



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Sami Vuorikoski, Mapei Oy

SAMI VUORIKOSKI, MAPEI OY

Halkeamien korjaaminen

1. Korjausmenetelmän valinta halkeamatyyppin mukaan
2. Injektointi
3. Imeyttäminen
4. Pinnoittaminen
5. Avaaminen ja laastipaikkaus
6. Muuttaminen liikuntasaumaksi
7. Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus työmaalla

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Betonin korjaus – mistä tietoa?

BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2016

- Väylävirasto:
<https://vayla.fi/fi/palveluntuottajat/sillat/silko>

”Kaikki halkeamat ovat haitallisia betonirakenteiden säilyvyyden kannalta. Korjaamattomat halkeamat edistävät betonin rapautumista ja raudoituksen korroosiota.”

	BETONIRAKENTEET HALKEAMIEN KORJAAMINEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET	
	LIIKENNEVIRASTO Taitorakenneyksikkö	

YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Halkeaman injektointia muovilla.



1 YLEISTÄ	3
2 HALKEAMIEN KORJAUSTYÖN SUUNNITTELU	13
3 INJEKTOINTI- JA SULKUAINHEET	18
4 INJEKTOINTI-, IMEYTY- JA SULKU-AINEIDEN LAATUVAATIMUKSET	25
5 INJEKTOINTITYÖ	32
6 TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU	40
7 LAADUNVARMISTUS	41
8 KIRJALLISUUSVIITTEET	44
LIITE 1: TERMIT JA MÄÄRITELMÄT	46
LIITE 2: INJEKTOINTIPÖYTÄKIRJA	49

1. Korjausmenetelmän valinta halkeamatyyppin mukaan

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Erityyppisiä halkeamia

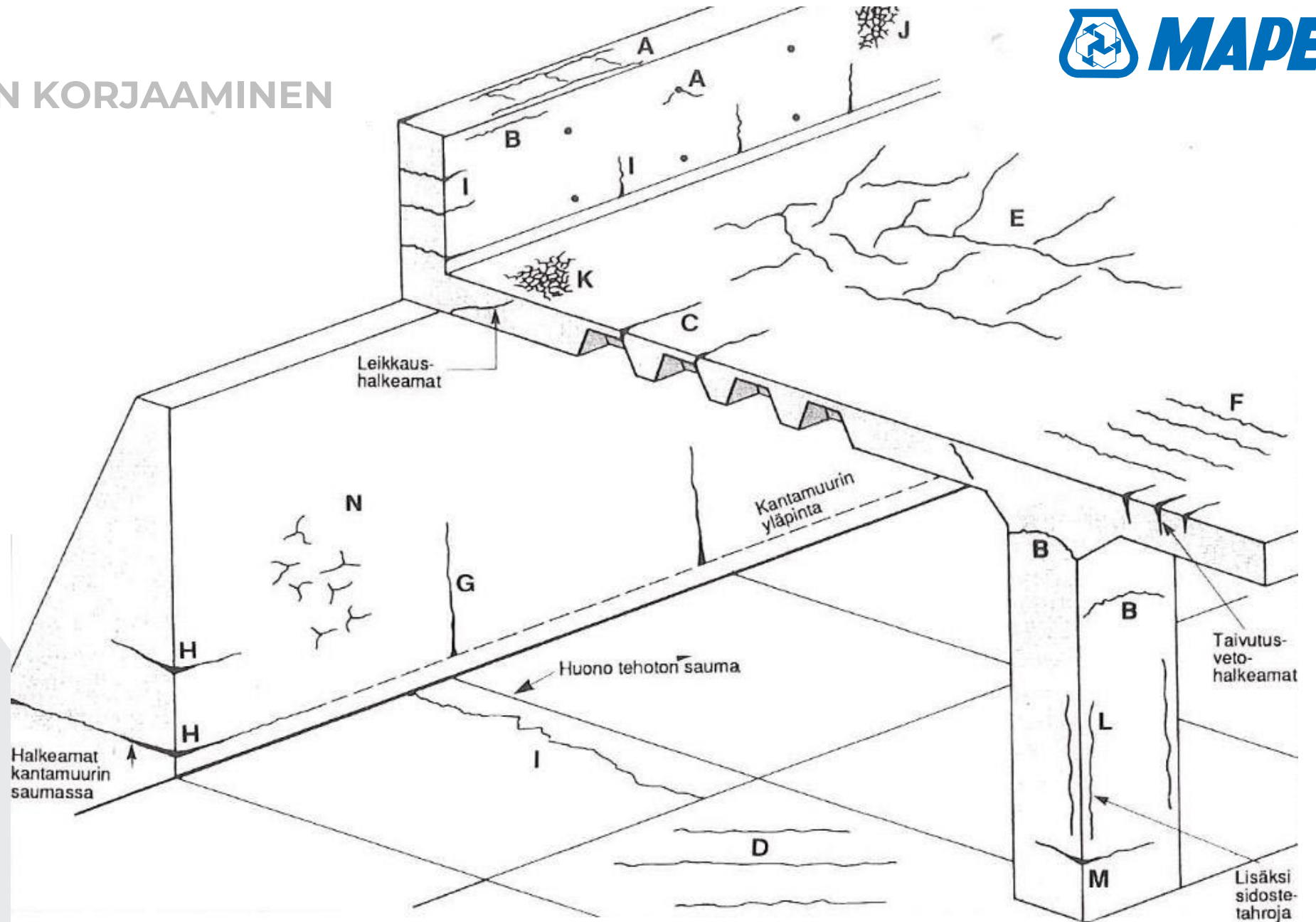


HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Erityyppisiä halkeamia



HALKEAMIEN KORJAAMINEN



Betonirakenteille luonteenomaisia halkeamia

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

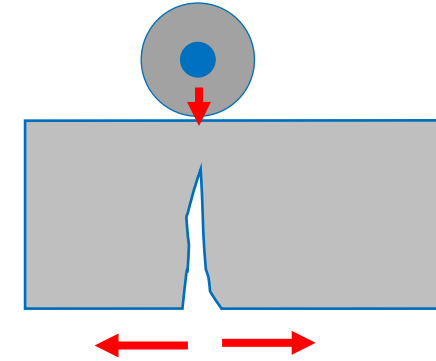
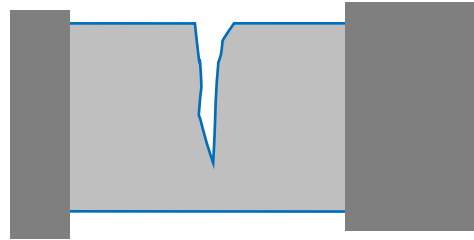
Erilaisia halkeamatyyppejä

- 1. Rakenteellinen halkeilu:** synnä liian suuret kuormat tai liian pieni kantavuus, lämpöliikkeet eli virheet suunnittelussa tai rakenteen käytössä
 - 2. Vaurioitumisesta johtuva halkeilu:** synnä rapautuminen, betoniterästen korroosio eli rakenteen ikääntyminen
 - 3. Pinnan verkkohalkeilu:** synnä mm. pinnan liian nopea kuivuminen
-
- liian pitkät liikuntasaumavälit tai riittämätön rauditus
 - betonin väärä koostumus ja betonointivirheet
 - väärin asennettu rauditus
 - puutteellinen jälkihoito ja suojaus



