

Ilari Anttila

Putkistojen kuntotutkimusohje

Kiinteistöjen lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari AMK

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

3.12.2012

Tekijä Otsikko	Ilari Anttila Putkistojen kuntotutkimusohje
Sivumäärä Aika	39 sivua + 5 liitettä 3.12.2012
Tutkinto	rakennusmestari AMK
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI
Ohjaajat	lehtori Erkki-Olavi Sainio insinööri Jouko Savela
<p>Tässä lopputyössä käydään läpi putkistojen kuntotutkimuksen eri vaiheet ja niihin liittyvät seikat. Putkistojen kuntotutkimusohjeen tavoitteena on syventää lopputyöntekijän erikoisosaamista perehtymällä kuntotutkimuksen taustoihin. Ohjeessa tutustutaan kuhunkin työvaiheeseen ja siihen liittyviin tehtäviin.</p> <p>Tavoitteena on, että lukija ymmärtää putkistojen kuntotutkimuksen sisällön ja pystyy suorittamaan kiinteistön putkistojen kuntotutkimuksen. Lisäksi ohjeen avulla lukija pystyy laatimaan raportin LVV-järjestelmien kunnosta. Lukija ymmärtää eri putkistojärjestelmiin vaikuttavat vauriomekanismit ja osaa käyttää eri tutkimusmenetelmiä niiden havaitsemiseen.</p> <p>Työssä tutustutaan LVV- ja salaojajärjestelmien toimintaan ja eri järjestelmien vauriomekanismeihin. Putkistojen kuntotutkimusmenetelmien avulla kuntotutkija pystyy keräämään tarvittavat tiedot putkiston kunnon määrittämiseen. Tietojen analysoinnin avulla tutkija osaa muodostaa kokonaiskuvan putkiston kunnosta ja arvioida sen jäljellä olevan käyttöiän. Kuntotutkimuksessa kerättyjen tietojen analysoinnilla putkistojen kuntotutkija määrittää kiinteistössä tarvittavat kunnossapitotoimenpiteet ja niiden ajankohdat.</p> <p>Tämän työn teoriaosuus pohjautuu kirjalliseen ja tutkittuun tietoon. Työhön on myös sisällytetty lopputyön tekijän omia kokemuksia ja tietoja käytännön työssä opituista ja havaituista asioista. SuLvi-pätevöitynyt putkistojen kuntotutkija ja pitkän uran kuntotutkimusten parissa tehnyt Jouko Savela on kommentoinut ja tarkistanut lähdeviitteettömät kappaleet.</p>	
Avainsanat	putkistojen kuntotutkimus, lämmitysverkosto, vesijohtoverkosto, viemärointi, salaojat, korrosio, PTS

Author Title	Ilari Anttila Inspection instruction for heating, pipe and sewer systems
Number of Pages Date	39 pages + 5 appendices 3 December 2012
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Erkki-Olavi Sainio, Senior lecturer Jouko Savela, Bachelor of Engineering
<p>The Bachelor's thesis studied the stages of heating, pipe and sewer system inspection and inspection related matters. All the relevant information that was studied was written down in the Bachelor's thesis with the purpose to be used as a set of instructions and a backup at HVAC inspection projects.</p> <p>The thesis was based on literature study and collection of data. The data also included the writers own experience and observations gained in hands-on work. All the collected data that was not based on literature was commented by one of the instructors.</p> <p>The created set of instructions describes each stage of the inspection and the related tasks. With the help of this Bachelor's thesis, a new engineer or construction manager is able to manage the inspection of heating, pipe and sewer systems, since all the relevant data is now collected in one place.</p>	
Keywords	inspection of heating, pipe and sewer systems, plumbing, rain water system, under drain system, corrosion

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Putkimateriaalit ja vauriot	3
2.1	Putkiin kohdistuvat rasitukset	3
2.2	Sinkitty teräsputki	5
2.3	Kupari ja messinki	7
2.3.1	Kuparin ja messingin käyttö	7
2.3.2	Korroosionmuodot	8
2.4	Teräsputket lämpöjohtoverkostossa	12
2.5	Valurautaviemärit	12
2.5.1	Valurautaviemärien käyttö	12
2.5.2	Korroosio	13
2.5.3	Painaumat ja tukokset	15
2.6	Muoviviemärit	15
2.6.1	Muoviviemärijärjestelmät	15
2.6.2	Vauriomekanismit	16
2.6.3	Toiminnalliset viat	16
2.7	Salaojat	17
2.7.1	Salaojajärjestelmä	17
2.7.2	Vauriomekanismit	17
2.7.3	Toiminnalliset viat	18
3	Tutkimuksen aloitus	19
3.1	Lähtötietojen hankinta	19
3.2	Isännöitsijätodistus	19
3.3	Haastattelut	19
3.4	LVI-piirustukset	20
3.5	Tutkimuksen suunnittelu	20
4	Tutkimusmenetelmät	21
4.1	Havainnointi	21
4.2	TV-kuvaus	22
4.3	Röntgenkuvaus	22
5	Tutkittavat järjestelmät	24

5.1	Lämmönjakuhuone	24
5.2	Lämmönjakojärjestelmä	25
5.2.1	Lämpöjohdot	25
5.2.2	Venttiilit	26
5.3	Käyttövesijärjestelmä	27
5.3.1	Vesijohdot	27
5.3.2	Venttiilit	28
5.4	Viemärijärjestelmät	28
5.4.1	Jätevesiviemärijärjestelmä	28
5.4.2	Sadevesiviemärijärjestelmä	30
5.4.3	Salaojajärjestelmä	31
6	Tutkimustulosten analysointi ja esittäminen	32
6.1	Sisäpuoliset TV-kuvaukset	32
6.2	Röntgenkuvien analysointi	33
6.3	Tutkimuskohtapiirustukset	35
7	Pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma	35
8	Kunnossapitotoimenpiteiden määrittäminen	36
8.1	Määrittäminen	36
8.2	Linjasaneeraus	36
8.3	Vaihtoehtoiset korjaustavat	37
9	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Kupariputkien standardikokoja eri aikakausilta	
	Liite 2. Teräsputkien standardikokoja	
	Liite 3. Valurautaviemäreiden standardikokoja	
	Liite 4. Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma	
	Liite 5. Tutkimuskohtapiirustus	

Lyhenteitä ja käsitteitä

JVK	jätevesikaivo
JVTK	jätevesien tarkastuskaivo
KV	kylmävesijohto
KVV	kiinteistön vesi ja viemärointi
LJ	lämpöjohto
LV	lämmivesijohto
LVI	lämmitys, vesi, ilmanvaihto
LVK	lämmivesikiertojohto
LVV	lämmitys, vesi ja viemärointi
PE	polyeteeni
PEH	kova polyeteeni
PEX	monikerrosmuoviputki
PL	puhdistusluukku
PP	polypropeeni
PTS	pitkän tähtäimen suunnitelma
PVC	polyvinyylikloridi
PVK	perusvesikaivo
RK	rännikaivo
SOK	salaojakaivo
SOTK	salaojien tarkastuskaivo
SVK	sadevesikaivo
SVTK	sadevesien tarkastuskaivo
TK	tarkastuskaivo
TWh	terawattitunti
VR	valurauta
Eroosiokorroosio	Metalli syöpyy veden virtausominaisuuksien ja sähkökemiallisen korroosion yhteisvaikutuksesta.
Eroosio	Metalli syöpyy veden virtausnopeudesta ja turbulenssista johtuen.
Hitsaus	Teräsputkien liitostapa, joka voidaan tehdä kaasulla tai sähköllä.
Korroosio	Metallin syöpyy ympäristön vaikutuksesta.

Kovajuotos	Kupariputken yleisin ja suositeltavin juotosliitostapa. Juotos tehdään fosforikupariseoksesta, jossa fosforia on 6 %, hopeaa 2–5 % ja loppu on kuparia.
Messinkijuotos	Kupariputkissa käytetty juotusmateriaali, joka sisältää sinkkiä ja kuparia. Tässä juotoksessa esiintyy niin sanottua sinkin katoa.
Pehmeäjuotos	Kupariputkien kapillaariliitososien juotostyyppi, missä juotusmateriaali sisältää tinaa ja hopeaa. Hopeaa on 3–5 % ja loppu on tinaa.
Piilo- ja rakokorroosio	Seisovan veden yhteyteen syntyvät hapettomat ja hapelliset alueet synnyttävät potentiaalieroja, jotka johtavat sähkökemialliseen korroosioon.
Pistekorroosio	Korroosio keskittyy pienille alueille metallin pinnalla syövyttäen kuoppia, jotka voivat edetä putken seinämän läpi.
Sähkökemiallinen korroosio	Anodi ja katodi ovat sähköä johtavassa yhteydessä toisiinsa elektrolyytin välityksellä. Anodi syöpyy.

1 Johdanto

Suomessa oli rakennuksia vuoden 2010 lopussa yhteensä 1 446 096, joista kerrostalorakennuksia oli 56 654. Näissä kerrostalorakennuksissa on asuntoja 1 234 508, ja niissä asuu yhteensä 1 789 674 suomalaista. Noin 39 000 kerrostalorakennuksessa on 3–9 kerrosta. Muita kuin asuinrakennuksia oli Suomessa vuoden 2010 loppuun mennessä 211 494. (Rakennukset, asunnot ja henkilöt talotyyppin ja kerrosluvun mukaan 31.12.2010 SVT.) Vuoden 2010 lopulla Suomessa oli yhteensä 2 808 000 asuntoa, joista kerrostaloasuntoja oli 44 %. (Asuntokanta 2010) Jarmo Halosen 25.9.2007 esittämässään koulutusmateriaalin mukaan Suomessa valmistui vuosina 1960–2000 yhteensä noin 1 900 000 asuntoa. Näistä asunnoista noin 1 100 000 valmistui 70- ja 80-luvuilla eli noin 39 % koko asuntokannasta. (Halonen 2007.) Tämä tarkoittaa, että 39 % Suomen kerrostaloista on 32–42 vuotta vanhoja.

Rakennukselle halutaan yleensä pitkä käyttöikä mahdollisimman edullisin kokonaiskustannuksin. Käyttöikä on rakennuksen hyötykäytön kannalta tärkein. Tavoitellun käyttöiän saavuttamiseksi on rakennukselle tehtävä välttämättömät kunnossapitotoimenpiteet. Kunnossapidon toimenpiteiden ajankohta suunnitellaan ja määritellään kuntoarvioilla, joita tehdään määräajoin. Kuntoarviot kohdistuvat rakennuksen rakenteisiin, julkisivuihin ja rakennuksen käyttäjien tiloihin sekä LVIS-tekniisiin laitteistoihin. (Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta 2003.) Kuntoarvio voi johtaa tarkempiin tutkimuksiin.

Putkistojen kuntotutkimus tehdään silloin, kun halutaan selvittää millaisessa kunnossa putket ovat ja kuinka paljon niillä on käyttöikää jäljellä. Putkistojen kuntotutkimuksella täsmennetään kiinteistön lämpö-, vesi- ja viemärijärjestelmien korjausajankohta. Korjausajankohta ja sen kustannusten jakautuminen määritellään kiinteistön pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelmassa (PTS). Putkistojen keskimääräinen käyttöikä on 40–50 vuotta, mutta niiden kunto kannattaa tutkia viimeistään 35–40 käyttövuoden jälkeen.

Kiinteistön putkistojen kuntotutkimuksen tarve voi johtua monesta eri syystä. Kuntotutkimusta edeltävät yleensä vesivuotohavainnot tai muiden kiinteistön lämpö-, vesi- ja viemärijärjestelmiin liittyvien puutteiden havainnot kuntoarvion yhteydessä. (Rakentajan kalenteri 2011: 165, 166) Myös käyttäjien ja huoltohenkilökunnan havainnot ja ilmoituk-

set ovat saattaneet saada kiinteistöä hallinnoivan tahon ajattelemaan putkistojen kunnon selvittämistä.

Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma tehdään tavallisesti 10 vuodeksi. (Rakentajan kalenteri 2011: 165, 166) Pidemmän kunnossapitosuunnitelman laatiminen on haastavaa johtuen korjaustarpeiden ennustettavuuden vaikeudesta. Kun tiedetään rakennuksen putkistojen korjaustarve kokonaisuudessaan, laaditaan kunnossapitosuunnitelma eri vuosille. Kunnossapitosuunnitelmassa esitetään korjaustoimenpiteiden lisäksi taloudelliset tarpeet niiden suorittamiseksi. (Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaarren hallinta 2003)

Toimeksiannon jälkeen putkistojen kuntotutkimus suoritetaan vaiheittain. Tutkimuksen kulku jaetaan lähtötietojen hankintaan, katselmukseen, kenttätutkimukseen, tutkimustulosten analysointiin, raportointiin (Helenius 1998) ja raportin luovuttamiseen asiakkaalle. Lähtötietojen hankinnassa tutustutaan kiinteistön yleisiin tietoihin, vuoto-ongelmiin, korjaushistoriaan ja LVI-tekniisiin piirustuksiin.

Katselmuksessa kiinteistöön tutustutaan paikan päällä ja LVV-teknisistä järjestelmistä valitaan röntgen- ja TV-kuvauspaikat. Samalla voidaan vierailta asunnoissa ja muissa tiloissa sekä valokuvata putkisto-osia dokumentointia varten. Tavoitteena on saada yleiskuva kiinteistön LVV-järjestelmien nykytilasta. Kenttätutkimuksessa kiinteistön putkistot tutkitaan eri tutkimusmenetelmillä ja samalla kerätään aineistoa raporttia varten. Raporttiin muodostetaan kokonaiskuva putkistojen kunnosta ja korjaustarpeesta. Raportin valmistuttua se luovutetaan asiakkaalle. Raportin luovutuksen jälkeen asiakas yleensä haluaa järjestää esittelytilaisuuden, jossa käydään läpi kuntotutkimuksessa selvinneet asiat.

Tämän kuntotutkimusohjeen tarkoituksena on esittää riittävät tiedot ja taustat putkistojen kuntotutkimuksen suorittamiseksi. Tässä putkistojen kuntotutkimusohjeessa tutustutaan tutkimuksen aloittamiseen, tutkittaviin järjestelmiin, eri putkisto-osien ja materiaalien ominaispiirteisiin, tutkimustulosten analysointiin ja raportointiin. Tämän ohjeen avulla putkistojen kuntotutkija ymmärtää tutkimuksen luonteen ja osaa muodostaa kokonais kuvan putkistojen kuntoon liittyvistä seikoista sekä ymmärtää korjaustoimenpiteiden ajankohdan määrittelyyn.

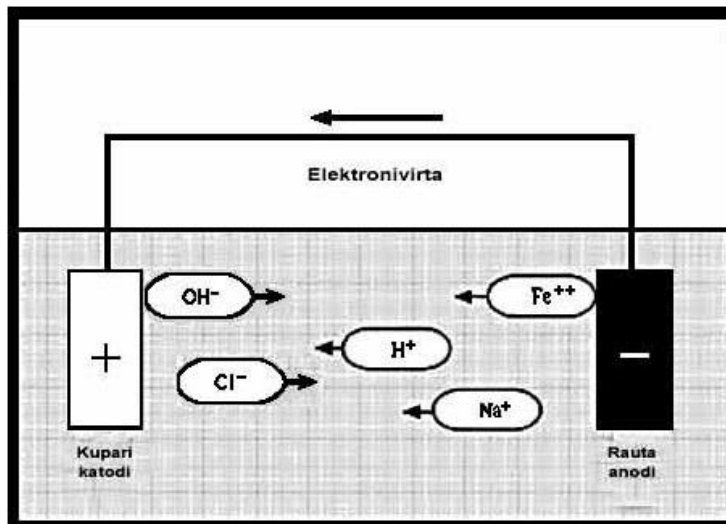
2 Putkimateriaalit ja vauriot

2.1 Putkiin kohdistuvat rasitukset

Kiinteistön kaikki LVI-tekniset laitteistot ja putkiverkostot on yleensä valmistettu metallista, metalliseoksista tai erilaisista muoveista tai muoviyhdistelmistä. (Talousveden laatu ja verkostomateriaalit 2008.) Metallista valmistetut putket reagoivat jatkuvasti ympäristönsä kanssa ja ovat alttiita korroosiolle. LVV-järjestelmissä putken sisäpuoliseen kulumiseen vaikuttavat korroosion lisäksi veden virtaustekniset ominaisuudet sekä veden tekninen laatu. Putkirikkojen lisääntyminen kertoo usein järjestelmän käyttöiän päättymisestä, jolloin putkistojen kunto kannattaa tutkia. Kuntotutkimuksen yhteydessä määritellään putkistojen jäljellä oleva käyttöikä ja korjausajankohta. Useimmat putkistovauriot johtuvat ulkopuolisista ja sisäpuolisista ympäristötekijöistä. (Helenius ym. 1998.)

