

Sementillä tehtävien injektointien laadunvarmistus

Tommi Pentikäinen

Rakennusmestari (AMK) -tutkinnon opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Vaasa 2024

DEGREE THESIS

Author: Tommi Pentikäinen

Degree Programme and place of study: Construction supervisor, Vaasa

Specialisation: Construction and Civil Engineering

Supervisor: Tom Lipkin

Title: Quality Assurance of Cement Injections

Date: 7.4.2024 Number of pages: 24 Appendices: 3

Abstract

In this thesis, the focus is on the quality assurance of injections and related work methods. The main purpose of the thesis is to provide current and future supervisors with an understanding of the importance of quality assurance in anchoring. The thesis is commissioned by Kruunusillat Alliance, responsible for the construction of the tramway between Hakaniemi and Kruunuvuorenranta in Helsinki.

The thesis discusses key factors and work methods in the quality assurance of anchoring. The goal is to educate supervisors on how quality assurance in anchoring affects the overall project. The role of Kruunusillat Alliance as the client in the Helsinki tram project emphasizes the significance of quality assurance, especially when aiming to implement a demanding infrastructure project in the city center.

Through the research, the aim is to create an understanding of the importance of injections as part of anchoring and to provide practical tools for quality assurance. The thesis supports Kruunusillat Alliance in ensuring that high-quality work is carried out in the anchoring aspect of the Helsinki tram project, which is an essential part of the project's success and long-term durability.

Language: Finnish

Key Words: Anchorages, quality assurance, cement, injection, drilling

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Tommi Pentikäinen

Koulutus ja paikkakunta: Rakennusmestari (AMK), Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Infrarakentaminen

Ohjaaja: Tom Lipkin

Nimike: Sementillä tehtävien injektointien laadunvarmistus

Päivämäärä 7.4.2024 Sivumäärä 24 Liitteet 3

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä keskitytään sementillä tehtävien injektointien laadunvarmistukseen ja siihen liittyviin työmenetelmiin. Työn päätarkoituksena on antaa nykyisille ja tuleville työnjohtajille ymmärrystä ankkuroinnin laadun varmistuksen tärkeydestä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Kruunusillat Allianssi, joka vastaa Helsingissä Hakaniemen ja Kruunuvuorenrannan välisen raitiotien rakentamisesta.

Opinnäytetyössä käsitellään ankkuroinnin laadunvarmistuksen keskeisiä tekijöitä ja työmenetelmiä. Tavoitteena on kouluttaa työnjohtajia ymmärtämään, kuinka ankkuroinnin laadunvarmistus vaikuttaa kokonaisuuteen. Kruunusillat Allianssin rooli rakennuttajana Helsingin raitiotiehankkeessa korostaa laadunvarmistuksen merkitystä, kun tavoitteena on toteuttaa vaativa infrastruktuuriprojekti kaupungin keskustassa.

Tutkimuksen avulla pyritään luomaan ymmärrystä injektointien merkityksestä ankkuroinnin osana sekä tarjoamaan käytännön työkaluja laadunvarmistukseen. Opinnäytetyö tukee Kruunusillat Allianssia varmistamaan, että Helsingin raitiotiehankkeessa toteutetaan ankkuroinnin osalta korkealaatuista työtä, mikä on olennainen osa projektin onnistumista ja pitkäaikaista kestävyyttä.

Kieli: Suomi

Avainsanat: Ankkurointi, laadunvarmistus, sementti, injektointi, poraus

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Toimeksiantajan kuvaus	1
3	Ankkurointityö	1
3.1	Termistö	3
3.2	Korroosiosuojaus	5
3.3	Porauskalusto.....	6
3.3.1	Uppovasara.....	7
3.3.2	Päättä lyöväkalusto	8
3.3.3	Injektointiasema	8
3.3.4	Täyttöletku.....	9
3.4	Työvaiheet.....	9
3.4.1	Poraus	9
3.4.2	Huuhtelu	10
3.4.3	Vesimenekkikoe.....	10
3.4.4	Esi-injektointi	11
3.4.5	Ankkurin asennus ja kiinni injektointi	12
3.4.6	Jälki-injektointi.....	12
3.4.7	Koeveto ja jännitys	13
3.5	Tartuntaan vaikuttavat seikat	15
4	Laadunvarmistus.....	16
4.1	Dokumentaatio	16
4.2	Alkutestaus ja Injektointityö	17
4.3	Laastin testaus	17
5	Haastatteluiden yhteenveto.....	19
6	Johtopäätökset ja suositukset	20
	Lähteet.....	22
	Kuvat.....	23
	Liitteet.....	24

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ankkuroinnin perusteet, kalusto, työvaiheet sekä laadunvarmistus toimenpiteet. Toimeksiantajana on Kruunusillat Allianssi, joka rakentaa Helsingissä Laajasalon ja Hakaniemen välisen raitiotieyhteyden ja Merihaansillan sekä liittyviä katurakennushankkeita. Toimeksiantajalle on tehty luottamuksellinen laadunvarmistuksen ohjekortti, jota ei julkaista tämän työn yhteydessä.

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena tarkoitus on opettaa tulevia ja nykyisiä työnjohtajia ymmärtämään kallioankkuroinnin sekä sementillä tehtävien injektointien laadunvarmistus. Haastatteluissa kävi ilmi, että aiheesta ei ole Suomessa juurikaan koulutusta sekä laadunvarmistuksen toimenpiteet ja ohjeet ovat hankalasti saatavilla. Laadunvarmistus sekä dokumentaatio on ankkuroinnin tärkein työvaihe.

2 Toimeksiantajan kuvaus

Kruunusillat Allianssi edustaa Helsingissä toteutettavaa raitiotiehanketta, joka ilmentää kaupunkirakentamisen huipputaamista. Kruunusillat-hankkeessa suunnitellaan kaupunkia kokonaisvaltaisesti, toteutetaan vaativaa infrarakentamista ja tarjotaan kestävä liikkumisvaihtoehto kaupunkilaisille. Projektin puitteissa rakennetaan paitsi raitiotie, myös useita siltoja, uudistetaan ja rakennetaan katuinfrastruktuuria, tehdään ranta- ja vesirakentamista sekä suoritetaan korjaustoimenpiteitä esimerkiksi viemäreiden, vesi- ja sähköjohtojen sekä telekaapeleiden osalta.