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Erilaisia halkeamatyyppejä

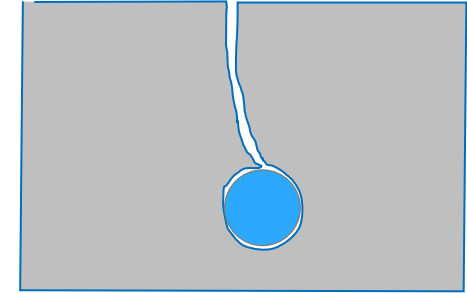


	Liikkumattomat halkeamat	Liikkuvat halkeamat
Liike	Ei liikettä	Halkeama avautuu ja sulkeutuu
Syy	painumat, kuivumimis kutistuminen, jännitykset, ylikuorma	Lämpötilavaihtelut, värähtely, dynaamiset kuormat
Halkeaman leveys	Pysyy samana	Vaihtelee ajan myötä
Korjattavuus	Helppo korjata	Haastava korjata
Tyypillinen korjaus	Injektointi, paikkaus	Joustavat materiaalit, liikuntasauumaratkaisut

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Fysikaalisten tai kemiallisten reaktioiden aiheuttamat halkeamat

- Aiheutuvat kemiallisista reaktioista tai fysikaalisesta toiminnasta
- Halkeilu ja lohkeilu raudoituksen korroosion seurauksena (karbonatisoituminen tai kloridit)
- Laajeneminen alkalikiviainesreaktion (ASR) vuoksi
- Korjausmenetelmää valittaessa on tärkeää selvittää halkeaman syy



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Korjaustarpeen määrittäminen



- Halkeamien sijainti, leveys, syvyys ja liikkuvuus
- Pinnan kosteus ja kloridirasituksen voimakkuus
- Rakenteen tiiveysvaatimukset (vedenpitävyys)
- Raudoituksen tyyppi (rst vai normaali)
- Betonin pakkasenkestävyys
- Pintakäsittelyn tyyppi
- Pinnalle asetettavat ulkonäkövaatimukset

Jos teräsbetonirakenteen halkeamassa on vesivuoto, on korjaus tehtävä ensi tilassa. Muissa tapauksissa säilyvyys, halkeaman luonne ja vaikutus rakenteen kapasiteettiin ratkaisevat korjaustyön kiireellisyyden.

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

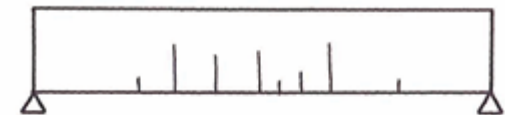
Halkeamat kantavissa rakenteissa

- Halkeaman syntymekanismi on selvitettävä ennen korjausmenetelmän valintaa
- Halkeamien syntyyn vaikuttavat yleensä useat syyt yhdessä. Joskus on vaikeata selvittää halkeamien pääasiallisinta syytä.
- Teräsbetonirakenteisiin syntyy rakenteellisia halkeamia yleensä tilapäisen tai pysyvän rakenteen kapasiteetin ylittävän kuormituksen seurauksena
- Korjaus edellyttää rakennesuunnittelijan arviota halkeaman vaikutuksesta rakenteen kantavuuteen
- Selvitettävä riittääkö injektointi korjausmenetelmäksi vai tarvitaanko muita korjaus- tai vahvistamismenetelmiä

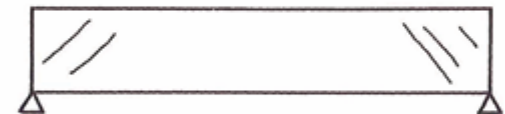
Halkeilun syy?

Halkeilun laajuus?

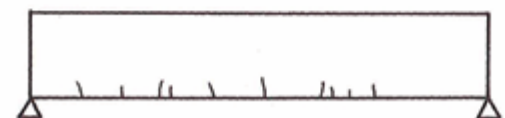
Taivutushalkeamia



Leikkaushalkeamia



Virumasta johtuvia halkeamia



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Ongelmat halkeamien korjaamisessa



Käytännössä on todettu, että halkeamien korjaaminen on vaativaa työtä. Riski, että halkeama jää täyttymättä on suuri.

Yleisimpiä syitä:

- liian suurella paineella tehty injektointi
- painetta on pidetty yllä liian lyhyen ajan → injektointiaine on kulkeutunut halkeaman pinnassa seuraavaan injektointikohtaan ja halkeaman on luultu täyttyneen
- raudoituksen korroosion aiheuttamien halkeamien injektointi, jolloin teräskorroosio on jatkunut, koska korroosio-olosuhteet ovat edelleen olemassa
- injektointiaineen valuminen rakenteen läpi
- injektointimansettia varten porattu reikä ei tavoita halkeamaa
- injektointiaineen väärä viskositeetti käyttölämpötilassa



Halkeaman korjaustapoja

Injektointi

- Epoksit, polyuretaanit, sementtilaastit

Imeyttäminen

- Epoksit

Pinnoittaminen

- Betonisuojamaalit ja -pinnoitteet

Avaaminen ja laastipaikkaus

- Epoksilaastit ja massat, korjauslaastit, juotoslaastit

Muuttaminen liikuntasaumaksi

- Saumausmassat

2. Injektointi

Injektointi

"Injektointiaineen puristaminen tai pumppaaminen halkemaan paineen avulla".



INJEKTOINTI - TYÖVAIHEET

Periaateratkaisun teko



Periaateratkaisun teko on aina korjaustoimen tärkein vaihe

- **Suunnittelijan** vastuulla on selvittää vaurion syy, jotta voidaan arvioida, riittävätkö injektointi tai imeytys vai tarvitaanko muita korjaustoimenpiteitä
- Vasta tämän jälkeen on mahdollista ratkaista korjausperiaate

TYÖVAIHEET

Injektointisuunnitelma

Suunnittelija laatii työtä varten injektointisuunnitelman, jossa esitetään ainakin

- halkeamien syyt ja vaurioluokitus
- laatuvaatimukset ja niihin liittyvät testausmenetelmät
- olosuhde ja materiaali-vaatimukset, kuten ilman ja rakenteen lämpötila ja aineen viskositeetti
- sulkuaine ja injektointiaine, joiden pitää yleensä tarttua kosteaankin pintaan
- ennakkokoe
- injektointimenetelmä (injektointipisteet, työtapa jne.)
- betonipinnan viimeistely
- tarvittavat liikennerajoitukset
- työturvallisuustoimet
- ympäristönsuojelutoimet
- kelpoisuuden osoittaminen

Työssä tarvittavia taustatietoja on saatavissa muun muassa seuraavista SILKO-yleisohjeista:

- SILKO 1.111; Työturvallisuus
- SILKO 1.112; Ympäristönsuojelu
- SILKO 1.202; Polymeerit sillankorjauksissa
- SILKO 1.203; Esikäsitely- ja purkamismenetelmät.



INJEKTOINTI

Injektionin käyttökohteet

Injektointia käytetään, jotta voidaan estää halkeamista ja onkaloista johtuvat haitalliset seurausvaikutukset betonirakenteissa.

