



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MIKA HAAPALA
INJEKTOINTIAINEET JA NIIDEN KÄYTTÖ ALLASRAKENTEISSA

Kandidaatintyö

Tarkastaja:
Arto Köliö
Jukka Merviö

TIIVISTELMÄ

MIKA HAAPALA: Injektointiaineet ja käyttö allasrakenteissa
Tampereen teknillinen yliopisto
Kandidaatintyö, 25 sivua
Kesäkuu 2018
Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Talonrakentaminen
Tarkastaja: Arto Köliö ja Jukka Merviö

Avainsanat: halkeilu, allasrakenteet, injektointi, injektointiaineet

Tämän kandidaatintyön aiheena oli injektointiaineet ja niiden käyttö allasrakenteissa. Työn tarkoituksena oli tutkia eri injektointiaineita ja niiden soveltuvuuksia rakenteiden korjaamiseen. Jotta työstä ei olisi tullut liian laaja, rakenteiksi rajattiin vain betoniset allasrakenteet. Injektoinnilla korjataan betonirakenteiden halkeamia, joten yleisesti halkeamien syntyperusteet ja injektointi ovat työn avainkäsitteitä. Injektoinnin etuina on sen mahdollisuus korjata hyvin kapeita halkeamia alkuperäistä rakennetta purkamatta. Injektointi suoritetaan tavallisesti joko muovi-injektoinnilla tai sementti-injektoinnilla. Aineita voidaan luokitella 3 eri luokkaan: rakennetta vahvistaviin, joustaviin ja paisuviin aineisiin. Eri injektointiaineiden soveltuvuuksia pyritään etsimään kirjallisuudesta ja valmistajien tuotekuvauksista. Työn loppuun oli tarkoitus tehdä vertaileva tutkimus eri aineiden välille, mutta tämän tekeminen ilmeni yllättävän hankalaksi rajattujen tietojen ja monien eri käyttötarkoitusten takia. Loppuun kuitenkin koottiin yleisimpiä injektioaineiden valmistajia, josta nähdään nopeasti tällä hetkellä markkinoilla olevat aineet. Työn yhteenvedon voidaan yksimielisesti valmistajien puolesta todeta, että injektointiaineiden markkinat ovat runsaat ja kilpailua on paljon. Kuitenkin asennuksen huolellisuuteen ja menetelmien kehittämiseen tulisi jatkossa löytää uusia ratkaisuja. Työhön olisi voinut sisällyttää esimerkki kohteen, johonka olisi kilpailuttanut eri tuotevaihtoehtoja ja ratkaisuja, jolloin työstä olisi tullut laajempi ja kattavampi.

ABSTRACT

MIKA HAAPALA: Injection grouts and use in pool structures

Tampere University of Technology

Bachelor's Thesis, 25 pages

June 2018

Bachelor's Degree Programme in Construction Engineering

Major: Building Construction

Examiner: Arto Köliö and Jukka Merviö

Keywords: cracking, pool structures, injections, injection grouts

ALKUSANAT

Idea työhön tuli kesän 2017 töistäni Kauppakeskus Ratinasta, jossa pääsin ensimmäistä kertaa injektoimaan halkeamia välipohjalaatoista. Ratinassa ilmeni useita rakentamisen aikana syntyneitä halkeamia, joita tutkittiin ja valvottiin paljon. Työ sujui kuitenkin hyvin ja muisto kokemuksesta jäi aina niinkin pitkälle kuin joulukuulle 2017. Tuolloin Tampereen Sweco järjesti TTY:llä aamupalatilaisuuden, jossa kuulin tästä Jukka Merviön aiheesta. Aihe herätti mielenkiintoni aikaisempien kokemusten perusteella ja sen takia hain kyseistä aihetta.

Työ siis tehdään Sweco Rakennetekniikka Oy:lle, jonka puolesta ohjaajani on Jukka Merviön. TTY antoi työlleni myös ohjaajan Arto Köliön, joka vastaa työn tieteellisestä puolesta. Työn alkuvaiheilla kokoonnuimme tällä porukalla kertaalleen, jossa käytiin läpi kunkin osapuolen roolit ja yleisesti työn tavoitteet. Ohjaajani ovat olleet aktiivisesti mukana työn kulussa ja auttoivat henkilökohtaisilla kokemuksillaan huomattavasti lähtötietojen keräämisessä.

Työn aikana haastateltiin yhtä urakoitsijaa, useita eri valmistajia ja asiantuntijoita. Heiltä saatu palaute ja tieto olivat huomattava apu työn edistymiselle. Yleisesti ottaen yhteyshenkilöt olivat avuliaita ja toivottivat menestystä työn tekemiseen.

Haluaisin siis kiittää niin ohjaajiani kuin yhteyshenkilöitä avustanne ja yhteistyöstänne.

Tampereella, 1.6.2018

Mika Haapala

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	BETONIN HALKEILU ALLASRAKENTEISSA	2
	2.1 Halkeilu	2
	2.2 Teräsbetoniset allasrakenteet.....	3
3.	HALKEAMIEN KORJAAMINEN	6
	3.1 Halkeamien korjaus injektoimalla.....	6
	3.1.1 Injektointimuodot.....	6
	3.1.2 Vedenalainen injektointi	7
	3.1.3 Laatan ja seinän välisen sauman tiivistys	8
	3.1.4 Injektoinnin tavanomaiset virheet.....	8
	3.1.5 Laadunvalvonta	9
	3.2 Imeyttäminen.....	10
	3.3 Pinnoittaminen ja laastipaikkaaminen.....	10
	3.4 Halkeaman muuttaminen liikuntasaumaksi	10
	3.5 Halkeaman itsetiivistyminen	11
	3.6 Muita menetelmiä.....	11
4.	INJEKTOINTIAINEET	12
	4.1 Aineiden käyttötarkoitukset ja ominaisuudet.....	12
	4.2 Muovi-injektointi	13
	4.2.1 Epoksi-injektioaineet	14
	4.2.2 Polyuretaaniaineet.....	15
	4.3 Sementti-injektointi.....	15
5.	INJEKTOINTIAINEIDEN VALMISTAJAT SUOMESSA	17
	5.1 BASF Oy	17
	5.2 Insinööritoimisto Sulin Oy	19
	5.3 MAPEI OY.....	20
	5.4 Muottikolmio Oy.....	21
	5.5 Oy Sika Finland Ab.....	21
	5.6 TKR-Marketing Oy	22
6.	YHTEENVETO	24
	6.1 Keskeiset kirjallisuusselvityksen tulokset.....	24
	6.2 Keskeiset haastattelujen tulokset.....	24
	LÄHTEET.....	26

1. JOHDANTO

Betonin vaurioituminen on vääjäämätön asia, jota ei voida täydellisesti estää. Betoni kurtuu, kuluu ja kuormittuu ajan myötä, jolloin rakenteeseen voi syntyä halkeamia. Halkeamat ovat rakenteen ensimmäinen näkyvä merkki mekaanisesta vaurioitumisesta. Rakenteita kuitenkin entisöidään eli halkeamia korjataan rakenteen elinkaaren aikana.

Työ rajataan rakenteiden osalta vain teräsbetonisiin allasrakenteisiin. Allasrakenteisiin kuuluu muun muassa jätevesi-, käyttövesi- ja uima-altaat. Suomessa on useita allasrakenteita, joita olisi aika entisöidä. Allasrakenteet ovat haastavia entisöintikohteita, koska ne ovat tyypillisesti koko ajan käytössä, jolloin niiden korjaustyöt on myös tehtävä käytön aikana tai lyhyen huoltoseisakin aikana. Tästä syystä soveltuvia korjausmenetelmiä ovat muun muassa injektointi, imeyttäminen ja pinnoittaminen. Altaiden on oltava tiiviitä ja kestäviä, jolloin muodostuneet halkeamat ovat kriittisiä vedeneristävyuden ja lujuuden kannalta.

Allasrakenne voidaan korjata uusimalla betonirakenteet, mutta huomattavasti halvempi ja käytännöllisempi ratkaisu on halkeamien täyttäminen ja lujittaminen. Yksi menetelmä on injektointi, jossa halkeamat täytetään injektointiaineella, joka tiivistää rakenteen ja parantaa sen kestävyyttä. Työn lähteinä käytetään kirjallisuutta, injektointiurakoitsijoiden haastattelua ja injektointiainevalmistajille suunnattua kyselyä.

Toisessa luvussa syvennytään betonirakenteiden mekaniikkaan, mikä selittää meille syyn, miksi halkeamia ylipäätään syntyy allasrakenteisiin. Kolmannessa luvussa otetaan halkeamien korjaamiseen käytettävät eri työmenetelmät huomioon. Neljännessä luvussa perehdytään eri injektioaineisiin ja niiden ominaisuuksiin. Työn viidennessä luvussa esitellään muutamia yleisimpiä injektioaineiden valmistajia, heidän referenssejä ja tuotevalikoimaa. Injektioaineiden tuottajien yhteyshenkilöinä toimivat:

- Ronald Sulin, Insinööri-toimisto Sulin Oy
- Kai Salo, Oy Sika Finland Ab
- Pekka Mielonen, BASF Oy
- Mikko Aalto, Muottikolmio Oy
- Juha Maunonen, TKR-Marketing Oy.

Kuudes luku tekee yhteenvedon työn kokonaisuudesta.

