



Roope Rinne-Laturi

# Työnjohtajan tehtävät vesijohdon saneerauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Mestarityö

12.2.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Roope Rinne-Laturi  
Otsikko: Työnjohtajan tehtävät vesijohdon saneerauksessa  
Sivumäärä: 42 sivua  
Aika: 12.2.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen  
Ohjaajat: Lehtori, Jouni Ruotsalainen

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli työnjohtajan tehtävät vesijohdon saneerauksessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa raportti, josta löytyy keskeisimmät huomioon otettavat asiat, kun vesijohtoja saneerataan tai rakennetaan. Tätä opinnäytetyötä voivat hyödyntää työssään niin aloittelevat kuin jo kokeneetkin infrarakentamisen työnjohtajat.

Työn tutkimusmenetelmänä käytettiin kirjallisuutta, internet lähteitä sekä käytännön kokemusta vesijohtojen saneeraustyömailta. Työn lähdemateriaaleina oli käytössä alan ohjeistukset, kirjallisuus sekä vesijohtovalmistajien ohjeistukset ja standardit.

Työssä käsiteltiin yleisimpiä Suomessa käytössä olevia vesijohtomateriaaleja sekä niiden varusteita, vesihuoltokaivantojen toteuttamista, putkien asentamista, työnjohtajien vastuulla olevia tehtäviä sekä töihin liittyviä ohjeistuksia ja säädäntöjä. Lopputuloksena syntyi raportti, jota infrarakentamisen työnjohtajat voivat hyödyntää päivittäisessä työskentelyssään vesijohtojen saneeraamisen tai rakentamisen parissa.

Avainsanat: infrarakentaminen, vesihuolto, vesijohto

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Roope Rinne-Laturi  
Title: Construction Manager Actions in Water Pipe Renovation  
Number of Pages: 42 pages  
Date: 12 February 2024

Degree: Bachelor of Construction Site Management  
Degree Programme: Construction Site Management  
Professional Major: Infrastructure  
Supervisors: Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer

---

The subject of this graduate study was construction manager actions in water pipe renovation. The aim of the thesis was to draw up a report that contains the most relevant factors in water pipe renovation and construction. Both beginners and experienced construction site managers can benefit from this thesis in their everyday work.

The study methods used in this project were literature, internet sources and experiences from the water pipe construction sites. The source materials of the thesis include literature, instructions and water pipe manufacturers' instructions and standards.

This thesis covered the most commonly used water pipe materials and equipment in Finland as well as execution of water pipe excavations, laying the water pipes, instructions and standards and the responsibilities of the construction site manager. The end result of this thesis was a report which can be utilized by construction site managers in their water pipe renovation projects.

Keywords: infrastructure, water supply, water pipe

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vesijohdot	2
2.1	Putkimateriaalit ja varusteet	2
2.1.1	PE-putket	2
2.1.2	PE-liitososat	4
2.1.3	PVC-putket	7
2.1.4	PVC-liitososat	8
2.1.5	SG-putket	9
2.1.6	SG-liitososat	10
2.2	Vesijohtoputkien käsittely, kuljetus ja varastointi	11
3	Kaivannot	13
3.1	Kaivutyön suunnittelu	15
3.1.1	Kaivantosuunnitelma	16
3.1.2	Kaivualueella oleva kunnallistekniikka sekä maa- ja ilmakaapelit	16
3.1.3	Kaivulupa	17
3.1.4	Työskentely rata-, tie- tai katualueella	17
3.2	Aukikaivu	18
3.2.1	Luiskattu kaivanto	19
3.2.2	Kaivantoelementeillä tuettu kaivanto	20
3.2.3	Tuettu kaivanto	20
3.3	Putkien perustaminen	21
3.3.1	Arinarakenteet ja asennusalustat	23
3.4	Alkutäyttö	24
3.5	Lopputäyttö	24
4	Työnsuunnittelu	26
4.1	Valmistelevat työt ja luvat	26
4.2	Yleiset suunnitelmat ja työvaihekohtaiset suunnitelmat	27
4.3	Aikataulusuunnittelu	28
4.4	Materiaali- ja työmenekki	28

4.5	Aluesuunnittelu	29
4.6	Työmaa-alueen ja kaivantojen rajaus	29
4.7	Liikennejärjestelyt	31
5	Säädäntö	32
5.1	Työturvallisuus	32
5.2	Työaika	33
5.3	Työmaan jätehuolto	34
6	Työnjohtajan päivittäiset tehtävät	35
6.1	Työn etenemisen seuranta	35
6.2	Suunnitelmien seuranta	36
6.3	Rakennusmateriaalien ja työvoiman hankinnat	36
6.4	Perehdytykset	37
6.5	Laadunvarmistus	38
7	Tulos	39
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	40
	Lähteet	41

## Lyhenteet

- PE: Muovisen vesijohtoputken materiaali, jonka raaka-aineena on polyeteeniä.
- PVC: Muovisen vesijohtoputken materiaali, jonka raaka-aineena on polyvinyylikloridi.
- SG: Valurautaisesta vesijohtoputkesta käytettävä lyhenne.
- SN8: Putkien lujuusluokka.
- VNa: Valtioneuvoston asetus.

## 1 Johdanto

Jokainen vesijohtojen saneerausurakka on erilainen ja asettaa siten erilaisia ja eritasoisia haasteita työnjohtajalle. Lähtökohtana laadukkaan sekä taloudellisen lopputuloksen tuottamiseksi on ammattitaitoinen ja omistautunut työnjohtaminen. Onnistuneella työnjohtamisella saadaan työnsuorittajat tuottamaan hyvillä rakennustavoilla rakennettua lopputuotetta työn tilaajalle. Vesihuollon saneerauksen ja rakentamisen työmailla virheiden korjaus tulee helposti kalliiksi varsinkin, jos tekniikka on rakennettu tierakenteiden alle, tämän takia työntekijöiden ohjaaminen, töiden seuranta sekä riittävä laadunvarmistus on työnjohtajan tärkeimpiä tehtäviä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda raportti, josta löytyy työnjohtajille keskeisimmät huomioon otettavat asiat, kun vesijohtoja saneerataan tai rakennetaan. Tässä opinnäytetyössä käsitellään työnjohtajan päivittäisiä työtehtäviä, työnsuunnittelua ja tärkeimpiä säädännöllisiä asioita. Työssä käsitellään myös erilaisia vesijohtojen materiaaleja, varusteita sekä vesijohtojen saneeraukseen liittyviä työvaiheita. Tässä työssä ei tulla keskittymään vesihuollon muihin osiin, kuten jätevesilinjoihin tai hulevesilinjoihin.

Lopputuloksena syntyvän raportin on tarkoitus tukea työnjohtajia, jotka työskentelevät vesijohtojen saneerausurakoiden parissa. Raportin on tarkoitus olla mahdollisimman käytännön läheinen, jolloin siitä on eniten apua käytännön töiden toteuttamisessa.

## 2 Vesijohdot

Vesijohdot ovat yksi osa kunnallistekniikan vesihuoltopalveluita. Vesijohdon tehtävänä on johdattaa puhdasta ja paineistettua vettä kiinteistöihin. Vesijohdot voidaan jakaa kolmeen eri osaan, joita ovat päävesijohdot, jotka kuljettavat veden vesitorneihin, pääjohdoista haarautuvat jakelujohdot ja jakelujohdoista haarautuvat tonttivesijohdot, joista kiinteistöt saavat veden.

Vesijohtoverkoston tulee toimia moitteettomasti ilman häiriöitä, tämän takia vesijohtoverkon oikeanlainen mitoitus alueittain sekä laadukas ja oikein ajoitettu saneeraus on tärkeää. [1.]

### 2.1 Putkimateriaalit ja varusteet

Suomen ympäristökeskus (SYKE) julkaisi vesihuollon verkkotietojen VEETI-tietojärjestelmän raportin perusteella, että Suomen vesijohtoverkosta 88 % koostui muoviputkesta vuonna 2019. Muovi on siis vesijohtoputki materiaalina selkeästi suosituin, mutta muitakin materiaaleja käytetään kuten pallografiittivaluraudasta valmistettuja SG-putkia sekä teräksisiä vesijohtoputkia. [2; 3.]

Tilaaaja päättää yhdessä suunnittelijan kanssa saneerattavalle alueelle soveltuvat vesijohtoputki materiaalit ja varusteet sekä niiden koot. Saneeraustyötä tehdessä, työnsuorittaja, eli urakoitsija noudattaa tilaajan suunnitelma-asiakirjoissa mainittuja putkimateriaaleja sekä kokoja.

#### 2.1.1 PE-putket

PE eli polyeteeni on maailmalla eniten käytetty muovi. Polyeteeni on myös muovisten vesijohtoputkien (kuva 1) yleisin käytetty muovimateriaali. Polyeteeni on vesijohtoputki materiaalina paras, koska siitä löytyy kaikki vesijohdoille vaadittavat ominaisuudet kuten hygieenisuus, paineenkesto, joustavuus, hankauskestävyys ja kemiallinen kestävyys.





Kuva 1. Pipelife PE100 vesijohtoputki [6].

Polyeteenit luokiteltiin ennen tiheyden perusteella kolmeen eri luokkaan ja niistä käytettiin nimityksiä PEL, PEM ja PEH.

PEL = PE-LD = Polyethylene, low density = alhaisen tiheyden PE, tiheysalue n. 910–930 kg/m<sup>3</sup>

PEM = PE-MD = Polyethylene, medium density = keskitiheyksinen PE, n. 930–940 kg/m<sup>3</sup>

PEH = PE-HD = Polyethylene, high density = korkeatiheyksinen PE, n. 940–970 kg/m<sup>3</sup>

Mitä suurempi on valmistetun PE-putken tiheys, sitä jäykempi ja kestävämpi se on [4, s. 2–3].

1980-luvulla käyttöön otettiin uusi PE:n ominaisuuksia kuvaileva luokitusjärjestelmä standardissa SFS-EN ISO 9080. Tämä tehtiin siksi, koska pelkästään tiheyden perusteella ei voitu kuvata PE:n ominaisuuksia tarpeeksi yksiselitteisesti. Uuden luokitusjärjestelmän avulla pystytään kuvailemaan PE-materiaalien pitkäaikaiskestoa. PE-materiaalien pitkäaikaiskestoa saadaan määriteltyä suorittamalla hydrostaattisia testejä erilaisissa paine- ja lämpötilaolosuhteissa.

