

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka

2014

Jesse Currie

VIEMÄRIPUTKIEN MATERIAALIT JA ASENTAMINEN

– Betoni ja muovi



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Turun ammattikorkeakoulu

Tekniikka, ympäristö ja talous

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka

Jesse Currie

Opinnäytetyö

VIEMÄRIPUTKIEN MATERIAALIT JA ASENTAMINEN
– Betoni ja muovi

Hyväksytty

Turussa ____/____ 2014

Valvoja

DI Pirjo Oksanen

Koulutuspäällikkö

Tekn. lis. Esa Leinonen

Jesse Currie

VIEMÄRIPUTKIEN MATERIAALIT JA ASENTAMINEN – BETONI JA MUOVI

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella muovista ja betonista valmistettujen hule- ja jätevesiputkien ominaisuuksia. Työssä tarkastellaan myös betoniputkien asentamiseen tarkoitettua laitetta, RB-lifteriä ja sen vaikutusta putkien asennustöihin.

Muovilla on tällä hetkellä suurin markkinaosuus hule- ja jätevesiputkien myynnistä. Ne myös kestävät korroosiota paremmin kuin betoniputket ja niitä voi kuljettaa enemmän kerralla työmaalle kuin betoniputkia. Lisäksi muoviputken ympärillä oleva täyttöaine vastaanottaa 95 % muoviputkeen kohdistuvasta kuormituksesta. Betoniputket puolestaan vastaanottavat 85 % kuormasta. Seinämäpaksuuden ansiosta betoniputket myös kestävät paremmin mekaanista rasitusta ja varastointia kuin muoviputket. RB-lifter nopeuttaa toimintaperiaatteellisesti asentamista, parantaa työturvallisuutta, vähentää resurssien tarvetta ja monipuolistaa betoniputkien asennusta, mutta asennusnopeuden muutosta ei pystytty osoittamaan tilastollisesti.

Muovista ja betonista valmistetut putket kestävät ainakin teoreettisesti yhtä pitkään. Betoni on kuitenkin jo osoittanut 150 vuoden käyttökokemuksella, että se on luotettava putkimateriaali. Tulevaisuudessa pystytään paremmin arvioimaan, kuinka pitkä elinkaari muoviputkilla on käytännössä, kun muoviputket alkavat lähestyä elinkaarensa loppua. Lopputuloksena työssä todetaan, että muovi- ja betoniputket soveltuvat samoja tarkoituksia varten muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Eri putkimateriaalien elinkaaren pituudesta tulisi tehdä laaja kenttätutkimus neutraalin tutkimusryhmän suorittamana. Lisäksi RB-lifterin valmistajan, urakoitsijan ja neutraalin tutkimusryhmän olisi yhteistyössä toteutettava laajempi tutkimus RB-lifterin vaikutuksista. Tällöin pystyttäisiin todentamaan tilastollisesti se, kuinka paljon laite nopeuttaa betoniputkien asennusta.

ASIASANAT:

viemärit, betoni, muovi, asennus, elinkaari

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering| Community Infrastructure Engineering

2014| 58

Instructor: M. Sc. Pirjo Oksanen

Jesse Currie

DRAINAGE PIPE MATERIALS AND INSTALLATION – CONCRETE AND PLASTIC

The purpose of this Bachelor's thesis was to inspect the properties of both plastic and concrete drainage pipes. This thesis also examines the effects of the RB-lifter which is used to install concrete pipes.

Plastic currently has the largest market share of drainage pipe sales. They also withstand corrosion better than concrete pipes do and more of them can be transported to a construction site at once. In addition, the material surrounding the plastic pipe withstands 95 % of the load that is directed at it. A concrete pipe, on the other hand, withstands 85 % of the load that is directed at it. Due to the wall thickness of the concrete pipes they withstand mechanical abrasion and storage better than plastic pipes do. The RB-lifter increases the installation speed of concrete pipes in principle, it increases work safety, lessens the need for resources and diversifies ways of installing concrete pipes. However, the increase in installation speed could not be based on statistics.

Pipes made of both plastic and concrete last theoretically an equal period of time. Concrete has already proven through the 150 years of usage that it is a reliable pipe material. It will be possible to determine better the length of time plastic pipes last in the future once they begin to approach the end of their life-span. In conclusion, this Bachelor's thesis states that plastic and concrete pipes are applicable to the same purposes disregarding a few exceptions. The life-spans of different pipe materials should be investigated through an extensive field study by a neutral research group. In addition, the producer of the RB-lifter, a contractor and a neutral research group should conduct a wide research in a joint venture in order to determine the effects of the RB-lifter. This way it would be possible to compile statistics on the extent the RB-lifter has increased the installation speed of concrete pipes.

KEYWORDS:

sewers, concrete, plastic, installation, life cycle

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	8
2 VIEMÄRIT	9
2.1 Hule- ja jätevesiviemärit	9
2.2 Putkikaivanto	10
2.2.1 Kaivannon rakenne	10
2.2.2 Perustaminen	11
2.2.3 Arina ja asennusalusta	13
2.2.4 Asentaminen	15
2.2.5 Alkutäyttö	15
2.2.6 Lopputäyttö	18
2.3 Putkimateriaalin vaikutus kaivannon rakenteeseen	19
2.4 Pohjaolosuhteiden vaikutukset	20
3 MATERIAALIT	24
3.1 Ominaisuudet	24
3.1.1 Mekaaninen	25
3.1.2 Korroosio	27
3.2 Käyttöikä	33
3.3 Ympäristövaikutukset	36
3.4 Kustannukset	37
4 ASENNUSMENETELMÄT	41
4.1 Asentamisen perusteet	41
4.2 Kuljetus ja varastointi	42
4.3 Muoviputken asennus	44
4.4 Putkisakset	45
4.5 Kona-asennuslaite	46
4.6 RB-lifter	47
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	54
LÄHTEET	57

KUVAT

Kuva 1. Putkikaivannon rakenneosien nimityksiä ja siihen vaikuttavia tekijöitä (RIL ry 2013, 17).	11
Kuva 2. Putkikaivannon tyypilliset mitat (RIL ry 2013, 18).	11
Kuva 3. Putkien perustamismenetelmiä (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 21).	13
Kuva 4. Muoviputken alkutäytön tärytys (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 24).	17
Kuva 5. Lommahtanut muoviputki (S. Petrow, henkilökohtainen tiedonanto 28.2.2014).	21
Kuva 6. Muoviputken kuvaus (S. Petrow, henkilökohtainen tiedonanto 28.2.2014).	21
Kuva 7. Putken kulumisen suhteutettuna putken paksuuteen materiaaleittain (FBS beton kanalsystem 2012, 3).	26
Kuva 8. Karbonatisoitumisen periaatekuva (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2003, 288).	28
Kuva 9. Biologisen korroosion periaatekuva (Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2013, 112).	31
Kuva 10. Laboratoriotesteissä määritelty muoviputken käyttöikädiagrammi (Uponor 2009, 20).	34
Kuva 11. Putkilaseri kaivonkannen päällä.	41
Kuva 12. Betoniputkien oikeaoppinen pinoaminen (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 82).	43
Kuva 13. Kuva Suurien putkien varastointi (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 83).	44
Kuva 14. Betoniputken asennus saksinostimilla (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).	46
Kuva 15. Betoniputken asennus vetolaitteella (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).	47
Kuva 16. RB-lifterin kiinnittäytyminen kaivinkoneeseen (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).	48
Kuva 17. Kaivinkoneeseen asennettu RB-lifter.	49
Kuva 18. RB-lifterin tartuntamekanismi.	50
Kuva 19. Putken nosto kaivannon vierestä (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).	51
Kuva 20. Putkiasennus RB-lifterillä (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).	52

TAULUKOT

Taulukko 1. Eri muovityyppien materiaaliominaisuudet (Uponor 2009, 17).	25
Taulukko 2. Kloridien kriittiset raja-arvot (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 289.)	29
Taulukko 3. Polyeteenistä valmistetun muoviputken kestävyys eräiden aineiden suhteen. Merkinnät: + = kestää hyvin, 0 = kestää rajoitetusti ja - = ei kestä. (Suomen Rakennusinsinööri Liitto RIL ry 2003, 293).....	32
Taulukko 4. Muovista ja betonista valmistettujen jäte- ja hulevesiputkien hinta kuljetettuna ja asennettuna (Pöyryn 2012, Kilpailu- ja kuluttajaviraston 2013, 45 mukaan).	39
Taulukko 5. Muovi- ja betoniputkien ominaisuuksien tarkastelun yhteenveto.....	40
Taulukko 6. Irrallisten putkien maksimisäilytyskorkeus (RIL ry 2013, 12).	42
Taulukko 7. Ruskon betonin RB-lifter-laitteiden tekniset tiedot (Ruskon Betoni Oy, 2013).	53
Taulukko 8. Asennusmenetelmien ominaisuudet.	53

1 JOHDANTO

Nykyään noin 70–90 % asennettavista kunnallistekniikan putkista on muovia, noin 5–20 % betonia ja loput noin 10 % asennettavista putkista on tehty muista materiaaleista (A. Pesonen, 26.2.2014 henkilökohtainen tiedonanto; T. Saari-
nen, henkilökohtainen tiedonanto 15.4.2014; Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2012, 82, 88).

Muoviputkien elinikään liittyviä tutkimuksia on vähän, sillä muovista valmistettujen putkien asentaminen alkoi vasta 60–70-luvulla (P. Elo, 11.2.2014, henkilökohtainen tiedonanto). Betonista valmistettuja putkia on asennettu jo yli vuosisadan ajan, joten sen käytöstä on kertynyt paljon enemmän kokemusta materiaalina (American concrete pipe association 2008).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella betoni- ja muoviputkia. Näitä tarkastellaan asennusmenetelmien ja materiaalien ominaisuuksien näkökulmasta.

Opinnäytetyössä keskitytään eri asennusmenetelmien ja erityisesti uuden RB-liflerin tarkasteluun, jolla voidaan asentaa betoniputkia. Opinnäytetyössä selvitetään RB-liflerin vaikutusta asennusnopeuteen, työturvallisuuteen ja vaikutuksia betoniputkien asentamiseen. RB-lifter on betoniputkien asennuksessa käytettävä laite, ja sitä vastaavia laitteita on ollut käytössä ulkomailla jo noin 10 vuotta. Se on ollut käytössä Suomessa vasta muutaman vuoden ajan, joten siitä ei ole käytännön kokemusta kaikilla urakoitsijoilla, ja tiedot sen vaikutuksista putkiurakoihin saattavat olla vähäiset.

2 VIEMÄRIT

2.1 Hule- ja jätevesiviemärit

Jätevedenpuhdistamolle johdatettavat vedet voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- suhteellisen likaantunut kotitalouksista ja teollisuuslaitoksista johdettava jätevesi
- suhteellisen puhtas sateesta ja ja lumen sulamisesta koostuva hulevesi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 50.)

Näitä eri vesityyppejä varten rakennetaan omat putkiverkostot. Hulevedet johdatetaan hulevesiputkilla, ja yhdyskunnan ja teollisuuden jätevedet johdatetaan jätevesiviemärillä jäteveden puhdistuslaitokseen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 50.)

Erillisjärjestelmät voidaan myös toteuttaa siten, että hulevedet kerätään avo-ojiin tai niitä varten rakennetaan erillisiä, lähimpään avo-ojaan päätyviä viemäreitä. Viemäriin toimintaperiaate on kuitenkin aina sama: maan painovoima johdattaa veden putken sisällä putken alempana olevaan päähän. Tämän vuoksi putkessa on aina oltava kallistus. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 50.)

Putken kallistus on oltava riittävän suuri, jotta putken vesijuoksun tasolla olevat kiintoainekset huuhtoutuvat pois. Tällöin putki on itsepuhdistuva eikä vaadi sen suurempaa huoltoa. Päinvastoin, jos virtausnopeus putken sisällä on liian suuri, alkaa veden mukana huuhtoutuva kiintoainekes mekaanisesti kuluttamaan putken sisäpintaa. Näiden kahden tekijän takia putkille on annettu maksimi- ja minimikaltevuudet, jotka määräytyvät putkikoon ja materiaalin mukaan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 50–51.)