2. BETONIN HALKEILU ALLASRAKENTEISSA

2.1 Halkeilu

Betonirakenteiden halkeilulle on monta eri syytä. Jokaiselle eri syyllle on myös oma halkeamatyyppinsä. Halkeamat voivat syntyä ennen kovettumista ja kovettumisen jälkeen. Ennen kuin rakenne ehtii kuivua kokonaan voi syntyä niin kutsuttuja plastisia halkeamia. Fysikaalinen, kemiallinen, terminen tai rakenteellinen halkeama syntyy taas vasta kovettumisen jälkeen. [1, s. 5]

Plastisiksi halkeamiksi luokitellaan niin betonin kutistumisesta kuin painumisesta johtuvat rakenteelliset muutokset. Muutoksien syynä on betonipinnan liian nopea kuivuminen ennen massan sitoutumista. Silko-ohjeiden mukaan plastisille halkeamille on ominaista, että ne syntyvät alle 6 tunnin kuluttua valusta. Halkeamatyyppinä plastiset halkeamat ovat yleensä verkkomaisia tai yksittäisiä halkeamia. [1, s. 6]

Fysikaaliselle, kemialliselle ja termiselle halkeilulle on yhteistä niiden aiheutumisperiaate. Kuivumiskutistuma, raudoituksen korroosio ja ympäristön lämpötilan vaihtelut ovat yleisimpiä syitä fysikaalisille, kemiallisille ja termisille halkeamille. Kaikilla on siis aiheuttajana jokin rakenteelle riippumaton tekijä, ympäristön kosteus tai –lämpötila. Halkeamat voivat syntyä muutaman viikon tai jopa vuosien jälkeen valusta. [1, s. 7]

Viimeiseksi tutkittavaksi halkeamatyyppiä luokitellaan rakenteelliset halkeamat, jotka syntyvät rakenteen taivutuksesta. Mekaniikan avulla tulkittuna kuormitettuun rakenteeseen kohdistuu yläpintaan puristavaa voimaa ja alapintaan vetovoimaa. Yksinkertaisuudessaan yksiaukkoisille taivutetuille palkeilla syntyy halkeamia, kun betonille ominainen suurin sallittu vetojännitys eli vetolujuus ylittyy. Tämän takia rakenteisiin laitetaan juuri vektorauoituksia alapinnoille, jotta rakenteen vetolujuus paranisi.

Taivutetun rakenteen halkeamatyyppit voidaan jaotella taivutushalkeamiin, leikkaushalkeamiin ja virumasta johtuviin halkeamiin. Taivutushalkeamat ovat lähes pystysuoria rakenteellisia halkeamia, jotka syntyvät ensimmäisinä rakenteen kohtiin, joissa taivutusrasitus on suurimmillaan (esimerkiksi yksiaukkoisen taivutetun palkin jännevälän keskelle). Leikkaushalkeamat ovat vastaavasti viistossa rakenteen pintaan nähden ja syntyvät nimensä mukaan leikkausvoiman seurauksena. Leikkaushalkeamia esiintyy pääasiassa rakenteen tuilla, joissa myös leikkausvoimat ovat suurimpia. Viruminen on pysyvää muodonmuutosta kuvaava ilmiö ja esiintyy pitkäaikaisesti kuormitetuissa rakenteissa. Virumasta aiheutuvat halkeamat syntyvät rakenteen vetopuolelle ja voivat olla niin viistossa kuin pystysuorassa. [1, s. 8]

Halkeamat ovat tyypillisesti liikkumattomia, mutta myös liikkuvat halkeamat ovat mahdollisia. Liikkuvien halkeamien korjaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska silloin halkeama toimii rakenteessa liikuntasauman tavoin. Jos halkeama korjataan liikkettä rajoittavalla menetelmällä (esimerkiksi injektoimalla), voi rakenteen syntyä suuria pakkovoimia, jolloin syntyy uusia halkeamia jonnekin muualle. [2, s. 76]

Halkeamien haitallisuus ja sen myötä ilmenevä korjaustarve riippuvat muun muassa seuraavista tekijöistä:

- halkeamien sijainti, leveys, syvyys ja liikkuvuus
- pinnan kosteus- ja kloridirasituksen voimakkuus
- rakenteen tiiviysvaatimukset, vedenpitävyys
- raudoituksen tyyppi
- betonin pakkasenkestävyys
- pintakäsittelyn tyyppi
- ulkonäkövaatimukset. [2, s. 76]

2.2 Teräsbetoniset allasrakenteet

Tässä työssä syvennyttään nimenomaan teräsbetonisiin allasrakenteisiin. Allasrakenteilla tarkoitetaan esimerkiksi jätevesialtaita, vesitorneja, öljysäiliöitä ja uima-altaita. Tässä alaluvussa perehdytään myös yleisimpiin allasrakenteiden säilyvyyden kannalta tärkeiden haittatekijöiden ennaltaehkäisemiseen.

Betoni on yleinen rakennusmateriaali Suomessa, joten materiaalia on helposti saatavilla ja sitä osataan yleisesti hyödyntää. Sen lisäksi RIL 235-2009 ohjekirjan mukaan teräsbetonirakenteiden hyviä ominaisuuksia ovat muun muassa vesitiiviys, muotoiltavuus, lujuus ja pitkä käyttöikä. Kun taas huonoja puolia ovat pitkä rakentamisaika, suuri omapaino, suuret korjauskustannukset, kutistumis- ja kosteusliikkeet. [3, s. 107]

Allasrakenteen tulee olla vedenpitävä. Vedenpitävyyteen vaikuttaa niin betonin ominaisuudet kuin rakenteelliset tekijät. Rakenteen on siis oltava oikein suunniteltu, jotta se täyttäisi tiiviysvaatimukset. Allasrakenteet altistuvat elinkaarensa aikana karbonatisoitumiselle, klorideille jatkuvalla kosteudella ja suolapakkasrapautumiselle [3, s. 108]. Mekaaninen rasitus on myös mahdollista, mutta ei niin yleistä. Esimerkki mekaanisesta rasituksesta on jätevesi- tai öljyaltaiden sekoitin, joka pyörittää vesimassaa altaassa ja voi siten kuormittaa allasrakenteen pohjaa.

Karbonatisoituminen on yksi betonirakenteiden säilyvyyden haittatekijä. Karbonatisoituminen yhdessä jatkuvan kosteuden kanssa heikentävät rakenteen alkalisuudesta perustuva suojausta korroosiota vastaan. Korrosio on haitaksi rakenteen raudoitukselle, mikä pystytään ennaltaehkäisemään suojapeitteiden, pinnoitteiden ja ruostumattomien raudoitteiden avulla. Karbonatisoitumisen vaikutus rakenteen vaurioitumiselle on siis hyvin

pieni, jos se on oikein suunniteltu ja toteutettu. Myös allasrakenteissa betonia ympäröivä vesi suojaa sitä karbonatisoitumiselta. [3, s. 108]

Toinen yleinen rakenteen käyttöikään vaikuttava tekijä on kloridien tunkeutuminen betoniin. Allasvesi sisältää usein teräkselle haitallisia klorideja, jotka yhdessä altaan lämpimän veden kanssa edesauttavat kloridikorroosioriskiä. Sementin seosaineilla voidaan hidastaa huomattavasti kloridikorroosion kehittymistä, joten seosaineiden, kuten silikan, masuunikuonan ja lentotuhkan, käyttö on yleistä sementeissä. Jos rakenteeseen muodostuu vuotava kohta, raudoituksen korroosioreaktio nopeutuu huomattavasti, koska kosteus pääsee silloin myös rakenteisiin. Kloridien aiheuttamat ongelmat ovat usein paikallisia, ja niitä voidaan välttää korjaamalla halkeamat mahdollisimman nopeasti, jotta kloridien aiheuttamaa korroosiota voidaan hillitä. [3, s. 108]

Ulkoaltaat ovat alttiita ulkoilman lämpötilan vaihteluille, ja siten suolapakkasrapautuminen on yleistä. Yleisesti suurimmat kosteusrasitukset ulkobetonirakenteille ovat syksytalvikaudella. Syksyllä sataa paljon ja betoni ei myöskään olosuhteiden vuoksi pääse kunnolla kuivumaan. Kesällä rakenne kastuu ja kuivuu sykleinä, jolloin se ei ole rakenteelle haitaksi. Kuitenkin jo loppu syksystä, kun kesältä jäänyt kosteus ja syksyn lämpötilat vaikuttavat, rakenne on altis pakkasrasituksille. Pakkasrasituksen kannalta on oleellista, kuinka useasti betonirakenne jäätyy märkänä. Jos betonissa ei ole tarpeeksi suojahuokosia, betoni jäätyessään halkaisee rakenteen. Pakkaskestävyyttä voidaan parantaa betoniteknisin keinoin, esimerkiksi suojahuokosia lisäämällä tai käyttämällä oikeaa vesi-sementtisuhdetta. Yleisesti ottaen ulkoaltaiden säilyvyyttä on kuitenkin hankala parantaa jälkikäteen pinnoitteilla tai vedeneristyksillä. Auringon UV-valo ja veden kloridit muodostavat voimakkaita yhdisteitä, joita pinnoitteet ja vedeneristeet eivät kestä. Ulkoaltaiden käyttöikä on tästä syystä lyhyempi kuin sisäaltaiden. [3, s. 109]