Nykyisin PE-putkien kestävyys ilmoitetaan merkinnöillä PE40, PE63, PE80 ja PE100. Nykyinen PE100 putki vastaa käytännössä entistä PE-HD putkea. Nykypäivänä tavallisimmat vesijohtoina käytettävät PE-materiaalityypit ovat PE80 ja PE100. [5.]

### 2.1.2 PE-liitososat

Polyeteeniputkille löytyy suuri valikoima erilaisia liitososia, kuten kulmia, supistuksia, haaroja, kauluksia, jatkoliittimiä sekä sulkuventtiileitä (Kuva 2 ja 3.). Liitososia löytyy niin muovisina kuin valurautaisinakin. Osien eri liitostapoja ovat sähköhitsaus, puskuhitsaus sekä laippaliitokset.



Kuva 2. DN 200 laippaventtiili ja vetokestävät laippaliittimet [Roope 2023].



Kuva 3. Sähköhitsausmuhvi sekä 15°:n vesijohtokulma [Roope 2023].

Polyeteeniputkista haarautuvien kiinteistöjen tonttiliitoksien toteuttaminen onnistuu esimerkiksi valurautaisella satulalla, josta löytyy 2" sisäkierre. Kuvassa 4 tonttiliitosta rakennetaan halkaisijaltaan 225 mm PE-putkeen.



Kuva 4. Tonttiliitoksen toteutus kierresatulalla [Roope 2023].

Kiinteistön tonttiliitos rakennetaan käyttämällä valurautaista DN 200/225x2"SK kierresatulaa sekä 2"UK 63 mm pistoliitintä. Mikäli kiinteistöön liitettävä tonttive-sijohto on suunniteltu rakennettavaksi 40 mm vesijohdolla, voidaan kuvassa 4 näkyvä 63 mm ulkokierteellinen pistoliitin vaihtaa 40 mm pistoliittimeksi.

### 2.1.3 PVC-putket

Polyvinyylikloridi, eli PVC on maailmanlaajuisesti yleisin käytössä oleva kesto-  
muovi. Sitä käytetään hyvin laajasti myös rakennusalan ulkopuolella esimerkiksi  
elintarvike ja lääketeollisuudessa. PVC-muovin käyttö on suosittua, koska sen  
mekaaniset ominaisuudet ovat hyvin kestäviä. Polyvinyylikloridi on sitkeää, ke-  
vyttä ja helposti muokattavissa oleva materiaali. Suosituimmat käyttökohteet ra-  
kennus-tuoteteollisuudessa PVC-muoville ovat viemäri- ja vesijohtoputkissa  
(Kuva 5) sekä kaapelinsuojatuotteissa.



Kuva 5. Pipelife, PVC-U Vesijohtoputki [7].

Putkisovelluksissa käytetään niin sanottua kovaa PVC:tä, eli PVC-U:ta (pehmit-  
tämätön polyvinyylikloridi). PVC-U tarjoaa hyvät putkelta vaadittavat ominaisuu-  
det, kuten jäykkyyden, iskulujuuden, palamattomuuden sekä ”ikuisen” kestävyyy-  
den. PVC on tiheydeltään suurempaa sekä jäykempää kuin PE, mutta PVC:n  
iskulujuus taas on pienempi kylmissä olosuhteissa kuin PE:llä. [4, s. 2–3; 5.]

#### 2.1.4 PVC-liitososat

PVC-putkille löytyy vastaavanlaisia liitososia kuin PE-putkillekin, eli joko muovista tai valuraudasta valmistettuja muhvi- ja laippaliitoksia. Kuvassa 6 on esillä Pipelifen muhvillinen PVC-kulmayhde. Pipelifen kulmayhteessä on power lock -tiiviste, jonka avulla liitoksesta saadaan tiivis sekä paineenkestävä. [8.]



Kuva 6. Pipelife, PVC-U -kulmayhde [8].

### 2.1.5 SG-putket

Toinen yleisesti käytössä oleva vesijohtomateriaali on pallografiittivalurauta, tästä materiaalista valmistetaan SG-putkia (Kuva 7). SG-valurauta eroaa reilusti tavallisesta harmaavaluraudasta lujuusominaisuuksiensa vuoksi. SG-valuraudan ominaisuudet saavutetaan valmistusmenetelmällä, jossa hiilen olomuoto muutetaan lamellimaisesta pallomaiseksi lisäämällä sulaan rautaan magnesiunia. SG-putkien sisäpinta on keskipakovalettua sementtivuorausta, sen avulla sisäpinnasta saadaan kestävä sekä hygieeninen. SG-putkien ulkopinta on vuorattu korroosiota suojaavalla pinnoitteella. Ulkopinnoite muodostuu sinkkialumiinikerroksesta sekä puoliläpäisevästä sinisestä epoksinnoitteesta. Pinnoite perustuu sinkin galvaaniseen suojaan sekä alumiinin muodostamaan kestävään matriisiin.

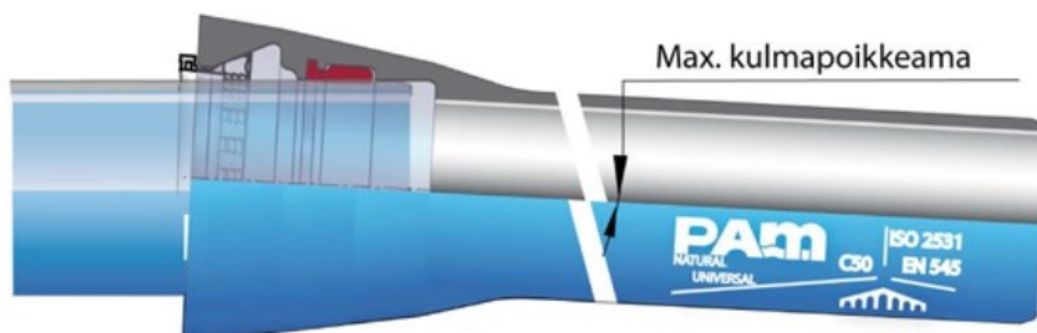


Kuva 7. Saint Gobain PAM, SG-paineputki [9].

SG-putket pystyvät ottamaan vastaan suuria kuormituksia vahingoittumatta, kuten liikenteen- tai maankuormituksia. Lisäksi SG-putket kestävät hyvin äkillisiä paineenmuutoksia. SG-putkien käyttöpaine on 30 bar. [10, s. 1–28.]

### 2.1.6 SG-liitososat

SG-putkia liitetään muhviliitoksilla sekä laippaliitoksilla, näistä kahdesta muhviliitokset ovat paljon yleisempiä. Muhviliitoksia on monta erilaista mallia, vetoakestämättömiä esim. Tyton tai vetoakestäviä esim. Universal Vi – Novo-Sit (Kuva 8). Muhviliitokset sallivat putkelle pientä liikkumisvaraa.



Kuva 8. Saint Gobain PAM, SG-putken Universal Vi - Novo Sit -liitos [11].

SG-putkille löytyy myös suuri valikoima muitakin liitososia, kuten vetoakestävät Multi/Joint- sekä Duragrip-liittimet. Kyseiset liittimet sallivat liitoksiin muutamien asteiden kulmapoikkeavuuksia. [10, s. 1–28.]



## 2.2 Vesijohtoputkien käsittely, kuljetus ja varastointi

Kaikkia putkia on aina käsiteltävä tarpeeksi suurta varovaisuutta noudattaen. Putkien pinnat ovat jo valmiiksi sileitä sekä liukkaita, mutta etenkin talviolosuhteissa liukkaus kasvaa huomattavasti, kun putket ovat pinnastaan kosteita ja mahdollisesti myös jäisiä.

Putkien käsittelyä ja nostelua varten on käytettävä sen mukaisia nostoliinoja, nostolaitteita tai muita varusteita, jotka eivät pääse vahingoittamaan putkia. Putkikielpejä tai putkia ei saa raahata maata pitkin, ettei niiden pinta vaurioidu. On myös huolehdittava siitä, että muhvein varustetut putket varastoidaan sekä kuljetetaan niin, ettei muhvien päälle synny kuormituksia. Lisäksi vesijohtoputkien päissä tulee aina olla suojatulppa, niin kuljetuksen, käsittelyn kuin varastoinnin aikana.

Muoviputkien iskulujuus alenee aina lämpötilan laskiessa, siksi pakkaskeleillä putkien käsittelyssä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta vaurioiden välttämiseksi. Lämpötilan laskiessa alle  $-15\text{ °C}$ :n, tulee noudattaa valmistajien erityisohjeita. Myös kuumat kelit tulee huomioida muoviputkia käsiteltäessä, koska muoviputket pehmenevät suorassa auringonpaisteessa.

Putkien kuljetuksessa tulee huolehtia siitä, että kuljetusalustalla ei ole teräviä särmiä, roskia tai muitakaan ylimääräisiä esineitä, jotka mahdollisesti vahingoittaisivat putkia. Putket lastataan kuljetusautoon siinä järjestyksessä, että painavimmat putket ovat pinon alimmaisina. Putkien sidonnassa täytyy kiinnittää huomiota siihen, etteivät sidontalaitteet vaurioita putkien pintaa. Putkikuormaa ei saa purkaa kippaamalla tai putkia heittelemällä, koska putket saattavat vaurioidua pudotessaan.

Putkien pitkäaikaista varastointia varten, varastointipaikan tulee olla tasainen ja putket täytyy suojata suoralta auringonpaisteelta. Kuvassa 8 nähdään 315 PE - vesijohdot varastoituna tasaiselle alustalle alkuperäispakkauksissaan, suojatulpat paikallaan.



