

VESIJOHTOVERKOSTOJEN PUTKIRIKKOTILANTEET JA NIIDEN HALLITTU KORJAAMINEN

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys
Helsinki 2011
1. painos

Julkaisun myynti:

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys
Asemapäällikönkatu 7
00520 HELSINKI

puh. (09) 868 9010
fax. (09) 8689 0190
sähköposti vvy@vvy.fi
kotisivu www.vvy.fi
ISBN 978-952-5000-72-6 (nid)
ISBN 978-952-6697-97-0 (pdf)

ISSN-L 2242-7317
ISSN 2242-7313

Helsinki 2011

Ehdot Vesilaitosyhdistyksen julkaisu- ja monistesarjan pdf -tiedostoina myytävien julkaisuiden käyttöön:

- Julkaisun jakaminen pdf -tiedostona ja koko julkaisun tulostaminen on sallittu enintään 10 henkilölle samassa organisaatiossa.
- Julkaisua kopioitaessa tulee noudattaa voimassa olevaa lainsäädäntöä.
- Julkaisun tai sen osan levittäminen kaupallisessa tarkoituksessa on kielletty.
- Julkaisua lainattaessa tulee tehdä lähdeviittaus alkuperäiseen julkaisuun.
- Vesilaitosyhdistyksen kanssa voidaan sopia erikseen julkaisun hyödyntämisen ehdoista opetuskäytössä.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO.....	7
1. YLEISTÄ VESIJOHTOVERKOSTOJEN VAURIOISTA	9
1.1. Vuototyypit	9
1.2. Vesijohtoverkossa ilmenevät vuototyypit yleisimmille putkimateriaaleille ja niiden aiheuttajat.....	9
1.3. Verkostolaitteissa ilmenevät viat	14
1.4. Vuodot erityiskohteissa.....	15
2. VESIJOHTOVERKOSTON VUOTOJEN ETSINTÄ JA PAIKANTAMINEN	18
2.1. Yleisimmät vuotojen etsintämenetelmät	18
2.2. Yleisimmät vuotojen paikannusmenetelmät	20
3. VERKOSTOMATERIAALIEN VARASTOINTI	23
4. ESITYÖT VESIJOHTOVERKOSTON VAURIOTILANTEISSA	24
4.1. Vaurioilmoituksen vastaanotto ja toimenpiteisiin ryhtyminen	24
4.2. Välittömän vahinkovaaran minimointi	25
4.3. Tarvittavien kone- ja miehistöresurssien määrittely	26
4.4. Vaurion paikantaminen.....	27
4.5. Kohteessa olevan muun maanalaisen tekniikan selvittäminen ja paikantaminen.....	27
4.6. Liikennejärjestelyt.....	28
4.7. Ilmoitukset kuluttajille mahdollisesta vedenjakelun katkoksesta.....	29
4.8. Mahdollisen väliaikaisen vedenjakelun järjestäminen	30
5. KAIVU- JA KORJAUSTYÖN ETENEMINEN.....	33
5.1. Kaivannon teko	33
5.2. Putki- tai laiterikon korjausmenetelmän määrittely.....	36
5.3. Korjaustapahtuma ja korjattavasta putkesta tehtävä kuntoarviointi	37
6. PUTKILINJAN PUHTAUDEN VARMISTAMINEN	39
6.1. Puhdistusta edellyttävän alueen laajuuden määrittely	39
6.2. Huuhtelu	40
6.3. Mekaaninen puhdistus.....	40
6.4. Putkilinjan desinfiointi	41
6.5. Puhdistetun alueen uudelleen käyttöönottaminen.....	47
7. KAIVANNON TÄYTTÄMINEN JA MUUT JÄLKITYÖT VAURIOKOhteessa.....	48
7.1. Kaivannon täyttö ja tiivistäminen.....	48
7.2. Työmaan purku, siivoaminen ja liikennejärjestelyjen ennalleen palauttaminen.....	48
7.3. Kaivannon jälkivalvonta	49
7.4. Mahdollisen väliaikaisen vedenjakelujärjestelmän purkaminen.....	50
8. JÄLKITYÖT TOIMISTOLLA	51
8.1. Korjaustapahtuman raportointi.....	51
8.2. Raporttitietojen arkistointi tai vienti kunnonvalvontajärjestelmään.....	51
8.3. Tarvittavien tietojen vienti karttajärjestelmiin	52
8.4. Vauriokohteen pintatyöt ja ilmoitukset.....	52
8.5. Putkivaurioista mahdollisesti aiheutuneiden vahinkojen selvittäminen ja korvaaminen.....	53

Liite 1. Pikaopas putkirikkotilanteeseen

Liite 2. Esimerkki normaalin työajan ulkopuolella tehdystä vesijohdon korjaustapahtumasta Turussa lauantaina 21.10.2006

Liite 3. Klooridesinfiointin suorituksessa huomioitavia työturvallisuuteen ja kloorauksen suorittamiseen liittyviä seikkoja

Liite 4. Kirjallisuutta

ESIPUHE

Vesihuoltoinfrastruktuurin ikääntyminen ja riittämättömän saneerauksen seurauksena syntynyt saneerausvelka ovat aiheuttaneet putki- ja laiterikojen määrän merkittävän kasvun. Putkirikot, joista aiheutuu veden jake-lukatkoja, vaaraa ympäristölle tai merkittäviä aineellisia vahinkoja, pyritään korjaamaan mahdollisimman pian ja siten pitämään syntyvä haitta mahdollisimman pienenä. Tällaisessa haasteellisessa ja paineen alla tapahtu-vassa tilanteessa täytyy kuitenkin pitää huolta niin työntekijöiden työturvallisuudesta kuin korjattavan putkilinjan hygieniastakin.

Tämän käytännönläheisen oppaan tavoitteena on esitellä putkirikkotilan-teen hoidon parhaita käytäntöjä, jotka huomioivat itse korjaustapahtuman lisäksi hygieenisyyden varmistamisen, työsuojelun, asiakkaille tiedottami-sen sekä tapahtumien dokumentoinnin. **Putkirikkotilanteessa toimimi-nen edellyttää aina tapauskohtaista harkintaa tilanteessa sopivim-mista toimintatavoista.**

Korjaustapahtuman toimenpiteet ja tehtävät on koottu liitteeseen 1 pika-oppaaksi, joka voidaan esimerkiksi laminoida jokaiselle verkostotöitä suo-rittavalle työryhmälle ja työnjohtajalle aina mukana olevaksi muistilistaksi.

Putkirikko-opas on tarkoitettu ensisijaisesti verkostojen rakentamisesta, suunnittelusta ja valvonnasta vastaaville henkilöille. Oppaasta löytyy käy-tännönläheistä apua erityisesti vasta joitakin vuosia alalla toimineille, mut-ta opas toimii toki toimintamallien ja hyvien käytäntöjen kertauksena myös pitempään alalla toimineille.

Julkaisun on kirjoittanut lähes 40 vuoden kokemuksella Reijo Rosengrén, joka siirtyi kansainvälisiin tehtäviin Turun vesilaitoksen työpäällikön tehtä-västä syksyllä 2009. Oppaan laatimista ohjasi työryhmä, johon kuuluivat Juha Hiltula (Haminan Vesi), Kimmo Kiviranta (Turun vesiliikelaitos), Riina Liikanen (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys), Hannu Mustonen (Lahti Aqua ñ konserni / Aqua Palvelu Oy), Jouko Mäenpää (Helsingin Vesi), Sami Sillstén (Helsingin Vesi) ja Tapio Tolvanen (Suomen Putkisto Tarvike Oy). Arvokkaita parannusehdotuksia ja asiantuntijakommentteja antoivat myös Tapio Helenius (Keravan kaupunkitekniikka), Markku Lehtola (Kuopion Vesi), Ilkka Miettinen (terveyden- ja hyvinvoinnin laitos), Riku Vahala (Aal-to-yliopisto) ja Jaana Vaitomaa (Sosiaali- ja terveystieteiden lupa- ja valvonta-virasto Valvira).

Oppaan ovat rahoituksellaan mahdollistaneet seuraavat vesihuoltolaitok-set: Espoon Vesi, Forssan vesihuoltoliikelaitos, Haminan Vesi, Helsingin Vesi, Hyvinkään Vesi, Joensuun Vesi, Jyväskylän Energia Oy, Keravan kaupunkitekniikka, Kokkolan Vesi, Kouvolan Vesi, Kuopion Vesi, Kymen Vesi Oy, Mikkelin vesilaitos, Oulun Vesi, Pietarsaaren Vesi, Porvoon vesi, Rauman Vesi, Riihimäen Vesi, Seinäjoen Vesi, Tampereen Vesi ja Vaa-san Vesi sekä Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto.

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys kiittää kaikkia oppaan tekemiseen osallistu-neita ja rahoittajia heidän arvokkaasta panostuksestaan.

Helsingissä 3.3.2011

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys

JOHDANTO

Putkirikkojen määrä ja kustannukset

Vesijohtoverkostojen pituuden kasvamisen ja verkostojen ikääntymisen myötä putki- ja laiterikkojen määrä on lisääntynyt. Aiemmin määrärahoja vaati vain verkostojen laajentaminen, mutta nyt on oltu jo pitkään tilanteessa, jossa verkostojen ylläpitoon tarvittavat aineelliset panostukset alkavat lähestyä sitä määrää, jota käytetään uudisrakentamiseen. Näin varsinkin ns. vanhoissa vesilaitoksissa, joiden vanhimmat käytössä olevat verkoston osat ovat yli 100 vuotta vanhoja.

Kunnossapitotoimenpiteiden tekninen kehitys

Putkirikkojen korjaamisen menetelmät, koneet ja laitteet ovat kehittyneet varsinkin viimeisen 50 vuoden aikana huomasti. Kun 50-luvulla putkirikon esille kaivaminen tehtiin pääasiallisesti lapiotyönä ja maa-ainesten kuljettaminen tapahtui hevosvetoisilla kärryillä, niin työt tehdään nykyään lähes täysin koneilla. Lapiotyön merkitystä ei pidä tosin nykyäänkään väheksyä, varsinkin jos kaivantoa tehdään urbaanilla alueella, jossa samassa kaivannossa on vesijohdon lisäksi monenlaista muutakin tekniikkaa. Talvella, kun maaperä saattoi olla jäässä kaksi metriä, pohjoisimmissa osissa Suomea jopa syvemmin, kaivannon teko vei useita päiviä. Voi vain kuvitella sitä turhautumisen tunnetta, kun jäätyneeseen maahan vihdoinkin saatu kaivanto osoittautui olevan väärässä paikassa putken korjausta ajatellen.

Vuodon etsintä- ja varsinkin paikannusmenetelmät ovat kehittyneet viimeisen 20 vuoden aikana merkittävästi. Ennen putkirikkokohteen löytämiseksi saatettiin joutua tekemään useita kaivantoja, kun nykyaikaisilla paikannusmenetelmillä päästään yli 90 % varmuuteen kunnossapitokohteen sijainnista.

Korjaamiseen tarvittavien osien kehitys on omalta osaltaan helpottanut ja lyhentänyt korjaustapahtuman kestoa. Varsinkin laajatoleranssiset, ruostumattomasta teräksestä valmistetut korjausmuhvit ovat keveydellään ja asentamisen helppoudella edistäneet merkittävästi korjauksen suorittamista.

Asiakkaiden huomiointi ja viranomaisvaatimukset

Niin asiakkaiden odotukset kuin laitosten tavoitteetkin palvelutason säilymiselle erilaisissa häiriötilanteissa ovat kasvaneet. Vielä muutama vuosikymmen sitten ei ollut tavatonta, että putkirikon takia osa vesihuoltolaitoksen asiakkaista oli jopa päiviä ilman paineellista talousvettä. Silti reklamaatioiden määrä oli varsin vähäinen. Asiaan vaikutti toki oleellisesti myös ihmisten vedenkäyttötottumukset: peseydyttiin kerran viikossa saunassa ja riitti kun vettä saatiin ruokahuollon tarpeisiin. Nykyään lyhyetkin vedenjakelun katkokset aiheuttavat lukuisan määrän reklamaatioita ja joissain tapauksissa myös korvausvaateita.

Toimiva ja häiriötön vesihuolto on avain asemassa yhteiskunnan toiminnan mahdollistamisessa ja turvaamisessa. Tätä taustaa vasten on luonnollista että sekä vesihuoltolaitokset että vesihuollon toimintaa ohjaavat ja

valvovat viranomaiset pyrkivät omassa toiminnallaan turvaamaan luotettavat vesihuoltopalvelut.

Vesihuollon resurssit

Kaikilla toimialoilla vallitseva kustannustehokkuuden vaatimus edellyttää myös vesihuoltolaitoksilta toiminnan kriittistä tarkastelua. Säästötoimenpiteitä voidaan hakea esimerkiksi omaa toimintaa tehostamalla sekä ydinosaamisen ulkopuolisia toimintoja ulkoistamalla. Verkoston ylläpitotoiminnot ovat kiistatta sellaista vesihuollon ydintoimintaa, jonka ulkoistamiseen on syytä ryhtyä vain erityisen painavista syistä. Toisaalta ydinosaamisen säilyminen edellyttää riittäviä henkilöresursseja sekä eläköitymisen myötä poistuvan tiedon mahdollisimman tehokasta siirtoa alan nuoremmille osaajille.

Talousveden hygienia

Talousvesi on ihmiselle ensisijaisin ja välttämättömin elintarvike. Vesilaitosten asiakkailleen jakaman veden hygieenisyyden korkea taso onkin pyrittävä takaamaan kaikissa tilanteissa, myös vaikeiden ja hankalasti toteutettavien putkirikkomerkkien yhteydessä.

Norjassa tehdyn tutkimuksen mukaan verkostopaineen laskuun johtaneet putkirikot ja verkostokorjaukset lisäsivät veden käyttäjien riskiä sairastua vatsatautiin^{*)}. Vesijohtoverkoston korjauspitotoista aiheutuneita pienimuotoisia veden likaantumisia on varmasti tapahtunut Suomessakin. Näistä likaantumisista veden käyttäjille mahdollisesti aiheutuneiden vatsatautien alkuperä on yleensä jäänyt tuntemattomaksi. Jotta myös tulevaisuudessa välttyttäisiin verkoston korjaustoimenpiteistä johtuvilta vakavilta epidemioilta, tulee asiakkaille jaettavan veden hygieenisyyteen suhtautua äärimmäisen vakavasti myös putkirikkomerkkien yhteydessä.

**) Nygård et al. Breaks and maintenance work in the water distribution systems and gastrointestinal illness: a cohort study. International Journal of Epidemiology 2007; 36; 873-880.*

1. YLEISTÄ VESIJOHTOVERKOSTOJEN VAURIOISTA

1.1. Vuototyytit

Vesijohtoverkoston vuototyytit voidaan määritellä niiden ilmenemismuodon mukaan piilovuotoihin ja ilmivuotoihin. Ilmivuodoissa verkostovesi maa-ainesta kevyempänä tulvii näkyville ja on näin ollen yleensä helposti havaittavissa alueilla, joilla ihmiset liikkuvat ja tekevät havaintoja ympäristöstä. Useimmiten myös niiden paikantaminen on suhteellisen helppoa, vaikkakaan itse vauriokohta ei aina sijaitse kohteessa, mistä vesi tulvii näkyville. Ilmivuodot ovat yleensä runsaita ja vaativat akuutteja korjaustoimenpiteitä.

Piilovuodot puolestaan ovat verkoston hallinnan kannalta huomattavasti vaikeammin eliminaitavia. Tyypillinen piilovuoto kehittyy hitaasti suuremmaksi eikä näin ollen aiheuta äkillisiä muutoksia veden jakeluun. Ne saattavat aiheuttaa veden hukkaa verkostossa jopa vuosikautia ilman, että niistä aiheutuu mitään teknistä haittaa jakelusysteemille tai veden käyttäjille.

Piilovuotoja on syytä etsiä systemaattisesti, kun laskuttamattoman veden määrä ylittää laitoksella määritellyn sietorajan. Usein myös pysyvä vesipaineen aleneminen tietyllä jakelualueella, antaa aiheen piilovuodon tai -vuotojen etsintään. epäillä vesijohtoverkoston vuotoa tutkimusalueella.

Toisinaan piilovuodot aiheuttavat harmia kiinteistöjen perustuksiin ja kellaritiloille. Aina ei kuitenkaan syyppäänä ole verkostosta tulviva vesi vaan nämä ongelmat saattavat aiheutua myös runsaista sateista, sulamisvesistä ja kiinteistön puutteellisista kuivanapitojärjestelmistä. Mikäli on aihetta epäillä tulvivan veden alkuperää, voidaan laboratoriotutkimuksilla selvittää, onko vesi lähtöisin vesilaitokselta vai onko kyseessä jokin muu vesilähde.

Verkostovuodot saattavat ilmetä vesilaitoksen syöttö- tai jakelujohdoissa sekä niiden toimilaitteissa. Vuodot ovat yleisiä myös kiinteistöjen tontti-vesijohdoissa. Ne ovat yleensä kiinteistöjen omaisuutta ja kunnossapitovastuulla. Vastuurajakäytäntö vaihtelee kuitenkin paikkakunnittain. Vesinstituutin tutkimusjulkaisussa Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa todetaan jakelu- ja tonttivesijohtojen aiheuttavan 90 % vesijohtoverkoston vuodoista. Julkaisun mukaan keskimääräinen laskuttamattoman veden määrä suurimmissa vesilaitoksissa on noin 16 % ja keskimäärin laitoissa 17.9 %.

1.2. Vesijohtoverkostossa ilmenevät vuototyytit yleisimmille putkimateriaaleille ja niiden aiheuttajat

Valurautaputket (harmaa valurauta) (GI)

Suomugrafiittivalurauta eli kansanomaisesti ilmaistuna harmaa valurauta oli aikanaan eräs eniten käytetyistä putkimateriaaleista. Suomessa sen laajempi käyttö loppui 1970-luvun alussa. Ominaisista materiaaleille on, että grafiitti esiintyy siinä hiutalemaisessa muodossa. Sekä sisäpuolisena että

ulkopuolisena pinnoitteena näissä putkissa käytettiin bitumia, jonka kerrospaksuudet ja kerrosten määrät vaihtelivat suuresti valmistajasta riippuen.

Valurautaputkilla ei ole juurikaan elastisia ominaisuuksia ja siksi yleisin syy rikkoutumiseen on putken katkeaminen tai halkeilu. Vauriot johtuvat tavallisimmin roudan tai liikenteen aiheuttamasta maakerrosten liikkumisesta. Myös putkilinjan siirtyminen kantavalta rakenteelta pehmeälle, esimerkiksi kalliolta savikolle, aiheuttaa putkeen jännityksiä ja viimein putken vaurioitumisen. Näin tapahtuu varsinkin, jos asiaa ei ole oikealla tavalla huomioitu putkilinjaa perustettaessa, esimerkiksi rakentamalla asennusarinaan siirtymäkiiloja. Ilmiötä ja sen seurauksia on tarkkailtu Lahdessa ja havaittu, että läpimitaltaan 250 mm ja pienemmät putket katkeavat ja sitä isommat halkeavat näissä tilanteissa. Putkien alle aikanaan asennetut puiset asennustuet aiheuttavat pistekuormituksia ja ovat osaltaan syynä putkirikkoihin. Näistä kaikista edellä mainituista vaurioista syntyy yleensä helposti havaittava ilmivuoto.

Syöpymäreiät ovat tämän putkimateriaalin yleisiä vaurioita, koska suuri osa valurautaputkista pinnoitettiin riittämättömästi. Tilanne korostuu aggressiivisissa savimaaperissä, joita on runsaasti varsinkin lähellä meren rantaa sijaitsevien vesilaitosten alueella.

