



Emmi Rouhiainen

Korjausrakentamisessa käytettävien Velosit-korjauslaastien vertailu mui- hin markkinoilla oleviin tuotteisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

28.2.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Emmi Rouhianen
Otsikko:	Korjausrakentamisessa käytettävien Velosit-korjauslaastien vertailu markkinoilla oleviin tuotteisiin
Sivumäärä:	60 sivua + 1 liite
Aika:	28.2.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Infrarakentaminen
Ohjaajat:	Kehitys- ja suunnittelupäällikkö Timo Hiitola Lehtori Riikka Jääskeläinen

Opinnäytetyössä vertailtiin uusia betonirakenteiden korjaamiseen käytettäviä Velosit-korjauslaasteja muihin markkinoilla oleviin tuotteisiin ja tutkittiin niiden soveltuvuutta erityisesti korjausrakentamisen kohteisiin.

Opinnäytetyön tilaaja HauCon Finland Oy tarvitsi selkeän kuvan Suomen tämänhetkistä markkinoista ja kilpailijoista, sekä syvällisen analyysin siitä miten Velosit-korjauslaastit voisivat parantaa korjaushankkeiden läpimenoaikoja sekä vähentää korjaustyön epäonnistumisen riskejä ominaisuuksiensa avulla.

Työssä tehtiin Excel-pohjainen vertailutaulukko, johon kerättiin valmistajien tietokannoista tarjottavaa dataa. Lisäksi haastateltiin kahta betonin korjaamisen asiantuntijaa, sekä tulkittiin alan kirjallisuutta. Näiden tietojen pohjalta tehtiin syvällinen analyysi siitä, millaista lisäarvoa Velosit-korjauslaastit tuovat Suomen markkinoille.

Tulosten on tarkoitus tarjota hyödyllistä tietoa rakennusalan ammattilaisille, jotka voivat hyödyntää vertailutietoja tuotteen valinnassa korjauskohteisiin. Lopputulokset antavat konkreettisia suosituksia ja työohjeita, joita voidaan käyttää laajasti korjausrakentamisen eri kohteissa.

Avainsanat: korjausrakentaminen, korjauslaasti, betoni

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Emmi Rouhiainen
Title: Comparison of Velosit Repair Mortars with Market Products
Number of Pages: 60 pages + 1 appendix
Date: 28 February 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Infraconstruction Engineering
Supervisors: Timo Hiitola, Design and Development Manager
Riikka Jääskeläinen, Principal Lecturer

In the thesis, new Velosit repair mortars for concrete structures were compared with other products available on the market, and their suitability—especially for repair construction projects—was examined.

The thesis client, HauCon Finland Oy, required a clear picture of the current market and competitors in Finland, as well as an in-depth analysis of how Velosit repair mortars could improve turnaround times in repair projects and reduce the risks of repair failure through their inherent properties.

An Excel-based comparison table was created in the study, into which data provided from manufacturers' databases was gathered. In addition, two concrete repair experts were interviewed and industry literature was reviewed. Based on this information, an in-depth analysis was conducted regarding the added value that Velosit repair mortars could bring to the Finnish market.

The results are intended to provide valuable information for construction professionals, who can utilize the comparative data when selecting products for repair projects. The final outcomes will offer concrete recommendations and work instructions that can be widely applied across various repair construction projects.

Keywords: repair construction, repair mortar, concrete

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	7
1.1	Taustaa	8
1.2	Tavoitteet ja rajaus	8
1.3	Menetelmät	9
2	Betoni	10
2.1	Betonin käyttö ja sen merkitys rakentamisessa	10
2.2	Betonin säilyvyys	11
2.3	Betonirakenteiden vauriot ja niiden syyt	11
2.4	Betonin vaurioitumisilmiöt	14
2.5	Betonirakenteiden korjaamista koskevat säädökset ja ohjeet	15
2.6	Korjausperiaatteet ja -tavat	16
2.7	Korjauslaastit betonin korjaamisessa	18
2.7.1	Jälkihoito	18
2.7.2	Korjauslaastin käsittely-yhdistelmän valinta	20
2.7.3	Korjauslaastien toiminnalliset vaativuusluokat	21
3	Velosit-korjauslaastit betonin korjaamiseen	24
3.1	Velosit	24
3.2	Tuoteperheen esittely ja tekniset ominaisuudet	25
4	Markkinoilla olevien betonin korjauslaastien vertailu	33
4.1	Vertailukriteerien määrittely	33
4.2	Valitut vertailutuotteet	35
4.3	Vertailu	35
4.3.1	Tekniset ominaisuudet	36
4.3.2	Työskentelyolosuhteet	39
4.4	Vertailun yhteenveto	42
4.5	Johtopäätökset vertailusta	44
4.6	Vertailun jatkojalostus	45
5	Asiantuntijoiden näkemykset	46

5.1	Betonirakentajan kokemukset korjauslaasteista	46
5.2	Asiantuntijan kokemukset Velosit-korjauslaasteista	47
6	Tulokset ja johtopäätökset	50
6.1	Lopputulokset	50
6.2	Käytännön suosituksia ja ohjeita betonin korjaamiseen	51
7	Yhteenveto	57
	Lähteet	59
	Liitteet	
	Liite 1: Vertailutaulukko	

Lyhenteet

VTT: Valtion teknillinen tutkimuslaitos

MPa: *Megapascal*

GPa: *Gigapascal*

CSA-sementti Kalsiumsulfoaluminaattisementti

1 Johdanto

Rakentaminen kattaa 61 prosenttia investoinneista ja muodostaa 17 prosenttia bruttokansantuotteesta Suomessa. Kiinteistö- ja rakentamisala sekä niihin liittyvät palvelut työllistävät joka viidennen työssäkävijän. Yli 83 prosenttia kansallisvarallisuudestamme, eli 565 miljardia euroa, on kiinni rakennetussa ympäristössä. (1)

Suomessa oli vuonna 2021 yli 1,3 miljoonaa asuinrakennusta, joiden kokonaisarvo oli noin 480 miljardia euroa. Rakennusten kerrosalasta yli puolet koostui omakoti- ja paritaloista, reilut kolmasosa kerrostaloista ja noin 10 prosenttia rivitaloista. (2)

Rakennusallalla suhdanneherkkyys on todella voimakasta. Talouden tila heijastuu vahvasti rakentamisen volyymiin. Kun uusien talojen ja rakennusten kysyntä ja tarve laskee, niin samaan aikaan vanhojen talojen korjaustarve ei katoa mihinkään, päinvastoin. (3)

Korjausrakentamisen tarve kasvaa jatkuvasti. Rakennusten, liikenneväylien ja vesihuoltoverkkojen kunnossapitoa ja korjausinvestointeja on lisättävä merkittävästi. Tämä on välttämätöntä, jotta voimme vähentää päästöjä, varmistaa sujuvan arjen ja vahvistaa huoltovarmuutta. (4)

VTT:n laskelmien mukaan EU:n perusparannusstrategian (Renovation Wave) tavoitteiden saavuttamiseksi Suomen tulisi investoida rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen vuosittain 1–1,5 miljardia euroa. (4)

Nykyinen kiinteistökannan korjaustahti on riittämätön, sillä rakennuskannasta uusiutuu vuosittain vain 1–2 prosenttia. Korjausvelka on kasvanut huomattavasti: vuonna 2000 se oli 24,9 miljardia euroa, kun taas vuoteen 2021 mennessä se oli noussut 77,5 miljardiin euroon. (4)

Myös Suomen väyläverkoston korjausvelka on merkittävä, arviolta kolme miljardia euroa. Vuonna 2021 erittäin huonokuntoisia tai huonokuntoisia tie- ja rautatiesiltoja oli yhteensä yli 800. (4)

Näiden lukujen valossa on selvää, että rakentamisen ja korjausrakentamisen merkitys yhteiskunnassamme on valtava. Tämä taustatieto on olennainen tämän opinnäytetyön kannalta, jossa vertaillaan uusia Velosit-korjauslaasteja markkinoilla oleviin tuotteisiin. Rakennuskannan huomattava korjausvelka ja kasvava tarve korjausrakentamiselle korostavat sitä, kuinka tärkeää on kehittää ja valita kestäviä, energia- sekä kustannustehokkaita ja pitkäikäisiä ratkaisuja korjausrakentamiseen.

1.1 Taustaa

HauCon-ryhmä, on yksi Pohjoismaiden johtavista betonirakentamisen erikoistuotteiden ja teknisten ratkaisujen toimittajista. Se on perustettu Tanskassa vuonna 1988 ja Suomessa se aloitti toimintansa vuonna 2012. Tanskan ja Suomen lisäksi HauCon toimii myös Ruotsissa ja Norjassa.

