

# **Betonirakenteiden kemiallinen injektointi**

Atte Santapukki

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

ATTE SANTAPUKKI:  
Betonirakenteiden kemiallinen injektointi

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Toukokuu 2013

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä työohje saumojen sekä halkeamien injektoinnista Lemminkäinen Infra Oy:lle. Ohjeen tarkoitus on opastaa vaihe vaiheelta laadukkaaseen vedeneristykseen saumojen sekä halkeamien osalta. Kyseisen työn ongelmana on laadunvarmistuksen vaikeus, joka perustuu suurelta osin kokemusperäiseen massan menekkiin. Johdonmukainen työohje auttaa tarkoituksenmukaisen laadun saavuttamiseen.

Injektoinnin tarkoituksena on tiivistää saumat ja halkeamat siten, ettei vesi pääse niiden lävitse. Injektointimassa on kemiallisesti valmistettua ja paisuu moninkertaiseksi täyttäneen tyhjän tilan. Onnistunut injektointi takaa rakenteen vedeneristyksen yhdessä vedenpitävien betonirakenteiden kanssa ja näin ollen kasvattaa sisäpuolisten tilojen viihtyvyyttä ja terveellisyttä.

Huolellinen suunnittelu ja laadunvalvonta parantavat työn tulosta. Erityisesti injektointikarttaan sekä injektointiletkujen merkintään on kiinnitettävä huomiota. Hyvin tehty injektointikartta ja merkityt letkut säästävät kustannuksia ja lyhentävät työhön tarvittavaa aikaa.

Asiasanat: kemiallinen injektointi, vedentiivistys,

**ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bachelor of engineering  
Civil engineering

**ATTE SANTAPUKKI:**

Chemical grouting of concrete structures

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 2 pages

May 2013

---

The aim of the thesis was create work instructions about joints and cracks grouting for Lemminkäinen Infra Oy. The idea of the instruction is to guide worker step by step towards high quality waterproofing of joints and cracks. Problem in chemical grouting is quality assurance. It is based on empirical knowledge of consumption. A consistent work instruction helps to reach appropriate quality.

Purpose of grouting is to waterproof the joints and cracks. Grout is chemically produced and it expands multiple when injected into joint or crack. When grouting is successful it guarantees waterproofed structure with other concrete structures. This makes internal space more comfortable and healthy.

Careful planning and quality control makes quality of the work better. Especially grouting map and marking of grouting hoses has to be made carefully. Well-made grouting map and marked hoses saves up costs and time.

Key words: chemical grouting, waterproofing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖTURVALLISUUS.....	6
3	SAUMOJEN INJEKTOINTI .....	7
	3.1 Yleistä .....	7
	3.2 Valmistelevat työvaiheet.....	9
	3.3 Injektointi.....	13
4	HALKEAMIEN INJEKTOINTI.....	18
	4.1 Yleistä .....	18
	4.2 Valmistelevat työvaiheet.....	21
	4.3 Injektointi.....	22
5	HAASTATTELUT.....	26
6	KEHITTÄMISEHDOTUKSIA.....	29
7	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET .....	30
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	33
	Liite 1. Esimerkki injektointipöytäkirjasta.....	33
	Liite 2. Esimerkki injektointikartasta .....	34

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on yhdistää valmistajien ohjeiden sekä kokemukseräisen tiedon pohjalta työohje Lemminkäinen Oyj:lle. Opinnäytetyö sisältää työohjeet saumojen ja halkeamien kemiallisesta injektoinnista sekä antaa kokemukseräisiä huomioita, miten työn eri osa-alueisiin tulisi suhtautua. Työohjeiden on tarkoitus opastaa asiaa tuntematon, mutta alaan perehtynyt henkilö vaihe vaiheelta laadukkaaseen lopputulokseen. Ohjetta voi soveltaa oman ammattitaidon ja kokemuksen mukaan.

Rakentaessa pohjaveden pinnan alapuolelle vedentiiveys näyttelee suurta osaa. Sen lisäksi, että rakenteen tulee olla vedenpitävä, on myös huolehdittava rakentamisen aikaisien työsaumojen vedenpitävyydestä. Myös betonirakenteen halkeamien tiiveys on varmistettava. Injektoinnin avulla sekä halkeamat että saumat saadaan tiivistettyä ja näin ollen vesi ei pääse sinne mihin sitä ei haluta.

Lähtökohta betonirakenteiden vedentiiveydelle on oikean betonin valinta sekä työn huolellisuus. Betonoinnin onnistuessa betoni on tiivistä ja veden kulkeutuminen rakenteen läpi on vähäistä. Tällöin myös injektoinnin tarve on pienempi. Kustannusten kannalta huolellinen betonointi on halvempaa kuin jälkikäteen tehty injektointi.

Betonirakenteiden vedentiivistykseen voidaan käyttää monia erilaisia tuotteita. Kemiallisen injektoinnin lisäksi voidaan muun muassa käyttää erilaisia pinnoitteita. Niiden tarkoitus on estää veden pääsy rakenteen läpi koko pinta-alalta. Kemiallisten aineiden sijasta voidaan myös käyttää sementtipohjaisia injektointiaineita. Sementtipohjaisten injektointiaineiden tunkeutuvuus pieniin tyhjätiloihin on kuitenkin huonompi kuin kemiallisilla aineilla. Sementtipohjaisia injektointiaineita käytettäessä ei tule käyttää tämän opinnäytetyön sisältämiä työohjeita.

Injektointituotteiden valmistajat ovat tutkineet paljon tuotteidensa ominaisuuksia ja tehneet myös ohjeet työn tekemistä varten. Valmistajien tekemät työohjeet ottavat kuitenkin hyvin vähän kantaa työn ongelmakohtiin ja siihen miten ongelmiin tulisi reagoida. Tästä syystä urakoitsijoiden kokemukseräisen tiedon kerääminen työohjeeksi on tärkeää.

## 2 TYÖTURVALLISUUS

Injektointiaineet ovat kemiallisia valmisteita ja ne voivat aiheuttaa terveystarpeiden päästään elimistöön. Tämän takia suojautuminen roiskeita vastaan on tärkeää. Myös haihtuvia kaasuja vastaan tulee suojautua etenkin suljetuissa tiloissa. Henkilökohtaiseen suojaukseen on hyvä käyttää:

- kypärää
- turvakenkiä
- suojalaseja
- hansikkaita
- ihoa suojaavia vaatteita (esimerkiksi pitkät hihat)
- hengityssuojainta

Letkujen injektointi on yleensä mahdollista tehdä siten, ettei tarvitse käyttää telineitä tai työtasoja. Halkeamien injektoinnissa halkeaman sijainti vaikuttaa työhön. Korkeissa rakenteissa kuten esimerkiksi kuilussa voidaan joutua käyttämään apuvälineitä päästäkseen tarpeeksi lähelle halkeamaa. Tällöin työturvallisuus tulee hoitaa kuten yleensä telineitä käytettäessä. Telineessä tulee olla vaaditut putoamissuojaukset sekä tarvittaessa on käytettävä turvaalжайта. Huomioon on otettava myös riittävä tila työn suorittamiselle.

Käytettyjen työtarvikkeiden valinnalla voidaan vaikuttaa työturvallisuuteen. Esimerkiksi valitsemalla laadukkaat mansetit halkeamien injektointia varten voidaan ehkäistä mansettien irtoamista ja mahdollisia sinkoutumisia.