Kruunusillat Allianssi toimii toteuttajana tässä mittavassa rakennushankkeessa, joka kattaa Laajasalon ja Hakaniemen välisen raitiotieyhteyden, sekä siihen liittyvät katurakennushankkeet Helsingissä. Kruunusillat-yhteys muodostaa 10 kilometrin mittaisen raitiotieyhteyden, joka yhdistää Laajasalon, Korkeasaaren ja Kalasataman Helsingin keskustaan.

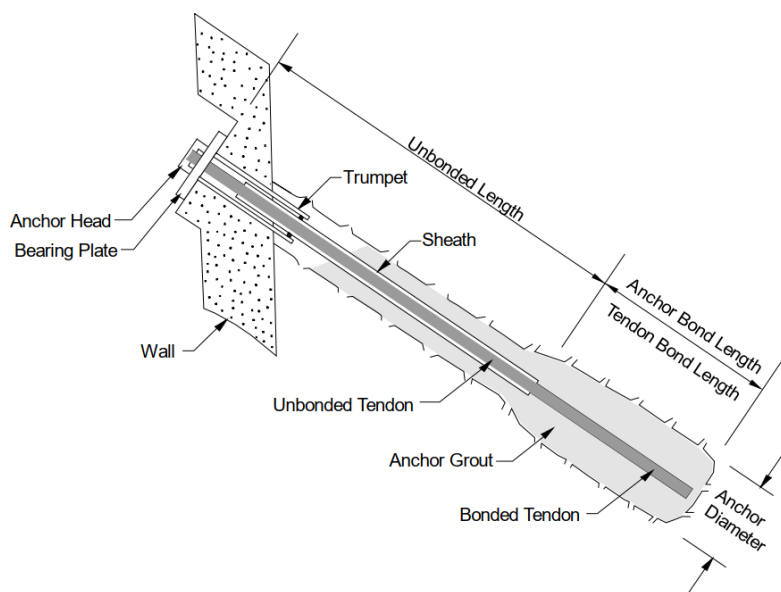
3 Ankkurointityö

Suomessa käytetään pääasiassa kallio sekä maa-ankkureita. Tyypillisiä käyttökohteita ankkureille ovat tuulivoimalat, sillat, rakennukset, työmaanosturit sekä tukiseinät.

Ankkurilla tarkoitetaan tankoa tai punosta, joka on juotettu kallioon tai maahan injektointilaastilla. Ankkurin tarkoitus on välittää yläpuolisen rakenteen vetokuormat peruskallioon tai maahan. Ankkuri muodostuu tartuntaosuudesta sekä venymäosuudesta. Tartuntaosuudella tarkoitetaan osuutta, joka on juotettu maahan tai kallioon kiinni, joka ottaa kaikki kuormat vastaan. Venymäosuudella tarkoitetaan osuutta, jota ei ole juotettu kiinteästi kiinni kallioon tai maahan, joka venyy, kun ankkuria jännitetään. Suomessa pääasiassa käytetään punos sekä tanko ankkureita.

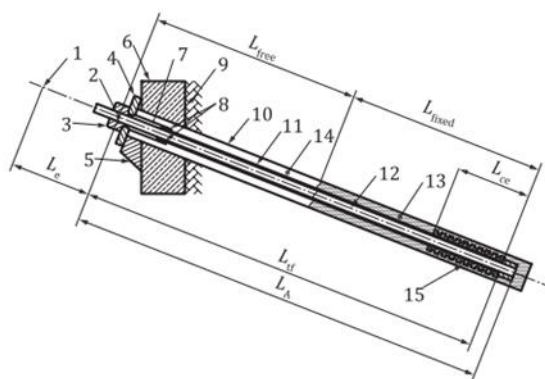
Maa-ankkureita käytetään silloin kun kallionpinta ei ole sopivalla etäisyydellä eikä sitä ole taloudellisesti järkevä tavoitella. Maa-ankkurin perusajatuksena on se, että ankkurin varsinaisen ankkurointi osan ympärille saadaan puristettu sementtiä niin että siitä syntyy lieriömäinen betonikappale. Kuvassa 1 esitetään periaate maa-ankkurin rakenteesta ja tartunnasta. Kuvassa 2 esitetään periaate kallioankkurin rakenteesta ja tartunnasta.

(Jääskeläinen, 2016)



Kuva 1: Maa-ankkurin periaate

(FHWA-IF-99-015, 1999)



Selite

- 1 ankkurointipiste tunkissa jännityksen aikana
- 2 ankkurointipiste ankkurin päässä ankkurin käytön aikana
- 3 ankkurin päässä oleva jännityselementti (mutteri tai putki ja kiila)
- 4 aluslevy
- 5 ankkurituki
- 6 tuettava rakenne
- 7 trumpetti tai ankkurin pään suoja-putki
- 8 O-rengas
- 9 maa tai kallio
- 10 porattu asennusreikä
- 11 suoja-putki
- 12 ankkurijänne
- 13 tartuntapituuden injektointiaine
- 14 vapaan pituuden täyttö tarvittaessa
- 15 puristuselementti, paisuntakuori

Kuva 2: Kallioankkurin periaate
(SFS-EN-ISO-22477-5:2018, 2018)

3.1 Termistö

Ankkurin pää: Maa- ja kallioankkurin osa, joka välittää vetokuorman jänteestä aluslevyyn tai rakenteeseen

Ankkurijärjestelmä: Järjestelmä, joka koostuu määritellyistä osista ja materiaaleista, jotka yhdessä muodostavat maa- ja kallioankkurin

Hyväksyntäko: Koekuormitus, jolla varmistetaan, että jokainen ankkuri on hyväksymiskriteerien mukainen

Jänteen näennäinen vapaa pituus: Jänteen pituus, jonka arvioidaan olevan täysin irti ympäröivästä injektointiaineesta ja joka lasketaan kokeista saatujen kimmoisen alueen kuorma-siirtymätietojen perusteella