Injektionilla pyritään

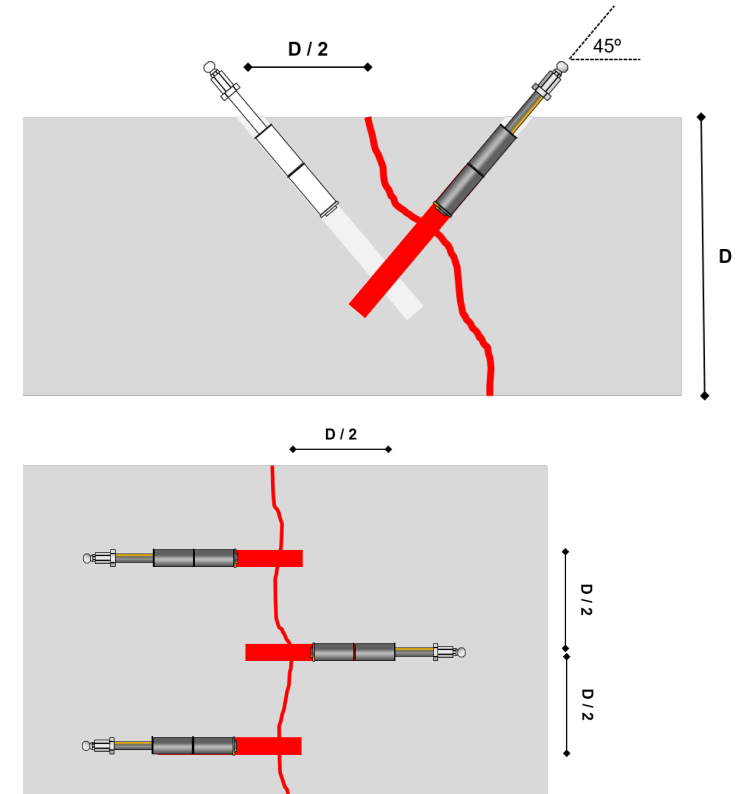
- tiivistämään rakenne
- estämään raudoituksen korroosiota
- estämään haittoja aiheuttavien aineiden pääsy rakenteeseen
- Tukkimaan vesivuodot
- vahventamaan rakenne alkuperäiseen lujuuteensa



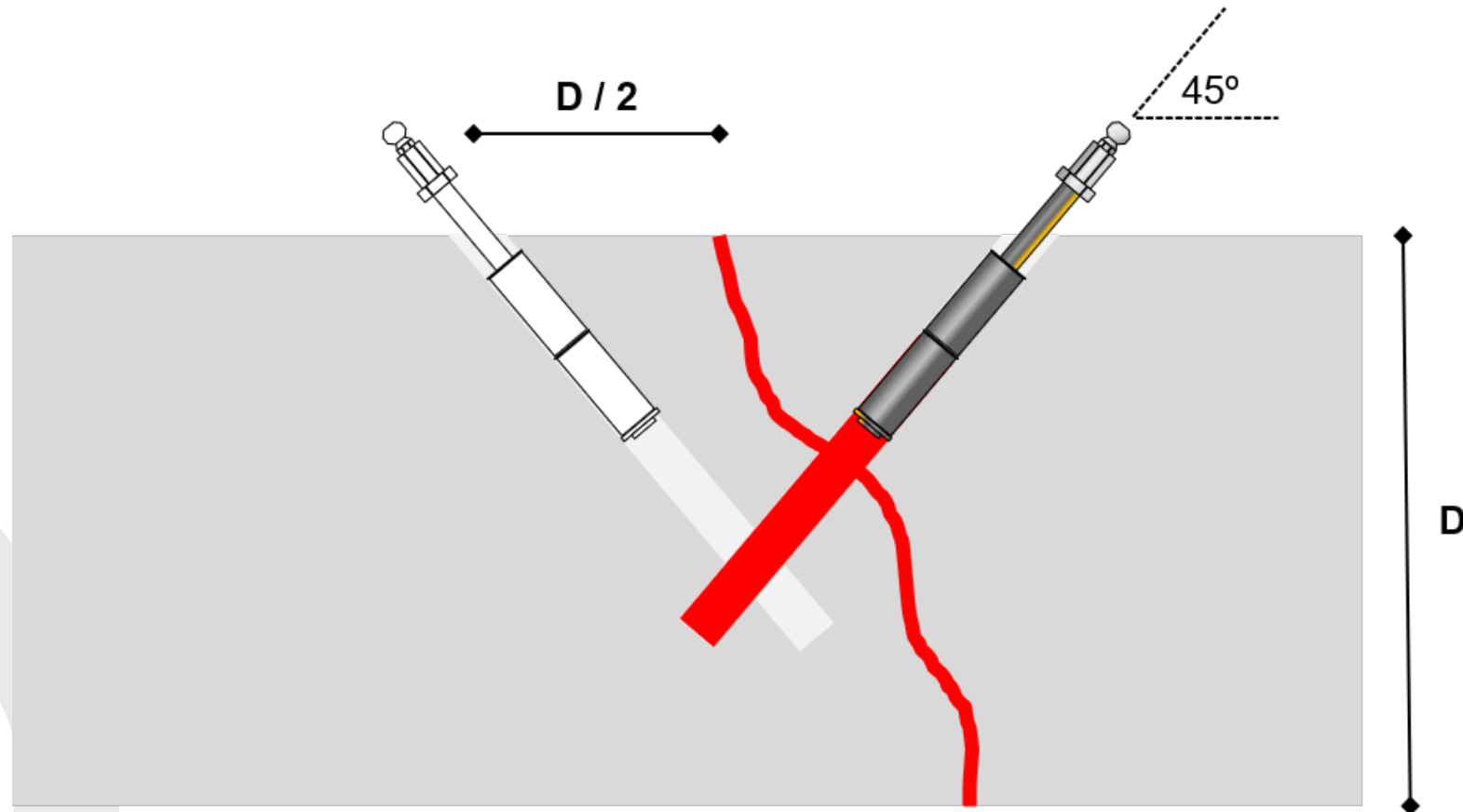
INJEKTOINTI

Paineinjektointi

- Porataan injektointireiät
- Reiät puhdistetaan huolellisesti
- Asennetaan injektointimansetit paikoilleen
- Halkeama suljetaan pinnasta sulkuaineella, soveltuvalla epoksilla tai laastilla
- Suoritetaan injektointi injektointiaineella
- Injektointi tehdään rasvaprässillä tai pumpulla
- Työ tehdään rauhallisesti ja hallitusti