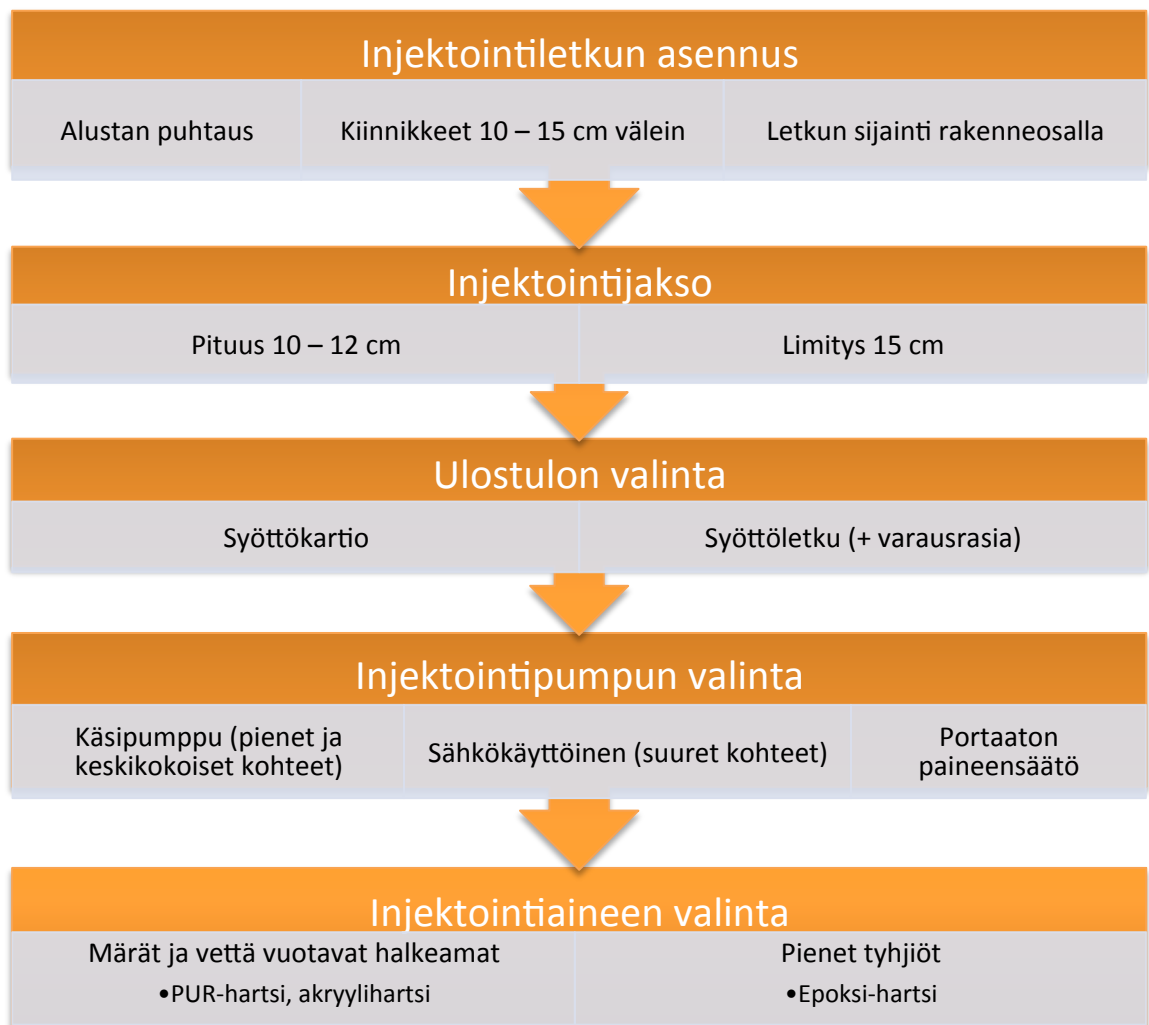
Injektoidessa käytetään suuria paineita, minkä takia on oltava huolellinen. Halkeamien injektoinnissa on huolehdittava mansetin riittävästä kireydestä, jottei mansetti irtoa injektoinnin aikana. Letkuinjektoinnissa on tarkastettava, että injektointinippa on kiinnitetty letkuun riittävästi kireästi. Paineellinen letku on katkaistava varovaisesti tekemällä siihen reikä. Tällä ehkäistään injektointiaineen suihkuaminen hallitsemattomasti.

### 3 SAUMOJEN INJEKTOINTI

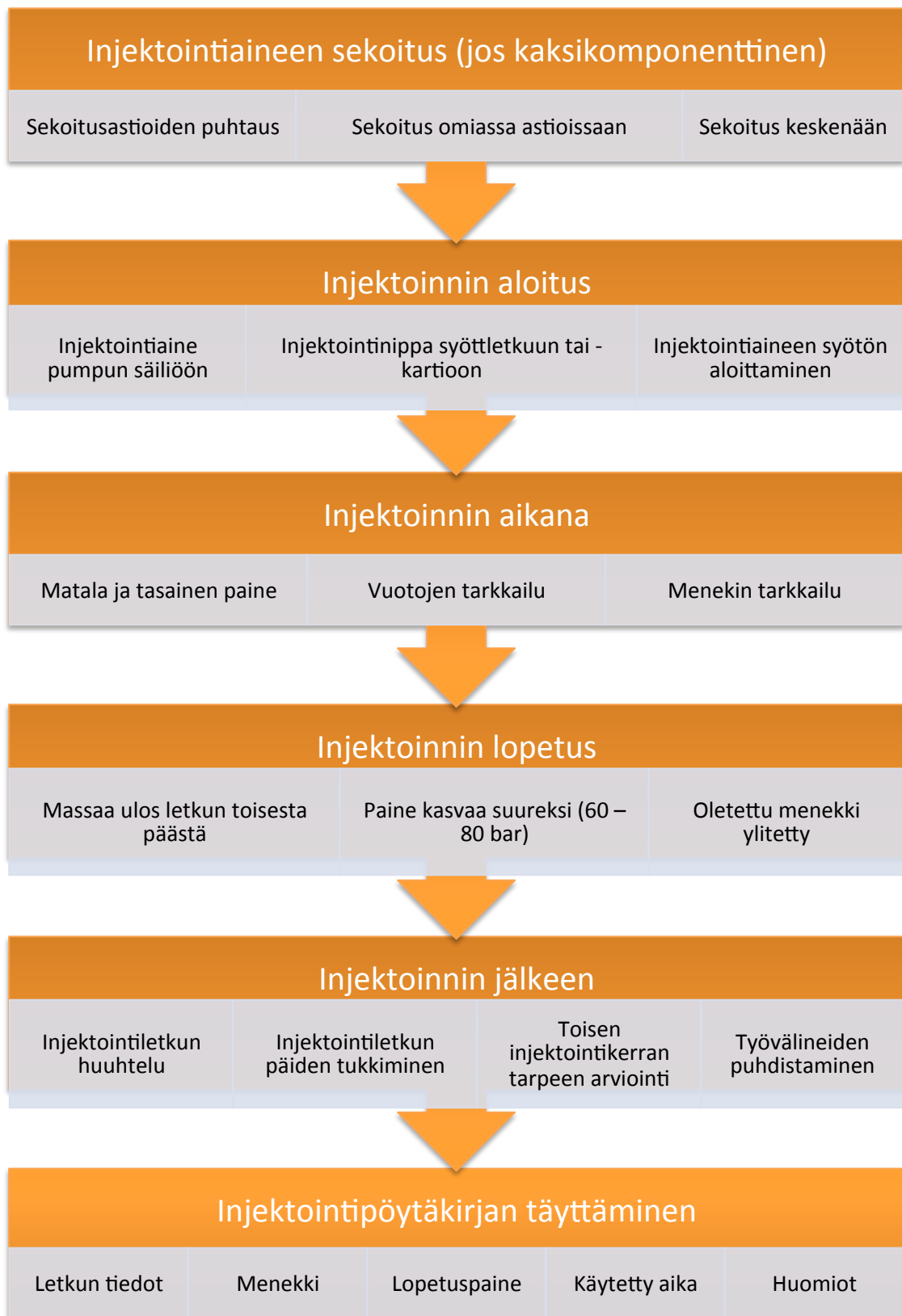
#### 3.1 Yleistä

Saumojen injektoinnin tarkoituksena on varmistaa betonirakenteiden välisten saumojen vedenpitävyys. Tämä on erityisen tärkeää maanalaisissa rakenteissa, joihin vaikuttava vedenpaine voi olla suuri. Injektoidut saumat muodostavat yhdessä vedenpitävien betonirakenteiden kanssa vettä pitävän vaipan, joka estää veden pääsyn rakenneosien toiselle puolelle.