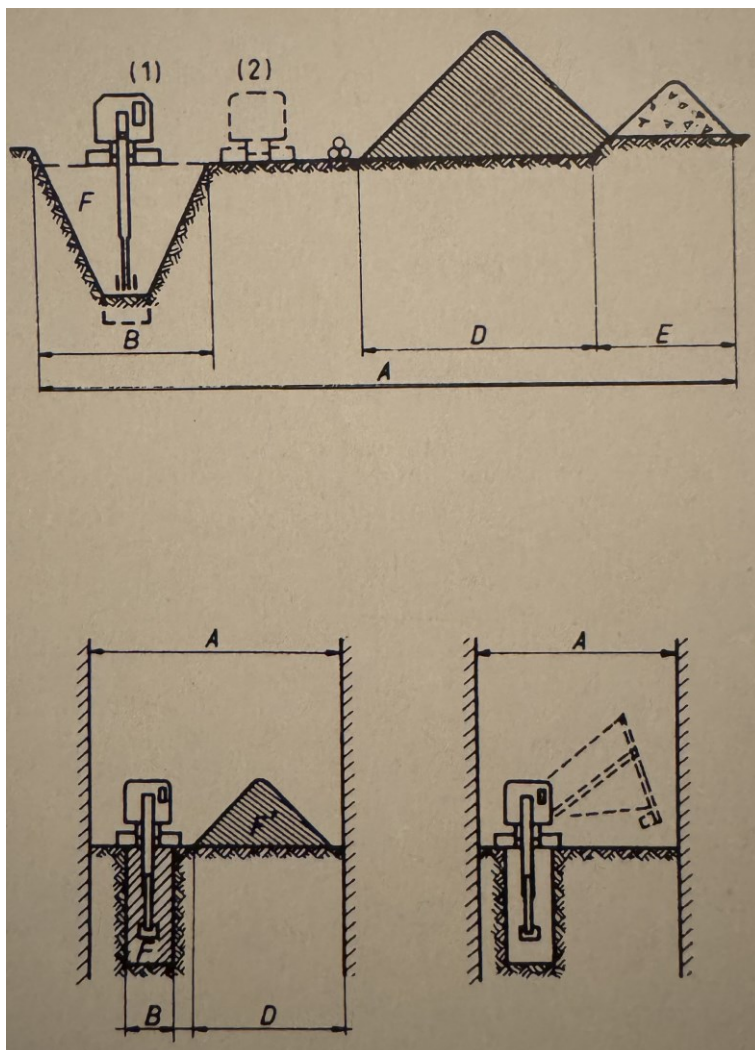
Kuva 9. 315 PE -putket varastoituna työmaalla [Roope 2023].

Putkia pinotessa tulee noudattaa valmistajien ohjeita pinon maksimi korkeudesta sekä pinoamistavasta. Mikäli vesijohtoputken sisäpinnolle pääsee varastoinnin käsittelyn tai kuljetuksen aikana epäpuhtauksia, tulee putki pestä ja desinfioida tai asettaa asennuskieltoon. [12.]

### 3 Kaivannot

Kaivannot tehdään aina suunnitelmien mukaisesti. Suunnitelmissa esitetään putkikaivannon leveys, syvyys sekä mahdollinen tuentatapa. Kaivannon leveys on riippuvainen luiskakaltevuudesta, putken tai putkien koosta ja määrästä, putkien perustamisen ja asennustyön sekä mahdollisen tuennan tilantarpeesta. Mikäli kaivannon pohjalla työskennellään, on sen pohjanleveyden oltava vähintään 1 metri. Kaivannon syvyyden määrittelee putkien asennussyvyys sekä maaston muodot.

Putkikaivannot voivat olla joko avokaivantoja, tuettuja kaivantoja tai molempia samaan aikaan. Avokaivannot ovat poikkileikkauspinta-alaltaan suurempia kuin tuetut kaivannot ja niistä irtoaa enemmän kaivumassoja, joten myös täyttömassoja tarvitaan enemmän. Oikein toteutettu luiskattu avokaivanto taas on huomattavasti halvempi ja nopeampi toteuttaa kuin tuettu kaivanto. Kuvasta 10 nähdään tuetun ja tukemattoman kaivannon ero tilantarpeessa. Kaivantotyyppien valintaan vaikuttavat rakentamiskohteen pohjaolosuhteet, ympäristö, lähiympäristön rakennukset, rakentamiselle käytettävissä oleva tila sekä taloudellisuus.



Kuva 10. Tukemattoman ja tuetun kaivannon tilankäyttö. [13, s. 115].

Hyvin usein vesijohtojen saneerauksen yhteydessä uusitaan muitakin putkilinjoja, kuten jätevesiviemäreitä ja hulevesiviemäreitä, tällöin kaivannossa tulee ottaa huomioon kaikkien putkilinjojen vaatima tilantarve. Lisäksi putkien välille tulee jättää riittävästi tilaa, jotta mahdollisen putkivaurion sattuessa, korjaustyö onnistutaan suorittamaan muiden putkien toimintaa häiritsemättä. [13, s. 112–115.]

### 3.1 Kaivutyön suunnittelu

Kaivantoa suunniteltaessa on otettava huomioon työturvallisuus ja kaivantojen vaativuus. Kaivannon suunnittelijan tulee ottaa huomioon kaivannon toteuttamisen eli aukikaivun turvallisuus sekä kaivannon pohjalla työskentelemisen turvallisuus. Pääsuunnittelija huolehtii siitä, että kaivannon suunnittelijalla on suunnittelutehtävän vaatima koulutus sekä kokemus vastaavista pohjarakennesuunnittelutöistä.

Päätoteuttajan työnjohdon vastuu ja velvoite on noudattaa pohjarakennesuunnittelijan laatimia kaivantosuunnitelmia. Mikäli maaperässä ilmenee poikkeamia kaivutyön aikana, on työnjohdon vastuulla ilmoittaa asiasta rakennuttajalle, jotta rakennuttaja yhdessä suunnittelijoiden ja päätoteuttajan kanssa voivat reagoida maaperämuutoksiin.

Ennen kaivutyön aloittamista tulee työnjohdon tutustua tarkoin kaivantojen suunnitelma-asiakirjoihin, kaivualueen ympäristöön sekä olemassa olevaan infraan. Työnjohdon vastuulla on havaita ja selvittää työskentelystä, työolosuhteista sekä työskentely-ympäristöstä aiheutuvat vaara- ja haittatekijät ja poistaa ne tarvittavilla ja asiallisilla keinoilla.

Ennen aukikaivun aloittamista, on työnjohdon vielä suunniteltava työkoneiden ja maansiirtoautojen liikkeet sekä määrä, kaivannon aukioloaika, mahdollinen avoimen kaivannon rajaus sekä työntekijöiden liikkeet kaivannossa ja sen lähiympäristössä. On myös suunniteltava mihin kaivannosta irtoavat maa-ainekset sijoitetaan. Mikäli työskentelyalueelta löytyy riittävästi tilaa ja irtoavat maa-ainekset kelpaavat lopputäyttöön, on maa-ainekset mahdollista sijoittaa kaivannon läheisyyteen. On myös hyvin mahdollista, että maa-aineksia ei onnistuta varastoimaan ollenkaan kaivannon läheisyyteen, tai että kaivannosta irtoava maa-aines ei kelpaa täyttömateriaaliksi. Tällöin kaikki maa-ainekset joudutaan kuljettamaan maankaatopaikalle tai erilliselle läjitysalueelle. [14, s. 12; 15, s. 157–159.]

### 3.1.1 Kaivantosuunnitelma

Päätoteuttaja laatii kaivutyöstä kaivantosuunnitelma aina, kun kaivannossa on sortumavaara tai se on yli 2 metriä syvä. Kaivantosuunnitelma tulee laatia vastaamaan kaivantoa ja sen ympäristön vaativuutta. Kaivantosuunnitelmassa esitetään vähintään työtavanselostus, pohjaveden hallinta, kaivannon kuivanapito, kaivannon täyttö ja tiivistys sekä kaivannon ja lähiympäristön tarkkailusuunnitelma. [15, s. 145; 16.]

### 3.1.2 Kaivualueella oleva kunnallistekniikka sekä maa- ja ilmakaapelit

Ensimmäisiin toimenpiteisiin uudella kaivualueella lukeutuu olemassa olevien kunnallistekniikan sekä maa- ja ilmakaapeleiden sijaintien selvittäminen. Sijaintien selvitys on nykyään helppoa erilaisten internetistä löytyvien johtotietopalveluiden avulla, lisäksi nämä palvelut ovat useimmiten kokonaisuudessaan ilmaisia.

Välillä olemassa olevia putkia ja johtoja joudutaan joko siirtämään tai purkamaan uuden rakennettavan vesihuollon tieltä. Olemassa olevan tekniikan siirrot tai purut vaativat neuvotteluja sekä sopimuksia toimenpiteiden suunnittelusta, toteutuksesta sekä aikataulusta. Olemassa olevien putkien sekä johtojen omistajia saattaa olla useita ja siirto- tai purkutoimenpiteet ovat hitaita toteuttaa, joten hankkeen kokonaisaikataulun kannalta olemassa olevaan tekniikkaan liittyvät toimenpiteet tulee aloittaa riittävän ajoissa. Yleisesti ottaen rakennuttajalla on paremmat edellytykset hoitaa nämä asiat, jotta niistä ei aiheutuisi viivästyksiä rakentamisen aloittamiselle. Kuitenkin usein näiden asioiden hoitaminen jää päätoteuttajan huolehdittavaksi.

Päätoteuttajan työnjohdon tulee seurata työnetenemisen mukaan olemassa olevan tekniikan kartoituskuvia ja huolehdittava siitä, että työnsuorittajat ovat tietoisia johtojen sijainnista. Johtojen sijainnit tulee peilata ja merkata maastoon vahinkojen välttämiseksi. Lisäksi koekaivuita voidaan suorittaa johtojen tarkan

sijainnin selvittämiseksi. Kaivutöitä tekevien on myös oltava tietoisia siitä, miten toimitaan, jos olemassa oleva kaapeli tai johto vaurioituu. [15, s. 43.]

### 3.1.3 Kaivulupa

Kunnat ja kaupungit vaativat kaivuluvan hakemista silloin, kun kaivutöitä suoritetaan yleisillä alueilla kuten kaduilla tai puistoissa. Kaivulupaa haetaan aina kunnan tai kaupungin oman ohjeistuksen mukaisesti.

Kaivulupaa haettaessa tulee hakijalla olla tiedossa olemassa olevien kaapeleiden sekä johtojen sijainnit, mahdollinen liikenteenohjaussuunnitelma sekä työn kesto. Mikäli kaivutyön aikana on tarkoitus sijoittaa johtoja, kaapeleita tai muita rakenteita yleiselle alueelle, on niitä varten haettava sijoituslupaa ennen kaivuluvan hakemista. Kaivuluvan hakemisesta vastaa päätoteuttajan työnjohto.