Teräsbetonialtaiden käyttö uimahallirakenteissa on yleistä. Teräsbetonialtaiden suosio nousi selvästi 1970-luvulla, jolloin rakennettiin paljon uimahalleja ympäri Suomea. Juuri uimahallirakenteissa on huomattu, että keskiverto käyttöikä korjatuille tai uusimisajankohdan täyttävälle rakenteille on noin 50 vuotta. Ulkoaltaat mitoitetaan kestävän 40 vuotta voimakkaan suolapakkasrapautumisen takia. [3, s. 109]

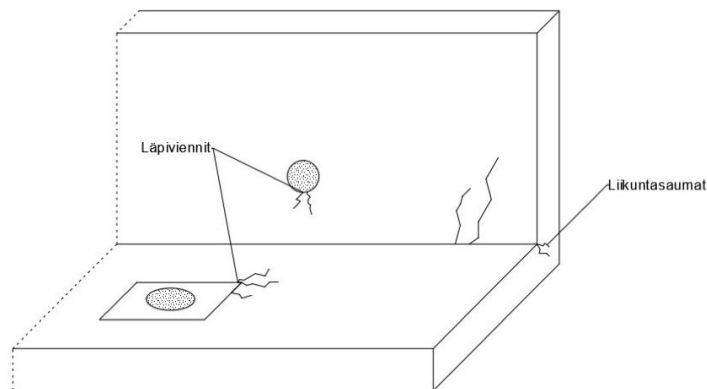
Uimahalli- ja kylpyläteknisen yhdistyksen (UKTY) ylläpitämän uimahallirekisterin mukaan Suomessa on nykyään noin 220 uimahallia. Rekisteristä ilmenee hallien rakentamisvuosi ja laajennusvuosi. Halleja on laajennettu tyypillisesti noin 25-45 vuoden ikäisinä, mutta perusteluja tälle voi olla useita. Suuren poikkeuksen tekee Suomen vanhin julkinen uimahalli eli Helsingin Yrjönkadun uimahalli, joka entisöitiin 72 vuoden ikäisenä vasta vuonna 1999. Rakennusvuosia vertailemalla nähdään, että entisöimättömistä halleista noin 25 on rakennettu joko 1960- tai 1970-luvulla. Näiden hallien allasrakenteet ovat siis teoriassa kunnostamisen tarpeessa, joten korjausrakentaminen on ajankohtaista. [4]

Esimerkkinä korjatulle allasrakenteelle käytetään Tapio Kallioniemen opinnäytetyön Härmän kuntokeskuksen uutta uima-allasta. Uima-allas on siis aivan uusi ja siitä huolimatta siinä on jo havaittavia halkeamia rakenteen seinämissä. Halkeamien syntyperäksi arvioitiin sisäiset pakkovoimat ja pitkäaikainen kuivumiskutistuminen muottien purkamisen jälkeen. Rakenne korjattiin pääasiassa bentoniittinauhalla ja yksittäiset halkeamat täytettiin muovipohjaisella injektioaineella. [5]



Kuva 1. Valmis Härmän kuntokeskuksen kuntoallas. [5]

Edellisten kappaleiden mukaan allasrakenteiden yleisin ongelma on vuodot. Allasrakenteille vuotavat halkeamat syntyvät usein rakenteiden saumoihin. Altaan pohja on muutenkin kriittisin tekijä, koska sinne kerääntyy rakenteen suurimmat kuormat ja paineet. Kuvassa 2 havainnollistetaan allasrakenteille tyypillisimmät vauriokohdat.



Kuva 2. Allasrakenteiden tyypillisimmät halkeamakohdat.

Kuvan 2 mukaan läpiviennit ovat myös yleisiä halkeamapaikkoja. Rakenteita pyritään suunnittelemaan siten, että vesieristeeseen ei tulisi reikiä, eli rakenteessa ei olisi erillisiä läpivientejä. Allasrakenteissa yleisimpiä läpivientejä ovat kuitenkin valaistukset, poisto- ja tulovesiputket.

3. HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Halkeamien korjaaminen voidaan luokitella pinnan tiivistämiseen ja rakenteen vahvistamiseen. Pinnan tiivistäminen estää haitallisten aineiden pääsyn rakenteeseen, kuten esimerkiksi veden. Pinnan tiivistämiseen perustuvia menetelmiä ovat pinnoittaminen, imeyttäminen, halkeamien täyttö ja halkeamien ohjaaminen saumoihin. [1, s. 15]

Rakenteen vahvistaminen lisää rakenteen kantavuutta tai palauttaa rakenteen alkuperäisen kantavuuden. Rakenteen vahvistamiseen perustuvia työmenetelmiä ovat raudoitusten asentaminen, levyllä vahventaminen, esijännittäminen ja halkeamien injektointi. [1, s. 15]

3.1 Halkeamien korjaus injektoimalla

Injektointi on yleisin halkeamien korjauskeino. Injektointi on työmenetelmä, jossa porataan reikiä viistosti kohti halkeamaa, joista osaan syötetään hyvin notkeaa injektointiainetta. Injektointiaine tunkeutuu rakenteen halkeamaan ja kovettuu nopeasti pysyväksi osaksi rakennetta. Allasrakenteissa vuoto kohdat pyritään ensisijaisesti paikkaamaan juuri injektoimalla, koska se on halpa ja nopea ratkaisu.

Injektoinnilla voidaan niin tiivistää, kuin lujittaa haljennutta rakennetta, joka on leveydeltään yli 0,2 mm. Tiivistysinjektointi perustuu halkeamien täyttämiseen, jos rakenteellinen lujuuden parantaminen ei ole työn pääasia. Silko-ohjeiden mukaan tiivistysinjektoinnilla voidaan myös suojata rakenteen raudoitusta korroosiolta. Jos työn tarkoitus on palauttaa rakenteen lujuudellinen kestävyys, halkeaman korjaamiseen käytetään lujitusinjektointia. [1, s. 15]

Kuitenkin korroosiosuojaukselle on poikkeuksena se, että injektointia ei tulisi käyttää teräskorroosiosta syntyneiden halkeamien korjaamiseen. Nämä kohdat tulisi piikata täysin auki, puhdistaa teräkset ja tämän jälkeen täyttää laastipaikkauksella, jotta teräskorroosio saadaan pysäytettyä. Teräskorroosio halkeamien injektoimisen ohella toinen yleinen virhe on yksinkertaisesti huolimaton injektointiaineen syöttö halkeamaan, jolloin halkeama voi jäädä täyttämättä. [1, s. 10]

3.1.1 Injektointimuodot

Eri injektointimuotoja on useita. Injektointi suoritetaan yleisesti joko muovi-injektoinnilla (kuva 3) tai sementti-injektoinnilla (kuva 4). Ne eroavat syötettävän aineen perusteella, sekä hieman myös itse käytännön työnä. Käytettäviin aineisiin palataan tarkemmin kappaleessa 4. [1, s. 35-37]



Kuva 3. Halkeaman muovi-injektointi [1, s. 1].



Kuva 4. Halkeaman sementti-injektointi [1, s. 1].

Injektointibetonointi on yksi injektointimuodoista. Injektointibetonointi perustuu suljetun tilan täyttämiseen muotissa. Ennen injektointia muotti on täytetty kiviaineksella, minkä jälkeen muottiin jääneet tyhjät kohdat injektoidaan täyteen sementtilaastilla. Sitä käytetään lähinnä laajojen vesivaurioiden, sekä pilareiden yläpäiden korjaamiseen. Työ vaatii erityistä asiantuntemusta, jolloin injektointibetonointi on hieman harvinaisempi korjausmuoto allasrakenteissa. [1, s. 37]

Tässä työssä ei perehdytä injektointimuotojen asennukseen, vaan laajat yleisohjeet suunnittelusta, valmistelevista töistä ja erityispiirteistä on saatavilla SILKO 1.233 –ohjeista [1].

3.1.2 Vedenalainen injektointi

Injektoinnin laatuun vaikuttaa voimakkaasti vallitseva vesipitoisuus ja kosteus. Allasrakenteiden korjaaminen voi vaatia joissain tapauksissa myös vedenalaista injektointia. Itse käytännöntyö ei eroa kuivissa olosuhteissa tehtyyn injektointiin, mutta tulee huomioida, että kuivatyönä tehty injektointi on aina helpompi ja laadultaan parempi. [1, s. 39]

Talvisin halkeamakohdat voivat olla jään peitossa, jolloin jää on ensin sulatettava ennen kuin injektioityö voidaan aloittaa. Myös voimakasta virtausta olisi syytä välttää, koska

niin asennustyö kuin työn tulos voi heiketä oleellisesti hankalissa olosuhteissa. Vedenalaisessa injektioinnissa on valittava myös käytettävä injektioaine oikein. Injektioaine ei saa liueta veteen, eikä siitä saa olla haittaa ympäristölle tai vesistölle. Aineen ei tulisi olla myöskään vettä kevyempää, koska silloin se pyrkii nousemaan pois halkeamasta veden pinnalle. [1, s. 39]

3.1.3 Laatan ja seinän välisen sauman tiivistys

Injektointitöiden työnjohtajan Petri Koskisen (Eskon oy) mukaan yleisimmin rakenne vuotaa laatan ja seinän välisestä saumasta [6]. Yleisimpiä saumojen tiivistämiseen käytettäviä ratkaisuja ovat injektointiletku, bentoniittinauha ja niin kutsuttu pesty työsauma [5].

