

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

MILLA VALTONEN

## **Injektointityöohje**

KAUTTUAN SÄÄNNÖSTELYPADON PERUSPARANNUS

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN TUTKINTO-  
OHJELMA  
2025

## TIIVISTELMÄ

Valtonen, Milla: Injektointityöohje: Kauttuan säännöstelypadon perusparannus  
Opinnäytetyö, AMK  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma  
Tammikuu 2025  
Sivumäärä: 44

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia työohje injektointitöiden suoritukseen Destia Oy:lle. Työohjeen tavoitteena on tukea sekä opastaa Destian työnjohtoa ja työntekijöitä injektointitöiden sekä laadunvarmistuksen toteutuksessa. Opinnäytetyössä perehdyttiin kolmeen erityyppiseen injektointiin: kemialliseen injektointiin, juotoslaastilla tehtäviin injektointeihin sekä työsaumojen injektointiin.

Opinnäytetyö laadittiin valmistajien ohjeiden, kirjallisten lähteiden sekä työsuorituksen toteutuksen pohjalta. Lisäksi työssä perehdyttiin laadunvarmistuksen toteutukseen, joka perustuu havaintoihin sekä kirjallisiin dokumentteihin. Opinnäytetyössä opastetaan työn toteutukseen vaihe vaiheelta. Opinnäytetyössä esitetään huomioita sekä ehdotuksia työn toteutukseen, jotka perustuvat Kauttuan säännöstelypadon perusparannuksen injektointitöiden aikana tehtyihin havaintoihin.

Onnistuneessa injektoinnissa tärkeintä on huolellisuus, ohjeiden noudattaminen sekä riittävä laadunvarmistus. Laadunvarmistuksessa on erityisen tärkeää muistaa injektointipöytäkirjan sekä injektointikartan laatiminen. Opinnäytetyössä laadittiin Destian työnjohtolle valmis injektointipöytäkirja käytettäväksi tuleviin kohteisiin.

Avainsanat: Injektointi, työsauma, kemiallinen ankkurimassa, juotoslaasti, paisuva saumanauha, injektointiepoksi

## ABSTRACT

Valtonen Milla: Injection work instruction: Basic improvement of the Kauttua regulation dam

Bachelor's thesis

Degree programme: Construction and municipal engineering

January 2025

Number of pages: 44

The purpose of this thesis was to create work instruction for carrying out injection works for Destia Oy. The goal of the work instruction is to support and guide Destia's supervisors and workers in the execution of injection works and quality assurance. The thesis focuses on three types of injection: chemical injection, injection with grout, and injection of construction joints.

The thesis was developed based on the manufacturers' instructions, written sources, and the execution of the work process. Additionally, the thesis explores the implementation of quality assurance, which is based on observations and written documentation. The thesis provides step-by-step guidance for the execution of the work. It also presents observations and suggestions for the work execution, based on the observations made during the injection works carried out at the Kauttua regulation dam refurbishment project.

Successful injection requires attention to detail, adherence to instructions, and adequate quality assurance. In quality assurance, it is especially important to remember to prepare the injection log and injection map. The thesis includes a ready-made injection log for Destia's supervisors to be used in future projects.

Keywords: Injection, construction joint, chemical anchor grout, grout, expanding joint seal, injection epoxy.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	<b>VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.</b>
2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITE .....	7
3 TYÖTURVALLISUUS .....	8
4 KEMIALLINEN INJEKTOINTI .....	9
4.1 Yleistä.....	9
4.2 Kemiallinen ankkurimassa.....	10
4.3 Työvaiheet.....	10
5 JUOTOLAASTI INJEKTOINTI.....	14
5.1 Yleistä.....	14
5.2 Juotoslaasti .....	15
5.3 Työvaiheet.....	15
5.4 Kehittämisehdotukset .....	20
5.4.1 Kustannusvaikutukset työtavan vaihtumiselle.....	20
6 TYÖSAUMOJEN INJEKTOINTI.....	22
6.1 Yleistä.....	22
6.2 Paisuva saumanauha.....	22
6.3 Injektointiletku.....	24
6.4 Injektointimateriaalit.....	25
6.5 Työvaiheet.....	26
7 LAADUNVARMISTUS .....	38
7.1 Injektointipöytäkirja .....	38
7.2 Injektointikartta .....	38
8 POHDINTA .....	39
LÄHTEET .....	41
LIITE 1: INJEKTOINTIPÖYTÄKIRJA .....	43
LIITE 2: INJEKTOINTIKARTTA .....	44

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

**Injektointi:** Rakenteiden tiivistäminen, vahvistaminen ja lujittaminen pumpattavalla nestemäisellä kovettuvalla aineella. Käyttökohteita on vaurioituneet betonirakenteet sekä työsaumojen vesitiiveyden saavuttaminen.

**Kemiallinen ankkurimassa:** 2-komponenttinen massa, jolla asennetaan rakenteisiin kierre- ja raudoitustankoja. Sopii käytettäväksi myös luonnon kiveen. Kemiallisen ankkurimassan liitokset ovat kovia sekä kestävät suurta kulutusta sekä kuormia.

**Juotoslaasti:** Notkeaa ja itsetiivistyvää massaa, joka on valmistettu sementistä ja luonnonhiekasta. Raekoko on hyvin pieni, joten soveltuu käytettäväksi asennus-, saumaus-, jälki- ja täyttövalutöihin ahtaisiin sekä vaikeisiin paikkoihin.

**Pesty työsauma:** Erillisten valujen väliin syntyvä sauma, joka on rakenteen heikoin kohta. Betonin saumasta pestään pois sementtiliimaa 2–5 mm syvyydeltä korkeapainepesurilla. Tuore betoni tarttuu tiiviimmin pestyyn työsaumaan muodostaa lujemman sekä kestävämmän sauman.

**Epoksiharts:** 2-komponenttinen injektointimassa, jota käytetään halkeamien ja työsaumojen tiivistämiseen. Sen ominaisuuksia on erittäin hyvät tunkeutumis-, lujittamis-, kestävyys- ja tartuntaominaisuudet.

**Vesitiivis betoni:** Betoni, joka ei läpäise vettä.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia Destia Oy:lle työohje erilaisten injektointitöiden suoritukseen. Työohjeen tarkoituksena on opastaa työnjohtajia ja työntekijöitä, helpottaa työn toteutusta, nopeuttaa työprosessia sekä tukea laadunvarmistusta. Työohje on laadittu sellaisille henkilöille, jotka eivät ole kokeneita injektointitöissä. Ohjetta voidaan soveltaa tarvittaessa kohteen mukaan.

Opinnäytetyössä käsitellään kolmea erilaista injektointityötä. Näitä ovat kemiallinen injektointi, juotoslaastilla injektointi sekä työsaumojen injektointi. Opinnäytetyö painottuu eniten työsaumojen injektointiin, josta on saatavilla niukasti ohjeita. Tämän vuoksi kaikki tarvittava tieto on koottu tähän opinnäytetyöhön. Työohjeessa kerrotaan töiden toteutus vaihe vaiheelta. Työohjeessa esitetään lisäksi mahdollisia kehitysehdotuksia työvaiheiden tehostamiseksi tai laadunvarmistamiseksi.

Opinnäytetyö pohjautuu valmistajien ohjeisiin, kirjallisiin lähteisiin sekä käytännön kokemuksiin työn toteutuksesta. Työohjeen toteutusperäiseen laadintaan päädyttiin, sillä aiheesta ei löydy virallisia työohjeita. Valmistajien ohjeissa on eroavaisuuksia toisiinsa nähden, joten työohjeesta laadittiin yleispätevä. Jokainen opinnäytetyössä esiintyvä työvaihe on toteutettu Kauttuan säännöstelypadon perusparannuksessa tämän työohjeen mukaisesti.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITE

Opinnäytetyö on laadittu Destian työnjohtajille ja työntekijöille injektointitöiden opastamiseen. Destia on Suomen suurin infra-alan palveluyhtiö. Destia on ollut osa Colas-konsernia vuodesta 2021 lähtien, joka on palvelukonserni Bouyguesin tytäryhtiö. Destia tarjoaa palveluitaan kaupunkirakentamisessa, energiainfralla, teollisuusrakentamisessa, suunnittelupalveluissa, väyläpalveluissa, ratapalveluissa, kunnossapidossa, pohja- ja kalliorakentamisessa sekä kiviaines- ja kiertotaloudessa. Destia tuottaa palveluitaan kaupungeille, kunnille, valtiolle sekä teollisuus- ja liikeyrityksille. Destia työllistää Suomessa noin 1300 henkilöä. (Destia, 2024.)