HauCon on tuomassa Suomen markkinoille uusia R3- ja R4-luokan betonin korjauslaasteja. Yritys tarvitsee selkeän kuvan markkinoista ja kilpailijoista sekä syvällisen analyysin siitä, miten Velosit-korjauslaastit voivat parantaa korjaushankkeiden läpimenoaikoja ja vähentää riskejä työvaiheissa.

Tulokset tarjoavat hyödyllistä tietoa rakennusalan ammattilaisille, jotka voivat hyödyntää vertailutietoja tuotteen valinnassa korjauskohteisiin. Lopputulokset antavat konkreettisia suosituksia ja työohjeita, joita voidaan käyttää laajasti korjausrakentamisen eri kohteissa.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tavoitteena on vertailla Velosit-korjauslaasteja muihin markkinoilla oleviin tuotteisiin ja tutkia niiden soveltuvuutta erityisesti korjausrakentamisen kohteisiin.

Lisäksi tavoitteena on selvittää miten tuotteet vertautuvat nykyisiin, sekä miten nämä ominaisuudet voivat hyödyttää urakoitsijoita.

Työ on rajattu tuotteiden ominaisuuksien vertailuun muihin markkinoilla oleviin tuotteisiin. Työssä ei testata tuotteita, vaan vertailu toteutetaan Exceliin kerätyllä datalla. Vertailun lopputuloksena syntyy vertailutaulukko sekä myyntiesite, jonka avulla asiakkaille voidaan valita juuri heidän käyttötarkoituksiinsa sopiva tuote.

1.3 Menetelmät

Opinnäytetyössä tarkastellaan yrityksen myynnin sekä asiantuntijoiden tuotetietoisuuden lisäämiseksi Velosit-laastin käyttökohteita sekä ominaisuuksia. Ominaisuuksissa verrataan kuivumisaikaa, jälkihoitoon kuluvaa aikaa, valmiin massan käyttöaikaa (ennen jäykistymistä), sekä muita mahdollisia ominaisuuksia.

Työssä haastatellaan tuotteen valmistajaa, sekä tuotteiden käyttäjää. Haastattelujen avulla voidaan verrata, miten nämä kokemukset kohtaavat käytännössä.

Tutkimusaineistona käytetään HauConin, sekä muiden valmistajien tarjoamia tietokantoja sekä materiaaleja, sekä korjausrakentamiseen liittyvää kirjallisuutta ja opetusmateriaalia.

Työn lopputuloksen on tarkoitus auttaa niin HauConia, kuin tuotteen käyttäjää valitsemaan mahdollisimman sopivan tuotteen kuhunkin käyttötarkoitukseen. Lopputuloksen tulisi myös auttaa HauConia kartoittamaan markkinatilannetta tuotesegmentille.

2 Betoni

2.1 Betonin käyttö ja sen merkitys rakentamisessa

Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali. Sitä valmistetaan noin 13 miljardia kuutiota vuosittain. Betonista rakennetaan niin rakennusten perustuksia, runkoja ja julkisivuja, kuin siltoja, patoja, teitä ja muita infrarakenteita. Siitä tehdään myös pihakiviä, putkia, harkkoja ja jopa erilaisia taideteoksia. (5, s. 13)

Alapuolella esimerkki betonin moniulotteisista rakennusmahdollisuuksista (Kuva 1).

Betonin laaja käyttö perustuu sen lujuuteen, jäykkyyteen, kosteuden kestoön, turvallisuuteen, muokattavuuteen sekä edulliseen hintaan. (5, s.13).



Kuva 1. Villa Saitan, Kieto, Japani. Betonista voidaan rakentaa myös todella erikoisia ja arkkitehtuurisesti mielenkiintoisia rakennuksia, kuten tämä Estern Design Officen vuonna 2006 rakentama huvila. (6)

2.2 Betonin säilyvyys

Betonirakenteita suunniteltaessa ja rakentaessa otetaan huomioon betonin lujuus- ja työstettävyyssomaisuuksien lisäksi betonin säilyvyyteen vaikuttavat tekijät. Säilyvyydellä tarkoitetaan betonirakenteen kykyä säilyttää toiminnalliset ominaisuutensa ulkoisia rasituksia vastaan läpi ennalta määritetyn ajanjakson, eli suunnittelukäyttöiän. (5, s. 99)

Käytännössä tämä tarkoittaa ajanjaksoa, jonka rakenteen tulee kestää ilman korjaustarvetta, edellyttäen rakenteen huoltamista. Suunnittelukäyttöiän ylittyessä, rakenteen käyttöikä voidaan jatkaa korjaustoimenpiteillä vielä useita vuosia. (5, s. 99)

Kantavat betonirakenteet suunnitellaan normaalisti 50 tai 100 vuoden käyttöiän perusteella. Suunnittelussa huomioidaan rakenteisiin kohdistuvat ympäristörasitukset, kuten betonin karbonatisoituminen, pakkasrasitus, kloridien tunkeutuminen ja kemiallinen rasitus. (7, s. 70)

2.3 Betonirakenteiden vauriot ja niiden syyt

Betonirakenteiden vauriot voidaan jakaa alkuperänsä perusteella neljään ryhmään: (5, s. 556)

1. Valmistusaineista ja suunnittelusta johtuvat vauriot ja virheet (5, s. 556), *esimerkiksi* (vaurio ja syyt):
 - Kuivumiskutistumisen aiheuttaman halkeilu: sementtikiven tilavuuden pieneminen, kun vesi haihtuu sen huokosista. Betonissa liian vähän kiviainesta ja liikaa vettä. (5, s. 105)
2. Valmistusmenetelmästä aiheutuvat vauriot ja virheet (5, s. 556), *esimerkiksi* (vaurio ja syyt):

- Plastinen painuma: liiallinen veden erottuminen, nopea kuivuminen, puutteellinen jälkihoito
- Plastinen kutistuma: nopea kuivuminen, raudoitus lähellä pintaa, hidas vaihtuvan veden korvautuminen, liian myöhään aloitettu jälkihoito
- Pintahalkeilu (kuva 2): liian tiivis muotti/liiallinen hierto, liian aikainen hierto, liiallinen ilma betonissa, huono jälkihoito, betonin suuri sementti- ja vesimäärä. (5, s. 104).



Kuva 2. Pintahalkeillut betonilattia. (8)

3. Käytöstä, rasitusolosuhteista ja katastrofeista johtuvat vauriot (5, s. 556), *esimerkiksi* (vaurio ja syyt):
 - Halkeamat: altistuminen jatkuville pakkas-sulamisjaksoille, jäätyminen ja sulaminen aiheuttavat toistuvia laajenemisen ja supistumisen vaikutuksia. (5, s. 116)
 - Raudoituksen korroosio: voimakas kloridialtistus esimerkiksi meren läheisyydessä. (5, s. 114)

4. Rakenneosien liitosten suunnitteluvirheet (5, s. 556), *esimerkiksi* (vaurio ja syyt):

- Kuivumiskutistuminen: puutteellinen kutistussaumojen toiminta, kutistumisliikkeet estetty, liiallinen kutistuma, riittämätön jälkihoito. (5, s. 104)

Ulkona oleva betonirakenne joutuu alttiiksi monille rasituksille, joista pitkäaikaiskestävyyden kannalta merkittävimmät ovat

- *Vesi ja pakkanen, pakkasrapautuminen* (5, s. 556), (kuva 3) mikä ilmenee lujuuden menetyksenä, tilavuuden kasvuna, läpäisevyyden lisääntymisenä tai pinnan rapautumisena: halkeiluna ja pinnan rapautumisena. (5, s. 116)
- *Vaihtelevat lämpö- ja kosteusolosuhteet* (5, s. 556) betonirakenteen sisä- ja ulkopinnoilla voivat johtaa halkeamia aiheuttaviin jännityksiin. (5, s. 105)
- *Ilman hiilidioksidi, karbonatisoituminen* (5, s. 556). Betonin karbonatisoitumisreaktiossa ilman hiilidioksidi CO_2 reagoi betonin kalsiumhydroksidin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kanssa muodostaen kalsiumkarbonaattia CaCO_3 . Kun karbonatisoitunut betonivyöhyke saavuttaa raudoituksen, teräksen korroosio voi alkaa. (5, s. 112)
- *Kloridit* (maantiesuola, merivesi, kiihdytinlisäaine, kemianteollisuus) (5, s. 556), jotka voivat aiheuttaa teräksen korroosion myös karbonatisoimattomassa betonissa. Kloridit tunkeutuvat betoniin yleisimmin teiden suolauksesta tai merivedestä. Ne pääsevät kulkemaan vapaasti betoniin kosteuden mukana, mutta eivät yhtä helposti kuin vesi. Niiden tunkeutuminen tapahtuu vähitellen betonin kokonaan tai osittain vesitäytteisiin huokosiin pääasiassa pitoisuuseron eli diffuusion vaikutuksesta. (5, s. 114)