Valurautaputket liitettiin toisiinsa muhvikonstruktioilla, jotka tiivistettiin rekkinarulla ja lyijysulalla. Tärinästä tai mahdollisesti myös painevaihteluista aiheutuen, muhvin tiivistävä lyijyaines liukuu toisinaan ulos asennuspai-kastaan, aiheuttaen ainakin aluksi hankalasti havaittavan piilovuodon.

Bitumisuojakerrosten irtoaminen putken sisäpinnoilta ei niinkään aiheuta välittömiä mekaanisia vaurioita itse putkilinjaan mutta heikentävät talousveden laatua oleellisesti.

Valurautaputkien ongelmat kohdistuvat lähinnä ns. vanhoihin vesilaitoksiin, sillä vain harvat 1960-luvun jälkeen toimintansa aloittaneet laitokset ovat käyttäneet valurautaa verkostomateriaalina.

Teräsputket (ST)

Teräs on ollut yli sadan vuoden ajan valuraudan ohella vesijohtoverkostoissa yleisesti käytetty putkimateriaali. Teräsputkissa on käytetty samoja sisä- ja ulkopuolisia pinnoitteita kuin valuraudassa. Viime vuosikymmeninä on teräsputkissa ryhdytty käyttämään yleisesti sisäpuolisena pinnoitteena sementtilaastia ja ulkopinta on korroosiosuojattu joko sinkki + bitumipinnoitteella tai polyeteenillä (PE).

Teräsputkia on liitetty yhteen muhvirakenteilla, hitsaamalla tai mekaanisilla liittimillä. Viimeksi mainittua liitostapaa on harvemmin käytetty maahan asennetuissa putkistoissa.

Teräsputkista aiheutuva vaurio johtuu lähes poikkeuksetta korroosiosta. Varsinkin vain kertaalleen bitumipinnoitetut putket ovat alttiita syöpymään korroosiolle otollisiin olosuhteisiin asennettuna. Näiden vuotojen löytäminen on vaikeaa varsinkin silloin, kun syöpymäreikä on alullaan. Toisaalta, havaittu vuoto on suhteellisen helppo paikantaa äänikorrelaattorilla, koska pienestä reiästä ulospurkautuva vuotovesi aiheuttaa voimakkaan äänisig-

naalin. Paikantamista voi hankaloittaa se, että pieniä vuotoreikiä on tutkittavassa putkilinjassa useita.

Teräs on valurautaan verrattuna elastinen materiaali eikä se normaalisti katkea tai halkeile. Valurautaan verrattuna teräksen seinämävahvuus on pienempi. Samanlaisiin aggressiivisiin maaperäolosuhteisiin sijoitettuna se syöpyy puhki nopeammin kuin valurauta. Muhvillisiin lyijyliitoksiin ja putken sisäpinnoitteena olevaan bitumisuojaukseen pätee vaurioitten ja talousveden laadun heikentymisen osalta samat lainalaisuudet kuin valuraudassakin.

Myös tämä putkimateriaali on tyypillisesti ns. vanhojen vesilaitosten käyttämä tuote. Pienissä dimensioissa tätä materiaalia ei juurikaan enää käytetä maahan asennettavissa putkistorakenteissa. Suurissa dimensioissa materiaali tekee uutta tuloaan markkinoille. Syinä tähän ovat materiaalin keveys muihin metalliputkiin verrattuna ja pitkälle kehitetyt pinnoiteratkaisut.

Pallografiittivalurautaputket (SG)

Pallografiittivalurautaisia putkia alettiin käyttää vesijohtoverkostojen rakenteissa 1960-luvulta alkaen. Ominaista materiaalille on, että grafiitin olomuoto on nimensä mukaan pallomainen. Harmaaseen valurautaan verrattuna tämän materiaalin etuna ovat varsin suuri elastisuus ja korkeat lujuusarvot. Uutta oli myös, että putkien liitosmuhvit varustettiin kumirengastiivisteillä. Myöhemmin tiivisteistä kehitettiin myös versioita, jotka tekivät liitoksista vetoa kestäviä.

Materiaalia käytettiin varsin runsaasti suuremmilla vesilaitoksilla 1970-luvun alusta alkaen. Pääosin käytettiin kotimaisen valmistajan tekemiä tuotteita. Jälkeenpäin tuona aikakautena valmistettujen kotimaisten tuotteiden sisä- ja ulkopuoliset pinnoitteet on todettu riittämättömiksi aggressiivisissa maaperäolosuhteissa sekä tilanteissa, joissa putkistossa virtaavan veden ominaisuus vaihtelee suuresti. Pinnoitteina käytettiin tuolloin ohutta, osin huokoista bitumikerrosta, jolloin korroosiosta aiheutuva ilmiö alkoi lähes välittömästi putkien käyttöönoton jälkeen. Laitosten valmistaman veden laadussa oli monesti myös puutteita tuona aikana, mikä puolestaan aiheutti putken sisäpuolista korroosiota.

Putkimateriaalista aiheutuneet vauriot ovat olleet lähinnä piilovuotoja aiheuttaneita syöpymiä. Ongelmat ovat luonteeltaan olleet lähinnä samat kuin teräsputkissa.

Pallografiittivalurautaisten putkien pinnoitteet ovat kehittyneet huomasti. Tyypillinen korroosiosuoja putken sisäpuolella on sementtilaasti. Ulkopintaan on runsaasti pinnoitevaihtoehtoja: peruspinnoite on sinkki + bitumi-maali, tätä pinnoitetta selkeästi korroosiota kestävämpi alumiinisinkki ja tarvittaessa putket voi tilata myös ulkopuolisella polyeteenipinnoitteella.

Pallografiittivalurauta on myös tyypillisesti ns. vanhojen vesilaitosten käyttämä putkimateriaali, joskin tämän materiaalin käyttö on lisääntynyt uudemmissakin vesilaitoksissa.

Polyeteeniputket (PE)

Polyeteeniä alettiin käyttää putkimateriaalina vesijohtoverkostoissa 1960-luvulta alkaen. Niistä ajoista polyeteenistä on kehitetty lukuisia eri versioita (PEH, PEL, PELM, PEX yms.), lyhenteet usein kuvaavat materiaalin kovuus- tai lujuusominaisuuksia. Putket liitetään toisiinsa puskuhitsausmenetelmällä, sähkömuhvien avulla tai mekaanisilla liittimillä.

Materiaalin elastisuusominaisuuksista johtuen putki kestää taivutusta ja vääntöä. Siksi normaaleissa käyttöolosuhteissa putki on lähes murtumaton. Myöskään korrosio ei tämän materiaalin kohdalla ole ongelma. Polyeteeniputken murtolujuuteen vaikuttaa voimakkaasti lämpötila. Kun putkia asennetaan hyvin kylmissä olosuhteissa, vaurioituvat putket herkästi. Eritoten putkikuormaa purettaessa pitää kylmissä olosuhteissa noudattaa erityistä varovaisuutta niitä maahan laskettaessa. Useimmat polyeteeniputkien valmistajat ovat rajoittaneet ohjeistoissaan putkien alimmaksi käsittelylämpötilaksi -15 °C.

Lämpötilan kohotessa, polyeteeni menettää nopeasti paineenkestominaisuuttaan. Tällaiseen tilanteeseen saatetaan joutua esim. erilaisissa teollisuuslaitoksissa, joissa vallitsee korkea lämpötila sekä kiinteistöissä, joiden vesimittarit ovat asennettu pannuhuoneisiin. Polyeteeniputkille on ominaista myös naarmuuntumisherkyys. Viillot ja naarmut syvenevät ja etenevät putken käyttöolosuhteissa ja lyhentävät oleellisesti niiden oletettua elinkaarta. Poikkeuksen tähän tekee PEX-putket, joissa on ristosilloitettu molekyyli rakenne ja näin ollen mahdolliset naarmut ja viillot eivät etene ajan myötä.

Polyeteeniputkilinjoissa ilmeneviä vaurioita ovat yleensä putken seinämän ilmaantuneet reiät tai liitosvuodot. Reiät aiheutuvat useimmiten kairavantoon putken läheisyyteen jääneistä kivistä, jotka maaperän liikkumisen myötä hankaavat putken seinämän rikki. Liitosvuodot puolestaan aiheutuvat puskuhitsauksista, joita on tehty puutteellisella ammattitaidolla tai huolimattomasti. Pitkään maassa olleissa putkissa on joskus havaittu myös pitkittäishalkeamia, jotka ovat aiheutuneet todennäköisesti materiaalin väsymisestä ja putkeen kohdistuvista ulkopuolisista voimista. Joissain tapauksissa on todettu putken kovettumisen (äsitumisen) olleen syynä putken rikkoutumiseen.

Putkien materiaalia on kehitetty lujemmaksi ja kovemmaksi siten että mekaanisten, ulkopintaan tarttuvien liittimien tartuntakyky ja näin ollen liittimen vetoa kestävä ominaisuus on heikentynyt. Monet polyeteeniputken vauriot johtuvatkin liittimien irtoamisesta. Ongelmaa esiintyy etenkin pienissä putkidimensioissa, koska materiaali koostumuksen muutosten ohella putkien seinämävahvuudet ovat oleellisesti pienentyneet. Tämä on aiheuttanut putkien lommahtamista ja kuroutumista. Tätä negatiivista ilmiötä voidaan nykyään eliminoida käyttämällä putken sisään asennettavia tukiholkkeja, joiden käyttöä myös putkien valmistajat suosittelevat.

Eräs poikkeustilanteissa esiin tuleva ongelma on se, että putken seinämän läpäisee monet maaperään päässeet liuotin- ja öljytuotteet. Varsinaista mekaanista putkivauriota ei siitä sinällään aiheudu, mutta veden laadun heikkeneminen tekee niistä kuitenkin käyttökelvottomia talousveden johtamiseen tällaisessa saastuneessa maaperässä. Markkinoilla on nykyään

saatavissa polyeteeniputkia joiden suojakuoret eliminoivat liuottimien yms. aineiden diffuusion putken seinämän läpi.

Polyvinyylikloridiputket (PVC)

PVC-putkia alettiin käyttää Suomessa suunnilleen samoihin aikoihin kuin polyeteeniputkiakin. Materiaalina PVC ei ole niin joustavaa kuin polyeteeni. Putket liitetään toisiinsa kumirengastiivisteellisillä muhviiliitoksilla.

Materiaalin ominaisuuksista johtuen, metalliputkia haittaava korroosio ei ole PVC-putkien ongelma. Vauriot ovat yleensä putkensuuntaisia halkeamia, jotka aiheutuvat usein joko huonosti tehdystä kaivannon alkutäytöstä tai kiven tms. painamisesta putkea vasten. Ensimmäisen sukupolven putkissa on tutkimuksissa joskus havaittu myös materiaalin lasittumisen aiheuttaneen putken murtumisia.

Liitoksista aiheutuneet vuodot ovat olleet pääosin asennusvirheistä johtuvia. Putken asennusohjeet edellyttävät, että liitosmuhviin tulee jäädä tietty liikkumavara tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvien putkilinjan liikkadusten varalta. Mikäli tätä liikkumavaraa ei asennusvaiheessa ole otettu huomioon, putki halkeaa maaperän liikkeiden myötä. Suuri putkilinjan siirtymä voi aiheuttaa vuodon liitosmuhvissa. Eräs merkittävä syy rikkoutumisiin on asennusaikaisten virheiden aiheuttamat jännitykset, jotka laukeavat esim. poraaroitusta tehtäessä halkaisten putken.

PVC-putken vaurio aiheuttaa usein ilmivuodon, jonka havaitseminen on helppoa jo pelkästään vaurioalueen painetason radikaalin alenemisen myötä. Tiivistevuoto liitosmuhvissa voi jäädä myös piilovuodon tasolle.

PVC on polyeteenin kanssa metrimääräisesti yleisimmin Suomessa käytetty vesijohtoverkoston putkimateriaali.

Asbestisementtiputket (AC, himaniitti)

Asbestisementtiä käytettiin Suomessa lyhyen aikaa 1970-luvulla. Materiaalin monista PVC:hen verrattavista ominaisuuksista huolimatta, asbestisementtiä ei ole käytetty vesijohtoverkoston rakentamiseen edellä mainitun ajanjakson jälkeen.

Asbestisementtiputkistoissa ilmenevät vauriot ja niiden aiheuttajat ovat paljolti samat kuin PVC-putkissa. Korjaamista vaikeuttavat sopivien varaosien puuttuminen sekä työsuojelulliset näkökohdat materiaalia työstettäessä.

Muut putkimateriaalit

Edellä mainittujen putkimateriaalien lisäksi vesijohtoverkostoissa on käytetty muun muassa galvanoituja ja ruostumattomia teräsputkia sekä kupariputkia. Näitä materiaaleja on käytetty pääasiassa kiinteistöjen tonttijohdoissa ennen muoviputkien markkinoille tuloa. Putkityypit ovat saneerausten myötä poistumassa eikä uusia edellä mainituista materiaaleista valmistettuja putkia enää käytetä maahan asennetuissa vesijohtorakenteissa.

Näistä materiaaleista valmistettujen putkien pääasiallinen vaurioita aiheuttava ongelma on ollut syöpyminen.

1.3. Verkostolaitteissa ilmenevät viat

Liitososat

Putkiliittimien ja laitteiden liitososien vedenjakelua haittaavat vauriot ovat määrältään vähäisempiä kuin itse putkista aiheutuvat. Tyypillisimpiä vaurioita ovat pulttien ja muttereiden syöpymät laippaliitoksissa, tiivistevuoto liitoksessa ja pistoliittimien irtoamiset. Ensin mainittu vaurio aiheutuu yleensä aggressiiviseen maaperään asennetun laippaliittimen väärästä pultti- ja muttermateriaalin valinnasta. Tiivistevuoto johtuu usein virheestä asennusvaiheessa tai sitten heikosta tiivistemateriaalista. Pistoliittimen irtoamisen syynä voi olla joko asennusvirhe tai tukiholkin käytön laiminlyönti varsinkin pienemmissä putkidimensioissa.

Liitososista johtuvat vauriot aiheuttavat usein ilmivuodon mutta tiivistevuoto saattaa pysyä piilovuotona jopa useita vuosia.

Liittimien puhki syöpymiset ovat niiden ainesvahvuuden ja hyvien pinnoitteiden takia harvinaisia. Kun maaperä on erittäin aggressiivista, esimerkiksi teollisuuden maaperään laskemista syövyttävistä aineista johtuen, myös liittimien syöpymisiä on havaittu.

Sulkuventtiilit

Sulkuventtiilien vuotoa aiheuttamat vauriot ovat yleensä karatiivistevuotoja. Vuotavan veden määrä on poikkeuksetta vähäinen, mutta sen havaitseminen on kuitenkin yleensä varsin helppoa, koska vesi pääsee lähes esteettä nousemaan maan pinnalle karanjatkon suojaputkea myöten.

Venttiilin toimintakyky saattaa vaarantua esimerkiksi luistin kumipinnoitteen vaurioituttua. Näin voi käydä, mikäli venttiili on ollut pitkään suljettuna (painerajaventtiilien luistien kumit saattavat vulkanoitua venttiilin runkoon) tai jos venttiilien sulkemisessa on käytetty liian suurta voimaa. Kuten liitososat, venttiilitkin syöpyvät puhki äärimmäisen harvoin.

Karanjatkot

Karanjatkoihin tulevat vauriot eivät itsessään aiheuta verkostoon vuotoja, mutta niiden toimimattomuus voi aiheuttaa haittaa. Putkirikkotilanteessa, jossa olisi vahinkovaaran välttämiseksi tarve sulkea nopeasti venttiilejä, toimimattomat karanjatkot voivat estää sulkemisen ja aiheuttaa siten suuriakin vahinkoja.

Karanjatkon vaurio on yleensä syöpyminen, jolloin se käyttötilanteessa katkeaa. Syöpyminen aiheutuu yleensä aggressiiviseen maaperään asennetusta sopimattomasta karanjatkomateriaalista. Myös karanjatkorakenteessa olevat, sähköisessä jännitesarjassa eri tasolla olevat metallit aiheuttavat kosteassa maaperässä syöpymisreaktion. Karanjatkon venttiilin karaan lukitsevan sokan katkeaminen aiheuttaa käyttötilanteessa helposti karanjatkon irtoamisen venttiilistä ja venttiilin käyttöhäiriön.

Ilmanpoistoverventtiilit

Verkostoon asennetut ilmanpoistoverventtiilit ovat todennäköisiä piilovuotojen aiheuttajia, mikäli niille ei tehdä säännöllisiä huoltotoimenpiteitä. Ilman-

Vuotava ilmanpoistovenktiili saattaa olla myös hygieniariski, koska verkoston korjaustapahtuman yhteydessä verkosto voi joutua alipaineiseen tilaan. Tällöin verkostoon voi päästä ilmanpoistovenktiilin kautta ilmanpoistovenktiilikaivoon kertynyttä epäpuhdasta vettä.

Suomessa käytettävät palopostit ovat lähes poikkeuksetta ns. maapaloposteja. Maahan asennettuja ovat myös palovesiasemat. Nämä kaksi erottaa toisistaan niiden vedenantokapasiteetti ja lisäksi palovesiaseman ulosottoliittimet sijaitsevat maan pinnalla suojakuoren alla. Palo- ja pelastusviranomaisten toiveista johtuen, useimmilla paikkakunnilla on siirrytty enenevästi vedenantokyvyltään tuottoisimpiin palovesi- tai sammutusvesiasemiin.

Kuten vuotava ilmanpoistoventtiili, myös venttiilistä vuotava paloposti voi aiheuttaa hygieniariskin verkostossa silloin, kun verkostossa vallitsee alipaine. Tällöin viemäroimattömään palopostikaivoon kulkeutunut saastunut vesi pääsee verkostoon.

Vanhojen valurautarunkoisten palopostien yleinen vaurio on niiden nousuputkien halkeaminen, joka johtuu jäätymisestä, mikäli nousuputkia ei ole ennen talven tuloa asianmukaisesti tyhjennetty tai muulla tavalla estetty maaveden pääsy sinne. Muovisetkin nousuputket toki jäätyvät ja kerta kerralta laajentua kunnes viimein myös ne halkeavat. Ankarana pakkastalvena myös RST-nousuputkien on todettu laajenevan ja halkeavan.

Vesistöihin asennettujen vesijohtojen materiaalina on yleisimmin polyeteeni sen elastisuus- ja liitosominaisuuksien takia. Viime aikoina myös pallografiittirautaputkia on käytetty jonkin verran vesistöasennuksissa. Putkirikkotyypit ja syyt niihin ovat vesistöasennuksissa samat kuin materiaaleista on aiemmin tässä julkaisussa kerrottu. Erään lisätekijän vesistöasennukset putkilinjojen vaurioriskeihin tuovat: vesiliikenteestä saattaa aiheutua matalikoilla putkiin törmäämisiä ja lisäksi väärällä ankkuroinnilla

voidaan aiheuttaa jopa putkilinjan katkeaminen. Onkin tärkeää, että vesistöön asennetut putket on merkitty asianmukaisesti maastoon.

Vesistöasennusten korjaaminen on usein varsin työlästä ja vaatii erikoiskalustoa, jota vesilaitoksilla ei yleensä itsellään ole, eikä sitä normaalisti kannatakaan hankkia. Mikäli vaurioitunut putkilinja on ainoa alueelle syötävä putkilinja, tulee vedenjakelun katkoksesta pitkä ja tilanne edellyttää väliaikaisen vedenjakelun järjestämistä kohteessa.

