaan lähinnä kupari-, PEX- ja monikerros- eli komposiittiputkia sekä ruostumatonta terästä. Messinki on putkien yleisin liitin- ja venttiilimateriaali, mutta liittimiä valmistetaan myös muovista. Komposiittiputkissa liittiminä käytetään myös puristusosia. Aiemmin on yleisesti käytetty kylmävesijohdoissa sinkittyä teräsputkea. Sitä ei ole enää kuitenkaan asennettu rakennuksiin 1970-luvun lopun jälkeen, mutta sitä on vielä runsaasti käytössä vuosina 1950 - 1970 rakennetuissa kiinteistöissä. Lämmitysputket ja -patterit ovat paljasta

terästä. Lattialämmityksessä käytetyt putket voivat olla myös diffuusiosuojattua PE-muovia tai monikerrosputkia. Viemäriputket ovat nykyään joko valurautaa tai muovia (PVC-U, PE, PP).

Tonttijohto on kiinteistön liittymisjohto jakeluverkostoon. Se voi alkaa joko liittymäkohdasta tai tontin rajalta ja se päättyy vesimittariin. Tonttijohdojen materiaaleja ovat yleensä teräs ja PE-muovi, mutta myös kupariputkea ja valurautaista paineputkea on käytetty.

Taulukko 7 sisältää tietoa kiinteistöjen putkistomateriaalien vauriomekanismeista ja vaurioiden syistä.

Taulukko 7. Kiinteistöjen putkistomateriaalien vauriomekanismeja ja vaurioiden aiheuttajia.

Materiaali	Tyypillisiä vaurioita	Vauriomekanismit	Vaurioiden aiheuttajat
Kupari	Paikalliset syöpymät	Pistekorrosio	Virheellinen varastointi ja käyttöönotto, asennusvirheet, veden laatu ja muutokset (happamuus, pehmeys, kloridit, bikarbonaatti-sulfaattisuhte, rauta, alumiini, mangaani, silikaatti), lämpötila > 65 °C
		Eroosikorrosio	Veden pyörteisyys tai liian suuri virtausnopeus, mekaaninen rasitus, veden laatu (happamuus, kloridit, kiintoaineet), lämpötila
	Murtumat	korroosioväsyminen	Lämpöliikkeiden estyminen, vesikalusteiden aiheuttamat paineiskut, veden laatu
Sinkitty teräs	Paikalliset syöpymät	Piste-/kuoppakorrosio, yleinen korrosio, galvaaninen korrosio	Valmistusvirheet (hitsit), asennusvirheet, veden laatu (happamuus, pehmeys, kloridit)
Valurauta	Paikalliset tai laaja-alaiset syöpymät	Yleinen ja paikallinen korrosio, grafitoituminen	Valmistusvirheet (valuraudan huokoisuus, sisäpuolisen pinnoitteen huono laatu), veden laatu (happamuus, pehmeys, kloridit ja sulfaatit), mikrobitointa
Ruostumaton teräs	Paikalliset syöpymät	Pistekorrosio, rakokorrosio	Kloridit, raot, pinnalla olevat epäpuhtaudet, huonolaatuiset hitsit, mikrobitointa
	Murtumat	Jännityskorrosio	Vetojännitykset, kloridipitoinen kosteus, lämpötila
Messinki	Paikalliset tai laaja-alaiset syöpymät	Sinkinkato	Materiaali- ja valmistusvirheet, veden laatu (kloridit, happamuus, pehmeys)
	Murtumat	Jännityskorrosio	Valmistuksesta johtuvat jännitykset, ulkoinen kuormitus (esim. puserrusliittimien liikakiristys), pinnoille pääsevät kemikaalit (ammoniikki, nitriitti, sulfaatti tms.), paikalliset sinkinkadonkohdat
		Korroosioväsyminen	Lämpöliikkeiden estyminen, vesikalusteiden aiheuttamat paineiskut, veden laatu
PEX- ja monikerrosputket*	Murtuminen	Sitkeä murtuminen	Suunnitellun lämpötilan tai paineen ylitys, aggressiiviset yhdisteet
Monikerrosputket*		Vanheneminen (hauras murtuminen)	Osittain materiaaleille luontaista, mekaaninen kuormitus, aggressiiviset yhdisteet, UV, lisäaineiden liukeneminen
		Kerrostien irtoaminen toisistaan	Suunnitellun lämpötilan tai paineen ylitys, aggressiiviset yhdisteet

*HUOM! Muovi- ja monikerrosputkia ja niiden vaurioita on käsitelty laajemmin toisaalla tässä oppaassa (LIITE 2, Luku 2.2).

Putkistomateriaalien kestävyys ja käyttöikä vaikuttavat monet tekijät, ja yksittäinen putkivaurio tai vesivuoto on yleensä usean eri tekijän seuraus. Syitä ovat muuan muassa käyttöolosuhteisiin nähden väärät materiaalivalinnat, huonolaatuiset tuotteet ja valmistusvirheet, kuljetukset ja vääränlainen varastointi, virheellinen asennus ja käyttöönotto sekä aggressiiviset käyttöolosuhteet, joita ovat veden huono tekninen laatu sekä suunnitellusta poikkeavat lämpötilat ja virtausnopeudet, Sähkökemiallinen korrosio, vanheneminen, aineiden liukeneminen, mikrobitoiminta biofilmeissä ja mekaaniset kuormitukset vaikuttavat merkittävästi materiaalien todelliseen käyttöikäan verkostoissa. Metallisten putkien ja putken osien vaurioita aiheuttavat syöpymät ja murtumat. Muovi-putkien vaurioitumisilmiöt voidaan jakaa vanhenemiseen, aineiden liukenemiseen ja ylikuormituksesta johtuvaan sitkeään murtumiseen.

Syöpymistä voi tapahtua myös putkien ulkopinnalla, jos pinnoille pääsee kosteutta ja epäpuhtauksia tai kostea putken pinta on kosketuksissa jalomman metallin kanssa, jolloin sähkökemiallinen korrosio syövyttää putken ulkopäin. Ongelmakohtia ovat erityisesti puutteellisesti vesieristettyjen kosteiden tilojen rakenteissa olevat putket ja lattiasta kosteaan tilaan asennetut putket. Putket syöpyvät tällöin yleensä melko tasaisesti koko ulkopinnalta tai lattian rajassa. Erityisen voimakasta syöpyminen voi olla, jos putkea ympäröivästä materiaalista tai eristeestä liukenee syövyttäviä kemikaaleja (klorideja, sulfaatteja, nitraatteja tms.). Myös puutteelliset putkieristeet voivat aiheuttaa kondenssikosteutta ja tämän seurauksena on ulkopinnan sähkökemiallista korroosiota, esimerkiksi kylmävesijohdoissa.

Putkien sijoittaminen kylmiin tiloihin voi aiheuttaa jäätymisestä johtuvia vaurioita.

1.1.2 Käyttöolosuhteet

Käyttöolosuhteista merkittävin on putkessa virtaavan veden laatu. EU:n juomavesidirektiivi on otettu Suomessa käyttöön sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksella (461/2000). Talousvesiasetus määrittelee veden laadun vähimmäisvaatimukset ja se sisältää laatuvaatimuksia ja suosituksia mikrobiologisille, kemiallisille, teknisille ja radioaktiivisille muuttujille.

Laatuvaatimusten täyttymistä tarkastellaan talousvettä toimittavan laitoksen jakeluverkostossa siinä kohtaa, jossa vesi otetaan käyttäjän hanasta. Talousvettä toimittava laitos on vastuussa laatuvaati-

musten täyttymisestä kiinteistön vesijohtoon liittämiskohtaan saakka. Kiinteistön omistaja vastaa siitä, että veden laatu ei heikkene kiinteistön verkostossa siinä määrin, että vesi ei laadultaan ole enää määräykset täyttävää. Kunnan terveys- ja elintarvikkeiden viranomaisen on varmistettava, että talousveden valmistukseen käytetty vedenkäsittely on asianmukainen ja raakaveden laatuun nähden riittävän tehokas.

Talousvedellä tarkoitetaan juomavedeksi, ruoan valmistukseen tai muihin kotitaloustarkoituksiin käytettävää vettä sekä elintarvikkeiden valmistukseen käytettävää vettä. Talousvetenä ei kuitenkaan pidetä vettä, jota käytetään yksinomaan peseytymiseen, pyykinpesuun, siivoukseen, saniteettitarkoitukseen tai muuhun vastaavaan tarkoitukseen. Lämmitettyä vesijohtovettä ei tule käyttää talousvetenä, joten talousvesiasetuksen vaatimukset eivät koske lämmitettyä vesijohtovettä. Lämmitetty vesi ei silti saa aiheuttaa terveyshaittaa kuluttajalle.

Talousveden on siis oltava hygieenisesti moitteetonta, mutta samalla tulisi varmistaa sekä kylmän että lämpimän veden mahdollisimman hyvä tekninen laatu. Materiaaleja, joiden syöpymisalttiuteen veden teknisellä laadulla on merkitystä, ovat mm. teräs, sinkitty teräs, kupari, messinki ja valuraudat.

Veden laatu voi vaihdella melkoisesti maantieteellisen sijainnin, raakavesilähteen sekä vedenkäsittelyjen mukaan. Veden tekniseen laatuun vaikuttavat mm. raakaveden laatu ja veden käsittely. Pohjavettä käyttävät laitokset saattavat toimittaa vettä ilman minkäänlaista käsittelyä, ja yksinkertaisimmillaan vedenkäsittely voi sisältää vain ilmastuksen ja pH-säädön. Pienissä pohjavesisilaitoksissa kalkkikivialkalointi on kuitenkin viime vuosina lisääntynyt, ja sillä voidaan nostaa sekä pH-arvoa että alkaliteettia ja näin vähentää veden aggressiivisuutta. Pintavettä raakavetenä käyttävät laitokset käsittelevät veden aina. Veden pH-arvoa säädetään alkalisemmaksi natriumhydroksidilla, soodalla tai kalkkikivillä. Rautaa ja mangaania poistetaan vesilaitoksilla hapettamalla ne saostuvaan muotoon ja poistamalla ne suodattamalla tai saostamalla.

Desinfiointi kloorikemikaaleilla, otsonilla tai UV-säteilyllä on välttämätön valmistettaessa pintavettä talousvettä. Veden laatu vaihtelee jossain määrin myös eri vuodenaikoina. Erityisesti pintavesien lämpötilat ja orgaanisen aineksen määrät ovat kesällä korkeammat kuin talvella.

Epäsuotuisa veden laatu on todettavissa tiettyjen kemiallisten muuttujien arvoista ja niiden vaihtelusta.

Veden teknistä laatua kuvaavista muuttujista vain pH:lle, kloridi- ja sulfaattipitoisuudelle sekä sähkönjohtavuudelle on asetettu suosituspitoisuudet talousvesiasetuksessa. Vesilaitosten jakama talousvesi ei kaikissa tapauksissa ole tekniseltä laadultaan moitteetonta, vaikka se täyttäisi talousvedelle asetetut terveydelliset vaatimukset. Suomessa erityisesti pohjavedet ovat luonnostaan happamia ja pehmeitä ja ilman käsittelyä veden laatu voi poiketa merkittävästi materiaalien kannalta suositeltavasta laadusta. Suurten vesilaitosten toimittaman veden tekninen laatu Suomessa on kuitenkin keskimäärin hyvä ja selvät teknisen laadun ongelmat löytyvät pääosin hyvin pienistä vesilaitoksista.

Veden laatu voi myös muuttua verkostossa. Vedenjakelujärjestelmissä esiintyvien materiaalien kirjo hankaloittaa optimaalista vedenkäsittelyä korroosion estämiseksi, sillä eri materiaalien kestävyteen vaikuttavat vedenlaatuparametrit poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi kaivovettä käyttäviä talouksia on Suomessa vielä runsaasti. Luonnonvedet/pohjavedet ovat lähes poikkeuksetta metalleja syövyttäviä, joten kaivoveden tekninen laatu on selvitettävä ennen putkimateriaalin valintaa. Kaivovesien teknistä laatua voidaan parantaa erilaisten vedenkäsittelyjen avulla, esimerkiksi alkaloinnilla.

Metallien korroosioon vaikuttavista veden koostumustekijöistä tärkeimpiä ovat veden happipitoisuuden lisäksi sen happamuus eli pH-arvo, suolapitoisuus (kloridit, sulfaatit), kovuus (kalsium- ja magnesiumipitoisuus) ja alkaliteetti (bikarbonaattipitoisuus). Korroosio edellyttää siis veteen liuenneutta happea, mutta luonnonvesien happipitoisuus (1–10 mg/l) on riittävä korroosioreaktioille. Veden pH-arvo on happamuuden mitta. Happaman veden pH on alle 7, neutraalin 7 ja emäksisen eli alkalisen yli 7. Alkaliteetti kuvaa veden kykyä neutraloida happamia aineita (veden puskurikyky). Jos alkaliteetti on alhainen, pienikin hapon lisäys muuttaa pH-arvoa. Jos veden alkaliteetti on korkeampi, happoa pitää lisätä enemmän, jotta saadaan sama vaikutus. Alkaliteetti on siis hyvin tärkeä muuttuja, sillä sen nostaminen tasaa pH-arvon muutoksia mahdollisten veden laadun vaihtelujen aikana. Kovuus aiheutuu veteen liuenneista mineraalisuoloista, joita ovat kalsiumin ja magnesiumin yhdisteet.

Veden kovuus luokitellaan näiden pitoisuuden mukaan: hyvin pehmeä (alle 0,5 mmol/l \approx 0–2 °dH), pehmeä (0,5–1,0 mmol/l \approx 2–5 °dH), keskikova (1–2 mmol/l \approx 5–10 °dH), kova (2–4 mmol/l \approx 10–20 °dH) ja hyvin kova (yli 4 mmol/l \approx yli 20 °dH). Vedessä olevat suolat nostavat liuoksen sähkönjohtavuutta ja kiihdyttävät monien metallien syöpymistä. Myös veteen liuenneet hiilidioksidi on korroosiota kiihdyttävä tekijä erityisesti käsittelemättömissä pohjavesissä.

Käyttöveden syövyttävyydelle ei voida antaa yleispäteviä rajoja materiaalien luontaisten eroavaisuuksien vuoksi. **Taulukko 8** esittää teknisesti hyvälaatuisen veden tavoitearvot.

Taulukko 8. Metall- ja sementtipohjaisten vesijohtomateriaalien kannalta teknisesti hyvälaatuisen veden tavoitearvot. (Kekki ym. 2008)

pH	Bikarbonaatti	Kalsium	Vapaa hiilidioksidi	Kloridi	Sulfaatti
7,5–8,0	>60 mg/l	>20 mg/l	<15 mg/l	<100 mg/l	< 100 mg/l

Pistekorroosion todennäköisyyttä tietyssä vedessä voidaan arvioida esimerkiksi alkaliteetin (bikarbonaattipitoisuuden) ja haitallisten aineiden (kloridit ja sulfaatit) suhteesta (**Taulukko 9**).

Taulukko 9. Pistekorroosion esiintymisen arviointi eräiden vedenlaatuparametrien avulla (Pääkkönen 1993, Mattsson 1990)

	Pistekorroosiotekijä	Tavoitearvo pistekorroosion estämiseksi
Teräs:	$\frac{\text{alkaliteetti (mmol/l)}}{\text{sulfaatti (mg/l)/48 + kloridi (mg/l)/35,4}}$	$\geq 1,5$
Kupari:	$\frac{\text{alkaliteetti (bikarbonaatti, mg/l)}}{\text{sulfaatti (mg/l)}}$	> 1

Vaihtelut käyttöolosuhteissa, asennustavoissa tai tuotteiden laadussa voivat johtaa siihen, että saman järjestelmän eri osien putkissa osassa esiintyy vaurioita ja osassa ei. Käyttöolosuhteista vaikuttavat eniten veden lämpötila ja virtausnopeus. Liian korkeat lämpötilat ovat haitaksi, samoin veden seisominen tai liian suuri virtausnopeus, vaikkakin saostumien muodostumista estetään antamalla veden kiertää jatkuvasti. Muista tekijöistä mainittakoon ennen käyttöönottoa tapahtuvan painekoe eli koeponnistus, jonka suorittamistapa voi vaikuttaa putkien sisäpinnalle muodostuvien kerrostumien laatuun. Koeponnistuksessa ei pidä käyttää epäpuhdasta tai kiintoainesta sisältävää vettä, eikä vesi saa seistä putkistossa pitkään ennen käyttöönottoa. Erityisen haitallinen on tilanne, jossa putki on vain osittain täynnä. Koeponnistuksen mahdollisia vaikutuksia käytön aikana tapahtuviin korroosiovaurioihin on hyvin hankala osoittaa.

Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä putkistot pitäisi aina huuhdella vedellä epäpuhtauksien ja irtoaineksen poistamiseksi. Putkissa saattaa olla myös valmistuksen tai varastoinnin jäljiltä öljyjä tai rasvoja, jotka estävät tasaisten suojakerrosten muodostumisen ja saattavat edistää mikrobiologista kasvua. RakMK osan D1 ohjeen mukaan huuhtelu suoritetaan talousveden voimakkaalla virtauksella putkiston kaikissa osissa putkilinja tai putkiston osa kerrallaan. Huuhtelu aloitetaan kauimmaisesta vesipisteestä ja siitä edetään veden virtausuuntaa vastaan.

1.1.3 Biofilmit ja mikrobiologinen toiminta

Hyvälaatuinenkin vesi voi muuttua verkostossa kulkiessaan ja viipyessään huonolaatuisiksi ja jopa terveydelle haitalliseksi, etenkin jos olosuhteet ovat mikrobiologiselle toiminnalle suotuisat. Kaikilla veden kanssa kosketuksissa olevilla pinnoilla kasvaa nimittäin mikrobeja nk. biofilmeissä. Vaikka talousvesi puhdistetaan ja desinfioidaan vesilaitoksella, myös talousvesiverkostossa on aina mikrobeja, jotka muodostavat nopeasti biofilmin vesijohtojen sisäpinnoille. Biofilmit voivat aiheuttaa korroosiota ja muita epätoivottuja materiaali muutoksia, sisältää terveydelle haitallisia mikrobeja ja heikentää veden laatua (väri, haju, maku, sakka).

Biofilmit sisältävät vettä, mikrobeja (esim. bakteerit, sienet, alkueläimet) ja mikrobien aineenvaihduntatuotteita (polysakkarideja). Biofilmiin paksuus vaihtelee muutamasta mikrometristä millimetreihin. Niitä ei aina erota paljaalla silmällä, mutta esimerkiksi valurautapinnan biofilmi on osa korroosiotuotteita ja ajan mittaan saostumat voivat kasvaa hyvinkin useiden senttimetrin paksuisiksi.

Biofilmiin muodostumista putkien pinnoille ei toivota, sillä biofilmit ovat otollisia elinpaikkoja myös patogeenisille bakteereille (esim. Legionella). Legionella-bakteeritartunnan voi saada hengitysteitse esimerkiksi suihkussa. Se voi aiheuttaa jopa kuolemaan johtavan keuhkokuumeen vanhoilla ja vastustuskyvyltään heikentyneillä ihmisillä.

Biofilmiin sisällä happiolosuhteet voivat vaihdella pienelläkin alueella voimakkaasti. Biofilmeissä on sekä hapellisia että hapettomia kohtia, ja vastavasti niissä on happipitoisissa ja hapettomissa oloissa kasvavia mikrobeja.

Biofilmiin mikrobit ottavat ravinteita sekä virtaavasta vedestä että materiaaleista, joihin ne ovat kiinnittyneet. Talousvedet sisältävät yleensä aina ravinteita mikrobeille, mutta näille ravinneaineille

ei ole asetettu vaatimuksia tai suosituksia talousvesiasetuksessa. Putkistomateriaaleista voi liueta aineita, jotka voivat joko lisätä tai vähentää mikrobien kasvua.

Verkostossa mikrobien kasvuun vaikuttavat lämpötila ja virtausolosuhteet. Biofilmiin kasvun ehkäisemiseksi kylmän veden tulisi olla mahdollisimman kylmää (alle 20 °C) ja lämpimän veden mahdollisimman lämmintä (vähintään 55 °C), kuten RakMK osassa D1 ohjeistetaan. Seisovassa tai hitaasti virtaavassa vedessä biofilmit voivat kasvaa ja aiheuttaa ongelmia, mutta toisaalta myös voimakas virtaus voi edesauttaa biofilmiin muodostumista edistämällä ravinteiden saantia.

Biofilmiin ja niissä elävien mikrobien toiminta liittyy usein mikrobiologiseen korroosioon. Usein kyseessä on tavanomainen korroosio, jota mikrobien muodostamat kemialliset ja fysikaaliset olosuhteet aiheuttavat tai lisäävät. Niiden aineenvaihdunta voi tuottaa korroosiota aiheuttavia happoja tai ne voivat kuluttaa happea metallipinnalta ja aiheuttaa happipitoisuuseroja. Tyypillisiä mikrobiologista korroosiota aiheuttavia bakteereja ovat nk. rautabakteerit, jotka voivat aiheuttaa kookkaiden saostumien muodostumista valurauta- ja hiili-teräsputkien pintoihin.

Saostumien alla etenevä syöpyminen voi aiheuttaa seinämän puhkisyöpymisen. Anaerobisissa eli hapettomissa oloissa sulfaatteja pelkistävät bakteerit (SRB, sulfate reducing bacteria) voivat aiheuttaa mikrobiologista korroosiota ja ruosterakkuloita putkien pinnoille sellaisissa olosuhteissa, joissa metallin syöpymistä ei normaalisti tapahdu.

1.2 Käyttövesiputket

1.2.1 Kuumasinkityt teräspuutket

Kuumasinkittyjä teräspuutkia asennettiin Suomessa kylmävesijohdoiksi 1970-luvun loppupuolelle asti. Tavallisen teräksen korroosio on käyttövesissä niin nopeaa, että terästä ei voida käyttää vesijohdoissa ilman suojaavaa pinnoitetta. Teräspuutkissa sinkkipinnoitteet ovat tavallisia, sillä sinkin korroosio vedessä on huomattavasti terästä hitaampaa. Lisäksi sinkki suojaa terästä katodisesti, jolloin pinnoitteen vauriokohtissa sinkkiä liukenee vauriokohtaan ja teräksen syöpyminen estyy.

Putkien sinkkipinnoite voi liueta happamassa ja pehmeässä vedessä, etenkin jos vesi sisältää aggressiivista hiilidioksidia. Sinkin liukeneminen voi heikentää veden laatua, ja liukenemisen jatkuessa

pinnoitteen alta jossain vaiheessa paljastuva teräs alkaa myös syöpyä. Tällöin korroosiotuotteiden muodostuminen voi olla niin voimakasta, että putket tukkeutuvat.

Sinkittyä putkea käytetään vain kylmän veden putkistoissa, sillä lämpimässä vedessä sinkkikerros ei suojaa terästä.

Putken sinkkipinnoitteen kestävyys on hyvä kovassa vedessä, jonka pH-arvo on yli 7, mutta sinkin liukenemista voi tapahtua happamassa ja pehmeässä käyttövedessä. Sinkkipinnoitteen syöpmisnopeuden esimerkiksi merivedessä arvioidaan olevan 10 – 20 µm/a. Teräksen syöpmisnopeus vedessä on yleensä 0,05 - 0,15 mm/a. Kun putken pinnoitteen paksuus on 55 µm ja putken seinämänpaksuus 3,3 mm, pinnoitteen liukenemiseen kuluva aika voi epäedullisissa olosuhteissa olla 3 - 5 vuotta, mikä jälkeen teräseinämä voi syöpyä puhki 20 - 30 vuodessa.

Puhkisyöpyä ja vuotoja syntyy yleensä paikallisen korroosion (piste- ja kuoppakorroosio) seurauksena, ja tällöin korroosion nopeus saattaa olla moninkertainen yleisen korroosion nopeuteen verrattuna. Pistekorrosioriskiä lisäävät veden sisältämät kloridit ja sulfaatit sekä veden pitkäaikainen seisominen ja putken sisäpinnoilla olevat epäpuhtauskerrostumat. Pistekorroosion vaaraa vähennetään nostamalla veden pH-arvoa (> 7,5) ja bikarbonaattipitoisuutta (> 120 mg/l).

Sinkittyjä putkia ei saa asentaa siten, että vesi virtaa kupariputkista sinkittyihin putkiin, sillä veden mukana mahdollisesti tuleva kupariputkista liuenut kuparihiukkaset voivat kiinnittyä sinkityn teräsputken pinnalle ja kiihdyttää jännitesarjan jalompana metallina sinkin korroosiota huomattavasti.

Vuodot voivat johtua myös materiaalivirheistä. Eräissä 1970-luvulla ulkomailta tuoduissa sinkityissä teräsputkierissä on ollut valmistusvikoja, joiden seurauksena putket ovat alkaneet käytössä vuotaa pitkittäisistä hitsausliitoksista. Enimmäkseen vauriot johtuivat siitä, että valmistuksessa mankeloidun putken pitkittäinen hitsausliitos oli saattanut jäädä osassa putkia lähes kokonaan auki tai sisäpintaan oli tullut kylmäjuoksua ja purseita. Näille kohdille kuumaupotuksessa syntynyt sinkkipinnoite on jäänyt liian ohueksi. Käytössä ohut sinkkikerros liukeni pois ja teräs oli alkanut syöpyä ja tämä aiheutti eri puolella Suomea rakennevesivahinkoja. Joitakin laaturiveitä on ollut myös itse putkien sinkkipinnoitteessa.

Ennenaikaisia vaurioita voi tulla putkeen sen kuumetessa esimerkiksi ollessaan liian lähellä puutteellisesti eristettyjä lämminvesijohtoja. Sinkkipinnoite ei suojaa terästä yli 60 °C:en lämpötiloissa, ja mahdollisissa pinnoitteen vauriokohdissa teräksen syöpyminen kiihtyy.

1.2.2 Kupariputket

Kupariputkien koostumus ei ole merkittävästi muuttunut viimeisten vuosikymmenien aikana. Kupariputkistandardin SFS-EN 1057 mukaan putket valmistetaan fosforilla deoksidoidusta kuparista, joka sisältää vähintään 99,9 % kuparia ja 0,015–0,040 % fosforia. Fosforilisäys parantaa kuparin kuumahaurausominaisuuksia.

Kupariputkien käyttö on hyvin laajaa kiinteistöjen kylmä- ja lämminvesijohtoina. Kuparin korroosionkestävyys riippuu oleellisesti veden laadusta. Kupari onkin yleensä hyvin kestävä materiaali hyvälaatuisissa käyttövesissä, joissa kupariputkien sisäpinnalle muodostuu suojaavia kerrostumia. Happamassa, pehmeässä ja erityisesti hiilidioksidia sisältävässä vedessä putkien sisäpinnalta voi liueta kuparia veteen. Myös talousvesiasetuksen mukainen vesi voi aiheuttaa kuparin liukenemista. Liukeneminen voi aiheuttaa nk. sinisen veden häiriötä, jonka seurauksena mm. vesi- ja viemärikalusteet voivat värjäytyä. Kuparin yleinen liukeneminen ei aiheuta vuotoja. Kuparin syöpmisnopeus vedessä on kirjallisuuden mukaan 5–10 µm/a, mutta happamissa ja pehmeissä vesissä se voi olla huomattavasti suurempi.

1.2.3 Käyttövesiputkien korroosimuodot

Pistekorrosio

Kupariputkien vuotojen syynä on usein sisäpinnan pistekorrosio, jossa syöpymistä tapahtuu paikallisesti. Syöpymät ovat usein sakkanystyröiden peitossa. Pistesyöpymien eteneminen voi lopulta aiheuttaa seinämän putkisyöpymistä, mutta syöpymien kasvu voi myös pysähtyä. Pistekorrosiotyyppejä tunnetaan useita. Tyyppi 1:n esiintymiseen vaikuttavat sekä putken että veden laatu. Putken valmistuksessa syntyneet hiilikalvot ovat olleet osasyllisiä tähän korroosimuotoon. Tyypipihvyksyydessä ja standardin SFS-EN 1057 mukaisissa putkissa sisäpinnan hiilimäärä ei saa ylittää tiettyä enimmäisarvoa eikä hiili saa olla yhtenäisenä kalvona. Korroosiota aiheuttavan veden laadun luonnehdinta on vaikeaa, mutta tavallisesti tätä korroosiota tapahtuu kovissa tai suhteellisen kovissa pohjavesissä, joissa orgaanisen aineksen määrä on pieni. Kovajuottamisen yhteydessä voi

myös syntyä vastaavanlaisia hapettumakalvoja. Saksassa on kielletty tietynkokoisten putkien kovajuottaminen pistekorroosion lisääntyttä eräillä alueilla käyttöveden laadun muuttumisen myötä. Suomessa tyyppi 1:n pistekorroosiotapauksia on vähän, eikä niiden ole todettu esiintyvän erityisesti liitosten läheisyydessä, joten kovajuottamisen kieltämiseen ei ole aihetta.

Tavallisin kupariputkien vauriomuoto Suomessa on lämpimän käyttöveden putkissa tapahtuva nk. tyyppi 2:n pistekorroosio, jonka ilmeneminen riippuu ennen kaikkea käyttöolosuhteista. Putken laadulla ei ole todettu olevan vaikutusta. Pehmeät, happamat ja sulfaattipitoiset vedet aiheuttavat pistekorroosioriskin. Myös veden tavallista korkeammat rauta-, alumiini- ja mangaanipitoisuudet ovat haitaksi. Pistekorroosion estämiseksi veden pH-arvon tulee olla yli 7,5 (mieluiten 8,0–8,5), bikarbonaattipitoisuuden 70–120 mg/l ja sulfaattipitoisuuden (mg/l) pienempi kuin bikarbonaattipitoisuus. Joillakin paikkakunnilla Suomessa on vedessä epäedullisia määriä silikaatteja, minkä epäillään lisäävän pistekorroosioriskiä. On kuitenkin todennäköistä, että silikaatin aiheuttamaan kuparin pistesyöpymiseen vaikuttavat silikaattipitoisuuden ohella myös muut veden laatutekijät, kuten kovuus ja pH.

