

**Vesihuoltolinjaston rakentaminen paalulaatalle ja sen  
työmaatekniset edellytykset**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka insinöörikoulutus, Hämeenlinnan  
korkeakoulukeskus  
Kevät 2021  
Jesse Saukkola

---

Tekijä	Jesse Saukkola	Vuosi 2021
Työn nimi	Vesihuoltolinjaston rakentaminen paalulaatalle ja sen työmaatekniset edellytykset	
Ohjaajat	Hannu Elväs (HAMK), Antti Värri (GRK Infra)	

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä paneuduttiin vesihuoltolinjaston rakentamiseen paalulaatalle, sekä tämän työtehtävän vaatimiin työmaateknisiin edellytyksiin. Työ on raportinomaisen laaja ohjekortti, jonka konkreettinen materiaali ja esimerkit ovat peräisin GRK:n työmaalta, Kivenlahden kiertotieltä.

Opinnäytetyön teoriaosuus koostui vesihuoltolinjastojen yleisistä mitoitus- ja sijoitusasioista, sekä linjastojen materiaalivaihtoehtoista ja niiden teknisistä ominaisuuksista. Osuus tuo lukijalle ilmi, millaisista lähtökohdista lähdetään liikkeelle ennen kuin työ päästään toteuttamaan käytännössä. Paalulaatan rakentuminen edellyttää työmaateknisiä toimenpiteitä, jotka käydään läpi paalulaattaa edeltävinä työvaiheina. Kyseisiä työvaiheita tarkasteltiin kriittisesti. Vesihuoltolinjaston rakentamisessa käsitellään itse putkien ja kaivojen liitostyötä, työn tilantarvetta, vaadittavaa kalustoa, virtaussulkuja täyttömateriaaleja, sekä linjoille tehtäviä laatutarkasteluja.

Yhteenvedossa tuotiin esiin työvaiheita, jotka vaativat tarkkaa etukäteissuunnittelua ja järjestelyjä. Kyseiset työtehtävät tuottavat onnistuessaan aikataulullisia voittoja, sekä kustannussäästöjä. Tätä insinöörityötä pystytään käyttämään hyväksi vastaavissa paalulaattaperusteisissa vesihuoltolinjastourakoissa. Työtä pystytään soveltamaan myös erilaisissa kohteissa ja siitä hyötyvät sekä työn toteuttaja että työmaamestari. Työn toimeksiantaja oli GRK Infra Oy.

Avainsanat Vesihuolto, vesijohto, jätevesi, hulevesi, paalulaatta

Sivut 48 sivua ja liitteitä 1 sivu

---

Author	Jesse Saukkola	Year 2021
Subject	Construction of Water Supply Lines on Pile Slab and On-Site Technical Preconditions	
Supervisors	Hannu Elväs (HAMK), Antti Värri (GRK Infra)	

---

ABSTRACT

This thesis focuses on the construction of water supply line on a pile slab and the preparatory work which is required for the task. The thesis is a report type extensive instruction card, including pictures and work examples from GRK`s worksite the Kivenlahti detour.

The theoretical part of the thesis contain general sizing and placement issues of water supply lines. It also considers material alternatives and technical properties of the lines. The construction of a pile slab requires preparation work tasks which are mandatory to accomplish. These tasks are reviewed as the work steps preceding the pile slab. In terms of the construction of the water supply line the thesis deals with connection work of the pipes and wells, required equipment, water flow barriers, necessary workspace, filling materials and quality inspections of the lines.

The summary includes certain work tasks that require exact planning and arrangements are emphasized. Succeeding in these tasks generates scheduled profits and cost savings. This thesis can be applied in similar pile slab based water supply line contracts. It benefits both the contractor and the site manager. The thesis subject was commissioned by GRK Infra Oy.

Keywords Water supply, water pipe, sewage, urban runoff, pile slab

Pages 48 pages and appendix 1 page

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Maaperätutkimus.....	2
2.1	Käytettävät menetelmät pohjatutkimusta toteutettaessa .....	2
2.2	Geotekniset luokat.....	4
3	Vesihuoltolinjaston suunnittelu ja sen järjestäminen .....	5
3.1	Vesijohtoverkon mitoitus .....	5
3.2	Vesijohtoverkon materiaalit .....	6
3.2.1	Vesijohtoputket .....	6
3.2.2	Putkien pinnoitteet.....	7
3.3	Jätevesi- sekä hulevesiverkon mitoitus.....	8
3.4	Jätevesi- sekä hulevesiverkon materiaalit.....	9
4	Paalulaattaperustuksen rakentaminen ja sitä edeltävät työvaiheet.....	11
4.1	Väliaikaiset työmaatiet.....	11
4.2	Pontitustyö ja ponttiseinä .....	12
4.3	Solkitasojen valmistus ja asentaminen .....	14
4.4	Kallioankkurit .....	14
4.5	Ponttikaivannon kaivutyön suorittaminen.....	15
4.6	Paalut ja paalutustyö.....	18
4.7	Paalulaatan muotti-, raudoitus- ja betonointityö.....	23
5	Vesihuoltolinjaston rakentaminen kohteeseen .....	27
5.1	GRK Infra ja Kivenlahden kiertotien työmaan esittely.....	27
5.2	Olemassa olevat linjat .....	28
5.3	Vesijohto-, jäte- ja hulelinjojen rakentamista koskevat työvaiheet .....	29
5.3.1	Asennusalustan ja arinarakenteiden tekeminen .....	30
5.3.2	Vesijohtolinjan rakentaminen .....	30
5.3.3	Hulevesilinjan rakentaminen .....	32
5.3.4	Hulevesilinjan kaivot.....	35
5.3.5	Jätevesilinjan rakentaminen .....	37
5.3.6	Jätevesilinjan kaivot.....	38
5.4	Virtaussulut.....	39
5.5	Täyttötyö .....	40

5.6 Viemärien kuvaus sekä peilaus, ja vesijohdon painekoe .....	42
6 Työturvallisuus.....	43
7 Yhteenveto .....	44
Lähteet .....	46

## Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Painokairausdiagrammi (Jääskeläinen, R. 2009b, s. 246). .....	3
Kuva 2. PE-materiaalien lujuus (Muoviteollisuus ry, 2012, s. 5). .....	7
Kuva 3. Pinnoitteiden toiminta eri maaperässä (Saint-Gobain PAM, 2019, s. 6).....	8
Kuva 4. Jäte- ja sekavesiviemärit (HSY, 2019, s. 14). .....	10
Kuva 5. Paineviemärit (HSY, 2019, s. 15).....	10
Kuva 6. Hulevesiviemärit (HSY, 2019, s. 14). .....	10
Kuva 7. Kivenlahden kiertotien työmaalla käytetty U-muotoinen pontti (ArcelorMittal, 2020). .....	12
Kuva 8. Z-pontti, joita käytettiin myös Kivenlahden kiertotiellä. Kyseisessä pontissa on huomioitava erilainen etenemä verrattuna U-ponttiin, sekä ponttilukon poikkeava sijainti (ArcelorMittal, 2020).....	12
Kuva 9. Kivenlahden kiertotien työmaalla pontittamiseen käytetty Hitachi 32 t kaivinkone, johon on liitetty movax-sivuoteiskijä.....	13
Kuva 10. Kallioankkurien kiinnittäminen ponttiseinään (henkilökohtainen tiedonanto, 2020) .....	15
Kuva 11. Liebherr 24 t tela-alustaisen kaivinkoneen kauhan ulottuminen (Liebherr R924, 2019, s. 8). .....	16
Kuva 12. Paalulaatan leikkuupohjan kaivaminen. ....	17
Kuva 13. Kivenlahden kiertotien paalulaattakaivannon perusmitat. Kaivanto kannattaa leikata hieman syvemmäksi kuin ilmoitettu kaivussyvyys (henkilökohtainen tiedonanto, 2020). .....	18

Kuva 14. Suosituksia paalutyypin ja paalukoon valintaan eri työkohteisiin (SSAB, 2018, s. 14). .....	19
Kuva 15. RR-paalujen kärkikappaleita (SSAB, 2018, s. 8).....	19
Kuva 16. Vasemmalla RR-paalun rakenne ja oikealla RD-paalun rakenne (SSAB, 2018, ss. 5 – 9). .....	20
Kuva 17. Hitsaaja on polttanut paalut poikki mittamiehen merkkien kohdista. ....	21
Kuva 18. Paaluhatut on asennettu, ja paalulaatan arinatäyttöä tehdään KaM 0...90mm.22	
Kuva 19. Paalulaatan päädyn tuenta. ....	24
Kuva 20. Raudoitustyön aloittaminen.....	25
Kuva 21. Paalulaatan valua, jossa on jo osin jälkihoitoaine levitetty. ....	26
Kuva 22. Sinisellä näkyy vanha käytössä oleva vesijohto, jonka läpi pontit lyödään. Mustalla katkoviivalla kuvataan uutta työnaikaista vesijohtoa (henkilökohtainen tiedonanto, 2020). .....	29
Kuva 23. TYTON-tiivisteiden asentaminen, sekä sen asettuminen tiivisteuraan (Saint-Gobain PAM, 2019, s. 14). .....	31
Kuva 24. Kaksi 30° TYTON-muhvikulmayhdettä asennettuna, jotta vesijohtoputken linjaa saatiin muutettua paikallavalettavan kaivon tieltä. ....	32
Kuva 25. Kona-asennuslaitteen vastalaitte seuraavaa liitosta varten valmiina. ....	34
Kuva 26. Uuden huleputken urospään kohdistaminen muhviin, nostopuomin kallistaminen liitoksesta pois päin ja ketjujen virittäminen kireäksi vastalaitteesta nostopuomiin. (Betoniteollisuus ry, 2017, s. 31). .....	35
Kuva 27. Oikealla puolella 1200 mm hulelinja, jonka päähän asensimme tarkastuskaivon. Linja jatkuu tästä kohti paikallavalettua kaivoa saman kokoisena. Vasemmalla puolella on jätevesilinja kaivoineen.....	36
Kuva 28. Jätelinjan betoniputkien nostosukset $\varnothing$ 500-600 mm. ....	37
Kuva 29. J6-tarkastuskaivo (linjan viimeinen kaivo) ja siitä lähtevä jätelinja. ....	38
Kuva 30. Kärkikappaleilla liitetty jätevesikaivo. ....	39
Kuva 31. Bentoniittimaton asennusta. Mattoon leikataan jalkamiehen toimesta reiät vesihuoltolinjoille.....	40
Kuva 32. Alkutäyttöjen tekoa hule- ja jätevesilinjalle.....	41

Kuva 33. Painekekeen suorittaminen 300 mm sg-vesijohdolle. Painemittari makaa työnaikaisen vesijohdon päällä..... 43

## **Liitteet**

Liite 1      Kivenlahden kiertotien vesihuoltolinjasto

## 1 Johdanto

Pääkaupunkiseudulle kohdistuva ihmisten muuttovirta on ollut 1990-luvun alun laman jälkeen suurta ja asuntojen kysyntä on luonnollisesti kasvanut. Tämä on johtanut kasvaneeseen rakennuspaineeseen, jonka seurauksena myös infrarakentaminen on aluksi kohdistunut paikkoihin, joissa maaperä on hyvin kantavaa ja rakentaminen on ollut tällöin tehokasta. Nykyään tämän kaltaiset paikat ovat vähissä ja pohjaolosuhteet ovat rakennuspaikoissa epäsuotuisat, joten vesihuoltoverkoston rakentaminen paalulaatalle on yhä useammin välttämättömyys.

Tämä opinnäytetyö sisältää keskeisiä ja samalla erityistä huomiota vaativia työvaiheita, jotka kuuluvat hule-, jäte- sekä vesijohtolinjan rakentamiseen, kun niiden rakentaminen vaatii paalulaattaperustusta. Työvaiheita puretaan läpi opinnäytetyössä ja niiden toteuttamisessa huomioitavia yleisempiä ongelmakohtia tuodaan esille, jotta välttyttäisiin mahdollisilta virheiltä, kun vesihuoltolinjoja ja niiden paalulaattaperustusta rakennetaan. Aluksi lähdetään liikkeelle siitä, mitä valmistelevia työvaiheita on suoritettava, jotta päästään rakentamaan vesihuoltolinjoja ja paalulaattaa. Kaikki tarvittavat työvaiheet tuodaan esille, niiden oikeaoppinen toteutustapa selostetaan ja pohditaan, miten ne toteutetaan kustannustehokkaasti työmaan kannalta.

Opinnäytetyö on työselostusmainen, jonka tarkoituksena on paneutua työtehtävien ongelmakohtiin ja seikkoihin, joihin on kiinnitettävä erityisesti huomiota. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda ilmi asiat, joita huomioimalla työ saadaan toteutettua laadukkaasti ja tehokkaasti välttämättä ongelmilta. Käytännössä jos kyseistä työtehtävää toteuttava taho tekee työtä ensimmäistä kertaa käyttäen apunaan tätä ohjetta, hän voi toteuttaa työn päästen laadukkaaseen lopputulokseen, hyvällä aikataululla.

Aihe tähän opinnäytetyöhön tarttui takaraivooni työskennellessäni vuonna 2018 Kummelivuoren työmaalla, jolloin rakensimme vesijohdon paalulaattaperustukselle. Huomasin tällöin jo kyseisen työtehtävän vaativan yllättävän paljon suunnittelua, sekä valmisteluja. Tämän seurauksena päätin tehdä opinnäytetyöni vesihuoltoverkoston rakentamisesta paalulaatalle, joka toimisi myös tulevaisuudessa työohjeena työntoteuttajalle ja työnjohdolle.