Opinnäytetyö perustuu Kauttuan säännöstelypadolla tehtyihin injektointitöihin, niiden raportointiin sekä vertailuun. Kauttuan säännöstelypato rakennettiin 1900-luvun alussa ja se on nykyisin suojeltu museokohde. Padon virtapilarit sekä perustukset on toteutettu kivrakenteina, kun taas sillankansi sekä vanhat luukut ovat puuta. Padossa on neljä virtausaukkoa, joista yksi on varattu vieriselle paperitehtaalle, joka käyttää Pyhäjärven vettä tuotannossaan. Säännöstelypadon omistavat yhdessä ELY-keskus ja Jujo Thermal Oy. Aikaisemmin paperitehtaan henkilöstö on vastannut Pyhäjärven vedenkorkeuden säännöstelyn ylläpidosta manuaalisesti. Säännöstelypato on tarkoituksenaan muuttaa automatisoiduksi, joka helpottaa säännöstelyä sekä parantaa turvallisuutta.

Kauttua säännöstelypadolle oli asetettu tiiveysvaatimuksia betonirakenteille, sillä säännöstelypato on jatkuvasti vedenpaineen sekä virtaavan veden rasituksessa. Opinnäytetyössä käsitellä erilaisia injektointitapoja sekä tuoda tietoisuuteen niiden toteutustavat. Käsitellään, miten betonirakenteista saadaan tehtyä vesitiiviitä ja käydään läpi niissä käytettäviä materiaaleja sekä tarvikkeita. Opinnäytetyö on laadittu Kauttuan säännöstelypadon injektointitöiden toteutuksen mukaisesti.

### 3 TYÖTURVALLISUUS

Rakennustyömaalla turvallisuuden huomioiminen on ensisijaisen tärkeää kaikissa työvaiheissa. Vaaralliset työympäristöt sekä fyysisesti kuormittava työ edellyttävät sekä työntekijöiltä että työnjohdolta toimenpiteitä riskien minimoimiseksi. Työnjohtajan vastuulla on perehdyttää työntekijät työtehtäviin sekä laatia työkohtainen työturvallisuussuunnitelma. Työntekijöiden on sitouduttava noudattamaan työturvallisuussuunnitelmaa ja käytettävä vaadittuja suojavaarusteita työtehtävien aikana. Lisäksi kaikilla työntekijöillä on oltava voimassa oleva työturvallisuuskortti.

Injektointitöissä käytettävät kemikaalit voivat aiheuttaa vakavia terveyshaittoja, kuten ihoärsytystä, hengitysteiden ärsytystä, allergisia reaktioita, palovammoja ja silmävaurioita. Kemikaalien kanssa jouduttuaan kosketuksiin, altistunut alue tulee pestä huolellisesti puhtaalla vedellä. Erityisesti silmiä on huuhdottava runsaalla vedellä usean minuutin ajan. Ärsytyksen jatkuessa on hauduttava lääkäriin. Kemikaalien turvallisen käsittelyn varmistamiseksi on aina tarkistettava aineiden materiaaliluettelot ja käyttöohjeet.

Injektointitöissä käytettävät suojavaarusteet ovat tärkeitä työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi. Vaadittavia suojavaarusteita on kypärä, suojalasit, pitkähihaiset suojavaarusteet, turvakengät, hansikkaat sekä tarvittaessa hengityssuojain. Hengityssuojaimen käyttö injektointiaineita sekoittaessa on erittäin suositeltavaa hengitysilmaan haihtuvien haitallisten yhdisteiden sekä kvartsi-pölyn vuoksi. Nämä aiheuttavat hengitysteissä ärsytystä sekä pidempi altistuminen voi aiheuttaa vakavia vaurioita. Injektointitöissä voi syntyä roiskeita, joten suojalasit ja suojavaarusteet ovat välttämättömiä. Destia edellyttää työntekijöiltään aina pitkähihaisia suojavaarusteita 1.6.2024 alkaen.

Työskentely on tehtävä turvallisesti myös telineiden ja työtasojen osalta. Korkeissa paikoissa työskenneltäessä on käytettävä asianmukaisia työtelineitä ja -tasoja, jotka täyttävät turvallisuusvaatimukset. Työtelineissä on oltava riittävät putoamissuojaukset, asianmukaiset kulkutiet ja riittävästi tilaa liikkumiseen,

työskentelyyn ja työvälineiden säilytykseen. Työvälineiden tulee olla myös va-  
kaita ja kunnolla kiinnitettjä. Kiinteät työtasot ovat kaikista turvallisin vaihto-  
ehto. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, § 30,  
§ 51.)

Injektointityöt saattavat vaatia asentajilta epäergonomisia työasentoja, sillä in-  
jektointiletkut asennetaan usein työsaumoihin raudoitteiden sekaan. Työn suo-  
ritus voi olla haastavaa, sillä asentajat joutuvat kurottelemaan ja vääntelemään  
käsiään sekä ryömimään raudoitteiden seassa. Raudoitusten joukossa liikku-  
minen voi aiheuttaa kompastumis- ja loukkaantumisvaaroja. Törröttävät sekä  
terävät raudoitteet tulee peittää varoiteilla.

## 4 KEMIALLINEN INJEKTOINTI

### 4.1 Yleistä

Kemiallisella ankkurimassalla on monia käyttökohteita. Yleisimmin sitä käyte-  
tään raudoitusten ankkurointiin, työsaumojen tartuntoihin, luonnonkivikiinnityk-  
sissä, saneeraustöissä sekä raskaan tuennan ja kiinnitysten toteutuksissa. Ke-  
miallinen ankkurimassa soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa perinteinen injek-  
tointi juotosmassalla ei ole mahdollista. Kemiallista ankkurimassaa kannattaa  
käyttää kohteissa, joissa vaaditaan suurta lujuutta, helppoa ja nopeaa työs-  
kentelyä.

Tässä työohjeessa käsitellään kemiallisen ankkurimassan käyttöä Kauttuan  
säännöstelypadon perusparannuksessa padon kivisiin virtapilareihin ja kivi-  
muureihin. Kohteessa käytettävä ankkurimassa on Hiltin HIT-RE 500 V4 -  
tuote.

## 4.2 Kemiallinen ankkurimassa

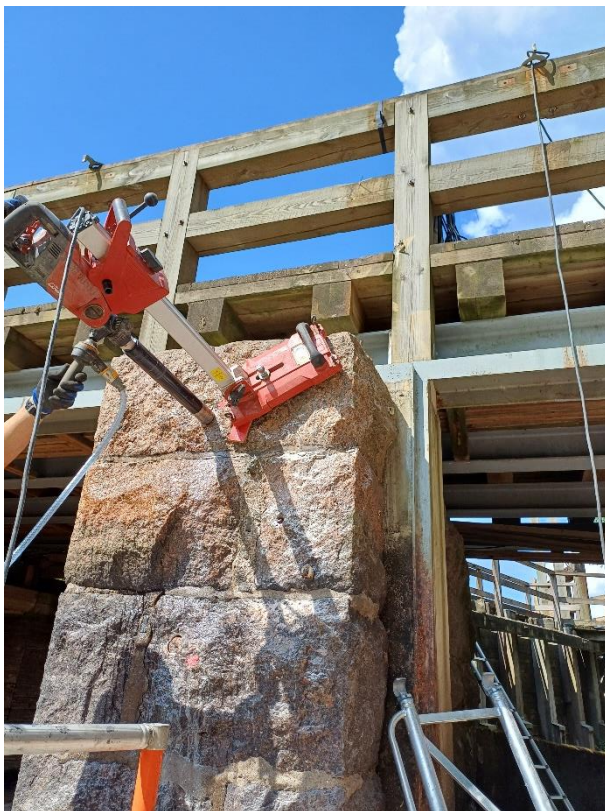
Kemiallisen ankkurimassan ominaisuudet ovat valmistajasta riippuvaisia ja vaihtelevat käytetyn materiaalin, kiinnityspinnan sekä olosuhteiden mukaan. Kauttuan säännöstelypadolla käytetyn Hiltin HIT-RE 500 V4 kemiallisen ankkurimassan hyviä ominaisuuksia on hyvä käyttölämpötila-alue (-40–75 °C), suuri sidosvoima, käyttömahdollisuus märissä sekä vedenalaisissa töissä, pitkä työskentelyaika, tekninen käyttöikä 100 vuotta, palamaton materiaali sekä kovettuessaan lujuus jopa 500 MPa. Voidaan käyttää timantti- ja iskuporrattuihin reikiin. Kemiallista ankkurimassaa käyttäessä työskentely on nopeaa, helppoa ja turvallista. (Hilti, n.d.)

