



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**KAIVOMATERIAALIN VALINTA VUOTOVESIEN
HALLINNAN NÄKÖKULMASTA OULUN VEDEN
JÄTEVESIVIEMÄRIVERKOSTOSSA**

Merja Matero

YMPÄRISTÖTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Diplomityö

Huhtikuu 2017



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**KAIVOMATERIAALIN VALINTA VUOTOVESIEN
HALLINNAN NÄKÖKULMASTA OULUN VEDEN
JÄTEVESIVIEMÄRIVERKOSTOSSA**

Merja Matero

Ohjaaja: Heini Postila

YMPÄRISTÖTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Diplomityö

Huhtikuu 2017

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Ympäristötekniikan koulutusohjelma		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Matero, Merja		Työn ohjaaja yliopistolla Postila, H, tutkijatohtori	
Työn nimi Kaivomateriaalin valinta vuotovesien hallinnan näkökulmasta Oulun Veden jätevesiviemäriverkostossa			
Opintosuunta Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Työn laji Diplomityö	Aika Huhtikuu 2017	Sivumäärä 78 s., 7 liitettä
Tiivistelmä			
<p>Työn tavoitteena oli laatia Oulun Vedelle suositus jätevesiverkoston tarkastuskaivomateriaalista niin, että vuotovesien määrä saataisiin mahdollisimman hyvin hallittua. Toisena tavoitteena oli saada selville kunnossapidon kannalta tarkastuskaivon suositeltava sijoituspaikka. Diplomityön avulla pyrittiin erityisesti selvittämään muovisten ja betonisten tarkastuskaivojen eroja viemäriverkostoon pääsevän vuotoveden suhteen. Lisäksi muovi- ja betonikaivoja tarkasteltiin myös suunnittelun, rakentamisen sekä kunnossapidon kannalta. Työ toteutettiin perehtymällä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja julkaisuihin, sekä toteuttamalla kyselyitä viemäriverkostojen kunnossapitoon, rakentamiseen, suunnitteluun ja valmistamiseen osallistuville asiantuntijoille sekä Oulun Veden vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille. Kyselyiden painopiste oli erityisesti kunnossapitäjien kokemuseräisen tiedon kokoamisessa ja tarkastelussa muovi- ja betonikaivojen vuotavuuteen liittyen. Kyselyt toteutettiin lähettämällä sähköpostilla täytettävät kyselylomakkeet kohderyhmille ja analysoimalla tuloksia sanallisesti sekä Excel-taulukointiohjelman avulla.</p> <p>Kyselyiden tulosten perusteella sekä kunnossapidon asiantuntijatehtävissä toimivat eri vesilaitosten edustajat, että Oulun Veden vesihuollon asentajat ja huuhteluauton kuljettajat pitivät vuotoveden pääsyä viemäriverkostoon muovisten tarkastuskaivojen kautta harvinaisempana kuin betonisten tarkastuskaivojen kautta. Usein vuotovesien pääsyn aiheuttajaksi arvioitiin roudan tarkastuskaivoille aiheuttamat ongelmat. Muovin käyttäminen ensisijaisena kaivomateriaalina oli vastanneiden vesilaitosten alueella huomattavasti betonia yleisempää, ja käytäntöön oltiin pääsääntöisesti tyytyväisiä. Vastausten perusteella ajorata oli yleisin tarkastuskaivojen ensisijainen sijoittamispaikka, ja myös tähän käytäntöön kunnossapidon asiantuntijat olivat yleisesti tyytyväisiä. Kyselyiden perusteella kunnossapidon töiden suorittamisen kannalta paras sijoituspaikka oli kunnossapidon asiantuntijoiden sekä vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien vastausten perusteella ajorata.</p> <p>Nykyisin Oulun Veden suunnitteluohjeessa ensisijaisesti suositeltava tarkastuskaivomateriaali on valtaosassa suunnittelualueista betoni. Tämän työn tulosten perusteella voidaan suositella, että myös Oulun Vedellä pohdittaisiin muovin ottamista ensisijaisesti käytettäväksi tarkastuskaivomateriaaliksi, tai ainakin lisäämistä tasavertaiseksi vaihtoehdoksi betonin rinnalle. Routaongelmien minimoimiseksi suositeltavaa olisi käyttää nimenomaan teleskoopillisia muovikaivoja. Oulun Vedellä nykyisin käytössä oleva tapa sijoittaa tarkastuskaivot ensisijaisesti ajoradalle todettiin hyväksi, ja tähän ei suositella harkittavaksi muutoksia. Tämän työn avulla saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Suomen lisäksi myös muiden pohjoismaiden alueella, joissa roudan vaikutus jätevesiviemäriverkoston tarkastuskaivojen toimivuuteen on merkittävä.</p>			
Muita tietoja			

ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Master's Programme in Environmental Engineering		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Matero, Merja		Thesis Supervisor Postila, H, Postdoctoral Researcher	
Title of Thesis The choice of sewer maintenance well material from the viewpoint of controlling the well leakage waters in city of Oulu, Finland			
Major Subject Water and Environment	Type of Thesis Master's Thesis	Submission Date April 2017	Number of Pages 78 p., 7 App.
Abstract <p>The aim of this thesis was to define a recommendation for the sewer maintenance well material for Oulu water utility (Oulun Vesi). Wells were characterized primarily from the viewpoint of preventing leakage water to the sewer system and on recommendations about the placement of maintenance holes to be used primarily. With this thesis, especially the differences between plastic and concrete maintenance well materials were considered on respect to control the amount of leakage water to the sewer system. In addition, plastic and concrete maintenance wells were considered on the point of view of designing, constructing and maintenance of sewer systems and maintenance wells. The thesis was carried out by studying the literature and publications concerning the subject, and by executing surveys to different target groups that included experts of maintaining, designing and constructing sewer systems, employees of sewer maintenance team of Oulun Vesi and producers of plastic and concrete maintenance wells. The focus was especially on the survey implemented to the experts of maintenance work of sewer systems of different cities. Surveys were executed by sending a fillable form via email, and the results were analysed with Excel-software.</p> <p>According to the results of the surveys, the access of leakage water to the sewer system was better controlled with the usage of plastic maintenance wells than with concrete ones. Many times, the original reason for the leakage water to enter the sewer system was reckoned due to frost heave. Among the water utilities of the Finnish cities, most commonly used maintenance well material was plastic, and the placing of the maintenance wells were on roadways. The experts of maintenance seemed to be mostly satisfied about the practise of using primarily plastic maintenance wells and about the practise of placing the maintenance wells primarily on the roadway. Also from the viewpoint of maintenance most of the experts recommended placing the sewer maintenance wells on the roadway.</p> <p>The primarily used practise of the water utility of Oulun Vesi at this moment is to use concrete as material of maintenance wells and to place the maintenance wells to the roadway. As a result of this thesis, the water utility of Oulu was recommended to consider to increase the use of telescopic plastic maintenance wells on the viewpoint of reducing the amount of leakage water entering the sewer system and to continue to place the maintenance wells primarily to the roadway.</p>			
Additional Information			

ALKUSANAT

Tämän diplomityön päätarkoituksena on selvittää jätevesiviemäriverkostojen tarkastuskaivojen kaivomateriaalin valinnalle suosituksia niin, että kaivojen kautta viemäriverkostoon pääsevän vuotoveden määrää saataisiin mahdollisimman hyvin hallittua. Ajatus työn aiheesta virisi kesän 2016 aikana, kun olin Oulun Vedellä kesäharjoittelussa verkostojen ylläpitoyksikössä. Työn tekeminen alkoi jo syksyllä 2016 muun koulutyön ohessa mm. aihealueen hahmottamisella, taustatietomateriaalin hankinnalla, tutkimuskeinojen valinnalla ja kyselyiden hahmottelulla. Keväällä 2017 diplomityötä on tehty kokopäiväisesti, jolloin on toteutettu myös kyselyt ja tulosten analysointi.

Työn ohjaajina toimivat Oulun yliopistolta Heini Postila sekä Pekka Rossi. Oulun Vedeltä työni ohjaukseen osallistuivat Tero Kilpeläinen, Asko Lompolojärvi, Riitta Lindström sekä Jouni Lähdemäki. Lisäksi olen saanut työhöni paljon apua monilta muilta Oulun Veden työntekijöiltä. Haluan esittää kiitokseni kaikille työtäni ohjanneille ja työssäni eteenpäin auttaneille henkilöille. Kiitokset myös Oulun Vedelle mielenkiintoisesta diplomityöpaikasta, sekä koko Oulun Veden työyhteisölle viihtyisästä työympäristöstä kesäharjoitteluni sekä diplomityöntekoaikani ajalta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työni kyselyihin vastanneita henkilöitä.

Erityisesti haluan kiittää puolisoani Jukka-Pekkaa tuesta ja kannustuksesta diplomityötäni tehdessä, sekä tyttärentäni Vilmaa äidin palauttamisesta työpäivien jälkeen diplomityömaailmasta takaisin arjen ihmeisiin. Kiitokset myös vanhemmilleni ja sisaruksilleni, sillä he ovat kannustaneet ja tukeneet minua diplomityön teossa, aivan kuin kaikessa muussakin, mihin olen elämäni aikana päättänyt ryhtyä. Lisäksi haluan kiittää ystäviäni ja opiskelukavereitani mukavista muistoista opiskelua ajoilta.

Oulussa, 12.4.2017

Merja Matero

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	8
2 Jätevesiviemärointi.....	9
2.1 Jätevesiviemärointi Suomessa.....	9
2.2 Viemärilaitos	9
2.3 Viemäriveresi	10
2.4 Viemäriverkosto	11
2.5 Tarkastuskaivot	12
2.5.1 Betoniset tarkastuskaivot.....	13
2.5.2 Muoviset tarkastuskaivot.....	14
2.5.3 Tarkastuskaivojen kansistot.....	16
2.5.4 Tarkastuskaivojen asentaminen	16
2.6 Betoni rakennusmateriaalina	17
2.7 Muovi rakennusmateriaalina	18
2.8 Routa, routaantuminen ja routiminen.....	21
2.8.1 Maalajin vaikutus routivuuteen	22
3 Vuotoveden pääsy viemäriverkostoon tarkastuskaivojen kautta	24
3.1 Vuotovesi	24
3.1.1 Vuotoveden määrään vaikuttavat tekijät	24
3.1.2 Vuotoveden aiheuttamat ongelmat	25
3.1.3 Tarkastuskaivojen vuotojen luokittelu.....	25
3.2 Tarkastuskaivojen viat	26
3.2.1 Vuotoja aiheuttavat rakenteelliset ja toiminnalliset viat.....	26
3.2.2 Rakennusmateriaalien korroosio	30
3.2.3 Betonisten ja muovisten tarkastuskaivojen yleisimmät viat.....	31
3.2.4 Kaivojen kunnan tarkastaminen vuotavuuden arvioimiseksi	31
3.3 Tietoa betoni- ja muovikaivojen kuntokartoituksista muiden vesilaitosten alueella.....	31
4 Viemärointi Oulussa.....	34
4.1 Oulun olosuhteet	34
4.2 Oulun veden viemäriverkosto	41
4.3 Nykyinen viemärikaivojen suunnittelukäytäntö	41
5 Kyselytutkimukset	42
6 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	45
6.1 Kunnossapidon asiantuntijoille osoitetun kyselyn tulokset	46
6.2 Rakentamisen asiantuntijoille osoitetun kyselyn tulokset.....	58

6.3 Suunnittelun asiantuntijoille osoitetun kyselyn tulokset.....	60
6.4 Kaivovalmistajille ja -toimittajille osoitetun kyselyn tulokset.....	61
6.5 Oulun Veden vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille osoitetun kyselyn tulokset	63
6.6 Tulosten tarkastelu	67
7 Johtopäätökset ja suositukset	70
8 Yhteenveto	72
9 Lähdeluettelo.....	75
10 Liitteet	78

LIITTEET:

Liite 1. Kysely kunnossapidon asiantuntijoille

Liite 2. Kysely viemärihuoltoyrityksille

Liite 3. Kysely tarkastuskaivojen suunnitteluun liittyen

Liite 4. Kysely viemärirakentamisen urakoitsijoille

Liite 5. Kysely kaivojen valmistajille ja -toimittajille

Liite 6. Kysely vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille

Liite 7. Vastaajien kyselyiden yhteydessä antamia kehitysehdotuksia alan eri toimijoille

MERKINNÄT JA LYHENTEET

PE	polyeteeni
PEH	korkeatiheksinen polyeteeni
PEM	keskitiheksinen polyeteeni
PVC	polyvinyylidikloridi
PP	polypropeeni
MRS	polyeteenin luokittelussa käytettävä pitkäaikaiskestävyyden arvo (Minimum Required Strength)
°C	celsiusaste
F ₅₀	tilastollisesti kerran 50 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä [Kh]
Kh	pakkasmäärä [h°C]

1 JOHDANTO

Viemäriverkoston vuotovedellä tarkoitetaan vesiä, jotka tulevat verkostoon ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä esimerkiksi särkyneiden putkien, vioittuneiden tarkastuskaivojen tai vuotavien putkiliitosten kautta (Karttunen 2010, s.120). Vuotovedet aiheuttavat vesilaitoksille lisäkustannuksia ja niiden pääsyä viemäriverkostoon pyritään vähentämään. Vuotovettä pääsee viemäriverkostoon myös viemärikaivojen kautta. Tällä hetkellä tietoa betoni- ja muovikaivojen toimivuudesta vuotovesien kannalta on saatavilla vielä rajoitetusti.

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää jätevesiverkoston tarkastuskaivomateriaalin valintaa niin, että kaivojen kautta viemäriverkostoon pääsevät vuotovedet saataisiin mahdollisimman hyvin hallittua. Kyseinen aihe valikoitui diplomityön aiheeksi, sillä viemäriverkostoon pääsevän vuotoveden vähentäminen on ajankohtainen, haastava sekä kiinnostava aihe. Jätevesiviemäriverkostoon pääsevät vuotovedet aiheuttavat Oulun Vedelle vuosittain huomattavia lisäkustannuksia muun muassa lisäämällä jäteveden käsittelykustannuksia, sekä aiheuttamalla tarvetta laajentaa verkoston kapasiteettia riittäväksi vuotoveden vuoksi suurentuneisiin jätevesimääriin.

Tässä diplomityössä perehdytään erityisesti muovisten ja betonisten jätevesiverkoston tarkastuskaivojen kautta viemäriverkostoon pääsevän vuotoveden vähentämismahdollisuuksiin kaivomateriaalin valinnan kautta. Työn tarkoituksena on laatia Oulun Vedelle suositus ensisijaisesti käytettävästä kaivomateriaalista vuotovesien hallinnan näkökulmasta, sekä tarkastuskaivon suositeltavasta sijoituspaikasta. Työssä selvitetään erityisesti kunnossapitäjien kokemuksesta tietoa muovi- ja betonikaivojen vuotavuudesta. Työ toteutetaan perehtymällä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja julkaisuihin, sekä toteuttamalla kyselyitä viemäriverkostojen kunnossapitoon, rakennuttamiseen ja suunnitteluun osallistuville asiantuntijoille, betoni- ja muovikaivovalmistajille sekä Oulun Veden vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille.

2 JÄTEVESIVIEMÄRÖINTI

2.1 Jätevesiviemäröinti Suomessa

Vesihuollolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja ja laitteita, jotka tarvitaan yhdyskuntien sekä teollisuuden vedenhankintaan, sekä jäteveden poisjohtamiseen. Vesilaitos sisältää kaikki rakenteet ja laitteet jotka tarvitaan veden toimittamiseen käyttäjille, ja se alkaa vedenottamisesta raakavesilähteestä ja päättyy kohdassa, jossa vesi tulee käyttäjän saataville. Viemärilaitos puolestaan sisältää kaikki rakenteet ja laitteet, joita tarvitaan yhdyskunnan alueella käytetyn veden keräämiseen, poisjohtamiseen, käsittelyyn ja luonnonympäristöön palauttamiseen. (Karttunen 1999, s.6, 72, 136) Puhtaan veden verkostosta käytetään nimitystä vesijohtoverkosto ja käytetyn veden verkostosta nimitystä viemäriverkosto. Suomessa ensimmäinen yleinen vesilaitos aloitti toimintansa vuonna 1876, ja ensimmäiset jätevedenpuhdistamot rakennettiin vuonna 1910. Vesihuollon kehitys on ollut 1900 luvulla huimaa, ja vuoden 1999 lopussa jo 4,145 miljoonaa ihmistä oli jätevedenpuhdistamoiden piirissä. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.13, 18, 20, 29)

Yhdyskunnan alueella syntyneet jätevedet johdetaan viemäriverkoston avulla käsittelylaitoksiin, joiden päätavoitteena on vähentää jätevedestä luonnonympäristölle aiheutuvia haittavaikutuksia. Yhdyskunnan alueella käytettyjä vesiä voidaan johtaa jätevedenpuhdistamolle käsittelyyn joko erillisviiemäröintijärjestelmän tai sekaviiemäröintijärjestelmän avulla. Erillisjärjestelmässä on erilliset verkostot jätevedenpuhdistamolle johdettavia jätevesiä ja vedenkäsittelyä tarvitsemattomia hulevesiä varten. Sekajärjestelmässä taas johdetaan kaikki yhdyskunnan alueelta kerättävät vedet samaan verkostoon, joka kuljettaa vedet jätevedenpuhdistamolle käsittelyyn. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.50, 52) Suomen viemärijohtojen kokonaispituus oli noin 40800 km vuonna 2001. Tästä betoniputkia oli noin 16000 km, muoviputkia noin 24300 km, sekä muita putkia noin 500 km. (Karttunen 2010, s.88, 89)

2.2 Viemärilaitos

Viemärilaitokseen kuuluvat kaikki sellaiset laitteet ja rakenteet, joita tarvitaan siihen, että yhdyskunnan alueella käytetty vesi saadaan kerättyä, poisjohdettua, käsiteltyä, sekä

palautettua käsittelyn jälkeen luonnonympäristöön (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.49). Kiinteistöissä olevat sisäiset johdot tai laitteet eivät kuulu viemärlaitokseen (Karttunen 1999, s.136). Viemärlaitoksen on hoidettava jätevesien kerääminen, käsittely ja poisto niin, ettei näistä aiheudu ympäristössä välittömiä haittoja kuten tulvimista, hajuja tai pilaantumista aiheuttavia ongelmia. Jätevesijärjestelmän on oltava tukkeutumaton, vuotamaton, sekä mahdollisimman vähän kunnossapitotoimenpiteitä vaativa. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.50)

2.3 Viemäriveresi

Viemäriveredet voidaan Suomen rakennusinsinöörien liiton julkaisun mukaan jakaa kolmeen ryhmään: kotitaloudesta ja teollisuuslaitoksista kertyvä jätevesi, sateesta ja lumien sulamisesta muodostuva hulevesi, sekä viemäriin tahattomasti kertyvä tai tarkoituksella salaojien avulla johdettu rakennusten kuivatusvesi. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.50)

Viemäriveredet voidaan ryhmitellä myös toisella tavalla neljään luokkaan: jätevesi, hulevesi, perustusten kuivatusvesi sekä vuotovesi. Jätevesi sisältää asumisjäteveden sekä teollisuuden jäteveden, ja hulevesi sade- ja sulamisvedet. Asumisjätevedeksi katsotaan kuuluvan kotitalouksien, laitosten sekä karjarakennusten käytetty ja poisjohdettava vesi. Teollisuusjätevesi on teollisuuslaitosten käyttämää poisjohdettavaa vettä. Vuotovesi on viemäriverkoston viallisten tai väärin sijoitettujen osien kautta viemäriverkostoon pääsevää vettä. (Karttunen 1999, s.138, 139, 140, 144)

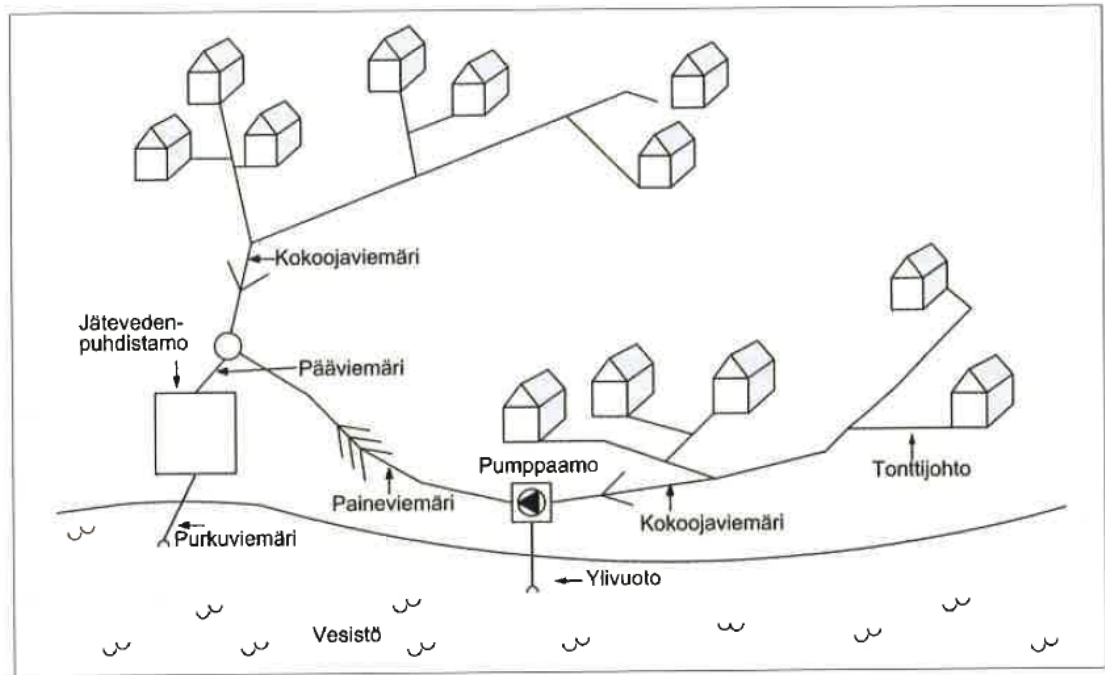
Jätevesi sisältää useita eri komponentteja. Nämä tekijät voidaan ryhmitellä esimerkiksi seuraavasti: kiintoaines, kelluva aines, laskeutuva aines, suspensioitunut aines ja liuennut aines. Jäteveden laatu vaihtelee vuorokaudenaikojen mukaan ja on myös erilaista eri paikkakunnilla asuma- ja teollisuusjätevesien osuuskien suhteesta johtuen. Jäteveden tärkeimmät ominaisuuksien ja ainesten ryhmät ovat kiintoaines, kivennäisöljy- sekä rasva, rikkiyhdisteet, lämpötila, patogeeniset organismit, orgaaninen aines, ravinteet, radioaktiivisuus sekä myrkylliset aineet ja kemikaalit. Jätevettä puhdistetaan erilaisten osaprosessien avulla, ja tarkoituksena on vähentää jäteveden aiheuttamia haittoja purkuvesistöön. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.261–266)

Jätevedessä esiintyvä kivennäisöljy on peräisin vuoriöljystä ja rasvat eläin- tai kasvikkunnasta. Kiintoainesta puolestaan sisältää orgaanista ainesta, kuten hedelmänkuoria, kivennäisaineita, kuten hiekkaa, sekä rauta- ja rikkiyhdisteitä. Kasviravinteet sisältävät mm. typpeä, fosforia ja kaliumia. Jäteveden sisältämä typen ominais määrä on 12–15 g/as/d, fosforin 3–5 g/as/d ja kaliumin noin 6 g/as/d. Rikkiyhdisteiden määrällä on suuri käytännön merkitys betoniputkista rakennetun viemärin kestoille. Jätevetteen syntyy rikkivetyä, kun veteen liuenneet sulfaatit pelkistyvät anaerobisissa olosuhteissa, ja ilmastuksen avulla rikkivety taas hapettuu, ja muodostuu vapaata rikkiä. Rikkiyhdisteet voivat tietyissä olosuhteissa aiheuttaa betonin nopeaa syöymistä. Patogeenisilla organismeilla tarkoitetaan jätevedessä olevia bakteereita, viruksia ja sisämysloisten munia. Radioaktiivisuutta aiheuttavia isotooppeja voi viemäriverteen päätyä ainoastaan poikkeustilanteissa. Viemärivereden lämpötilaan vaikuttavat erityisesti teollisuuden jätevedet, jotka voivat olla hyvinkin lämpimiä, ja niitä voidaan joutua jäähdyttämään ennen puhdistamoon johtamista. Vuotovesien osuus vaikuttaa jäteveden lämpötilaan, ja käytännön kokemukset osoittavat, että etenkin harvaan rakennetuissa yhdyskunnissa jäteveden lämpötila laskee lähelle jäätympistettä talvisin. Viemäriverdessä esiintyvä orgaaninen aine voi aiheuttaa happikatoa purkuvesistöön, ja se on alun perin ollut merkittävä syy sille, että viemäriveresiä on alettu käsitellä. Viemäriveresissä on usein myös pieniä pitoisuuksia myrkyllisiä aineita ja raskasmetalleja. Pitoisuudet eivät kuitenkaan nouse vaarallisiin arvoihin, sillä teollisuuden käytöstä johdettavan jäteveden laatua on yleensä säädelty sopimuksin. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.261–266)

2.4 Viemäriverkosto

Viemäriverkoston keskeisimmät osat ovat tonttijohdot, kokoojaviemärit sekä pääviemärit (Kuva 1). Kun jätevettä syntyy käyttökohteessa, se johdetaan tonttivilmäriin avulla suurempaan kokoojaviemäriin. Kokoojaviemärit johtavat jäteveden pääviemäreihin, joiden avulla jätevesi päättyy jätevedenpuhdistamolle. Putket pyritään sijoittamaan siten, että vesi virtaa niissä painovoimaisesti. Tarkastuskaivot sekä pumppaamot kuuluvat viemäriverkoston varusteisiin. Tarkastuskaivoja sijoitetaan viemäriverkoston tarpeellisiin kohtiin vähintään 100 metrin välein. Pumppaamoita tarvitaan tilanteissa, jossa viemäriverettä ei pystytä johtamaan painovoimaan perustuvana virtauksena. (Karttunen 2010, s.26, 27, 123, 120, 121) Viemäriverkko on suunniteltava siten, että se

sijoittuu pääasiassa katu- tai muulle julkiselle alueelle. Tonttialueille viemäriverkostoa tulisi suunnitella ainoastaan poikkeustapauksissa. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.61)



Kuva 1. Jätevesiverkoston osat (Karttunen 2010, s. 27).

2.5 Tarkastuskaivot

Viemäriinjalle rakennetaan tarkastuskaivoja viemärin kunnossapitoa ja tarkastusta varten. Tarkastuskaivo rakennetaan viemäriinjalle vaaka- ja pystysuuntaisiin taitekohtiin, yleisen viemärin haarautumiskohtiin, suorille linjoille vähintään 100 metrin välein, sekä yleensä tonttijohtojen liitoskohtiin. Tarkastuskaivojen paikat ja korkeudet esitetään viemärisuunnitelmassa. (Karttunen & Heikkinen 2010, s.106, 107)

Yleisesti tarkastuskaivoina käytetään teleskoopillisia tai täyskorkeita tehdasvalmisteisia kaivoja. Kaivon yläosa on liikennealueilla teleskooppirakenteinen. (Karttunen & Heikkinen, 2010, s.110) Tarkastuskaivojen on oltava halkaisijaltaan vähintään 800 mm, mikäli huoltohenkilökunnan on voitava laskeutua kaivoon kunnossapitotöiden vuoksi. (Rakennustieto 2009, s.20) Myös halkaisijaltaan 150–400 mm kokoisia tarkastusputkia voidaan joissakin tapauksissa käyttää tarkastuskaivojen asemesta. Tällaisia tapauksia ovat muun muassa tilanteet, joissa tarkastuskaivojen keskinäinen etäisyys on erityisen suuri, tarkastuskaivot jouduttaisiin tukkeutumisvaaran vuoksi rakentamaan kovin lähelle toisiaan kunnossapidon toteutusta varten tai tarkastuskaivon läheisyydessä on pieni

taitekulma. Lisäksi tarkastusputki on rakennettava tontin puolelle, jos tonttviemäri liitetään suoraan yleisen viemäriin putkeen. (Karttunen & Heikkinen 2010, s.109)

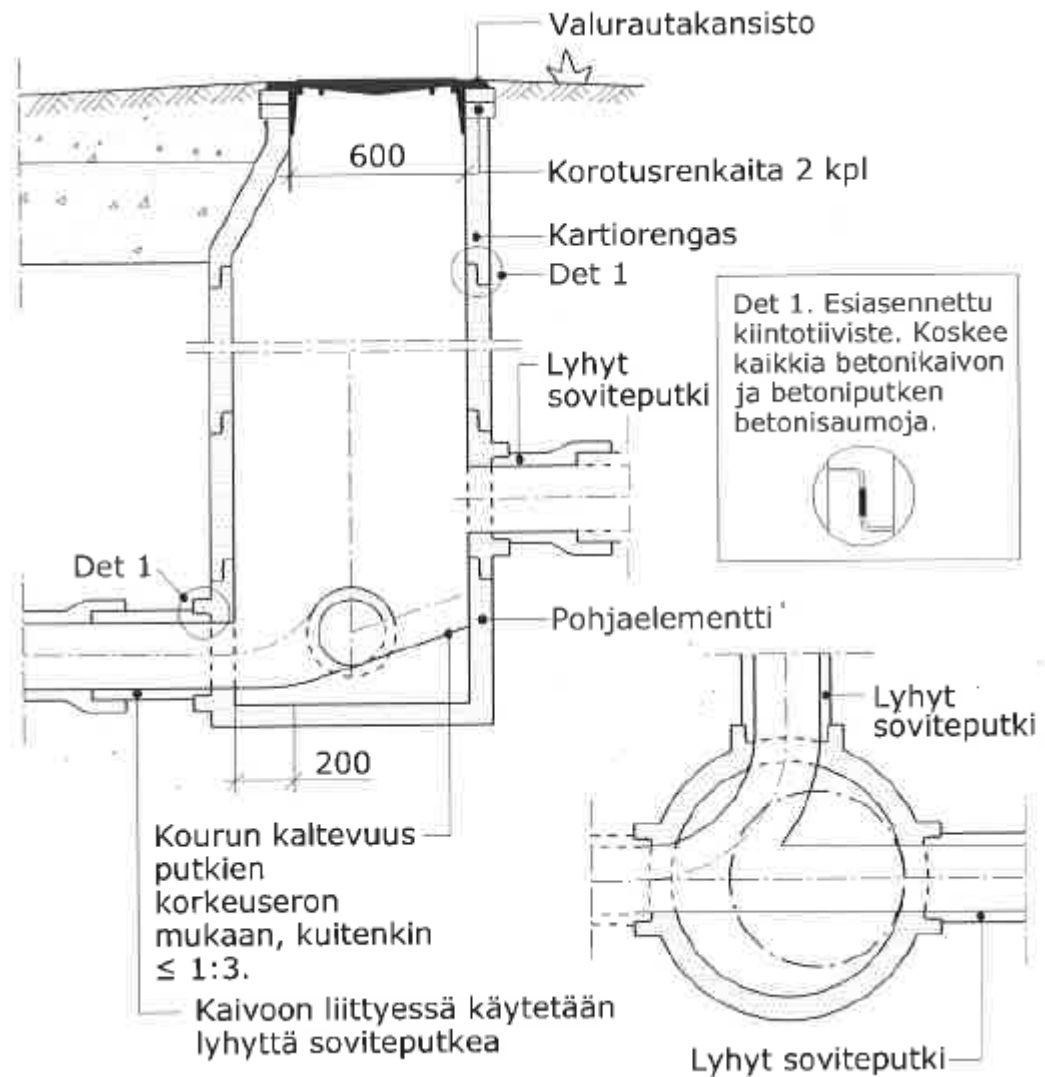
2.5.1 Betoniset tarkastuskaivot

Tyypillisimmät betonisten tarkastuskaivojen halkaisijakoot ovat 800 mm ja 1000 mm. (Karttunen & Heikkinen, 2010, s. 106) Betonisten tarkastuskaivojen suositeltava pohjaelementin halkaisijakoko valitaan siihen liittyvän putken halkaisijan perusteella (taulukko 1).