Kiinteistön vesijohdot on yleensä tehty kupari-, teräs-, PEX- tai komposiittiputkista (Kekki 2008). Kiinteistön jätevesiviemäreissä käytetään putkimateriaalina valurautaa tai muovia ja lämpöjohdoissa muovia, terästä tai kuparia (Putkistojen asennus 2004). Yleisin LVV-verkostojen materiaalien ongelma on sisä- ja ulkopuolinen korrosio. Korroosion seurauksena metallit liukenevat veteen ja ohentavat putken seinämiä. Metalliset putket kestävät yleensä hyvin lämpövaihteluilta ja mekaanista rasitusta. (Kekki ym. 2008.)

Metallin syöpymistä kutsutaan korroosioksi ja sitä voi tapahtua kemiallisesti, sähkökemiallisesti tai mekaanisesti (eroosio). Suurin osa korroosioilmiöistä ja varsinkin sähkökemiallinen korrosio vaatii veden läsnäoloa samoin kuin putkistoissa esiintyvä eroosikorrosio. Putkistoissa virtaa vettä tai erilaisia vesiliuoksia, jotka toimivat elektrolyytteinä sähkökemiallisissa reaktioissa. Sähkökemiallinen reaktio syntyy metallien potentiaalieroista. Potentiaalierot ovat erilaisia putkiston eri kohdissa, joten sähkökemiallista korroosiota voi tapahtua ilman galvaanista korroosioiparia. Putkistoissa korrosio tuhoaa metallia putken sisä- tai ulkopuolelta rajapinnoissa tapahtuvien kemiallisten reaktioiden johdosta. (Korroosiokäsikirja 1988.)



Kuva 1. Sähkökemiallisen korroosion toimintakaavio (Opetushallitus 2010)

Sähkökemiallisessa korroosiossa (kuva 1) anodi luovuttaa elektroneja katodille elektronijohteen ja elektrolyytin välityksellä. Anodi hapettuu luovuttaessaan elektroneja ja katodi pelkistyy vastaanottaessaan niitä. Sähkökemiallinen korrosio vaatii aina suljetun virtapiirin, jossa anodi ja katodi ovat yhteydessä toisiinsa. Sähkökemiallisessa reaktiossa metalli tai metallit muodostavat korroosioparin, joka aiheutuu potentiaalieroista. Alhaisemman potentiaaloin omaava anodi syöpyy. Korroosioparin syntymisen rakenteeseen aiheutuu eri metallien jalousaste-eroista. Lisäksi elektrolyytin koostumuserot rakenteen eri kohdissa tai metallin muokkaaminen ja lämpökäsittely synnyttävät potentiaalieroja rakenteen materiaaleissa. (Korroosiokäsikirja 1988.)

Galvaaninen korrosio on sähkökemiallista korroosiota, jossa kaksi jalousasteeltaan erilaista metallia ovat yhteydessä toisiinsa (Korroosiokäsikirja 1988). Galvaanista korroosiota voi ilmetä sellaisissa LVV-verkostoissa, joissa on käytetty eri putkimateriaaleja. Esimerkiksi sinkitty teräs, kupari ja messinki saattavat muodostaa keskenään galvaanisen korroosioparin vesijohtoverkostossa. Kupari on jalompaa metallia kuin sinkitty teräs ja tulee näin ollen asentaa virtaussuunnassa sinkityn teräksen jälkeen (Helenius ym. 1998.). Galvaanisen korroosion syntyyn vaikuttavat myös materiaalmäärät. Epäjalompi metalli syöpyy sitä nopeammin, mitä vähemmän sitä on jalompaan metalliin nähden (Korroosiokäsikirja 1988). Lämpöjohtoverkostoissa ei synny sähkökemiallista korroosiota johtuen veden vähäisestä happipitoisuudesta. Vesijohtoverkoston veden laatu saattaa sen sijaan vaihdella, jolloin vesijohtomateriaalit ovat enemmän alttiita korroosiolle. Makea vesi ei kuitenkaan johda sähköä siinä määrin mitä esimerkiksi suolainen merivesi. (Helenius ym. 1998.)

Eroosiokorroosiossa putken sisäpinta syöpyy veden virtausominaisuuksista ja sähkökemiallisesta korroosiosta johtuen (Helenius ym. 1998). Tavallisesti eroosiokorroosiota ilmenee putkiston kohdissa, joissa syntyy veden virtauksen epäjatkuvuuskohtia. Epäjatkuvuuskohta aiheuttavat vesivirtaan pyörteitä, joissa veden virtausnopeus kasvaa suuremmaksi (Korroosiokäsikirja 1988). Näitä paikkoja ovat esimerkiksi T-haarot, mutkat, juotoskohdat ja liitoskohtien jyrkät olakkeet (Helenius ym. 1998). Putkistoissa ilmevä korroosiota on aiemmin yritetty estää pinnoittamalla putken sisäpinta metallilla, joka pyrkii muodostamaan pinnalleen suojakerroksen. Esimerkiksi sinkki ja teräs muodostavat galvaanisen korroosioparin vesijohtoverkostomateriaalina (kuumasinkitty teräs), jossa sinkki (anodi) uhrautuu ja teräs (katodi) säästyy. Lisäksi sinkkikerroksen sähkökemialliset ominaisuudet suojaavat runkomateriaalina olevaa terästä. (Korroosiokäsikirja 1988.)

2.2 Sinkitty teräsputki

Sinkittyä teräsputkea on käytetty ja käytetään edelleen kiinteistön kylmävesijohdoissa. Pääasialliset käyttökohteet ovat nykyään runkovesijohdot ja sprinklerijärjestelmät. Sinkityn teräsputken käyttö Suomessa linja- ja kytkentäjohtoina lopetettiin 1970-luvun puolivälissä. Sinkityn teräsputken sisäpuolen pinnoitteen laatu ja paksuus ovat vaihdelleet putken käyttöhistorian aikana ja vaurioita ilmenee usein putkissa, jotka on asennettu 1960-luvun jälkeen. Sinkityssä teräsputkessa esiintyvä vauriomuoto on yleensä eroosiokorroosio ja galvaaninen korroosio. (Helenius ym. 1998) Rakennuksissa on käytetty galvanoitua teräsputkea ja kuumasinkittyä teräsputkea. Sinkillä galvanoitua teräsputkea on käytetty ensimmäisestä maailmansodasta 1960-luvun lopulle asti, jonka jälkeen siirryttiin käyttämään kuumasinkittyä teräsputkea. (Kerrostalot 1880–2000. 2006: 113, 181.)

Sinkityn teräsputken sisäpinnalle syntyy korroosiotuotetta galvaanisen korroosion johdosta. *Korroosiotuotteet saostuvat teräksen pinnalle ja suojaavat sitä.* (Korroosiokäsikirja 1998.) Kun korroosiotuotekerros on kulunut pois, teräkseen kohdistuva korroosio on voimakasta ja nopeaa syövyttäen nopeasti teräsputken seinämän puhki. Epäedullisissa olosuhteissa sinkityn teräsputken eroosio saattaa olla hyvin nopeaa, jolloin putki on alttiimpi korroosiolle ja vaurioille. (Korroosiokäsikirja 1988; Helenius ym. 1998.)

Sinkityn teräsputken käyttöikä on huomattavasti riippuvainen sinkkikerroksen paksuudesta putken sisäpinnalla. Ohut sinkkipinnoite kuluu nopeasti pois, jolloin sen pinnalle

ei muodostu suojaavaa korroosiotuotekerrosta. Paksumman sinkkipinnoitteen omaavat putket ovat kestäneet paremmin. Sinkittyjen teräsputkien vauriokohdat sijoittuvat pääasiassa haarakohtiin, joissa veden virtausominaisuudet muuttuvat. Epäjatkuvuuskohdat aiheuttavat pyörteitä T-haaroihin ja mutkiin, jolloin veden virtausnopeus kasvaa ja korroosiotuotekerros kuluu nopeammin pois. (Helenius ym. 1998.)

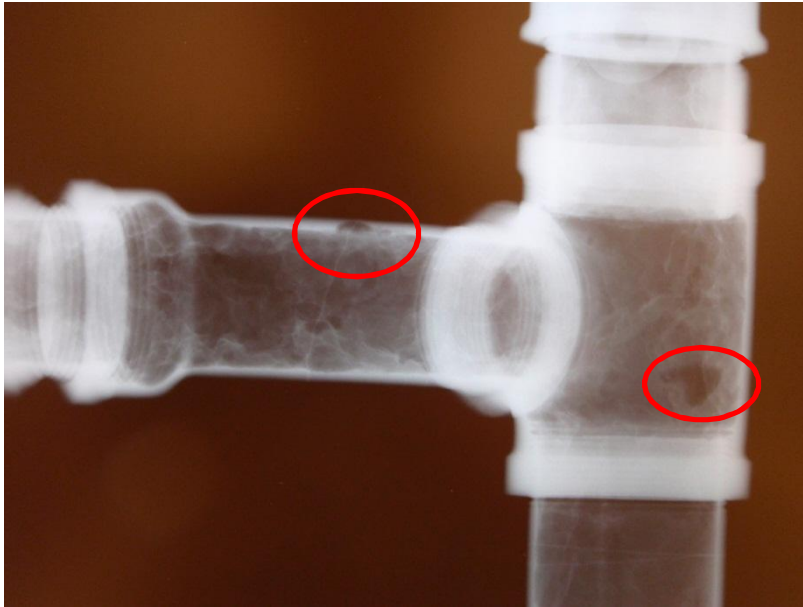
Ulkopuolisen ympäristön vaikutus sinkityissä teräsputkissa ilmenee kierteitetyissä liitoskohdissa, joissa sinkkipinnoite on poistunut kierteitetyön yhteydessä ja kierrelitos ei ole mennyt tarpeeksi syväälle liitettävään putkeen. Ilman pinnoitetta jäänyt liitos syöpyy nopeammin jouduttuaan alltiiksi korroosiolle. (Helenius ym. 1998.) *Kuvassa 2* on esitetty ulkopuolisesta korroosiosta johtunut vuotojälki messinkisen venttiilin ja sinkityn teräsputken kierrelitospaikassa.



Kuva 2. Vuotojälki kylmän käyttövesijohdon kierrelitospaikassa (Vahänen Oy)

Sinkitty teräsputki voi syöpyä myös puhki ja aiheuttaa vesivuotoja pistekorroosion vaikutuksesta. Pistekorroosiota esiintyy usein vain paikallisesti. Pistekorroosiota ilmenee usein vesijohdoissa, joissa vesi sisältää klorideja ja sulfaatteja. (Helenius ym. 1998.) Kloridit tekevät putken sisäpintaa suojaavasta korroosiotuotekalvosta huokoisen, jolloin se ei suojaa teräsputkea riittävästi. Jos korroosiotuotekerros ei suojaa putkea kunnolla, on veden happipitoisuus suoraan verrannollinen korroosionopeuteen, eli vesijohdon

käyttöikä lyhenee. (Kekki ym. 2008.) Kuvassa 3 on esitetty röntgenkuva sinkitystä teräsputkesta, jonka seinämissä on syviä syöpymiä sekä T-haarassa että putkessa. Seinämät ovat syöpyneet lähes puhki eroosiokorroosion ja pistekorroosion johdosta.



Kuva 3. Röntgenkuva sinkitystä kylmävesijohdosta (Vahanen Oy)

2.3 Kupari ja messinki

2.3.1 Kuparin ja messingin käyttö

Kupariputkia käytetään yleisesti kaikissa rakennuksen sisällä kulkevissa vesijohdoissa. Kupariputkia on käytetty vesi- ja lämpöjohtomateriaalina 1900-luvun alkupuolelta lähtien (Kerrostalot 1880–2000. 2006). *Liitteessä 1* on esitetty ennen ja jälkeen vuoden 1960 valmistettujen kupariputkien mitat. Sinkityn teräsputken asentaminen lopetettiin hiljalleen 1970-luvun jälkeen (Helenius. ym. 1998; Kekki. ym. 2008), minkä jälkeen kylmävesijohdoina on käytetty pääasiassa kupariputkea. Kuparin hyvä materiaalikestävyys vesijohdoissa perustuu hapellisen veden ja kuparin kemiallisiin reaktioihin. Vedessä olevat happiatomit muodostavat yhdessä kuparin kanssa putken sisäpinnalle oksidikerroksen, joka suojaa kupariputken seinämiä metallin liukenemiselta. Kyseistä tapahtumaa kutsutaan metallin passivoitumiseksi. (Kekki ym. 2008)

Kuparisten vesijohtoverkostojen heikkoudet ovat liittyneet pääasiassa asennusvirheisiin, veden laatuun ja käyttöolosuhteisiin. Nämä kaikki vaikuttavat ja tietyissä olosuhteissa edistävät kupariputkissa esiintyviä korroosimuotoja. Kuparisissa vesijohtoverkostoissa yleisimmin esiintyvät korroosimuodot ovat pistekorroosio, eroosiokorroosio, piilokorroosio, jännityskorroosio ja messinkijuotosliitoksissa selektiivinen korroosio. (Kekki ym. 2008.) Veden laadulla on suurin merkitys kuparisten vesijohtoverkostojen korroosioon (Helenius ym. 1998). Veden laatu vaikuttaa kupariputken sisäpinnalle syntyvän passiivikalvon muodostumiseen. Esimerkiksi veden pH-arvon ollessa 8,1 kuparin passivoituminen tehostuu, kun taas veden alumiinipitoisuus lisää merkittävästi korroosioriskiä kylmän veden putkistoissa. (Kekki ym. 2008.)

Kupariputken mekaaninen kestävyys säilyy 280 °C:seen asti (Kekki ym. 2008), mutta sen korroosiokestävyys on parhaimmillaan 55–65 °C:ssa (Helenius ym. 1998). *Lämminvesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että veden lämpötila on siinä vähintään 55 °C.* (SRmk D1. 2007: 8)

2.3.2 Korroosimuodot

Kupariputken vauriot johtuvat yleisimmin pistekorroosiosta (Kekki ym. 2008; Helenius ym. 2008). Pistekorroosio ja eroosiokorroosio yhdessä kattavat kupariputkistojen vauriotapauksista jopa 70 %. Pistesyöpymät voivat johtua asennuksessa jääneiden kiintoaineiden saostumisesta tai paikallisista oksidikalvovaurioista. Suomessa pistekorroosiota esiintyy lähes ainoastaan lämpimän käyttöveden putkistoissa. (Kekki ym. 2008.) Pistesyöpymä syntyy, kun kupariputken pinnalle pääsee syntymään kohta, johon veden happimolekyylit eivät pääse vaikuttamaan (Helenius ym. 1998). Hapettoman kohdan syntyminen voi johtua putken sisälle päässeestä liasta (Kekki ym. 2008), kun esimerkiksi jäysteitä ei ole jyrstetty putken katkaisuvaiheessa tai putkistoa ei ole huuhdeltu asianmukaisesti ennen käyttöönottoa.