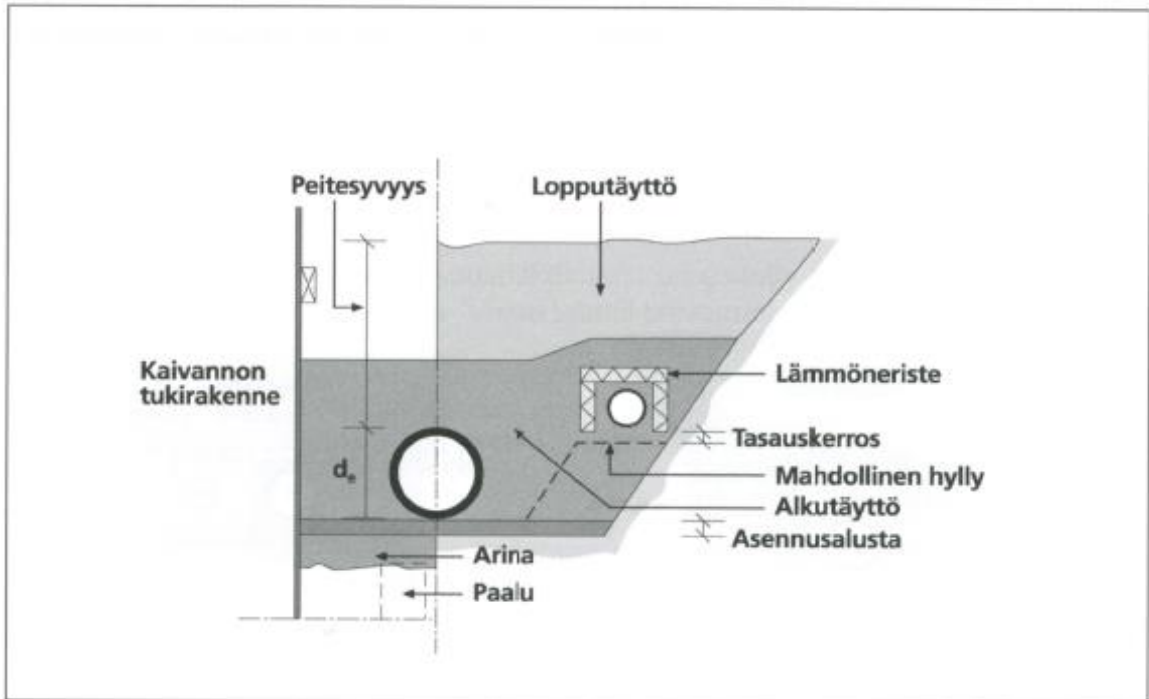
2.2 Putkikaivanto

2.2.1 Kaivannon rakenne

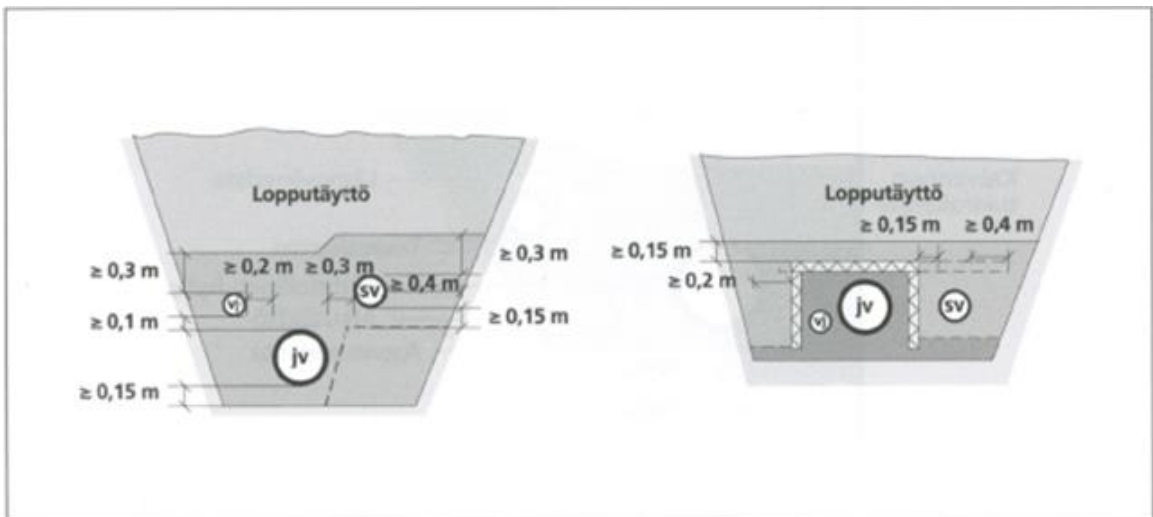
Kaivannon koko ja muoto määräytyvät asennettavien putkien koon ja pohjatutkimustietojen perusteella. Kaivanto pyritään aina rakentamaan mahdollisimman pienillä maansiirroilla siten, että se toteuttaa sille asetetut vaatimukset, kuten tukirakenteiden vaatiman leveyden ja työskentelytilan. Lisäksi putken ympärille tuleva alkutäyttö on pystyttävä tiivistämään. Avokaivannon pohjan minimileveys on 1 m ja tuetun kaivannon pohjan on oltava 1,2 m leveä. Liian leveä kaivannon pohja saattaa heikentää alkutäytön yhteydessä putken vastaanottamaa sivutukea. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 17.)

Muoviputken asentamisessa on erityisen tärkeää, että varsinaisen kaivannon täyttö ja tärytys toteutetaan suunnitelmien mukaan, sillä noin 95 % muoviputken rakenteellisesta kestävyydestä perustuu juuri näihin tekijöihin. Betoniputki puolestaan kantaa suurimman osan siihen kohdistuneesta kuormituksesta, noin 85 %. (American concrete pipe association 2008.)

Kuva 1 havainnollistaa putkikaivannon rakenteen. Kuva 2 havainnollistaa putkien minimietäisyydet toisistaan, kaivannon reunasta ja alkutäytön korkeudesta suhteessa putken yläpintaan.



Kuva 1. Putkikaivannon rakenneosien nimityksiä ja siihen vaikuttavia tekijöitä (RIL ry 2013, 17).



Kuva 2. Putkikaivannon tyypilliset mitat (RIL ry 2013, 18).

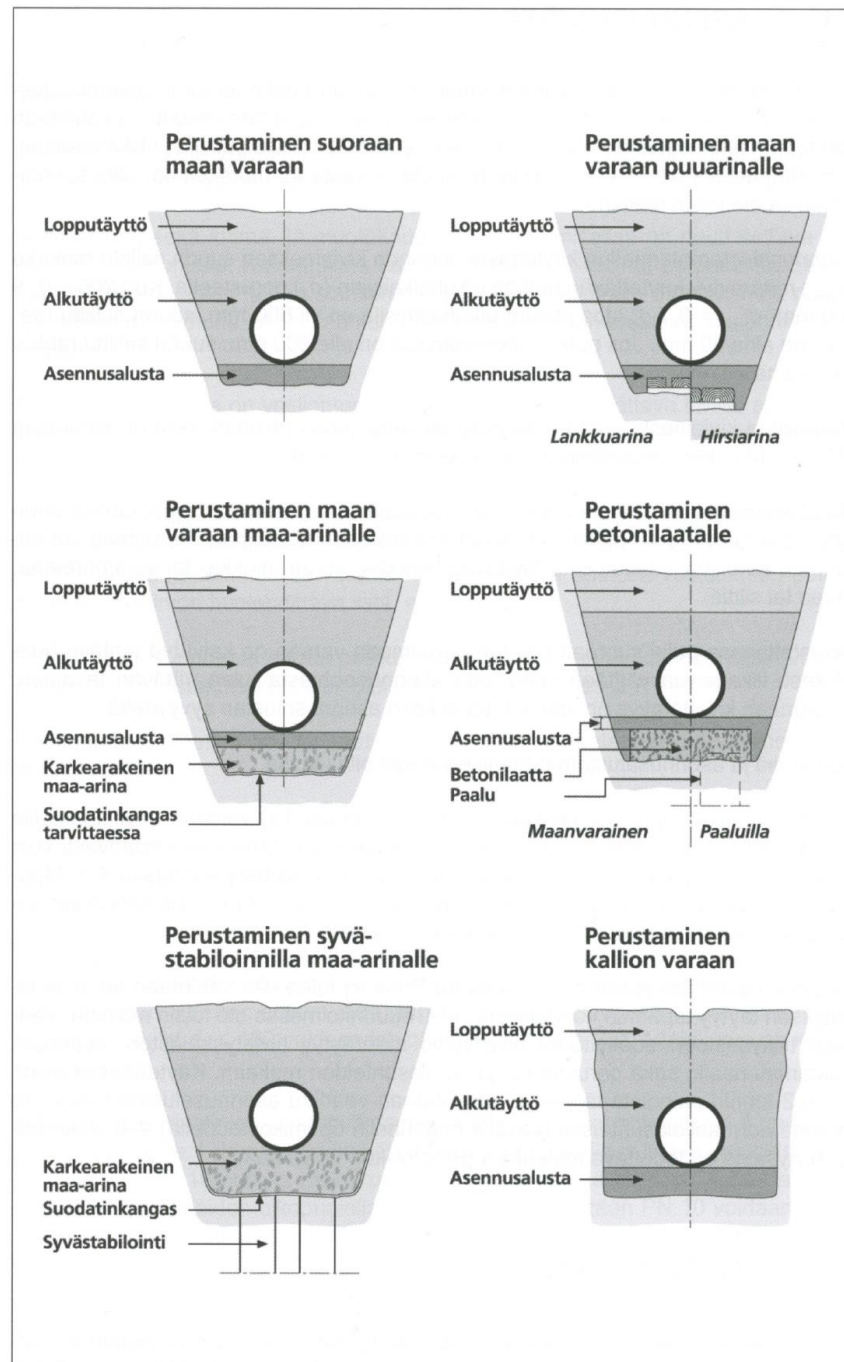
2.2.2 Perustaminen

Putkien perustamISRakenteilla tarkoitetaan kaikkia asennusalustan alapuolelle tulevia rakenteita (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 19).

Perusmaan laadusta riippuen putket voidaan rakentaa perustamisrakenteiden, asennusalustan tai suoraan perusmaan varaan. Pääperiaatteena on, että hyvin kantaville maapohjille putkikaivanto rakennetaan maanvaraisesti ja huonosti kantaville maapohjille asennettavat putket tulevat arinarakenteen tai paalujen päälle. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 20.) Kuvassa 3 on esitetty erilaisia perustusmenetelmiä. Näitä paalujen päälle rakennettavia perustamistapoja ovat mm. pilarisyvästabilointi, paaluille perustettu hirsiarina ja paaluille perustettu teräsbetoni-laatta. Stabilointi voidaan myös toteuttaa massastabilointina (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 66).

Ennen asennusalustan rakentamista voidaan pohjamaan päälle asentaa suodatinkangas, joka estää maapohjan ja kaivannon kiviaineksien sekoittautumisen (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 20).

Kiviainesarinana käytetään soraa tai murskettä, jonka raekoko on 0–32 mm. Tiiveysaste tälle arinalle on 90 % parannetun Proctor-kokeen mukaisesti. Perinteisten kiviainesten tilalla voidaan käyttää myös lentotuhkaa, pohjatuhkaa tai pohjakuonaa. Suunnitelmissa on kuitenkin mainittava erikseen, että näitä materiaaleja voidaan käyttää kaivantoa rakennettaessa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 20.)



Kuva 3. Putkien perustamismenetelmiä (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 21).

2.2.3 Arina ja asennusalusta

Kaivannon pohjalle, massanvaihtopohjalle tai arinan päälle rakennetaan asennusalusta, jonka paksuus on putken alapinnasta katsottuna ainakin 150 mm.

Liikenne- ja niiden ulkopuolisilla alueilla alusta rakennetaan alle PN10-putkilla hiekasta, sorasta tai murskeesta. Tästä voidaan poiketa, jos suunnitelmissa määrätään toisin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 22.)

Asennusalustan rakentamista varten voidaan käyttää eri raekoon omaavia kiviaineita. Sallittu raekoko määräytyy asennettavan putken koon mukaan. Jos putken halkaisija on $200 \text{ mm} \leq d_e \leq 600 \text{ mm}$, niin maksimiraekoko ($d_{e\text{max}}$) = $0,1 \cdot d_e$. Putken halkaisijan on oltava kuitenkin vähintään 110 mm, jotta se voidaan peittää murskeella. Tällöin murskeen raekoko ei saa ylittää 16 mm. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 22.)

Jos pohjamaa täyttää riittävät rakennustekniset kriteerit liikennealueiden ulkopuolella, voidaan vähintään PN10-putkia asennettaessa jättää asennusalusta rakentamatta. Rakennemääräysten täytyessä perusmaa voi olla hiekkaa soraa, moreenia, soramoreenia, silttiä tai savea. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 22.)

Perusmaa ja asennusalustaa varten käytettävät materiaalit eivät saa olla jäässä (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2013, 22).

Kun perusmaa on pääosin savea, voidaan käyttää myös kivihiilituhkaa. Siksi muoviputkiverkostoon liitettävät metallikomponentit on suojattava korroosiolta erillisten suunnitelmien mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 22.)

Arinan tiiveysasteen tulee olla vähintään 90 % parannetun Proctor-kokeen mukaisesti. Tiivistys toteutetaan koneellisesti. Jotta määrätty tiiveysaste saavutettaisiin, on käytettävä oikean kokoista tärytintä ja asennusalustan päältä on ajettava riittävän monta kertaa. Tämä määräytyy asennusalustan materiaalin ja perustamis- ja työolosuhteiden mukaan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2013, 22.)

2.2.4 Asentaminen

Ennen varsinaista asennustyötä on varmistettava, että muoviputket ja putkiverkostoon liittyvät komponentit ovat ehjiä ja asennuskelpoisia (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 22). Putket lasketaan suunnitelman mukaiseen kaivannon kohtaan tasaiselle ja tiivistetylle kerrokselle. Putkessa ei saa olla notkoja ja muhvin alle tehdään syvennykset, jotta muhvi ei kantaisi putkea. Jos ilman lämpötila alittaa -15 °C , on muoviputkia asennettava putkivalmistajan erityisohjeiden mukaisesti. Kaivannon vedenpinta on otettava huomioon asennusvaiheessa, jotta vedestä aiheutuva noste ei liikuta muoviputkea (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 23.)

2.2.5 Alkutäyttö

Alkutäytöllä tarkoitetaan putkien ympärillä ja yläpuolella olevaa kiviainesta tai muuta hyväksyttyä materiaalia (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 23). Kaivannon alkutäytössä käytetään sellaista täyttömateriaalia, joka sopii kaikille kaivannossa oleville putkimateriaaleille. Alkutäytön materiaali ei saa vahingoittaa kaivannossa olevia putkia. Suurin sallittu täyttömateriaalin raekoko on korkeintaan 65 mm 300 mm:n betoniputkille. Tätä suuremmat putket voidaan peittää täyttömateriaalilla, jonka raekoko on korkeintaan 100 mm. Alimman asennusalustan yläpuolelle ei tarvitse rakentaa erillisiä asennusalustoja putkille, jos alkutäyttömateriaali on samaa kuin mitä on käytetty asennusalustassa (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 69.)