### 3.1.4 Työskentely rata-, tie- tai katualueella

Työskentely rata-, tie- tai katualueella luokitellaan lain mukaan (VNa 205/2009) vaarallisiksi töiksi. Ennen töiden aloittamista tulee selvittää tarvittavat luvat, työmaan henkilöstöltä vaadittavat pätevyudet sekä mahdollinen työkoneiden erikoisvarustelu.

Hyvin useissa tapauksissa vesijohdon ja kunnallistekniikan rakentaminen tai saneeraus kohdistuu tie- tai katualueelle. Tällöin on laadittava liikenteenohjaussuunnitelma ja sitä tulee päivittää riittävän ajoissa töiden etenemisen mukaan. Yleensä liikenteenohjaussuunnitelman laatiminen on urakoitsijan vastuulla, mutta erikseen sovittaessa voi suunnitelman laatiminen olla rakennuttajankin vastuulla. [16.]

### 3.2 Aukikaivu

Putkikaivannon aukikaivu suoritetaan hydraulisia kaivinkoneita käyttäen (kuva 11). Kaivinkoneita löytyy pienistä hyvinkin suuriin, joten kaiken kokoisten putkikaivantojen kaivu onnistuu vaivattomasti, kun kaivukalusto mitoitetaan oikein.



Kuva 11. Kaivinkone suorittamassa vesihuoltokanaalin aukikaivuuta [Roope 2024].

Kaivannot voidaan toteuttaa joko tukemattomina avokaivantoina, osittain tuettuina kaivantoina (yläpää luiskattuna ja alapää tuettuna) tai tuettuina kaivantoina. Kaivannon toteutustavan määrittelee hankkeen suunnittelija.



Ennen kaivutyön aloitusta työnjohto käy läpi tärkeät turvallisuusasiat, käytettävissä olevat resurssit, mahdolliset työhön liittyvät vaara-alueet sekä kaivumaiden turvallisen läjityksen kaivinkoneenkuljettajan kanssa. Mikäli kaivumaat varastoidaan kaivannon välittömään läheisyyteen, on maa-ainekset pyrittävä sijoittamaan vähintään kaivannon syvyyden suuruiselle etäisyydelle kaivannon reunasta. [13, s. 113; 14, s. 75.]

### 3.2.1 Luiskattu kaivanto

Luiskatun kaivannon vakavuus on riippuvaista maalajien ominaisuuksista. Kitka-maalajeissa kaivanto pysyy riittävän vakaana yleensä ottaen silloin, kun luiskan kaltevuuskulma on pienempi kuin maalajin sisäinen kitkakulma ja silloin, kun pohjavesipainetta ei ole. Koheesiomaalajeissa taas kaivannon vakavuus on yleisesti riittävällä tasolla, mikäli luiskien sisäiset ja kaivannon kokonaisuusolosuhteet ovat estettynä. Jos koheesiomaakerroksen alla on paineellista pohjavettä, on kaivannon pohjalla murtumisriski.

Luiskattu putkikaivanto toteutetaan mahdollisuuksien mukaan kaivamalla kaivannon päädyistä kaivantoa auki, kaivinkone peruuttaen. Kaivumassat pyritään ajamaan pois kaivutyön etenemissuuntaan. Putkikaivannon kaivu toteutetaan kerroksittain siten, että jokainen kerros kaivetaan heti tavoite leveyteen oikealla luiskakaltevuudella ennen uuden kaivukerroksen aloittamista. Työturvallisuuden takaamiseksi, luiskakaltevuus ei saa ikinä olla jyrkempi kuin 2:1.

Talviaikaan kaivettaessa routa kohentaa kaivannon pysyvyyttä, mutta mikäli routa alkaa sulamaan kaivannon ollessa auki, niin sen sortumisvaara kasvaa. Kaivannon vakavuutta heikentävät myös sateet, pitkään jatkunut kuivuus, huokospaineen nousu sekä työskentelystä aiheutuva värinä. [13, s. 117.]

### 3.2.2 Kaivantoelementeillä tuettu kaivanto

Luiskatun kaivannon pohjalle voidaan asentaa teräsrakenteinen kaivantoelementti, jolloin kaivannosta tulee osittain tuettu. Kaivantoelementtejä hyödynnetään yleensä 2–4 metriä syvien kaivantojen yhteydessä. Tällaisessa tapauksessa putken halkaisijat voivat olla enintään 1,0–1,6 m. Yksittäisen kaivantoelementin pituus on yleensä 2–4 metriä ja elementin paino voi vaihdella 350 kg:n ja 2200 kg:n välillä. Tukelementtien käyttö vaatii tarpeeksi tehokkaan ja ulottuvan kaivinkoneen, koska elementit nostetaan sen avulla kaivantoon.

Matalissa kaivannoissa kaivu suoritetaan määräsyyvyyteen asti, jonka jälkeen tukielementit asennetaan paikalleen ja elementtien taustat täytetään kaivumailla. Syvissä kaivannoissa elementit asetetaan noin 2,5 m syvään alkukaivantoon, jonka jälkeen kaivu suoritetaan määräsyyvyyteensä tukielementtien sisältä kaivamalla. Tukelementistä löytyy yleensä korkeus- sekä leveysuunnassa säädettävät, kahdessa tasossa olevat tukisauvat. Tämä mahdollistaa arinarakenteen sekä putken asentamisen jatkuvaksi alemman tukitason alapuolelle. Putkien täyttötöitä suoritetaan tukielementin puoliväliin asti, jonka jälkeen elementin voi nostaa pois ja lopputäytön voi suorittaa.

Syvien kaivantojen sekä koheesiomaalajien yhteydessä tulee tiedostaa riski mahdollisesta kaivannon pohjan noususta, joka johtuu siitä, että kaivantotukea ei voida asentaa kaivutason alapuolelle. Jos kaivannon pohja stabiloidaan, auttaa se vähentämään pohjan nousua sekä parantaa kaivannon vakavuutta. [13, s. 119.]

### 3.2.3 Tuettu kaivanto

Yleisesti putkijohtokaivannon seinä suunnitellaan toteutettavaksi teräsponttiseinällä. Tuettuja kaivantoja käytetään lähtökohtaisesti syvissä, pohjavedenpinnan alapuolisissa ja pehmeiköille sijoittuvissa vesihuoltokaivannoissa.

Ponttiseinä lyödään maahan joko maanpinnan tasolta tai kevennyskaivun jälkeen. Pontteina käytetään U-ponttiprofiileja, joiden jäykkyyden tulee olla riittäväällä tasolla lyöntirasitukset huomioiden. Teräspontit lyödään maahan yleisimmin kaivinkonetta käyttäen, johon on kiinnitettyä hydraulinen ponttivasara. Mikäli ponttivasara on sivusta kiinni ottava, voidaan sillä käsitellä jopa 12–14 metrisiä teräspontteja. Tietyissä tilanteissa sama kaivinkone voi siis lyödä pontit ja kaivaa kaivannon auki.

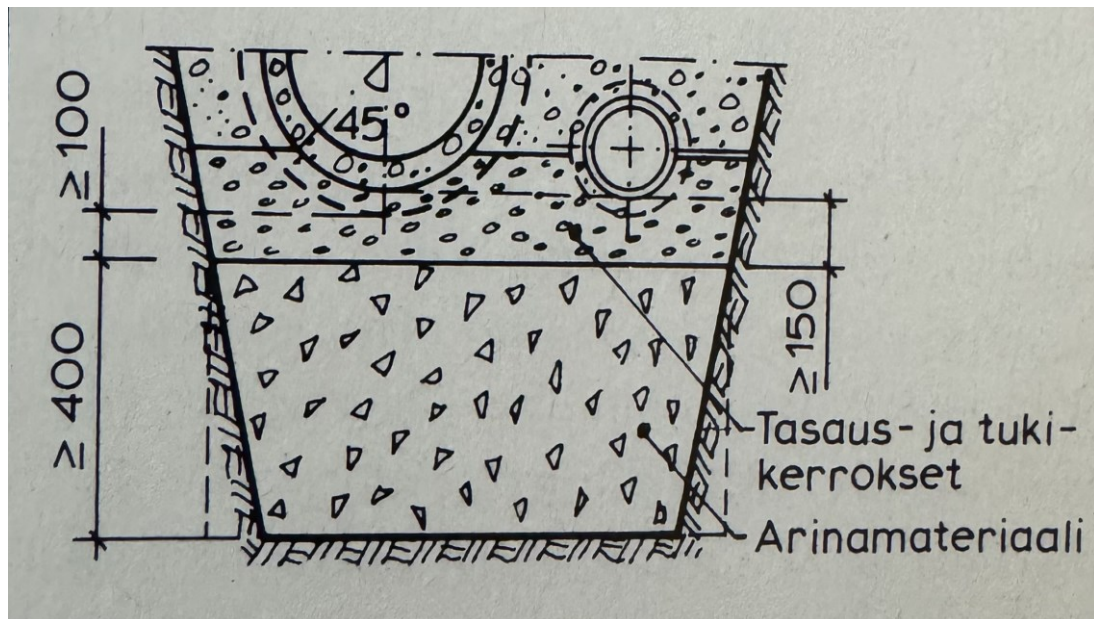
Ponttiseinät tuetaan toisiaan vasten käyttämällä vaakatasossa HEB-palkkeja ja poikkitukina joko HEB- tai putkipalkkeja. Vaakatukina voi käyttää myös valmiiksi rakennettuja teräksisiä tukikehikkoja, joita vasten pontit asennetaan. Tukikehikot ripustetaan ketjuilla pontteihin, mutta kehikon paikallaan pysyminen olisi hyvä varmistaa joko hitsattavin tukikonsolein tai hitsaamalla kehikot pontteihin. Tukitasojen määrä on riippuvainen kaivussyvyydestä ja suunnittelijan määrittelemästä tukitasojen välistä. Vaakatukia voidaan poistaa sitä mukaan, kun täytöt saavuttavat tukitason alapinnan. Putkien vaurioitumisen välttämiseksi tulee teräspontit poistaa tasaisesti kaivannon molemmilta puolilta. Mikäli on tiedossa, että ponttien poisto vaurioittaa mahdollisesti putkia tai ympäröiviä rakenteita, on pontit aiheellista jättää paikoilleen.

Useimmiten tuetun kaivannon sortuminen johtuu pohjan murtumisesta. Syitä tähän voivat olla joko hydraulinen murtuma tai pohjannousu. [13, s. 119; 15, s. 160–162.]