Pistekorroosiota voi tapahtua putkien sisäpinnalla myös mikrobitoiminnan seurauksena. Tätä korroosiota on todettu Saksassa ja Englannissa. Kyseessä ovat tavallisesti olleet suuret julkiset rakennukset, joissa on pitkiä vaakatasoisia vesijohtolinjoja ja veden käyttö ei ole jatkuvaa. Veden seistesä kylmä vesi voi lämmentä ja lämmin jäähtyä mikrobeille otolliseen lämpötilaan. Putkien sisäpinoilla on todettu hyytelömäisiä polysakkaridikerroksia.

Eroosikorroosio

Kupariputkissa voi esiintyä veden liian suuren virtausnopeuden tai virtauksen pyörteisyyden aiheuttamaa eroosikorroosiota, joka aiheuttaa paljaita, teräväreunaisia syöpymäkohtia. Riskikohtia kohtuullisissakin virtausnopeuksissa ovat juotosliitokset, jos niissä syntyy putken sisään tulevia ulokkeita. Useimmiten eroosikorroosio kuluttaakin putken liitos- ja taivekohtia, jotka eivät ole asianmukaisia. Ilman kapillaariosia tehdyissä T-liitoksissa haaraputket ulottuvat usein liian pitkälle runkoputken sisään. Rypistysliitokset ja putkien taivekohtien poimut muuttavat veden pyörteiseksi. Suoralla putkenosalla esiintyvät eroosikorroosiovauriot johtuvat liian suuresta veden virtausnopeudesta. Kiertovesipumppu ei saa olla liian tehokas, jotta veden virtausnopeudet pysyvät RakMK

osassa D1 annetuissa rajoissa. Mitä aggressiivisempaa ja kuumempaa vesi on, sitä suurempi on virtausnopeuden vaikutus syöpymisnopeuteen.

Korroosioväsyminen

Kupariputkien murtumat voivat olla mekaanisten tekijöiden aiheuttamia tai mekaanisen kuormituksen ja korroosion yhteisvaikutuksesta syntyneitä. Korroosioväsyminen johtuu syövyttävän veden ja putkeen kohdistuvien vaihtokuormitusten yhteisvaikutuksesta, ja se ilmenee pituus- tai poikisuuntaisina murtumina putken pinnalla. Vaihtokuormitusta voi tulla lämpöliikkeiden estymisestä tai vesikalusteiden aiheuttamista paineiskuista. Putket tulisikin asentaa niin, että ne pääsevät riittävästi liikkumaan. Liitokset tulisi tehdä ammattitaidolla, sillä suurin osa korroosioväsymisen aiheuttamista vaurioista on liitos- tai taivekohdissa.

Jännityskorroosio

Jännityskorroosiota on tapahtunut pesutilojen tms. lattian alle asennetuissa kupariputkissa, kun paljaalle kuparipinnalle on päässyt ammoniakkipitoista kosteutta. Jännityskorroosiomurtuman aiheuttavat putkessa oleva vetojännitystilä ja syövyttävä ympäristö (liuos). Jännitystilä saattaa olla peräisin vedetyn, kovan putken omista sisäisistä jännityksistä. Syövyttävänä ympäristönä ovat ammoniakki- tai nitriittipitoiset liuokset, esim. eräät pesuaineet. Jännityskorroosiota ei nykyisin esiinny kupariputkissa, mihin syynä on ilmeisesti muovipinnoitettujen putkien käyttäminen rakenteisiin sijoitetuissa putkissa kosteissa tiloissa.

1.2.4 Käyttövesiputkien muut vauriotekijät

Putkien varastointi ja asennus

Kupariputkien pitkän käyttöiän varmistaminen alkaa jo putkien varastoinnista ja asennuksesta. Putkiin ei saa päästä likaa, hiekkaa tai muita epäpuhtauksia varastoinnin tai asennuksen aikana, ja ennen käyttöönottoa putket on huuhdeltava epäpuhtauksista. Paineetesti tehdään puhtaalla vedellä eikä vettä jätetä seisomaan putkistoon, sillä seisovassa ja/tai epäpuhtauksia sisältävässä vedessä suojaavien kerrostumien muodostuminen putkien sisäpinnalle häiriintyy. Käyttöönoton tulisi tapahtua mahdollisimman pian painekokeen ja huuhtelun jälkeen. Jos tämä ei ole mahdollista, putkisto on tyhjennettävä ja kuivattava tai putkistoon on järjestettävä säännöllinen virtaus.

Putken ulkopinnan vauriotekijät

Kupariputki voi kosteissa oloissa syöpyä myös ulkopinnaltaan. Puhdas vesi ei yleensä aiheuta vaurioita, mutta joissakin tapauksissa kosteus voi liuot-

taa putkea ympäröivistä materiaaleista korroosiota kiihdyttäviä aineita. Kupariputkissa tämä ongelma on tullut esille tapauksissa, joissa kylmävesijohto on asennettu päistään suljettuun PVC-muoviseen suojaputkeen. Kondenssikosteus ei tällöin pääse poistumaan, ja kuparipinnalla oleva kosteus liuottaa PVC:stä klorideja. Kloridit aiheuttavat kuparipinnan syöpymistä kohdissa, joissa kupari koskettaa suojaputkea. Kupariputken ulkopinnalla on vihreitä kuparikloridisuoloja syöpymäkohdissa. Muovisen suojaputken tarkoitus on estää vesivahinkoja mahdollisissa vuototapauksissa, mutta suojaputkien päät pitäisi jättää avoimiksi.

1.2.5 Kupariputkien juotosliitosten vauriot

Suurin osa kupariputkien eroosiokorroosio- ja korroosioväsymisvaurioista johtuu erilaisista asennusvirheistä liitoksissa. Nämä korroosionmuodot voidaan estää oikean suunnittelun, asennuksen ja käytön avulla.

Juotosliitoksissa voi tapahtua juotteen aiheuttamaa metalliparikorroosiota, jossa kuparia jalompi juoteaine aiheuttaa kuparin korroosion kiihtymistä välittömästi juotteen vieressä. Juoteaine voi olla normaalia kuparin kovajuottamisessa käytettävää hopeapitoista fosforikuparijuotetta. Metalliparikorroosion riski kasvaa veden lämpötilan noustessa. Hyvälaatuisessa vedessä ja asianmukaisesti tehdyissä liitoksissa metalliparikorroosio ei yleensä aiheuta vuotoriskiä.

Liian suuret juoksumäärät tai hyvin aggressiivisen juoksumäärän käyttäminen voivat aiheuttaa putkessa korroosiota. Pistekorroosiota tapahtuu lähinnä kylmävesijohdoissa, sillä lämpimän käyttöveden putkissa vesi liuottaa aggressiivisia aineita (esim. klorideja) pinnalta pois paremmin kuin kylmä vesi. Juoksumäärän aiheuttamat pistesyöpymät ovat yleensä putken pituussuuntaisina jonoina, ja syöpymiä voi olla kaukanakin liitoksesta. Vaurion estämiseksi tulisi käyttää hyväksytyjä materiaaleja ja työtapoja.

1.2.6 Messinkiosat ja -juotokset

Messingit ovat kuparin ja sinkin seoksia, jotka sisältävät usein myös lyijyä. Käytetyin messinkityyppi on aiemmin ollut Ms 358, joka sisältää 58 % kuparia, 39 % sinkkiä ja 3 % lyijyä. Nykyisin kupariseoksia kuvataan seoksessa olevien alkuaineiden kemiallisen merkin ja pääseosaineiden nimelliskoostumuksen avulla. Esimerkiksi messinkityyppi CuZn37 sisältää noin 37 % sinkkiä ja loput kuparia. Sinkinkadonkestävää messinkiä on esimerkiksi

messinkityyppi CuZn36Pb2As, jossa on pieni määrä sinkinkatoa estävää arseenia. Messingin mikro rakenne voi sisältää kahta erilaista kiderakennetta, α - ja β -faaseja, joiden keskinäiset osuudet riippuvat koostumuksesta ja valmistustavasta.

Messinkiä käytetään venttiileissä, hanoissa ja putkien liitoskappaleissa, joiden tavallisimmat vaurioiden aiheuttajat ovat sinkinkato ja jännityskorroosio.

Sinkinkato

Messinkien sinkinkato on korroosionmuoto, jossa messingistä liukenee sinkkiä ja jäljelle jäävä rakenne on huokoista. Kappale säilyttää ulkoisen rakenteensa, mutta on saattanut menettää lujuuttaan ja tiivyyttään. Sinkinkadon seurauksena messinki myös menettää keltaisen värinsä ja muuttuu kuparinpunaiseksi. Sinkinkato voi edetä paikallisesti tai tasaisesti koko pinnalla. Sinkinkadon oireita ovat ulkopinnalle saostuvat vaaleat korroosiotuotteet (sinkin suolat) sekä tihkuvuodot. Sinkinkato voi aiheuttaa messinkiventtiilien tukkeutumista tai mekaanisten ominaisuuksien heikkenemisen seurauksena syntyviä murtumia. Venttiilikara voi juuttua ja venttiililautanen irrota karasta, jolloin venttiilillä ei voida sulkea verkostoa tai karaa väkipakoin kääntäessä venttiili alkaa vuotaa.

Sinkinkatotaipumus kasvaa messingin sinkkipitoisuuden kasvaessa. Alle 20 % sinkkiä sisältävät seokset eivät ole taipuvaisia sinkinkatoon. Messinki on sitä kestävämpää sinkinkatoa vastaan mitä suurempi on kuparipitoisemman α -faasisen kiderakenteen osuus messingissä. Kuparipitoisuuden ollessa alle 62 % rakenteeseen muodostuu runsaasti myös β -faasia. Messinkituotteen sinkinkadonkestävyys saadaan aikaan oikealla seostuksella ja sopivalla lämpökäsittelyllä. Sinkinkato voidaan estää α -faasisissa lähes täydellisesti arseeni-, antimoni- tai fosforilisäyksellä, mutta β -faasin sinkinkatoa ei voida seostuksella estää. Sinkinkadon etenemisen estämiseksi β -faasi ei saisi esiintyä messingin mikrorakenteessa jatkuvana verkostona, vaan mieluiten erillisinä α -faasin ympäröiminä alueina, mikä varmistetaan oikeilla valmistusmenetelmillä.

Sinkinkato on yleisempää lämpimän veden yhteydessä, ja veden suuri kloridipitoisuus sekä pehmeys lisäävät sinkinkatoriskiä. Veden happamuus vaikuttaa normaaleissa vaihtelurajoissa vain sinkinkatotuotteiden saostuvuuteen. Monissa maissa suositellaan veden pH-arvolle ylärajaa (8,3), jolloin saostumat eivät pääse tukkimaan venttiileitä.

RakMK osan D1 mukaan vesilaitteistoissa käytettävien messinkikomponenttien tulee veden kosket-

tamilta osiltaan olla valmistettu sinkinkadonkestävästä messinkilaadusta. Tyyppihyväksytyt messinkiventtiilit ja -liittimet valmistetaan sinkinkadonkestävästä materiaalista, ja kansallinen tyyppihyväksyntä edellyttää tuotteen sinkinkadonkestävyyden testaamista tyypitarkastuksen yhteydessä. LV-käyttöön tarkoitettujen messinkien sinkinkadonkestävyys saadaan aikaan esimerkiksi pienellä arseeni- tai antimoniseostuksella ja sopivalla lämpökäsittelyllä. Suomessa sinkinkatotapauksia on esiintynyt mm. rannikkoseuduilla veden korkean kloridipitoisuuden vuoksi.

Messinkijuotokset

Vesilaitteistojen kupariputkien messinkiset juotosliitokset ovat olleet jo pitkään kiellettyjä sinkinkatovaaran vuoksi, mutta vanhoissa kupariputkiasennuksissa niitä vielä esiintyy. Monet messinkijuotokset ovat murtuneet poikki sinkinkadon haurastuttamista kohdista.

Jännityskorroosio

Messinkisissä osissa (mm. puserrusliittimet) on esiintynyt jännityskorroosioaurioita, joiden seurauksena liitoskappale murtuu poikki. Näitä vaurioita voi esiintyä jo muutaman ensimmäisen käyttökuukauden aikana.

Jännityskorroosiossa metalliin syntyy murtumia metallikomponenttiin kohdistuvien vetojännitysten ja syövyttävän ympäristön yhteisvaikutuksesta. Jännityskorroosiomurtumaan johtava korroosioympäristö on spesifinen kullekin materiaalille. Yli 20 % sinkkiä sisältävät messingit ovat suhteellisen herkkiä jännityskorroosiolle ammoniakkipitoisessa ympäristössä. Jännityskorroosiota on aiemmin kutsuttu myös varastorepeämiseksi.

Jännitykset voivat olla peräisin tuotteeseen valmistuksessa muodostuneista sisäisistä jännityksistä tai asennuksesta. Sisäisiä jännityksiä aiheuttavat esimerkiksi kylmämuokkaus, lastuaminen, leikkaus, lävistäminen ja hitsaus. Ulkoinen kuormitus voi aiheutua staattisesta kuormasta tai esimerkiksi ruuviliitoksen kiristysvoimasta.

Messinkien jännityskorroosiota aiheuttavia kemikaaleja voivat olla mm. ammoniakki, sulfaatti, nitriitti ja fluoridi. Ammoniakki voi olla peräisin puhdistusaineista ja eristemateriaaleista. Esimerkiksi solukumieristeestä voi irrota pieniä määriä ammoniakkia, joka yhdessä kondenssikosteuden kanssa voi muodostaa aggressiivisen kemikaaliympäristön ja aiheuttaa jännityskorroosiota lämmöntalteenotto- ja jäähdytysjärjestelmien messinkiosissa. Nitriittejä voi muodostua esimerkiksi

talousveden sisältämän nitraatin pelkistymisreaktioissa. Myös tiivisteaineet (mm. eräät silikonit) ja jotkut desinfiointiaineet saattavat sisältää haitallisia kemikaaleja.

Jännityskorroosion kannalta kriittiset kemikaalipitoisuudet ovat hyvin pieniä, ja ne riippuvat jännitystasosta. Vähimmäisarvoja kemikaalipitoisuuksille tai tarvittavalle jännitykselle ei tunneta. Valmistuksessa tuotteeseen mahdollisesti jäävät pienetkin jännitykset ja aggressiiviset kemikaalit voivat siis aiheuttaa jännityskorroosiota. Jännityskorroosion estämiseksi muokattuihin messinkituotteisiin valmistusprosessin aikana syntyviä jännityksiä poistetaan tuotteen valmistuksen loppuvaiheessa tehtävällä jännitystenpoistohehkutuksella. Tuote tulee asentaa oikein ja estää kontakti tyypiyhdisteitä sisältävien aineiden kanssa. Aggressiivisen kemikaalin pääsy ulko- tai sisäpinnalle on kuitenkin vaikea estää, sillä myös erilaiset pesu- ja puhdistusaineet saattavat sisältää haitallisia aineita.

Puserrusliittimiä asennettaessa kiristys on tehtävä valmistajan antamien ohjeiden mukaan ja liiallista kiristystä on vältettävä. Käyttövesijärjestelmien messinkiosien tyyppihyväksyntävaatimukset edellyttävät sinkinkadonkestävyyden lisäksi myös jännityskorroosionkestävyyttä, joten jännityskorroosiotestaus on osa puserrusliittimien messinkiosien tyyppihyväksyntää Suomessa.

Jännityskorroosio voi edistää sinkinkatoa ja sinkinkato jännityskorroosiota. Paljon sinkkiä ja sen seurauksena β -faasia sisältävät messingit ovat erityisen herkkiä sekä sinkinkadolle että jännityskorroosiolle. Jännityskorroosion todennäköisiä aloituskohtia ovat pistesyöpymät, paikallisen sinkinkadon kohdat ja naarmut. Jo käytössä olevien messinkiosien jännityskorroosiosäröjen etenemistä ei tietävästi voida estää myöhemmillä toimenpiteillä.

Korroosioväsyminen

Messinkiosien murtumat voivat olla myös korroosioväsymisen eli mekaanisen kuormituksen ja syövyttävän ympäristön yhteisvaikutuksesta syntyneitä. Kun rakenne joutuu värähtelyjen, vaihtokuormituksen tai termisten vaihteluiden alaiseksi, tuotteen kestoikä riippuu materiaalin väsymislajuudesta. Syövyttävässä ympäristössä väsymiskestävyys on yleensä huomattavasti alhaisempi kuin ei-syövyttävässä ympäristössä. Vesilaitteistoissa korroosioväsyminen johtuu syövyttävän veden ja putkeen kohdistuvien vaihtokuormitusten yhteisvaikutuksesta, ja se ilmenee pituus- tai poikisuuntaisina murtumina messinkiosan pinnalla.

Vaihtokuormitusta voi tulla lämpöliikkeiden esytymisestä, vesikalusteiden aiheuttamista paineiskuista tai pumppujen, kompressorien ja venttiilien aiheuttamista värähtelyistä. Putket tulisikin asentaa niin, että ne pääsevät riittävästi liikkumaan. Liitokset tulisi tehdä ammattitaidolla, sillä suurin osa korroosioväsymisen aiheuttamista vaurioista on liitos- tai taivekohdissa.

1.3 Valurautaiset viemärijärjestelmät

Valuraudaksi kutsutaan rautaseoksia, joissa on hiiltä enemmän kuin 1,7 %. Harmaassa valuraudassa eli suomugrafiittiraudassa hiili on pääosin grafiittisuomuina. Se on kovaa ja haurasta. Sen iskunkestävyys on heikko eikä se kestä suurta mekaanista kuormitusta. Pallografiitti- eli SG-raudassa grafiitti saadaan pallomaiseksi magnesium- tai ceriumseostuksella. Pallografiitin ansiosta materiaali on lujempaa ja sitkeämpää kuin suomugrafiittirautaa.

Valurautaputkien valmistusta on ollut Suomessa 1930-luvulta lähtien. Perinteisesti putket liitettiin muhviilitoksilla hamppunاران ja lyijyn avulla. Pantaliitokset (ruostumaton teräs + kumitiivistet) otettiin käyttöön 1970-luvulla. Nykyisissä standardin SFS-EN 877 mukaisissa valurautaputkissa on sisäpuolinen epoksinnoite. Putkien katkaisussa on käytettävä tarkoitukseen soveltuvia työkaluja, jotta pinnoite ei vaurioituisi. Katkaisupinnat tulisi käsitellä paikkamaalilla.

Valurautaputkia käytetään kiinteistöjen viemäriputkina sekä suuria putkikokoja esimerkiksi vesijohtoina kunnallistekniikassa. Valuraudan korroosionkestävyys on parempi kuin teräksen, mutta pitkän käyttöiän varmistamiseksi valurautaputkissa pitäisi olla kunnollinen upotusrasituksiin soveltuva pinnoite. Jos pinnoite ei suojaa riittävästi, valurauta alkaa syöpyä veden laadusta riippuvalla tavalla. Sen pinnalle voi muodostua suojaava korroosiotuotekerros, jos veden pH-arvo ja kovuus ovat riittävän korkeita eikä vesi sisällä suuria määriä klorideja ja sulfaatteja. Huomattavaa on myös putken kestävyuden ja asennettavuuden kannalta, että siirryttäessä suomugrafiittiputkista pallografiittiputkiin valmistajat ovat ohentaneet putken seinämää noin 25 % verrattuna 1960–1970-luvun valurautaputkiin.

Korroosiokestävyys

Paljaan valuraudan korroosionkestävyys jätevesissä riippuu veden happamuudesta eli pH-arvosta ja veden sisältämistä epäpuhtauksista. Normaaliksi katsottavaa nopeampaa syöpymistä voi tapahtua,

jos viemäriin lasketaan hyvin happamia tai alkalisia aineita. Pallografiittiputkia on niiden hyvän lujuustason vuoksi valmistettu pienemmin seinämänpaksuusin kuin suomugrafiittiputkia, ja tämä on epäedullisissa olosuhteissa johtanut seinämän puhkisyöpymiseen muutamassa vuodessa.

Grafitoituminen

Valurautaputkissa voi tapahtua grafitoitumisen nimellä tunnettua nk. selektiivistä (valikoivaa) korroosiota. Grafitoitumisen seurauksena rauta liukenee rakenteesta ja poistuu korroosiotuotteisiin. Putki menettää lujuutensa, mutta jäljelle jäävän grafiittirakenteen ansiosta putki säilyttää muotonsa. Grafitoitunut kerros on katodinen perusmetalliin nähden, joten se voi kiihdyttää alla olevan perusmetallin syöpymistä. Grafitoituminen voi edetä tasaisesti koko pinnalla tai vain paikallisesti. Paikallinen grafitoituminen voi seinämän läpi edettyään näkyä putken ulkopinnalla saostumina tai ruosteen valumajälkinä ja putkesta tihkuvana kosteutena, joka voi syövyttää jonkin verran myös putken ulkopintaa.

Materiaalin laatu vaihtelut

Vanhoissa valurautaputkissa on esiintynyt laatu vaihtelua, etenkin 1960– ja 1970-luvuilla asennetuissa putkissa. Esimerkiksi runsaan huokoisuuden vuoksi putken efektiivinen seinämänpaksuus on pienempi kuin nimellispaksuus, jolloin seinämän puhkeaminen korroosion vuoksi on tapahtunut normaalia nopeammin.

Mikrobitoiminta

Viemäriolosuhteissa myös mikrobitoiminta voi vaikuttaa korroosionkestävyyteen. Jätevedet sisältävät sekä orgaanisesti että epäorgaanisesti sitoutunutta rikkiä, joka bakteeritoiminnan vaikutuksesta voi muodostaa rikkivedyä. Rikkivedyn muodostuminen on merkittävää lämpötilan ollessa noin 20 °C. Osa syntyneestä rikkivedystä kulkeutuu viemäriin ilmatilaan. Erottuminen aiheutuu esimerkiksi turbulentsesta virtauksesta, lämpötilan kohoamisesta, liuoksen happamoitumisesta tai paineviemäreissä paineen laskusta. Epäorgaaniset rikkijyhdisteet asettuvat putken yläosan kostealle sisäpinnalle, joilla viihtyy useita aerobisia bakteereja. Bakteerit hapettavat rikkivedyä rikkihapoksi, joka sitten aiheuttaa valuraudan syöpymistä.

Mikrobien aiheuttamaa korroosiota voidaan estää ehkäisemällä rikkivedyn syntymistä rakenteellisilla ratkaisuilla ja viemärivereden käsittelyllä. Saostuskaivot olivat aiemmin pahimmat rikkivedyn lähteet. Viemärivereden riittävän suuri virtausnopeus estää sakan kertymisen putken pohjalle ja siten myös rik-

kivedyn syntymisen. Putken ilmatilan rikkivety-
pitoisuus saadaan alenemaan myös tuuletuksen avul-
la. Korrosio pysähtyy tuuletuksen ollessa niin teh-
okas, että pinnat kuivuvat. Viemärit voitaisiin
myös ajoittain täyttää vedellä, jolloin putken pin-
nalla olevaa rikkihappoa liukenee veteen ja hapon
väkevyys laimenee.

1.4 Teräksiset lämmitysputket

Seostamaton teräs eli hiiliteräs sisältää rautaa ja
0,05–0,25 % hiiltä, sekä pieniä määriä mangaania,
piitä, kromia ja kuparia, ja epäpuhtautena fosforia
ja rikkiä. Hiiliteräksellä on hyvät mekaaniset omi-
naisuudet, mutta huonon korroosionkestävyyden
vuoksi sitä ei voida käyttää paljaana kosteissa
happipitoisissa olosuhteissa.

Vesi sisältää aina happea korroosioon riittäviä
määriä, jos järjestelmä ei ole täysin suljettu tai jos
happea ei ole varta vasten poistettu. Teräsputkia
käytetään paljaana, ilman pinnoitteita, vesikiertois-
issa lämmitysjärjestelmissä, koska suljetun läm-
mitysverkoston vesi on riittävän niukkahappista.

Korrosio alkaa lämmitysverkoston teräsosissa
heti, kun verkosto on täytetty vesijohtovedellä.
Veden sisältämä happi kuluu korroosioreaktioissa,
ja tämän jälkeen korroosiota ei normaalisti tapah-
du. Korroosioreaktiot voivat kuitenkin jatkua, jos
veteen pääsee uutta happea. Verkostossa ongelmia
aiheuttava happipitoisuus riippuu vesitilavuuden ja
syöpyvän pinta-alan suhteesta. Jos esimerkiksi
verkostossa on vain vähän syöpyvää pintaa vesiti-
lavuuteen nähden, jopa niin pieni happipitoisuus
kuin 0,1 mg/l voi aiheuttaa korroosiota.

Lämmitysverkostoissa vesi on tyypillisesti niuk-
kahappista ja lievästi alkalista, eikä näissä oloissa
teräksen korrosio siis ole mainittavaa. Happamis-
sa vesiliuoksissa korroosiota tapahtuu ilman hap-
peakin, mutta merkittävää korroosiota tapahtuu
vain veden pH-arvon ollessa alle 6 ja näin matalia
pH-arvoja esiintyy lämmitysverkostoissa vain
poikkeustapauksissa.

Ensimmäisen lämmityskauden aikana esiintyvät
korrosioilmiöt eivät yleensä johdu veden syövyt-
tävyydestä, vaan korroosiosta ennen käyttöönot-
toa. Niukkahappinen lämmitysvesi ei käynnistä
korroosiota, mutta se voi ylläpitää jo ennen käyt-
töönottoa alkanutta korroosiota. Esimerkiksi paine-
kokeen jälkeen järjestelmä usein tyhjenetään
vedestä, mutta tyhjennyksen jäljiltä pattereihin
saattaa jäädä vettä, ja näihin kohtiin voi korroosi-
on seurauksena muodostua ruosteliejuja.

Metallipinnoilla tapahtuva mikrobiologinen toi-
minta voi myös aiheuttaa korroosiota. Mikrobit
voivat hapettaa rautaa ja mangaania tai tuottaa yh-
disteitä, jotka muuttavat olosuhteita metallipinnal-
la. Sulfaatteja pelkistäviä bakteereita voi esiintyä
sekä happipitoisissa että hapettomissa vesissä.
Happipitoisissa vesissä ne voivat toimia kor-
roosiotuotteiden alla tai nk. järjestelmän kuolleissa
kulmissa.

Teräksen korroosion kannalta riskittömänä veden-
lisäyksenä pidetään 5 % suljetun lämmitysverkos-
ton vesitilavuudesta vuodessa, mikä vastaa 20
vuoden vedenvaihtoväliä. On esitetty myös, että
vedenvaihto voidaan tehdä jopa 5 vuoden välein
ilman korrosiovaurioita. Sakkaa muodostuu aina
jonkin verran myös normaaleissa verkostoissa.
Niukkahappisissa vesissä korroosion seurauksena
muodostuva sakka on mustaa ja hienojakoista.
Korroosiotuotteet, joista osa on magneettisia, ovat
tavallisin syy kiertohäiriöihin lämmitysverkostois-
sa. Hienojakoinen sakka voi asettua pumpun tai
venttiilien sisäpinnoille ja aiheuttaa toimintahäiri-
öitä kohdissa, joissa magnetiittisakka tarttuu te-
räsosiin. Kerrostumien muodostuminen hitaan vir-
tauksen alueille voi johtaa virtauksen tehon vähe-
nemiseen ja jopa täydelliseen tukkeutumiseen. Pu-
naruskea tai ruskea vesi ja kerrostuma kertovat
runsashappisista olosuhteista.

Häiritsevää sakanmuodostusta esiintyy lähinnä
verkostoissa, joissa on tavallisia muoviputkia, tai
happea pääsee verkostoon vuotavien tiivisteiden
kautta tai alipaineisten osien ilmavuodoissa. Ver-
kostossa, jossa on happea läpäiseviä muoviputkia,
happipitoisuus voi vaihdella verkoston eri osissa.
Muoviputkien ja kumiletkujen käyttäminen nk.
joustavissa letkuliittimissä lisäsi happidiffusion
aiheuttamia ongelmia 1990-luvulla. Seurauksena
oli lähinnä sakan muodostumista, ja tietävästi
vain hyvin harvoin tapahtui teräspatterien tai -
putkien puhkisyöpymisiä.

1.5 Ruostumaton teräs

Ruostumattomat teräkset ovat vähintään 10 % kro-
mia sisältäviä seosteräksiä. Vesilaitteistoissa yleis-
simmin käytettyjä ovat austeniittiset ruostumatto-
mat teräkset, jotka sisältävät raudan lisäksi noin
18 % kromia ja 8–10 % nikkeliä. Kromiseostuksen
vaikutuksesta pintaan muodostuu kromioksidinen
passiivikalvo, joka ansiosta teräksen korroosionkes-
tävyys on erittäin hyvä. Nikkeliseostus tekee teräk-
sen kiderakenteen austeniittiseksi. Tavanomainen
austeniittinen ruostumaton teräs on lajia 1.4301
(SFS-EN 10088) ja se tunnetaan myös nimellä

AISI 304. Nk. haponkestävä teräs, joka sisältää noin 2 % molybdeenä, on lajia 1.4401 (SFS-EN 10088) ja tunnetaan myös nimellä AISI 316.

RakMK osan D1:n mukaan rakennusten sisällä viemäriputket voivat olla ruostumatonta tai haponkestävää terästä, mutta maassa olevien putkien tulee olla haponkestävää terästä.

Ruostumattomat teräkset kestävät normaaleja vesiympäristöjä hyvin. Terästen pistekorroosionkestävyys riippuu lähinnä kromi- ja molybdeenipitoisuuksista.