Taulukko 1. Betonisten tarkastuskaivojen suosituskoot (Rakennustieto 2009, s.26).

Läpimenevän putken nimellismitta DN, mm	Suosittelava kaivon pohjaelementin nimellismitta DN, mm
225...500	800
600	800...1000
800	1000
> 800	Suurimman putken nimellismitta + 200

Betoniset tarkastuskaivot (kuva 2) koostuvat pohjaelementistä, kartiorenkaista, korotusrenkaista ja kansistosta. Betonikaivot ovat raudoitettuja rakenteita. Betonisten tarkastuskaivojen ja tarkastusputkien rakentamisessa käytettävät vaatimukset löytyvät voimassaolevasta betoniputkinormit-julkaisusta. Betonikaivoja valmistetaan luokkien Br ja Cr mukaan. Lyhenteessä olevat B ja C ovat betonin kestävyysluokkia, joille on annettu betoninormeissa erilliset kestävyysvaatimukset. Lyhenteessä oleva r puolestaan viittaa rakenteessa olevaan raudoitukseen. (Koivunen 2003, s. 16) Viemäreiden tarkastuskaivoissa käytettävät betoniset kaivonrenkaat, pohjaelementit sekä korotusrenkaat rakennetaan tehdasvalmisteisina ja kaivonrenkaiden lujuusluokan on oltava Cr. Kaikki betonikaivon saumat varustetaan esiasennetulla tiivisteellä. Myös betoniputkinormien mukaiset kuormitukset kestävää vähintään 800 mm halkaisijaltaan olevaa satulakaivoa voidaan käyttää tarkastuskaivona. Betonisen tarkastuskaivon alaosa on mahdollista tehdä myös paikalla valamalla, mikäli betonista valmisosista koottavaa kaivoa tai muovikaivoa ei voida käyttää. Myös hyvin matala kaivo on mahdollista toteuttaa paikallavaluna. (Rakennustieto 2009, s.20, 21, 25)



Kuva 2. Esimerkkikuva betonisista valmisosista tehdystä tarkastuskaivosta (Rakennustieto, 2009, s. 24).

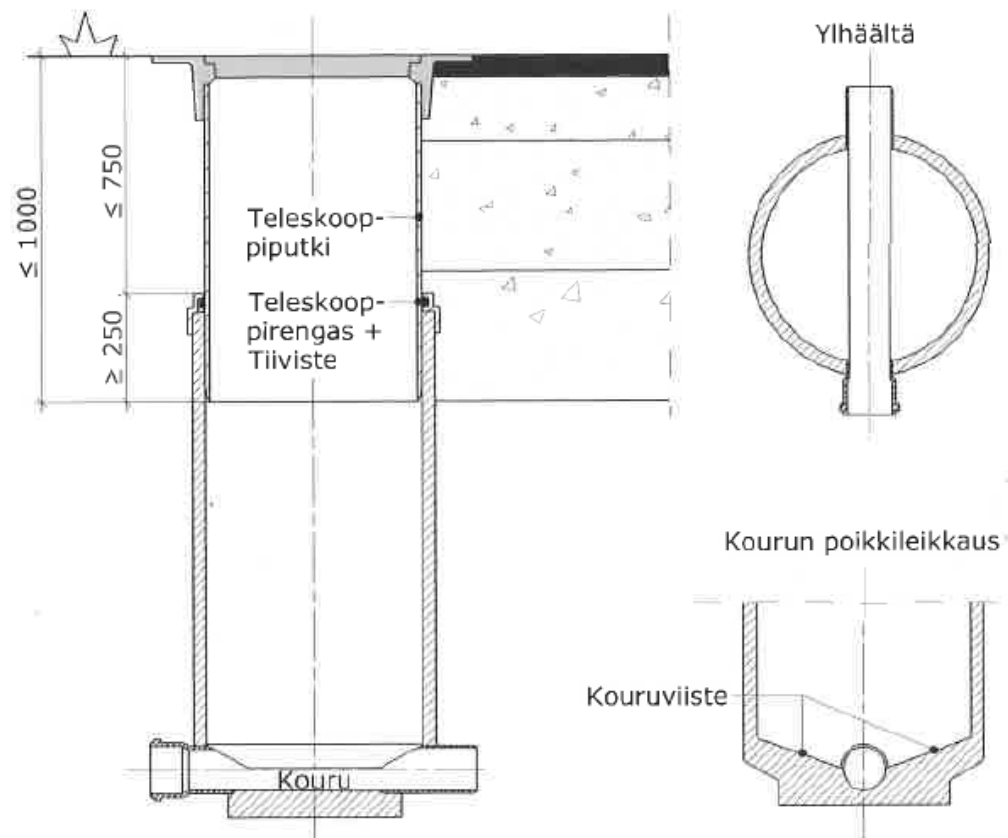
2.5.2 Muoviset tarkastuskaivot

Tyypillisimmillään muovisten tarkastuskaivojen halkaisijakoko vaihtelee välillä 500–1000 mm. (Karttunen & Heikkinen, 2010, s. 106) Muovisten tarkastuskaivojen suositeltava halkaisijakoko valitaan siihen liittyvän putken halkaisijan perusteella (taulukko 2).

Taulukko 2. Muovisten tarkastuskaivojen suosituskoot (Rakennustieto, 2009, s. 26).

Liittymän halkaisija, mm	Suositteluvakaivon halkaisija, mm
≤ 200	400
≤ 315	560
≤ 500	800
> 500	suurimman putken DN + 200

Muovisina tarkastuskaivoina käytetään tehdasvalmisteisia teleskoopillisia (kuva 3) tai täyskorkeita kaivoja. Muoviset tarkastuskaivot ja tarkastusputket on rakennettava standardin SFS 3468 mukaisesti. Myös tehdasvalmisteisia satulakaivoja voidaan käyttää tarkastuskaivona. Teleskooppikaivon teleskooppiosa saa olla enimmillään 1000 mm pituinen ja sen on oltava 250–750 mm nousuputken sisällä. (Rakennustieto 2009, s.21, 26)



Kuva 3. Esimerkkikuva muovisesta teleskoopillisesta tarkastuskaivosta (Rakennustieto 2009, s. 27).

2.5.3 Tarkastuskaivojen kansistot

Ajoneuvoilla liikennöitävillä alueilla käytettävien kansistojen kuormituskestävyyden on oltava 400 kN ja muualla käytettävien vähintään 250 kN. Mikäli huoltohenkilökunnan on voitava laskeutua kaivoon kunnossapitotöiden vuoksi, on kansiston vapaa-aukon oltava halkaisijaltaan vähintään 500 mm. Päälystetyillä liikennöitävillä alueilla käytetään kelluvaa kansistoa. Kelluvassa kansistossa kehyksen reuna tukeutuu päälysteseen, ja kansiston on oltava myös säädettävissä kadun pinnan kaltevuuden mukaan. (Karttunen & Heikkinen 2010, s.110) Yleensä käytetään pyöreää kehystä, mutta myös suorakulmaisen kehyksen käyttäminen on mahdollista esimerkiksi kivetyllä alueella. Betonikaivossa kelluvan kehyksen alareuna asennetaan ylimmän korotusrenkaan sisään. Muovikaivoissa kelluvan kehyksen alareuna kiinnitetään kaivon teleskooppiputkeen. Asfaltoiduilla alueilla käytetään ulkoreunoiltaan viistettyä kehystä. (Rakennustieto 2009, s.27)

2.5.4 Tarkastuskaivojen asentaminen

Tarkastuskaivojen ympärille tehdään vähintään 300 mm paksuinen, huolella tiivistetty ympäristäyttö routimattomilla materiaaleilla. Tarkoituksena on välttää routanousun aiheuttamia haittoja kaivon rakenteelle. Betonirenkaista tehty kaivo on yleensä halkaisijaltaan vähintään 800 mm, ja muovikaivo 400–600 mm. Betonikaivon rakentamisessa tarvitaan aina nostokalustoa. Muovikaivon asentaminen on helpompaa keveytensä ja asennuksen helppouden johdosta. (Hiekkanen et al. 1995, s. 275)

Muovikaivot asennetaan samoilla periaatteilla kuin muoviputket. Muoviputket ovat elastisia putkia, jotka eivät yksistään voi ottaa vastaan pystysuoria maanpainekuormia. Sen sijaan muoviputken lujuus aikaansaadaan asennustyön yhteydessä, minkä vuoksi kaivannon täytön oikeaoppinen toteutus on todella tärkeää. (Hiekkanen et al. 1995, s. 275) Muovikaivojen ympäristäytön raekoot ovat samat kuin vastaavankokoisella muoviputkella. Jos routanousun vaara on oikein toteutetusta ympäristäytöstä huolimatta olemassa, voidaan routanousun haittoja vähentää asentamalla kaivon ympärille kaksi kierrosta kitkaa pienentävää rakennusmuovikalvoa. Kun rakennusmuovi peittää pohjaosan yläpään, nousuputken ja teleskooppitiivistein, routanousu voi siirtää päällimmäistä kalvokerrosta, mutta nousuputki ja teleskooppitiiviste pysyvät paikallaan, eikä kaivon rakenne vahingoitu. (Uponor 2015, s.12) Myös betonikaivojen kohdalla uhkaavan routanousun vahingot voidaan estää asentamalla routimattoman ympäristäytön

lisäksi kaksinkertaisen, 0,2 mm paksuisen muovikalvon betonikaivon ulkopintaa vasten, jolloin muovikelmu toimii ikään kuin laakerina kaivon ja routivan maan välissä. Lisäksi käyttämällä ympärystäytössä sepeliä voidaan kaivonrenkaiden routaliike estää. (Koivunen 2003, s.87)

2.6 Betoni rakennusmateriaalina

Betoni valmistetaan sideaineesta, runkoaineesta, vedestä, ja lisäksi mahdollisista seos- ja lisäaineista. Betonin vahvuudet materiaalina liittyvät sen lujuuteen, kuormien sietokykyyn ja jäykkyyteen. Betonin runkoaines voi sisältää karkeita, hienoja- ja fillerilajitteita: runkoaines on usein esimerkiksi murskattua kiviainesta, ja filleriaineksena voidaan käyttää esimerkiksi lentotuhkaa. Betonin side- ja seosaineina toimivat yleensä portland- tai yleissementti. Betoniset viemärituotteet valmistetaan yli sadan vuoden käyttöikää ajatellen, ja niille tyypillisiä ominaisuuksia ovat lujuus, tiiveys ja hyvä lämpötilavaihteluiden kesto. (Koivunen 2003, s.9)

Betoniviemärituotteissa käytetään alhaisen vesi- sementtisuhteen omaavaa betonilaatua, jonka lujuusluokka on 60–100 % tavallista rakennusbetonia korkeampi. Alhainen vesi-sementtisuhte parantaa myös tiiviyttä, kulutuskestävyyttä sekä kemiallista kestävyyttä. Betoniputket kestävät hyvin fysikaalista rasitusta, kuten hiekkaa sisältävää jäte- ja hulevettä. Viemärituotteissa käytettävä betoni kestää myös hyvin pakkasrasitusta. (Koivunen 2003, s.10)

Betonin sideaineen huokoisuus ja betonin tiiveys vaikuttavat merkittävästi siihen, miten betoni kestää kemiallista rasitusta. Tässäkin eduksi on alhainen vesi-sementtisuhte (0,3–0,4). Happamat ja sulfaattipitoiset jätevedet ovat betonille kemiallisen rasituksen kannalta haitallisimpia. Etenkin 1950- ja 1960- luvuilla teollisuudessa käytettiin kemiallisesti aggressiivisia aineita, jotka vaurioittivat viemäriverkostoa. Nykyään teollisuuden viemäriin johdettavien jätevesien laatua säädellään, ja betoni kestää raja-arvojen mukaista kuormitusta hyvin. Myös maaperä voi aiheuttaa betonille kemiallista korroosiota, mikäli maaperä sisältää korkeita sulfaatti- tai sulfiittipitoisuuksia, kiisua tai hiilihappopitoista pohjavettä. (Koivunen 2003, s.11)

Veden aggressiivisuudesta puhuttaessa betonin kannalta haitallisempaa on pehmeä vesi, jossa on vähän kalsiumyhdisteitä. Myös vesi, jossa on suuri hiilihapon (HCO_3) määrä, heikentää betonin teräksiä suojaavia ominaisuuksia alentamalla betonin emäksisyyttä. Karbonatisoitumisessa sementtikivi reagoi ilman hiilidioksidin kanssa synnyttäen kalsiumkarbonaattia (CaCO_3). Tämä myös alentaa betonin emäksisyyttä samalla heikentäen betonin teräksiä suojaavia ominaisuuksia. (Koivunen 2003, s. 12)

Rikkivety voi aiheuttaa betoniin korroosiota. Jätevedessä voi olla bakteereja, jotka hapettomissa oloissa muodostavat rikkivetyä, joka voi edelleen muuttua rikkihapoksi. Rikkihappo reagoi sementin kanssa muodostaen kipsiä. Rikkivedyn betoniin aiheuttamaa korroosiota voidaan estää monin keinoin, kuten huolellisen suunnittelun, ilmastuksen, tuuletuksen, huuhtelun, jäteveden käsittelyn tai virtaaman kasvattamisen avulla. (Koivunen 2003, s. 13)

Betonikaivot ovat raudoitettuja rakenteita. Karbonatisoituminen sekä kloridipitoiset jätevedet voivat aiheuttaa terästen korroosiota betonirakenteessa. Teräksen korroosiossa teräs ruostuu, ja koska ruosteen tilavuus on ehjää terästä suurempi, se vaurioittaa rakenteen murtamalla betonirakennetta. (Koivunen 2003, s. 13)

Betonin kemiallista kestävyyttä voidaan parantaa lisäämällä betonin tiiveyttä, valitsemalla olosuhteisiin sopiva sementtityyppi tai käyttämällä erilaisia lisä- ja seosaineita. Myös betonirakenteen pinnoitusta ja ruostumattomien raudoitusten käyttöä voidaan hankalissa olosuhteissa harkita. (Koivunen 2003, s. 13)

Routanousu voi vahingoittaa betonikaivoa, jos ympärillä oleva routiva maa tarttuu jäätyessään betonikaivon pintaan. Kun maan tilavuus kasvaa routimisen vuoksi, se voi liikuttaa myös betonikaivon ylimpiä renkaita mukanaan. Kun kaivonrenkas nousee routanousun mukana, ympärillä olevaa maa-ainesta voi valua saumaan, eikä kaivonrenkas pääse palautumaan takaisin paikalleen roudan sulaessa. (Koivunen 2003, s. 87)

2.7 Muovi rakennusmateriaalina

Muoviset tarkastuskaivot valmistetaan yleensä polyeteenistä (PE), polyvinyylikloridista (PVC) tai polypropeenista (PP). Polyeteenistä käytössä ovat erityisesti PEH eli

korkeatiheksinen tai kova polyeteeni, sekä PEM eli keskitiheksinen tai keskikova polyeteeni. (Suomen standardoimisliitto, 2005, s. 343–346) Polyeteeni voidaan tiheyden sijaan luokitella myös pitkäaikaiskestävyyden perusteella, jota ilmaistaan MRS (Minimum Required Strength) -arvolla. Esimerkiksi polyeteenilajilla PE80 on 8,0 MPa:n vetojännityksen kesto-ominaisuus ja PE10 vetojännityksen kesto-ominaisuus on 10,0 MPa. Polyeteeni ja polypropeeni kuuluvat kestumuoveihin, joita voidaan sulattaa ja muovata suurissa lämpötiloissa. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää tuotannon lisäksi asennustyön ja liitännöiden yhteydessä. (Uponor 2009, s.2)

Muovi on elastinen materiaali, joka ei voi tehokkaasti ottaa vastaan pystysuoria maanpaine kuormia. Muoviputkien lujuus riippuu suurelta osin asennustyön toteutuksesta. Tästä syystä muovikaivon täyttömateriaalin valinta sekä täytön tiivistys on toteutettava erityisen huolellisesti. (Hiekkänen et al. 1995, s. 275)

PVC kestää erittäin hyvin korkeita lämpötiloja (jatkuvana maksimissaan 75 °C lämpötilaa ja hetkellisesti 95 °C lämpötilaa) ja sillä on hyvä kemiallinen kestävyys. Sitä ei voi hitsata, mutta sen sijaan liimata voi. PVC:n iskulujuus kylmässä sekä taipuisuus ovat heikkoja. Öljy ja kaasu eivät läpäise PVC:a toisin kuin PEH:n, PEM:n ja PP:n. Keskitiheksinen polyeteeni (PEM) ja korkeatiheksinen polyeteeni (PEH) kestävät hyvin lämpötilarasisitusta (jatkuvana maksimissaan 45 °C lämpötilaa ja hetkellisesti 85 °C lämpötilaa). PEM ja PEH ovat erittäin hyvin hitsattavissa, ja iskulujuus kylmässä sekä taipuisuus ovat hyvät. Kemiallinen kestävyys on erittäin hyvä. Polypropeenilla on erittäin hyvä iskulujuus, lämpötilan kestävyys ja kemiallinen kestävyys. PVC:sta ja PE:sta poiketen PP:n iskulujuus on erittäin hyvä myös kylmissä (-20 °C) olosuhteissa. (Taulukko 3) (Uponor 2009, s.3)

Taulukko 3. Eri muovimateriaalien ominaisuuksia (Uponor 2009, s. 3).

Materiaaliominaisuudet

	PVC		PEM		PEH		PP	
Syttyvyys	heikko	-	suuri	++	suuri	++	suuri	++
Poltettavuus	ei	-	kyllä	++	kyllä	++	kyllä	++
Vetolujuus MPa	44	++	15	-	22	+	30	+
Kimmokerroin MPa	3000	++	400	-	900	+	1250	+
Pituuden lämpötilakerroin mm/m°C (Lämpöliike)	0,08	+	0,13...0,17	-	0,17	-	0,18	-
Lämmönjohtavuus W/m°C (Eristyskyky)	0,16...0,21	++	0,32	+	0,43...0,52	+	0,22	++
Max. käyttölämpötila °C - jatkuva	75	++	45	+	45	+	85	++
Max. käyttölämpötila °C - hetkellinen	95	++	85	+	85	+	100	++
Liimattavuus	kyllä	++	ei	-	ei	-	kyllä	+
Hitsattavuus	ei	-	kyllä	++	kyllä	++	kyllä	+
Taipuisuus	heikko	-	hyvä	+	hyvä	+	hyvä	-
Iskulujuus kylmässä (-20 °C)	heikko	-	hyvä	+	hyvä	+	erit. hyvä	++
Iskulujuus	hyvä	+	erit. hyvä	++	erit. hyvä	++	erit. hyvä	++
Kemiallinen kestävyys	(hyvä)	+	erit. hyvä	++	erit. hyvä	++	erit. hyvä	++
Kierrätettävyys	hyvä	+	hyvä	+	hyvä	+	hyvä	+
Tiheys kg/m ³ (Paino)	1400...1500	+	939...943	+	940...970	+	900...938	+
Öljyn ja kaasun läpäisevyys	ei läpäise	+	läpäisee	-	läpäisee	-	läpäisee	-

Suhteelliset arvosanat: - heikko + hyvä ++ erittäin hyvä

Materiaalin vanhenemisella tarkoitetaan ajan sekä ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta tapahtuvaa materiaalin fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien muuttumista, joka on yleensä havaittavissa vasta pitkän ajan jälkeen. Kun muovimateriaalit vanhenevat, niiden polymeeriketjujen sidokset katkeavat aiheuttaen materiaalin haurastumista. Muovimateriaalin vanhenemistä voidaan hidastaa lisäaineilla, jotka vähentävät polymeeriketjujen hapettumista. Muovien vanhenemisen on havaittu liiki kaksinkertaistuvan aina kun lämpötila nousee +10 °C. (Uponor 2009, s.4)

PVC, PP ja PE ovat kemiallisesti kestäviä happojen, emäksien, bensiinin, öljyn ja sokeriliuoksen rasituksia vastaan 20°C lämpötilassa (Taulukko 4). Polypropeeni ja polyeteeni kestävät 20 °C lämpötilassa myös asetonin rasituksia, mutta PVC sen sijaan vaurioituu asetonille altistuessaan. Lämpötilan noustessa muovien kemiallinen kestävyys vähenee. Esimerkiksi polypropeeni kestää bensiinin rasitusta 20 °C lämpötilassa, mutta ei enää 60 °C lämpötilassa. (Uponor 2009, s.10) Yhdyskuntien jätevesiverkostossa veden lämpötilat eivät kuitenkaan yleensä ole kovinkaan korkeita.

Taulukko 4. Muovimateriaalien kemiallinen kestävyys (Uponor 2009, s.10).

Kemiallinen kestävyys

	Laimeat hapot		Vahvat hapot		Laimeat emäkset		Vahvat emäkset		Bensiini		Öljy		Asetoni		Sokeriliuos		
	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	20 °C	60 °C	
Putket																	
PVC	++	+	++	+	++	++	++	+	++	++	++	++	++	-	-	++	++
PP	++	++	++	+	++	++	++	++	++	++	-	++	++	++	++	++	++
PE	++	++	++	+	++	++	++	++	++	+	++	+	++	++	++	++	++
Tiivisteet																	
NBR	++	+	+	-	++	++	++	++	++	+	++	+	-	-	++	++	++
SBR	++	+	+	-	++	++	++	+	-	-	-	-	-	-	++	++	++
TPE	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-	++	-	+	+	++	++	++
EPDM	++	+	+	-	++	++	++	+	-	-	-	-	++	-	++	++	++

++ = Kestää

+ = Kestää rajoitetusti

- = Ei kestä

Jos muoviputkia asennetaan pohjavedenpinnan alapuolelle, on nosteen vaikutus otettava huomioon. Putkeen kohdistuvan nosteen lisäksi pohjavesi aiheuttaa maan tehokkaan irtotiheyden pienenemisen pohjavedenpinnan alapuolella, erityisesti jos alkutäytössä on käytetty hienorakeisia maalajeja. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s. 44, 34–36) Nosteen vaikutus on huomioitava myös suunniteltaessa ja asennettaessa muovikaivoja pohjavedenpinnan alapuolelle.

2.8 Routa, routaantuminen ja routiminen

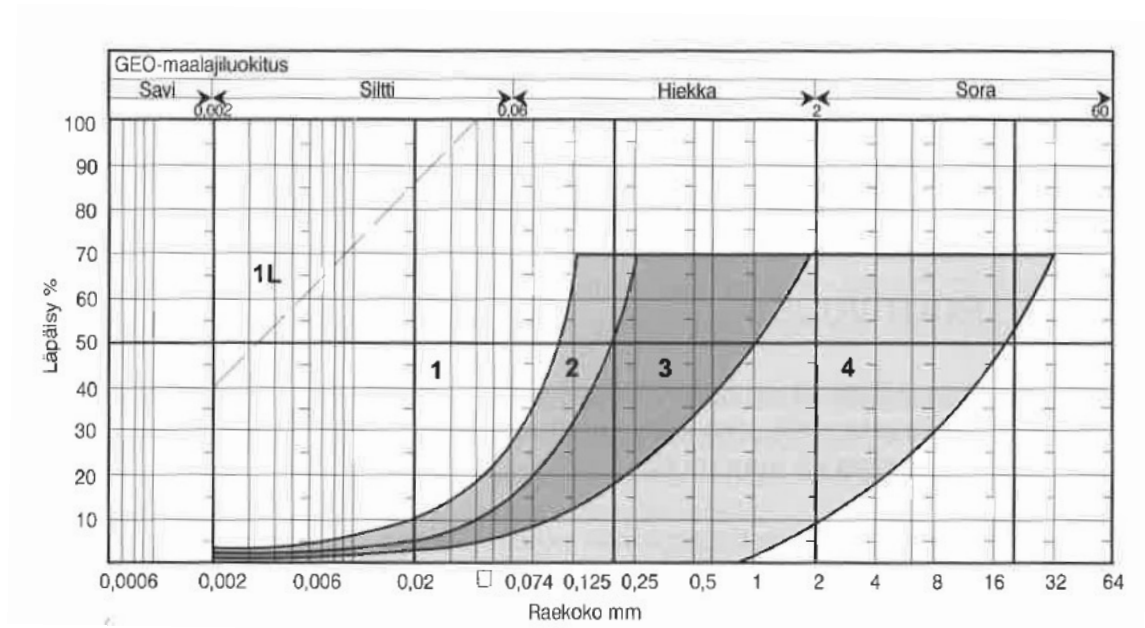
Maa routaantuu maan huokosissa olevan veden jäätyessä. Maassa olevan veden jäätyminen johdosta kovettunutta maakerrosta kutsutaan roudaksi. Kun maan tilavuus kasvaa maan huokosveden jäätyessä, tilannetta kutsutaan routimiseksi. Huokosveden lisäksi sulasta maasta voi virrata jäätymisrintamaan vettä. Rintamaan virtaava vesi muodostaa maahan jääkerroksia sekä jäälinsejä, jotka kasvattavat maakerroksen tilavuutta entisestään. Maa voi routia, jos seuraavat ehdot täyttyvät: maakerros jäätyy, jäätyvä maakerros on routivaa ja jäätymisrintamassa on tai siihen voi kulkeutua vettä. Viemärijohdot suunnitellaan siten, että ne pysyvät jäätyättöminä tilastollisesti kerran 50 vuodessa toistuvalla suurimmalla pakkasmäärällä F_{50} [Kh]. (Kunnas 2013, s.25, 41, 142) Maan routiminen voi aiheuttaa viemärikaivon ylimpien saumojen aukeamisen routanousun vuoksi. Näitä ongelmia pyritään välttämään toteuttamalla kaivoille vähintään 300 mm vahvuinen tiivistetty ympärystäyttö routimattomilla materiaaleilla. (Hiekkänen et al. 1995, s. 275)

Paikalliset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat siihen, miten syvälle maaperään routa tunkeutuu. Merkittävimmät näistä tekijöistä ovat pakkasmäärä, sadanta, vuoden keskilämpötila ja lumen syvyys. Pakkasmäärä ja vuoden keskilämpötila vaikuttavat siihen, miten paljon maaperä luovuttaa lämpöenergiaa. Tämä vaikuttaa roudan etenemiseen maaperässä. Sademäärä vaikuttaa pohjaveden pinnan tasoon sekä routaantuvan maakerroksen vesipitoisuuteen. Lumipeite puolestaan voi pienentää routaantumissyvyyttä, mutta sen vaikutusta hyödynnetään putkijohtojen suunnittelussa vain harkiten. (Kunnas 2013, s.15, 143)

2.8.1 Maalajin vaikutus routivuuteen

Maalajit voidaan jakaa routiviin ja routimattomiin maalajeihin. Geoteknisen luokituksen mukaan maalaji on routiva, jos sen tilavuus laajenee huokosissa olevan tai sinne tulevan veden jäätyminen vuoksi. Kuitenkaan pelkästään maalajin perusteella ei voida arvioida rakennuspohjan routivuutta, vaan siihen vaikuttavat monet muutkin tekijät, kuten ilmasto sekä se, onko pohjavettä saatavilla. (Hiekkanen et al. 1995, s. 70) Jos maalajilla on suuri routimisriski ja routimisen aiheuttama tilavuuden kasvu on voimakasta, maalaji on erittäin routiva. Jos maalajin tilavuus ei huokosveden jäätyessä kasva ollenkaan, tai kasvaa vain niin vähän, ettei sillä ole rakentamisen kannalta merkitystä, maalajia voidaan kutsua routimattomaksi. (Kunnas 2013, s.41)

Maa-aineksen routivuutta arvioidaan yleensä rakeisuuden perusteella, mutta sitä voidaan arvioida myös kapillaarisen nousukorkeuden perusteella. Lisäksi maa-aineksen routivuutta voidaan kuvata routanousukertoimen (SP) avulla. Routanousukerroin voidaan määrittää kenttähavaintojen, laboratoriokokeiden tai luokitusominaisuuksien perusteella. Rakeisuuden perusteella arvioitaessa (kuva 4) routivia ovat maalajit, joiden rakeisuuskäyrät sijaitsevat alueella 1, lievästi routivia ovat maalajit, joiden rakeisuuskäyrä sijaitsee alueella 1L ja routimattomia maalajit joiden käyrät sijaitsevat kokonaisuudessaan alueella 2, 3, tai 4. Kuitenkin jos alueella 2, 3 tai 4 sijaitsevan rakeisuuskäyrän alaosa päättyy vasemmanpuoleisen rajakäyrän yläpuolelle, niitä ei luokitella routimattomiksi. (Kunnas 2013, s.41)



Kuva 4. Routivuuden määrittäminen rakeisuuden perusteella (Kunnas 2013, s.42).