### 3.3 Putkien perustaminen

Putkijohtojen toimintavarmuus riippuu hyvin pitkälti oikein perustetuista putkilinjoista. Erityisesti huonosti kantavilla maapohjilla vääränlainen perustaminen tai huolimattomasti suoritettu työ saattavat johtaa myöhemmässä vaiheessa painumiin sekä putkivaurioihin. Näiden vaurioiden korjaaminen tulee hyvin kalliiksi, joten putkien perustamissuunnitelmia on noudatettava huolellisesti.

Maanvaraisesti perustettaessa vesijohtolinja perustetaan luonnon maapohjalle joko arinarakenteen kanssa tai ilman. Mikäli putket asennetaan ilman arinarakennetta suoraan maapohjan päälle, tulee loppukaivu suorittaa varoen maapohjaa häiritsemättä. Maanvaraisesti perustettaessa vesijohtolinjan mahdollinen painuminen tapahtuu luonnon maapohjan puristumisesta. Kuvassa 12 havainnollistetaan putkien perustamista murskearinan varaan.



Kuva 12. Putkijohdon perustaminen murskearinalle. [13, s. 265].

Putkilinja voidaan perustaa myös massanvaihdon varaan, mikäli painuva maakerros on tarpeeksi ohut eli mielellään alle 2 m. Jotta tulos massanvaihdosta olisi halutunlainen, tulisi vaihtotyö suorittaa mahdollisimman kuivissa olosuhteissa. Massanvaihtoon voidaan käyttää soraa, mikäli vedentulo kaivantoon on hillittyä. Jos vedentulo on runsaampaa, niin massanvaihtomateriaalina voidaan käyttää murskettä raekooltaan 0–100 mm tai vaihtoehtoisesti pienlohkareista louhetta. Massanvaihtokerros tiivistetään tärylätäkää käyttäen huolellisesti enintään 0,5 m kerroksissa. Louhetta käytettäessä tulee massanvaihdon yläpinta kiillata hienorakeisella murskeella.

Huonosti kantavilla koheesiomailla on mahdollista tehdä maapohjan vahvistuksia putkilinjan perustamiseksi. Maapohjanvahvistamiseen on muutamia eri

menetelmiä, kuten pystysalaojitus, jolla vauhditetaan maapohjan painumista tai saveen sekoitettavat kalkkipilarit, jotka lujittavat maapohjan. Pystysalaojituksella ohjataan vesi nousemaan maakerroksista maan pinnalle. Pystysalaojitus voidaan rakentaa sorasta, sepelistä tai erilaisilla salaojaputkituotteilla. Kalkkipilarien teko tapahtuu kalkkipilarikoneella, joka sekoittaa noin 6–12 painoprosenttia sammuttamatonta kalkkia pehmeään saveen. Pilarit on mahdollista sekoittaa jopa 15 metriin saakka. Molemmat lujitusmenetelmät on suoritettava 2–3 kuukautta ennen varsinaisen rakentamisen aloittamista, jotta lujittuminen kerkeää tapahtua.

Mikäli pohjaolosuhteet ovat niin heikot, että mikään edellä mainituista keinoista ei ole järkevä toteuttaa, niin silloin voidaan putkilinja perustaa paalutetun teräs-betonilaatan varaan. Paalulaatan rakentamistyö tulee suunnitella huolella ja kovan pohjan tai kallion pinta on oltava hyvin tiedossa suunnitteluvaiheessa. Nykyään työhön käytetään yleisimmin teräspaaluja, teräspaalut isketään työhön tarkoitettulla koneella kovaan pohjaan saakka. Iskemisen jälkeen paalut katkaistaan tavoitekorkoonsa, mitataan ja merkitään paalutuspöytäkirjaan. Kun tarvittava määrä paaluja on lyöty maahan, voidaan betonilaatan valua varten rakentaa muotit ja tehdä raudoitustyöt, jonka jälkeen laatta valetaan betonilla. Valmiin paalulaatan päälle tehdään vielä murskeesta asennusalusta, jonka päälle putket asennetaan. [13, s. 265–269.]

### 3.3.1 Arinarakenteet ja asennusalustat

Arinarakenteita voidaan toteuttaa esimerkiksi murskeilla, soralla, betonilla tai arinapeltien avulla. Aikaisemmin on ollut käytössä myös lankku- ja hirsiarinoita. Useimmissa tapauksissa arinarakenne toteutetaan murskeita tai soraa käyttäen. Kiviainesarinaa rakennettaessa maapohjan ja arinarakenteen väliin tulisi asentaa suodatinkangas, etteivät maa-ainekset pääse sekoittumaan keskenään. Perustamissuunnitelmista selviää arinakerroksen todellinen paksuus, joka on yleensä noin 400–600 mm luokkaa sekä arinarakenteeseen käytettävän kiviaineksen raekoko, joka on yleensä maksimissaan 70 mm.

Asennusalustalla tarkoitetaan vähintään noin 100 mm paksua, hienorakeisella murskeella tehtyä kerrosta, joka rakennetaan arinakerroksen päälle. Asennusalustan tehtävänä on tasoittaa alusta putken asentamista varten. Asennusalustalla myös varmistetaan se, että putken alle ei jää liian suurirakeista kiviainesta, joka voisi vaurioittaa putkea.

Talviolosuhteissa ennen arinakerroksen tai asennusalustan rakentamista tulee pohja putsata lumesta sekä jäädystä. Arinakerros tiivistetään noin 400 kg tärylätkällä ennen asennusalustan rakentamista ja asennusalusta tiivistetään vielä ennen putken asentamista pienellä, noin 100 kg painoisella tärylätkällä. [13, s. 265–277.]

### 3.4 Alkutäyttö

Alkutäytön/suojatäytön tarkoituksena on peittää asennettu putki murskeella (0–16 mm), kivettömällä hiekalla tai soralla, jotta putki säilyy vaurioitumattomana maan sisällä. Ennen alkutäytön suorittamista, on syytä varmistaa, että putkilinja on oikeassa korossaan ja linjassaan.

Alkutäyttö suoritetaan putken sivuille ja putken yläpuolelle vähintään 300 mm asti. Alkutäyttömateriaalissa ei saa olla jäätä, lunta eikä routaa. Täyttötyö tulee suorittaa niin, että putket eivät pääse liikkumaan tai vaurioitumaan täytön aikana. Katu- ja tiealueilla on huolehdittava alkutäytön asiallisesta tiivistämisestä. [13, s. 276.]

### 3.5 Lopputäyttö

Lopputäyttöön katu- ja vastaavien liikennöitävien alueiden ulkopuolella voidaan hyödyntää kaivannosta saatuja kaivumaita, joiden raekoko on maksimissaan 400 mm. Kaivojen ja muiden laitteiden ympärystäytöt 300 mm leveydeltä tulee suorittaa kuitenkin routimattomilla materiaaleilla. Näillä alueilla täytön tiivistäminen ei usein ole tarpeen. Täyttötasossa tulee huomioida ympäröivä maasto sekä suunnitelmat.

Lopputäyttö katu- ja vastaavanlaisilla liikennealueilla voidaan toteuttaa kaivu-  
mailla (suurin sallittu raekoko 400 mm) tulevien rakennekerroksien alapintaan  
saakka, sillä ehdolla, että ne ovat hyvin tiivistyviä. Lopputäytössä voidaan hyö-  
dyntää myös louhetta, jolloin suurin sallittu lohkokoko on 400 mm. Louhetta  
käytettäessä tulee alkutäyttö kerrosta paksuntaa noin 500 mm asti, jotta louhe  
ei pääse rikkomaan putkia. Kun lopputäyttö on suoritettu kadun rakennekerrok-  
sien alapintaan saakka, rakennetaan kadun rakennekerrokset lopputäytön  
pääle suunnitelmien mukaisesti. Näillä alueilla tulee lopputäyttö tiivistää täryjy-  
rää tai -levyä käyttämällä. [13, s. 276.]

## 4 Työnsuunnittelu

Vesijohtojen saneeraustyöt tapahtuvat yleensä tiheään asuttujen alueiden sisällä tai välittömässä läheisyydessä. Tämän takia työtilat ovat yleensä pieniä sekä tavaroiden ja maamassojen varastoiminen osoittautuu haasteelliseksi. Lisäksi työmaalla tai työmaan läheisyydessä tapahtuva liikenne ja liikehdintä on otettava erityisesti huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Työskentelyn turvallisuuden ja tehokkuuden varmistamiseksi työnjohdolta vaaditaan huolellista ennakkosuunnittelua, työaikana tapahtuvaa jatkuvaa töiden järjestelyä ja taipumista sekä lopputulosta, joka on laadukas. [13, s. 260.]

### 4.1 Valmistelevat työt ja luvat

Vesijohdon saneeraustöiden tekeminen kunnan tai kaupungin alueella vaatii yleensä tietynlaisia joko virallisia tai edes puolivirallisia lupia. Näiden eri lupien tarpeellisuuden selvittäminen kuuluu työnsuunnittelun hyvin ensimmäisiin tehtäviin.

Alue, jolla työtä tullaan suorittamaan, on oltava työnsuorittajan hallinnassa tai alueella työskentelyyn on hankittava työ lupa. Alueiden haltuunoton ja työ luvat hoitavat yleisimmissä tapauksissa rakennuttaja/tilaaja. Näihin lupiin saattaa liittyä ehtoja, joita urakoitsijan on noudatettava huolellisesti työnaikana. Lisäksi tulee huomioida lupa-asiat työskenneltäessä rautateiden tai muiden luvanvaraisien liikennealueiden läheisyydessä. Kaivamista varten työnjohdon tulee hankkia jo aikaisemmin mainittu kaivulupa, työalueen johtotietokartat ja osallistua mahdollisiin kaapelinäyttöihin.

Työalueella voidaan joutua räjäytys tai paalutustöihin, jolloin mahdolliset läheiset rakenteet ja rakennukset saattavat altistua tärinälle. Näissä tapauksissa tulee aina järjestää alku- sekä loppukatselmukset ja laatia tarvittavat pöytäkirjat puolueettoman konsultin toimesta, asianosaisten läsnä ollessa.



Työsuunnittelussa tulee myös huomioida muut mahdolliset luvanvaraiset tai rajoittavat asiat. Näitä ovat esimerkiksi liikennealueilla työskentely, jolloin vaaditaan liikenteenohjassuunnitelma tai mahdolliset lupahakemukset meluavista tai muuten ympäristöä häiritsevistä töistä. Lisäksi monien kuntien tai kaupunkien välisissä sopimuksissa saattaa olla rajoite työajasta tai työskentelystä arkipyhinä.