Paikallinen korroosio

Paikallista korroosiota (piste- ja rakokorroosio) aiheuttavat tavallisesti kloridit. Pistesyöpymisen alkaminen riippuu myös pinnan tilasta, kerrostumista ja lämpötilasta. Veden virtaus vähentää pistekorroosioriskiä. Kloridipitoisuuden ollessa alle 150...200 mg/l vesijohtojen materiaalina käytetään tavallista ruostumatonta terästä, ja kloridipitoisuuden ollessa tätä korkeampi käytetään molybdeenipitoisia nk. haponkestäviä teräksiä tai vielä seostetumpia teräslaatuja.

Rakokorroosio

Rakenteessa ei saisi olla likaa kerääviä rakoja eikä jälkikäsittelemättömiä hitsausaumoja. Rakokorroosiota voi esiintyä erityisesti klorideja sisältävissä vesiliuoksissa. Rakenteiden säännöllinen puhdistaminen ja saostumien poistaminen ehkäisevät rakokorroosiota.

Mikrobiologinen korroosio

Seisovassa vedessä putken sisäpinnoilla voi tapahtua myös mikrobiologista toimintaa, sillä esimerkiksi epätasainen hitsi on sopiva tartunta-alusta mikrobeille. Mikrobiologinen korroosio alkaa usein hitsistä, mutta voi myöhemmin jatkua muuallakin. Vauriot saattavat syntyä jo esimerkiksi koeponnistuksessa käytetyn tavallisen vesijohtoveden tai käsittelemättömän veden seisoessa putkistossa ennen putkilinjan varsinaista käyttöönottoa.

Ruostumatonta terästä käytetään nykyisin myös viemäriputkistoissa. Putkiston tyhjentyminen eli riittävä kaato on edellytys kestävyydelle, sillä jos putkeen jää seisovaa nestettä, erilaisten rikkiyhdisteiden kemiallisten ja mikrobiologisten reaktioiden seurauksena pinnalla voi tapahtua nopeaa syöpymistä.

Jännityskorroosio

Jännityskorroosion aiheuttamia murtumia voi esiintyä vetojännitysten alaisissa rakenteissa lämpimissä kloridipitoisissa olosuhteissa. Vetojänni-

tys voi olla peräisin valmistuksesta, hitsauksesta, koneistuksesta ja taivutuksesta, tai käytön aikaisista termisistä jännityksistä. Kloridien aiheuttamaa jännityskorroosiota ei tapahdu yleensä alle 50 °C:en lämpötiloissa.

1.6 Korroosion estäminen vedenkäsittelyn avulla

Korroosion estäminen vedenkäsittelyllä voi perustua joko vesikemian muuttamiseen vähemmän syövyttäväksi tai vedenkäsittelykemikaalien eli inhibiittien käyttöön. Yksinkertaisimmillaan vedenkäsittely voi sisältää vain pH-säädön.

Vesi sisältää aina happea korroosioon riittäviä määriä, jos järjestelmä ei ole täysin suljettu tai jos happea ei ole varta vasten poistettu. Suljetuksi kutsutaan siis sellaista järjestelmää, jossa vesi on hapetonta. Tällaisen järjestelmän putkisto on yleensä kokonaisuudessaan metallista tai monikerrosputkiä, sillä muovi ja kumi läpäisevät kaasuja. Hapen liukoisuus veteen kasvaa lämpötilan laskiessa, mutta suljetussa järjestelmässä liukoisuus riippuu myös hapen osapaineesta kaasutilassa. Hapen määrä voi vähetä paikallisesti järjestelmän kuolleissa kulmissa ja veden seisoessa. Hiiliteräksen korroosio estyy yksinkertaisesti estämällä hapen pääsy veteen. Suljetuissa järjestelmissä happi voidaan poistaa vedestä myös kemiallisesti, mutta kemikaalien käyttö edellyttää ammattitaitoa ja järjestelmän säännöllistä valvontaa.

Korroosionestoinhibiitit

Korroosiota voidaan estää inhibiiteilla eli kemikaaleilla, jotka pieninä pitoisuuksina estävät tai ainakin hidastavat metallien korroosiota. Toimintatapansa mukaan inhibiitit luokitellaan anodisiin, katodisiin ja adsorptioinhibiitteihin. Anodiset inhibiitit muodostavat suojakerroksen metallipinnalle. Niitä käytettäessä on huolehdittava riittävän pitoisuuden säilymisestä, sillä liian pienet pitoisuudet voivat aiheuttaa korroosion kiihtymisen. Anodisia inhibiittejä ovat mm. nitriitti, molybdaatti, silikaatti ja bentsoaatti. Katodiset inhibiitit, mm. polyfosfaatit ja sinkkisuolat, muodostavat metallipinnoille liukenemattomia yhdisteitä. Adsorptioinhibiitit ovat usein orgaanisia kemikaaleja (mm. amiinit), jotka edistävät yhdisteiden adsorptiosta pinnoille.

Fysikaalinen suojaus

Vettä voidaan käsitellä myös fysikaalisin menetelmin. Käytössä on magneettisia ja elektrostaattisia menetelmiä, jotka estävät kalkkisaostumien muodostumista putkien sisäpinnoille tai poistavat

jo muodostuneita saostumia sekä estävät korroosion jatkumista. Myös kaasuja vedestä poistavia laitteita on käytössä.

Kaikkien menetelmien toimintaperiaatteista ei ole käytettävissä tieteellistä aineistoa, ja puolueettomia tutkimustuloksia näiden menetelmien toimivuudesta ja mm. veden laadun ja lämpötilan vaikutuksista niiden toimintaan Suomen olosuhteissa tarvittaisiin. Vedenkäsittelymenetelmien suhteen on huomattava, että ne eivät toimi samalla tavalla kaikenlaisissa vesissä eivätkä muualla toimivat menetelmät aina ole suoraan sovellettavissa suomalaisiin käyttövesiin.

1.7 Tuotteiden kelpoisuus

Kiinteistöjen vesilaitteistoja koskevat RakMK osan D1 määräykset, joiden mukaan veden kanssa kosketuksissa olevista materiaaleista ei saa irrota tai liueta veteen haitallisessa määrin terveydelle haitallisia tai vaarallisia aineita. RakMK osan

D1:n mukaan materiaalin ja tuotteen kelpoisuus voidaan osoittaa CE-merkinnällä, tuotehyväksynnällä tai muulla luotettavalla tavalla. CE-merkintä on vasta tulossa käyttöön monille rakennustuotteille, mutta juomavesijärjestelmien tuotteille se ei vielä ole mahdollinen. Kiinteistöjen vesilaitteistojen tuotteille on jo pitkään ollut käytössä kansallinen tyyppihyväksyntä, joka perustuu ympäristöministeriön tyyppihyväksyntäasetuksiin. Ne kattavat hyvin Suomessa käytetyt putket, vesikalusteet ja venttiilit. Sitä mukaan kuin näille tuotteille saadaan CE-merkintä, joka kattaa sekä EU:n rakennustuoteasetuksen että talousvesikelpoisuuden, tyyppihyväksyntä jää pois käytöstä.

Vesihuoltolaitosten jakeluverkostoille ei ole suunnittelua ja rakentamista koskevia viranomaismääräyksiä eikä myöskään mitään käytetyille rakennustuotteille viranomaismääräyksiin perustuvaa tuotehyväksyntää. Käytännössä vesi- ja viemärilaitokset päättävät itse, mitä tuotteita jakeluverkostoihin asennetaan.



LIITE 2. LVV-TEKNIKASSA YLEISESTI KÄYTETYT MUOVIPUTKIMATERIAALIT JA NIIDEN YLEISIMMÄT VAURIOT

2.1 Yleistä

Suomessa muoviputkien käyttö rakentamisessa alkoi 1960-luvun loppupuolella. Suomi on ollut tässä suhteessa Euroopan johtavia maita. Muoviputkien käyttö on siitä lähtien kasvanut rakentamisessa ja kasvaa edelleen. Muoviputken käytön kasvun syitä ovat olleet muuan muassa; asennus vaatii vähemmän ammattitaitoa, helppo työstää ja kevyttä asentaa, asennustyön tuottavuus parempi kuin metalliputkilla ja materiaalin korroosionkesto on hyvä. Rakentamisessa muoviputket muodostavat yleensä järjestelmiä. Järjestelmät koostuvat putkista, putken osista, kannakkeista ja asennusmenetelmästä tai -tavasta. Lisäksi muoviputkien tai muoviputkijärjestelmien ominaisuuksia tai käytön rajoituksia ovat paineen, lämpötilan tai ulkoisen kuormituksen kestävyys ja ääneneristys. Muoviputkissa ääni ei etene pitkälle putkilinjassa muovien kimmoisuuden vuoksi. Muoviputkijärjestelmät ovat vaihtoehto perinteisille metallisille putkijärjestelmille.

Muoviputken käyttökohteet rakentamisessa riippuvat seuraavista tekijöistä:

- materiaali
- rakenne
- valmistusmenetelmä
- paineenkesto
- lämpötilankesto
- ulkopuolisen rasituksen kesto
- palonkesto
- ääneneristävyys
- vesivuodon havaittavuus (asennus suojaputkeen)
- liitokset ja käytetyt osat liitoksessa, etenkin liitospaikkojen tarkastus ja huolto

2.2 LVV-tekniikassa käytetyt muoviputkimateriaalit

Tutkimusoppaassa käsitellään vain yleisesti LVV-tekniikassa käytettyjä muoviputkimateriaaleja. **Taulukko 10** ja **Taulukko 11** sisältävät LVV-tekniikassa RakMK hyväksytyt muoviputkimateriaalit ja niiden liitostavat.

Taulukko 10. RakMK osan D1 mukaiset vesilaitteistojen muovimateriaalit.

Materiaali	Liitokset	Huomaus
D1 1987		
PVC ¹⁾	ilman, kumirengas, laippa	Hyväksyttävät liitostavat on annettu erikseen maassa ja rakennuksessa oleville vaihdettaville ja ei-vaihdettaville vesijohdoille.
PEL ¹⁾	Ilman, kumirengas, puristus	
PEH, PEM, PP ¹⁾	Ilman, hitsaus, kumirengas, laippa, puristus	
PB ²⁾	Ilman, puristus, laippa	
PEX ²⁾	Ilman, puristus	
D1 2007		
PE	Puristus, pisto, hitsaus, laippa	Nimellispaine vähintään PN 10.
PE-X	Puristus	
PP ¹⁾	Puristus, hitsaus	
Monikerrosputket ²⁾	Puristus	
		1) Kupari asennetaan virtaussuunnassa PP:n ja teräksen jälkeen. 2) Liittäminen vain putkivalmistajan suosittelemilla liittimillä.

Taulukko 11. RakMK osan D1 mukaiset viemärlaitteistojen muovimateriaalit.

Materiaali	Liitokset	Huomaus
D1 1987		
PVC	Kumirengas, liimaliitos	
PE	Kumirengas, puristus, hitsaus	
PB	Kumirengas, hitsaus	
D1 2007		
PE		
PP		
Mineraalivahvisteinen PP		Käyttö kerrostalojen kytkentä- ja kokoojaviemäreinä
PVC-U		
PE SDR 17		Esimerkki paineviemäriputkesta, paineluokan valinta nostokorkeuden, paineenvaihteluiden ja ulkoisen kuormituksen perusteella

1.3 LVV-tekniikassa käytettyjen putkien vauriomekanismit ja niiden tutkimusmenetelmät

1.3.1 Vesijohdot

Taustaa

Kiinteistöjen vesijohdoissa PEX- ja monikerrosputket (PE-RT ja PEX) ovat kuparin ohella eniten käytetyt putkimateriaalit. Muoviputkien yhdistämisessä käytetään paljon myös messinkisiä liittimiä. Polybuteenista (PB) ja polypropeenista (PP) valmistettuja putkia on aiemmin asennettu kiinteistöihin Suomessa, mutta näiden materiaalien käyttö vesijohdoissa on nykyisin jo vähäistä.

Muoviputkilla lämpötila on keskeinen muuttuja, sillä se vaikuttaa oleellisesti muovien käyttöikäen ja kestävyteen. Muovien lämpölaajenemiskerroin on suurempi kuin metallien, mikä on otettava huomioon suunnittelussa ja asentamisessa. Lämpölaajeneminen tai lämpölaajenemisen aiheuttama edestakainen liike voivat heikentää verkoston liittosten pitävyyttä.

Muoviputket suunnitellaan korotetussa lämpötilassa tehtyjen nopeutettujen laboratoriokokeiden tuloksena saatujen vaurioregressiokäyrien perusteella haluttuun käyttöpaineeseen. Putkien käyttöikäen vaikuttavat kuitenkin myös dynaamiset kuormitukset todellisissa käyttöolosuhteissa.

Muoviputken materiaali vaikuttaa putken käyttötarkoitukseen ja -ikään, vaikka eri materiaaleista valmistettuja muoviputkia käsitellään usein virheellisesti yhtenä ja samana muoviputkena.

Vauriomekanismit

Muoviputkien vaurioitumiseen ja käyttöikäen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

1. Materiaalitekijöihin
2. Ympäristötekijöihin
3. Kuormitustekijöihin

Tärkeimpiä putken ominaisuuksiin vaikuttavia materiaalitekijöitä ovat raaka-aine, lisäaineet, mahdolliset lujitteet sekä valmistusprosessi. Käyttöikäen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat mm. kemiallisesti aggressiiviset kaasut, nesteet, kiinteät partikkelit, UV-säteily, radioaktiivinen säteily sekä mikrobiologinen toiminta. Fysikaalisia kuormitustekijöitä puolestaan ovat lämpötila ja paine sekä niiden vaihtelut, staattinen ja dynaaminen kuormitus ja niiden vaihtelut, lovet ja naarmut sekä hitsausaumojen kestävyys. Koska muoveja käytetään

vesijohtoverkostoissa merkittävästi lähempänä putken materiaalin sulamispistettä kuin metalliputkia, on lämpötila muoviputkelle merkittävä kuormitustekijä sisäpuolisen paineen ohella. Sopivat lisäaineet muoviyhdisteissä valmistusvaiheessa ja niiden säilyminen putkimateriaalissa ovat välttämättömiä riittävän käyttöikäen saavuttamiseksi.

Ympäristötekijöistä muoviputkien käyttöikäen vaikuttavat eniten kemikaalit ja UV-säteily. Kemikaalien mahdollisia vaikutuksia kestopuoveissa ovat pehmeneminen, turpoaminen, liukeneminen, kupliminen (pintakerrokset), syöpyminen, koveneminen ja halkeilu. Veden laadun vaikutuksista muovimateriaalien vaurioitumiseen pitkällä aikavälillä ei ole empiiristä tietoa lukuun ottamatta veden klooripitoisuutta ja lämpötilaa.

Suuri klooripitoisuus erityisesti yhdistettynä liian korkeaan veden lämpötilaan voi aiheuttaa vaurioita muoveissa. Suomessa klooripitoisuudet verkostoissa ja erityisesti kiinteistöissä ovat poikkeustilanteita lukuun ottamatta hyvin matalia.

Muovien vaurioitumisilmiöt vesijohtoverkostoissa aiheutuvat ajan kuluessa materiaalin luontaisesta vanhenemisesta sekä kuormitustekijöiden vaikutuksesta. Kuormitustekijöiden ohjearvojen ylitykset lisäävät vaurioitumisen todennäköisyyttä. Muovin kemiallista vanhenemista pyritään estämään reaktioita hidastavilla lisäaineilla. Fysikaalinen vanheneminen taas johtuu materiaalin valmistuksen jälkeisestä termodynaamisesta epätasapainosta.

Putken valmistuksessa käytettyjen lisäaineiden liukeneminen voi vaikuttaa muovien vanhenemiseen, sillä lisäaineet ovat ratkaisevia muovien pitkäaikaiskestävyyden kannalta. Antioksidanttien liukenemisnopeus veteen on hyvin oleellista muoviputken seinämän rakenteen kestävyydelle.

Muoviputkien murtumat jaetaan hauraisiin ja sitkeisiin. Murtumat voivat olla myös näiden murtumien välivaiheita ja ne riippuvat muovityypistä. Tyypillisesti korkeissa paineissa tai korkeimman suunnitellun käyttölämpötilan ylityksen seurauksena nopeasti syntyvät murtumat ovat sitkeitä ja pitkän ajan kuluessa syntyvät ovat hauraita. Sitkeän murtuman kohdalla putki usein laajenee tai pulistuu murtuman läheisyydessä ja putkeen jää pysyvä muodonmuutos. Hauraassa murtumassa pysyvää muodonmuutosta ei jää.

Vesijohtoputkille voidaan erottaa kaksi hajoamis- mekanismia, kemiallinen ja mekaaninen. Kemial-

linen hajoaminen tapahtuu lämpötilan ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta, kun taas mekaaninen hajoaminen johtuu kuormituksesta, esim. putken väliaineen ylipaineesta. Väliaineen lämpötila ja kuormitus aika vaikuttavat näiden vauriomekanismien suhteisiin. Muoviputken viruessa on syntyvä muodonmuutos materiaalissa pysyvä.

Ennen varsinaista murtumaa muodostuu usein mikroskooppisen pieni särö esimerkiksi valmistusvaiheessa syntyneeseen pinnan rakennevirheeseen tai muuhun vaurioituneeseen kohtaan. Mekaaniset vauriot kuten naarmut ja lovet voivat aiheuttaa paikallisen vaurion suoraan, mutta lievemminä ne voivat myös olla lähtökohta myöhemmin syntyvälle ja etenevälle murtumalle.

Erittäin saastuneissa maaperissä polyeteeni- tai PVC-putkien kestävyys voi heiketä kemiallisten reaktioiden vuoksi. Samoin haitallisia aineita voi siirtyä putken seinämän läpi talousveteen ja heikentää veden hajua, makua tai terveydellistä laatua.

Asennus ja käyttölämpötilat

Muovimateriaalien vaurioitumisen kannalta asennuksen huolellisuus ja laatu ovat ratkaisevia. PEX- ja komposiittiputkien liitoksissa on tärkeää suorittaa asennus valmistajan ohjeiden mukaisesti. Eri putkityyppien ja eri valmistajien liittimiä tai puristimia ei saa yhdistellä ilman valmistajan kirjallista suostumusta. Mahdolliset suojaputket on asennettava ohjeiden mukaisesti, jotta vuotovesi pääsee esille.

RakMK osan D1 vuodelta 1987 mukaan polypropeenia ei saa asentaa virtaussuunnassa kuparin jälkeen samaan linjaan, sillä suora kontakti kuparin kanssa haurastuttaa polypropeenia termooksidaatiosta ja vanhenemisesta johtuen. Mekanismit voimistuu lämpötilan kasvaessa. Polyeteeniä ei saa asentaa suoraan kontaktiin kuparin kanssa. Lisäksi pehmittimiä sisältäviä teippejä, maaleja tai tiivistysmassoja ei saa asentaa suoraan kosketukseen polyeteeniputken kanssa.

Muoviputki tulisi asentaa yli -15 °C :n lämpötilassa. Lämpimässä käyttövesijärjestelmässä veden lämpötila ei saa ylittää käytetyn muoviputkimateriaalin korkeinta sallittua jatkuvaa käyttölämpötilaa. Muovisen kytkentäjohtoon lämpöliikkeen kohdistuminen hanan liitosputkeen on estettävä esim.

käyttämällä putken kytkennässä kalusteeseen hanakulmarasioita. Samoin lämpölaajenemisen tuottama mekaaninen rasitus on otettava huomioon liitettäessä muoviputkia metallisiin putkiin.

Aikaisemmin muoviputkien liitoksissa käytettiin paljon kupariputkien puserrusliitintä varustettuna muoviputken tukihylsillä. Kiristysmutterin sopiva kiristäminen metallia pehmeämmällä putkimateriaalilla sekä mahdollisesti muoviputken lämpöliikumisestä seurannut mutterin löystyminen ovat liitostavan ongelmia. 2000-luvulta lähtien on käytetty puristusliittimiä muoviputkien yhdistämiseen ja haaroitukseen, jotka tehdään sitä varten kehitetyllä työkalulla. Kuitenkin asennusvirheitä tapahtuu, kun käytetään muita kuin putken valmistajan suosittelemia liittimiä tai liitoksentelekoneita. Tyypillisiä virheitä ovat myös sallitun käyttölämpötilan ylitykset ja naulaus putken seinämän lävitse. Jos suojaputki vaurioituu naulauksen seurauksena, on sen vaihtaminen rakenteen sisällä suuri töistä. Kuten kaikki vesijohdot, myös muoviputket on huuhdeltava asennuksen jälkeen ennen käyttöönottoa putken sisäpuolisen puhtauden varmistamiseksi.

Ympäristön tai väliaineen lämpötila on yksi muoviputkien kuormitustekijöistä. Verkostossa on tärkeää huolehtia siitä, että putkessa virtaavan veden lämpötila noudattaa putken valmistajan ohjearvoja, sillä liian kuuma vesi nopeuttaa muovimateriaalien vanhenemista. Esimerkiksi lämminvesivaraajan termostaatin rikkoutuminen ja liian kuumien veden johtaminen putkistoon voi aiheuttaa putken rikkoutumisen hyvin nopeasti. PEX- ja PE-RT-muoviputkelle lämpimän veden korkein sallittu jatkuva käyttölämpötila on $+70\text{ °C}$.

Todettuja vaurioita

Suomessa on vähän käytettävissä tietoa ja tilastoja muovisten käyttövesi- ja lämpöjohtojen vaurioista ja asennusvirheistä. Oheiset esimerkit ovat saksalaisesta LVI-alan lehdestä ”In der Sanitär + Heizungstechnik” vuosilta 1998–2001. Ne eivät välttämättä ole suoraan johdettavissa suomalaisista määräyksistä tai sovellettavissa suomalaisiin järjestelmiin, asennusmenetelmiin tai asennusolosuhteisiin. Mutta ne antavat kuitenkin hyvän kuvan siitä, mitä asioita kuntotutkijan on huomioitava, kun hän selvittää muoviputken vaurioita tai arvioi muoviputkistoon liittyviä riskejä kuntotutkimuksen yhteydessä.

Todettu vaurio	Vaurion aiheutti	Vaurion syy	Selvitettävä
----------------	------------------	-------------	--------------

Esimerkki 1. Ristisilloitettu polyeteenimuoviputki (PEX), koko DN 15

Putken plastinen muodonmuutos, josta seurauksena putken murtuminen ja vesivaurio.	Putkimateriaaliin ylikuumeneminen sisäisen paineen alaisena.	Välittömästi kattilan tai lämpimän käyttöveden siirtimen jälkeen lämpimän käyttöveden menolämpötila oli ylittänyt putken valmistajan ilmoittaman sallitun enimmäislämpötilan. Järjestelmästä puuttui varoite, joka estää automaattisesti veden lämpötilan nousemasta yli sallitun putken käyttölämpötilan. Vastaavanlainen vaurio voi syntyä myös kalusteen sulkemisesta aiheutuneesta paineiskusta tai irrallisen venttiililautasen värinän dynaamisesta kuormituksesta, kun samalla putkessa virtaavan veden lämpötila on korkea.	Putken paineen ja lämpötilan kestävyys valmistajalta eri käyttölämpötiloissa ja -paineissa sekä väliaineen enimmäislämpötila. Lisäksi tutkijan on selvitettävä väliaineen lämpötilaa ohjaavan säätölaitteen toiminta normaalisti ja häiriötilanteessa sekä väliaineen lämpötilan rajoittimen toiminta. Lisäksi on syytä selvittää, että vesikalusteen äkillisestä sulkemisesta johtuva paineisku ei ylitä putken käyttölämpötilassa sallittua käyttöpainetta.
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Esimerkki 2. Ristisilloitettu polyeteeniputki (PEX), koko 14*2 mm

Putki repeytyy tai katkeaa 3–5 vuoden kuluttua käyttöönotosta suojaputken suunnanmuutoskäyrän sisällä ja seurauksena on vesivuoto. Lämmityspatterin kytkentäjohto oli asennettu kantavan laatan päälle. Putkien suunnanmuutos 90 astetta on tehty suojaputkien suunnanmuutoskäyrillä, jotka olivat pintavalun sisässä.	Väliaineen lämpötilan vaihtelusta johtuva putken laajenemis- ja supistumisliike sekä pakkovoimat, jotka vähitellen katkaisevat putken.	Liian tilava suojaputken suunnanmuutoskäyrä, joka sallii putken taittumisen käyrän sisällä laajenemis- ja supistusliikkeiden aikana.	Arvioitava suojaputken suunnanmuutoskäyrän tilavuus suhteessa sisään asennettavan putken kokoon sekä selvitettävä valmistajan asennusohjeet.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Esimerkki 3. Ristisilloitettu polyeteeniputki (PEX), koko DN 12-20

Plastinen muodonmuutos, joka on rikkonut putken kokonaan tai aiheuttanut tihkuvuodon.	Putken jäätyminen tai väliaineen liian korkea lämpötila tai paine tai molemmat yhdessä.	Veden kierto putkessa on suljettu, putki on asennettu kiinni kylmäsiltaan, putkesta puuttuu eristys tai saattolämmitys tai se ei toimi tai saattolämpötila on liian korkea, varoventtiili ei toimi tai puuttuu, kiertovesipumppu pysähtynyt, häiriö säätölaitteissa tai säätölaite on vikaantunut tai säätöarvoja on muutettu.	Arvioitava putken jäätymisriski mahdollisen kylmäsilan osalta perehtymällä rakennepiirustuksiin, ks. myös esimerkki 1. Muut riskit tulee selvittää järjestelmän koestamisella.
---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Todettu vaurio	Vaurion aiheutti	Vaurion syy	Selvitettävä
----------------	------------------	-------------	--------------

Esimerkki 4. **Polypropylenputki (PP), koko 16*2,7 mm, PN 20**

Lämpimän käyttöveden kiertovesijohto murtui 15 vuoden käytön jälkeen ja putki jouduttiin uusimaan. Putken käyttöpaine oli 3...4 bar ja enimmäislämpötila 55 /60 °C.	Lämpimän käyttöveden kiertojohdon sisäpinnan haurastuminen ja fragmentoituminen karkeaksi harjasmaiseksi. Tutkimuksissa selvisi, että putken molekyyli rakenne oli tuhoutunut. Materiaalin vanheneminen ulottui putken sisäpinnasta ulkopintaan. Osasta putkea oli jo sisäpinnan kerroksia irronnut eroosiota muistuttavalla tavalla. Lisäksi muoviputken materiaali osoittautui materiaalitutkimuksissa epähomogeeniseksi ja putkessa oli siitä johtuvia ns. "valkohaurastumisen" merkkejä.	Putken valmistajan oman tutkimuksen mukaan putken sallitut käyttöolosuhteet oli ylitetty. Kiinteistön omistajan mukaan putken asentaja ei ollut käyttänyt lämpöisessä käyttövesiverkostossa asennusajankohdan DIN – normin mukaista hyväksyttyä ja rekisteröityä putkea. Asentajan mukaan putkea oli käytetty jo yli 10 vuotta ja putken uusinta ei kuulunut enää takuun piiriin.	Putken käyttölämpötila ja -paine, sertifikaatit, hyväksymiset ja asennusohjeet putken valmistajalta sekä tutkittavan järjestelmän oloarvot koestamalla laitos.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Esimerkki 5. **Ristisilloitettu polyeteeniputki (PEX), koko 14*2 mm**

Lattialämmitysputket alkoivat vuotaa 5...8 vuoden käytön jälkeen. Vuodot johtuivat säröistä, raoista ja repeytymistä jakotukkiin liitettyjen putkien puristusliitoksissa.	Putkien liitoskohtaan / kiintopisteeseen (jakotukki) kohdistuneet taivutus- tai vetojännityksen pakkovoimat sekä mahdollisesti temperoimattoman putken pitkittäiskutistuma lämmitysverkoston käyttöönoton yhteydessä.	Putken taivutus-, veto- ja väntöjännityksen kompensointia ei ollut otettu huomioon riittävästi putkien asennuksessa.	Putken valmistajan käyttö- ja asennusohjeet.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

Esimerkki 6. **Monikerrosputki, DN 10–15**

Muovinen sisäputki oli irronnut alumiinisesta väliputkesta ja taittunut putken sisään tai PE-X-sisäputki oli irronnut alumiinisesta päällyysputkesta ja taittunut putken sisään, noin 4 vuoden käytön jälkeen. Kummassakin tapauksessa putkistoon oli tullut virtaushäiriöitä "ylimääräisestä kertavastuksesta", jonka etsiminen ja paikallistaminen oli vaatinut aikaa ja rahaa. Lisäksi oli ollut yksittäisiä puristusliitoksia, joissa putken kerrokset ja yhdessä puristushylsyn kanssa olivat liukuneet irti liitoksen tukihylsystä.	Alumiinin ja muovin erilaisista lämpölaajenemiskertoimista johtuvat pakkovoimat (muovin lämpölaajenemiskerroin on noin 10 kertaa suurempi kuin metallin), jotka irrottavat putken kerrokset toisistaan. Voimat kohdistuvat erityisesti eri materiaalien rajapintoihin. Lisäksi syynä voi olla myös alumiini- ja muovikerroksen välissä sijaitsevan mahdollisen kiinnitysaineen vanheneminen korkeiden lämpötilojen takia. Myös mahdollinen vesihöyryn tai muiden kaasujen kondensoituminen materiaalikerrosten väliin lisää korroosioriskiä.	Putken valmistajan ilmoittamien sallittujen käyttölämpötilojen jatkuva ylittäminen.	Putken valmistajan käyttö- ja asennusohjeet.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

Paineellisten muoviputkien vaurioihin, riskeihin ja käyttöikään vaikuttavat erityisesti käyttölämpötila ja -paine sekä miten putkistossa lämpötilojen muutoksista syntyvät erilaiset pakkovoimat saadaan kompensoitua oikein. Erityisesti valmistajan ilmoittaman käyttölämpötilan tai suurimman sallitun käyttölämpötilan jatkuvat ylitykset lyhentävät

muoviputkiston käyttöikää ja lisäävät vesivaurio- tai käyttöhäiriöriskejä. Putken valmistajan asennus- ja käyttöohjeet sekä putken sertifikaatit ja materiaali hyväksynnät tulee käydä aina huolella läpi, kun kuntotutkimuksen yhteydessä selvitetään muoviputkiston kuntoa ja riskejä.