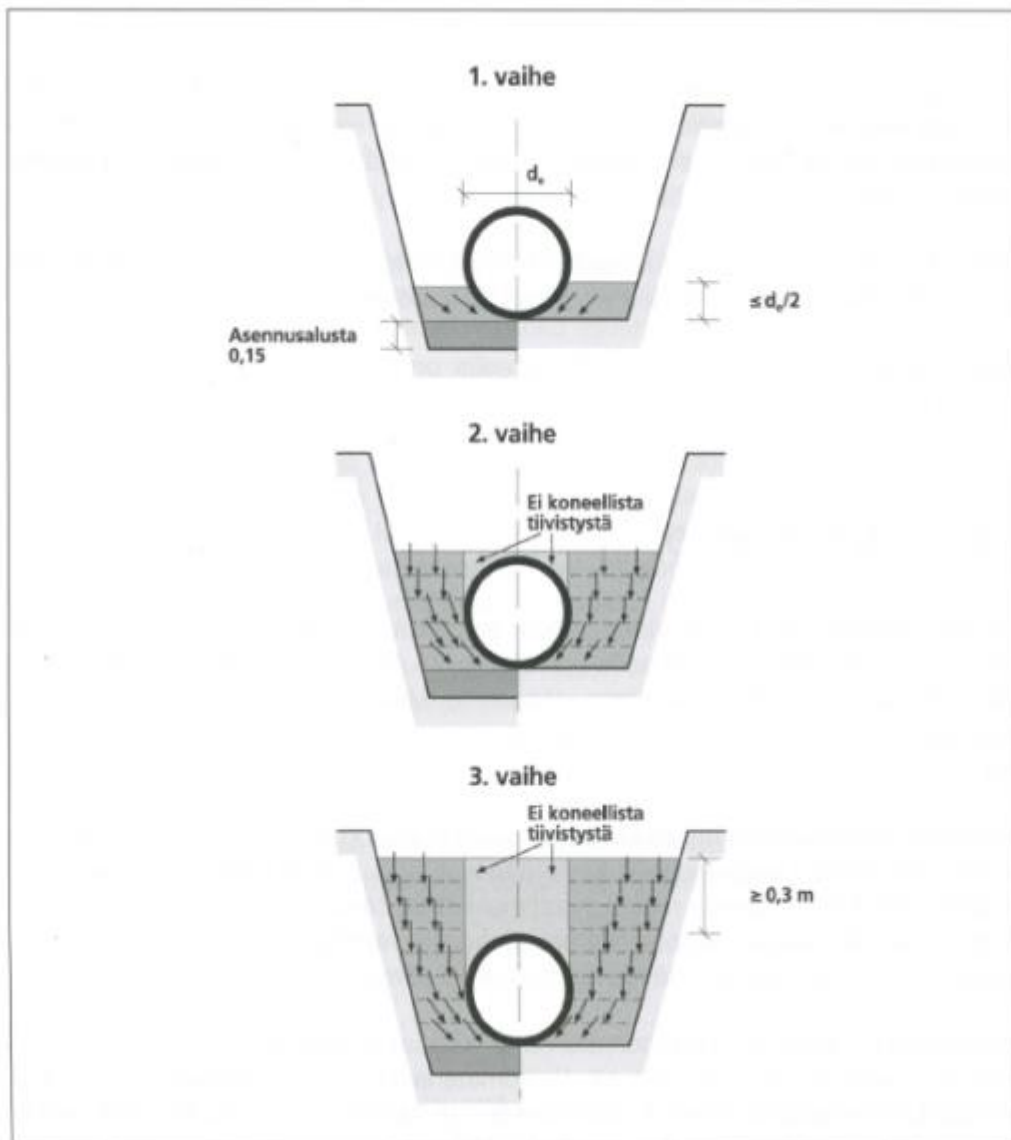
Alkutäyttö ulotetaan muoviputkilla $d_e > 160\text{ mm}$ ja putken yläpuolella on oltava vähintään 300 mm alkutäyttöä. Alkutäytössä koskevien materiaalien vaatimukset ovat samat kuin asennusalustassa. Alkutäytössä voidaan käyttää myös kevytsoraa tai masuunikuonaa, jos suunnitelmissa on määrätty näin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 23.)

Kivihilituhkaa voidaan käyttää savikkoalueilla alkutäytössä, jos suunnitelmissa määrätään näin. Lentotuhkaa ei kuitenkaan saa käyttää alkutäytössä norma-

leissa olosuhteissa, sillä se tiivistyy ja lujittuu niin, että putkin ympärillä olevan alkutäytön mahdollinen kaivaminen tulevaisuudessa osoittautuisi haasteelliseksi. Muoviputkiverkoston asennettavat metalliset komponentit on suojattava korroosiolta, jos tuhkaa kuitenkin käytetään. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 23–24.)

Alkutäyttömateriaali on pudotettava varovaisesti ja tasaisesti putken molemmille puolille siten, että putki ei liiku. Tämän jälkeen varmistetaan, että alkutäyttömateriaali on sullottu myös putken alle. Putkikaivanto täytetään pituussuunnassa siten, että alkutäytön kerros muodostaa aina homogeenisen ja yhtenäisen kerroksen. Ensimmäinen alkutäyttökerros ulottuu vain putken halkaisijan puoleenväliin, ja sen tiivistäminen on erittäin tärkeää. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 24.) Kuva 4 havainnollistaa muoviputken alkutäytön tiivistysperiaatteen.

Putken päällä on oltava ainakin 300 mm alkutäyttöä ennen kuin alkutäyttö voidaan tiivistää koneellisesti. Alkutäytön tiiveysaste on 90 % parannetun Proctor-kokeen mukaisesti liikennealueilla ja niiden ulkopuolella PN10-putkien osalta, ellei suunnitelmissa ole määrätty toisin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2013, 25.) Betoniputkien alkutäytön tiivistyksessä tiiveysaste on oltava 95 % Proctor-kokeen mukaan (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 69).



Kuva 4. Muoviputken alkutäytön tärytys (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 24).

Dr-luokan betoniputken päällä on oltava vähintään 200 mm:n paksuinen tiivistetty alkutäyttökerros (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 70).

Vaaditun työn tiiveysaste määräytyy samojen tekijöiden mukaan kuin arinassa (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 25).

Siinä tapauksessa, että työssä on käytetty tukirakenteita, on huolehdittava siitä, että alkutäyttömateriaali ei löyhdy ja liikuta asennettuja putkia (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 25).

Jos pohjamaa on huonosti vettä läpäisevää, on kaivantoon rakennettava savipato 50 m:n välein. Savipatojen tulee olla yhden metrin pituisia, ja niiden tulee ulottua koko kaivannon kummallekin reunalle leveyssuunnassa. Pato on myös rakennettava kaivannon pohjasta asti siten, että padon yläpinta on 300 mm putken laen yläpuolella. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 25.)

2.2.6 Lopputäyttö

Liikennealueilla käytettävää materiaalia on pystyttävä tiivistämään. Jos kaivannosta saatu pohjamaa on riittävän tiivistyvää, voidaan sitä käyttää lopputäytössä. Muuten lopputäyttö suoritetaan muualta kuljetetulla saman pohjamaan asteisesti routivalla materiaalilla. Siinä tapauksessa, että lopputäytön päälle rakennetaan vielä muita rakenteita, on lopputäyttö toteutettava näiden suunnitelmissa määrättyjen materiaalien mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2013, 25.)

Jos lopputäyttö on korkeintaan 1 m paksu putken laesta mitattuna, niin suurin täyttömateriaalissa esiintyvä kivi tai lohkare saa olla läpimitaltaan 300 mm (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 25).

Betoniputkien lopputäytössä esiintyvät kivet saavat olla läpimitaltaan korkeintaan 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 70). Joukossa on myös oltava pienempirakeista täyttömateriaalia, jotta kerroksen väliin ei syntyisi tyhjiä tiloja (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 25). Kivet ja lohkareet saavat olla kuitenkin korkeintaan 400 mm halkaisijaltaan betoniputkikaivannon lopputäytössä (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 70).

Jos putkikaivantoon ei kohdistu liikenteen aiheuttamia kuormia, voidaan lopputäyttö toteuttaa kaivetulla maalla. Tällöinkin suurin sallittu raekoko on sama kuin

alueella, jonka kaivantoon kohdistuisi liikenteen aiheuttamaa kuormitusta. Näillä alueilla voidaan joko jättää lopputäyttö tiivistämättä tai tiivistää alueen vaatimien olosuhteiden mukaiseen tiiveyteen. Täytössä on huomioitava, että lopputäyttö painuu vielä asennuksen jälkeenkin. Tämän vuoksi lopputäytön on oltava riittävästi korkea, jotta sen pinta on kaivannon ulkopuolisen alueen kanssa samalla tasolla painumisen päättymisen jälkeen. Liikenne- ja katualueilla lopputäyttö on tiivistettävä siten, että sen tiiveysaste on 90 % parannetun Proctor-kokeen mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 26.)

Kaivannossa mahdollisesti käytetyt tuet nostetaan pois sitä mukaa, kun se on turvallisuuden ja kaivannon rakenteellisen kestävyuden puolesta mahdollista. Samalla tavalla kuten alkutäytössä on lopputäytössäkin varottava, etteivät putket pääse liikkumaan ja etteivät tiivistetyt kerrokset pääse löyhtymään. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 26.)

2.3 Putkimateriaalin vaikutus kaivannon rakenteeseen

Betoniputken lopputäyttöä varten ei välttämättä tarvitse käyttää muualta tuotua kiviainesta, vaan kaivettua pohjamaata voidaan käyttää tähän tarkoitukseen. Tällöin työmaalta ei tarvitse kuljettaa yhtä paljon materiaaleja kuin muoviputkien lopputäytössä ja uusien kiviainesmateriaalien käyttö vähentyy. (Concrete pipeline systems association 2014.)

Kaivanto, johon asennetaan vain betoniputkia, voidaan täyttää karkeammalla materiaalilla kuin muoviputkikaivanto, kun vertaillaan niiden asennusohjeita (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 69; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 22).

Käyttämällä Dr-luokan betoniputkia voi putken päällä oleva tiivistetty alkutäyttö olla vähintään 200 mm (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 69). Kun putken peittosyvyys on pieni, on betoniputki parempi vaihtoehto sen paremman kuormansietokyvyn ansiosta (S. Hietala, henkilökohtainen tiedonanto 28.3.2014).

2.4 Pohjaolosuhteiden vaikutukset

Muoviputki ja sitä ympäröivä alkutäyttö muodostavat yhdessä toimivan rakenteen. Rakenteen käyttäytymiseen vaikuttavat putken ja alkutäytön ominaisuudet ja niiden muodostama kokonaisuus. Tavoitteena on, että maan- ja pohjavedenpaine putken ympärillä jakaantuu homogeenisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 44.) Jos muoviputkia asennetaan pohjapinnan alapuolelle, on hienorakeisissa alkutäytöissä otettava huomioon, että pohjavesi kohdistaa putkeen nosteen. Tämä aiheuttaa myös maan tehokkaan irtotiheyden pienenemisen pohjaveden alapuolella. Tämä voi aiheuttaa epätasaisia muodonmuutoksia putkeen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 44.)

Muoviputken asennuksen jälkeen siihen kohdistuva kuormitus voi muuttua epätasaiseksi. Tällöin siitä tulee soikea kuten kuvassa 5. Putken muodonmuutokselle on asetettu raja-arvo, joka määräytyy putken asennuksen jälkeisen sisähalkaisijan prosentuaaliseen muutoksen mukaan. Muutosta verrataan täysin pyöreään putken laskennalliseen sisähalkaisijaan kuten kuvassa 6. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 45.)

Tyypillisesti muoviputken muodonmuutoksien syynä on huolimaton alkutäyttö. Muodonmuutostutkimuksissa on käynyt ilmi, että putki saavuttaa lopullisen muotonsa 1–2 vuoden jälkeen asennuksesta, elleivät putkea kuormittavat tekijät muutu sinä aikana. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 46.)



Kuva 5. Lommahtanut muoviputki (S. Petrow, henkilökohtainen tiedonanto 28.2.2014).



Kuva 6. Muoviputken kuvaus (S. Petrow, henkilökohtainen tiedonanto 28.2.2014).

Alueilla, joissa pohjamaa on heikosti kantavaa, voi muoviputken joustavuudesta ja keveydestä olla hyötyä. Rakenteen paino ei ole yhtä suuri kuin betoniputkella rakentaessa. Muoviputket eivät myöskään menetä toimintakykyään pienten muodonmuutosten takia, jotka johtuvat painumisesta. (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014). Betoniputket kestävät puolestaan heikommin painumia ja vaativat vahvemmat pohjaolosuhteet (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014; J. Jantunen, henkilökohtainen tiedonanto 28.3.2014).

Pohjamaassa ja vedessä olevat aineet voivat vaikuttaa tarpeeksi suurina pitoisuuksina betoniputken korroosioon, jos maaperässä on happoja, liuennaita suoloja, alkaleita, muita kemikaaleja tai orgaanista teollisuusjätettä. (Gabriel & Morgan 1998, 5). Käytännössä niin happamia maastoja Suomen olosuhteissa ei kuitenkaan ole, että betoniputki vaurioituisi (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 12). Näitä korroosiota aiheuttavia aineita ovat emäk-siset natrium, kalium, kalsium ja magnesium ja happamat karbonaatti, kloridi, sulfaatti ja nitraatti. Korkea sulfaattipitoinen pohjamaa ja vesi voivat vahingoittaa betoniputkea. (Gabriel & Morgan 1998, 10.)

Muoviputket kestävät erittäin hyvin pH:sta aiheutuvaa korroosiota ja kemiallista ja sähkökemiallista korroosiota ja niin myös sulfaatteja, klorideja ja muita aggressiivisiä suoloja (Gabriel & Morgan 1998, 21).

Muovi- ja betoniputkissa esiintyviä muita vaurioita ovat

- verkkohalkeama
- pituushalkeilu
- poikkihalkema
- pintavaurio tai syöpymä
- irronnut pala tai reikä
- painuma
- linjan kaartuminen
- poikkisiirtymä
- avoin liitos
- irronnut tiiviste

- virheellinen liittymä
- vuoto
- irtokertymä
- saostuma
- vieras esine (Vesi ja Viemärlaitosyhdistys ry 1998, 22–38.)

Maan painuminen johtuu ulkoisista kuormituksista. Näitä ulkoisia kuormituksia aiheuttavat mm.

- rakennekerrosten ja penkereen aiheuttaman kuormitus
- pohjaveden pinnan aleneminen
- kaivannon täyttö pohjamaata raskaammalla täyttömateriaalilla (Suomen Kuntatekniikan Yhdistys ry 2003, 83.)

Muovi- ja betoniputket voivat vaurioitua myös seuraavista syistä

- liian suuret maaperän tai liikenteen aiheuttamat kuormat
- liian pieni peittosyvyys
- putkikaivannon huolimaton tiivistys
- virheellisesti perustettu putkilinja tai epätasalaatuinen asennusalusta
- asennuksen yhteydessä tai ennen asennusta vaurioitunut putki
- mekaaninen kulutus
- kemiallinen syöpyminen
- huolimattomasti täytetty putkilinja
- viemärin sisäpintaan saostuneet aineet (Vesi- ja Viemärlaitosyhdistys ry 1998, 22–38.)

3 MATERIAALIT

3.1 Ominaisuudet

Betoni koostuu runkoaineesta, sideaineesta ja vedestä. Betonin ominaisuuksia voidaan muokata lisäämällä siihen erilaisia lisäaineita, jotka muuttavat esimerkiksi sen kestävyyttä sulfaattirasituksia ja muita kemikaaleja vastaan. Betoni on yleisesti käytetty rakennusmateriaali sen hyvien fysikaalisten ominaisuuksien, muun muassa sen jäykkyyden, tiiveyden, korkean puristuskestävyyden ja rakenteellisen lujuuden ansiosta. Näiden ominaisuuksien ansiosta betoni kestää hyvin kemiallista ja mekaanista rasitusta. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 9.)