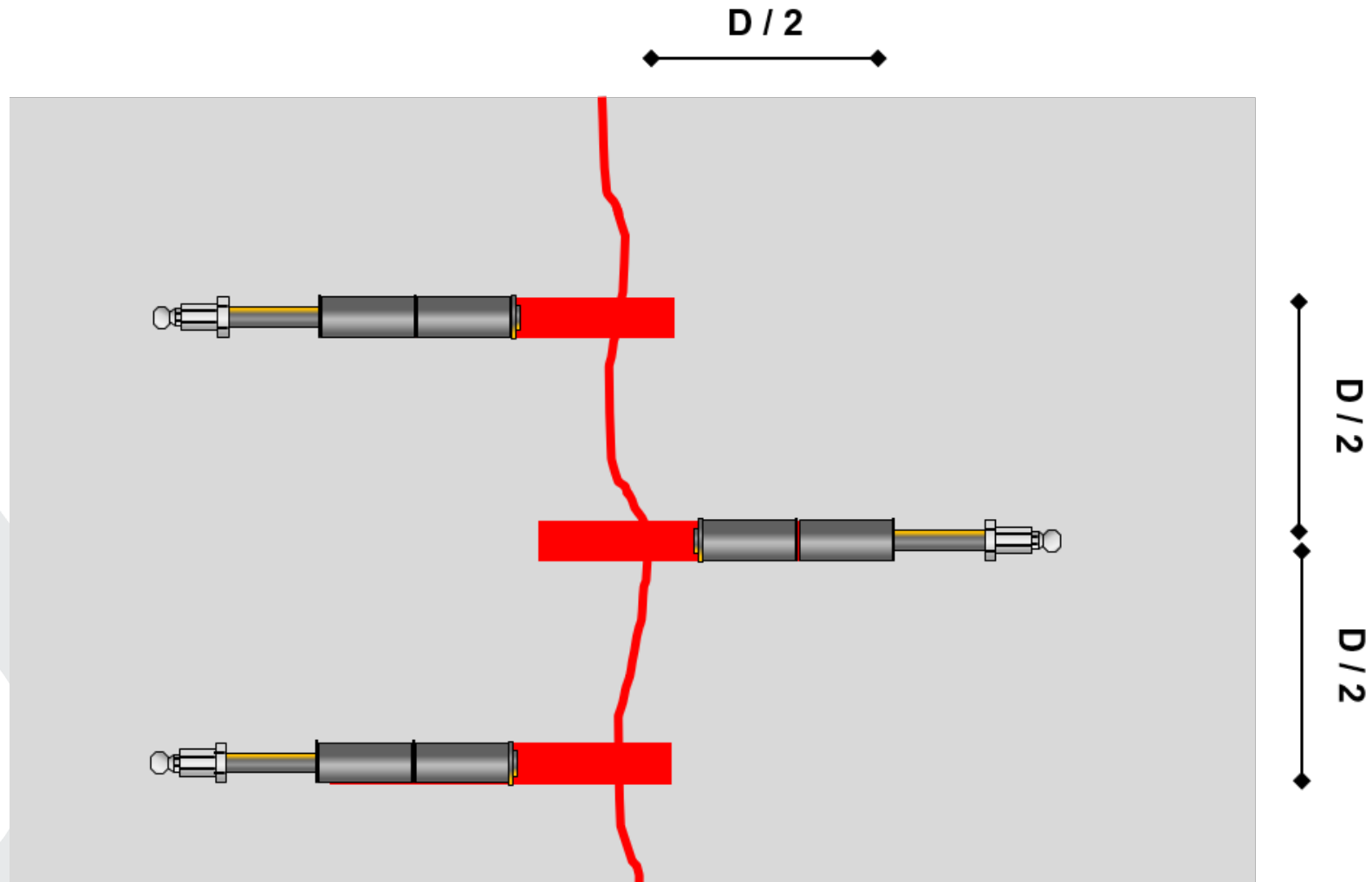


INJEKTOINTI
Paineinjektointi



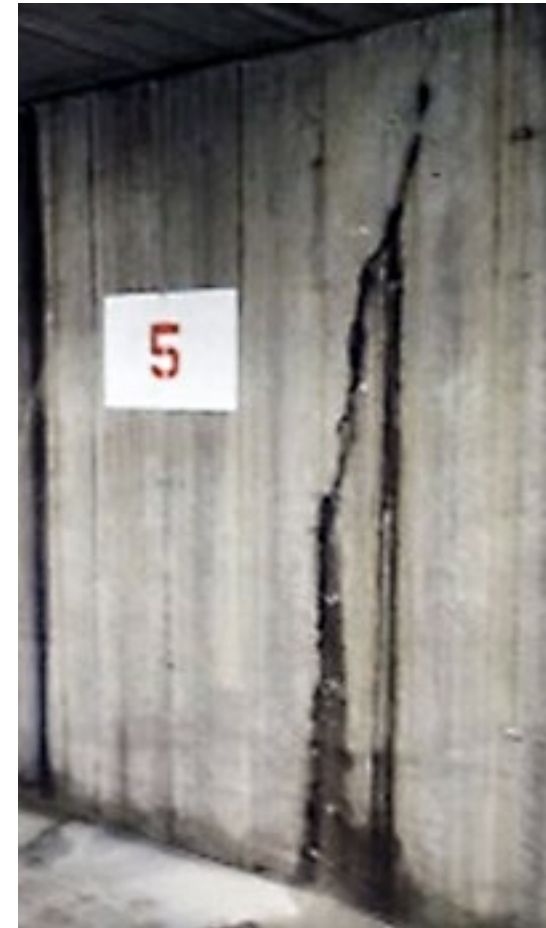
INJEKTOINTI

Paineinjektointi



INJEKTOINTI - KÄYTTÖESIMERKKI

Pysäköintihalli / kellari - “vesitiivis” -betoni



INJEKTOINTI - KÄYTTÖESIMERKKI

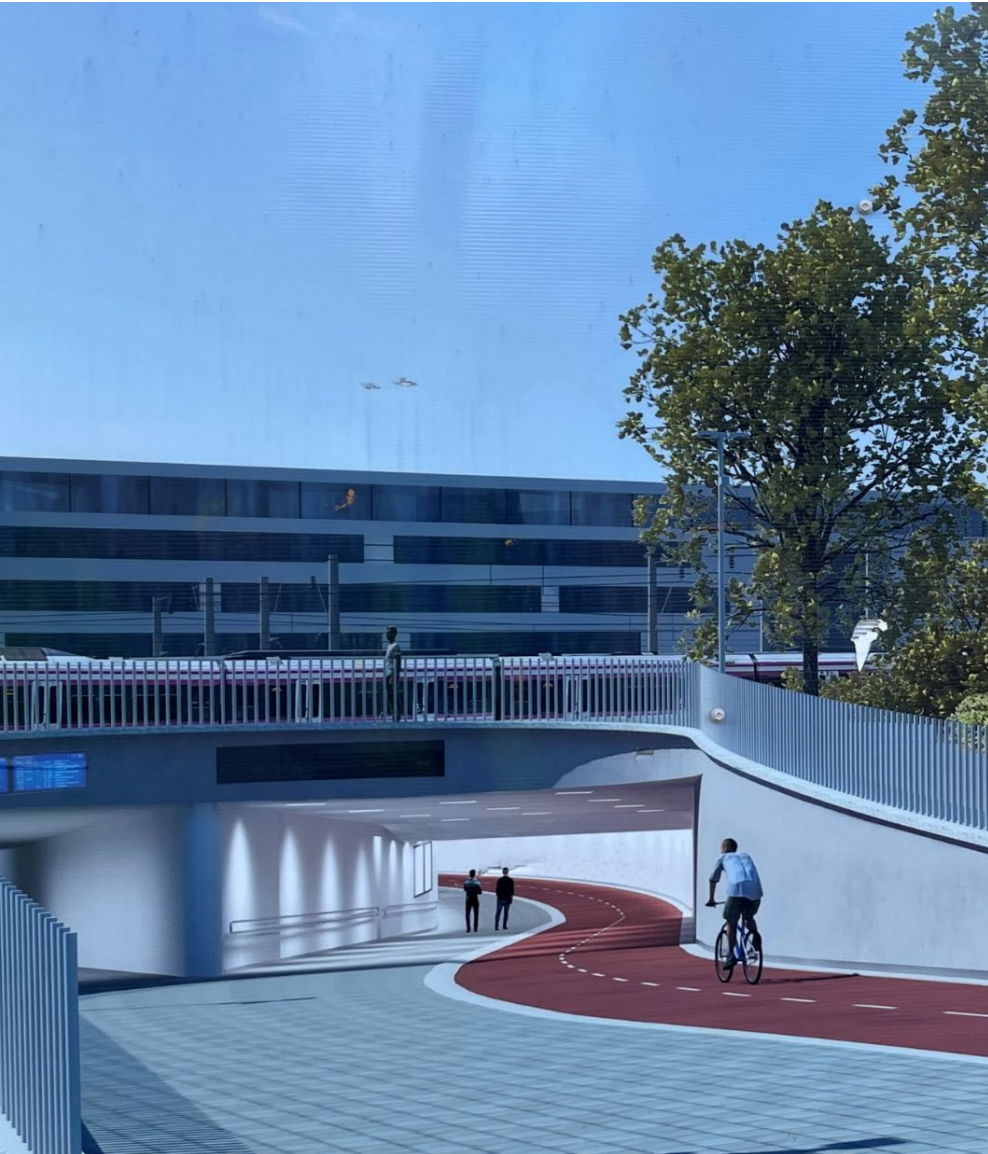
Infra

Esi-injektointi on yleistä tunneleissa.



CASE

Uuden jalankulku- ja pyörätunnelin rakentaminen



CASE HELSINGIN PÄÄRAUTATIEASEMA

Uuden jalankulku- ja pyörätunnelin rakentaminen

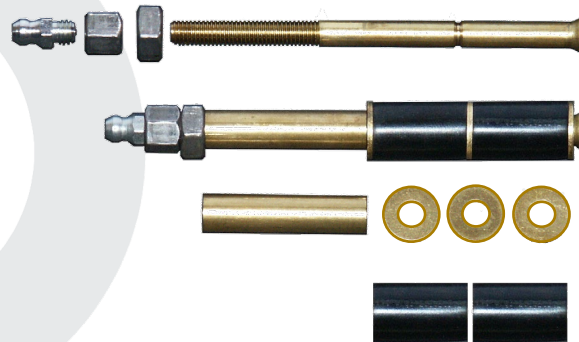


INJEKTOINTI

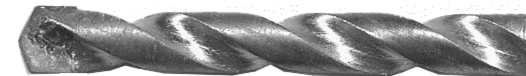
Työkaluja ja laitteita

Injektointipumput hartseille ja sementille erikseen

- Käsiprässit hartseille
- Injektointimansetit sementille ja hartseille erikseen
- Muoviset ja teräksiset mansetit



Ø 13 mm
Ø 14 mm



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Tuotteita

Rakenteellinen korjaaminen

- epoksi, sementti

Vedeneristäminen

- polyuretaani, epoksi, sementti



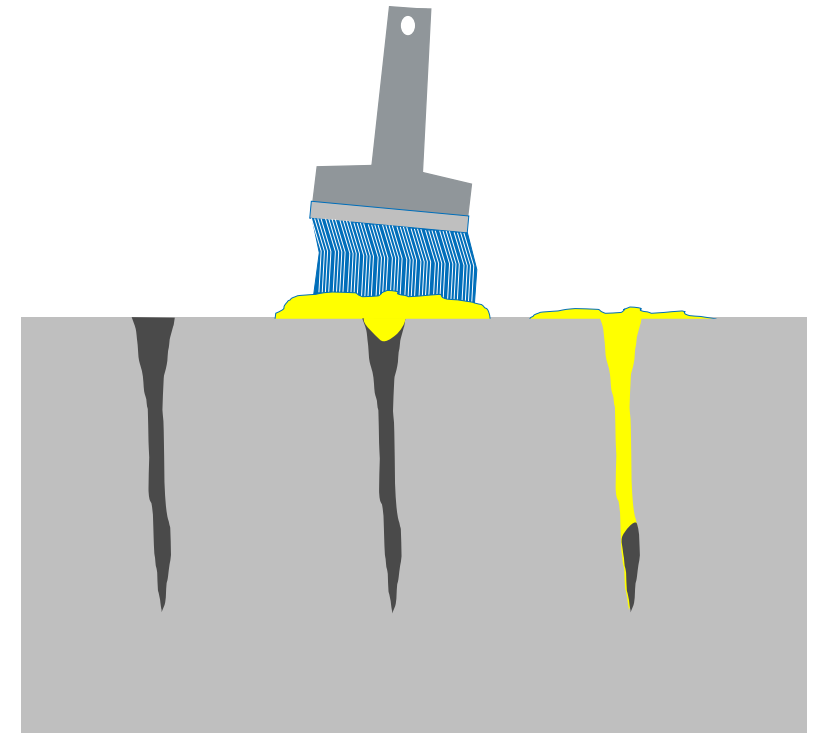
3. Imeyttäminen

IMEYTTÄMINEN

IMEYTYS

Halkeaman tai tyhjätilan täyttö ilman painetta. Imeyttämiseen käytetään matalaviskoosista injektointiainetta, tyypillisimmin epoksia, joka imeytetään kapillaarisesti halkeamaan.