Porareiän halkaisija: Porareiän läpimitta, joka määritetään poranterän tai suoja putken läpimitan mukaan laajennuksia huomioimatta

Puristusankkuri: Maa- ja kallioankkuri, jonka kuorma välittyy injektioaineesta irti olevan teräsjänteen kautta porareiän pohjalle ja sieltä puristuselementin ja porareiän injektoidun osuuden kautta maaperään

Puristuselementin pituus: Puristusankkurin kuormituksen siirtoon käytettävän puristuselementin pituus

Jatkosmuhvi: Laite, jolla ankkurin jänteen muodostavat tangot tai punokset liitetään yhteen

Kriittinen virumakuorma: Ankkurikuorma, joka vastaa ankkurikuorman ja virumisnopeuden kuvaajan ensimmäisen lineaarisen osan loppupistettä

Alkukuorma: Ankkurin kuormitustaso, josta ankkurin pään siirtymä mitataan jännityskokeen aikana

Kotelointi: Korroosiosuojasulku, joka on yleensä jänteeseen lisätty muovi- tai metalliputki

Ankkurin tartuntapituus: Ankkurin suunniteltu pituus, jonka välityksellä kuorma välitetään ympäröivään maaperään injektointiainepeitteen kautta

Ankkurin vapaa pituus: Tartuntapituuden ankkurin päätä lähempänä olevan pään ja ankkurin päässä olevan ankkurointipisteen välinen etäisyys

Maa- ja kallioankkuri: rakenneosana, joka pystyy välittämään siihen vaikuttavan vetovoiman kuormitusta kestäväan kerrokseen ja joka koostuu ankkurin päästä, ankkurin vapaasta pituudesta ja ankkurin tartuntapituudesta

Injektointiaine: Sideaineen, kovetteen tai molempien (yleensä sementin) sekä veden nestemäinen seos, joka kovettuu, kun se on valettu paikoilleen

Tutkimuskoe: Koekuormitus, jolla varmistetaan ankkurin tartuntakestävyys maaperän ja injektointiaineen rajapinnassa ja määritetään ankkurin ominaisuudet työskentelyalueella

Jättökuorma: Ankkurin päähän heti jännityksen jälkeen siirtyvä kuorma

Pysyvä ankkuri: Ankkuri, jonka suunniteltu käyttöikä on yli kaksi vuotta

Koekuorma: Suurin testattavaan ankkuriin kohdistettava kuorma

Soveltuvuuskoe: koekuormitus, jolla varmistetaan, että tietty ankkurin mitoitus on riittävä tietyissä pohjaolosuhteissa

Väliaikainen ankkuri: Ankkuri, jonka suunniteltu käyttöikä on kaksi vuotta tai vähemmän

Jänne: Maa- ja kallioankkurin osa, joka pystyy siirtämään vetokuorman ankkurin tartuntapituudelta ankkurin päähän

Jänteen tartuntapituus: Jänteen pituus, joka kiinnittyy suoraan injektointiaineeseen ja joka pystyy välittämään vaikuttavan vetokuorman

(SFS-EN-1537:2013, 2013)

3.2 Korroosiosuojaus

Pysyvien maa- ja kallioankkurien jänteen korroosiosuojauksen tulee sisältää vähintään yksi yhtenäinen kerros korroosiota estävää materiaalia, jonka eheyden on säilyttävä ankkurin suunnitellun käyttöiän ajan. Kaikissa asennetuissa tangoissa, punoksissa ja koteloinneissa on oltava vähintään 10 mm:n injektointiainekerros tartuntapituudella.

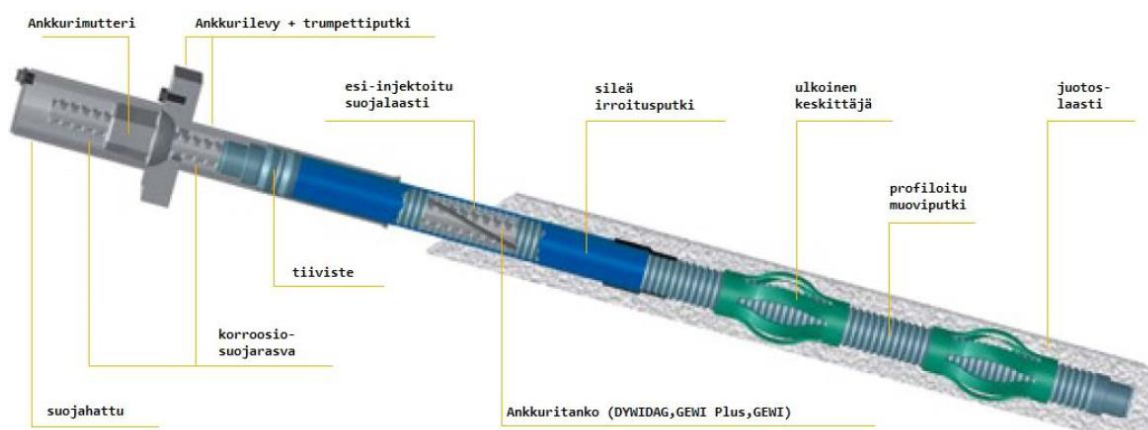
Jänneissä ei saa olla pistekorrosiota ennen korroosiosuojauksen levittämistä. Pieni pintaruoste sallitaan ennen sementti-injektointiaineen tai korroosionestoaineen levittämistä.

Injektointiaineessa ei saa käyttää lisäaineita, jotka sisältävät yli 0,1 prosenttia klorideja, sulfideja tai nitraatteja. Kuvassa 3 esitetään työmaalla toteutettu kallioankkurin jatkoksen korroosiosuojaus. Kuvassa 4 esitetään kallioankkurin korroosiosuojan periaate.

(SFS-EN-1537:2013, 2013)



Kuva 3: Kallioankkurin korroosiosuojattu jatkos



Kuva 4: Periaatekuva korroosiosuojauksesta (Tensicon Oy 2024)

3.3 Porauskalusto

Suomessa ankkurireikien porauksessa käytetään tyypillisesti päältä iskevää porauskalusto sekä paineilmalla toimivaa uppoasaraa, haastavissa pohjaolosuhteissa käytetään vesivasaraa. Päältä iskevä porauskalusto sopii lyhyisiin sekä pieniin kallioreikiin, uppoasara sopii isompien sekä syvempien reikien poraukseen. Tyypillisesti kallioreikien koko on 50–203 mm. Haastatteluiden perusteella voidaan sanoa, että suurimmat sekä puhtaimmat reiät tulee uppokalustolla.