1.3.2 Kokemusperäisiä havaintoja muoviviemäreiden ongelmista

PVC-viemäreiden haurastuminen

1960–1970-luvun PVC-viemäriputkissa on havaittu kokemusperäisesti haurastumista / lasittumista. Putkimateriaali on kovettunut ja rikkoutuu herkästi mekaanisesta rasituksesta tai iskusta. Ongelmaa lisää liimaamalla tehdyt muhviilitokset, jotka estävät muoviputken lämpöliikkeen. Etenkin 1970-luvulla rakennettujen korkeiden asuinkerrostalojen pystyviemäreiden pohjakulmien rikkoutumisesta aiheutuneita vesivaurioita korjattiin 1980- ja 1990-luvulla. Vesivaurioriski on oleellinen silloin, jos pystyviemäriin pohjakulma on asennettu väestön-suojan yläpuolella sijaitsevaan välitilaan.

Kuntotutkijan tulee kiinnittää erityistä huomiota muoviviemäriin valmistusvuoteen ja arvioitava muoviputken materiaalin vanhenemisesta johtuvia riskejä, kun hän laatii tutkimuskohteen korjaus-suosituksia.

Viemäriputkien kannakointi

Muoviviemäreiden puutteellisen kannakoinnin tai kannakkeiden ruostumisen takia putkiliitokset ovat irronneet alapohjassa (ryömintätallassa), maanvaraisessa alapohjassa tai putkihormissa.

Kuntotutkijan tulee kiinnittää huomiota muoviviemäreiden kannakoinnin kuntoon, materiaaliin ja riittävyteen kenttätöiden aikana ja kirjattava mahdolliset puutteet kuntotutkimusraporttiin riskeinä, jos sisäpuolisessa TV-kuvauksessa ei ilmene muuta.

Viemäriputkien liitosten asennusvirheet

Tiivistysrenkaan asentamiseen liittyvät virheet ovat muhwillisten muoviviemäreiden yleisin ongelma. Tiivisterengas voi olla vain osittain paikoillaan tai tiivisterengas puuttuu kokonaan tai se on murtunut tai katkennut ja viemäri on vuotanut käyttöönosta asti enemmän tai vähemmän esimerkiksi vaikka lattiarakenteen sisään tai alapohjaan.

Kuntotutkijan tulee kiinnittää huomiota viemäreiden sisäpuolisessa TV-kuvauksessa erityisesti putkien liitoskohtiin ja asennusvirheisiin, jotka voivat olla käyttökeskeytys- tai vesivaurioriski

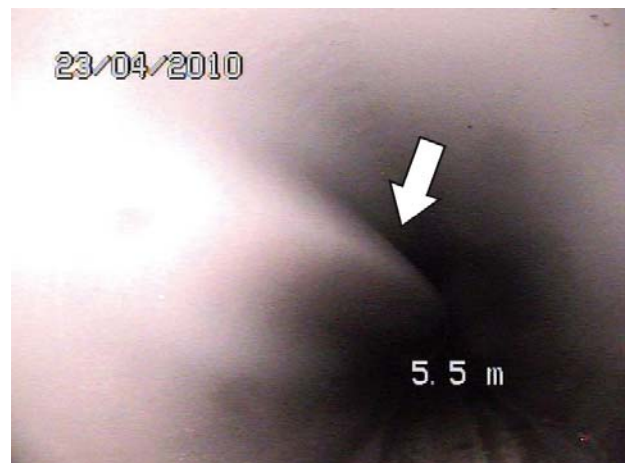
Esimerkkikuvia muoviviemäreiden asennusvirheistä ja vaurioista.

Oheinen kuvasarja on muoviviemärien vaurioista (kuvat ovat 1981 asennetusta viemäriverkostosta ja vauriot on havaittu vuonna 2010 tehdyssä kuntotutkimuksessa). Jälkiviisaasti voi todeta, että asennus- ja materiaalivirheet olisi saatu korjattua

jo takuuaikana vastaanottovaiheessa tehdyllä viemäreiden sisäpuolisella TV-kuvauksella ilman rakennuttajalle tulevia lisäkustannuksia.



Kuva 32. Kumirengastiivistee on osittain pois paikoiltaan.



Kuva 33. Viemäriputkessa on merkittävä muodonmuutos.



Kuva 34. Viemäriputki on halki t-haran kohdalta putken pohjasta.

3.1 Määräykset

Rakennusten LVIS-laitteiden sallitut äänitasot ja ääneneristävyyteen liittyvät määräykset tulee aina selvittää, kun kohteista tehdään kuntotutkimuksia tai lähdetään korjaamaan, lisärakentamaan tai lisäämään uusia teknisiä järjestelmiä vanhaan rakennukseen. Käytettävät määräykset määräytyvät seuraavasti:

- Rakennuksen peruskorjaus (käyttötarkoitus ei muutu, toimenpide ei tarvitse rakennuslupaa) voimassa ovat kohteen rakennusluvan myöntämishetken aikaiset määräykset. Erikseen on selvitettävä mitkä määräykset ovat olleet voimassa (huomioitava myös, että eri aikoina on käytetty eri tavoin määriteltyjä tunnuslukuja). Jos rakennus on tarpeeksi vanha, ei määräyksiä ole olemassa, mutta terveysturvalliset saattavat terveysturvallista vedoten asettaa vaatimuksia.
- Rakennuksen käyttötarkoituksen muutos, voimassa sillä hetkellä olevat määräykset. On mahdollista anoa lieviä poikkeuksia, esim. suojeltujen porraskäytävien askelääni vaatimuksia ei tarvitse täyttää.
- Lisärakentaminen, lisärakentamisen osalta, voimassa sillä hetkellä olevat määräykset
- Uusien teknisten järjestelmien asentaminen, näiden osalta tulee täyttää voimassa olevat määräykset
- Vanhaa korjattaessa nykytilannetta ei ääneneristys ja äänitasomielessä saa heikentää, vaikka määräyksiä ei olisikaan.
- Kaavavaatimukset, kaavassa voidaan esittää liikennemelulle eristysvaatimuksia, jotka tulee aina ottaa huomioon julkisivuihin kohdistuvien toimenpiteiden yhteydessä (ikkunoiden vaihdot, korvausilmaventtiilien lisäykset, ulkoseinien korjaukset). Kaavavaatimus on aina paikallinen vaatimus, joka riippuu rakennusten sijainnista ja liikennemäärästä. On alueita, joissa on vanha kaava, joista nämä vaatimukset puuttuvat, ja ne saattavat viranomaiselta tulla kaavaan rakennusluvan käsittelyaikana. Kaavavaatimukset tulee aina tarkistaa.

Viimeisimmät asuntojen LVIS-laitteiden äänitasomääräykset:

Aika ja määräys	Tila	Keskiäänitaso A,eq,T	Enimmäisäänitaso L _{A,max}
2000- RakMK C1-1998	Asuinhuone	28 dB(A)	33 dB(A)
	Keittiö	33 dB(A)	38 dB(A)
1985-1999 RakMK C1-1985	Asuinhuone		30 dB(A)
	Keittiö		35 dB(A)
1976-1985 RakMK C1-1976	Asuinhuone		30 dB(A)
	Keittiö		35 dB(A)

3.2 Lähtötilanne

Lähtötilanne on aina syytä kartoittaa ennen korjaustoimenpiteisiin lähtemistä. Tälle on kaksi syytä:

1. Jos rakennukselle ei ole ääneneristävyyteen ja äänitasoihin liittyviä määräyksiä (eli rakennuksen rakennuslupa on haettu ennen 1976) saadaan näillä mittauksilla rakennuksen rakenteiden perustaso selville. Jolloin jatkossa on mahdollista mittauksilla todentaa, ettei korjauksilla ole heikennetty rakennuksen akustista toimintaa.
2. Peruskorjausten ja käyttötarkoitusten muuttamisen suunnittelun lähtötiedoiksi tarvitaan akustisia mittauksia, joilla selvitetään olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien toimintaa. Näiden ja purkutietojen pohjalta voidaan suunnitella uudet ratkaisut, jotka täyttävät asetetut vaatimukset.

Lähtötilanne kartoituksessa tulee tehdä seuraavia mittauksia (kohdekohtaisesti valittava tehtävät mittaukset):

- Julkisivun ääneneristysmittaukset
- Ääneneristysmittaukset
 - Välipohjat (kaikista tyypeistä erikseen)
 - Väliseinät (kaikista tyypeistä erikseen)
 - Tilat, joissa on yhteiskanavapoistot (saattavat kuitenkin antaa liian hyviä tuloksia kun kanavat ovat täynnä pölyä)
- Askelääneneristysmittaukset kaikista välipohjatyypeistä erikseen
- Äänitasomittaukset
 - Viemärit
 - Vesijohdot
 - Mahdolliset muut ääntä aiheuttavat tekniset järjestelmät

3.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdossa ongelmia saattavat aiheuttaa seuraavat järjestelmät:

- ääneneristys ei ole kunnossa, ilmastointikanavien kautta kulkee ääni tilasta toiseen
- venttiilit aiheuttavat ääntä
- puhaltimet aiheuttavat ääntä
- puhaltimet aiheuttavat värähtelyä ja runkoääntä rakennukseen
- jäähdytyslaitteet aiheuttavat ääntä
- jäähdytyslaitteet aiheuttavat värähtelyä ja runkoääntä rakennukseen
- korvausilmaventtiileistä kuuluu ulkomelut
- ilmastointikanavat vuotavat ja aiheuttavat sitä kautta ääntä

Vanhoissa rakennuksissa on usein yhteiskanava-poistojärjestelmät. Kanavistoissa asuntojen välillä ei ole äänenvaimentimia. Tämän seurauksena puhe kuuluu asunnosta toiseen kanavistoja kautta. Ääneneristävyydet voidaan mitata kuntotutkimuksen yhteydessä, mutta saadut tulokset ovat usein liian hyviä, koska kanavistoissa on vuosien pölyt ja kanavat vaimentavat ääntä enemmän kuin puhtaana. Pääsääntöisesti kanavistoihin tulisi aina lisätä äänenvaimentimet ääneneristykseen takia peruskorjausten yhteydessä (ellei niitä jo ole).

3.4 Vesijohdot

Vesijohdoissa virtaus aiheuttaa ääntä. Jos painetaso putkistoissa on korkea, syntyy enemmän ääntä. Jos putkistot on kiinnitetty kevytrakenteisiin seiniin tai kattoihin, siirtyy värähtely putkista pintoihin ja suuri kevyt pinta säteilee värähtelyn ääneksi. Putkistojen kannakoinnit tulee tehdä vain raskaista rakenteista.

Ääntä voi aiheuttaa myös korkeasta paineesta seuraava paineisku, kun venttiili suljetaan nopeasti. Paineiskun voimakkuutta voidaan alentaa, säätämällä paineenalennusventtiilistä putkiston painetaso alemmas. Paineenalennusventtiilille kannattaa vähintään varata paikka vesimittarin jälkeen, johon se on helppo tarvittaessa asentaa, tai asentaa paineenalennusventtiili heti rakentamisen yhteydessä. Korkeat rakennuksen tulee jakaa pystysuunnassa useisiin vyöhykkeisiin, jotta painetasot saadaan pidettyä riittävän alhaisina. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää asuntokohtaisia paineenalennusventtiilejä.

3.5 Viemärit

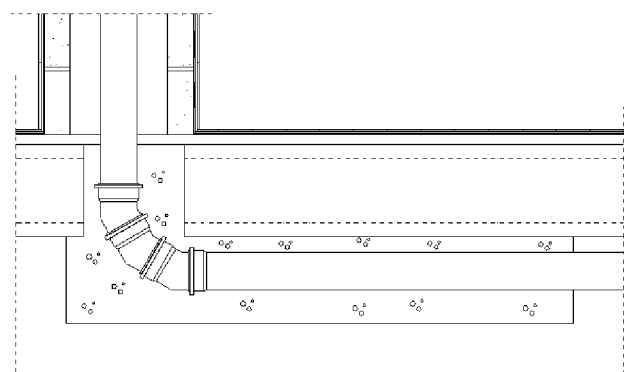
Viemärit aiheuttavat usein liian kovia äänitasoja. Viemärimelut voidaan mitata kuntotutkimuksen yhteydessä.

Peruskorjausten tai asuntokohtaisten muutosten yhteydessä viemärointejä usein uusitaan tai muutetaan. Näissä yhteyksissä tulee huolehtia että pystyviemäriinjat tulevat suorina ylhäältä alas. Pienikin sivusiirto pystyviemäreissä aiheuttaa paikallisen meluhaitan.

Viemärijärjestelmiä on kahdenlaisia toimintaperiaatteensa mukaan. Viemäri voidaan kiinnittää mahdollisimman jäykästi rakennuksen betonirunkoon (kiinni-järjestelmä) tai valurauta viemäri voidaan kannakoida tärinänieristimillä irti rakennuksen rungosta (irti-järjestelmä).

3.5.1 Kiinni-järjestelmä

- Putket saa kannakoida vain raskaista betonirakenteista
 - joko >180 mm betonia
 - tai välipohjien betonirakenteet
- Tarvittaessa käytetään erillisiä tukirunkoja
- Viemäri aina suorana linjana ylhäältä alas
- Välipohjan läpiviennit valetaan umpeen
- Hormiin asennetaan aina mineraalivillaa
- Viemäriinjän alapäässä betoninen alakulma, joka kiinni raskaassa alapohjassa
- Huom. viemäri irrotettava alimman kerroksen maanvaraisesta betonilaatasta



Huom!

- Alamutka toteutetaan kolmella 30-asteen kulmayhteellä
- Vaakaviemäriin sivuilla ja alla oltava väh. 100 mm betonia
- Vaakaviemäriä betonoitava vähintään 1000 mm

Kuva 35. Kiinni-järjestelmän betoninen alamutka.

Erityisesti huomioitavaa:

- Viemärin almutka tulee valaa betonin sisälle (myös VSS-tilan yläpuolella välitilassa, käyttökellareiden katossa, ryömintätiloissa) tai irrottaa kokonaan rakennuksen rungosta
- Jos käytetään kiinni järjestelmää, tulee viemäri kuitenkin irrottaa maavaraisesta betonisesta alapohjasta
- Pystyviemärien vaakasiirtoja ei saa tehdä asunnoissa

3.5.2 Irti-järjestelmä

- Putket saa kannakoida vain raskaista betonirakenteista
 - joko >180 mm betonia
 - tai välipohjiin tuetuista teräksisistä tukirungoista

- Kaikki **kannakoinnit** **tärinäeristimillä** (pysty- ja vaakavoimat erikseen)

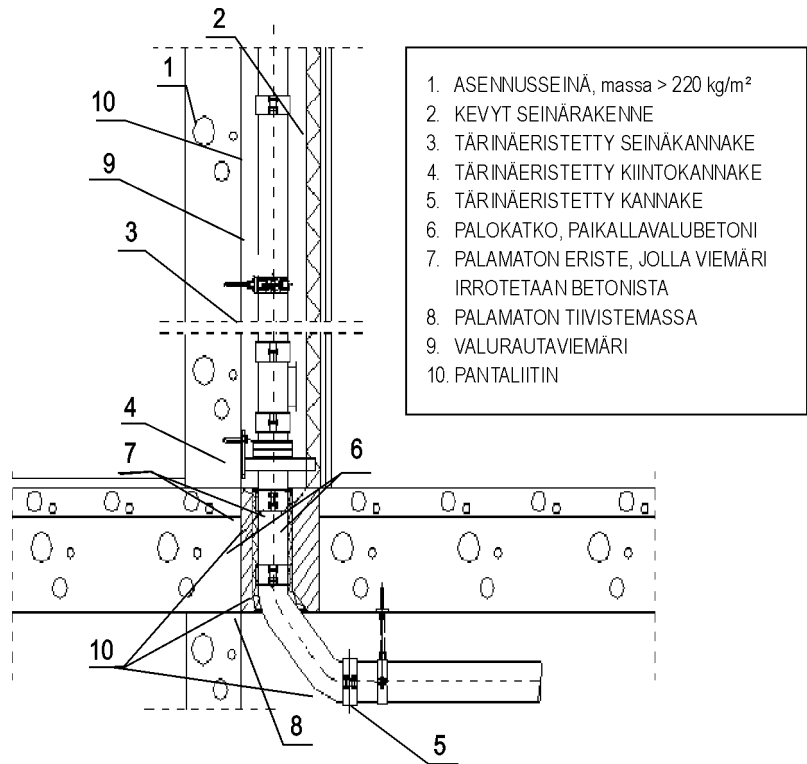
- Välipohjan läpivienneissä palovilla ja betonivaluista irrotus joustavalla materiaalilla

- Hormiin asennetaan aina mineraalivillaa

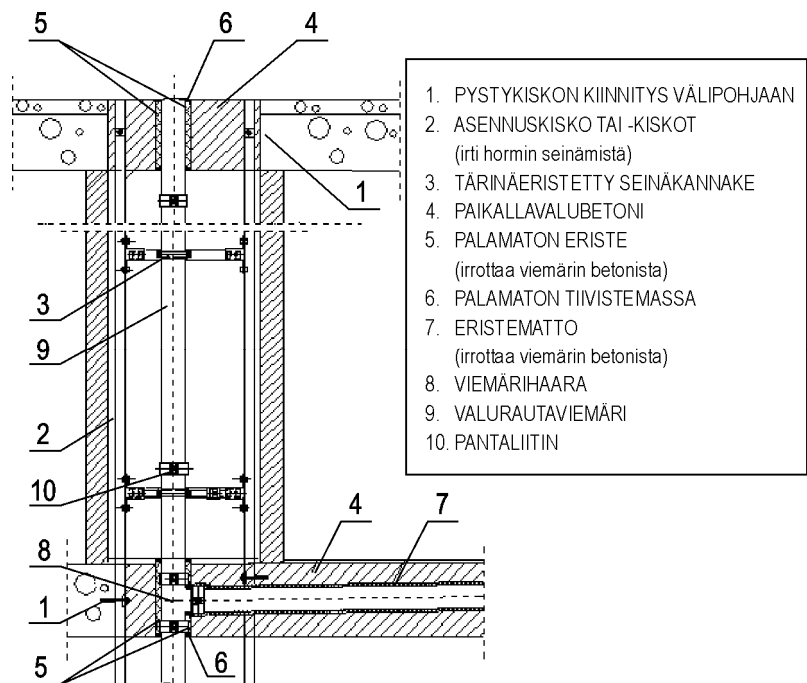
- Viemärilinan alapäässä 45 asteen kulmassa viemärinosa, jolla virtaus käännetään

Erityisesti huomioitavaa

- Irti kokonaan rakennuksen rungosta
- VSS-tilan yläpuolella välitilassa lekasorakerroksessa viemäri on eristettävä mineraalivillalla
- Viemärilinja suorana ylhäältä alas
- Käytettävä vain ko. järjestelmän osia.



Kuva 36. Irti-järjestelmän alakulma.



Kuva 37. Irti-järjestelmän kannakointi välipohjista kevyissä hormoneissa.

LIITE 4. TUTKIMUSVAIHEESSA KÄYTETYT MITTALAITTEET JA MITTAUSMENETELMÄT

1. Yleistä

Mittausmenetelmiä ja mittalaitteita käytetään, jotta tutkija pystyy määrittämään mahdollisimman luotettavasti putkiston kunnan, korjaustarpeen ja -perusteet ja riskit sekä perustelevaan raportissa tilaajalle ehdotettavat korjaustoimenpiteet.

Käytettäviä menetelmiä ovat:

1. Silmämääräinen menetelmä
2. Ainetta rikkomaton menetelmä
3. Koepala eli ainetta rikkova menetelmä
4. Erikoismenetelmät.

Visuaalisen tarkastuksen, lähtötietojen ja käyttäjäkyselyn vastausten avulla saadaan selville muiden tutkimusmenetelmien käytön tarve.

Suosittelavaa on käyttää vähintään kahta erilaista menetelmää kunnan määrittämisessä.

Mittauksissa ja tarkastuksissa tulee ottaa aina huomioon myös työturvallisuus. Perusvarustuksena tulee olla työtakki ja -housut, turvakengät, suojakäsineet sekä likaisempia töitä varten kumikäsineet. Likaisia ja pölyisiä tiloja varten kannattaa varustautua hengityssuojaimella. Lisäksi työntekijällä on oltava kuvallinen henkilötunniste näkyvässä. Lisäksi on tutkimuksesta aina tiedotettava rakennuksen käyttäjille tilaajan kanssa sovitulla tavalla.

Luvun 5.1 Taulukko 2 esittelee tutkimusmenetelmien soveltuvuutta erilaisille tutkittaville järjestelmille. Taulukossa on otettu myös kantaa niihin tutkimusmenetelmiin, jotka eivät anna kattavaa tietoa järjestelmän kunnosta.

2. Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräinen tarkastus on tutkimuksen lähtökohta. Sen perusteella määritetään tarvittavat tutkimusmenetelmät, mittalaitteet ja tutkimuskohdat. On tärkeää, että työkalut silmämääräistä tarkastusta varten ovat hyväkuntoisia. Perusvarustuksena tarvitaan mm.:

- muistiinpanovälineet
- taskulamppu ja varaparistot
- kamera ja vara-akku tai varaparistot

- peili, esimerkiksi kääntyvä teleskooppipeili on kätevä
- mittanauha
- puukko
- työntömitta
- ruuvimeisseli ja muita työkaluja esim. tarkastusluukkujen avaamista varten.

Valokuvia kannattaa ottaa reilusti, sillä niiden avulla voidaan helposti tallentaa kiinteistön kunnan ja korjaustarpeen kannalta oleellisia havaintoja. Lisäksi ne tulee liittää raporttiin käyttäen kuvateksteillä varustettuja valokuvia joko seurantaa tai mahdollisia jatkotoimenpiteitä varten.

3. Putkien sisäpuolinen tarkastus ja kuvaus

3.1 Viemärikamera (kaapelikamera)

Kiinteistön viemäreiden ja salaojien sisäpuolisiin TV-kuvauksissa käytetään yleisimmin kaapelikameraa. Ajettavia kameroita käytetään laajemmin kunnallisteknisten viemäreiden kuvauksissa, tässä oppaassa käsitellään vain kaapelikameraa. Laitteistoon kuuluu kaapeli, sen päässä oleva videokamera ja ohjauskeskus. Kameran päässä on valo kuvauskohteen valaisemiseksi. Nykyään on saatavilla viemärikameroita, jotka on tarkoitettu putkille, joiden halkaisija on vain jopa 30 mm ja kamera taipuu 90 astetta halkaisijaltaan 40 mm:n putkessa. Kameraa liikutetaan putkessa työntämällä ja vetämällä kaapelia.

Työntökaapeleita on eripituisia. Kaapeleita löytyy muutamasta metristä yli sataan metriin. Viemärikameran valinnassa on hyvä huomioida käyttötarkoituksen mukaan kameran koko ja kaapelin pituus. Esimerkiksi sadevesipystyviemäreissä saattaa olla useampi 90 asteen mutka, minkä takia tulee käyttää mahdollisimman pientä viemärikameraa. Liian pienen kameran käyttö voi taas johtaa siihen, että kameran valovoima ei riitä ja kuvan laatu heikkenee. Tällöin virheitä voi jäädä havainnoimatta. Lisäksi kaapelin tulee olla riittävän pitkä, jotta kuvaus halutulta matkalta onnistuu.

Viemärikameroita on ei-itsetasaavia ja itsetasaavia. Itsetasaavat viemärikamerat kääntävät katseltavan kuvan siten, että kuva on aina vaakatasossa, vaikka kamera pyörisi tarkasteltavassa putkessa akselinsa ympäri.

Viemärikameroilla voidaan tutkia putkien sisäpuolista toiminnallista kuntoa sekä sisäpuolisia korjaus- ja huoltotarpeita. Tutkimuksessa voidaan havaita tukokset, kerrostumat, roskat ja puun juuret, huonot liitokset, painumat ja siirtymät. Helposti voidaan havaita lyhyellä matkalla olevat syvät painumat. Viemärikuvaus tulee aina tallentaa ja tallenne luovutetaan tilaajalle. Lisäksi kuvauksen perusteella tehdään raportti, johon on havainnot ja niiden sijainti kirjattu siten, että ne voidaan myöhemmin paikantaa.

Mahdollisen vauriokohdan sijainti tulee määrittää. Useimmissa viemärikamerajärjestelmissä näkyy kuvanäytöllä viemäriin työnnetyn kaapelin pituus. Vaihtoehtoisesti pituus voidaan määrittää mittamalla kaapelin pituus tarkastuspisteestä vauriokohtaan. Kameroissa voi olla lisävarusteena paikannuslaite. Sen avulla voidaan tarkasti määrittää vauriokohta esimerkiksi alapohjan alta.



Kuva 38. Esimerkki TV-kameralaitteistosta.
(Lähde: www.minicam.co.uk)

3.2 Fiberoskooppi, endoskooppi ja videoendoskooppi

Fiberoskoopilla ja endoskoopilla voidaan tutkia visuaalisesti sellaisia ahtaita paikkoja, jotka eivät ole luoksepäästävässä. Fiberoskoopissa objektiivista kuva siirretään optisilla kuiduilla, jotka muodostavat taipuisan kaapelin.

Endoskoopissa kuva siirretään linssien avulla. Endoskoopin varren muodostaa kaksi sisäkkäistä jäykkää putkea.

Videoendoskoopissa on taipuisan kaapelin päässä kamera. Se on pienikokoisempi kuin viemärikamera ja sillä voidaan tutkia visuaalisesti ahtaita paikkoja, kuten fiberoskoopilla ja endoskoopilla.

Laitteita käytettäessä on tärkeää, että havainnot voidaan tallentaa sähköiseen muotoon. Fiberoskooppia ja videoendoskooppia voidaan käyttää erityisesti lattiakaivojen mahdollisten sivuliittymien ja korokerenkaiden liittymien tutkimiseen. Esimerkiksi peltisten elementtikylpyhuoneiden seinäkaivojen kunto voidaan tarkastaa pienen seinään poratun reiän kautta. Usein putkihormi sijaitsee kylpyhuoneen ja keittiön välissä ja lattiakaivon kunto voidaan tutkia keittiön seinään porattavan reiän kautta, jos tarkastusluukku ei ole. Hormista voidaan samalla myös tutkia mahdolliset näkyvät putkivuodot. Reikien poraukset on syytä teettää tilaajan toimesta mahdollisten vahinkojen varalta.

Myös vesijohtoja voidaan sisäpuolisesti tutkia kyseisillä laitteilla, mutta tämä vaatii vesijohtojen tekemisen paineettomiksi. Jos laitetta käytetään vesijohtojen tutkimiseen, niin sitä ei voida käyttää viemäriverkoston tutkimiseen hygieniasyistä.



Kuva 39. Esimerkki fiberoskoopista
(Lähde: <http://www.olympus-ims.com>)



Kuva 40. Esimerkki endoskoopista.
(Lähde: <http://www.olympus-ims.com>)



Kuva 41. Esimerkki videoendoskooppilaitteistosta. (Lähde: <http://www.olympus-ims.com>)

4. Ultraäänitutkimus

4.1 Ultraäänitutkimuksen teoriaa

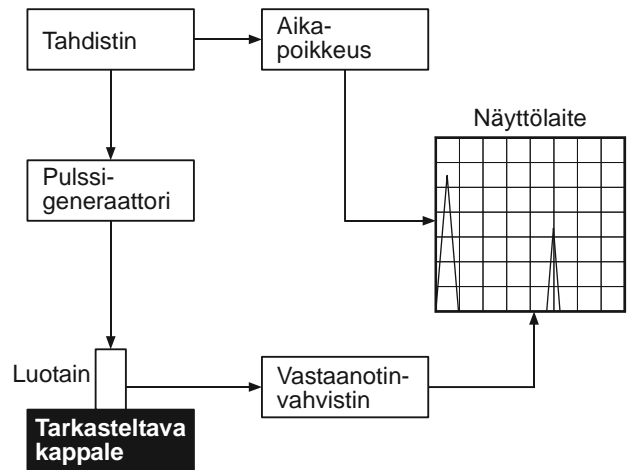
Yleisesti ultraäänitarkastuksessa käytettävän äänen taajuus vaihtelee 20 kHz...100 MHz välillä. Äänen eteneminen materiaalissa riippuu materiaalin tiheydestä ja kimmokertoimesta. Ääni voi edetä usealla eri tavalla: pitkittäisenä, poikittaisena tai kappaleen pinnassa etenevänä Rayleigh-, Love-, tai Lamb-aaltona. Pitkittäisaalto (longitudinal, v_L), jota kutsutaan myös paineaalloksi, etenee kaikissa väliaineissa. Väliaineina voi olla kaasu, neste tai kiinteä aine. Pitkittäisaalto värähtelee liikesuunnassaan. Poikittäisaalto (transverse, v_T) värähtelee liikesuuntaansa nähden kohtisuorassa. Sitä kutsutaan myös leikkausaalloksi. Aallon nopeus on noin puolet pitkittäisaallon nopeudesta.

Taulukko 12 sisältää valuraudan, kuparin ja teräksen tiheydet sekä pitkittäisen ja poikittaisen aallon äänennopeudet. Huomattavaa on, että valuraudan ominaisuudet vaihtelevat hyvinkin paljon.