Kuva 3. Pakkasrapautunut julkisivu, jonka raudoituksissa korroosio. (9)

2.4 Betonin vaurioitumisilmiöt

Betonirakenteen vaurioitumisilmiöt voidaan jakaa kolmeen osaan; *mekaanisiin*, *fysikaalisiin* ja *kemiallisiin*. Mekaanisia vaurioita ovat taipuma, halkeilu ja murtuma, jotka johtuvat esimerkiksi kulutuksesta, törmäyksestä, ylikuormasta, painumisesta, räjähdyksestä sekä värähtelystä. Fysikaalisia vaurioita ovat betonipinnan kuluminen sekä betonin rapautuminen, säröily ja halkeilu, joita aiheuttaa esimerkiksi lämpötilavaihtelu, kutistuma, suolojen kiteytyminen tai lämpötilan aiheuttama veden laajentuminen jäätyessä tai tulipalossa. Kemiallisia vaurioita ovat betonin paisuminen ja rapautuminen sekä betoniterästen korroosion aktivoituminen. (5, s. 100)

Kemiallisia vauriomekanismeja ovat pehmeän veden aiheuttama sementtipastan hydrolyysireaktio eli liukeneminen, aggressiivisen veden ja sementtipastan välinen reaktio sekä paisuvien tuotteiden muodostuminen esimerkiksi sulfaatin tai alkali-kiviainesreaktorin (kuva 4) seurauksena. (5, s. 100).



Kuva 4. Alkali-kiviainesreaktio betonissa. (10)

2.5 Betonirakenteiden korjaamista koskevat säädökset ja ohjeet

Sekä betonirakentamista, että betonirakenteiden korjaamista koskevat lukuisat ohjeet, määräykset ja standardit. Korjausrakentajia velvoittavat monet rakentamista koskevat asetukset ja lait, valtioneuvoston sekä ministeriöiden asetukset ja julkisoikeudelliset säädökset. Hyvää rakentamistapaa on noudatettava ja käytettävä yleisesti tunnettuja menetelmiä. Toimijoiden on oltava lisäksi työhönsä päteviä. (11, s. 9)

Betonirakenteiden suunnittelua koskevat ohjeet on esitetty eurooppalaisessa standardissa SFS-EN 1992 sekä sen kansallisessa liitteessä. Ohjeita eurooppalaisen standardin soveltamiseen on käsitelty: *RIL 202 (2022) / by 61–2011 Betonirakenteiden suunnitteluohje, Eurokoodi*. Valmistusta, säilyvyysuunnittelua, kelpoisuuden osoittamista sekä laadunvalvontaa: *by 65 Betoninormit 2016*. (11, s. 9)

2.6 Korjausperiaatteet ja -tavat

Betonirakenteiden korjaamisessa on erotettava toisistaan korjausperiaatteet ja korjaustavat. Korjausperiaatteet määräytyvät sen mukaan, millä tavoin korjaus vaikuttaa rakenteen fysikaaliseen toimintaan tai toimivuuteen. Korjaustavat ovat erilaisia käytännön korjaustapoja saada aikaan eri korjausperiaatteiden mukaisia lopputuloksia. Yhden korjausperiaatteen toteutumiseksi voidaan käyttää yhtä tai useampaa korjaustapaa yhdessä. (5, s. 556–557)

Korjausperiaatteisiin vaikuttavat seuraavat seikat;

- *tekniset*, esimerkiksi; rakenteellinen varmuus ja turvallisuus, vauriotilanne ja siitä seuraava tekninen korjaustarve, suojaustarve, korjaustavan kyky poistaa ongelmat ja vauriot
- *taloudelliset*, esimerkiksi; korjatun rakenteen käyttöikä, korjauskustannukset, ylläpito ja käyttökustannukset, vaikutukset energiatehokkuuteen, vaikutukset ulkonäköön ja arkkitehtuuriin
- *yhteiskunnalliset*, esimerkiksi; vaikutus ympäristöön (esim. kaupunkikuvaan), kaavamääräysten asettamat rajoitukset, suojelutarve tai – päätökset. (5, s. 557)

Esimerkkejä korjaustavoista

Laastipaikkaus

Laastipaikkaus on betonirakentamisessa esiintyvien paikallisten ja suhteellisten vähäisten vaurioiden korjaamisen perusmenetelmä. Laastipaikkauksessa vaurioitunut betoni poistetaan ja korroosiotilassa – tai vaarassa oleva rauditus paljastetaan riittävän laajasti. Piikkauskolot ja muut vauriokohdat täytetään paikkauslaastilla siten, että paikan pinta vastaa ympäröivää betonipintaa. (5, s. 557)
Laastipaikkaus levitetään lastalla (kuva 5).

Valukorjaaminen

Betonirakenteiden vaurioita voidaan korjata valumenetelmällä silloin, kun vauriot ovat paikallista laajempia eikä paikkaaminen laastilla siitä syystä ole taloudellista tai muuten perusteltua. Mikäli vaurioitunut kohta voidaan muotittaa, korjaamiseen voidaan käyttää tavallista valubetonia. (5, s. 558)

Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointia käytetään yleensä laaja-alaisten, muttei syvälle ulottuvien, pintojen paikkaukseen sekä raudoituksen peitepaksuuden kasvattamiseen. Ruiskubetonointia voidaan käyttää myös rakenteiden vahvistamisessa. (5, betoni s. 558)

Kaatokorjaukset ja pintalattiat

Kaatokorjaus tehdään niin, että rakenteiden yläpintoja uudelleen muotoillaan pinnan päälle tehtävillä tasoite- ja valukerroksilla siten, että pinnalla virtaava vesi ohjautuu haluttuun suuntaan. Pintalattian korjaamisella tarkoitetaan vanhan kantavan rakenteen päälle tehtävän alusrakenteessa kiinni olevan pintalattian uusimista kokonaan, osittain tai uuden pintalattian tekemistä vanhan kantavan rakenteen päälle. (5, s. 558)



Kuva 5. Laastipaikkauksen, eli korjauslaastin levitys lastalla. (12)

2.7 Korjauslaastit betonin korjaamisessa

Korjauslaastin käyttö soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa on vain paikallisia raudoitteiden korroosiosta tai betonin rapautumisesta johtuvia vaurioita tai kolhuja ja joissa rakenteen pintatyyppi on sellainen, että paikan pinta saadaan kohtuullisella vaivalla työstettyä riittävän tarkoin paikkaa ympäröivän pinnan kaltaiseksi. (11, s. 37)

Laastipaikkaus käsittää yleensä seuraavat työvaiheet:

1. vauriokohdan paikallistaminen
2. betonin poistaminen vauriokohdasta
3. raudoitteiden ja betonin puhdistus ja betonin esikostutus
4. korroosiosuoja-aineen levitys
5. tartuntalaastin levitys (tarvittaessa)
6. paikkauslaastin levitys ja jälkihoito
7. pinnan ylitasoitus (tarvittaessa)
8. jälkihoito
9. pintakäsittely. (11, s. 37)

2.7.1 Jälkihoito

Melkein kaikkien sementtipohjaisten korjauslaastien kovettuminen perustuu suurimmaksi osaksi kosteuden läsnäoloon. Tämän takia materiaalien liian nopea kuivuminen epäsuotuisien ympäristöolosuhteitten vuoksi aiheuttaa, ettei

korjauskohteen tavoiteltuja teknisiä ominaisuuksia (lujuus, tiiveys) saavuteta. (11, s. 56)

Sementtipohjaisilla tuotteilla tehtyjen paikkojen ja kerrosten kovettumisolosuhteiden ylläpitämiseksi niitä on jälkihoidettava, eli pidettävänä kosteana, eri keinoin riittävän pitkän ajan korjauksesta. (11, s. 56)

Jälkihoito voidaan toteuttaa eri menetelmin. Yleisemmin käytettyjä keinoja ovat;

- toistuva kastelu sumuttamalla
- peittäminen muovilla tai kostealla kankaalla tai niiden yhdistelmällä
- jälkihoitoaineen levittäminen
- muottien purkamisen viivästyttäminen. (11, s. 56)

Jälkihoidon keston ja käytettävien jälkihoitomenetelmien suhteen noudatetaan lähtökohtaisesti vähintään materiaalitoimittajien antamia ohjeita. (11, s. 56)

Jälkihoitotoimenpiteet on aloitettava mahdollisimman pian korjauslaastin levittämisen jälkeen. Epäsuotuisissa olosuhteissa (voimakas tuuli tai auringonpaiste tai alhainen ilmankosteus), on syytä käyttää sellaisia jälkihoitotoimenpiteitä, jotka voidaan aloittaa mahdollisimman varhain ja ovat tehokkaita. Olosuhteiden on pysyttävä muuttumattomina koko jälkihoidon ajan. (11, s. 56)