Mikäli veteen asennettuun putkilinjaan tuleva vaurio on pieni, sen havaitseminen on vaikeaa ennen kuin se aiheuttaa selvää paineen alenemista kohdealueen verkostossa. Varsinkin dimensioltaan suuret vesistöön asennetut syöttölinjat tulisi varustaa virtaaman seurantalaitteilla. Erityisesti yöaikaisen minimikulutuksen virtaamavaihteluista, voidaan päätellä mahdollisten piilovuotojen olemassaolo tarkasteltavalla alueella.

Tunnelit

Tunneleihin on asennettu kaikkia markkinoilla olevia putkimateriaaleja. Tunneleissa putket ovat suojassa maaperän korroosiovaikutuksilta ja muilta mekaanisilta rasituksilta. Tunnelit ovat kosteita, ja siksi metallisten putkien tulee olla hyvin korroosiosuojattuja.

Kun polyeteeniputkia asennetaan tunneleihin tai muuhun vapaaseen tilaan, puuttuu putkea sitova maa-ainesten kitka. Polyeteeniputken lämmönlaajenemiskerroin on erittäin suuri ja siksi vapaaseen tilaan asennetut putket tulee sitoa kiinteisiin rakenteisiin valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Putkirikot ja vuodot ovat harvinaisia tunneliasennuksissa ja mahdolliset vuodot ovat siellä helposti havaittavissa, ja myös korjaustoimenpiteiden tekeminen on yleensä helppoa.

Sujutetut kohteet ja kiinteiden rakenteiden alla olevat putket

Vanhoja metallisia jakelu- ja tonttivesijohtoja on saneerattu runsaasti sujuttamalla. Sujuttaminen on kustannustehokas ja nopea tapa uusien putkistoja. Sujutettujen putkien materiaalina on käytetty pääasiassa polyeteeniä.

Kun sujutettujen putkien elinkaaret aikanaan tulevat tiensä päähän ja ne alkavat vuotamaan, tulevat ongelmat olemaan mittavia. Näiden vuotojen olemassaolosta on usein vaikeaa saada tietoa, koska vuotovedet saattavat kulkeutua vanhaa, saneerattua putkea myöten pitkiä matkoja ja sitten purkautua kohteeseen, mistä sitä ei havaita. Mikäli putkien välitila on aikanaan injektoitu, veden kulkeutumisongelma on vähäisempi. Sujutetuissa putkissa olevia vuotoja on myös vaikea paikantaa. Sujutettuja kohteita suunniteltaessa, olisi tärkeää pyrkiä lisäämään sulkuventtiilien määrää, jotta vuotojen paikannus tulevaisuudessa olisi helpompaa.

Sujutettujen putkien aiheuttamat piilovuodot aiheuttavat myös hygieniariskin. Jos sujutetun putken piilovuodon lähistöllä joudutaan korjaamaan vesijohtoputkea paineettomana, saattaa piilovuodosta päästä saastuneita aineksia verkostoon.

Valtateiden ja rautateiden ali kulkevat vesijohdot asennetaan aina määräysten mukaisesti suojaputkiin, joissa on tarkkailukaivot päissä. Näin asennettuna ne eivät aiheuta vaaraa liikennöintialueelle ja mahdollisten vuotojen havaitseminen on helppoa.

Kiinteiden rakenteiden alle ei lähtökohtaisesti paineellisia putkia tulisi asentaa. Joskus kuitenkin tällaiseen tilanteeseen joudutaan ja silloin vesijohto tulisi aina asentaa suojaputkeen.

2. VESIJOHTOVERKOSTON VUOTOJEN ETSINTÄ JA PAIKANTAMINEN

2.1. Yleisimmät vuotojen etsintämenetelmät

Tuotetun ja kulutetun vesimäärän vertailu

Laitokselta pumpatun vesimäärän ja kulutuskohteissa mitatun vesimäärän vertailu antaa viitteitä siitä, kuinka paljon vettä verkostosta valuu hukkaan.

Aluemittaukset

Tuotetun ja kulutetun vesimäärän vertailua voidaan tehdä verkostoon sijoitettujen mittausasemien avulla. Rajattujen verkostonosien virtaamaseurannalla voidaan selvittää melko helposti kohdealueella mahdollisesti piilevät vesijohtovuodot. Eritoten yöllistä minimivirtausta tarkkailemalla kyetään päättämään alueella hukkaan valuvan veden määrä. Päätelmät tehdään vertailemalla minimivirtaamaa siihen kulutuksen määrään, joka alueella tilastollisesti pitäisi olla. Kehittyneimmät aluemittausjärjestelmät ovat kiinteitä ja niistä on mahdollisuus saada on-line tietoa verkostoista ja myös valvontajärjestelmään automaattisesti tallentunutta informaatiota.

Mittausalueiden kokoa voidaan muuttaa sulkuventtiileitä operoimalla ja siten rajata vuotokohta pienemmälle alueelle. Kahteen suuntaan mittaavat laitteet mahdollistavat mittausasemien täysipainoisen hyödyntämisen.

Silmämääräinen havainnointi

Kohdealueen visuaalisella tarkastelulla voidaan saada tietoa vuotojen olemassaolosta. Mikäli alueella havaitaan talvella epätavallisia lumen sulamispaikkoja tai kesällä vastaavasti outoa viheriöintiä, saattaa kysymyksessä olla piilovuoto. Poikkeukselliset maan painumat ja valkeat kalkkieraidat talojen kivijaloissa voivat myös olla merkkejä piilovuodoista.

Karakuuntelu

Systemaattinen venttiilien karanjatkoista tehtävä kuuntelu on perinteisin tapa selvittää vuotojen olemassaolo. Menetelmä on työläs ja vaikeasti toteutettava vilkasliikenteisillä kaduilla. Kuuntelua voidaan tehdä joko yksinkertaisella hyvin ääntä johtavalla metallitangolla, jonka kuuntelupäässä on kovasta puusta tehty kuppi tai varta vasten tehdyllä ääntä vahvistavalla kojeella.

Kuuntelu vesimittareista

Vesimittarien vaihto- ja lukutyötä tekevän tulisi aina tehdä työkohteessa äänihavaintoja mahdollisista vuodoista. Kuuntelua voi tehdä samanlaisella ääniä vahvistavalla kojeella kuin karakuuntelussakin.

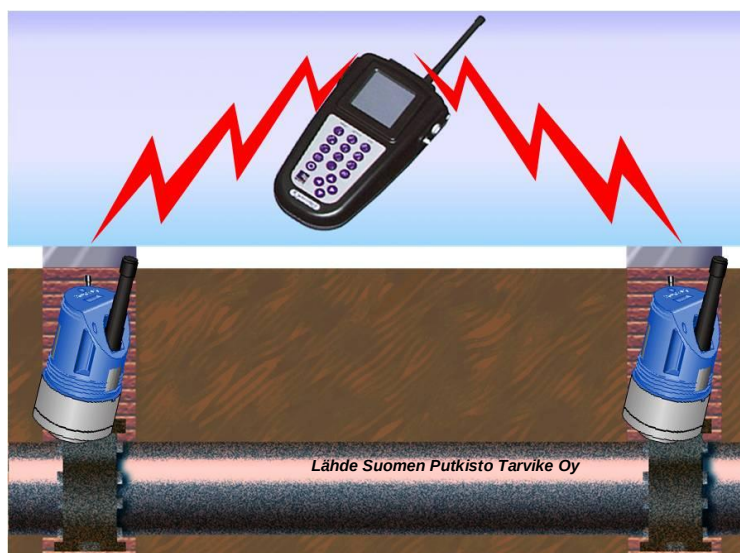
Paineseuranta

Säännöllisellä verkoston paineseurannalla ja painetietojen vertailulla saadaan viitteitä mahdollisista piilovuodoista. Pysyvä paineen aleneminen ilman, että sille on järkevää perustetta, saattaa johtua piilovuodoista. Monesti asiakkaiden ilmoitukset paineen heikkenemisestä antavat viitteitä mahdollisista piilovuodoista.

Aiemmin kuvatun aluemitauksen yhteydessä tulisi aina suorittaa paineenmittaus. Paineenmittaus tulee järjestää siten, että voimakas, lyhytkin, paineen alenema aiheuttaa hälytyksen.

Vuotoääniloggerien käyttö

Vuotoääniloggerit (noise logger) ovat suunnilleen nyrkin kokoisia äänihavaintoja tekeviä laitteita, jotka asennetaan siten, että muodostuu kiinteä yhteys verkostoon. Yleensä ne säädetään kuuntelemaan verkostoa aamuyön tunteina, jolloin taustamelua on vähän. Systemaattisella vuotoääniloggerien käytöllä saadaan tietoa verkostossa ilmenevistä äänistä. Niiden tarkemmalla tutkimisella voidaan päätellä, ovatko äänet lähtöisin verkostovuodoista.



Kuva 1. Vuotoääniloggerin toimintaperiaate.

Viemäreiden huollon ja tutkimusten yhteydessä havaitut veden virtaamat

Viemäritutkimusten oheisantina saadaan usein tietoa myös vesijohtojen piilovuodoista. Poikkeuksellinen määrä kirkasta vettä viemäriässä antaa viitteitä mahdollisista piilovuodoista tutkinta-alueella. Vuotovesi on päässyt viemäriin joko putkiliitoksesta tai viemäriässä olevasta halkeamasta.

2.2. Yleisimmät vuotojen paikannusmenetelmät

Paikantamisen vaikeus

Alueen olosuhteista ja vedenkulutuksen vaihteluista johtuen vuodon paikantaminen voi olla vaikeaa, vaikka vuodonetsintä on paljastanut vuodon olevan jollakin tietyllä alueella. Vilkkaasti liikennöidyllä kadulla jo liikenne muodostaa vaikeuttavan tekijän ja lisäksi äänihavaintoihin perustuvien etsintälaitteiden toimivuus kärsii liikenteen melusta.

Venttiilioperointi ja päättely olemassa olevien tietojen perusteella

Venttiileitä tutkimusalueella sulkemalla ja samalla karanjatkoista ääniä kuuntelemalla, voidaan vuoto paikantaa kahden venttiilin välissä sijaitseväksi.

Kuuntelu maamikrofonilla

Maamikrofoni on ääniä moninkertaisesti vahvistava laite, jonka kuunteluäänien voimakkuutta voidaan säätää. Maamikrofonilla ammattitaitoinen ja kokenut vuodonpaikantaja kykenee useimmissa tapauksissa kohtalaisella tarkkuudella, paikantamaan vuodon.



Lähde Suomen Putkisto Tarvike Oy

Kuva 2. Vuodonpaikannusta maamikrofonilla.

Akustokorrelaattorin käyttö

Akustokorrelaattorin toiminta perustuu verkostosta tulevien äänien keräämiseen ja analysointiin. Laitteen keskusyksikkö käsittelee automaattisesti verkoston äänimaailmaa ja päättää vuotokohdan sijainnin. Laite antaa tarkat metrimääräiset tiedot vuodon sijainnista. Laitteen monitorista on myös nähtävillä se, miten laite antamaansa lopputulokseen on päätenyt. Akustokorrelaattori on modernein ja tehokkain vuodonpaikannukseen tarkoitettu laite. Muoviputkissa olevien vuotojen paikantaminen tällä laitteella on kuitenkin vielä suhteellisen epäluotettavaa, koska akustokorrelaattorin on vaikea tunnistaa muoviputkissa vuodon synnyttämä äänimaailma.



Kuva 3. Akustokorrelaattori.

Kaasun käyttö

Mikäli paikantamiskohteessa ei voida käyttää akustokorrelaattoria tai sen antamat tiedot ovat epämääräisiä ja ristiriitaisia, voidaan käyttää kaasuavusteisia menetelmiä. Varsinkin ei-metallisten putkien piilovuotojen paikannus on vaikeaa edellä selostetuilla keinoilla. Kaasupaikannuksessa tutkittava johto-osuus on ensin tyhjennettävä, minkä jälkeen se täytetään kaasulla. Riittävän vaikutusajan jälkeen kaasunilmaisulaitteella kuljetaan pitkin tutkittavaa putkilinjaa ja vuotokohdassa putkesta purkautuva kaasu antaa hälytyksen. Tämän jälkeen oletettu vuotokohta on syytä vielä varmistaa muilla paikannusmenetelmillä vedellä täytetystä ja paineistetusta putkesta ennen kaivutöihin ryhtymistä.

Koekaivausten tai koeporausten teko

Ellei vuotokohtaa löydetä millään edellä kuvatuista vuodon paikannusmenetelmistä, jää vaihtoehdoksi vain koeporausten tai kaivausten teko pitkin vuotavaa putkilinjaa. Varsinkin koeporausten teko edellyttää tutkittavan putkilinjan tarkkaa sijaintitietoa. Porauksia ja kaivauksia jatketaan kunnes maaperästä löydetään vettä ja saadaan varmuus siitä, että löydetty vesi on verkostosta peräisin. Joissain tilanteissa voidaan ulkopuolisilla laitteilla lisätä putkessa vallitsevaa painetta, jotta vuodon paikantaminen helpottuu.

3. VERKOSTOMATERIAALIEN VARASTOINTI

Vesijohtoverkostojen ylläpitomateriaalien ja -laitteiden hankinta sekä varastointi on osa vesilaitosten normaalia toimintaa. Normaaliolojen erityistilanteisiin mitoitettun materiaalivaraston voi olettaa takaavan riittävän valmiuden myös vakavien erityistilanteiden ja poikkeusolojen varalle.

Varastoinnissa voi hyödyntää alan materiaalitoimittajia ja tukkuliikkeitä velvoittamalla niitä sopimuksin pitämään varastoissaan tiettyjä materiaali-eriä. Myös yhteistyöllä alueen eri laitosten välillä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja.

Vesijohtoverkostomateriaalien varastoinnissa tulee huomioida materiaalien käyttötarkoitus ja huolehtia niiden puhtaana säilymisestä. Esimerkiksi vesijohdot varastoidaan tulpattuina, jotta putkiin ei pääse varastoinnin aikana likaa tai eläimiä.

Vanhimmat vesilaitokset Suomessa ovat toimineet jo yli sata vuotta. Vanhojen laitosten haasteena materiaalien varastoinnin osalta ovat eri aikakausina käytettyjen putki- ja laitemateriaalien ja -mallien suuri määrä. Kaikkien mahdollisesti tarvittavien tarvikkeiden varastointi on lähes mahdotonta. Erityisesti kauan aikaa sitten käytettyjen materiaalien osalta ajautaan jossain vaiheessa tilanteeseen, jossa ne loppuvat.

Asiaan on tullut suuri helpotus modernien liitososien myötä. Nykyään on saatavissa ns. multijoint- eli laajatoleranssiliittimiä, joiden etuna on se, että samalla liittimellä voidaan yhdistää eri dimensioisia putkia toisiinsa, ja vieläpä vetoa kestävästi. Aiemmin metalliputkissa vallalla ollut liitostapa oli lyijyliitos. Nykyään ei ole juurikaan kuviteltavissa tilannetta, jossa tätä liitostapaa ei voitaisi korvata moderneja liitososia käyttämällä.

Vesijohtoverkoston putkien ja laitteiden vaurioiden korjaaminen edellyttää usein maankaivua. Erityisesti katu- ja tiealueilla on tyypillistä, että kaivettavaa maata ei voi käyttää kohteessa enää uudelleen. Siksi laitoksilla tulisi olla riittävä määrä erilaisia kaivannon täyttömateriaaleja varsinaisen työajan ulkopuolisia vauriokorjauksia varten.

Oma maamassojen varastointi voidaan korvata sopimuksella paikallisen maarakennustarpeiden myyjän kanssa siten, että varsinaisen työajan ulkopuolella ilmenevät maa-ainestarpeet voidaan tyydyttää käyttämällä heidän varastojaan ja kuormauskalustoa. Menettely luonnollisesti edellyttää erittäin luottamuksellisia suhteita osapuolten välillä.

4. ESITYÖT VESIJOHTOVERKOSTON VAURIOTILANTEISSA

4.1. Vaurioilmoituksen vastaanotto ja toimenpiteisiin ryhtyjä

Laitoksen koon ja toimintatavan merkitys

Laitoksen koko määrittää paljolti sen, kenelle tai mille taholle ilmoitus verkostovauriosta tulisi antaa. Pienten kuntien laitoksissa vaurion havaitsija yleensä tietää jopa henkilön nimen, jolla on vastuu toimenpiteisiin ryhtymisestä. Isompien kaupunkikuntien laitoksissa on yleensä keskitetty ilmoitusten vastaanotto tai oma puhelinvaihte, jossa tiedetään kenelle vastuu kussakin tilanteessa kuuluu.

Käytännöt normaalina työaikana ja varsinaisen työajan ulkopuolella

Normaalina työaikana toimitaan edellä mainittujen käytäntöjen mukaisesti. Varsinaisen työajan ulkopuolella havaituista vaurioista ilmoittaminen vaihtelee suuresti eri laitoksilla. Kaikissa pienissä kunnissa ei ole lainkaan organisoitua varallaolojärjestelmää. Niissä ei joko ryhdytä pienissä vauriotilanteissa mihinkään järjestelyihin tai luotetaan siihen, että eri toiminnoista normaalina työaikana vastaavat henkilöt, ovat tavoitettavissa ja valmiita työskentelemään tarvittaessa myös varsinaisen työajan ulkopuolella.

Suurissa kuntayksiköissä vesilaitoksilla on lähes poikkeuksetta jonkinlainen ympärivuorokautinen ja viikonloppuisin toimiva varallaoloorganisaatio, jonka vastuuseen saattaa kuulua myös muita toimintoja kuin vesihuolto.

Varallaolojärjestelmät

Laitoksilla olevien erilaisten varallaolojärjestelmien määrä on suuri. Suurimmissa järjestelmissä saattaa samalla varallaolojaksolla päivystää useampi mestari, asentaja, kaivu- ja kuorma-auton kuljettaja sekä varastohenkilö. Viime vuosina näitä kaikkia työtilanteita kattavia varallaolojärjestelmiä on kevennetty ja nykyään tyypillinen varallaolojärjestelmä käsittää yhden varalla olevan mestarin ja yhden asentajan.

Samasta vesijohtovauriosta voi tulla satoja yhteydenottoja. Siksi on tärkeää, että vuotoa koskevat tiedustelut voidaan ohjata puhelinjärjestelmillä siten, että varallaolovuorossa oleva henkilö pystyy keskittymään vikatilanteen selvittämiseen ja korjaamiseen.

Varallaolossa on suureksi avuksi digitaalisten verkkotietojärjestelmien täysipainoinen hyödyntäminen. Järjestelmät sisältävät mobile-ominaisuuden, jolloin varallaolijalla on aina mukanaan verkostokartta, verkoston kuntohistoria sekä asiakastiedot. Verkkotietojärjestelmästä voi olla yhteys myös vesilaitoksen valvontajärjestelmään. Näillä tiedoilla ammattitaitoinen varallaolija pystyy suhteellisen nopeasti päättämään tilanteen vakavuuden ja käynnistämään tarvittavat toimenpiteet. Verkkotietojärjestelmästä saa tiedot muun muassa venttiileistä, jotka pitää sulkea sekä listan asiakkaista yhteystietoineen, joita mahdollinen vedenjakelun katkos tulee haittaamaan.