Injektointityön laatu perustuu osin työntekijän ammattitaitoon sekä kokemuksiin. Ensikertaa työtä tehdessä on työn kulku käytävä läpi kohta kohdalta ennen työn aloittamista. Työn tekemistä helpottaa muistilista huomioonotettavista asioista (kuva 1; kuva 2)



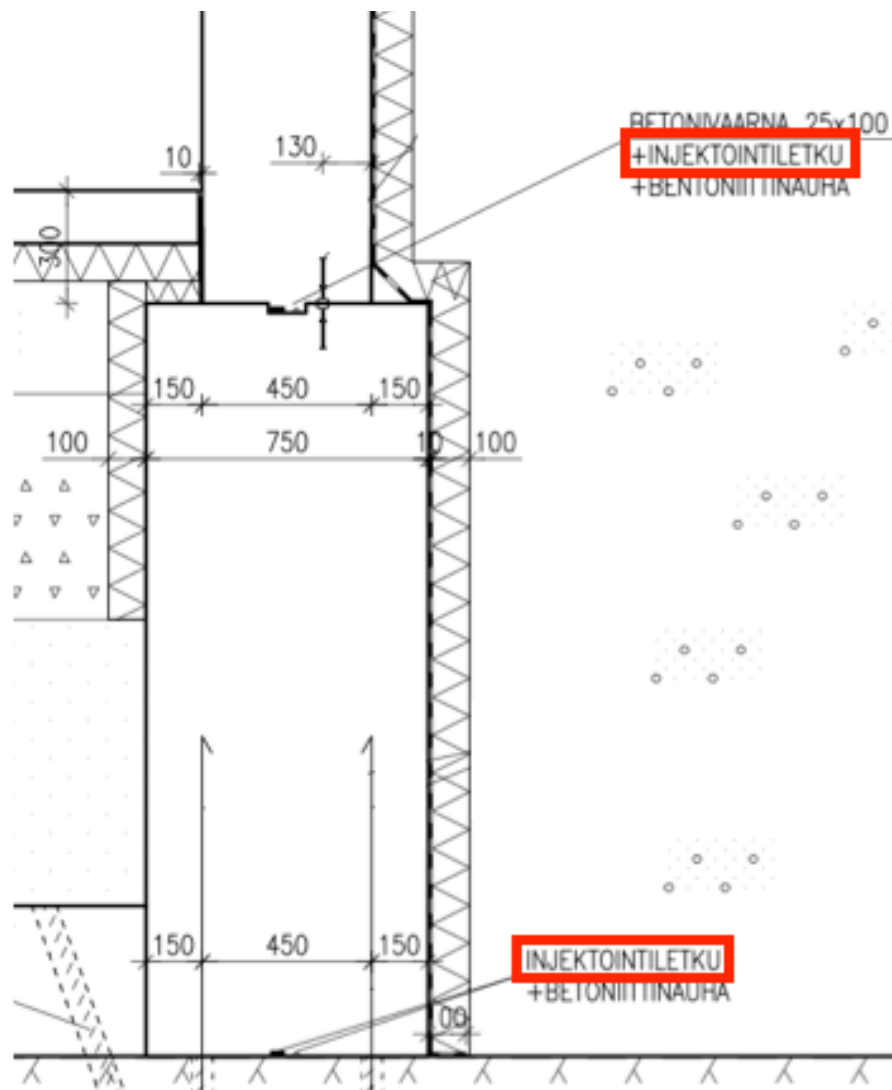
KUVA 1. Valmistelevat työvaiheet



KUVA 2. Injektointi

### 3.2 Valmistelevat työvaiheet

Injektointiletkun asennuksen periaatteena on letkun sijoittaminen kahden rakenneosan väliin, jolloin rakenneosien välinen sauma voidaan tiivistää injektointiletkun kautta. Bentoniittinauhaa voidaan käyttää varmistuskeinona injektointiletkun yhteydessä. Rakenneosalla tarkoitetaan tässä yhteydessä joko betonirakennetta tai kalliota, jonka päälle betoninen rakenneosaa tullaan valamaan (kuva 3).



KUVA 3. Injektointiletkun sijainti rakenneosalla

Ennen injektointiletkun asennusta tulee varmistua, että alusta jolle se kiinnitetään on puhdas eikä siinä ole irtoainesta. Pinta on hyvä myös puhdistaa sementtiliimasta, jos tämä on mahdollista. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 4.) Tässä vaiheessa on hyvä varmistua myös siitä, että käytettävissä on riittävä määrä tarkoituksenmukaisia kiinnikkeitä sekä injektointiletkua.

Injektointiletku kiinnitetään siten, että se on jatkuvassa kosketuksessa pinnan kanssa, johon se asennetaan. Sopiva kiinnitysväli on yleensä 10 – 15 cm (kuva 4). Letkun sijainti rakenneosalla on tärkeää toimivuuden kannalta. Letkun sijainti rakenneosalla on yleensä sen keskellä. Kuitenkin, kun leveys ylittää 60 cm, kiinnitetään letku 25 cm päähän vettä vuotavan pinnan puolelle. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 6.)



KUVA 4. Injektointiletkun kiinnitys (Joco 10 Injektointi, 5.)

Injektointiletkun (injektointijakson) pituudeksi suositellaan 10 – 12 metriä. Injektointijaksot tulee limittää vähintään 15 cm (Intec® Premium Asennusohje 2012, 8-12.) On kuitenkin otettava huomioon rakenneosan kokonaispituus, jonka mukaan voidaan injektointijaksot sovittaa saman mittaisiksi. Jos injektointia on paljon, tämä helpottaa jaksollisuuden luomista.

Huomioon tulee myös ottaa mahdolliset risteävät rakenneosat (esimerkiksi seinä), jottei injektointiletkun ulostulo jää niiden taakse tai liian lähelle. Injektointiletkun katkaisu tapahtuu kohtisuoraan letkun etenemissuuntaan nähden käyttämällä terävää veistä tai valmistajan ilmoittamaa leikkuria.

Ulostulona letkuille voidaan käyttää syöttökartiota (kuva 5) tai letkua. Syöttökartiota käytettäessä on kartiot kiinnitettävä letkun molempiin päihin. Kartioita käytettäessä on huomioitava, että letku tulee asentaa rakenteiden sisään ja betonipeitteen tulee olla vähintään 5 cm. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 6.)



KUVA 5. Syöttökartio (Intec® Premium Asennusohje 2012, 13.)

Vaihtoehtona syöttökartioille on käyttää syöttöletkua, joka asennetaan injektointiletkun molempiin päihin. Tämän jälkeen syöttöletku voidaan vetää varausrasian läpi tai jättää esiin työntyvänä elementtiseinän tai soveltuvan muotin ulkopuolelle (kuva 6). (Intec® Premium Asennusohje 2012, 6.) Injektointiletkun ja syöttöletkun kiinnitys tulee tehdä huolellisesti. Kiinnityksen irrotessa yhteys injektointiletkuun katkeaa ja tällöin injektointin onnistuminen on epävarmaa.



KUVA 6. Varausrasia ja sen läpi vedetyt syöttöletkut (Intec® Premium Asennusohje 2012, 15.)

Injektointipumpun valintaan vaikuttaa injektointimäärä. Pieniin ja keskikokoisiin injektointeihin suositellaan käsipumppua (kuva 7), kun taas suurin määriin sähkökäyttöistä yksikomponenttista injektointipumppua (kuva 8). Injektointipumpussa tulee olla portaan paineensäätö, jolloin oikean injektointipaineen saavuttaminen on helpompaa. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 24.)