Bentoniittinauha on vulkaanisesta savesta valmistettua tiivistenauhaa. Bentoniitti reagoi aktiivisesti veden kanssa, jolloin reaktiotuotteen tilavuus kasvaa huomattavasti lähtöaineisiin nähden. Nauha asetetaan valmiiksi betonilaatan päälle seinälinjan kohdalle. Jos sauma pääsee vuotamaan, bentoniittinauha reagoi veden kanssa, jolloin se alkaa paisua. Bentoniittinauhan voisi siis sanoa korjaavan vuotavan rakenteen itsestään. [5]

Injektointiletku on tehty huokoisesta polyeteenistä, jossa on pieniä ulospäin suuntautuvia kartiomaisia reikiä. Injektioletkun toiminta on hyvin samanlainen kuin bentoniittinauhan. Letku asennetaan seinälinjan keskelle. Kun seinä on saatu valettua tai asennettua letkun päälle, voidaan aloittaa itse injektointi. Injektointimassaa aletaan pumpata letkuun, jolloin letkun rei'istä pursuava massa täyttää saumassa ilmenevät aukot. Näin mahdolliset vuotokohdat pystytään paikkaamaan. [5]

3.1.4 Injektioinnin tavanomaiset virheet

Vallitsevan kosteuden ohella injektointiin vaikuttaa myös lämpötila. Yleisesti ottaen alle +12 °C:n lämpötilassa injektointi vaikeutuu mitä matalampaan lämpötilaan mennään. Tähän vaikuttaa kuitenkin käytettävä injektointiaine. [1, s. 33] Injektointia ei tule suorittaa, jos on pakkasta tai rakenteessa on kauttaaltaan alle +5 °C:n keskilämpötila [1, s. 36].

Injektoimisen yleisimpiä virheitä ovat asennusvirheet, jotka johtuvat vallitsevista olosuhteista tai urakoitsijan vähäisestä perehdytyksestä tehtävään. Samat perusteet pätevät myös injektointiaineen valintaan, mutta yleinen injektoimiseen liittyvä perehdytys valitulla aineella tulisi suorittaa, jotta työstä saadaan tiivis ja kestävä. [6]

Esimerkkitapauksena on injektointi Suomen sääoloissa. Suomessa on vain kesäkuukausina (kesäkuu, heinäkuu, elokuu) keskilämpötila yli +12 °C, joten Suomessa on hyvin todennäköistä, että työmailla tapahtuva injektointi tehdään liian kylmissä olosuhteissa, jos ei olla otettu olosuhteita huomioon toteutuksessa. Kylminä aikoina tai esimerkiksi talvi-

pakkasilla tulisi injektoitava rakenne lämmittää ennen työhön ryhtymistä. Lämpötila vaikuttaa myös injektointiaineiden varastoitumiseen. Lämpötilarajat vaihtelevat kuitenkin aineittain, mutta karkeasti ottaen vaihteluväli tulisi olla 15-30 °C. Josta voidaan jo heti päätellä, etteivät aineet kestä jäätymistä, eikä niitä ei tulisi jättää kesällä auringonpaisteeseen. [6]

3.1.5 Laadunvalvonta

Injektointin laadunvarmistamiseksi suoritetaan ennakkokokeita, joilla mitataan injektointimassan koostumusta. Ennakkokokeilla mitataan injektiomassan tiheyttä, viskositeettia, veden erottumista, tunkeumaa ja sitoutumisaikaa [7, s. 29].

Tiheys määritetään vesi-sementtisuhteena, jota voidaan verrata kunkin massan vaatimiin standardeihin. Viskositeetti kuvaa kuinka aine vastustaa virtausta, eli kuinka helposti injektioaine tunkeutuu ja täyttää halkeaman tyhjät kohdat. Viskositeettia mitataan Marsh viskositeetti kokeella. Vedenerotuskokeella määritetään, kuinka näytekappaleesta erottuu vesi kahden tunnin aikana rauhallisessa tilassa. Tunkeumakokeessa määritetään, kuinka suuri osuus näytteestä tulee halutun seulakoon lävitse. Sitoutumisaikaa suositellaan mittaavan näytteen käyttölämpötilojen äärioloissa, jolloin saadaan tietää sitoutumiseen kuuluneen ajan ääriarvot. Työmaa oloissa sitoutumisaikaa voidaan havainnollistaa niin kutsutulla kuppikokeella. [7, s. 31-36]

Työnaikaisessa valvonnassa tarkastellaan ja mitataan seuraavia asioita:

- betonipinnan ja halkeaman puhtaus
- halkeamien rakenteelliset muutokset
- tartuntapinnan kosteus ja lämpötila
- ilman kosteus ja lämpötila
- sademäärä
- ainemenekin mittaaminen
- halkeaman täyttöaste
- täytetyn halkeaman vedenläpäisevyys. [1, s. 43]

Injektointi työn aikana pidetään aina injektointipöytäkirjaa, josta saadaan selville mittaus tulokset ja joilla voidaan siten todentaa laadunvarmistustoimenpiteet standardien hyväksymiseksi. [1, s.43]

Laadunvalvonnalla pystytään jälkiseuramaan injektoitavuuden toimivuutta ja vaikutuksia rakenteeseen. Epäsuotuisten laadunvalvonnan tulosten avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä, joilla muutetaan alkuperäistä valmistusprosessia. Allasrakenteiden korjauksia olisi syytä seurata ja tutkia, jotta voitaisiin kehittää vanhoja tai luoda uusia menetelmiä rakenteiden korjaamiselle.

3.2 Imeyttäminen

Pienet plastiset halkeamat 0,1-0,2mm korjataan imeyttämällä. Imeytys ei kuitenkaan korjaa halkeamia rakenteellisesti, joten ne eivät ole verrattavissa injektointiin. Halkeamat imeytetään vasta kahden viikon kuluttua valusta. [1, s. 14]



Kuva 5. Halkeaman imeyttäminen [1, s. 39].

Imeyttämisessä rakenteen pinnalle sivellään liukenevaa imeytysainetta, joka valuu rakenteeseen ja siten täyttää aukkokohdat. Niin kuin injektoinnissa, imeytyksessä käytetään myös imeytysainetta, jonka ominaisuudet ja laatuvaatimukset ovat hyvin samankaltaisia kuin injektointiaineilla.

3.3 Pinnoittaminen ja laastipaikkaaminen

Pinnoittamisella korjataan pääasiassa plastisenhalkeilun tai kuivumiskutistuman aiheuttamaa pintahalkeilua. Pinnoittaminen soveltuu myös betonirakenteen pysty- ja alapinnassa esiintyviin verkkohalkeamiin. Pinnoittaminen kuuluu rakennetta tiivistäviin menetelmiin, jolloin sillä ei ole rakenteellista hyötyä betonin kestävyuden kannalta. Liikkuvissa halkeamissa käytetään usein juuri silloittavia pinnoitteita. [2, s. 78]

Laastipaikkaaminen soveltuu leveiden vähintään 15mm:n liikkumattomien halkeamien paikkaamiseen, joilla ei ole rakenteellista merkitystä. Laastipaikkaaminen vaatii halkeaman avartamista, jotta laastin tartunta saadaan pysyväksi. Laastipaikkaamisen tarkempi korjausohje löytyy Betoniyhdistyksen korjausohjeista BY-41 [2, s. 78]

3.4 Halkeaman muuttaminen liikuntasaumaksi

Otsikon mukaan liikkuvat halkeamat on siis muutettava rakenteen liikuntasaumoiiksi, jolloin rakenteesta tulee joustava, eikä siihen siten muodostu pakkovoimia. Liikuntasäuma saadaan luotua halkeamaan käytännössä elastisella kittisaumalla, joka asennetaan leikatun halkeaman uraan. [2, s. 78]

3.5 Halkeaman itsetiivistyminen

Halkeaman itsetiivistymisellä tarkoitetaan ilmiötä, jossa rakenne täyttää seuraavat ehdot:

1. rakenteessa on hydratoitumatonta portlandsementtiä, kalkkia ja vettä
2. halkeaman leveys ei vaihtele ajan kuluessa
3. rakenteessa ei ole kemiallisesti syövyttäviä aineita
4. läpivirtaava vesi ei ole liian voimakasta, jotta itsetiivistyminen häiriintyisi
5. vesi voi haihtua betonin pinnalta. [5]

Itsetiivistyminen perustuu siis rakenteessa reagoimattoman sementin kovettumiseen (=hydratoitumaton sementti), jotta se olisi mahdollista on rakenteessa oltava myös vettä. Tämä ominaisuus täyttyy usein vanhemmilla betonirakenteilla, joissa on käytetty karkeampaa sementtilaatua. Uima-allasrakenteissa nämä ehdot usein täyttyvät altaan reunoilla ja myös sen pohjalta, kun allas tyhjennetään. [5]

3.6 Muita menetelmiä

Muita menetelmiä halkeamien korjaamiseen ovat ainakin rakenteellisen vahvistamisen kannalta rakenteen uusiminen, raudoituksen lisääminen, levyllä vahventaminen ja esijännittäminen [1, s. 15]. Nämä menetelmät ovat kuitenkin hyvin harvinaisia, koska laadun parantamisen seurauksena jouduttaisiin käyttämään aikaa ja rahaa huomattavan paljon enemmän kuin aikaisemmissa menetelmissä.