Paikallisten korroosimuotojen lisäksi kupariputkessa esiintyy yleistä korroosiota. Vesijohtoissa yleinen korroosio kuluttaa kupariputken seinämiä arviolta 10 µm vuodessa. Kuparisesta tehdyssä käyttövesiputkistossa yleinen korroosio ilmenee niin sanottuna *sinisen veden häiriönä*. Kuparin liukenemisen veteen aiheuttaa lähes aina hapan vesi. Happaman veden ja pesuaineiden yhdistelmät saattavat aiheuttaa vihertäviä värjäytymiä. Kuparin liukenemista esiintyy lähes aina kupariputkien uusimisen jälkeen. Kuparin liukenemista voidaan vähentää veden käsittelyllä. (Korroosio käsikirja 2006: 495.)

Eroosiokorroosio on mekaanisen kulumisen ja sähkökemiallisen korroosion yhteisrasitusta. Liian korkea virtausnopeus kuluttaa kupariputken oksidikerroksen, jolloin kupari liukenee veteen. Veden suuri virtausnopeus voi johtua epäjatkuvuuskohtien aiheuttamasta turbulenssista putkessa (Korroosiokäsikirja 1988.). Veden eroosion vaikutus kasvaa, mikäli vedessä on kaasukuplia tai kiinteitä hiukkasia (Helenius. ym. 1998). Eroosiokorroosion vaara lisääntyy jatkuvan virtauksen vesijohdoissa, joissa vesi on lämmintä ja pehmeää, kuten lämpimän veden kiertojohdoissa. Eroosiokorroosio on yleisempää pienemmissä kuparivesijohdoissa. (Korroosiokäsikirja 1988: 489.)

Selektiivinen korroosio eli valikoiva korroosio ilmenee kupariputkien liitoskohdissa käytettyjen messinkijuotosten haurastumisena (Kekki ym. 2008: 69). Messinkiosissa valikoiva korroosio ilmenee sinkin katoa. Epäjalompi sinkki liukenee pois ja huokoinen kupari jää jäljelle. Veden koostumus ja lämpötila vaikuttavat sinkin kadon voimakkuuteen. (Korroosiokäsikirja 1988: 492.) Sinkin katoa esiintyy yleisimmin kupariputkien liitoksissa, jotka on asennettu vuosina 1950–1970. Sinkin kadon seurauksena juotoksen lujuus katoaa, jolloin liitos saattaa murtua ja aiheuttaa vesivuodon. (Kekki ym. 2008: 63, 75.)



Kuva 4. Sinkin katoa kupariputken ulkopinnalla (Vahanen Oy)

Sinkin kato näkyy liitoksen pinnalla vaaleana korroosiotuotteena (*kuva 4*). Sinkinkato aiheuttaa myös ongelmia ennen vuotta 1970 asennetuissa messinkisissä venttiileissä ja liitososissa (Kekki ym. 2008: 75.) *Kuvissa 5 ja 6* on esitetty esimerkkejä sinkinkadon

esiintymisistä messinkijuotoksissa ja messinkisissä venttiilipesissä. Vuoden 1977 jälkeen vesijohtoverkostoihin on saanut asentaa vain sinkinkadon kestävästä messinkistä. Noin 30 % kupariputkien vauriotapauksista johtuu messinkijuotosten teknisen käyttöönsä loppumisesta. Messinkijuotosten on arvioitu kestävän 20–50 vuotta. (Kekki ym. 2008: 74, 63, 143.)



Kuva 5. Sinkinkatoa kupariputkien liitoskohdassa (Vahnen Oy)



Kuva 6. Sinkinkatoa kupariputkien ja istukkaventtiilien liitoskohdassa (Vahnen Oy)

Sinkin kato on yleisempää lämpimän käyttöveden kuin kylmän veden verkostoissa (Helenius ym. 1998: 50) Sinkin kadon korroosiotuote kertyy usein syöpymiskohtaan, jolloin

se aiheuttaa häiriötä vesivirtaan (Korroosiokäsikirja 2006). Joskus sinkinkato etenee läpi putken profiilin kertyen putken sisäpinnalle ja pienentäen veden virtauspinta-alaa (kuva 7).



Kuva 7. Sinkinkadon korroosiotuote on kertynyt kupariputken sisälle (Vahanen Oy)

Rakokorroosiota ilmenee herkästi sellaisissa metalleissa, joiden korroosiokestävyys perustuu passivoitumiseen, kuten kupari ja ruostumaton teräs. Korroosion syntyminen vaatii syntyäkseen aggressiivisen liuoksen, esimerkiksi veden, jonka pH on emäksinen tai hapan. Myös kloridi-ioneja sisältävä vesi kiihdyttää rakokorroosiota. Raossa vesi ei pääse vaihtumaan samalla tavalla kuin muilla putken sisäpinoilla. Veden seisoessa sen koostumus muuttuu aiheuttaen happikonsentraatioeroja. Tässä tilanteessa rakoön syntyy vähähappisia ja hapellisia alueita, joista muodostuu anodeja ja katodeja. Hapettomista alueista tulee anodeja, ja ne syöpyvät. Rakokorroosiota ilmenee yleensä erilaisissa liitoksissa, kuten hitsausliitoksissa. (Korroosiokäsikirja 1988: 107, 108.) Piilokorroosio perustuu samaan syntyprosessiin kuin rakokorroosio, mutta se syntyy yleensä putken pinnalle kertyneiden lika ja korroosiotuotesaostumien yhteyteen. Kiintoaineiden yhteyteen syntyy happikonsentraatioeroja, jotka aiheuttavat korroosiota. (Kekki ym. 2008: 37.)

Jännityskorroosio aiheuttaa kappaleen repeytymisen. Korroosiota ilmenee tietyissä kuparimetallisissa tuotteissa, jotka altistuvat vetojännitykselle ja syövyttävälle ympäristölle samanaikaisesti. Runsassinkkiset messingit ovat herkkiä jännityskorroosiolle.

(Korroosiokäsikirja 1988: 494) Jännityskorroosio on enemmän nykyään käytettyjen messinkiosien vauriomekanismi. *Jännityskorroosio voi edistää sinkinkatoa ja sinkinkato jännityskorroosiota*. Korroosiota ilmenee yleensä pistesyöpymien, sinkinkadon tai naarmujen yhteydessä. Jännityskorroosio vaatii pieniä määriä tiettyjä kemikaaleja syntyäkseen. Näitä ovat muun muassa ammoniakki, ammoniumsulfaatti, nitraatit ja fluoridit (Kekki ym. 2008: 75) sekä ammoniakin kaltaiset aineet tai elohopea (Korroosiokäsikirja 1988: 494).

2.4 Teräsputket lämpöjohtoverkostossa

Teräsputkia käytetään yleensä lämmitysverkoston putkimateriaalina (Putkistojen asennus 2004). Lämmitysverkoston putki on koostumukseltaan suojaamatonta hiiliterästä (Korroosiokäsikirja 1988: 449). Hiiliteräsputki sopii sekä rakennuksen ulkopuolisiin että sisäpuolisiin lämpöjohtoverkostoihin (Putkistojen asennus 2004). Teräksen korroosikestävyys riippuu veden koostumuksesta. Teräksen seospitoisuudet vaikuttavat vain vähän korroosioon syntyyn. Korroosion ilmeneminen riippuu pääasiassa veden happipitoisuudesta, pH-arvosta ja kalkkitasapainosta.

Lämpimissä ja hapettomissa olosuhteissa teräsputken pinnalle syntyy suojaava magneettikalvo. Hiiliteräksen korroosiosuojaus hapellisessa ja makeassa vedessä voidaan myös toteuttaa erilaisilla pinnoitteilla, kemikaaleilla tai inhibiittoreilla. (Korroosiokäsikirja 1988: 450.) Korroosioeston kannalta on tärkeää pyrkiä pitämään lämmitysverkoston vesi hapettomana. Tilojen käyttäjien itse suorittamat patterien ilmaukset saattavat vähentää veden määrää verkostossa. Tällöin putkistoon täytyy lisätä vettä, joka usein on hapellista. Lämmitysverkoston hapellinen vesi lisää suojaamattoman teräksen korroosiota huomattavasti ja lyhentää lämmitysputkien käyttöikä. Teräsputkien standardi koot ja seinämävahvuudet on esitetty *liitteessä 2*.

2.5 Valurautaviemärit

2.5.1 Valurautaviemäriin käyttö

Kiinteistön jätevesien johtamiseen käytetään yleisesti muoviviemäreiden lisäksi valurautaviemäreitä (Putkistojen asennus 2004). Valuraudaksi kutsutaan raudan ja hiilen seosta, jossa hiiltä on enemmän kuin 1,7 %. (Korroosiokäsikirja 1988: 444) Kiinteistön

valurautaviemärit ovat olleet harmaata valurautaa (suomugrafiittirauta) 1980-luvun lopulle asti ja sen jälkeen pallografiittirautaa. Uudisrakentamisessa käytetään pinnoitettua pallografiittirautaputkea. (Kekki ym. 2008: 41, 48.) Ensimmäiset epoksinnoitetut valurautaviemärit tulivat markkinoille 1991. (LVI-tekniikka - Korjausrakentaminen. 2001: 120.) Suojaamatonta valurautaa on käytetty putkistoissa, venttiileissä ja pumpuissa. (Korroosiokäsikirja 1988: 449). Sisäpuolelta pinnoittamattomia pallografiittiputkia on asennettu Suomessa 1980-luvulla.

2.5.2 Korroosio

Harmaan valurautaviemäriin yksi korroosimuoto on selektiivinen korroosio, joka ilmenee grafitoitumisena. Grafitoituneet alueet toimivat katodina, joka aiheuttaa anodina olevan teräksen syöpmisen. Harmaan valurautaviemäriin ollessa käyttöikänsä lopussa on viemäriin pinnassa jäljellä vain huokoiseen ruosteeseen sitoutunut grafiittikerros. (Korroosiokäsikirja 1988: 449.) Grafitoituminen voi olla yleistä tai paikallista. Grafitoitunut putki säilyy koskemattoman näköisenä, mutta sen mekaaninen kestävyys heikenee merkittävästi. Harmaan valurautaan suhteelliseen pitkään käyttöikänsä on vaikuttanut merkittävästi pallografiittivalurautaa paksumpi seinämävahvuus. (Kekki ym. 2008: 42, 43.) Harmaan valurautaputken seinämävahvuudet on esitetty *liitteessä 3*.

Harmaan valurautaan muita syöpymismuotoja ovat yleinen korroosio sekä piste- ja mikrobiologinen korroosio. Näiden kaikkien syntyyn vaikuttavat puutteelliset pinnoitteet tai niiden puuttuminen, veden laatu tai ulkopuolisen ympäristön olosuhteet. Harmaa valurauta on kovaa eikä se kestä hyvin mekaanista rasitusta. (Kekki ym. 2008: 42, 44.) Valurautaviemäreiden ulkopuolinen syöpyminen on yleistä. Ulkopuolista syöpymistä tapahtuu usein valurautaviemäreillä, jotka on asennettu maahan tai ryömintätiloihin. (Helenius ym. 1998: 54.) *Kuvassa 8* on esitetty ryömintätilan lattiaan upotettu valurautaviemäri, jossa on havaittavissa korroosiotuotetta putken ulkopinnalla.



Kuva 8. Valurautaviemärin ulkopinta on altistunut ulkopuoliselle korroosiolle (Vahanen Oy)

Pallografiittiputken, joissa pinnoitteet ovat vaurioituneet tai puuttuvat kokonaan, korroosiomekanismit ovat lähes samanlaisia kuin harmaalla valuraudalla. Tyypillisiä syöpymismuotoja ovat pistekorroosio, yleinen korroosio, mikrobiologinen korroosio ja grafitoituminen. (Kekki ym. 2008: 48, 49.) Mikrobiologista korroosiota esiintyy yleensä keittiöviemäreissä, joissa jätevesi on saostunut putken sisäpinnalle (Helenius ym. 1998: 54). Kokemustemme mukaan myös viemärikaasut aiheuttavat korroosiota valurautaviemäreiden yläpinnoille vaakaosuuksilla. Röntgenkuvista on usein havaittu, että valurautaviemärin seinämät ovat syöpyneet huomattavasti enemmän yläpinnalta kuin jäteveden vaikutuksen alaisena olevalta alapinnalta. *Kuvassa 9* on esitetty viemärin sisäpuolisessa TV-kuvauksessa havaittu valurautaviemärin yläpinnan sortuminen.



Kuva 9. Sortuma valurautaviemärin yläpinnassa (Vahanen Oy)

Pallografiittiraudasta valmistetut putket kestävä paremmin mekaanista rasitusta ja painetta, jonka vuoksi seinämäpaksuudet ovat ohuempia kuin suomugrafiittiputkessa (Kekki ym. 2008: 47, 48). Pallografiittiputkien mitat on esitetty *liitteessä 4*. Ohuen seinämäpaksuuden ja sisäpuolen pinnoituksen puuttuminen on aiheuttanut pallografiittiraudasta valmistettujen valurautaviemäreiden ennenaikaisen käyttöikänsä päättymisen 1980-luvulla asennetuissa putkissa. Pallografiittirautaputkien sisäpuoliset pinnoitukset ovat olleet myös epäonnistuneita, aiheuttaen pinnoitteiden irtoamisen käytön aikana.

2.5.3 Painaumat ja tukokset

Valurautaviemäreissä olevat painaumat aiheuttavat toiminnallisen riskin. Vaakaosuuksilla tukoksia saattaa aiheuttaa rikkoutuneet tiivisterenkaat, johon kiintoainekset tarttuvat kiinni. (Helenius ym. 1998: 54.) Painauma voi johtua myös huonosta kannakoinnista, jolloin valurautaviemäriin pantaliitoskohta pääsee notkahtamaan. Painaumakohdassa jätevesi jää seisomaan aiheuttaen putkeen vesitäyttöä. Notkahduksen johdosta viemäri ei vietä laskusuuntaan, jolloin siihen kertyy kiintoaineksia aiheuttaen tukoksen.

Tonttaviemäreinä käytettyjen valurautaviemäreiden vauriomekanismeja voivat olla putkimateriaalin heikkeneminen korroosion johdosta, siirtymät ja painaumat. Näistä voi seurata tukoksia ja putkirakenteen rikkoutumisia. Rikkoutuneet tonttaviemärit saastuttavat maaperää. (Helenius ym. 1998: 54.)

2.6 Muoviviemärit

2.6.1 Muoviviemärijärjestelmät

Uudisrakentamisessa käytetään viemärimateriaalina valuraudan lisäksi erilaisia muoveja. Yleisimmät kiinteistöviemärien putkimateriaalit ovat PP, PEH, PE ja PVC. (Putkistojen asennus 2004: 8.) Muoviputkea käytettiin kiinteistön ulkopuolisina viemäreinä jo 1950-luvulla ja ensimmäiset rakennuksen sisäpuoliset muoviviemärit asennettiin 1962. Muoviviemärimateriaalit olivat PVC- ja PE-muovit. (Harju ym. 2001: 120.) Muoviviemäreissä oli aluksi paljon liitosongelmia ja niiden lämmönkesto oli huono. Tämä hidasti muoviviemäriin yleistymistä. (Kerrostalot 1880–2000. 2006: 181.) Muoviviemäreitä käytetään jäte- ja sadevesien johtamiseen kaivoihin.