## 2 Maaperätutkimus

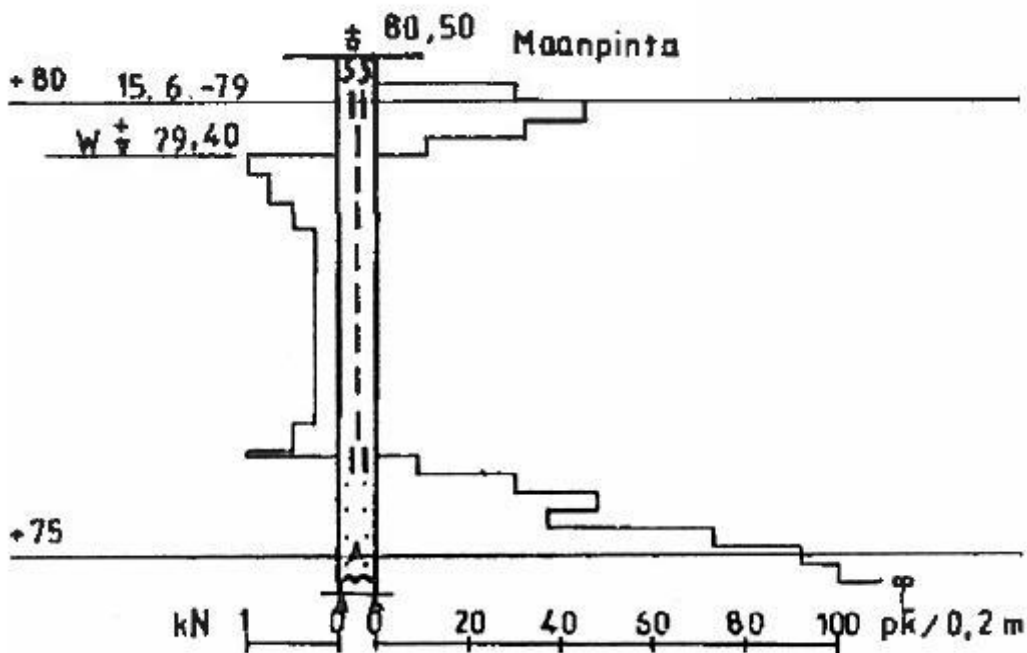
Maaperätutkimukset ovat tänä päivänä yhä tärkeämmässä ja olennaisemmassa roolissa, koska jäljelle jääneet rakentamattomat alueet ovat kantavuudeltaan heikompia. Puhuttaessa Etelä-Suomen maaperästä ovat savikkolaaksopainanteet, sekä savikkopeltoalueet tyypillisiä. Näissä savikkolaaksoissa maapeite on yli 10 metrin paksuinen. Tämän kaltaisia savikkoalueita reunustavat kallioiset mäki-alueet. Maaperätutkimuksen pintaraapaisuna toimii yleisesti maastokatselmuksia. Niiden perusteella ei kuitenkaan voida olla varmoja maaperän rakenteesta ja koostumuksesta, eikä täten voida määrittää perustamistapaa. Tätä varten on tehtävä pohjatutkimuksia. Pohjatutkimuksen perusteella selviää maapohjan kerrosrakenne, kalliopinnan sijainti, maakerrosten ja kallion ominaisuudet sekä pohjavesisuhteet. (Jääskeläinen, R. 2009b, ss. 238–239)

### 2.1 Käytettävät menetelmät pohjatutkimusta toteutettaessa

Maastokatselmus antaa yleisen kuvan alueen maastonsuhteista ja kallion muodoista alueella. Sen jälkeen onkin helpompi valita miten käytännössä alueella tullaan toteuttamaan pohjatutkimus.

- Painokairaus on staattinen kairausmenetelmä. Kaira painetaan maahan, jonka jälkeen sitä aletaan kuormittamaan lisäämällä siihen painoa, sekä kiertämällä kairaa, jonka seurauksena se alkaa uppoamaan maahan. Kairan tunkeutumiseen tarvittava voima, sekä enimmäiskuorma (1kN) määrittävät yhdessä puolikierrosten lukumäärän kanssa kairausvastuksen. Tämä kairausvastus esitetään kairausvastuspiirroksina (kuva 1) leikkauspiirustuksissa. Painokairauksen perusteella saatuja tietoja maakerrosten ominaisuuksista pystytään täsmentämään laboratoriotutkimuksilla sekä siipikairauksella. (Suomen geotekninen yhdistys, 1980, ss. 4–6)

Kuva 1. Painokairausdiagrammi (Jääskeläinen, R. 2009b, s. 246).



- Siipikairaus soveltuu hyvin leikkauslujuuden määrittämiseen pehmeikköalueilla, kuten savissa, liejusavissa ja siltissä. Sen etuna onkin, että sillä voidaan mitata maan leikkauslujuutta maakerroksen jännitys-, vesipitoisuus- ja vedenläpäisevyysolosuhteissa. Siipikaira antaa myös maakerrosten leikkausjännitys-muodonmuutos-ominaisuuksia. Huippulujuuden lisäksi tuloksista voidaan arvioida myös häirittylujuus ja jäännöslujuus. (Suomen geotekninen yhdistys, 1995, ss. 1–5).
- Heijarikairaus on kairausmenetelmänä dynaaminen. Kairausvastus saadaan määriteltä kairan tunkeutumiseen syvyyksikköä kohti tarvittavien lyöntien määrästä. Vapaapudotusheijarikairassa heijari putoaa määritellyltä korkeudelta vapaasti lyöntialustalle. Heijarikairauksella selvitetään maakerrosten tiivyyttä esimerkiksi paalujen pituuksia määriteltäessä. Sitä käytetäänkin pohjatutkimuksissa, jotka suoritetaan karkearakeisemmissa muodostumissa. (Suomen geotekninen yhdistys, 1980, ss. 9–11).

## 2.2 Geotekniset luokat

Geoteknisten suunnitteluvaatimusten määrittämiseen voidaan käyttää kolmea geoteknistä luokkaa (GL1, GL2 ja GL3). Geotekninen luokka määrää pohjatutkimusten tarvittavan määrän ja kattavuuden, sekä antaa edellytykset käytettäville suunnittelijoille. (Liikennevirasto, 2013, ss. 16–17).

Geotekniseen luokkaan 1 kuuluvat seuraavanlaiset kohteet:

- siirtymien ja painumien suhteen ei ole riskiä
- rakennettava maapohja on kalliota tai kitkamaata
- rakenne on yksinkertainen
- vakavuuden suhteen ei ole riskiä

Geotekniseen luokkaan 2 kuuluvat esimerkiksi:

- anturaperustukset
- paaluperustukset
- leikkaukset ja penkereet
- tavanomaiset siltojen väli- ja maatuet sekä ankkurit

Rakenne kuuluvat geotekniseen luokkaan 3, mikäli se ei kuulu luokkaan 1 tai 2. Tyypillisiä esimerkkejä ovat:

- erittäin suuret epätavalliset rakenteet
- niihin liittyy normaalista poikkeavia riskejä
- epätavallisen vaikeat pohjaolosuhteet

### 3 Vesihuoltolinjaston suunnittelu ja sen järjestäminen

Vesihuolto käsittää yleisesti vedenhankintaa. Tämä käsittää veden käsittelyn, johtamisen sekä toimittamisen vetenä, joka täyttää talousveden kriteerit. Vesihuollon piiriin kuuluvat myös jätevesien poisjohtaminen ja käsittely. Vesihuoltolakia sovelletaan myös rakennetulla alueella hulevesien viemärointiin. Vesihuoltolinjojen sijoittamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä linjojen kunnossapidon on oltava mahdollisimman kitkatonta. Mahdollisten putkirikkojen takia linjojen on oltava aukikaivettavissa ja vuotojen aiheuttamat vauriot on otettava huomioon jo niitä sijoitettaessa. Putkirikkojen välttämiseksi on otettava huomioon muutkin suunnitelmat, koska verkostojen päälle ei saa sijoittaa mitään raskaita pistemäistä kuormaa aiheuttavia rakenteita esim. anturallisia pollareita. Tässä luvussa käytävät vesihuoltolinjaston mitoitus- ja materiaaliasiat noudattavat suunnittelukäytänteitä. (Liikennevirasto, 2018, s. 9)

#### 3.1 Vesijohtoverkon mitoitus

Suunniteltaessa uutta vesijohtoa on otettava huomioon asukasmäärät, työpaikkojen määrät ja rakennusten kerrosaloihin perustuvat veden ominaiskulutukset. Näiden tietojen perusteella saadaan tietoon kokonaisuudessaan käyttövesimäärät. Apuna käytetään myös olemassa olevia verkostoja, joiden mitoitus tarkastellaan nykyisen vedenkulutuksen perusteella. Nykyisen vedenkulutuksen tiedot saadaan hankittua käyttöpaikan vuosikulutustiedoista tai aluemittausjärjestelmän tietokannasta. Tietysti jokainen alue on itsessään hyvin erilainen ja alueella sijaitsevat mahdolliset teollisuuskiinteistöt ovat vedenkulutukseltaan todella merkittäviä. Näissä tapauksissa vedenkulutuksen tiedot on saatava prosessitietojen avulla. Huomioon on otettava myös erityisliittymät ja vuotavuus. Asutuksen ominaisvedenkulutuksena käytetään  $140 \text{ l/as} \cdot \text{d}$  ja työpaikkojen ominaisvedenkulutuksena voidaan käyttää  $70 \text{ l/työpaikka} \cdot \text{d}$ . Yleinen vedenkulutus käsittää verkostovuotoja, jotka ovat tasaisia ympäri vuorokauden, sen arviona käytetään  $0,2 \text{ l/s/km}$ . (HSY, 2019, ss. 3–4)

## 3.2 Vesijohtoverkon materiaalit

Ensisijaisen tärkeää on, että vesijohtoputkien kelpoisuus on osoitettu, jotta niitä voidaan ylipäättään käyttää. Kelpoisuus osoitetaan kansallisen sertifiointilaitoksen laatumerkillä tai valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutuksella. Kun vesijohtoputken täyttävät tekniset vaatimukset ja merkinnät, niitä voidaan käyttää hankinta-asiakirjoissa. Tietysti on huomioitava, että putket sekä niiden komponenttien on oltava ympäristöolosuhteisiin sopivia. Koko putkijärjestelmän on noudatettava standardin SFS-EN 805 vaatimuksia. (Rakennustieto, 2018, 31300)

### 3.2.1 Vesijohtoputket

Tässä luvussa tarkastellaan yleisimmin käytettyjä vesijohtolajeja. Vesijohtoverkko mitoitetaan osineen ja varusteuneen paineluokkaan PN10, mutta erityiskohteissa paineluokkaa voidaan nostaa luokkaan PN16. Käytetyimpiä vesijohtoputkien materiaaleja ovat PE, SG ja RST.

- Sg-vesijohtoputki on pallografiittirautainen vesijohtoputki. Sg-valurauta on ominaisuuksiltaan huomattavasti perinteistä harmaavalurautaa parempi, lähinnä sen lujuusominaisuuksien vuoksi. Nämä ominaisuudet saadaan aikaan, kun hiilen olomuoto muutetaan lamellimaisesta pallomaiseksi. Tämä rakenteellinen muodonmuutos saadaan aikaan, kun sulaan rautaan lisätään magnesiumia. Tällainen pallomainen muoto estää tehokkaasti murtuman etenemistä. Näiden rakenteellisten ominaisuuksien takia sg-valurauta pystyy vastustamaan ajoneuvoista ja maan paineenmuutoksista aiheutuvia kuormituksia poikkeuksellisen hyvin. Näitä ominaisuuksia parantaa entisestään putken ulkopuoliset pinnoitteet. (Saint-Gobain PAM, 2019, s. 4)
- PE-paineputki on valmistettu polyeteenistä, joka on täysin korroosiovapaa kestäen hyvin pituussuuntaisia voimia. PE-raaka-ainetta on saatavilla eri laatuina, sekä eri tiheyksillä. Materiaalin tiheys vaikuttaa suuresti sen ominaisuuksiin. Materiaaliluokkia on kolme; PE 40, PE80 ja PE 100. Mitä suurempi luokitus materiaalilla on, sitä paremmin se kestäää kuormitusta (kuva 2). PE-putkien valmistuksessa käytetyt materiaalit jakautuvat lujuusluokkiin, joiden määrittely perustuu vähintään 50 vuoden jatkuvaan paineelliseen kuormitukseen vedessä 20 °C lämpötilassa. (RIL 124-2, 2004, ss. 307–312)

Kuva 2. PE-materiaalien lujuus (Muoviteollisuus ry, 2012, s. 5).

Materiaaliluokka	50 vuoden lujuus (MPa) lämpötilassa +20 °C	Sallittu jännitys (MPa) Mitoituskerroin* C= 1,25
PE 40**	4	3.2
PE 80	8	6.3
PE 100	10	8

\*PE-materiaalin sallittu jännitys lasketaan soveltamalla varmuuskerrointa (ns. mitoituskerroin) materiaalin laskettuun 50 vuoden lujuuteen lämpötilassa +20 °C.

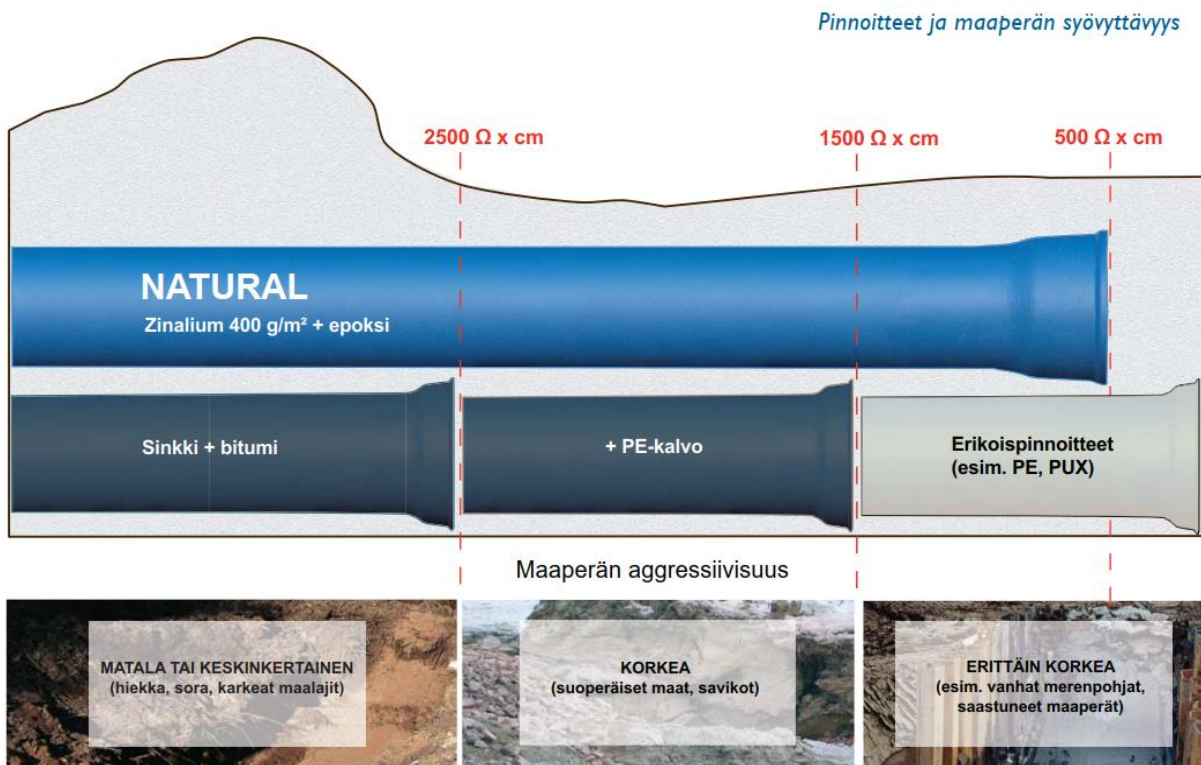
\*\*Tätä materiaalityyppiä ei enää käytetä Suomessa.