Muovit valmistetaan pääasiassa petrokemikaaleista. Muovia kutsutaan yhteisnimellä polymeereiksi. Polymeerit ovat suuria ketjumaisia molekyyliä. (Muoviteollisuus Ry 2014.) Muovista valmistetut viemäri- ja hulevesiputket valmistetaan tyypillisesti polyeteenistä (PE), polypropeenista (PP) ja polyvinyylikloridista (PVC). PE, PP ja PVC luokitellaan kestumuoveiksi. Nämä muovit kestävät eriasteisesti niihin kohdistuvia rasitteita, kuten voidaan todeta taulukosta 1 seuraavalla sivulla. Muovin mekaaniset ominaisuudet riippuvat muovityypin molekyylipainosta. (Uponor 2009, 16–17.)

Taulukko 1. Eri muovityyppien materiaaliominaisuudet (Uponor 2009, 17).

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	-

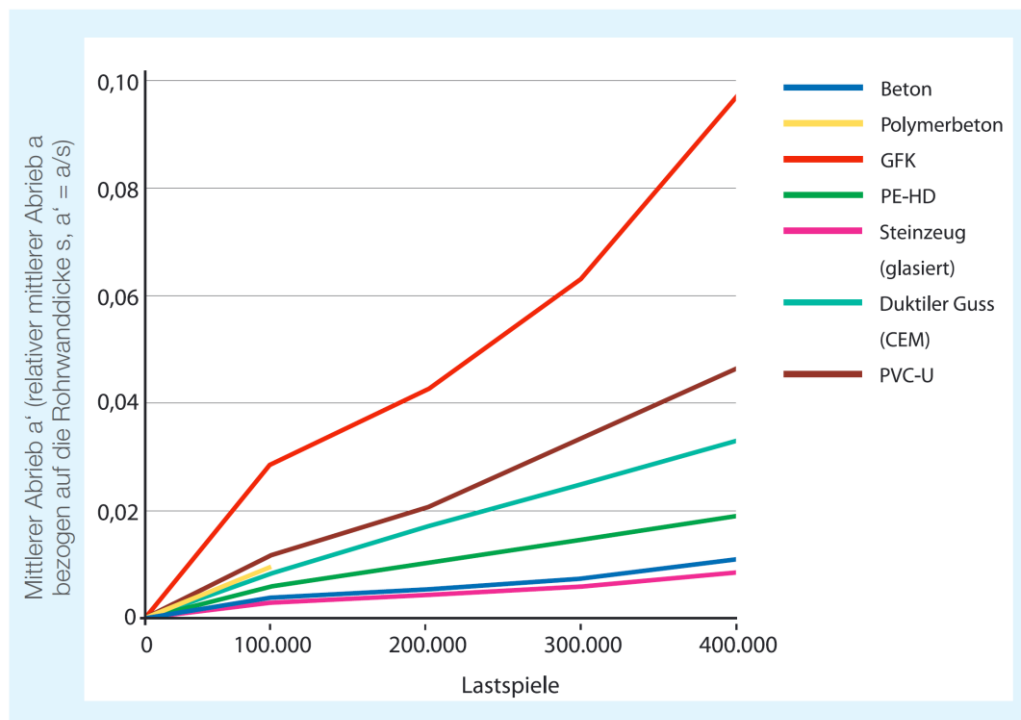
Suhteelliset arvosanat: - heikko + hyvä ++ erittäin hyvä

3.1.1 Mekaaninen

Betoni kestää hyvin mekaanista rasitusta, koska se on lujaa ja jäykkää. Betoniputki on aina suunniteltu siten, että se kestää työmaalle siirroissa suunnitelmisissa asetettuja suurempia kuormia. Betoniputken sisäpinta kestää hyvin hule- ja jätevesissä esiintyvien partikkelien kulutusta sen tiiveyden ja lujuuden ansiosta. Normaaleissa olosuhteissa putki ei pääse jäätymään, mutta rumpuputkien on kestettävä jatkuvaa jäätymistä ja sulamista. Betoniputki valmistetaan aina betonista, joka kestää pakkas- ja suolarasitukset. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 9–10.)

Yleisesti ottaen muoviputket kestävät hyvin jäte- ja hulevesissä esiintyviä partikkeleiden aiheuttamaa mekaanista kulutusta normaaleissa olosuhteissa (Gabriel & Morgan 1998, 21). Voidaan kuitenkin todeta, että betoni kestää mekaanista kulutusta paremmin. Kuvassa 7 esitetään materiaalien kulutussyvyyteen suhteessa putken paksuuteen ja kulutuksen kestävyteen. Kuvan alapuolella esitetään putkeen kohdistuva standardisoidun rasituksen lukumäärä ja taulukon va-

semmällä puolella esitetään materiaalin suhteellinen kuluminen. Betoni suoriutuu testissä paremmin kuin muoviputket seinämäpaksuutensa ansiosta. (FBS Beton kanal systeme 2012, 3.)



Kuva 7. Putken kuluminen suhteutettuna putken paksuuteen materiaaleittain (FBS beton kanalsystem 2012, 3).

Betoni on palamaton materiaali, ja se kestää lyhytaikaisesti +95 °C jätevettä. Erikoistapauksissa se kestää jopa +300 °C:een asteen lämpötiloja. (Betoniteollisuus ry, 2013, 11.)

Muoviputkissa korkein suositeltu lämpötila on +60 °C, mutta ne kestävät hetimitäisesti +95 °C:een lämpötilaa. Polyeteenistä valmistetun putken korkein suositeltu lämpötila on +45 °C. (Uponor 2009, 25.)

Lämpötilan sietokyvyllä on merkitystä mm. silloin, kun putkia tai rumpuja on su-latettava höyryllä talvella. Betonista valmistetut putket ja kaivot kestävät kuumaa höyryä hyvin kun taas muoviputket eivät kestä sitä olleenkaan. (Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2013, Pöyryn 2012, 83 mukaan.)

3.1.2 Korroosio

”Korroosiollla tarkoitetaan materiaalin vahingoittumista ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta” (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 279). Vesi-huollossa käytettyjen putkien elinikä riippuu hyvin paljon korroosion aiheuttamis-ta vahingoista ja se vaikuttaa putkiverkoston hintaan elinkaarensa huoltoa aja-tellen. Korroosio on otettava huomioon, kun suunnitellaan viemäriverkkoja. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 279.)

Putkeen kohdistuvan korroosion laatuun vaikuttaa käytetty putkimateriaali ja veden ominaisuudet. Korroosioon vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen oleelliseen tekijään

- veden laatu
- veden virtauksen nopeus
- veden lämpötila (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 279.)

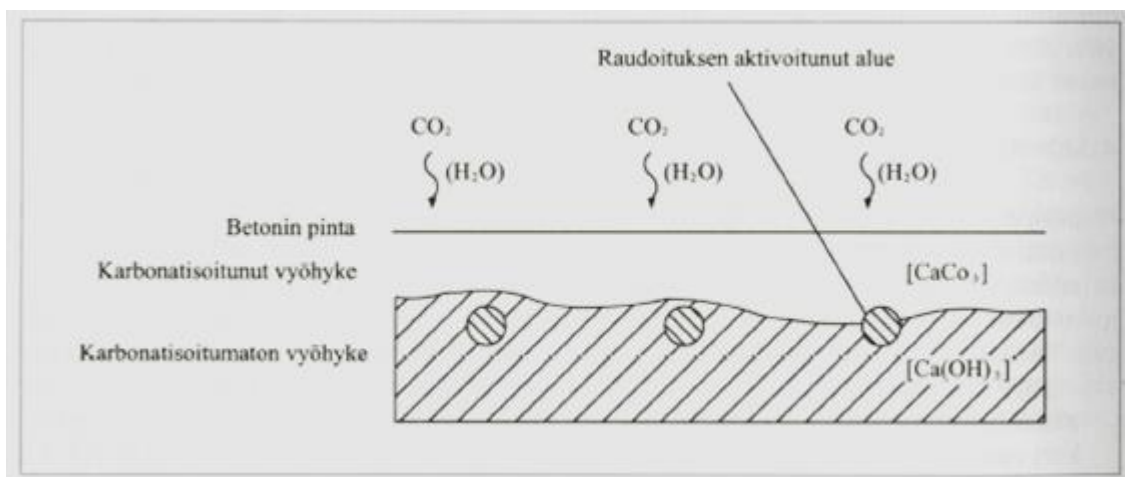
Raakavesilähteistä saadun veden tyypillinen pH-arvo vaihtelee 6,5–7,0. Yhdys-kuntien tuottama jätevesi on melko tasalaatuista, ja sitä on helpompi käsitellä, jos teollisuuden tuottamat jätevedet ja asumajätevedet johdatetaan eri puhdis-tuslaitoksiin. Jäteveden korroosio-ominaisuudet poikkeavat raakavesilähteiden ominaisuuksista erittäin paljon, mikä ilmenee juuri pH-arvon, sulfaattien ja mik-robien korkeassa määrässä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 279–280.)

Betonikorroosiossa vedessä olevat aineet voivat liuottaa betonin joitain ainek-sia, esimerkiksi voimakkaasti happamien jätevesien takia. Toinen suuri vaikutta-ja on betonin sisältämän kalsiumin muuttuminen uusiksi aineiksi jätevedessä olevien rikki-pitoisten yhdisteiden takia. Uusi kalsiumyhdiste vaatii suuremman tilan kuin betonin aineisiin sitoutuneena, mikä aiheuttaa putken pinnan paisu-mista, jolloin putken rakenne ja tiiveys heikkenee oleellisesti. (Suomen Raken-nusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 287.)

Betonin karbonatisoituminen johtuu siitä, että ilman hiilidioksidi reagoi betonissa olevan kalsiumin kanssa ja ne muodostavat uusia kalsiumyhdisteitä. Tästä re-

aktiosta syntyy pääasiassa kalsiumkarbonaattia. Huokoisvedellä on suuri vaikutus betonin karbonatisoitumisena, sillä jos suhteellinen kosteus on alle 25 %, niin betonissa ei ole riittävästi vettä aloittamaan teräksen korroosiota. Suhteellisen kosteuden on oltava 50–75 %. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 288.)

Raudoitetuissa betoniputkissa oleva teräs on betonin sisällä suojassa, sillä betoni on emäksistä (12,6–13,5 pH) ja muodostaa raudoituksen ympärille ruostumisprosessilta suojaavan oksidikerroksen. Jos betonikorrosio etenee tarpeeksi syväälle, tulee raudoitus kosketuksiin hiilidioksidin kanssa ja ruostumisprosessi alkaa, kuten kuvassa 8 on osoitettu. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 288.)



Kuva 8. Karbonisoitumisen periaatekuva (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2003, 288).

Kloridien aiheuttama korrosio eroaa karbonatisaatioista aiheutuvasta korroosiosta. Kloridit voivat estää putken raudoituksen pinnalla alkavat passiivireaktiot, koska teräksen ympäröivän betonin alkaliteetti laskee. Korrosio voi olla erittäin nopeaa siinä tapauksessa, että putkessa on samanaikaisesti jo karbonisoitumisesta johtuvaa korroosiota ja klorideja. Taulukko 2 seuraavalla sivulla antaa tietoa, kuinka suuria kloridipitoisuuksien on oltava karbonisoitumattomassa betonissa, jotta korroosiota alkaa esiintyä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 288–289.)

Taulukko 2. Kloridien kriittiset raja-arvot (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 289.).

Kloridipitoisuus paino-% sementin painosta	Korroosion todennäköisyys
< 0,4	Olematon
0,4–1,0	Mahdollinen
1,0–2,0	Todennäköinen
> 2,0	Varma

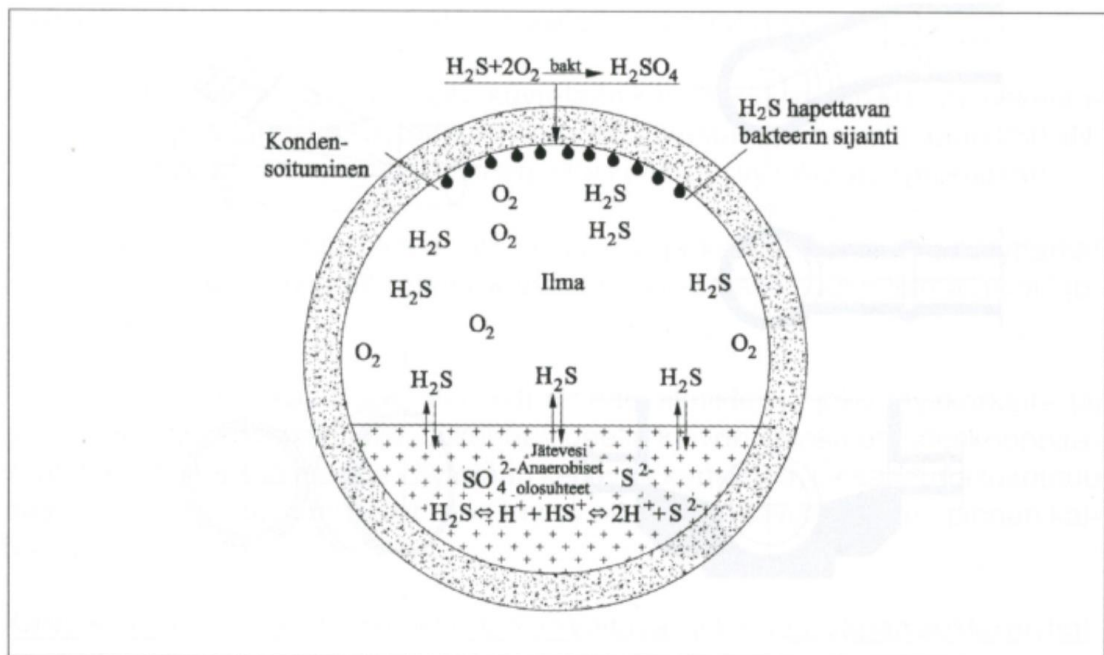
Kolmas erittäin oleellinen korroosio on sulfaattikorroosio. Sulfaatteja esiintyy vesistöissä luonnollisestikin, mutta niiden pitoisuudet ovat paljon suurempia teollisuuden jätevesissä. Sulfaattrirasitukset voidaan jakaa kemialliseen ja fysikaaliseen rasitukseen. Kemiallisessa rasituksessa sulfaatit ja sementin hydraatio tuotteet muodostavat uusia yhdisteitä. Esimerkiksi kalsiumhydroksidi, jossa sementissä oleva kalsium yhdistyy sulfaattiin muodostaen kipsiä tai ettringiä. Näillä on suurempi tilavuus kuin sementillä, joka voi aiheuttaa putkelle vaurioita. Betonin sisäinen paine kasvaa, jos sulfaattikorroosioon tarvittavia aineita on liian suuria pitoisuuksia, jolloin putki voi rikkoutua. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 289.)