Kivennäismaalajeista savi, siltti ja silttimoreeni ovat routivia. Myös hiekkamoreeni ja soramoreeni ovat yleensä routivia. Soraa voidaan pitää yleisesti ajatellen routimattomana maalajina. Hiekkamaa on yleensä routimatonta, mutta routimista voi tapahtua, jos hiekkamaa sisältää hienoainesta. (Hiekkänen et al. 1995, s. 70)

3 VUOTOVEDEN PÄÄSY VIEMÄRIVERKOSTOON TARKASTUSKAIVOJEN KAUTTA

3.1 Vuotovesi

Viemäriverkoston vuotovedellä tarkoitetaan vesiä, jotka tulevat viemäriin ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä esimerkiksi särkyneiden putkien, vioittuneiden tarkastuskaivojen tai viallisten putkiliitosten kautta. Vuotovettä voi päästä viemäriverkoston myös, mikäli hulevettä tai rakennusten kuivatusvesiä johdetaan viemäriverkoston laittomien liittymien avulla tai jos hulevettä pääsee valumaan ympäröiviltä pinnoilta viemäriin tarkastuskaivoon. Vuotovedet lisäävät viemäriverkoston kautta käsittelylaitokselle välitettävää vesimäärää. Todellisuudessa vuotovedet ovat niin sanottuja puhtaita vesiä, jotka eivät tarvitsisi käsittelyä ennen luontoon johtamista. (Karttunen 1999, s.144) Suomessa vuotovesien määrän arvioidaan olevan 50–200 % jätevesimäärästä (Karttunen 1999, s.144, 146). Vuotovesien määrän minimoiminen on huomioitava viemäriverkoston suunniteltaessa (Karttunen & Heikkinen 2010, s.45).

3.1.1 Vuotoveden määrään vaikuttavat tekijät

Vuotovesien määrään vaikuttavat monet tekijät kuten alueen pohjaveden pinnan asema, maaperän ominaisuudet, sadeolot, laittomien liittämien olemassaolo sekä rakennusmateriaali ja asennustyön toteutuksen taso. Sadevettä voi päästä verkoston tarkastuskaivojen kautta tai mikäli kattojen syöksyrännien vettä johdetaan laittoman liittämien kautta verkoston. Putkikaivanto on usein rakennettu ympäristöään karkearakeisemmalla täytemaalla, johon hulevesi pääsee helpommin imeytymään. Tämän vuoksi sateisena aikana vettä on runsaasti tarjolla viemäriputkea ympäröivässä täytemaassa. Myös maalajilla ja sen ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus viemäriin vuotavan veden määrään. Vuotojen määrään voi vaikuttaa myös viemäriin rakennusmateriaali. Betoniputket ovat alttiita korroosiolle, ja epäedullisissa olosuhteissa betoniputket voivat syöpyä puhki jopa muutamassa vuodessa. Pääosa vuodoista aiheutuu viallisista liitoksista, jolloin liitos ei ole riittävän tiivis ja vuotovettä pääsee tätä kautta viemäriverkoston. Myös tarkastuskansien kautta voi vuotovettä päätyä verkoston herkästi. Kannen kautta pääsevä vuotoveden määrä voi olla kannen aukkojen koosta ja määrästä riippuen jopa 1,7–5,0 l/s (150–430 m³/d). Pohjaveden pinnan korkeus vaikuttaa

merkittävästi vuotovesimäärään. Laittomat liitännät ja salaojat ovat merkittävä vuotoveden lähde. Rankkasateen aikana 0,1 ha suuruiselta kattopinnalta voi kertyä sadevesiä 10 l/s (864 m³/d). (Karttunen 1999, s.144–145) Oulussa toteutettujen vuotovesiselvitysten yhteydessä yksittäisten kaivojen kautta on havaittu tulevan viemäriverkostoon vuotovettä arviolta jopa 43 m³/vrk. (Tammenlarva 2015)

3.1.2 Vuotoveden aiheuttamat ongelmat

Vuotovesien pääsy viemäriverkostoon aiheuttaa useita ongelmia ja lisäkustannuksia. Vuotovedet lisäävät käsiteltävän veden määrää sekä muuttavat sen laatua mm. viilentämällä vettä. Molemmat tekijät lisäävät jätevedenkäsittelystä syntyviä kustannuksia. Lisääntynyt vesimäärä voi myös aiheuttaa tarpeen laajentaa verkoston kapasiteettia, sillä joillakin alueilla voi olla tarpeen laajentaa putkikokoja tai rakentaa tehokkaampia pumppaamoita. Lisäksi puhdistamon kapasiteetin laajentaminen voi olla tarpeellista, jotta vedenkäsittely voidaan toteuttaa riittävällä puhdistusteholla. Etenkin kesällä ja keväällä sateet sekä sulamisvedet voivat aiheuttaa äkillisiä virtaamahuippuja viemäriverkostoon. (Kurttila 2015, s.9) Tilanteissa joissa verkoston tai pumppaamoiden kapasiteetti ylikuormittuu, voi tapahtua ylivuotoja tai viemäritulvia. (Karttunen 2010, s.155) Koska vuotovedet lisäävät verkostossa välitettävän veden määrää, lisäävät ne myös pumppaamoiden sähkönkulutusta sekä käyttökustannuksia.

3.1.3 Tarkastuskaivojen vuotojen luokittelu

Tarkastuskaivon vuodolla tarkoitetaan tilannetta, jossa vettä pääsee tai voi sääolosuhteiden muuttuessa päästä tutkittavaan kaivoon liitosten tai kannen kautta, kaivossa olevasta vikakohdasta tai kaivon seinämän läpi. Tarkastuskaivon vuodot voidaan luokitella vakavuutensa perusteella neljään luokkaan (taulukko 5). (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 37)

Taulukko 5. Vuotojen luokittelu (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 37).

1	* vuoto ilmenee kosteutena tai vuodon jättämänä jälkenä
2	* Vuoto ilmenee <i>veden tippumisena</i> * Kaivon rakenne, sen korkeusasema tai kaivossa oleva rakenteellinen vika voi aiheuttaa vuotovesien tippumista kaivoon
3	* Vuoto ilmenee <i>veden vähäisenä virtauksena</i> * Kaivon rakenne, sen korkeusasema tai kaivossa oleva rakenteellinen vika voi aiheuttaa vuotovesien virtausta kaivoon
4	* Vuoto ilmenee <i>veden runsaana virtauksena</i> * Kaivon rakenne, sen korkeusasema tai kaivossa oleva rakenteellinen vika voi aiheuttaa vuotovesien runsasta virtausta kaivoon

3.2 Tarkastuskaivojen viat

Tarkastuskaivojen viat voidaan jakaa rakenteellisiin vikoihin ja toiminnallisiin vikoihin. Rakenteellisia vikoja ovat halkeama/materiaalirikko, muodonmuutos, valmistus- tai asennusvika, pintavaurio, viallinen tai väärässä korkeusasemassa oleva kansirakenne, sisään työntyvä putki, irronnut tiiviste, siirtymä, viallinen kaivon pohja tai viallinen liittymä. Toiminnallisia vikoja ovat vierasesineiden, juurten, saostumien tai liettymien aiheuttamat viat. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s.1–37) Näitä vikoja aiheuttavat mm. mekaaninen ja kemiallinen kulutus, routanousu, asennuksessa tapahtuneet virheet sekä valmistusvirheet.

3.2.1 Vuotoja aiheuttavat rakenteelliset ja toiminnalliset viat

Edellä mainituista tarkastuskaivojen vioista vuotoveden pääsyä verkostoon voivat aiheuttaa seuraavat rakenteelliset viat: kaivossa oleva halkeama/materiaalirikko, valmistus- tai asennusvika, pintavaurio, muodonmuutos, viallinen tai väärässä korkeusasemassa oleva kansirakenne, irronnut tiiviste, siirtymä tai viallinen liittymä. Toiminnallisista vioista vuotoveden pääsyä verkostoon voi aiheuttaa juurien tunkeutuminen kaivoon.

Halkeamat ja materiaalirikot

Halkeamalla tarkoitetaan tilannetta, jossa kaivon rakenteessa on halkeama, mutta kaivosta ei ole vielä irronnut palasia eikä sen muoto ole muuttunut. Materiaalirikko

kuvastaa tilannetta, jossa kaivon rakenteessa on kokonaan irtonaisia, mutta silti paikallaan olevia palasia. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 11)

Viallinen liittymä

Viallisia liittymiä (kuva 5) voi esiintyä sekä betoni- että muovikaivoissa. Kaivon voi päätyä vuotovesiä viallisen liittymän kautta, mikäli liitoskohdassa on aukkoja tai se on liian väljä. Viallisella liittymällä voidaan tarkoittaa myös luvaton liittymää, jolla jätevesiviemärin tarkastuskaivon johdetaan sade- tai kuivatusvesiä. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s.19)



Kuva 5. Viallisia, vuotavia tonttiliittymiä, joiden liitosreiät on tehty kaivon jälkeinpäin lekalla lyömällä (Tammenlarva 2016).

Pintavaurio

Kaivon pintavauriossa kemialliset tai mekaaniset syyt ovat johtaneet kaivon sisäpinnan vaurioitumiseen. Pintavauriossa kaivon seinämän karheus on lisääntynyt, näkyvissä on kiviainesta, kiviainesta on irronnut, jolloin rauditus on näkyvissä tai kaivon on syntynyt reikä. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 13)

Muodonmuutos

Muodonmuutoksia on havaittavissa joustavissa muovikaivoissa, ja sillä tarkoitetaan tilannetta, jossa kaivon poikkileikkaus on muuttunut. Pyöreä kaivo voi olla muuttunut soikeaksi, tai muutos voi olla myös pistemäinen. Muodonmuutos voidaan luokitella neljään eri luokkaan sen perusteella, kuinka suuri osuus kaivon poikkileikkauksesta on muuttunut (alle 5 %, 5–15 %, 15–30 % tai yli 30 %). (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s.9)

Irronnut tiivisterengas

Kaivon renkaiden välissä oleva tiiviste voi irrota paikaltaan osittain tai kokonaan (kuva 6). Tämän jälkeen kaivon runko menettää tiiviytensä, ja vuotovettä voi vuotaa viemäriverkostoon. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 21)



Kuva 6. Saumoista vuotava betonikaivo, josta on irronnut tiivisterengas (Tammenlarva 2016).

Valmistus- tai asennusvika

Valmistus- tai asennusvikoja voi esiintyä sekä muovi- että betonikaivoissa. Betonikaivon materiaali voi olla valmistusvian vuoksi huokoista, kun taas muovikaivossa valmistusvika voi olla esimerkiksi hitsausliitoksessa. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 15)

Siirtymä

Siirtymällä tarkoitetaan tilannetta, jossa kaivon vierekkäiset rakenneosat ovat siirtyneet toisiinsa nähden väärään kohtaan (kuva 7). Siirtymiä on havaittavissa erityisesti betonikaivojen kaivonrenkaiden saumakohdissa. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 23)



Kuva 7. Sauman kohdalta vuotava betonikaivo, josta on irronnut tiivisterengas (Tammenlarva 2016). Kuvan perusteella vaikuttaa siltä, että kaivossa on tapahtunut sivuttaista siirtymää, jonka seurauksena tiivisterengas on irronnut.

Viallinen kansirakenne

Viallinen kansirakenne tai väärässä korkeusasemassa oleva kaivon kansi voi aiheuttaa vuotoveden pääsyä viemäriverkostoon. Vuotovettä pääsee kaivoon, mikäli kansi tai kannen kehys on rikki tai väljä, tai jos kansi on väärän tyyppinen. Vuotovettä voi päästä verkostoon myös, mikäli kansisto on sijoitettu ympäröivän maan- tai päällysteen pinnan alapuolelle. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 25)

Juurien tunkeutuminen

Juurien tunkeutuminen tarkastuskaivoon voi lisätä vuotoveden pääsyä kaivoon. Juuret voivat tunkeutua kaivoon saumasta, vikakohdasta tai putkiliittymän kohdalta (kuva 8). Vuodon määrään vaikuttaa, onko kyseessä juurimatto, yksittäisiä ohuita juuria vai paksu juuri. (Suomen vesilaitosyhdistys 2013, s. 29)



Kuva 8. Liittymien kohdalta vuotava kaivo, johon on tunkeutunut juurikasvustoa (Tammenlarva 2015).

3.2.2 Rakennusmateriaalien korroosio

Korroosiota tapahtuu useissa rakennusmateriaaleissa, kuten metalleissa, betonissa sekä muovissa, ja sillä on ratkaiseva vaikutus rakenteiden ja laitteiden käyttöikäen. Korroosiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa materiaali vahingoittuu ympäristöolojen vaikutuksista. Vesihuollossa korroosiota aiheuttavia tekijöitä voivat olla mm. rakennusmateriaalin sisällä olevan veden laatuun, virtaukseen tai lämpötilaan liittyvät tekijät. Tällaisia ovat pH-arvo, alkaliniteetti ja kovuus, liuenneet kaasut, rikkiyhdisteet, liuenneet suolat, metallit, orgaaninen aines, mikrobit, lämpötila ja virtausnopeus. Muovisissa materiaaleissa korroosio on aina kemiallista. Muoviset viemärimateriaalit ajatellaan täysin kestäviksi likaantumattomissa luonnonvesissä esiintyviä tekijöitä vastaan, mutta jos viemäriverteen pääsee esimerkiksi liuottimia, muoviset materiaalit saattavat vaurioitua pahoin. Betonisten materiaalien korroosion katsotaan aina liittyvän sementin vaurioitumiseen, sillä betonin sisältämä kiviaines on täysin kestävä korroosiota vastaan. Betonin korroosio liittyy veden sisältämien aineiden kemialliseen vaikutukseen. Betonimateriaaliin korroosiota aiheuttavat betonin karbonatisoituminen, kloridien aiheuttama korroosio, sulfaattikorroosio, alkalirasitus, kemikaalirasitus, pehmeän veden rasitus, luonnossa esiintyvät orgaaniset hapot sekä biologinen korroosio. (Karttunen & Tuhkanen 2003, s.279, 292, 287)

3.2.3 Betonisten ja muovisten tarkastuskaivojen yleisimmät viat

Betonikaivoissa yleisimmät vauriot ovat halkeama tai renkaiden välisten liitosten vuotaminen. Etenkin betonikaivon ylin rengas voi helposti vahingoittua talvella lumiauran osuessa kansisto-osaan. Huonossa maaperässä betonikaivo saattaa kallistua tai liikkua muuten. Tämä voi aiheuttaa kaivon ja viemärien välisten liitosten vahingoittumisen. Vanhoissa betonikaivoissa juuret voivat kasvaa ulkopuolelta betoniseinämän läpi. Muovikaivojen yleisimmät vauriot johtuvat kallistumisesta, tai muunlaisesta liikkumisesta, joka aiheuttaa kaivon ja viemärien välisten liitosten vahingoittumisen. Talviaikana lumiaurat voivat aiheuttaa myös muovikaivojen yläosan vaurioita. (Helenius et al. 1998, s. 56)

3.2.4 Kaivojen kunnan tarkastaminen vuotavuuden arvioimiseksi

Kaivojen kunnan tarkastaminen on tärkeää alueellisia vuotovesilähteitä selvitetessä. Kaivoja maan pinnalta tarkastelemalla voidaan todeta muun muassa kannen ja kehyksen kunto, kannen korkeusasema ja kehyksen paikallaanolo, kaivon sijainnista johtuva vuotovaara (esim. notkelmassa oleva kaivo), mahdolliset routavauriot sekä kannen ympärystytön tiiveys. (Suomen kaupunkiliitto, Suomen kunnallisliitto 1983, s. 68)

Tarkasteltaessa kaivon sisäpuolista kuntoa, voidaan todeta muun muassa saumavuodot, kansivuodot, pohjan ehjyys, pohjan kourujen kunto, renkaiden kunto, renkaiden siirtymät, vuotovesien äänet, putkiliitosten tiiveys, virheelliset liitännät, syöpymät, jäljet esim. padottumisesta tai vuotamisesta sekä ylimääräiset esineet tai maa-aines. (Suomen kaupunkiliitto, Suomen kunnallisliitto 1983, s. 69).

3.3 Tietoa betoni- ja muovikaivojen kuntokartoituksista muiden vesilaitosten alueella

Vertailevaa tutkimustietoa muovi- ja betonikaivojen kunnan säilymisestä ajan kanssa on saatavilla ainoastaan rajallisesti. Jarno Salosen (2011) opinnäytetyössä ”Kyrön ja Riihikosken viemärikaivojen kuntotarkastelu” oli kuitenkin tarkasteltu erikseen tutkimusalueen muovisten ja betonisten tarkastuskaivojen kuntoa. Kuntokartoituksessa selvitettiin erikseen molemmista materiaaleista rakennettujen kaivojen kuntoa, sekä yleisimpiä vikoja ja vaurioita.

Opinnäytetyössä Kyrön ja Riihikosken tarkastuskaivojen kuntoa kartoitettiin, ja niistä kirjattiin yleisten tietojen lisäksi ongelmakohtat, jotka saattoivat aiheuttaa haittaa kaivon ja viemäriinjan toiminnalle (esimerkiksi kaivojen routavauriot, vuodot, tukkeumat sekä kansistojen halkeamat). Kyrön alueelta kartoitettiin 507 tarkastuskaivoa, joista 103 oli betonisia tarkastuskaivoja ja oli 404 muovista valmistettuja kaivoja. Riihikosken alueelta tarkastettiin 425 tarkastuskaivoa, joista 66 oli betonisia tarkastuskaivoja ja 359 muovista valmistettuja kaivoja. (Salonen 2011, s. 36, 39)

Opinnäytetyössä tarkastuskaivoille tehtiin tarkekartan avulla myös ikäselvitys, josta selvisi tietoa kaivojen rakennusmateriaaleista eri vuosina (taulukot 6 ja 7). Ikäselvityksessä ilmeni tulkintavirhe, jonka vuoksi ikäselvityksen kaivomäärät ovat hieman erilaiset kuin kuntokartoituksen kaivomäärät. Selvityksestä kävi kuitenkin ilmi, että vuoteen 1975 asti tarkastuskaivot on rakennettu pääsääntöisesti betonista, vuosina 1976–1985 betonisia ja muovisia tarkastuskaivoja on rakennettu rinnakkain, ja vuodesta 1986 lähtien kaikki Kyrön ja Riihikosken alueella rakennetut tarkastuskaivot on toteutettu muovisina. Kyrön alueella kaikki ennen vuotta 1970 rakennetut tarkastuskaivot oli jo ennen kuntokartoitusta saneerattu. (Salonen 2011, s.39, 41)

Taulukko 6. Kyrön tarkastuskaivojen ikäselvitys (Salonen 2011, s. 39).

Rakentamisajankohta	Tarkastuskaivoja	Betonisia	Muovisia
–1975	44	44	0
1976–1985	140	64	76
1986–1995	92	0	92
1996–2010	150	0	150
Yhteensä	426	108	318

Taulukko 7. Riihikosken tarkastuskaivojen ikäselvitys (Salonen 2011, s. 41).

Rakentamisajankohta	Tarkastuskaivoja	Betonisia	Muovisia
-1975	101	93	8
1976-1985	124	4	120
1986-1995	100	0	100
1996-2010	95	0	95
Yhteensä	420	97	323

Salosen (2011) opinnäytetyön maastotutkimuksissa havaittiin, että Kyrön ja Riihikosken alueella sekä viemäriverkkojen nuorimmat- että vanhimmat muoviset tarkastuskaivot olivat yleisesti ottaen hyväkuntoisia. Muovikaivojen viat ja vauriot liittyivät asennus- ja rakennusvirheisiin. Esimerkkeinä vioista ja vaurioista opinnäytetyössä mainitaan vinossa tai tarkoitettua syvemmällä oleva kaivo, teleskooppivarren sauman vuoto sekä teleskooppivarren painumasta aiheutunut poisto- ja tuloputkien tukkeutuminen. (Salonen 2011, s. 42)

Kyrön ja Riihikosken alueella sijaitsevien betonisten tarkastuskaivojen yleiskunto oli maastotutkimuksen mukaan hyvä tai tyydyttävä. Osassa betonikaivoja oli ikääntymisen merkkejä, kuten betonipintojen syöpymistä ja halkeilua sekä kaivorenkaiden paikaltaan luiskahduksia. Betonikaivoissa havaittiin myös kaivoihin jälkeinpäin asennettuja, asennustyöltään kyseenalaisia tonttiliittymiä. Betonikaivojen huonomman kunnan aiheuttajiksi arvioitiin routaliikkeen vaikutusta, syövyttäviä jätevesiä, betonikaivojen vanhempaa ikää, sekä sitä, että betonikaivoissa on enemmän saumoja kuin muovikaivoissa. (Salonen2011, s. 42)

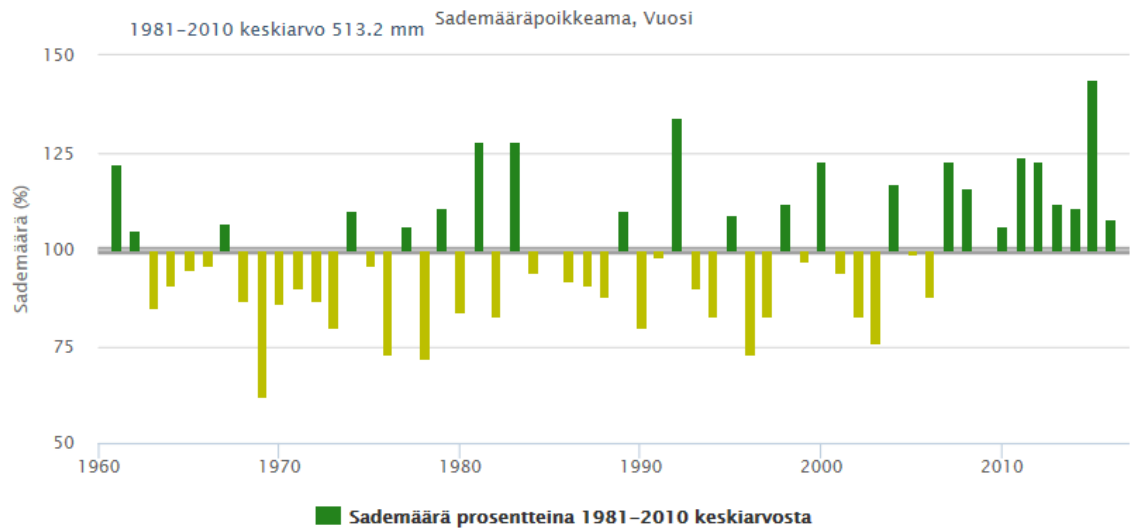
Yleisesti ottaen muovikaivojen todettiin olevan hyvässä kunnossa, mutta betonikaivoissa oli ikääntymisen merkkejä. Tämän vuoksi kuntotarkastelun perusteella tehdyssä saneerausarvioinnissa esitettiin ainoastaan betonisten tarkastuskaivojen saneeraamista. (Salonen 2011, s. 44, 45)

4 VIEMÄRÖINTI OULUSSA

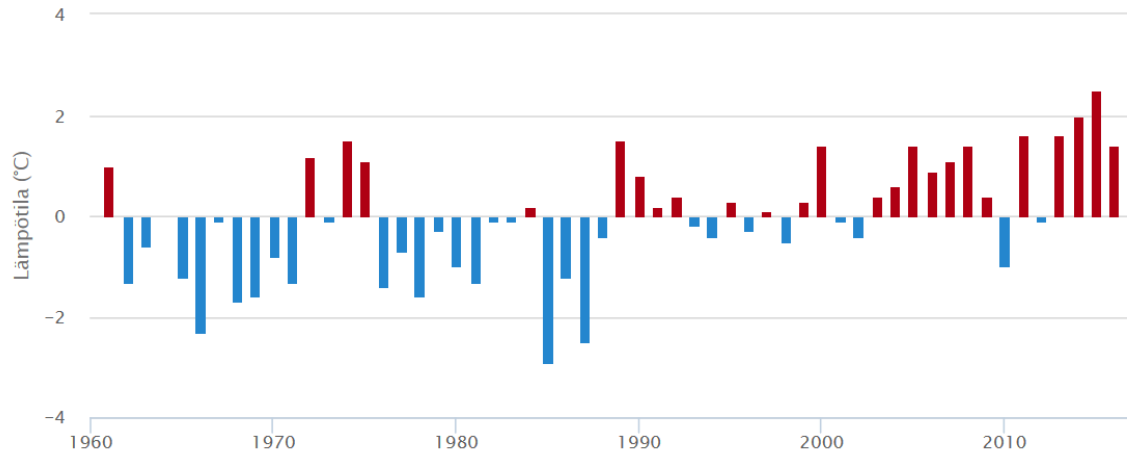
4.1 Oulun olosuhteet

Sadanta ja lämpötila

Oulun keskimääräinen vuosisadanta ilmatieteenlaitoksen tilastojen mukaan on vuosina 1981–2010 ollut 513,2 mm. Tilastoista selviää myös, että vuosina 2010–2016 sadanta ei ole kertaakaan alittanut vuosien 1981–2010 keskiarvoa, vaan useimmiten sadanta on ollut keskiarvoa suurempaa (kuva 9). Vuonna 2015 mitattiin Oulussa 741,3 mm sadanta, joka on suurin vuosisadanta tarkasteltaessa tilastoja 1960 vuodelta lähtien. Oulussa vuotuinen sadanta on siis aikavälillä 1960–2015 vaihdellut paljon (320–741 mm välillä). Ilmatieteenlaitoksen tilastojen mukaan vuosina 1981–2010 Oulun keskilämpötila on ollut 2,6 °C. Vuosien 1960–2016 välillä vuoden keskilämpötila on vaihdellut välillä (–0,3) – (+5,1) °C (kuva 10). Vuoden 2003 jälkeen vuotuinen keskilämpötila on poikennut enimmäkseen ylöspäin vuosien 1981–2010 keskilämpötilasta. (Ilmatieteenlaitos 2017)



Kuva 9. Oulun vuotuisen sademäärän poikkeama verrattuna vuosien 1981–2010 keskiarvoon (Ilmatieteenlaitos 2017).



Kuva 10. Oulun vuotuisen keskilämpötilan poikkeama verrattuna vuosien 1981–2010 keskiarvoon (Ilmatieteenlaitos 2017).