- RST-putket ovat ruostumattomia putkia (rosteri), joita on mahdollista saada tilaustyönä monessa eri muodossa. Ruostumaton teräs kestää nimensä mukaisesti korroosiota hyvin ja sen lujuusominaisuudet yhdistettynä edukkaaseen hintatasoon ovat johtaneet suureen kysyntään. (Inox, 2020)

### 3.2.2 Putkien pinnoitteet

Ulkopuolisten pinnoitteiden tärkein tehtävä on suojata putkea ulkopuoliselta korroosiolta ja täten tuoda putkelle lisää käyttöikä. Sg-putkien ulkopuolinen pinnoite sisältää sinkki-alumiiniseosta, josta 85 % on sinkkiä ja 15 % alumiinia. Näiden päällä on sg-putkelle tunnusomainen sininen puoliläpäisevä epoksinpinnoite. Seoksen yliveraisuus perustuu sinkkisuolakerroksen muodostumiseen, kun sinkki reagoi jonkin rautametallin kanssa. Sinkki-ionit pääsevät kulkemaan sinisen epoksikerroksen läpi muodostaen vauriokohtaan sinkkisuolakerroksen. Tämä prosessi tapahtuu sitä nopeammin, mitä aggressiivisempi maaperä on (kuva 3). Alumiini muodostaa kestävä matriisin, joka toimii tässä tapahtumassa hidastavana tekijänä, se siis luovuttaa sinkkiä optimaalisella nopeudella. Tätä sg-putken pinnoitetta kutsutaan Zinalium-pinnoitteeksi. Sg-putkien sisäpinnoitteella on myös tärkeä rooli putken toiminnassa. Sisäpuolella on sementtivuoraus, joka on keskipakovalettu, se on valmistettu sulfaatinkestävästä masuunikuonasementistä. Sisäpuolinen pinnoite auttaa putkea säilyttämään sen hydrauliset ominaisuudet sekä takaamaan veden laatuominaisuudet koko putken käyttöiän. (Saint-Gobain PAM, 2019, s. 5)

Kuva 3. Pinnoitteiden toiminta eri maaperässä (Saint-Gobain PAM, 2019, s. 6).



PE-putket sisältävät myös materiaalikerroksia, näitä kutsutaan koekstrudoiduiksi. Niitä on pääasiassa kahdenlaisia. Niiden erottava tekijä on ulkopuolinen suojakuori, joka on toisessa tapauksessa irrotettava, kun taas toisessa se on pysyvästi kiinnitetty sisempään PE-putkeen. Kuori on sinisen värinen, jossa on pituussuuntaisia valkoisia raitoja. Suojakuoren materiaali on yleensä Suomessa polypropeenä, se antaa virtausputkelle lisäsuojaa. (Muoviteollisuus, 2012, ss. 5–6)

### 3.3 Jätevesi- sekä hulevesiverkon mitoitus

Jätevesiverkon mitoituksessa on selvitettävä verkoston kapasiteetin kattavuus purkupisteelle saakka nykyisen verkon osalta. Tämä tapahtuu esisuunnittelun yhteydessä. Kun tämän tyyppistä tarkastelua tehdään pääkaupunkiseudulla, pystytään apuna käyttämään olemassa olevia verkostomalleja. Tehty mitoitus tarkastetaan uudelleen yleissuunnitteluvaiheessa. Tehtäessä jätevesiverkkoa uudelle alueelle on määritettävä mitoitusvirtaama. Se saadaan, kun veden huipputuntikulutukseen lisätään vuotoveden osuus; 0,3 l/s kerrotaan jokaisella johtokilometrillä. Saneerauskohteissa on huomioitava maankäytön kehittyminen alueella. Mitoituksen pohjana on vähintään nykyinen todellinen virtaama. Tulevan putkikoon päättämässä käytetään ensisijaisesti

avuksi mitoituslaskelmia, joita on arvioitava esim. pumppaamoiden virtaamatiedoilla.

Mitoituslaskelmissakin on huomioitava vuotovesien osuus, eli huippuhetken virtaamaan lisätään arvioitu vuotoveden osuus. Vuotovesimäärä on 0,3-0,6 l/s/km. (HSY, 2019, s. 4 – 5)

Hulevesiviemäreitä mitoitettaessa rakennetulle alueelle toimii mitoitusperusteena yleensä rankkasade. On tietysti myös mahdollista, että lumen sulaminen voi saada aikaan mitoittavan virtaaman. Valuma-alueen ominaisuudet, mitoitusasteen rankkuus ja sen kesto aika määrittävät mitoitusvirtaaman. Hulevesiviemäri on sallittua padottaa mitoitusadetta rankemmilla sateilla, tällöin vesi pääsee tulvimaan kaivosta maanpinnalle. Varsinaista hulevesijärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon myös reitit, joita pitkin tulvivat vedet pystytään johtamaan pois mahdollisimman kitkattomasti tulvareiteissä. Viemärit mitoitetaan kerran kolmessa vuodessa tapahtuvalle rankkasateelle, jolloin mitoitusperusteena on sadannan aiheuttama hulevesivirtaama. Verkoston mitoituksessa pyritään saada aikaan mahdollisimman hyvä tasapaino kustannusten ja riskien välillä. Jos hulevesiviemäri mitoitetaan palvelemaan turhan suuria hulevesi määriä, vältytään varmasti tulvilta, mutta tällöin kustannukset kasvavat todella suuriksi. Käytännössä siis tulvimisriski on oltava olemassa, mutta se ei saa kasvaa liian suureksi viemäriä mitoitettaessa. (HSY, 2019, s. 5–6)

### **3.4 Jätevesi- sekä hulevesiverkon materiaalit**

Erilaiset muovit ovat putkimateriaalina todella käytettyjä, koska niiden sileän pinnan ansiosta veden virtausta vastustava kitka on mitätön. Ne ovat myös kokoonsa nähden kevyitä ja niitä on helppo käsitellä. Eri muoviseoksia käyttämällä putket soveltuvat loistavasti viettoviemäriin, sekä viemäriverkkoihin että paineviemäriin. Käytetyimmät putkimateriaalit ovat PVC, PE ja betonin eri muodot (kuva 4).

Kuva 4. Jäte- ja sekavesiviemärit (HSY, 2019, s. 14).

Putken koko [mm]	Materiaali	Käytettävät putkikoot
Ø 200 – 400	PVC/k-SN8	200, 250, 315, 400
Ø 225 – 630	PE	225, 315, 400, 560, 630
Ø 300 – 2000	B/EK-Br tai Dr	300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000
	Qmax	300/450, 500/750

Paineviemäriä suunniteltaessa on otettava huomioon linjastossa virtaavan veden käyttöpaine, mikä määrittää muoviputken materiaalin ja kyseisen putken paineluokan (kuva 5). Ohjearvoja noudattaen PVC-putkien on oltava PN10 ja PE-putkien on omattava vähintään paineluokka PN6, mikäli putken halkaisija on enintään 200 mm paineluokan on oltava PN10. (RIL 124-2, 2004, ss. 473–474)

Kuva 5. Paineviemärit (HSY, 2019, s. 15).

Putken koko [mm]	Materiaali	Käytettävät putkikoot
Ø 160 – 630	PE/h-PN10	160, 225, 315, 400, 560, 630
Ø ≥300	SG/k-PN10	300, 400, 500, 600, 800

Kun muoviputkien käyttökohteena on viettoviemäri, pystytään hyödyntämään PP-, PE- tai PVC-putkia. Mikäli viemäri kulkee vesistön ali, on näistä vaihtoehdoista käytettävä polyeteeniputkea. Jäte- ja hulevesiputkien tiivisteiden sijainnissa on selvä ero; jätevesiputkessa tiiviste sijaitsee muhvilla ja hulevesiputkessa se sijaitsee putken ulkopinnassa.

Kuva 6. Hulevesiviemärit (HSY, 2019, s. 14).

Putken koko [mm]	Materiaali	Käytettävät putkikoot
Ø 315 – 1150	PP/k-SN8	315, 400, 560, 680, 902, 1154
Ø 300 – 2000	B/EK-Br	300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000

Betoniputkia (B/EK-Br tai Dr) käytettäessä on niiden noudatettava vähintään betoniputkinormien 2001 mukaisesti valmistettuja EK-järjestelmän betoniputkia (kuva 6), jotka ovat tiivisteineen yhteensopivia muihin EK-osiin. Kyseisissä EK-osissa kuminen tiiviste on esiasennettu jo tehtaalla. Tapauskohtaisesti betoniputket ja kaikki muut tarvittavat viettoviemäriin osat on valmistettava sr-

betonista, jos alueella sijaitsee runsaasti sulfaattisavea. Kaikkien käytettävien betoniputkien on oltava aina raudoitettuja, paitsi käytettäessä Qmax-betoniputkia. Näiden putkien sijoittamiseen on kiinnitettävä huomiota, sillä niitä ei saa sijoittaa alueille, jossa ne joutuvat ottamaan vastaan raskaan liikenteen kuormia. (HSY, 2019, s. 14)

## **4 Paalulaattaperustuksen rakentaminen ja sitä edeltävät työvaiheet**

Ennen kun vesihuoltoverkoston perustukseksi vaadittua paalulaattaa päästään rakentamaan, on suoritettava useampi valmisteleva työvaihe. Nämä kyseiset työvaiheet ovat välttämättömiä, jotta vesihuoltolinjasto voidaan rakentaa, ja ne tekevät vesihuoltoverkoston rakentamisesta huomattavasti kitkattomampaa. Työtehtävien suoritusjärjestys on ensisijaisen tärkeä. Väärä suoritusjärjestys johtaa suoritusajan pidentymiseen ja täten kokonaiskustannuksien kasvuun.

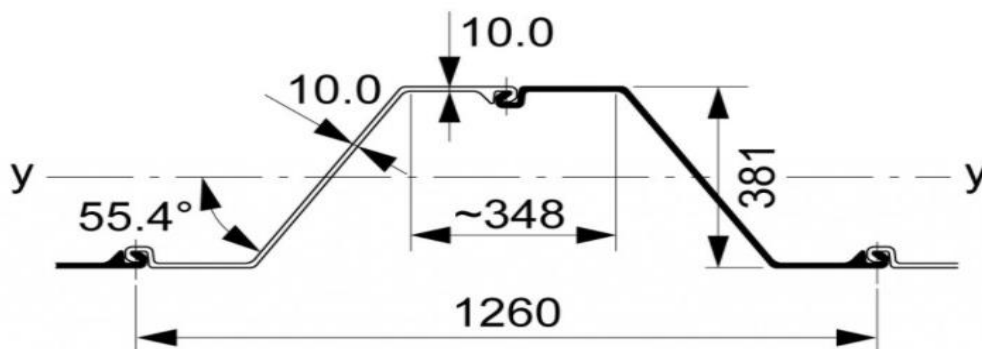
### **4.1 Väliaikaiset työmaatiet**

Jotta tulevia työvaiheita on mahdollista toteuttaa, on huomioitava alueen maaperäolosuhteet. Väliaikaisen työmaatien leikkaussyvyys ja rakennekerrosten paksuus on määritettävä tapauskohtaisesti sen mukaan kuinka raskas kalusto tietä käyttää, millaisia työtehtäviä on tarkoitus toteuttaa työmaatieltä ja riittääkö kaivinkoneen kauhan ulottuvuus työmaatieltä käsin toteuttamaan vaaditun työn. Työmaatien korkotasoa ei voida nostaa liian paljon suhteessa ympäröivään alueeseen, koska tämä korkoero on pois kaivinkoneen leikkausulottumista. Kun savimaat on poistettu työmaatien paikalta ja se on leikattu haluttuun korkoon, on leikkuupohjalle levitettävä suodatin- tai lujitekangas. Kankaan tarkoitus on tukea ja jakaa tuleville rakennekerroksille kohdistuvia kuormia, sekä estää alusmaan hienoaineksen sekoittuminen työmaatien kiviaineksiin. Näin väliaikaisen tien rakennekerroksia voidaan käyttää jopa uudestaan tietyssä kohteessa. Suodatinkankaan päälle tehtävät rakennekerrokset on kustannustehokkainta tehdä louheella ja pien louheella. Se on kiviaineena edullinen ja rakennekerrosten tekeminen on myös nopeaa kyseisellä kiviaineksella. Etenkin mutkakohdissa on huomioitava työmaatien riittävä leveys, jotta tarvittava kalusto pääsee kääntymään turvallisesti työmaatiellä. (Liikennevirasto, 2018, ss. 33–38)

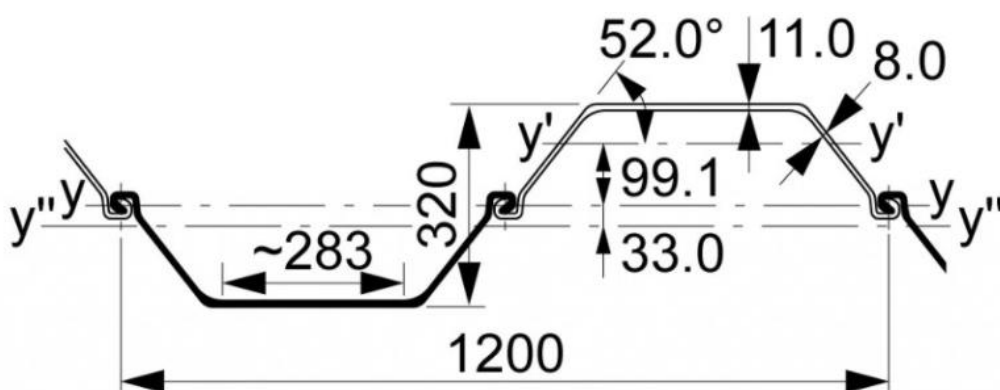
## 4.2 Pontitustyö ja ponttiseinä

Teräsponttiseinä on rakennelma, joka koostuu maahan lyödyistä teräsponteista. Ponttiseinä on yksi tapa rakennuskaivannon tukiseinämäksi. Teräspontit on kiinnitettävä toisiinsa tiiviisti ponttilukoilla ja itse asentaminen tapahtuu maahan lyömällä, täryttämällä tai painamalla teräspontteja maahan. Pontteja asennettaessa on järkevää käyttää sabluunarakennetta, joka takaa ponttien asettumisen kohtisuoraan oikeaan paikkaan. Tässä tapauksessa ohjauspalkistona käytetään HEB-palkkeja, jotka tukevat jatkossa valmiin ponttikaivannon seiniä, jottei niihin kohdistuva maanpaine taivuta seinämän yläosaa. Jotta pontit kiinnittyvät toisiinsa asianmukaisesti on varmistuttava, että ponttilukot ovat ehjiä. Tällöin ponttien asentaminen on kitkatonta ja ponttiseinästä saadaan turvallinen rakennuskaivanto. (Rakennustieto, 2009, 16320)

Kuva 7. Kivenlahden kiertotien työmaalla käytetty U-muotoinen pontti (ArcelorMittal, 2020).



Kuva 8. Z-pontti, joita käytettiin myös Kivenlahden kiertotiellä. Kyseisessä pontissa on huomioitava erilainen etenemä verrattuna U-ponttiin, sekä ponttilukon poikkeava sijainti (ArcelorMittal, 2020).