4. INJEKTOINTIAINEET

Injektointiaineiden tulee olla Suomessa CE-merkittyjä standardin SFS-EN 1504-5 mukaisesti, sekä niiden AVCP luokan tulee olla 2+. AVCP kuvastaa aineiden suoritustason pysyvyyttä, eli laatua. [1, s. 25]

Tässä kappaleessa perehdytään eri aineiden ominaisuuksiin ja käyttötarkoituksiin. Halkeamia injektoitaessa niihin käytetään muovi- tai sementtipohjaisia injektointiaineita.

4.1 Aineiden käyttötarkoitukset ja ominaisuudet

Halkeamaa korjattaessa injektoimalla on injektointiaine valittava halkeamatyyppin ja olosuhteiden mukaan oikein. Injektointiainetta valittaessa on otettava huomioon injektoitavuus eli aineen viskositeetti. Injektioaineiden viskositeetti tulee olla sitä matalampi, mitä kapeampi halkeama on. [1, s.33]

Toinen aineen valintaan vaikuttava kriteeri on ympäristön ja rakennuksen prosessien asettamat olosuhteet, kuten jo injektoinnin yhteydessä mainittiinkin. Halkeama voi olla kuiva, märkä tai kokonaan veden paineen vaikutuksen alaisena. Kaikille näille tapauksille on oma aineensa. Jokaisella aineella on myös oma asennukseen soveltuva lämpötila alueensa. [1, s. 33]

Injektointiin soveltuvat aineet ovat usein hyvin notkeita ja raekooltaan pieniä, jotta aine tunkeutuisi halkeamaan helposti. Muita aineille tyypillisiä ominaisuuksia ovat:

- hyvä työstettävyys
- hyvä kapilaarinen nousukyky
- alhainen kutistuminen
- riittävä tartunta halkeamiin
- riittävä lujuus
- tarvittava lämmönkestävyys
- hyvä kestävyys
- ei sisällä korroosiota edesauttavia aineista
- haihtuvia orgaanisia yhdisteitä saa olla enintään 2 % massan painosta
- ympäristöystävällisyys. [1, s. 25]

Injektointiaineiden toimivuus perustuu jonkin sideaineen voimakkaaseen reagoimiseen veden kanssa. Sementtipohjaisissa injektointiaineissa sideaineena toimii itse sementti. Kuitenkin muovi-injektioaineissa sideaineen määrittäminen on hankalampaa, koska niin epoksi- kuin polyuretaaniaineissa on useita erilaisia reaktiivisia polymeerejä, jotka toimivat sideaineen tavoin. [1, s. 18]

Standardin SFS-EN 1504-5 mukaan injektioaineet luokitellaan käyttöperustein 3 ryhmään:

1. Aineisiin, jotka välittävät voimia halkeamissa (FTFC = Force Transmitting Filling of Cracks).
2. Aineisiin, jotka joustavat halkeamassa tapahtuvien liikkeiden seurauksena (DFC = Ductile Filling of Cracks).
3. Paisuviin aineisiin, jotka veden kanssa reagoiessa paisuvat (SFFS = Swelling Fitted of Cracks). [1, s. 18]

Kaikkien ryhmien aineet soveltuvat halkeamiin, jossa tarkoituksena on pinnan tiivistäminen, mutta jos tarkoituksena on vahvistaa vain haljennutta rakennetta, on käytettävä ryhmän 1 aineita. Seuraavissa kappaleissa perehdytään tarkemmin eri injektioaineisiin ja niiden luokitteluun käytetään yllä olevia ryhmiä 1, 2 ja 3.

4.2 Muovi-injektointi

Muovipohjaisten injektioaineiden käyttö on yleistä, koska niitä voidaan käyttää melkein jokaisessa halkeamatyypissä. Niiden käyttö perustuu kuitenkin pienten noin 0,2-1 mm leveiden halkeamien injektioimiseen. Muovipohjaiset aineet estävät kosteuden pääsyn rakenteeseen, mikä edesauttaa rakenteen tiiveyttä. [3, s. 114] Muovi-injektointiaineiksi luokitellaan epoksi-, polyuretaani- ja akryyliaineet [1, s. 21].

Näistä akryylihartsiaineiden käyttö on kuitenkin selvästi harvinaisempaa kuin epoksi- ja polyuretaaniaineiden. Niitä käytetään lähinnä saumauksessa injektioletkujen avulla. Akryylit eivät sovi suuriin vesivuotoihin, koska ne ehtivät liukenemaan pitkän sitoutumisaian takia. Akryylihartseissa voi esiintyä myös klorideja, joiden käyttö on kiellettyä lähellä betonin raudoituksia, koska kloridit edesauttavat raudoitteiden korroosiota. [1, s. 23]

Taulukko 1. Muovi-injektioaineiden ominaisuuksien vertailu betoniin nähden [1, s. 21].

	Epoksi	Polyuretaani	Betoni
Tilavuuspaino, kg/m ³	1050 – 1150	1050 – 1100	2100 – 2400
Puristuslujuus, MPa	3,5 – 85	2,5 – 30	20 – 70
Taivutuslujuus, MPa	10,5 – 35	1,5	3,5 – 7
Vetolujuus, MPa	3,5 – 35	0,2 – 30	2 – 5
Venymä, %	0,2 – 50	10 – 400	0,01

4.2.1 Epoksi-injektioaineet

Epoksiaineet kuuluvat pääasiassa ryhmään 1, joten ne toimivat halkeamissa niin tiivistävänä kuin vahvistavana aineena [1, s. 18]. Epoksiaineille tyypillistä on hyvä tartunta betoniin, etenkin kuivissa olosuhteissa, joissa niiden käyttö on yleistä. Epoksiaineet eivät kutistu tai laajene, mikä on tärkeää injektioinnin tiiveyden toimivuuden kannalta. Kestävyysominaisuuksiltaan epoksiaineet kestävät hyvin ympäristön rasitukset, sekä pitkäaikaiset rasitukset. Kuitenkin kestävyys ultraviolettiäilyä ja otsonia vastaan on huono, minkä takia epoksiaineiden käyttö ei ole yleistä ulkotiloissa. Epoksiaineet luovat kovettumisreaktiossaan reaktiotuotteena lämpöä. Syntyvä lämpö kiihdyttää kovettumisreaktiota, mikä on otettava huomioon suunnittelussa ja täytön toteutuksessa. [1, s. 22]

Taulukko 2. Luettelo tyypillisten epoksipohjaisien aineiden ominaisuuksista. Aineiden vertailu on hankalaa, koska käyttötarkoitukset eroavat suuresti toisistaan. Taulukon arvosteluperusteet ovat esitetty taulukossa 3. [8, s. 3]

TUOTENIMIKE	VALMISTAJA	MYYJÄ	AINE	Käyttöaika			Viskositeetti			Injektio-tavuus		Leikkaus-tartunta		Väri
				+20 °C	+10 °C	+5 °C	+20 °C	+10 °C	+5 °C	Kulva hiekka	Kosteaa hiekka	RH 70% kostea säilyys	Märkä säilyys	
Luxit IH-N	Berligon GmbH Ritterhude Deutschland	Semtu Oy Martinkyläntie 586 04240 TALMA PL 124, 04460 KERAVALA Puhelin (09) 274 7950 Telekopio (09) 2747 9540	Epoksi	pitkä	-	-	++	-	-	+++	+++	++	+	väritön
Concresive 1380	MBT Schweiz AG Schatthäuser Schweiz	Master Builders Oy Lyhtytie 3 PL 94, 11101RIIHIMÄKI Puhelin 020 387 200 Telekopio (019) 485 449	Epoksi	erittäin lyhyt	-	-	++	-	-	+++	+++	+++	++	musta
Concresive 1468			Epoksi	erittäin lyhyt	-	pitkä	+++	-	+	+++	+++	++	++	musta
NM INP 42 + INP H-24 L	Nils Malmgren Ab Kungälv Sverige	Oy Tremco-Ltd Finland Tullikirjurinkuja 2 00750 HELSINKI Puhelin (09) 5499 4500 Telekopio (09) 5499 4555	Epoksi	pitkä	-	-	+++	-	-	+++	+++	++	+	väritön
Nanten IHP-injektioharts	Nanten Oy Tuusula Suomi	Nanten Oy Teollisuustie 6 04300 TUUSULA Puhelin (09) 274 7970 Telekopio (09) 275 6800	Epoksi	erittäin lyhyt	lyhyt	-	+++	++	-	+++	+++	++	++	keltainen
IHS-injektioharts			Epoksi	erittäin lyhyt	erittäin lyhyt	erittäin lyhyt	+++	-	++	+++	+++	++	++	vaal. keltainen väritön
IHH-injektioharts			Epoksi	pitkä	pitkä	-	+++	++	-	+++	+++	+++	++	väritön
Araldit BY 158 + Aradur 21	Vantico AG Schweiz	Muottikolmio Oy Finnoonnitynkuja 3 02270 ESPOO Puhelin (09) 863 4360 Telekopio (09) 804 2585	Epoksi	lyhyt	-	-	+++	-	-	+++	+++	+++	+	väritön
Araldit BY 158 + Aradur 2992			Epoksi	erittäin lyhyt	-	-	++	-	-	+++	+++	+++	++	lähes väritön
Rescon Epoxy BI	Rescon Mapei AS Sagstua Norge	Rescon Mapei Oy Hannuksenpelto 6 B 02270 ESPOO Puhelin (09) 867 8900 Telekopio (09) 8678 9011	Epoksi	lyhyt	-	-	+++	-	-	+++	+++	++	++	väritön
Epoxy Plus Injektion Resin "T"	Weber-SBD Ltd Flitwick United Kingdom	Semtu Oy Martinkyläntie 586 04240 TALMA PL 124, 04460 KERAVALA Puhelin (09) 2747 950 Telekopio (09) 2747 9540	Epoksi	lyhyt	-	-	+	-	-	(+) ¹⁾	(+) ¹⁾	+++	++	tumman harmaa
Ergoflex Dur 500 S	Heidelberger Baustofftechnik GmbH Deutschland	Optiroc Oy Ab Strömberginkuja 2 PL 70, 00381 HELSINKI Puhelin 010 44 2200 Telekopio 010 44 22 295	Epoksi	erittäin lyhyt	pitkä	-	+++	+++	-	+++	+++	+	-	puna-ruskea ja väritön