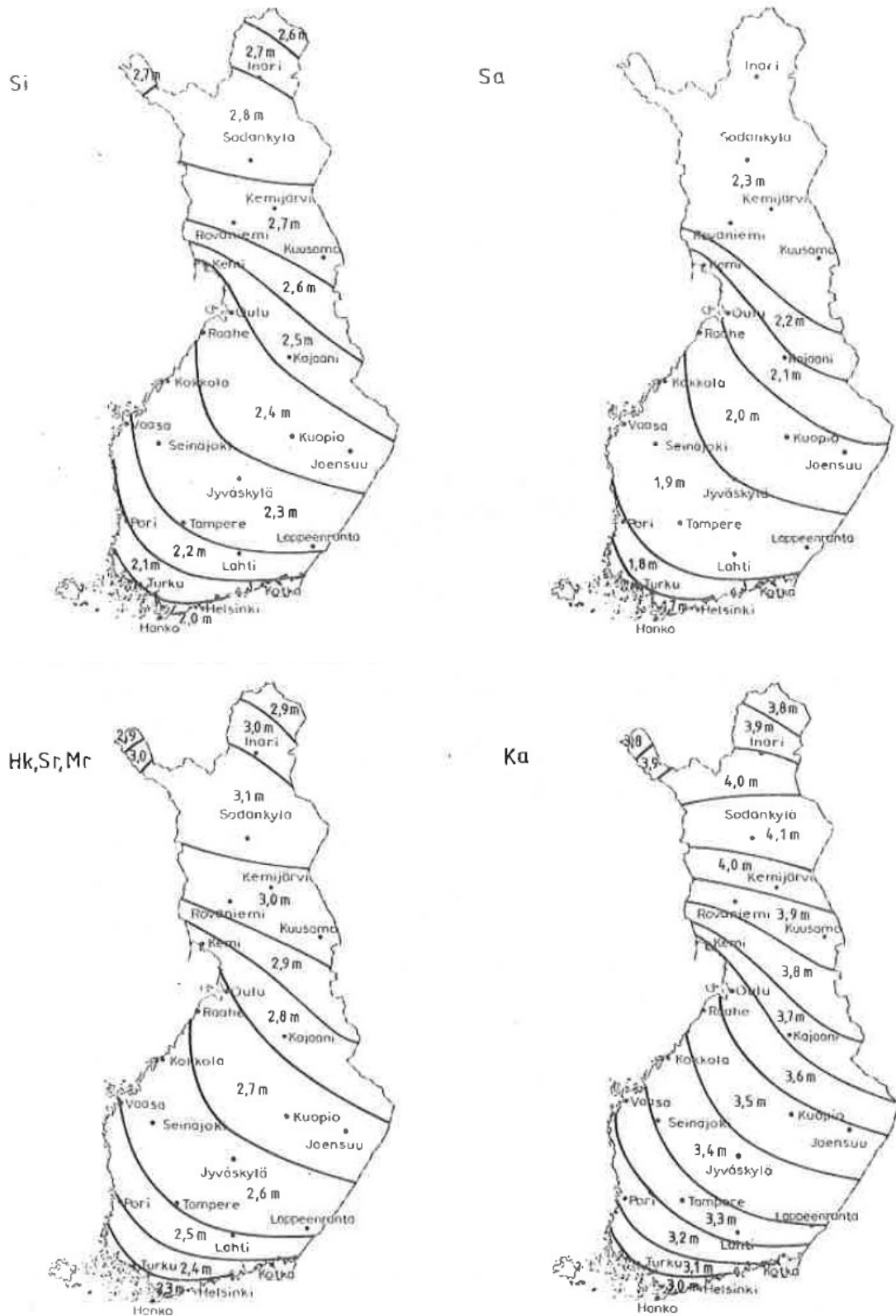
Pakkasmäärä ja routasyvyys

Putkijohtojen routasuojaus ohjeistetaan mitoittamaan siten, että vesi- ja viemärijohdot pysyvät jäätymättöminä tilastollisesti kerran 50 vuodessa toistuvalla pakkasmäärällä. Oulun alueella tämä tarkoittaa 45000–55000 Kh pakkasmäärää (kuva 11). (Kunnas 2013, s.142)



Kuva 11. Tilastollisesti kerran 50 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä F_{50} [Kh] (Kunnas 2013, s. 18).

Vaikka mitoituspakkasmäärä F_{50} on alueellisesti sama, roudan syvyys vaihtelee alueittain maalajin mukaan. Oulun alueella kerran 50 vuodessa toistuva suurin roudan syvyys lumettomassa silttisessä maassa on 2,4 m, lumettomassa savisessa maassa 2,1 m, lumettomassa karkearakeisessa maapohjassa 2,7–2,8 m sekä lumettomassa kalliolla 3,6 m (kuva 12).



Kuva 12. Kerran 50 vuodessa toistuva suurin roudan suurin syvyys lumettomassa silttisessä, savisessa, karkearakeisessa maapohjassa sekä kalliossa (Kunnas 2013, s.34).

Ilmastonmuutoksen vaikutus Oulun alueella

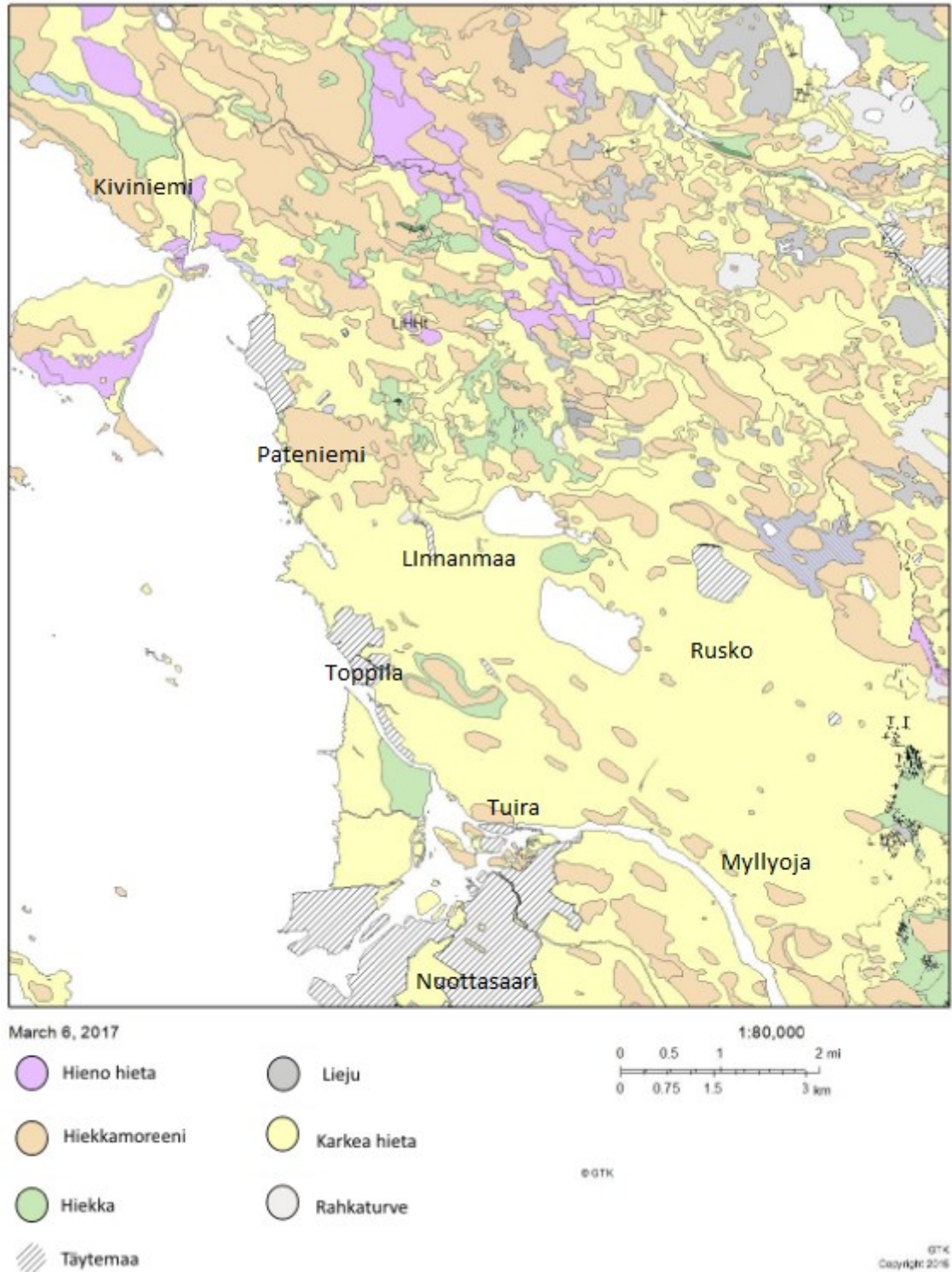
Oulun alueella ilmastonmuutoksen vaikutuksia on pyritty arvioimaan mm. Oulun Länsi-Toppilan asemakaavan laadintaan liittyen, jonka ennusteet perustuvat Ruotsin ilmatieteenlaitoksen RCAO-alueilmastomallinnusohjelmiston simulointeihin. Tuloksiin vaikuttavia virhetekijöitä ei ollut arvioitu, eivätkä kyseessä ole viralliset ilmastonmuutoksen seurantasarjat. Vertailujaksona on aikaväli 1961–1990 ja ennustejaksona 2071–2100. Ennustejaksoon mennessä Oulun vuoden keskilämpötilan on arvioitu nousevan neljä astetta, minimilämpötilan yksitoista astetta ja maksimilämpötilan neljä astetta. Lisäksi vuotuisen sademäärän on arvioitu kasvavan 20 %, ja lumipeitteen kestoajan vähenevän 60 vuorokauden verran. (taulukko 8) (Karhu 2009, s.59)

Taulukko 8. Oulun Länsi-Toppilan kaavoitukseen liittyvän selvityksen arvioita ilmastonmuutoksen vaikutuksista vertailujaksolla 1961–1990 ja ennustejaksolla 2071–2100 (Karhu 2009, s. 59).

Arvioidut muutokset Oulussa	Arvio
Vuoden keskilämpötila	+4° C
Maksimilämpötila	+4° C
Minimilämpötila	+11 °C
Sulamis-jäätymissyklit	- 20 %
Vuoden keskituulennopeus	0 %
Maksimituulennopeus	+5 %
Vuotuinen sademäärä	+20 %
6 tunnin sademaksimi	+45 %
5 vuorokauden sademaksimi	+30 %
6 tunnin lumisademaksimi	+50 %
Lumipeitteen maksimivesiarvo	- 10 %
Lumipeitteen kesto aika	- 60 vrk
Meren jääpeitteen kesto aika	- 30 vrk

Maaperä ja pohjavedenpinta

Oulun seudun maaperä on pääosin moreenia. Moreeni on maalaji, joka sisältää useampaa mannerjäätikön irrottamaa, kuljettamaa ja kerrostamaa keskenään sekoittunutta maalajiketta. Oulun seudulla muun muassa Kempeleen lounaisosassa, Tyrnävän luoteisosissa sekä Limingan pohjoisosissa esiintyy happamia sulfaattimaita. Sulfaattimaat ovat syntyneet, kun alueet ovat olleet meriveden peittämiä ja pohjasedimentin mikrobit ovat pelkistäneet meriveden sulfaattia sulfidiksi vähähappisissa tai hapettomissa pohjasedimenteissä. Kun veden kyllästäjänä olevat sulfidimaat joutuvat hapellisiin oloihin, ne alkavat tuottaa rikkihappoa. Oulussa on myös drumliinikenttä, joka koostuu noin 10–15 m korkuisista, luoteesta kaakkoon suuntautuneista selänteistä. Jäätikön perääntyessä muodostui myös Oulunsaloon ja Hailuotoon moreenipeitteinen harjujakso. (Karhu 2009, s.14) Vaikka moreeni on Oulun alueella yleisin maalaji, alueittain maaperä on kuitenkin hyvin vaihtelevaa (Kuva 13). Geologian tutkimuslaitoksen karttapalvelun mukaan Oulun alueen maaperässä esiintyy esimerkiksi hiekkamoreenia, hienoa ja karkeaa hietaa, hiekkaa, liejua, rahkaturvetta sekä täytemaata. (Geologian tutkimuskeskus, 2016) Maalajit sekä pohjaveden pinnan tasot vaihtelevat paljon pienenkin alueen sisällä. Pohjaveden pinnan taso vaihtelee luonnollisesti myös vuodenaikojen mukaan. (Oulun kaupunki, 2017) Esimerkiksi Letonrannassa pohjavedenpinta oli alueen pohjoisosassa n. 2–3 metrin, kaakkois- ja eteläosassa 1,8–3,9 metrin, ja koillisosassa 1,73 metrin syvyydellä maanpinnasta. Alueen pohjamaan todettiin tutkimusten perusteella olevan pääasiassa hiekkamoreenia, hienoa hiekkaa, siltistä hiekkaa ja siltistä hiekkamoreenia. Alueella havaittiin myös noin 2 metrin syvyydessä maanpinnasta oleva savi- tai silttikerrostuma. (Plaana 2014) Hiukkavaaran Kivikkokankaan alueella pohjaveden pinnan tason on todettu olevan 0,2–2,0 metrin syvyydellä maanpinnasta. Alueen pohjamaan todettiin tutkimusten perusteella olevan mm. moreenia, hiekkaa, silttiä ja siltistä hiekkaa. (Ramboll 2012) Koska maaperä ja pohjavedenpinnan taso vaihtelevat Oulun alueella huomattavasti, luotettavien alueellisten tietojen hankkiminen vaatii aina kattavia pohjatutkimuksia.



Kuva 13. Karttakuva Oulun alueen maaperästä (Mukaiillen Geologian tutkimuskeskus 2017).

Oulun alueella on myös tulvaherkkiä alueita. Kesällä 2016 Oulun Vedellä tehdyn tarkastelun mukaan jätevesiverkoston tarkastuskaivoja sijaitsee myös alueilla, jotka voivat tulvatilanteessa joutua veden alle. Tällaisessa tilanteessa viemäriverkoston voi päätyä kaivojen kansistojen kautta todella suuria määriä vuotovettä.

4.2 Oulun veden viemäriverkosto

Oulun Veden vesihuoltolaitoksen vedenotto tapahtuu kahden pintavesilaitoksen sekä noin kahdenkymmenen pohjavedenottamon avulla. Vesihuoltolaitoksen verkostoon kuuluvat talousvesi- hulevesi- sekä viemäriverkostot, ja jätevedenpuhdistus toteutetaan kahden jätevedenpuhdistamon avulla. (Oulun Vesi 2017) Vuoden 2015 tietojen mukaan Oulun Veden vesijohtoverkoston pituus oli 1899 km, jätevesiviemäriverkoston pituus 1231 km, sadevesiviemäriverkoston pituus 583 km ja viemäriverkoston pituus yhteensä 1814 km. Vesihuoltolaitoksen pumppaama vesimäärä oli 12,19 milj. m³ ja myyty vesimäärä 10,90 milj. m³. Puhdistettu jätevesimäärä oli 19,70 milj. m³ ja laskutettu jätevesimäärä 12,20 milj. m³. (Oulun Vesi 2016 a, s. 34, 35) Oulun Veden vuotovesiprosentti vaihtelee vuosittain, ja toisinaan se on jopa yli 40 % (Kilpeläinen 2017).

4.3 Nykyinen viemärikaivojen suunnittelukäytäntö

Tällä hetkellä voimassa olevassa Oulun Veden suunnitteluohjeessa ohjataan viemärien tarkastuskaivojen materiaalivalintaa siten, että kaikki kaivot liikennealueella suositellaan rakennettavaksi betonisina. Myös liikennealueen ulkopuolella tarkastuskaivojen materiaaliksi suositellaan Oulun keskustan alueella aina betonia. Liikennealueen ulkopuolelle sijoitettavien kaivojen kohdalla muun kanta-Oulun, kuntakeskusten ja muiden asuinalueiden alueella materiaalivalinta voidaan toteuttaa betonin ja muovin välillä (Taulukko 9). Suunnitteluohjeessa myös ohjeistetaan sijoittamaan jätevesiviemäri sekä vesijohto samaan kaivantoon ajoradan alle. Jätevesiviemäri sekä vesijohto sijoitetaan siten, että tarkastuskaivot ja venttiilit sijoitetaan ajouran keskelle. Viheralueella vesijohto, jätevesiviemäri sekä hulevesiviemäri ohjeistetaan mahdollisuuksien mukaan sijoittamaan samaan kaivantoon. (Oulun Vesi 2016 b)

Taulukko 9. Oulun veden ohjeistus pääsääntöisesti käytettävistä kaivomateriaaleista (Oulun Vesi 2016 b).

	KESKUSTA	MUU KANTAOULU, "KUNTAKESKUKSET"	MUUT ASUINALUEET
KAIVOT liikennealue	BETONI	BETONI	BETONI
KAIVOT, liikennealueen ulkopuolella	BETONI	BETONI ø 800, MUOVI ø 560/500	BETONI ø 800, MUOVI ø 560/500

5 KYSELYTUTKIMUKSET

Työtä varten toteutettiin kyselytutkimuksia, joiden avulla haluttiin selvittää jätevesiverkostojen parissa työskentelevien eri toimijoiden kokemukseräistä tietoa tarkastuskaivoihin liittyen. Kyselyiden kohderyhmiä oli viisi: 1) viemäriverkoston tarkastuskaivojen kunnossapidon asiantuntijat, 2) suunnittelun asiantuntijat, 3) rakentamisen asiantuntijat, 4) kaivovalmistajat ja -toimittajat sekä 5) Oulun Veden vesihuollon asentajat ja huuhteluauton kuljettajat. Kyselyistä laajin ja kattavin oli jätevesiviemäriverkoston tarkastuskaivojen kunnossapitoon osallistuville asiantuntijoille lähetettävä kysely, jonka avulla haluttiin saada kokemukseräistä tietoa kaivomateriaalin vaikutuksesta vuotovesien pääsyyn verkostoon. Kyselyt lähetettiin sähköpostilla tammikuun 2017 lopussa, ja vastausaikaa oli lähes helmikuun 2017 loppuun asti. Lähetetyt kyselypohjat ovat työn liitteinä.

Kunnossapidon asiantuntijoille lähetetty kysely

Kunnossapidon asiantuntijoiden kysely (Liite 1) lähetettiin viidentoista eri vesilaitoksen verkoston kunnossapidon esimiestehtävissä toimiville henkilöille. Lisäksi lähes saman sisältöinen kysely (Liite 2) lähetettiin kahdelle viemärihuoltoyrityksessä kunnossapidon asiantuntijatehtävissä toimivalle henkilölle. Kunnossapidon asiantuntijoille lähetetyllä kyselyllä haluttiin selvittää tarkastuskaivojen materiaalivalinnan ja sijoittamisen käytäntöjä eri vesilaitosten alueella, tyytyväisyyttä nykyiseen käytäntöön sekä sijoituspaikan vaikutusta kunnossapidon toteutukseen. Lisäksi haluttiin selvittää tarkastuskaivojen vuotavuuden yleisyyttä, yleisimpiä vuotovesireittejä, sekä niiden kautta pääseviä vuotovesimääriä. Kunnossapidon asiantuntijoilta pyydettiin myös kokemukseen pohjautuvat arviot siitä, mitä kaivomateriaalia he suosittelisivat millekin maaperälle. Vastaajia kehoitettiin ajattelemaan kyselyyn vastatessaan vuonna 1980 tai sen jälkeen rakennettuja muovi- ja betonikaivoja, ja käyttämään vastauksissaan kokemukseen pohjautuvia arvioita. Sähköpostilla lähetetyn kyselyn lisäksi eri vesilaitosten kunnossapitäjille soitettiin työn edetessä, jotta saatiin tarkennusta muutamaa kyselyn kysymykseen.

Suunnittelun asiantuntijoille lähetetty kysely

Kysely tarkastuskaivojen suunnitteluun liittyen (Liite 3) lähetettiin kahdelle Oulun vedellä suunnitteluun liittyvissä tehtävissä työskentelevälle asiantuntijalle, sekä kolmelle eri konsulttitoimistolle. Suunnittelun asiantuntijoille lähetetyn kyselyn avulla haluttiin muun muassa selvittää asiantuntijoiden mielipiteitä Oulun Veden nykyisestä suunnitteluohjeistuksesta, ohjeistuksen toteutumista käytännössä, kehitysehdotuksia ohjeistukseen sekä suunnittelijoiden vaikutusmahdollisuuksia vuotovesien minimoimiseen.

Rakentamisen asiantuntijoille lähetetty kysely

Kysely urakoitsijoille ja rakennuttajille (Liite 4) lähetettiin viidelle alan asiantuntijalle. Rakentamisen asiantuntijoille lähetetyn kyselyn avulla haluttiin selvittää muovisiin ja betonisiin tarkastuskaivoihin liittyviä hyviä ja huonoja puolia rakentamisvaiheessa, asennettujen muovi- ja betonikaivojen hintoja ja niiden muodostumista sekä betoni- ja muovikaivojen saneerausmahdollisuuksia. Lisäksi rakentamisen asiantuntijoille annettiin mahdollisuus kertoa aiheeseen liittyen kehitysehdotuksia suunnittelijoille, kaivonvalmistajille sekä kunnossapitäjille.

Kaivojen valmistajille ja -toimittajille lähetetty kysely

Kysely kaivojen valmistajille ja -toimittajille (Liite 5) lähetettiin seitsemälle alan yritykselle. Kaivovalmistajille ja -toimittajille suunnatulla kyselyllä haluttiin selvittää muun muassa betonin ja muovin vahvuuksia tarkastuskaivomateriaalina, tietoa siitä, miten vuotovesien pääsyn minimoiminen otetaan huomioon kaivojen suunnittelussa ja valmistuksessa, sekä kaivovalmistajien ja -toimittajien kehitysehdotuksia suunnittelijoille, rakentajille ja kunnossapitäjille.

Oulun Veden vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille lähetetty kysely

Kysely vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille (Liite 6) toteutettiin kahdelletoista Oulun veden verkostojen ylläpitoyksikössä toimivalle työntekijälle. Vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille lähetetyn kyselyn avulla haluttiin selvittää vastaajien kokemuksia muovisiin ja betonisiin tarkastuskaivoihin liittyen muun

muassa roudan kaivoille aiheuttamista ongelmista, hyväksi havaituista routasuojauskeinoista, eroista asennustyön ja työturvallisuuden suhteen sekä kaivojen ongelmista yleisesti. Lisäksi haluttiin tietoa tarkastuskaivon sijoittamispaikan vaikutuksesta kunnossapidon toteutukseen. Vastaajia kehoitettiin ajattelemaan kyselyyn vastatessaan vuonna 1980 tai sen jälkeen rakennettuja muovi- ja betonikaivoja, ja käyttämään vastauksissaan kokemukseen pohjautuvia arvioita.

6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Kunnossapidon asiantuntijoiden kyselyyn tuli yhteensä 13 vastausta. Vastauksia tuli kymmenen eri vesilaitoksen asiantuntijoilta, sekä yksi vastaus vuotovesien tutkimiseen erikoistuneelta asiantuntijalta. Vastaus saatiin siis 67 %:lta kyselyn vastaanottaneista vesilaitoksista. Kyselyyn vastasi kunnossapidon asiantuntijoita Oulun, Limingan, Helsingin seudun, Lahden, Kajaanin, Kempeleen, Jyväskylän, Kuopion, Turun sekä Iin vesilaitoksista. Oulun Vedeltä kyselyyn vastasi kolme asiantuntijaa, muista vesilaitoksista jokaisesta yksi vastaaja. Kumpikaan viemärihuoltoyritysten asiantuntijoista ei vastannut kyselyyn. Kunnossapidon asiantuntijoiden kyselyssä oli tullut kaksi muotoiluvirhettä, ensimmäinen liittyi kysymykseen, jossa selvitettiin tyytyväisyyttä nykyiseen tarkastuskaivon materiaalivalintaan sekä sijoittamiskäytäntöön, ja toinen kysymykseen siitä, mikä on kunnossapidon kannalta paras tarkastuskaivon sijoituspaikka. Siksi näihin kysymyksiin tuli kyselyiden kautta melko suppeasti vastuksia, ja vastaukset olivat hieman tulkinnanvaraisia. Tästä johtuen kunnossapidon asiantuntijoiden vastauksia näihin kysymyksiin tarkennettiin puhelinkyselyn avulla, jolla tavoitettiin kaikki 12 kyselyyn vastannutta vesilaitosten asiantuntijaa (kunnossapidon asiantuntijoiden kyselyyn vastanneelta vuotovesien tutkimiseen erikoistuneelta asiantuntijalta ei kysytty näitä vesilaitosten omiin käytäntöihin liittyviä tarkennuksia).

Kaivojen valmistajille ja -toimittajille kohdistettuun kyselyyn tuli vastaus kuudelta yritykseltä (vastausprosentti 86 %). Kysely urakoitsijoille ja rakennuttajille lähetettiin viidelle alan asiantuntijalle, joista neljä vastasi kyselyyn (vastausprosentti 80 %). Kyselyyn tarkastuskaivojen suunnitteluun liittyen saatiin neljältä vastaajalta, jolloin kyselyn vastausprosentti oli myös 80 %. Kysely vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille toteutettiin kahdelletoista Oulun veden verkostojen ylläpitoyksikössä toimivalle työntekijälle. Kyselyyn vastasi kuusi vastaajaa eteläisestä ja kuusi vastaajaa pohjoisesta kunnossapitoyksiköstä.

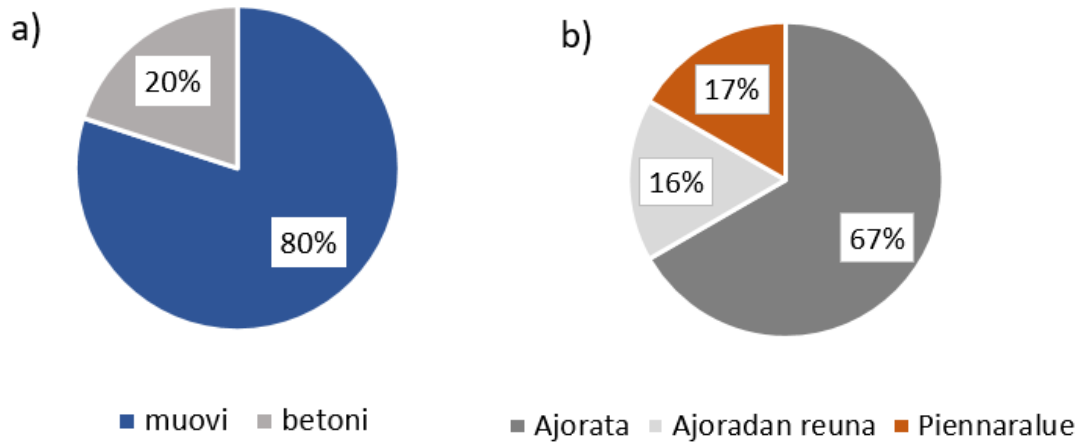
Eri kohderyhmille suunnattujen kyselyiden avulla saatiin paljon hyödyllistä tietoa tarkastuskaivojen materiaalin ja sijoituspaikan valintaan liittyen alan eri toimijoiden näkökulmista. Kyselyiden tulosten käsittelyssä vastausten yhteismäärä vaihtelee kysymyksittäin, sillä osa vastaajista ei vastannut kaikkiin kysymyksiin. Kaikkia

kohderyhmiä pyydettiin kyselyn lopuksi lähettämään myös kehitysehdotuksia ja terveisiä muille alan toimijoille. Näitä on esitetty liitteessä 7.

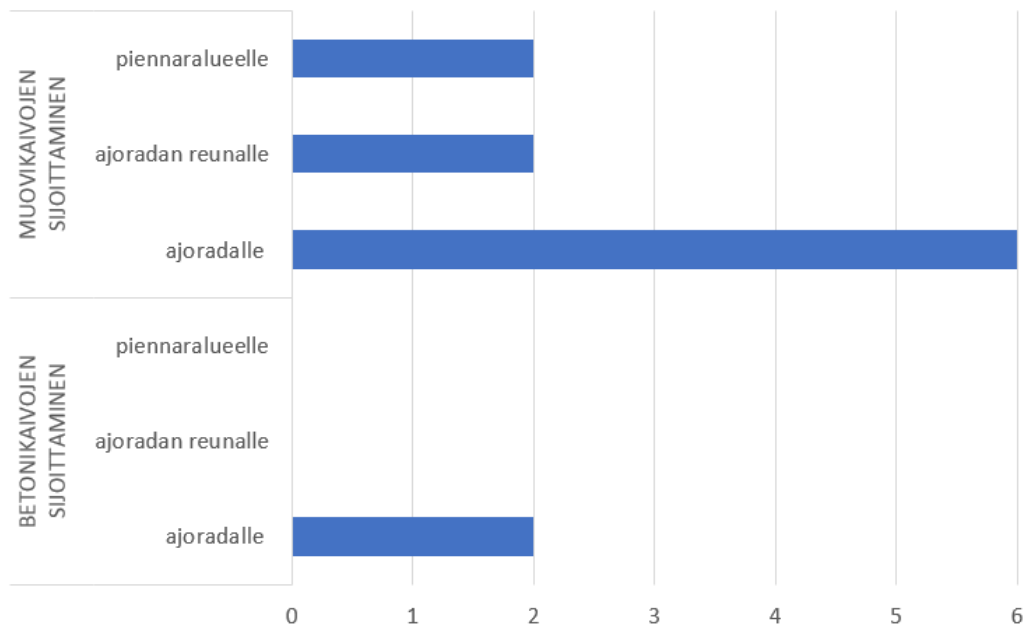
Ajorata, ajoradan reuna-alue ja piennaralue voidaan määritellä useammalla eri tavalla. Tässä työssä ajoradalla on tarkoitettu ajoradan liikennöityä aluetta, ajoradan reunalla valkoisen reunaviivan tietämällä tai ulkopuolella olevaa päällystettyä aluetta ja piennaralueella päällystetyn tiealueen ulkopuolista aluetta. Näitä ei kuitenkaan oltu määritelty kyselyihin, ja se tuo tulosten tarkasteluun hieman epävarmuutta, sillä voi olla, että eri vastaajat ovat voineet tarkoittaa eri asioita näistä termeistä puhuttaessa. Vastauksista oli kuitenkin havaittavissa, että suuri osa vastaajista mielsi piennaralueen päällysteettömäksi alueeksi liikennöidyn tiealueen ulkopuolella ja ajorata on myös todennäköisesti mielletty useimmiten liikennöidyksi ajoradan alueeksi samoin kuin mitä kyselyissä on ajoradalla tarkoitettu.