Toinen sulfaattiyhdiste, joka vaatii suuremman tilan, kun se sitoutuu sementtiin ja kalsiumkarbonaattiin, on thaumasiitti. Thaumasiinia syntyy alhaisissa lämpötiloissa, joten sen vaikutuksia havaitaan tyypillisesti alkukeväällä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2003, 289.)

Veden alkaliteetti vaikuttaa betonissa olevaan sementtiin. Betonin pH-arvo on vähintään 12,5, kun käytetään Portland-sementtiä, joten se on hyvin emäksistä. Betoni kestää jatkuvasti altistuneena jopa 10 %:n vahvuisia natrium- ja kaliumliuoksia. Betoniputken seinämän tiiveys on oleellinen alkaliteetin aiheuttamien rasitusten estämisessä. Jos betoniin pääsee huokosten kautta natriumhydroksidia, se aiheuttaa natriumkarbonaatin kristallisoitumisen. Tämä aiheutuu natriumhydroksidin ja hiilidioksidin aikaan saamasta reaktiosta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 290.)

Betonin kemialliseen sietokykyyn vaikuttaa useampi tekijä: sementin määrä, tyyppi ja kovettuneen betonin ominaisuudet. Betonin sideaineen huokoisuus vaikuttaa siihen, kuinka hyvin vedessä olevat kemikaalit kykenevät tunkeutumaan betoniputken seinämän läpi. Huokosten määrä ja koko määräytyvät pääasiallisesti vesi-sementtisuhteesta. Vesi-sementtisuhte on erittäin alhainen betoniputkessa, joka on noin 0,3–0,4. Betonin tiiveys ja korkea lujuusluokka vaikuttavat betoniputken kemialliseen kestävyYTEEN. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 11.)

Biologisessa korroosiossa jätevedessä olevaan orgaaniseen materiaalin sitoutuneet rikki ja bakteerit tuottavat rikkivetyjä, jotka aiheuttavat sulfaattikorroosioita. Yleisin rikkiyhdisteiden lähde syntyy viemärissä tapahtuvista biologisista prosesseista. Rikkiyhdisteitä syntyy hapettomassa tilassa tai tilassa, jossa happipitoisuudet ovat pieniä. Putken kostea lakitila muodostaa hapettoman vyöhykkeen, jossa on mikro-organismien limapinta, jonka alla ei ole happea, jolloin sulfidien muodostumista vaativat olosuhteet toteutuvat. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003, 291.) Kuvassa 9 seuraavalla sivulla on esitetty biologisen korroosioon vaikuttavat tekijät. Biologista korroosioita estetään tehokkaalla tuuletuksella, jolla varmistetaan, että viemärissä on riittävästi happea, jolloin mikro-organismit eivät pysty tuottamaan rikkiyhdisteitä (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 112).



Kuva 9. Biologisen korroosion periaatekuva (Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2013, 112).

Muovissa tapahtuvan korroosion luonne on kemiallisista reaktioista johtuva. Eri muovilaadut kestävät eriasteisesti erilaisia kemikaaleja. Näitä aineita saattaa joutua viemäriverkoston esimerkiksi teollisuuslaitoksista. Taulukosta 3 seuraavalla sivulla näkee, kuinka kemikaalit vaikuttavat PE:stä valmistettuun muoviputkeen.

Taulukko 3. Polyeteenistä valmistetun muoviputken kestävyys eräiden aineiden suhteen. Merkinnät: + = kestää hyvin, 0 = kestää rajoitetusti ja - = ei kestä. (Suomen Rakennusinsinööri Liitto RIL ry 2003, 293).

Aine	20°	60°
Alumiinisulfaatti	+	+
Ammoniakki	+	+
Bensiini	+	0
Dieselöljy	+	0
Etikkahappo 10%	+	+
Fenoli	+	+
Glykoli	+	+
Kaliumpermangaatti	+	+
Kalsiumkloridi	+	+
Kloorikaasu, kuiva	0	-
Magnesiumkloridi	+	+
Mineraaliöljyt	+	0
Natriumhydroksidi 90%	+	+
Natriumhypokloriitti	+	+
Rikkivety	+	+
Suolahappo	+	+
Tärpähti	+	+
Öljyt, kasvi- ja eläin	+	0

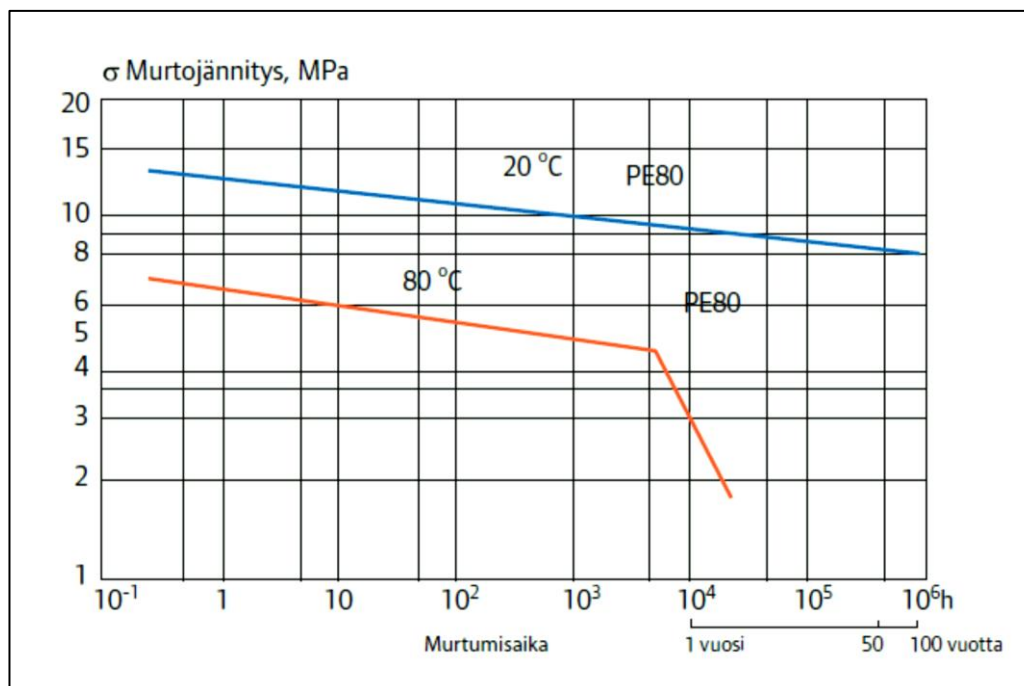
Betoniin vaikuttaa monia erityyppisiä korroosioita, jotka eivät vaikuta muoviin. Näitä ovat esimerkiksi karbonatisoituminen, biologinen korrosio ja betoniputkien teräksien korrosio. Erilaiset suolat sekä happamat ja emäksiset aineet vaikuttavat betoniin eivätkä muoviin. Betonin korroosiokestävyys perustuu pitkälti erittäin tiiviin ja korkealaatuisen betonin käyttöön ja siihen, että putkessa on tehokas tuuletus.

Betoniputkien suurimpia ongelmia on jäteveden kaasujen aiheuttama syöpyminen, jolloin osasta vanhoja viemäreitä saattaa puuttua sideaine lähes kokonaan ja jäljellä on vain kiviaines (K. Pietilä, henkilökohtainen tiedonanto 28.2.2014). Osa kunnista suosii muovia juuri sen korroosion kestävyysden takia.

3.2 Käyttöikä

Riippumatta siitä kummasta materiaalista putkilinja rakennetaan, vaikuttavat sen käyttöikään oikeiden täyttömateriaalien käyttö, valmistajan ohjeiden mukainen asennus ja normien mukainen kaivannon rakentaminen.

Muovin muodostavat polymeeriketjut hajoavat ajan myötä, ja putken rakenteellinen kestävyys heikkenee sitä mukaa. Tähän vaikuttavat esimerkiksi ympäristön lämpötila ja happipitoisuus. Muovin käyttöikä on saatu standardisoidulla laboratorioskokeilla, joissa koekappaletta vanhennetaan keinotekoisesti altistamalla sitä suurille lämmöille ja ilmankosteudelle. Tämän testin avulla pystytään ennustamaan, kuinka pitkään koekappale säilyttäisi sille asetetut vaatimukset. Tutkimuksissa on osoitettu, että 10 °C:een lämmönkorotus kaksinkertaistaa muovin vanhenemisprosessia. Altistamalla koekappaletta erisuuruksille lämpötiloille ja kuormituksille puristuskokeessa pystytään putken käyttöikä määrittelemään. Kuvassa 10 seuraavalla sivulla on esitetty tämä asia graafisesti. Tällä menetelmällä on osoitettu, että putken tulisi kestää noin 100 vuotta. (Uponor 2009, 18.)



Kuva 10. Laboratoriotesteissä määritelty muoviputken käyttöikädiagrammi (Uponor 2009, 20).

Käytännössä on vaikeaa osoittaa, kuinka kauan muoviputki kestää sen jälkeen kun se on asennettu. Muovista valmistetut putket on otettu käyttöön vasta 60- ja 70-luvuilla ja niiden käyttöikä arvioivien tutkimuksien määrä ovat vähäisempi verrattuna betonista valmistettuihin putkiin (P. Elo, henkilökohtainen tiedonanto 11.2.2014).

Jo nyt on tehty joitain pidempiaikaisia tutkimuksia, joissa on selvitetty muoviputken käyttöikä. Näissä on tarkasteltu 70-luvun alussa ja 80-luvun puolivälissä asennettuja vesijohtoputkia. Tutkimuksissa havaittiin, että putkissa oli kulutuksen merkkejä, mutta ne ovat rakenteellisesti vielä ehjiä. Tutkimuksessa arvioitiin, että putket kestäisivät noin 100 vuotta. (European plastic pipes and fittings association 2014.)

Saksassa valmistettiin ensimmäisen sukupolven PVC-putket 30-luvulla. PVC:stä valmistettiin putkia, joita käytettiin teollisuuslaitoksissa ja laboratorioissa eri kemikaalien siirtojärjestelmissä. PVC:stä valmistettiin myös vesijohtoja ja panimoteollisuuden putkia. Näitä 30- ja muita 50-luvulla valmistettuja putkia testattiin laboratoriotesteissä, ja näitä tuloksia verrattiin 90-luvun normeihin. Testin

avulla pystyttiin vertailemaa alkuperäisiä testiarvioita vanhentuneiden putkien testiarvoihin. Näin pystyttiin määrittelemään, kuinka hyvin alkuperäinen arvio vastasi vanhan putken tämänhetkisiä ominaisuuksia. (Hülsmann & Nowack, viitattu 2014, 1). Testatut putket ovat kooltaan noin 16–25 mm halkaisijaltaan ja niitä oli käytetty vesijohtoputkina. 30-luvulla valmistettuja muoviputkia testattiin 60-luvulla ja eri alueen putkia testattiin vuonna 1994 (Hülsmann & Nowack, viitattu 2014, 6–7). Testien kautta arvioitiin, että vesijohtojen käyttöikä olisi noin 50 vuotta (Hülsmann & Nowack 2014, 9). Testin tuloksia ei voida suoraan verrata PVC:stä valmistettujen hule- ja jätevesiputkien käyttöiän tarkasteluun, koska niihin ei kohdistu samanlaisia rasituksia kuin viemäriputkeen. Näitä ovat mm. jätevedessä olevat kiintoaineet, kemikaalit ja maasta aiheutuva paine. Testattavia koekappaleputkia oli testissä vain noin 30.

Betonista valmistettujen putkien kanssa on yli vuosisadan aikana kertynyt käyttökokemus. Vanhin dokumentoitu betoniviemäri asennettiin New Yorkissa vuonna 1842. Yhdysvaltojen vanhimmissa asutuskeskuksissa on edelleen käytössä 1800-lopussa valmistettuja betoniviemäreitä. (American concrete pipe association 2008.)

Isossa-Britanniassa 40 % olemassa olevista viemäriputkista on asennettu ennen vuotta 1945 (Concrete pipeline systems association 2014).

Useimmat rakennusviranomaiset ja tutkimukset ovat päätyneet noin sadan vuoden käyttöikään. Yhdysvaltojen luonnonsuojeluvirasto (United States Environmental Protection Agency) teetti 70-luvulla tutkimuksen eri materiaaleista valmistettujen putkien käyttöiästä. Tutkimuksessa päädyttiin myös tähän 100 vuoden käyttöikään pienempien betoniputkien kohdalla. Suurempien runkoputkien arvioitiin kestävän vielä huomattavasti pidempään, vaikka betonimateriaalitekniikka ei ollut vielä yhtä edistynyt kuin se on tänä päivänä. (United States Environmental Protection Agency 1974,13.)

Useat rakennusalan organisaatiot ovat myös päätyneet 100 vuoden käyttöikään. Kaikki Yhdysvaltojen osavaltioiden rakennusnormit ja U.S. Army Corp of Engineers ovat päätyneet 100 vuoden käyttöikään. Isossa-Britanniassa on

myös asetettu 120 vuoden käyttöikä normaaleissa olosuhteissa oleville betoni-putkille. Tässä on otettu huomioon, että betoniputki voidaan saneerata, jos putken rakenteellinen kestävyys ei ole vaarantunut. Australian ja Uuden-Seelannin normeissa myös todetaan, että betoniputki kestää sata vuotta. (Concrete pipeline systems association 2014.)

Opinnäytetyö on tarkastellut betonista ja muovista valmistettujen hule- ja jätevesiputkien ominaisuuksia. Voidaan sanoa, että molemmat materiaalit kestävät noin yhtä pitkiä aikoja ainakin teoreettisesti. Muovin ongelmana on vielä tällä hetkellä se, että se ei ole pystynyt vielä käytännön kautta osoittamaan, kuinka kauan se pysyy käyttökunnossa. Betonista on taas puolestaan 150 vuoden käyttökokemus, joten sen elinikä on varmemmin todettavissa.

Opinnäytetyön lähdemateriaalin hankinnan aikana on käynyt ilmi, että neutraalin osapuolen tulisi tarkastella materiaalien elinkaaren pituutta tarkemmin. Monet mahdollisista lähteistä ovat eri muovi- ja betoniputkien yhdistyksiä, jotka promoivat omia tuotteitaan ja pyrkivät antamaan yksipuolista tietoa eri materiaaleista valmistetuista hule- ja jätevesiputkista. Hule- ja viemäriputkien käyttöiän tutkimusta varten tulisi useamman neutraalin tahon tutkia käyttöikä ja vikamääriä materiaaleittain kenttätutkimuksen avulla. Tällä tavalla voitaisiin avoimesti ja läpinäkyvästi todeta, kuinka kauan eri materiaaleista valmistetut putket kestävät käytännössä.