Taulukossa 1 on esitetty ohjeellisia jälkihoitoaikoja sementtipohjaisille korjauslaasteille. Näiden aikojen lisäksi jälkihoidettavan rakenteen altistumista tuulelle tulee välttää. (11, s. 56)

Taulukko 1. Erityyppisten sementtipohjaisten korjaustuotteiden ohjeelliset jälkihoitoajat. (11, s. 56)

	Lämpötila 5...20°C	Lämpötila yli 20°C
Puhdas sementtilaasti tai betoni	7 vrk	14 vrk
Polymeerimodifioitu sementtilaasti	3 vrk	6 vrk

2.7.2 Korjauslaastin käsittely-yhdistelmän valinta

Laastipaikkauksessa käytettävät korjaustuotteet valitaan aina korjattavan rakenteen ominaisuuksien ja siihen kohdistuvan rasitustason perusteella. Valintaa tehdessä on tärkeää huomioida, että tuotteet sopivat käyttökohteeseen. Tärkeitä seikkoja ovat:

- **Lujuusluokka:** Paikkauslaastin tulee olla yleensä paikattavan betonin lujuutta alhaisempi.
- **Pakkasenkestävyys:** Varsinkin ulkorakenteissa on tärkeää, että materiaali kestää toistuvia jäätymis- ja sulamissyklejä.
- **Raekoko:** Paikkauslaastin raekoon tulee olla paikkojen kokoon nähden mahdollisimman suuri.
- **Työstettävyys:** Materiaalin tulee olla helposti levitettävää ja muokattavaa korjaustyön aikana.

- **Jälkihoito:** Joidenkin tuotteiden kohdalla jälkihoito, kuten kosteana pitäminen, on tärkeää, jotta lopputulos on kestävä. (11, s.38)
- **Tartuntalujuus:** Varmistaa, että uusi korjausmassa sitoutuu riittävän vahvasti vanhaan betoniin, mikä on keskeistä rakenteen turvallisuuden ja pitkäikäisyyden kannalta. (13)

Laastipaikka koostuu useiden eri aineiden yhdistelmästä; tartuntalaastista, korroosiosuoja-aineesta, paikkauslaastista, mahdollisista tasoituslaastista ja pinnoitteesta. Eri materiaalien yhteensopivuussyistä sekä vastuukysymysten takia on yleensä syytä käyttää tuotteita yhdestä tuoteperheestä, eli yhden valmistajan suosittelemaa tuoteyhdistelmää. (11, s. 38)

Korjaustuotteilta tulee vaatia CE-merkintää, ja että niissä on yksilöidyt tiedot tuotteen ominaisuuksista, käyttötavoista ja soveltuvuuksista eri käyttökohteisiin. Tärkeimpiä testattavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi lujuus, kutistumistaipumus sekä pakkasenkestävyys. Lisäksi muun muassa Liikenneviraston SILKO-hyväksyntä edellyttää yllä mainittuja vaatimuksia ja sitä voidaan käyttää myös näiden vaatimusten täyttymisen varmistamiseen. (11, s. 38)

Vaihtoehtoisesti voidaan hyödyntää tyyppihyväksyntöjä, varmennustodistuksia tai erityistapauksissa, kuten arvokohteissa, rakennustuotteen rakennuspaikka-kohtaista varmentamista laaditun laadunvarmistusohjelman mukaisesti. (11, s. 38)

2.7.3 Korjauslaastien toiminnalliset vaativuusluokat

Korjauslaastien toiminnalliset vaativuusluokat määritellään standardissa SFS-EN 1504-3, joka käsittelee betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineita sekä niiden yhdistelmiä. Tämä standardi asettaa vaatimukset rakenteellisille ja ei-rakenteellisille korjaustuotteille ja -järjestelmille. (13)

Korjauslaastit ja -betonit jaetaan neljään luokkaan niiden kantavuusominaisuuksien ja vaativuuden perusteella, jotka on esitetty taulukossa 2. (13)

Taulukko 2. Korjauslaastien toiminnalliset vaativuusluokat (13)

	R1-luokka	R2-luokka	R3-luokka	R4-luokka
Soveltuvuus	ei-rakenteellinen korjaus	ei-rakenteellinen korjaus	rakenteellinen korjaus, kohtalaiset vaatimukset	rakenteellinen korjaus, korkeat vaatimukset
Puristuslujuus 28 vrk	≥ 10 MPa	≥ 15 MPa	≥ 25 MPa	≥ 45 MPa
Tartuntalujuus 28 vrk	-	-	≥ 1,5 MPa.	≥ 45 MPa
Kimmokerroin	-	-	≥ 15 GPa	≥ 20 GPa
Käyttökohteet	Pienet pinnalliset korjaukset, koristeelliset ja ei-kantavat rakenteet.	Suuremmat ei-rakenteelliset korjaukset, kuten vaurioituneet pinnat julkisivuissa	Parvekkeet, pienet sillat, teollisuusrakenteet ja muut keskikuorimitettujen rakenteiden korjaukset.	Suuremmat sillat, satamarakenteet ja muut vaativat betoni-rakenteet.

Standardi SFS-EN 1504-3 auttaa suunnittelijoita ja urakoitsijoita valitsemaan oikean korjauslaastin kohteen vaatimusten mukaan. Toiminnalliset

vaativuusluokat varmistavat, että korjaukset täyttävät vaaditun turvallisuuden, kestävyyden ja suorituskyvyn. (13)

3 Velosit-korjauslaastit betonin korjaamiseen

3.1 Velosit

Velositin toiminta perustuu vuosikymmenten kokemukseen rakennusmateriaalien kehityksestä, tuotannosta ja konsultoinnista. Yrityksen asiantuntijat ovat perehtyneet nykyaikaisiin rakennustekniikoihin ja työskentelevät tiiviissä yhteistyössä kansainvälisen tiiminä, jossa yhdistyvät uusimmat rakennusmenetelmät ja nykyaikaiset kemikaaliratkaisut. (14)

Tuotekehityksessä hyödynnetään tätä vankkaa kokemusta ja rakennusteollisuudessa hyväksytyjä teknologioita. Uusi Velosit Binder Formula muodostaa pohjan sementtilaasti-, vedeneristys- ja itsetasoittuvien tuotteiden sarjoille. Tuotteet on suunniteltu helposti sekoitettaviksi ja levitettäviksi, ja niissä saavutetaan nopea lujuuskehitys sekä kutistumattomuus. Lisäksi tuotteilla on hyvät kemialliset, mekaaniset ja vedenhylkivät ominaisuudet, mikä mahdollistaa minimaalisen tai jopa olemattoman jälkihoidon tarpeen. (14)

Tuotanto alkoi tammikuun alussa 2015 uudessa tuotantolaitoksessa (kuva 6), joka sijaitsee Saksassa Industriepark Lippe -alueella. (14)



Kuva 6. Velositin tuotantolaitos Saksassa. (14)

3.2 Tuoteperheen esittely ja tekniset ominaisuudet

Velosit CP 201 pohjustusaine

Velosit CP 201 on sementtipohjainen aine, jota käytetään sekä korroosiosuojana että pohjustusaineena betonille, muuraukselle ja teräkselle. Tuote on kutistumakompensoitu massa, jolla on erittäin nopea lujuuden muodostus; työskentelyaika 45 minuuttia ja puristuslujuus 12 MPa neljä tuntia levityksestä. Se on tarkoitettu käytettäväksi Velosit RM -korjauslaastien sideaineena vaativimmissa alustoissa. (15)

Tuotteen käyttökohteita ovat muun muassa:

- Betonin ja muurauksen pohjustus Velosit RM -laasteja varten.
- Teräksen, esimerkiksi raudoitustankojen, korroosiosuojaus betonissa, ennen kaasurakkuloiden, kolojen ja muiden pintavirheiden täyttöä.
- Tärytettävien lattiapäällysteiden asennuksessa, missä se toimii sideaineena kaakelien ja aluslaastin välillä. (15)

Tekniset tiedot:

- puristus- / taivutuslujuus:

4 tuntia: 12 / 3 MPa

24 tuntia: 20 / 5 MPa

7 vuorokautta: 36 / 6 MPa

28 vuorokautta: 46 / 7 MPa
- tartuntalujuus: 2,8 MPa.