4.2. Välittömän vahinkovaaran minimointi

Vaaran arviointi ja venttiilien sulkeminen

Vauriokohteessa henkilö, jonka vastuulla kohteen tehtävät ovat, tekee päätökset ensisijaisista tarvittavista toimenpiteistä. Jos vesijohtovaurion takia verkostosta purkautuvan veden määrä on niin suuri, että on oletettavissa vuotoveden aiheuttavan vakavaa vaaraa kohdealueella, on ensimmäisenä toimenpiteenä suljettava venttiilit, joilla vuoto voidaan tyrehdyttää. Tulviva vesi saattaa kulkeutua vuotokohdan lähistöllä sijaitseviin kiinteistöihin tai aiheuttaa vakavia vaurioita kadun tai tien rakenteisiin.

Mikäli vauriosta ei varsinaisesti aiheudu millekään taholle haittaa ja hukkaan valuvan veden määrä on pieni, välittömiin toimenpiteisiin ei ole tarvetta ryhtyä. Tämä on huomion arvoinen seikka, erityisesti kun arviointia joudutaan tekemään normaalin työajan ulkopuolella. Välittömiltä korjaustoimilta voidaan välttyä, mikäli suurikin vuoto saadaan eristettyä venttiilit sulkemalla, eikä siitä aiheudu haittaa vedenjakelulle.

Liikennealueella vahinkokohteen eristäminen

Jos verkostovauriosta aiheutunut haitta on huomattava ja vaurio on liikennealueella, samanaikaisesti venttiilien sulkemisoperaation aikana on ryhdyttävä liikenteen ohjaustoimenpiteisiin. Liikennöinnin rajoittaminen voi olla aluksi jopa ylimitoitettu, koska tässä vaiheessa ei ole vielä varmuutta siitä, kuinka paljon liikennealueen maanalaiset rakenteet ovat vaurioituneet. Jos vaurio on tapahtunut erittäin vilkkaasti liikennöidyssä paikassa, on syytä pyytää apua liikennejärjestelyihin. Ensisijaisia avunantajia ovat kadun- tai tienpitäjä ja liikennepoliisi.



Kuva 4. Putkivauriokohteen eristäminen liikennealueella.

Palosammutusjärjestelmien huomioiminen

Vauriokohdan lähistöllä saattaa sijaita kiinteistöjä, joiden paloturvallisuutta on lisätty spinkleri-järjestelmillä. Korjaustyöstä vastaavalla henkilöllä tulee olla joko osoitteellinen lista kaikista toiminta-alueen spinkleri-järjestelmistä tai kartta, josta käyvät ilmi samat asiat. Mikäli vauriokohde vaatii akuutisti sellaisia toimenpiteitä, että alueen verkostopaine laskee oleellisesti, tulee asiasta tiedottaa kiinteistön omistajaa ja aluehälytyskeskusta. Myös tilanteissa, joissa sprinkleri-liittymä jää vaille kiertoyhteyttä, on asiasta hyvä ilmoittaa asiasta kiinteistölle. Jos korjaustarve ei ole akuutti eikä venttiileitä kohteessa tarvitse sulkea välittömästi, tilanne ei luonnollisestikaan vaadi ilmoittelua millekään taholle.

Kun verkostopaine laskee oleellisesti tai loppuu kokonaan, sprinkleri-järjestelmät antavat automaattisesti hälytyksen sovitulle taholle (esim. aluehälytyskeskus), joka joutuu kaikissa tapauksissa tekemään tarkastuskäynnin kohteessa heille annetusta ilmoituksesta huolimatta.

4.3. Tarvittavien kone- ja miehistöresurssien määrittely

Vesilaitoksen resurssit ja toimintatavat määrittävät sen, millaisella miehistyksellä vauriokohteen korjaustöihin ryhdytään. Vauriokohteessa korjaustyöstä vastaava henkilö määrittelee tarvittavan työvoiman ja kaluston määrän.

Miehistö

Tarvittavan miehistön määrä riippuu luonnollisesti ongelman laajuudesta ja organisaation toimintamalleista. Yleensä työtä johtaa mestaritasen henkilö ja hänellä on apunaan vuodon paikannustyössä ja venttiilioperoinnissa vähintään yksi asentaja. Usein vaurio aiheuttaa vedenjakeluun häiriötä, joten tukena on oltava myös henkilö, joka välittömästi venttiilien sulkemispäätöksen jälkeen aloittaa asiasta tiedottamisen niille liittyjille, joita häiriö koskee. Laajoissa kaivutöissä tarvitaan yleensä vielä maarakennusalan ammattilaisen (geoteknikon) apua kaivannon teon ja mahdollisen tukemisen suunnittelussa.

Kaikilla putken korjaamiseen osallistuvilla henkilöillä tulee olla voimassa oleva todistus talousvesihygieenisestä osaamisesta (vesihygieniapassi). Terveysturvallisuuslaki (763/1994) edellyttää laitosteknistä ja talousvesihygieenisestä osaamista talousvettä toimittavassa laitoksessa työskenteleviltä, talousveden laatuun vaikuttavia toimenpiteitä tekeviltä henkilöiltä. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (1351/2006) on säädetty tarkemmin osaamisesta ja osaamisen testaamisesta.

Maan lapiointi vaativissa olosuhteissa ja hankalissa työasennoissa on raskasta. Se edellyttää vuorottelua työssä ja siten entisestään lisää työntekijöiden määrää kohteessa.

Kalusto

Vauriopaikalle on saatava kohteeseen soveltuva kaivukalusto, koska vaurion korjaaminen edellyttää lähes aina maankaivua. Useimmiten kaivutyö saadaan tehtyä joko tela- tai pyöräalustaisella kaivinkoneella. Mikäli kai-

vettava maaperä on pahoin vettynyt, maaperä on hienojakoista tai kaivannossa risteilee runsaasti kaapeleita ja muita teknisiä järjestelmiä, on imuauton käyttö kaivukoneen ohessa mielekästä.

Yleensä kaikki vettynyt kaivumassa on kuljetettava pois, kun kaivutyötä tehdään katu- tai muulla liikennealueella. Tätä varten tarvitaan ainakin yksi maansiirtoon tarkoitettu kuorma-auto. Jotta kaivutyö edistyisi nopeasti eikä sitä tarvitse keskeyttää välillä, tarvitaan toinenkin kuorma-auto.

Ellei paikalla ole imuautoa, tarvitaan kohteessa aina pumppukalustoa, sillä vuodon jäljiltä kaivantoon kertyy runsaasti vettä. Pumppukaluston määrä ja teho määräytyy kulloinkin vallitsevien olosuhteiden mukaan.

Talvi ja jäätynyt maakerros asettaa erityisvaatimuksia kaivannon tekemiseen. Maata voidaan rikottaa suotuisissa olosuhteissa hydraulisilla iskuvasaroilla. Aina niiden käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista muun vauriokohteessa olevan maanalaisen tekniikan rikkoutumisvaaran takia. Tällöin lähes ainoaksi keinoksi jää jäätyneen maan sulattaminen kerroksittain sulattamiseen tarkoitetuilla laitteistoilla. Sulattaminen on työlästä, vaatii runsaasti aikaa ja tällöin voi aiheutua pitkiäkin katkoksia vedenjakeluun.

4.4. Vaurion paikantaminen

Liikennealueella työskentelyn työturvallisuuden varmistus

Vaikka kyseessä olisi ns. ilmivuoto, tulee vuodon paikantamisen varmistus silti tehdä kaikissa tapauksissa. Kun työskennellään liikennealueella, on ennen tutkimustyöhön ryhtymistä varmistettava tutkimustyötä tekevien henkilöiden työturvallisuus, koska tutkijoiden on saatava keskittyä vain omaan työhönsä ilman varautumista mahdollisiin ulkoisiin turvallisuushäiriöihin. Parhaiten tutkittavan alueen voi rauhoittaa aitaamalla se ja asettamalla tarvittavat liikennemerkkit varoittamaan työkohteesta. Joissain tilanteissa voidaan joutua katkaisemaan liikenne tutkimuskohteessa kokonaan.

Tutkintamenetelmän valinta ja tutkinta

Putki- tai laitevaurion paikantamislaitteiden ja menetelmän valinta tehdään tämän julkaisun luvussa 2 mainituilla välineillä ja menetelmillä kunkin tilanteen ja tarpeen mukaan.

4.5. Kohteessa olevan muun maanalaisen tekniikan selvittäminen ja paikantaminen

Karttatiedot kaikesta muusta maanalaisesta tekniikasta

Paikkatietojärjestelmät ovat kehittyneet viimeisten vuosikymmenien aikana huomasti. Lähes kaikilla isoimmilla vesilaitoksilla on nykyään käytössään digitaaliset verkostokartat. Useimpien laitosten tekninen henkilökunta pystyy katsomaan ja tulostamaan omalta tietokoneeltaan tarkasteltavan kohteen muunkin maanalaisen tekniikan.

Mahdolliset näyttöpalvelut

Kaiken kohteessa olevan maanalaisen tekniikan olemassaoloa ei ole merkitty karttoihin, jotka ovat vesilaitosten käytettävissä. Tällaisia ovat muun muassa useat eri teleoperaattorien asentamat kaapelit.

Jokainen maanalaista tekniikkaa kohteeseen sijoittanut taho on ennen hankkeeseensa ryhtymistä joutunut hakemaan vastuulliselta virastolta sijoituspaikkaluvan. Luvan saamisen eräänä ehtona on, että maanalaista tekniikkaa kohteeseen sijoittava on velvoitettu tarvittaessa paikan päällä osoittamaan oman tekniikkansa sijainnin ja syvyyden. Tämä velvoite koskee myös varsinaisen työajan ulkopuolista aikajaksoa. Siksi on tärkeää, että vesilaitoksella on kaikkien näyttövelvollisten tahojen yhteystiedot.

Kaapelien yms. paikantaminen etsintälaitteilla

Vaikka nykyiset karttatiedot yleensä ovatkin varsin paikkaansa pitäviä, on kartan tiedot tarkistettava aina ennen kaivun aloittamista kohteessa. Joskus voi kohteesta löytyä myös kaapeleita, joita ei jostain syystä ole lainkaan merkitty karttoihin. Etsintälaitteella paikannetut tiedot merkitään kohteeseen. Markkinoilta löytyy useita erittäin tarkkoja kaapelinetsintälaitteita, joiden käyttö ei vaadi pitkäkestoista harjoittelua.

Muun kohteessa olevan tekniikan merkitseminen maastoon

Kaivutyön helpottamiseksi on hyvä merkitä kohteeseen myös kaikki muu maanalainen tekniikka. Merkitsemisen voi tehdä esimerkiksi erivärisillä spraymaaleilla tai asfalttipintaissa kohteissa paksuilla liiduilla..

4.6. Liikennejärjestelyt

Ohjeiden ja määräysten mukainen työkohteen liikennejärjestely

Tarvittavia liikennejärjestelyjä varten on saatavilla runsaasti ohjeistusta. Tieliikennelaki määrittää jo varsin seikkaperäisesti mihin välttämättömiin toimenpiteisiin liikennealueella tehtävien työjärjestelyjen johdosta on ryhdyttävä. Liitteenä olevassa kirjallisuusluettelossa on nimetty tietolähteitä asian osalta. Työskentely liikennealueella vaatii myös yleensä erilaisten ammattitaitotasoa osoittavien korttien suorittamista. Tällaisia kortteja ovat muun muassa Tieturva I ja II.

Tarvittaessa kadunpitäjä ja poliisi avustavat

Vilkkaasti liikennöidyissä risteyksissä liikenteen ohjaus ja työskentely etenkin päiväsaikaan on haastavaa. Jos työstä vastaava on epävarma siitä, kuinka paljon hän voi rajoittaa liikennettä työkohteen vaikutuspiirissä, on parasta ottaa yhteyttä paikalliseen liikennepoliisiyksikköön ja kadunpitäjään. Heidän kanssaan yhteistyössä saavutetaan yleensä kaikkia osapuolia tyydyttävä ratkaisu. Samalla voidaan sopia, milloin liikenne kohteessa voidaan tarvittaessa kokonaan keskeyttää ja milloin taas jokin osa työstä on tehtävä esimerkiksi pelkästään yötyönä.

4.7. Ilmoitukset kuluttajille mahdollisesta vedenjakelun katkoksesta

Tiedottamistapa määräytyy tilanteen mukaan

Tiedottamisen ajankohdalla on keskeisin merkitys asiakkaalle aiheutuvan haitan minimoimiseksi. Mahdollisesta vedenjakelun katkosta tulee aina ensisijaisesti ilmoittaa etukäteen. Hitaasti kehittyneet putki- ja laiterikot eivät yleensä edellytä välitöntä vedenjakelun katkaisua. Näissä tapauksissa työ voidaan suunnitella huolellisesti etukäteen ja asiakas saa tiedon tulevasta haitasta riittävän aikaisin.

Äkilliset putki- ja laiterikot ovat usein luonteeltaan sellaisia, että vedenjakelu on katkaistava välittömästi. Tyypillisiä tällaisia tapauksia ovat putkien katkeamiset, halkeamiset ja lohkeamiset. Näissä tilanteissa vettä tulvii niin paljon, että tilanteen jatkuessa siitä usein aiheutuisi vakavaa uhkaa omaisuudelle ja myös liikenteellisesti vuotovedestä saattaa aiheutua onnettomuusriski.

Ensimmäinen toimenpide em. tilanteessa on venttiilien sulkeminen. Seuraavaksi tulee karkeasti arvioida kuinka kauan korjaustapahtuma ja siitä aiheutuva vedenjakelun katkos saattaa viedä aikaa. Vasta tämän jälkeen on tiedottamisen aika. Ne asiakkaat, jotka käyttävät ja tarvitsevat vettä katkoksen alkaessa havaitsevat katkoksen toki välittömästi. Ensietiedotteessa on tärkeintä kertoa miten kauan katkos kestää ja mistä vettä voi noutaa väliaikaisesti. Mikäli putkirikko heikentää tai sen epäillään heikentävän talousveden terveydellistä laatua, asiasta on informoitava talousveden laatua valvovaa paikallista terveydensuojeluviranomaista. Terveydensuojeluviranomainen vastaa tällöin tiedottamisesta ja voi antaa veden käyttöä koskevia määräyksiä, esimerkiksi veden keittokehotuksen, terveyshaitan ehkäisemiseksi. Ellei terveydensuojeluviranomaista tavoiteta, vesilaitoksen on toki oma-aloitteisesti annettava kuluttajille riittävä ohjeistus, jos veden hygieenisyyttä epäillään.

Tiedotteen sisältö

Kirjallisen tiedotteen tulee olla mahdollisimman lyhyt ja selkeä. Sen tulee olla kieliasultaan sellainen, ettei se sisällä ammattitermistöä, joka ainakin osalle asiakkaista on vierasta kielenkäyttöä. Tiedotteesta on käytävä ilmi ainakin seuraavat seikat:

- mihin seikkoihin korjaustyö perustuu
- milloin sitä aletaan tehdä
- mihin asioihin se vaikuttaa vedenjakelun katkoksen lisäksi (liikenne, melu, yms.)
- milloin vettä taas saa ja onko se heti talousvedeksi kelpaavaa
- mistä vettä saa väliaikaisesti
- keneltä saa tarvittaessa lisätietoja asiasta (akuutissa tilanteessa lisätietojen antajana tulisi olla joku muu henkilö kuin se joka johtaa kohteessa töitä, koska hänellä ei ole aikaa vastaila asiakkaiden kysymyksiin)

Akuutissa tilanteessa joudutaan usein turvautumaan suulliseen, ovelta ovelle tapahtuvaan tiedottamiseen, mutta silloinkin annetun tiedon tulisi sisältää yllä mainitut seikat.

Valmiit tiedotusmallit ja käytännöt

Monilla vesilaitoksilla on valmiita lomaketyyppisiä tiedotteita, joihin lisätään vain osoitetiedot, ajankohdat ja ongelman laatu ja yhteyshenkilön tiedot. Yhteistyössä valmiiksi mietitty ja vuosien aikana hioutunut tiedote tulee olla jokaisen vesihuoltolaitoksen tavoite. Tiedotusmalleja tehtäessä, apuna voi käyttää esimerkiksi vesihuoltopoolin julkaisemaa Vesilaitoksen kriisiviestintäohjetta (julkaisu löytyy sähköisenä VVY:n verkkosivuilta: www.vvy.fi > Vesihuoltopooli).

Tiedottamisen käytännöt vaihtelevat suuresti. Laitoskoolla on yleensä ratkaiseva merkitys siihen, miten tiedottamista käytännön tasolla hoidetaan. Pienen kunnan vesihuoltotyötä sivutoimena tekevän mestarin resurssit eivät millään riitä massiiviseen tiedottamiseen. Tällaisilla laitoksilla olisikin jo ennakoon sovittava kunnan muun organisaation avusta tiedotuksen järjestämiseksi. Isossa laitoksikössä saattaa olla erillinen henkilö pelkäänsään tiedottamista varten. Eri henkilöiden valtuudet antaa lausuntoja, tulee määritellä selkeästi ennakolta.

Kun suuri määrä veden käyttäjiä joutuu kärsimään putkirikosta ja sen korjaamisesta, on paikallismedia tehokas tiedotuskanava etenkin ennalta tiedossa olevissa tilanteissa. Hyviä paikallismedioita ovat varsinkin paikallisradiot ja paikallinen lehdistö. Vaikutuksiltaan vakavissa tilanteissa saattaa olla tarpeen hyödyntää viranomaistiedotusta.

Keskeistä tehokkaassa tiedottamisessa on myös sisäinen viestintä. Henkilön (yleensä vauriokohteen työmaamestari), joka tietää kaikki relevantit seikat vauriosta ja sen korjaustyön etenemisestä, on välitettävä tiedot laitostorganisaation sellaisille henkilöille, jotka ovat kaiken aikaa asiakkaiden tavoitettavissa.

Kun akuutti vaurio tapahtuu varsinaisen työajan ulkopuolella, tiedottaminenkin vaikeutuu suuresti. Ensimmäisessä asiasta tulee tiedottaa oman laitoksen valvomoon, jos sellainen on olemassa ja paikalliseen aluehälytyskeskukseen, josta asiakkaat saavat tietoja tapahtumien kulusta. Myös näissä tilanteissa paikallisradioiden rooli on merkittävä.

4.8. Mahdollisen väliaikaisen vedenjakelun järjestäminen

Vesihuollon yleisissä toimitusehdoissa on määritelty vesihuoltopalveluiden katkoksiin liittyviä asioita varsin tarkoin. Yleisten toimitusehtojen mukaan laitoksen tulee järjestää yli 24 tuntia kestävien vedentoimituksen katkosten ajaksi asiakkaille mahdollisuus veden ottamiseen tilapäisistä vedenottopisteistä. Tavallisesti laitosten palvelutaso käytännössä on parempi ja väliaikainen vedentoimitus järjestetään putkirikkotilanteessa lähes aina. Vuodon korjauksen johtavan henkilön on oltava näistä velvollisuuksista tietoinen. Laitoksilla tulee olla valmius väliaikaisen veden jakelun järjestämiseen joko oman, toisen laitoksen kanssa yhteisen tai lainattavan kaluston avulla.

Pystyputki palopostiin

Lyhytkestoisessa ja vain muutamia kiinteistöjä koskevassa vedenjakelun katkoksessa väliaikainen vedenjakelu voidaan toteuttaa asentamalla paineelliseen verkostoon yhteydessä olevaan palopostiin ns. hanallinen pys-

typutki. Tämä on helppo, nopea ja halpa ratkaisu lyhytaikaiseen tarpeeseen. Ennen käyttöön ottoa palopostista on juoksutettava vettä niin, että siellä pitkään seisonut vesi saadaan poistettua.

Pystyputki tulee sijoittaa siten, että vedenhakijoille ei tule kohtuutonta liikenteestä johtuvaa turvallisuusriskiä. Liikennealueella sijaitseva pystyputki tulee merkitä asianmukaisilla liikennemerkeillä, aidata alue ja lisäksi varustaa vilkkuvalolla pimeään tullen.