- Soveltuu halkeamien korjaamiseen vaakapinnoilla.
- Kapeiden ja syvien halkeaminen injektointiin on käytettävä injektointimansetteja ja painetta.



IMEYTTÄMINEN

Työvaiheet



Halkeaman korjaus vaakapinnoilla

- Halkeama avataan esimerkiksi kulmahiomakoneella
- Puhdistetaan huolellisesti (pöly poistetaan imuroimalla)
- Injektointiaine sekoitetaan ohjeen mukaan

IMEYTTÄMINEN

2 Työmenetelmät

- Injektointiaine levitetään halkeilleelle pinnalle ja pidetään siveltimellä tai lastalla jatkuvasti liikkeessä imeytymisen varmistamiseksi
- Vaihtoehtoisesti injektointiaine kaadetaan halkeamaan halkeaman suuntaisesti. Annetaan hetki imeytyä ja toistetaan kunnes halkeama on täynnä
- Jos halkemat on leveitä tai halkeama ulottuu betonilaatan läpi, on injektointiaineeseen sekoitettava paksunnetta (paksunnekuitua, kuivaa hiekkaa tai sementtiä)
- Työn onnistuminen varmistetaan rakenteesta porattavan lieriön avulla



Imeytys lastan avulla

IMEYTTÄMINEN

Eri tekniikoiden yhdistäminen

Eri tekniikoita voidaan yhdistää

- Esimerkiksi näkyvät halkeamat voidaan ensin avartaa ja käsitellä imeytysmenetelmällä
- Tämän jälkeen kopoalueille porataan reiät, asennetaan mansetit ja injektoidaan *
- Lopuksi pinta voidaan tasoittaa ja viimeistellä