Muoviviemäreiden keskinäiset erot ovat merkittäviä vaikka niitä yleensä käsitellään yhtenä materiaalina. Lämpötila on muoviputkilla tärkeä ympäristömuuttaja ja se vaikuttaa oleellisesti putken kestävyys- ja käyttöikänsä. Suunnittelussa ja asentamisessa on otettava huomioon muoviputkien suuri lämpölaajeneminen. Tietyt muoviputkimateriaalit sopivat tietynlaisiin asennuksiin lujutensa ja jäykkyytensä johdosta. (Kekki ym. 2008: 88, 89.)

2.6.2 Vauriomekanismit

Muoviputkien vaurioitumiseen ja käyttöikänsä vaikuttavat ympäristö, kuormitus ja materiaali. Muoviputkea heikentäviä ympäristötekijöitä ovat muun muassa aggressiiviset kaasut, nesteet ja mikrobiologinen toiminta. Kuormitustekijöitä ovat lämpötilavaihtelut, mekaaninen rasitus, vauriot putken pinnalla ja erilaisten liitosten kestävyys sekä paine. Muoviputkien rakenteet ja ominaisuudet ovat erilaisia, joten ne käyttäytyvät eri tavalla eri olosuhteissa. (Kekki ym. 2008: 90.) Asuinrakennuksissa muoviviemärit kestävät hyvin eivätkä ne altistu korroosiolle jäteveden vaikutuksesta (Harju ym. 2001: 120).

Muoviviemäreissä voi esiintyä kemiallista korroosiota aggressiivisten viemäri-vesien johdosta. Aggressiivista vettä voi syntyä liuottimien ja öljypitoisten aineiden päätyessä viemäriverkostoon. Muoviviemäriin kestävyys voi heikentyä myös jatkuvista viemäri-vesien korkeista lämpötiloista. Puskuhitsausliitoksissa voi esiintyä vuotoja ja sauman haurastumista. (Harju ym. 2001: 133.)

2.6.3 Toiminnalliset viat

Muovisten tonttiviljelmäareiden vauriot johtuvat yleensä jäätymisestä, korroosion tai ahautumisesta. Näistä johtuen viemäri voi tulvia, tukkeutua tai jäätymään. (Harju ym. 2001: 134.) Piha-alueiden jäte- ja sadevesiviemäreiden vaurioitumismekanismit ovat samankaltaisia. Viemäriputkien pienet kaadot ja virtaamat aiheuttavat kiintoaineiden kertymiä ja sitä kautta tukoksia. Painaumat johtuvat pehmeistä maa-alueista ja huonosti tehdyistä viemärikaivannoista sekä pohjavahvistuksista. Kaivannon täyttövaiheessa viemärit voivat rikkoutua täyttömaan mukana olevista kivistä. (Helenius ym. 1998: 54, 55.)

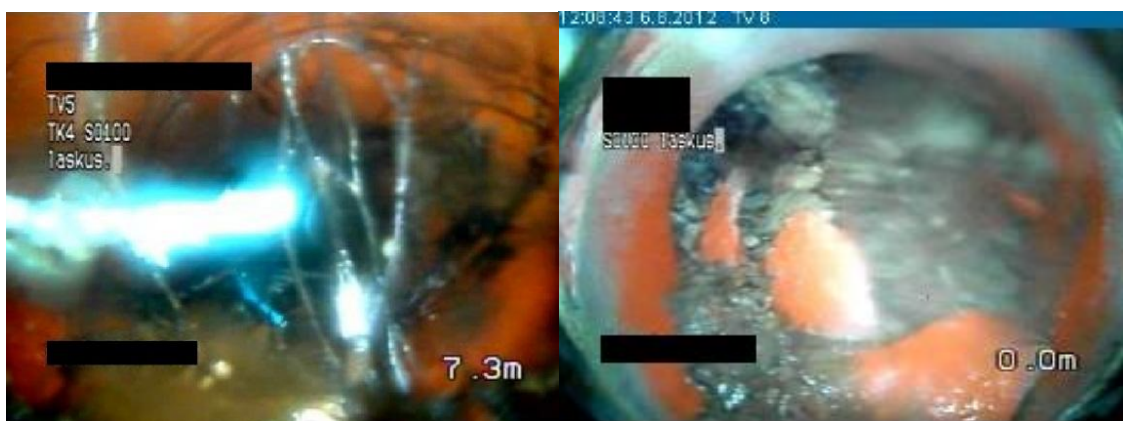
2.7 Salaojat

2.7.1 Salaojajärjestelmä

Salaojien tarkoitus on pitää maasta nousevan perusveden pinta halutulla korkeudella. Perusvesien nousu talon pohjarakenteisiin aiheuttaa kosteusongelmia. Tämän vuoksi salaojitus tehdään anturoiden alapuolelle ja salaojaputken ympäristö täytetään vettä läpäisevällä sorakerroksella. Perusvedet ohjataan salaojaputkiston ja kaivojen kautta sadevesiviemäriin. Salaojaputken suunnanmuutoksessa tulisi olla tarkastuskaivo. Salaojaverkostojen materiaalina on käytetty aiemmin tiilestä tehtyä putkea. (Harju, ym. 2001: 130, 134.) Uudis- ja korjausrakentamisessa käytetään standardin SFS 6575 vaatimukset täyttäviä PE- ja PP-putkia. Putken rengasjäykkyyden tulee olla vähintään luokkaa SN8. (Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2010: 7.)

2.7.2 Vauriomekanismit

Vanhojen tiilestä valmistettujen salaojaputkien (ruukkuputkien) vauriot johtuvat pääasiassa huonosta asennustavasta. Maa-aines pääsee yleensä tunkeutumaan putken sisälle liitoskohdista. Mutkat aiheuttavat sivuttaissiirtoja vaakasuunnassa putkien liitoskohdissa, jolloin liitoskohtiin syntyy suurempia aukkoja. (Harju ym. 2001: 134.) Salaojan toiminnan häiriintymisen voi aiheuttaa myös painaumat. Ne syntyvät yleensä rakentamisvaiheessa liian suurista maakuormista (Helenius ym. 1998: 56). Kasvien juuret saattavat joissain tapauksissa tunkeutua putken sisälle aiheuttaen tukoksia, kuten kuvassa 10 on esitetty. Tiilistä valmistettujen salaojaputkien toiminta perustuu liitoskohdissa oleviin aukkoihin, joista maaperän vesi pääsee putkiston sisälle. Tiiliputket ovat yleensä jo rikkoutuneet tutkimusvaiheessa maakuormasta johtuen, kuten kuvassa 11 on esitetty.



Kuvat 10, 11. Tiilestä valmistettujen salaojaputkien tyypillisiä vauriomekanismeja (Vahanen Oy)

2.7.3 Toiminnalliset viat

Salaojaverkoston toimintahäiriöt ovat yleensä seurausta edellisessä kappaleessa mainituista vaurioista johtuen. Toiminnallisen häiriö aiheuttaa usein jokin ulkopuolisen ympäristötekijän aiheuttama tukos. TV-kuvauksessa (kuva 12) näkyy salaojaputken painuma, joka on aiheuttanut toiminnallisen häiriön putkiosuudelle. Sisään painunut putki estää veden hallitun ohjautumisen salaojakaivoon. Salaojaputkeen kohdistuva vauriomekanismi, kuten hiekkatukos, ei aina aiheuta estettä salaojaputken toiminnalle. Vesi pääsee virtaamaan tukoksen läpi vähän hitaammin (kuva 13).



Kuva 12. Salaojaputken yläpinta on painunut kasaan ja putki on täyttynyt vedellä (Vahanen Oy)



Kuva 13. Salaojaputkessa on hiekkatukos, mutta se ei estä kokonaan putken toimintaa kaivojen välisellä putkiosuudella (Vahanen Oy)

Joskus pohjavedessä voi olla ferrorautaa, joka hapettuessaan saattaa sakkautua putkirakoihin tai salaojaputken sisälle, jolloin maaperästä tuleva vesi ei kulkeudu putken sisälle. Salaojaputken ympärille kasattava maa-aines saattaa olla myös vääränlaista, jolloin se ei läpäise vettä vaan tukkii putken. (Helenius ym. 1998: 56.)

3 Tutkimuksen aloitus

3.1 Lähtötietojen hankinta

Putkistojen kuntotutkimuksen suunnittelu ja toteutus perustuu olennaisesti etukäteen saataviin lähtötietoihin. Tärkeimmät lähtötiedot ennen tutkimusta ovat isännöitsijätodistus, josta saadaan kattava määrä tietoa rakennuksesta, sen ylläpidosta ja korjaushistoriasta. Kiinteistön LVI-tekniisten järjestelmien hahmottamiseksi ylläpitohenkilökuntaa ja tilankäyttäjiä haastatellaan sekä käyttöön hankitaan kiinteistön LVI-tekniiset piirustukset.

3.2 Isännöitsijätodistus

Isännöitsijätodistukseen on kirjattu kaikki tärkeimmät kiinteistön tiedot. Valtioneuvoston asetuksen 12.5.2010/365 nojalla on määritelty isännöitsijätodistuksessa mainittavat kiinteistöä koskevat tiedot. Putkistojen kuntotutkimuksen osalta isännöitsijätodistuksesta löytyvät tärkeimmät tiedot ovat yhtiön nimi- ja osoitetiedot, yhtiön kiinteistön kokoon liittyvät tiedot, isännöitsijätiedot, kiinteistön tutkimuksiin ja korjauksiin liittyvät tiedot ja LVV-tekniisiin järjestelmiin liittyvä korjaushistoria (VNa 12.5.2010/365).

3.3 Haastattelut

Haastattelemalla kiinteistön hallinto- ja huoltohenkilökuntaa sekä tilojen käyttäjiä saadaan yksityiskohtaista tietoa LVV-järjestelmien puutteista ja tehdyistä korjaustoimenpiteistä. Tällöin putkistojen kuntotutkija pystyy suunnittelemaan ja kohdentamaan tutkimuksen oikeisiin paikkoihin. Putkistojen kuntotutkija ottaa huomioon haastatteluista saadut tiedot kuntotutkimusraporttia laadittaessa.

Isännöitsijää haastatellaan kuntotutkimuksen tilauksen yhteydessä, jolloin saadaan isännöitsijän näkemys rakennuksen kokonaistoiminnasta. Kenttätutkimusta tehtäessä tarvitaan pääsy kiinteistön yhteisiin tiloihin, jolloin voidaan ottaa huollosta vastaava henkilö mukaan avaamaan ovia ja kerätä häneltä vielä yksityiskohtaisempaa tietoa rakennuksen historiasta isännöitsijän näkemyksen lisäksi. Asunto-osakeyhtiöiden hallituksen jäsenillä saattaa myös olla pitkä historia taloyhtiössä, jolloin heidän tietämystään voidaan hyödyntää tutkimuksessa. (Helenius ym. 1998.)

3.4 LVI-piirustukset

LVI-tekniset piirustukset hankitaan tutkimuksen suunnitteluun ennen kenttätutkimuksen aloittamista. Piirustuksia tarvitaan niistä järjestelmistä, joista putkistoja tutkitaan. (Helenius ym. 1998.) Isännöitsijän olisi hyvä toimittaa tarvittavat piirustukset tarjouspyynnön liitteenä. Mikäli piirustukset puuttuvat liitteistä, otetaan yhteys tarjouspyynnön lähettäjä. Mikäli isännöitsijällä tai muulla tarjousta pyytävällä taholla ei ole tutkimuskohteen piirustuksia olemassa, voidaan piirustuksia etsiä tutkimuskohteen paikkakunnan kaupungin arkistosta, mahdollisesti kiinteistössä sijaitsevasta arkistosta tai urakoitsijoilta ja suunnittelijoilta, jotka ovat aiemmin olleet tekemisissä kiinteistön korjauksien tai rakentamisen kanssa. Piirustusten hankintaa ehdotetaan tutkimuksen tilaajalle lisätyönä. (Helenius ym. 1998.)

Kokemustemme mukaan tutkimuksessa tarvittavia LVI-piirustuksia ovat LVI-asemapiirustus, josta selviävät kiinteistön ulkopuolisten putkistojen ja kaivojen sijainnit, sekä sisäpuolisista järjestelmistä pohja- ja kellarikerroksien lämmitys-, vesi- ja viemäripiirustukset. Vesijohdot, jätevesiviemärit ja sadevesiviemärit on usein kuvattu samassa piirustuksessa. Raportointivaiheessa, kun mahdollisen putkiremontin hinta-arvioita muodostetaan, on hyvä olla käytössä myös kiinteistön LVV-järjestelmien linjapiirustukset.

3.5 Tutkimuksen suunnittelu

Putkistojen kuntotutkimuspaikat valitaan alustavasti LVV-, sadevesi- ja salaojapiirustusten avulla ennen tutkimuksen aloittamista. Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistojen sekä lämmitysjärjestelmän tutkimukset suoritetaan usein rakennuksen kellarikerroksissa, joissa suurin osa LVV-tekniikasta sijaitsee. Sadevesiviemäri- ja salaojatutkimukset suo-

ritetaan kiinteistön tarkastuskaivoista, jotka yleensä sijaitsevat piha-alueilla tai kiinteistön pohja- ja kellarikerroksissa.

Piirustuksista havainnoidaan etukäteen jätevesiviemäreiden puhdistusluukkujen ja tarkastuskaivojen sekä sadevesi- ja salaojakaivojen sijainnit, joista pohjaviemärit, sadevesijärjestelmä ja salaojaputkisto päästään TV-kuvaamaan. LVV-piirustuksista valitaan röntgenkuvauspaikat niistä kohdista, joissa putkistojen riskikohdat sijaitsevat ja putkisto-osuudet ovat näkyvillä. Lopulliset kuvauspaikat valitaan kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella.

4 Tutkimusmenetelmät

4.1 Havainnointi

Silmämääräistä tutkimusta tehdään rakennuksen kenttätutkimusvaiheessa niin katselmuksessa kuin varsinaisessa tutkimuksessa. Silmämääräisten havaintojen tarkoituksena on havainnoida putkistojen ja laitteiden ulospäin näkyviä asioita. Rakennuksen sisäpuolelta havainnoitavia asioita ovat lämmönjakuhuone, putkistomateriaalit, putkikoot, liitostavat ja putkistovarusteet sekä mahdollisten asbestieristeiden kunto. Rakennuksen ulkopuolisista järjestelmistä silmämääräisesti havainnoidaan kaivojen näkyvyyttä ja kuntoa. Aistinvaraisten havaintojen perusteella voidaan kohdistaa tarkempien tutkimusten kohdat järjestelmässä.

Silmämääräisen tarkastelussa esille tulleet havainnot dokumentoidaan valokuvilla. Lisätiedot, kuten lämmönjakuhuoneen siirtimien tekniset tiedot otetaan muistiin. Putkimateriaalit ja niiden koot ovat olennaisia tietoja, koska ne vaikuttavat röntgenkuvauksen suorittamiseen. Materiaalit ja koot voidaan selvittää etukäteen vesi- ja viemäripiirustuksista, mutta ne mitataan myös tutkimuksen yhteydessä. Putkien liitostapojen havainnointi on tärkeää messinkijuotosten tunnistamisen kannalta.

Rakennuksen ulkopuolisten järjestelmien, kuten jätevesi- ja sadevesiviemäreiden ja salaojien, kunto tutkitaan TV-kuvauksella kaivojen kautta. Tässä yhteydessä tarkistetaan kaivojen näkyvyys. Kaivojen kannet ovat saattaneet jäädä maan alle piiloon asen-

nusvaiheessa. TV-kuvauksen yhteydessä kaivojen sisäpuolinen kunto tarkistetaan ja dokumentoidaan valokuvilla. Kaivojen puutteet ja vauriot kirjataan ylös raporttia varten.