Suomessa eniten käytetyt ponttiprofiilit ovat U-tyyppi (kuva 7) ja Z-tyyppi (kuva 8). Molempien ponttiprofiilien asennukseen käytetään movax-sivuoteiskijää, joka on nykypäivänä hyvin käytetty menetelmä. Sivuteiskijä on kaivinkonekäyttöinen korkeataajuustärytin (kuva 9), jolla käsitellään pontteja sekä paaluja. Teräspontit uppoavat savimaahan helposti pelkästään painamalla ponttia maahan, kun pontin painuminen vaikeutuu, otetaan korkeataajuustäry ominaisuus käyttöön, jolloin pontti saadaan tärytettyä kantaviin moreenikerrostumiin saakka. Sillä onnistuu teräsponttien käsittely, iskeminen ja ylös vetäminen. (Movax SG-60, 2015)

Kuva 9. Kivenlahden kiertotien työmaalla pontittamiseen käytetty Hitachi 32 t kaivinkone, johon on liitetty movax-sivuteiskijä.



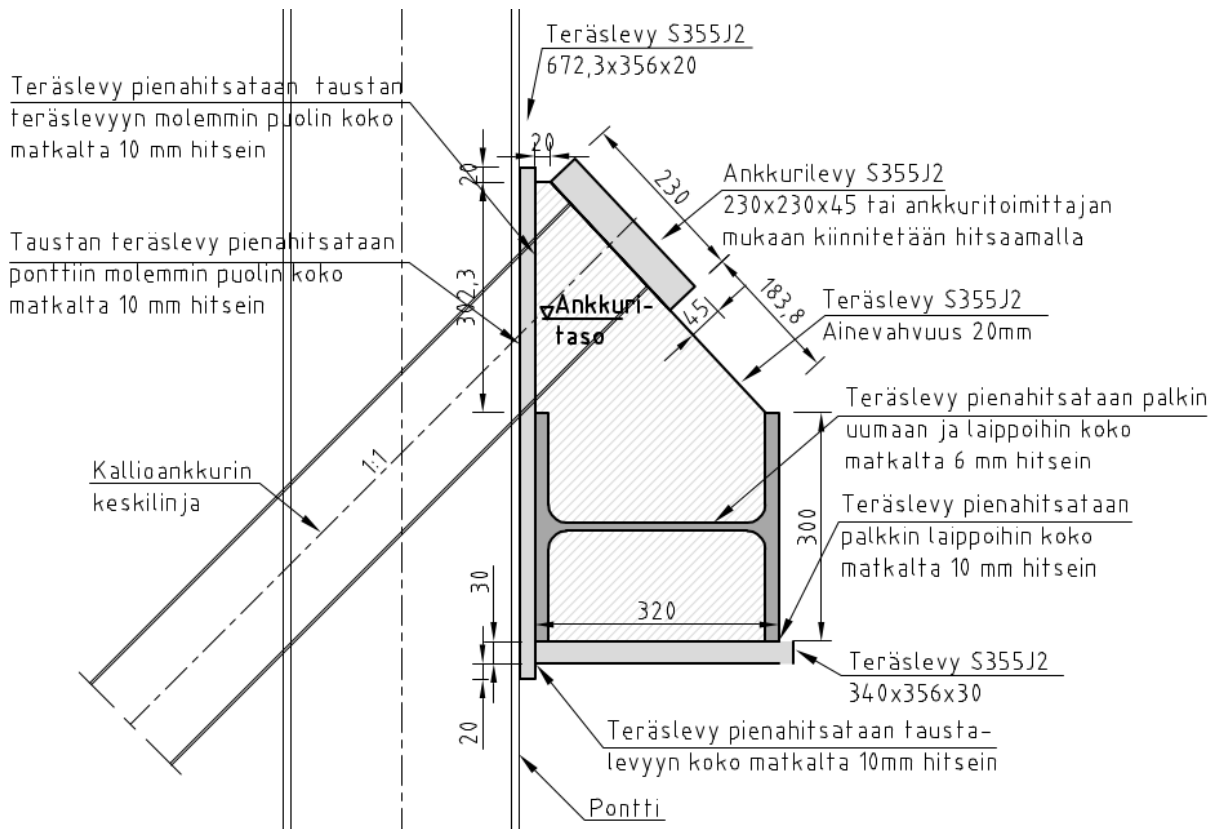
### 4.3 Solkitasojen valmistus ja asentaminen

Teräspontit eivät yksin kestä suurta sivulta kohdistuvaa maanpainetta. Kun alueen maaperä on pääasiassa savea, pohjavedentaso on lähellä maanpintaa ja ponttikaivannon syvyys alkaa kasvamaan, tarvitaan ponttikaivantoa tukemaan tukitasot. Nämä niin kutsutut solkitasot valmistetaan HEB-palkeista, joiden koko määräytyy rakennesuunnitelmien mukaan. Tuentatasot kootaan siis palkeista. Niiden hitsaaminen toisiinsa on hyvä tehdä mahdollisuuksien mukaan juuri sillä paikalla, johon solkitaso on tarkoitettu. Kun tämä tuentaso on koottu ja se on sijoitettu tulevan ponttikaivannon väliin, pystytään sitä käyttämään sabluunana, kun pontitustyö alkaa. Valmis solkitaso näyttää ponttien sijoittamispaikat ja ne ohjautuvat kohtisuoraan maahan. Kun ponttikaivannon kaivutyö aloitetaan, ovat tukitasot jo paikallaan ja ne putoavat oikealle tasolle sitä mukaan, kun maata poistetaan ponttikaivannosta. Turvallisuussyistä solkitasoihin asennetaan ketjut, jotka kiepautetaan HEB-palkin ympäri ja ketjun toisessa päässä sijaitseva koukku asetetaan ponttiin. Ketjut ovat lyhennettävissä, joten tukitasojen korkeusaseman pystyy määrittämään käyttökohteeseen sopivaksi. Tapauskohtaisesti tukitasot hitsataan kiinni ponttiseinään. (RIL 166, 1986, s. 475)

### 4.4 Kallioankkurit

Kallioankkurointi on ponttiseinän ulkopuolinen tuentatapa (kuva 10). Se on tarpeellinen, kun kaivantoon rakennetaan jotain minkä tiellä normaalisti käytettävät tuentatasot olisivat, esimerkiksi paikallavalu kaivo. Yksinkertaisuudessaan kallioankkuri porataan maahan 45° kaltevuuskulmassa ja kallioankkurin alapää injektoidaan porattuun kallioreikään sementtilaastilla. Maa-ankkurointi on hyvin samantapainen ulkopuolinen tuentatapa, mutta luonnollisesti maa-ankkuri ankkuroidaan maahan. Molemmissa ankkurointitavoissa on oltava hyvin tietoinen ympäröivästä kunnallistekniikasta. Kallioankkureita mitoitettaessa on otettava huomioon, että luonnon kallio on hyvin rikkonainen. On siis aina riskinsä, että jännitetyn teräsvaijerin mukana maasta nousee vain kallion lohkarie. Mitoitus perustuukin siihen, että kallioankkurin teräksen tartuntapituus kallioon ei yksinään riitä. Ankkuriteräksen noustessa kallioista, se nostaa mukanaan kartiomaisen kallio-kappaleen, kartion kärkikulma on 30° kulmassa verraten ankkuriteräkseen. Tämä kulmassa oleva kartion kärkikulma takaa yhtä paljon vetolujuutta laskennallisesti, kuin kallioista saatava ankkurivoima. (RIL 263, 2014, s. 61)

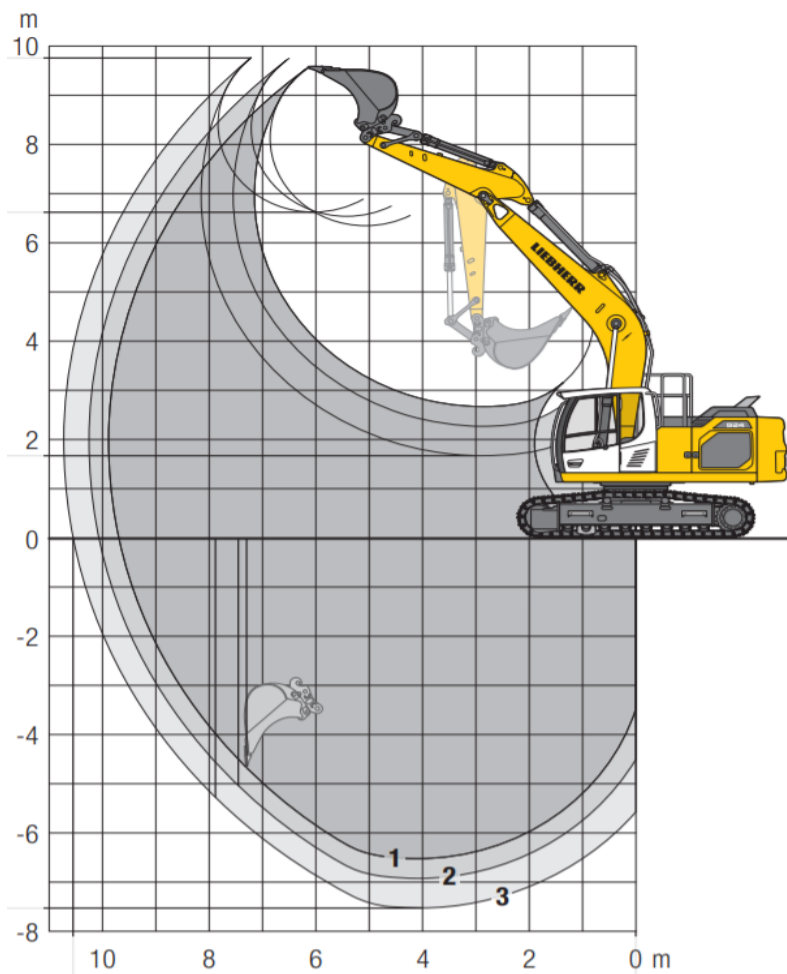
Kuva 10. Kallioankkurien kiinnittäminen ponttiseinään (henkilökohtainen tiedonanto, 2020)



#### 4.5 Ponttikaivannon kaivutyön suorittaminen

Teräsponttiseinällä tuetun kaivannon kaivutyön haasteellisuus on aina riippuvainen maaperän ominaisuuksista. Tehdyt pohjatutkimukset kertovat kaivettavan maaperän luonteen, sekä pohjaveden sijainnin alueella. Nämä asiat on otettava huomioon jo ennen kaivutyön aloittamista, jolloin kaivumaiden sijoituspaikka voidaan suunnitella, sekä varata aikaa riittävästi maan kaivamiseen ja pois kuljettamiseen. Ponttikaivannon leikkaamisessa oikeaan tasoon, on järkevää käyttää apuna jalkamiestä, jolloin saven poistaminen ponttien uomista helpottuu huomattavasti. Huomioon on otettava myös työsuoritetta tekevän kaivinkoneen ulottuminen (kuva 11), jotta kaivanto saadaan leikattua vaadittuun korkoon.

Kuva 11. Liebherr 24 t tela-alustaisen kaivinkoneen kauhan ulottuminen (Liebherr R924, 2019, s. 8).



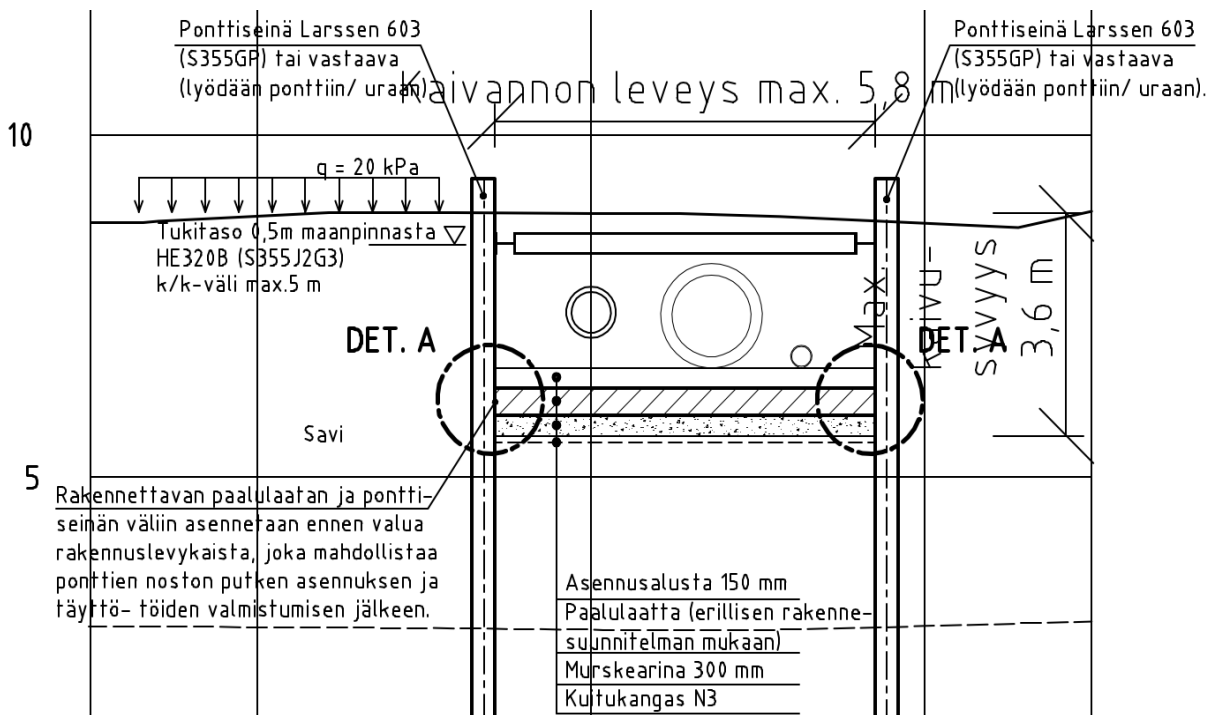
Kaivettavan maamassan koostumus on otettava huomioon sitä lastattaessa. Kun kyse on vetisestä savesta tai liejusta, joka ei pysy kiinteänä kasana hetkeäkään, vaan veltostuu täysin kuorma-auton lavalle lastattaessa. On varmistuttava, ettei liejua joudu yleisille teille, kun sitä kuljetetaan pois työmaalta. Vetinen savi muuttuu kuorma-auton liikkuaessa yhä vetisemmäksi ja tästä syystä on varmistuttava auton lavan perälaudun tiiviystä. (Jääskeläinen, R. 2009a, s. 20)

Kuva 12. Paalulaatan leikkuupohjan kaivaminen.



Rakentamisaikana on huomioitava tapauskohtaisesti, sillä nykyiset rannikkoalueet ovat olleet joskus merenpohjaa. Sen vuoksi maaperä on tyypillisesti pinnan alta liejua (kuva 12) ja syvemmillä hiesusavea, pohjalla on moreenikerrostumia. Kun kaivanto on leikattu vaadittuun korkoon, on ajateltava seuraavaa työvaihetta eli paalutusta. Paalut tulevat rikkovat savipatjan, minkä seurauksena maaperä nostattaa paineella reilusti hiesusavea valmiille leikkuupohjalle. Tämä vie esimerkiksi suunnitellulta arinarakenteelta kerrospaksuutta pois. On järkevää kaivaa leikkauspohjaa noin 10 cm suunniteltua tasoa alemmaksi (kuva 13), koska liejusaven poistaminen toiseen kertaan paalujen väleistä aiheuttaa taloudellista sekä aikataulullisia tappioita. (Rakennustieto, 2018, 16200)

Kuva 13. Kivenlahden kiertotien paalulaattakaivannon perusmitat. Kaivanto kannattaa leikata hieman syvemmäksi kuin ilmoitettu kaivussyvyys (henkilökohtainen tiedonanto, 2020).