*

4. Pinnoittaminen

Pinnoitus



Ei rakenteellinen verkkohalkeilu voidaan pinnoittaa **joustavilla pinnoitteilla ja tasoitteilla.**

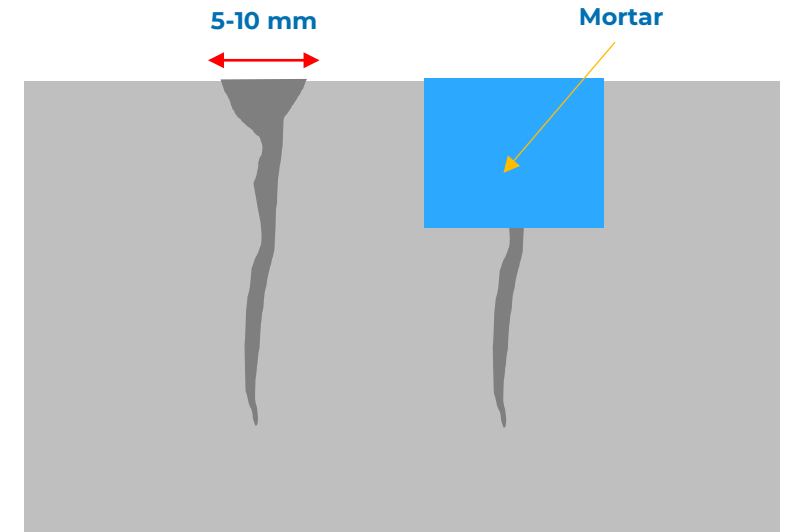
- Akryylimaalit >300 mikronia
- Pu-maalit ja pinnoitteet >0,5...1,5 mm
- Alustan puhdistus ja pohjustus tehdään pinnoitevalmistajan ohjeiden mukaan
- Pinnoite valitaan rasituksen mukaan

5. Avaaminen ja laastipaikkaus

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Halkeaman avaaminen ja paikkaaminen

- Liikkumattomat halkeamat voidaan sulkea laastilla
 - Halkeama avarretaan piikkaamalla, timanttilaikalla tai poraamalla
 - Halkeama puhdistetaan huolellisesti
 - Huolellisen kostutuksen jälkeen täyttö laastilla
-
- **Korjaustapa ei lujita rakennetta, mutta estää vaurioitumisen jatkumisen.**

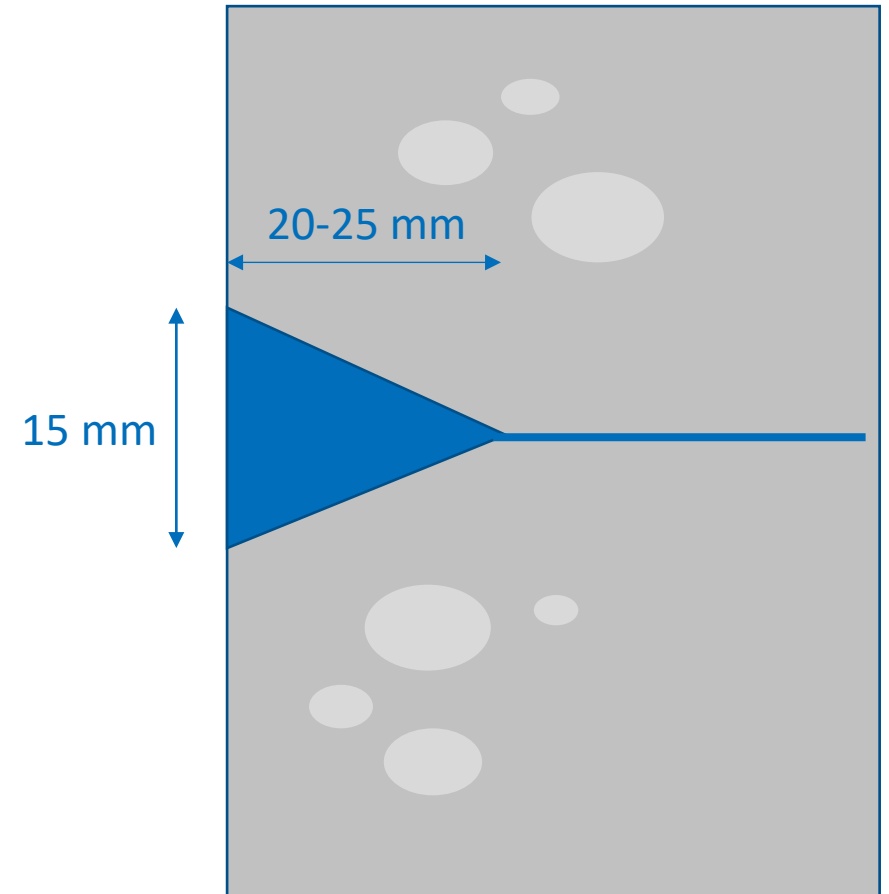


6. Muuttaminen liikuntasaumaksi

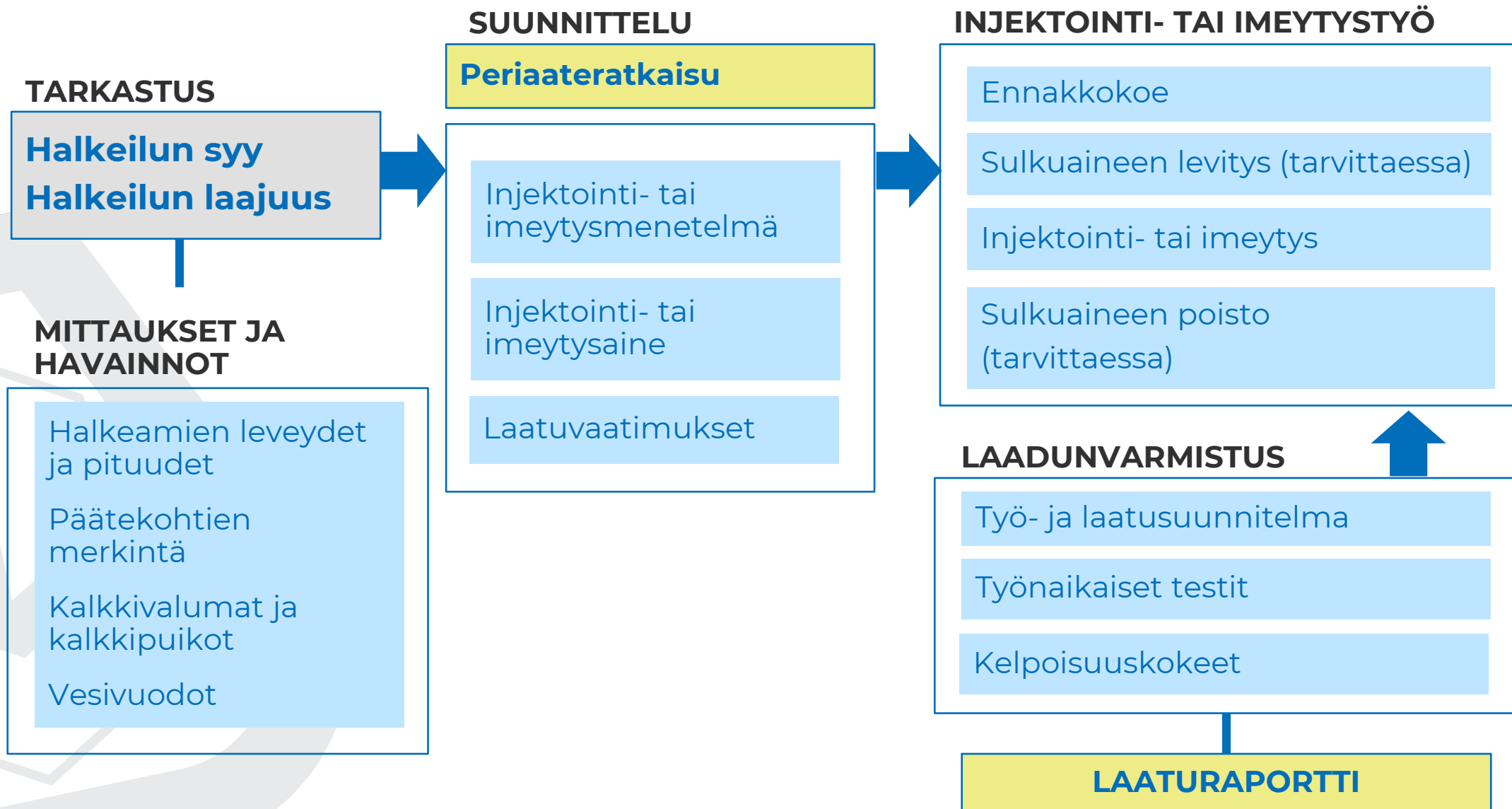
HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Halkeaman muuttaminen liikuntasaumaksi (elastiseksi)