Aistinvaraisten havaintojen lisäksi tutkimuksessa käytetään erilaisia tutkimusmenetelmiä. Yleisimpiä tutkimustapoja ovat TV-kuvaus ja röntgenkuvaus. Kokemukseni mukaan edellä mainituilla kolmella tutkimusmenetelmällä saadaan riittävästi tutkimustietoa rakennuksen putkien kunnosta.

4.2 TV-kuvaus

Jätevesi-, sadevesi- ja salaojajärjestelmien kuntoa voidaan tutkia sisäpuolisella TV-kuvauksella. TV-kuvausta käytetään yleensä maan alla kulkevien putkien tutkimiseen. Kuvauskalustoon kuuluu kaapelilla varustettu kela, jonka päässä on kamera sekä valaisinyksikkö ja tallentava tietokoneyksikkö. Tietokoneelta voidaan katsoa kameran kuvaamaa viemäriä ja tehdä havaintoja putken sisäpuolisesta kunnosta. Samalla TV-kuvaus voidaan tallentaa myöhempää katselua ja analysointia varten. TV-kuvaus tehdään kaivoista tai tarkastusluukuista käsin.

TV-kuvauksella saadaan selville viemärijärjestelmien toiminnalliset ongelmat, kuten painaumat, tukokset ja rasvakertymät. Valurautaviemäreiden tv-kuvauksella voidaan yleensä nähdä myös valurautaviemäriin sisäpinnan korroosion aste paikoista, joista ei ole pystytty ottamaan röntgenkuvaa.

4.3 Röntgenkuvaus

Röntgenkuvauksen eli niin sanotun korroosiokuvauksen tarkoituksena on läpivalaista putken profiili filmille. Filmille valaistun putken kuntoa tutkitaan taustavalon avulla. Röntgenkuvasta tutkitaan putken seinämävahvuudet, syöpymät ja liitosvirheet. Röntgenkuvat otetaan yleensä putkiston riskikohdista, joissa korroosion ja eroosikorroosion aiheuttamat vauriot usein näkyvät.

Röntgenkuvan ottamiseksi täytyy tietää putkimateriaali ja sen seinämävahvuus. Lisäksi kuvattavien putkenosien tulee olla näkyvissä. Eristeet eivät haittaa röntgenkuvausta. Putkimateriaali vaikuttaa filmin kotelon valintaan, jossa vaihtoehtona on alumiinikotelo tai teräskotelo. Kupariputken kuvauksessa käytetään alumiinikoteloita ja teräsputkien

kuvauksessa teräskotelo. Röntgentykki asetetaan yhden metrin etäisyydelle kuvattavasta kohteesta. Tällöin filmille valaistu putki on todellisen kokoinen eli 1:1. Liitteinä (*Liitteet 1, 2 ja 3*) olevia putkikokotaulukoita käytetään hyväksi röntgenkuvan läpivalaisujan laskennassa. Röntgenkuvaajan ja kuvan onnistumisen kannalta olennaisinta on tietää putkimateriaali ja seinämävahvuus.

Röntgenkuvauksessa on riskejä, jotka hyvä kuntotutkija ja röntgenkuvaaja ottavat huomioon. Röntgenkuvauksen aikana vapautuu radioaktiivista säteilyä, jolta täytyy suojautua. Rakennusten kellarikerroksissa on yleensä paksut betoniseinät, jotka pysäyttävät säteilyn. Kuntotutkijan ja kuvaajan on kannettava mukanaan säteilymittaria, jotta turvallinen paikka läpivalaisun ajaksi voidaan löytää. Lisäksi kuntotutkijan ja röntgenkuvaajan tehtäviin kuuluu valvoa ja varmistaa, etteivät esimerkiksi kerrostalon asukkaat kulje säteilyalueella kuvauksen aikana. Kellarikerroksissa ylöspäin suuntautuvat röntgenkuvaukset tulee suunnitella etukäteen niin, että yläpuolella sijaitsevassa huoneistossa ei ole ihmisiä röntgenkuvauksen aikana. Näin estetään asukkaiden joutuminen röntgenkuvauskeilaan ja taataan heidän turvallisuus.

Röntgenkuvia voidaan ottaa myös digitaalitekniikan avulla. Digitaalisella röntgenkuvalla voidaan läpivalaista yhtä hyvin putken osia kuin perinteiselläkin laitteistolla. Digitaalinen laitteisto on säteilyn kannalta turvallisempi vähäisemmän säteilyn ansiosta. Digitaalisen röntgenkuvan etuna on myös nopeampi kuvausaika. Putkistojen kuntotutkijalla on mahdollisuus ottaa digitaaliset kuvat heti mukaansa kenttätöiden jälkeen esimerkiksi muistitikulle tallennettuna. Perinteinen röntgenkuvaus vaatii aina filmin kehittämisen. Perinteistä röntgenkuvaa tutkitaan taustavaloa vasten säätämällä valon voimakkuutta. Digitaalista röntgenkuvaa sen sijaan tutkitaan tietokoneruudulta käyttäen kuvankäsittelyohjelmaa.

Digitaalisella röntgenkuvauslaitteistolla on onnistuttu läpivalaisemaan myös muoviputken profiili ja putkessa ollut halkeama. Digitaalinen röntgenkuva saattaa avata uudenlaisen tutkimusmenetelmän muoviviemäreiden rakenteellisten vaurioiden selvittämiseen.

5 Tutkittavat järjestelmät

5.1 Lämmönjakohuone

Kiinteistössä tehtävässä tutkimuksessa lämmönjakohuoneen laitteisto tarkastetaan silmämääräisesti. Suurin osa kiinteistöistä käyttää tilojen lämmittämiseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen kaukolämpöä. Vuonna 2011 kaukolämpöenergian markkinaosuus oli 45,8 %, ja sitä myytiin 30,1 TWh:n edestä. Noin 2,7 miljoonan suomalaisen lämmin käyttövesi ja huoneistot lämpenevät kaukolämmöllä. (Energiavuosi 2011 – Kaukolämpö.) Kaukolämpöä käyttäviä rakennuksia oli vuonna 2010 yhteensä 164 721 (Rakennukset ja kesämökit - Rakennukset lämmitysaineen mukaan 1970–2010).

Kaukolämpösiirtimien käyttöikä on arviolta 15–25 vuotta, käyttövesisiirin noin 15–20 vuotta ja lämmitysverkoston siirin noin 20–25 vuotta. Metalliosat kestävät noin 10–30 vuotta riippuen laitteiston käyttöolosuhteista ja mitoituksesta. (Energiavuosi 2011 – Kaukolämpö) Energiateollisuus ry suosittelee kaukolämpölaitteiston täysimittaista katselmusta vähintään 15 vuotta käytössä olleille laitteistoille. (Energiatehokkuus – Kaukolämpö säästää energiaa – Laiteusinta edessä 2012.) Lämmönsiirtimien käyttöiän loppun merkkejä ovat silmämääräisesti havaitut vesivuotojen jäljet lämmönsiirtimien ympäristössä. Kaukolämmön tilaustehon nostaminen voi olla myös merkki vuodosta lämpöputkistossa jos kiinteistön käyttäjien lämmönkulutus ei ole kasvanut merkittävästi. (Harju & Matilainen 2001: 38.)

Lämmönsiirtimistä kirjataan ylös valmistaja, valmistusvuosi ja tehot. Mikäli kiinteistössä epäillään vesivuotoa, voidaan lämmönsiirtimille tehdä vuototesti Suomen LVI-liiton julkaiseman Vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohjeen mukaan. (Helenius ym. 1998: 25.) Lämmönjakohuone valokuvataan raportointia varten. Mahdolliset vuodot kirjataan ylös ja niistä ilmoitetaan välittömästi isännöitsijälle tai huoltomiehelle. Lämmönsiirtimien lähestyessä käyttöikänsä loppua kuntotutkija arvioi raportissaan koko lämmönjakolaitteiston uusimisajankohdan ottaen huomioon koko LVV-verkoston kunnon.

5.2 Lämmönjakojärjestelmä

5.2.1 Lämpöjohdot

Lämmitysjärjestelmä tutkitaan silmämääräisesti ja röntgenkuvauksella kiinteistön kenttätutkimusvaiheessa. Lämmitysjärjestelmään tutustutaan etukäteen lämpöjohtopiirustusten avulla ja niistä valitaan alustavat röntgenkuvauspaikat. Lämmitysjärjestelmän runkojohdot ja nousulinjojen haarakohdat sijaitsevat tavallisesti kiinteistön kellarikerroksissa. Kellarikerroksesta on myös mahdollista kuvata yhteisten tilojen pattereiden kytkentäjohtoja.

Lämpöjohtojen tutkiminen tapahtuu korroosikuvauksella, jossa verkostosta valitaan sellaiset kohdat, joissa putkien seinämät ovat todennäköisesti syöpyneet eroosiokorroosion johdosta ja vesivuodon riski on suurin. Sellaisia paikkoja ovat putkiston haara- ja liitoskohdat. Esimerkiksi liian syväälle runkojohtoon liitetyn haarajohdon vaikutuksesta vesivirtaan syntyy turbulenssia, joka syövyttää liitoskohdan seinämiä. (Harju & Matilainen 2001: 38.) Lämpöjohdoista otetaan riittävä määrä korroosikuvia järjestelmän kunnon selvittämiseksi. Kattavuuden lisäämiseksi kuvat otetaan eri puolilta kiinteistöä ja niin, että röntgenkuviin saadaan mahdollisimman monen kokoisia putkia.

Lämmitysverkoston putkimateriaalina on käytetty teräsputkea vuodesta 1910 lähtien, jolloin rakennuksiin alettiin asentaa keskuslämmitysjärjestelmiä. (Kerrostalot 1880–2000: 37) Lämmitysverkoston teräsputki on ollut lähes samanlaista nykypäivään asti. Lämmitysverkoston teräsputki on yleensä hiilliterästä ja toiselta nimeltään mustaa putkea. Teräsputkien liitokset tehdään hitsaamalla, kierteittäen tai laippaliitoksilla (Putkistojen asennus 2004). Lämpöjohtoverkoston materiaalina käytetään myös kuparia ja sähkösinkittyä terästä. Sähkösinkityn teräksen etuna on helppo ja nopea liitostapa. Liitokset tehdään pusertamalla. Puristusliitoksen mahdollistaa sähkösinkityn teräsputken ohuempi seinämävahvuus, joka on 1,2–1,5 mm riippuen putkikoosta. (Mapress pressfittingsystem – puristusliitinjärjestelmän asennusohjeet 2002: 6.)

Lämpöjohtojen käyttöikä on huomattavasti pidempi verrattuna muihin LVV-järjestelmiin. Lämpöjohtoverkosto on suljettu piiri, jonka johdosta verkostoon ei pääse happea. Happellisen veden lisäys lämmitysverkostoon lyhentää lämpöjohtojen käyttöikää, kun happi pääsee reagoimaan suojaamattoman teräksen kanssa. Lämmitysverkostossa oleva vuoto näkyy verkostoveden lisäystarpeena ja pattereiden lämmönluovutuksen alenemi-

sena kiinteistön ylimmässä kerroksessa. Putkistoon muodostuvat ilmakuplat kulkeutuvat verkostossa ylöspäin heikentäen pattereiden lämmönluovutustehoa.

5.2.2 Venttiilit

Kiinteistön kanttätutkimusvaiheessa käydään läpi ja valokuvataan lämmitysverkoston venttiilit. Lämmitysverkostossa käytetään linjasäätöventtiileitä ja sulkuventtiileitä sekä patteriventtiileitä. Venttiilien asennusajankohta selvitetään ja raportissa arvioidaan niiden uusimisajankohta ottaen huomioon koko LVV-järjestelmän kunto sekä venttiilien tekninen käyttöikä. Erityistä huomiota kiinnitetään mahdollisiin näkyvillä oleviin vuotojälkiin. Venttiilit voidaan myös läpivalaista röntgenkuvauksella, jolloin saadaan tieto liitoskohdan seinämävahvuuksista ja mahdollisista liitosvirheistä.

Linjasäätöventtiilit on sijoitettu yleensä pohja- tai kellarikerrokseen lämmönjakoverkoston paluupuolelle ennen sulkuventtiiliä riippuen käytetystä lämmönjakojärjestelmästä. Linjasäätöventtiileillä säädetään kunkin lämmityspiirin vesivirtaa niin, että koko lämmönjakoverkosto on virtausteknisesti tasapainossa. Linjasäätöventtiileistä tarkastetaan säätöarvot, joiden perusteella voidaan arvioida, onko lämmitysverkosto tasapainossa. Mikäli silmämääräisessä tarkastuksessa on todettu esimerkiksi kaikkien linjasäätöventtiilien olevan täysin auki, suositellaan raportissa lämmönjakoverkoston säätämistä. Linjasäätöventtiileitä on asennettu lämpöjohtoverkostoihin arviolta 70-luvun alusta. Linjasäätöventtiilien tilastollinen tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta. (Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot 2008.)

Sulkuventtiileitä käytetään helpottamaan lämmitysverkoston laitteistojen huoltoa. Sulkuventtiileillä voidaan katkaista vesivirran kulku jossain tietyssä järjestelmän osassa, jolloin lämmitysverkostoa ei tarvitse tyhjentää kokonaan vedestä. Näin ollen verkoston huoltokatkot pysyvät lyhyinä, eikä kiinteistön tilojen käyttäjille aiheudu haittaa. Lämmönjakoverkostoissa sulkuventtiilit on sijoitettu meno- ja paluupuolelle helpottamaan kyseisen lämmityspiirin huollettavuutta. Huomioon otettavia sulkuventtiileitä ovat istukka ja luistiventtiilit, jotka on varustettu karoilla ja käsipyörillä. Karoilla säädettäviä istukka- ja luistiventtiileitä on havaittu alkuperäisasennettuna ainakin 60- ja 70-luvun rakennuksissa. Rakennusten vesijohdot ja viemärit -käsikirjan mukaan edellä mainittuja venttiileitä on asennettu 80-luvun loppuun asti. (Rakennusten vesijohdot ja viemärit 1987.) Linjasulkuventtiilien tilastollinen tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta. (Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot 2008.)

Patteriventtiileillä säädetään patterissa kulkevaa vesivirtaa ja sitä kautta patterin lämmönluovutustehoa. Uusimpiin patteriventtiileihin suunnitellaan esisäätoarvo, jonka perusteella patterille säädetään enimmäisvesivirtaama ja sitä kautta enimmäislämmönluovutusteho. Patteriventtiilit voivat olla käsisäätoisiä, jolloin tilan käyttäjä voi itse säätää patterin lämmönluovutustehoa, tai termostaattisia, jolloin patterin lämmönluovutustehoa säädetään sisäilman lämpötilan mukaan. Patteriventtiilit tarkastetaan pistokoemaisesti etukäteen sovitusta asunnoista ja kiinteistön yleisistä tiloista. Huoltomies tietää usein patteriventtiilien uusimisajankohdan, mikäli sitä ei ole mainittu kiinteistöä koskevissa asiakirjoissa. Termostaattisten patteriventtiilien käyttöikä on noin 15–20 vuotta (Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot 2008: 17).

5.3 Käyttövesijärjestelmä

5.3.1 Vesijohdot

Kiinteistön kenttätutkimusvaiheessa vesijohdot tutkitaan yhtenä järjestelmänä. Kylmävesi- ja lämminvesijohdoista sekä lämpimänveden kiertojohdoista tarkistetaan vesijohdojen putkimateriaalit ja liitostavat. Putkimateriaalit vaikuttavat röntgenkuvaukseen niin, että kupariputken ja rautaputken läpivalaisuun käytetään eri filmikoteloita. Korroosiokuvattavien putkien koot mitataan, mikäli niitä ei ole esitetty piirustuksissa. Kuparisten vesijohtojen liitokset tarkistetaan messinkijuotosten varalta. Messinkijuotokset voi tunnistaa sinkinkadon tunnusmerkeistä tai röntgenkuvista. Messinkijuotosten käyttöikä on eri arvioiden mukaan 20–50 vuotta. Messinkijuotosten käyttö vähentyi 1970-luvun taitteen jälkeen, jolloin otettiin käyttöön fosforikuparijuotos. Putkimateriaalit ja liitostavat dokumentoidaan valokuvoin ja putkikoot kirjataan muistiin röntgenkuvauspöytäkirjaa varten.