3.3 Ympäristövaikutukset

Muovit valmistetaan pääasiallisesti petrokemikaaleista polttoaineiden tuotannon yhteydessä (Muoviteollisuus 2014). Öljy on uusiutumaton luonnonvara, ja nykyisen tietämyksen mukaan maan öljyvarannot riittävät vielä 40 vuodeksi kun otetaan huomioon nykyinen kulutus ja hintakehitys. Öljyä pääsee ympäristöön jo pumppauksen yhteydessä, mikä voi aiheuttaa vahinkoa merieliöstölle. Öljyä voi myös kuljetuksen yhteydessä päästä ympäristöön. (Biologian- ja maantieteenopettajienliitto 2014.) Öljyn jalostuksen yhteydessä syntyy liejua ja muita

kiintoaineksia, joissa on suuria määriä metalleja ja myrkyllisiä yhdisteitä (EPA 2014).

Muoviputkien valmistamista varten voidaan käyttää uusiomuovia, jota on tuotettu muovijätteistä. Myös urakasta ylijääneistä hukkapaloista, kuljetuksessa vaurioituneet ja puretut putket voidaan sulattaa ja käyttää uusien putkien valmistamisessa. Tämä edellyttää, että putket ovat puhtaita. Mitä suurempia ja tasalaa-tuisempia uusiokäyttöön menevät erät ovat, määräävät sen kuinka paljon erästä voidaan hyödyntää uusiomuovin valmistuksessa. Tähän on erikoistunut Suomessa useampi yritys. (Muoviteollisuus Ry 2014.)

Suurin osa betonituotteiden valmistamisessa käytettävästä energiasta käytetään sementinvalmistusprosessissa. Osa sementistä korvataan teollisuuden jätteaineilla, kuten masuunikuonalla tai lentotuhkalla. Tämä pienentää betonin valmistukseen tarvittavaa sementin määrää. Betoniputkien valmistukseen käytettävä energiamäärä muodostaa noin 1/3 koko putkilinjan rakentamisessa käytettävästä energiasta. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 14.)

Betonista voidaan myös valmistaa uusiomateriaalia murskaamalla sitä pienemmäksi ja käyttämällä sitä esimerkiksi teiden rakentamisessa, mikä vähentää perinteisten kiviainesten käyttöä. Putkessa oleva rauditus ja kumitiivisteet on myös mahdollista kierrättää. Putket voidaan myös jättää maahan, jos näin halutaan tehdä, sillä siitä ei liukene maaperään haitallisia aineita. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 15.)

Betonin valmistamista varten tarvittavista luonnonvaroista ei ole puutetta, ja materiaalit valmistetaan paikallisista materiaaleista, joten kuljetusetäisyydet ovat pieniä ja omavaraisuus on taattu (Concrete pipeline systems association 2014).

3.4 Kustannukset

Urakan hintaan vaikuttaa monta tekijää. Suurin kustannus tulee työstä ja siihen vaikuttavista tekijöistä, kuten putkikaivannon syvyydestä, tuetaanko vai luiska-

taanko kaivanto, kaivannon kerrallaan auki pidettävä maksimipituus ja mahdollisten pohjavahvistuksien tekeminen esimerkiksi stabiloimalla pohjaolosuhteiden takia. Hintaan vaikuttavat myös louhinnan määrä, mahdolliset jätevesien ohipumppaukset ja kaivantoon asennettavien putkien määrä. (P. Elo, henkilökohtainen tiedonanto 11.2.2014.)

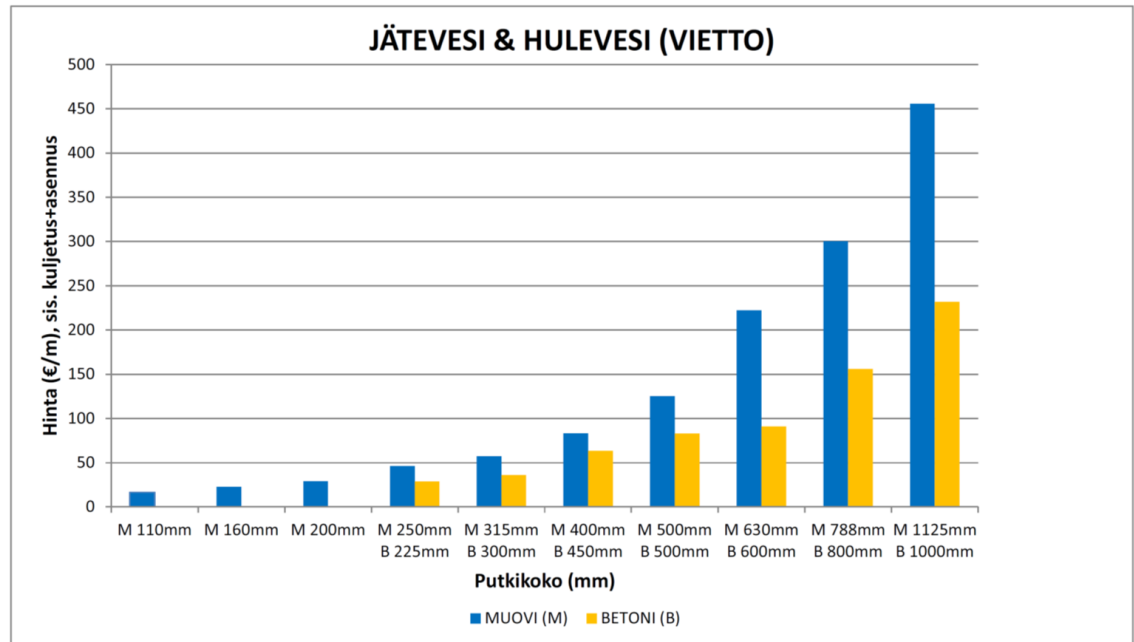
Muoviputket ovat halvempia kuin saman kokoluokan betoniputket noin 300 mm halkaisijan putkiin asti. Putkien hinta riippuu myös tilaajan ja putkitoimittajan välisistä sopimushinnoista (P. Elo, 11.2.2014, henkilökohtainen tiedonanto). Betoniputket vaativat vahvemmat pohjaolosuhteet (J. Jantunen, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014). Tämä tarkoittaa sitä, että saatetaan joutua tekemään pohjavahvistuksia, mikä vaikuttaa urakan kokonaishintaan.

Putket muodostavat saneerauskohteissa keskimääräisesti noin 20 % urakan hinnasta. Urakoissa, joissa asennetaan huomattavasti suurempia putkia, voi putkien hinta muodostaa jopa 40–50 % urakan hinnasta. (P. Elo, henkilökohtainen tiedonanto 11.2.2014).

Muoviputkien hinnat ovat kuitenkin riippuvaisia raaka-aineiden hinnoista ja valuuttakursseista (H. Tuomaala, henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2014).

Suunnittelu- ja konsultointiyrityksen Pöyryn Kilpailu- ja kuluttajavirastolle teettämän tutkimuksen betoni- ja muoviputken hintavertailuosasta huomataan, kuinka putken materiaali ja koko vaikuttavat putken hintaan. Hinnoissa on otettu huomioon jätevesi- ja hulevesiputken hinta, kuljetus ja asennus. (Pöyry 2012, Kilpailu- ja kuluttajaviraston 2013, 44–45 mukaan). Taulukossa 4 seuraavalla sivulla on esitetty yllä mainitut hinnat graafisesti.

Taulukko 4. Muovista ja betonista valmistettujen jäte- ja hulevesiputkien hinta kuljetettuna ja asennettuna (Pöyryn 2012, Kilpailu- ja kuluttajaviraston 2013, 45 mukaan).



Maanrakennustöissä, joissa asennetaan betoniputkia, ovat kustannuksiltaan noin 15 % korkeammat kuin muilla materiaaleilla betoniputkien paksujen seinien takia. Betoniputki on kuitenkin asennuksen jälkeen kustannustehokkaampi tapa rakentaa kuin muilla materiaaleilla. (Pöyry 2012, Kilpailu- ja kuluttajaviraston 2013, 83 mukaan.) Melkein kaikki haastatteluihin vastanneet kertovat, että putkimateriaalin hinta vaikuttaa vahvasti putkimateriaalin valintaan.

Kilpailu- ja kuluttajavirastolle teettämässä Pöyryn tutkimuksessa käy ilmi, että alle 250 mm:n halkaisijan hulevesiputket ovat pitkälti muovia. Betonisia alle 225 mm:n halkaisijan hulevesiputkia valmistetaan vain harvoin (Pöyry 2012, Kilpailu- ja kuluttajaviraston 2013, 83 mukaan). Voidaan päätellä, että tähän vaikuttavat muoviputken hinta ja asennuksen nopeus. Taulukossa 5 seuraavalla sivulla on tarkasteltu tiivistetysti betoni- ja muoviputkien eri ominaisuuksia.

Taulukko 5. Muovi- ja betoniputkien ominaisuuksien tarkastelun yhteenveto.

Materiaali	Muovi	Betoni
Korroosio kestävyys	Kestää erinomaisesti suoloja, emäksisiä ja happamia aineita. Korroosio on aina kemiallista.	Betoniin vaikuttaa moni korroosimuoto, jotka eivät vaikuta muoviin. Putken tuuletus vaikuttaa korroosiokestävyyteen.
Mekaaninen kestävyys	Kestää väliaikaisesti kuumiakin lämpötiloja. Muovityyppi vaikuttaa kestävyteen. Kestää hyvin kulutusta.	Kestää kulutusta paremmin kuin muoviputki seinämäpaksuuden ansiosta. Kestää äärimmäisiä lämpötiloja paremmin.
Käyttöikä	100 vuotta	100 vuotta
Kokemus	50 vuotta	150 vuotta
Asennusnopeus	Putket asentaa nopeasti. Etenkin pienemmät putket, jotka asennetaan käsin. Asennetaan 6 m:n kankina.	Pienienkin putkien asentaminen vaatii koneen. Betoniputkien asennus on nopein Pipelifter-laitteella. Ei pystytä määrittämään, onko yhtä nopea kuin muoviputkien asennus Pipelifter-laitteen avulla.
Hinta	Halvempi noin 300 mm:n halkaisijan putkiin asti. Sopimushinnat, raaka-aineen hinta, pohjaolosuhteet ja valuuttakurssit vaikuttavat myös.	Halvempi noin 300 mm:n halkaisijan putkista eteenpäin. Sopimushinnat ja pohjaolosuhteet vaikuttavat myös hintoihin. Betoni vaatii vahvemmat pohjaolosuhteet, minkä takia saatetaan joutua tekemään pohjanvahvistuksia, jotka nostavat urakan kustannuksia ja tekevät betoniputkien asentamisesta kalliimpaa putkikoosta huolimatta.
Ekologisuus	Valmistetaan öljystä. Voidaan kierrättää jonkin asteisesti.	Valmistetaan luonnollisista materiaaleista. Voidaan murskata ja uusiokäyttää. Sementin tilalla voidaan käyttää jonkin asteisesti lentotuhkaa tai masuunikuonaa. Rauditus voidaan kierrättää.
Varastointi ja kuljetettavuus	Varastoinnin kanssa on oltava tarkempi. Eivät kestä UV-säteilyä. Putkia voidaan kuljettaa enemmän kerrallaan työkohteeseen. Kuljetuskulut pienemmät.	Betonia voidaan varastoida ankarissa olosuhteissa. Putkia voidaan säilyttää auringossa ja pakkasessa. Betoniputkia voidaan kuljettaa vähemmän kerrallaan työkohteeseen.
Painuminen	Kestää paremmin, mutta vaaroina on putken lommahtaminen tai putken toiminnan heikkeneminen.	Kestää heikosti. Kaivanto saattaa vaatia järeämmät pohjanvahvistukset maaperästä riippuen painon takia.
Käyttökohteet	Käytännössä kaikki kohteet. Keveyden takia sopii ehkä paremmin, jos rakennetaan heikosti kantavalle maalle tai jos pohjaolosuhteet aiheuttavat vakavaa korroosiota.	Käytännössä kaikki kohteet. Kohteet, joissa putken on ehdottomasti kestävä suuria kuormia, esim. rautatieliikenne ja moottorit.

Kuten eri betoniputkien asennusmenetelmässä käy ilmi, pienten betoniputkien asennus vaatii kaivinkoneen toisin kuin saman kokoluokan muoviputki. Hinta on myös pienempi alle 300 mm:n putkissa.

4 ASENNUSMENETELMÄT

4.1 Asentamisen perusteet

Ennen asennusta on varmistettava siitä, että kaivanto, arina ja asennusalusta ovat suunnitelman mukaiset. Etenkin asennusalustan kohdalla on huolehdittava siitä, että se on riittävän tasainen ja että sen kallistus on suunnitelmien mukainen. Asennusalustan tasaisuus ja kaato varmistetaan putkien asennusta varten tehdyllä laserlaitteella, eli putkilaserin avulla. Putkilaseri on asetettava kaivon keskelle kaivoon tai tilanteen vaatiessa putken tai kaivon päälle. Sitä tulisi pitää mahdollisimman pitkään samassa paikassa putkilinjan rakentamisen edetessä, jotta mittavirheitä ei syntyisi. Esimerkkinä alla kuvassa 11 putkilaseri on kaivon kannen päällä.



Kuva 11. Putkilaseri kaivonkannen päällä.

4.2 Kuljetus ja varastointi

Putket kuljetetaan työmaalle kuljetukseen soveltuvalla kuorma-autolla, ja niitä on käsiteltävä varovasti, sillä ne saattavat vahingoittua, jos ne putoavat. Muovi-putkien on paras antaa olla tehtaasta tullessa kehikossa ennen varsinaista asennustyötä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 12.)

On huolehdittava siitä, että putket eivät altistu asetettuja taivutussäteitä enemmän. Siinä tapauksessa, että putket nostetaan nostolaitteella pois kuorma-auton lavalta, on käytettävä laitteita ja nostoliinoja, jotka eivät vahingoita putkia. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2013, 12.)

Putket asetetaan tasaiselle alueelle. Jos tiedetään, että putkia joudutaan varastoimaan kauan aikaa ulkona, on ne suojattava auringonvalolta (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 12).

Putkipinon korkeus ei saa ylittää taulukossa 6 esitettyä korkeutta (Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 2013, 12).