#### 4.6 Paalut ja paalutustyö

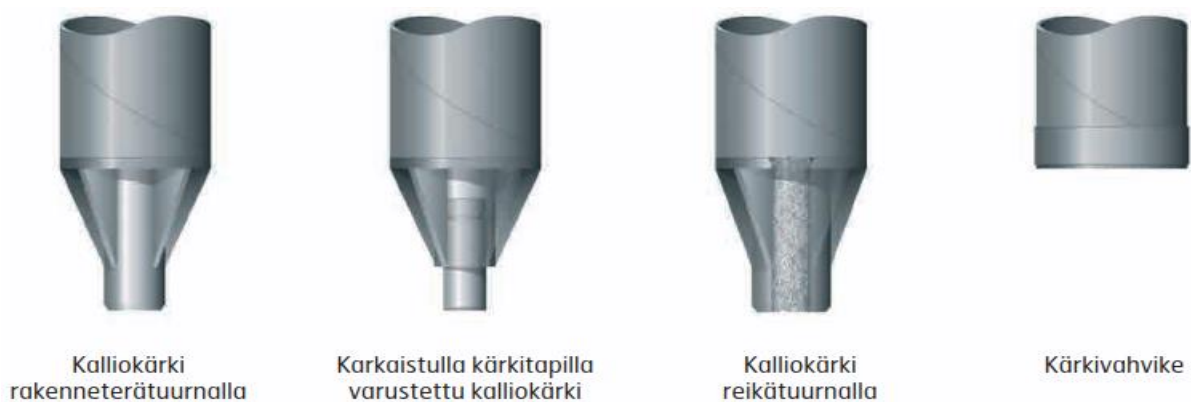
Kohteessa käytettävän paalutyyppin valintaan vaikuttaa tietysti ensisijaisesti vallitsevat pohjaolosuhteet, sekä geotekninen luokitus (GL1, GL2 ja GL3), jotka on määrittänyt pohjarakennesuunnittelija. Paalutustyön suunnittelussa ja toteuttamisessa noudatetaan Liikenneviraston ohjeen mukaista eurokoodijärjestelmää, sekä kuntien ja kaupunkien ohjeita. Pohjaolosuhteiden merkitys paalutyyppin valintaan on suuri, mutta ei pidä unohtaa yläpuolisia rakenteita ja ympäristöä, joita paalut tulevat kannattelemaan. Käytettyjen paalujen sekä paalukärkien, on oltava CE-merkinnän omaavia. Käytetyimmät paalutyyppit ovat RR- ja RRs -paalut, joita asennetaan lyömällä tai puristamalla sekä RD- ja RDs -paalut, jotka porataan maahan. (SSAB, 2018, s. 4)

Kuva 14. Suosituksia paalutyypin ja paalukoon valintaan eri työkohteisiin (SSAB, 2018, s. 14).

<b>RR75–RR/RD140/8</b>	pientalo- ja muut suhteellisen kevyesti kuormitetut rakenteet
<b>RR/RD140/8–RR/RD270</b>	monikerrosrakentamisen kohteet, kerrosluku noin 3–8
<b>RR/RD220–RR/RD500</b>	raskaat monikerrosrakentamisen kohteet (kerrosluku >5) tai teollisuusrakentamisen kohteet
<b>RR/RD140–RR/RD270</b>	paalulaatta-kohteet
<b>RR/RD220–RR/RD400</b>	meluestepaalut (yhden paalun perustukset)
<b>RR/RD500–RR/RD1200</b>	silta- ja satamarakentaminen sekä yli 10–15 kerroksiset rakennukset

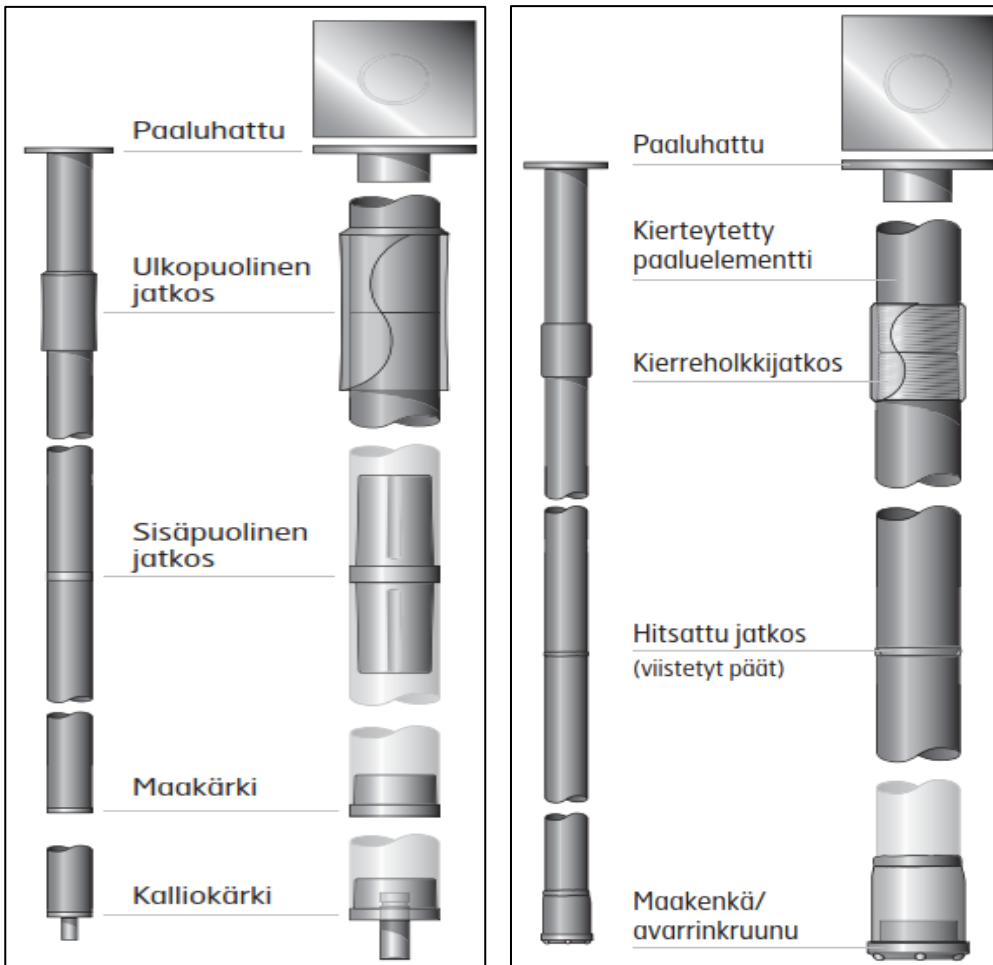
RR- ja RRs -paalut omaavat jatkokset sekä kärkikappaleet, joiden varsinainen kiinnittäminen tapahtuu hitsaamalla, kun paalu on kokoluokkaa RR270 – RR320. Kun käytössä on RR220/12.5 paalu tai sitä pienempi paalu koko, niin jatkoksien ja kärkikappaleiden kiinnitykset perustuvat kitkaan. Näiden lyömällä asennettavien paalujen tunkeutumisoima kasvaa aina paalukoon kasvaessa ja samalla niiden kaltevuus- sekä sijaintipoikkeamien riski pienenee. Kun käytettävä paalu on vähintään RR170, niin sen jäykkyysoima estävät paalun käyristymisen, vaikka paalu lyötäisiin suhteellisten paksujen kivisten moreenikerrosten läpi (kuva 14). Tunkeutumisessa auttaa myös kalliokärki (kuva 15).

Kuva 15. RR-paalujen kärkikappaleita (SSAB, 2018, s. 8).



RD- ja RDs -paalut porataan maahan. Niiden jatkaminen tapahtuu hitsaamalla tai ulkopuolisella kierreholkki-jatkoksella (kuva 16). RD-paalut soveltuvat ja ne pystytään asentamaan kaikkiin maaperäolosuhteisiin. Tosin RD-paalujen riski käyristymiseen kasvaa, kun käytetään pienempiä paaluja isolahkareisissa paksuissa täytemaakerroksissa. (SSAB, 2018, ss. 5 – 8).

Kuva 16. Vasemmalla RR-paalun rakenne ja oikealla RD-paalun rakenne (SSAB, 2018, ss. 5 – 9).



Paalulaattarakenteessa paalujen määrä, sekä sijoituspaikat määrittyvät rakennesuunnittelijan toimesta. Paalujen lyömiseen voidaan käyttää samaa kalustoa kuin teräsponttien asentamiseen eli tarpeeksi isoa tela-alustaista kaivinkonetta, sekä movax-sivuoteiskijää. Ennen paalujen lyömistä asetetaan leikatulle pohjalle suodatinkangas ja osa paalulaatan kiviainesarinasta (KaM 0...90mm), jotta kaivannon pohjalla on mahdollista liikkua ja merkitä mittamiehen toimesta paalujen sijainnit. Sijaintitoleranssien täyttymisestä vastaa mittamies, joka voi olla paalujen lyömisessä mukana ja näyttää merkkejä, jotta yksittäiset paalut täyttävät sijaintitoleranssit (sallittu poikkeama < 200mm). Paalujen sijainnin merkkäamiseen käytetään merkkikeppejä, jotka näyttävät paalujen

sijainnit, keppien käyttäminen on järkevää, koska kaivannossa olevan pohjaveden nouseminen peittää helposti maahan maalatut merkit. Mittamies näyttää myös paalujen katkaisukoron. (SSAB, 2018, ss. 11 – 15).

Kuva 17. Hitsaaja on polttanut paalut poikki mittamiehen merkkien kohdista.



Kun RR-paalut on katkaistu oikeaan korkoon (kuva 17) on huomioitava tapauskohtaisesti, onko paalut valettava täyteen ennen paaluhattujen asentamista. Paaluissa käytettävä betonimassa on oltava itse tiivistyvää IT-betonia. Ennen valua on tarkistettava paalujen oikea katkaisutaso, jotta ne täyttävät suunnitellun ulottuman betonilaattaan. Tämän jälkeen paalujen päälle asennetaan paaluhatut. Paaluhattujen asentamisen jälkeen paalulaattaa varten aloitettu arinarakenne tehdään suunniteltuun korkoon (kuva 18). Viimeiset 5-10 cm arinasta täytetään 0...32 mm

kalliomurskeella, jotta arina pystytään työstämään tasaiseksi jalkamiestä ja esimerkiksi kolaa apuna käyttäen. (SSAB, 2018, ss. 19 – 20)

Kuva 18. Paaluhatut on asennettu, ja paalulaatan arinatäyttöä tehdään KaM 0...90mm.



#### 4.7 Paalulaatan muotti-, raudoitus- ja betonointityö

Suunnitelmien mukainen ja tukeva valumuotti on perusedellytys onnistuneelle paalulaatalle. Valumuotti määrittää tulevan betonirakenteen muodon sekä koon ja valumuotin materiaali vaikuttaa myös betonirakenteen pintojen ulkonäköön. Kun kyseessä on paalulaatta, ei betonipinnalla ole varsinaisia visuaalisia laatuvaatimuksia. Paalulaatan muottimateriaalina käytetään yleisesti erilaista puutavaraa, pääasiassa vaneria ja 50 x 100 mm, sekä 22 x 100 mm puutavaraa. Varsinaisena muottipintana käytetty vaneri on mahdollista uusiokäyttää, riippuen sen puumateriaalista sekä pinnoitteesta. Filmipintainen reunasuojattu sekavaneri on mahdollista käyttää 4-8 kertaa, riippuen miten sitä on käsitelty. Suuremmissa muottiyksiköissä käytettävällä koivuvanerilla päästään peräti 50–100 käyttökertaan. Uusiokäyttömahdollisuutta on mahdollista edistää, kun vanerin muottipinta valellaan muottiöljyllä, sillä se helpottaa muotin purkamista ja vanerit säilyvät paremmalla todennäköisyydellä ehjänä. Rakennettaessa muottia on oltava erityisen huolellinen, että muotista saadaan riittävän tiivis ja luja, jotta tuore betonimassa ei riko muottia valupaineen takia (kuva 19). Mikäli muotti ei ole vanerien liitoskohdista tarpeeksi tiivis, voi betonimassan sementtiliima päästä puserumaan muotin liitoksista ulos, tällöin betonimassan lujuus ei saavuta suunniteltua tasoa. (Betoniteollisuus ry, 2019, ss. 20 - 21)

Kuva 19. Paalulaatan päädyn tuenta.



Betonin puristusominaisuudet ovat hyvät ja betoni pystyy yksinäänkin ottamaan vastaan siihen kohdistuvia poikkisuoria kuormia hyvin. Tosin betonin vetolujuus on heikko eli käytännössä, jos betonipalkin molempiin päihin kohdistuisi voimakasta vetoa, joka vetäisi palkin päitä erilleen, ei betonipalkki kestäisi tällaista rasitusta kovinkaan paljon. Lisäämällä betonirakenteeseen terästä sen vetolujuus paranee huomattavasti ja tällainen teräsbetonirakenne hyödyntää sekä betonin että teräksen parhaita ominaisuuksia. Betoniteräksenä käytetään lähes poikkeuksetta harjaterästä, sillä sen harjakset edistävät betonin tarttumista betoniteräkseen. Raudoitusta tehtäessä harjateräkset kiinnitetään toisiinsa suunnitelmien mukaisesti sidelangalla, jonka asentaminen onnistuu raudoituskoukulla. Näin betoniteräkset säilyttävät oikean paikkansa betonoinnin aikana. Betonin ja harjateräksen luja tarttuminen toisiinsa takaa yhtenäisen ja kestävä rakenteen. Jotta tämä eheä yhtenäinen rakenne toimii koko suunnitellun käyttöiän, on huomioitava riittävä betonipeitepaksuus. Tämä käsittää harjateräksen ja betonin ulkopinnan väliin jäävää suojaavaa betonikerrosta. Paalulaatan betonipeitepaksuutena käytetään yleisesti 5 cm:n paksuutta. Sen on

tarkoitus estää teräksen reagoimista hapen ja kosteuden kanssa, joka johtaa teräksen ruostumiseen. (Betoniteollisuus ry, 2019, ss. 8 – 9)

Kuva 20. Raudoitustyön aloittaminen.