## 4.3 Työvaiheet

Kemiallinen injektointi aloitetaan poraamalla reiät kiinnitettävään kohteeseen. Suunnittelija määrittää tartuntaterästen koon sekä porattavan reiän koon kohteen vaatimusten mukaan. Hiltin kemiallisten ankkurimassojen käyttöohjeissa on määritelty porattavien reikien koot tartuntojen koon mukaan. Reiät voidaan porata joko iskuvasaralla (kuva 1) tai timanttioralla (kuva 2). Poraustyön aikana on erityisesti huomioitava työturvallisuus korkeiden paikkojen sekä telineturvallisuuden näkökulmasta (luku 1). Poraamisen jälkeen reikiä on huuhteltava vedellä niin, että huuhtoutuva vesi on kirkasta ja puhdasta. Tämän jälkeen reiät puhdistetaan paineilmalla pölystä ja roskista, kunnes ilmavirta on puhdasta sekä reiät kuivuneet. Poratut reiät tulee puhdistaa huolellisesti kaikista epäpuhtauksista, kuten pölystä, jäästä, öljystä, rasvasta ja porausjätteistä. Likaisuus saattaa heikentää ankkurimassan pysyvyyttä tai aiheuttaa kiinnityksen pettämisen. (Hilti, 2024, s. 7–10, 18–19.)



Kuva 1. Graniittikiveen reiän poraus poravasaralla, jossa kiviterä.



Kuva 2. Graniittikiveen reiän poraus injektointia varten. Timanttipora, poraus-tuki ja porakruunu.

Ankkurimassan määrä määritellään käyttöohjeiden mukaisesti: tietyn paksuiselle harjateräkselle on asetettu tarvittava määrä massaa, joka perustuu reiän kokoon. Massan määrä asetetaan akkupuristimeen (kuva 3), joka annostelee oikean määrän kemiallista ankkurimassaa jokaiseen reikään.



Kuva 3. Akkupuristin, jossa paikoillaan jatkovarsi.

Kemiallista ankkurimassaa käyttäessä itse injektointityövaihe on hyvin nopea. Työskentelyaikaan vaikuttaa materiaalin lämpötila sekä ulkolämpötila. Kemiallisen ankkurimassan levitys aloitetaan porareian pohjalta, tasaisesti ylöspäin nostaen samalla varmistaen, ettei massaan jää ilmakuplia (kuva 4). Reikää ei saa täyttää kokonaan täyteen massaa, sillä ylimääräinen massa valuu ulos. Syviin reikiin voidaan käyttää jatkovartta, jotta saadaan massa levittymään tasaisesti reiän pituudelle. Harjaterästartunta asennetaan ankkurimassalla täytettyyn reikään varovasti työntämällä ja samanaikaisesti pyörittäen tartuntaa. Pyörittäminen poistaa mahdolliset ilmakuplat massasta sekä auttaa massan leviämiseen tasaisesti tartuntaan sekä reikään, mikä takaa mahdollisimman hyvän sekä kestävän kiinnityksen. Ylipursuava massa voidaan jättää paikoilleen tai siistiä pois (kuva 5). Mikäli reikä jää selkeästi vajaaksi tai massaa ei pursua yhtään yli, tartunta on poistettava ja massaa lisättävä.



Kuva 4. Kemiallisen ankkurimassan levitys akkupuristimella.



Kuva 5. Tartunnat asennettuna kemiallisella ankkurimassalla.

Kuivumisaika vaihtelee kiinnitysalustan materiaalin lämpötilan mukaan (taulukko 1). Jälkihoitoa ei tarvita kemiallisissa ankkurimassoissa. Tyhjät pakkaukset voidaan hävittää muovijätteeseen. Täydet tai osittain tyhjät pakkaukset hävitetään ongelmajätteisiin. (Hilti, 2024, s.18.)

Taulukko 1. HIT-RE 500 V4 kuivumisajat.

Working time and curing time<sup>1) 2)</sup>

Temperature of the base material	Maximum working time	Initial curing time	Minimum curing time
T <sup>2)</sup>	t <sub>work</sub>	t <sub>cure,ini</sub>	t <sub>cure</sub>
-5 °C to -1 °C	2 h	48 h	168 h
> -1 °C to 4 °C	2 h	24 h	48 h
> 5 °C to 9 °C	2 h	16 h	24 h
> 9 °C to 14 °C	1,5 h	12 h	16 h
> 14 °C to 19 °C	1 h	8 h	16 h
> 19 °C to 24 °C	30 min	4 h	7 h
> 24 °C to 29 °C	20 min	3,5 h	6 h
> 29 °C to 34 °C	15 min	3 h	5 h
> 34 °C to 39 °C	12 min	2 h	4,5 h
> 39 °C to 40 °C	10 min	2 h	4 h

<sup>1)</sup> The curing time data are valid for dry base material only. In wet base material, the curing times must be doubled.

<sup>2)</sup> The minimum temperature of the foil pack is +5° C.

## 5 JUOTOLAASTI INJEKTOINTI

### 5.1 Yleistä

Juotoslaasti on monikäyttöinen materiaali, jota käytetään esimerkiksi ankkurointiin, halkeamien paikkaukseen, tiivistykseen, saumavaluihin, juurivaluihin ja rakennevaluihin. Destialla juotoslaastia käytetään pääasiassa sillan kaiteiden juurivaluihin, ankkurointiin sekä betonivalujen paikkaamiseen.

Tämä työohje käsittelee ankkurointi-injektointien toteutusta juotossmassalla Kauttuan säännöstelypadon perusparannuksessa padon kivisiin virtapilareihin.

## 5.2 Juotoslaasti

Juotoslaastilla on monia hyviä ominaisuuksia, jotka tekevät siitä helppokäyttöisen sekä monikäyttöisen materiaalin. Juotoslaasti on juokseva ja sementtipohjainen laasti, jolla on pieni kutistumiskuivuma ja vesisementtisuhte. Pienen rakeisuuden (0–4 mm) ansiosta juotoslaasti levittyy, kulkeutuu ja tiivistyy tehokkaasti pieniinkin koloihin. Juotoslaastien sitoutuminen alkuvaiheessa on hidasta, mutta 8–10 tunnin kuluessa lujuus alkaa kehittyä nopeasti saavuttaen suuria loppulujuuksia. (RIL 149-1995, 1995, s. 137.) Juotoslaastin etuja valmistajasta riippuen voi olla myös vesitiiveys, värinän vaimennus, suola- ja pakkasrasituksen kesto, öljyn pitävyys sekä korroosionesto-ominaisuus. (Alimex, n.d.)

## 5.3 Työvaiheet

Ankkuri-injektointi aloitetaan ankkurointireikien poraamisella suunnittelijan suunnitelmien mukaan käyttämällä tarvittavaa kalustoa. Kivirakenteeseen poraaminen toteutetaan poraasaralla (kuva 1), timanttiporalla (kuva 2) tai suuremmissa kohteissa poravaunulla (kuva 6). Poraustyön aikana on erityisesti huomioitava työturvallisuus korkeiden paikkojen sekä telineturvallisuuden näkökulmasta (luku 1). Juotoslaastilla injektoitaessa porauksen jälkeen reiät on puhdistettava yhtä huolellisesti vedellä kivipölystä sekä -murskasta kuin kemiallisessakin ankkuroinnissa. Reikään jäävä lika heikentää juotoslaastin tartuntaa kiinnitettävään materiaaliin.



Kuva 6. Suuriin porauksiin käytettävä poravaunu. (Sotkamon porakaivo)

Juotosmassalla tehtävissä ankkuri-injektoinneissa on suositeltavaa käyttää keskittäjiä, jotta tartunnat saadaan kohdistettua reikien keskelle ja varmistetaan riittävä juotoslaastin paksuus tartunnan ympärillä. Keskittäjiä on saatavilla erityyppisiä, kuten esimerkiksi segmenttikeskittäjä (kuva 7) ja merimerkkikeskittäjä (kuva 8) (Roihuvuo, 2024). Keskittäjät asennetaan tartuntoihin ennen kuin tartunnat lasketaan porareikiin. Tartunnat voidaan asentaa porareikiin joko ennen tai jälkeen juotoslaastin.



Kuva 7. Segmenttikeskittäjä.



Kuva 8. Merimerkkikeskittäjä.

Juotoslaasti sekoitetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Vesimäärä on mitattava mittakannulla, sillä liian suuri vesimäärä saattaa aiheuttaa massan erotumista sekä lujuuden alenemista. Pienemmät määrät sekoitetaan konevispilällä (kuva 9), kun taas suuremmat määrät tehdään betonisekoittajalla. Sekoitusaika määräytyy valmistajan ohjeiden mukaan. Juotoslaastien tyypillinen työskentelyaika on 30–40 minuuttia, joten injektointi tulee suorittaa nopeasti.