Taulukko 3. Taulukon 2 arvostelukriteerit [8, s. 3].**LABORATORIOTESTIEN ARVOSTELUKRITEERIT**

	Käyttöaika	Viskositeetti	Injektoitavuus *)	Leikkaustartunta **)
+++	< 30 min./erittäin lyhyt	< 300 mPas	> 350 mm	> 100 %
++	30–60 min./lyhyt	300–1000 mPas	350–100 mm	100–50 %
+	> 60 min./pitkä	> 1000 mPas	100–20 mm	< 50 %

4.2.2 Polyuretaaniaineet

Ominaisuuksiltaan monikäyttöiset polyuretaaniaineet kuuluvat teoriassa ryhmään 3, mutta niidenkin joukosta löytyy aineita, jotka kattavat kaikkien ryhmien ominaisuuksia [1, s. 18]. Polyuretaaniaineiden monipuolisuudesta kertoo se, että niitä voidaan käyttää melkein kaikissa halkeamamuodoissa ja olosuhteissa. Jotkin polyuretaanivalmisteet toimivat vedessä, toiset taas vaativat kuivat olosuhteet. Eroja on myös aineen laajenemisessa, sekä imeytymisessä rakenteiden huokosiin. Myös reagointinopeus, viskositeetti, pitkäaikaispysyvyys, haitta-aineiden synty ja käyttöominaisuudet vaihtelevat. [1, s. 22–23]

Yleisesti ottaen monet polyuretaanivalmisteet ovat joustavia ja laajenevat hyvin. Useat polyuretaaniaineet alkavat laajeta jo veden vaikutuksesta. Polyuretaaniaineet toimivat siis voimakkaan laajenemisen takia hyvänä tiivistysaineena, mutta ne eivät takaa rakenteelle lujuudellista parannusta. [1, s. 23] Polyuretaania käytetään halkeamien korjaamisen lisäksi myös hyvin paljon rakenteiden elastisissa liitoksissa [1, s. 21].

4.3 Sementti-injektointi

Sementit luokitellaan ryhmään 1, jossa ne sopivat erityisen hyvin puristuslujuutta vaativiin tapauksiin [1, s. 18]. Kun halkeamien leveys ylittää 1 mm, voidaan käyttää sementtiliimapohjaisia aineita ja jo yli 10 mm:n halkeamissa voidaan vastaavasti käyttää sementtilaasteja [3, s. 114]. Sementti on hydraulinen sideaine, joka veden kanssa reagoidessa muodostaa kovan sementtikiven. Sementti-injektointinissa käytetään standardin SFS-EN 197-1 mukaista rakennussementtiä CEM I. Injektointisementit jaetaan maksimirakoon perusteella mikro-, hieno- ja rakennussementeiksi. [1, s. 19]

Mikrosementeiksi luokitellaan kaikki alle 20 μm raakoon omaavat sementtipohjaiset aineet, joten ne ovat erittäin hieno rakeisia sementtejä. Hienorakeisuus antaa mikrosementeille matalan viskositeetin, minkä takia niitä käytetään matalaviskositeettisten injektioalaastiin muodostamiseen. Hyvin hieno rakeisia mikrosemtejä (alle 6 μm) voidaan käyttää myös rakenteiden vahventamiseen ja tiivistämiseen. [1, s. 19]

Hienosementin ominaisuudet ovat hyvin samanlaiset kuin mikroementin, mutta koska hienosementin raekoko on suurempi (20-40 μm) se rajoittaa hienosementin työstettävyyttä ja siten injektoitavuutta. Mikro- ja hienosementeillä pystytään täyttämään jopa 1 mm:n levyisiä halkeamia, mutta niiden toimivuus on varmistettava ennakkokokeilla. [1, s. 19]

Rakennussementti on karkea rakeisin sementti-injektioaine (yli 40 μm). Rakennussementtejä käytetään suurimmissa aukkokohdissa ja tavanomaisissa valu tilanteissa. [1, s. 19]

Sementtipohjaisia-aineita käytetään myös suuriin täyttöihin, koska ne tuottavat vähemmän lämpöä reaktiotuotteena kuin esimerkiksi muoviaineet, minkä takia sementtejä suositetaan myös paloturvallisissa rakenteissa. Jos halkeamassa vallitsee voimakas vedenväpaine, on sementti-aineiden käyttö harvinaista. Sementtisiä injektioaineita käytettäessä on kuitenkin huomiotava betonirakenteen esikostutus ennen halkeaman täyttämistä. Kuitenkin betonirakenteeseen injektoitaessa on vaarana se, että betonialusta imee injektioaineesta veden liian nopeasti, jolloin injektioaineen tunkeutuvuus voi heikentyä. [1, s. 37]

5. INJEKTOINTIAINEIDEN VALMISTAJAT SUOMESSA

Tässä osiossa käydään läpi muutama kotimaisia injektioaineita tuottavia yrityksiä. Yrityksistä suurin osa oli mukana tässä kandidaatintyössä, joko puhelin tai sähköpostin haastattelun muodossa.

5.1 BASF Oy

BASF Oy on suuri kansainvälinen teknilliseen kemiaan perustunut yritys, jonka toiminnasta Suomessa vastaa Helsingin pääkonttori. Koko konsernin liikevaihto Suomessa oli 71 305 000 € vuonna 2016. [9]

BASF tekee paljon vedenhallinnan teollisia ratkaisuja. Master Builders Solutions -vedeneristysjärjestelmä on yrityksen päätuotemerkki, jonka valikoimasta löytyy toimivat tuotteet jokaiseen vedenhallintaan rakenteeseen. Valikoimasta löytyy MasterInject tuotteita, jotka soveltuvat betonin injektointiin ja MasterSeal –tuotteita, jotka sopivat vesieristykseen ja veden sulkemiseen tarkoitettuihin ratkaisuihin. Esimerkkikohteita, joissa on käytetty BASF:n tuotteita ovat:

- padot
- kastelukanavat ja vesijohdot
- tekoaltaat ja vesitornit
- vedenpuhdistamot
- juomavesialtaat ja -kanavat. [10]

Vesilaitokset, vesijohdot ja muut vesijärjestelmät, joissa virtaa juomakelpoinen vesi ovat haastavia suojata ja korjata, koska tiivisteiden tulee olla eurooppalaisen ja kansallisen standardin hyväksymiä, jotta vesi ei pääse vuotamaan pois ja sen laatu säilyisi hyvänä. Juomakelpoisen veden kanssa tekemisissä on myös useat vesitornit, joista esimerkkinä Chrudimin vesitorni kuva 6. [10]



Kuva 6. Esimerkkikohteena vesitorni Chrudimissa (Tshekin tasavalta), joka suojattiin ja vesieristettiin BASF:n tuotteilla. Hanke valmistui vuonna 2008. [10]

Haasteellisia ovat myös vedenpuhdistamot, joihin kohdistuu happosateista, jäätymisestä, sulamisesta, voimakkaista vesivirroista ja korkeista sulfaattipitoisuuksista johtuvia kulumisia. Tämän takia betonipinnat rapistuvat nopeasti ja raudoitukset ruostuvat. Esimerkkikohteena Sevillan vedenpuhdistamolaitos kuva 7. [10]



Kuva 7. Esimerkkikohteena EDAR El Carambolo in Sevilla (Espanja) vedenpuhdistamo, jonka kunnostamiseen käytettiin myös BASF:n MasterSeal tuotteita. Hanke valmistui vuonna 2009. [10]

Monissa BASF:n kohteista tiivistetään liitokset, injektoidaan halkeamat, vedeneristetään pinnat ja korjataan betonirunko, jotta rakenne pysyy kunnossa. Halkeamien injektointiin käytetään BASF:n toimesta injektiohartseja (MasterInject –tuotteita). Injektiohartseja käytetään myös liitosten sisäiseen tiivistämiseen, kuten myös erillisiä elastisia yhdisteitä (MasterSeal –tuotteet).