Kun tarvittavat valmistelevat toimenpiteet ovat tehty voidaan työmaalla järjestää aloituskokous, jonka aikana katselmoidaan työmaa-alue. Aloituskokoukseen osallistuvat tilaaja sekä urakoitsija. Aloituskokouksessa valvoja antaa luvan aloittaa rakennustyöt, mikäli kaikki edellytykset työn aloitukseen täyttyvät. [13, s. 260; 17, s. 81.]

#### 4.2 Yleiset suunnitelmat ja työvaihekohtaiset suunnitelmat

Tilaaja vaatii urakoitsijaa laatimaan yleisiä ja työvaihekohtaisia suunnitelmia. Suunnitelmat kertovat työmaan laadusta ja turvallisuudesta, joko yleisesti tai työvaihekohtaisesti. Näiden suunnitelmien laatiminen on yleensä vastaavan työnjohtajan tai työpäällikön vastuulla. Näistä suunnitelmista selviää esimerkiksi seuraavia asioita:

- Työmaaorganisaatio ja sen vastuujaako
- Yleisimmät aliurakoitsijat sekä materiaalitoimittajat
- Riskitarkastelut työvaihekohtaisesti
- Laadunvarmistussuunnitelma työvaihekohtaisesti
- Vaativien työvaiheiden suunnitelmat

Nämä suunnitelmat laaditaan ja toimitetaan tilaajalle ennen rakentamisen aloittamista. [15, s.157.]

### 4.3 Aikataulusuunnittelu

Työnjohto laatii työmaalle yleisaikataulun ennen urakan alkamista ja toimittaa sen tilaajan hyväksyttäväksi. Joissain tapauksissa tilaaja saattaa vaatia urakoitsijaa laatimaan myös joko neliviikkois- tai kaksiviikkoisaikatauluja, jotta tilaaja pysyy tarkasti urakan etenemisessä mukana.

Aikataulu tulee laatia ajatuksella, koska se määrittää mitä, missä ja milloin työmaalla tehdään, eli esimerkiksi töiden suorittamisjärjestys on päätettävä jo aikataulua laatiessa. Yleisaikataulua tulee seurata työn edetessä ja päivittää mikäli muutoksia ilmenee tai mikäli tilaaja vaatii tarkennusta aikatauluun.

### 4.4 Materiaali- ja työmenekki

Urakan suunnitteluvaiheessa tulee miettiä mitä, ja kuinka paljon rakennusmateriaaleja tarvitaan rakentamisen aloittamiseen sekä lisäksi millaista, ja kuinka paljon työvoimaa aloittamiseen vaaditaan. Näitä asioita on toki pohdittu jo urakan laskentavaiheessa, mutta juuri ennen urakan alkua nämä asiat nousevat vielä esille. Näitä hankintoja pohtii yleensä vastaava työnjohtaja, mutta välillä myös työpäällikkö saattaa osallistua suunnitteluun.

Materiaalimenekki lasketaan suunnitelmista, esimerkiksi kuinka paljon vesijohtoputkea kuluu tietylle rakennettavalle vesijohtolinjalle. Vesijohtolinja tarvitsee myös erilaisia liitosyhteitä, venttiilejä ja varusteita. Kaivantojen täyttöjä varten tarvitaan mahdollisesti suodatinkankaita. Koska vesijohtojen saneerauksen yhteydessä uusitaan usein muitakin putkilinjoja, tulee näissä tapauksissa hankintasuunnitteluun vielä reilu määrä lisää erilaisia putkia, varusteita sekä kaivoja.

Työvoiman hankinnassa tulee pohtia, kuinka monta työryhmää tarvitaan samaan aikaan töihin, jotta urakka saadaan suoritettua määräaikaan mennessä. Vesijohtojen saneerauksissa työryhmä koostuu yleensä joko yhdestä kaivinkoneesta ja yhdestä putkimiehestä tai kahdesta kaivinkoneesta ja yhdestä putkimiehestä. Kahden kaivinkoneen kanssa työskennellessä toinen koneista kaivaa

kaivantoa auki ja rakentaa arinaa. Kun toinen koneista avustaa putkimiestä ja tekee suoja- sekä lopputäytöt perästä. Lisäksi tarvitaan riittävä määrä kuorma-autoja tuomaan murskeita ja ajamaan ylijäämämaita pois työmaalta tai väliaikaiseen läjitykseen. Kuorma-autojen määrä on riippuvainen ajomatkojen pituudesta, murske tarpeista sekä siitä, kuinka paljon ylijäämämaita kaivannosta jää.

Työryhmien määrää suunniteltaessa työnjohtajan aikaisempi kokemus ja työkohteen haastavuus toimivat mittareina, joilla arvioidaan työhön kuluva aika. Työhön kuluvaan aikaan vaikuttavat monet asiat, kuten pohjaolosuhteet, louhintatöiden mahdollinen tarve, työskentelytilat ja keliolosuhteet. Työhön kuluva aika voi myös laskea erilaisten työtehokkuuslaskujen avulla, mutta se on hieman haastavaa maanrakentamisen monien muuttujien takia.

#### 4.5 Aluesuunnittelu

Aluesuunnitelman tarkoitus on suunnitella urakka-alue sellaiseksi, että se on tehokas, turvallinen ja edistää hyvin työn toteutusta. Aluesuunnitelman avulla työmaan jätehuolto, sosiaalitalat, ensiapupisteet sekä rakennusmateriaalit ovat oikeilla paikoillaan sekä työmaan ulkopuolinen liikenne rajattu mahdollisimman vähäiseksi ja turvalliseksi.

Urakoitsijan työnjohto laatii aluesuunnitelman tilaajan vaatimaan ajankohtaan mennessä, mutta kuitenkin viimeistään ennen rakentamistöiden aloitusta. Kun tilaaja on hyväksynyt aluesuunnitelman, tulee se olla tiedossa ja näkyvillä kaikille työntekijöille työmaalla. Aluesuunnitelman laatiminen perustuu valtioneuvoston asetukseen (VNa 205/2009, 11 § 2 mom.). [18.]

#### 4.6 Työmaa-alueen ja kaivantojen raja

Työmaan työntekijöiden turvallisuuden sekä työmaan ulkopuolisen liikenteen turvallisuuden takaamiseksi tulee työalueet rajata asianmukaisin työmaa-aidoin. Eryteisesti avoimet kaivannot tulee suojata huolellisesti ja sopivia aitaustuotteita käyttäen. Urakoitsijan työnjohdon vastuulla on huolehtia työskentelyalueiden ja

kaivantojen asianmukaisista suojauksista. Tilaajan puolelta valvojan tehtävänä on varmistaa, että urakoitsija noudattaa ohjeistuksia.

Ajoneuvoliikenteen välittömässä läheisyydessä tai ajokaistalla olevat kaivannot tulee suojata esimerkiksi kuvassa 13 näkyvien raskassuojien avulla. Raskassuojat kiinnitetään toisiinsa ketjuilla ja niissä tulee olla heijastimet.



Kuva 13. Trafino, Raskassuojia. [19].

Joissain tapauksissa, kun liikennemäärät ja -nopeudet ovat suuria, joudutaan työalueet rajaamaan erilaisia kaidetuotteita käyttäen. Liikennealueiden ulkopuolella, kaivantojen ja muiden työalueiden suojaamiseen riittää kevyet aidat, kuten muoviaidat. Aluerajauksien vaatimukset vaihtelevat hieman kunnan ja tilaajan mukaan.

## 4.7 Liikennejärjestelyt

Usein vesijohtojen saneeraukset tapahtuvat katu- ja tiealueilla, koska suuri osa vesijohdoista kulkee niiden alla. Tällaisissa tapauksissa joudutaan kaventamaan kaistaa, sulkemaan kaista tai sulkemaan koko tie liikenteeltä. Muuttuvista liikennejärjestelyistä tulee aina laatia suunnitelma, joka toimitetaan tilaajalle hyväksyttäväksi. Suunnitelmassa esitetään työalue ja kevyenliikenteen sekä ajoneuvoliikenteen uudet reitit liikennemerkkeineen. Lisäksi suunnitelmaan voi tarvittaessa kirjoittaa ohjeistuksia esimerkiksi kiinteistöille ajamisen suhteen.

Mikäli liikennejärjestelyt aiheuttavat muutoksia kiinteistöjen kulkuihin, tulee kiinteistöjä tiedottaa asiasta hyvissä ajoin. Muuttuvista liikennejärjestelyistä on myös tiedotettava paikallista pelastuslaitosta ennen niiden käyttöönottoa.

Liikennejärjestelyiden toteuttajan on huolehdittava, että toteutus vastaa täysin laadittua suunnitelmaa. Liikennejärjestelyiden purkuvaiheessa taas on huolehdittava, että jokainen ylimääräinen merkki, opaste sekä tiemerkinä poistetaan ja liikenne palautetaan entiselleen.

## 5 Säädäntö

Suomessa rakentamista ohjataan lakien ja erilaisten säädöksiensä sekä määräyksien avulla. Nämä ohjaavat esimerkiksi työmaan laatua, työturvallisuutta, terveyttä, jätehuoltoa, työaikoja, maankäyttöä, kiertotaloutta, suunnittelua ja valvontaa sekä meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita. Tärkeimpänä ohjauskeinona rakentamiselle toimii vuonna 2000 voimaan astunut maankäyttö- ja rakennuslaki. Laki koskee kokonaisvaltaisesti alueiden suunnittelua, rakentamista ja käyttöä.

Tässä opinnäytetyössä säädäntöjen ja lakien puolesta keskitytään vesijohto saneerauksien kannalta tärkeimpiin asioihin. Eri aihealueista on poimittu tärkeimmät käytännön läheiset seikat. [20.]

### 5.1 Työturvallisuus

Suomessa rakentamisen työturvallisuutta ohjataan lakien avulla. Rakennushankkeessa kaikilla osapuolilla on velvollisuus huolehtia työturvallisuudesta. Kaikilla osapuolilla tarkoitetaan rakennuttajaa, suunnittelijoita, työnantajaa ja itsenäistä työsuorittajaa.