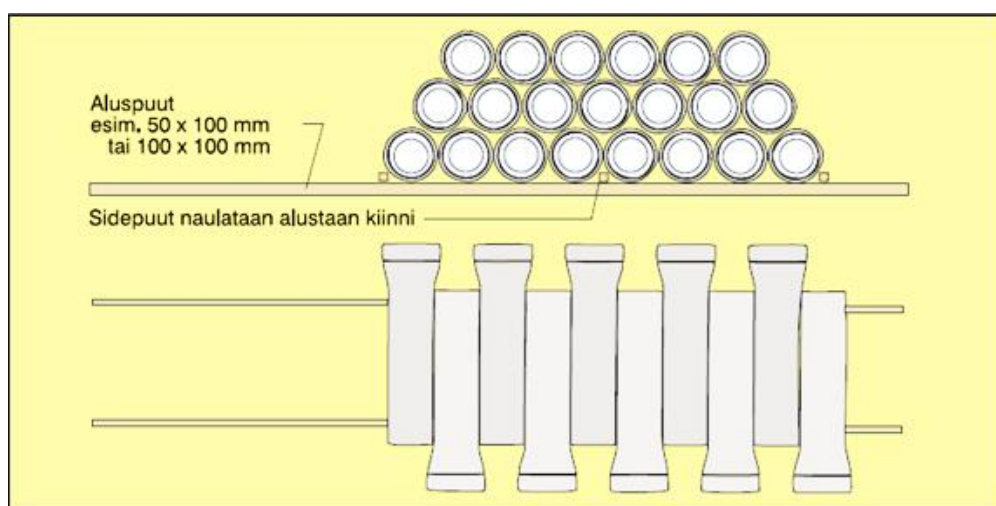
Taulukko 6. Irrallisten putkien maksimisäilytyskorkeus (RIL ry 2013, 12).

Putken materiaali	Viettoputki			Paineputki	
	SN4	SN8	SN16	PN4	PN6...PN20
PE	2,8	2,8	3	2,8	3
PP	2,8	2,8	3	-	-
PVC	2,6	2,6	3	-	3

Muovi-putkista tulee hauraampia lämpötilan laskiessa. Jos lämpötila laskee alle -15 °C, on noudatettava valmistajan määräämiä erityisohjeita. Putkiyhteet kuljetetaan ja varastoidaan valmistajan määräysten mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 12.)

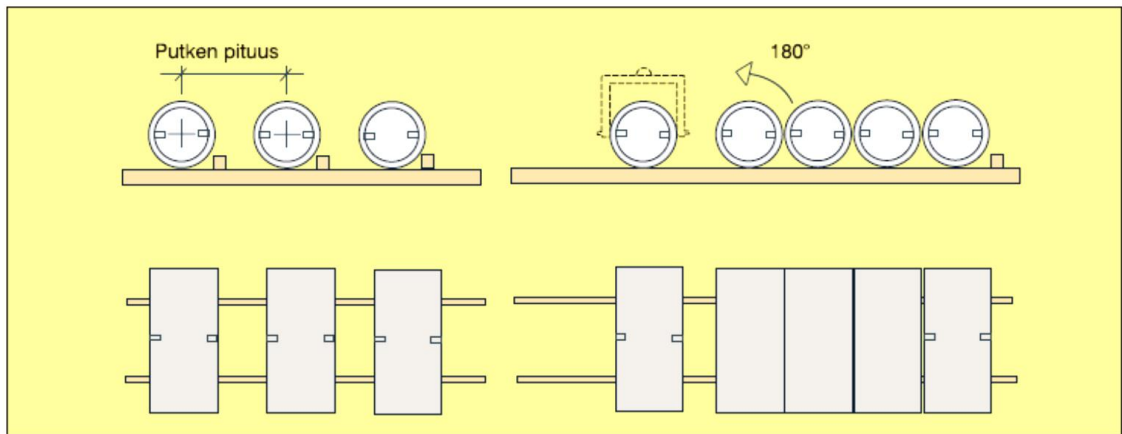
Muovi-putkien hyvänä puolena kuljetettavuuden kannalta on se, että niitä saa kuljetettua huomattavasti enemmän kerrallaan työmaalle verrattuna betoniputkiin (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014).

Betoniputket nostetaan lavalta kuorma-auton nostolaitteeseen liitettyllä betoni-putkien nostamiseen tarkoitetulla laitteella. Putket asetetaan tasaiselle alustalle aluspuiden päälle toisen henkilön avustuksella, jotta putket saataisiin asetettua alas turvallisesti ja suoraan. Aluspuiden päädyissä ja putkien välissä on oltava aluspuuhun naulatut tukipuut, jotka estävät putkien liikkumisen. 225–600 mm halkaisijan putket asetetaan pinoon siten, että muhvipäät limittyvät pinon kummallekin puolelle kuvan 12 mukaisella tavalla. 200–400 mm:n halkaisijan putkia saa pinota korkeintaan neljä päällekkäin, ja 500–600 mm:n halkaisijan putkia saa pinota korkeintaan kolme päällekkäin. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 82.)



Kuva 12. Betoniputkien oikeaoppinen pinoaminen (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 82).

800–2 000 mm:n halkaisijan betoniputkia ei saa pinota päällekkäin, ja putket asetetaan aluspuille siten, että putken molemmilla puolilla on riittävästi tilaa, kun se pyöräytetään pois pinosta. Tällöin se voidaan nostaa nostoreikiin tarttuvalla nostolaitteella, kuten kuvassa 13. Jos tilaa on riittävästi, tulee putket asettaa aluspuille siten, että putken keskilinjat olisivat putken mitan päässä toisistaan. (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 82–83.)



Kuva 13. Kuva Suurien putkien varastointi (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 83).

Vaihtoehtoisesti, jos käytetään RB-lifteriä, voidaan putkia nostaa suoraan putkipinosta ja siirtyä siitä suoraan asennuskohteeseen. Putkia asettaessa tulisi muhvipään osoittaa nostosuuntaa kohti, jotta kaivinkoneen ei tarvitse kääntää sitä noston jälkeen.

Kaivonrenkaat, joiden halkaisija on 600–1 000 mm, asetetaan samalla tavalla kuin suuret putketkin, ja 1 200 mm halkaisijalta olevat putket asetetaan pystyyn (Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003, 83).

4.3 Muoviputken asennus

Pienemmät muoviputket asennetaan käsin, kun taas suuremmat putket asennetaan kaivinkoneen avulla. Muoviputki käytännössä asennetaan käsin työntämällä putken pää toisen putken muhvipäähän, jos putki on riittävän pieni. (Uponor 2009, 96–97.)

Putki voidaan asentaa kaivinkoneeseen asennettavalla erikoistyökalulla, jos kaivanto on tavanomaista syvempi (Uponor 2009, 110).

Muoviputki nostetaan nostoliinoilla kaivantoon ja putki ohjataan käsin muoviputken muhville. Muhvin alle on jätettävä riittävästi tilaa, jotta se ei kannattaisi putkeen kohdistuvaa kuormitusta. Ennen putken liittämistä muhviin on varmistetta-

va, että muhvin tiiviste on ehjä, eikä putken päässä tai muhvilla ole roskia tai likaa. On varmistettava myös, että muoviputken pää on viistetty, jotta se ei vaurioitaisi tiivistettä. Lopuksi muhvin tiiviste ja putkenpää voidellaan liukuaineella, ja muoviputki työnnetään paikoilleen. Jos putki työnnetään toisen putken muhviin kaivinkoneella, on putken ja kauhan välissä oltava suojakappale. (Uponor 2009, 109–110.)

Muoviputken etuna on sen helppo käsiteltävyys ja keveys. Varsinkin pienempien putkien kohdalla, jolloin putkia voidaan siirtää varastoalueelta työkohteeseen ilman koneiden apua. Putken leikkaaminen halutun pituiseksi on myös helppoa, ja siihen on myös helppo tehdä tonttiliitoksia tarpeen tullen. (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014.)

4.4 Putkisakset

Putkisaksilla nostetaan tyypillisesti pienempiä betoniputkia paikoilleen kaivinkoneen ja rakennusmiehen avustuksella. Kaivinkone nostaa kaivannon vierelle asetetun putken ja vie sen kaivantoon, jolloin se ohjataan putken muhville käsin. Ennen asennusta muhvista poistetaan tiivistettä suojaavat vaahtomuovit ja lasjetaan muhvin edessä olevaa asennusalustan tasoa, jotta kiviainesta ei joutuisi liitoksen väliin. Asennuksessa toteutetaan tarkistus ja voitelu samalla tavalla kuin muoviputkessakin. Pientä käsikäyttöistä vetolaitetta käytetään pienempien betoniputkien asentamiseen. Betoniputket, jotka ovat ulkohalkaisijaltaan 225–600 mm, voidaan asentaa vetolaitteella. (Betoniteollisuus ry 2004, 5). Putkisaksilla voidaan kuitenkin nostaa ulkohalkaisijaltaan 225–1 000 mm putkia (Betoniteollisuus ry 2004, 9). Kuvassa 14 demonstroidaan putkisaksien käyttöä.

Saksinostimen hyvänä puolena on, että se sopii kiinnitettäväksi kaikkiin kaivinkoneisiin ja voidaan olla varmoja siitä, että yhteensopivuus ongelmia ei esiinny (P. Nikula, henkilökohtainen tiedonanto 13.3.2014). Huonona puolena on, että putki heiluu saksinostimien kanssa, mikä on vaarallista työturvallisuutta ajatellen (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014).



Kuva 14. Betoniputken asennus saksinostimilla (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).

4.5 Kona-asennuslaite

Putkennosto-osa kiinnitetään betoniputken sivuilla oleviin reikiin ja turvaliina sidotaan putkeen, jotta se pysyisi vaakatasossa. Tämän jälkeen putki nostetaan kaivantoon. Putken edessä ja takana on rakennusmies ohjaamassa putkea paikalleen ja tarpeen tullen osoittamassa kaivinkoneen kuljettajalle ohjeita. Putki asetetaan mahdollisimman lähelle muhvia, kun aiemmissa asennustavoissa esitetyt toimenpiteet on suoritettu. Tämän jälkeen putkilinjaan asennettuun putkeen asetetaan kona-asennuslaitteen vastalaitteosa. Asennettavan putken nosto-osa asetetaan kenoon putkilinjasta poispäin, ja nosto-osa yhdistetään asennettuun putkeen molemmin puolin ketjuilla, jotka kiristetään. Asennuksessa käytettävät ketjulenkit merkitään ennen kiristystä, jotta putki saataisiin vedettyä toiseen putkeen kiinni suorasti. Tämän jälkeen nostolaitteen ja kaivinkoneen väli-

nen ketju nostetaan putkien sauman kohdalta. Putken noustessa ketjut kiristyvät ja putken pää menee muhvin sisään. Alla olevassa kuvassa 15 demonstroidaan vetolaitteella asennusta. Kiristyksen jälkeen varmistetaan, että putkilinja on suora. Jos käy ilmi, että putkilinja ei ole suora, muutetaan toisen kiristysketjun pituutta. Tämän jälkeen nosto- ja vastalaitte irrotetaan putkesta. (Betoniteollisuus ry 2004, 6–7.) Kona-asennuslaitteella pystytään asentamaan putkia, joiden ulkohalkaisija on 800–2 000 mm (Betoniteollisuus ry 2004, 9).



Kuva 15. Betoniputken asennus vetolaitteella (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).

4.6 RB-lifter

RB-lifter on kaivinkoneeseen kiinnittyvä betoniputkien asennuslaite, joka on tullut suomalaisten urakoitsijoiden käytössä vasta muutaman vuoden verran, kun

taas samaan aikaan vastaavia betoniputkien asennuslaitteita on ollut ulkomailla käytössä jo noin 10 vuotta. RB-lifter parantaa betoniputkien asennusnopeutta ja työturvallisuutta oleellisesti. (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto, 11.3.2014.) Useissa urakoitsijoille tehdyissä haastatteluissa on käynyt ilmi, että RB-lifter on nopeuttanut huomattavasti putken asentamista verrattuna perinteiseen vetolaitteeseen. RB-lifter on tehnyt myös asentamisesta turvallisempaa.

RB-lifterin asentaminen kaivinkoneeseen on yksinkertaista, ja sen asentaminen kaivinkoneeseen ja vaihtaminen kauhaan on nopeaa. Ruskon betonin RB-lifter kiinnittyy kaivinkoneeseen NTP 20 -pikakiinnityksellä, kuten kuvassa 16, ja RB-lifter Mini NTP 10 -pikakiinnityksellä. Tarpeen tullen voidaan RB-lifter asentaa kaivinkoneeseen adapterin avulla (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto, 11.3.2014.) Kuvassa 17 todetaan, miltä RB-lifter näyttää, kun se on asennettu kaivinkoneeseen.



Kuva 16. RB-lifterin kiinnittäytyminen kaivinkoneeseen (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).

Yhdistettynä Rototilt-laitteeseen RB-lifterillä pystyy asentamaan useammasta kulmasta, ja sitä mukaa putken oikaiseminen oikeaan asentoon asentamista

varten helpottuu. RB-lifterillä pystytään asentamaan putkia ilman Rototilt-laitetta, mutta asentaminen vaikeutuu. (A. Muuraiskangas, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2014.)



Kuva 17. Kaivinkoneeseen asennettu RB-lifter.

Laitteen toimintamekanismi toimii siten, että laitteen koukkuosa asetetaan putken sisälle laitteen rungossa olevaan kumisuojaan asti. Koukkuosan on oltava vaakasuorassa putken sisäpinnan kanssa. Tämän jälkeen kaivinkone voi nostaa putkea varovasti ylös, ja laitteen puristin puristuu kiinni ja tarttuu putkeen sen oman painon avulla, kuten kuvassa 18 seuraavalla sivulla. (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014.)



Kuva 18. RB-lifterin tartuntamekanismi.

RB-lifterillä pystytään asentamaan pienemmillä resursseilla. Asennuksessa tarvitaan vain kaivinkone ja yksi rakennusmies suorittamaan kaivannossa tehtävät asennustyöt. (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 28.3.2014). Asentajien tarve vähenee huomattavasti, jos RB-lifterin yhdistää 3D-koneohjaukseen (H. Tuomaala, henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2014). Tällöin asennus voidaan suorittaa vain yhdellä henkilöllä. Tämä edellyttää, että tasausalusta on valmis ja putkien väliseen tasausalustaan on tehty vako putkien sauman kohdalle jo valmiiksi ja että putket puhdistetaan suojavaahtomuoveista ja voidellaan ennen asentamista. RB-lifterin avulla voidaan asentaa putkia jopa vain kolme metriä kerrallaan verrattuna tyypilliseen kuuden metrin pituiseen kaivantoon. Tämä voi olla erityisen hyödyllistä pienissä putkiurakoissa, esimerkiksi rumpuputkien asennuksessa tai kaivannoissa ja työkohteissa, joissa on rajatusti tilaa. Suuremmissa putkiurakoissa on kuitenkin tarpeellista, että kaivinkoneenkuljettajan lisäksi olisi rakennusmies suorittamassa asennustöitä. Tällä tavalla putken asentaminen sujuu mahdollisimman tehokkaasti. (A. Muuraiskangas, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2014.)