Ennen pystyputkien käyttöön ottoa, tulee varmistua niiden hygieenisyydestä. Talousveden jakeluun tarkoitetut pystyputket tulisi varastoida siten, että ne voidaan ottaa käyttöön ilman erillistä desinfiointia. Samaa hygieniatasoa tulee noudattaa niiden kuljettamisessa ja käsittelyssä. Jos pystyputken puhtaudesta on epäilyjä, pitää ne puhdistaa ja desinfioida ennen käyttöön ottoa.

Jakelu pulloissa tai kanistereissa

Kun ilman talousvettä olevien asiakkaiden määrä on pieni, voidaan välttämättömin vedentarve hoitaa väliaikaisesti jakamalla vettä pulloissa tai kanistereissa. Tämä toimenpide on mielekästä, jos vedenjakelun katkos on kestoiltaan useita tunteja.

Jakelu vesisäiliöistä

Kun suurempi määrä asiakkaita joutuu olemaan ilman talousvettä pitkään ajan, eräs ratkaisu on toimittaa kohdealueelle esimerkiksi 1 ñ 3 m³ vesisäiliö ja tarvittaessa jopa useita. Ennen säiliöiden käyttöön ottoa on varmistettava huolellisesti niiden hygieniasta. Säiliöt on aina ennen täyttöä tyhjennettävä vanhasta vedestä ja vähintään huuhdeltava puhtaalla vedellä. Säiliöt on lisäksi pestävä säännöllisesti ja tarvittaessa desinfioitava 50 mg/l klooria sisältävällä liuoksella. Pelkkä kemikaalidesinfiointi ei korvaa mekaanista puhdistusta, sillä säiliöiden seinämissä oleva lika ja mikrobin muodostama kalvo voivat estää kemikaalin vaikutuksen. Säiliön pesu- ja desinfiointiohjeen on hyvä olla kiinnitettyä säiliöön.

Täysien säiliöiden liikuttelu vaatii vahvaa nostokalustoa sekä kuormaus- että purkupaikalla. Säiliöiden käytön helpottamiseksi käytännöllisintä olisi, jos ne voidaan täyttää säiliöautosta vasta käyttökohteessa. Tällöin pitää varmistua myös säiliöauton hygieenisyydestä.

Pyörillä varustettujen suurien, tilavuudeltaan 10 ñ 15 m³ vesimäärän kuljettamiseen tarkoitettujen, vedettävien säiliöiden käyttöä kannattaa harkita tiheästi asutetuilla alueilla. Saatavilla on myös säiliöautoja, joiden varustuksiin kuuluu painepumppu. Näin voidaan väliaikaista vettä jakaa jopa paineellisenä.

Lisätietoa veden säiliöjakelun järjestämisestä löytyy sähköisesti julkaistusta Vesihuoltopoolin oppaasta (Opas varavedenjakelun järjestämisestä löytyy VVY:n verkkosivuilta www.vvy.fi > Vesihuoltopooli).

Väliaikaisen pintaverkoston teko

Jos vedenjakelun katkos on pitkäkestoinen ja häiriöalueella sijaitsee runsaasti asiakkaita, joille keskeytymätön vedenjakelu on ehdoton välttämättömyys, pitää kohteeseen rakentaa pintaverkosto vedenjakelua varten. Tämä on kallein ratkaisu tyydyttää asiakkaiden vedenkäytön tarpeet, mutta joskus kuitenkin välttämätön ja ainoa mahdollinen toimenpide. Toisaalta tämä ratkaisu antaa enemmän aikaa korjaustoimenpiteen suunnitteluun ja etukäteisvalmisteluun. Vesi väliaikaiseen pintaverkostoon voidaan ottaa lähistöllä sijaitsevasta palopostista, joka on yhteydessä toimivaan vesijohdoverkostoon. Se voidaan kytkeä myös esimerkiksi lähimmän kiinteistön vesijohtojärjestelmään, jossa vesipaine on normaali. Vesilaitosten liittymissopimusten ehdot yleensä sisältävät maininnan, jonka perusteella kyseinen kytkentä on mahdollista tehdä. Väliaikaisen pintaverkoston putkien ja laitteiden osalta on noudatettava samaa hygieni-ajattelua kuin paloposteihin asennettavissa pystyputkissakin.

Talven vaikutus väliaikaisessa vedenjakelussa

Talvi normaalisti vaikeuttaa väliaikaista vedenjakelua, tehdään se millä menetelmällä tahansa. Jos kovalla pakkasella paikalle toimitetaan pystyputki, tulee laskuhanan olla sellainen, että jäätymisen estämiseksi siitä valuu vettä kaiken aikaa. Tällöin on huolehdittava, ettei pystyputkesta vuotava vesi aiheuta vaaraa liikenteelle eikä veden hakijoille. Usein se tarkoittaa säännöllistä jäätymän poistoa ja hiekoitusta kohteessa.

Kun vettä toimitetaan kohteeseen talvella säiliöillä, tulee säiliöiden olla lämpöeristettyjä. Lisäksi ne tulee varustaa sellaisilla käyttöventtiileillä, jotka sijaitsevat vesitilassa jäätymisen estämiseksi. Venttiilin käyttöä voidaan ohjata sopivan mittaisella karanjatkolla. Vesisäiliöiden sulana pysyminen voidaan varmistaa myös lämmittimillä. Ihanteellinen ratkaisu on sijoittaa vedenjakelusäiliöt lattiakaivolla varustettuun ja säiliöiden kuljetuksen kannalta riittävän suureen sisätilaan, esimerkiksi parkkihalliin.

5. KAIVU- JA KORJAUSTYÖN ETENEMINEN

5.1. Kaivannon teko

Kohteessa tarvittavat kone- ja miehistöresurssit määritellään kuten kappaleessa 4 on esitetty.

Mahdolliset asfaltin leikkaukset, piikkaukset ja sulatukset

Asfaltoidulla kadulla kaivettava kohde rajataan kaivutyön helpottamiseksi ja asfaltin säästämiseksi leikkaamalla kaivinkoneeseen liitettävällä leikkurilla asfalttiin tulevan kaivannon reunaviivat. Leikkurin puuttuessa, rajausta voidaan tehdä myös moottoritoimisella käsikäyttöisellä piikkauskoneella.

Talvella kaivutyö vaikeutuu oleellisesti. Routainen maa pitää ensin rikottaa esimerkiksi hydraulisella iskuvasaralla. Mikäli korjauskohde sijaitsee laajojen kaapelimattojen alla, voidaan joutua turvautumaan routaisen maan sulattamiseen. Tällöin maata voidaan poistaa kohteesta kerroksittain sulatustyön edetessä.

Koneiden ja kaluston sijoittaminen kohteessa

Liikennealueella kaikkien työkoneiden tulee sijaita suoja-aitojen sisäpuolella. Suoja-aidat tulee sijoittaa niin, että kaivinkoneen pyörintä ei vaaranna liikenneturvallisuutta. Työmaa-alueen tilan säästämiseksi, toisen kuorma-auton tulisi odottaa lastausvuoroaan etäämmällä, sopivassa kohdassa.

Kaivumassojen kuljetus tai varastointi

Katu- ja tiealueelta kaivettavat maamassat on aina kuljetettava pois, koska niitä ei sellaisenaan enää voi hyödyntää kaivannon täyttömateriaalina. Aina katualueelta kaivettuja massoja ei kuitenkaan kannata kuljettaa maankaatopaikalle, vaan niitä voidaan käyttää vielä hyödyksi kohteessa, jossa täyttömaan koostumukselle ei aseteta korkeita vaatimuksia. Kun kaivutyötä tehdään liikennealueiden ulkopuolella, usein ainakin osan kaivumassoista voi hyödyntää kaivannon täytössä.

Mahdollisesti tarvittavat kaivannon tukemistoimet

Työturvallisuus säädökset (valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205) edellyttävät, että kaivutyö on tehtävä turvallisesti ottaen huomioon maan geotekniset ominaisuudet, kaivannon syvyys, luiskankaltevuus ja kuormitus sekä vedestä ja liikenteen tärinästä aiheutuvat vaaratekijät. Jos sortuma saattaa aiheuttaa tapaturman, kaivannon seinämä on tuettava. Luotettavan selvityksen perusteella voidaan kaivannon työturvallisuus toteuttaa myös luiskaamalla tai porrastamalla kaivanto.

Erityisiin toimenpiteisiin sortumisen aiheuttaman tapaturman vaaran välttämiseksi on tarvittaessa ryhdyttävä sateen, kuivumisen tai roudan sulamisen johdosta. Samoin on toimittava, jos kaivetaan eloperäisiä tai hienorakeisia maalajeja tai kahta metriä syvempää, kapeaa kaivantoa tai kun

kaivannon yhteydessä tai läheisyydessä suoritetaan tärinää aiheuttavaa työtä taikka kun kaivantoon vaikuttaa raskas ajoliikenne. Tehtäessä kaivutyötä rakennuksen tai muun rakennelman alla tai vieressä on ryhdyttävä ennalta riittäviin tukitoimenpiteisiin sortumisen estämiseksi.

Vesijohtoverkoston alueellinen sijainti määrittelee pääasiassa niiden asennussyvyyden. Aivan valtakunnan eteläisimmissä osissa kahden metrin asennussyvyyttä pidetään riittävänä. Pohjois-Suomessa voi asennussyvyysvaatimus olla jopa kolme metriä tai enemmän. Asennussyvydet vaihtelevat rakennuskohteen routarajan teoreettisesta keskimääräisen syvyyden sekä jonkin verran myös maalajin mukaan. Mitat ovat maan pinnasta putken keskikohtaan.

Kaivukohteessa tarvittava tuenta ja mahdollinen luiskaaminen määräytyvät monen tekijän perusteella. Niihin vaikuttavat ennen kaikkea maaperän laatu ja kosteus sekä siihen kohdistuva tärinä. Yleensä moreeni- ja muissa karkearakenteisissa maaperissä sortumavaara on pienempi kuin pehmeillä savimailla ja löyhissä siltti- yms. maaperissä.

Katu- ja tiealueilla käytetään tavallisesti erilaisia tuentaratkaisuja, koska luiskaaminen on tilan puutteen vuoksi siellä mahdotonta. Mikäli muu kohteessa oleva maanalainen tekniikka ei muodostu ylivoimaiseksi esteeksi, siirrettävien tukielementtien käyttö on turvallinen ja nopea tuentamenetelmä.

Kohteessa tarvittavan tuentamenetelmän valinta on turvallisinta jättää geotekniikan asiantuntijan päätettäväksi. Liitteenä olevassa kirjallisuusluettelossa on tietoja alan lähdeaineistosta.



Kuva 5. Kaivannon tuenta.



Kuva 6. Kaivannon luiskaus ja suojaus.

Kaivannon kuivana pito

Vesijohtovuodon korjauskohteessa verkostosta jo vuotanut vesimäärä on sinällään yleensä kostuttanut kohdetta ympäröivää maaperää merkittävästi. Jos putkirikko on tapahtunut kohteessa, jonka korjaus on vedenjakelun jatkuvuuden turvaamiseksi aloitettava välittömästi, aiheuttaa se lisähaasteita kaivannon kuivana pitämiseen sekä edellisessä kohdassa mainittuihin tuentaratkaisuihin.

Kaivutyön teko edellyttää riittävää pumppauskalustoa, jolla kaivannosta kyetään poistamaan vettä riittävän etäälle, ettei se enää haittaa kaivannon kuivana pitoa. Imuauton käyttö kohteessa voi olla perusteltua, jos hienojakoisista maa-aineksista koostuva maaperä on erittäin vettynyt.

Monesti putkirikon paikallistaminen edellyttää aika ajoin putkilinjan paineellistamisen, jotta saadaan tarkka havainto vuotokohdasta. Tämä välttämätön toimenpide vaikeuttaa entisestään kaivannon kuivana pitoa.

Viime vuosina sateiden voimakkuus on Suomessakin lisääntynyt. Akuutin korjaustapahtuman yhteydessä vallitseva voimakas rankkasade vaikeuttaa entisestään kaivannon kuivana pitoa. Pintavesien pääsy kaivantoon tulee estää patoamalla ja johtamalla tulvivat vesimassat etäälle kaivukohdesta. Kaivukohteessa tai aivan sen välittömässä läheisyydessä sijaitsee usein myös hulevesiviemäri. Rankkasade ja samaan aikaan lähistöllä vuotava hulevesiviemäri ovat kaivannon kuivana pidon lähes pahimpia vaikeuttajia. Hankalimmissa tapauksissa joudutaan vuotava viemäri tulpittamaan ja kaivalueen kuivana pitämiseksi hulevedet on ohipumpattava. Tilanteesta ja tapauksesta riippuen, myös vuotavan hulevesiviemärin korjaaminen ennen vesijohdon korjausta voi olla tarpeen.

Kun kaivukohteen välittömässä läheisyydessä sijaitsee meri, järvi tai joki, tulee kaivannon tekemisen suunnitteluun kiinnittää erityistä huomiota. Näin varsinkin, jos kaivantoa ja vesistöä erottavan kannaksen maaperä on helposti vettä läpäisevää. Pahimmillaan osa tai jopa kaikki kaivannon reunoista joudutaan rakentamaan vesitiiviiksi käyttäen syvälle maaperään painettuja puu- tai metalliponttimateriaaleja. Lisäksi kaivannon kuivana pidoissa tulee varautua suurtehopumppujen käyttöön.



Kuva 7. Kaivannon kuivana pito.

5.2. Putki- tai laiterikon korjausmenetelmän määrittely

Korjausmenetelmän valinta

Kun putki tai toimilaite on saatu kaivetuksi esiin, todetaan vaurion laatu ja tehdään suunnitelma vaurion korjaamisen tavasta sekä siihen käytettävistä tarvikkeista. Jos kyseessä on putkirikko, tässä vaiheessa varmistetaan vielä putken materiaalista ja dimensioista.

Väliaikaiset korjaukset vaativissa kohteissa

Joskus akuutti korjauskohta sijaitsee liikenteellisesti niin vaativassa paikassa, että on tyydyttävä korjausmenetelmään, jolla saavutetaan tyydyttävä väliaikainen korjaustulos. Varsinainen huolellisesti suunniteltu pitkän elinkaaren vaatimukset täyttävä korjaus tehdään myöhemmin, kun ajankohta sen tekemiselle on sopivampi. Myös niissä tapauksissa, kun havaitaan putken tai putkilinjan olevan niin heikossa kunnossa, että tietty osuus siitä on uusittava ensi tilassa, tehdään korjaustyön osalta vain välttämättömin. Samoin menetellään, mikäli ollaan jo tietoisia siitä, että kyseinen putkilinja tulee lähiaikoina uusimaan.

Erilaisten korjausmuhvien käyttö

Metallisissa putkissa on koko niiden olemassaolon ajan käytetty korjaustilanteissa erilaisia korjausmuhveja. Ne ovat tyypillisesti kaksi- tai useampiosaisia putken päälle kiristettäviä, kumitiivisteellä varustettuja korjausmuhveja. Nykyisien korjausmuhvien käyttötoleranssit ovat erittäin laajat ja samaa muhvia voidaan käyttää monessa putkidimensiossa tai materiaalissa.

Aiemmin korjausmuhvit soveltuivat vain yhdelle, tietyistä materiaalista valmistetulle putkikoolle. Niiden käyttöä hankaloitti myös se, että samaa dimensiota olevien putkien ulkomitat vaihtelevat. Suomenkin markkinoille tuli 1970-luvulla ruostumattomasta teräksestä valmistettuja, erityismallisella kumitiivisteellä varustettuja korjausmuhveja, joiden erityisominaisuutena oli paitsi hyvin korroosiota kestävä materiaali, myös niiden laaja käyttötoleranssi. Käytännönä oli, että putkikoon kasvaessa myös muhvin elementtien määrä lisääntyi ja samaa korjausmuhvia voitiin käyttää kahdessa tai useammassa putkidimensiossa tai materiaalissa.

Vauriokohdan uudelleen rakentaminen

Kuten edellä tässä osiossa on jo todettu, vauriokohteen saneeraus riittävältä matkalta on aina varteen otettava vaihtoehto korjaamiselle. Kun vauriokohteessa havaitaan useita syöpymäreikiä tai halkeamia, on syytä ottaa koko heikkokuntoiseksi arvioitu putkilinja lähiajan saneerausohjelmaan. Tulppaaminen tulee tehdä aivan käyttöön jäävän putkilinjan vierestä. Mikäli verkostoon jää pitkiä käyttämättömiä haaroja, ne ovat otollisia paikkoja bakteerikasvustoille ja voivat riittämättömästi puhdistettuina aiheuttaa myöhemmin käytössä olevan verkoston saastumisen.

Vaurioituneen kohteen tulppaus ja hylkääminen

Joskus on mahdollista hylätä koko huonoksi arvioitu putkilinjaosuus. Putkilinjaosuus voidaan tulpittaa, kun sillä ei ole haaroja eikä liittyjiä ja verkostomallinnusohjelmilla tai muuten havaitaan, että sen hylkäämisestä ei aiheudu haittaa vedenjakelulle.

5.3. Korjaustapahtuma ja korjattavasta putkesta tehtävä kuntoarviointi

Silmämääräinen arvio putkesta ja pinnoitteista

Itse putken tai laitteen korjaustapahtuma on rutiininomainen toimenpide, josta ammattimainen putkiasentaja selviytyy ongelmitta. Tärkeä osa korjaustyötä on tehdä perusteellinen arvio korjattavan putken kunnosta. Kuntomääritelmän tekninen taso riippuu siitä, minkälainen vaurio putkeen on kohdistunut. Jos putki on rikkoutunut siten, että myös putken sisäpintaa päästään tarkastelemaan, niin kuntoarvion taso on yleensä hyvä. Mikäli putkivaurio on ollut sellainen, että korjaustyö on saatu tehtyä putken päälle asennettavalla korjausmuhvilla, putken ominaisuusarvion teko vaikeutuu. Silloin on tyydyttävä putken ulkopinnan kuntoarviointiin: mahdollisten syöpymien määrän ja syvyyden sekä suojapinnoitteen laatutason arviointiin.

Mahdollinen näytepalan otto

Verkoston saneeraussuunnitelman tekoa helpottaa suuresti kaikki vanhas-
ta verkostosta saatava kuntotieto. Aina kun se ilman suurta vedenjakeluun
kohdistuvaa haittaa on mahdollista, tulisi korjauskohteesta ottaa näytepa-
la. Kun on kyseessä metallinen putki, tulisi se tarkastelun helpottamiseksi
halkaista ja hiekkapuhaltaa, jotta kaikki syöpymät olisivat helposti havait-
tavissa ja arvioitavissa.

Vauriokohteen paikannustietojen kartoittaminen

Kun vauriokohdassa kaivutyöt ovat edenneet siihen vaiheeseen, että putki
on näkyvillä, tulee kohteessa suorittaa tarkemittaus. Mittaus tulisi tehdä
sekä paikan että korkeusaseman osalta. Korkeusasematieto saattaa pal-
vella kohteen tulevaa suunnittelua. Samalla tulee todeta myös putken ma-
teriaali- ja dimensiotiedot. Mikäli työ joudutaan tekemään varsinaisen työ-
ajan ulkopuolella, ammattimaisen mittausavun saanti kohteeseen saattaa
olla vaikeaa. Silloin on tyydyttävä manuaalisiin mittausmenetelmiin putken
korkeusaseman määrittelyssä. Korjauskohteen sijainti voidaan joko merki-
tä kohteeseen tai ottaa riittävä määrä ristimittoja, joiden perusteella voi-
daan jälkikäteen tehdä tarvittavat mittaukset.