Rakennuttajan vastuulle kuuluu huolehtia, että työmaa suunnitellaan ja valmistellaan toteutettavaksi mahdollisimman turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijöiden tai ulkopuolisten henkilöiden terveydelle. Rakennuttajan vastuisiin kuuluu myös valvoa, että urakoitsijan työmaatoteutus on turvallista. Urakoitsijan vastuulle kuuluu huolehtia riskien tunnistamisesta, turvallisuussuunnitelmien laatimisesta sekä työmaan päivittäisestä turvallisuudesta. Urakoitsijan vastuulla on myös ilmoittaa tilaajalle, mikäli jotain työvaihetta ei voida suorittaa turvallisesti. Työmaan työnjohdon sekä työntekijöiden vastuulla on huolehtia toimivasta tiedonkulusta sekä turvallisuuteen vaikuttavien tietojen esille tuomisesta.

Työmaalla käytettävien koneiden, laitteiden ja muiden työvälineiden tulee olla kunnossa, tarkastettuja ja käyttötarkoitukseen soveltuvia. Myös henkilösuojaimet sekä työvaatteet on oltava asianmukaiseen käyttötarkoitukseen soveltuvia.

Työmaalla on viikoittain suoritettava turvallisuusseuranta, joka kirjataan ylös ja raportoidaan rakennuttajalle. Turvallisuusseurannan aikana tarkastetaan esimerkiksi yleisjärjestys, koneiden ja laitteiden kunto, putoamissuojaukset, valaistus, sähköistykset, nostoapuvälineet, kulkutiet, henkilösuojaimet ja varusteet sekä maan ja kaivantojen sortumavaarat.

Päätoteuttajan tulee tehdä ennakoilmoitus alkavasta työkohteesta ennen rakennustöiden aloittamista asianomaiselle työsuojeluviranomaiselle, mikäli työmaan on tarkoitus kestää yli kuukauden ja jolla on töissä vähintään 10 työntekijää. Ilmoitus tulee tehdä myös työkohteesta, jossa työn määrä on arvioitu olevan yli 500 henkilötyöpäivää. [21.]

## 5.2 Työaika

Rakennusalan työaika pohjautuu työaikalakiin ja rakennusalan työehtosopimukseen. Työaikaa on se aika, jonka puitteissa työntekijän on oltava työntekopaikalla työnantajan käytettävissä.

Rakennusalan työehtosopimuksessa on työajasta sovittu mm. seuraavaa:

- Säännöllinen työaika on vuorokauden aikana enintään 8 tuntia ja viikoittainen työaika enintään 40 tuntia.
- Työt aloitetaan yksivuorotyössä kello 7.00 ja lopetetaan kello 16.00, ellei ylitöitä tehdä.
- Lauantai on vapaapäivä, ellei työteknisistä tai tuotannollisista syistä jouduta työskentelemään myös silloin. Lauantaina työssä olevalle annetaan vapaaksi jokin muu päivä samalta tai seuraavalta viikolta.
- Kahdeksantuntisen työpäivän aikana järjestetään joko tunnin tai puolen tunnin mittainen lounastauko. 12 minuutin kahvitauko pidetään työpäivän ensimmäisellä sekä toisella puoliskolla. Ylitöihin jäävä työntekijä saa pitää 12 minuutin kahvitauon säännöllisen työajan päätyttyä kahden tunnin

välein. Kuitenkin jos ylityö kestää vain hetken aikaa, ei taukoa pidetä. Kahvitauot kuuluvat työaikaan. [22.]

### 5.3 Työmaan jätehuolto

Työnjohtajan tulee järjestää asianmukaisessa mittakaavassa oleva ja jätelakia noudattava jätehuolto työmaalle. Mitä isompi työmaa on, sitä isommin jätehuoltoon tulee panostaa. Jätehuolto kannattaa sopia luotettavan toimijan kanssa, jolloin astioiden tyhjennykset sujuvat vaivatta ja työnjohto pystyy keskittymään työmaan muihin asioihin.

Työmailla jätehuollon taso tuntuu vaihtelevan merkittävästi. Osa suorittaa jätehuollon ohjeistuksien mukaan esimerkillisesti ja osa taas jättää paljonkin toivomisen varaa. Jätteet tulisi lajitella oikeisiin jakeisiinsa jo työmaalla, mutta usein tässä tapauksessa ongelmaksi koituu tilanpuute, varsinkin pääkaupunkiseudun ahtailla työmailla. Kun kaikki jätteet kerätään vain yhdelle lavalle, se luokitellaan rakennusjätteeksi ja rakennusjäte on kaikista kalleinta jätettä, joten lajittelu kannattaisi myös kustannus mielessä.

Joskus vesijohto saneeraustyömaat ovat laajoja ja jäteastioita tarvittaisiin monessa eri paikassa samaan aikaan. Silloin kannattaa pohtia esimerkiksi varsinaisen jätepisteen keskittämistä johonkin sopivaan paikkaan ja kerätä jätteitä eri työpisteiltä esimerkiksi siirreltävien jassikoiden avulla, joita voidaan liikutella pyöräalustaisella kaivinkoneella tai pyöräkuormaajalla. [23.]



## 6 Työnjohtajan päivittäiset tehtävät

Työnjohtajalla on monenlaisia eri tehtäviä roolissaan päivittäin. Tässä opinnäytetyössä on otettu esille työn etenemisen kannalta olennaisimmat työnjohtajan tehtävät.

Työnjohtajan tärkeimpiin tehtäviin lukeutuu työntekijöidensä työturvallisuuden valvonta. Työnjohtaja on vastuussa työntekijöiden työturvallisuudesta ja voi omalla toiminnallaan vaikuttaa siihen merkittävästi. Urakoiden onnistumisen kannalta työnjohtajan tärkeisiin tehtäviin kuuluu töiden tehokas sekä taloudellinen suorittaminen, oikein mitoitettulla kalustolla sekä miehityksellä. Lisäksi työnjohtajan tekemät materiaalihankinnat ovat taloudellisesti merkittäviä. Työnjohtajan vastuulla on työnsuorittaminen suunnitelmien mukaisesti, joten päivittäinen työsuorituksen seuranta, arviointi ja suunnitelmiin vertaaminen on tärkeää.

### 6.1 Työn etenemisen seuranta

Työnjohtajan vastuulla on huolehtia, että työt sujuvat suunnitellun mukaisessa aikataulussa turvallisesti, tehokkaasti ja taloudellisesti. Työnjohtajan on suunniteltava suoritettavia töitä etukäteen, jotta työmaalla on oikeat resurssit käytettävissä oikeaan aikaan. Työnjohtaja seuraa työntenemistä kiertämällä työmaata usean kerran päivässä ja arvioimalla päivän ja viikon mahdollisia työsuorituksia. Näin työnjohtaja saa kokonaiskuvan työmaan tilanteesta ja osaa ennakoida tulevat työsuoritukset etukäteen.

Jos työmaalle on asetettu välitavoitteita, tulee ne saada valmiiksi ajallaan. Välitavoitteiden aikataulua sekä valmiusasteen vaatimuksia on seurattava tarkkaan, jotta välitavoitteet tulee täytettyä asianmukaisesti. Välitavoitteista myöhästyminen saattaa johtaa sakkorangaistukseen.

Kokeneet työnjohtajat pystyvät melko tarkasti arvioimaan työsuorituksen kestoa ja tarvittavaa suoritusnopeutta suunnitelmia sekä työolosuhteita tarkkailemalla. Työn etenemisen seurannassa kannattaa kuitenkin käyttää erilaisia

muistiinpano- ja laskentatyökaluja, joilla voidaan pitää kirjaa työn etenemisestä ja suunnitella tulevia työvaiheita.

## 6.2 Suunnitelmien seuranta

Todella tärkeässä asemassa työnjohtajan päivittäisissä tehtävissä on suunnitelmien seuranta ja niiden noudattaminen. Suunnitelmien tarkalla ja oikeanaikaisella seurannalla työnjohtaja varmistaa, että työt suoritetaan niin kuin on suunniteltu ja oikeassa aikataulussa.

Työnjohtajan työpanoksesta suuri osa kuluu suunnitelmien tulkitsemiseen ja käytäntöön panoon, varsinkin suuremmalla työmaalla, jossa on useampi työryhmä samaan aikaan töissä. Työmailla, joilla on useampi työnjohtaja, voidaan vastuita kuitenkin pilkkoa pienempiin osiin. Tällöin jokainen työnjohtaja pystyy keskittymään huolella omien vastualueidensa suunnitelmiin.

Suunnitelmia seurattaessa työnjohtajan tulee myös pitää silmällä sitä, että onko suunnitelmissa virheitä tai työmaan olosuhteissa mahdollisesti joitakin esteitä työnsuorittamiselle. Suunnitelma virheistä työnjohtajan tulee ilmoittaa viipymättä valvojalle sekä rakennuttajalle, jotka vievät asian eteenpäin suunnittelijoille.

## 6.3 Rakennusmateriaalien ja työvoiman hankinnat

Työmaalla on oltava oikeanlaista rakennusmateriaalia, oikeaan aikaan saatavilla. Oikean materiaalin lisäksi työmaalla on oltava oikeanlainen miehitys ja kalusto työn tehokasta suorittamista varten. Työnjohtaja laskee suunnitelmapiirustuksista tarvittavien materiaalien määrän ja tilailee niitä sitä mukaa työmaalle, kun on tarvetta. Materiaalien kulutusta seuraamalla työnjohtaja pystyy aina pitämään tarvittavan määrän materiaalia työmaalla.

Työvoiman määrää työnjohtaja seuraa työn etenemisen ja alkavien työvaiheiden mukaan. Kustannuksien kannalta työmaalla ei kannata pitää liikaa työvoimaa, mutta taas toisinpäin ajateltuna työmaalla on oltava riittävästi työvoimaa,

jotta työt valmistuisivat ajallaan. Työnjohtajan tehtävä on seurata työvoiman kustannuksia ja kilpailuttaa hankittavaa työvoimaa tarvittaessa.

Materiaalien ja työvoiman hankinnoissa saattaa työnjohtajaa avustaa työpäällikkö. Työpäällikkö usein kilpailuttaa eri toimittajien materiaali ja työvoima tarjouksia. Rakennusmateriaalien ja työvoiman kilpailutus on todella tärkeää, koska sen avulla on mahdollista säästää reilusti työmaan kustannuksissa.