3.3.1 Uppovasara

Uppovasaran perustava porauslaitteisto poravasara on yleensä pneumaattinen tai vesikäyttöinen. Laitteeseen liittyy myös hydraulinen pyöritysyksikkö sekä poraustangot.

Uppovasara mahdollistaa jopa 1200 mm halkaisijaltaan olevien paalujen tai kallioreikien poraamisen. Paalun pituudella ei käytännössä ole merkittävää vaikutusta poraustehoon tai asennuspituuteen. Kokemusten perusteella uppovasaralla asennetut porapaalut ja kallioreiät ovat yleensä suurempia verrattuna päältä vasaralla porattuihin. Kuvassa 5 esitetään uppo-vasaran rakenne.

(RIL-254-2-2016, 2016)

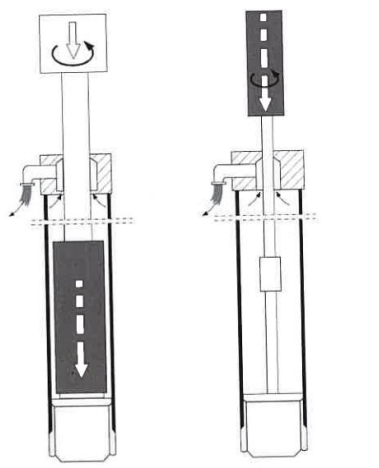


Kuva 5: Uppovasaran räjäytyskuva

(Mincon, 2024)

3.3.2 Päältä lyöväkalusto

Pneumaattinen poravasara toimii paineilman avulla, ja sen iskuluku vaihtelee välillä 1600–3400 iskuja/min. Hydraulinen poravasara käyttää hydraulista voimaa, jonka iskulukualue on 2000–4000 iskuja/min. Päältä lyövä poravasara kohdistaa iskun porausputken sisällä olevaan poraustankoon, jokainen jatkos pienentää poraustehoa. Päältä lyövällä porauskalustolla voidaan porata enintään 200 mm halkaisijaltaan olevaa porausputkea tai kallioreikää. Kuvassa 6 esitetään päältä lyövä vasaran toiminta periaate.



Kuva 6: Päältä lyövä vasaran toimintaperiaate

Lähde: RIL-254-2-2016 sivu 210

3.3.3 Injektointiasema

Ankkuroinnissa käytetään kolloidisekoittimia mitkä koostuvat monesta eri osasta: Mikseri, välihämmennin, sekä mäntäpumpusta. Laitteiston pumppausnopeutta sekä pumppauspainetta pitää pystyä säätämään. Laitteiston pakollisiin varusteisiin kuuluu vesimittari, jolla annostellaan vesi sekä painemittari, painemittarin avulla voidaan tarkkailla, ettei letkusto tukkeudu kesken injektoinnin. Laitteisto tulee testata ennen käyttöönotto. Kuvassa 7 esitetään tyyppillinen injektointiasema.



Kuva 7: Injektointi-asema

3.3.4 Täyttöletku

Täyttöletkun tulee olla kovaa muoviputkea, jossa on mittamerkit 5 m välein. Kokemuksen perusteella paras täyttöletku on kovamuoviputki, joka on sisähalkaisijaltaan 25 mm (siniraita PEM 25 mm)

3.4 Työvaiheet

3.4.1 Poraus

Poraus tehdään tarkasti suunnitelmien mukaan, niin että häiritsee maaperää mahdollisimman vähän. Jos porausta ei päästä aloittamaan suoraan kallion päällä silloin poraus joudutaan aloittamaan maaputkella, kun putki on saavuttanut kallion putki, porataan tyyppillisesti kallioon $d \times 3$. Tämän jälkeen porataan kallioreikä suunnitelmien mukaan. Jos poraus päästään aloittaa suoraan kallion pinnasta silloin ei tarvitse erillisestä suojaputkea. Porauksen aikana tarkkaillaan kallionlaatua. Tyypillistä poraus pituutta ei ole, porauspituudet vaihtelevat 50 cm – 60 m. Porauksista tulee tehdä pöytäkirja josta selviää seuraavat asiat:

- Tunniste numero
- Porauspäivämäärä

- Maaputken pituus
- Kallioporauksen pituus
- Muut huomiot

3.4.2 Huuhtelu

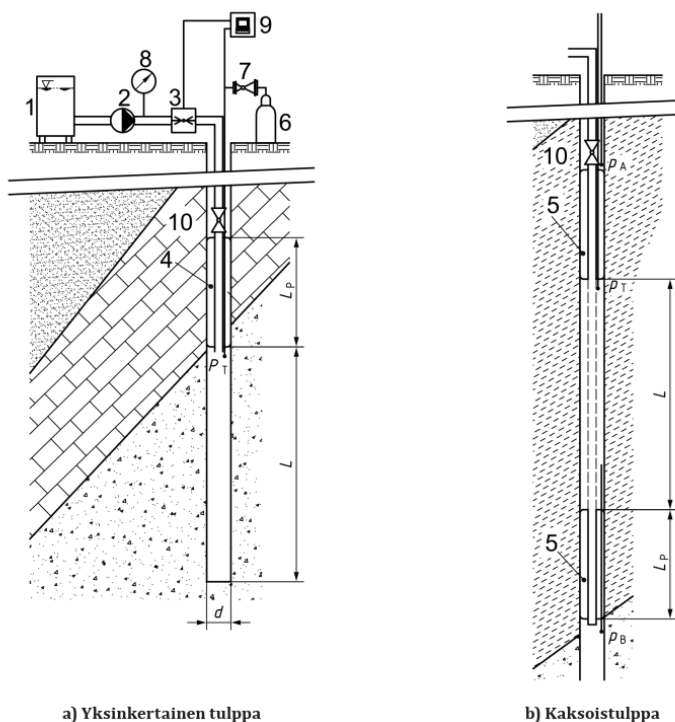
Huuhtelun tarkoitus on puhdistaa reikä porasoijasta. Parhaimman tulouksen saa, kun huuhtelu tehdään heti porauksen jälkeen, ilmaa ja vettä hyväksi käyttäen. Reikä puhalletaan tyhjäksi muutamia kertoa pohjalta ylöspäin.