Jälkihoito: Velosit CP 201 ei tarvitse pitkäkestoista jälkihoitoa, sillä se reagoi veden kanssa suhteellisen nopeasti. Korjauslaastin voi levittää päälle heti, kun tuote on saavuttanut riittävän lujuuden, eli noin 1–2 tunnin kuluttua (23 °C). Alhaisempi lämpötila pidentää ja korkeampi lämpötila lyhentää tätä aikaa. (15)

Velosit RM 202 korjauslaasti

Velosit RM 202 on sementtipohjainen korjauslaasti, joka on suunniteltu kattamaan monipuolisesti erilaisten alustojen korjaus- ja tasoitustyöt. Tuote on kutistumakompensoitu, kuituvahvistettu laasti, jolla on nopea lujuuden muodostus; työskentelyaika 40 minuuttia ja puristuslujuus 15 MPa neljän tunnin kuluttua levityksestä. Se muodostaa alustan päälle vahvasti kiinnittyvän, jäykän ja kulutuksen kestävä kerroksen. (16)

Tuotteen käyttökohteita ovat muun muassa:

- Pintavikojen korjaus: betoni, muuraus, monet luonnonkivet ja teräs.
- Betonirakenteiden tasoitus ja korjaus – esim. padot, sillat, palkit, parvekkeet ja julkisivut.
- Levitys vaaka- ja pystypinnoille, myös kattopintoihin.
- Kaasurakkuloiden, kolojen ja muiden pintavirheiden täyttö.
- Arkkitehtonisten yksityiskohtien mallintaminen kohteissa, joissa tarvitaan muovattavaa, leikkaamalla muotoiltavaa laastia. (16)

Tekniset tiedot:

- vaativuusluokka: R3 (EN 1504-3).
- asennuspaksuus: 0–100 mm

- puristus- / taivutuslujuus

4 tuntia: 15 / 2 MPa

24 tuntia: 31 / 5 MPa

7 vuorokautta: 45 / 8 MPa

28 vuorokautta: 56 / 9 MPa

- tartuntalujuus: 2,2 MPa
- auki jalankululle 3–4 tuntia levityksestä.

Jälkihoito: Jälkihoitoa tarvitaan ainoastaan kuumissa ja kuivissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (16)

Velosit RM 203 korjauslaasti

Velosit RM 203 on erittäin nopeasti kuivuva sementtipohjainen korjauslaasti, joka soveltuu monenlaisten rakennusalojen korjaustöihin. Se on kutistumakompensoitu, kuituvahvistettu laasti, jolla saavutetaan erittäin nopea lujuudenkehitys; työskentelyaika 10 minuuttia ja 14 MPa puristuslujuus kahden tunnin kuluttua levityksestä. (17)

Tuotteen tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa:

- Pintavaurioiden korjaus betonissa, muurausmateriaaleissa, useissa luonnonkivissä sekä teräksessä.
- Levitys vaaka- ja pystypinnoille, mukaan lukien yläpuoliset alueet.
- Kaasurakkuloiden ja muiden pintavirheiden täyttö.

- Arkkitehtonisten yksityiskohtien uudelleenmallintaminen, joissa vaaditaan muovattavaa laastia, jota voidaan muotoilla leikkaamalla. (17)

Tekniset tiedot:

- vaativuusluokka: R3 (EN 1504-3)
- asennuspaksuus: 0–100 mm
- puristus- / taivutuslujuus

2 tuntia: 14 / 2 MPa

24 tuntia: 36 / 6 MPa

7 vuorokautta: 48 / 8 MPa

28 vuorokautta: 54 / 9 MPa

- tartuntalujuus: 1,6 MPa
- auki jalankululle 1–1,5 tuntia levityksestä.

Jälkihoito: Jälkihoitoa tarvitaan ainoastaan kuumissa ja kuivissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (17)

Velosit RM 205 korjauslaasti

Velosit RM 205 on sementtipohjainen korjauslaasti vaativimpiin korjauskohteisiin. Se on kutistumakompensoitu, kuituvahvistettu korjauslaasti, jolla on nopea lujoudenkehitys; työstöaika 60 minuuttia ja puristuslujuus 12 MPa neljän tunnin kuluttua levityksestä. (18)

Tyypillisiä käyttökohteita:

- Betonin isojen pintavikojen korjaus.
- Betonirakenteiden tasoitus ja korjaus – esimerkiksi:
- padot, sillat, palkit, parvekkeet ja julkisivut.
- Levitys vaaka- ja pystypinnoille, myös kattopintoihin.
- Käyttö mikrobetonina. (18)

Tekniset tiedot:

- vaativuusluokka: R4 (EN 1504-3).
- asennuspaksuus: 6–100 mm
- puristus- / taivutuslujuus:

4 tuntia: 12 / 3 MPa

24 tuntia: 27 / 6 MPa

7 vuorokautta: 41 / 8 MPa

28 vuorokautta: 50 / 8 MPa
- tartuntalujuus: 2,2 MPa
- auki jalankululle: 3–4 tuntia levityksestä.

Jälkihoito: Jälkihoitoa tarvitaan ainoastaan kuumissa ja kuivissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (18)

Velosit RM 208 korjauslaasti

Velosit RM 208 on mikrosilikalla tehostettu sementtipohjainen korjauslaasti betonin korjaukseen. Se on kutistumakompensoitu, kuituvahvistettu korjauslaasti, joka saavuttaa nopeasti korkean lujuuden. Sen koostumus perustuu monisyiseen mineraalisten ja orgaanisten tunnusainesten sekä lisäaineiden formulointiin. Optimoinnin ansiosta laastin rakeutuminen on saatu erittäin tiiviiksi, mikä parantaa seoksen yhtenäisyyttä ja vedenpitävyyttä. Näin ollen se muodostaa alustaansa erittäin hyvin sitoutuneen, jäykän ja kulutusta kestävän kerroksen. Työstöaika 60 min. (19)

Tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa:

- Suurten pintavaurioiden korjaus betonissa.
- Betonirakenteiden tasoitus ja korjaus, kuten
- padot, sillat, palkit, parvekkeet ja julkisivut.
- Levitys vaaka- ja pystypinnoille, mukaan lukien yläpuoliset alueet.
- Käyttö mikrobetonina. (19)

Tekniset tiedot:

- vaativuusluokka: R4 (EN 1504-3).
- asennuspaksuus: 6–50 mm
- puristus- / taivutuslujuus

24 tuntia: 21 / 3 MPa

28 vuorokautta: 69 / 10 MPa

- tartuntalujuus: 2 MPa.

Jälkihoito: Jälkihoitoa tarvitaan ainoastaan kuumissa ja kuivissa olosuhteissa (24 tuntia). (19)

Velosit RM 211 kristallisoituva korjauslaasti

Velosit RM 211 on kiteinen, sementtipohjainen korjauslaasti betonin korjaukseen. Se muodostaa tasaisen pinnan kiteisille vedeneristyspinnoille. Se on kutistumakompensoitu, kuituvahvistettu korjauslaasti, jolla on erittäin nopea lujuudenkehitys; työskentelyaika 45 minuuttia ja 12 MPa puristuslujuus 4 tunnin kuluttua levityksestä. (20)

Tuotteen tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa:

- Pintavaurioiden korjaus betonissa.
- Betonirakenteiden tasoitus ja korjaus, kuten
- padot, sillat, palkit, parvekkeet ja julkisivut.
- Levitys vaaka- ja pystypinnoille.
- Kaasurakkuloiden, kolojen ja muiden pintavirheiden täytöt. (20)

Tekniset tiedot:

- vaativuusluokka: R3 (EN 1504-3).
- asennuspaksuus: 0–25 mm
- puristus- / taivutuslujuus

4 tuntia: 12 / 3 MPa

24 tuntia: 22 / 4 MPa

7 vuorokautta: 28 / 6 MPa

28 vuorokautta: 40 / 8 MPa

- tartuntalujuus: 2 MPa
- auki jalankululle 3–4 tuntia levityksestä.

Jälkihoito: Jälkihoitoa tarvitaan ainoastaan kuumissa ja kuivissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (20)

4 Markkinoilla olevien betonin korjauslaastien vertailu

4.1 Vertailukriteerien määrittely

Vertailutaulukkoon valittiin sellaiset korjauslaastien tärkeimmät ominaisuudet, jotka pystytään ilmaisemaan luvuin. Näitä ovat tekniset ominaisuudet; *R-luokka* (toiminnallinen vaativuusluokka), *puristus-*, *tartunta-* ja *taivutuslujuus* (MPa), sekä työskentelyolosuhteet; *tuotteen työstettävyyss aika* (min), *minimi ja maksimi kerrospaksuudet* (mm), *veden sekoitussuhde* (l/kg), sekä *tuotteen alin- ja ylin käyttölämpötila*. Taulukkoon lisättiin myös tieto *kuituvahvistuksesta* (Kyllä/Ei).

Nopein puristuslujuuden kehitys ja suurin lopullinen puristuslujuus

Kun korjaustyössä vaaditaan nopeaa käyttöönottoa, silloin nopea puristuslujuuden kehitys on korjauslaastilta tärkein priorisoitava ominaisuus. Kun korjauslaasti saavuttaa tarvittavan lujuuden nopeasti, korjaustöiden jälkeen korjattu rakenne voidaan ottaa käyttöön nopeammin. Tämä on erityisen kriittistä liikenteessä, teollisuusympäristöissä tai muissa paikoissa, joissa käyttökatkokset ovat kalliita ja ovat häiriöksi normaalille toiminnalle.