- Halkeama avarretaan piikkaamalla, timanttilaikalla tai poraamalla
- Halkeama puhdistetaan huolellisesti pölystä ja irtoaineksesta
- Täyttö tehdään elastisella saumamassalla
- **Korjaustapa ei lujita rakennetta, mutta estää vaurioitumisen jatkumisen.**



7. Laatuvaatimukset ja laadunvarmistus työmaalla



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

LAADUNVALVONTA

Tunnistettava alustan kunto, käytettävän aineen ominaisuudet ja käyttöolosuhteet sekä olosuhteiden kehittyminen aineen kovettumisen aikana

- **Puhtaus**
silmämääräisesti /
pyyhkäisytesti
- **Halkeaman leveys / syvyys**
mekaaninen mittari, kamera,
poralieriö
- **Halkeaman liike**
mekaaninen tai elektroninen
mittalaite
- **Alustan ja ilman kosteus**
kosteusmittaus RH-
mittareilla, silmämääräisesti
- **Alustan ja ilman lämpötila**
lämpömittari
- **Materiaalin tunnistus**
pakkausseloste, batch numero,
päiväys
- **Turvallisuus**
tutustuttava käyttöturvallisuus-
selosteeseen



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Laadunvarmistus



Urakoitsija laatii yhdistetyn imeytystyösuunnitelman (tekninen työsuunnitelma) ja laatusuunnitelman.

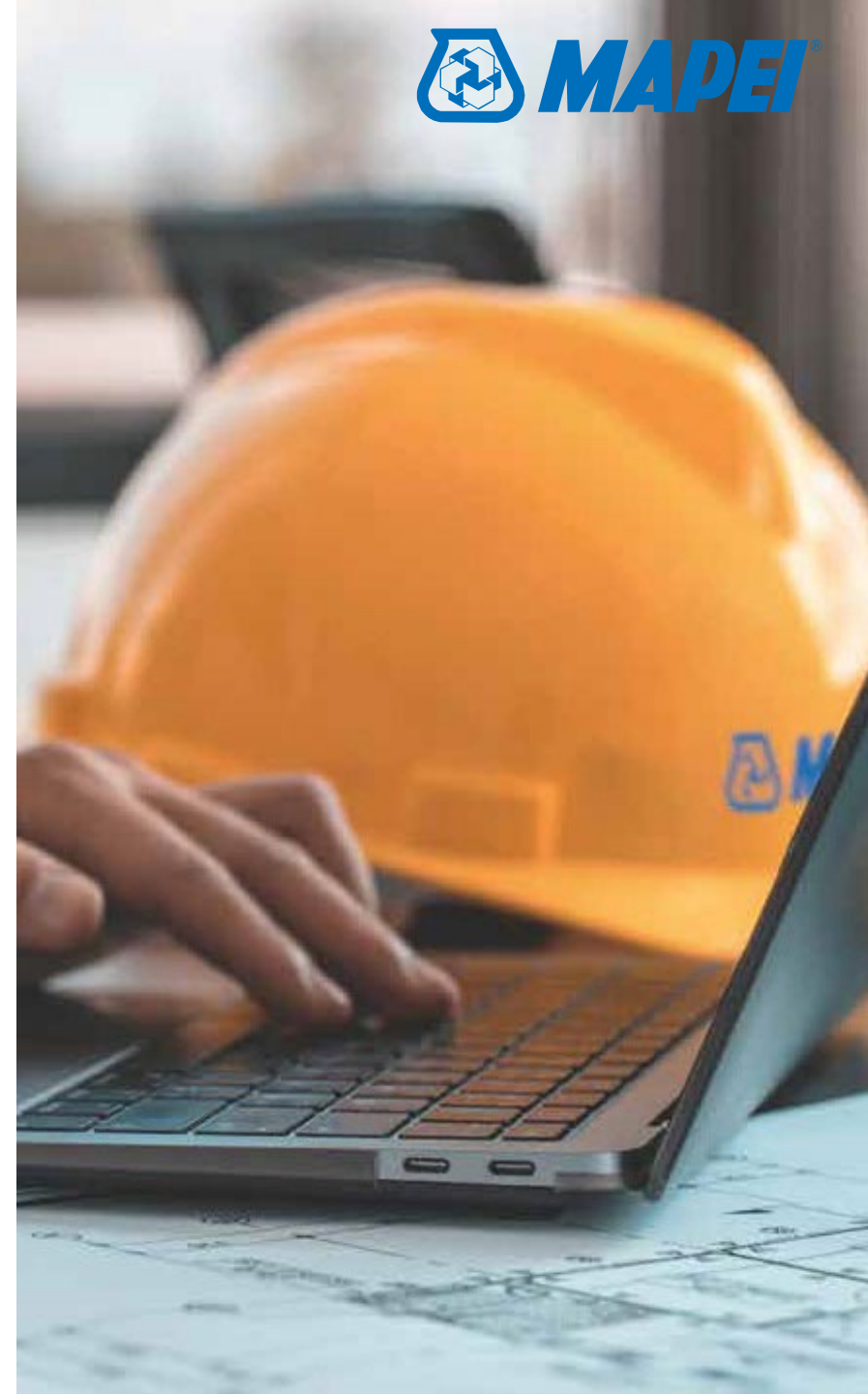
- Olosuhdemittaukset työvuoron alussa ja lopussa ja kerran työvuoron aikana
- Mittaus tehdään ilman lämpötila- ja kosteusmittareilla