KUVA 7. Käsikäyttöinen injektointipumppu (<http://www.muottikolmio.fi>)



KUVA 8. Sähkökäyttöinen yksikomponenttinen injektointipumppu (<http://www.muottikolmio.fi>)

Ennen injektoinnin aloittamista on hyvä varmistua siitä, että käytössä on kyseiseen kohteeseen sopiva injektointiaine. Märkiin ja vettä vuotaviin halkeamiin suositellaan PUR-hartseja tai akryylihartseja, kun taas voimakkaisiin liitoksiin sekä pienien tyhjiöiden täyttämiseen suositellaan epoksi-hartseja (Intec® Premium Asennusohje 2012, 17.)

### 3.3 Injektointi

Intec® Premium Asennusohjeessa (2012) kerrotaan, että injektointi tulee tehdä mahdollisimman pitkän ajan kuluttua betonoinnista. Tällöin hydrataatiolämpö on poistunut betonista ja kutistuma on jo pitkälti tapahtunut. Hydrataatiolämpö on lämpöä, joka syntyy sementin ja veden mineraalien reagoidessa betonin sitoutumisprosessissa. On mahdollista, että sauman tiivistäminen ei onnistu kunnolla, jos kutistumista tapahtuu vielä injektoinnin jälkeenkin. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 17-41.)

Saumaa on tarkkailtava mahdollisten vesivuotojen varalta. Etenkin virtausnopeuden tarkkailu on tärkeää. Virtausnopeuden ollessa suuri, saattaa injektointimassa huuhtoutua pois ennen kovettumistaan. Tässä tapauksessa on ennen injektointia joko poistettava virtaava vesi tai tiivistettävä ulkopinta massalla tai pikalaastilla. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 30-34.)

Ennen työn aloittamista on huolehdittava, että käytössä on tarvittavat suojarusteet ja työvälineet. Injektoinnissa käytettävät hartsit voivat olla terveydelle haitallisia, minkä takia on suojattava silmät, iho sekä hengitystiet. Sisätiloissa työskennellessä on varmistuttava riittävästä ilmanvaihdosta. Huomioitava on myös turvallisuusohjeet sekä tuotekortit injektointimassojen käytöstä. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 17-41.)

Käytettäessä kaksikomponenttista injektointimassaa on molemmat sekoitettava hyvin omissa astioissaan. Tämän jälkeen ne voidaan kaataa samaan astiaan sekoittamista varten. Lika ja ylimääräiset ainesosat voivat vaikuttaa injektoinnin onnistumiseen. Tämän takia hartsiseokseen ei saa sekoittaa muita aineita ja sekoitusastian puhtaus on tärkeää. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 17-41.)

Injektoinnin aikana on erityisen tärkeää seurata paineen kehitystä. Paine kertoo, mitä rakenteen sisällä tapahtuu, kun sinne pumpataan injektointimassaa. Kun paine on pieni pumppauksen aikana, on rakenteen sisällä tyhjää tilaa jäljellä. Tällöin pumppaamista tulee jatkaa.

Paineen kasvaessa riittävän suureksi letkun toisen pään ollessa tukittu, voidaan olettaa, että injektointimassa on tukkinut tyhjän tilan rakenteen sisältä. Jos paine kasvaa heti injektoinnin alussa suureksi, on injektointiletku todennäköisesti tukossa tai syöttöletku ei ole yhteydessä varsinaisen injektointiletkun kanssa.

Pumppauksen yhteydessä on tarkkailtava rakenneosan saumakohtia ja letkun toista päätä massavuodoilta. Tällöin tiedetään missä kohdassa injektointiletkua massa liikkuu. Massavuodoista voidaan päätellä muun muassa se, missä mahdollisia vedenkulkureittejä olisi ollut ilman injektointia. Tiiveyden kannalta ei ole välttämätöntä, että injektointimassa purkautuu työsaumasta (Intec® Premium Asennusohje 2012, 32).

Intec® Premium Asennusohjeen (2012) mukaan hyvälaatuisessa rakennesaumassa injektointimassan menekki on noin 1 kg/10 m. Injektointipaineen kasvaessa suureksi, ennen kuin menekki on täyttynyt, voidaan päätellä letkun olevan tukossa. Tässä tapauksessa injektointia jatketaan letkun toisesta päästä. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 25.)

Menekki on kirjattava huolellisesti injektointipäiväkirjaan (liite 1), jotta voidaan varmistua injektoinnin laadusta. Jos menekki vaikuttaa liian pieneltä, asiaan on reagoitava ja varmistettava sauman vedentiiveys useammalla injektointikerralla.

Varsinainen injektointi aloitetaan asettamalla injektointinippa (kuva 9) syöttökartioon tai syöttöletkua käytettäessä syöttöletkuun. Käytettäessä syöttöletkua on nipan kiinnityksestä huolehdittava esimerkiksi letkukiinnikkeellä. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 27-28.)



KUVA 9. Injektointinippa asennettuna syöttöletkuun

Injektointimassaa pumpataan kunnes se tulee ulos letkun toisesta päästä. Tällöin letkun toinen pää tukitaan toisella injektointinipalla. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 27-28.) Syöttöletkua käytettäessä toinen pää voidaan tukkia myös pitkää, letkun sisään sopivaa ruuvia ja letkukiristintä käyttämällä (kuva 10).



KUVA 10. Injektointiletkun tukkiminen ruuvilla ja letkukiristimellä

Intec® Premium Asennusohje (2012) ilmoittaa turvalliseksi injektointipaineeksi 0-80 baria. Paras lopputulos saadaan kuitenkin tasaisella, pitkäkestoisella ja sopivan matalalla paineella, jolloin injektointimassa tunkeutuu hienoimpiinkin halkeamiin. Maksimipainetta ei saa ylittää missään vaiheessa. Huomioitavaa on, että käsikäyttöiselläkin injektointipumpulla on mahdollista luoda vaurioita aiheuttava ylipaine. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 30-34.)

Injektointi suositellaan toistamaan Intec® Premium Asennusohjeen (2012) mukaan vähintään kerran uudelleen, jotta injektointi olisi täydellisesti onnistunut. Uudelleen injektoinnissa on oltava tarkkana injektointimassan käyttöajan kanssa. Massaa ei saa pumpata injektointiletkuun enää massan käyttöajan jälkeen. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 30-34.)

Kun injektointi on suoritettu, voidaan toinen injektointinippa poistaa ja asentaa päätykappale keräämään huuhdeltavan injektointimassan. Injektointiletkun tyhjennys suoritetaan ensin paineilmalla käyttäen maksimissaan 2,5 barin painetta. Tämän jälkeen letku huuhdellaan valmistajan ilmoittamalla puhdistusaineella. Näiden toimenpiteiden jälkeen voidaan toinenkin injektointinippa poistaa, jonka jälkeen injektointiletku on valmiina rakenteen sisällä odottamassa mahdollisia tulevia injektointeja varten. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 36-38.)

Jokaisen letkun injektoinnin jälkeen täytetään injektointipöytäkirja. Injektointipöytäkirjaan tulee merkitä:

- urakoitsijan nimi
- injektioijan nimi
- päivämäärä
- injektointipöytäkirjan numero
- letkun tiedot
- injektointiaineen menekki
- lopetuspaine
- injektointiin käytetty aika
- injektoinnin aikaiset ja jälkeiset huomiot

Akryylihartseja käytettäessä voidaan letku huuhdella myös vedellä. Vettä käytettäessä on injektointiletku puhdistettava vedestä ennen jälkikäteen tehtäviä injektointeja. Tämä voidaan suorittaa esimerkiksi paineilman avulla. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 36-38.)

Injektoinnin jälkeen on tärkeää puhdistaa työvälineet ja laitteet, jotta ne ovat käyttövalmiita tarvittaessa. Puhdistamiseen on hyvä käyttää valmistajan suosittelemia puhdistusaineita. Akryylihartsi voidaan puhdistaa myös vedellä ennen hartsin kovettumista. Ylimääräinen injektointimassa on hävitettävä valmistajan ohjeiden mukaisesti, koska osa injektointimassoista on ongelmajätettä ennen kovettumistaan. (Intec® Premium Asennusohje 2012, 42-43.)