Taulukko 12. Valuraudan, kuparin ja teräksen tiheys sekä pitkittäisen ja poikittaisen aallon äänennopeudet.

Materiaali	Tiheys (kg/m ³)	v_L (m/s)	v_T (m/s)
Valurauta	6950–7350	3500–5600	2200–3200
Kupari	8930	4660	2260
Teräs	7700–7800	5800–5900	2700–3200

Ääni heijastuu epäjatkuvuuskohdasta. Esimerkiksi materiaalissa olevat virheet tai väliaineen vaihtuminen voivat aiheuttaa epäjatkuvuuskohdan. Jos tuleva ääniaalto on kohtisuorassa materiaalin epäjatkuvuuskohtaan vastaan, ääni heijastuu takaisin tulosuuntaansa. Ultraäänilaitteiston toimintaperiaatetta havainnollistaa **Kuva 42**.



Kuva 42. Ultraäänilaitteiston toimintaperiaate A-kuvallisella näytöllä. (Golts, J. Matthew. ASNT Level III Study Guide Ultrasonic Method. The American Society for Nondestructive Testing, Inc. The United States of America, 2001. 111 s. ISBN 0-931403-29-4. Muokattu)

Ultraäänilaitteistoon kuuluu virtalähde, pulssi-generaattori, tahdistin, vastaanotin-vahvistin ja aikapoikkeutus. Pulssigeneraattorin tehtävänä on tuottaa luotaimelle menevää jännitepulsseja. Vastaanotin-vahvistin käsittelee tarkasteltavasta kappaleesta palaavan pulssin näytölle sopivaksi. Koska palaava signaali on heikompi kuin lähetetty pulssi, sitä vahvistetaan vahvistimella.

Tahdistin synkronoi järjestelmän eri osien toiminnan. Aikapoikkeutuksella saadaan aikaan aikajen sijainti näytön vaakasuoralle asteikolle. Kun signaalin amplitudi esitetään ajan funktiona, puhutaan A-kuvallisesta näytöstä. Signaali voidaan esittää näytöllä muillakin tavoilla, mutta tässä käsitellään laitteistona vain A-kuvallinen ultraäänilaitte sekä digitaalinen paksuusmittari. Paksuusmittarissa ei ole kuvallista näyttöä, vaan mittari antaa tulokseksi mitatun paksuuden. Ohessa on kuvia esimerkkilaitteistoista (**Kuva 43** ja **Kuva 44**).

Ääni kulkee huonosti ilmassa. Tämän takia luotain ja tarkastettava kappale tarvitsevat kytkentäaineen. Kytkentäaineena voidaan käyttää esimerkiksi vettä, öljyä, geeliä tai veden ja tapettiliisterin seosta. Kytkentäaineen valintaan vaikuttavat pinnan asento, lämpötila ja karheus. Pystypinnoilla aineen tulee pysyä pinnassa, se ei siis saa valua siitä pois. Lämpimillä pinnoilla aine ei saa kuivua eikä höyrystyä, kun taas kylmillä pinnoilla se ei saa jäätyä. Mitä karheampi on pinta, sitä suurempi viskositeetti tulee kytkentäaineella olla. Lisäksi tulee estää kytkentäaineen reagoiminen pinnan kanssa.

Valurauta on anisotrooppista. Tämä tarkoittaa sitä, että rakeiden ominaisuudet vaihtelevat eri suunnissa, joten äänennopeus vaihtelee eri suunnissa. Valuraudan suuren raekoon takia ultraäänelle on ominaista sironta. Jos ääniaallolla on suurin piirtein samankokoinen aallonpituus kuin on valuraudan raekoko, raerajat käyttäytyvät rajapintoina ääniaalloille. Raerajojen satunnaisen sijainnin takia sironta kasvaa. Sironta ja anisotrooppisuus yhdessä aiheuttavat sen, että takaseinäkaiku vaimenee huomattavasti tai sitä ei saada ollenkaan. Tämän lisäksi kohina kasvaa. Myös valumateriaalin kiderakenteen karheus aiheuttaa ultraäänen voimakasta vaimenemista ja sirontaa.

Vaimenemista pystytään vähentämään käyttämällä matalataajuuksisia luotaimia. Matalilla taajuuksilla taas ei havaita niin pieniä vikakokoja. Suositeltavaa onkin käyttää korkeampitaajuisia luotainta, jos vaimeneminen ei ole ongelma.



Kuva 43. Krautkrämerin A-kuvallinen ultraäänilaitteisto. (Lähde www.ge-mcs.com)



Kuva 44. Krautkrämerin paksuusmittari. (Lähde www.ge-mcs.com)

4.2 Putkien tutkiminen ultraäänimittauksella

Ultraäänitutkimusta voidaan käyttää putkistojen kuntotutkimuksissa apuvälineenä, mutta se ei sellaisenaan sovellu luotettavaksi tutkimusmenetelmäksi.

Kupariputken yleisin syöpymismekanismi on pistesyöpyminen. Pistesyöpymien havaitseminen ultraäänellä on tuurista kiinni. Kattavampi tieto putken kunnosta saadaan röntgenkuvaamisella.

Sinkityn teräsputken syöpyminen on yleisintä putken osien kierteissä, joita taas voidaan paremmin tutkia röntgenkuvaamisella. Lisäksi vesijohtojen ultraäänitutkiminen vaatisi eristeiden purkamista.

Lämmitysputkien korrosio keskittyy yleisen korroosion lisäksi kierteisiin ja mutkiin. Kierteiden ja mutkien tutkiminen ultraäänellä ei ole järkevää. Lisäksi joudutaan eristeitä purkamaan. Röntgenkuvaamalla saadaan tarkempi tieto putkiston sisäpuolisesta kunnosta ja tutkimuksesta jää dokumentti filmimuodossa tai sähköisessä muodossa tilaajalle.

Valurauta on materiaalina epähomogeeninen. On yleistä, että vanhoissa valurautaviemäreissä on huokosia ja valuvirheitä, jotka saattavat vääristää ultraäänimittaus tuloksia. Ultraäänimittaus ei tulisi käyttää sellaisenaan kuntotutkimusmenetelmänä. Sitä voidaan esimerkiksi käyttää apuna röntgenkuvauskohteiden valitsemisessa etsimällä kohdat, joissa seinämävahvuus on pienimmillään. Ultraäänimittaus varten valurautaputken pinta tulee tutkittavien osien hioa puhtaaksi ja sileäksi.

Tutkimuksessa voidaan käyttää näytöllä varustettua ultraäänimittaria, joka näyttää kaiut, tai digitaalista paksuusmittaria, joka näyttää ainoastaan mitatun paksuuden. On huomioitava, että paksuusmittarin antamat tulokset voivat antaa helposti harhanäyttämän, sillä laitteen käyttäjä ei tiedä, heijastuuko kaiku putken sisäseinämästä vai esimerkiksi valuvirheestä. Kuvallisella varustetulla ultraäänimittarilla voidaan tulosta analysoida tarkemmin.

Ultraäänitutkimuksessa mittari on kalibroitava tutkittavasta materiaalista tehdyllä kalibroitikapaleella. Eri materiaalien tiheydet ja äänennopeudet poikkeavat toisistaan. Väärällä kalibroitikapaleella kalibroitu mittari ei anna oikeaa mittaus tulosta.

Radiografiset kuvaukset

5.1 Röntgentutkimusmenetelmien soveltuvuus

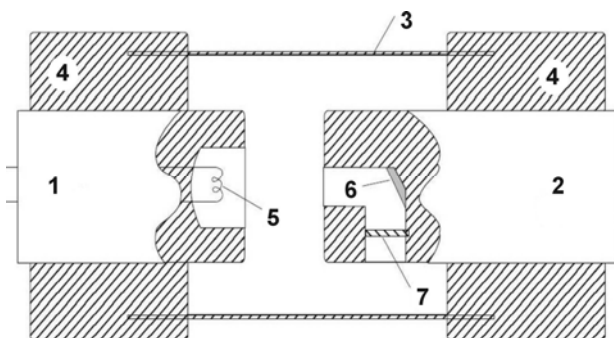
Oppaassa esitellään kolme erilaista LVV-kuntotutkimuksissa käytettyä röntgentutkimusmenetelmää. Yleisimpiä niistä ovat ”perinteinen röntgenkuvausmenetelmä” ja ”digitaalinen röntgenkuvausmenetelmä”. Nykyisin vähemmän käytetty on Ir-192 (isotooppi) menetelmä, joka soveltuu yli DN100 putkilille. Kuntotutkijalla tulee olla tiedossa erilaisten RTG-menetelmien mahdollisuudet, jotta hän voi valita oikean menetelmän tutkittaville putkille.

Jos perinteisellä RTG-koneella, pulssikoneella tai isotoopilla otetaan kuva digitaaliselle paneelille, voidaan myös vaippa-alueen intensiteettimuutoksia käyttää syöpmän syvyyden arviointiin. Jos putkessa on nestettä sisäpuolella, seinämävahvuuden arvo kasvaa.

5.2 Perinteinen röntgenkuvaus

Röntgenlaitteistoon kuuluvat röntgenkone ja röntgenputki. Röntgenkone voi olla joko puoliaaltotasasuunnattu tai tasajännitteinen. Kuntotutkimuksissa käytetään yleisimmin puoliaaltotasasuunnattua röntgenkonetta sen pienemmän koon (kokonaispaino alle 50 kg) takia.

Röntgensäteily tuotetaan tyhjöputkella. Putken kato- dia kuumentamalla hehkulangalla saadaan siltä vapautumaan elektroneja ja ne kiihdytetään anodilla olevalla korkealla jännitteellä suureen nopeuteen. Elektronit törmäävät anodilla olevaan kohtioon, jolloin liike-energia muuttuu ionisoivaksi säteilyksi ja lämmöksi. Ohessa (**Kuva 45**) on esitetty röntgenputken eri osat. Anodin ylikuumentuminen estetään jäädytyksellä, mikä puoliaaltotasuunnattujen röntgenkoneiden röntgenputkissa tuotetaan puhaltimella.



Kuva 45. Röntgenputken eri osat: 1 katodi, 2 anodi, 3 ulkokuori, 4 eristeet, 5 fokusointikupissa sijaitseva hehkulanka, 6 kohtio, 7 ikkunassa oleva suodatin. (Latvala, Kari. Teollisuusradiografia. Inspecta Oy:n koulutusmateriaali radiografiseen tarkastukseen. 2009. 119 s.)

Anodin kohtio ja katodin hehkulanka ovat volframia. Itse katodi ja anodi ovat kuparista, sillä kuparilla on hyvä sähkön- ja lämmönjohtavuus. Lie- riövaippa on metallinen ja päätykappaleet ovat keraamiset. Tämä metallikeraaminen kappale tulee esilämmittää metallin ja keraamin erilaisten lämpölaajenemisominaisuuksien takia.

Taulukko 13. Röntgentutkimusmenetelmien soveltu- vuus eri putkikoille (Latvala, Kari, Inspecta Oy).

Halkaisija	Seinämävah- vuus	Säteilylähde	Kuvauksen valotus	Havaittavissa olevat alueet	Mittaus- menetelmä
DN <100 mm	<8 mm	Pulssikone	Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili ja intensiteetti
DN <100 mm	>8 mm	Perinteinen RTG-kone	Filmi / Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili
DN <100 mm	>8 mm	Ir-192 (isotooppi)	Filmi / Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili
DN 100-150 mm	<8 mm	Pulssikone	Paneeli	Vaippa	Intensiteetti
DN 100-150 mm	<8 mm	Perinteinen RTG-kone	Filmi / Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili
DN 100-150 mm	<8 mm	Ir-192 (isotooppi)	Filmi / Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili
DN 100-150 mm	8-12 mm	Perinteinen RTG-kone	Filmi / Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili
DN 100-150 mm	8-12 mm	Ir-192 (isotooppi)	Filmi / Paneeli	Vaippa ja profiili	Profiili
DN >150 mm	<40 mm	Perinteinen RTG-kone	Filmi / Paneeli	Vaippa	Intensiteetti
DN >150 mm	<40 mm	Ir-192 (isotooppi)	Filmi / Paneeli	Vaippa	Intensiteetti

Jos halutaan saada tunkeutuvampaa säteilyä, käytetään säteilylähteenä radioaktiivista isotooppia Ir-192, Co-60 tai Se-75. Säteilyä ei voi katkaista, vaan se heikkenee puoliintumisajan mukaan.



Kuva 46. Esimerkki puoliaaltotasasuunnatusta röntgenlaitteistosta. Taustalla on kuusi erilaista röntgenputkea. Etualalla on ohjauspöytä. (Lähde: www.yxlon.com)

Kuvattava kappale asetetaan säteilylähteen ja filmin väliin. Filmi koostuu polyesterisestä rungosta ja emulsiokerroksista. Emulsiokerrokset sisältävät hopeasuolarakeita, joissa säteily aiheuttaa muutoksia. Nämä näkyvät kehitetyssä filmissä mustamamuutoksina. Teollisuudessa käytettävät filmit on pakattu tyhjiöpakkaukseen ja filmin molemmin puolin on lyijyvahvistuslevyt.

5.3 Digitaalinen röntgenkuvaus

Filmin sijaan voidaan käyttää detektoripaneelia (**Kuva 47**), joka mahdollistaa digitaalisen röntgenkuvaamisen. Levyn pinnalla on fluoresoiva kalvo, joka muuttaa säteilyenergiaa valoksi. Kalvon alla olevalla valodiodimatriisilla mitataan valon määrää. Muodostunutta kuvaa voidaan tutkia ja muokata tietokoneella. Kuva muodostuu reaaliaikaisesti, toisin kuin filmissä, joka täytyy ensin kehittää. Laitteistossa säteilylähteenä toimii pulsikone, joka lähettää nimensä mukaisesti säteilyn pulsseina. Tässä säteilyannos on pienempi kuin muissa edellä mainituissa säteilylähteissä.



Kuva 47. Digitaalisen röntgenkuvauslaitteiston osat. (Lähde: www.vidisco.com)

5.4 Säteilyturvallisuus

Putkistojen kuntotutkija työskentelee suurimmaksi osaksi kiinteistöissä, joissa asutaan tai joka on toimistokäytössä. Ionisoiva säteily voi aiheuttaa muutoksia eläviin soluihin. Erityisesti on otettava huomioon sekä kuntotutkijan että tilojen käyttäjien säteilyturvallisuus. Säteilyturvallisuudesta löytyy säteilylaista ja Säteilyturvakeskuksen ST-ohjeista.

Röntgenkuvia ei voi ottaa kuka tahansa, vaan kuvaajan tulee olla koulutettu. Yleensä putkistojen

kuntotutkija ei ota röntgenkuvia, vaan röntgenkuvaaja tilataan NDT-yrityksestä.

Digitaalisessa kuvauksessa pulsikoneella tuotettu säteilyannos on pienempi kuin perinteisessä röntgenkuvauksessa. Jos joudutaan käyttämään säteilylähteenä isotooppia, on säteilyannos huomattavasti suurempi.

6. Yhteenveto käyttökelpoisista kuntotutkimusmenetelmistä

Putkistojen kuntotutkimus on kokonaisuus, joka koostuu eri osa-alueiden tutkimuksista. Visuaalisella tarkastuksella on suuri merkitys kokonaisuuden hahmottamisessa.

Viemärikameralla saadaan hyvä kuva viemäriverkostojen sisäpuolisista olosuhteista sekä verkoston toiminnallinen kunto.

Röntgenkuvauksella saadaan selville putkimateriaalien korroosioilmiöiden laajuus ja muut materiaalissa olevat viat.

Ahtaiden paikkojen tutkimiseen on hyvä käyttää esimerkiksi videoendoskooppia.

Ultraäänipaksuusmittausta ei suositella sellaisenaan kuntotutkimusmenetelmäksi, sillä riski tulkita tulokset väärin on suuri. Ultraäänipaksuusmittausta voidaan käyttää muiden tutkimusmenetelmien tukena, mutta ei sellaisenaan. Esimerkiksi valurautaviemäreiden röntgenkuvauskohtia määritettäessä voidaan ultraäänipaksuusmittauksella etsiä sellaisia kohtia, joiden seinämävahvuus on pieni.

Tutkimus- ja mittaustulosten taltioiminen on tärkeä osa kuntotutkimusta ja raportin kirjoittamista. Lisäksi jatko- tai seurantatutkimuksen tulosten tulee olla verrattavissa alkuperäisen tutkimuksen tuloksien kanssa. Tulosten taltioimisessa on tärkeää, että kaikki kuvaus- ja havaintopaikat merkitään selkeästi piirustuksiin. Kuvauspaikat tulee merkitä jo kuvausten oton yhteydessä, jolloin ne tulee oikein raporttia kirjoitettaessa.

Jos kohteessa havaitaan normaalista poikkeavaa syöpymistä, on hyvä tutkia tarkemmin syöpymien syy. Tätä varten voidaan joutua ottamaan näytepaoloja ja/tai vesinäytteitä.

Yleistä

Kuntotutkimuksen tulosten pohjalta tutkijan tulee laatia putkistojen aikataulutettu ja perusteltu toimenpide-ehdotus kustannusarvioineen sekä arvio riskeistä, jotta tilaajalla on selkeästi tiedossa:

- mitä hänen tulee päättää
- missä järjestyksessä
- mitä päätökset maksavat
- mitä riskejä päätöksiin voi sisältyä.

Toimenpide-ehdotusten tulee aina perustua kuntotutkimuksen tuloksiin. Kuntotutkijan tulee ehdottaa raportissa ehdotetulle korjaustoimenpiteelle mahdollisuuksien mukaan useampia korjausvaihtoehtoja tai niiden yhdistelmiä, jotta tilaaja voi pohtia etukäteen hänelle sopivia mahdollisuuksia hanke-ehdotusvaiheessa ennen hankesuunnittelun käynnistämistä. Kuntotutkijan esittämät korjaustapavaihtoehdot ovat suunnittelijan kannalta oleellisia hankesuunnittelun lähtötietoja, koska kuntotutkija on jo rajannut pois sellaiset perusparannuksen tai peruskorjauksen vaihtoehdot, jotka eivät ole kiinteistössä teknisesti mahdollisia.

Seuraavassa on esitelty putkien uusinnan korjaustapoja ja vaihtoehtoisia korjaustapoja (peruskorjauksen tapoja). Vaihtoehtoisia korjaustapoja on käsitelty laajemmin, koska niiden käyttö on Suomessa uutta. Toisaalta tilaajat edellyttävät tukijalta vaihtoehtoisten korjaustapojen arviointia tutkimuksen yhteydessä, koska kiinteistön omistajilla ja taloyhtiöiden osakkailla on nykyään perustietoa ja jopa kokemuksia vaihtoehtoisten menetelmien käytöstä.

Korjaustapavaihtoehdot jaetaan karkeasti viiteen ryhmään:

- 1 Putkistot uusitaan nykyisiin hormeihin purettavien putkien paikalle.
- 2 Putkistot uusitaan kokonaan uuteen paikkaan, nykyiset putkistot jäävät tulpattuina paikoilleen nykyisin hormeihin.
- 3 Putkistot uusitaan käyttäen hormiputkielementtejä (tehdastekoisia valmiselementtejä) joko nykyisten putkien paikalle tai uuteen paikkaan.
- 4 Putkistot peruskorjataan vaihtoehtoisilla korjaustavoilla eli nykyisten putkistojen sisäpuolinen peruskorjaus pinnoittamalla, sujuttamalla tai sukittamalla.
- 5 Putkistot uusitaan ja peruskorjataan käyttäen kohdan 1 - 3 ja kohdan 4 yhdistelmää.

Kolme ensimmäistä vaihtoehtoa ovat perusparannusmenetelmiä. Niistä käytetään myös termiä putkien uusinta tai elinkaarikorjaus. Neljäs vaihtoehto on puhdas peruskorjausmenetelmä. Viidenteen vaihtoehtoon sisältyy sekä perusparannus- ja peruskorjausmenetelmiä. Kahden viimeisen kohdan pinnoituksesta käytetään myös termiä siirtokorjausmenetelmä.

1. Putkien uusinta (elinkaarikorjaus)

Putkien uusinnalla tarkoitetaan perinteistä putkitai linjasaneerauksesta, jossa putkihormit ja nykyiset putket puretaan ja uudet putket asennetaan samaan paikkaan. Koska kiinteistön olemassa olevia rakenteita puretaan laajasti, niin menetelmän yhteydessä on järkevää rakentaa puuttuvat kylpyhuoneiden vedeneristeet, uusia laatoitukset, parantaa kylpyhuoneiden toimivuutta ja kalustusta. Samassa yhteydessä on myös usein kustannustehokasta perusparantaa, uusia tai rakentaa kokonaan uutta talotekniikkaa, kuten esimerkiksi ilmanvaihto- ja lämmöntalteenottojärjestelmä, uusia sähkö- ja telejärjestelmät, varautua kiinteistön jalostamiseen sekä vähentää käyttökustannuksia energiaa- ja kulutusta säästävillä järjestelmillä.

Kun kiinteistön korjausohjelmasta ja kehittämisestä niputetaan yhden toimenpiteen ympärille useita korjaustoimenpiteitä, niin se tietysti nostaa merkittävästi kustannuksia. Eri yhteisöjen keräämiin ja julkisuudessa esitettyihin linjasaneerauksen kustannuksiin tulee suhtautua varauksellisesti, jos niitä ei ole sidottu korjauksen laajuuteen ja laatuun. Tutkijan on putkien uusinnan kustannuksia esitellessään myös ilmoitettava tilaajalle ainakin laajuus ja mielellään laatu sekä korjausmenetelmä tai -menetelmät.

Korjaustapavaihtoehdon mukaan uusittujen putkistojen käyttöikäennuste on normaalissa rasitusluokassa 40–50 vuotta (LVI 01-10424, KH 90-00403).

2. Putkien uusinta putkielementeillä

Putkien uusinta uuteen paikkaan tai putkielementtien käyttö ovat perusratkaisuissa lähellä toisiaan. Putkihormeja ei pureta kummassakaan menetelmässä, nykyiset putket jäävät paikoilleen, ne tyhjennetään, tulpataan tai ummistetaan. Niitä voidaan käyttää mahdollisesti sähkö- ja telejohtojen johdotukseen. Uusille putkihormeille tai putkielementeille haetaan uudet paikat joko asunnosta tai

yhteisistä tiloista, esimerkiksi porrashuoneista. Asunnoissa tilan hakeminen vaatii huolellista suunnittelua, jotta uusista hormeista tai lasketuista alakatoista aiheutuvat rakennuskustannukset pysyvät kohtuullisina. Siksi hormit ja putkieleментit pyritään sijoittamaan kylpyhuoneeseen, jolloin yleensä muutenkin pieni kylpyhuone pienenee ja osakkaat usein vastustavat vaihtoehdon käyttöä siitä syystä. Kuntotutkijan tulee perustella vaihtoehtojen käyttö raportin esittelyssä huolellisesti.

Varsinaisessa rakentamisessa menetelmät sitten eroavat toisistaan. Uusien hormien rakentaminen ja putkien asentaminen hormeihin ei paljon eroa putkien uusinnasta. Oikeastaan vain nykyisten hormien ja putkien purkutyöt jäävät pois ja rakennustyön läpimenoaika lyhenee tältä osin.

Vastaavasti sertifioidut putkieleментit valmistetaan ja asennuslaatu tarkistetaan hallituissa tehdas- tai konepajatiloiissa. Elementtien asennusaika työmaalla on lyhyt ja elementtien pinta on valmis seuraavaa työvaihetta varten. Hyvin johdetulla linjasaneeraustyömaalla elementtien käytöllä päästään perinteisestä rakentamisesta lähes sarjatyön luontoiseen asentamiseen, jolloin läpimenoaika lyhenee ja rakennuskustannusten tulisi alentua. Putkieleментtien käyttö edellyttää aina hyvää mittatarkkuutta työmaalla ja valmistuksessa. Menetelmän edut menetetään, jos elementtejä joudutaan korjaamaan työmaalla. Tutkijan tulee harkita elementtien käyttöä korjausvaihtoehtona 70–80-luvun asuinkerrostaloissa, joissa mittatarkkuus on jo riittävän hyvä.

Korjaustapavaihtoehdon mukaan uusittujen putkistojen käyttöikäennuste on normaalissa rasitusluokassa 40–50 vuotta (LVI 01-10424, KH 90-00403).

3. Vaihtoehtoiset korjausmenetelmät (pinnoituskorjaukset)

LVV-järjestelmien vaihtoehtoiset korjaustavat voidaan jakaa kolmeen menetelmään:

1. Pinnoitus
2. Pinnoitus tai sujutus tai menetelmien yhdistelmä.
3. Osittainen pinnoitus tai sujutus ja osittainen uusiminen (hybridimenetelmä).

Vaihtoehtoisia korjaustapoja käytetään erityisesti asuintalojen vesi- ja viemärijohtojen uusinnan (linjasaneerausten) yhteydessä. Etenkin hybridimenetelmän käyttö on lisääntynyt viime aikoina huomattavasti.

3.1 Vesijohtojen korjaus pinnoittamalla

Vesijohtojen korjaus pinnoittamalla luokitellaan yleensä siirtokorjauksiin, joiden avulla voidaan putkien uusiminen siirtää myöhemmin tehtäväksi. Kunnallisissa vesijohtoverkostoissa ts. suurissa runkoputkissa voidaan käyttää myös sementtilaastivuorausta korjausmenetelmänä. Rakennusten sisäpuolisissa vesijohdoissa pinnoitukseen käytetään pelkästään siihen kehitettyjä epoksimuovipinnoitteita. Pinnoitukset eivät poista eivätkä vahvista haurastuneita putkien liitoksia, jotka voivat paineiskuista tai mekaanisista rasituksista murtua pinnoituksen aikana tai vielä pinnoituksen jälkeen. Pinnoitusten hyötyjä ovat työmenetelmän nopeus ja lyhyt häiriöaika asukkaille ja kiinteistön käyttäjille, ja taasen haittoja ovat pinnoitustyön suhteellinen kalleus ja kiinteistön omistajalla jäävä taloudellinen ja toiminnallinen riski, että hauraat putkiliitokset vuotavat pinnoituksen jälkeen. Jos putket alkavat vuotamaan pinnoituksen aikana, niin putkien pinnoitus saattaa muuttua putkien uusinnaksi, johon tulee varautua ainakin taloudellisesti, kun tutkija arvioi menetelmän kustannuksia.

Kuntotutkimuksen ja suunnittelun aikana on vanhan verkoston kunto ja pinnoitusominaisuudet kartoitettava huolellisesti. Säättö- ja sulkuventtiilit kannattaa uusida pinnoitusten yhteydessä ja säätää verkosto pinnoituksen jälkeen. Pinnoitustyö on haasteellista myös valvonnan kannalta, sillä putket ovat yleensä rakenteiden sisällä ja halkaisijaltaan pieniin putkiin ei TV-kameralla aina pääse näkemään pinnoituksen laatua. Pinnoitettuun vesijohtoverkostoon ei saa jäädä käytöstä poistettuja paineellisia ummistettuja haaroja rakenteiden sisään, joissa vesi voisi seisoa (**Kuva 48**).



Kuva 48. Rakenteiden sisällä voi olla käytöstä poistettuja putkia, jotka ovat edelleen liitettyinä käytössä olevaan putkistoon. Kuvassa olevat putket ovat oikeaoppisesti kytketty irti toimivasta verkostosta ja ummistettu. Käytöstä poistetut putket pitää puhaltaa paineilmalla tyhjäksi vedestä ennen ummistamista.

Viranomaisten, vakuutusyhtiöiden ja suunnittelijoiden suhtautuminen vesijohtojen pinnoitukseen on varovaista eikä viranomaislähtöistä ohjeistusta pinnoitteille asetettavista vaatimuksista vielä ole. Pinnoitteen kelpoisuus talousvesiverkostoissa käytettäväksi tulee arvioida laboratoriotestausten avulla. Pinnoitettu putkilinja voidaan ottaa käyttöön vasta sen jälkeen, kun talousvesi on vesinäytteiden perusteella todettu hyvälaatuiseksi. Kaikille pinnoitteista mahdollisesti liukeneville aineille ei ole asetettu raja-arvoa talousvesiaseutuksessa, joten talousveden turvallisuutta ei voida arvioida ainoastaan tavanomaisten analyysien avulla. Epoksinpinnoitteista mahdollisesti liukenevien terveydelle haitallisten aineiden, erityisesti pienten bisfenoli A-pitoisuuksien pitkäaikaisaltistuksen terveysvaikutuksista odotetaan lisätietoa Euroopan kemikaaliviraston selvityksestä vuoden 2012 aikana.

3.1.1 Sujutustekniikat vesijohtojen korjauksissa

Vesijohtojen korjauksissa käytetyt sujutustekniikat ovat käyttökelpoisia etenkin kiinteistöjen tontti-vesijohtojen ja rakennusten välisten vesijohtojen korjauksissa. Jos tonttivesijohto on pitkä ja halkaisijaltaan riittävän suuri, esim. DN 100, eikä siinä ole useita jyrkkiä mutkia tai haaroja, se voidaan korjata pitkäsujuttamalla. Putken sisään asennetaan tällöin halkaisijaltaan pienempi uusi PEM-muoviputki, esim. DN 63, jos se on virtaamamitoitukseltaan riittävä kiinteistön käyttöön. Sujutusta varten putki on avattava molemmista päistä liitoksista, jyrkistä mutkista sekä haaroista, joten lyhyttä putkea ei kannata korjata sujuttamalla. Liitokset ja mutkat korjataan uusimalla. Putki voidaan puhdistaa vaakaporaamalla ja huuhtelemalla, putkeen kerääntyneiden saostumien ja sedimenttien poistamiseksi.