6. PUTKILINJAN PUHTAUDEN VARMISTAMINEN

Jos korjaustoimet on suoritettu korjausmuhveilla ilman, että verkosto-osuus on jouduttu tekemään paineettomaksi, ei yleensä tarvita erityisiä toimia putkilinjan puhtauden ja hygieenisyyden varmistamiseksi. Tilanteissa, joissa putkilinja on jouduttu tekemään paineettomaksi korjaustöitä varten, tarvitaan aina jonkinasteinen linjan puhdistus ennen sen käyttöönottoa. Terveysturvallisuuden varmistamiseen on oltava yhteydessä, jos putkirikko heikentää tai sen epäillään heikentävän talousveden terveydellistä laatua.

Norjassa tehdyn tutkimuksen mukaan verkostopaineen laskuun johtaneet putkirikot ja verkostokorjaukset lisäsivät veden käyttäjien riskiä sairastua vatsatautiin^{*)}. Myös Suomessa putkirikot ja verkostokorjaukset ovat pahimmillaan aiheuttaneet vesiepidemian.

Verkostoveden hygieenisyyden varmistamiseen putkirikkotilanteissa on syytä suhtautua vakavasti. Tilanteessa toimivien on tehtävä tapauskohtainen riskinarviointi vesihuoltolaitoksella ennalta sovittujen periaatteiden mukaisesti ja toimittava arvion edellyttämällä tavalla talousveden laadun turvaamiseksi.

**) Nygård et al. Breaks and maintenance work in the water distribution systems and gastrointestinal illness: a cohort study. International Journal of Epidemiology 2007; 36; 873-880.*

6.1. Puhdistusta edellyttävän alueen laajuuden määrittely

Puhdistuksen vaatii tyypillisesti alue, joka on ollut putkirikon johdosta paineettomana. Valtaosassa putkirikkotapauksia paineettomaksi alueeksi voidaan määrittää alue, joka on korjaustoimien ajan eristetty sulkemalla venttiileitä. Paineettomaksi tehtävä alue on aina pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä.

Mikäli putkirikko on tapahtunut suuriläpimittaisessa pääsyöttöputkessa ja vuoto on huomattava, on paineettomaksi voinut ennen putkirikon eristämistä joutua suurikin alue. Tällaisessa tapauksessa tulee määrittää erityisen tarkasti alue, jolle verkoston huuhtelu, mekaaninen puhdistus ja/tai desinfiointi on syytä kohdistaa. Pääsääntönä voidaan aina pitää, että on syytä puhdistaa putkistoa mieluummin liikaa kuin liian vähän.

Kuten edellä on todettu, sulkujärjestelyjä tehtäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei paineettomaksi joudu suurempi alue kuin on tarpeellista. Venttiileitä suljettaessa voi paineettomaksi joutua myös yllättäviä alueita, jos aiempien toimenpiteiden yhteydessä suljettuja venttiileitä ei ole muistettu avata. Myös verkostokartoissa oleviin virheisiin on syytä varautua. Tämän vuoksi onkin tarpeellista tarkastaa jokaisen suljetun venttiilin paineisen puolen todellinen vaikuttavuus.

Paineellisena korjattuun putkeenkin on voinut päästä likaa esimerkiksi putkeen tulleen reiän kautta. Tällöin putkessa virtaavan veden aiheuttama imu vetää putkeen sitä ympäröivää maa-ainesta. Tällöin puhdistusta edellyttävän alueen määrittely on vaikeaa, ellei verkoston toiminnasta ole kattavaa kuvaa.

6.2. Huuhtelu

Perinteinen verkoston omaa painetta hyväksi käyttäen tehtävä huuhtelu on toimenpide, joka tulee aina tehdä, kun putkilinja on korjaustoimenpiteen takia jouduttu tekemään paineettomaksi. Paineettoman alueen huuhtelussa on pyrittävä välttämään likaantuneen veden pääsy korjauskohteen viereisille verkostoalueille.

Verkoston virtaama säädetään riittävän suureksi, kuitenkin siten, etteivät kiinteät saostumat pääse irtautumaan lähialueen putkistoista. Virtaussuunta on ohjattava puhtaalta osalta verkostoa likaiseen päin ja paineettomana olleeseen verkosto-osaan päin. Huuhteluveden poisjohtaminen verkostosta tehdään mahdollisimman läheltä putken katkaisukohtaa tai paineettomana olleen putkiosuuden ääripäitä paloposteista sekä tarvittaessa kiinteistöjen vesiliittymien kautta. Huuhtelua ei ole tarpeen ilman erityistä syytä laajentaa paineettomana ollutta aluetta suuremmaksi, mikäli huuhteluun tarvittavia paloposteja on käytettävissä ideaalisesti.

6.3. Mekaaninen puhdistus

Elementti- tai sykepuhdistus on tarpeen korjaustoimenpiteiden yhteydessä, jos on oletettavissa, että vesijohtoon on päässyt maa-ainesta, jätevettä tai muuta likaa. Verkoston mekaaninen puhdistus tehdään ennen desinfiointia, ettei verkostossa oleva lika heikennä desinfioinnin tehoa. Uusia putkiosuuksia käyttöön otettaessa on suositeltavaa suorittaa mekaaninen puhdistus aina.

Elementtipuhdistuksessa puhdistettavan putkiosuuden läpi kuljetetaan puhdistuselementti, joka arkikielessä on saanut nimen *possu*. Possu pakotetaan kulkemaan verkoston läpi paineellisella vedellä, joka saadaan joko vesijohtoverkostosta tai säiliöautosta, jolloin on mahdollista korottaa painetta erillisellä paineenkorotuspumpulla. Possu koostuu yleensä luodinmallisesta vaahtomuovisesta rungosta, jonka ulkopinnalla on karkeudeltaan vaihtelevia pinnoitteita. Pääosa puhdistusvaikutuksesta tulee siitä, kun possua kuljettava vesi ohittaa suurella nopeudella hitaammin etenevän possun.

Sykepuhdistuksessa vesijohtoverkoston johdetaan suodatettua paineellista ilmaa ohi virtaavaan veteen. Paineellinen ilma saa vedessä aikaan voimakkaita virtausnopeuden muutoksia ja irrottaa siten putkiston seinämltä irtonaiset epäpuhtaudet. Vesi-ilmaseos ohjataan venttiilijärjestelyin puhdistettavaksi suunnitellussa verkosto-osassa kohti purkukohtaa. Purkukohtana käytetään yleisimmin palopostia.



Kuva 8. Puhdistuselementtejä.

6.4. Putkilinjan desinfiointi

Desinfiointitarpeen arviointi

Korjatun verkoston osan desinfiointi on tarpeen

- jos on luultavaa, että vaurioituneeseen putkilinjaan on päässyt putkea ympäröivästä maaperästä vettä tai maa-aineksia (todennäköistä paineettomana tehdyssä korjauksessa),
- jos korjatusta ja huuhdellusta verkostosta otetut vesinäytteet osoittavat puutteita veden mikrobiologisessa laadussa tai

Ellei korjatun verkoston osan epäillä saastuneen mikrobiologisesti, verkoston desinfiointi mahdollistaa sen käyttöön oton ennen mikrobiologisten analyysien valmistumista (ks. kappale verkoston käyttöön otosta).

Mikäli likaantumisen ei oleteta levinneen korjausta varten suljettua putkilinjaa laajemmalle, desinfiointi on suositeltavaa suorittaa vain muusta verkostosta suljetussa verkostonosassa. Tällöin estetään saastumisen leviäminen muualle verkostoon ja voidaan käyttää korkeita kemikaaliannoksia ja lyhyempää desinfiointiaikaa.

Aina verkoston sulkeminen ei ole mahdollista tai verkosto on jo ehtinyt saastua ennen kuin putkirikko ja saastuminen havaitaan. Tällöin verkosto joudutaan desinfioimaan kokonaisuudessaan, syöttämällä desinfiointikemikaalia verkostoveteen joko laitoksella tai verkoston mittaus- tai paineenkorotusasemalla.

Verkoston klooridesinfiointi on joissain tapauksissa välttämätön toimenpide talousveden toimituksen turvallisuuden varmistamiseksi. Verkostossa virtaavan veden laadun vaihtelu ja erityisesti korkea klooripitoisuus voi vaurioittaa joitakin verkostomateriaaleja, joten vahvaa klooridesinfiointia ei ole suositeltavaa tehdä verkostossa ilman perustetta.

Kloorauksen suoritus

Suoritettaessa desinfiointia kloorikemikaaleilla, täytyy huolehtia kemikaalin turvallisesta käsittelystä. Liitteessä 3 on yhteenveto työturvallisuuteen ja kloorikemikaalin käyttöön liittyvistä seikoista.

Suoritettaessa desinfiointia suljetun verkoston alueella, klooria voidaan annostella suljetulle alueelle johdettavaan veteen paineenkorotus- tai mittausasemilta. Tällöin on huomioitava, että kloorinsyöttö on mahdollista vain kohteissa, joissa on sopiva syöttöyhteen liittämissämahdollisuus. Ihanteellisessa tilanteessa kloorinsyöttökohteessa on kemikaalipumpun kanssa samaa skaalaa oleva mA - ulosotto tai impulssitieto, jolloin annostelu voidaan ohjata virtaamatiedon perusteella. Tällöin ei väliaikaisen käytön yhteydessä tarvitse suorittaa annostelupumpun ylimääräisiä säätöjä.

Korjaustöiden yhteydessä klooraus voidaan harvoin suorittaa ihanteellisista paikoista, kuten paineenkorotus- tai mittausasemilta. Tällöin kemikalointi suoritetaan johtamalla vesi suljetulle, desinfiointia vaativalle verkosto-osalle väliaikaisin menetelmin. Vesi voidaan johtaa letkujärjestelyin puhtaalta puolelta suljettu venttiili ohittaen desinfioitavalle puolelle esimerkiksi palopostista palopostiin. Letkujen väliin asennetaan siirrettävä kloorausyksikkö, joka annostelee desinfioitavalle alueelle johdettavaan veteen haluttu klooripitoisuuden.

Johtamalla klooripitoinen vesi suljetulle verkoston alueelle jatkuvasti virtaavana, voidaan olettaa, että kloori leviää halutulla annoksella tasaisesti koko desinfioitavalle alueelle. Suljetun verkoston osan desinfiointi voidaan suorittaa myös panosannostuksena, jossa klooriliuoksella täytetään desinfioitava putkiosuus ja vesi jätetään putkeen vaikuttamaan.

Suljetussa verkostonosassa voidaan käyttää jopa 50 mg/l klooriannoksia, jolloin desinfiointiaikaa voidaan vastaavasti lyhentää.

Toisinaan verkoston sulkeminen ei ole mahdollista tai verkosto kannattaa, esimerkiksi korjaustoimien laajuuden, pitkäkestoisuuden, korkean riskin tai verkoston pienuuden vuoksi, toteuttaa annostelemalla kloorikemikaalia vesilaitokselta koko verkostoon. Tällöin ei voida käyttää kovin korkeita vapaan kloorin pitoisuuksia, joten desinfiointikemikaalin vaikutusaikaa täytyy vastaavasti pidentää.

Desinfiointiaineen leviäminen koko desinfioitavalle verkosto-osalle varmistetaan juoksuttamalla vettä alueen paloposteista. Desinfioitaessa koko verkosto, myös alueen liittyjiä pyydetään tarvittaessa juoksuttamaan vettä esimerkiksi 15 minuutin ajan. Tällöin desinfiointikemikaali kulkeutuu myös kiinteistöjen verkostoon. Pyyntö ja ohjeet kuluttajille veden juoksuttamisesta tehdään desinfioinnista kertovassa tiedotteessa.

Käytetty klooripitoisuus ja klooripitoisen veden leviäminen haluttuihin verkoston osiin todetaan kloorimittareilla. Markkinoilla on maastokäyttöön so-

pivia kloorimittareita, joilla voi mitata vapaata ja/tai kokonaisklooria. Mittareiden käyttö on helppoa ja hinnatkin ovat kohtuullisia. Oman mittauslaitteiston puuttuessa voi kloorimittareita lainata kuntien uimahalleista.

Näytteitä kloorin leviämisestä voidaan ottaa desinfioitavalta verkostosalta joko käyttöliittymistä tai paloposteista. Näytettä otettaessa on riittäväällä juoksutuksella varmistuttava näytteen edustavuudesta.

Kloorauskemikaalit

Klooraus on kemikaalin pysyvyyden ansiosta käytännössä ainoa desinfiointimenetelmä, jota voidaan käyttää verkoston hygieenisyyden varmistamiseen. Jatkuvassa desinfioinnissa käytettäviä kloorauskemikaaleja ovat natriumhypokloriitti, kloramiini, klooridioksidi ja kloorikaasu. Kloramiinin desinfiointiteho on muihin kemikaaleihin verrattuna heikko, joten tehostettua kloorausta vaativissa tilanteissa on perusteltua luopua kloorin sitomisesta kloramiiniksi. Vaikka jatkuvaa desinfiointia ei olisikaan, kaikilla vesilaitoksilla tulisi olla valmius aloittaa verkostoveden desinfiointi, Väliaikainen, verkostossa tai laitokselta suoritettava klooraus suoritetaan yleensä natriumhypokloriittiliuoksella.

Nestemäisen natriumhypokloriitin annostelu tehdään lisäämällä klooriliuosta annostelupumpulla verkostoon johdettavaan veteen. Natriumhypokloriittiliuos tulisi halutun annostuksen varmistamiseksi annostella veteen aina virtaaman funktiona. Natriumhypokloriitti hajoaa vähitellen, joten varastoidun kemikaalin teho täytyy varmistaa tilaamalla säännöllisesti uutta kemikaalia. Jotta varastoidun kemikaalin aktiivisen kloorin määrä säilyisi mahdollisimman pitkään, se tulee säilyttää viileässä ja auringonvalolta suojatussa paikassa noudattaen valmistajan ohjeita.

Natriumhypokloriittia on saatavilla myös raemaisena, nestemäistä natriumhypokloriittia paremmin säilyvässä muodossa. Raemaista klooria annostellaan yleensä korjattuun putkeen ennen putken sulkemista ja huuhteluveden johtamista putkeen. Näin toimittaessa kloorin leviäminen koko desinfiointia vaativalle putkisto-osalle riittävällä pitoisuudella on hyvin epävarmaa. Menetelmän summittaisuuden takia sitä ei voida pitää suositeltavana, vaan annostelun varmistamiseksi raemainen kloori tulisi ennen käyttöä liuottaa nesteeksi ja sen jälkeen annostella kuten nestemäistä klooria.

Raemaista kalsiumhypokloriittia voidaan käyttää samalla tavoin ja käyttöön liittyvät samat ongelmat kuin raemaiseen natriumhypokloriittiin.

Kloorauslaitteistot

Verkoston klooraus voidaan suorittaa syöttämällä kemikaalia joko jatkuvasti käytössä olevilla laitteilla laitokselta lähtevään veteen tai ottamalla käyttöön valmiudessa oleva kloorausyksikkö. Valmiudessa olevaa siirrettävää kloorin annosteluyksikköä voidaan käyttää laitoksen lisäksi myös kloorin syöttöön paineenkorotus- ja mittausasemilta.

Siirrettävä annosteluyksikkö koostuu minimissään helposti siirrettävälle alustalle asennetuista impulssin antavasta virtaamamittarista, kemikaalin annostelusäiliöstä ja annostelupumpusta. Annosteluyksikön käytön on oltava mahdollisimman helppoa, optimitilanteessa käyttökohteen letkut liitetään annosteluyksikön liittimiin ja pistoke virtalähteeseen. Annostusmää-

rän säädön on oltava mahdollisimman selkeä. Siirrettävän kloorauslaitteen yhteydessä tulee olla kloorauksen suorittamisesta yksityiskohtaiset käyttöohjeet.

Kemikaalin annostelusäiliön on oltava riittävän suuri väliaikaiseen kloorauksen, mutta ei kuitenkaan niin suuri, että sen siirrettävyys vaikeutuu. Säiliön sopivana kokona voidaan pitää noin 30 l. Annostelusäiliön ja säiliön läpivientien on oltava ehdottoman tiiviitä. Kaasuuntunut klooriliuos on jo pieninä pitoisuuksina erittäin syövyttävää ja hengitettynä terveydelle vaarallista.

Annostelupumpun maksimituoton on vastattava mittarin kokoa. Markkinoilla olevat annostelupumput tuottavat 0 - 3 l/h aina 0 - 30 l/h saakka. Pumpu asennetaan kiinteästi annostelusäiliön päälle, jossa imu- ja paineletkut ovat valmiiksi asennettuina.



Kuva 9. Siirrettävä desinfiointilaitteisto.

Käytäntö on osoittanut, että siirrettävillä kloorausyksiköillä saavutetaan paras annostelutulos, kun käytetään laimennettua natriumhypokloriittiliuosta (esim. 1% klooria sisältävää liuosta eli 1/10 laimennosta 10% natriumhypokloriittiliuoksesta). Tällöin pienet vaihtelut pumpun annostustarkkuudessa tai verkostoveden virtauksessa eivät johda tarpeettoman korkeisiin kloorin pitoisuusvaihteluihin.

Käytettävät klooriannokset

Verkoston kloorauksessa käytettävät vapaan kloorin pitoisuudet vaihtelevat saastumisen asteen, verkoston suljettavuuden ja kloorin vaikutusajan mukaan. Verkoston hygienisointi edellyttää aina normaalia, verkostoveden hygieenisyyden varmistavaa tuoteveden desinfiointia korkeampia aktiivisen kloorin pitoisuuksia. Kloorauksen desinfiointitehon parantamiseksi voi olla tarpeen alentaa veden pH välille 6,5-7,5 tai ainakin lopettaa mahdollinen pH:n nosto. Klooriannoksia määritettäessä tulee huomioida myös verkostomateriaalien kestävyys ja valmistajien mahdollisesti asettamat rajoitukset käytettävälle klooripitoisuudelle. Korkea lämpötila tehostaa kloorin haitallista vaikutusta.

Tilanteissa, joissa desinfioitava verkoston osa voidaan eristää varmasti muusta verkostosta, eikä desinfioiva klooriliuos voi päästä kiinteistöille, voidaan käyttää korkeita vapaan kloorin annoksia, jolloin tehokas desinfiointi saadaan suoritettua lyhyemmässä ajassa.:

- 10 - 50 mg/l 6 tunnin - 3 vuorokauden ajan (mitä korkeampi klooriannos, sitä lyhyempi aika on riittävä), jonka jälkeen johto-osuus huuhdellaan.
- verkosto-osuuden käyttöönoton jälkeen verkostoveden klooripitoisuus on hyvä pitää tasolla 1 - 2 mg/l, kunnes mikrobiologiset analyysit osoittavat em. huuhteluveden ja verkostoveden laadun moitteettomaksi.

Jos klooriliuos voi päätyä kiinteistöille tai koko verkosto joudutaan klooraamaan ja kloorattava vesi johdetaan veden käyttäjille, kloorin annostuksessa täytyy huomioida veden käytön turvallisuus. Tällaisessa tilanteessa voidaan käyttää seuraavia vapaan kloorin pitoisuuksia:

- 5 - 10 mg/l ainakin vuorokauden ajan, jonka jälkeen 1 - 5 mg/l ainakin kahden vuorokauden ajan,
- ym. toimenpiteiden jälkeen ja verkostoveden mikrobiologisen analyysin osoitettua verkoston puhtauden: 1 - 2 mg/l kunnes mikrobiologiset analyysit osoittavat verkostoveden laadun moitteettomaksi.