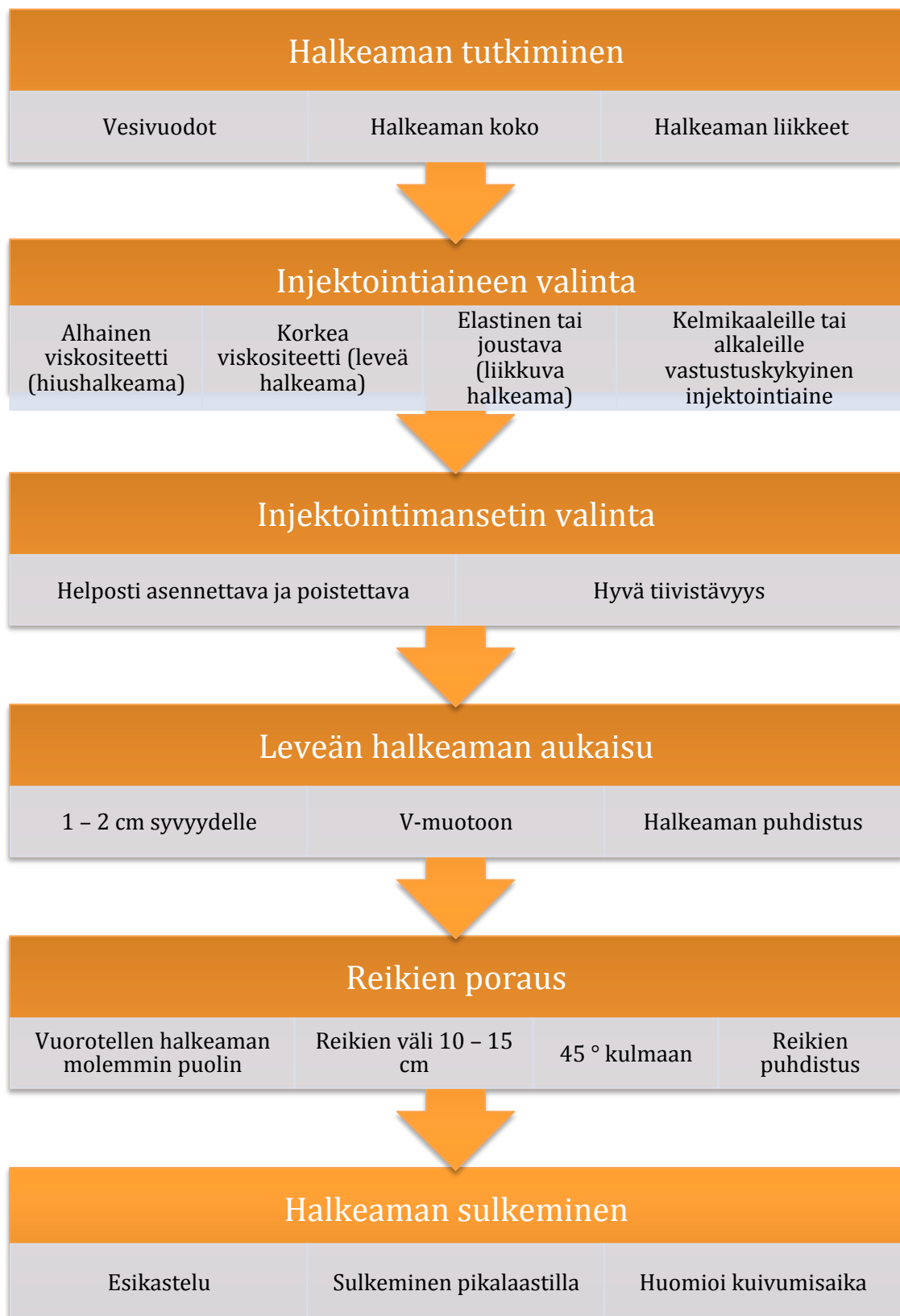
## 4 HALKEAMIEN INJEKTOINTI

### 4.1 Yleistä

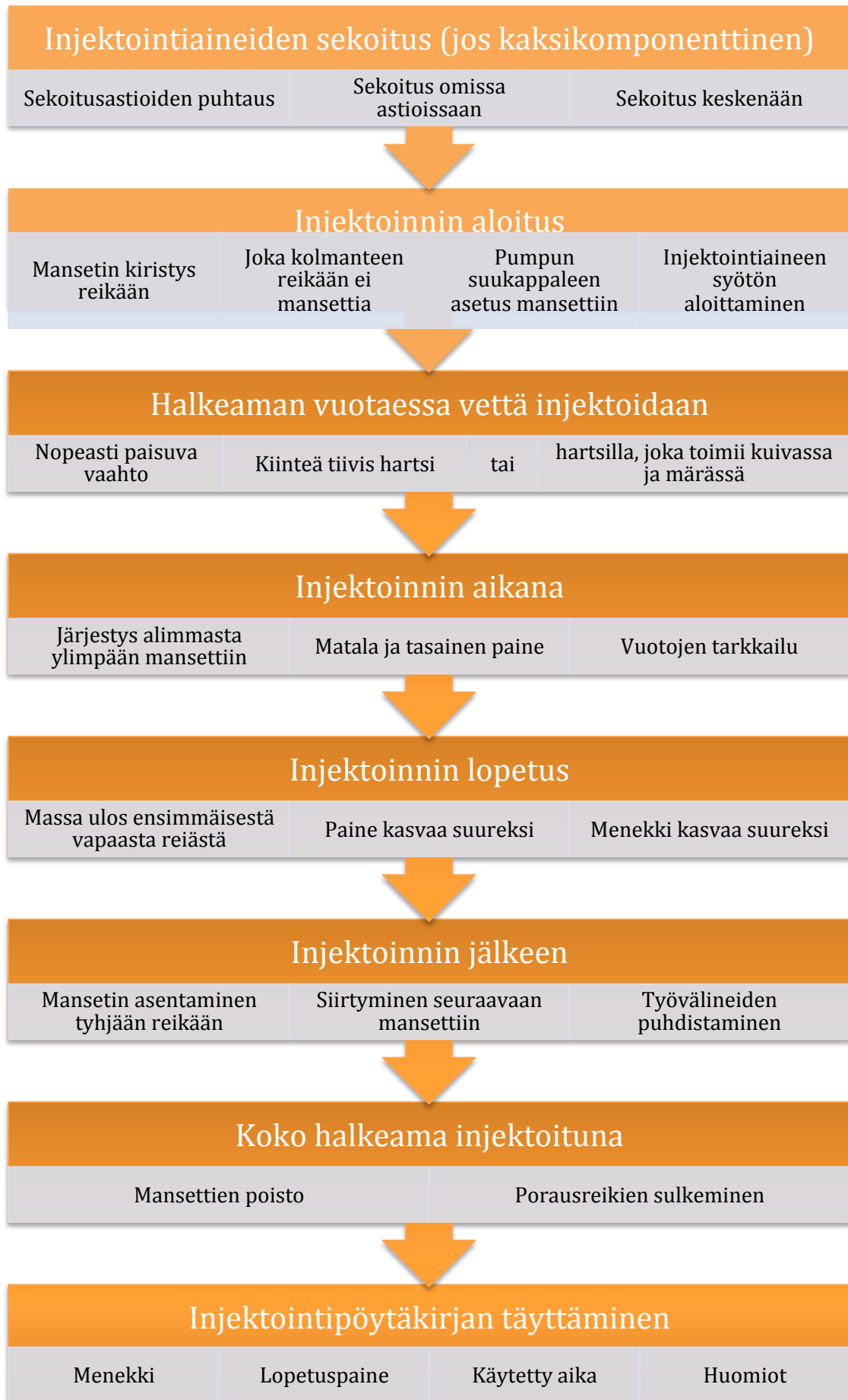
Betonirakenne halkeaa, mikäli siihen kohdistuvat rasitukset kasvavat liian suuriksi lujuuteen verrattuna. Halkeamat voivat johtua joko ulkoisista tai sisäisistä rasituksista. Halkeaman korjauksen syitä voi olla muun muassa vedeneristäminen, rakenteellinen korjaus sekä esteettisyys. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 2-3.)