Kun korjauslaasti saavuttaa korkean lopullisen puristuslujuuden, se pystyy kantamaan rakenteeseen kohdistuvat staattiset ja dynaamiset kuormitukset pitkällä aikavälillä. Tämä varmistaa, että korjattu osa ei muodostu heikoksi lenkiksi rakenteessa, eikä näin heikennä rakennetta.

Tartuntalujuus

Korjauslaasteissa erityisen tärkeä ominaisuus on tartuntalujuus, sillä laastin tartunta määrittää uuden korjauslaastin ja vanhan betonin muodostavan liitoksen kestävyuden. Liitos on olennaisen tärkeä, sillä korjaustyön onnistuminen edellyttää, että korjausmassa sitoutuu vahvasti vanhaan rakenteeseen, jotta kuormitukset ja muut jännitykset jakautuvat turvallisesti. Jos tartuntalujuus on heikko, korjausmassa ei kykene ylläpitämään ehjää ja pitkäkestoista liitosta, mikä voi

johtaa irtoamiseen, halkeiluun tai jopa rakenteen ennenaikaiseen rappeutumiseen. (13).

Nopein taivutuslujuuden kehitys ja suurin lopullinen taivutuslujuus

Taivutuslujuus kertoo korjauslaastin kyvystä vastustaa taipumista ja siten estää halkeilua, mikä on erityisen tärkeää silloin, kun korjausmassa altistuu taivutus- tai vetojännityksille. Korkea taivutuslujuus auttaa pitämään korjauskohteen ehjänä ja vähentää riskiä halkeilun syntymiselle, joka voisi johtaa korjauksen ennenaikaiseen rappeutumiseen.

Pisin työskentelyaika

Työskentelyaika tarkoittaa aikaa, jolloin korjauslaasti on vielä riittävän nesteistä ja muokattavaa, jotta sitä voidaan muotoilla ja levittää vanhaan betoniin. Pitkä työskentelyaika antaa käyttäjälle enemmän joustavuutta betonilaastin levitykseen, mikä voi olla ratkaisevaa monissa tilanteissa. Toisaalta laastin nopea kovettuminen edesauttaa kohteen nopeaa käyttöönottoa.

Työskentelyaikaan vaikuttavat lämpötila ja ympäristöolosuhteet, sekoitussuhde (enempi vesimäärä saattaa pidentää työskentelyaikaa, mutta heikentää lopullista lujuutta), sekä mahdolliset laastiin sekoitetut lisäaineet.

Veden sekoitussuhde

Sekoitussuhde vaikuttaa korjauslaastin ominaisuuksiin, laatuun, työnkulkunopeuteen sekä korjauslaastin levitettävyyteen. Sekoitussuhde on laskettu valmistajan ilmoittaman vesimäärän keskiarvon mukaan.

Pienin ja suurin kerrospaksuus

Korjauslaastin ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten ohuen tai paksun kerroksen laastia voi levittää kerralla. Suurissa korjauksissa työtä nopeuttaa mitä paksun kerroksen voi kerrallaan levittää ilman erillistä kuivumisen odottelua.

Pienissä korjauksissa korjauslaastia pitää pystyä levittämään ohuesti ilman, että tartunta tai muut tekniset ominaisuudet kärsivät. Monipuolinen korjauslaasti tarjoaa laajan kerrospaksuuden vaihtelun mahdollisuuden.

Alin ja ylin käyttölämpötila

Käyttölämpötila tarkoittaa sitä ympäristön lämpötila-aluetta, jossa korjausmassa säilyttää optimaaliset ominaisuutensa käytön ja kovettumisen aikana.

Lämpötila vaikuttaa mm. sementin kovettumiseen, joka on keskeinen kemiallinen prosessi lujuuden kehittämisessä.

Kuituvahvistus

Kuituvahvistus parantaa korjauslaastien kykyä kestää taivutus- ja vetojännityksiä. Kun materiaali saa kuituja, se pystyy jakamaan kuormituksia paremmin ja säilyttämään kantavuutensa myös silloin, kun betonissa syntyy halkeamia. Tämä parantaa erityisesti massan taivutuslujuutta ja sitkoa vanhaan betoniin.

4.2 Valitut vertailutuotteet

Vertailutuotteiksi valittiin mahdollisimman suuri määrä kilpailevia vastaavia betonin korjaamiseen tarkoitettuja korjauslaasteja. Tuotemerkkejä ovat *Ardex*, *Asocret*, *Fescon*, *Naturfill*, *PCI*, *Sika*, *Velosit*, *Weber* sekä *Xypex*. Eri korjauslaasteja oli vertailussa yhteensä 25.

4.3 Vertailu

Vertailu toteutettiin Excel-taulukolla (Liite 1). Taulukon data kerättiin tuotevalmistajien internet-sivuilta löytyvistä tuotekorteista ja/tai esitteistä. Kaikki valmistajat eivät ilmoittaneet näissä kaikkia vertailuun kerättyjä arvoja.

4.3.1 Tekniset ominaisuudet

Vain kaksi (SikaEmaco S 5440 RS, sekä Velosit RM 203) ilmoittivat puristuslujuuden ensimmäisen kahden tunnin aikana. Ensimmäisen neljän tunnin ajalta luvun ilmoittivat kolme tuotetta. Tästä voidaan päätellä, että muiden tuotteiden puristuslujuuden kehittyminen ei ole yhtä nopeaa. Lopullisen puristuslujuuden ilmoittivat kaikki.

Tartuntalujuuden ilmoitti 23 tuotetta 25:stä.

Myös taivutuslujuuden varhaisessa kehityksessä luvun ilmoitti vain muutama tuote. 24 tunnin ajalta luvun ilmoitti 6 tuotetta. Lopullisenkin taivutuslujuuden ilmoitti vain 14 tuotetta 25:stä.

Suurin puristuslujuus 2 h, 4 h ja 24 h

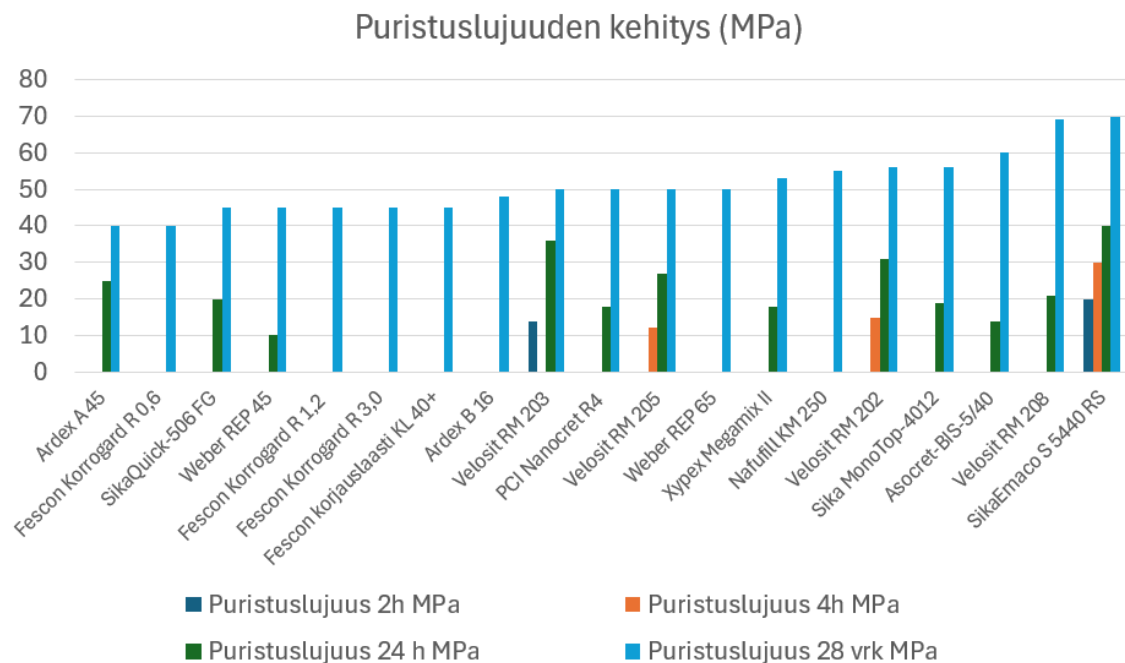
- Suurin puristuslujuus (2 h) oli 20 MPa (SikaEmaco S 5440 RS).
- Toiseksi suurin (2 h) 14 MPa (Velosit RM 203).
- Suurin puristuslujuus (4 h) oli 30 MPa (SikaEmaco S 5440 RS).
- Toiseksi suurin (4 h) 15 MPa (Velosit RM 202).
- Kolmanneksi suurin (4 h) 12 MPa (Velosit RM 205).
- Suurin puristuslujuus (24 h) oli 40 MPa (SikaEmaco S 5440 RS).
- Toiseksi suurin (24 h) 36 MPa (Velosit RM 203).
- Kolmanneksi suurin (24 h) 31 MPa (Velosit RM 202).