Veden käyttäjät havaitsevat alhaisetkin klooripitoisuudet, joten normaalia korkeammasta klooripitoisuudesta on aina tiedotettava asiakkaille.

Verkoston ulosteperäisessä saastumisessa on aina oltava yhteydessä terveydensuojeluviranomaiseen, joka antaa tarvittaessa veden käyttöön liittyviä rajoituksia, tyypillisesti keittokehotuksen. Terveystoimien toteuttamiseksi on otettava yhteyttä myös, jos veden käyttäjille jaettavan verkostoveden vapaan kloorin pitoisuus nostetaan yli 5 mg/l (WHO:n ohjeisto). Tällöinkin voidaan antaa veden käyttöön liittyviä rajoituksia.

Käytetty klooripitoisuus ja klooripitoisen veden leviäminen haluttuihin verkoston osiin todetaan kloorimittareilla.

Jälkihuuhtelut

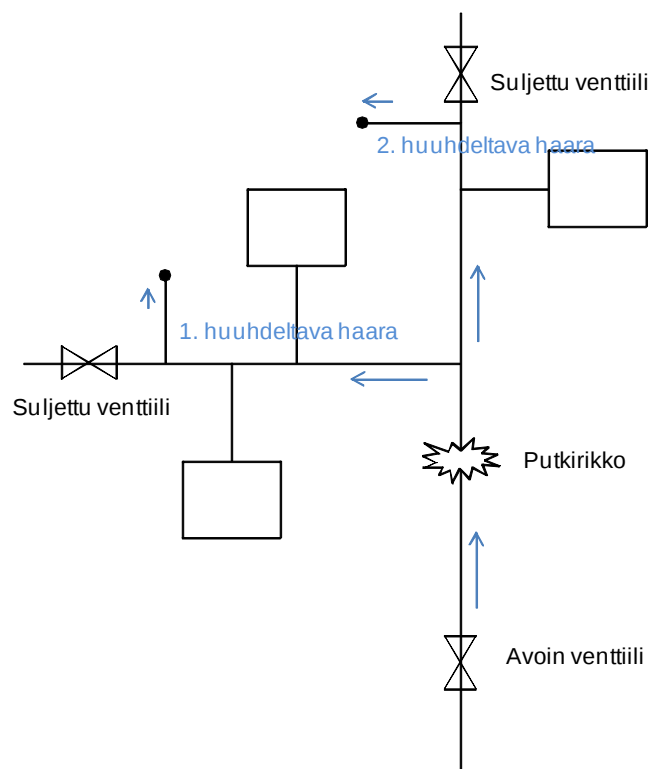
Jälkihuuhtelut ovat tarpeen tapauksissa, joissa klooripitoisuus verkostossa on nostettu yli 5 mg/l.

Suljettua verkoston osaa klooratessa käytetään tyypillisesti korkeita klooripitoisuuksia, joten klooripitoinen vesi on huuhdeltava huolellisesti pois

verkostosta ennen kuin verkoston osa otetaan käyttöön. Jos suljettuun verkoston osaan jää paljon klooria sisältävää vettä, se voi päätyä sekoittumatta veden käyttäjille. Tarvittaessa tulee varmistua myös kiinteistöjen vesiliittymien riittävästä huuhtelusta.

Suljetun verkoston osan huuhtelu tulee tehdä siten, että alueelle virtaava vesi ohjataan verkostosta kohteesta, joka on mahdollisimman lähellä korjauskohtaa tai paineettomana olleen putkiosuuden ääripäitä. Huuhteluun käytetään paloposteja sekä tarvittaessa kiinteistöjen vesiliittymiä. Näin menetellen valtaosa desinfioitavasta alueesta saadaan huuhdeltua ilman venttiilioperointia. Putkiston huuhtelu suoritetaan erikseen jokaisen suljetun venttiilin kautta. Menettelyä on havainnollistettu kuvassa 10.

Koko verkostoa kloorattaessa jälkihuuhdeltu suoritetaan juoksuttamalla vettä maltillisesti paloposteista. Myös liittyjiä tulee opastaa suorittamaan kohdullista juoksutusta 15 minuutin ajan noin kaksi tuntia verkostohuuhtelun lopettamisen jälkeen. Opastus juoksutuksesta voidaan antaa samassa tiedotteessa, jossa kerrotaan desinfioinnista ja sen kestoajasta. Tiedotteessa on syytä mainita mahdollisesta kloorin hajusta vielä juoksutuksen jälkeenkin.



Kuva 10. Suljetun verkostonosan huuhtelun suoritus.

Käytetyn klooriliuoksen ja klooripitoisen huuhteluveden hävittämisessä on huomioitava kloorista ympäristölle tai jätevedenkäsittelylle mahdollisesti aiheutuvat haitat. Jätevesiviemäriissä kloori kuluu helposti, mutta klooripitoisten vesien johtamisesta jätevesiviemäriin on kuitenkin sovittava viemärilaitoksen kanssa. Viemärilaitos päättää onko dekloraus tarpeen jätevedenpuhdistamon mikrobikannan suojelemiseksi. Jos klooripitoisia huuhteluvesiä on tarkoitus johtaa luontoon, on otettava yhteyttä kunnan ympäristönsuojeluviranomaiseen dekloraustarpeen määrittelemiseksi. Yleensä

luontoon johdettaessa klooripitoiset huuhteluvedet on deklorattava. Deklooraukseen voidaan käyttää natriumbisulfiittia tai natriummetabisulfiittia.

6.5. Puhdistetun alueen uudelleen käyttöönotto

Korjatun ja puhdistetun verkoston käyttöönotossa suositellaan noudatettavaksi seuraavia periaatteita:

- Verkoston osa voidaan ottaa käyttöön, ellei huuhtelun jälkeen otetussa huuhteluvesinäytteessä ole viitteitä mikrobiologisesta saastumisesta.
- Maa-aineksella likaantunut, mekaanisesti puhdistettu, riittävällä klooriannoksella desinfioitu ja huuhdeltu verkostonosa voidaan tapauskohtaisen harkinnan mukaan ottaa käyttöön ennen mikrobiologisen analyysin valmistumistakin.
- Jos kyseessä on ollut verkoston mikrobiologinen saastuminen, verkoston mikrobiologinen puhtaus tulee aina varmistaa analyysien ennen käyttöönottoa. Terveysturvallisuusviranomaisen vastaa tällaisissa tilanteissa näytteenotosta ja ohjeistaa laitosta talousveden laadun näkökulmasta verkoston käyttöönotossa sekä tiedottaa veden käyttäjiä veden käytön mahdollisista rajoituksista.
- Klooridesinfioidussa verkostossa virtaavan veden klooripitoisuus tulee mitata ja todeta turvallisiksi ($< 5 \text{ mg/L}$), ennen verkoston käyttöönottoa.
- Asiakkaiden elämä vaikeutuu huomattavasti ja hygieniatason lasku (pesuveden puute ja viemäroinnin toimimattomuus) voi vaarantaa terveydenkin, mikäli korjatun verkoston puhtauden varmistaminen aiheuttaa talousveden toimitukseen pitkän katkon. Jos veden toimitus nähdään tarpeelliseksi, vaikka verkostoa ei ole puhdistettu ja desinfioitu tai sen puhtautta varmistettu mikrobiologisin näyttein, voidaan veden toimituksen turvallisuus varmistaa antamalla keittokehotus juomiseen ja ruuanlaittoon käytettävälle vedelle sekä mahdollisesti muita käyttörajoituksia. Terveysturvallisuusviranomaisen päättää keittokehotuksen antamisesta ja muista veden käyttörajoituksista.

Verkoston puhtaudesta tulee varmistua huuhteluvedestä mikrobiologiseen analyysiin otetuin vesinäyttein. Colilert-menetelmillä tulos ulosteperäistä saastumista osoittavien koliformisten bakteerien ja *E. coli*n esiintymisestä valmistuu 18 tai 24 tunnissa riippuen testimenetelmästä. Näytettä voidaan pitää puhtaana vasta sen valmistuttua.

Verkostopaineen vaihtelut saattavat aiheuttaa saostumien irtoamista ja siten värihaittoja sekä pesäkeluvun kasvua verkostoveteen. Näistä veden laadun mahdollisista vaihteluista on syytä tiedottaa veden käyttäjiä muun tilanteesta tiedottamisen yhteydessä ja kehottaa juoksuttamaan vettä kunnes se on kirkasta.

7. KAIVANNON TÄYTTÄMINEN JA MUUT JÄLKITYÖT VAURIOKOHOETEES

7.1. Kaivannon täyttö ja tiivistäminen

Kohteen sijainnin ja putkimateriaalin vaikutus täyttöön ja tiivistämiseen

Kadulle tai muulle liikennealueelle tehdyn kaivannon täytön kerrokset, suoritus ja materiaalit määräytyvät kadun luokituksen mukaan. Kun putkea ympäröivä täyttö on tehty noudattaen kunkin putkimateriaalin osalta putken valmistajan ohjeita, jatketaan kaivannon täyttöä kadun- tai tienpitäjän ohjeiden mukaisesti. Edellä mainituilta tahoilta saa tarkat ohjeet siitä, miten kaivannon täyttö tulee suorittaa. Tyypillisesti kaivantoa täytetään vaiheittain, aina välillä tiivistäen. Tiivistäminen voidaan tehdä joko maantiivistäjillä (täryillä) tai vedellä.

Usein kadun- ja tienpitäjät tekevät täytetylle kaivannolle kantavuuskokeen ennen kuin kohde todetaan hyväksytysti toteutetuksi. Asfalttipintaisen kohteen korjausasfaltointia ei saa yleensä tehdä ennen hyväksyttyä kantavuuskoetta. Käytäntö kantavuuskokeen tekemisen osalta vaihtelee eri kunnissa. Pienissä kunnissa ei ole juurikaan mahdollista sellaisen toimenpiteen tekemiseen. Myös joissakin suurissakin kunnissa kaivannon täytön kelpoisuus on delegoitu vesilaitokselle. Liikenteellisesti vaativissa kohteissa kohde voidaan pinnoittaa väliaikaisesti kyseiseen käyttötarkoitukseen kehitetyillä materiaaleilla. Hiekka- tai sorapintaisille liikennealueille ei normaalisti kantavuuskokeita tehdä.

Vauriokaivannosta saadun kaivumassan käyttö välitilan täytössä

Katu- ja tiealueilla sijaitsevilla kohteilla vauriokaivannoista saatua kiviä materiaalia voidaan käyttää kaivannon täytössä vain poikkeuksellisesti. Kun kaivukohde sijaitsee liikennealueiden ulkopuolella, kaivannosta saatuja maamassoja voidaan käyttää harkiten uudelleen välitilan täyttövaiheessa. Kaivumassojen uudelleen käytöllä säästetään paitsi uuden täyttömassan kustannus, myös kaivetun ja tuotavan maa-ainekset kuljetuskustannukset.

Aina on kuitenkin muistettava että itse putken välittömään ympäristöön eli ns. alkutäyttöön, kaivumassat ovat harvoin kelpuutettavissa.

7.2. Työmaan purku, siivoaminen ja liikennejärjestelyjen ennalleen palauttaminen

Koneiden ja laitteiden järjestelmällinen poisvienti kohteesta

Kun kaivanto on tiivistetty, kaikki tarpeettomat koneet ja laitteet viedään viivyttämättä pois työkohteesta. Viimeisenä viedään pois työmaata ympäröineet suoja-aidat.

Ajoradan siivous tarvittaessa

Liikennealueilla tehtävien kaivutöiden jäljiltä kohteeseen jää usein erilaisia maarakennusaineksia. Niistä saattaa muodostua haittaa ja vaaraa liikenteelle. Irtonainen hiekka- ja sepeliaines heikentävät ajoneuvojen hallint ominaisuuksia ja sinkoilevat kivet voivat tuottaa muita harmejä. Irtonaiset maa-ainekset tulee poistaa työmaa-alueelta harjakoneella tai muulla sopivalla menetelmällä.

Pakkasella putkirikosta vuotanut vesi jäätyy tien tai kadun pinnalle. Ennen ajoradan käyttöön ottoa tulee kerrostunut jää poistaa esimerkiksi tiehöylää käyttäen ja sitten hiekoittaa tai suolata liukas alue, sen mukaan, mikä menettely on paikkakunnalla vallitseva käytäntö.

Liikennejärjestelyjen ennalleen palauttaminen

Työaikaiset liikennemerkit tulee poistaa kohteesta, kun työskentelyalue on valmis vastaanottamaan liikennettä, Usein paikalle on kuitenkin jätettävä kadun tai tien painumasta varoittava liikennemerkki, kunnes kaivualue on pinnoitettu asianmukaisesti.

7.3. Kaivannon jälkivalvonta

Säännöllinen liikennealueella sijaitsevan kaivannon jälkivalvonta

Koska päällystetyllä liikennealueella tehtyä kaivantoa ei voida välittömästi pinnoittaa, tulee täytetyn kaivannon pintaa seurata säännöllisesti. Hyvinkin tiivistetty täyttömassa saattaa painua ja aiheuttaa siten onnettomuusvaaran liikenteelle. Myös vilkas liikenne sinällään saattaa aiheuttaa täyttömassojen siirtymistä pois alkuperäiseltä paikaltaan. On myös huomattava, että vuotovesi on saattanut siirtää maa-aineksia huomattavan etäällä varsinaisesta vuotokohdasta.

Päivittäinen kaivannon seuranta ja tarvittaessa täyttömassojen lisääminen parantaa liikenneturvallisuutta ja säästää vesilaitoksen rikkoutuneiden liikennevälineiden korjauskustannuksilta.

Säätilan ja vuodenaajan merkitys jälkivalvonnassa

Säätila ja vuodenaika vaikuttavat merkittävästi kaivannon jälkiseurantaan. Erityisesti voimakkaiden sateiden aikana valvontakäyntien lukumäärää tulee lisätä. Jos kaivannon ylläpito muodostuu ylivoimaiseksi ja se sijaitsee vilkkaasti liikennöidyllä kadulla, voidaan harkita myös kohteen väliaikaista pinnoittamista. Markkinoilla on asfaltin kaltaisia massoja, joita voi levittää kaivannon pintakerrosta sitomaan.

Mahdolliset lisätoimet kohteen liikennejärjestelyissä

Jos edellä kuvatuista menettelyistä huolimatta on nähtävissä, että pinnoittamaton kaivanto saattaa aiheuttaa liikenteellistä tai muuta vaaraa, pitää kohde varustaa suoja-aidalla ja merkkivalolla. Järjestelystä tulee luonnollisesti varoittaa asianmukaisilla liikennemerkeillä. Näissä tapauksissa on kiirehdittävä kohteen kantavuuskokeen suorittamista ja ajoradan lopullista päällystämistä.

7.4. Mahdollisen väliaikaisen vedenjakelujärjestelmän purkaminen

Vesisäiliöiden poisto ja tyhjentäminen

Jos väliaikaiseen vedenjakeluun on käytetty säiliöitä, kuljetetaan ne niiden alkuperäisille paikoille. Säiliöt tyhjennetään ja varmistutaan niiden teknisestä kunnosta seuraavaa käyttökertaa ajatellen. Säiliöiden hygieenisyyden varmistamiseksi ne on ennen säilytystä vähintään huuhdeltava puhtaalla vedellä. Säiliöt on lisäksi pestävä säännöllisesti ja tarvittaessa desinfioitava 50 mg/l klooria sisältävällä liuoksella. Pelkkä kemikaalidesinfiointi ei korvaa mekaanista puhdistusta, sillä säiliöiden seinämissä oleva lika ja mikrobien muodostama kalvo voivat estää kemikaalin vaikutuksen. Säiliön pesu- ja desinfiointiohjeen on hyvä olla kiinnitettynä säiliöön. Säiliöiden varastoinnissa täytyy huomioida niiden säilyminen hygieenisinä.

Väliaikaisen pintaverkoston poisto

Kun väliaikaista vedenjakelua varten on rakennettu pintaverkosto, puretaan se verkoston huuhtelun jälkeen niin, että kaikki putkien päät tulpitetaan likaantumisen estämiseksi. Tarvikkeet kuljetetaan varastoon, jossa vallitsevat riittävät hygieeniset olosuhteet. Pintaverkoston osat pestään ja desinfioidaan tarvittaessa kuten säiliöt. Tarvikkeet, joiden uusiokäyttö on mahdotonta tai vaatii kohtuuttomasti huoltoa, tulee hylätä.

Kiinteistöille aiheutettujen vahinkojen korjaaminen

Kiinteistöille mahdollisesti aiheutetut tekniset vauriot tulee korjata välittömästi pintaverkoston poiston jälkeen, Varsinkin talvella kaikki mahdolliset väliaikaisille putkille tehdyt läpiviennit kiinteistöihin tulee tukkia niin, ettei pakkanen pääse aiheuttamaan vaurioita kiinteistöissä.

8. JÄLKITYÖT TOIMISTOLLA

8.1. Korjaustapahtuman raportointi

Vauriokohteesta saatujen tietojen kirjaaminen ja raportointi

Kaikki oleellinen korjaustapahtumaan liittyvä tieto tulee systemaattisesti raportoida. Useimmilla suuremmilla vesilaitoksilla on varsin kattavat raportointijärjestelmät, mutta kaikkien laitosten tulisi kirjata kaikki tapahtumat, vaikka varsinaista raportointijärjestelmää ei vielä olisikaan. Kun kaikki tiedot tapahtumista ovat vaikkapa vain manuaalisesti arkistoituna, on niiden siirtäminen suhteellisen helppoa mahdollisesti tulevaisuudessa hankittaviin atk-pohjaisiin järjestelmiin.

Raportointilomake

Vesilaitokset käyttävät yleisesti Kuntaliiton ja eräiden muiden tahojen aikanaan laatimaa raportointilomaketta. Lomake on A4 kokoinen sivu, jossa on valmiit kohdat lähes kaikkien korjauskohteessa mahdollisten havaintojen kirjaamiseen. Lisäksi siihen on varattu tila omille kommenteille ja mahdollisille piirroksille.

Korjauskustannusten keruu ja arkistointi

Korjauskustannusten systemaattinen kerääminen, arkistointi ja analysointi jokaisesta korjauskohteesta erikseen ei ole kovin yleistä vesilaitoksilla. Vuosittaiset ylläpitokustannukset ovat sen sijaan yleensä hyvin tiedossa. Verkoston ylläpidon määrärahojen niukkuus ja myös toiminnan ekologiset tavoitteet edellyttävät tarkkaa kustannusseurantaa ja kustannusten analysointia. Kustannusten ja työtapojen analysoinnin avulla korjaustapahtumissa toimimista voidaan laitoksilla kehittää edelleen.

8.2. Raporttitietojen arkistointi tai vienti kunnonvalvontajärjestelmään

Manuaalinen arkistointijärjestelmä

Mikäli vesilaitoksella ei ole atk-pohjaista putkivauriotietojärjestelmää, tulee raportointilomakkeet arkistoida manuaalisesti. Arkistoinnin voi tehdä esimerkiksi siten, että ne mapitetaan vuosittain aakkosittain katuosoitteiden mukaan. Tällöin raporttien myöhempi hyödyntäminen on helpompaa ja edesauttaa myös mahdollisen atk-pohjaisen järjestelmän luontia.