#### 6.4 Perehdytykset

Kun työmaa aloitetaan tai työmaalle saapuu uusia työntekijöitä, on työnjohtajan tehtävä perehdyttää heidät työmaalle. Työmailla saattaa olla erilaisia erityispiirteitä, mitkä on tärkeä tuoda esille perehdytyksen ja opastuksen yhteydessä. Työntekijöiden tietoon tulee saattaa työmaan vaara- ja haittatekijät sekä niiden poistamiseen vaadittavat toimenpiteet. Työnjohtaja vastaa siitä, että työntekijöillä on riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä.

Perehdytyksen yhteydessä käydään läpi mm. seuraavia asioita:

- Yleisaikataulu ja töiden ajoitus
- Riskitekijät
- Työturvallisuussuunnitelma
- Aluesuunnitelma
- Sen rakennusvaiheen suunnitelmat ja työmenetelmät, joita työntekijä on menossa suorittamaan
- Sosiaalitulojen käyttö ja taukokäytäntö

[15, s. 159.]

## 6.5 Laadunvarmistus

Työnjohtaja suorittaa saneeratulle vesijohdolle niin silmämääräisiä kuin kokeellisiakin laadunvarmistus toimenpiteitä. Silmämääräisesti voidaan tarkastella kaivutyön, arina ja asennusalustan, alku- ja lopputäytön sekä putkien ja tarvikkeiden asentamisen työsuoritteita. Valmiista vesijohtolinjasta otetaan vesinäyte, joka analysoidaan laboratoriossa sekä suoritetaan painekoe.

Painekokeen ottamisen tarkoituksena on varmistaa, että putki on tiivis ja että siihen asennetut venttiilit sekä muut varusteet ovat pitäviä. Ennen painekoetta tulee vähintään alkutäytön olla tehtynä, ylimääräinen ilma poistettuna putkesta ja putken tulee olla tuettuna niin, että se kestää painekokeen. Painekokeen suorittaminen vaihtelee tilaajan määräyksien mukaan, mutta yleensä painekokeessa käytetään 1,3 kertaa nimellispainetta (NP). Painekokeen aikana kukaan ei saa työskennellä tai oleilla kaivannossa.

Huuhtelua varten käyttöön otettava putkilinja täytetään rauhallisesti vesijohtovedellä. Kun putki on täynnä vettä, lisätään sen virtausnopeutta hillitysti maksimiarvoon asti. Huuhteluun käytettävä aika riippuu putkilinjan koosta sekä pituudesta. Huuhtelua jatketaan kuitenkin vähintään niin kauan, kunnes putkesta tuleva vesi on silmämääräisesti kirkasta. Huuhtelun jälkeen voidaan vesijohtolinjasta ottaa vesinäyte. Mikäli vesinäyte ei läpäise vaadittuja arvoja, joudutaan putkilinja desinfioimaan. [17, s. 83.]

## 7 Tulos

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi raportti, josta löytyy keskeisimmät asiat vesijohtojen saneerausta tai rakentamista varten työnjohtajan näkökulmasta. Opinnäytetyöhön kerättiin teoriaa ja ohjeistuksia itse vesijohtoihin liittyen, vesijohtokaivantoihin liittyen sekä itse vesijohtojen asennukseen liittyen. Työssä pidettiin kuitenkin käytännön läheinen näkökulma, jotta raportti olisi mahdollisimman hyvin hyödynnettävissä infrarakentamisen työnjohtajille. Työhön kerättiin myös työnjohtajille hyödyllistä työsuunnitteluun, työnseurantaan, työturvallisuuden sekä laadunvarmistukseen liittyviä aiheita. Nämäkin aiheet pyrittiin pitämään mahdollisimman käytännön läheisinä.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin ja lopputuloksena syntyi raportti, joka pitää sisällään hyvän yleisohjeistuksen vesijohtojen saneeraamista tai rakentamista suorittavalle työnjohtajalle. Tätä lopputuloksena syntynyttä raporttia voivat työssään hyödyntää apuna niin aloittelevat kuin kokeneetkin työnjohtajat vesijohtorakentamisen työmailla ja projekteissa.

## 8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työnjohtajien työpanoksella ja työsuorituksella on suuri merkitys vesijohtojen saneerausurakan mallikkaan onnistumisen suhteen. Hyvällä työnjohtamisella saadaan aikaiseksi turvallinen ja tuottava työympäristö jokaiselle työntekijälle. Hyvällä työnjohdolla varmistetaan myös laadukas lopputuote asiakkaalle sekä turvallinen ja terveellinen käyttövesi loppukäyttäjille.

Opinnäytetyössä lähdettiin tarkastelemaan vesijohtojen saneerausta työnjohtajan näkökulmasta. Työ aloitettiin esittelemällä yleisimpiä Suomessa käytettäviä vesijohtomateriaaleja sekä varusteita. Työssä käydään läpi myös vesijohtokaivantojen toteuttamista, työnsuunnittelua, työhön liittyvää säädäntöä sekä työnjohdon päivittäisiä tehtäviä ja työn laadun seuraamista.

Tässä työssä käytettiin reilusti kirjallisia lähdeaineistoja, mutta mukaan otettiin myös sopiva määrä työnjohdollista käytännön kokemusta vesijohtojen saneerauksen työmailta. Kokemuksen pohjalta onnistuttiin ohjaamaan työn etenemistä ja lopputuloksen syntymistä mahdollisimman käytännön läheiseen suuntaan.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä on havainnollistunut, että jokainen työmaa on erilainen ja jokainen työmaa vaatii omat toteutusmenetelmänsä. Lisäksi jokaiseen työmaahan liittyy erilaisia laatuvaatimuksia sekä säädäntöjä, jotka täytyy ottaa huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa. Siksi tämä opinnäytetyö sisältääkin hyvän yleisohjeistuksen infrarakentamisen työnjohdolle vesijohtojen parissa työskentelyyn.

## Lähteet

- 1 Helsingin seudun ympäristöpalvelut, HSY. Verkkoaineisto. <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/nain-vesihuolto-toimii/>. Luettu 3.11.2023
- 2 Paineputkimateriaalit ja tuotteet. Muoviteollisuus ry. Verkkoaineisto. [https://www.plastics.fi/putkijaosto/pe-paineputkimateriaalit\\_ja\\_tuotteet/](https://www.plastics.fi/putkijaosto/pe-paineputkimateriaalit_ja_tuotteet/). Luettu 4.11.2023
- 3 InfraRYL. Vesihuollon järjestelmät.
- 4 Muovi raaka-aineena. Pipelife. Verkkoaineisto. <https://www.pipelife.fi/tieto-meista/vastuullisuus/raaka-aine.html>. Luettu 4.11.2023
- 5 Materiaalit ja käyttöiät. Uponor. Verkkoaineisto. [https://isu.com/uponorfi/docs/02\\_materiaalit\\_ja\\_kyttit\\_04\\_2009](https://isu.com/uponorfi/docs/02_materiaalit_ja_kyttit_04_2009). Luettu 4.11.2023
- 6 Pipelife tuotetietokanta. Pipelife. Verkkoaineisto. PE 100 putki. <https://catalog.pipelife.com/FI/articlelist/pe-vesijohtoputket-pn-10-pe100-sdr-17-181160/178769/pe-100-sdr-17-black-with-blue-stripes-stiff-pipe>. Luettu 5.11.2023
- 7 Pipelife tuotetietokanta. Pipelife. Verkkoaineisto. PVC-U putki. <https://catalog.pipelife.com/fi/articlelist/muhviputket-pn-10-181162/176185/pvc-u-sdr-21-greyblue-6-m-pressure-pipe>. Luettu 5.11.2023
- 8 Pipelife tuotetietokanta. Pipelife. Verkkoaineisto. PVC NYL kulmayhde. <https://catalog.pipelife.com/fi/articlelist/kulmayhteet-181162/177387/pvc-u-sdr-21-greyblue-pressure-bend>. Luettu 5.11.2023
- 9 Pamline. SG-paineputket. Verkkoaineisto. <https://www.pamline.fi/ratkaisut/new-page/asennustekniikat>. Luettu 5.11.2023
- 10 Uudensukupolven SG-valurautaputki. Saint Gobain. Verkkoaineisto. <https://docplayer.fi/23430020-Natural-uuden-sukupolven-sg-valurautaputki-dn.html>. Luettu 5.11.2023
- 11 Pamline. SG-paineputket. Verkkoaineisto. <https://www.pamline.fi/vesihuolto/tuotteet-puhtaalle-vedelle/sg-paineputket/1886/natural-universal-tyton-ja-standard-vi-putki-dn-80-600-2-kammioinen>. Luettu 5.11.2023
- 12 Muoviputkien käsittely, kuljetus, purkaus ja varastointi. Pipelife. Verkkoaineisto. <https://slideplayer.fi/slide/12683898/>. Luettu 8.11.2023

- 13 Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.156 Maarakennus.
- 14 Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. 194–1992 Putkikaivanto-ohje.
- 15 Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. 263–2014 Kaivanto-ohje.
- 16 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Finlex.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Pidm46434450301056>.  
Luettu 27.12.2023
- 17 Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. 237–1–2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu.
- 18 Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Työturvallisuuskeskus. Verkkoaineisto. <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Rakennustyomaan-alue-suunnittelu.pdf>. Luettu 2.1.2024
- 19 Trafino. Raskassuojakaide. Verkkoaineisto. <https://trafino.fi/vuokraus/tyomaakaiteet-ja-tormayssuojat/raskas-suojakaide/>. Luettu 2.1.2024
- 20 Ympäristöministeriö. Hallinnonalan lait, asetukset ja ohjeet. Verkkoaineisto. <https://ym.fi/rakentaminen-ja-maankaytto/lainsaadanto>. Luettu 4.1.2023
- 21 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Finlex. Verkkoaineisto. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>. Luettu 3.1.2024
- 22 Rakennusalan työehtosopimus. Verkkoaineisto. [https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2023/03/Rakennusalan\\_-tyoehtosopimus\\_2023.pdf](https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2023/03/Rakennusalan_-tyoehtosopimus_2023.pdf). Luettu 4.1.2024
- 23 Rakennustyömaan jätehuolto. Rakennuslehti. Verkkoaineisto. <https://www.rakennuslehti.fi/mainos/rakennustyomaan-jatehuolto-valttamaton-paha-vai-kustannuksia-ja-ymparistoa-saastava-kokonaisuus/>. Luettu 4.1.2024