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Laadunvarmistus

Työn valmistuttua kerätään seuraava aineisto laaturaportiksi

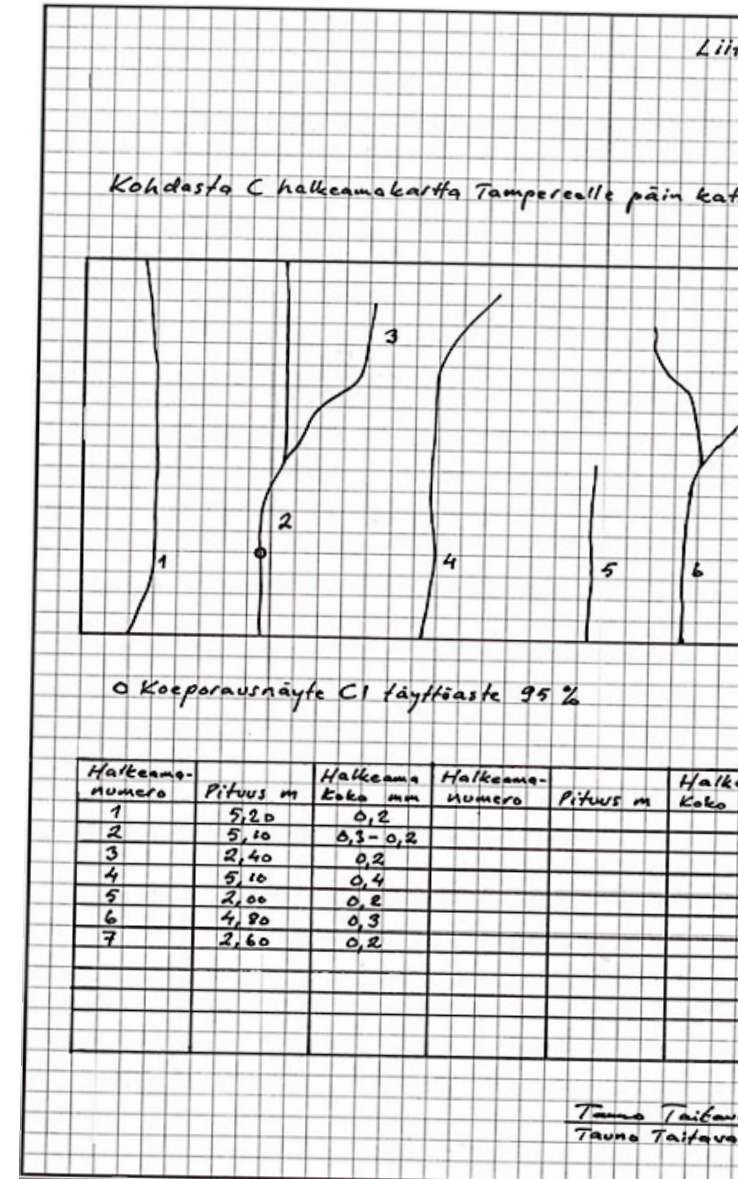
1. Mahdollinen imeytyssuunnitelma
 2. Yhdistetty imeytystyö- ja laatusuunnitelma
 3. Mahdolliset poikkeamaraportit
 4. Vaatimuksenmukaisuuden yhteenvetoraportti
- Laaturaportti luovutetaan tilaajan edustajalle viimeistään vastaanottotarkastuksessa



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Laaturaportti

- Kaikista injektointitöistä pidetään pöytäkirjaa, johon merkitään muun muassa työvuoroittain käytetty injektointimenetelmä, injektointiaine ja sen menekki, olosuhdetiedot, injektointipaineet, injektoitu halkeamapituus ja havainnot.
- Raporttiin liitetään koestustodistukset ja muu kelpoisuutta osoittava aineisto sekä korjaustyön aikaiset työsuunnitelmat ja eri työvaiheista tehdyt laadunvalvontapöytäkirjat
- Injektointipöytäkirja tehdään myös imeytystöistä
- Pöytäkirja liitetään korjaustyön laaturaporttiin testitulosten kanssa ja toimitetaan tilaajalle.



HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Laaturaportti

Rakennosa	Päiväys	Työaika aloitus	Työaika lopetus	Työmenetelmä tai injektointilaitte	Aine	Lämpötila °C ilma	Lämpötila °C rakenne	menekki [kg]	Työ paine [MPa]	saavutus [m]	Näyteporaus	Työntekijän koodi	Lisätietoja
C	1.6.02	7.00	16.00	Halkeamien tarkistus									Halkeamat puhtaasti ja kuivat
C	1.6.02	12.00	16.00	Sulkuaineen levitys	Kitti XX	23							Kosteaa pintaa kuivatettiin
C1	1.6.02	7.00	10.30	Injektointilaitte Y1	Epoksi XX	17-20	19-20	2	0,2-0,5	5			
C2	1.6.02	10.45	12.30	- " -	- " -	20-21	20-21	1,5	0,2-1,5	5	C1		Tunkeutui huonosti
C3	1.6.02	13.00	15.00	- " -	- " -	21-22	21-22	2	0,2-0,5	2,5			
C4	- " -	15.00	15.15	- " -	- " -	23	23	0	0,2	0			1)
A	2.6.02	7.00	14.30	Halkeamien tarkistus									2)
A	- " -	12.00	16.00	Sulkuaineen levitys									
C2	- " -	7.00	8.00	Näyteporaus									3)
C4	- " -	8.00	9.30	Injektointilaitte Y1	Epoksi XX	16	14-16	3	0,2-0,5	5			
C5	- " -	10.00	11.00 12.00	- " -	- " -	16-18	16-18	2	0,2-0,5	2,5			
C6	- " -	11.15 12.45	13.15 14.15	- " -	- " -	18-21	18-21	1,5	0,2-0,7	5			
C7	- " -	13.15	14.00	- " -	- " -	22	22	2	0,2-1,0	2,5			
C1	- " -	14.00	15.30	Sulkuaineen poistoa hiomalla									4)
Lisätietoja													
1) Sulkuaine ei vielä riittävästi kovettunut. Siirrettiin seuraavaan päivään.													
2) Halkeamissa kosteutta. Pinnassa kalkkia, joka poistettiin.													
3) Näytekeriä C1. Täyttöaste 95%. Todellinen halkeamaleveys 0,15 mm.													
4) Iltopäivällä (kello 14) alkoi sade. Etumuurin täysin märkä ja vettä valui lütkuntasaumasta etumuurille... Siirryttiin sulkuaineen poistoon.													

HALKEAMIEN KORJAAMINEN

Työturvallisuus / Ympäristönsuojelu

Halkeamia korjattaessa on kiinnitettävä seuraaviin seikkoihin

- Paikalliset olot, työnaikainen liikenne
- Käytettävien aineiden haittavaikutukset on selvitettävä työntekijöille käyttöturvallisuustiedotteista ja tekijöiden käytettävä vaadittuja suojarusteita

Huomioon otettavat ympäristönsuojeluasiat

- Injektoinnissa käytettäviä aineita ei saa päästää vesistöön
- Jätteet kerättävä ja kuljetettava kaatopaikalle tai ongelmajätelaitokseen
- Aineen käyttökelpoisuus ja ympäristökelpoisuus on tarkistettava ennen työtä



KIITOS!

**EVERYTHING'S OK
WITH MAPEI**