Atk-pohjainen arkistointi ja vaurioiden hallintajärjestelmä

Joillakin vesilaitoksilla on ollut jo jonkin aikaa käytössään atk-pohjainen putkivauriotietojärjestelmä. Turun vesilaitos otti tiettävästi ensimmäisenä käyttöön atk-pohjaisen järjestelmän vuonna 1990. Alkuperäistä järjestelmää on sittemmin kehitetty useassa eri vaiheessa. Kehitystyö on kohdistunut lähinnä järjestelmän käyttäjäystävällisyyteen sekä taustalla olevan karttajärjestelmän ajantasaiseen päivittymiseen. Järjestelmään syötetään kaikki raportointilomakkeen tiedot, josta ne esimerkiksi osoitteen perus-

teella ovat helposti löydettävissä ja tarvittaessa tulostettavissa. Korjatut vauriokohdat ja niihin liittyvät tiedot ovat nykyään Turun vesilaitoksen X-Pipe karttatietojärjestelmässä, joten tietojen havainnollisuus on korkeaa luokkaa ja tiedot ovat helposti hallittavissa. Etuna tässä on myös se, että taustalla oleva karttatieto on ajantasainen. Myös valokuvien liittäminen järjestelmään on helppoa ja hyödyllistä.

Putkivauriotietojärjestelmien hyödyntäminen vesihuoltolaitoksilla

Toimivasta ja havainnollisesta putkivauriotietojärjestelmästä on vesilaitokselle monenlaista hyötyä. Hyviä tuloksia saadaan aikaan, kun järjestelmä on rakennettu siten, että se kerää tietoja nopeasti mm. seuraavanlaisilla hauilla:

- anna kaikki tapahtuneet vauriot tietyltä aikajaksolta halutulta alueelta tai kadulta,
- anna kaikki vauriotiedot, jotka ovat kohdistuneet tietylle putkimateriaalille, aluekohtaisesti, tietyn ajanjakson aikana, jne.,
- anna kaikki vauriotiedot tietyistä putkidimensioista kuten edellä,
- anna kaikki vauriotiedot vaurion laadun perusteella kuten edellä,
- näytä kartalle kaikki halutut vauriotiedot tietyllä merkillä.

Järjestelmään on helppo liittää lukuisa määrä muita hakusanoja ja rajoituksia. Kartassa näkyvät merkinnät vauriotapahtumista havainnollistavat tiedon käyttöä. Karttamerkkiä klikkaamalla saa näkyviin kohteen tiedot, joista ilmenee kaikki tarvittava informaatio tapahtumista.

Näitä tietoja voidaan ensisijaisesti hyödyntää saneerausohjelmien teossa. Järjestelmästä saadut tiedot auttavat priorisoimaan saneeraamisen tarvetta ja kohteita. Joskus historiatietoja tarvitaan myös korvauskysymyksissä. Toisinaan käy niin, että vuosien kuluttua samassa kohteessa on jälleen vaurio. Silloin valmistelutoita helpottaa kun voidaan selvittää, mitä kohteessa on aiemmin tapahtunut.

8.3. Tarvittavien tietojen vienti karttajärjestelmiin

Kaikki kohteessa muuttuneet asiat tulee viedä karttajärjestelmiin. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi kohteessa saadut relevantit mittaus- yms. tiedot.

Varsinkin vanhojen vesilaitosten iäkkäiden verkostonosien karttatiedoissa saattaa olla vakavia puutteita, joten vauriokohdasta saadut kaikki tiedot ovat varsin arvokkaita. Siksi on tärkeää, että vauriokohteiden mittauksia eikä muita tarkasteluja laiminlyödä ja että saadut tiedot lisätään karttatietojärjestelmään ensi tilassa.

8.4. Vauriokohteen pintatyöt ja ilmoitukset

Tarvittavat ilmoitukset vauriokohdan maanomistajalle

Liikennealueilla ja muillakin yleisillä alueilla, kaivannon tekemiseen vaaditaan aina kaivulupa. Varsin usein vesilaitoksilla on pysyväislupa yllättäviä tapahtumia varten. Välittömästi kaivannon täyttämisen jälkeisenä arkipäivänä, liikenne- tai muuta yleistä aluetta hallinnoivalle on tehtävä ilmoitus

kaivutapahtumasta. Samoin tulee toimia silloin, kun on kyseessä yksityisen omistama maa-alue.

Pintatöiden teko tai tilaaminen ulkopuoliselta tekijältä

Asfaltoidulla alueella tapahtuneen kaivutyön kaivannon viimeistely ja pinnoitus tilataan tyypillisesti asfalttipinnoitteita tekevältä yritykseltä, jonka kanssa vesilaitoksella tai kunnalla on sopimus. Muualla kuin liikennealueella tehtyjen kaivantojen entistämistöistä tulee aina sopia kyseisen maanomistajan kanssa.

8.5. Putkivaurioista mahdollisesti aiheutuneiden vahinkojen selvittäminen ja korvaaminen

Vahingon määrän ja laadun arviointi kohteessa

Kaivutöistä johtuvien vahinkojen toteaminen on melko yksinkertaista ja niiden arviointi on useimmiten mahdollista tehdä jälkikäteen, kun kohde on valmis. Varsinkin viljellyillä alueilla tehtävät vahinkoarvioinnit tehdään jälkikäteen asiantuntijoiden avustamana.

Rikkoutuneesta vesijohdosta tulvinut vesi voi aiheuttaa suuriakin vahinkoja vaurion tapahtumispaikan ympäristössä. Vuotovedestä aiheutuneet omaisuusvahingot on selvitettävä viipymättä, jotta niiden määrästä ja laadusta saadaan tapahtumia vastaava käsitys. Esinevahinkojen osalta paikalta välittömästi vahinkotapahtuman jälkeen otetut valokuvat ovat arvokkaita, koska muistikuvat tapahtumista jälkeensä saattavat olla ristiriitaisia.

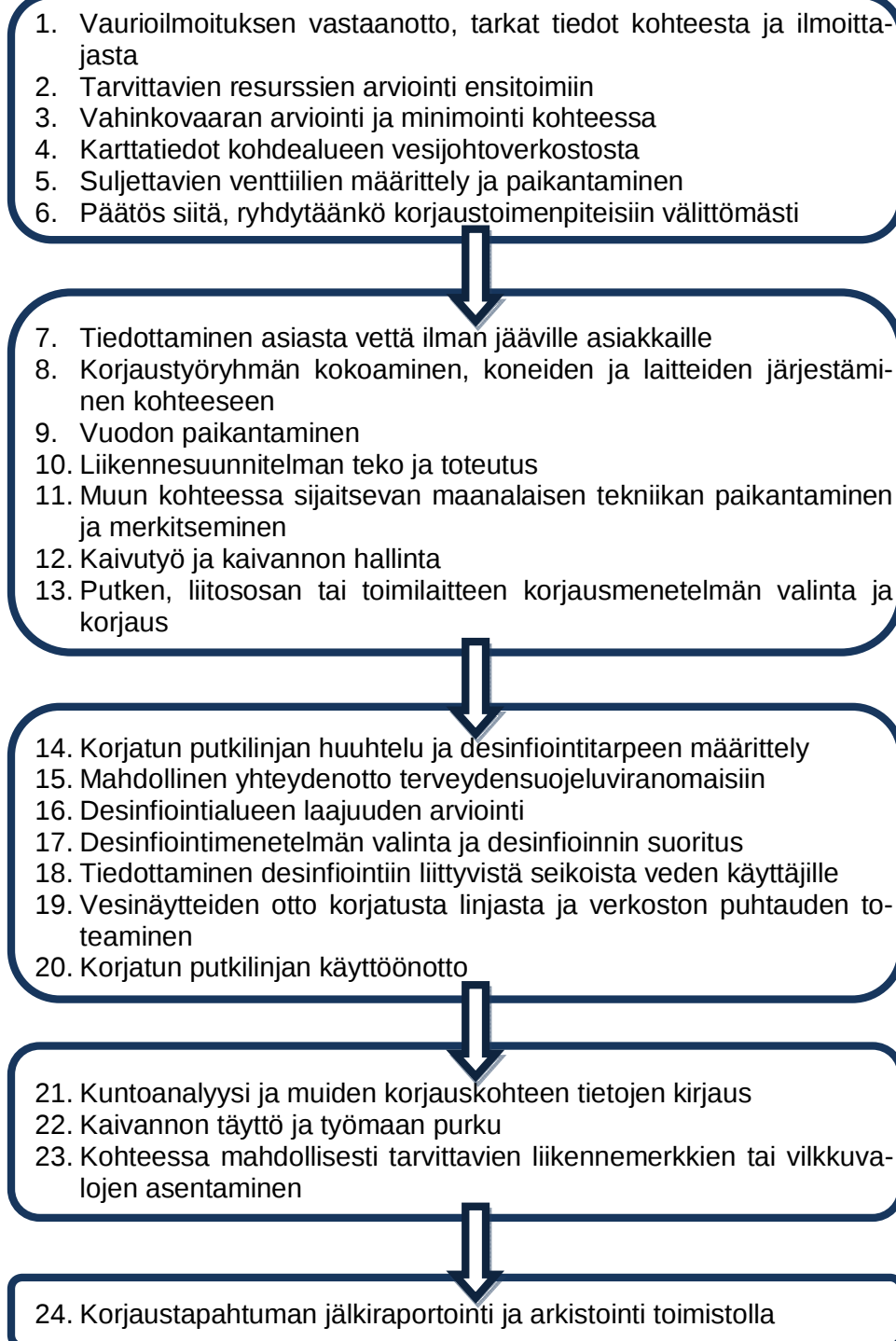
Neuvottelut vahinkoa kärsineitten kanssa

Maatalousalueilla tapahtuneiden vahinkojen määrittelyn ja korvauksen suuruuden laskennan, tarvittaessa tekee alan puolueeton asiantuntija yleisten alalla sovittujen normien mukaisesti. Tavara- ja esinevahingoissa tulee aina pyrkiä neuvotteluratkaisuun vahinkoa kärsineen kanssa, vaikka onkin tyypillistä, että ainakin neuvottelujen alkuvaiheissa korvausvaatimukset ovat vahvasti ylimitoitettuja.

Vastuuvakuutukset vahinkojen varalle

Monilla kunnilla tai vaihtoehtoisesti laitoksilla itsellään on vastuuvakuutus erilaisten vahinkotapahtumien varalle. Siinä tapauksessa vakuutusyhtiön edustaja tekee, tarvittaessa asiantuntijoiden avulla, vahinkojen määrän ja laadun arvioinnin sekä määrittää vakuutusyhtiön maksaman korvauksen. Vastuuvakuutusten olemassaolo helpottaa suuresti vesilaitoksen henkilökunnan työtä. Ensinnäkin vesilaitoksen edustajilla ei yleensä ole vahinkoarvioinnissa tarvittavaa ammatillista osaamista ja lisäksi neuvotteluasetelma tasapainottuu, kun korvaavan osapuolen neuvottelijana on muu kuin kunnan omistama taho.

Pikaopas putkirikkotilanteeseen



Yksityiskohtaiset ohjeet kunkin tehtävän suorittamisesta löytyvät VVY:n julkaisusta Vesijohtoverkoston putkirikkotilanteet ja niiden hallittu korjaaminen.

Esimerkki normaalin työajan ulkopuolella tehdystä vesijohdon korjaustapahtumasta Turussa lauantaina 21.10.2006

Työn kulku

- | | |
|-------------------|--|
| 10.45
vuodosta | Päivystävä asentaja saa tiedon mahdollisesta vesijohto-Kanslerintiellä. |
| 10.55 | Päivystävä mestari pyytää päivystävää asentajaa paikalle. |
| 11.30
tein: | <p>Tehdään päätös venttiilien sulkemisesta seuraavin perustein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Veden ulosvirtaus on niin voimakasta, että se alentaa liiaksi painetta koko alueella. - Ajoin (asfaltti) oli jo usean neliömetrin alueelta painunut, koska virtaava vesi oli kuljettanut kadun rakennekerroksia muualle. Katua käyttävät mm. useiden reittien linja-autot. <p>Tehdään päätös korjaustyön aloittamiseksi koska:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Venttiilien sulkeminen keskeyttää veden jakelun kahdeksasta VIII-kerroksisesta talosta. Asukkaita niissä on kaikkiaan noin 750. - Mikäli vaurio korjattaisiin normaalina työaikana, joutuisivat ko. talojen asukkaat olemaan kaksi vuorokautta ilman vettä. |
| 11.45 | Aloitetaan puhelimitse korjausmiehistön kerääminen: kaikkien kuljettajien, kaivinkoneen kuljettajien, kaivumiehet (2). Kaivumiehet tavoitetaan Yläneeltä syntymäpäiväjuhliilta. |
| 12.00 | Päivystävä mestari selvittää johtokarttatiedostosta kaapelien, viemärien, kaukolämmön, yms. mahdollisesti kaivukohde-alueella olevan maanalaisten tekniikan sijainnin. Samalla hän arvioi työturvallisuuteen liittyvät asiat sekä tekee suunnitelman liikenteen ohjailusta. Lisäksi hän ilmoittaa aluehälytyskeskukselle tapahtumasta ja sen vaikutuksista. |
| 13.45 | <p>Seuraavat valmistelutyöt on tehty:</p> <ul style="list-style-type: none"> - miehistö, työkalut ja laitteet kohteessa - liikennejärjestelyt - kadun alla oleva infrastruktuuri on piirretty katuun - kaapelien sijainti on varmistettu kaapelinhakulaitteella - vuotokohta paikallistettu akustokorrelaattorilla |
| 13.50 | Asfaltin piikkaus alkaa. |
| 14.00 | <p>Kaivutyö alkaa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tilataan toinen kuorma-auto, koska on ennustettavissa, että kaivannosta tulee laaja eikä kaivumassoja voi läjittää työmaan läheisyyteen. - Sade yltyy ja paikallisista eläkeläisistä koostuva asiantuntijaryhmä etsiytyy sateen suojaan räystäään alle. |

- Kaivanto sortuu laajaksi ja autoliikenne on ohjattava osittain jalkakäytävälle.
- Risteävät kaapelit ja viemärit muuttavat konekaivun lapiotyöksi.
- Vesijohto näkyvissä noin kolmen metrin matkalta, vauriokohta ei kuitenkaan vielä näkyvissä. Syynä tähän on putkilinjassa oleva yllättävä mutka, jonka vuoksi akustokorrelaattorilla annetuissa tiedoissa oli virheitä ja eikä paikannettu tieto ei ole oikea.
- Avataan linjasulkuventtiili varovasti, jotta nähdään mistä vettä alkaa purkautua.
- Vedentulo osoittaa vaurion tarkan sijainnin. Kaivutyötä pitää jatkaa vielä metrin verran lähinnä käsityönä, sillä kohde on tarkalleen puhelinkaapelien alla.
- Kaivantoon virrannut vesi aiheuttaa lisää sortumia ja kaivannon koko on jo noin 3x6 m. Syvyyttä kaivannolla on runsas kaksi metriä.
- Asfalttia piikataan lisää ja lapiotyö jatkuu.

16.45 Vauriokohde näkyvissä - 125 mm valurautaputki on poikki.

17.00 Putki on korjattu korjausmuhvilla, käyttöönotto alkaa.

- Tonttijohtoventtiilit on suljettu.
- Toinen suljetuista linjaventtiileistä avataan varovasti, jotta vältetään paineiskuilta.
- Paloposti avataan varovasti.
- Putkilinja huuhdellaan.
- Tehdään silmämääräinen analyysi veden laadusta.
- Avataan kaikki venttiilit.

17.45 Kaivannon täyttö kerroksittain tiivistäen alkaa (n. 65 m³).

18.45 Kaivanto täytetty.

19.15 Koneet ja laitteet vesilaitoksen tiloissa Halisissa, työrupeama on päätynyt.

Kustannukset

Palkat	2 000 ü
Asfaltti (arvio)	2 500 ü
Materiaalit (arvio)	1 500 ü
Koneet (omakustannushinta)	1 500 ü
Yhteensä	7 500 ü

Klooridesinfioinnin suorituksessa huomioitavia työturvallisuuteen ja kloorauksen suorittamiseen liittyviä seikkoja

- Kaikkien kloorikemikaalien käsittely edellyttää kumikäsineiden, esiliinan, silmäsuojainten ja hengityssuojaimen (tyyppi B) käyttöä.
- Tilassa, jossa kloorikemikaalia käytetään, tulee olla tehokas ilmanvaihto.
- Kemikaalin käsittelyssä on oltava erityisen huolellinen ja vältettävä roiskeita. Altistuneet vaatteet riisutaan heti ja roiskeet huuhdellaan runsaalla vedellä.
- Nestemäinen natriumhypokloriitti on käyttöturvallisuuden kannalta tilapäiskäytössä suositeltavin kloorikemikaali. Varastoitessa natriumhypokloriitti hajoaa vähitellen, joten sen pitoisuus tulee huomioida laskettaessa tarvittavaa natriumhypokloriittimäärää.
- Lisättävä natriumhypokloriitin määrä [L] =

$$\frac{\text{säiliön/putken tilavuus [m}^3\text{]} * \text{haluttu klooripitoisuus [mg/L]}}{10 * \text{raakaliuoksen klooripitoisuus [\%]} * \text{raakaliuoksen tiheys [kg/L]}}$$

- Kloorikemikaalin tasainen sekoittuminen desinfiointiliuoksessa tulee varmistaa.
- Desinfioitavien putkien ja laitteiden materiaalien kestävyys kloorille tulee varmistaa.
- Käytetyn klooriliuoksen hävittämisessä on huomioitava kloorista ympäristölle tai jätevedenkäsittelylle mahdollisesti aiheutuvat haitat. Jätevesiviemäriissä kloori kuluu helposti, mutta klooripitoisten vesien johtamisesta jätevesiviemäriin on kuitenkin sovittava viemärilaitoksen kanssa. Jos klooripitoisia huuhteluvesiä on tarkoitus johtaa luontoon, on otettava yhteyttä kunnan ympäristönsuojeluviranomaiseen dekloraustarpeen määrittämiseksi. Deklooraukseen voidaan käyttää natriumbisulfiittia tai natriummetabisulfiittia.
- Tutustu käytettävän kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteeseen.

Lisätietoa klooridesinfioinnista löytyy esim. VVY:n julkaisusta Talousveden klooraus.

Kirjallisuutta:

Infraryl 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat. Rakennustieto Oy. 2009. 253 s.

Opas varavedenjakelun järjestämisestä. VVY / Vesihuoltopooli. 2011. 32 s. (<http://www.vvy.fi> > vesihuoltopooli > varavesiopas)

Talousveden klooraus. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 2006. 30 s.

Talousveden laadun parantaminen verkostossa tehtävin toimenpitein. Jorma Pääkkönen & Reijo Kuivamäki. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 1999. 52 s.

Tieturva I. Tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Peruskurssin oppikirja. Tiehallinto. 2009. 87 s.
(http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200019-v-09_tieturva_1.pdf)

Tieturva II. Tiellä tehtävien töiden turvallisuuskoulutus. Vastuuhenkilöiden kurssin oppikirja Tiehallinto. 2009. 69 s.
(http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200010-v-09_tieturva_2.pdf)

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205
(<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205>)

Vesihuoltolaitosten verkosto-omaisuuden hallinta, Toimintamallin kuvaus Total Management Planning -ohjeistuksen pohjalta. Välisalo *et al.* VTT. 2008. 70 s. (<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2008/W98.pdf>)

Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteet, Annukka Forss (toim.) Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 2005. 77 s.

Vesihuoltolaitoksen kriisiviestintäohje. Vesihuoltopooli. 2008. 35 s.
(<http://www.vvy.fi> > vesihuoltopooli > kriisiviestintäohje)

Vesihuoltolaitoksen yleiset toimitusehdot. Kuntalomake 8814:01.
(http://www.vvy.fi/index.phtml?538_m=539&s=30)

Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 3. 2008. 186 s.

Vesilaitostekniikka ja hygienia. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 2007. 41 s.