Kuva 9. Juotoslaastin valmistus konevispilällä.

Pienemmissä ankkuri-injektoinneissa juotoslaasti voidaan annostella reikään esimerkiksi kastelukannulla, johon on liitetty letku (kuva 10). Suuremmissa kohteissa on suositeltavaa käyttää pumppua (kuva 11), joka mahdollistaa laastin leviämisen syvälle sekä tasaisesti reiän pohjalle. Juotosmassan valuminen reiästä estetään tekemällä tarvittaessa muotti.



Kuva 10. Juotoslaastin kaato kastelukannulla, jonka päässä on letku. Uretaanista tehty muotti reiän ympärillä.



Kuva 11. Suurempiin injektointimääriin käytettävä pumppu.

Ankkuri-injektoinnin onnistumista seurataan juotoslaastin menekin määrällä. Teoreettinen juotoslaastin määrä saadaan laskettua reiän tilavuuden mukaan, josta vähennetään teräksen tilavuus. Menekkiä verrataan laskettuun määrään, ja mikäli juotoslaastin menekki on poikkeuksellisen pieni, injektointi on tarpeen korjata.

Juotoslaasti vaatii betonin tavoin hyvän jälkihoidon. Juotosmassan jälkihoito toteutetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti vedellä, jälkihoitoaineella ja/tai muovilla. Jälkihoitoa jatketaan noin 3–4 vuorokauden ajan. (Alimex, n.d.)

#### 5.4 Kehittämisehdotukset

Juotosmassalla tehtävät injektoinnit voidaan tietyissä tapauksissa korvata kemiallisella injektoinnilla suunnittelijan luvalla. Kemiallisella injektoinnilla voidaan säästää merkittävästi työaikaa, sillä porauksiin kuluva aika lyhenee huomattavasti. Esimerkiksi Kauttuan säännöstelypadon peruskorjauksen kohteessa yhden Ø60...600 reiän timanttiporaus graniittikiveen kesti 1 tunti ja 14 minuuttia. Tähän mitattuun aikaan ei sisälly poraustuen asennus eikä reiän putsaus. Vastaavasti poravasaralla ja kiviterällä yhden Ø28...600 reiän poraukseen käytetty aika oli 12 minuuttia. Mitattu aika ei sisällä reiän putsausta.

Kemiallinen injektointi säästää myös massan levityksessä aikaa, sillä ankkurimassa toimitetaan valmiina pakkauksina, jotka voidaan asentaa suoraan akkupuristimeen. Työaikaa ei kulu massan sekoitukseen ja pumppaukseen. Lisäksi kemiallinen injektointi ei vaadi jälkihoitoa sekä kuivumisaika on lyhempi.

##### 5.4.1 Kustannusvaikutukset työtavan vaihtumiselle

Kustannus- ja aikataululaskenta perustuu täysin Kauttuan säännöstelypadon perusparannuksen urakkaan. Laskenta ei ole suoraan verrattavissa muihin urakoihin, mutta sitä on mahdollista käyttää vertailutietona. Kustannus- ja aikataululaskennassa ei voida käyttää julkisesti rahallisia arvoja, joten laskenta

on toteutettu prosentuaalisesti ja työmaakohtaiset kustannukset on jätetty pois.

Taulukosta selviää työvaiheiden kesto tunteina sekä materiaalien kustannukset prosentteina. Taulukkoon on laskettu yhden reiän poraukseen ja tartunnan asennukseen käytetty aika sekä materiaalikustannusten ero. Taulukosta 2 huomataan, että työtavan vaihtamista kannattaa työmailla mahdollisuuksien mukaan harkita erityisesti, jos etsitään ajallista säästöä kohteessa. Kemiallisessa injektioinnissa voidaan saavuttaa säästöjä materiaalikustannuksissa vaihtamalla halvempaan tuotteeseen kuin laskelmassa käytetty Hiltin tuote.

Taulukko 2. Kauttuan säännöstelypadon kustannus- ja aikatauluvaikutukset työtavan vaihtumiselle.

Kustannus- ja aikataulu vaikutukset	Kemiallinen injektointi	Juotoslaastilla injektointi	Erotus (h tai %)
Poraus aika (h)	0,2	1,23	1,03
Asennusaika (h)	0,083	0,33	0,247
Yhteensä (h)	0,28	1,56	1,28
Työaika (%)	1	5,5	4,5
Materiaalikustannukset (%)	2,43	1	1,43

Taulukossa 2 esiintyvän työajan kesto on täysin kohde kohtaista sekä siihen vaikuttaa erityisesti porattava materiaali, jolloin työajan prosentuaalinen ero saattaa olla huomattavasti pienempi toisessa kohteessa. Kauttuan säännöstelypadolla tehtiin huomattavaa 4,5 % ajansäästöä työtavan vaihtamisella. Työkustannukset ovat lähtökohtaisesti huomattavasti suuremmat kuin materiaalikustannukset, jolloin materiaalien kustannusten nousu 1,43 % toi silti tässä kohteessa säästöä.

## 6 TYÖSAUMOJEN INJEKTOINTI

### 6.1 Yleistä

Työsaumojen injektoinnin tarkoituksena on varmistaa betonirakenteiden välisen saumojen vesitiiveys. Vesitiiviit saumat ovat välttämättömiä kohteissa, jotka altistuvat jatkuvalla vedenpaineelle. Työsaumoihin pumpattu injektointiepoksi täyttää saumoissa esiintyvät tyhjät ja heikot kohdat, muodostaen saumoista tiiviitä sekä yhtenäisen vettä hylkivän rakenteen. Lisäksi työsaumoihin asennettu paisuva saumanauha tiivistää mahdolliset halkeamat ja raot saumassa.

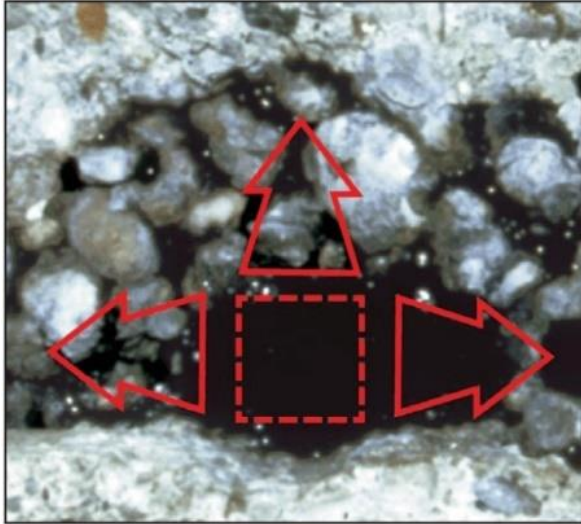
Injektoinnin tavoitteena on rakenteiden tiivistäminen, vahvistaminen sekä lujittaminen käyttämällä nestemäisiä kovettuvia epokseja. Injektoinnin tärkeimpiä tehtäviä on parantaa työsaumojen kestävyysominaisuuksia, estää vaurioiden syntyminen sekä palauttaa rakenteiden alkuperäinen lujuus, mikäli vaurioita on jo syntynyt.

Tämä työohje käsittelee työsaumojen injektointia Kauttuan säännöstelypadon perusparannuksen kohteessa. Työsaumoissa käytimme injektointilettoa, injektointiepoksia ja paisuvaa saumanauhaa.

### 6.2 Paisuva saumanauha

Paisuvia saumanauhoja valmistetaan erilaisista materiaaleista, kuten kumista, bentoniittisavesta tai akrylaattipohjaisesta polymeeristä. Bentoniittisavesta valmistetut paisuvat saumanauhat paisuvat kosteuden vaikutuksesta jopa kymmenkertaisiksi, jonka seurauksena bentoniittisavi murtuu ja tunkeutuu ympärillä oleviin halkeamiin samalla tiivistäen rakenteen (kuva 12). Bentoniittisavella on erityisen hyvä kyky absorboida suuria määriä vettä. (RIL 107-2012, 2012, s. 63–64.) Kumi- ja akrylaattipohjaiset paisuvat saumanauhat sen sijaan

turpoavat monin kertaiksi, mutta säilyttävät muotonsa ilman lohkeilua tai murtumista (kuva 13) (Semtu, 2023). Paisuva saumanauha muodostaa alusrakenteen kanssa vedenpitävän kerroksen (RIL 107-2012, 2012, s. 64).



Kuva 12. Bentoniittisaven tunkeutuminen turvotessaan. (Haucon, n.d.)



Kuva 13. Akrylaattipohjaisesta polymeeristä valmistetun paisuvan saumanauhan turpoaminen (Semtu, 2023).