3.4.3 Vesimenekkikoe

Vesimenekkikokeen avulla voidaan arvioida sementti-injektointiaineen hävikin todennäköisyyttä kallioperässä sekä sillä saadaan tietoa kallioperän vedenläpäisevyydestä. Vedenläpäisevyys on kallioaineksen ominaisuus, joka kuvaa, kuinka helposti vesi kulkee kallioaineksen läpi. Vedenläpäisevyyteen vaikuttavat muun muassa kallion rakenne, rakojen ja halkeamien koko ja määrä sekä kallion huokosisuus. Reikään pumpataan vettä tietyllä paineella, ja mitataan, kuinka paljon vettä virtaa reiästä tietyn ajan kuluessa.

Esi-injektointia ei yleensä tarvita, jos porareissä tai ankkurin tartuntapituudella mitattu vuoto tai veden hävikki on alle 5 litraa minuutissa 0,1 megapascalin ylipaineella 10 minuutin aikana. Vesimenekkiä ilmaistaan Lugeon-yksiköillä (L). Kuvassa 7 esitetään vesimenekkikokeen periaate.

(SFS-EN-1537:2013, 2013)



(22282-3:2013, 2013)

Selite

- 1 Vesilähde
- 2 Pumppu
- 3 Virtausmittari
- 4 Yksinkertainen tulppa (paineella täytettävä)
- 5 Kaksoistulppa (paineella täytettävä)
- 6 Painekaasupullo
- 7 Säädin, jolla hallitaan paineella täytettäviä tulppia
- 8 Painemittari
- 9 Tietojen tallennusyksikkö
- 10 Sulkuventtiili
- L Koeosuuden pituus
- L_p Tulpan pituus
- p_T Tehollinen koepaine
- p_A Tulpan yläpuolinen paine (valinnainen)
- p_B Tulpan alapuolinen paine (valinnainen)

Kuva 8: Vesimenekikokeen periaate

(22282-3:2013, 2013)

3.4.4 Esi-injektointi

Esi-injektointi tehdään, jotta porareikä tiivistetään ja se ei vuoda injektointiainetta. Esi-injektointiaineena käytetään yleensä sementtipohjaista ainetta, mutta hiekka-sementti-injektointiainetta voidaan käyttää läpäisevissä maaperissä. Esi-injektointi suoritetaan

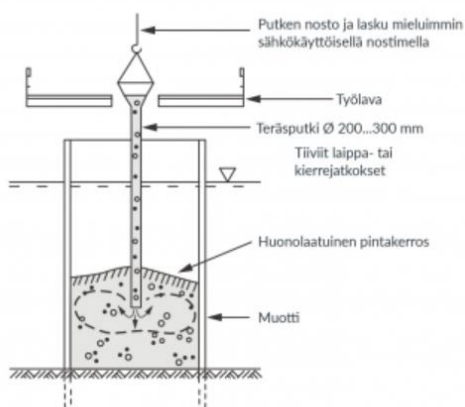
paineella tai ilman painetta. Yleensä auki poraus voidaan suorittaa 6–24 tuntia esi-injektionin jälkeen.

(SFS-EN-1537:2013, 2013)

3.4.5 Ankkurin asennus ja kiinni injektointi

Ankkurin kiinni injektointi tulee suorittaa mahdollisimman pian porauksen jälkeen. Kiinni injektoinnissa täyttö aloitetaan aina reiän pohjalta niin sanotulla contractor -menetelmällä, koko injektioinnin ajan on varmistettava, että täyttöputken pää pysyy injektointimassan sisällä. Injektointi on jatkettava, kunnes pinnalle nousevan injektointiaineen koostumus on sama kuin injektoidun injektointiaineen. Ankkuri asennetaan heti injektioinnin jälkeen paikoilleen. Kuvassa 9 esitetään contractor menetelmän periaate.

(SFS-EN-1537:2013, 2013)



Kuva 9: Vesimenekikokeen periaate

(BY-Koulutus, 2018)

3.4.6 Jälki-injektointi

Tietyntyypisissä maaperissä tai jos poraus- ja huuhtelumenetelmät heikentävät porareikää ympäröivää maaperää, voidaan käyttää jälki-injektointia tartuntapituudella. Jälki-injektointi voidaan suorittaa aikaisintaan 8–10 tuntia ensimmäisen injektioinnin jälkeen riippuen maaperäolosuhteista. Jälki-injektointi olisi suoritettava 24 tunnin kuluessa ensimmäisestä injektioinnista. Tämän jälkeen seuraavat jälki-injektioinnit voidaan suorittaa 10 tunnin välein.

(SFS-EN-1537:2013, 2013)

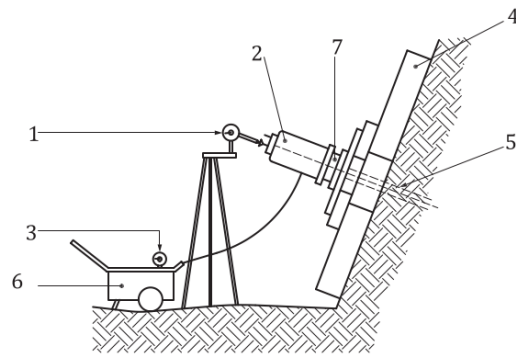
3.4.7 Koeveto ja jännitys

Ankkurien jännittäminen on tärkeä osa ankkurointityötä, se varmistaa, että ankkuri on riittävän luja kestämään suunnitellut kuormat. Ankkurien jännittämisessä on kaksi tärkeää tehtävää: Varmistaa ja dokumentoida ankkurin siirtymä suhteessa aikaan koekuormaan asti. Tämä tehtävä on tärkeä, jotta voidaan varmistaa, että ankkuri on jännitetty oikein ja jännittää jänne ja ankkuroida se sen jättökuormalla.