6.1 Kunnossapidon asiantuntijoille osoitetun kyselyn tulokset

Kyselyyn vastanneista vesilaitoksista kaksi ilmoitti ensisijaisesti käytettäväksi tarkastuskaivomateriaaliksi betonin ja kahdeksan muovin (kuva 14 a). Vesilaitoksista seitsemän ilmoitti tarkastuskaivon ensisijaiseksi sijoituspaikaksi ajoradan, sekä yksi ajoradan reunan. Kahden vesilaitoksen vastaajat olivat ilmoittaneet kyselyssä kaksi ensisijaista sijoittamispaikkaa: yksi ilmoitti ensisijaiseksi sijoittamispaikaksi ajoradan sekä piennaralueen, ja toinen ajoradan reunan sekä piennaralueen (kuva 14 b). Sekä muovi- että betonikaivojen yleisin sijoittamispaikka oli ajorata (kuva 15). Materiaalivalinnan ja sijoittamisen käytäntö oli vastaajien mukaan yleensä samanlainen kaupunginosasta/alueesta huolimatta. Syyt, joiden vuoksi materiaalivalinta toisinaan vaihteli, olivat kaavan tuomat rajoitukset, alueen maaperä, käytettävän putken koko, sekä suunnittelijan oma valinta materiaalista ja sijoittamisesta.



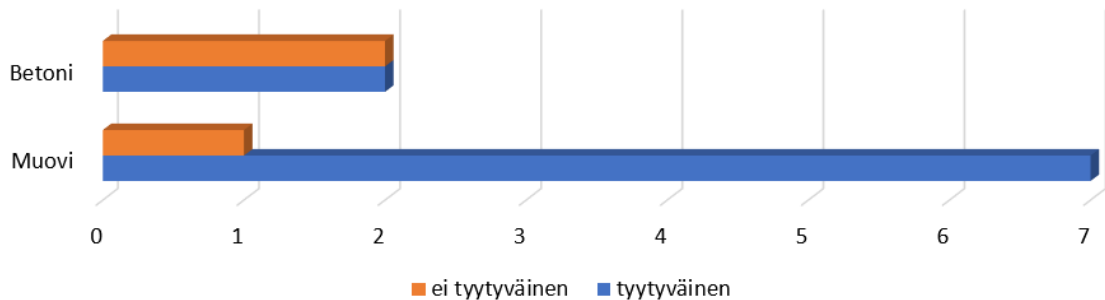
Kuva 14. a) Eri vesilaitosten ilmoittama ensisijainen kaivomateriaali b) Eri vesilaitosten ilmoittama ensisijainen tarkastuskaivojen sijoituspaikka. Sijoituspaikan vastauksissa on huomioitu myös kaksi vastaajaa, jotka ilmoittivat kaksi ensisijaista sijoituspaikkaa (muovi ajoradan reunalle ja piennaralueelle sekä muovi ajoradalle ja piennaralueelle). Kummankin vastaajan molemmat sijoituspaikkavastaukset on laskettu mukaan kokonaisina.



Kuva 15. Eri vesilaitosten ilmoittama ensisijainen tarkastuskaivojen sijoittamiskäytäntö nykyisessä suunnittelukäytännössä kaivomateriaalin mukaan luokiteltuna. Vastauksissa on huomioitu myös kaksi vastaajaa, jotka ilmoittivat kaksi sijoituspaikkaa. Kummankin vastaajan molemmat sijoituspaikkavastaukset on laskettu mukaan kokonaisina.

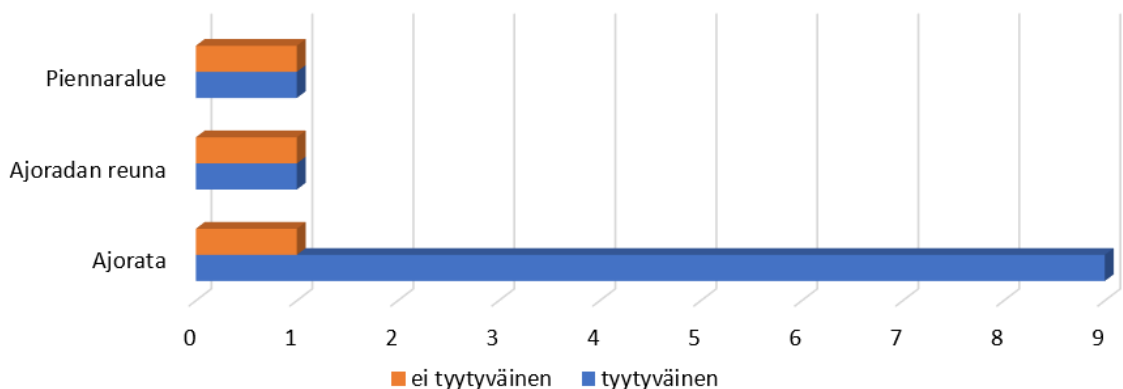
Vastaajien tyytyväisyys voimassa olevaan käytäntöön kaivojen materiaalivalinnasta ja sijoittamisesta

Alueilla, joilla betonia käytetään ensisijaisena materiaalivalintana, kaksi vastaajaa piti käytäntöä hyvänä ja kaksi ei ollut käytäntöön tyytyväisiä (kuva 16). Alueilla, joilla muovia käytetään ensisijaisena materiaalivalintana, seitsemän vastaajaa piti käytäntöä hyvänä ja yksi ei ollut käytäntöön tyytyväinen.



Kuva 16. Kunnossapidon asiantuntijoiden tyytyväisyys ensisijaiseen materiaalivalintaan.

Kunnossapidon asiantuntijoista yhdeksän oli tyytyväisiä heillä tällä hetkellä olevaan käytäntöön, jossa tarkastuskaivot sijoitetaan ajoradalle, ja yksi ei ollut käytäntöön tyytyväinen. Ajoradan reunalle sijoittamiseen yksi vastaaja oli tyytyväinen, kun taas toisen mielestä käytäntö ei ollut hyvä. Samoin piennaralueelle sijoittamiseen oli yksi tyytyväinen ja yksi tyytymätön vastaaja (kuva 17).



Kuva 17. Kunnossapidon asiantuntijoiden tyytyväisyys ensisijaiseen tarkastuskaivojen sijoittamispaikkaan. Vastauksissa on huomioitu myös kaksi vastaajaa, jotka olivat ilmoittaneet vesilaitoksensa käytäntönä kaksi ensisijaista tarkastuskaivon sijoittamispaikkaa (ajoradan reuna sekä piennaralue, ajorata sekä piennaralue).

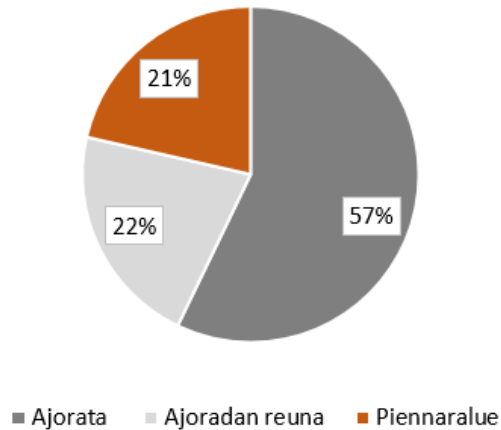
Kaivojen sijoittamisen vaikutus kunnossapidon toteutukseen

Kysyttäessä kunnossapidon asiantuntijoiden näkemyksiä kaivojen sijoittamisen vaikutuksesta kunnossapidon toteutukseen, ajoradalle sijoittamisen hyväksi puoliksi ilmoitettiin se, että mahdolliset korjaukset voidaan tehdä siten, että kaivutyöt pysyvät yleisen alueen puolella sekä se, että ajoradalla kaivot ovat helpoiten avattavissa myös talvella. Piennaralueen eduiksi koettiin kaivuutyön edullisuus ja se, että ei tarvitse työskennellä liikennealueella. Lisäksi ilmoitettiin kaivojen olevan piennaralueella suojassa liikenteen aiheuttamilta vaurioilta ja myös roudan arveltiin etenevän piennaralueella vähemmän syvälle. Ajoradan reunalle sijoittamisessa hyödyksi koettiin se, että kaivolle pääsy on helpompaa liikenteestä huolimatta, ja että liikenteelle aiheutuu tutkimuksista ja huollosta vähemmän häiriöitä.

Huonoja puolia ajoradalle sijoittamisessa oli vastaajien mielestä seuraavat tekijät: Kunnossapitotyöt aiheuttavat haittaa liikenteelle, ja liikenne voi myös vaikeuttaa kunnossapidon toteuttamista. Tiealueita ei yleensä mitoiteta routimattomiksi, mikä voi johtaa ongelmiin tiealueelle sijoitettujen kaivojen ja venttiilien kannalta. Korjaustoimenpiteet ovat kalliimpia tiealueella kuin tiealueen ulkopuolella, koska päällyste ja tien rakenne joudutaan rikkomaan. Roudan vaikutukset ovat usein tiealueella piennaraluetta suuremmat, tästä syystä asennussyvyyden on oltava ajoradalla piennaraluetta suurempi. Erityisen hankalana koettiin tarkastuskaivojen sijoittaminen keskelle ajorataa, sillä tuolloin kunnossapidosta aiheutuu liikenteelle kaikkein eniten haittaa. Kansistojen ilmoitettiin olevan ajoradalla jatkuvasti liikenteelle alttiina, jolloin ne kuluvat nopeasti. Ajorata myös pidetään lumettomana, jolloin kansisto ja kaivo voivat jäättyä talven aikana pahasti. Piennaralueelle sijoittamisen huonoiksi puoliksi mainittiin lumen kasautuminen talvella, jolloin kaivon käsiksi pääsemiseen tarvitaan koneellista lumityötä, sekä se, että vuotovesiä voi päästä kaivon enemmän piennaralueella, jos kaivon kansi on liian alhaalla. Ajoradan reunalle sijoitettaessa hankaluutena mainittiin, että ajoradan reunalla voi olla autoja pysäköitynä, tai sinne voi olla talvella kasautunut melkoisesti lunta, jolloin kaivoihin voi olla hankalaa päästä käsiksi.

Vastaajista kahdeksan mainitsi kunnossapidon töiden suorittamisen kannalta parhaana tarkastuskaivon sijoittamispaikkana ajoradan, kolme piennaralueen ja kolme ajoradan

reunan (kuva 18). Vastauksissa on huomioitu myös kaksi vastaajaa, jotka ilmoittivat kaksi kunnossapidon kannalta parasta sijoittamispaikkaa.



Kuva 18. Kunnossapidon asiantuntijoiden näkemys kunnossapidon kannalta tarkastuskaivon parhaasta sijoittamispaikasta. Kuvassa on huomioitu kokonaisina myös kahden vastaajan vastaukset, jossa oli mainittu kaksi vaihtoehtoa parhaaksi sijoittamispaikaksi (ajoradan reuna sekä piennaralue ja ajoradan reuna sekä ajorata).

Muovikaivojen soveltuminen ajoradalle sijoittamiseen

Kun kaikille kyselyyn vastanneille vesilaitosten kunnossapidon asiantuntijoille soitettiin, jotta saatiin tarkennusta vastaajien tyytyväisyydestä tarkastuskaivojen ensisijaisen materiaalivalinnan ja sijoituspaikan suhteen, osalta heistä kysyttiin lisäksi kokemusperäistä tietoa muovikaivojen soveltuvuudesta ajoradalle. Kysymys esitettiin niille kunnossapidon asiantuntijoille, joiden vesilaitoksen alueella oli käytössä ensisijaisena tarkastuskaivomateriaalina muovi, ja tarkastuskaivojen ensisijaisena sijoittamispaikkana oli ilmoitettu ajorata (6 vastaajaa) tai ajoradan reuna (2 vastaajaa). Vastauksista kävi ilmi, että pääosin asiantuntijoiden mielestä muovikaivot soveltuvat hyvin myös ajoradalle sijoittamiseen.

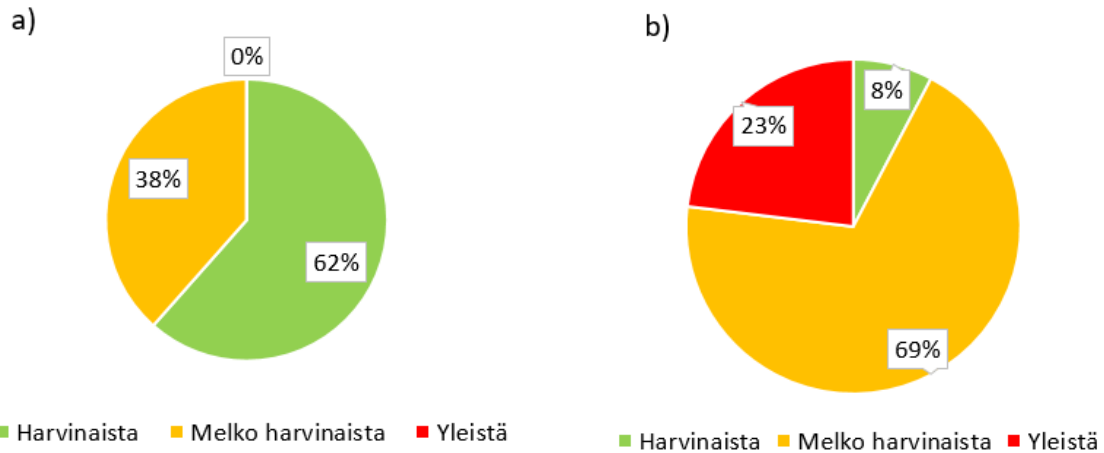
Vastaajista, joiden alueella ensisijainen muovisten tarkastuskaivojen sijoittamispaikka oli ajorata, kaikki kertoivat muovikaivojen sopivan hyvin ajoradalle sijoittamiseen. Vastauksissa mainittiin muun muassa, että muovikaivon runko säilyy maan alla siinä missä betonikaivonkin, ja että etenkin korkeatiheyksisestä polyeteenistä (PEH) valmistetut tarkastuskaivot soveltuvat ongelmitta ajoradalle sijoittamiseen. Eräs vastaaja korosti, että muovikaivo soveltuu hyvin ajoradalle sijoittamiseen, kunhan kyseessä on teleskoopillinen muovikaivo. Vesilaitosten kunnossapidon asiantuntijoilta kysyttiin myös

muovikaivojen ajoradalle sijoittamiseen liittyvistä haasteista. Niistä vastaajat mainitsivat, että joskus kaivon kansisto on irronnut muovikaivon teleskooppiosasta, ja jossain vaiheessa ongelmia olivat tuottaneet muovikaivot, joissa on polypropeenista (PP) valmistetut yläosat. Polypropeenista valmistetut yläosat pirstaloituivat helposti pakkasella aurasauton osumasta, ja yläosasta irronneet kappaleet tukkivat kaivon. Kaksi vastaajaa totesi, että mikäli muovikaivo ei toimi ajoradalle sijoitettaessa, todennäköisesti kyseessä on asennusvirhe, jolloin esimerkiksi kaivon ympärystäyttöä ei ole toteutettu kunnolla.

Kahden vastaajan alueella muovikaivojen ensisijaiseksi sijoittamispaikaksi oli mainittu ajoradan reuna. Toisen vastaajan mukaan roudan vuoksi mikään kaivomateriaali ei sovellu tiealueelle. Toisen vastaajan mielestä muovikaivojen sijoittaminen ajoradalle toimii puolestaan hyvin, ja muovikaivot kestävät hyvin tiealueella. Hänen mukaansa kaivon kansi ottaa vastaan liikennekuormat, ja muovisen teleskooppikaivon teleskooppiosa antaa tarvittaessa myöten. Vastaaja kommentoi kuitenkin, että uudisrakentamisessa on oltava huolellinen kaivon täyttöä tehdessä, ettei kaivo kallistu täryttäessä.

Muovi- ja betonikaivojen vuotavuuden yleisyys

Kunnossapidon asiantuntijoille esitettiin kysymys siitä, miten yleistä muovi- ja betonikaivojen vuotaminen on. Kaivojen vuotavuutta oli mahdollista luonnehtia harvinaiseksi, melko harvinaiseksi tai yleiseksi (harvinaista = alle 10 % kaivoista vuotaa, melko harvinaista = 10–20 % kaivoista vuotaa, yleistä = yli 20 % kaivoista vuotaa). Kolmestatoista kysymykseen vastanneesta muovikaivojen vuotamista harvinaisena piti kahdeksan (62 %), melko harvinaisena viisi (38 %) ja yleisenä ei yksikään. Betonikaivojen vuotamista harvinaisena piti yksi (8 %), melko harvinaisena yhdeksän (68 %) ja yleisenä kolme (23 %). (kuva 19).



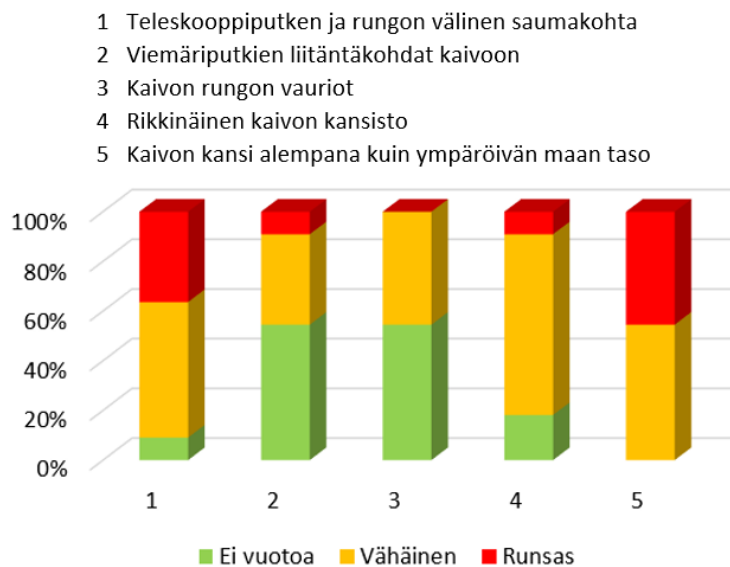
Kuva 19. Kunnossapidon asiantuntijoiden arvio a) muovikaivojen vuotavuuden yleisyydestä ja b) betonikaivojen vuotavuuden yleisyydestä.

Muovi- ja betonikaivojen tyypillisimmät vuotovesireitit ja niiden kautta tulevan vuotoveden määrä

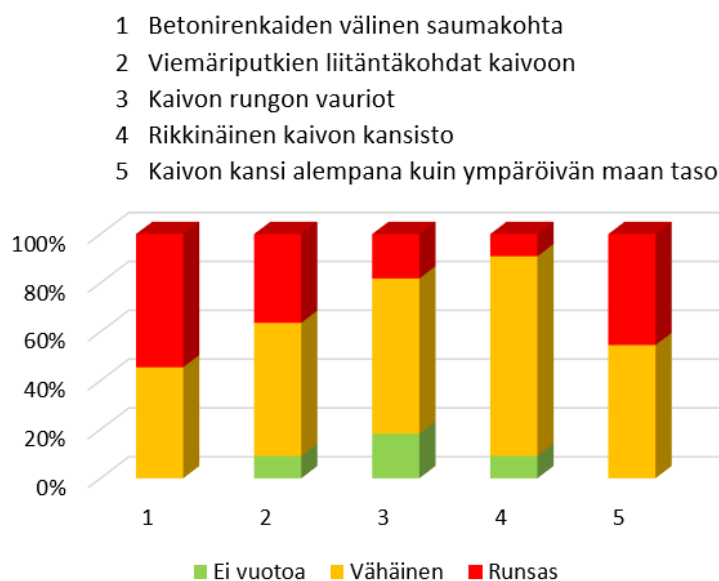
Kysymykseen kaivojen vuotovesireittien yleisyydestä oli vastannut ainoastaan seitsemän kolmestatoista vastaajasta. Kysymyksessä vastaajat arvioivat viiden eri vuotovesireitin tyypillisyyttä yleisimmästä vähiten yleiseen. Tulosten tarkastelussa nämä vaihtoehdot pisteytettiin siten, että yleisimmäksi luokittelu antoi viisi pistettä, seuraavaksi yleisimmäksi neljä pistettä jne. Vuotovesireittien järjestys on laskettu tuloksiin siten, että kullekin vaihtoehdolle laskettiin annettujen arvioiden mukaan yhteispistemäärät ja niitä vertailtiin. Vastaajien havaintojen perusteella selkeästi kaivojen yleisimpänä vuotoreittinä pidettiin betonirenkaiden välistä saumakohtaa tai teleskooppiputken ja rungon välistä saumakohtaa. Toiseksi yleisin reitti oli ympäröivän maan tason alapuolella oleva kaivonkansi, kolmanneksi yleisin oli viemäriputkien liitänäkohdat ja neljänneksi yleisimpiä olivat kaivon rungon vauriot, sekä rikkinäinen kaivon kansisto. Muita vastauksissa mainittuja kaivojen vuotovesireittejä olivat muovikaivon pohjan routarikko, betonikaivon pohjavuodot, aluekuivatuksen toimimattomuus, talohaarat sekä palopostin kuivatusputki.

Kyselyssä kunnossapitäjät arvioivat vuotoveden määrää vuotovesireiteittäin muovikaivoille (kuva 20) sekä betonikaivoille (kuva 21). Kysymyksen tähän osaan on otettu yhdentoista asiantuntijan vastaus, sillä kahden vastauksen piti jättää pois tulkintavaikeuksien vuoksi. Arvio koskee kunkin vuotovesireitin kautta mahdollisesti pääsevän yksittäisen vuodon runsautta (ei siis verkostoon pääsevää kokonaisvuotovesimäärää vuotovesireiteittäin). Kunnossapidon asiantuntijoiden

mielestä yksittäinen vuoto oli muovikaivoihin runsainta ympäröivää maan tasoa alempana olevan kaivon kannen kautta tai teleskooppiputken ja rungon välisestä saumakohtasta. Betonikaivoihin yksittäinen vuoto oli arvioiden mukaan runsainta betonirenkaiden välisen saumakohtaan kautta tai maan tasoa alempana olevan kaivon kannen kautta. Betonikaivojen vuotovesireittien kautta pääsevien yksittäisten vuotojen vuotovesimääriä arvioitiin yleisesti hieman muovikaivon vuotovesireittejä runsaammaksi.



Kuva 20. Kunnossapidon asiantuntijoiden arviot muovikaivojen eri vuotovesireittien kautta tulevien vuotojen suuruudesta.



Kuva 21. Kunnossapidon asiantuntijoiden arviot betonikaivojen eri vuotovesireittien kautta tulevien vuotojen suuruudesta.

Kun kunnossapidon asiantuntijoilta kysyttiin yleisimpiä syitä, joiden vuoksi vuotovettä pääsee verkostoon, kuusi vastaajaa mainitsi vastauksessaan routanousun aiheuttamat ongelmat, kaksi vastaajaa huonosti toteutetun kaivojen ympärystäytön, neljä asennusvirheen, kolme suunnitteluvirheen, sekä kolme vastaajaa puutteet kaivon rakenteen tai kansiston tiiveydessä. Lisäksi yksi mainitsi laittomat liittymät, joilla tonteilta ohjataan kuivatusvesiä verkostoon, Keinoina, joilla vuotovesien pääsyä verkostoon voisi vähentää, mainittiin verkoston säännöllinen saneeraaminen ja ennakkohuolto, jatkuva verkoston tutkiminen, seuraaminen, sekä havaittujen ongelmien korjaaminen, hyvä suunnittelu ja oikeaoppinen rakentaminen. Keinoina esitettiin myös kaivojen sijoittamista siten, ettei vuotovesi pääse kansiston kautta kaivoon, tiivisteiden käyttämistä kannen ja kehyksen välissä sekä reiättömien kansien käyttämistä.

Yksi kyselyyn vastanneista henkilöistä totesi, että vuotovesien joutumisesta verkostoon voi joissain tapauksissa olla viemäriverkoston toiminnan kannalta myös hyötyä, sillä joillakin alueilla, joilla on todelliseen tarpeeseen verrattuna liian suuret putkikoot, vuotoveden pääseminen verkostoon voi auttaa putkiston huuhtouman toteutumisessa. Tällaiselle ongelma-alueelle vuotoveden määrän merkittävä vähentyminen voi aiheuttaa huuhtoutumisongelmia, jopa tukoksia.

Valtaosa vastaajista ilmoitti, että vuotovesitutkimuksia on toteutettu vesilaitoksen alueella. Tutkimuksia on tehty mm. pumppaamoiden sähkönkulutusta seuraamalla, viemäriä kuvaamalla, kaivojen kunnon tarkastuksilla, savukokeilla sekä teettämällä alueellisia vuotovesitutkimuksia. Vastauksista kävi ilmi, että kaivojen vuotavuus voi vaihdella paljon alueittain, ja vuotovesien verkostoon joutumisen syyksi oli usein selvinnyt mm. roudan kaivoille aiheuttamat ongelmat, kuten kansistojen nousu, teleskooppien irtoaminen, muovikaivon pohjan repeäminen irti hitsaussaumasta sekä betonikaivojen vuotaminen saumoista. Eräs vastaaja kertoi muovikaivojen vuotavan usein, mutta sitä on vaikea huomata, sillä vuoto valuu kaivon reunaan pitkin ja on melko näkymätön. Vastaaja totesi myös, että betonikaivojen vuodot johtuvat usein renkaiden siirtymistä ja putkiliitosten reunoista. Näiden lisäksi vuotovesien syyksi vastauksissa mainittiin kaivojen ojassa tai piennaralueella sijaitsevat kansistot, jolloin kansi voi joutua kevään sulamisaikana veden alle, muovikaivojen teleskooppirenkään tiiviys, sekä linjat, jotka ovat jo vanhoja, ja joihin ei ole aikanaan käytetty tiivisteitä. Erään vastaajan alueella betonikaivojen saumojen oli havaittu vuotavan korkean pohjaveden alueella, ja yksi

vastaaja kommentoi yleisesti vanhojen kaivojen vuotavan. Myös sujutusten välitilasta oli todettu pääsevän vuotovettä kaivon kautta verkostoon.

Roudan aiheuttamat ongelmat betoni- ja muovikaivoille sekä niiden vähentäminen

Yleisimmin vastauksissa todettiin roudan aiheuttavan betonikaivoilla kaivonrenkaiden siirtymistä paikoiltaan. Etenkin jos kaivon ympäristäyttö on toteutettu huolimattomasti, roudan kerrottiin liikuttavan betonikaivoja. Betonikaivojen routaongelmien syyksi mainittiin myös epätasainen routiminen esimerkiksi ajoradan reunalla, sekä toispuolisesta maanpaineesta johtuva renkaiden siirtyminen esimerkiksi pientareella. Vastaajista yksi mainitsi roudan liikuttavan useimmiten ainoastaan kaivon yläosaa (kartiota), kun taas yksi vastaaja mainitsi, että routaliike liikuttaa kaivon kaikkia osia niin että lopulta kaivo vuotaa jokaisesta saumasta. Eräs vastaaja, joka kommentoi roudan nostavan betonikaivossa kaivonrenkaat erilleen, arveli ongelman liittyvän väärillä materiaaleilla toteutettuun täyttöön, sekä vanhoihin betonikaivoihin, jolloin tiivistys ei vielä ollut niin hyvä.

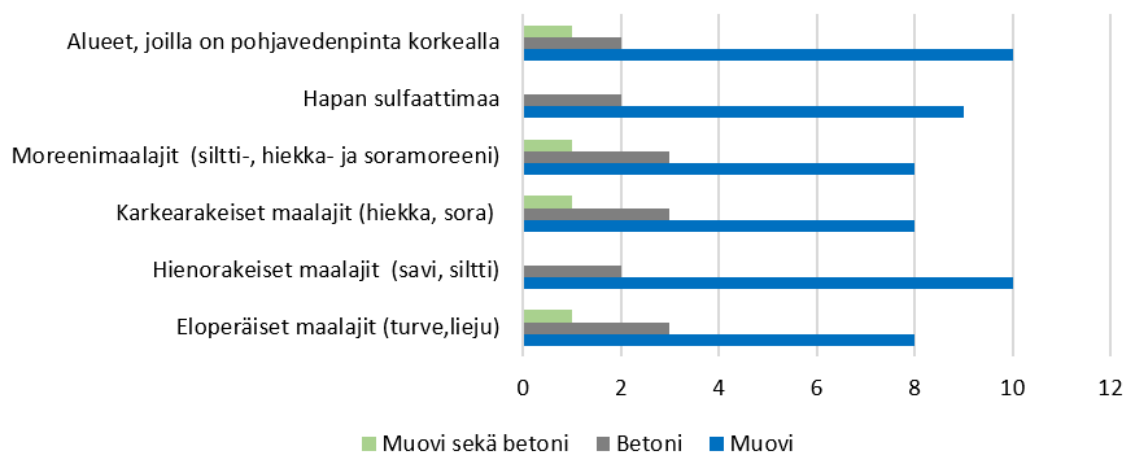
Vastauksissa roudan todettiin yleisimmin aiheuttavan muovikaivoille kaivon teleskooppiosan nousemista. Useat vastaajat mainitsivat, että erityisesti katualueen ulkopuolella routiva maa voi nostaa muovikaivon teleskooppiosaa vuosi vuodelta ylöspäin, kunnes teleskooppi irtoaa rungosta ja maa-ainesta pääsee viemäriin. Syyksi eräs vastaaja epäili routivan materiaalin käyttämisen kaivojen ympäristäytöissä. Vastausten perusteella routa voi aiheuttaa muovikaivoille myös pohjaosan hajoamisen. Routanousun mainittiin joissain tapauksissa nostavan koko kaivoa siten, että kaivon korkeusasema voi muuttua tai liitosmuhvit voivat rikkoontua. Eräs vastaaja mainitsi myös, että vielä 1990-luvulla rakennetut muovikaivot olivat helpompia vaurioitumaan maaperän routanoususta kuin nykyiset mallit. Myös maanpaine ja routa voivat aiheuttaa kaivolle muodonmuutoksia, joiden vuoksi tiiviste ei enää pidä.