Käyttökohteita on betonirakenteiden vesitiiviit työsaumat ja läpivientien tiivistys sekä seinän ja lattian yhtymäkohdat betonivaluissa (RT 83-11032, 2011, s.10). Paisuvan saumanauhan toiminta perustuu siihen, että veden kanssa kosketuksiin joutuessaan, se alkaa turpoamaan ja estää veden kulkeutumisen saumasta. Reaktioaika vaihtelee käytetyn materiaalin sekä käyttökohteen mukaan. Yleisesti saumanauhat alkavat reagoida veden kanssa välittömästi, mutta myös korkea ilmankosteus voi käynnistää reaktion. Märissä olosuhteissa on suositeltavaa käyttää suojakalvoilla varustettuja saumanauhoja,

koska niiden reaktio käynnistyy vasta betonoidessa, jolloin raudoittamiselle ja muottien tuplaamiselle jää enemmän aikaa (Haucon, 2024). Reaktio- ja turpoamis aika on aina tarkastettava tuoteselosteesta.

### 6.3 Injektointiletku

Injektointiletkut valmistetaan pääsääntöisesti polyeteenistä tai PVC:stä. Letkujen rakenne ja toimintaperiaate vaihtelee valmistajien välillä. Injektointiletkujen ympärillä voi olla kudusrakenne suojaamassa betonin pääsyä letkun sisälle reikiä pitkin (kuva 14). Toisenlaisissa injektointiletkuissa on pieniä viiltoja, jotka eivät päästä lävitseen betonia (kuva 15). Tämän työohjeen kohteessa käytimme letkuja, joissa on viiltoja.



Kuva 14. Injektointiletku, jossa kudusrakenne letkun päällä. (Muottikolmio, n.d.)



Kuva 15. Injektointiletku, jossa pieniä viiltoja.

Injektointiletkulla varmistetaan rakenteen vesitiiveys, sillä letkun täytyessä injektointiepoksilla, alkaa paineen vaikutuksesta epoksi pursuamaan ulos viiltoista tai rei'istä. Injektointiepoksi täyttää ympärillä olevat tyhjiöt ja halkeamat.

#### 6.4 Injektointimateriaalit

Injektointimateriaaleja löytyy epoksi-, polyuretaani- ja akryylihartseina. Muovipohjaiset injektointiaineet (epoksi, polyuretaani, akryyli, polyesteri yms.) estävät rakenteeseen kosteuden kulun verrattuna sementtipohjaisiin injektointiaineisiin (RIL 149-1995, 1995, s.280). Käytettävät materiaalit valitaan kohteen vaatimusten mukaan. Voimakkaisiin liitoksiin sekä pienien tyhjiöiden täyttämiseen suositellaan epoksihartseja. Märkiin ja vuotaviin halkeamiin sen sijaan sopivat parhaiten polyuretaani- ja akryylihartsit. (Alimex Oy, 2012, s. 17). Polyuretaanihartsit reagoivat veden kanssa kosketuksiin joutuessaan muodostaen voimakkaasti laajentuvan vaahdon, joka kovettuu rakenteeseen (Semtu, n.d.-a, s. 3). Ulkona sekä märissä olosuhteissa on suositeltavaa käyttää

sellaisia injektointimateriaaleja, jotka tarttuvat myös märkään pintaan (RIL 149-1995, 1995, s. 284). Useimmat injektointiaineet ovat kaksikomponenttisiä, eli sisältävät perusaineen sekä kovetteen, ja niiden sekoitussuhde määräytyy valmistajan ohjeen mukaan.

Tämän työohjeen kohteessa käytettiin injektointiepoksia suunnitelmien mukaisesti. Epoksihartsien etuna on niiden alhainen viskositeetti, jonka ansiosta ne tunkeutuvat tehokkaasti tyhjiöihin ja halkeamiin (Semtu, n.d.-b). Työsaumoissa injektointiepoksi muodostaa betonipintojen välille tiiviin ja vahvan liimatun kerroksen. Epoksihartsit alkavat kovettua välittömästi joutuessaan kosketuksiin veden kanssa. Epoksihartsit kovettuvat nopeasti ja niillä on suuret loppulujuudet, jolloin halkeamia injektoitaessa rakenne saavuttaa alkuperäisen lujuutensa takaisin. Lisäksi epoksihartsit eivät kuivuessaan kutistu, saavuttavat erinomaisen korkean mekaanisen keston sekä tarttuvat tehokkaasti teräkseen. (Mapei, 2017, s.1–2.)

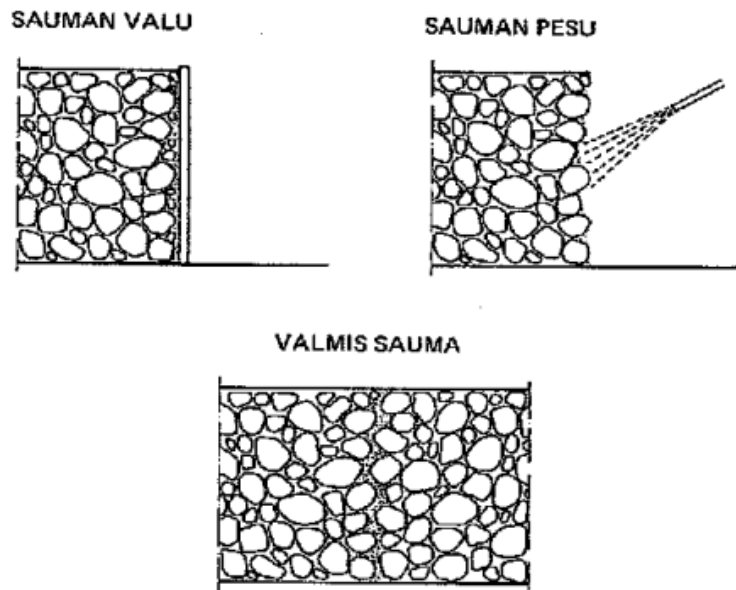
## 6.5 Työvaiheet

Työsaumojen injektointi on menetelmä, jolla varmistetaan vesitiiviys kahden erillisen betonirakenteen välille. Työsaumat yleensä vuotavat vettä ilman vaadittavia toimenpiteitä (RT 83-11032, 2011, s.12). Vesitiiviuden varmistaminen on tarpeen myös betonirakenteen ja kallion välisessä saumassa. Työsauma syntyy, kun betonoitava rakenne jaetaan eri valukertoihin ja ensimmäisen valun sitoutumisreaktio on ehtinyt jo käynnistyä ennen seuraavan valun suorittamista. Työsaumoissa betonin leikkauslujuus heikkenee sekä vetolujuus on vain 20 % vastaavan homogeenisen betonin lujuudesta. Tällaiset saumat ovat erityisen alttiita tiiveyden heikkenemiselle, mikä voi altistaa korroosiolle. (Suomen betoniyhdistys ry, 2018, s. 257–258.) Vesitiiviin betonin huokosrakenteen täytyy olla epäyhtenäinen. Tämä tarkoittaa sitä, että betonin huokokset eivät saa muodostaa yhtenäistä verkostoa, jota pitkin vesi pääsee kulkemaan. (RT 83-11032, 2011, s. 10.)

Pestyä työsaumaa käytetään silloin, kun betonirakenteelle on asetettu tiiveysvaatimuksia. Tiiveysvaatimuksia asetetaan usein sellaisille kohteille, jotka ovat jatkuvasti alltiita vedenpaineelle, kemialliselle rasitukselle tai vaaditaan suuria lujuuksia. Pestyssä työsaumassa betonin pinnasta pestään sementtiliima korkeapainepesurilla 2–5 mm syvyydeltä pois, jotta betonirakenteen kivet tulevat esiin pinnalle (kuva 16). Työsaumojen pesu toteutetaan ennen kuin betoni on kovettunut lujuteensa, mutta saavuttanut vaadittavat minimi lujuudet, jotta muotti voidaan purkaa työsauman kohdalta. Normaalisti kovettuvan betonin muotti voidaan purkaa noin kahden päivän päästä valusta (RIL 149-1995, 1995, s. 100). Pestyn työsauman ansiosta kahden erillisen valun kivet menevät limittäin, jolloin syntyy tiiviimpi ja kestävämpi liitos kahden betonirakenteen välille (kuva 17). Tällöin sauman tiiveys-, säilyvyys- ja lujuusominaisuudet kasvavat huomattavasti. (Suomen betoniyhdistys ry, 2018, s. 257–259.)