Ankkurien jännittäminen on vaarallista työtä, joten sitä tulee suorittaa vain kokeneen henkilöstön toimesta. Työntekijöiden tulee olla perehtyneet ankkurointitöihin sekä jännittämisen tekniikoihin. Työnjohtajan tulee olla pätevä ja hänellä tulee olla riittävä kokemus ankkurointitöistä.

Jännittämisessä käytettävät työkalut ja laitteet tulee olla asianmukaisesti kalibroitu. Kalibrointitodistuksen tulee olla saatavilla koko ajan tarkastusta varten. Laitteisto tulee olla mitoitettu oikein, että ankkurit voidaan jännittää turvallisesti ja oikein. Laitteiston kalibrointi saa olla korkeintaan 12 kuukautta vanha. Jännityksestä ja koevedosta tulee tehdä pöytäkirja. Kuvassa 10 esitetään ankkurien koevedon laitteisto. Kuvassa 11 tupla-ankkurin koeveto.

(SFS-EN-1537:2013, 2013)



Selite

- 1 jänteen pään siirtymän seuranta
- 2 jännityslaite
- 3 kuormaa mittaava järjestelmä (painemittarit)
- 4 kuormansiirtorakenne
- 5 jänne
- 6 hydraulinen järjestelmä (pumppu)
- 7 voima-anturi (valinnainen)

Kuva 10: Ankkurin jännityksen periaate

(SFS-EN-ISO-22477-5:2018, 2018)



Kuva 11: Ankkurin jännityksen periaate

3.5 Tartuntaan vaikuttavat seikat

Ankkurin tartuntaan vaikuttavat tekijät voidaan jakaa useisiin osa-alueisiin. Ensinnäkin ankkurointipituus, ankkurin poikkileikkauksen pinta-ala, sisäpuolisen injektoinnin laatu, ankkurin pinnan profilointi, juotoslaastin laatu sekä ankkurin keskeinen asemointi porareiässä ovat keskeisiä mitoitusparametreja. Näiden tekijöiden on oltava oikein mitoitettuja ja huolellisesti suunniteltuja varmistaakseen riittävän tartuntapituuden ja sallitun leikkausjännityksen kallioreiän ja laastin välillä.

Oikeat materiaalivalinnat ovat kriittisiä ankkurin tartunnan kannalta. Sekä ankkurin itsensä että injektoinnissa käytettävän laastin on oltava standardien mukaisia ja soveltuvia kohteeseen. Lisäksi kallion laadun ja tiiveyden on oltava varmistettu vesimenekikokeilla ennen ankkurointia.

Työmenetelmät ovat olennainen osa onnistunutta ankkurointiprosessia. Ankkurin kiinniinjektointi on tehtävä mahdollisimman pian asennuksen jälkeen välttämättä epäpuhtauksien pääsyä reikään. Laastin lopullinen vesisementtisuhde on tärkeä huomioida, ja ankkurin pitävyys on varmistettava asianmukaisilla testeillä.

Tartunnan laatuun vaikuttavat myös erilaiset ympäristötekijät, kuten maaperän ja pohjaveden epäpuhtaudet. Ankkurointiprosessiin liittyy useita rajapintoja, kuten jännepunoksen tai tangon tartunta sisäpuoliseen injektointilaastiin, ankkurin tartunta juotoslaastiin ja juotoslaastin ja kallion välinen tartunta. Jokaisella näistä rajapinnoista on omat mitoitusparametrinsa ja vaatimuksensa, jotka on huomioitava suunnittelussa ja toteutuksessa.

Oikeat mitoitusparametrit, materiaalivalinnat, työmenetelmät ja ympäristötekijät ovat avainasemassa ankkurin tartunnan onnistumisessa. Rakennuspaikalla tehtävät soveltuvuuskokeet varmistavat suunnitellun ankkurointijärjestelmän toimivuuden käytännössä. Lisäksi ankkurin toimittajat, asentajat ja geosuunnittelijat ovat keskeisessä roolissa varmistaessaan ankkurin toimivuuden ja turvallisuuden projektin eri vaiheissa. Kaiken kaikkiaan ankkurin tartuntaan vaikuttavat tekijät ovat monipuolisia ja edellyttävät

kokonaisvaltaista suunnittelua, toteutusta ja valvontaa ankkurointiprosessin kaikissa vaiheissa.

4 Laadunvarmistus

Injektointityön valvojalla sekä testaajalla tulee olla riittävä työkokemus sekä koulutus injektointityöstä. Valvonnasta sekä testauksesta vastaavan henkilön on oltava paikalla koko injektointityön ajan, vastaten testauksesta, dokumentoinnista sekä työturvallisuudesta. Työryhmällä on oltava riittävä työkokemus ja tietämys ankkurointi työstä.

Sementin ja lisäaineiden osalta painotetaan standardien noudattamista ja näiden materiaalien käytölle asetetaan tarkat vaatimukset. Annostelun tarkkuus on tärkeä tekijä, ja sen on oltava määriteltyjen prosenttiosuuksien sisällä. Dokumentoinnissa korostetaan tietojen tarkkuutta ja injektointipöytäkirjaan on kirjattava laaja joukko tietoja, kuten työkohde, käytetyt materiaalit ja niiden ominaisuudet.

(SFS-EN-446, 2008)

4.1 Dokumentaatio

Injektointityöstä laaditaan dokumentaatio, josta selviää seuraavat tiedot:

- Työkohde ja työnnumero
- Valvonnasta vastaavan henkilön nimi ja yritys
- Aloitus ja lopetuskellon aika
- Päivämäärä
- Massan sekä ilman lämpötila
- Tartunta pituus
- Sementtilaastin koostumukset ja menekki
- Sementin valmistuspäivämäärä
- Vesi-sementti suhde
- Käytetyt lisäaineet
- Koekappaleiden tunnuks

(SFS-EN-446, 2008)

4.2 Alkutestaus ja Injektointityö

Ennen injektointityön aloitusta suoritetaan laitteiston sekä laastin alkutestaus, jolla varmistetaan laitteiston sekä laastin toimivuus. Injektointityön aikana lämpötilojen tarkkailu on keskeistä, injektointia ei saa suorittaa, elleivät lämpötilat täytä vaatimuksia. Ennen injektointia on tärkeää mitata ympäristön, injektoitavien jänneiden sekä viereisten rakenteiden lämpötilat. Nämä lämpötilat tulee kirjata injektointipöytäkirjaan.