Tässä osiossa asiaa käsitellään vedeneristämisen kannalta. Kuten saumojen injektoinnissa, myös halkeamien injektoinnissa on tavoitteena saada yhtenäinen tiivis rakenne ja estää veden pääsy rakenneosien läpi.

Halkeamien injektoinnissa työn onnistumisesta ei voida olla täysin varmoja. Laatu perustuu injektioijan arvioon siitä, onko tyhjätila seinässä täyttynyt. Työohjetta seuraamalla voidaan kuitenkin kasvattaa mahdollisuuksia onnistua työssä (kuva 11; kuva 12)



KUVA 11. Valmistelevat työvaiheet



KUVA 12. Injektointi

## 4.2 Valmistelevat työvaiheet

Ennen varsinaiseen työhön ryhtymistä on havaittu halkeama tutkittava vesivuotojen varalta. Halkeamaa on hyvä tarkkailla myös sen koon sekä liikkeiden osalta. Vuotava vesi vaikuttaa injektointityön kulkuun sekä injektointimassan valintaan. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 5.)

Ennen injektoinnin aloittamista vuotava vesi on pysäytettävä. Mikäli vuoto on voimakas, aloitetaan työ injektoimalla nopeasti paisuva vaahto, jonka jälkeen syötetään kiinteä tiivis hartsi. Käytössä on myös injektointihartseja, joilla on ominaisuus toimia kiuvasassa sekä veden vaikutuksen alaisena. Tällaista käytettäessä ei tarvitse kahta erillistä injektointimassaa. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 5.)

Injektointimassan valintaan vaikuttaa halkeaman koko sekä sen liikkeet ja vuodot. Esimerkiksi hiushalkeamat vaativat alhaisen viskositeetin injektointimateriaalin, kun taas leveät halkeamat on korjattava korkean viskositeetin injektointimateriaaleilla (taulukko 1). On myös otettava huomioon, että rakennuskohteen sijainnista riippuen voi olla tarve käyttää kemikaaleille tai alkaleille vastustuskykyisiä injektointimateriaaleja, jos tällaisia esiintyy maaperässä. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 10.)

TAULUKKO 1. Injektointimateriaalin valinta halkeamatyyppin mukaan

HALKEAMAN OMINAISUUS	INJEKTOINTIAINEEN OMINAISUUS
Hiushalkeama	Alhainen viskositeetti
Leveä halkeama	Korkea viskositeetti
Liikkuva halkeama	Elastinen tai joustava
Vettä vuotava halkeama	Nopeasti reagoiva (vaahto) → kiinteä ja tiivis (hartsi)

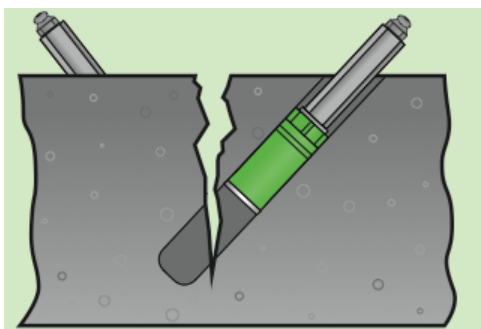
Injektointimansetin valinta vaikuttaa työn suorittamisen helppouteen ja turvallisuuteen. Ensisijaisen tärkeää on käyttää laadukkaita injektointitarvikkeita. Mansetin on oltava helposti asennettavissa sekä poistettavissa. Tärkeää on myös, että mansetti tiivistää poratun reiän kokonaan sekä pysyy kiinni suurimmassakin käytetyssä paineessa. Jos mansetti ei tiivistä porattua reikää kokonaan, injektointimassa voi vuotaa pois halkeamasta. Tämä voi johtaa vedeneristyksen epäonnistumiseen. Jos taas mansetti irtoaa, kun injektointia suoritetaan suurella paineella, sinkoutuvan mansetin osuminen työntekijään voi olla kohtalokas. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 10.)

### 4.3 Injektointi

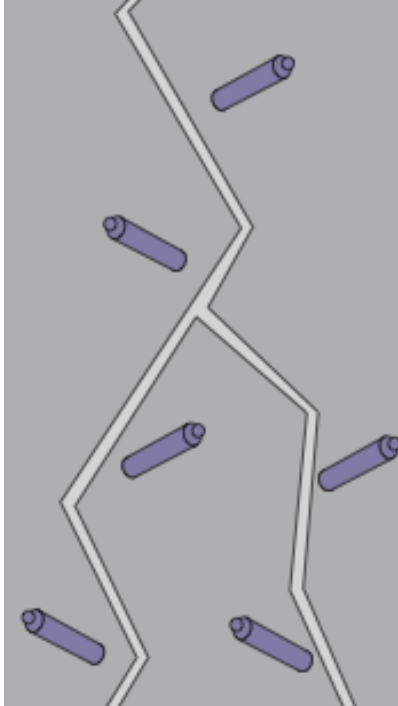
Työn kulku riippuu halkeaman ominaisuuksista. Halkeaman ollessa leveä, tulee sen suuaukko sulkea ennen injektointia. Jos halkeama on ohut, ei tätä työvaihetta tarvitse tehdä.

Leveän halkeaman sulkeminen aloitetaan avaamalla halkeama 1 – 2 cm syvään v-muotoon esimerkiksi poravasaralla. Tämän jälkeen irtonainen aines sekä pöly tulee poistaa harjalla. Halkeaman ollessa puhdas voidaan aloittaa mansettien paikkojen merkintä sekä poraus. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 7.)

Halkeaman kulusta pinnan alla ei voida olla varmoja. Tästä syystä reiät tulee porata vuorotellen halkeaman molemmin puolin 45 asteen kulmassa (kuva 13). Tällä varmistetaan, että vähintään joka toinen reikä on lävistänyt halkeaman. Reikien väli tulee olla 10-15 cm (kuva 14). Porauksen jälkeen on hyvä varmistaa reiän puhtaus paineilmalla tai vedellä sekä puhdistaa halkeama esimerkiksi teräsharpalla. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 7.)



KUVA 13. Injektointireiän poraus ja mansetin asennus (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 7)



KUVA 14. Mansettien asettelu halkeaman suhteen (Rakenteiden halkeamien injektointi, 2)

Ennen halkeaman sulkemista on tehtävä esikastelu halkeaman ympärille (kuva 15). Sulkeminen tapahtuu kyseiseen työhön soveltuvalla pikalaastilla, jolla estetään injektointimateriaalin valuminen pois halkeamasta injektoinnin aikana (kuva 16). Huomioon on otettava myös pikalaastin kovettumisaika, jota ennen injektointia ei voida suorittaa. Pikalaasti levitetään halkeamaan sen kulkusuuntaa myötäillen. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 8.)



KUVA 15. Halkeaman esikastelu (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 8)



KUVA 16. Halkeaman sulkeminen (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 8)

Injektointityö aloitetaan asettamalla mansetit porattuihin reikiin ja kiristämällä ne jaakoavainta käyttäen. Poratuista rei'istä joka kolmas tulee jättää avonaiseksi laadunvarmistuksellisista syistä. Avoimista rei'istä tarkkaillaan injektointimassan etenemistä. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 8-9.)

Injektointimateriaalin koostuessa useammasta komponentista, ne tulee sekoittaa valmistajan ohjeiden mukaisesti yhdeksi homogeeniseksi seokseksi. Sekoitettun injektointimateriaalin pumppaus tulee tapahtua sen käyttöajan puitteissa. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 8-9.)

Varmistetaan myös, että injektointipumppu on valmisteltu käyttökuntoon laitevalmistajan ohjekirjan mukaisesti. Pumpun ollessa käyttövalmiina, kaadetaan injektointimateriaali pumpun säiliöön, asetetaan pumpun suukappale mansettiin ja aloitetaan pumppaus. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 9.)