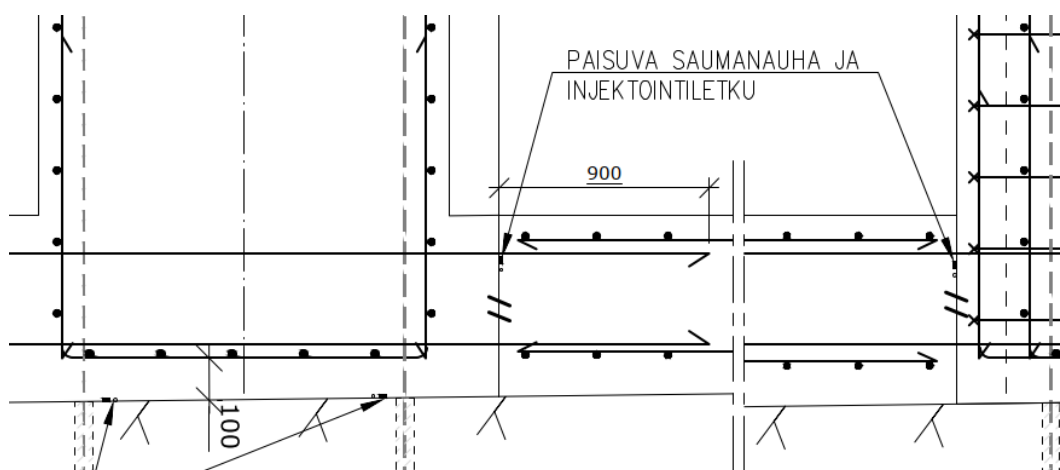


Kuva 16. Pesty työsauma, josta poistettu sementtiliima.



Kuva 17. Pesty työsauma kahden erillisen valun välillä. (Suomen betoniyhdistys ry, 2018.)

Paisuvia saumanauhoja käytetään usein, kun yritetään saavuttaa parempaa vesitiiveyttä työsaumoissa (Suomen betoniyhdistys ry, 2018, s. 258). Paisuvat saumanauhat ovat suositeltavaa asentaa niin, että betonipeite on vähintään 80 mm. Liian ohut betonipeite voi aiheuttaa halkeamien syntymisen paisuvan saumanauhan turpoamisen seurauksena. (Semtu, 2023) Tiivyyttä vaadituissa betonirakenteissa paisuva saumanauhojen sijainti löytyy rakennesuunnitelmista, joiden mukaan nauhat asennetaan paikoilleen (kuva 18).



Kuva 18. Ote FCG:n laatimasta rakennesuunnitelmasta Kauttuan säännöstelypadolle, josta näkee paisuvien saumanauhojen ja injektointiletkujen sijainnin.

Paisuva saumanauha asennetaan rakennesuunnitelmien ja valmistajan ohjeiden mukaisesti puhtaalle, kuivalle ja mahdollisimman tasaiselle pinnalle. Pinnan tulee olla täysin kuiva asennuksen aikana, ettei paisuva saumanauha aloita paisumisreaktiotaan enneaikaisesti. (RT 83-11032, 2011, s. 8.) Pinnan on oltava puhdas, jotta nauha saadaan asennettua luotettavasti kiinni pintaan liimaamalla tai naulaamalla. Liimausta suositellaan käytettäväksi tasaisille pinnoille, kun taas naulaamista voidaan käyttää epätasaisemmilla pinnoilla. Kauttuan säännöstelypadolla liiman käyttö ulko-olosuhteissa ei toiminut toivotulla tavalla graniittikiven pintoja vasten, joten päädyimme käyttämään nau-lausta kiinnityksen varmistukseksi (kuva 19). Naulauksen kiinnitysväli selviää valmistajan ohjeesta, mutta yleisesti se on 15–25 cm välein. Naulauksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota, ettei paisuva saumanauha vahingoitu ja katkea. (Semtu, 2023.) Kauttuan säännöstelypadolla huomasimme paisuvan saumanauhan heikkenevän ja jopa katkeavan, jos naulan lyötiin ns. nauhan sisälle.



Kuva 19. Paisuva saumanauha kiinnitetty nauloilla betonin pintaan ja injektointiletku siihen tarkoitetuilla kiinnikkeillä.

Asennus on tehtävä huolellisesti kiinnitettävään pintaan, jotta vältetään paisuvan saumanauhan kelluminen kiinnityspinnalla. Kelluva nauha heikentää

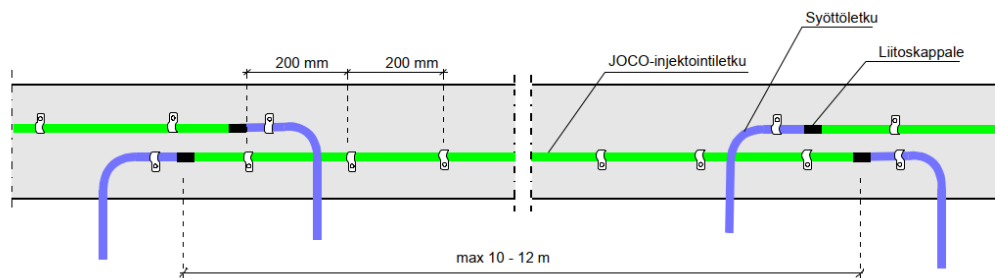
sauman vesitiiveyttä. Pystypinnoilla liimattaessa paisuvan saumanauhan maksimipituus tulisi olla 1 metri, jotta varmistetaan kiinnityksen luotettavuus. Nauhojen limityksen suositeltu pituus on 10 cm. (Mapei, 2024, s. 2–3.)

Asentaessa on huomioitava ympäristön olosuhteet, kuten lämpötila ja kosteus, sillä huomasimme Kauttuan säännöstelypadolla paisuvan saumanauhan reaktion käynnistyvän jo suuresta ilmankosteudesta. Valmistajan käyttöohjeista selviää nauhan asennus- ja turpoamisaika sekä liiman kuivumisaika. Kauttuan säännöstelypadolla jouduimme rajoittamaan nauhan asennusta, sillä emme voineet asentaa nauhaa kuin päivää ennen valua liian suuren kastumis- ja turpoamisriskin vuoksi. Tällaisessa kohteessa olisi erittäin suositeltavaa käyttää suojakalvolla varustettuja paisuvia saumanauhoja.

Injektointiletku asennetaan puhtaalle ja kuivalle pinnalle, sillä tämä estää injektointiletkun tukkeutumisen sekä helpottaa asennusta. Injektointiletku asennetaan raudoitusten sisäpuolelle, jotta betonipeite on tarvittavan paksu. Suositeltava paksuus on 75 mm, jotta injektoitaessa vältytään painehäviöiltä. Joissakin valmistajien ohjeissa injektointiletkut asennetaan keskelle työsaamaa, mutta työ toteutetaan suunnittelijan rakennesuunnitelman mukaan, jos sellaiset on laadittu (kuva 18). (Muottikolmio, n.d., s. 1–3.)

Injektointiletkujen maksimipituus vaihtelee valmistajakohtaisesti 10–12 metrin välillä. Letku asennetaan kiinni rakenteeseen siten, että se on jatkuvassa kontaktissa kiinnitettävään pintaan. Kiinnitykset voidaan tehdä muovisilla tai metallisilla kiinnikkeillä. Kiinnikkeet porataan rakenteen pintaan 10–20 cm välein valmistajan ohjeiden mukaisesti (kuvat 19 ja 20). Liian heikolla kiinnityksellä on riskinä, että injektointiletku liikkuu pois paikaltaan eikä saumasta tule enää vesitiivistä. Injektointiletkujen välinen limitys on vähintään 15 cm (kuva 20). Letkut eivät saa koskettaa toisiaan, jottei injektoitaessa tapahdu ristivirtausta. (Alimex, 2012, s. 6–7.) Letkujen asennuksessa on myös huolehdittava, ettei niihin synny suuria mutkia, sillä tämä voi tukkia letkut sekä estää injektoinnin kokonaan. Injektointiletkuja ei saa tuoda muotista ulos, sillä injektoitaessa paineen saavuttaminen olisi lähes mahdotonta sekä injektointiepoksin hukka olisi

suuri. Asennuksen yhteydessä tulee tehdä injektointikartta, josta selviää letkujen sijainnit, reitit sekä sisä- ja ulostulopäät.



Kuva 20. Injektointiletkujen limitys. (Muottikolmio, n.d.)

Injektointiletkun päissä voidaan käyttää syöttökartioita (kuva 21) tai syöttöletkuja (kuva 22). Syöttöletkut voidaan joko asentaa varausrasiaan mahdollisia uudelleen injektointeja varten tai työntää sellaisenaan muotista ulos. Kauttuan säännöstelypadolla käytimme syöttöletkuja, jotka työnnettiin sellaisenaan muotista läpi, sillä uudelleen injektoinnin mahdollisuutta veden alla ei ole. Syöttöletkujen sisä- ja ulostulospäät kannattaa merkitä numeroilla tai värikoodeilla injektointityön helpottamiseksi sekä laadunvarmistukseksi. (Alimex, 2012, s. 12–15.)