Injektointia ei saa suorittaa, jos jänneiden viereisten rakenteiden lämpötila on alle 3 °C tai mahdollisesti laskee alle 3 °C:een seuraavien 48 tunnin aikana. Tämä johtuu siitä, että injektointiaine voi jäätyä liian kylmässä lämpötilassa.

(SFS-EN-446, 2008)

4.3 Laastin testaus

Laastin testaus kattaa useita erilaisia testejä, kuten seulontatestin, juoksevuustestin, mud-balance testin, sydänlankatestin ja injektointilaastin tilavuudenmuutoksen. Koekappaleet valetaan ja testataan standardien mukaan ja mittausaajuus tulee määrittää työnvaativuuden mukaan. Mud-balance testillä tarkastetaan laastiin ominaispaino. Ominaispainolla, mitataan laastin tihettyä, jolla saadaan selvittyä laastin vesi sementti suhde. Kuvassa 12 esitetään työmaalle tehdyn sydänlankatestin toteutus. Kuvassa 13 työmaalla toteutettu mud-balance testi, testin tulokseksi on saatu 1,84 (liite 1) mukaan voidaan määrittää vesi/sementtisuhde. Kuvassa 14 esitetään työmaalla valmistetut laastinkoekappaleet.

(SFS-EN-445, 2008)



Kuva 12: Sydänlankatesti



Kuva 13: Mud-balance testi



Kuva 14: Sementtilaastista valmistetut koekappaleet

5 Haastatteluiden yhteenveto

Tähän opinnäytetyöhön haastattelin seitsemää eri henkilöä, jotka toimivat neljässä eri yrityksessä. Haastateltavien työkokemuksen vaihtelu 10–32 vuoden välillä ja heidän osallistumisensa lukuisiin erilaisiin hankkeisiin antavat syvällisen käsityksen alan käytännöistä ja haasteista eri aikakausina. Tämä monipuolisuus lisää tutkimukseni luotettavuutta, koska se mahdollistaa erilaisten näkökulmien ja kokemusten huomioimisen ja vertailun. Lisäksi erilaisten työtehtävien edustus haastateltavien joukossa tuo moniulotteisuutta tutkimukseni tuloksiin, mikä tekee niistä monipuolisempia ja yleistettävissä olevampia.

Suomen rakennusteollisuudessa esiintyvät haasteet injektoinnin koulutuksessa ja tiedon saavutettavuudessa ovat nousseet keskeiseksi huolenaiheeksi. Haastatteluista saatujen tietojen perusteella voidaan sanoa, että Suomessa on puutteita injektoinnin koulutustarjonnassa ja tarvittava tieto on vaikeasti saatavilla, joka on usein piilotettuna maksullisten standardien taakse. Tämä asettaa haasteita niin ammattilaisille, kuin opiskelijoillekin sekä korostaa tarvetta toimenpiteille tulevaisuuden varmistamiseksi rakennusteollisuudessa.

Puutteellinen koulutus johtaa puutteelliseen osaamiseen, joka vaikuttaa negatiivisesti injektoinnin laatuun, rakenteiden kestävyteen, rakenteen oikeanlaiseen toimivuuteen sekä turvallisuuteen rakennustyömailla. Työntekijät sekä työnjohtajat saa tällä hetkellä oppinsa kentällä tehtävästä työstä. Kun tieto siirtyy kentällä tekijältä toiselle, tällä ei voida varmistaa oikeiden työtekniikoita sekä tietoa.

Toinen huomioitava näkökohta on, että tarvittava tieto on hankalasti saavutettavissa. Haastatteluissa nousi esiin, että tietoa injektoinnista ja sen käytännön sovelluksista on vaikea löytää avoimista ja ilmaisista lähteistä. Standardit sekä ohjeet ovat maksullisia, mikä asettaa rajoituksia pienten yritysten ja yksittäisten ammattilaisten mahdollisuuksille pysyä ajan tasalla.

Haastatteluissa ilmeni merkittävä huolenaihe, kun aiheesta ei ole juurikaan koulutusta, kirjallisuutta sekä tieto on hankalasti saavutettavissa. Tällöin kaikki osapuolet eivät välttämättä toimi samoin perustein, mikä johtaa epäreiluun kilpailutilanteeseen. Lisäksi työn laadunvarmistus toimenpiteet jäävät vähäiseksi, kun tietotaito on puutteellista.

Avointen ja ilmaisten tietolähteiden lisääminen helpottaisi kaikkien pääsyä tärkeään tietoon, edistäisi alan kehitystä. Samalla tulisi arvioida maksullisten standardien saatavuutta ja harkita mahdollisia keinoja tehdä ne laajemmin saataville.

6 Johtopäätökset ja suositukset

Kallioankkureiden injektointityöt ovat monityövaiheinen prosessi, jossa voidaan epäonnistua monella osa-alueella. Tästä syystä injektointityön laadunvarmistus on kriittinen osa koko prosessia, sillä se vaikuttaa suoraan lopputuloksen laatuun, rakenteen kestävyteen sekä rakenteen toimivuuteen. Suosittelen, että injektointityö annetaan kokeneiden ammattilaisen tehtäväksi ja valvonnasta vastaavalla henkilöllä on oltava tarvittava kokemus ja koulutus. Tarkan dokumentoinnin ja säännöllisen testauksen avulla voimme varmistua siitä, että injektointiprosessi täyttää korkeat laatustandardit, tuottaa kestäviä rakenteita ja toimivia rakenteita.

Haastatteluiden perusteella voidaan suositella, että ensinnäkin on välttämätöntä lisätä injektoinnin sekä ankkurointiin liittyvää koulutustarjontaa. Koulutusohjelmien tulisi olla

riittävän laajoja, jossa käsitellään eri työmenetelmiä, kattavampia ja helpommin saavutettavia ammattilaisille eri vaiheissa urapolkuaan.