Kylmävesijohtojen putkimateriaalit ovat kehittyneet useaan otteeseen niiden historian aikana. Helsingin ensimmäiset vesijohdot asennettiin vuonna 1876. (Kerrostalot 1880–2000. 2006: 37.) Uudisrakennusten kylmävesijohtojen putkimateriaalina käytettiin valurautaa 1900-luvun alkupuolella (Kiinteistöhoitojen käsikirja 2003: 77). 1880-luvulta ensimmäisen maailmansodan loppuun rakennusten sisäiset kylmävesijohdot olivat galvanoidun terästä. Sinkillä galvanoiduihin teräsputkiin siirryttiin ensimmäisen maailmansodan jälkeen. (Kerrostalot 1880–2000. 2006: 38.) *Liitteessä 2* on esitetty sinkittyjen teräsputkien ja hiiliteräsputkien mitat. Sinkittyjä teräsputkia on käytetty kylmä-

vesijohtojen putkimateriaalina 1980-luvulle asti, pääasiassa runkojohtoina. (Kiinteistöhoiton käsikirja 2003: 77.) Ensimmäiset kuparista tehdyt kylmävesijohdot ovat vuodelta 1961 (LVI-tekniikka – Korjausrakentaminen. 2001: 90). Kupari- ja muoviputkia on käytetty yleisesti kylmävesijohtomateriaalina 1970-luvulta lähtien.

Uusimpana 2000-luvun ratkaisuna vesijohtomateriaaleissa on komposiittiputki, jossa käytetään nopeaa ja helppoa liitostapaa, puristusliitosta. Komposiittiputkessa käytetään metallia ja muovia. (Kiinteistöhoiton käsikirja 2003: 77.) Komposiittiputkea voidaan käyttää vesi-, lämpö- ja kylmäjohtoverkostoissa. Putken sisäpinta on korroosion kestävä PE-muovia. Metallina käytetty alumiini tuo putkelle metallin muodon ja lujuuden sekä happidiffuusiotiiveyden. (Harju & Matilainen 2004: 155, 156.)

5.3.2 Venttiilit

Kiinteistön kenttätutkimusvaiheessa käydään läpi ja valokuvataan käyttövesiverkoston venttiilit. Käyttövesiverkostossa käytetään linjasäätöventtiileitä ja sulkuventtiileitä. Venttiilien asennusajankohta selvitetään ja raportissa arvioidaan niiden uusimisajankohta ottaen huomioon koko LVV-järjestelmän kunto sekä venttiilien tekninen käyttöikä. Venttiilit voidaan myös läpivalaista röntgenkuvauksella, jolloin saadaan tieto liitoskohdan seinämävahvuuksista ja mahdollisista liitosvirheistä.

Käyttövesijohtoverkoston venttiileissä kiinnitetään huomiota samoihin asioihin kuin lämpöjohtoverkostossakin. Vesijohtoverkoston venttiileinä on käytetty istukkaventtiileitä ennen nykymallisten venttiilien markkinoille tuloa. Istukkaventtiileissä kiinnitetään pääasiassa huomiota mahdollisiin vuotojälkiin ja sinkinkatoon. Istukkaventtiilien venttiilipe-sät saattavat olla kuparisinkkiseokseltaan alttiita sinkinkadolle.

5.4 Viemärijärjestelmät

5.4.1 Jätevesiviemärijärjestelmä

Jätevesiviemärijärjestelmän pääasialliset tutkimusmenetelmät ovat röntgenkuvaus ja viemärin sisäpuolinen TV-kuvaus. Röntgenkuvauksella saadaan tieto valurautaviemärin jäljellä oleva seinämävahvuus. Sisäpuolisella TV-kuvauksella tutkitaan sekä muovisten että valurautaisten viemäreiden toiminnalliset viat. TV-kuvauksella saadaan myös

tietoa valurautaviemäriin korroosion tilasta sisäpuolelle kertyneen korroosiotuotteen määrästä, mutta seinämävahvuuksia ei pysty TV-kuvauksella tarkastelemaan. Valurautaviemäreiden röntgenkuvia otetaan vaaka ja pystyosuuksilta sekä mutka ja haarakohdistista. TV-kuvauksella voidaan tutkia viemäreiden nousulinjoja katolta käsin tuuletusviemäreiden kautta, mutta kuvaukset kohdistuvat pääasiallisesti kokoojaviemäreiden vaakaosuuksille. Tämä johtuu siitä, että viettoviemäreiden toiminnalliset viat sijoittuvat vaakaosuuksille. Toiminnallisia vikoja ovat tukokset, painaumat ja takalaskut. Viemäri voi myös rikkoutua korroosion tai maan kuorman johdosta aiheuttaen vesivahingon. Kerrostalojen nousulinjojen toiminnalliset viat johtuvat pääasiassa rasvakertymistä.

TV-kuvaus suoritetaan kaivosta tai puhdistusluukusta käsin kunnalliseen jätevesiliittymäkaivoon asti. Kuvauksessa pyritään kuvaamaan kokoojaviemäri ja pohjaviemäri koko pituudeltaan niiden kunnan selvittämiseksi. TV-kuvauslaitteisto mahdollistaa viemärikuvauksen tallentamisen esimerkiksi muistikortille, jolloin kuvattujen viemäriosuuskien kuntoa voidaan analysoida myöhemminkin videon avulla. Rakennuksen kokoojaviemäri kulkee yleensä maassa alapohjalaatan alapuolella tai kellarikerroksen katossa. Kokoojaviemäriä, joka kulkee kiinteistön piha-alueella maan alla, kutsutaan tonttiviemäriksi. Kokoojaviemäri kerää jätevedet yhteen jokaisesta rakennuksen viemärintipisteestä ja kuljettaa ne tarkastuskaivon ja tonttiviemäriin kautta kunnalliseen jätevesikaivoon. TV-kuvauksen yhteydessä tarkastetaan jäteveden tarkastuskaivon sekä puhdistusluukkujen kunto. Havaitut puutteet ja tarvittavat korjaustoimenpiteet kirjataan kaivokorttiin. Kaivon kuntoa arvioitaessa kiinnitetään huomiota kannen kuntoon, pakkasen aiheuttamiin vaurioihin, veden pinnan korkeuteen, kaivon renkaiden siirtymiin ja tiivistyksiin sekä sakkapesän täyttöasteeseen.

Valurautaviemäreiden puhdistusluukut ovat usein olleet koskemattomina useita vuosikymmeniä, jolloin niiden avaaminen saattaa olla ongelmallista. Kiinnitysruuvit ja tiivisteet saattavat hajota avauksen yhteydessä. Avauksen jälkeen puhdistusluukku ei välttämättä ole tiivis ja se saattaa aiheuttaa hajuongelmia. Tämän johdosta huoltohenkilökunnan olisi hyvä huoltaa puhdistusluukkuja säännöllisin väliajoin.

Kaivon kautta tehtävän TV-kuvauksen yhteydessä tarkistetaan kaivon sisäpuolinen kunto ja kaivon kannen kunto. Vanhat jäteveden tarkastuskaivot on yleensä tehty betonirenkaista ja tiivistetty bitumilla. Kaivon pohjalla kulkee avonainen kouru, josta kame-rapää voidaan ohjata viemäriputkeen. Maan alle haudattu piilossa oleva kaivonkansi voi estää pohjaviemäriin tutkimisen ja näin ollen sen kunnan selvittämisen.

5.4.2 Sadevesiviemärijärjestelmä

Sadevesiviemärijärjestelmän kuntotutkimus on toiminnallinen tutkimus. Järjestelmä tutkitaan sisäpuolisen TV-kuvauksen avulla ja tutkimus tallennetaan. Tutkimuksessa tarkastellaan sadevesien hallittua johtumista kunnalliseen viemäriverkoston. TV-kuvauksen avulla saadaan selville putkessa piilevät tukokset, painaumat, takalaskut, asennusvirheet ja suuret vauriot.

Sadevesiviemäriin vauriot voivat johtua viemäriin jääytymisestä tai huolimattomuudesta asennusvaiheessa. Painaumat ja takalaskut voivat johtua väärin tehdyistä maakerrokista kaivannon pohjalla. Painauma on putken notkahdus ja se matalimmalla korolla viemäriosuudella. Painauman paikalle kerääntyy vesitäyttöä, joka ei pääse virtaamaan sadevesikaivoon. Takalaskussa sadevesiviemäriin kaato on väärään suuntaan suhteessa virtaussuuntaan, jolloin vesi virtaa järjestelmässä väärään suuntaan. Rakennuksen sisäpuoliset sadevesiviemärit on tehty yleensä muovista tai valuraudasta. Tonttialueen sadevesiviemärit voivat olla myös betonia. Sadevesikaivot on yleensä tehty betonirenkaista ja varustettu valurautakansilla.

Kerrostaloissa sadevesijärjestelmän kuntotutkimus tehdään yleensä nousulinjojen puhdistusluukuista tai piha-alueen sadevesikaivoista. Tällöin sadevesipohjaviemärit saadaan TV-kuvattua kattavasti kunnalliseen liitoskaivoon asti. Kerrostalojen sadevesiviemärisyöksyjä tutkitaan harvoin, mutta ne kannattaa tutkia, mikäli epäillään esimerkiksi rakenteiden sisäistä vesivuotoa. Sadevesiviemärisyöksyt tutkitaan sisäpuolisella TV-kuvauksella vesikaton kaivojen kautta. Tutkimuksella voidaan tarkistaa putkiosuuden näkyvät vauriot sekä liitoksien tilanne.

Valurautaiset sadevesiviemärit voidaan röntgenkuvata korroosion vaiheen selvittämiseksi. Valurautaviemäreiden olemassaolo rakennuksessa tulee selvittää jo tarjousvaiheessa. Röntgenkuvat otetaan näkyvissä olevien sadevesiviemäreiden pysty- ja vaakaosuuksista. Sadevesiviemärijärjestelmässä valurautaiset viemärit ovat yleensä hyvässä kunnossa toisin kuin jätevesiviemäreissä. Tämä johtuu sadeveden kemiallisista ominaisuuksista. Toisin sanoen sadevesi on puhtaampaa kuin jätevesi, jolloin valurautaviemäriin syöpyminen on vähäistä.

Sadevesikaivojen kunto tarkastetaan silmämääräisesti TV-kuvausten yhteydessä. Havaitut puutteet ja tarvittavat korjaustoimenpiteet kirjataan raporttiin. Kaivon kuntoa arvioidessa kiinnitetään huomiota kannen kuntoon, pakkasen aiheuttamiin vaurioihin, ve-

den pinnan korkeuteen, kaivon renkaiden siirtymiin ja tiivistyksiin sekä sakkapesän täyttöasteeseen.

5.4.3 Salaojajärjestelmä

Salaojien kuntotutkimuksessa tutkitaan järjestelmän toimivuutta sadevesijärjestelmän kuntotutkimuksen tavoin. Salaojien tarkoitus on johtaa perustuksiin kapillaarisesti nouseva vesi salaojakaivoihin ja edelleen perusvesikaivon kautta kunnalliseen viemärijärjestelmään tai avovesistöön. Salaojilla voidaan myös kuivattaa piha-alueen vajovesiä.

Salaojat TV-kuvataan sisäpuolisesti ja kuvaus tallennetaan myöhempää analysointia varten. Salaojajärjestelmän kaikki putkiosuudet on syytä kuvata järjestelmän kunnon selvittämiseksi. Samalla salaojakaivojen kunto tarkastetaan silmämääräisesti. Sisäpuolisella TV-kuvauksella saadaan selville salaojaputkien liettymät, tukokset, painaumat, takalaskut, asennusvirheet ja suuret vauriot.

Tukokset voivat johtua maa-aineksen pääsystä salaojaputken sisälle. Tällöin maa-kuorma on saattanut rikkoa putken tai liitokset on tehty huolimattomasti. Salaojien ympäristössä kasvavien puiden juuret voivat myös tunkeutua salaojaputken sisälle aiheuttaen toiminnallisen vian eli tukkeuman. Painaumat johtuvat väärin tehdystä kaivannosta ja maan kuormasta, jolloin putki on päässyt notkahtamaan. Painunut kohta on matalimmassa korossa salaojaputkiosuudella. Syvät painaumat aiheuttavat salaojien toimimattomuutta siten, että putki täyttyy vedellä eikä se pääse virtaamaan salaojakaivoon. Perusmuurin ympäristö voi tällöin jäädä kosteaksi ja aiheuttaa kosteusvaurioita perustuksissa.

Salaojaputket on tehty yleensä muovisesta reikäputkesta. Reikien tarkoituksena on päästää vesi salaojaputken sisään, jolloin liitoskohdat voidaan tehdä tiiviiksi ympäröivää maaperää vastaan. Vanhat salaojajärjestelmät on tehty ruukkuputkesta, jonka valmistusmateriaali on ollut savi. Putken toimintaperiaate perustuu avonaisiin liitoskohtiin, joista vesi pääsee putken sisälle ja edelleen virtaamaan putkea pitkin salaojakaivoon. Ruukkuputkesta tehty salaojajärjestelmä on kuitenkin teknisesti vanhentunut ja usein suurin osa putkista on sortunut ja tukkeutunut maaperän hiekasta. Ruukkuputket on syytä korvata muoviputkillä.

6 Tutkimustulosten analysointi ja esittäminen

6.1 Sisäpuoliset TV-kuvaukset

Kenttätutkimusvaiheessa tallennetut viemärijärjestelmien sisäpuoliset TV-kuvausvideot käydään läpi ja videolla näkyvät havainnot analysoidaan. Sisäpuolisella TV-kuvauksella tutkittavat järjestelmät ovat jätevesi- ja sadevesiviemärit sekä salaojat. Nauhoituksen katselmuksessa tehdään havaintoja järjestelmän toiminnasta ja rakenteellisista puutteista. Videolta voidaan ottaa pysäytyskuva, jonka yhteyteen kuntotutkija kirjaa tekemänsä havainnon. Pysäytyskuvat ja niistä kirjatut havainnot kootaan yhdeksi raporttiliitteeksi.

Havaintoja tehdään puutteista ja vioista niin paljon, kun niitä TV-kuvausosuudella havaitaan. Tämän jälkeen kuntotutkija arvioi kaikkien havaintojen perusteella putkiosuuden kunnan ja määrittelee sille kuntoluokan. Koska kyse on järjestelmän toiminnallisesta tutkimuksesta, kohdistuvat havainnot toimintaan liittyviin seikkoihin. Näitä ovat tukokset, painaumat, siirtymät, liettymät, takalaskut, asennusvirheet ja suuret vauriot. Havainto suuremmasta vauriosta voi olla esimerkiksi valurautaviemäriin puhki syöpynyt yläpinta tai muoviputken jäätymisestä aiheutunut halkeama. Edellä mainittujen puutteiden lisäksi salaojien kuntotutkimuksessa otetaan huomioon maa-aineksen ja juurien esiintyminen putkistossa.

Jokaisesta kohteesta tallennetusta TV-kuvauksesta tehdään pöytäkirja. Pöytäkirjasta kootaan yhteenveto raporttiin kustakin tv-kuvaksesta. Pöytäkirjasta selviää ainakin TV-kuvauksen tunnus, kuvauksen aloituspaikka, järjestelmä, putkimateriaali, kuvauksen suunta, putkikoko, kuvattu matka ja putkiosuuden kuntoluokka. Kuntoluokat ja niiden merkitys on selitetty pöytäkirjan yhteenvedon alussa. Esimerkki TV-kuvauspöytäkirjan yhteenvedosta on esitetty *taulukossa 1*.