Raudoitustyöhön tarvittavat harjateräkset on mahdollista ja monesti järkeväkin tilata esivalmistettuina tehtaalta, tämä tarkoittaa että kaikki harjateräkset on katkaistu ja taivutettu rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaisesti jo niiden tullessa työmaalle. Näin raudoittajat pääsevät asentamaan valmiita osia paikoilleen ja materiaalihukka pysyy myös kurissa. Raudoituksen alatasen työteräkset tukeutuvat paaluhattuihin. Työteräksienkin betonipeitepaksuuden on oltava vähintään 5 cm, joka on täysin riittävä paksuus suojaamaan betoniteräksiä korroosiolta. Paaluhattujen lisäksi raudoitukselle annetaan tapauskohtaisesti

lisätukea siihen suunnitelluilla raudituskorokkeilla tai tiilillä (kuva 20). (Betoniteollisuus ry, 2019, s. 24)

Kuva 21. Paalulaatan valua, jossa on jo osin jälkihoitoaine levitetty.



Ennen betonointia on varmistettava valumuotin ehjyys ja valumuotin lujuus, jotta se kestää betonoinnin aiheuttaman valupaineen, että muotin pohjalla ole roskia, vesilammikoita, lunta tai jäätä. Valutyö on tehtävä mahdollisimman alhaalta ja suoraan alas valaen, jotta kiviainesrakeet eivät erotu massasta. Kuitenkin massan pudotuskorkeus saa olla enimmillään 1,5 m. Mikäli tämä ei toteudu on valussa käytettävä valuputkea tai -sukkaa. Betonin tiivistämisessä on tarkoitus täyttää valumuotti kokonaisuudessaan, niin ettei betonimassaan jää yhtään ylimääräistä ilmaa ja että massa ympäröi teräkset kokonaan sekä saada betonimassan kiviainesrakeet hakeutumaan lähelle

toisiaan. Tiivistämiseen käytetään sauvatärytintä, jonka toimivuudesta on varmistuttava hyvissä ajoin. Sauva pudotetaan massaansa pystysuoraan, välttämättä turhaa raudoituksen täryttämistä, jonka jälkeen se nostetaan rauhallisesti ylös massasta, jotta betonimassa asettuu tiiviisti tälle alueelle. Tärytysaika on tietysti rakennekohtainen asia, mutta nyrkkisääntönä voidaan pitää, että kun betonimassa on tasoittunut sauvan ympärillä eikä pinnalle nouse enää ilmakuplia, on kohta tiivistynyt. Varsinaisen tiivistämisen perään paalulaatan betonipinta oikaistaan eli se tasataan oikeaan korkoon, joka on hyvä merkata valumuottiin. Tähän toimenpiteeseen käytetään niin sanottua tärypalkkia. Betonipinnasta tulee näin karkea, mutta käyttötarkoitukseen tarpeeksi tasainen, joten paalulaatan pintaa ei tarvitse hiertää erikseen. Kun betonilaatta on valettu ja sen pinta on oikaistu, voidaan sen pinnalle pistää jälkihoitoaine (kuva 21) ja tapauskohtaisesti muovit. Tämä estää betonin liian nopean kuivumisen, joka johtaa betonin halkeiluun. Jokaisen paalulaatan väliin asennetaan bentoniittimatto, mikäli laattoja valetaan pätkissä. (Betoniteollisuus ry, 2019, ss. 25–27)

## 5 Vesihuoltolinjaston rakentaminen kohteeseen

Kivenlahden kiertotien työmaalle rakennettiin hule- (DN 1200-1400), jäte- (DN 600) ja vesijohtolinjaa (DN 300) n. 180 metrin matka (liite 1). Kyseiset linjat rakennettiin paalulaattaperustuksen päälle, koska savipohjan kantavuus on tyypillisesti heikko, eikä tällöin pelkkä kiviainesarina ole riittävä tällaiselle putkilinjastolle. Linjastojen päät tulpattiin molemmista päistä, koska vesihuoltolinjasto tullaan tekemään loppuun toisen urakoitsijan puolesta. Betoniset jäte- ja hulevesilinjat tulpattiin 22 mm paksulla vanerilla. Kaikki betoniset putket ja kaivot olivat sr-betonista valmistettuja, koska alueella on runsaasti sulfaattisavea, joka sisältää rikkihappoa. Rikkihappo voi ajan myötä syövyttää normaalia betonia. Vesijohtona toimiva sg-putki tulpattiin molemmista päistä asiaankuuluvalla osilla.

### 5.1 GRK Infra ja Kivenlahden kiertotien työmaan esittely

GRK Infra toimii Suomessa, Ruotsissa sekä Virossa. Konsernin muodostavat Suomessa toimivat GRK Infra Oy, GRK Road Oy ja GRK Rail Oy. Yhtiön historia on saanut alkunsa jo vuonna 1983, jolloin Armas Kallio perusti kiinteistökauppoihin ja rakennuttamiseen erikoistuneen perheyriyksen. Vuonna 2007 infraurakointi tuli mukaan GRK:n kuvioihin ja nopeasti siitä syntyikin

yrittäjien päätoimiala. Vuonna 2019 GRK Infran liikevaihto oli 299 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos oli tällöin 13,6 miljoonaa euroa. Vaativat infrarakennushankkeet ovat konsernin ydinosaamista, sekä suurien hankkeiden projektinjohto ja raiderakennusosaaminen kokonaisuudessaan. Lopputuloksesta pitää huolen lähes 800 alan ammattilaista. Asiakkaita ovat yksityinen sektori, kaupungit, kunnat ja valtionhallinto. (GRK, 2020)

Kivenlahden kiertotie rakennetaan, jotta valmistuvalta Kivenlahden metrokeskukselta pystytään rakentamaan kaksi alikulkukäytävää Länsiväylän alitse. Työalue sijaitsee Länsiväylän välittömässä läheisyydessä, lähellä asutusta ja monia liikerakennuksia, sekä Länsimetron työmaata. Keskeisen sijainnin johdosta työmaan läheisyydessä kulkee paljon kevyttä liikennettä, jonka seurauksena turvallisuusasiat ovat kohteessa erityisen tärkeässä asemassa. Kivenlahden kiertotien työmaalla rakennettiin Länsiväylän kiertotie (600m) rampeineen, Länsiväylän kiertotien eteläpuoleiset vesihuoltolinjat paalulaatalle, kaukolämpölinjaa (DN 600), valaistukset, paalulaatta, rakennustöiden edellyttämät kevyen liikenteen väylät ja kevyen liikenteen putkisilta sekä koira-aitaukseen liittyvät muutostyöt. Paalulaatat jaettiin kuuteen eri lohkokoon, jotka olivat melkein kaikki erilaisia toteutusteknisesti.

Kivenlahden kiertotiellä, juuri vesihuoltolinjojen kohdalla, maaperän pintaosassa on noin 6 metrin paksuinen pehmeä savikerros, jonka vesipitoisuus on laboratoriotutkimusten perusteella noin 61 %. Tämän savipatjan alla on enimmillään noin 6,5 metrin paksuinen tiivydeltään vaihteleva moreenikerros. Kivenlahden kiertotien alueella Espoon kaupunki on suorittanut pohjatutkimuksia pääasiassa painokairaamalla, mutta myös siipikairaamalla, sekä puristinheijarikairaamalla.

## 5.2 Olemassa olevat linjat

Ennen pontitustyön aloittamista on varmistettava alueen kunnallisteknisistä rakenteista ja kaikista muista maanalaisista rakenteista, jotka ovat ponttikaivannon alueella. Mikäli alueella on kaapelisuojoaputkituksia, on varmistettava että ne ovat kylminä eivätkä ne tule enää käyttöön. Näistä asioista saa parhaiten tiedon kysymällä operaattorin tai kaapelin haltijalta asiasta, sekä tutkimalla kaapelipatterin kaapelitutkalla. Ongelmaksi ei koidu se etteikö pontteja pystyttäisi lyömään maahan, vaan se että ne rikkovat sen mikä niiden eteen tulee. Tästä johtuen on varmistettava, ettei alueella ole mitään käytössä olevia linjoja. Kivenlahden kiertotiellä on käytössä oleva 300 mm valurautainen vesijohto tulevan ponttikaivannon tiellä. Tämä on aikataulutettava

tekijä, koska ennen ponttien lyömistä tälle alueelle on rakennettava väliaikainen vesijohto, joka korvaa 300 mm valurautaisen vesijohdon (kuva 22). Kun väliaikainen vesijohto on rakennettu ja siitä on otettu painekoe sekä vesinäyte, voidaan pontit lyödä vanhan vesijohdon läpi. Vanha vesijohto on yli 50 vuotta vanha, joten pontit läpäisevät sen helposti.

Kuva 22. Sinisellä näkyy vanha käytössä oleva vesijohto, jonka läpi pontit lyödään. Mustalla katkoviivalla kuvataan uutta työnaikaista vesijohtoa (henkilökohtainen tiedonanto, 2020).



### 5.3 Vesijohto-, jäte- ja hulelinjojen rakentamista koskevat työvaiheet

Luvussa käsiteltävät työvaiheet käsitellään toteutusteknisesti oikeassa järjestyksessä. Vesihuoltolinjaston rakentamisjärjestys on aina suunniteltava tapauskohtaisesti. Siihen vaikuttavat linjojen korkoasemat, putkikoot, kaivot ja yleisesti rakennettaessa tarvittava tilantarve. Kivenlahden kiertotien työmaalla rakennettiin paikallavalettava kaivo hulevesilinjalle, minkä seurauksena myös hulelinjan koko muuttui 1200 millimetristä -> 1400 millimetriin. Tätä paikallavalettavaa kaivoa ei käsitellä tarkemmin, koska se sisältää itsessään jo niin monta eri työvaihetta. Urakkaan kuuluvat tarkastuskaivot ja niiden asentaminen käsitellään täysin.

### 5.3.1 Asennusalustan ja arinarakenteiden tekeminen

Hulevesilinja sekä vesijohto rakennetaan 150 mm paksun asennusalustan päälle, jonka alla on paalulaatta. Asennusalusta tehtiin routimattomasta murskeesta, tässä tapauksessa KaM 0...32 mm. Murske levitettiin kaivinkoneella, niin hyvin kuin solkitasojen väleistä pystyttiin.

Kalliomurskeen levittäminen tasaisesti onnistui parhaiten jalkamieheltä, joka oli varustettu kolalla, sillä näin asennusalustan pinnasta saatiin tasainen. Lopuksi tiivistettiin maantiivistäjällä.

Asennusalustasta oli tehtävä hieman suunniteltua paksumpi ennen sen tiivistämistä, koska murskeen tiivistyessä se painui hieman kasaan.

Jätevesilinja sijaitsi tässä kohteessa 500 mm korkeammalla kuin muut linjat. Sille tehtiin oma arinarakenne molsasta KaM 0...150 mm (isoraekokoinen kalliomurske), jonka paksuus oli siis noin 500 mm. Arinarakenne tiivistettiin huolellisesti maantiivistäjällä. Molsa kiilattiin KaM 0...32 mm, josta tehtiin 150 mm paksu asennusalusta jätevesilinjalle. Tässäkin tapauksessa arinarakenne oli tehtävä hieman paksummaksi kuin se on valmiina suunniteltu, koska murskeen tiivistyminen johti valmiin pinnan painumiseen. Sama päti arinarakenteen päälle tehtävälle asennusalustalle.

### 5.3.2 Vesijohtolinjan rakentaminen

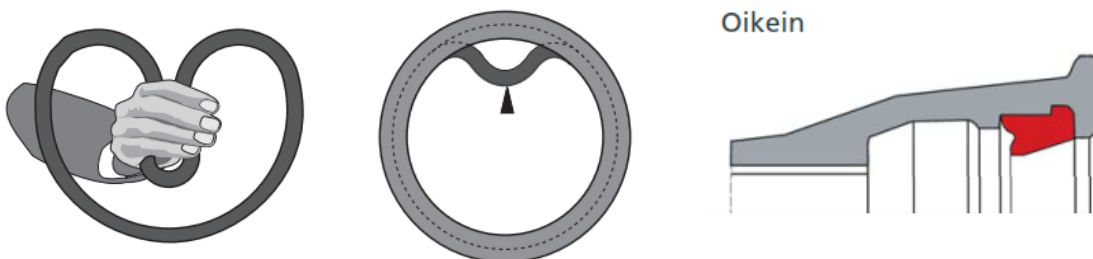
Vesijohtolinja rakennettiin 300 mm sg-vesijohtoputkesta. Vesijohtoputket olivat pituudelta kuusi metriä ja ne painoivat muhveineen 333 kg. Putkien nostamisessa oli käytettävä siihen tarkoitettua nostoliinaa, joka oli kiinnitettävä aina hirttosolmulla putken keskelle painopisteen kohdalle.

Nostettaessa vesijohtoputkia kaivantoon oli oltava erityisen huolellinen, ettei putki kolhiinnu ponttikaivannon solkitasoihin, joita voi olla tapauskohtaisesti useammassakin tasossa. Mikäli putken sinkkialumiinipinta (Zinalium) vaurioituu, oli se korjattava siihen tarkoitettulla sinkkiepoksimaalilla, joka poltetaan putken pintaan kaasupolttimella.

Ennen varsinaista liittämistä oli putken muhviosa, sekä toisen putken pistopää on puhdistettava esimerkiksi asetonia apuna käyttäen. Samalla oli tarkastettava, ettei muhvin tiivisteuraassa ole pinnoitepurseita, mikä estäisi tiivisteiden asettumisen tiivisteuraan. Tämän jälkeen asennettiin itse TYTON-tiiviste (vetoakestävä tiiviste), jonka suhteen on oltava tarkka, että se pysyy puhtaana koko asennustyön ajan ja että se asettuu täysin tiivisteuran pohjalle (kuva 23). Käytimme ainoastaan TYTON-vesijohtoputkia kyseisessä linjassa, joten jokaisen putken pistopäässä sijaitsi

asennussyvyyttä ilmaiseva viiva, joka kertoi milloin liitos on täysin pohjassa. Mikäli liitettäisiin itse lyhennettyjä sg-putkia, olisi tällöin merkattava katkaistuun päähän merkki, joka kertoisi milloin liitos on täysin muhvin sisällä. Sama päti mikäli UNIVERSAL-putkea olisi asennettu TYTON-muhviin. Näiden työvaiheiden jälkeen tiiviste sekä pistopää siveltiin vesijohdolle tarkoitetulla liukuaineella. Liukuaine kannatti levittää vasta juuri ennen liittämistä, koska se keräsi helposti ympäristössä olevaa hiekkaa. Ennen liitoksen asentamista pistopää asetettiin muhvin huulille ja varmistettiin, että putket ovat samassa linjassa. Pistopää oli muhvin pohjassa, kun kahdesta pistopään merkkiviivasta näkyi vain ulompi viiva. Asennusalustaa tehtäessä oli kuitenkin huomioitava putkien muhvi päiden ulkoneva rakenne. Muhvin uloke ei saanut jäädä kannattelemaan linjaa, niin että muhviosa koskettaa ainoastaan asennusalustaa, koska tällöin putken tasainen kylki olisi ilmassa ja linjaan kohdistuvat rasitukset voisivat vaurioittaa putkea. Jokaiseen liitoskohtaan oli siis tehtävä muutaman sentin syvä asennustila muhvia varten, ennen liitoksen tekoa.

Kuva 23. TYTON-tiivisteiden asentaminen, sekä sen asettuminen tiivisteuraan (Saint-Gobain PAM, 2019, s. 14).