Suurin lopullinen puristuslujuus 28 vrk

- Suurin lopullinen puristuslujuus oli 70 MPa (SikaEmaco S 5440 RS).
- Toiseksi suurin 69 MPa (Velosit RM 208).
- Kolmanneksi suurin 60 MPa (Asocret-BIS-5/40).

Johtopäätös: SikaEmaco S 5440 RS erottuu selvästi erityisesti varhaisen puristuslujuuden kehityksessä, mikä on erittäin tärkeää rakenteellisen kestävyuden ja nopean käyttöönoton kannalta. Lopullisessa lujuudessa ero Velosit RM 208 kanssa on kuitenkin häilyvän pieni, ja molempien lopullinen puristuslujuus on erinomainen.

Alla olevassa pylväsdiagrammissa (kuva 7) esitettynä vertailun kaikki yli 40 MPa:n puristuslujuuden omaavan korjauslaastin puristuslujuuden kehitys 2 h, 4 h, 24 h sekä 28 vrk ajalta.



Kuva 7. Puristuslujuuksien kehitys.

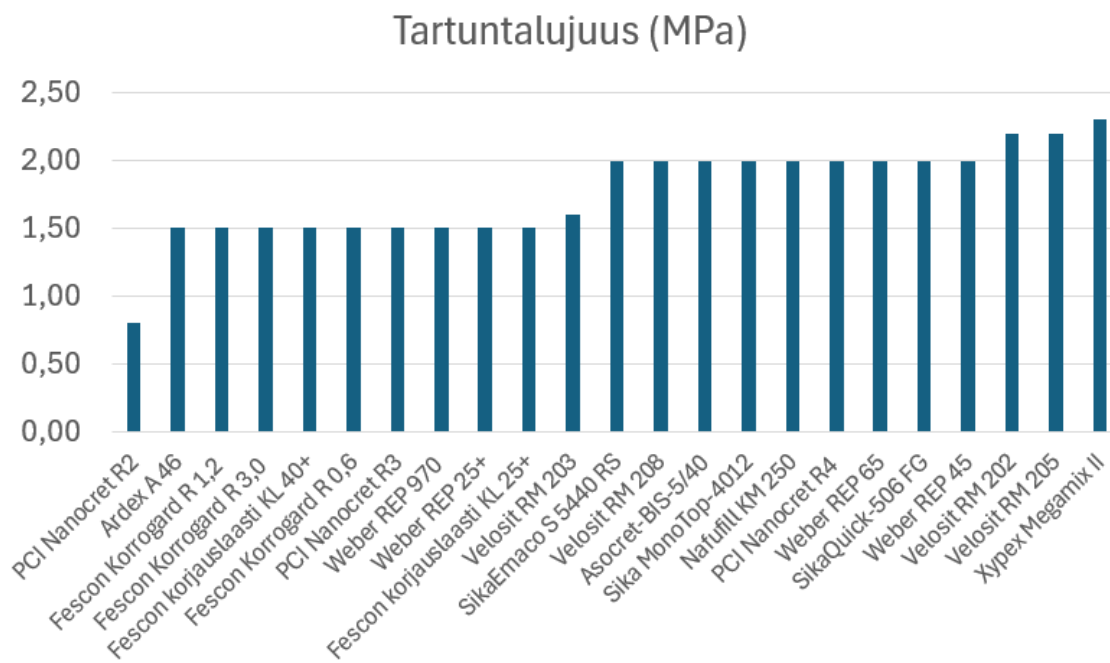
Suurin tartuntalujuus

- Suurin tartuntalujuus oli 2,30 MPa (Xypex Megamix II).
- Toiseksi suurin 2,20 MPa (Velosit RM 202 & Velosit RM 205).

Johtopäätös: Vaikka Xypex Megamix II saavutti parhaan arvon tässä kategoriassa, ero on melko pieni verrattuna kahteen seuraavaan. Kaikilla kolmella tuotteella onkin erinomainen tartuntalujuus, mikä vaikuttaa oleellisesti korjauslaastin valintaan yhdessä puristuslujuuden kanssa.

Kolmanneksi suurimpaan tartuntalujuuteen 2,0 MPa:han ylsi yhdeksän tuotetta. Pienin tartuntalujuus oli 0,80 MPa (PCI Nanocret R2), ja näiden väliin jäävät lukemat olivat 1,50–1,60 MPa.

Alla olevassa pylväsdiagrammissa (kuva 8) esitettynä vertailun kaikkien tartuntalujuuden ilmoittaneiden korjauslaastien lopullinen tartuntalujuus (28 vrk).



Kuva 8. Tartuntalujuudet.

Suurin taivutuslujuus 2 h, 4 h ja 24 h

- Suurin taivutuslujuus (2 h) oli 2 MPa (Velosit RM 203). Muut tuotteet eivät ilmoittaneet taivutuslujuutta ensimmäisten 2 h aikana.
- Suurin taivutuslujuus (4 h) oli 3 MPa (Velosit RM 205).
- Toiseksi suurin (4 h) 2 MPa (Velosit RM 202).
- Suurin taivutuslujuus (24 h) oli 6 MPa (Velosit RM 205).
- Toiseksi suurin 5 MPa (Ardex A 45).

Suurin lopullinen taivutuslujuus 28 vrk

- Suurin lopullinen taivutuslujuus (28 vrk) oli 10 MPa (Ardex A 45, sekä Velosit RM 208).
- Toiseksi suurin 9 MPa (Asocret-BIS-5/40, Velosit RM 203, sekä Velosit RM 202).

Johtopäätös: Sekä Ardex A 45, että Velosit RM 208 osoittavat erinomaista lopullista taivutuslujuutta, mikä on etu erityisesti tilanteissa, joissa liitoksen venyvyys ja halkeilunsieto ovat tärkeitä. Tämä ominaisuus ei kuitenkaan ole yhtä tärkeä tuotteen valinnan kannalta kuin puristus- ja tartuntalujuus.

4.3.2 Työskentelyolosuhteet

Pisin työskentelyaika

- Pisin työskentelyaika 120 min (Fescon korjauslaasti KL 40)
- Toiseksi pisin työskentelyaika 80 min (Ardex B 16)

Johtopäätös: Fescon korjauslaasti KL 40 antaa todella hyvän ajan työstää tuotetta, ennen sen kuivimmista. Erot testissä olivat huomattavat; 10–120 min väliltä. Työskentelyaika on tärkeä käytännön työskentelyssä, ja sillä onkin suuri ero, onko aikaa laastin levittämiseen 10 vai 120 minuuttia. Toki on myös huomioitava, että hitaasti kuivuva laasti vaatii myös pidemmän odotusajan käyttöön- otolle, ja lyhyt työskentelyaika korreloi laastin nopean kovettumisen kanssa.

Pienin ja suurin kerrospaksuus

- Pienin kerrospaksuus 0 mm (Velosit RM 202, Velosit RM 203, Weber REP 970).
- Toiseksi pienin kerrospaksuus 1 mm (Ardex A 45).
- Suurin kerrospaksuus 100 mm (Natufill KM 250, PCI Nanocret R2, Velosit RM 202, Velosit RM 203, Velosit RM 205).
- Toiseksi suurin kerrospaksuus 85 mm (Sika MonoTop-4012).
- Laajin kerrospaksuuden vaihtelu 0–100 mm (Velosit RM 202, Velosit RM 203).
- Toiseksi suurin kerrospaksuuden vaihtelu 3–100 mm (PCI Nanocret R2)

Johtopäätös: Velosit RM 202:n ja Velosti RM 203:n tuoma laaja kerrospaksuusvaihtelun mahdollisuus (0–100 mm) tarjoaa erinomaisen joustavuuden, mutta se ei yksinään ratkaise laastin valintaa.

0 mm kerrospaksuuden ilmoittaneet käyttävät englannin kielistä ilmaisua ”feather thickness”, joka tarkoittaa korjauslaastien levittämisessä saavutettavaa hyvin ohutta kerrosta, jossa laasti ohenee saumattomasti reunoiltaan lähes hiuksen ohueksi. Tämä ominaisuus mahdollistaa korjattavan pinnan ja ympäröivän

alkuperäisen materiaalin välisen siirtymän, mikä on tärkeää esimerkiksi pinnoitteiden tai tasoitteiden onnistuneessa liitoksessa.