Kolme vastaajaa mainitsi, että routa aiheuttaa betonikaivoille yleisemmin vuotoja kuin muovikaivoille. Yksi vastaaja puolestaan totesi roudan aiheuttavan enemmän ongelmia muovikaivoille. Kaksi kunnossapidon asiantuntijaa vastasi, että routa vahingoittaa yhtä lailla molemmista materiaaleista tehtyjä kaivoja, ja toinen heistä oli sitä mieltä, että asia olisi estettävissä hyvällä rakentamisella.

Kysyttäessä hyväksi havaittuja keinoja roudan aiheuttamien ongelmien vähentämiseen, useat esittivät rakennusmuovin käärimistä kaivon ympärille. Lisäksi mainittiin ympäristäytön vaihtaminen routimattomaksi, oikeanlainen perustamistapa sekä aluekuivatuksen toimimisesta huolehtimisen. Yksi vastaaja sanoi, että heidän alueellaan kaivot kierretään aina patolevyllä. Myös routamaton käyttäminen nousuputken ympärillä, sekä lämmöneristelevyjen käyttäminen hankalissa paikoissa mainittiin keinoiksi vähentää roudan aiheuttamia ongelmia.

Kunnossapidon asiantuntijoiden suositukset kaivomateriaalista eri maaperäolosuhteissa

Kunnossapidon asiantuntijat suosittelivat kaikkiin kyselyssä esitettyihin maaperäolosuhteisiin tarkastuskaivomateriaaliksi useimmiten muovia (kuva 22). Osa vastaajista ei ollut merkinnyt suositusta kaikkiin kohtiin, joten suositusten määrä vaihtelee eri maaperäolosuhteiden kohdalla hieman. Muovin valintaa eloperäisten maalajien (turve, lieju) alueelle perusteltiin mm. tiiviydellä, asentamisen helppoudella, betonikaivoa paremmalla kestävyvällä routimisen aiheuttamaa liikettä vastaan, sekä keveydellä, jonka vuoksi muovi ei vaadi yhtä vankkaa perustusta kuin betoni. Betonin valintaa perusteltiin massiivisella rakenteella, sekä suuremmalla painolla etenkin, jos alueella on myös pohjavesi korkealla. Eräässä vastauksessa huomautettiin myös, että putkikaivannon materiaalit ovat kuitenkin pääasiassa eri materiaaleja kuin ympäröivä maa-aines.



Kuva 22. Kunnossapidon asiantuntijoiden suosittama kaivomateriaali eri maaperäolosuhteissa.

Useimmat, jotka suosittelivat muovikaivoa alueelle, jolla pohjavedenpinta on korkealla, perustelivat valintaansa muovikaivojen tiiviydellä. Lisäksi jälleen mainittiin muovikaivon asentamisen nopeus ja helppous. Eräs vastaaja mainitsi, että suosittelee muovikaivoa, kunhan sen pystyy ankkuroimaan. Vastaaja, joka suositteli molempia, totesi, että kunhan kaivo on oikein asennettu, ei vuotoja pitäisi tulla.

Happamalle sulfaattimaalle muovia suosittelevat mainitsivat asentamisen helppouden ja nopeuden, muovikaivon keveyden, sekä sen että muovikaivoissa ei tapahdu syöpymistä. Betonin valintaa perusteltiin betonikaivon suuremmalla painolla.

Moreenimaalajeille (siltti- hiekka- ja soramoreeni) muovikaivoa suosittelevat perustelivat valintaansa muovikaivojen keveydellä ja tiiviydellä, asentamisen helppoudella ja nopeudella. Lisäksi mainittiin, että mikäli routa ei yllä pohjaosaan asti, routa nostaa ainoastaan teleskooppiosan jatkoa. Yksi vastaaja perusteli muovikaivon valintaa sillä, ettei moreenimaalaji olisi routiva. (Tämä voisi kuitenkin toteutua vain maalajin ollessa soramoreenia, sillä siltti- ja hiekkamoreeni ovat yleensä routivia. (Geologian tutkimuskeskus, 2017b).) Betonin valintaa moreenimaalajeille perusteltiin sillä, että kovalle pohjamaalle on edullista perustaa, ja betonista saa tilavamman ja lujemman kaivon edullisemmin kuin muovista. Molempia kaivoja suositteleva vastaaja kertoi valinnan riippuvan putkikoosta.

Karkearakeisille maalajeille (hiekkä, sora) muovia suosittelevat perustelivat valintaansa asentamisen helppoudella ja nopeudella, Lisäksi mainittiin, että mikäli routa ei yllä pohjaosaan asti, routa nostaa ainoastaan teleskooppiosan jatkoa. Yksi vastaaja suositteli muovia, koska kyseessä ei ole routiva maalaji. Betonin valintaa perusteltiin sillä, että kovalle pohjamaalle on edullista perustaa, ja betonista saa tilavamman ja lujemman kaivon edullisemmin kuin muovista. Molempia kaivoja suositteleva vastaaja kertoi valinnan riippuvan putkikoosta.

Hienorakeisten maalajien (savi, siltti) alueelle muovin valintaa perusteltiin muovikaivon keveydellä ja tiiveydellä, asennuksen nopeudella, helppoudella ja edullisuudella, paremmalla kestävyvällä routimisen aiheuttamaa liikettä vastaan. Betonin valintaa perusteltiin massiivisella rakenteella.

Eloperäisten maalajien (turve, lieju) alueille muovin valintaa perusteltiin tiiveydellä, keveydellä sekä asennuksen helppoudella ja nopeudella. Muovikaivon mainittiin tarvitsevan huomattavasti betonikaivoa vähäisemmän perustuksen painumisen ehkäisemiseksi, mikä voi tehdä muovikaivon asentamisen edullisemmaksi. Muovin mainittiin myös kestävämmän betonia paremmin routimisen aiheuttamaa liikettä. Eräs vastaaja totesi, että eloperäiselle maalle asentaminen on kuitenkin harvinaista, ja toinen vastaaja kommentoi, että kaivojen ympärillä olevat eloperäiset maalajit pitää rakennettaessa korvata muilla maalajeilla (esim. hiekka, murske). Vastauksissa mainittiin myös, että mikäli alueella on suuri noste, se voi tuoda haasteita muovikaivon asentamiselle. Betonin valintaa suositeltiin painon ja massiivisen rakenteen vuoksi, etenkin jos alueella on myös pohjavesi korkealla. Myös eräs betonikaivoa suosittava vastaaja huomautti, että pääasiassa putkikaivannon täyttömateriaalit ovat kuitenkin eri materiaaleja kuin ympäröivä maa-aines. Lisäksi viemärinkaivojen materiaalivalintaan vaikuttavat myös pehmeiköillä tehtävät pohjanvahvistus- ja perustamisratkaisut.

6.2 Rakentamisen asiantuntijoille osoitetun kyselyn tulokset

Rakentamisen asiantuntijat mainitsivat muovikaivon hyväksi puoliksi erityisesti kaivon keveyden, mistä johtuen kaivon asentaminen on helpompaa ja nopeampaa, eikä asennettaessa välttämättä tarvita kaivinkonetta kaivon siirtämistä varten. Lisäksi mainittiin muovikaivon edullisempi hinta, kaivon korkeuden säätämisen helppous, sekä se, että muovikaivoja on helpompaa muokata asennuksen yhteydessä, mikäli kaivoon tarvitaan esimerkiksi uusia lähtöjä.

Muovikaivon huonoiksi puoliksi mainittiin se, että mikäli muovihitsaus irtoaa, kaivoa ei voi käyttää, sillä työmaalla harvoin on käytössä korjaukseen tarvittavat laitteet. Yksi vastaaja mainitsi, että muovikaivojen betonikaivoja pienempi koko (alle 800 mm) voi vaikeuttaa kaivossa tehtäviä toimenpiteitä kuten TV-kuvauksia, tilapäisiä tulppauksia sekä ohipumppauksia, ja muovikaivoista on myös vaikeaa tai mahdotonta toteuttaa putkiston sukitus- tai sujutusurakkaa. Yhden vastaajan mielestä muovikaivon huonoja puolia olivat huono kestävyys ja korjaamisen vaikeus. Eräs vastaaja oli sitä mieltä, että muovikaivot ovat betonikaivoja helpompia vaurioitumaan kuljetuksen ja asennustyön yhteydessä. Hän totesi myös, että kansistojen kiinnitys irtoaa usein teleskooppiputken reunasta rakentamisen aikana ja että muovikaivon mustan värin vuoksi niihin on vaikea

nähdä ilman voimakasta lisävaloa. Lisäksi hänen mukaansa muovikaivot toimitetaan usein liian pitkillä teleskoopeilla, mikä vaikeuttaa kaivon korkeuden säätämistä. Vastaaja mainitsi muovikaivon keveydestä olevan rakennustyön aikana myös haittaa, sillä kaivo voi kallistua täyttötöiden ja tärytyksen yhteydessä.

Betonikaivon hyväksi puoliksi mainittiin erityisesti koko ja kestävyys. Yksi vastaaja mainitsi, että betonikaivot eivät ole rikkoontumisherkkiä, sillä läpiviennit on valettu kiinni. Toinen vastaaja piti hyvänä kaivojen suurta kokoa, jolloin kaivosta tehtävät toimenpiteet, kuten tv-kuvaaminen, tilapäiset tulppaukset ja ohipumppaukset ovat toteutettavissa. Kolmas vastaaja oli sitä mieltä, että betonikaivo kestää hyvin rakentamisen aikaisen työkuormituksen, on hyvän kokoinen, ja siihen voidaan tarvittaessa tehdä jälkiliittymiä. Neljäs vastaaja piti hyvänä sitä, että betonikaivot ovat raskaita, eivätkä liiku kesken asennuksen, täyttötöiden tai tärytyksen, ja putkien työntäminen kaivoon on helpompaa, kun kaivo pysyy paikallaan. Vastaaja mainitsi myös, etteivät betonikaivot vaurioidu helposti kuljetuksen yhteydessä, niiden kelluvien kansistojen säätö on helppoa ja nopeaa, ja lisäksi betonikaivoon näkee helpommin sisälleen vaalean harmaan värin vuoksi. Lisäksi vastaaja oli sitä mieltä, että betonikaivoilla varustettu linja kestää paremmin veden ja maan aiheuttamaa nostetta alueilla, joilla pohjavesi on korkealla.

Betonikaivon huonoksi puoleksi rakennusvaiheessa kaikki vastaajat mainitsivat kaivojen suuren massan, jonka vuoksi niitä on vaikea liikutella työmaalla ja asentamisessa on aina käytettävä apuna konevoimaa ja nostotarraimia. Yksi vastaaja mainitsi lisäksi, että betonikaivot ovat hitaita ja monivaiheisia asentaa. Toinen vastaaja mainitsi betonikaivon olevan kallis, mutta kestävä katualueella. Yhden vastaajan mielestä huonoja puolia ovat betonin painavuus, joka aiheuttaa myös suurempia rahtikustannuksia, betonikaivojen kalliimpi hinta ja se, että uusien reikien tekeminen ja läpivientien asentaminen ovat kalliita. Vastaaja mainitsi myös, että betonikaivojen läpivientitiivisteet eivät ole yhtä varmoja kuin muovikaivojen yhteet, eivätkä ne kestä vetoliikettä kaivosta ulospäin. Lisäksi vastaaja kertoi joidenkin putkityyppien asentamisen olevan lähes mahdotonta betonikaivoon, jossa on läpivientitiivisteet ilman erillistä asennusholkkia. Putken asennuksen yhteydessä tiiviste voi myös jäädä väärin, jolloin liitos voi alkaa vuotamaan ja betonikaivot voivat vuotaa myös osarenkaiden välistä.

Betoni- ja muovikaivojen hintojen vertailu on hieman ongelmallista, sillä putkikoko vaikuttaa kaivojen kokoon eri tavalla, ja tietynkokoinen putki vaati ohjeistusten mukaan eri kokoisen kaivon kaivomateriaalista riippuen. Jos samassa tilanteessa käytetään betonista (halkaisija 800 mm) tai muovista (halkaisija 560 mm) tarkastuskaivoa, betonikaivon *kokonaishinta* arvioitiin keskimäärin 1,6-kertaiseksi muovikaivoon verrattuna (3 vastaajaa). Molemmista kaivoista hinta-arviot pyydettiin kansistolla, jonka kuormituskestävyys on 400 kN. Betonikaivon *hankintahinnan* arvioitiin olevan keskimäärin 1,5-kertainen (2 vastaajaa) ja *asennustyön osuuden* kaksinkertainen (3 vastaajaa) muovikaivoon verrattuna.

Rakentamisen asiantuntijoilta kysyttiin millä keinoilla muovi- ja betonikaivoja voidaan saneerata ja kunnostaa. Muovikaivojen kohdalla vastaajat mainitsivat uuden kaivon vaihtamisen rikkiäisen tilalle, roudan nostamien liitosten painamisen paikoilleen, kaivuutyön avulla korjaamisen, teleskooppiputkien vaihtamisen uusiin, uusien yhteiden lisäämisen jälkiliitossatulalla sekä kansiston vaihtamisen. Betonikaivojen kohdalla mainittiin osarenkaiden vaihto uusiin, kaivon paikkaaminen valamalla, kaivon ruiskubetonointi, muovimassan ruiskutus tai sukittaminen, pienempihalkaisijaisen muovikaivon asentaminen kaivon sisään, ulkopuolinen kaivuutyö, routalevyjen ja hiekan käyttäminen kunnostuksen apuna, sekä uusien reikien tekeminen ja läpivientien asentaminen. Lisäksi yksi vastaaja mainitsi, että betonikaivon voi käytön jälkeen kierrättää esimerkiksi katurakenteessa käytettävänä betonimurskeena, kun taas muovikaivot päätyvät käytön jälkeen kaatopaikalle.

6.3 Suunnittelun asiantuntijoille osoitetun kyselyn tulokset

Kaikki kyselyyn vastanneet suunnittelun asiantuntijat olivat sitä mieltä, että Oulun Veden nykyistä ohjetta voisi kehittää hieman joustavammaksi, jolloin myös muovikaivojen käyttäminen olisi mahdollista nykyistä enemmän. Yksi vastaaja huomautti, että muovikaivoja voi käyttää myös liikennealueilla sopivissa kohteissa. Eräs vastaaja ehdotti, että ohjeistus voisi vaihdella projektikohtaisesti olosuhteiden perusteella. Kaikkien vastaajien mielestä ajorata on ensisijainen sijoituspaikka etenkin tiiviisti rakennetuilla alueilla, mutta myös piennaralueelle, ajoradan reunalle sekä viheralueelle sijoittaminen mainittiin hyvinä vaihtoehtoina olosuhteiden niin salliessa. Kaikki vastaajat olivat sitä mieltä, että suunnitteluohjeistusta seurataan ja noudatetaan pääsääntöisesti hyvin. Yksi

vastaaja totesi, että vaikka ohjeistusta on aina sovellettava kohteen mukaan, suunnitteluohjeistus kuitenkin helpottaa suunnittelutyötä.

Kyselyssä suunnittelijoilta kysyttiin, millaisissa olosuhteissa kaivon olisi heidän mielestään ehdottomasti oltava betoninen tai muovinen. Vastaajat mainitsivat betonikaivon käyttämisen hyväksi ratkaisuksi erityisesti silloin, kun on kyse suurista kaivoista. Lisäksi vastauksissa mainittiin betonia käytettävän olosuhteissa, joissa jäteveden lämpötila on korkea, pohjaveden aiheuttama noste on suuri, kaivon on oltava epäsäännöllisen muotoinen, tai alueilla, joilla maaperä on löysää/routivaa. Muovikaivojen käyttö mainittiin hyväksi vaihtoehdoksi olosuhteissa, joissa pohjavesi on korkealla, maaperä pehmeää, ahtaissa paikoissa sekä kohteissa, joissa on poikkeuksellinen kemiallinen kuormitus tai joissa viemäriin kertyy paljon rikkivetyä. Yksi vastaaja myös pohti, onko oikeasti monia tilanteita, joissa vain betoninen tai muovinen kaivo käy vaihtoehdoksi, vai liittyvätkö käytännöt enemmän totuttuihin tapoihin rakentaa.

Kun kysyttiin suunnittelijoiden vaikutusmahdollisuuksia vuotovesien minimoimiseen, vastaajat mainitsivat, että suunnittelijat voivat vaikuttaa kaivojen sijoittamiseen siten, etteivät ne ole ympäristöä matalammalla. Lisäksi suunnittelija voi vaikuttaa merkitsemällä suunnitelmaan pohjanvahvistuksia, putkiarinoita tai ohjeistamalla ympäristäyttöjä.

6.4 Kaivovalmistajille ja -toimittajille osoitetun kyselyn tulokset

Kaivonvalmistajat ja -toimittajat mainitsivat betonikaivojen vahvuuksiksi tuotteiden hyvin pitkä kestoian, vähäisen huollon ja korjauksen tarpeen, stabiliteetin ja kantavuuden raskaan liikenteen alla, tiiviyn, helpon muokattavuuden sekä hyvän mekaanisen keston käsittelyssä sekä asennuksessa. Lisäksi vastaajat kertoivat betonin vahvuuksiksi poikkileikkauksen muodon säilymisen pyöreänä ilman muodonmuutoksia, mahdollisuuden mitoittaa tuotteet sopiviksi erilaisille kuormitustapauksille ja asennusolosuhteille, paikallaan pysymisen tärytyksen aikana, materiaalin asennuksen riippumattomuuden pakkasen kovuudesta sekä muotoillut pohjakourut, joiden vuoksi virtaus on sujuvaa. Vahvuuksina mainittiin myös se, että betonituotteet eivät nouse nosteen vaikutuksesta eivätkä siksi tarvitse ankkurointia, ja se, että betonikaivoja voidaan

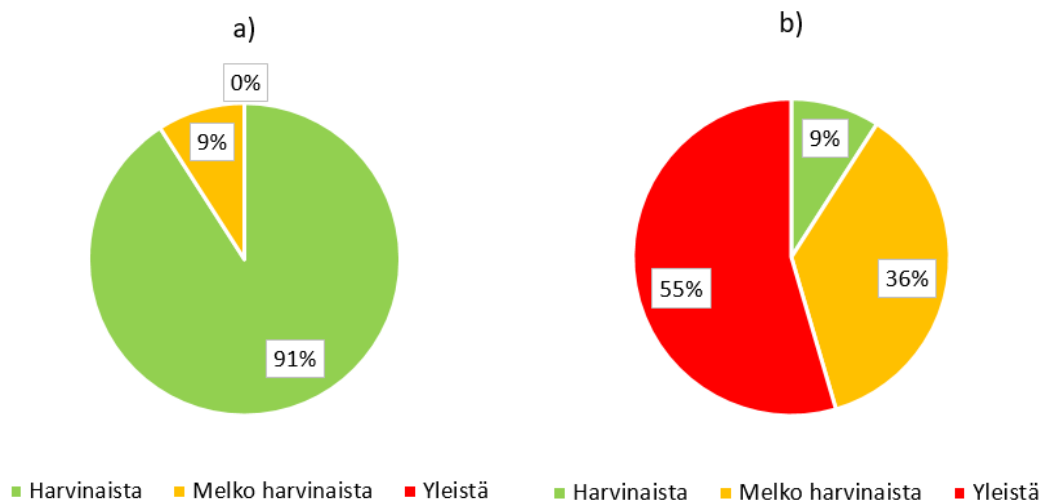
varastoida rajattoman pitkiä aikoja, eikä valon uv-säteily tuhoa tuotteita. Lisäksi betonin huomautettiin olevan materiaalina palamatonta, ja korkeiden lämpötilojen hyvän sietokyvyn vuoksi betonikaivo kestää hyvin mm. sulatukset, joita toisinaan joudutaan talvikaudella tekemään. Eräs vastaaja mainitsi myös, että betonikaivo voidaan pinnoittamisen avulla saada kestävämmän paremmin syövyttäviä kaasuja sekä mekaanista kulutusta.

Muovikaivojen vahvuuksiksi vastaajat mainitsivat muovikaivojen keveyden, jonka vuoksi ne ovat helppoja ja nopeita asentaa, materiaalin elastisuuden, jonka vuoksi kaivo sietää hyvin mm. liikennekuormien aiheuttamia rasituksia, sekä kaivojen tiiveyden. Lisäksi vastauksissa mainittiin polyeteenin hyvä kemiallinen kestävyys, jonka vuoksi kaivot kestävät hyvin happoja ja emäksiä, muovikaivojen käsittelyn helppous valmistuksessa ja asennuskohteessa, ympärystytön tiivistämisen helppous ja muovikaivojen monipuolisuus sekä pitkäikäisyys. Lisäksi vastauksissa huomautettiin, että räätälöityjen muovikaivojen valmistaminen on helppoa ja nopeaa kaivokorttien mukaan. Vahvuutena mainittiin myös kaivon rakenne, jossa teleskooppikansisto ottaa liikennekuormat vastaan ja itse kaivon runko ei joudu suoran rasituksen kohteeksi.

Betoni- ja muovikaivojen suunnittelussa ja valmistuksessa otetaan huomioon vuotovesien pääsyn minimoiminen. Betonikaivojen kohdalla keinoiksi mainittiin saumakohtien vähentäminen suunnittelun avulla, olosuhteisiin oikeanlaisten liittymäratkaisujen toteuttaminen ja hyvien tiivisteiden käyttäminen liitoksissa. Lisäksi keinoina mainittiin betonikaivoissa käytettävä EK-järjestelmä (esiasennettu kiintotiiviste -järjestelmä), joka perustuu tiivisteiden kokoonpuristuvuuteen ja tiivisteliitoksen suureen paineeseen, jolloin liitos kestää hyvin sekä sisä- että ulkopuolista painetta. Vuotovesien hallinnan kannalta hyväksi mainittiin myös betonikaivon uusi teleskooppikartioratkaisu, joka on perinteistä korokerengasmallia tiiviimpi. Muovikaivojen kohdalla keinoiksi mainittiin saumojen ja yhteiden vesitiiviiden varmistaminen hitsaamalla sekä hyvien tiivisteiden käyttö liitoksissa. Lisäksi keinona mainittiin se, että kaivon vesitiiviiden liitosten sekä kansiston lisäksi kaivoissa voidaan käyttää tiivistettä myös kaivonrungon ja teleskooppirenkään välissä, jolloin estetään vuotoveden pääsy kaivoon.

6.5 Oulun Veden vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille osoitetun kyselyn tulokset

Vesihuollon asennus- ja kunnossapitotöiden parissa työskenteleviltä vastaajilta pyydettiin arvioita muovi- ja betonikaivojen vuotavuudesta (kuva 23). Yhdestätoista vastaajasta kymmenen arvioi muovikaivojen vuotavuuden harvinaiseksi ja yksi melko harvinaiseksi. Betonikaivojen kohdalla vuotavuutta arvioi harvinaiseksi yksi, melko harvinaiseksi neljä, sekä yleiseksi kuusi vastajaa. Vastaajien mukaan vuotoveden pääsemistä verkostoon voisi vähentää huolellisella asennustyöllä, kaivojen oikeanlaisella sijoittamisella niin että kansisto on ympäröivää maanpintaa korkeammalla, käyttämällä routaeristeitä, asentamalla rakennusmuovia kaivojen ympärille sekä kehittämällä vaihtoehtoja kansistojen nostoreikien tilalle, sekä alueellisen sekaviemäroinnin muuttamisella erillisviiemäroinniksi.

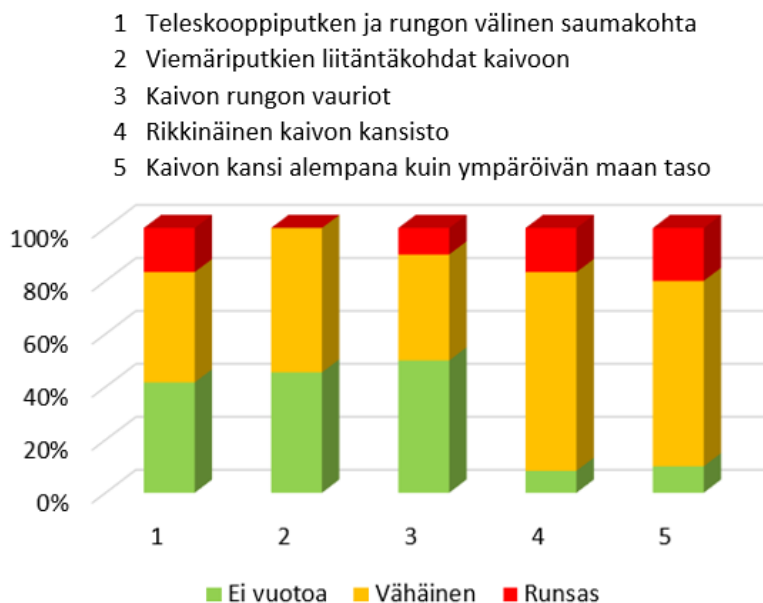


Kuva 23. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien arviot a) muovikaivojen vuotavuuden yleisyydestä sekä b) betonikaivojen vuotavuuden yleisyydestä.

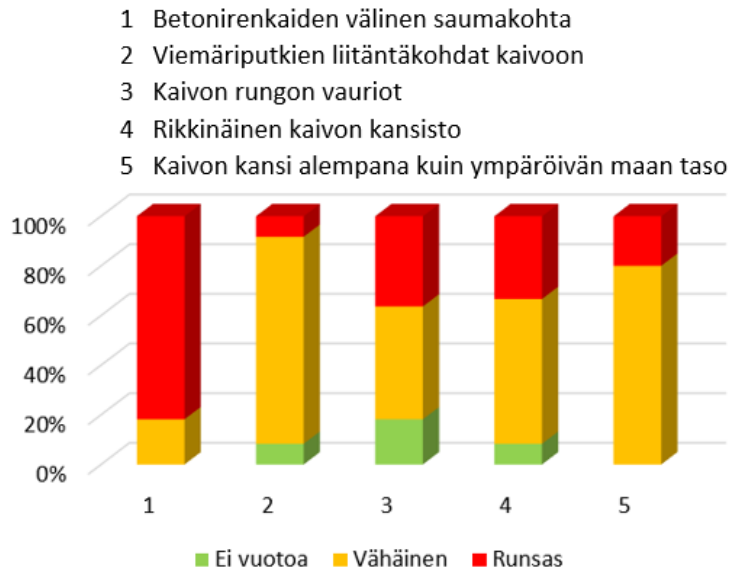
Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan tarkastuskaivojen viiden eri vuotovesireitin tyypillisyyttä yleisestä vähiten yleiseen. Tulosten tarkastelussa nämä vaihtoehdot pisteytettiin siten, että yleisimmäksi luokittelu antoi viisi pistettä seuraavaksi yleisimmäksi neljä pistettä jne. Vuotovesireittien järjestys on laskettu tuloksiin siten, että kullekin vaihtoehdolle laskettiin annettujen arvioiden mukaan yhteispistemäärät ja niitä vertailtiin. Tähän kohtaan kysymystä saatiin vastaus ainoastaan kuudelta vastaajalta. Kyselyyn vastanneiden Oulun Veden kunnossapitoyksikön työntekijöiden havaintojen perusteella kaivojen yleisimmät vuotovesireitit olivat betonirenkaiden välinen

saumakohta tai teleskooppiputken ja rungon välinen saumakohta, sekä ympäröivän maan tason alapuolella sijaitseva kaivon kansi. Seuraavaksi yleisimmät olivat rikkinäinen kaivon kansisto ja viemäriputkien liitännäkohdat. Vähiten yleisenä vuotovesireittinä pidettiin kaivon rungon vaurioita.

Vastaajia pyydettiin myös arvioimaan eri vuotovesireittien kautta tulevan vuotoveden määrää muovikaivoille (kuva 24) ja betonikaivoille (kuva 25). Kysymyksen tähän kohtaan oli vastannut kaksitoista vastaajaa. Arvio koskee kunkin vuotovesireitin kautta mahdollisesti pääsevän yksittäisen vuodon runsautta (ei siis verkostoon pääsevää kokonaisvuotovesimäärää vuotovesireiteittäin). Vastaajien mielestä yksittäinen vuoto oli muovikaivoihin runsainta ympäröivän maan tasoa alempana olevan kaivon kannen kautta. Betonikaivoihin yksittäinen vuoto oli arvioiden mukaan runsainta betonirenkaiden välisen saumakohtaan kautta. Vastaajat arvioivat betonikaivojen vuotovesireittien kautta tulevaa vuotoveden määrää usein hieman runsaammaksi kuin muovikaivoilla vastaavaa vuotovesireittiä pitkin tulevan vesimäärän.



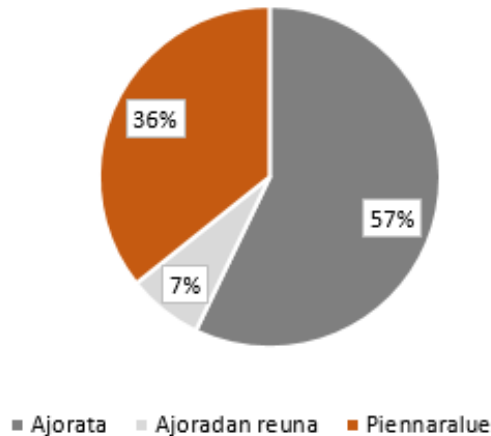
Kuva 24. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien arvio muovikaivon eri vuotovesireittien kautta tulevan vuotoveden määrästä.



Kuva 25. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien arvio betonikaivon eri vuotovesireittien kautta tulevan vuotoveden määrästä.