Tuotteet ovat niin epoksi-, polyuretaani, kuin polymeeripohjaisia injektiohartseja. Soveltuvia tuotteita ollaan lueteltu seuraavassa listassa:

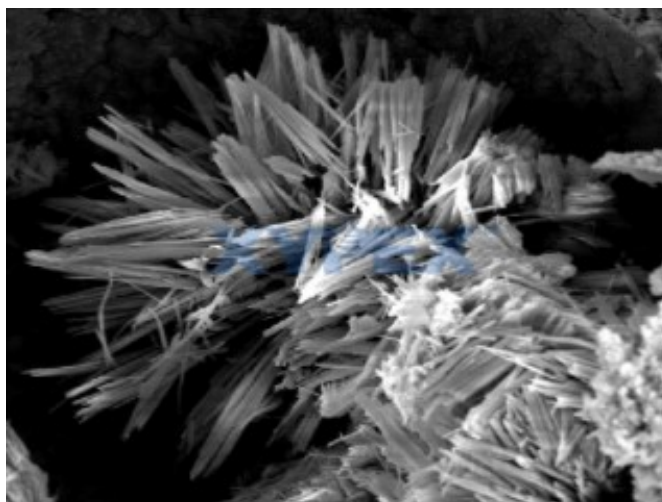
- MasterInject 1325
- MasterInject 1330
- MasterInject 1380 (huomioi taulukko 2)
- MasterInject 1468 (huomioi taulukko 2)
- MasterSeal 910
- MasterSeal 912. [10]

5.2 Insinööritoimisto Sulin Oy

Sulin Oy:llä löytyy oma maanrakennuspuoli ja kosteusrakenteisiin erikoistunut insinööritoimisto. Konsernin koko liikevaihto oli 4 137 000 € vuonna 2016, josta Insinööritoimisto Sulin Oy:n osuus oli 2 092 000 €. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. [9]

Sulin on ollut laajasti mukana injektioaineiden tuottamisessa ja kehittämisessä Suomessa. Kohteita ovat olleet pääasiassa uima-altaat, mutta mukana ollut myös muita allasrakenteita. Sulinilta löytyy laaja epoksipohjainen tuotesarja, joka on kehitetty juuri uimahallirakentamisen tarpeisiin. Hyvänä esimerkkinä tästä on Sulin Epoksihartsi, joka on yrityksen epoksipohjainen kirkas 2-komponenttinen pinnoite ja injektioaine. [11]

Xypex on jo kansainvälisen maineen saanut vedeneristetuote, mikä on ollut Sulinin kannattavimpia tuotteita. Muun muassa Xypex Admix ja Concentrate –tuotteet ovat olleet laajalti käytössä monella allasrakenteita korjaavalla urakoitsijalla. Xypex –tuotteet perustuvat ainutlaatuiseen kykyyn muodostaa betonia rikkomatta kidemuodostelmia syvälle betonin huokosrakenteeseen. Xypex:n muodostama kiderakenne tasoittaa myös hyvin halkeamia betonirakenteissa aina 0,4mm asti. [12]



Kuva 8. Xypex –tuotteen muodostama kiderakenne betonin huokosessa. [12]

5.3 MAPEI OY

MAPEI on rakennustarvikkeiden yleistukkukauppa, jonka liikevaihto vuonna 2016 oli 2 471 000 €. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Espoossa. [9]

MAPEI:n valikoimasta löytyy myös kattava määrä niin akryyli-, epoksi- ja polyuretaanipohjaisia pinnoitteita ja muita valmisteita. MAPEI:n tuotteet ollaan suunniteltu betonille, puulle ja kalliopohjaiselle suoja- ja lattiapinnoitteelle. Löytyy niin akryylipohjaisia juotoslaasteja ja saumaussmassoja betonipinnoille:

- MONTOCRYL
- MAPEFLEX AC4. [13]

Niin kuin muillakin valmistajilla, myös MAPEI:lla epoksipohjaisiavalmisteita löytyy valikoimista kaikkein eniten. MAPEI:n epoksituotteita ovat esimerkiksi:

- MAPEPOXY BI
- MAPEPOXY BI-IMP
- MAPEPOXY HD-G
- MAPEPOXY CEM-S. [13]



Kuva 9. Yksi MAPEI:n kohteista on ollut 2015 valmistunut yksityiskylpylä ”The Well”, jossa käytettiin epoksipohjaista MAPEPOXY BI-IMP -injektioainetta. [13]

Epoksivalikoimassa on myös kattava määrä eri PRIMER –tuotteita betoni pohjusteiksi. Polyuretaanipohjaisiksi tuotteiksi voidaan luokitella ainakin:

- PURGEL
- RESFOAM 1 KM
- RESFOAM 1 KM AKS
- RESFOAM S. [13]

5.4 Muottikolmio Oy

Muottikolmio on rakennustuotteita konsultoiva erikoisliike, jonka liikevaihto oli 4 158 000 € vuonna 2016. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Vantaalla. [9]

Muottikolmio on ollut mukana toteuttamassa kaikenlaisia injektointikohteita muun muassa kohteita juomavesialtaita, jätevesialtaita, uima-altaita, teollisuuden kemikaalialtaita yms. Yleisimmin allasrakenteissa käytössä on ollut polyuretaanipohjaiset injektointiaineet, mutta yleisesti injektointiin käytetään heidän tuotteistaan eniten epokseja. Yrityksen valikoimasta löytyy myös akryylipohjaisia ja imeyttämiseen tarkoitettuja aineita. [14]

Epoksit ovat yleisimpiä injektointiaessa rakenteellista vahvistusta vaativiin kohteisiin. Muottikolmion valikoimasta löytyy epoksihartseja muun muassa:

- WEBAC 4110
- WEBAC 4170
- WEBAC 4180N
- Araldite BY 158. [15]

Kun taas allasrakenteilta vaaditaan enemmän vedenpitävyyttä, jolloin seuraavat polyuretaanivaahdot ja –hartsit ovat yleisemmässä käytössä:

- WEBAC 150
- WEBAC 155
- WEBAC 157
- Joco GH 90 LV
- WEBAC 1403
- WEBAC 1405
- WEBAC 1420
- Joco GH 40. [15]

Akryylipohjaisilla aineilla korjataan pääasiassa vain vesitiiveyttä. Yksi käytetyimpiä akryylipohjaisia injektointiaineita on Muottikolmion WEBAC 240. Imeyttämiseen tarkoitettuja aineita ovat esimerkiksi matalaviskositeettiset WEBAC 4170 –tuotteet, mutta jos plastinen murtuma vaatii hieman jäykempää imeytysainetta, löytyy siihen tarkoitukseen WEBAC 4110 ja 4130. [14]

5.5 Oy Sika Finland Ab

Koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2016 yhteensä 33 778 000 € päätoimialana toimii peruskemikaalien tukkukauppaaminen. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Espoossa. Sika Finland on osana maailmanlaajuista Sika Groupia. Sika toimittaa asiakkailleen paljon erilaisia teollisuus, tekniikka ja betoniratkaisuja. [9] Näistä injektointiaineet ovat hyvin minimaalinen osa koko yrityksen tuotantoa.

Ylivoimaisesti yleisin tuote on epoksipohjainen Sikadur-52 Injection, jota on myyty kansainvälisestikin niin erilaisiin allasrakennekohteisiin. Sika tekee kuitenkin paljon muitakin aineita, mutta ne ovat selvästi harvinaisempia. Alle on listattu muutama muukin tuote, joiden perään on sulkuihin kirjoitettu luokittelu peruste:

- Injection-101 RC (polyuretaanipohjainen)
- Injection-105 RC (polyuretaanipohjainen)
- Injection-201 CE (polyuretaanipohjainen)
- Injection-203 (polyuretaanipohjainen)
- Injection-304 (polyakryylipohjainen)
- Injection-306 (polyakryylipohjainen)
- Injection-451 (epoksipohjainen)
- InjectoCem-190 (mikrosementtipohjainen). [16]

5.6 TKR-Marketing Oy

TKR tuottaa pinnoitteita ja vedeneristeitä ympäristöystävällisesti kasviöljypohjaisesta materiaalista. Liikevaihtona vuonna 2016 oli 1 432 000 €. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Kontiorannassa Joensuun lähellä. [9]

TKR tuottaa markkinoille luonnollisia muovipohjaisia pinnoitteita, jotka takaavat turvallista, ympäristöystävällistä ja nykyaikaista suomalaista teknologiaa. Pinnoitteet ovat alun perin kehitetty viemärisaneerauksiin. Kattavien ominaisuuksiensa ansioista pinnoitetta on pystytty kehittämään niin betonille, metalleille ja puulle. Vaikka pinnoitetta käytetään vedeneristämiseen, ilmapuotojentiivistämiseen ja viemärisaneerauksiin, on sillä mahdollista tiivistää myös halkeamia. TKR pinnoite ei kuitenkaan ole varsinainen injektioaine. [17]

TKR pinnoite soveltuu uudis- ja korjausrakentamiselle, joissa vaaditaan lujaa tartuntaa, joustavuutta ja kestävyyttä. Pinnoite suojaa rakennetta korroosiolta, kulumiselta, syöpymiseltä ja iskuilta, mitkä ovat ominaisuuksia, mitä odotetaan tiivistämiseen kohdistetuilta injektioaineilta. Pinnoite on hyvin joustava, eikä se juurikaan kutistu, joten se soveltuu mainiosti liikuntasaumoihin. TKR pinnoitteen kovuutta voidaan säädellä joustavuuden kustannuksella. [18]

Tuote ominaisuuksien mukaan TKR pinnoitteen halkeamansilloituskyky on kalvopaksuudella 0,35mm yhteensä 1,9mm ja 0,45mm kalvopaksuudella 7,1mm ilman vahvikekangasta [18]. Tämän työn 3.3 -osiossa määriteltiin, että pinnoittamalla voidaan korjata halkeamia, jotka ovat alle 0,2mm leveitä. Siis TKR pinnoite on ominaisuuksiltaan todella laadukas pinnoite, mikä soveltuu hyvin myös suurempien halkeamien korjaamiseen.