Koulutuksen parantaminen, tiedon sekä kirjallisuuden saavutettavuuden lisääminen ovat välttämättömiä askelia, jotta voimme varmistaa, että injektointityöt tehdään ammattimaisesti sekä oikein. Tämä edellyttää yhteistyötä sidosryhmien välillä ja sitoutumista alan kehitykseen koulutuksen ja tiedon avulla.

Lähteet

- 22282-3:2013, S.-E. I. (2013). *Geotechnical investigation and testing. Geohydraulic testing. Part 3: Water pressure tests in rock.*
- BY-Koulutus. (2018). *by 201 Betonitekniikan oppikirja 2018.*
- FHWA-IF-99-015, G. E. (1999).
- Jääskeläinen, R. (2016). Pohjarakennuksen perusteet. Teoksessa R. Jääskeläinen. Tammertekniikka.
- Mincon. (15. 2 2024). *Mincon ltd.* Noudettu osoitteesta <https://mincon.com/wp-content/uploads/2022/12/MP180-N180.pdf>
- RIL-254-2-2016. (2016). RIL 254-2016 Paalutusohje PO-2016.
- SFS-EN-1537:2013. (2013). *Execution of special geotechnical works. Ground anchors.*
- SFS-EN-445. (2008). *Grout for prestressing tendons. Test methods.*
- SFS-EN-446. (2008). *Grout for prestressing tendons. Grouting procedures.*
- SFS-EN-ISO-22477-5:2018. (2018). *Geotechnical investigation and testing. Testing of geotechnical structures. Part 5: Testing of grouted anchors (ISO 22477-5:2018).*

Kuvat

Kuva 1: Maa-ankkurin periaate	2
Kuva 2: Kallioankkurin periaate	3
Kuva 3: Kallioankkurin korroosiosuojattu jatkos	6
Kuva 4: Periaatekuva korroosiosuojauksesta (Tensicon Oy 2024)	6
Kuva 5: Uppovasaran räjäytyskuva	7
Kuva 6: Päältä lyövän vasaran toimintaperiaate	8
Kuva 7: Injektointi-asema	9
Kuva 8: Vesimenekkikokeen periaate	11
Kuva 9: Vesimenekkikokeen periaate	12
Kuva 10: Ankkurin jännityksen periaate	14
Kuva 11: Ankkurin jännityksen periaate	15
Kuva 12: Sydänlankatesti	18
Kuva 13: Mud-balance testi	18
Kuva 14: Sementtilaastista valmistetut koekappaleet	19

Liitteet

Liite 1: Vesi/sementtisuhteen määrittäminen.....	25
Liite 2: Haastattelukysymykset.....	26
Liite 3: Kiitoskirje haastatteluun osallistuneille.....	27

Liite 1: Vesi/sementtisuhteen määrittäminen

V/S suhde	Sementti kg	Vesi l	Valmista laastia yht l	Valmista laastia yht. kg	Tiheys kg/l
0,35	20,00	7,00	13,31	27,00	2,03
0,36	20,00	7,20	13,51	27,20	2,01
0,37	20,00	7,40	13,71	27,40	2,00
0,38	20,00	7,60	13,91	27,60	1,98
0,39	20,00	7,80	14,11	27,80	1,97
0,40	20,00	8,00	14,31	28,00	1,96
0,41	20,00	8,20	14,51	28,20	1,94
0,42	20,00	8,40	14,71	28,40	1,93
0,43	20,00	8,60	14,91	28,60	1,92
0,44	20,00	8,80	15,11	28,80	1,91
0,45	20,00	9,00	15,31	29,00	1,89
0,46	20,00	9,20	15,51	29,20	1,88
0,47	20,00	9,40	15,71	29,40	1,87
0,48	20,00	9,60	15,91	29,60	1,86
0,49	20,00	9,80	16,11	29,80	1,85
0,50	20,00	10,00	16,31	30,00	1,84
0,51	20,00	10,20	16,51	30,20	1,83
0,52	20,00	10,40	16,71	30,40	1,82
0,53	20,00	10,60	16,91	30,60	1,81
0,54	20,00	10,80	17,11	30,80	1,80
0,55	20,00	11,00	17,31	31,00	1,79
0,56	20,00	11,20	17,51	31,20	1,78
0,57	20,00	11,40	17,71	31,40	1,77
0,58	20,00	11,60	17,91	31,60	1,76
0,59	20,00	11,80	18,11	31,80	1,76
0,60	20,00	12,00	18,31	32,00	1,75

Liite 2: Haastattelukysymykset

1. Ankkurin tartuntaan vaikuttavat tekijät?
2. Millä porauskalustolla sinun mielestäsi tulee parhaimmat ankkurireiät ja mikä vaikuttaa porauskaluston valintaan?
3. Mitä poraus menetelmiä olet käyttänyt ankkurireikien porauksessa?
4. Onko mielestäsi ankkuroinnista saatavilla riittävästi tietoa ja onko tieto helposti saatavilla?
5. Onko Suomessa ankkuroinnista järjestetty koulutusta?
6. Mistä olet hakenut tietoa ankkuroinnista?
7. Mikä on työssä haastavinta/vaikeinta? Tai mitkä ne aiheuttavat? Miten ne voisi poistaa?
8. Miten tulisi kehittää?
9. Onko menetelmät/kalusto kehittyneet millä tavalla urasi aikana?
10. Oma työkokemus infra rakentamisesta?
11. Saako nimesi julkaista lähdeluettelossa
12. Vapaa palaute

Liite 3: Kiitoskirje haastatteluun osallistuneille

Kiitos että osallistuit opinnäytetyöni haastatteluihin. Arvostan suuresti aikaanne ja panostustanne tutkimukseeni. Haastattelujen monipuolisuus ja antamaanne arvokas tieto ovat olennainen osa työtäni, ja olette auttaneet merkittävästi tutkimukseni laadun ja luotettavuuden varmistamisessa. Kiitos vielä kerran osallistumisestanne ja arvokkaasta panoksestanne tutkimukseeni.

Ystävällisen terveisin.

Tommi Pentikäinen