Jos halkeama vuotaa vettä, joudutaan injektointiaineesta riippuen pumppaus suorittamaan kahdessa osassa. Ensimmäinen osa tukkii vesivuodon ja toinen osa sulkee halkeaman tiiviiksi ja kiinteäksi. Ensimmäisen ja toisen injektointikerran välillä on pidettävä tauko, jonka pituus riippuu injektointimateriaalista. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 10.)

Pumppaus on pyrittävä aloittamaan alimmasta mansetista ja edetä tästä halkeamaa pitkin ylöspäin. Tällä tavoin saadaan aikaiseksi laadukkaampi halkeaman korjaus. Pumpaus voidaan lopettaa, kun injektointimassa tulee ulos ensimmäisestä avonaisesta porausreiästä. Tällöin avonaiseen reikään voidaan asettaa injektointimansetti. Injektointimassan liikettä voi myös seurata mahdollisesti seinän läpi tulleen massan avulla. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 9-10.)

Halkeamaa ei voida injektoida reiän kautta, jos paine kasvaa suureksi injektoinnin aikana ja massan menekki on lähes olematon. Tässä tapauksessa siirrytään seuraavaan injektoitavaan mansettiin. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 10.)

Laadunvarmistamiseksi injektoinnin jälkeen täytetään injektointipöytäkirjaan:

- urakoitsijan nimi
- injektoijan nimi
- päivämäärä
- injektointipöytäkirjan numero
- injektointiaineen menekki
- lopetuspaine
- injektointiin käytetty aika
- injektoinnin aikaiset ja jälkeiset huomiot

Tärkeää on muistaa, että injektoinnin riittävyttä ei voida tietää varmuudella vaan se perustuu arviointiin. Tämän takia injektointia halkeamaa tulee seurata vielä injektoinnin jälkeenkin. Vuotoja havaittaessa asiaan tulee reagoida ja injektoida vuotokohdat uudelleen.

Injektoinnin jälkeen pumppu tulee puhdistaa valmistajan suosittelemalla puhdistusaineella. Tärkeintä on, että pumppu on käyttövalmis seuraavaan kohteeseen siirryttäessä. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 9.)

Kun injektointimateriaali on kovettunut, voidaan poistaa mansetit ja sulkea porausreiät. Porausreikien sulkeminen voidaan tehdä samalla pikalaastilla kuin halkeaman sulkemisenkin. (Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät, 9.)

## 5 HAASTATTELUT

Haastattelun tarkoituksena on tuoda erilaisia näkökulmia työn ja laadunvalvonnan näkökohtiin. Haastateltavina ovat työmaapäällikkö Esa Virtanen sekä injektoija Jussi Mehtomaa. Molemmilla on usean vuoden kokemus kemiallisesta injektoinnista.

### **Tärkeät asiat työtä valmisteltaessa**

Ennen letkuinjektoinnin aloittamista on tärkeää selvittää, miten voidaan varmistua tulevan työn laadusta. Esa Virtanen (2013) kertoo, että injektointikartan laatiminen ja letkujen merkintä letkujen asennuksen yhteydessä on tärkeää. Kartan laatimatta jättäminen johtaa siihen, ettei tiedetä missä letkun toinen pää sijaitsee, eikä näin ollen voida jäljitellä injektointimassan kulkureittiä. Tämä johtaa työn laadun heikkenemiseen. Myös työn teko hidastuu, koska letkut joudutaan tutkimaan jälkikäteen. Virtanen huomauttaa myös, että injektoijan olisi hyvä reagoida tällaiseen tilanteeseen ja ilmoittaa asiasta työn tilaajalle jo ennen työhön ryhtymistä. (Virtanen 2013.)

Halkeamien injektoinnissa on tärkeä valita oikeat työvälineet ja –aineet ennen työn aloittamista, kertoo injektoija Jussi Mehtomaa (2013). Injektointiaineeksi kannattaa valita ennemmin elastinen injektointimassa, kuin massa jolla on suuri punnevoima. Pahimmassa tapauksessa aineet joilla on suuri punnevoima, voivat aiheuttaa betonirakenteen halkeamisen ja jopa palojen irtoamisen. (Mehtomaa 2013.)

Mansettia varten tehdyt reiät tulee porata halkaisijaltaan 1 mm:n suuremmalla poranterällä, jotta mansetti mahtuu reikään. Reikää ei tule kuitenkaan tehdä tätä isommalla poranterällä, koska tällöin mansetin kiinnitys ei välttämättä riitä tiivistämään mansettia tarpeeksi lujaa reiän reunoja vasten. (Mehtomaa 2013.)

### **Tärkeät asiat työn aikana**

Injektointimassan menekin seuranta on yksi tärkeimmistä laadunvarmistuksen keinoista. Menekki voi kuitenkin injektoinnin kohteesta riippuen vaihdella paljonkin. Injektoidessa kallion ja betonirakenteen kontaktipintaa menekki voi nousta huomattavasti suuremmaksi kuin kahden betonirakenteen kontaktipintaa injektoidessa. (Virtanen 2013.)

Ennen injektointia on sovittava massan maksimimenekistä, jottei injektointia jatkettaisi turhaan. Maksimimenekillä Virtanen viittaa tapaukseen, jossa injektoinnin aikainen paine ei nouse ja massa vuotaa tuntemattomaan paikkaan. Tällöin injektointi massa yleensä täyttää jotakin tarpeetonta tilaa kontaktipinnan sijaan. (Virtanen 2013.)

Virtasen mukaan injektointityön selkeyttämiseksi voitaisiin erityyppiset kontaktipinnat erotella erivärisiä letkunpäitä käyttäen. Kontaktipinnat voitaisiin jakaa esimerkiksi kalliobetoni ja betoni-betoni saumoihin sekä pysty- ja vaakasaumoihin. (Virtanen 2013.)

Jussi Mehtomaa (2013) kertoo, että betonirakenteiden halkeamia injektoidessa kannattaa käyttää yleensä 100 – 250 barin painetta. Halkeamien injektoinnin aikainen paine riippuu paljon betonin laadusta. Mitä laadukkaampaa betoni on, sitä kovempia paineita voidaan käyttää. Tämä myös nopeuttaa työn kulkua. (Mehtomaa 2013.)

### **Työn erityispiirteet**

Lopputuotteen laadun kannalta vastaan voi tulla ulkonäkövaatimuksia. Tämä tarkoittaa mahdollista puhdistustyötä injektoinnin jälkeen. (Virtanen 2013.)

### **Pöytäkirjaan merkittävät erityishuomiot**

Työmaapäällikkö Esa Virtasen (2013) mukaan, laadunvarmistamisen kannalta tärkeitä erityishuomioita ovat:

- injektointimassan menekit letkuittain
- mahdolliset tukokset
- vuotavat kohdat
- injektointityön keskeytykset
- monestako päästä injektointi suoritettu
- massan läpitulo letkusta
- letkun injektoidetta jättäminen sekä syy tähän

Vähintään nämä tiedot tulisi löytyä pöytäkirjasta, mutta muut mahdolliset huomiot on myös hyvä kirjata pöytäkirjaan. Virtanen toteaa, että mikään työhön liittyvä huomio ei ole ylimääräinen pöytäkirjaa täytettäessä. (Virtanen 2013.)

## **Urakoitsijan laadunvarmistus**

Urakoitsija tarkkailee injektointityön laatua itseään varten. Ennen työn aloittamista urakoitsija laatii työ- ja laadunvalvontasuunnitelman, jonka mukaan työ tulee suorittaa. Myös injektointikartta tulee tehdä ennen työn alkua. Työn aikana laatu varmistetaan tekemällä injektoinneista pöytäkirjat. (Virtanen 2013.)