Itse liitoksen painaminen pohjaan onnistui taljoilla, rautakangella, kaivinkoneella tai tähän tarkoitettuun työkaluun. Toteutimme putkien liitokset kaivinkoneella painamalla pistopään aina muhvin sisään. Kaivinkoneen kauhan ja sg-putken välissä käytettiin aina pelkkatukkia (hirsiaiho, jonka kaksi sivua on sahattu tasaisiksi), joka esti putken päätä vaurioitumiselta. Kahden ensimmäisen sg-vesijohtoputken liittämisen suoritettiin ottamalla tukea ponttikaivannon päästä. Toisen putken pää asetettiin ottamaan tukea ponttiseinästä, jonka pehmusteena käytettiin pelkkatukkia. Kun pistopää oli asetettu tämän putken muhvin huulille voitiin liitos painaa kaivinkoneen kauhalla pohjaan pelkkää apuna käyttäen. Samat putkiliitoksiin liittyvät lainalaisuudet pätevät myös kun sg-putkeen asennettiin kulmayhde. Tällöin liittämisen tapahtui taljoilla, joita kiristämällä kulmayhde saatiin asettumaan vesijohtoputken pistopäähän (kuva 24). Liitoksen tekeminen vaatii tarkkuutta, jotta linjastoon suunniteltu kulma asettui paikalleen vaakatasossa, eikä se suunnannut linjaa ylä- tai alaviistoon.

Kuva 24. Kaksi 30° TYTON-muhvikulmayhdettä asennettuna, jotta vesijohtoputken linjaa saatiin muutettua paikallavalettavan kaivon tieltä.



Vesijohtolinjan molemmat päät tulpattiin, jotta sille pystytään tulevaisuudessa suorittamaan painekoe. Tulppaus suoritettiin myös hygieenisistä syistä ja koska kyseistä linjaa tullaan jatkamaan urakan toisessa vaiheessa. Linjaston molempiin päihin asennettiin; TYTON-laippamuhviyhde, umpilaippa 2" sisäkierteellä, pistoliitin 2" ulkokierteellä, 40 mm vesijohto, pistoventtiili 40 mm, josta parin metrin pätkä 40 mm vesijohtoa, jonka päähän pistoyhde 2" sisäkierteellä ja 2" kynsiliitin ulkokierteellä.

### 5.3.3 Hulevesilinjan rakentaminen

Hulevesilinjaston rakentamiseen käytettiin EK-putkia sekä EK-kaivoja, jotka olivat valmistettu srbetonista, johtuen Kivenlahden maaperän sulfaattisavesta. Putket ja kaivot tilattiin hyvissä ajoin, mutta johtuen tehtaan viivästyksistä saimme suurimman osan kaivoista vasta paljon suunniteltua

myöhemmin, putkitustyön aloittamista tämä ei kuitenkaan estänyt. Sr-betonista valmistetut osat on siis järkevää tilata niin pian kuin suinkin mahdollista. Ennen hulelinjaston rakentamista oli varmistuttava, että kaikki työtehtävään tarvittavat välineet löytyivät työmaalta ja että ne täyttivät niille asetetut turvallisuusvaatimukset. Linjaston rakentamiseen tarvittiin kaivinkoneen ja jalkamiehen lisäksi; kona-laite, betoniputkirasvaa, 1-haarainen nostoketju (väh. 4,5T), rautakanki, pensseli, putkilaseri sekä puukko.

Ennen putkien nostamista kaivantoon ne valmisteltiin asennusta varten poistamalla tiivisteiden takaa solumuovisuojus. Solumuovi irtosi sinisestä teipistä vetämällä tasaisesti putken suun suuntaisesti, mikäli solumuovia jäi tästä huolimatta uriin, poistettiin se raaputtamalla. Kona-asennuslaitteita tarvittiin kahta eri kokoa, sillä asensimme paikallavalettavalle kaivolle saakka 1200 mm huleputkea, jonka jälkeen putkikoko vaihtui 1400 mm:iin. Putkikoosta riippumatta itse liitostyö oli käytännössä aina samanlainen. Putket pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman lähelle niiden asennuspaikkaa, niin että kaivinkone pystyi liikkumaan ponttikaivannon ympärillä ja nostamaan putkia sen viereltä asennusalustan päälle. Huleputkien nostamisessa käytettiin kona-laitteen nostopuomia, joka kiinnitettiin 1-haaraiseen nostoketjuun, joka kattoi vaadittavan työkuorman. Nosto-puomin tapit oli asetettava putkien nostoreikiin, niin että ne ovat täysin pohjassa ja niin että ne pystyttiin lukitsemaan. Ennen nostamista oli laskettava laitteen vakaajat alas, näin estettiin putkien keikkuminen nostopuomissa ja välttyttiin samalla putken kolhiintumiselta solkitasoihin.

Kuva 25. Kona-asennuslaitteen vastalaitte seuraavaa liitosta varten valmiina.



Liitettäessä Huleputkia toisiinsa jätimme aina kona-asennuslaitteen vastalaitteen (kuva 25) kiinni viimeksi asennettuun putkeen valmiiksi odottamaan uuden putken asentamista. Kun uusi betoniputki oli nostettu turvallisesti kaivantoon putkilinjan mukaisesti, oli naaraspuun tiiviste ja urospan huullos vaaleasti toimittajan suosittelemalla liukuaineella. Tämän jälkeen uusi putki nostettiin mahdollisimman lähelle muhvia. Liitostyötä tehtäessä käänsimme nostopuomin vakaajat sivuun ja kallistimme sen pois päin liitoskohdasta. Vastalaitteessa sijaitsevat ketjut vedettiin nostopuomin rei'istä läpi mahdollisimman kireäksi ja asetettiin ketjulenkki sille tarkoitettuun uraan. Kun kona-laitteen ketju oli kiinnitetty kireästi nostopuomiin oli itse liittämisen aika. Liittäminen tapahtui kaivinkoneella nostamalla nostopuomia. Nostopuomin oli oltava kohtisuoraan liitoksen sauman kohdalla. Noston seurauksena ketjut kiristyvät entisestään, kun nostopuomi suoristui ja veti sauman kiinni. Nostettaessa oli tarkkailtava ettei nosto aiheuttanut jo asennetun putken irtoamista tehdystä liitoksesta. Mikäli putki ei asettunut linjan mukaisesti, korjattiin toisen ketjun vetopituutta ja suoritettiin nostaminen uudelleen. Liitoksen tiiviyttä varmistettiin aina tarkastamalla liitos linjaston sisäpuolelta, koska ulkopuolelta tarkasteltuna 1400

mm hulelinjan liitos näytti siltä, että urospää ei olisi painunut muhviin täysin. Liitoksen todellisen onnistumisen näki parhaiten sisäpuolelta. Kun uusi betoniputki saatiin asetettua linjan mukaisesti, siirrettiin vastalaitte asennetun putken asennusreikiin ja tämä sama prosessi toistettiin aina uuden huleputken kanssa (kuva 26).

Kuva 26. Uuden huleputken urospään kohdistaminen muhviin, nostopuomin kallistaminen liitoksesta pois päin ja ketjujen virittäminen kireäksi vastalaitteesta nostopuomiin.

(Betoniteollisuus ry, 2017, s. 31).



#### 5.3.4 Hulevesilinjan kaivot

Hulelinjan liittäminen kaivoon oli tarkkuutta vaativa tehtävä, koska käsiteltävä kaivo oli raskas ja kyseiseltä tarkastuskaivolta linja jatkoi matkaa 107° lähtökulmalla. Kivenlahden kiertotien koko hulevesilinjan kaikki osat olivat EK-osia. Jokaisen kaivon nostamiseen käytettiin 4-haaraketjuja, joiden työkuorma oli jokaista nostotyötä varten riittävä. Jouduimme siis ensin rakentamaan hulelinjan ja asentamaan kaivon linjan päähän, koska kaivojen toimitukset viivästyivät. Ennen kaivon nostamista kaivantoon oli tarkistettava mittamiehen avulla, että kaivon asennusalusta oli oikeassa korossa rakennettuun hulelinjaan nähden ja merkata kaivon oikea sijainti. Kaivon nostaminen tapahtui HIAB-nosturiautolla, jonka työkuorma oli 6500 kg. Nosturiauton käyttäminen tässä tapauksessa oli välttämätöntä, koska kyseinen kaivo painoi noin 5000 kg ja liitostyö itsessään vaati suurta tarkkuutta, jota saimme järeällä nostokalustolla. Kaivon tiiviste, sekä siihen liittyvä huleputken urospää valettiin runsaalla betoni liukuvoiteella, jotta kappaleiden välinen kitka saatiin minimaaliseksi. Nosturiauto kannatteli kaivoa hieman ilmassa ja liitos painettiin kiinni sentti sentiltä rautakankia ja kaivinkonetta apuna käyttäen (kuva 27).

Kuva 27. Oikealla puolella 1200 mm hulelinja, jonka päähän asensimme tarkastuskaivon. Linja jatkui tästä kohti paikallavalettua kaivoa saman kokoisena. Vasemmalla puolella on jätevesilinja kaivoineen.



Kyseiseltä kaivolta hulelinjan jatkaminen onnistui helposti kärkikappaleella, joka mahdollisti linjan oikean mitoituksen paikallavalettavalle kaivolle. Linjastoon ja kaivoon kohdistuvat rasitteet voivat aiheuttaa pieniä siirtymäeroja tai painumia, joka johtaa liitoskohtien notkahtamiseen, eikä liitos ole tällöin enää tiivis. Kärkikappaleilla liittyminen kaivoon kuitenkin sallii tällaiset pienet siirtymäerot ja linjasto pysyy liitoskohdista tiiviinä. Tarkastuskaivo korotettiin oikeaan korkoonsa tasakannella, jossa oli 75 cm teleskooppi varsi. Työmaan kaksi muuta huleveden tarkastuskaivoa sijaitsivat täysin suoralla linjalla ja ne saapuivat työmaalle oikeaan aikaan. Kyseisien kaivojen asentaminen tapahtui käytännössä vastaavalla tavalla, mutta työ oli yksinkertaisempi, koska vesijuoksu lävisti tarkastuskaivot kohtisuoraan.

### 5.3.5 Jätevesilinjan rakentaminen

Jätevesilinjasto koostui yhtenäisestä EK-järjestelmästä, joka oli valmistettu sr-betonista, niin kuin myös hulevesilinja. Jätelinja rakennettiin 600 mm:n betoniputkista sekä tarkastuskaivoista. Linjaston rakentamiseen käytettiin pitkälti samaa kalustoa kuin hulevesilinjastoonkin. Erona oli vain putkien nostokalusto, sekä liittämiseen tarvittava kalusto. Jätevesilinjan putkien nostamiseen käytettiin asiaankuuluvia putkisaksia ( $\varnothing$  500-600 mm), joita nostettiin 1-haaraisilla nostoketjuilla, jotka oli kiinnitetty kaivinkoneeseen.

Kuva 28. Jätelinjan betoniputkien nostosakset  $\varnothing$  500-600 mm.



Betonisen jätevesilinjan rakentamista koskevat toimintatavat muistuttavat paljon edeltävän hulevesilinjan rakentamista. Jätevesiputkissa muhvin ulkoneva rakenne oli otettava huomioon asennusalustassa, samalla tavalla kuin vesijohtoputkienkin kohdalla. Kun betoniputki saatiin nostettua kaivantoon putkisaksia (kuva 28) apuna käyttäen, poistettiin aina tiivistettä suojaava solumuovi huolellisesti. Tämän jälkeen putkien muhvi- ja pistopää tuotiin mahdollisimman lähelle toisiaan, minkä jälkeen molemmat päät valettiin runsaalla betoniputkirasvalla, erityisesti muhvin tiiviste. Tämän jälkeen pelkkatukki asetettiin liitettävän betoniputken toiseen päähän. Kaivinkonekuski asetti kauhansa pelkkaa vasten ja painoi betoniputkea kohti liitosta, jalkamiehen käsimerkkien mukaisesti. Kun liitoskohta oli täysin pohjassa tarkastettiin putken suoruus

putkilaseria apuna käyttäen (kuva 29). Putken pienet suunnankorjaukset onnistuivat helposti asennetun putken toisesta päästä rautakangella taittaen. Putkien liittämiseen voidaan käyttää myös siihen tarkoitettua vetolaitetta ( $\varnothing$  225-600 mm putkille).

Kuva 29. J6-tarkastuskaivo (linjan viimeinen kaivo) ja siitä lähtevä jätelinja.



### 5.3.6 Jätevesilinjan kaivot

Jätevesikaivojen asentamiseen tarvittava kalusto oli vastaava kuin hulevesikaivojenkin asentamisessa ja toteutukseltaankin hyvin samantapainen. Apuna käytettiin myös mittamiestä, joka merkkasi kaivojen sijainnit asennusalustaan. Paikasta riippuen kaivot asennettiin, joko kärkekkappaleisiin tai vastaavasti suoraan betoniseen jätevesiputkeen (kuva 30). Kaivojen nostotyössä käytimme tela-alustaista kaivinkonetta ja 4-haaraketjuja. Kaivo nostettiin mahdollisimman lähelle tehtävää liitosta, jonka jälkeen poistimme solumuovin ja valemme

betoniputkirasvalla kaivon tiivisteiden sekä kärkekappaleen urospään. Tämän jälkeen kaivoa nostettiin hiukan ylös maasta ja liikutettiin kohti urospäätä jalkamiehen käsimerkkien mukaan. Lopuksi liitoksen pohjaan painamisessa käytettiin rautakankea, sekä pelkkatukkia, jonka avulla kaivon liitoskohta painettiin vielä täysin pohjaan. Kaivon kulmaa pystytettiin asennuksen jälkeen muuttamaan vielä helposti, kun kaivinkone nosti kaivoa jalkamiehen käsimerkkien mukaisesti ja jalkamies liikutti kaivoa rautakankea apuna käyttäen.

Kuva 30. Kärkekappaleilla liitetty jätevesikaivo.



#### 5.4 Virtaussulut

Virtaussulut asennettiin jokaisen kuuden paalulaatan väliin, josta ne nostettiin viistosti ylös, niin että vesihuoltolinjaston putket lävistivät käytettävän bentoniittimaton (kuva 31). Bentoniittimatto nostettiin suunnitelmien mukaisesti lopputäytön yläpintaan saakka kaivinkonetta ja jalkamiestä apuna käyttäen. Bentoniitti muuttui jo maaperän kosteuden johdosta tiiviiksi aineeksi, jota

arinarakenteessa liikkuvan veden oli vaikea läpäistä. Tiiviisti asennetun virtaussulun tarkoitus oli estää pohjaveden liikkuminen kiviainestäytöissä, mikäli vesihuoltolinjasto tarvitsee kaivaa jälkikäteen auki esimerkiksi korjaustyön takia. Bentoniittimaton säilömiseen kiinnitettiin erityistä huomiota, sillä se on säilytettävä suljetussa tilassa asentamiseen asti.

Kuva 31. Bentoniittimaton asennusta. Mattoon leikataan jalkamiehen toimesta reiät vesihuoltolinjoille.