Taulukko 1. Esimerkki TV-kuvauspöytäkirjan yhteenvedosta

Tv-kuvauspöytäkirja, viemärit							
Kohde:			Kuvaaja:		Päivämäärä:		
Kuntoluokat							
KL1: Hyvässä kunnossa, uutta vastaava, ei korjaustarvetta							
KL2: Tyydyttävässä kunnossa, seurattava, ei välitöntä korjaustarvetta							
KL3: Välttävissä kunnossa, painepesu tai korjaustarve lähivuosina							
KL4: Huonossa kunnossa, teknisesti vanhentunut, välitön korjaustarve							
Tunnus	Kuvauskohta	Järjestelmä	Putki- materiaali	Suunta	Putkikoko, mm	Kuvattu matka, m	Kuntoluok ka
TV1	JVTK1	Jätevesi	Valurauta	Vasta- suunta	100	45	KL3
TV2	JVTK1	Jätevesi	Valurauta	Lasku- suunta	100	25	KL3

Kuntotutkija määrittää toimenpidesuosituksen TV-kuvauksissa tehtyjen havaintojen ja kuntoluokkien perusteella. Mitä kattavammin tutkitun järjestelmän putket on kuvattu sitä laajemman käsityksen kuntotutkija saa järjestelmän kunnosta. Tämä helpottaa toimenpidesuosituksen laadintaa. Putkiston kunnan kokonaiskuvan muodostaminen analyysin perusteella on kuntotutkijan haastavin tehtävä. Oikean kuntoluokan määrittäminen putkiosuudelle sisäpuolisen TV-kuvauksen perusteella vaatii kokemusta.

6.2 Röntgenkuvien analysointi

Kenttätutkimusvaiheen jälkeen kuntotutkijalla on analysoitavana riittävä määrä röntgenkuvia putkistöjärjestelmien kriittisistä kohdista. Röntgenkuvattavia järjestelmiä ovat vesijohdot, lämpöjohdot ja valurautaviemärit. Röntgenkuvista tarkastellaan pääasiassa korroosion aiheuttamia syöpymiä. Mikäli rakennuksen rakentamisajankohtana on käytetty messinkijuotoksia, voidaan ne myös tunnistaa röntgenkuvista. Kaikissa putkistöjärjestelmissä kiinnitetään huomiota myös liitosvirheisiin. Valurautaviemäreiden ja sinkityn teräsputken röntgenkuvissa näkyy korroosion lisäksi myös kerrostumat putken seinämällä.

Röntgenkuvien analysoinnin haasteena on tunnistaa, missä vaiheessa korroosio on tutkimushetkellä ja minkälaisen riskin se aiheuttaa. Pistekorroosio voi olla matala tai

syvä, ja syöpymät voidaan erottaa toisistaan vain pisteiden sävyeroilla. Eroosiokorroosion aiheuttama vesiputken seinämän syöpyminen on sen sijaan hyvin havaittavissa röntgenkuvasta. Samoin on myös valurautaviemärin osalla, missä syvimät syöpymät johtuvat viemärikaasuista ja niiden sijainti on viemärin yläpinnalla. Röntgenkuvista on tärkeintä havaita jäljellä olevat seinämävahvuudet, pistekorroosion syvyys, messinkijuotokset ja liitosvirheet. Tärkeää on myös tunnistaa milloin putkessa ei ole mitään vikaa.

Röntgenkuvauksista laaditaan pöytäkirja ja yhteenveto samalla periaatteella kuin TV-kuvauksistakin. Vesijohdoille, lämpöjohdoille ja viemäreille laaditaan oma pöytäkirjan yhteenveto, joka esitetään raportissa. Yhteenvedossa esitetään röntgenkuvan tunnus, putkimateriaali, putkikoko, alkuperäinen seinämävahvuus, röntgenkuvasta tehdyt havainnot ja putken kunto. Esimerkki röntgenkuvauspöytäkirjan yhteenvedosta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Esimerkki vesijohtojen röntgenkuvauspöytäkirjan yhteenvedosta

Röntgenkuvauspöytäkirja, vesijohdot						
Kohde:				Kuvaaja:		Päivämäärä:
Röntgenkuvan tunnus	Vesijohto	Putkimateriaali	Putkikoko, NS	Alkup. seinämä, mm	Havainnot	
1	Kv	Sink.	40	3,25	Syvä syöpymä t-haarassa	
	Kv	Sink.	20	2,65	Syviä syöpymiä putkessa	
	Lv	Cu	28	1,2	Ei syöpymiä	
	Lv	Cu	22	1,2	Ei syöpymiä	
2	Lv	Cu	36	1,5	Matalia pistesyöpymiä t-haarassa ja putkessa	
	Lv	Cu	22	1,2	Messinkijuotos	
	Lvk	Cu	22	1,2	Syviä pistesyöpymiä putkessa	
	Lvk	Cu	18	1	Syviä pistesyöpymiä putkessa	
Kv = Kylmävesi				Cu = Kupariputki		
Lv = Lämminvesi				Alkup. = Alkuperäinen		
Lvk = Lämmivesikierto				NS = Nimellissuuruus		
Sink. = Sinkitty teräsputki						
			Sink. (%)	Cu (%)	Käyttöikä	
Hyvä			0	33	Yli 10 vuotta	
Tyydyttävä			0	0	5-10 vuotta	
Välttävä			0	33	2-5 vuotta	
Huono			100	33	0-2 vuotta	

6.3 Tutkimuskohtapiirustukset

Tutkimuskohtapiirustuksen tarkoituksena on esittää kentällä tehtyjen TV- ja röntgenkuvausten sijainnit. Piirustuksesta saa hyvän käsityksen tutkimuksen laajuudesta. Tutkimuskohtapiirustuksen pohjaksi tarvitaan esimerkiksi tif-muotoinen kopio piirustuksesta, johon merkitään tutkimuskohdat käyttämällä AutoCad-ohjelmaa. Tutkimuspaikat on hyvä merkitä tutkittua järjestelmää kuvaavaan piirustukseen. Vesi- ja viemärijohtojen, lämpöjohtojen, sadevesiviemäreiden sekä salaojien tutkimuspaikat merkitään omiin piirustuksiinsa.

Eri tutkimusmenetelmillä tutkitut järjestelmät on hyvä erottaa toisistaan käyttämällä esimerkiksi eri värejä ja erimuotoisia merkkejä. TV-kuvatut jätevesi- ja sadevesiviemäri- sekä salaojalinjat on hyvä piirtää erivärisillä katkoviivoilla järjestelmien erottamiseksi piirustuksista. Tutkimuskohtapiirustus laaditaan kuntotutkimusraportin liitteeksi. Opin- näytetyön *liitteessä 5* on esitetty esimerkki tutkimuskohtapiirustuksesta.

7 Pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma

Pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma, PTS, laaditaan hahmottamaan kiinteistön tulevia kunnossapitotoimenpiteitä ja niiden kustannuksia. Putkistojen kuntotutkimuksen yhteydessä tehtävän LVV-järjestelmiin liittyvä kunnossapitosuunnitelma laaditaan tavallisesti 10 vuodelle. Kunnossapitosuunnitelma voidaan esittää taulukkona, johon pystysarakkeelle merkitään suoritettava kunnossapitotoimenpide. Taulukon yläpuolelle merkitään kunnossapitovuodet, seuraavat 10 vuotta. Tämän jälkeen kunnossapitotoimenpiteiden kustannukset voidaan sijoittaa taulukkoon tehtävän ja sen vuoden kohdalle, jolloin se on syytä tehdä. Taulukon alariville lasketaan tietylle vuodelle kertyvä kokonaiskustannukset. Kokonaiskustannuksien alapuolelle lasketaan neliötä kohti kertyvät kustannukset ja kustannukset neliötä kohden per kuukausi.

Kunnossapitotehtävän kustannusarvion laatii kuntotutkija. Tehtävien kustannukset ovat arvioita, ja ne lasketaan yleensä raskaimman kunnossapitovaihtoehdon mukaan. Kunnossapitotoimenpiteiden tarkat kustannukset määräytyvät hankesuunnitteluvaiheessa, jossa määritellään kiinteistölle ja asiakkaalle sopivimmat korjaustavat. Putkiston kuntotutkimuksen tehtävä onkin määrittää linjasaneerauksen hankesuunnittelun ja lin-

jasaneerauksen aloitusajankohta. Opinnäytetyön *liitteessä 4* on esitetty esimerkki 10 vuoden PTS-suunnitelmasta.

8 Kunnossapitotoimenpiteiden määrittäminen

8.1 Määrittäminen

Kiinteistön kunnossapitotoimenpiteet muodostetaan putkistojen kuntotutkimuksessa tehtyjen havaintojen sekä röntgenkuvien ja TV-kuvausten analyysien perusteella. Röntgen ja TV-kuvausten analysoinneilla saadut tutkimustulokset kertovat putkistojen kunnan. Putkistojen kunnosta saadun tiedon perusteella kuntotutkija arvioi putkiston jäljellä olevan käyttöiän. Jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen analysoinnin perusteella pohjautuu pitkälti kuntotutkijan kokemukseen. Putkiston kunto ja LVV-järjestelmän luonne määrittävät kunnossapitotoimenpiteen ajankohdan ja laajuuden. Kunnossapitotoimenpide voi olla raskaimmillaan perinteinen linjasaneeraus tai kevyimmillään paikallisen vaurion tai puutteen korjaus. Kunnossapitotoimenpiteet määritellään kullekin putkijärjestelmälle erikseen ja lopuksi niistä muodostetaan järkevä ja kustannustehokas kokonaisuus.

Muovisten sadevesi- ja salaojajärjestelmien kunnossapitotoimenpiteet rajoittuvat usein linjojen ja kaivojen pesuun ja tyhjennykseen. Vanhat ruukkuputkesta tehdyt salaojat on kuitenkin syytä uusita. Valurautaiset sadevesiviemärit ovat yleensä toiminnallisesti ja rakenteellisesti paremmassa kunnossa kuin jätevesiviemärit, joten niiden uusiminen ajoittuu yleensä eri ajankohtaan.

8.2 Linjasaneeraus

Linjasaneeraus on kiinteistön kunnossapitotoimenpide, jossa kaikki LVV-järjestelmät tai osa niistä uusitaan. Yleensä linjasaneerauksessa uusitaan vesijohtot ja jätevesiviemärit. Tämä johtuu edellä mainittujen järjestelmien lyhyemmästä käyttöiästä. Vesijohtojen ja jätevesiviemäreiden tilastollinen käyttöikä on noin 40–50 vuotta kun taas lämmitysputkiston käyttöikä saattaa olla yli 100 vuotta. Lämmitysverkoston venttiilit voivat kuitenkin olla teknisen käyttöikänsä lopussa, jolloin ne kannattaa uusita vesijohtojen ja viemäreiden saneerauksen yhteydessä. Lämpöjohtoverkoston sulku- ja linjasäätövent-

tiilien tekninen käyttöikä on keskimäärin noin 20–30 ja patteriventtiilien 15–20 vuotta. Venttiileitä on usein jo uusittu osittain ennen putkistojen kuntotutkimusta.

Linjasaneeraus voidaan tehdä perinteisesti tai vaihtoehtoisilla korjaustavoilla. Perinteinen linjasaneeraus on raskain eli toimenpiteiltään vaativin kunnossapitovaihtoehto. Perinteisessä linjasaneerauksessa kaikki putket vaihdetaan uusiin, jolloin joudutaan tekemään rakenneavauksia ja kaivamaan runkopohjaviemärit esiin kellarin lattian ja maan alta. Perinteiseen linjasaneerauksen yhteydessä yleensä kunnostetaan myös märkätilat sekä uusitaan sähkö- ja telejärjestelmät. Linjasaneerauksen kustannusarvio ilmoitetaan yleensä raskaimman ja sammalla myös kalleimman vaihtoehdon mukaan.

Osa linjasaneerauksesta voidaan tietyissä tilanteissa tehdä niin sanotuilla vaihtoehtoisilla korjaustavoilla. Vaihtoehtoiset korjaustapojen riskit liittyvät enimmäkseen valurautaisten viemäriinjojen kunnostukseen. Vaihtoehtoina on viemäreiden pinnoittaminen, sukittaminen tai sujuttaminen. Linjasaneerauksen toteutushetkellä valurautaiset jätevesiviemärit saattavat olla niin syöpyneitä etteivät niiden seinämät kestä sisäpuolisia korjauksia edeltäviä pesutoimenpiteitä. Viemäreiden hajoaminen sisäpuolisen korjauksen aikana voi johtaa rakenneavauksiin ja putkien uusimiseen nostoen korjauskustannuksia.

8.3 Vaihtoehtoiset korjaustavat

Viemäreiden saneeraus voidaan tehdä vaihtoehtoisilla korjaustavoilla. Viemäriin sisäpuolinen korjaus on kustannuksiltaan edullisempi kuin perinteinen putkien uusiminen. Sisäpuolisessa korjauksessa on kuitenkin aina riskinsä. Valurautaviemäriin sisäpuolinen korjaus vaatiikin yleensä riittävän seinämävahvuuden, jotta putki kestää pesutoimenpiteet. Vaihtoehtoisia korjaustapoja on syytä harkita pääasiassa maan alla ja rakenteiden sisällä kulkeville viettoviemäriosojuksille.

Viettoviemärit voidaan sujuttaa eri tekniikoita käyttäen. Kerrostalokiinteistön viemäreille sopivimmat sujutusmenetelmät ovat yleensä pitkä-, pätkä- ja sukkasujutus. Sukkasujutus tunnetaan paremmin nimellä sukitus.

Pitkäsujutuksessa vanhan putken sisään vedetään valmiiksi hitsattu tai liitetty putki, joka on valmiiksi tiivis. Pitkäsujutuksessa käytetään polyeteeniputkia ja tekniikka vaatii työkaivannon tekemistä.

Pätkäsujutuksessa vanhan putken sisään työnnetään uusi putki samaan tapaan kuin pitkäsujutuksessa, mutta työnnettävät putket ovat lyhyempiä. Pätkäsujutuksessa putken pituus voidaan mitoittaa tarkastuskaivon koon mukaan niin, että sujutustyö voidaan tehdä valmiiksi olemassa olevasta kaivosta käsin.

Sukkasujutuksessa vanhan putken sisään vedetään hartsilla kyllästetty sukka. Sukka muotoillaan ja painetaan kiinni vanhan putken seinämään käyttäen apuna paineilmaa. Sukka kovettuu muotoonsa ja muodostaa uuden putken vanhan sisälle.

9 Yhteenveto

Putkistojen keskimääräinen tilastollinen käyttöikä on 40–50 vuotta. Suomen rakennuskannasta suurin osa on rakennettu 70- ja 80-luvuilla. Näiden rakennusten putkistot ovat osittain saavuttaneet jo 40 vuoden käyttöiän. Putkistojen kuntotutkimus kannattaa tehdä 35–40 vuoden käyttöiän jälkeen. Tämä tarkoittaa hyvin suurta kiinteistöjen tutkimus- ja korjauskantaa, joka pitäisi suorittaa lyhyessä ajassa. Putkistojen kuntotutkimus on hyvä työkalu kiinteistön LVV-järjestelmien jäljellä olevan käyttöiän määrittämiseen ja korjausajankohdan tarkentamiseen.