RB-lifter nopeuttaa putken asennusta, koska työvaiheiden määrä pienenee (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 28.3.2014). RB-lifter nopeuttaa erityisesti suurien putkien asentamista (H. Tuomaala, henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2014).

RB-lifteriä voidaan hyödyntää parhaiten, jos kaivinkone pääsee asentamaan putkia kaivannon pohjalta. Tällöin kaivinkone pystyy nostamaan mahdollisimman suuria putkia paikoilleen. (E. Salokangas, henkilökohtainen tiedonanto 10.3.2014.)

Kuvassa 19 putket on asetettu kaivannon viereen, jotta putkien asentaminen sujuisi mahdollisimman tehokkaasti linjan rakentamisen edetessä. Kuvassa 20 seuraavalla sivulla demonstroidaan, kuinka varsinainen asennus tapahtuu RB-lifterin avulla.



Kuva 19. Putken nosto kaivannon vierestä (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).



Kuva 20. Putkiasennus RB-lifterillä (J. Eloranta, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2014).

RB-lifterillä asentaminen on myös turvallisempaa verrattuna saksinostimilla tai vetolaitteella asentamiseen, koska putki ei missään vaiheessa pääse heilumaan ja se voidaan nostaa ja asentaa hallitusti (A. Hammar, henkilökohtainen tiedonanto 29.3.2014).

Taulukossa 7 seuraavalla sivulla esitetään Ruskon betonin RB-lifterin tekniset tiedot.

Asennettavat putket nostetaan mahdollisimman lähelle kaivantoa turvalliselle etäisyydelle, josta kaivinkone nostaa putken ja vie sen kaivantoon. RB-lifterillä asennettaessa toimitaan samalla tavalla kuin aikaisemmissakin asennustavoissa. Kaivannossa oleva rakennusmies opastaa kaivinkoneenkuljettajaa ja tarkkailee putken etenemistä putkilinjan muhviin. Kun putki on asennettu, tarkistetaan vielä, että putkilinja on suora ja että putkien sisäpuoliset saumat ovat varmasti yhdessä. Asennettua putkea suoristetaan kaivinkoneella tarvittaessa.

Taulukko 7. Ruskon betonin RB-lifter-laitteiden tekniset tiedot (Ruskon Betoni Oy, 2013).

	RB-lifter	RB-lifter mini
Nostettavan putken maxpituus	3 000 mm	3 000 mm
Nostettavan putken halkaisija	300–1400 mm	225–600 mm
Maksimi nostokyky	4 000 kg	1 500 kg
Kaivinkoneen nostokyky	Vähintään 5 t	Vähintään 2,3 t
Laitteen ominaispaino	n. 950 kg	n. 630 kg
Pika-/työvälinekiinnitys	NTP 20	NTP 10
Adapterit	Saatavilla eri kaivinkoneiden työvälinekiinnityksille.	

RB-lifterin heikkoutena on se, että NTP 10- ja NTP 20-pikakiinnitys eivät aina sovi työmaalla olevaan kaivinkoneeseen (P. Nikula, henkilökohtainen tiedonanto 13.3.2014). Adapterit pidentävät putken pituutta, joka vähentää kaivinkoneen nostokapasiteettia ja heikentää putken hallittavuutta (A. Muuraiskangas, henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2014).

Taulukossa 8 esitetään kiteytettynä eri asennusmenetelmien ominaisuudet.

Taulukko 8. Asennusmenetelmien ominaisuudet.

Asennusmenetelmä	Betoni	Muovi
Kona-asennuslaite	Perinteinen toimiva laite. Putki heiluu. Hidas.	-
Putkisakset	Toimivat hyvin ja sopivat kaikkiin koneisiin. Vaaralliset työturvallisuutta ajatellen heilumisen takia.	-
Pipelifter-laite	Nopeuttaa asennusta, koska työvaiheita on vähemmän. Parantaa työturvallisuutta. Käytettävä tila vaikuttaa vähemmän. Tarvittavien resurssien määrä pienenee.	-
Käsin asennus	-	Pienempien putkien asennus on nopeaa ja niiden asentamiseen tarvitaan vähemmän resursseja kuin betoniputkien.
Kaivinkone avusteinen	-	Myös nopea tapa asentaa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Muovista ja betonista valmistetuilla putkilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Kumpikin materiaali sopii kuitenkin samoja tarkoituksia varten muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ja kestävät ainakin teoreettisesti yhtä kauan. Tulevaisuudessa pystytään todentamaan käytännön kautta, kuinka muovista valmistetut hule- ja jätevesiputket kestävät todellisissa olosuhteissa. Tällöin muoviputket alkavat saavuttamaan teoreettista elinikänsä loppua. Materiaalien käyttöiät voitaisiin tutkia neutraalin tahojen tekemien kenttätutkimuksien avulla. Näin saataisiin läpinäkyvää ja varmaa tietoa materiaalien käyttöiästä. Betoni on kuitenkin osoittanut jo tässä vaiheessa, että se on kestävä ja luotettava viemäriinjojen materiaali.

Muoviputken hinta kallistuu merkittävästi noin 300 mm:n halkaisijan putken jälkeen, jolloin betonista valmistettu putki on edullisempi vaihtoehto. Haastattelujen kautta ilmeni, että urakan hinta on käytännössä kaikkein tärkein valintakriteeri putkimateriaalille. Haastattelujen perusteella materiaalin valintaan vaikuttavat oleellisesti myös asennuksen helppous ja korroosiokestävyys. Tässä opinnäytetyössä ei ole käsitelty sitä, vaikuttavatko paikalliset pohjaolosuhteet putkimateriaalien hintaan koko urakkaa ajatellen. Näitä tekijöitä olisi esimerkiksi pohjaamaan kantavuus ja sitä mukaa tarpeellisten pohjanvahvistuksien rakentaminen.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin myös RB-liflerin asennusperiaatetta ja sen tuomia etuja perinteisen vetolaitteen käyttöön verrattuna. Opinnäytetyön alkupepärisenä tavoitteena oli todentaa RB-liflerin vaikutusta asennustyön nopeuteen vertailemalla työmailta saatuja toteutuneita aikatauluja ja teoreettisiin vetolaitteen ja muoviputken asennusmenetelmien aikatauluihin. Haastattelujen kautta kävi ilmi, että tämä olisi mahdotonta, sillä asennusnopeuteen ja siten myös aikatauluihin vaikuttavat myös moni muu asia kuin asennusmenetelmä.

Haastatellut RB-lifteriä käyttäneet ammattilaiset olivat kuitenkin kaikki sitä mieltä, että RB-lifter nopeuttaa betoniputkien asentamista. Voidaankin todeta, että

RB-lifter nopeuttaa betoniputkien asennusta toimintaperiaatteellisesti huomattavasti, koska asennusvaiheiden määrä vähenee.

Tulevaisuudessa olisi huolehdittava siitä, että työmaalla on edellytykset seurata nimenomaan RB-lifterin vaikutusta betoniputkien asentamisnopeuteen. Kehitysideana RB-lifterin valmistaja voisi sopia urakoitsijan ja neutraalin tutkimusryhmän kanssa siitä, että urakoitsija pitäisi kirjata, kuinka kauan varsinainen putken asennus kestää. Useamman laajan urakan jälkeen pystyttäisiin tutkitusti osoittamaan, kuinka paljon RB-lifter prosentuaalisesti vaikuttaa betoniputkien asennusnopeuteen. Voidaan kuitenkin todeta, että perustellut RB-lifterin vaikutukset asennusnopeuteen ovat merkittäviä ja sitä käyttäneet ammattilaiset ovat olleet tyytyväisiä laitteeseen.

RB-lifterin tuomat muut edut esimerkiksi työturvallisuuden kannalta ovat sen verran merkittäviä, että voidaan todeta sen parantavan työturvallisuutta huomattavasti. Kaivinkoneen kuljettaja pystyy esimerkiksi kontrolloimaan putken asennusta ja voi pysäyttää putken etenemisen välittömästi. Perinteistä vetolaitetta ja putkisaksia käyttäen putki heiluu jonkin verran riippumatta siitä, kuinka varovasti putki viedään paikoilleen. Tämä sama ongelma on esillä myös muoviputkia asennettaessa, kun putki asennetaan liinojen avulla, muoviputken keveydestä huolimatta.

RB-lifter vaikuttaa konkreettisesti urakointiin mahdollistamalla erittäin lyhyiden kaivantojen tekemisen. Laitte mahdollistaa sen, että kaivantoa on pidettävä vain noin kolme metriä auki kerrallaan. Laitetta voidaan hyödyttää esimerkiksi rumputkien asentamisessa, jossa osa tiestä voidaan pitää auki, kun tien toisella kaistalla rakennetaan putkilinjaa. Laitte vaikuttaa helpottavasti työkohteen ympärillä olevan liikenteen sujuvuuteen myös muissa vastaavissa tilanteissa esimerkiksi kaupunkialueella, jossa tilaa on rajatusti. RB-lifterin ansiosta käytettävien resurssien tarve väheneekin todistetusti. Tämä asia tulee vahvasti esille jo tässä opinnäytetyössä, joten tämäkään osa-alue ei vaadi lisää tutkimusta.

RB-lifterin heikkoutena on, että kaikissa kaivinkoneissa ei ole sen käyttöön tarvittavia NTP-20- tai NTP-10-liitintä. RB-lifter voidaan kuitenkin kiinnittää kaivin-

koneisiin myös adapterin avulla, mikä heikentää kaivinkoneen nostokapasiteettia ja hallittavuutta hiukan. RB-lifter on tästä huolimatta nopeampi ja turvallisempi asennusmenetelmä kun verrataan kona-vetolaitteeseen tai putkisaksilla asentamiseen.

LÄHTEET

American Concrete Pipe Association 2008. American Concrete Pipe Association Professional Pipe Promotion: A Technical and Sales/Marketing Training Program. Viitattu 15.3.2014 <http://www.concrete-pipe.org/p3training/techmod1/techmod1-historical-overview.pdf>.

American Concrete Pipe Association. Why Concrete Pipe?. Viitattu 15.3.2014 <http://www.concrete-pipe.org/pages/why.html>.

Betoniteollisuus ry 2004. EK-järjestelmän asennusohjeet. Viitattu 30.3.2014 <http://www.betoni.com/Haku?term=EK-j%C3%A4rjestelmien+asennusohjeet#>.

Betoniteollisuus ry 2013. Putkimateriaalin valintaopas.

Biologian ja maantieteen opettajien liitto. Uusiutumattomat energia lähteet. Viitattu 18.5.2014, https://peda.net/yhdistykset/bmol-ry/koulutus/eyy/yhteinen_ymparisto/energia/ue7_

Concrete Pipeline Systems Association 2012. Service life of concrete pipe systems. Viitattu 7.4.2014 <http://www.concretepipes.co.uk/downloads>.

European Plastic Pipes and fittings. PVC sewer pipes – Longer lifelines for sustainable Headlines. Viitattu 15.3.2014, <http://www.teppfa.eu/applications-around-you/-civils-a-infrastructure/industry-studies/expected-lifetime-of-plastic-pipes.html>.

FBS rohre 2012. FBS beton kanalsystemen. Viitattu 18.5.2014 http://www.fbsrohre.de/rohrwerkstoffauswahl/broschueren/Broschuere_Abrieffestigkeit.pdf.

Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2013, Kilpailu- ja kuluttajaviraston esitys markkinaoikeudelle yrityskaupan kieltämiseksi. Viitattu 15.4.2014 <http://www.kkv.fi/File/1c29395a-9d5b-4694-a190-efbb6b4ec18f/r-2012-10-0661.pdf>.

Lester Gabriel. History and Physical Chemistry of HDPE. Viitattu 15.3.2014 https://plasticpipe.org/pdf/chapter-1_history_physical_chemistry_hdpe.pdf.

Lester Gabriel & Eric Morgan 1998. Service Life of Drainage Pipe. Washington DC: National Academy Press.

Muoviteollisuus ry. Muovit ovat monipuolinen materiaalityyppi. Viitattu 11.5.2014, <http://www.muoviteollisuus.fi/fin/muovitieto/muovit/>

Suomen Betonitieto Oy & Rakennusteollisuus RT ry 2003. Betoniviemärit 2003 –käsikirja. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Ruskon Betoni 2013. RB-lifter-esite.

Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003. Katu 2002: Kadunrakennuksen tekniset ohjeet, Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003. RIL 124-1 Vesihuolto 1. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2003. RIL 124-2 Vesihuolto 2. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010. RIL 237-2-2010 Vesihuoltoverkoston suunnittelu. Saarijärvi: Offset Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013. RIL 77-2013 Maahan ja veteen asennettavat kestopuoviputket. Tampere: Tammerprint Oy.

Thomas Hülsmann ja Reinhard Nowack. 70 years of experience with PVC pipes. Viitattu 15.3.2014 <http://www.teppfa.eu>.

United States Environmental Protection Agency. Oil. Viitattu 18.5.2014 <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/oil.html>.

United States Environmental Protection Agency 1974. Process design manual for sulphide control in sanitary sewage systems. Viitattu 18.5.2014 <http://nepis.epa.gov/home/NSCEP/Document display>

Uponor 2009. Uponor yhdyskunta- ja ympäristötekniikka Materiaalit ja käyttöiät.

Uponor 2009, Uponor-sadevesijärjestelmä PE: Putkijärjestelmä suurten hulevesien johtamiseen. Viitattu 8.4.2014, <http://www.uponor.fi/~media/countryspecific/finland/download-centre/technical-handbook-inf/056sadevesipe042009.pdf?version=1>.

Uponor 2009. Uponor maaviemärijärjestelmä PVC: PVC-muovista valmistettu sileäpintainen, maaviemärijärjestelmä. Viitattu 8.4.2014, <http://www.uponor.fi/~media/countryspecific/finland/download-centre/technical-handbook-inf/055pvcmaaviemri042009.pdf?version=1>.

Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys 1998. Viemäreiden ja vesijohtojen tv-kuvauksen teettämishjeet. Helsinki: Copy-Set.