Kun vesihuollon asentajilta ja huuhteluauton kuljettajilta kysyttiin, miten muovi- ja betonikaivojen asennustyöt eroavat toisistaan, lähes kaikki vastaajat kuvailivat muovikaivon asennustyötä helpoksi tai helpommaksi kuin betonikaivon asentamisen. Muovikaivon hyvinä puolina mainittiin erityisesti keveys, käsittelyn helppous, nopeus ja turvallisuus, asentamisen helppous sekä läpivientien tekemisen helppous. Lisäksi mainittiin, että teleskoopin ansiosta kaivo on helppo asettaa maanpinnan tason mukaan, eivätkä muovikaivot tarvitse paksua arinaa keveytensä vuoksi. Betonikaivon asentamista luonnehdittiin muovikaivon asentamista hitaammaksi, työläemmäksi ja kalliimmaksi. Lisäksi mainittiin, että betonikaivon kohdalla pohjatyöt on tehtävä huolella, ettei kaivo painu. Kaikki kaksitoista vastaajaa olivat sitä mieltä, että betonikaivon asentamiseen liittyy enemmän työturvallisuusriskejä kuin muovikaivon asentamiseen. Betonikaivon asennustyön vaaroina mainittiin betonikaivon painon vuoksi litistymisvaara sekä konenoston aiheuttamat vaarat.

Kyselyyn vastanneista Oulun Veden kunnossapitoyksikön työntekijöistä viisi vastaajaa koki kunnossapidon kannalta parhaaksi tarkastuskaivojen sijoittamisen piennaralueelle, kahdeksan ajoradalle sijoittamisen ja yksi ajoradan reunalle sijoittamisen (kuva 26).



Kuva 26. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien näkemys tarkastuskaivon parhaasta sijoittamispaikasta kunnossapidon kannalta. Kuvassa on huomioitu myös kaksi vastausta, joissa mainittiin parhaaksi sijoittamispaikaksi ajorata sekä piennaralue. Kummankin vastaajan molemmat vastaukset on huomioitu kuvaajassa kokonaisina.

Ajoradalle sijoittamisen hyväksi puoleksi puolestaan mainittiin se, että tiealueelle sijoitettuja kaivoja on helppo päästä huoltamaan sekä huuhtelevaan. Ajoradalle sijoittamisen haasteiksi mainittiin kaivojen jäätyminen ja jääminen lumen alle talvella, työskenteleminen liikenteen seassa ja muun liikenteen varoittaminen. Kaksi vastaajaa mainitsi hankalaksi keskelle ajorataa sijoitetut kaivot, sillä silloin huoltotyöt vaikuttavat molempien kaistojen liikenteeseen. Tästä syystä he pitivät parhaana vaihtoehtona nimenomaan toiselle ajokaistalle sijoittamista. Ajoradan reunalle sijoittamisen hyvänä puolena mainittiin talvikunnossapidon helppous, ja huonona puolena liikenteen seassa työskenteleminen. Piennaralueelle sijoittamisen hyväksi puoleksi mainittiin, että siellä jälkiliittymien tekeminen on helpompaa, kaivon kannet eivät jäädy kiinni, lumikoneet eivät särje kansistoja, routiminen on vähäisempää ja kaivojen korjaaminen on halvempaa, sillä tierakennetta ei jouduta rikkomaan. Piennaralueelle sijoittamisen huonona puolena mainittiin se, että siellä kaivot ovat yleensä paksun lumipeitteen alla, mikä vaikeuttaa kaivojen löytämistä ja niihin käsiksi pääsemistä.

Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien vastauksissa muovikaivojen kohdalla havaittuina ongelmina mainittiin teleskooppiputkien nousu ja hitsauksien repeäminen, heikommat putkien liitoskohdat, sekä kaivon ahtaus huuhtelemiselle ja korjaustöiden tekemiselle. Lisäksi vastauksissa mainittiin teleskoopittoman kaivon vaurioituminen roudan vaikutuksesta, ja yksi vastaaja kertoi, että muovikaivo saattaa ylös noustessaan repiä putket irti/poikki kaivosta. Betonikaivojen kohdalla mainittuja ongelmia olivat roudan aiheuttama kaivon osien nousu ja siirtyminen, maiden joutuminen

liitosten väliin, juuristojen pääsy kaivoihin, likaisuus ja tukkeutumisherkyys, vuotaminen sekä liitosreikien tekemisen työläisyys. Lisäksi mainittiin kaivon rapautuminen ajan saatossa, sekä viemärikaasujen betonikaivoja rappeuttava vaikutus. Erityisesti roudasta johtuviksi ongelmiksi mainittiin muovikaivoille teleskooppikaivojen teleskooppiosan nousua ja täyskorkeiden muovikaivojen särkymisiä tai niiden liitosten irtoamisia. Betonikaivoille roudan mainittiin aiheuttavan kaivon kartion ja renkaiden siirtymiä, kaivon nousua ja betonin särkymistä. Kaivojen routaongelmien vähentämiseen vastaajat ilmoittivat hyviä keinoja olevan kaivojen ympäröimisen rakennusmuovilla tai patomuovilla, routaeristyksen käyttämisen ja routimattomien maiden käytön täyttömaana. Myös teleskooppimallisen kaivon käyttäminen täyskorkean kaivon sijaan mainittiin ehkäisevän routavaurioita, mutta samassa yhteydessä mainittiin, että kansisto vaatii huoltoa, kun yläosa teleskoopista on noussut ylös.

6.6 Tulosten tarkastelu

Tarkastuskaivojen kunnossapidon asiantuntijatehtävissä työskentelevien vastaajien mukaan muovikaivojen vuotaminen on harvinaisempaa kuin betonikaivojen. Myös vesihuollon asentajat ja huuhteluauton kuljettajat arvioivat muovikaivojen vuotamisen betonikaivoja harvinaisemmaksi. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien arvion mukaan eroa muovi- ja betonikaivojen vuotavuuden yleisyydessä arvioitiin vielä suuremmaksi kuin kunnossapidon asiantuntijoiden arvion mukaan. Kyselyn perusteella muovi on vesilaitosten keskuudessa huomattavasti betonia yleisempi valinta ensisijaiseksi tarkastuskaivomateriaaliksi. Kunnossapidon asiantuntijat olivat pääsääntöisesti tyytyväisiä muovin käyttöön ensisijaisena tarkastuskaivomateriaalina, ja muovi myös oli kunnossapidon asiantuntijoiden eniten suosittelu kaivomateriaali kaikkiin kyselyssä ehdotettuihin eri maaperäolosuhteisiin, sekä alueille, joilla on korkealla oleva pohjavedenpinta.

Muovi- ja betonikaivojen vuotavuuden eroista ei suoraan löydy kotimaisia tai ulkomaisia tutkimuksia, joihin tuloksia voisi verrata. Tulos on kuitenkin samassa linjassa Jarno Salosen (2011) opinnäytetyössä ”Kyrön ja Riihikosken viemärikaivojen kuntotarkastelu” tehdyn muovi- ja betonikaivojen vertailun kanssa. Salosen työssä oli tarkasteltu tutkimusalueen muovisten ja betonisten tarkastuskaivojen kuntoa, sekä yleisimpiä vikoja ja vaurioita. Tutkimuksessa havaittiin, että sekä viemäriverkkojen nuorimmat- että

vanhimmat muoviset tarkastuskaivot olivat yleisesti ottaen hyväkuntoisia, mutta alueella sijaitsevien betonisten tarkastuskaivojen yleiskunto oli hyvä tai tyydyttävä. Betonikaivojen huonomman kunnan aiheuttajiksi arvioitiin routaliikkeen vaikutusta, syövyttäviä jätevesiä, betonikaivojen vanhempaa ikää, sekä sitä, että betonikaivoissa on enemmän saumoja kuin muovikaivoissa. (Salonen 2011) Nyt toteutetussa diplomityössä kunnossapidon asiantuntijoiden vastauksissa todettiin roudan aiheuttavan betonikaivoilla yleisimmin kaivonrenkaiden siirtymistä paikoiltaan ja muovikaivoilla kaivon teleskooppiosan nousemista. Kolme vastaajaa mainitsi, että routa aiheuttaa betonikaivoille yleisemmin vuotoja kuin muovikaivoille ja yksi puolestaan totesi roudan aiheuttavan enemmän ongelmia muovikaivoille.

Kunnossapidon asiantuntijoiden sekä vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien vastausten perusteella ajorata koettiin parhaaksi tarkastuskaivojen sijoittamispaikaksi kunnossapidon töiden toteuttamisen kannalta. Ajorata vaikutti hyvältä valinnalta tarkastuskaivojen sijoittamispaikaksi myös siitä syystä, että kaivojen sijoittaminen ajoradalle oli vesilaitosten keskuudessa yleisin käytäntö, ja kunnossapidon asiantuntijoiden vastausten perusteella siihen oltiin pääsääntöisesti tyytyväisiä.

Rakentamisen asiantuntijoiden kyselyn perusteella muovilla ja betonilla on molemmilla rakennusvaiheessa hyvät ja huonot puolensa, eikä materiaaleja voi vastausten perusteella asettaa rakennusvaiheen kannalta paremmuusjärjestykseen. Vastauksista kävi kuitenkin ilmi, että kaivojen rakentaminen muovisina voi joissain tapauksissa tulla edullisemmaksi, mutta toisaalta betonikaivoille todettiin olevan enemmän saneerausmahdollisuuksia. Myös kaivovalmistajien ja -toimittajien vastauksista kävi ilmi, että molemmilla kaivomateriaaleilla on kiistatta vahvuutensa.

Tulosten luotettavuus

Muovi- ja betonikaivojen vuotavuudesta ei ollut löydettävissä kenttätutkimuksiin perustuvaa vertailua. Lisäksi kiistattomien vertailutulosten saamiseksi sellaisen toteuttaminen vaatisi vertailtaville kaivoille todella hallitut, täysin samanlaiset olosuhteet sekä huomattavan pitkä tutkimusajan. Siksi tässä työssä johtopäätösten perusteena on käytetty alalla työskentelevien eri toimijoiden kokemuksiin pohjautuvia arvioita, joita on kerätty kyselyiden avulla.

Kyselytutkimuksen avulla saatava tieto perustuu jätevesiverkoston tarkastuskaivojen parissa työskentelevien eri toimijoiden käytännön kokemukseen sekä henkilökohtaisiin arvioihin. Kunnossapidon asiantuntijoiden kysely oli työn kannalta keskeisimmässä roolissa ja siihen saatiin vastaus kahdeltatoista kunnossapidon asiantuntijalta kymmenestä eri vesilaitoksesta, sekä yhdeltä viemäriverkoston vuotovesiselvitysten tekoon erikoistuneelta henkilöltä. Tätä vastaajamäärä voi pitää tulosten luotettavuuden kannalta riittävänä. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien kyselyyn vastasi kaksitoista Oulun Vedellä työskentelevää henkilöä. Muiden kyselyiden vastaajamäärät olivat suunnitellustikin huomattavasti vähäisempiä, sillä niiden avulla haluttiin saada yleistä tietoa tarkastuskaivojen suunnitteluun, rakentamiseen ja valmistamiseen liittyvistä erityispiirteistä kaivomateriaaliin liittyen. Suunnittelun ja rakentamisen asiantuntijoiden kyselyyn vastasi molempiin neljä henkilöä, ja kaivovalmistajien ja -toimittajien kyselyyn vastasi kuusi henkilöä. Tulosten käsittely on pyritty tekemään mahdollisimman huolellisesti.

Ajorata, ajoradan reuna-alue ja piennaralue voidaan määritellä useammalla eri tavalla, ja nyt näitä ei kuitenkaan oltu määritelty kyselyiden vastausohjeeseen. Tämä tuo tulosten tarkasteluun hieman epävarmuutta, sillä voi olla, että eri vastaajat ovat voineet tarkoittaa hieman eri asioita näistä termeistä puhuttaessa.

Kyselyiden vastausohjeessa vastaajia pyydettiin ajattelemaan vuonna 1980 tai sen jälkeen rakennettuja betonisia ja muovisia tarkastuskaivoja. Tämä on voinut olla haasteellista, sillä kokemuksiin ja mielikuviiin eri kaivomateriaaleista on voinut vaikuttaa myös vanhempien tarkastuskaivojen alueet. Betonisia kaivoja on ollut käytössä muovikaivoja pidempään, ja siksi verkoston vanhimmat kaivot ovat yleensä betonisia.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tämän diplomityön kyselyiden perusteella kunnossapidon asiantuntijoiden sekä vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien kokemuksiin pohjautuen muovi olisi hyvä valinta ensisijaiseksi tarkastuskaivomateriaaliksi, ja muovin käyttäminen ensisijaisena tarkastuskaivomateriaalina myös vähentäisi vuotovesien pääsyä viemäriverkostoon. Myös suunnittelijat olivat sitä mieltä, että muovikaivojen käyttöä olisi hyvä mahdollistaa suunnitteluohjeessa nykyistä enemmän. Oulun Veden nykyisessä suunnitteluohjeistuksessa tarkastuskaivojen ensisijainen materiaali on keskustan alueella aina betoni, ja myös muille alueille rakennettaessa aina liikennealueilla betoni.

Vuotovesien hallinnan näkökulmasta tämän diplomityön tutkimukseen pohjautuen olisi suositeltavaa, että Oulun Vesi lisäisi muovikaivojen käyttöä nykyisestään. Erityisesti teleskoopillisten muovisten tarkastuskaivojen käyttö betonisten tarkastuskaivojen sijaan voisi vähentää kaivojen kautta viemäriverkostoon päätyvän vuotoveden määrää. Oulun Vesi voisi harkita muovin ottamista ensisijaiseksi tarkastuskaivomateriaaliksi tai vaihtoehtoisesti pohtia muovin lisäämistä tasavertaiseksi vaihtoehdoksi betonin rinnalle vesihuollon suunnitteluohjeeseen. Muovikaivojen lisäämistä suunnitteluohjeeseen voisi toteuttaa esimerkiksi harkitsemalla aluksi muovia ensisijaiseksi tarkastuskaivomateriaaliksi asutusalueiden tonttikaduille, vaikka keskustan ruutukaava-alueella ensisijaisena tarkastuskaivomateriaalina säilyisikin betoni. Diplomityön kyselytutkimuksen perusteella on näyttöä siitä, että myös muovikaivoja voi sijoittaa ajoradalle menestyksekkäästi. Tietysti kaivomateriaalin soveltuvuus kohteeseen on aina varmistettava tapauskohtaisesti. Molemmista materiaaleista valmistetuille kaivoille on omat tilanteensa, jolloin toinen vaihtoehto voisi olla toista pitkäkestoisempi/toimivampi. Työn kyselyissä betonikaivoa suositeltiin esimerkiksi tilanteisiin, joissa kaivon on oltava suuri tai epäsäännöllisen muotoinen, sekä paikoissa, joissa jäteveden lämpötila on korkea. Muovikaivoja taas suositeltiin esimerkiksi ahtaisiin kohteisiin, tai kohteisiin, joissa on poikkeuksellinen kemiallinen kuormitus, tai viemäriverkostoon kertyy paljon rikkivetyä.

Kunnossapidon asiantuntijoiden vastausten perusteella kunnossapidon töiden suorittamisen kannalta parhaimpana sijoituspaikkana pidettiin yleisimmin ajorataa. Myös ajoradalle sijoittamiseen ensisijaisena tarkastuskaivojen sijoituspaikkana oltiin käytäntönä pääsääntöisesti tyytyväisiä. Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton

kuljettajien mielestä ajorata oli myös kunnossapidon kannalta hieman piennaraluetta enemmän suositeltu sijoituspaikka. Ajoradalle sijoittaminen on hyvä vaihtoehto myös vuotovesien hallinnan näkökulmasta, sillä ajoradat suunnitellaan siten, että kallistuksen avulla vesi ohjautuu tiealueelta ulkoreunaa kohti. Tämän vuoksi ajoradalla on usein sateiden ja lumensulannan aikana saatavilla tien reuna- ja piennaralueita vähemmän hulevettä, joka voi päätyä tarkastuskaivon kansiston kautta viemäriverkostoon. Myös kyselyiden vastauksissa oli mainittu siitä, että piennaralueelta voi helpommin päätyä kaivoon vuotovettä kansiston kautta. Kyselyiden vastausten perusteella muovikaivojen koko olisi kunnossapidon töiden toteutuksen kannalta hyvä pitää riittävän suurena kunnossapitokaluston koko huomioiden.

Viemäriverkko on ohjeiden mukaan suunniteltava ensisijaisesti sijoittumaan katu- tai muulle julkiselle alueelle, ja tonttialueille ainoastaan poikkeustapauksissa. Myös vuotovesien määrän minimoiminen on huomioitava suunniteltaessa. Kaivojen sijoittamiseen vaikuttaa suuresti kaavoitus sekä tiealueen muiden laitteiden, kuten kaapeleiden, sähköjohtojen ja putkien, sijoittuminen tiealueelle. Toisinaan kaava mahdollistaa ainoastaan ajoradalle sijoittamisen, ja joskus esimerkiksi ajoradan keskiosa on ainut mahdollinen tarkastuskaivon sijoituspaikka sähköjohtojen ja kaapeleiden sijoittelun vuoksi. Oulun Veden nykyisessä ohjeessa tarkastuskaivot ohjeistetaan sijoittamaan ajoradan alle ajouran keskelle tai viheralueelle. Mikäli tarkastuskaivoja sijoitetaan ajoradalle, kunnossapidon kannalta ne olisi hyvä sijoittaa ajoradan keskiosan sijaan selkeästi toisen ajokaistan alueelle. Näin osa kunnossapitotoimenpiteistä voi olla mahdollista toteuttaa sulkemalla ainoastaan toinen ajokaista liikenteeltä. Lisäksi kaivo olisi hyvä sijoittaa ajokaistan keskelle siten, että kansisto kohtaa mahdollisimman vähän liikenteen rasiutusta.

Kaivojen huolelliseen ympäristäytön toteuttamiseen routimattomalla materiaalilla olisi syytä kiinnittää erityistä huomioita, sillä se vähentää kaivojen routavaurioita, ja näin ollen vähentää myös vuotovesien pääsyä verkostoon. Lisäksi kaivojen ympäröimistä asennusvaiheessa rakennusmuovilla voisi miettiä yleiseksi ohjeistukseksi, sillä monet tarkastuskaivojen kunnossapidon parissa työskentelevät pitivät sitä hyvänä keinona vähentää kaivojen routavaurioita, ja lisäksi sitä on suositeltu muovi- ja betonikaivoihin liittyvässä kirjallisuudessa.

8 YHTEENVETO

Viemäriverkoston vuotovedellä tarkoitetaan vesiä, jotka päätyvät verkostoon esimerkiksi rikkiäisten putkien, viallisten tai väärin sijoiteltujen tarkastuskaivojen sekä viallisten tai laittomien liittymien kautta. Vuotovedet aiheuttavat vesilaitoksille merkittäviä lisäkustannuksia, joten niiden pääsyä viemäriverkostoon pyritään vähentämään. Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää, miten kaivojen kautta viemäriverkostoon pääsevän vuotoveden määrää saataisiin vähennettyä materiaalivalinnan avulla. Työn tarkoituksena oli laatia Oulun Vedelle suositus ensisijaisesti käytettävästä kaivomateriaalista vuotovesien hallinnan näkökulmasta, sekä tarkastuskaivon suositeltavasta sijoituspaikasta. Työ toteutettiin perehtymällä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja julkaisuihin, sekä toteuttamalla kyselyitä viemäriverkostojen kunnossapitoon, rakennuttamiseen ja suunnitteluun osallistuville asiantuntijoille, betoni- ja muovikaivovalmistajille sekä vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille. Erityisesti työssä keskityttiin selvittämään kunnossapidon asiantuntijatehtävissä toimivien kokemusperäistä tietoa muovi- ja betonikaivojen vuotavuudesta.

Ensisijaisesti käytettävä tarkastuskaivomateriaali oli valtaosassa kyselyyn vastanneiden kunnossapidon asiantuntijoiden vesilaitoksista muovi, ja tarkastuskaivojen ensisijainen sijoittamispaikka oli ajorata. Suurin osa kunnossapidon asiantuntijoista oli tyytyväisiä sekä muoviin kaivomateriaalina, että kaivojen sijoittamiseen ajoradalle. Betonin käyttö ensisijaisena kaivomateriaalina oli huomattavasti harvinaisempaa, ja kyseiseen käytäntöön oli yhtä monta tyytyväistä ja tyytymätöntä vastaajaa. Kun kunnossapidon asiantuntijoita pyydettiin kokemuksiinsa pohjautuen suosittelemaan muovia tai betonia kaivomateriaaliksi erilaisiin maaperäolosuhteisiin, kaikkiin annettuihin vaihtoehtoihin suositeltiin huomattavasti useammin kaivomateriaaliksi muovia kuin betonia. Kunnossapidon asiantuntijoiden arvioiden perusteella betonikaivojen vuotaminen on muovikaivoja yleisempää. Vastauksista kävi ilmi myös, että merkittävä syy vuotovesien pääsulle verkostoon ovat roudan aiheuttamat ongelmat. Kunnossapidon asiantuntijoiden vastauksissa ajorata mainittiin useimmin tarkastuskaivojen sijoittamispaikkana kunnossapidon kannalta parhaana.

Rakentamisen asiantuntijat mainitsivat betonikaivon hyväksi puoliksi rakennusvaiheessa muun muassa riittävän suuren koon ja hyvän kestävyuden, muovikaivojen taas muun

muassa keveyden ja asennuksen helppouden ja nopeuden. Rakentamisen asiantuntijoiden vastausten perusteella molemmat, sekä muovi että betoni ovat hyviä tarkastuskaivomateriaaleja, ja molemmilla on paljon rakennusvaiheeseen liittyviä hyviä ja haastavia puolia. Muovikaivojen käyttämien voi joissakin tilanteissa tulla rakennusvaiheessa betonikaivoja edullisemmaksi, mutta toisaalta betonikaivolle mainittiin olevan useampia saneeraustapoja kuin muovikaivoille.

Suunnittelun asiantuntijat olivat sitä mieltä, että Oulun Veden nykyistä ohjetta voisi kehittää joustavammaksi, jolloin myös muovikaivojen käyttäminen olisi suunnittelijan harkinnan mukaan mahdollista nykyistä useammin. Suunnittelijoiden vastausten perusteella molempien kaivomateriaalin käyttämiselle löytyy kuitenkin erityistilanteita.

Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien arvioiden perusteella muovikaivot vaikuttaisivat vuotavan betonikaivoja harvemmin, ja lisäksi muovikaivojen yksittäisten vuotovesireittien kautta tuleva vuotoveden määrä on betonikaivoja vähäisempi. Vastaajat myös kuvailivat muovikaivojen asennustyötä betonikaivoja helpommaksi, ja kokivat, että betonikaivoja asennettaessa työturvallisuuteen liittyy enemmän riskejä. Suurin osa vastaajista koki tarkastuskaivojen sijoittamispaikaksi kunnossapidon kannalta parhaaksi ajoradan.

Kaivovalmistajien vastausten perusteella sekä betonilla, että muovilla on erityisiä vahvuuksia tarkastuskaivomateriaalina. Lisäksi molempien suunnittelussa ja valmistuksessa otetaan huomioon vuotovesien pääsyn minimoiminen.

Työstä teki haastavan se, että betoni- ja muovikaivojen vuotavuuteen liittyen ei löytynyt aiempia tutkimustuloksia, ja verrattavaksi löytyi ainoastaan yksi kuntotutkimus, jossa kaivoja oli tutkittu siten, että betoni- ja muovikaivot oli eroteltu tuloksissa materiaaleittain.

Diplomityön haasteena oli myös kyselyiden toteuttamisessa ilmenneet ongelmat. Kysymysten asetelussa ongelmalliseksi osoittautui, että osa kysymyksistä oli muotoiltu siten, että paikoin selkeitä vastauksia oli vaikea eritellä. Myös kyselyn keskeiset termit olisi pitänyt määritellä tarkemmin kyselyn ohjeeseen. Lisäksi se, että vastaajista osa ei vastannut kaikkiin kysymyksiin, tuotti tulosten kannalta hieman haasteita.

Vuotovesien vähentäminen on monilla vesilaitoksilla ajankohtainen kiinnostuksen kohde, ja useat vesilaitokset toteuttavatkin tällä hetkellä alueillaan vuotovesiselvityksiä, joissa perehdytään alueellisten vuotovesimäärien selvittämiseen. Jatkossa olisi hyvä tutkia myös enemmän keinoja, joilla vuotovesien pääsyä verkostoon voidaan vähentää. Lisäksi olisi hyvä tutkia ja vertailla muovi- ja betonikaivojen vuotavuutta kenttätutkimusten avulla.

Työtä varten toteutettujen kyselytutkimusten tulosten perusteella vuotovesien pääsy viemäriverkostoon on vähäisempää muovikaivojen kuin betonikaivojen kautta. Tarkastuskaivojen sijoittaminen ajoradalle on yleinen ja kunnossapidon kannalta toimiva ratkaisu. Tulosten perusteella Oulun Vedelle ehdotettiin harkittavaksi muovisten teleskoopillisten tarkastuskaivojen käytön lisäämistä. Nykyistä käytäntöä ajoradalle sijoittamisesta voi pitää hyvänä.

9 LÄHDELUETTELO

Geologian tutkimuskeskus, 2017a. [verkkosivu] Saatavissa: <http://gtkdata.gtk.fi/Maankamara/index.html> [viitattu 7.3.2017]

Geologian tutkimuskeskus, 2017b. [verkkosivu] Saatavissa: <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/kuvausjasoveltuvuus.htm> [viitattu 13.3.2017]

Helenius, T., Seppänen, O., Jokiranta, K., 1998. Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohje. Helsinki: Suomen LVI-liitto, 100 s. ISBN 951-97233-7-4

Hiekkänen, R., Nippala, E., Puikkonen, E., 1995. RIL 156 Maarakennus. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto, 486 s. ISBN 951-758-343-5

Ilmatieteenlaitos, 2017. [verkkosivu] Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961> [viitattu 15.2.2017]

Karhu, M. (toim.), 2009. Oulun seudun ympäristön tila 2009 [verkkodokumentti] Oulun seudun ympäristötoimi. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/documents/64417/c21c961c-145f-4548-8db9-c588fb4ac1fe> [viitattu 7.2.2017]. 68 s.

Karttunen, E., 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus, 207 s. ISBN 952-13-0407-3

Karttunen, E., 2010. RIL 237-1-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu: Perusteet ja toiminnallisuus. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 177 s. ISBN 978-951-758-526-2

Karttunen, E. Heikkinen, M., 2010. RIL 237-2-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu: Mitoitus ja suunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 162 s. ISBN 978-951-758-521-7

Karttunen, E., Tuhkanen, T., 2003, RIL 124-1 Vesihuolto 1. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 314 s. ISBN 951-758-431-8

Kilpeläinen, Tero. Oulun Veden verkostopäällikkö. Suullinen tiedonanto 21.3.2017

Koivunen, K., 2003. Betoniviemärit 2003: käsikirja. Helsinki: Suomen Betonitieto, 101 s. ISBN 952-5057-51-6

Kunnas, T., 2013. RIL 261-2013 Routasuojaus: rakennukset ja infrarakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto, 257 s. ISBN 978-951-758-547-7

Kurttila, O., 2015. Oulun jätevesiverkoston vuotovesiselvitys virtaamien, sadannan ja lumensulannan perusteella. Oulun yliopisto. Saatavissa: <http://jultika oulu.fi/files/nbnfioulu-201505271684.pdf> [viitattu 15.2.2017]. 85s.

Oulun kaupunki, 2017. Tietoa tonteista ja alueista. [verkkosivu] Saatavissa: <http://www.ouka.fi/oulu/asuminen-ja-rakentaminen/tietoa-tonteista> [viitattu 17.2.2017]

Oulun Vesi, 2016 a. Toimintakertomus 2015. Oulun Vesi, 36 s.

Oulun Vesi, 2016 b. Vesihuoltoverkostojen suunnitteluohje 27.9.2016. Oulun Vesi, 17 s.

Oulun Vesi, 2017. Tietoa Oulun Vedestä. [verkkosivu] Saatavissa: <http://www.oulunvesi.fi/tietoa-oulun-vedesta> [viitattu 15.2.2017].

Plaana, 2014. Letonrannan rakennettavuus selvitys. [verkkodokumentti]. Raportin numero 11458 Saatavissa: http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=6d1dbef1-8b42-4533-a74f-cd0eaea68c4f&groupId=64186 [viitattu 17.2.2017]. 13 s.

Rakennustieto Oy., 2009, InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 2: Järjestelmät ja täydentävät osat. Helsinki: Rakennustieto Oy, 253 s. ISBN 978-951-682-933-6

Ramboll, 2012. Hiukkavaaran Kivikkokankaan rakennussuunnitelma. [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=aa7a3b52-3d87-4c54-9e9e-e04bf1f94156&groupId=64186 [viitattu 17.2.2017]. 1 s.

Salonen, J., 2011. Kyrön ja Riihikosken viemärikaivojen kuntotarkastelu. [verkkodokumentti] Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/34830/Salonen_Jarno.pdf?sequence=1 [viitattu 15.2.2017]. 56 s.