TKR-Marketing Oy:n referensseistä löytyy paljon lattiapinnoituksia, mutta joukosta löytyy myös useampia allasrakennekohteita. Uima-altaat, säiliöaltaat ja jätevesialtaat ovat

niistä hyviä esimerkkejä. Pinnoitetta on saatavilla 9 eri väriä, joista esimerkkinä värityön/valkokuulto kuvassa 10. [18]



Kuva 10. TKR:n uima-allas kohde, joka saatiin tiivistettyä ja korjattua värittömällä pinnoitteella, jolloin säilytettiin altaanreunan kuviointi. [18]

TKR:n yhteyshenkilö Juha Maununen otti kantaa myös aineiden vaatimuksiin. TKR pinnoitteeseen löydettiin myös muutamia ominaisia heikkouksia tai haasteita. Pinnoite eroaa hieman normaalista eristepinnoitteen asennuksesta, joten se vaatii erillisen perehdytyksen, minkä TKR-Marketing Oy tarjoaa oston yhteydessä. Pinnoite vaatii omanlaisen varastointilämpötilan 16-25°C ja asennuksessa hieman pidemmän sekoitusajan kuin normaali pinnoite. Jos siis perehdytys ja varastointi suoritetaan hyväksytysti, ollaan pois suljettu kaksi yleisintä virhettä, jotka ovat esiintyneet pinnoitteen asennuksessa. [17]

Lisäksi huomiomme pinnoittamisen yleisiä riskejä. Pinnoittaminen peittää alleen aina rikinäisen rakenteen, eikä sen tilasta siten saada jälkeenkäin enää varmuutta. Pinnoite ei siis esimerkiksi pysäytä korroosiota, jos se on jo päässyt alkamaan. Pinnoitteen käyttäminen halkeamien korjaamiseen tulee suunnitella huolella ja halkeamien syntymekanismi ja perimmäinen syy tulee selvittää ennen pinnoittamista. Tämän takia on syytä tehdä ennakkokokeita ja tarkistaa rakenteen kuntotutkimukset, jottei kantava rakenne pinnoitteen alla pääse murtumaan yllättäen. [17]

6. YHTEENVETO

Allasrakenteiden käyttöikä on noin 50 vuotta, jonka aikana rakenteeseen vaikuttaa muun muassa lämpötilamuutokset, kloridit, jatkuva kosteus, mekaaniset kuormitukset ja korrosio. Esimerkkinä otettiin Suomessa rakennetut uima-altaat, joista huomattava osa oli rakennettu 1960 tai 1970-luvulla. Allasrakenteiden käyttöikä on siis tullut määränpäähän ja niiden korjaaminen on nykypäivää.

6.1 Keskeiset kirjallisuusselvityksen tulokset

Halkeamia pyritään korjaamaan injektoimalla, koska se on suhteellisen yksinkertainen ja halpa korjauskeino rakenteen tiiveyden parantamiseksi. Injektoinnin lisäksi muita korjausmuotoja allasrakenteille on muun muassa pinnoitus ja imeyttäminen. Injektointiaineet joko tiivistävät tai tiivistävät ja lujittavat haljennutta rakennetta. Eri injektointiaineita ovat epoksiaineet, polyuretaaniaineet ja sementti-injektioaineet. Yleisesti voidaan todeta, että epoksi pohjaiset aineet takaavat rakenteelle tiivyyttä ja rakenteellista lujuutta, kun taas polyuretaanipohjaiset aineet soveltuvat vain rakenteen tiivistämiseen voimakkaan laajenemisen seurauksena. Epoksi- ja polyuretaaniaineet ovat muovi-injektioaineita, jotka soveltuvat noin 0,2 – 1,0 mm leveiden halkeamien täyttämiseen. Suuremmat kuin 1,0 mm halkeamat tulisi siis täyttää sementti-injektioaineilla. Sementti-injektioaineet takaavat rakenteelle epoksien tavoin myös tiiviyden ja lujuuden paranemisen.

6.2 Keskeiset haastattelujen tulokset

Yleisesti voidaan todeta, että jokaisen yhteyshenkilön mielestä tämän hetkiset markkinat ovat kattavat. Tämä heijastuu niin valmistajien kuin niiden tuotteiden suurena määränä. Jokaiselta valmistajalta löytyi useampia eri tuotteita ja eripohjaisia aineita injektioihin. Moni yritys kauppasi ja suosi omaa tuotantoaan jälleenmyynnin sijaan, mikä oli pienoinen yllätys työn edetessä. Runsaat markkinat kuitenkin heikentävät eri tuotteiden näkyvyyttä. Lisäksi huomautettiin, että tuotteita tulisi pystyä jakamaan paremmin suuren asiakaskunnan näkyville, esimerkiksi rautakauppoihin. Kuitenkin injektioaineiden ja eri pinnoitteiden saatavuus tavallisissa rautakaupoissa sisältää riskejä, koska ostaja on harvoin asentamiseen perehtynyt ammattihenkilö. Siten tuotteen väärinkäytön riski kasvaa ja se menettää suosiotaan huonojen käyttökokemuksien seurauksena. Injektioaineiden tulisi säilyttää kattava saatavuutensa, jotta tilaaja säilyttäisi mahdollisuuden kilpailuttaa eri tuotteita. Injektointiaineiden laatuvaatimuksiin ja yleisohjeisiin tulisi huomioida erikseen Suomen olosuhteet, jotta esimerkiksi talvisaikaan tapahtuva injektointi tuottaa halutun tuloksen.

Työ antoi alustavan pohjatiedon betonin halkeilulle ja injektoinnin toteutukselle. Valmistajien kanssa käydyt haastattelut toivat työhön tuotannollisen näkökulman. Työn alussa uskoin injektioaineiden olevan erikoistuotantoa, jolloin valmistajia olisi vähän, mutta tästä poiketen runsas markkinointi ja tarjonta tuli yllätyksenä allekirjoittaneelle. Työhön tulisi jatkossa liittää mallikohde, johonka kilpailutettaisiin sopiva halkeaman korjaamis-
muoto ja sen urakointi. Näin saataisiin selville urakoitsijoiden suosimat aineet, aikataulut ja ratkaisut, joidenka pohjalta voitaisiin tulkita eri ratkaisujen kustannuksia ja toimivuutta allasrakennekohteissa.

LÄHTEET

- [1] Betonirakenteet. Halkeamien korjaaminen. Liikennevirasto, Helsinki, 2016. SILKO 1.233.
- [2] Betonirakenteiden korjausohjeet. Suomen Betoniyhdistys r.y., Helsinki, 2016. by 41
- [3] Uimahallin rakenteiden suunnittelu ja kunnonhallinta. Suomen Rakennusinsinöörin liitto ry, Helsinki, 2009. RIL 235-2009.
- [4] UKTY. Linkit. Suomen uimahallit ja kylpylät. Uimahallirekisteri, Riihimäki.
- [5] Kallioniemi, T, 2011. Betonisen uima-allasrakenteen halkeilun syyt ja niiden korjaaminen. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
- [6] Koskinen, P. Injektiotöiden työnjohtaja, Eskon oy, Helsinki. Suullinen haastattelu, 8.3.2018.
- [7] Kalliotilojen injektointi. Suomen Betoniyhdistys r.y., Helsinki, 2016. by 53
- [8] Betonirakenteet. Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet. Liikennevirasto, Helsinki, 2016. SILKO 3.235.
- [9] Saatavissa: 11.5.2018, <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/>
- [10] Vedenhallinnan teollisia ratkaisuja. BASF Oy, Riihimäki. Tuotelehti. 24.4.2018
- [11] Sulin, R. Toimitusjohtaja, Insinööritoimisto Sulin Oy, Helsinki. Kirjallinen haastattelu, 6.3.2018.
- [12] Saatavissa: 12.5.2018, <https://www.sulinoy.fi>
- [13] Saatavissa: 12.5.2018, <https://www.mapei.com>
- [14] Aalto, M. Myyntipäällikkö, Muottikolmio Oy, Vantaa. Kirjallinen haastattelu, 4.5.2018
- [15] Saatavissa: 14.5.2018, <https://www.muottikolmio.fi>
- [16] Salo, K. Tekninen johtaja, Oy Sika Finland Ab, Espoo. Kirjallinen haastattelu, 9.3.2018.

- [17] Maununen, J. Tekninen myyjä, TKR-Marketing Oy, Kontioranta. Suullinen haastattelu, 4.5.2018.
- [18] TKR Pinnoitteet. TKR-Marketing Oy, Kontioranta. Tuotelehti. 4.5.2018. Saatavissa: <https://www.tkr.fi>