Pitkäsujutuksessa käytetään polyeteeniputkea. Keskitiheyksinen polyeteeni (PEM) ja korkeatiheyksinen polyeteeni (PEH). Uudessa sujutuksessa putkessa voidaan käyttää muoviputkelle soveltuvia sähköhitsausyhteitä, lohkohitsattuja tai ruiskuvaluttuja yhteitä, kauluksia ja laippoja. Pitkäsujutusputki korvaa täysin vanhan putken.

Mahdollinen menetelmä on myös sujuttaa vanhaan putkeen puhdistuksen jälkeen uusi ohutseinäinen joustavasta PET-materiaalista (polyetyleenitereftalaatti) valmistettu sujutusputki, joka soveltuu putkikoolle DN 15–50 mm. Ennen asennusta, vanha putki puhdistetaan paineilman avulla syötettävällä hionta-aineella. Menetelmä vastaa hiekkapuhallusta. Sujutuksen jälkeen PET-putki laajennetaan paineen avulla nykyisen putken sisäseinä-

mään tiiviisti. Paineistuksen jälkeen putki jää laajentuneeseen kokoonsa ja sitä voidaan katkaista ja siihen voidaan tehdä myös liitoksia. Sujutusputken suurin jatkuva käyttölämpötila on +65 °C. Sujutusputki voi tiivistää nykyisen putken pieniä reikiä. Nykyinen putki jää suojaamaan sujutusputkea.

3.2 Viemäreiden korjausmenetelmiä

3.2.1 Sukkasujutus

Sukkasujutuksessa vanhaan puhdistettuun viemäriputkeen asennetaan sisäpuolelle paineilman-, höyryn- tai vedenpaineen avulla epoksilla kyllästetty keinokuituinen kudottu tai huopamainen letku, joka paineen avulla pullistetaan putken muotoon. Sukitusputki kovettuu aikakovetteisena tai lämmön avulla lopulliseen lujuteen, jonka jälkeen asennuspaine poistetaan ja liitoskohdat sekä mahdolliset haarat viimeistellään. Myös haarakohdat ja pienet vauriot voidaan korjata sisäpuolisesti tällä menetelmällä. Menetelmä soveltuu kaikille viemärimateriaaleille, sillä sujutusputki korvaa vanhan viemärin. Menetelmä soveltuu kaikenkokoisille viemäreille maassa ja rakenteiden sisällä (Ø50–3000 mm, jopa pienemmillään Ø32 mm hyvissä olosuhteissa).

Maanvaraisille viemäreille vaaditaan suurempaa rengasjäykkyyttä kuin rakenteiden sisällä oleville nousulinjojen viemäreille ja hajotuksille, joten sujutusputki valitaan käyttöolosuhteiden mukaan. Rengasjäykkyyden vähimmäisvaatimus on 1 kN/m². Menetelmällä voidaan saavuttaa testaus tulosten mukaan uuden putkiston käyttöikä.

3.2.2 Pitkäsujutus

Pitkäsujutuksessa vanhaan puhdistettuun viemäriputkeen vedetään sisäpuolelle tehdasvalmisteinen yhtenäinen joustava muoviputki. Pitkäsujutus voidaan tehdä myös halkaisevana pakkosujutuksena, jolloin vanha putki halkaistaan vedon aikana. Uuden putken halkaisija on silloin sama kuin vanhan putken tai sitä voidaan jopa kasvattaa yhdellä kokoportaalla. Pitkäsujutusta käytetään pääasiassa maanvaraisille viemäreille rakennusten ulkopuolella. Menetelmä soveltuu hyvin viemäreille, joissa on pientä poikittaissiirtymää tai runsasta juurien kasvua. Menetelmällä tehdään uusi putkisto. Rengasjäykkyydet voidaan valita 4-, 8- tai 16 kN/m².

3.2.3 Pätkäsujutus

Pätkäsujutuksessa vanhaan puhdistettuun viemäriputkeen työnnetään sisäpuolelle uusi tehdasvalmisteinen muoviputki ”pätkissä”. Putkella on hyvät lujuusominaisuudet, mutta putken halkaisija pienenee entisestä. Menetelmällä tehdään uusi

putkisto vanhan putkiston sisälle. Pätkäsujutusmenetelmää käytetään vaativissa kohteissa maanvaraisille viemäreille rakennusten ulkopuolella. Putkimateriaali on polypropeeni (PP). Tuotteen rengasjäykkyys on yli 8 kN/m², tilauksesta jopa 40 kN/m².

3.2.4 Pinnoitus

Viemäriputkien pinnoituksessa puhdistetun putken sisäpuolelle ruiskutetaan paineella pyörivän suuttimen avulla tai harjataan yleensä epoksimuovipinnoitetta, joka kovettuessaan muodostaa uuden putken. Pinnoitekerroksen ainevahvuuden pitää olla putken koosta ja menetelmästä riippuen n. 2–5 mm, jotta muodostuvan itsekantavan putken ja jonka lujuusominaisuudet kestävät käyttöolosuhteet rakennusten sisäpuolisissa viemäreissä. Suurempien lujuusvaatimusten vuoksi pinnoitteita ei suositella käytettäväksi maanvaraisissa viemäriolosuhteissa. Menetelmät ovat käyttökelpoisia riittävän hyväkuntoisissa rakenteiden sisällä olevissa viemäreissä (Ø160–50 mm). Viemäripinnoitus soveltuu hyvin sukkasujutusta täydentäväksi tuotteeksi, esim. lattiakaivojen pinnoitteeksi ja betonirakenteen sisällä olevan viemäriputken korjaamiseen. Rengasjäykkyuden suositeltava vähimmäisvaatimus on 1 kN/m².

Ohuiden pinnoitteiden käyttöä ei enää suositella ja niiden käyttö onkin vähentynyt. Menetelmää voidaan pitää siirtokorjauksena. Sitä ei suositella muoviputkien korjausmenetelmäksi. Sertifioidut viemäriputkien pinnoitusmenetelmät korvaavat ohuet pinnoitusmenetelmät, koska niillä saavutetaan testaustulosten mukaan uuden putkiston käyttöikä.

3.2.4 Yhteenveto viemäreiden vaihtoehtoisista korjauksista

Uusille vanhan putken sisään asennettaville saneerausputkille voidaan soveltaa standardien SFS-EN 13566-2, SFS-EN 13566-3 ja SFS-EN 13566-4 vaatimuksia. Standardit koskevat maan alle asennettavia, ei paineellisia, salaoja- ja viemäriputkistoja.

Tarvittaessa viemäreiden vuotamattomuuden voi varmentaa standardin SFS-EN 1610 -mukaisella painekokeella. Paineekokeen edellytys on se, että haaran tulppaukset onnistuvat kaikista koealueen haaroista. Tulppaus voi olla ongelmallista joissakin lattiakaivojen haaroissa.

Menetelmäkohtaisen sertifikaatin voi tarkastaa VTT:n myönnettyjen sertifikaattien luettelosta osoitteesta <www.vttexpertservices.fi> kohdasta

sertifikaatit ja tyyppihyväksynät. Sertifikaatissa ilmoitetaan minkä kokoisten ja mistä materialista tehtyjen putkien korjaukseen kyseessä oleva menetelmä soveltuu.

Käytettäessä sukkasujutusta tai putken muodostavaa pinnoitusta, voidaan samalla uusita myös viemärikalusteita. Tavallisesti uusitaan rikkoutuvat wc-kulhot ja valurautaiset pesuallaiden hajulukot. Haluttaessa voidaan kaikki vanhat wc-kulhot uusia. Märkätilojen lattiakaivot voidaan pinnoittaa tai vaihtoehtoisesti uusia seuraavan märkätilaremontin yhteydessä. Tarvittaessa lattiakaivon paikka voidaan silloin myös siirtää.

Huonokuntoiset viemäriverkoston osat kannattaa uusia silloin, kun ne ovat helposti saavutettavissa, kuten esimerkiksi kellarissa näkyvillä olevat tai ohuen pintavalun alla kellarin lattiassa. Samoin, jos tonttivesijohto uusitaan, kannattaa samassa yhteydessä uusia myös tonttviemärit.

Sujutus ja pinnoitustekniikat eivät korjaa vakavia vaurioita, kuten romahtaneita viemäreitä, suuria painumia ja kohoumia sekä poikittaissiirtymiä / hammastuksia tai asennusvirheitä. Ne on joko kaivettava esiin tai putkihormi on purettava ja putket uusittava.

Myös, jos ollaan epävarmoja siitä, että kestäkö viemäriin seinämä sujutusta tai pinnoitusta, niin putken seinämää voidaan koejyrsiä tutkimuksen yhteydessä. Koejyrsinnän paikka on valittava huolellisesti ja on varauduttava siihen, että mahdollisesti putkeen syntyvä reikä voidaan paikata viivytyksettä. Viemärijärjestelmässä havaitun vaurion vakavuus ja vaikutus pinnoituksen tai sujutuksen onnistumiseen tulee aina arvioida tapauskohtaisesti (**Kuva 49**).



Kuva 49. Riittävän hyväkuntoinen 60-luvun valurautaviemäri, joka voidaan pinnoittaa tai sujuttaa.

Putkiston uusimista puoltavat vakavat laajat syöpymät, kuten verkoston valurautaviemäreiden yleinen halkeilu, pistevuodot ja viemäriputkien vuodoista aiheutuneet toistuvat vesivauriot. Pinnoitusmenetelmät eivät enää sovellu liian heikkokuntoisille valurautaputkistoille. Niiden käyttö teknisen riskin lisäksi on kiinteistön omistajalle ennen kaikkea taloudellinen riski, joka tulee selvittää hanke-ehdotuksen aikana huolellisesti tai jatkotutkimuksilla, jos tilaaja päättää kuitenkin käyttää menetelmiä huonokuntoisessa putkistossa (**Kuva 50**).



Kuva 50. Huonokuntoinen läpisyöpynyt 1950-luvun valurautaviemäri, jota ei voi sisäpuolelta pinnoittaa eikä sujuttaa.

Tutkijan on aina arvioitava pinnoitusten tai sujutusten käyttökelpoisuus putkiston saavutettavuuden, järjestelmän muutostarpeiden, vaurioiden, asennusvirheiden ja syöpyneisyyden tai muun haurastumisen ja kunnon perusteella. Syöpmisestä ja haurastumisesta aiheutuvien riskien arvioimiseksi on tutkijan otettava tarvittaessa riittävä määrä näytepaloja, jos soveltavuus ei muuten selviä kenttätöiden yhteydessä. Kun tutkija suosittelee tai ei suosittele raportissa vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä, niin tutkijan on perusteltava esityksensä korjaustavasta kenttätöiden ja näytteiden tuloksilla, jotta tilaajan ei tarvitse hanke-ehdotuksen tai hankesuunnittelun yhteydessä teettää uutta tutkimusta.

4. Hybridimenetelmä

Hybridimenetelmällä tarkoitetaan menetelmien 1–3 sekä menetelmän 4 toimenpiteiden yhdistämistä tavalla, joka säästää kustannuksia tai lyhentää läpimenoaikaa tai on muuten järkevää tehdä. Esimerkiksi kiinteistön käyttövesi-putket uusitaan ja jätevesi-viemärit peruskorjataan pinnoitusmenetelmiä käyttäen. Esimerkin korjaustavan yhteydessä ei uusita myöskään kylpyhuoneiden vedeneristeitä, laatoituksia ja kalusteita, mikä alentaa merkittävästi menetelmän kustannuksia verrattuna vaihtoehtoihin 1–3.

Korjaustapavaihtoehdon mukaan uusittujen käyttövesi-putkien käyttöikäennuste on normaalissa rasioluokassa 40–50 vuotta (LVI 01-10424, KH 90-00403), pinnoitettujen viemäriputkien osalta noin 15–20 vuotta. Jos esimerkin pohjaviemärit sukutetaan, niin niiden käyttöikäennuste on uusittujen vesijohtojen luokkaa.

Yhteenveto korjausvaihtoehdoista

Korjausvaihtoehtoja tarkastellessa tulee kuntotutkijan asettua maksajan, osakkaan tai kiinteistön käyttäjän rooliin ja miettiä samalla, mikä korjausvaihtoehto soveltuu parhaiten kuntotutkimuksen alaiseen kiinteistöön putkien tekninen kunto huomioiden. Kuntotutkijan on hyvä raportin luovutustilaisuudessa esittää tarvittaessa perusteluita asukkailla esitettyjen korjaustapojen eduista ja haitoista, jotta myös asukas voi muodostaa, tutkimukseen perustuvan puolueettoman näkökannan tulevasta korjausvaihtoehdosta.

Ohessa on esimerkkejä korjaustavoista ja niiden eduista ja haitoista (**Taulukko 14**).

Putkien uusintamenetelmä on kiinteistön omistajan tai taloyhtiön osakkaiden tai kiinteistön käyttäjän kannalta strateginen valinta, jonka mukaan määräytyvät tulevaisuudessa suunnittelu- ja korjauskustannusten lisäksi, ylläpitokustannukset, kiinteistön käytettävyys, viihtyvyys ja turvallisuus sekä kiinteistön tai osakehuoneiston arvo ja korjausohjelman korjaustoimenpiteiden järjestys ja laatutaso.

Taulukko 14. Viemäreiden korjaustapoja (VTT tiedotteita 2483).

Korjaustapa	Soveltuu, kun	Edut (+) ja haitat (-)	Arvioitu käyttöikä
1. Putkien uusinta. Nykyiset hormit ja putkistot puretaan. Putkistot uusitaan pääasiassa nykyiselle paikalle.	<ul style="list-style-type: none"> – rakennuksessa on kosteus- ja mikrobivaurioita ja jatkuvia putkivuotoja – halutaan lisätä asumisen laatua ja viihtyvyyttä – halutaan tilamuutoksia – märkätilojen vedeneristeet puuttuvat – kiinteistöä on tarkoitus kehittää jatkossa esim. ullakkorakentaminen – sähkö-, tele- ja ilmanvaihtojärjestelmät on tarkoitus uusita sekä samalla rakentaa lämmöntalteenotto. 	<ul style="list-style-type: none"> + soveltuu mm. sisätiloiltaan säilytettäviin kohteisiin + putkivuotojen tarkkailu helpottuu (tarkastusluukut ja vuotovesikupit) + järjestelmät uusia + asunnon tai kiinteistön arvo nousee + viihtyvyys lisääntyy + käyttökustannukset alenevat tai kustannusten kehitys jatkossa on rauhallinen + vakuutusmaksut alenevat - kustannukset - purkutyö on pölyvää ja meluisaa - korjaustyö kestää kauan 	50 v.
2. Uudet putkistot, sähkö- ja telekaapeloinnit asennetaan nykyisiin putkihormeihin. Hormit avataan tarvittavilta osin, yleensä yhdeltä tai kahdelta sivulta. Mahdolliset asbestieristeet ja nykyiset putket puretaan.	<ul style="list-style-type: none"> – nykyiset hormit ovat helposti avattavissa – tiloja voidaan olla käyttämättä korjaustyön ajan. – Lisäksi voidaan toteuttaa kohdan 1 tarpeita. 	<ul style="list-style-type: none"> + soveltuu hyvin mm. sisätiloiltaan säilytettäviin kohteisiin + putkivuotojen tarkkailu helpottuu - nykyisten hormien koko rajoittaa uusien putkien asentamista eristeineen - purkutyö on pölyvää ja meluisaa - kustannukset samaa luokkaa kuin kohdassa 1 - korjaustyön kesto kohdan 1 mukaan. 	50 v.
3. Nykyiset putkistot jätetään paikoilleen hormeihin. Putkistot uusitaan rakentamalla uudet hormit kokonaan uuteen paikkaan.	<ul style="list-style-type: none"> – uudet putkistot ja kaapelit voidaan asentaa pinta-asennuksena porrashuoneisiin ja huonetiloihin ja/tai alakattoihin – tilojen ja järjestelmien käyttöä ei voi keskeyttää. 	<ul style="list-style-type: none"> + häiritsee vähän tilojen käyttöä + soveltuu hyvin keskitettyyn vuotojen tarkkailuun, ja ylläpitoon - ei sovellu kohteisiin, joissa sisätilat halutaan säilyttää ennallaan - tilojen hakeminen uusille hormoneilla ja niiden viemä tila - suuret kustannukset - korjaustyön kesto kohdan 1 luokkaa. 	50 v.
4. Nykyiset putkistot ja kaapelit jätetään paikoilleen. Märkätiloihin asennetaan tehdastekoiset hormielementit, joissa on putket, kanavat ja sähkö- ja telekaapeleiden putkitus valmiina yhdistettäväksi.	<ul style="list-style-type: none"> – nykyisten rakenteiden ja tilojen mitat eivät poikkea toisistaan ja ne voidaan tarkasti siirtää elementtien valmistukseen – märkätilojen ym. tilojen pintarakenteisiin ei haluta tehdä muutoksia – huonetiloissa voidaan tehdä pinta-asennuksia – viemärit ja vesijohdot voidaan asentaa alemman kerroksen laskettuun alakattoon – märkätilat lähekkäin, jolloin ne voidaan yhdistää samaan hormielementtiin 	<ul style="list-style-type: none"> + hormien ja putkien asennus nopeaa + kohtuulliset kustannukset - hormielementeille on varattava lisää tilaa esimerkiksi märkätiloista tai huonetilasta läheltä märkätiloja - ei sovellu kohteisiin, joissa sisätilat halutaan säilyttää ennallaan - huonekohtaiset asennukset häiritsevät tilojen käyttöä - korjaustyö kestää kauan, jos hormielementteihin joudutaan tekemään muutoksia työmaalla ja samalla menetetään sarjatyön edut 	50 v.
5. Vaihtoehtoiset korjaustavat eli pinnoitusmenetelmät: – valurautaviemärien pinnoitus muovimassalla. – pysty- ja pohjaviemäreiden sisäpinnoitus muovipintaisella polyesterihuovalla sujuttamalla. – edellä mainittujen pinnoitusmenetelmien yhdistelmä.	<ul style="list-style-type: none"> – märkätilojen pintarakenteisiin ei haluta tehdä muutoksia ja vedeneristykset ovat kunnossa – ei ole tarvetta laatutason nostoon eikä märkätilojen toimivuutta haluta parantaa – rakenteet, pinnat ja lattiakaivot ovat kunnossa – vesijohdot uusitaan tai on uusittu, viemärit pinnoitetaan – vesivuotojen syynä korrosio, ei putkien siirtymät tai asennusvirheet – tavoite on siirtää putkiston uusiminen myöhempään ajankohtaan esim. taloudellisista syistä 	<ul style="list-style-type: none"> + voi olla putkien uusimista halvempi + menetelmä on nopea tehdä, haittaa esim. asumista vähän - kokemustietoa sisäpinnoitteiden pitkäaikaiskestävyydestä ei ole riittävästi - vakuutusyhtiöt myöntävät pinnoitetulle putkistolle eripituisia ikävähennyksiä - putkistoon ei voi tehdä muutoksia - märkätilojen toimivuus eikä ulkonäkö eivät muutu 	n.15–20 v.

LIITE 6. LOMAKEMALLIT

Lomake 1. Kiinteistön perustiedot.

KIINTEISTÖN PERUSTIEDOT		
Kiinteistön nimi:	Osoite:	Talotyyppi:
Rakennusten lukumäärä:	Porrashuoneiden lukumäärä:	Valmistusvuosi:
Pinta-ala:	Tilavuus:	Asuntojen lukumäärä:
Liikehuoneistot:	Muut tilat:	Lämmitysmuoto:
Muuta:		

Lomake 2. Tilaajan edustajan haastattelu (Luku 3)

TILAAJAN EDUSTAJAN HAASTATTELU		
Nimi:	Yritys:	Osoite:
Puhelin:	Sähköposti:	
KORJAUS- JA VAURIOHISTORIA		
Järjestelmä:	Vaurio/korjaus:	Vuosi:
Lämmöntuotantolaitteet: - Vaurio - Uusittu		
Putkivuodot: - Lämmitysverkostot - Alueputket - Sisäpuoliset verkostot		
Putkivuodot: - Käyttövesiverkostot - Alueputket - Sisäpuoliset verkostot		
Putkivuodot: - Viemäriverkostot - Ulkopuoliset - Sisäpuoliset		
Venttiilivauriot: - Lämmitysverkostot - Käyttövesiverkostot - Viemäriverkostot (padotusventtiili)		
Viemäritukokset: - Onko painehuuhdeltu?		
Putkistojen uusinnat: - Lämmitysverkostot - Käyttövesiverkostot - Viemäriverkostot		
Venttiilien uusinnat: - Lämmitysverkostot - Käyttövesiverkostot - Onko perussäätö tehty?		

Lomake 3. Huolto-organisaation edustajan haastattelu (Luku 3)

HUOLTO-ORGANISAATION EDUSTAJAN HAASTATTELU		
Nimi:	Yritys:	Osoite:
Puhelin:	Sähköposti:	
KORJAUS- JA VAURIOHISTORIA		
Järjestelmä:	Vaurio/korjaus:	Vuosi:
Lämmöntuotantolaitteet: - Vaurio - Uusittu		
Putkivuodot: - Lämmitysverkostot - Alueputket - Sisäpuoliset verkostot		
Putkivuodot: - Käyttövesiverkostot - Alueputket - Sisäpuoliset verkostot		
Putkivuodot: - Viemäriverkostot - Ulkopuoliset - Sisäpuoliset		
Venttiilivauriot: - Lämmitysverkostot - Käyttövesiverkostot - Viemäriverkostot (padotusventtiili)		
Viemäritukokset: - Onko painehuuhdeltu?		
Putkistojen uusinnat: - Lämmitysverkostot - Käyttövesiverkostot - Viemäriverkostot		
Venttiilien uusinnat: - Lämmitysverkostot - Käyttövesiverkostot - Onko perussääto tehty?		

AS OY MALLIKOHDE

Mallikuja 1-2

00100 HELSINKI

KUNTOTUTKIMUS

Kiinteistössänne suoritetaan taloyhtiön tilauksesta LVV-järjestelmien kuntotutkimus. Tutkimus ajoittuu viikoille _____ – _____. Tutkimus suoritetaan yleisissä tiloissa sekä tarpeen mukaan erikseen ilmoitettavissa asuinhuoneistoissa.

Jos Teille ei tule erillistä ilmoitusta huoneistoonne, niin tutkimus ei aiheuta erillisiä toimenpiteitä Teidän osaltanne.

Pahoitlemme asukkaille mahdollisesti aiheutuvaa häiriötä!

Kunnioittaen,

Kunto Tutkija

Puh. 040-123 4567

AS OY MALLIKOHDE

Mallikuja 1-2

00100 HELSINKI

KUNTOTUTKIMUS

Kiinteistössänne suoritetaan LVV-järjestelmien kuntotutkimus ja siihen liittyen tehdään huoneisto-katselmuksia. Huoneistokatselmuksessa selvitetään huoneistojen LVV- laitteiden kunto. Katselmuksen suorittaa Kunto Tutkija / Kuntotutkija Oy.

TARKASTUSAJANKOHTA:

viikontpäivä _____ . _____ .20 ____ klo ____ : ____ - ____ : ____ .

Jos tarkastettavissa huoneistoissa ei ole asukkaita tarkastusajankohtana, käytetään huoneistoon pääsyyn yleisavainta (ilmoitattehan ajoissa jos huoneistossanne ei saa käydä tai jos asunnossanne on kotieläimiä). Tarkastusajankohtana huoneistoihin tulisi olla esteetön pääsy.

Pyydämme jättämään tämän sivun huoneistossa näkyvälle paikalle. Jos tarkastettavissa huoneistoissa ei ole asukkaita tarkastusajankohtana, kirjaa kuntotutkimuksen tekijä huoneistossa käynnin ja käyntiajan.

Kuntotutkimuksen tekijä täyttää:

(jos huoneistossa on käyty, eikä huoneistossa tarkastusajankohtana paikalla asukkaita)

Huoneistossa käyty: _____ . _____ .20 ____ .

Tutkijan allekirjoitus / kuittaus: _____

Pahoittelemme asukkaille mahdollisesti aiheutuvaa häiriötä!

Kunnioittaen,

Kunto Tutkija
Puh. 040-123 4567

LIITE 7. LVV-KUNTOTUTKIMUKSEN MALLISISÄLLYSLUETTELO

Mallisisällyluettelo jakautuu kahteen osioon, jotka ovat:

- Maallikolle suunnattu osa
 - tulee olla selkeällä suomenkielellä kirjoitettu
- Ammatilliselle suunnattu osa
 - yksityiskohtainen tutkimusosio, jossa käytetään ammattisanastoa.

SISÄLLYSLUETTELO

MAALLIKOLLE

JOHDANTO

1. YLEISTIEDOT

2. YHTEENVETO

- LÄMMITYSVERKOSTOT
- KÄYTTÖVESIVERKOSTOT
- VIEMÄRIVERKOSTOT
- LISÄTUTKIMUSTARPEET

3. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

- VÄLITTÖMÄT KORJAUKSET
- 1-3 VUODEN AIKANA TEHTÄVÄT KORJAUKSET
- 3-5 VUODEN AIKANA TEHTÄVÄT KORJAUKSET
- 5-10 VUODEN AIKANA TEHTÄVÄT KORJAUKSET
- PTS-TAULUKKO

AMMATTI- LAISELLE

4. LVV-KUNTOTUTKIMUS

- ALAOTSIKOINTI ESIM. TALO 90-, LVI 2010-
TAI MUUN NIMIKKEISTÖN MUKAISESTI

LIITTEET

- TUTKIMUS- JA VAURIOKARTAT
- VIEMÄREIDEN TV-KUVAUSTEN TALLENTEET
- MUUT LIITEMATERIAALIT

LIITE 8. LVV-KUNTOTUTKIMUKSEN TARJOUSPYYNTÖMALLI

Tilaaaja:	
Kohde:	
Osoite:	
Isännöitsijätodistus:	
Yhteyshenkilö:	

Tilavuus:	rm ³	Huoneistoala	m ²	Rakennuksia	kpl
Rak. vuosi:		Asuntoja	kpl	Liikehuoneistoja	kpl
Portaita:	kpl	Asuinkerroksia	kpl	Autotallit	kpl
		Kellarikerroksia	kpl	Isännöitsijätodistus liitteenä	
Rak. tyyppi:	<input type="checkbox"/> rivitalo	<input type="checkbox"/> kerrostalo	<input type="checkbox"/> paritalo	<input type="checkbox"/> omakotitalo	
Yleiset tilat:					
Lämmitysmuoto:	<input type="checkbox"/> kaukolämpö	<input type="checkbox"/> öljy	<input type="checkbox"/> suora sähkö	<input type="checkbox"/> muu: _____	
Lämmönjakotapa:	<input type="checkbox"/> patterilämmitys	<input type="checkbox"/> lattialämmitys	<input type="checkbox"/> kattolämmitys	<input type="checkbox"/> ilmalämmitys	

Tutkimuksen tarve ja/tai tavoite:

Tarjous pyydetään toimittamaan _____.20__ mennessä osoitteeseen:

Kuntotutkimuksen toteutusajankohta:

**Pyydämme tarjoustanne putkistojen kuntotutkimuksesta kiinteään kokonaishintaan.
Kuntotutkimus tarjotaan seuraavassa laajuudessa:**

Rakennuksen sisäpuoliset putkistot

Rakennuksen ulkopuoliset putkistot

<input type="checkbox"/> kylmä käyttövesiputkisto	<input type="checkbox"/> lämmitysputkisto
<input type="checkbox"/> lämmin käyttövesiputkisto	<input type="checkbox"/> kylmä käyttövesiputkisto
<input type="checkbox"/> jätevesiviemärit	<input type="checkbox"/> lämmin käyttövesiputkisto
<input type="checkbox"/> sadevesiviemärit	<input type="checkbox"/> jätevesiviemärit
<input type="checkbox"/> lämmitysputkisto	<input type="checkbox"/> sadevesiviemärit
<input type="checkbox"/> jäähdytysjärjestelmän putkisto	<input type="checkbox"/> salaojat
<input type="checkbox"/> lämmöntalteenottoputkisto	<input type="checkbox"/> muu putkisto, mikä?

Tarjouksessa tulee ilmoittaa näytteiden lukumäärä, viemärikuvausten laajuudet ja tutkimusmenetelmät.

Tilaaaja tekee seuraavat aputyöt:	
Kuntotutkija tarjoaa erillishinnalla (ei sisälly kuntotutkimustarjouksen hintaan) seuraavat työt/tutkimukset:	
<input type="checkbox"/> lämpökeskuksen / lämmönjakokeskuksen tarkastaminen	<input type="checkbox"/> kirjallinen arvio viemärintiijärjestelmien sisäpuolisesta pinnoittamisesta
<input type="checkbox"/> huoneistokäynnit	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> asukaskyselyt	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> kirjallinen arvio vesijohtojen sisäpuolisesta pinnoittamisesta	<input type="checkbox"/> _____
Käytettävissä ovat seuraavat ajantasaiset asiakirjat	
<input type="checkbox"/> vesi- ja viemärlaitteistopiirustukset (kvv-piirustukset)	<input type="checkbox"/> kuntoarvioraportti
<input type="checkbox"/> vesijohto- ja viemäritöiden työselostus	<input type="checkbox"/> kuntotutkimusraportti: sisäilma, kosteus, rakenne, ilmanvaihto
<input type="checkbox"/> lämmityslaittepiirustukset	<input type="checkbox"/> asbestitutkimus/-kartoitusraportti
<input type="checkbox"/> lämmityslaitteiden työselostus	<input type="checkbox"/> energiakatselmusraportti
<input type="checkbox"/> muita asiakirjoja, mitä?	
Putkistoille suoritettavat puhdistus- ja korjaustoimenpiteet viimeisen 5 vuoden aikana sekä puhdistuksen tai korjauksen syyt	
Lisätietoja:	

Tarjoukseen tulee liittää voimassa olevat

- Todistus vastuuvakuutuksesta
- TEL-vakuutustodistus
- Todistus verovelosta
- Tilaajavastuu.fi-todistus korvaa yllä olevat todistukset
- Referenssiluettelo
- Vastuullisen kuntotutkijan FISE-todistus

Putkistojen kuntotutkimus suoritetaan LVV-kuntotutkimusopas 2013, Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkoston kuntotutkimuksiin mukaisesti.