Suomen kaupunkiliitto, Suomen kunnallisiitto, 1983. Viemäristön kunnossapito. Hki/Vantaa: Suomen kaupunkiliitto: Suomen kunnallisiitto, 175 s. ISBN 951-759-158-6, 951-773-293-7

Suomen rakennusinsinöörien liitto, 2013, RIL77-2013 Maahan ja veteen asennettavat kestopuoviputket. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 71 s. ISBN: 978-951-758-564-4

Suomen standardoimisliitto, 2005. Muoviputket: Plastic pipes. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 595 s. ISBN 952-5420-66-3

Suomen vesilaitosyhdistys, 2013. Viemärikaivojen kuntotutkimusohje. Helsinki: Suomen Vesilaitosyhdistys; Rakennustieto, 39 s. ISBN 978-952-6697-87-1

Tammenlarva, T., 2015 Vuototutkimusraportti: Vuove-vuotovesitutkimus OULU (Alue 4), VUOVE-INSINÖÖRIT OY

Tammenlarva, T., 2016 Vuototutkimusraportti: Vuove-vuotovesitutkimus OULU (Alue 3), VUOVE-INSINÖÖRIT OY

Uponor, 2009. Uponor ympäristö- ja yhdyskuntatekniikka: Materiaalit ja käyttöiät [verkkodokumentti]. Uponor. Saatavissa https://issuu.com/uponorfi/docs/02_materiaalit_ja_kyttit_04_2009 [viitattu 15.2.2017]. 12 s.

Uponor, 2015. Uponor-kaivot yhdyskuntatekniikkaan ja talorakentamiseen [verkkodokumentti]. Uponor infra Oy. Saatavissa: verkkosivu <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwifz ubK7pHSAhWHkiwKHbwEDr0QFggBMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.uponor.fi%2Fhandler%2Fdirectdownload.ashx%3Fdid%3DD0AA59C1CA374BDA99F494374B03EA F7&usg=AFQjCNGsN6Yzyj5kz1MZmdHWJ0A250jt0w> [viitattu 15.2.2017]. 16 s.

10 LIITTEET

Liite 1. Kysely kunnossapidon asiantuntijoille

Liite 2. Kysely viemärihuoltoyrityksille

Liite 3. Kysely tarkastuskaivojen suunnitteluun liittyen

Liite 4. Kysely viemärirakentamisen urakoitsijoille

Liite 5. Kysely kaivojen valmistajille ja -toimittajille

Liite 6. Kysely vesihuollon asentajille ja huuhteluauton kuljettajille

Liite 7. Vastaajien kyselyiden yhteydessä antamia kehitysehdotuksia alan eri toimijoille

KYSELY VIEMÄRIVERKOSTOJEN KUNNOSSAPIDON ASiantuntijoille

1. Millä materiaalilla vesilaitoksenne toimialueen *uusien/saneerattavien* alueiden jätevesikaivot tällä hetkellä pääsääntöisesti rakennetaan ja minne ne sijoitetaan? (Rastita yleisin materiaali ja sijainti)

- Muovi Ajoradalle
 Betoni Ajoradan reunalle
 Piennaralueelle

2. Miten kaivon sijoittamiskäytäntö vaikuttaa kunnossapidon toteutukseen? Mitkä ovat eri sijoittamistapojen edut ja haitat? Mikä sijoittamispaikka on kunnossapidon kannalta paras?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

3. Vaihteleeko käytäntö materiaalivalinnasta ja kaivojen sijoittamisesta kaupunginosasta/alueesta riippuen? Jos vaihtelee, miten ja miksi?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

4. Oletteko tyytyväisiä nykyiseen käytäntöön kaivomateriaalivalinnasta ja kaivojen sijoittamisesta? Jos ette, mitä toivoisitte olevan toisin nykyisessä käytännössä?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

5. Miten yleistä muovikaivojen ja betonikaivojen vuotaminen on? (Valitse muovi- ja betonikaivoja parhaiten kuvaava luonnehdinta)	Kaivomateriaali	
	MUOVI	BETONI
Harvinaista = Alle 10% kaivoista vuotaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Melko harvinaista = 10-20% kaivoista vuotaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yleistä = yli 20% kaivoista vuotaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Millaisia ongelmia routa aiheuttaa betonikaivoille ja millaisia muovikaivoille? Kummasta kaivomateriaalista valmistetut kaivot vuotavat yleisemmin? Millaisia hyväksi havaittuja keinoja olette löytäneet/miettineet kaivojen routasuojaukseen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

7. Onko kaivojen vuotamista tutkittu alueellanne? Millaisia havaintoja tutkimusten avulla on saatu?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

8. Mitkä asiat yleisimmin johtavat vuotoveden pääsyyn viemäriverkoston (esimerkiksi routanousu, asennusvirhe tms.) Onko teillä näkemystä siitä, millä keinoilla kaivojen kautta verkostoon pääsevän vuotoveden määrää voisi vähentää?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

9. Mitkä ovat havaintojenne mukaan muovi- ja betonikaivon tyypillisimmät vuotovesireitit? Laita vasemman reunan ruudukkoon vuotoreitit **yleisyyssjärjestykseen** ja arvioi oikealla oleviin sarakkeisiin **vuotoveden määrää** kunkin vuotoreitin kautta.

Kaivojen vuotoreittien yleisyys		Arvioi vuodon määrää					
		MUOVIKAIVO			BETONIKAIVO		
Valitse alla olevista viisi yleisintä vuotoreittiä ja laita ne yleisyysjärjestykseen (1 yleisin, 5 vähiten yleisin)		T			T		
		Ei vuotoa	Vähäinen	Runsas	Ei vuotoa	Vähäinen	Runsas
.	Betonirenkaiden välinen saumakohta tai teleskooppiputken ja rungon välinen saumakohta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Viemäriputkien liitännäkohdat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Kaivon rungon vauriot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Rikkinäinen kaivon kansisto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Kaivon kansi alempana kuin ympäröivän maan taso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Muu, mikä? .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Muu, mikä? .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.	Muu, mikä? .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Kumpaa kaivomateriaalia suosittelisitte seuraaville maalajeille ja alueille (rastita)? Olisi erittäin toivottavaa että antaisitte suosituksellenne myös perustelut.

Maalaji/alue**Muovi Betoni**

Eloperäiset maalajit (turve, lieju)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-------------------------------------	--------------------------	--------------------------

Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

Hienorakeiset maalajit (savi, siltti)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---------------------------------------	--------------------------	--------------------------

Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

Karkearakeiset maalajit (hiekkä, sora)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------

Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

Moreenimaalajit (siltti-, hiekkä- ja soramoreeni)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------

Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

Hapan sulfaattimaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------	--------------------------	--------------------------

Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

Alueet, joilla on pohjavedenpinta korkealla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------

Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

11. Mitä kehitysehdotuksia tai terveisiä teillä olisi suunnittelijoille, rakentajille tai kaivonvalmistajille aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

KYSELY VIEMÄRIHUOLTOYRITYKSILLE

1. Miten yleistä muovikaivojen ja betonikaivojen vuotaminen on? (Valitse muovi- ja betonikaivoille parhaiten kuvaava luonnehdinta)	Kaivomateriaali	
	MUOVI	BETONI
Harvinaista = Alle 10% kaivoista vuotaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Melko harvinaista = 10-20% kaivoista vuotaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yleistä = yli 20% kaivoista vuotaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Millaisia ongelmia routa aiheuttaa betonikaivoille ja millaisia muovikaivoille? Kummasta kaivomateriaalista valmistetut kaivot vuotavat yleisemmin? Millaisia hyväksi havaittuja keinoja olette löytäneet/miettineet kaivojen routasuojaukseen? Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

3. Mitkä ovat havaintojenne mukaan muovi- ja betonikaivon tyypillisimmät vuotovesireitit? Laita vasemman reunan ruudukkoon vuotoreitit **yleisyysjärjestykseen** ja arvioi oikealla oleviin sarakkeisiin **vuotoveden määrää** kunkin vuotoreitin kautta.

Kaivojen vuotoreittien yleisyys	Arvioi vuodon määrää					
	MUOVIKAIVOT			BETONIKAIVOT		
Valitse alla olevista viisi yleisintä vuotoreittiä ja laita ne yleisyysjärjestykseen (1 yleisin, 5 vähiten yleisin)	Ei vuotoa	Vähäinen	Runsas	Ei vuotoa	Vähäinen	Runsas
. Betonirenkaiden välinen saumakohta tai teleskooppiputken ja rungon välinen saumakohta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Viemäriputkien liitänäkohdat kaivoon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Kaivon rungon vauriot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Rikkinäinen kaivon kansisto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Kaivon kansi alempana kuin ympäröivän maan taso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Muu, mikä? .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Muu, mikä? .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
. Muu, mikä? .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Mitkä asiat yleisimmin johtavat vuotoveden pääsyyn viemäriverkoston (esimerkiksi routanousu, asennusvirhe tms.) Millä keinoilla kaivojen kautta verkoston pääsevän vuotoveden määrää voisi mielestänne vähentää?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

5. Kumpaa kaivomateriaalia suosittelisitte seuraaville maalajeille ja alueille (rastita)?
Olisi erittäin toivottavaa että antaisitte suosituksellenne myös perustelut.

Maalaji/alue	Muovi	Betoni
Eloperäiset maalajit (turve, lieju)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.		
Hienorakeiset maalajit (savi, siltti)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.		
Karkearakeiset maalajit (hiekkä, sora)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.		
Moreenimaalajit (siltti-, hiekkä- ja sora-moreeni)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.		
Hapan sulfaattimaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.		
Alueet, joilla on pohjavedenpinta korkealla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perustelut: Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.		

6. Mitä kehitysehdotuksia tai terveisiä teillä olisi suunnittelijoille, rakentajille tai kaivonvalmistajille aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

KYSELY TARKASTUSKAIVOJEN SUUNNITTELUUN LIITTYEN

Alla on tietoja Oulun veden nykyisestä vesihuoltoverkostojen suunnitteluohjeistuksesta tarkastuskaivojen materiaalivalinnan ja sijoittamisen suhteen:

Pääsääntöisesti käytettävä materiaali

	KESKUSTA	MUU KANTAOULU, "KUNTAKESKUKSET"	MUUT ASUINALUEET
KAIVOT liikennealue	BETONI	BETONI	BETONI
KAIVOT, liikennealueen ulkopuolella	BETONI	BETONI ø 800, MUOVI ø 560/500	BETONI ø 800, MUOVI ø 560/500

Jätevesiverkoston putkilinjat ohjeistetaan sijoittamaan liikennealueelle ajoradan alle ajouran keskelle tai viheralueelle. Saneeraussuunnittelussa jätevesiviemärit pyritään suunnittelemaan olemassa olevan jätevesiviemäriin viereen. (Oulun veden vesihuoltoverkostojen suunnitteluohje 27.9.2016)

1. Mitä mieltä olette materiaalivalinnan ohjeistuksesta? Miten ohjeistusta voisi mielestänne kehittää?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

2. Minne kaivot pitäisi mielestänne ensisijaisesti sijoittaa (ajoradalle, ajoradan reunalle, piennaralueelle)?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

3. *Oulun veden suunnittelutiimi*: Mihin tekijöihin suunnitteluohjeistus perustuu?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

4. Miten suunnitteluohje toteutuu käytännössä?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

5. Mitä vaatimuksia kaivomateriaalille on eri kokoluokissa ja eri alueille (esim. tiealueelle) rakennettaessa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

6. Millaisissa olosuhteissa jätevesikaivon on ehdottomasti oltava betoninen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

7. Millaisissa olosuhteissa jätevesikaivon on ehdottomasti oltava muovinen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

8. Miten suunnittelija ottaa huomioon vuotovesien minimoimisen? Koetteko, että suunnittelijoilla on vaikutusmahdollisuuksia aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

9. Arvioidaanko verkostoon tulevan vuotoveden mitoitusmäärä saman suuruiseksi käytettäessä muovisia tai betonisia kaivoja ja putkia?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

10. Millaisia terveisiä tai kehitysehdotuksia haluaisitte lähettää kaivojen valmistajille, suunnitteluohjeistuksen laatijoille, kunnossapitäjille tai rakentajille aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

KYSELY VIEMÄRIRAKENTAMISEN URAKOITSIJOILLE

1. Mitä hyviä puolia **muovisiin** jätevesikaivoihin liittyy rakentamisvaiheessa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

2. Mitä huonoja puolia **muovisiin** jätevesikaivoihin liittyy rakentamisvaiheessa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

3. Mitä hyviä puolia **betonisiin** jätevesikaivoihin liittyy rakentamisvaiheessa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

4. Mitä huonoja puolia **betonisiin** jätevesikaivoihin liittyy rakentamisvaiheessa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

5. Mitkä ovat muovi- ja betonikaivojen keskimääräiset kappalehinnat, ja mistä hinnat muodostuvat? *(Ilmoittamianne hintatietoja ei anneta julkisiksi, eikä eri urakoitsijoita vertailla keskenään hintojen perusteella! Tarkoitus on ainoastaan hahmotella betoni- ja muovikaivojen hankintahintoja ja niiden muodostumista)*

Hinta-arvio muovi- ja betonikaivoille kansistolla, jonka kuormituskestävyys on 400 kN:

Muovisen halkaisijaltaan 560
jätevesikaivon

	Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. €
Kappalehinta asennettuna	
josta	
kaivon hankintahinta	Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. €
asennustyön osuus	Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. €

Betonisen halkaisijaltaan 800
jätevesikaivon

	Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. €
Kappalehinta asennettuna	
josta	
kaivon hankintahinta	Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. €
asennustyön osuus	Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä. €

6. Millä keinoilla **muovista** valmistettuja kaivoja voi saneerata tai kunnostaa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

7. Millä keinoilla **betonista** valmistettuja kaivoja voi saneerata tai kunnostaa?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

8. Mitä kehitysehdotuksia tai terveisiä teillä olisi suunnittelijoille, kaivonvalmistajille tai kunnossapitäjille aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

KYSELY KAIVOJEN VALMISTAJILLE JA TOIMITTAJILLE

1. Mitkä ominaisuudet ovat muovin/betonin vahvuuksia jätevesikaivomateriaalina?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

2. Mikä valikoimanne kaivomalleista/kaivotyypeistä on luotettavin/toimivin?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

3. Onko jokin kaivomalli ollut ongelmallinen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

4. Miten kaivojen suunnittelussa on otettu huomioon vuotovesien verkostoon pääsemisen minimoiminen? (Vuotoveden pääsillä tarkoitetaan tässä tapauksessa tilannetta jossa hulevettä, vajovettä tai pohjavettä vuotaa kaivon kautta jätevesiviemäriverkostoon)

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

5. Mitä kehitysehdotuksia tai terveisiä teillä olisi suunnittelijoille, rakentajille tai kunnossapitäjille aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

6. Mitä muuta haluaisitte mainita aiheeseen liittyen?

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

KYSELY OULUN VEDEN VESIHUOLLON ASENTAJILLE JA HUUHTELUAUTON KULJETTAJILLE

1. Millaisia ongelmia routa aiheuttaa betonikaivoille ja millaisia muovikaivoille? Kummasta kaivomateriaalista valmistetut kaivot vuotavat yleisemmin? Millaisia hyväksi havaittuja keinoja olette havainneet/mieltäneet kaivojen routasuojaukseen?

2. Mitkä asiat mielestänne yleisimmin johtavat vuotoveden pääsyyn viemäriverkostoon (esimerkiksi routanousu, asennusvirhe tms.) Millä keinoilla kaivojen kautta verkostoon pääsevän vuotoveden määrää voisi vähentää?

3. Millaista on olla asentamassa uutta muovikaivoa? Entä betonikaivoa? Miten näiden asennustyöt eroavat toisistaan?

4. Onko työturvallisuus yhtä helposti otettavissa huomioon molemmissa kaivomateriaaleissa? Liittyykö jommankumman asentamiseen enemmän riskejä?

5. Jätevesikaivoja voidaan sijoittaa mm. ajoradalle, ajoradan reunalle tai piennaralueelle. Miten sijoittamiskäytäntö vaikuttaa kunnossapidon toteutukseen? Mitkä ovat eri sijoittamistapojen edut ja haitat? Mikä sijoittamispaikka on kunnossapidon kannalta paras?

6. Millaisia ongelmia muovista valmistetuissa kaivoissa on havaittavissa? Entä betonista?

7. Miten yleistä muovikaivojen ja betonikaivojen vuotaminen on? (Rastita kuvaavin vaihtoehto)	Kaivomateriaali	
	MUOVI	BETONI
Harvinaista = Alle 10% kaivoista vuotaa		
Melko harvinaista = 10-20% kaivoista vuotaa		
Yleistä = yli 20% kaivoista vuotaa		

8. Mitkä ovat havaintojenne mukaan muovi- ja betonikaivon tyypillisimmät vuotovesireitit? Laita vasemman reunan ruudukkoon vuotoreitit **yleisyysjärjestykseen** ja arvioi oikealla oleviin sarakkeisiin **vuotoveden määrää** kunkin vuotoreitin kautta.

Kaivojen vuotoreittien yleisyys	Arvioi vuodon määrää					
	MUOVIKAIVO			BETONIKAIVO		
	T			T		
Valitse alla olevista viisi yleisintä vuotoreittiä ja laita ne yleisyysjärjestykseen (1 yleisin, 5 vähiten yleisin)	Ei vuotoa	Vähäinen	Runsas	Ei vuotoa	Vähäinen	Runsas
Betonirenkaiden välinen saumakohta tai teleskooppiputken ja rungon välinen saumakohta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Viemäriputkien liitântäkohdat kaivoon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaivon rungon vauriot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rikkinäinen kaivon kansisto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaivon kansi alempana kuin ympäröivän maan taso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Mitä kehitysehdotuksia tai terveisiä teillä olisi suunnittelijoille, rakentajille tai kaivonvalmistajille aiheeseen liittyen?

VASTAAJIEN KYSELYIDEN YHTEYDESSÄ ANTAMIA KEHITYSEHDOTUKSIA ALAN ERI TOIMIJOILLE

Kunnossapidon asiantuntijoiden kehitysehdotuksia tai terveisiä suunnittelijoille, rakentajille sekä kaivonvalmistajille.

”Suunnitteluvaiheessa maastomalli huolella, jolloin kaivojen korko saadaan luotettavasti ja teleskoopit saadaan oikein. Kaivojen sijoitteluun kiinnitettävä huomiota. Kaivojen asennukseen ja ympäristäyttyön kiinnitettävä huomiota sekä routasuojaukseen. Kaivo riittävän kestävästä materiaalista ei mene heti soikeaksi, teleskooppirenkaan tiiveys, tiivistettä ja teleskooppiosaa kehiteltävä, teleskooppiputken ja kehyksen välinen tiiveys sekä kannen tiiveys huomioitava.”

”Kaivojen pitää olla huollettavissa helposti”

”Suunnittelijan pitäisi viedä suunnittelemansa kohde myös kokonaisuudessaan loppuun eli myös rakennuttaa kohde, jolloin olisi myös maastossa. Rakentajan huolellinen rakennusohjeiden noudattaminen. Valmistajin olisi hyvä kuunnella myös muitakin sekä käydä maastossa tutustumassa työkohteisiin.”

”Muovikaivojen teleskooppirenkaiksi huulitiivisteet (useampi kuin yksi huullos tiivisteessä). Muovikaivot kannattaa valmistuttaa sellaisina että pohjaosa on mahdollisimman korkea, siis niin että teleskooppirengas tulee lähelle maan pintaa ja teleskooppiosa on lyhyt.”

”Oikea kaivomateriaali oikeaan paikkaan. Pitäisi myös muistaa RIL ohje: Kaivon tulee olla niin suuri, että sen kautta voidaan viemäriä tarkastaa ja puhdistaa. Joskus viemäristä joudutaan poistamaan isojakin esineitä. Pienissä putkikossa 200mm tai alle voi muovi olla hyvä ja silloin pieni 400mm kaivo koko perusteltu. 250mm ja suuremmat putkikoot ovat helposti betonikaivoilla halvempia, jos kaivot suunnitellaan hyvän suunnittelutavan mukaan riittävän suuriksi. Kuitenkin uusien betoni- ja muovikaivojen vuotavuudessa ei mielestäni ole eroja. Keskeistä on oikea suunnittelu ja oikeat asennustavat.”

”Kansiin ei reikiä, maastoon asennettaviin kaivoihin kiinteä alaosa pohjaveden yläpuolelle asti. Kourut oltava aina ei mitään vaskooli pohjia. Teleskooppi osan oltava peh:ää pp, pirstaloituu pakkasella. ”

”Muovikaivo esitellä uutena, routasuojasta mietittävä, betoni jos voi ohentaa ja kasvattaa hyöty korkeutta niin ettei paino nouse ja sauma tekniikka kehitystä lukittuvaan... ”

”Muovikaivojen teleskooppirakenne ja tiivisteet ovat epävarmoja. Rakenteet ovat liian heppoisia ja pienikin muutos maanpaineessa tai asennuksen aikana täyttövaihe muuttaa kaivon muotoa ja tiivisteet eivät enää pidä. Halvimpia tarjouksia rakentamistarjouksista ei pitäisi hyväksyä, sillä usein kiire työn valmiuksisaamiseen lisääntyy ja rakentamisen laatu kärsii. Lisäksi liian halvalla tarjoavilla on usein huonot laitteet ja naapurin Repe hommissa, jota vuotovedet ja työn laatu ei kiinnosta. Kunhan kaivo saadaan maahan, ei sitä kukaan enää katsele. Koulutusta kaivojen ja linjojen rakentamiseen pitäisi lisätä. Ei sähkötöitäkään saa kuka tahansa tehdä, mutta viemäri ja kaivoasennuksia saa.”

”Suunnittelussa aluekuivatuksen tulisi kulkea käsikädessä viemäröinnin suunnittelun kanssa, sillä sen vaikutus yksittäisenä asiana on ylivoimaisesti suurin vuotovesien määrään. Haja-asutusalueella kaivojen rungot tulisi nostaa aina ympäröivän maanpinnan yläpuolelle, jotta pintavesiä ei pääse viemäriverkostoon. Teleskooppien ja kansistojen tiiveyteen ja tiiveyden kehittämiseen tulisi satsata. Teleskooppiputki voitaisiin ankkuroida esim kahden teleskooppirenkaan läpi, jolloin se pysyisi myös paremmin suorassa. Teleskooppiputken korkeusaseman lukitus olisi myös tärkeä ominaisuus.”

Rakentamisen asiantuntijoiden kehitysehdotuksia suunnittelijoille, kaivonvalmistajille ja kunnossapitäjille:

”Kaivot pitää olla niin isoja, että huoltaminen on mahdollista: esim. 400mm kaivo on liian pieni”

”Lähtökohtaisesti käytettäisiin aina riittävän suuria min. 800 kaivoja. Kaivon ulkopuolisen maan routiminen tulisi estää. Routimisen estämiseksi riittää jokin näistä kolmesta toimenpiteestä. Maan jäätyminen estäminen riittävällä routasuojauksella (esim. kadun kuona-, okto-, masuuni- ja eristelevyrakenteet. Routimattoman maalajin käyttö. Pohjaveden alentaminen.”

”Kaivot pitää alusta asti suunnitella riittävän suuriksi (varsinkin kun liittyvä linja on betonia). Muovikaivojen teleskooppiputket pitää suunnitella oikean mittaisiksi ja putkilinjat mielellään hieman liian suuriksi entä liian pieniksi. Kaivoihin tulevien putkien kokojen merkkäminen suunnitelmiin selvästi, jotta kaivon valmistaja osaa porata oikean kokoiset reiät. Suurimmat puutteet ja virheet syntyvät kun kaivokortteihin on suunniteltu väärää putkikokoja ja suuntia.”

”Kummallekin kaivolle löytyy omat markkinat ja paikat meillä infra –rakentamisessa. Liikennealueiden alle aina betoniset kaivot. Muualla voidaan käyttää muovikaivoja.”

Suunnittelun asiantuntijoiden terveisiä tai kehitysehdotuksia kaivojen valmistajille, suunnitteluohjeistuksen laatijoille, kunnossapitäjille tai rakentajille aiheeseen liittyen:

”Hyödynnetään kumpienkin kaivomateriaalien hyviä puolia ja valitaan kaivotyyppi olosuhteiden mukaan. Ei automaattisesti ’vanhalla mallilla’.”

”Tiedon parempi välittäminen suunnittelijoille uusista kaivotyypeistä, materiaaleista ja asennustavoista.”

Vesihuollon asentajien ja huuhteluauton kuljettajien kehitysehdotuksia tai terveisiä suunnittelijoille, rakentajille tai kaivonvalmistajille:

”Kaikki viemärikaivot muovista”

”Muovikaivot teleskoopilla ja rakennusmuovi ympärille”

”Muovikaivot teleskooppivarustuksella ja kunnan eristyksellä, nopea, turvallinen asentaa ja lähes ikuinen”

”Muovikaivoja teleskoopilla”

”Talohaarat n. 10 cm ylemmäksi kuin runkoputken vesijuoksut. Kaivojen ympärille hiekkatäyttö. Putkien huolellinen tiivistämien kaivojen juuresta ja muutenkin.”

”Kaivojen ympärykset täytettäisiin hiekalla.”

”Kaivojen ympärystäytöt tulisi tehdä routimattomilla mailla ja kiertää muovi tai patolevy kaivon ympärille.”

Kaivovalmistajien ja -toimittajien kehitysehdotuksia ja terveisiä suunnittelijoille, rakentajille ja kunnossapitäjille

”Korjausvelan hoitamiseksi yhteistyö suunnittelijoiden ja rakentajien sekä kunnossapitäjien oltava tiivistä, jotta rahoitukseen saadaan riittävät voimavarat. Kunnossapitäjille detaljitietona: Avaustyökaluna käytetään kankea ja magneettista nostinta. Kehyksen ja kannen vastinpinnat puhdistettava ennen kannen paikalleen laittoa. Varmistetaan että kansi asemoituu tiiviisti kehykseen. Ongelmakaivoissa käytetään tiivisteellä ja lukituslavoilla varustettua välikantta-tällöin kehyksessä oltava välikannelle paikka.”

”Muovikaivoja asennettaessa tulee noudattaa yleisiä muoviputkien asennusohjeita, eli RIL-77 ja InfraRYL –mukaisia ohjeita. Ympärystäyttö ja sen tiivistäminen tulee tehdä huolellisesti, huolellinen asennus takaa kaivojen ja putkiliitoksen suunnitellun tiiveyden ja käyttöiän sekä estää kaivon ympärystäytön painumisen tai routimisen. Kaivo tulee asentaa suoraan ja säätöputken tulee olla suorassa linjassa kaivon runkoon nähden. Suuri kulmapoikkeama säätöputken ja kaivon välillä saattaa aiheuttaa teleskooppirenkään vääntymisen joka vaikuttaa teleskooppirenkään tiivisteliitoksen tiiveyteen. Kunnossapidossa säätöputkea nostettaessa, esim, asfaltoinnin yhteydessä, säätöputken nosto tulee tehdä valmistajan ohjeistuksen mukaan, eli putken alapäästä nostamalla, ei valurautakehyksestä vääntämällä, kehyksen reuna saattaa muuten murtua.”

”Suunnittelijat: Keskustelua toimittajan kanssa suunniteltavista kohteista, miten ne voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti erilaisilla vaihtoehdoilla. Suunnitelluista kohteista enemmän tietoa: kuten saneerauskohteiden haasteista, pohjaolosuhteista, suunnitelmien laajuus – jatkuuko rakentaminen jne. Kun kokonaisuus on tiedossa toimittajalla, voidaan kaivojen suunnitteluun vaikuttaa jo ennen rakentamista ja näin säästetään tilaajan kokonaiskuluissa.”

”Rakentajat: Työmaiden aikataulut ajoissa. Näin saadaan tuotteiden toimitus pysymään aikataulussa. Muutoksista informointi tehtäisiin heti, tämä nopeuttaa ja säästää kustannuksia. Käytetään oikeita menetelmiä ja työtapoja tuotteita työmaalla

varastoitaessa ja asennettaessa (asennuslaiteet). Tarvittaessa toimittaja antaa asennuskoulutusta.”

”Kunnossapito: Tietoa tuotteiden valmistajille kunnossapidon taholta, mitkä asiat toimivat hyvin mitkä asiat ovat haasteellisia ja miten niitä voisi kehittää edelleen paremmin toimiviksi. Haastavien kohteiden kunnossapidon vaikeudet miten näihin saataisiin ratkaisuja.”

”Betonia ei pitäisi unohtaa, koska monessa kohteessa olisi kustannusten ja soveltuvuuden puolesta paras ratkaisu. Ongelmallisissa kohteissa kohteissa kannattaa olla yhteydessä putkitoimittajan suuntaan, että loppukäyttäjälle saadaan paras ratkaisu järkevään hintaan.”

”Muovista on mahdollista tehdä myös isoja kaivoja max. halkaisija 3,4 metriä sekä erilaisia räätälöityjä tuotteita”

Lisäksi kaivovalmistajat ja -toimittajat halusivat mainita mm.:

”Betoniputkin ja kaivojen ympäristöystävällisyyttä ei tuoda riittävästi esille. Tuotteet voidaan huoletta hylätä maaperään tai kierrättää täysin saneerauksen yhteydessä jos linjaa ei enää tarvita. Rakennusvaiheessa kaivumaita pystytään hyödyntämään enemmän kuin muoviputkella rakennettaessa (vähemmän siirrettäviä massoja). Uusien tekniikoiden myötä pystymme tekemään esim. hulevesiverkostoon vakiokaivoja jolloin betonikaivon kustannus saadaan pienemmäksi, tällä hetkellä jokainen kaivo on tehtaalla valmistettava yksilö.”

”Kunnossa pitäjiä ja rakentajia tulisi olla kiinteässä yhteistyössä, myös käytännön asioissa ja arjen ongelmissa ja välittää ongelma tieto mahdollisimman rakentavassa muodossa suunnittelijoille, jotta uussuunnittelussa ei toisteta vanhoja virheitä ja korjaussuunnittelussa löydetään parempia ratkaisuja.”