Kuva 21. Injektointiletkut asennettuina syöttökartioihin. (Muottikolmio, n.d.)



Kuva 22. Injektointiletkut asennettuna varausrasiaan. (Muottikolmio, n.d.)

Syöttöletkut kiinnitetään injektointiletkuihin liitoskappaleella (kuva 23) ja niiden liitos varmistetaan puristesukalla (kuva 24) (Alimex, 2012, s. 12–15). Syöttöletkut on tukittava valun ajaksi esimerkiksi teippaamalla ne umpeen, jotta letkuihin ei pääse mitään sinne kuulumatonta.



Kuva 23. Injektointiletku kiinnitetty liitoskappaleella syöttöletkuun.



Kuva 24. Injektointiletkun ja syöttöletkun liitos varmistettu puristesukalla.

Itse injektointiepoksin pumppaus voidaan aloittaa vasta kun betonista on poistunut hydrataatiolämpö sekä mahdolliset muodonmuutokset, kuten kuivumiskutistumat ja halkeamat ovat tapahtuneet (Alimex, 2012, s. 19). Hydrataatiolämpö on poistunut betonista, kun sementin ja veden väliset reaktiot ovat tapahtuneet. Tämän jälkeen betonin lämpötila on sama kuin ympäristön lämpötila. (Suomen betoniyhdistys ry, 2018, s. 121.) Liian aikainen injektointi ei ole kannattavaa, sillä betonin vesitiiveyttä vaativissa saumoissa voi tapahtua vielä muutoksia, jolloin injektointi menettää hyötynsä. Injektointi on kannattavaa suorittaa vasta, kun betoni on 28 vrk ikäinen ja saavuttanut täyden lujuutensa (Muottikolmio, n.d., s. 2).

Pienissä injektointitöissä voidaan käyttää käsipumppua (kuva 24). Suuriin injektointitöihin ja pitkiin injektointiletkuihin on suositeltavaa käyttää sähköpumppua (kuva 25). Injektointiin käytetyssä laitteessa tulisi olla painemittari. (RIL 149-1995, 1995, s. 284.) Käsipumpulla on vaikea saavuttaa tarvittavaa painetta ja koostumukseltaan vähän paksummat injektointiepoksit ovat raskaita pumpata käsin. Sähköisellä injektointipumpulla on helppo seurata putken

sisällä saavutetun paineen määrää. Joissakin injektointipumppujen säiliöissä on lisäksi mitta-asteikko, josta voi helposti seurata injektointiepoksin menekkiä. Normaali menekki injektointiepoksille on 1 kg / 10 m (Alimex, 2012, s.25). Kauttuan säännöstelypadolla käytimme sähköistä injektointipumppua suuren injektointimäärän sekä pitkien injektointiletkujen vuoksi.



Kuva 24. Injektointitöissä käytettävä käsipumppu. (Muottikolmio, n.d.)



Kuva 25. Sähkökäyttöinen injektointipumppu.

Ennen injektointia on hyvä varmistaa letkujen sijainnit ja reitit. Suositeltavaa on käydä injektointiletkut paineilmalla läpi, jolloin letkuihin mahdollisesti

kertynyt vesi poistuu. Kauttuan säännöstelypadolla letkuihin oli kertynyt vettä odottelun aikana.

Injektointitöitä tehtäessä tulee ottaa huomioon ympäristön olosuhteet. Injektointiepoksilla on valmistajista riippuen minimi ja maksimi käyttölämpötilat. Injektointiepoksin työstöaikaan vaikuttaa ulkolämpötila sekä rakenteen lämpötila. Injektoitavan rakenteen lämpötilan tulisi olla suurempi kuin +12 °C, ellei valmistajan ohjeissa toisin sanota (RIL 149-1995, 1995, s. 284).

Injektointi aloitetaan asentamalla letkun toiseen päähän injektointinippa (kuva 26). Injektointiepoksin rakenneosia sekä kovete sekoitetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Injektointiepoksin sekoituksessa täytyy ottaa huomioon sen työstettävyyssäikeä, jolloin vältetään liian suuren määrän valmistaminen kerralla mahdollisen materiaalihukan välttämiseksi. Injektointi kannattaa aloittaa letkun alemmasta päästä, sillä näin varmistetaan, että injektointiepoksi on täyttännyt koko letkun paineen nostaessa sitä ylös. Injektointiepoksia pumpataan injektointiletkun sisälle niin kauan, että se tulee toisesta päästä ulos, jonka jälkeen se suljetaan. Injektointiaineen pumppausta jatketaan, kunnes paineen nousu pysähtyy eikä injektointiepoksia kulu enää injektointipumpun säiliöstä (kuva 27). Injektointi kannattaa suorittaa mahdollisimman alhaisella sekä pitkäkestoisella paineella, jolloin injektointiepoksi tunkeutuu pienempiinkin koloihin sekä halkeamiin (RIL 149-1995, 1995, s. 285). Injektoinnissa käytetty paine saa olla maksimissaan 80 bar, mutta injektointiletkujen käyttöohjeista löytyy valmistajien määrittämät maksimipaineet letkuille. Injektoinnin onnistumisen varmistamiseksi on suositeltavaa toteuttaa injektointia myös letkun toisestakin päästä. (Alimex, 2012, s. 27–30.) Injektoinnin aikana kirjataan ylös injektointiepoksin menekki sekä loppupaine.



Kuva 26. Injektointiletkun päässä injektointinippa ja toisen letkun pää on tukittuna.



Kuva 27. Injektointityö käynnissä työturvallisuus huomioituna.

Uudelleen injektointi on tehtävä injektointiepoksin työskentelyajan sisällä. Injektointiepoksi voi hakeutua mahdollisiin koloihin, jolloin on tärkeää pumpata letkuun lisää epoksia, jotta varmistetaan työn onnistuminen ja paras mahdollinen vesitiiviys. Joissakin tapauksissa injektointiletkut halutaan säästää

myöhemmin toteutettavaa uudelleen injektointia varten. Näissä tapauksissa injektointiletkuista poistetaan injektointiepoksi vedellä tai paineilmalla putsaten. Putsatut letkut jätetään varausrasiaan odottamaan seuraavaa injektointia. (Alimex, 2012, s.32–38.)

Tukkeutunut injektointiletku nostaa paineen välittömästi korkeaksi, eikä injektointiepoksia saa pumpattua letkuun. Mikäli rakenteessa on vuotava kohta, ei tällöin paine injektointipumpussa nouse. Uudelleen injektointi tulisi suorittaa vähintään kerran, jotta varmistetaan sauman vesitiiveys. (Alimex, 2012, s. 32). Kauttuan säännöstelypadolla havaitsimme vuotavan kohdan betonivalun sekä kivirakenteen välissä (kuva 28).



Kuva 28. Epätiivis saumakohta, josta injektointiepoksia valui pois.

Injektointiepoksin kovetuttua letkut katkaistaan betonin pinnasta. Syöttökartiot voidaan jättää paikoilleen myöhempiä injektointeja varten. Jos myöhempiä injektointeja ei tarvita, poistetaan syöttökartiot sekä kuivasullotaan reiät.

## 7 LAADUNVARMISTUS

### 7.1 Injektointipöytäkirja

Injektointipöytäkirja tulee laatia halkeamien sekä letkujen injektoinneista. Injektointipöytäkirjasta tulee selvittää injektoitava rakenneosa, päivämäärä, työn aloitus- ja lopetusaika, työmenetelmä, materiaalit, letkun numero, menekki (kg) ja loppupaine (MPa), ilman sekä rakenteen lämpötila, työn suorittaja, mahdolliset lisätiedot, urakka sekä pöytäkirjan laatija. Injektointipöytäkirjalla varmistetaan työn laadukas suoritus.

Liitteenä esimerkki injektointipöytäkirjasta (liite 1).

### 7.2 Injektointikartta

Injektointiletkujen sijainnista on laadittava erikseen injektointikartta, josta selviää letkun sijainti rakenteessa sekä sisä- ja ulostulopäät. Injektointikartta tukee injektointipöytäkirjaa, joten on tärkeä osa laadunvarmistusta ja dokumentointia. Injektointikartta auttaa paikantamaan letkujen sijainnin. Suurissa kohteissa injektointikartta helpottaa sekä nopeuttaa huomattavasti injektointityön suoritusta ja pöytäkirjan laatimista.