## 5.5 Täyttötyö

Alkutäyttöihin käytimme 300 mm sg-vesijohdon kohdalla KaM 0...16 mm mursketta, jota kaivinkone levitti, niin että putken selkä jäi reilusti näkyviin, jonka jälkeen kyseinen kerros tiivistettiin pyöreäalustaisella maantiivistäjällä. Aluksi tehtiin jokaiselle putkelle sivutäytöt, millä estettiin putken liikkuminen sivusuunnassa lopullisesti. Hulevesilinjalle (1200 mm ja 1400 mm) käytettiin sivutäytöksi KaM 0...32 mm mursketta. Jätevesilinjalle, joka oli kooltaan 600 mm

käytimme sivutäyttöksi myös KaM 0...32 mursketta. Jokainen putki siis tuettiin 300 mm paksulla sivutäyttöillä aluksi, joka tiivistettiin.

Kuva 32. Alkutäyttöjen tekoa hule- ja jätevesilinjalle.



Tiivistyksessä käytettiin pyöreää maantiivistäjää (keskipakoisvoima 14 kN) vesijohdon alkutäyttöille, sekä suurempaa maantiivistäjää (keskipakoisvoima 55 kN) huleveden ja jäteveden linjojen tiivistämiseen. Alkutäytöt jatkettiin loppuun hulelinjan ja jätevesilinjan osalta KaM 0...90 mm murskeella (kuva 32). Vesijohtona toimivan sg-putken alkutäytöt tehtiin kokonaisuudessaan KaM 0...16 mm murskeella. Alkutäyttöä tiivistettiin aina 300 mm:n kerroksina ja tätä täyttötyötä jatkettiin kunnes alkutäyttö ulottui 300 mm putken laen yläpuolelle. Lopputäytöissä käytimme myös 100-200 mm välpättyä kiviainesta. Tämän kerroksen päälle ajoimme työmaalta kertyneitä kaivumaita, joka oli tässä tapauksessa moreenia. Putkilinjat sijaitsivat liikennealueiden ulkopuolella.

## 5.6 Viemärien kuvaus sekä peilaus, ja vesijohdon painekoe

Viemäriinlinjojen rakentamisen ja täyttötöiden jälkeen oli todennettava, että linjasto täytti sille asetetut laatuvaatimukset. Koska työmaamme sijaitsee Espoon Kivenlahdessa vastasi HSY rakennettujen viemäreiden hyväksymisestä. Viemäreille tilattiin TV-kuvauksen heti, kun linjat saatiin rakennettua. Kuvaus suoritettiin ohjattavalla ryömijällä, joka videoi molempien linjojen rakenteen putken sisäpuolelta ja otti samalla still-kuvia mahdollisista ongelmakohtista. Tapauksessamme linjastoissa ei havaittu mitään vikoja. Tätä auttoi paalulaattaperustus, sekä huolellisesti tehty tiivistystyö, jotka ehkäisivät linjastojen painumista ja vaurioitumista. Lopuksi viemärit peilattiin, jotta nähtiin että linjastoihin ei ole syntynyt tukkeutumia. Peilauksessa laskettiin toisesta kaivosta kirkas valaisin alas, joka suunnattiin haluttuun linjaan, niin että valo näytti linjan läpi toiseen kaivoon. Linjan toisesta päästä laskettiin kaivoon peili, josta nähtiin kuinka selkeästi valo tulee kyseisen linjan läpi. Valmiin vesijohdon laaduntarkastelumenetelmänä toimi painekoe.

Koska rakentamaamme vesijohtoa ei otettu käyttöön urakkamme loputtua, vaan se tultiin liittämään ja jatkamaan muun urakoitsijan puolesta, kyseisestä linjasta ei otettu vesinäytettä. Tässä tapauksessa jouduimme tilaamaan HSY:ltä painekoetta varten vesitankilla varustetun kuorma-auton, jotta saimme vesijohtolinjan täyteen vettä. Kun linjasta oli saatu kaikki ilma pois ja vesijohto oli täyttynyt täysin vedellä pystyttiin painekoe aloittamaan. HSY:n alueella painekokeessa pidettiin 13 baarin painetta tunti, jonka jälkeen paine laskettiin kahdeksi tunniksi 10 baariin (kuva 33). Painekoe oli onnistunut, kun paine putkessa ei laske, vaan pysyy tasaisesti asetetussa arvossa.

Kuva 33. Painekekeen suorittaminen 300 mm sg-vesijohdolle. Painemittari makaa työnaikaisen vesijohdon päällä.



## 6 Työturvallisuus

Työmaalla työskenneltäessä jokaisen oli noudatettava GRK Infran laatimia turvallisuussuunnitelmia. Työmaalle saavuttaessa jokainen vaihtoi päälleen asianmukaiset työturvallisuusvarusteet, johon kuuluivat kypärä, suojalasit, kuulosuojaimet tarvittaessa, varrelliset turvakengät, työhanskat sekä huomiovaatetus. Vesihuoltolinjojen putkien nostotyö oli erityisen riskialtis tehtävä, jossa oli oltava täysin varma putken lukittumisesta nostolaitteeseen. Putkia ei saanut nostaa yhdenkään henkilön yli, eikä taakan alta saanut kulkea sitä nostettaessa. Eri työtehtävissä oli huomioitava tehtävän erityispiirteet ja sen edellyttämät turvallisuusvaatimukset. Esimerkiksi tulitöissä oli käytettävä palosuojattuja suojavarusteita ja lähettyvillä oli oltava

sammutuskalusto. Työmaakohtaista turvallisuutta valvottiin viikoittaisilla MVR-mittauksilla, joissa ilmenneet turvallisuuspuutteet korjattiin heti. Työntekijöiden ja erityisesti konekuskien oli kiinnitettävä erityistä huomiota kevyenliikenteen käyttäjiin, joiden oli päästävä kulkemaan turvallisesti ja kitkattomasti.

## 7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia raportinomaisen ohjekortti, jota työtehtävän suorittaja, sekä työmaamestari voisivat hyödyntää samankaltaisissa työtehtävissä. Itse vesihuoltolinjaston ja paalulaatan rakentamisen lisäksi tarkoituksena oli tuoda esiin niitä edeltäviä työvaiheita, sekä läpikäydä niiden tarkoitusperää. Onnistuimme Kivenlahden kiertotiellä sovittamaan kaikki työtehtävät hienosti yhteen, niin että turhaa odotteluaikaa ei syntynyt ja kustannustehokkuus säilyi siltä osin. Yhteenvedossa olen koonnut eri tehtäviä, joiden huomioiminen on ensisijaista, jotta päästään kustannustehokkaaseen lopputulokseen.

Pontituksessa ja paalutuksessa käytettävän kaivinkoneen saapuessa työmaalle on sille yhteensovitettava niin paljon tehtävää työtä kuin mahdollista ja valmisteltava mestat. Mikäli pontteja nostetaan ylös täytetystä kaivannosta, on uuden solkitason oltava jo valmiina oikeassa paikassa, jotta nostettavia pontteja voidaan lyödä uudestaan solkitasoa sabluunana käyttäen. Tästä Hitachin 32 t painavan kaivinkoneen on hyvä jatkaa seuraavalle kaivannolle lyömään paaluja, kun kaivanto on esivalmisteltu tätä varten. Juuri pontitetun kaivannon kaivutyö on aloitettava heti, kun kaivinkone siirtyy paaluttamaan uutta paalulaattakaivantoa. Tähän kokonaisuuteen on sovittava kaivannon kaivumaiden pois kuljettaminen, mikäli läjitysmaikaa tai kaivumaille sopivaa kohdetta ei työmaalla ole. Logistiikan yhteensovituksessa on huomioitava kaivumaan koostumus, joka vaikuttaa kaivutyön nopeuteen ja varattavien kuorma-autojen määrään. Kaivumaiden kuormauksessa on huomioitava myös käytettävän kaivinkoneen kaivukyky ja nopeus, jotta konetta ei jouduta seisottamaan, kun maita ajetaan pois.

Vesijohtolinjoja rakennettaessa on tarvittavien putkien säilöntäpaikan oltava kurotusetäisyyden päässä putkitustyötä tekevästä kaivinkoneesta. Putkia asennettaessa asennusalueelle kuorma-autot voivat kasoittaa tarvittavia täyttömateriaaleja lähelle kaivantoa, jotta putkitustyön mestojen loppuessa kesken voidaan aloittaa suoraan alkutäytöt ja jatkaa taas siitä arinoiden tekoa

putkilinjoille. Näin kaivinkoneen sekä jalkamiehen työtehtävä jatkuu yhtäjaksoisesti, eikä kiviaineksia tarvitse odottaa. Suurempien kaivojen asentamista ja nostotyötä varten on varattava riittävästi nostokykyä. Putkitustyössä käyttämämme tela-alustainen kaivinkone oli 24 t painoinen ja vaikka kone pystyikin nostamaan 6 t painoista tarkastuskaivoa, ei se kuitenkaan kykene liikuttamaan sitä asennustyön tarkkuutta vaativalla tavalla. Nostotyöt on siis suunniteltava etukäteen, niin että ajoneuvonosturilla on sille suunniteltu nostopaikka sekä tarvittavat nostovälineet.

Kaivantoon nostettaessa paalulaatan harjateräksiä, kaivoja tai vesihuoltolinjaston putkia on huomioitava kaivannon solkitasot ja erityisesti niiden poikittaispalkkien sijainti. Jo kaivannon kaivutyön kannalta on varmistuttava, etteivät poikittaiset palkit ole missään kohdassa liian lähekkäin toisiaan, koska tällöin liejusaven poistaminen poikittaisten palkkien ahtaista väleistä on todella hidasta. Tuentatasojen poikittaispalkit eivät siis saa olla minkään nostotyön tiellä, mutta niiden korkotaso on myös huomioitava. Tapauksessamme rakensimme 1200 mm ja 1400 mm hulevesilinjaa, jonka asentaminen vaatii putken selän yläpuolelle tilaa, eivätkä poikittaispalkit saa olla tällöin liian matalalla, jolloin putkitustyö ei onnistu.

Kustannuksissa olisi voitu tehdä isoja säästöjä perustustapaa muuttamalla, mutta muut perustusratkaisut eivät olisi toimineet kyseisessä kohteessa. Paalulaattaperustus oli tässä tapauksessa ainoa toimiva vaihtoehto, sillä mitkään muut kantavuutta lisäävät teräslevyarinat, puuarinat tai puhumattakaan lujitekankaat eivät anna näin järeälle vesihuoltolinjastolle vaadittavaa kantavuutta ja tukea näin vetisessä savi maaperässä. Koska Kivenlahdessa savikerros oli paksuudeltaan 6 metriä, on kantavuutta haettava pohjamoreenista sekä kalliosta paaluilla. Vaihtoehtona voitaisiin pitää maaperän stabilointia, mutta sen toteutus olisi ollut teknisesti haastava isojen irtokivien takia.

Mielestäni sain lopputuotteeksi kasattua kattavan ohjekortin vesihuoltolinjaston rakentamisesta paalulaatalle ja siihen liittyvistä valmistelevista työvaiheista. Uskon että tämä opinnäytetyö palvelee hyvin työtehtävän toteuttajaa, sekä työmaamestaria kyseistä työtehtävää suoritettaessa.

## Lähteet

ArcelorMittal. (2020). *Combined walls*.

<https://sheetpiling.arcelormittal.com/products-services/production-range/combined-walls/>

Betoniteollisuus ry. (2019). *Pienrakentajan betoniopas*.

<https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/Pienrakentajan-betoniopas-netti-1.pdf>

GRK. (2020). *Konserni*.

<https://www.grk.fi/konserni/>

HSY. (2019). *Verkostosuunnittelukäytännöt*.

[https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/HSY\\_VERKOSTOSUUNNITTELUK%C3%84YT%C3%84NN%C3%96T\\_2019.pdf](https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/HSY_VERKOSTOSUUNNITTELUK%C3%84YT%C3%84NN%C3%96T_2019.pdf)

Inox. (2020). *Ruostumaton teräs*.

<https://www.inox.fi/tietoa-teraksesta/miksi-ruostumaton-teräs-on-ruostumaton>

Liebherr R924. (2019). *Crawler Excavator*.

<https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/1478709/R924-Tier4Final-US-PI-2021-01.pdf>

Liikennevirasto. (2018). *Vesihuoltoverkostot ja maantiet*.

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-06\\_vesihuoltoverkostot\\_maantiet\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-06_vesihuoltoverkostot_maantiet_web.pdf)

Movax. (2019). *Sivuoteiskijät SG-60*.

<https://www.movax.com/fi-FI/tuotteet-ja-palvelut/sivuoteiskijat/sg-60/?pdf=1>

Muoviteollisuus. (2012). *Paineputkijärjestelmät polyeteenistä (PE)*.

<https://www.uponor.fi/search-page?q=muoviteollisuus&contentType=Download>

Jääskeläinen, R. (2009a). *Maarakennuksen ja louhinnan perusteet*. Tammertekniikka.

Jääskeläinen, R. (2009b). *Geotekniikan perusteet*. Tammertekniikka.

Rakennustieto. (2018). *Vesijohtoputkistot 31300.1.*

[https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/pdfpopup.html.stx?document=/InfraRYL/2018\\_1/tl/3/31/313/31300\\_Vesijohdot.xml&id=TL31300id1756360\\_2018\\_1&mode=exclude&excl=none](https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/pdfpopup.html.stx?document=/InfraRYL/2018_1/tl/3/31/313/31300_Vesijohdot.xml&id=TL31300id1756360_2018_1&mode=exclude&excl=none)

Rakennustieto. (2015). *Ponttiseinät 16320.*

[https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/pdfpopup.html.stx?document=/InfraRYL/2018\\_1/tl/1/16/163/16320\\_Ponttiseinat.xml](https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/pdfpopup.html.stx?document=/InfraRYL/2018_1/tl/1/16/163/16320_Ponttiseinat.xml)

Rakennustieto. (2018). *Maakaivannot 16200.*

[https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/pdfpopup.html.stx?document=/InfraRYL/2018\\_1/tl/1/16/162/16200\\_Maakaivannot.xml&id=TL16200id1656335\\_2018\\_1&mode=exclude&excl=](https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/pdfpopup.html.stx?document=/InfraRYL/2018_1/tl/1/16/162/16200_Maakaivannot.xml&id=TL16200id1656335_2018_1&mode=exclude&excl=)

RIL 124-2. (2004). *Vesihuolto 2.* Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry

RIL 263. (2014). *Kaivanto-ohje.* Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry

RIL 166. (1986). *Pohjarakenteet.* Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry

Saint-Gobain PAM. (2019). *Natural ja Blutop-paineputkijärjestelmät.*

<https://www.pamline.fi/materiaalipankki/hinnasto-ja-esitteet>

SSAB. (2019). *RR- ja RD- paalut suunnittelu- ja asennusohjeet.*

<https://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/infrastrukturi/infrastructure-downloads>

SGY. (1980). *Kairausoppaat.*

<https://sgy.fi/toiminta/julkaisut/>