Päiväys ja allekirjoitus _____

Liitteet

- Liite 1 Esimerkki kuntotutkimuksen tutkimustapaselostuksesta
- Liite 2 _____
- Liite 3 _____

Tilaaaja pidättää oikeuden hyväksyä tai hylätä tarjouksen hinta- ja laatukriteerien perusteella.

MALLITARJOUSPYYNNÖN LIITE

Esimerkki kuntotutkimuksen tutkimustapaselostuksesta

1. Kuntotutkimuksen tavoitteet

Tämä tutkimustapaselostus määrittää tutkimuksen vähimmäistason.

Putkistojen kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää tutkittavien järjestelmien yleiskunto, toimivuus, uusimistarpeet ja muut korjaustoimenpiteet seuraavan kymmenen vuoden aikana. Tutkimuksen lopputuotteena tulee olla kuntotutkimusraportti, jossa esitetään selkeästi ja yksiselitteisesti tutkittujen järjestelmien todellinen kunto, tarvittavat korjaukset ja kunnostukset sekä esitettyjen toimenpiteiden kustannusarviot (5 vuoden PTS).

2. Kuntotutkimukset

Kuntotutkimuksen kulku tulee noudattaa LVV-kuntotutkimusopas 2013, Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkoston kuntotutkimuksiin ohjeistusta. Putkistojen kuntotutkimuksen tulee sisältää tilaajan valitseminen järjestelmien osalta seuraavat rakenteelliset ja toiminnalliset tutkimukset:

2.1 Rakenteelliset tutkimukset

2.1.1 Lämmitys-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmät (LVV)

Metalliputkien korroosioaste ja -tyyppi määritetään röntgenkuvaamalla. Ultraäänimittausta ei hyväksytä ensisijaisena tutkimusmenetelmänä.

Tutkimuskohdat valitaan seuraavasti:

- lämmitysverkoston läpivalaisukohdat valitaan ensisijaisesti ylimmän kerroksen ja alimman kerroksen radiaattoreista
- käyttövesiverkostosta läpivalaisukohdat valitaan ensisijaisesti nousulinjojen haarakohdista kellarissa
- viemäriverkostosta läpivalaisukohdat valitaan ensisijaisesti pysty- ja vaakaviemäriosuuksista sekä niiden välisistä käyristä

2.1.2 Lämmönsiirtimet ja paisunta-astia

- Lämmönsiirtimien mahdolliset vuodot selvitetään luotettavasti esim. ns. kunnallisen lämpölaitoksen vuototestin avulla.
- Suljetun kalvoastian silmämääräinen tarkastus.
- Tyhjän avonaisen paisunta-astian silmämääräinen rakenteellinen tutkimus.

2.2 Toiminnalliset tutkimukset

2.2.1 Tutkittavien huoneistojen osalta vesi- ja viemärikalusteet

Huoneistokäyntien määrä on n.10 % kaikista huoneistoista (Huom! Tilaajan tulee arvioida huoneistotarkastuksen tarvetta.

Myös tarkastuksen lisäarvosta tutkimuksen kannalta voi keskustella kuntotutkijan kanssa ennen kuntotutkimuksen käynnistämistä. Tarjouspyynnössä tarkastuk-

sesta voi tilaaja pyytää erillishinnan, joka ei sisälly kuntotutkimuksen hintaan).

Huoneistokäyntien yhteydessä selvitetään vesi- ja viemärikalusteiden kunto ja uusimistarve. Myös mahdolliset korjaus- tai lisäselvitystarpeet raportoidaan.

2.2.2 Jäte- ja sadevesiviemärijärjestelmät sekä salaojat

Pohjaviemäriin runkolinja, tuuletusviemärit, tonttoviemärit ja salaojat kuvataan sisäpuolisesti toiminnallisten epäkohtien kartoittamiseksi.

- Kaivot tarkastetaan silmämääräisesti.
- Padotusventtiilien toiminta tutkitaan koestamalla.
- Viemäripumppaamojen toiminta tutkitaan koestamalla.
- Viemäriputkien kannakointi tutkitaan silmämääräisesti.

2.2.3 Vesijärjestelmät

- Paineenkorotuksen tai -alennuksen toimivuus tutkitaan koestamalla.
- Sulku- ja linjasäätöventtiilien toiminta tutkitaan koestamalla.
- Vesijohtojen kannakointi tutkitaan silmämääräisesti

2.2.4 Lämmönjakolaitteiden ja linjasäätöventtiilien toimivuus

Yleisen kuntotason lisäksi selvitetään laitteiden toimivuus huomioiden huoltokirjan toimenpiteet, huolto- ja korjaushistoria sekä vedenlisäyshistoria suljettujen verkostojen osalta.

3. RAPORTOINTI

Kuntotutkimusraportti sisältää vähintään seuraavat osiot:

- selvitys ja tarvittaessa perustelut tutkituista putkistoista
- tutkimuspaikkojen yksilöinti putkistoissa
- putkistokohtaiset mittaustulokset ja havainnot
- korjausehdotukset yksiselitteisesti ja numeroituna tärkeysjärjestyksessä esimerkiksi vuotoriskien mukaan
- 5 vuoden PTS-taulukko, ehdotus korjausjärjestykseksi
- vastuullisen (FISE-pätevyys) kuntotutkijan allekirjoitus.

Raportti kaikkine tutkimusliitteineen toimitetaan sovitun päivämäärään mennessä sähköisessä muodossa ja yhtenä paperikopiona. Samalla palautetaan kuntotutkijalle luovutettu aineisto tilaajalle.

3.1 Arvio vesi- ja viemärijohtojen pinnoituksesta

Kuntotutkija antaa raportin liitteenä lausunnon tekemänsä kuntotutkimuksen tietojen pohjalta vesijohtojen pinnoituskunnosta ja voidaanko pohjaviemärit sukittaa ja/tai sujuttaa sisäpuolelta. Lausunnossa tulee esittää mahdolliset tekniset riskit tai lisäselvitykset.

LIITE 9. MUOVI PUTKIMATERIAALINA

1 Muoviputkien materiaalit

Muoviputken materiaalina voi käytännössä olla mikä tahansa muovi. Materiaalina voidaan käyttää kestopuoveja, kertamuoveja, elastomeerejä ja näiden erilaisia modifikaatioita. Materiaalin valinnan perusteina ovat yleensä putkelta vaadittavat käyttöominaisuudet, joista tärkeimmät ovat

- putken kemiallinen ympäristö
- putken myrkyttömyys käyttövesisovelluksissa
- lämpötilankesto
- paineenkesto
- pitkäaikaisominaisuudet.

Putkistojen elinikä voi olla jopa sata vuotta tai enemmänkin. Hyvin monissa tapauksissa putkiston elinikä on rakennuksen elinikää suurempi ja näin ollen käytettyjä muoviputkia voidaan uusiokäyttää. Pääosa nykyisistä putkimateriaaleista on kierrätettäviä muoveja ja niiden kierrätettävyys riippuu olennaisesti kierrätettävän materiaalin puhtaudesta. Putkien materiaalin valinnan avulla ei todennäköisesti pystytä juurikaan vaikuttamaan putkistojen kierrätettävyyteen. Enemmän kierrätettävyyteen voidaan vaikuttaa putkiston suunnittelulla. Kierrätyksestä on tulossa yhä merkittävämpi tekijä materiaalin valinnassa ja tuotteen suunnittelussa. Kierrätystä voidaan edistää nykytilanteessa seuraavilla tavoilla:

- tuotteiden selkeä merkitseminen
- rakenteiden purkaminen siten, että kierrätettävät osat saadaan mahdollisimman puhtaina

- käytetään mahdollisimman puhtaista perusmuoveja

Nykyisten LVV-putkistojen tullessa kierrätysvaiheeseen kierrätysosaaminen on todennäköisesti kehittynyt täysin uudelle tasolle.

2 Materiaalien ominaisuudet

Putken valmistustekniikka asettaa valittavalle materiaalille vaatimuksia, sillä käytetyn materiaalin tulee soveltua käytettyyn valmistustekniikkaan.

Eniten käytettyjä putkimateriaaleja ovat kestopuovut, joista voidaan mainita polyeteenit, polyolefiinit, polyamidit ja polyvinyylidikloridi. Kertamuovien käyttö liittyy yleensä lujitettuihin putkirakenteisiin. Erilaisten termoelastien käyttö putkimateriaalina on myös voimakkaasti lisääntynyt.

Hyvin vaikeissa käyttöolosuhteissa voidaan käyttää erilaisia erikoismuoveja (fluorimuovut, polysulfonit, polyeetteriketoneit, nestekidemuovut) ja vaatimuksina ovat yleensä lämmönkestävyys ja kemiallinen kestävyys.

Ohessa on esitetty yleisimpien putkissa käytettävien kestopuovien ominaisuuksia (**Taulukko 15**) sekä joidenkin erikoismuovien vastaavat ominaisuudet (**Taulukko 16**). Taulukoissa olevat arvot ovat materiaalien keskimääräisiä arvoja ja ominaisuuksien hajonta on käytännössä hyvin suuri.

Taulukko 15. Yleisimpien putkissa käytettyjen kestopuovien ominaisuuksia. Taulukossa annetut ominaisuudet ovat ohjeellisia arvoja ja ne saattavat vaihdella eri lähteiden mukaan paljon.

Muovi	Tiheys kg/m ³	Vetolujuus MPa	Moduli GPa	Käyttölämpötila, °C		Kemiallinen kesto
				alin	ylin	
PE/HD	950	25	1,4	-50	80	- hyvä - rajallinen säänkesto (UV)
PP	910	30	1,8	-30	100	- hyvä - rajallinen säänkesto (UV)
PA 66	1150	65	1,5	-30	120	- korkea veden absorptio - ei kestä kaikkia kemikaaleja
PVC	1390	75	3,5	-5	80	- hyvä säänkesto - ei kestä aromaattiset hiilivedyt, esterit ja ketonit
PE-X	938	25	0,9	-100	110	- hyvä

Taulukko 16. Joidenkin putkissa käytettyjen erikoismuovien ominaisuuksia. Näitä muoveja käytetään lähinnä tapauksissa, joissa putkistolta vaaditaan erittäin hyviä ominaisuuksia.

Muovi	Tiheys kg/m ³	Vetolujuus MPa	Moduli GPa	Käyttölämpötila, °C		Kemiallinen kesto
				alin	ylin	
PEEK	1265	100	4		320	– erittäin hyvä – ei kestä väkevää rikkihappoa
FEP	2150	26	0,35	-105	205	– erittäin hyvä
PPSU	1290	70	2		260	– erittäin hyvä – hydrolyysiherkkä
LCP	1500	200	20		250	– erittäin hyvä

3 Muovien ominaisuudet

Seuraavassa on käyty lyhyesti lävitse tekijöitä, jotka vaikuttavat muovien ominaisuuksiin ja joiden avulla muovien ominaisuuksia voidaan modifioida.

Perusominaisuudet

Muovin perusominaisuudet määräytyvät muovissa olevan polymeerin perusteella ja tämä määrittää rajat muovin termisille ja kemiallisille ominaisuuksille. Muovien käyttöiän kannalta keskeinen tekijä on muovituotteen käyttökelpoisuus ja muovituotteen käyttö päättyy yleensä johonkin seuraavaan tekijään:

- tuote rikkoutuu (yleensä tuote pitäisi vaihtaa ennen rikkoutumista, sillä rikkoutuminen voi aiheuttaa merkittäviä muita kustannuksia)
- tuote vanhenee (olisi kyettävä määrittämään vanhenemisaste)
- tuotteen käyttöikä tulee täyteen (hyvin monille tuotteille on määritetty käyttöikä, jonka jälkeen se tulisi vaihtaa)
- kohde, jossa muoviputkea on käytetty puretaan jostakin muusta syystä.

Polymeeripohjan perusteella polymeerit jaetaan homo- ja kopolymeereihin. Kopolymeroinnin avulla voidaan vaikuttaa muovien ominaisuuksiin ja hyvänä esimerkkinä ovat polypropeenit, joiden kylmänkestoa voidaan parantaa olennaisesti kopolymeroimalla polypropeenia polyeteenin avulla. Polypropeeniputkien lisäksi kopolymeroituja materiaaleja käytetään styreenipohjaisissa kopolymeereissä.

Käytetyn polymeerin moolimassan ja moolimassajakauman avulla voidaan vaikuttaa muovien ominaisuuksiin ja prosessoitavuuteen (reologiset ominaisuudet). Korkean moolimassan polymeerien avulla voidaan nostaa muovien lujuutta ja viskositeettia, kun taas matalan moolimassan polymeerit alentavat

lujuutta, lisäävät sitkeyttä ja alentavat viskositeettia. Tätä tekniikkaa käytetään tällä hetkellä hyvin yleisesti kaikissa ekstrudoitavissa materiaaleissa.

Molekyyilirakenne

Muovin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa myös molekyyilirakenteen avulla. Erittäin hyvä esimerkki tästä on polymeerien ristisilloitus ja esimerkiksi polyeteenin tapauksessa ristisilloituksen avulla voidaan vaikuttaa merkittävästi polyeteenin lämmönkestoon. Ristisilloitettu polyeteeni soveltuu erittäin hyvin lämminvesiputkien materiaaliksi. Muovien sulatyöstössä tapahtuu molekyyilirakenteen orientaatiota ja tämän orientaation avulla on mahdollista vaikuttaa muovien ominaisuuksiin.

Seostus

Muovien ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa voimakkaasti myös muovien seostuksen avulla. Seostaminen voidaan jakaa lujittamiseen, jossa lähinnä kuitujen avulla parannetaan muovien lujuusominaisuuksia. Toisena hyvin laajana ryhmänä on muovien seostaminen erilaisten täyteaineiden avulla (kiille, talkki, wollastoniitti jne.), joiden avulla voidaan vaikuttaa mm. muovien jäykkyyteen ja kovuuteen. Kolmantena ryhmänä ovat muoviseokset, joissa sekoitetaan keskenään kahta tai useampaa muovia.

Apuaineet

Muovien ominaisuuksia voidaan modifioida myös erilaisten apuaineiden avulla. Apuaineiden avulla pyritään yleensä stabiloimaan muovien ominaisuuksia ulkoisia tekijöitä vastaan. Keskeisiä stabilointiaineita muovien tapauksissa ovat lämpöstabiilaattorit, UV-stabiilaattorit, väriaineet, ydintäjäaineet jne. Muoveissa käytettyjä apuaineita on hyvin paljon ja yleensä raaka-aineiden toimittajat eivät ilmoita kaikkia käytettyjä apuaineita. Hyvin usein UV-stabiilaattorina käytetään nokimustaa, joka

toimii pysyvänä UV-stabilaattorina, titaanidioksidi on yleisin valkoinen väriaine ja toimii myös samalla UV-stabilaattorina ja yksi yleisimmistä koivuutta lisäävänä täyteaineena on kalsiumkarbonaatti (CaCO₃). Käytännössä kaikkien muoviputkien tapauksessa käytetään prosessoinnin edistäjiä.

Palonkesto

Muovien käytön kannalta hyvin keskeinen ominaisuus on muovien palaminen ja orgaaniset polymeerit ovat aina palavia aineita. Muovien palomiskäyttäytymistä voidaan muuttaa jossakin määrin ns. palonestoaineiden avulla. Muoviputken palo-ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

- putkimateriaalin valinta
- palonestoaineiden käyttö putkimateriaaleissa
- putkiston suunnittelu.

4 Putken rakenne ja valmistus

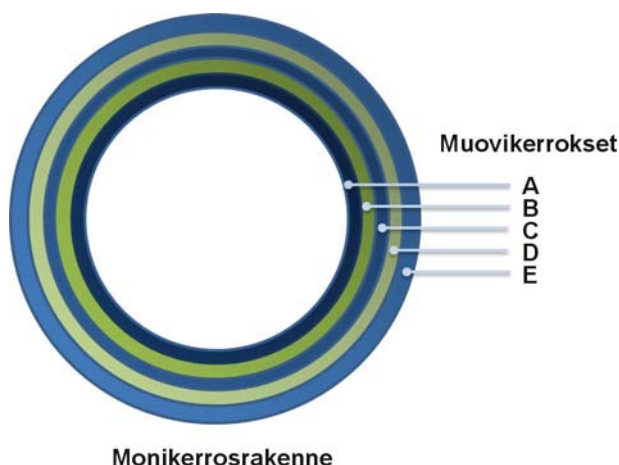
Putken rakenne on hyvin merkittävä tekijä putken ominaisuuksien ja käytettävyyden osalta. Käytännössä putken rakenteita ja valmistustekniikkoja ei ole mahdollista erottaa toisistaan, vaan ne käsitellään yhtenä kappaleena.

Kestomuoviputket valmistetaan pääsääntöisesti ekstruusiolla ja lujitetut kertamuoviputket pulttuksiolla tai pultruusiokelauksella. Perinteinen kestomuoviputki on valmistettu ekstruusiolla yhdestä materiaalista ja putken ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa lähinnä ekstruusiossa syntyvän molekyyliorientaation avulla. Orientaation avulla voidaan jossakin määrin parantaa putken lujuutta ja jäykkyttä. Eräänä erikoistekniikkana on ristosilloitetun polyeteenin valmistus, jossa itse putki valmistetaan normaalilla ekstruusiolla ja ekstruusion jälkeen polyeteenin ristosilloitus tapahtuu korotetussa lämpötilassa sopivan peroksidin avulla.

Ristosilloitetun polyeteenin lämmönkestävyys on olennaisesti normaalia polyeteeniä korkeampi. Lämmönkestävyytensä takia ristosilloitettua polyeteeniä käytetään erityisesti lämminvesiputkissa.

Normaalin yhdellä ekstruuderilla valmistetun putken tilalle on kehitetty ns. koekstruusio, jossa käytetään putken valmistukseen samanaikaisesti useita ekstruudereita. Tällä tekniikalla voidaan valmistaa oheisia monikerrosputkia (**Kuva 51**). Monikerrosrakenteessa putki valmistetaan samanaikaisesti useista päällekkäisistä kerroksista. Kerroksilla on erilaisia toiminnallisia tavoitteita, kuten:

- putken sisäpinta vastaa putken kemiallisesta kestävyydestä
- putken eri kerrosten avulla aikaansaadaan putkelle halutut barrierminaisuudet
- putken sisäkerrokset vastaavat putken lujuudesta
- putken sisäkerroksissa voidaan käyttää myös kierrätysmuoveja
- putken ulkopintakerros on muovia, joka on hyvin painettavissa ja antaa putkelle visuaalisen ulkonäön ja ympäristönkestävyyden
- eri kerrosten välillä voi olla adheesiomuovikerroksia, joiden avulla parannetaan eri muovikerrosten keskinäistä tarttuvuutta. Tällä tekniikalla voidaan valmistaa muoviputkia hyvin monipuolisilla ominaisuuksilla.

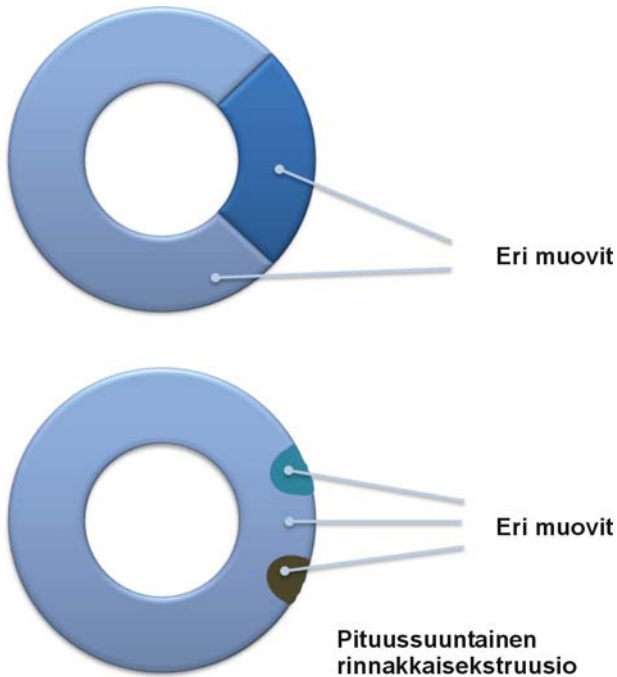


Kuva 51. Koekstruusiolla valmistetun monikerrosputken rakenne kaaviollisesti. Monikerrosputkia käytetään kohteissa, joissa esimerkiksi saastunut ympäristö vaatii vesiputkilta erityisiä barrierominaisuuksia.

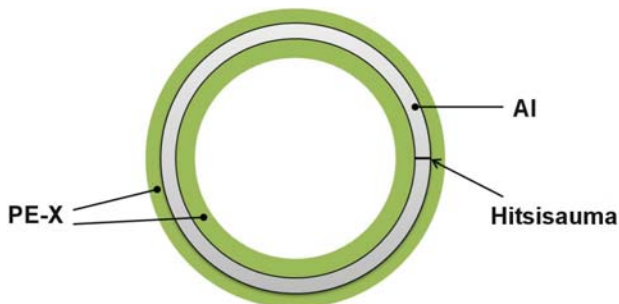
Rinnakkaisekstruusilla (**Kuva 52**) on mahdollista valmistaa putkia, joissa rakenne koostuu pituussuunnassa rinnakkaisista materiaaleista. Rinnakaistekniikan avulla on mahdollista tehdä putkesta osittain läpinäkyvä, erivärinen tai tuoda putkeen erilaisia mekaanisia ominaisuuksia. Pituussuuntaisen ekstruusion avulla voidaan tehdä putken pintaa erivärisiä raitoja, joiden avulla on mahdollista erottaa putkia toisistaan eri tapauksissa.

Oheissa on esitetty ns. komposiittiputki, jossa putken sisäkerroksena on ristosilloitettu polyeteeni (PE-X) ja keskikerroksena alumiinilevystä muokattu ja puskuhitsattu metalliputki ja ulkopintana myös ristosilloitettu polyeteeniputki (**Kuva 53**). Kyseessä on 100 % happidifфуsiosuojattu putki esimerkiksi käyttövesi-, lämmitys- ja jäähdytysvesiputkeksi. Putki voidaan

myös jälkiasentaa helposti vaikka näkyviin. Komposiittiputkien asennuksessa on huomattava, että putkea voidaan taivuttaa, mutta vain kerran. Jos putken taivutusta palautetaan ja taivutetaan uudelleen, voi putkessa oleva alumiinikerros murtua. Virhe ei välttämättä näy ulospäin putkessa, mutta voi olennaisesti heikentää putken kestävyyttä ja erityisesti pitkäaikaiskäytössä.



Kuva 52. Koekstruusiossa (rinnakkaisekstruusio) valmistettuja muoviputkien rakenteita kaaviollisesti. Kuvan ylemmässä vaihtoehdossa toinen muovi voi olla läpinäkyvä, jolloin voidaan nähdä mitä putkessa virtaa. Alempana esitettyä tekniikkaa voidaan käyttää putkien merkintöihin. Esimerkiksi tuplaputkessa, jossa on samanaikaisesti lämmin- ja kuumavesiputki, niin nämä putket voidaan merkitä erivärisillä raidoilla (kuumavesiputkessa punainen raita ja kylmävesiputkessa sininen raita).

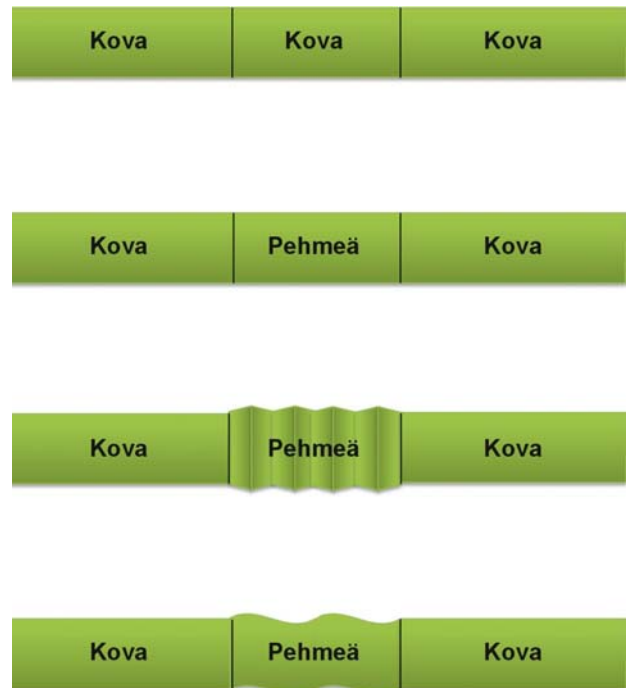


Kuva 53. Ristisilloitetusta polyeteenistä (PE-X) ja alumiinista valmistetun komposiittiputken kaaviollinen rakenne.

Sekventiaalisella ekstruusiossa (**Kuva 54**) on mahdollista valmistaa putkia, joissa materiaali vaihtuu pituussuunnassa. Sekventiaalisella ekstruusiossa on mahdollista parantaa putkiston ominaisuuksia ja asennettavuutta. Sekventiaalisella ekstruusiossa voidaan edesauttaa putkiston asennusta ja käyttöä seuraavilla tavoilla:

- joustava sekventiaalinen jakso mahdollistaa mutkien tekemisen putkistoon
- joustava haitarimuotoinen jakso eliminoi putkiston lämpölaajenemisen ja mahdollistaa myös mutkien tekemisen
- läpinäkyvä jakso mahdollistaa putkiston virtausten ulkoisen seurannan.

Kierresaumattut putket (esimerkiksi Weholite/KWH Pipe Oy) on putki, joka valmistetaan ekstruusiossa valmistetusta profiilista kiertämällä profiili putken muotoon ja hitsaamalla profiilit yhteen. Tällä tekniikalla voidaan valmistaa halkaisijaltaan hyvin suuria putkia (suurempia kuin normaalilla putkiekstruusiossa) ja putket ovat rakenteeltaan monikerrosputkia. Kierresaumattua putkista voidaan myös valmistaa myös säiliöitä. Kierresaumattut putket valmistetaan yleensä polyeteenistä (PE-HD) tai polypropeenista.



Kuva 54. Sekventiaalisella ekstruusiossa valmistettuja erilaisia putkirakenteita. Sekventiaalisella ekstruusiossa voidaan helpottaa olennaisesti putkiston asennusta ja lämpötilanvaihtelujen kestoja (putken pehmeä osa mahdollistaa putkiston muodonmuutokset).

5 Muoviputkien merkinnät

Hyvin usein muovituotteiden ongelmana on riittämättömät materiaali- ja ominaisuusmerkinnät tuotteessa. Muoviputkien osalta tilanne on huomattavasti parempi, sillä putken pintaan on helppo valmistuksen loppuvaiheessa tai jälkeen merkata tarvittavat tiedot. Tietojen merkkauttamiseen voidaan käyttää useita eri menetelmiä, kuten:

- Tekstin painaminen valmiin putken pintaan erilaisilla painatusmenetelmillä. Menetelmä on helppo toteuttaa ja oikein tehtynä teksti säilyy putken pinnassa hyvin pitkään.
- Voimakkaasti lisääntyvänä tekniikkana on ns. lasermerkkaus, jossa lasersäteen avulla aikaansaadaan muovin pintaan haluttu teksti ja/tai kuviointi. Lasermerkkaus edellyttää, että muovin pintamuovina käytetään lasermerkkaukseen sopivia muovia. Oikein tehtynä lasermerkkaus säilyy putken pinnassa ”ikuisesti”. Lasermerkkauksen suuria etuja ovat, että se ei vaadi suoraa mekaanista kontaktia painettavaan tuotteeseen ja painettava kuvio voidaan vaihtaa sähköisesti ilman viivettä.
- Muoveilla merkkauttamismenetelmänä voidaan käyttää myös pintaan tulevaa koho- tai uppokuviointia, mutta ne ovat normaalissa ekstruusiosta vaikeita toteuttaa. Voidaan toteuttaa ”katapulttityyppisessä” jatkuvassa ekstruusion ja ruiskuvalun yhdistelmässä, mutta edellyttää sitä, että kohokuvio on osa työkalun pintaa.
- Muoviputket voidaan merkitä myös erilaisilla pintaan liimattavilla etiketeillä ja tarroilla. Nämä sopivat erityisesti hyvin pienille merkkauttamismäärille, mutta ovat ylimääräinen työvaihe, joka aiheuttaa tuotteelle lisäkustannuksia (etiketti ja liima) sekä osaltaan vaikeuttaa tuotteen kierrätettävyyttä. Etiketeille on myös tyypillistä, että ne irtoavat tai kuluvat ajan mukana pois tuotteen pinnasta.

Muoviputken merkinnässä ovat yleensä seuraavat tiedot; putken valmistaja, putken materiaali, putken dimensiot (halkaisija ja seinämäpaksuus), paineluokka, putkikoneen tiedot ja valmistusaika. LVV-putkien osalta merkinnöillä on se merkitys; tiedetään täyttääkö putki tälle käyttökohteelle asetetut vaatimukset ja onko putki niin vanha, että se tulisi varmuussyistä vaihtaa.

6 Muoviputki puolivalmistena

Ekstrudoitu muoviputki ei yleensä ole sellaisenaan valmis tuote käytettäväksi, vaan kyseessä on puolivalmiste, joka tiettyjen lisätoimenpiteiden jälkeen on valmis tuote lopulliseen käyttöön. Lähes kaikissa tapauksissa käytetyt toimenpiteet ovat ekstrudoidun muoviputken katkaiseminen halutun pituuteen kappaleisiin. Putken katkaiseminen lopullisiin mittoihinsa tapahtuu yleensä asennusvaiheessa. Toinen käytetty lisätoimenpide on muoviputken merkkautus. Tämän lisäksi muoviputkille voidaan tehdä seuraavia lisätoimenpiteitä.