Putkistojen kuntotutkimus perustuu putkistojen erilaisten vauriomekanismien tutkimiseen erilaisin tutkimusmenetelmin. Tutkimuksen alussa tutustutaan kiinteistön korjaushistoriaan ja LVV-järjestelmissä ilmeneviin ongelmiin. Tarkempi tutkimus tehdään rakennuksen yleisissä tiloissa. Osa lämmitysjärjestelmän, vesijohtoverkoston ja jätevesiviemärijärjestelmän metallisista putkenosista läpivalaistaan filmille käyttäen röntgenlaitetta. Jätevesipohjaviemäreiden, sadevesiviemäreiden ja salaojien toiminnallinen kunto tarkastetaan tv-kuvausta apuna käyttäen. Lämmönjakohuone, putkisto-osat ja varusteet sekä mahdolliset asbestipitoiset putkieristeet tarkastetaan visuaalisesti.

Kenttätutkimusvaiheessa kerätyt tiedot analysoidaan käyttäen hyväksi olemassa olevaa tietämystä putkistojen vauriomekanismeista. Röntgenkuvista arvioidaan ja analysoidaan korroosion etenemistä metallisissa putken osissa sekä tarkastellaan mahdollisia messinkijuotoksia ja asennusvirheitä. Tv-kuvatuista viemäreistä ja salaojista havainnoidaan ja analysoidaan toiminnallisia puutteita kuten sortumia, painaumuksia, takalaskuja ja tukoksia. Silmämääräisesti tehtyjen havaintojen perusteella määritellään

esimerkiksi lämmönsiirtimien ja putkisto-osien, kuten venttiilien jäljellä oleva käyttöikä. Asennus- tai valmistusajankohtaa verrataan tiedossa oleviin tilastollisiin käyttöikiin.

Tehdystä tutkimuksesta laaditaan raportti, jossa esitetään tutkimuksen toteutus, tutkimusmateriaalit, tehdyt havainnot ja analyysit sekä arvio putkiston jäljellä olevasta käytöstä. Raportin tavoitteena on selvittää asiakkaalle mahdollisimman kattava kokonaiskuva putkiston kunnosta, jonka perusteella asiakas pystyy tekemään päätöksen tulevasta korjaustarpeesta ja varautumaan siihen taloudellisesti.

Lähteet

Energiatehokkuus – Kaukolämpö säästää energiaa – Laitteusinta edessä. 2012. Verkkodokumentti: Energiateollisuus ry. <http://www.kaukolampo.fi/energiatehokkuus5.html>. Luettu 28.2.2012.

Energiavuosi 2011 – Kaukolämpö. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://www.energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2011-kaukolampo>. Julkaistu 19.1.2012. Luettu 28.2.2012

Halonen, Jarmo. 2007. Korjausrakentamisen uudet menetelmät – Putkistojen korjaushankkeeseen ryhtyminen. Koulutusmateriaali 25.9.2007.

Harju, Pentti. Matilainen, Veijo. 2001. LVI-tekniikka – Korjausrakentaminen. Vantaa: Opetushallitus, Suomen LVI-liitto.

Harju, Pentti. 2004. Talotekniikan perusteet 1. Kouvola: Penan Tieto-Opus Oy

Helenius, Tapio. Seppänen, Olli. Jokiranta, Kai. 1998. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohje. Julkaisu 7. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.

Kekki Tomi, Kaunisto Tuija, Keinänen-Toivola Minna, Luntamo Marja. 2008. Vesijohdot materiaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku: Vesi-instituutti, Prizztech Oy.

Kerrostalot 1880-2000. 2006. Tampere: Rakennustieto Oy.

Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. 2003. Jyväskylä: Suomen Kiinteistöliitto.

Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. LVI 01-10424. Rakennustietosäätiö RTS.

Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot. Suomen Rakentamismääräyskokoelma D1. 2007.

Kiinteistönhoidon käsikirja. 2003. Jyväskylä: Suomen Kiinteistöliitto

Korroosiokäsikirja. 1988. Hanko. Suomen Korroosioyhdistys – SKY ry.

Korroosiokäsikirja. 2006. 3. painos. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys ry.

Koski-Lammi Pekka. 2010 Korjausrakentaminen – Opetusmateriaali. Espoo: EVTEK.

Kuisma, Harry. 1987. Käsikirja 7. painos. Rakennusten vesijohdot ja viemärit. Helsinki: Suomen kunnallistekninen yhdistys.

Laksola, Jaakko. 2007. Onnistunut putkiremontti Osa 2 – tekniset vaihtoehdot. Jyväskylä: Suomen Kiinteistöliitto

Mapress pressfitting system. Puristusliitinjärjestelmän asennusohjeet. 2002 Verkkodokumentti. <http://www.lyngson.fi/pdf/Asennusohje.pdf>. Luettu 12.11.2012.

Mekaniikka – Korroosionesto - Perusteet. 2010. Verkkodokumentti. Opetushallitus. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_f1_korroosionesto_perustet.html. Sivut päivitetty 27.3.2010. Luettu 30.4.2012.

Putkistojen asennus. 2004. LVI - 20-10348. Rakennustietosäätiö, RTS.

Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. 2010. LVI - 23-10477. Rakennustietosäätiö RTS.

Rakentajan kalenteri. 2011. Savela, Jouko. Asunto-osakeyhtiöissä tehtävät märkätilojen sekä putkistojen kuntoarviot ja –tutkimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy

Suomen virallinen tilasto (SVT). Asunnot ja asuinolot. 2010. Verkkojulkaisu. ISSN=1798-6745. Asuntokanta 2010 . Helsinki: Tilastokeskus.
http://www.stat.fi/til/asas/2010/01/asas_2010_01_2011-10-20_kat_001_fi.html. Luettu 28.4.2012.

Suomen virallinen tilasto (SVT). Rakennukset ja kesämökit. 2010. Verkkojulkaisu. ISSN=1798-677X. Liitetaulukko 3. Rakennukset lämmitysaineen mukaan 1970-2010 . Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/rakke/2010/rakke_2010_2011-05-26_tau_003_fi.html. Luettu 29.2.2012.

Suomen virallinen tilasto (SVT). Rakennukset ja kesämökit. 2010. Verkkojulkaisu. ISSN=1798-677X. Liitetaulukko 1. Rakennukset, asunnot ja henkilöt talotyypin ja kerrosluvun mukaan 31.12.2010 . Helsinki: Tilastokeskus.
http://www.stat.fi/til/rakke/2010/rakke_2010_2011-05-26_tau_001_fi.html. Luettu 28.4.2012.

Talousveden laatu ja verkostomateriaalit. 2008. LVI - 20-40075. Rakennustietosäätiö RTS.

Valtioneuvoston asetus Isännöitsijätodistuksesta 12.5.2010/365.

Kupariputken mitat vuonna 1911			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
10	12,4	10	1,2
13	15,4	13	1,2
19	21,6	19	1,3
25	27,6	25	1,3
32	35	32	1,5
38	41	38	1,5
51	54	51	1,5

Kupariputken mitat vuonna 1927 (Helsingin kaupungin vesijohtolaitoksen määräyksiä)			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
13	15,5	10	1,25
19	21,5	13	1,25
25	28	25	1,5
32	35	32	1,5
38	41,5	38	1,75
51	55	51	2

Kupariputken mitat vuonna 1952 (varastokoot)			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
12	12	10	1
14	14	12	1
17	17	15	1
22	22	19,6	1,2
28	28	25,6	1,2
36	36	33	1,5
42	42	39	1,5
50	50	47	1,5

Kupariputken mitat vuonna 1954 (Metalliteollisuusstandardi TES 278-74)			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
12	12	10	1
14	14	12	1
17	17	15	1
22	22	19,6	1,2
28	28	25,6	1,2
36	36	33	1,5
42	42	39	1,5
50	50	47	1,5

Kupariputken mitat vuonna 1960-1975 (SFS 2250)			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
6	6	4,4	0,8
8	8	6,4	0,8
10	10	8,4	0,8
12	12	10	1
15	15	13	1
18	18	16	1
22	22	20	1
28	28	25,6	1,2
35	35	32	1,5
42	42	39	1,5
54	54	51	1,5
63	63	59	2
76,1	76,1	72,1	2
88,9	88,9	84,9	2
108	108	104	2

Kupariputken mitat vuodesta 1975 ->			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
6	6	4,4	0,8
8	8	6,4	0,8
8	8	6	1
10	10	8,4	0,8
10	10	8	1
12	12	10	1
14	14	12	1
15	15	13	1
17	17	15	1
18	18	16	1
22	22	20	1
22	22	19,6	1,2
28	28	25,6	1,2
35	35	32	1,5
36	36	33	1,5
42	42	39	1,5
50	50	47	1,5
54	54	51	1,5
63	63	59	2
76,1	76,1	72,1	2
80	80	76	2
88,9	88,9	84,9	2
100	100	95	2,5
108	108	104	2
125	125	120	2,5
160	160	154	3

Kupariputken mitat vuonna 2012, kova (R290), (EN 1057)			
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
6	6	4,4	0,8
8	8	6,4	0,8
10	10	8,4	0,8
12	12	10	1
15	15	13	1
18	18	16	1
22	22	20	1
28	28	25,6	1,2
35	35	32	1,5
42	42	39	1,5
54	54	51	1,5
64	64	60	2
76,1	76,1	72,1	2
88,9	88,9	84,9	2
108	108	104	2
108	108	103	2,5
133	133	129	2
133	133	127	3
159	159	153	3

Kierteitetyt teräspuikket (sinkityt teräspuikket ja mustat puikket)				
Nimelliskoko NS	Ulkohalkaisija mm			Seinämän paksuus mm
	Teoriassa	Max.	Min.	
6	10,2	10,6	9,8	2
8	13,5	14	13,2	2,35
10	17,2	17,5	16,7	2,35
15	21,3	21,8	21	2,65
20	26,9	27,3	26,5	2,65
25	33,7	34,2	33,3	3,25
32	42,4	42,9	42	3,25
40	48,3	48,8	47,9	3,25
50	60,3	60,8	59,7	3,65
65	76,1	76,6	75,3	3,65
80	88,9	89,5	88	4,05
100	114,3	115	113,1	4,5

Lämpöjohtoverkostoissa teräspuikket ovat kierteitettyjä NS 50 asti. Tämän jälkeen käytetään hitsattavia puikket.

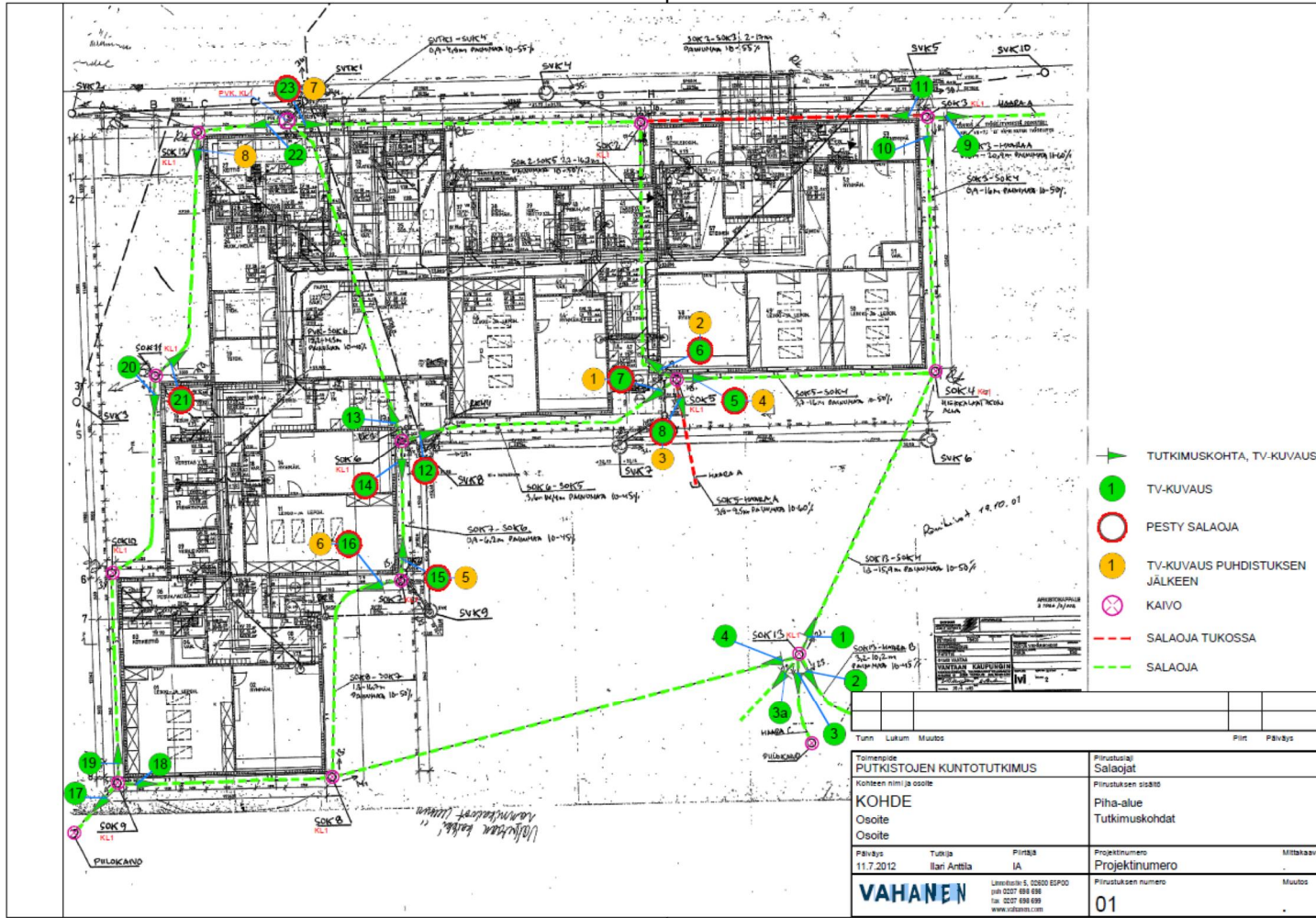
Muhvilliset valurautaputket (STKY 1956)		
Nimelliskoko DN	Sisähalkaisija mm	Seinämän paksuus mm
50	52	4
70	72	4
100	102	5
150	152	5
200	200	6

Muhvittomat valurautaputket (SFS 2681)		
Nimelliskoko DN	Ulkohalkaisija mm	Seinämän paksuus mm ^{*)}
70	75 ± 1,0	4-0,6
100	110 ± 1,5	5-0,8
150	160 ± 1,7	5-0,8
^{*)} yläeromittaa ei anneta		

Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma, PTS 10 vuotta

Kunnossapitotoimenpide	Vuodet	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Yhteensä
Lämpöputkiston seurantatutkimus						3500						
Lämpöjohtojen venttiilien uusiminen suunnittelu				4 000								
Lämpöjohtojen venttiilien uusiminen					11 000							
Linjasaneerauksen hankesuunnittelu			25 000									
Linjasaneerauksen toteutussuunnittelu				55 000								
Linjasaneeraus					2 000 000							
Kustannukset sisältää alv. 23 %	Yhteensä	0	30 750	72 570	2 473 530	4 305	0	0	0	0	0	2581155
Asuinneliöt	3500	€/m²	0	8,79	20,73	706,72	1,23	0	0	0	0	737
		€/m²/kk	0,00	0,07	0,17	5,89	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	6

Tutkimuskohtapiirustus



Toimintajärjestelmä PUTKISTOJEN KUNTOTUTKIMUS		Pihustussali Salaojat	
Kohde Osoite Osoite		Pihustuksen osasto Piha-alue Tutkimuskohdat	
Päiväys 11.7.2012	Tuottaja Ilari Anttila	Piiritsä IA	Projektinumero Projektinumero
		Laskutus: 0,2000 ESP00 puh 0207 688 688 fax 0207 688 689 www.vahanen.com	Mittakaava Muutos 01