Kartan laatimista helpottaa injektointiletkujen numeroiminen. Letkujen molemmat päät tulee tällöin merkitä. Mahdollisesti sisä- ja ulostulopäät voidaan merkitä eri väreillä, joka voi nopeuttaa työskentelyä. Kartasta tulisi selvittää myös injektoitava sauma. Injektointikarttaan on suositeltavaa kirjoittaa letkuista lisätietoja, jotka eivät selviä kuvaa lukemalla, kuten pystysaumot.

Liitteenä Kauttuan säännöstelypadolle laadittu injektointikartta (liite 2).

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyöstä on laadittu työohje, joka opastaa niin työnjohtoa kuin työntekijöitä suorittamaan injektointityöt turvallisesti, huolellisesti sekä laadukkaasti. Työohjeessa on esitetty työvaiheet tarkasti vaihe vaiheelta sekä laadittu kattavasti tietoa materiaalien ominaisuuksista ja toimivuudesta.

Opinnäytetyötä laatiessa sekä työtä suoritettaessa keskeisimmiksi asioiksi osoittautuivat perehdyttäminen, huolellinen työskentelytapa ja laadunvarmistus. Työntekijöiden asianmukainen perehdyttäminen on edellytys turvalliselle, huolelliselle ja laadukkaalle työntulokselle. Laadunvarmistuksessa korostuu tärkeiden laatudokumenttien laadinta työvaiheiden aikana, jotta niissä esiintyvä tieto on luotettavaa.

Kemiallista injektointia on suositeltavaa harkita erityisesti sellaisissa työkohteissa, joissa juotoslaastilla tehtävät injektoinnit on mahdollista korvata haastavien olosuhteiden vuoksi. Kemiallinen injektointi onnistui erinomaisesti Kauttuan säännöstelypadolla, sillä tämä työtapa soveltui graniittikiiviin tehtäviin tartuntoihin erinomaisesti sekä se säästi paljon työaikaa nopean asennuksen ja kuivumisajan vuoksi. Kemiallinen injektointi on myös helppo toteuttaa, sillä työvaiheita on vähän ja massan annosteluun on selkeät ohjeet valmistajalta. Tähän työtapaan vaihtaessa on tärkeää ottaa huomioon porattavan materiaalin laatu, reiän sijainti, koko sekä määrä, sillä kaikissa tapauksissa vaihto ei ole kannattavaa kalliiden materiaalihankintojen vuoksi.

Juotoslaastia käytettäessä injektointeihin on tärkeää ottaa työnsuunnittelussa huomioon porattavan materiaalin laatu, reikien sijainti, koko ja määrä sekä mahdollisuus vaihtoehtoihin toteutustapoihin. Erityisesti juotoslaastilla tehtävät injektoinnit sopivat tasaisille helposti porattaville alustoille sekä kooltaan suuriin tartuntoihin. Juotoslaasti materiaalina on kustannustehokas, tuttu sekä helposti työstettävä. Kauttuan säännöstelypadolla tämä toteutustapa todettiin hitaaksi ensimmäisen tartunnan jälkeen, jonka vuoksi se vaihdettiin kemialliseen injektointiin. Tämä toteutustapa oli epäsopiva, sillä reikien poraus

graniittikiveen oli hidasta sekä tartunnat sijaitsivat pystyseinillä, jolloin jokainen tartunta olisi vaatinut muotin estämään juotoslaastin pääsyä pois reiästä. Juotoslaastilla työskenneltäessä on tärkeää varmistaa materiaalin sopivuus, oikea sekoitussuhde, reiän täyttyminen sekä käyttöaika.

Vedenpitäviä työsaumoja tehtäessä on työnjohtajan perehdyttävä huolellisesti käytettäviin materiaaleihin, niiden työstöaikoihin sekä soveltuvuudesta käyttökohteisiin. Työn suunnittelussa tulee ottaa huomioon haastavat asennusolosuhteet sekä oikeanlaiset työvälineet. Työsaumojen injektointi todettiin Kautuan Säännöstelypadolla haastavaksi kohteessa olevien suurien ja vaikeasti käsiteltävien betonirakenteiden, ahtauden sekä ulko-olosuhteiden vuoksi. Työsaumoja tehtäessä työnjohtajan tulee varmistaa perehdyttämällä, että työntekijöillä on tarvittava tieto käytettävistä materiaaleista, asennuspaikoista, kiinnitystavasta ja -tiheydestä, limityksistä sekä työsuorituksen aikana tehtävien dokumenttien laadinnasta. Laatudokumenttien laatiminen on työnjohtajan vastuulla, mutta suositeltavaa on, että työntekijät laativat injektointikartat asennusvaiheessa sekä kirjaavat injektoinnin aikana injektointiepoksin menekit välittömästi injektointipöytäkirjaan. Työsaumojen injektoinnissa erityisesti kokemus korostuu tiedon varmuutena, työn suunnittelussa, oikeiden materiaalien valinnassa, työn laadukkaassa suorituksessa, laatudokumenttien laadinnassa sekä ongelmatilanteiden ratkaisussa.

## LÄHTEET

Alimex Oy. (2012). Intec® Premium Asennusohje. Haettu 10.9.2024 osoitteesta <https://www.alimex.fi/intec-premium-asennusohje/>

Alimex Oy. (n.d.) Juotosbetonit ja juotoslaastit. Haettu osoitteesta 3.8.2024 <https://www.alimex.fi/juotosbetonit-ja-juotoslaastit/>

Destia Oy. (2024). Tietoa meistä. Haettu 20.9.2024 osoitteesta <https://www.destia.fi/tietoa-meista/>

HauCon Finland Oy. (2024). HyDra Waterstop RX101 Paisuva saumanauha. Haettu 20.9.2024 osoitteesta <https://www.haucon.fi/ProductPagePdf.aspx?ID=2630>

Hilti Suomi Oy. (n.d.) HIT-RE 500 V4 Kemiallinen ankkuri. Haettu 15.9.2024 osoitteesta [https://www.hilti.fi/c/CLS\\_FASTENER\\_7135/CLS\\_CHEMICAL\\_ANCHORS\\_7135/r12560055](https://www.hilti.fi/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_CHEMICAL_ANCHORS_7135/r12560055)

Hilti Suomi Oy. (2024). Operating instruction. Haettu 15.9.2024 osoitteesta [https://www.hilti.fi/media-canonical/PUB\\_5638034\\_000\\_APC\\_RAW](https://www.hilti.fi/media-canonical/PUB_5638034_000_APC_RAW)

Mapei Oy. (2017). Mapepoxy BI kaksikomponenttinen injektointiepoksi. Haettu 10.8.2024 osoitteesta <https://www.mapei.com/fi/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/tuoteluettelo/tuotetiedot/mapepoxy-bi>

Mapei Oy. (2024). Idrostop. Haettu 12.10.2024 osoitteesta <https://www.mapei.com/fi/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/tuoteluettelo/tuotetiedot/idrostop>

Muottikolmio Oy. (n.d.) Injektointiletkun asennusohje. Haettu 5.11.2024 osoitteesta <https://muottikolmio-fi.b-cdn.net/wp-content/uploads/2023/01/Injektointiletkun-asennusohje.pdf?x81362>

RIL 107-2012. (2012). Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 149-1995. (1995). Betonityöohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 83-11032. (2011). Vedenpaineeneristys. Rakennustieto. <https://kortitot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2083-11032>

Semtu Oy. (n.d-a.) Injektointituotteet korjaustuotteet. Haettu 18.11.2024 osoitteesta [https://www.semtu.fi/application/files/2117/2190/6537/Korjaustuotteet\\_Injektointituotteet\\_esite\\_2024\\_netti.pdf](https://www.semtu.fi/application/files/2117/2190/6537/Korjaustuotteet_Injektointituotteet_esite_2024_netti.pdf)

Semtu Oy. (n.d-b) Luxit-injektointiepoksi. Haettu 18.11.2024 osoitteesta [https://www.semtu.fi/application/files/2117/2190/6537/Korjaustuotteet\\_Injektointituotteet\\_esite\\_2024\\_netti.pdf](https://www.semtu.fi/application/files/2117/2190/6537/Korjaustuotteet_Injektointituotteet_esite_2024_netti.pdf)

Semtu Oy. (2023). PC®Elastoswell paisuva saumanauha. Haettu 20.9.2024 osoitteesta [https://www.semtu.fi/download\\_file/view/11554/249](https://www.semtu.fi/download_file/view/11554/249)

Suomen Betoniyhdistys ry. (2018). Betonitekniikan oppikirja by 201. 9.painos. BY-koulutus Oy.

Roihuvuo, I. (4.6.2024). Tensiconin myyjän sähköposti Satakunnan ammatti-korkeakoulun opiskelijalle.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Haettu 7.8.2024 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205>