6.1 Putken pään lämpömuovaus

Putken pään lämpömuovaus liittämistä edellyttävään muotoon. Yleensä tässä tekniikassa putken toinen pää lämpömuovataan sellaiseen muotoon, että siihen voidaan sijoittaa tiiviste ja sen sisälle voidaan työntää muovaamaton putken pää. Näin voidaan saada aikaan helposti toteutettava putkiliitos. Asennusta ajatellen nämä putket ovat lyhennettävissä mekaanisesti haluttuun loppumittaan. Tiivisteiksi on kehitetty materiaaleja, jotka esimerkiksi kosteuden (veden) vaikutuksesta laajenevat ja saavat aikaan hyvin tiiviin liitoksen.

Käytännössä tällaiset liitokset soveltuvat lähinnä paineettomiin putkistoihin. Valmistusteknisesti on huomattava, että lämpömuovaus soveltuu vain kestumuoveille ja lämpömuovattujen osien mittatarkkuus on ongelma erityisesti osittain kiteisillä kestumuoveilla (polyeteeni, polypropeeni). Lämpömuovaus asettaa myös suuria rajoituksia muotoilulle. Lämpömuovaus on hyvin paljon käytetty tekniikka viemäriputkien liitostekniikkana.

6.2 Ruiskuvalaminen

Putken liittämisen tarvittava muotoiltu osa voidaan valmistaa myös ruiskuvalamalla. Ruiskuvalu antaa liitososan kannalta huomattavasti suuremmat muotoilumahdollisuudet ja mahdollistaa myös osan tekemisen toisesta materiaalista. Käytettäviä tekniikoita on periaatteessa kaksi. Liitososa voidaan valmistaa omana ruiskuvallettuna osana ja liittää putkeen hitsaamalla tai jollakin mekaanisella liitostekniikalla. Molemmat tekniikat ovat ylimääräisiä työvaiheita ja edellyttävät jonkinasteista liitoksen tarkistusta. Toisena tekniikkana on liitososan ruiskuvalu suoraan putken päähän.

Tämä voidaan tehdä heti putken valmistuksen jälkeen ja valmistustekniikasta (ruiskuvalu) johtuen liitoscappaleen ja putken välinen liitos on kestävydeltään ja laadultaan erittäin hyvin. Ruiskuvalutun liitoscappaleen tapauksessa voidaan liitoscappaleen ja siihen tulevan putken välinen tiivistys hoitaa kolmella eri tavalla.

- Perinteisenä tapana on liitoscappaleeseen tuleva tiivisteura, johon tiiviste asennetaan putkiston kokoamisvaiheessa [tämä tekniikka mahdollistaa tiivisteiden ”unohtamisen” tai väärä tiivisteiden (materiaali, koko) asentamisen]. Tiiviste voidaan myös valmistaa ruiskuvaluttuun osaan osan oikealla muotoilulla tiivistettävältä kohdalta.
- Kehittynein tekniikka on tiivisteiden tekeminen sopivasta materiaalista (esim. perusmuovipohjaisesta termoelastista) ja ruiskuvalamalla paikoilleen monikomponenttiruiskuvalulla. Tällä tavalla ratkaistu tiiviste on asennuksen ja käytön kannalta varmin vaihtoehto. Tässä vaihtoehdossa tiiviste ei voi milloinkaan liitosvaiheessa unohtua liitoksesta ja myöskään tiiviste ei voi olla väärää materiaalia.
- Ruiskuvalun avulla on mahdollista integroida muoviputken erilaisia muoviputken asennusta ja käyttöä helpottavia osia. Tällaisia integroituja lisäosia voivat olla erilaiset kiinnityselementit, joista itse putki voidaan kiinnittää asennusvaiheessa tai joiden avulla putkeen voidaan kiinnittää muita komponentteja. Näihin osiin voidaan myös integroida erilaisia kiinnityksessä käytettäviä inserttejä.

7 Suojaputkijärjestelmä

Suojaputkijärjestelmä on nykyisin hyvin yleisesti käytetty järjestelmä esimerkiksi vesijohtoputkien asennuksessa rakenteiden sisään. Tässä järjestelmässä varsinaiset vesiputket on asennettu vesitiiviisiin suojaputkiin ja vesitiiviit suojaputket on kytketty vesitiiviisiin (vuotosuojatut) jakotukkikaappeihin. Varsinaisissa vesiputkissa kulkevat kylmä ja lämmin käyttövesi ja näissä putkissa on myös vesijohtojärjestelmässä tarvittava paine. Suojaputkijärjestelmän ei tarvitse kestää korkeita paineita eikä myöskään samoja lämpötiloja kuin lämminvesiputkien. Käyttövesijärjestelmässä kylmävesiputket voivat olla polyeteeniä (PE-HD), lämpimän käyttöveden putket ristisilloitettua polyeteeniä (PE-X) ja suojaputkijärjestelmä polyeteeniä (PE-HD).

Suojaputkijärjestelmän periaate on seuraava:

- Jos varsinaisessa vesiputkessa tapahtuu vuoto, niin vuotovesi virtaa suojaputkeen ja suojaputken täytyttyä vesi tulee jakotukkikaappiin ja virtaa jakotukkikaapissa olevan ylivuotoputken kautta viemäriin. Ylivuotoputkessa on hälytin, joka ilmoittaa vesivuodosta. Tämän jälkeen vuotava putki korjataan sujuttamalla uusi käyttövesiputki suojaputken sisään ja vesivahingosta ei aiheudu rakenteille mitään vesivahinkoja. Suojaputkijärjestelmä edellyttää, että suojaputkisto on koottu oikein ja se on vesitiivis ja jakotukkikaapin ylivuotoputkessa on toimiva hälytysjärjestelmä.

8 Muovien käyttö putkisaneerauksissa

Hyvin merkittävän sovellusalueen muoviputkille muodostavat erilaiset putkistosaneerausmenetelmät, joissa vanhojen putkien sisälle asennetaan muoviputki. Korjausmenetelmä ja käytettävä muovimateriaali valitaan yleensä saneerattavan kohteen perusteella. Vanhoille vesi- ja viemäriputkistoille on tyyppillistä niiden heikkeneminen ja rikkoutuminen, josta syystä monissa putkistoissa vuodot ovat hyvin merkittäviä. Erityisesti taajaan rakennetuilla kaupunkialueilla ja vanhoissa kaupungeissa vanhojen viemärien ja putkistojen uusinta on erittäin hankalaa ja samalla kallista. Tämän ongelman ratkaisemiseksi on kehitetty useita eri menetelmiä, joissa vanhan putken sisälle voidaan tehdä muovista uusi sisäkerros. Saneerattavan putkiston saneerausmenetelmän ja materiaalin valinnassa on otettava huomioon ainakin seuraavia tekijöitä:

- Saneerattavan putkiston tulee olla sellaisessa kunnossa, että käytettävällä saneerausmenetelmällä uusi saneerauspinnoite on asennettavissa putkeen.
- Saneerausmenetelmän tulee olla sellainen, että se pystyy muodostamaan saneerattavan putken sisälle riittävän lujan, yhtenäisen ja tiiviin kerroksen. Käytännössä saneerauskerroksen tulee täyttää kyseiseen tarkoitukseen asennettavan putkiston vaatimukset.
- Hyvin usein putkiston saneeraus tapahtuu maaperässä, joka on voinut saastua putken vuotojen tai ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta. Maaperä on voinut saastua myös erilaisista ihmisen toimintoihin liittyvistä syistä. Esimerkiksi maaperään on voinut päästä öljyä, polttoaineita ja muita kemikaaleja, jotka voivat diffundoitua muovin lävitse.

Erityisesti vanhoilla teollisuus- ja asuma-alueilla maaperään on voinut päästä hyvinkin erilaisia kemikaaleja ja näiden tarkka analysointi maaperästä ei ole helppoa. Saastunut maaperä voidaan vaihtaa saastumattomaan, mutta tämänkin toimenpiteen toteuttaminen ei ole aina yksinkertaista ja halpaa.

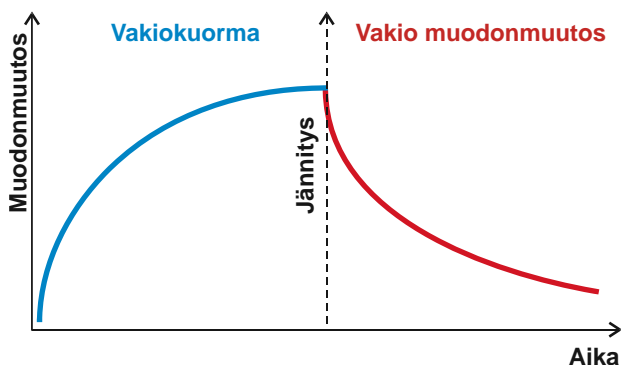
9 Muoviputkiston käyttövaatimukset

Muoviputken vaatimukset määritellään käyttökohteen mukaan ja putkiston tulee täyttää asetetut vaatimukset. Ne ovat yleensä myös käyttökohdekohtaisia:

- mekaaninen lujuus (rengasjäykkyys ja paineenkesto)
- mittatarkkuus
- lämmönkesto
- barrierominaisuudet (kaasujen ja nesteiden läpäisevyys)
- ympäristövaikutukset (myrkyttömyys ja elintarvikekelpoisuus)
- palonkesto
- pitkäaikaisominaisuudet

Muovien avulla on pääosassa sovelluskohteita löydettävissä niihin sopivat materiaalit. Muovien pitkäaikaiskäytön kannalta on erittäin olennaista muistaa muovien viruminen (muodonmuutokset kuormituksen alaisena ajan mukana) ja jännitysrelaksaatio (jännityksen alaisen muovin jännitystila alenee ajan mukana).

Ohessa on esitetty kaaviollisesti viruminen ja jännitysrelaksaatio (**Kuva 55**). Koska muoviputkistojen käyttöikä on pitkä, pitää niiden suunnittelussa ottaa huomioon viruminen ja jännitysrelaksaatio.



Kuva 55. Muovien viruminen ja jännitysrelaksaatio kaaviollisesti esitettynä. Kuormitetuissa muovirakenteissa tapahtuu jatkuvaa muodonmuutosta ajan funktiona ja jännitetyn muovirakenteen jännitystila pienenee ajan mukana.

Suunnittelu

Muoviputkistojen suunnittelu on hyvin keskeinen osa muoviputkistoa. Hyvin tehdyn suunnittelun avulla on mahdollista toteuttaa toimiva putkisto ja lisäksi säästää merkittävästi putkiston asennuksessa.

Asennukset

Muoviputkiston asennuksessa on syytä noudattaa muoviputkiston asennusohjeita, sillä ohjeiden mukaan asennetun putkiston kestävyys on hyvä. Käytännössä on todettu, että muoviputkiston vauriot johtuvat lähes kokonaan asennuksessa ja käytössä tapahtuneista virheistä.

Muoviputkien liittäminen

Liittäminen on hyvin keskeinen osa putkistojen valmistusta. LVV-sovelluksissa muoviputkiliitoksilta edellytetään, että liitoksen tulee olla yhtä tiiviin ja lujan kuin perusputken. Tämä edellyttäisi mahdollisuutta muoviputkiston testaamiseen, mutta testaaminen on käytännössä erittäin hankalaa. Käytännössä tähän päästään nykyisin siten, että menetelmät testataan laboratorio-olosuhteissa ja menetelmistä tehdään riittävä hyvät työohjeet.

Seuraavassa yleisimmät käytössä olevat liittämistekniikat:

- Mekaaniset liitokset ja tiivisteet. Tyypillinen esimerkki tästä ovat muhvatut putket ja muhveihin sopivat tiivisteet.
- Käytössä on myös paljon erilaisia liitoskappaleita, joihin putket kiinnitetään erilaisilla mekaanisilla kiristimillä. Näissä aiheutuu monesti ongelmia metallisista liitoskappaleista.
- Hitsaus on eräs eniten käytetyistä liittotekniikoista. Hitsaustekniikoiden keskeisiä ongelmia ovat yleensä seuraavia. Hitsauslaitteet ovat niin suuria, että hitsaaminen ahtaissa oloissa vaikeaa ja hitsaussauman tarkistaminen on hankalaa. Samoin monissa tapauksissa hitsausprosessin hallinta on vaikeaa.

Sähkämuhvihitsaus on hyvin käyttökelpoinen muoviputkien liittämistekniikka. Sähkämuhvihitsaus voidaan tehdä hyvin pienessä tilassa ja menetelmä on sellainen, että liitoksen onnistumisprosentti on käytännössä 100 %. Sähköhitsausmuhvi on kallis, mutta koko liitosprosessi on kustannuksiltaan kilpailukykyinen.

Käyttökustannukset

Muoviputkiston käyttökustannukset ovat yleensä erittäin pienet. Muoviputkiston käytön kannalta on muistettava, että muoveille sallittuja ominaisuuksia ei saa ylittää liikaa ja liian pitkäaikaisesti. Tämä koskee erityisesti lämpötilaa ja kuormituksia. Muoviputkistojen käyttökustannuksia voidaan alentaa eri tavoilla, kuten esimerkiksi aiemmin esitetyllä suojaputkijärjestelmällä tai erilaisilla kunnonvalvontajärjestelmillä.

Vauriomekanismit ja kunnan määrittymenetelmät

Vauriomekanismien havainnointi on suhteellisen vaikea toimenpide. Vaurioiden havainnointiin voidaan vaikuttaa hyvin paljon putkiston suunnitteluvaiheessa. Osa putkista joudutaan käyttöö varten upottamaan maaperään (viemäriputket, salaojaputket, hulevesiputket) ja näiden putkistojen vaurioanalyysiin ei ole olemassa oikeastaan muuta menetelmää kuin putkien sisäpuolinen TV-kuvaus, jolla voidaan kuvata putkien sisäpinta. Tämän tyyppiin putkistoihin on hyvin vaikea löytää muita vaurionhavainnointimenetelmiä. On tietenkin mahdollista lisätä putkistoihin esimerkiksi sähköä johtavia lankoja, jotka putkiston vaurioituessa katkeavat ja ilmaisevat putkiston rikkoutumisesta.

Lähes kaikkien muiden putkistojen vaurionhavainnointia ja putkien kunnan testaamista voidaan edesauttaa sillä, että putket sijoitetaan siten, että putkia päästään tutkimaan helposti ulkoapäin. Aina kun putkisto upotetaan rakenteisiin, putkiston vaurioitumisen seuraaminen hankaloituu. Putkistojen kunnonseurantaan voidaan käyttää monia eri menetelmiä ja seuraavassa on esitetty käytössä olevia menetelmiä.

- Putkistojen visuaalinen tarkastelu on yksinkertaisin käytettävissä oleva menetelmä ja sillä voidaan havaita kaikki putkistossa tapahtuneet ulospäin näkyvät virheet.
- Erittäin paljon käytettyjä menetelmiä ovat erilaiset ”läpivalaisutekniikat”, joissa erilaisilla tekniikoilla kuvataan putkistojä ja voidaan saada suoraa informaatiota putkiston rakenteesta.
- Eräänä tekniikkana ovat menetelmät, joilla voidaan määrittää putken seinämänpaksuus, joka kertoo putkiston kunnosta.
- Putkiston kuntoa voidaan myös seurata muoviiin upotettavilla RFID-antureilla. Tässä tekniikassa käytetään RFID-antureita, joita

voidaan lukea ulkoapäin RFID-anturien lukulaitteella. Kun putkeen upotettua RFID-anturia ei enää pystytä lukemaan, niin silloin voidaan todeta putkessa olevan jotakin vialla.

- Lämpökuvaus on myös hyvin käyttökelpoinen menetelmä. Lämpökuvauksella voidaan mitata putken ulkopinnan lämpötilaa sen emittoimasta IR-säteilystä. Lämpökameroiden lämpötilan erotuskyky on normaalisti muutama asteen kymmenesosa. Jos putken pinnan lämpötiloissa on eroja, niin tällöin voidaan todeta, että putkessa on jotakin, joka aiheuttaa lämpötilaerot. Lämpökuvausta voidaan tehostaa kahdella perustavalla. Putkeen voidaan johtaa lämmintä nestettä ja tämän jälkeen mitataan putken ulkopinnan lämpötilaeroja. Toisena menetelmänä on lämmittää putken ulkopintaa ja seurata pinnan lämpötilaa ulkoisen lämmönlähteen poiston jälkeen. Lämpökuvaus ei kerro putkelle tapahtuneesta vauriosta yksityiskohtaisemmin, sillä se kertoo vain vaurion olemassaolosta. Tämän jälkeen lämpötilaeron aiheuttava vaurio on tunnistettava muilla menetelmillä.

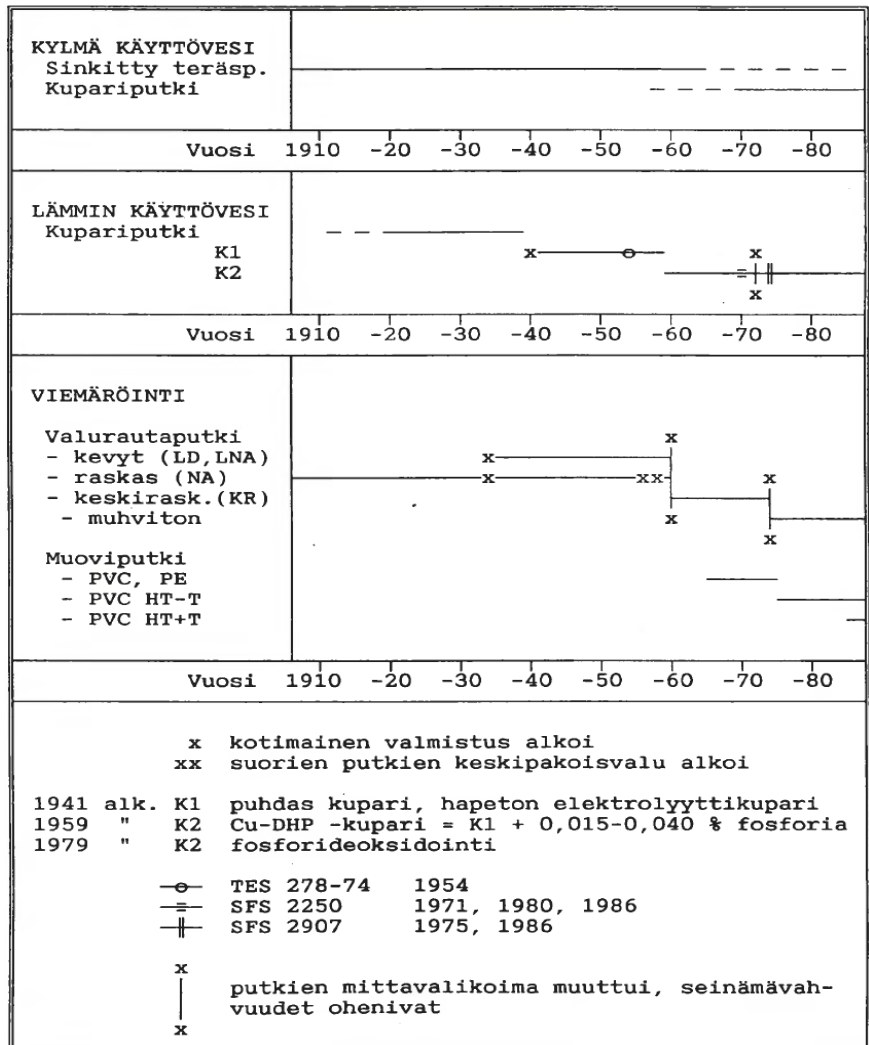
Käytännössä LVV-putkistojen vauriot voivat aiheuttaa hyvin suuria kustannuksia ja tavoitteena on näiden kustannusten pienentäminen ja tällä hetkellä käytössä olevia tekniikoita ovat.

- Putkiston uusiminen säännöllisin välein. Tämän tekniikan ongelmana on se, että putkiston arvioitu elinaika on paljon putkiston todennäköistä elinaikaa pienempi. Tämä menetelmä ei kuitenkaan eliminoi satunnaisista syistä johtuvia putkistovaurioita ja niiden aiheuttamia kustannuksia.
- Putkistojen säännöllinen kunnonvalvonta. Tämän menetelmän ongelma on sama, sillä mahdollisia tulevia vaurioita ei ole mahdollista ennakoita täydellä varmuudella. Tämä menetelmä ei myöskään eliminoi satunnaisista syistä aiheutuvia putkistovaurioita.
- Vesijohtojen suojaputkijärjestelmä on hyvä esimerkki erittäin toimivasta kunnonvalvontajärjestelmästä, sillä tässä järjestelmässä: (a) putkistoa käytetään sen koko elinajan, (b) putkiston vaurioituminen havaitaan aina ennen kuin putkistovaurio aiheuttaa muita vahinkoja ja (c) putkisto voidaan korjata välittömästi ja korjaus kohdistuu vain rikkoutuneeseen putkiston osaan. Tässä on päästy kunnonvalvontajärjestelmään, jossa hyödyt on maksimoitu ja kustannukset minimoitu.

LIITE 10. VANHAT PUTKIMATERIAALIT JA -DIMENSIOT

Viereisessä taulukossa on esitetty vanhoissa kiinteistöissä käytettyjä vesijohtojen ja viemäreiden materiaaleja eri vuosikymmeninä.

(Lähde: Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinkerrostaloissa, koerakentamistutkimus, TKK LVI-laboratorio 1987)



Viereisessä taulukossa on sinkittyjen teräsputkien mitat eri aikoina.

(Lähde: Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinkerrostaloissa, koerakentamistutkimus, TKK LVI-laboratorio 1987).

Tuoteluettelo "Rör, rördelar och flänsar m.m." v. 1911								
NS	13	19	25	32	38	50	63	76
d	15	21	27	35	40	52	67	80
d ^S	20,8	26,8	33,5	42,5	48	60	77	90
s ^u	2,9	2,9	3,3	3,8	4,0	4,0	5,0	5,0

Yleisluettelo Vesi- ja lämpöjohtotarvikkeita v. 1952								
NS	15	20	25	32	40	50	65	
d	(15,75)	(21,25)	(27,0)	(35,75)	(41,25)	(52,5)	(68)	
d ^S	21,25	26,75	33,50	42,25	48,25	60,00	75,50	
s ^u	2,75	2,75	3,25	3,25	3,50	3,75	3,75	

LVI-tarvikeluettelo 76 (SFS B.VIII.152, DIN 2440) v. 1976								
NS	15	20	25	32	40	50	65	80
d	(16,0)	(21,6)	(27,2)	(35,9)	(41,8)	(53,0)	(68,8)	(80,8)
d ^S	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9
s ^u	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05

NS = nimellissuuruus
d = sisähalkaisija
d^S = ulkohalkaisija
s^u = seinämävahvuus
(suluissa oleva mitta laskettu muista mitoista)

Viereisessä taulukossa kupari-putkien mitat eri aikoina

(Lähde: Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinkerrostaloissa, koerakentamistutkimus, TKK LVI-laboratorio 1987).

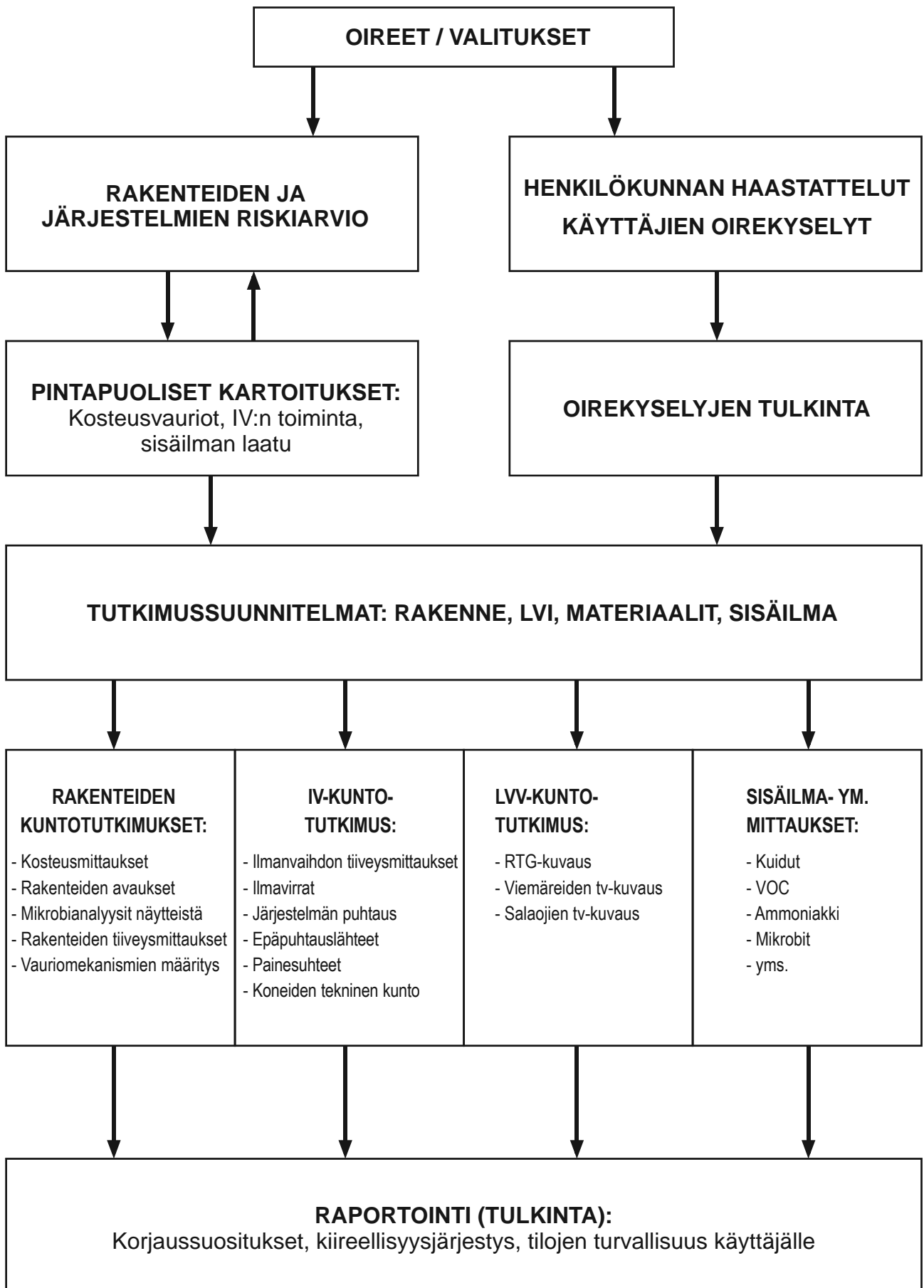
Tuoteluettelo "Rör, rördelar och flänsar m.m." v. 1911								
d _s	10	13	19	25	32	38	51	
d _s	(12,4)	(15,4)	(21,6)	(27,6)	(35)	(41)	(54)	
s _u	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5	
Helsingin kaupungin Vesi- ja lämpöjohtolaitoksen määräyksiä v. 1927								
d _s		13	19	25	32	38	51	
d _s		(15,5)	(21,5)	(28)	(35)	(41,5)	(55)	
s _u		1,25	1,25	1,5	1,5	1,75	2,0	
Yleisluettelo Vesi- ja lämpöjohtotarvikkeita (varastokoot) v. 1952								
d _s	10	13	19	25	32	38	51	
d _s	(12)	(15,5)	(21,5)	(28)	(35)	(41,5)	(54,5)	
s _u	1,0	1,25	1,25	1,5	1,5	1,75	1,75	
Metalliteollisuusstandardi TES 278-74 v. 1954								
d _s	10	12	15	19,6	25,6	33	39	47
d _s	12	14	17	22	28	36	42	50
s _u	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
SFS 2250 (valmistui -71) v:sta 1973								
d _s	(10)	(13)	(16)	(20)	(25,6)	(32)	(39)	(51)
d _s	12	15	18	22	28	35	42	54
s _u	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5
d = sisähalkaisija d _s = ulkohalkaisija s _u = seinämävahvuus (suluissa oleva mitta laskettu muista mitoista)								

Alla olevassa taulukossa on valurautaviemäreiden mitat eri aikoina

(Lähde: Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimusmenetelmät asuinkerrostaloissa, koerakentamistutkimus, TKK LVI-laboratorio 1987).

"Katalog över rör och rördelar av gjutjärn ..." v. 1937 Yleisluettelo Vesi- ja lämpöjohtotarvikkeita v. 1952					
Raskas "NA", ds	50	70	100	150	
du	(60)	(80)	(112)	(162)	
s	5	5	6	6	
Kevyt "LD", ds	52	65	105		
du	(59)	(73)	(113)		
s	3,5	4	4		
UPO: Valurautaisia viemäriputkia ja -putkien osia v. 1964					
Keskiraskas, ds	52	72	102	152	200
du	(60)	(80)	(112)	(162)	(212)
s	4	4	5	5	6
Kevyt "LNA", ds	53	73	104	152	
du	(60)	(80)	(112)	(162)	
s	3,5	3,5	4	5	
LVI-yleisluettelo 76 v. 1976					
Muhviton, NS		70	100	150	
ds		(67)	(100)	(150)	
du		75±1,0	110±1,5	160±1,7	
s		4	5	5	
os		-0,6	-0,8	-0,8	
NS = nimellissuuruus [mm] ds = sisähalkaisija [mm] du = ulkohalkaisija [mm] s = seinämävahvuus [mm] os = s:n toleranssi [mm] (suluissa oleva mitta laskettu muista mitoista)					

LIITE 11. SISÄILMAONGELMAN TUTKIMISEN VAIHEET





YHTEISTYÖSSÄ:

KOSTEUS- JA  TALKOOT