## **Työturvallisuuden erityishuomiot**

Työturvallisuuden varmistamiseksi letkujen liitokset tulee tehdä laadukkaasti. Kulunut letkujen liitosmateriaali on uusittava ajoissa ennen työn aloittamista. Myös letkujen katkominen injektoinnin jälkeen on tehtävä turvallisesti ja riittävällä viiveellä injektoinnista. Letkun varteen on hyvä pistää reikä ennen katkaisua, jotta voidaan varmistua letkun paineettomuudesta. Jos letkussa on painetta, se tulee turvallisesti ulos pistetystä reiästä. (Virtanen 2013.)

Laadukkaat työvälineet ovat suuri osa työturvallisuutta. Esimerkiksi valittaessa laadukas ja kohteeseen sopiva mansetti vältetään mansettien sinkoutumisilta. Lisäksi kunnolliset suojarahanskat ja silmäsuojat suojaavat injektointiaineen roiskeilta. Kokemuksen perusteella injektointiaine voi aiheuttaa vakavankin allergisen reaktion päästessään elimistöön. (Mehtomaa 2013.)

## 6 KEHITTÄMISEHDOTUKSIA

Injektointikartta on tärkeä osa laadunvarmistusta. Kuitenkaan monista kohteista kunnollista injektointikarttaa ei ole luotu. Tällöin laadunvarmistus tarkoittaa sitä, että laatua voidaan tarkkailla vain yksittäisten injektointiletkujen osalta pöytäkirjoja tutkimalla. Varsinkin suurissa kohteissa pelkkien letkumerkintöjen perusteella on vaikeaa ellei jopa mahdotonta paikallistaa yksittäistä letkua. Tästä syystä injektointikartta tulisi ottaa käyttöön yleisesti kaikissa injektointikohteissa, jotta mahdollisten vesivuotojen syytä voitaisiin tutkia myös jälkikäteen.

Injektointiletkujen merkitseminen on välttämätöntä injektointikarttaa luodessa. Merkitsemisessä voi käyttää omaa mielikuvitustaan. Letkut voidaan numeroida esimerkiksi käyttäen ilmastointiteippiä ja tussia. Myös värillisten ja numeroitujen letkukiristimien käyttäminen voisi olla varteenotettava vaihtoehto. Tällöin letkuissa olisi valmiiksi letkukiristimet injektointia varten. Värikoodista injektioija tietäisi missä injektointiletku kulkee ja mitä saumaa ollaan tiivistämässä (kuva 17).

Merkintä pöytäkirjan	Värjätty letkukiinnike	Merkitys
K101	101	Kallion ja anturan välinen sauma
S102	102	Seinän ja anturan välinen sauma
L103	103	Laattojen välinen sauma
P104	104	Pystysauma

KUVA 17. Esimerkki injektointiletkujen merkinnästä

## 7 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Opinnäytetyössä on vaihe vaiheelta kerrottu, kuinka saumojen sekä halkeamien injektointi suoritetaan onnistuneesti. Kirjallisuustieto aiheesta on pitkälti tuotevalmistajien tuottamaa ja itse työn laadukkuus riippuu paljon työtä suorittavan osapuolen ammattitaidosta ja kokemuksesta.

Huolellinen työn suunnittelu ja laadunvalvonta parantaa työn onnistumisen mahdollisuutta. Suunnittelijat eivät useimmiten ota kantaa miten injektointiletkut asennetaan ja miten ne jaksotetaan. Tämän takia on työnjohtajan hyvä havaita ongelmakohtat ajoissa ja puuttua niihin ennen letkujen asennusta. Mahdollinen ongelma-kohta voi olla risteävät seinät, jotka voivat jättää injektointirasian risteyskohtaan taaksensa ja näin ollen tehdä injektoinnista mahdotonta.

Kustannustehokkuus on tärkeä osa työkohteen onnistumista. Suurissa kohteissa, joissa injektointitavaraa on paljon, korostuu työn sujuvuus ja oikeiden materiaalien sekä työvälineiden valinta. Kun työ tehdään kerralla laadukkaasti, pysyy myös kustannukset kurissa. Työnjohtajan on tehtävä selväksi alusta lähtien jokaisen työvaiheen suorittajalle, mitä laadunvarmistus tarkoittaa työvaiheen suorittajan osalta.

Saumojen injektoinnin kustannusten hallinnassa on tärkeää, että myös injektointiletkuja asentava työryhmä tietää oman osansa työn onnistumiseen. Injektointikartan (liite 2) luominen ja injektointiletkujen merkitseminen asennuksen yhteydessä nopeuttaa itse injektointityön tekemistä ja näin ollen vähentää kustannuksia huomattavasti. Kun tiedetään mihin kukin injektointiletku johtaa ja missä saumassa se kulkee, voidaan injektointityö aloittaa ilman letkujen tutkimista. Letkujen tutkiminen voi jopa kaksinkertaistaa injektointiin käytetyn ajan.

Injektointia tekevä työryhmä voi tehdä työnsä laadukkaammin, kun tiedetään sauma, jossa injektointiletku kulkee. Esimerkiksi injektointiletkun kulkiessa kallion ja betonirakenteen saumassa, työryhmä tietää, että menekki voi olla tässä saumassa suurempi kuin suositeltu menekki. Tämä johtaa parempaan laatuun sekä kustannusten alenemiseen.

Halkeamien injektoinnin onnistuminen on riippuvainen siitä, kuinka hyvin injektoija onnistuu arvioimaan halkeamien täyttymisen. Kustannukset koostuvat halkeamien määrän, tyhjätilan sekä työntekijäkulojen osalta. On tärkeää, että työ tehdään ensimmäisellä kerralla niin hyvin, ettei samaa halkeamaa tarvitse toista kertaa tiivistää. Jos halkeama joudutaan tiivistämään toiseen kertaan tarkoittaa tämä karkeasti sitä, että yhden halkeaman kohdalle on jouduttu tekemän työ kahteen kertaan.

Työturvallisuuden kannalta työ ei ole vaativa ja se on yleensä mahdollista toteuttaa ilman telineitä tai muita lisävarusteita. Silmäsuojainten ja käsineiden käyttö on suositeltavaa mahdollisten roiskeiden varalta ja suljetuissa tiloissa myös hengityssuojain voi olla tarpeellinen. Käytettäessä laadukkaita työvälineitä, injektointituotteita ja suojavaarusteita työ on turvallista ja terveellistä.

Tulevaisuudessa olisi hyvä kerätä kootusti enemmän kokemuseräistä tietoa, jotta työohje voisi olla yksityiskohtaisempi. Tällöin ongelman kohdatessaan työnjohdon tai työntekijän olisi helpompi selvittää, miten tilanteessa tulisi toimia. Jos kokemuseräistä tietoa ei kirjata ylös voi osa siitä hukkaa kokeneiden tekijöiden jäädessä pois työelämästä.

Tuotevalmistajat kehittävät injektointiin jatkuvasti uusia ja parempia tuotteita ja menetelmiä. Osa tästä hyödystä menee hukkaan jos työmaalla ei osata optimoida tuotteiden käyttöä. Valittaessa oikea tuote ja menetelmä oikeaan kohteeseen, tehdään työ huolella sekä reagoidaan ongelmakohtiin, saadaan lopputuloksena laadukas vedentiivistys.

**LÄHTEET**

Intec® Premium Asennusohje. 2012. Alimex Oy. Luettu 24.1.2013.  
<http://www.alimex.fi/frank/injektointiletkut/intec-asennusohjeet>.

Joco injektointiletku. Muottikolmio Oy. Luettu 14.1.2013.  
<http://www.muottikolmio.fi/tuotteet/joco/letkut.htm>.

Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät. Köster Bauchemie Ag. Luettu 24.1.2013. [http://www.koster.fi/fi\\_fi/m-23/tuotteet-esitteet.html](http://www.koster.fi/fi_fi/m-23/tuotteet-esitteet.html).

Mehtomaa, J. Injektoija. 2013. Haastattelu 18.4.2013. Haastattelija Santapukki, A. Helsinki.

Virtanen, E. Vastaava mestari. 2013. Haastattelu 27.3.2013. Haastattelija Santapukki, A. Tampere.



## Liite 2. Esimerkki injektointikartasta