Veden sekoitussuhde

- Suurin sekoitussuhde vettä 0,26 l/kg (Ardex A 46)
- Toiseksi suurin sekoitussuhde vettä 0,22 l/kg (Ardex A 45)

Johtopäätös: Erot olivat pieniä, välillä 0,26–0,16 l/kg oli 13 laastia. Hyvä sekoitussuhde on tärkeä ominaisuus tuotteen laadulle, käsittelylle ja työstettävyydelle, mutta se ei vaikuta oleellisesti korjauslaastin valintaan.

Alin ja ylin käyttölämpötila

- Alin lämpötila 0°C (SikaEmaco S 5440 RS).
- Toiseksi alin lämpötila 3°C (Xypex Megamix II).
- Ylin lämpötila 35 °C (Velosit RM 202, Velosit RM 203, Velosit RM 205, Velosit RM 208, Velosit RM 211).
- Toiseksi ylin lämpötila 30°C (Ardex B16, Asocret-BIS-5/40, PCI Nanocret R2, PCI Nanocret R4, Nafufill KM 250, SikaEmaco S 5440 RS, Sika MonoTop-4012, SikaQuick-506 FG, Xypex Megamix II).

Johtopäätös: Molemmissa ääripäissä on omat etunsa. Alhainen käyttölämpötila mahdollistaa kylmien olosuhteiden korjaukset, kun taas korkea ylin lämpötila tarjoaa joustavuutta lämpimissä olosuhteissa. Kuitenkin Suomen olosuhteissa SikaEmaco S 5440 RS erottuu muista, mahdollistan työskenntelyn vain hieman pakkasen yläpuolella

Kuituvahvistus

Tässä vertailussa suurin osa (21/26) betonin korjauslaasteista olivat kuituvahvistettuja.

Johtopäätös: Kuituvahvistus on lähes standardiominaisuus, joten se ei erottele tuotteita merkittävästi. Jos korjauskohteessa edellytetään erityisesti vahvaa taivutuslujuutta, kuituvahvistetun tuotteen käyttö on suositeltavaa.

4.4 Vertailun yhteenveto

Vertailussa seuraavat tuotteet nousivat eniten esille;

Suurimpien lopullisten puristuslujuuksien vuoksi; *SikaEmaco S 5440 RS*, *Velosit RM 208*, sekä *Asocret-BIS-5/40*.

Suurimmat puristuslujuudet ensimmäisen kahden tunnin aikana saavuttivat; *SikaEmaco S 5440 RS* sekä *Velosit RM 203*.

Suurimmat puristuslujuudet ensimmäisten neljän tunnin aikana saavuttivat; *SikaEmaco S 5440 RS*, *Velosit RM 202*, sekä *Velosit RM 205*.

Suurimmat puristuslujuudet ensimmäisen vuorokauden aikana saavuttivat; *SikaEmaco S 5440 RS*, *Velosit RM 203*, sekä *Velosit RM 202*.

Suurimpien tartuntalujuuksien vuoksi; *Xypex Megamix II*, *Velosit RM 202*, sekä *Velosit RM 205*.

Seuraavaksi käydään läpi nämä seitsemän eniten esille nousutta tuotetta, tärkeimpien teknisten- (puristus- ja tartuntalujuus) sekä työskentelyominaisuuksien (käyttöönotto- sekä työskentelyaika) osalta.

Vertailussa otetaan huomioon toiminnallisten vaatimusluokkien rajat; *R3-luokka*: Puristuslujuus: ≥ 25 MPa (28 vrk), tartuntalujuus: $\geq 1,5$ MPa (28 vrk). *R4-luokka*: Puristuslujuus: ≥ 45 MPa (28 vrk), tartuntalujuus: $\geq 2,0$ MPa (28 vrk).

+ Nopea käyttöönotto + Suurimmat lujuudet + Pitkä työskentelyaika. *R3-luokan* korjauslaasteista erottui eniten edukseen **Velosit RM 202**. Sillä oli toiseksi nopein lujuudenkehitys (15 MPa/4 h, 31 MPa/24 h) sekä suurin lopullinen puristus-(56 MPa/28 vrk) ja tartuntalujuudet (2,20 MPa/28 vrk) *R3-luokan* laasteista, ja se oli myös kärkisijoilla kokonaisvertailussa. Velosit RM 202 mahdollistaa nopean käyttöönoton (3–4 h levityksestä) lisäksi pitkän, 40 minuutin työskentelyajan, mikä tekee siitä erittäin monipuolisen korjauslaastin. Plussaa vielä vertailun laajimmasta kerrospaksuuden vaihtelusta 0–100 mm välillä.

+ Nopein käyttöönotto + Erittäin hyvät lujuudet. Jos *R3-luokan* korjauslaastille tarvitaan vielä nopeampi lujuuden kehitys (14 MPa/2 h, 36 MPa/24 h) ja käyttöönotto (1–1,5 h levityksestä), niin **Velosit RM 203** on paras valinta. Erittäin hyvä lopullinen puristuslujuus (50 MPa) ja hyvä tartuntalujuus (1,6 MPa). Miinuksena erittäin lyhyt työskentelyaika (10 min), joka voi rajoittaa sen käyttöä joissakin kohteissa. Plussaa vielä vertailun laajimmasta kerrospaksuuden vaihtelusta 0–100 mm välillä.

+ Nopein käyttöönotto + Suurimmat lujuudet. Mikäli korjaustyössä vaaditaan *R4-luokan* kantavuusominaisuuksia ja nopeaa käyttöönottoa, **SikaEmaco S 5440 RS** näyttää olevan paras vaihtoehto kokonaisuutena. Sen poikkeuksellisen nopeasti kehittyvä (20 MPa/2 h, 30 MPa/4 h, 40 MPa/24 h), erinomainen puristuslujuus (70 MPa 28 vrk) tekee siitä vahvan ehdokkaan moniin vaativiin korjaustöihin. Nopein käyttöönotto 1,5–2 h levityksestä. Miinuksena on lyhyt, vain 15 minuutin työskentelyaika, joka voi rajoittaa sen käyttöä joissain korjauskohteissa. 5–50 mm kerrospaksuuden vaihtelu on ihan hyvä, vertailun keskiluokkaa.

+ Nopea käyttöönotto + Hyvät lujuudet + Pisin työskentelyaika. Mikäli korjauksessa tarvitaan *R4-luokan* laasti, jolla on nopea lujuudenkehitys (12 MPa/ 4

h, 27 MPa/24 h) ja nopea käyttöönotto (3–4 h levityksestä), sekä huomattavasti pidempi, jopa 60 minuutin työskentelyaika, hyvällä puristuslujuudella (50 MPa 28 vrk), ja erittäin hyvällä tartuntalujuudella (2,20 MPa) on paras vaihtoehto **Velosit RM 205**. Plussaa vielä 6–100 mm kerrospaksuuden vaihtelusta, mikä lisää tuotteen käyttäjäystävällisyyttä.

+ Erittäin hyvät lujuusomaisuudet + Pisin työskentelyaika. Jos taas kohteen kantavuusominaisuuksien tulee olla *R4-luokkaa* ja erittäin vahvat, mutta työskentelyajan tulee olla pidempi, niin **Velosit RM 208** sopii tähän käyttötarkoitukseen loistavasti. 60 minuutin työskentelyaika, sekä 69 MPa lopullisen puristus- ja 2,00 MPa tartuntalujuuden tuova laasti sopii kohteisiin, jossa käyttöönotolla ei ole yhtä kiire. 6–50 mm kerrospaksuudenvaihtelu on ihan hyvä, vertailun keski-luokkaa.

+ Todella hyvät lujuusominaisuudet + Pisin työskentelyaika. Samankaltaisilla ominaisuuksilla kuin edellinen *R4-luokan*, **Asocret-BIS-5/40** tarjoaa vahvan puristus- (60 MPa/28 vrk) ja tartuntalujuuden (2 MPa/28 vrk) pitkällä 60 minuutin työskentelyajalla. Laasti sopii hyvin kohteisiin, joissa pidempi kuivumisaika ei ole este. Miinuksena vielä, muista kärkituotteista poiketen, tuotetta ei ole kuitu-vahvistettu. Sillä on myös vähän suppeampi, vain 5–40 mm kerrospaksuuden vaihtelu, mitä saattaa rajoittaa sen käyttöä joissain korjauksissa.

+ Paras tartuntalujuus + Hyvä puristuslujuus. Vaikka *R4-luokan* **Xypex Megamix II** loistaa tartuntalujuudessa (2,30 MPa), mikä on tärkeää liitoksen kestä-vyyden kannalta, ja sillä on hyvät varhaiset ja lopulliset puristuslujuudet (18 MPa/24 h, 53 MPa 28 vrk), se ei ilmoita työskentelyaikaa, joka on usein korjaus-laastin valinnassa hyvinkin ratkaiseva tekijä. Vähän suppeampi kerrospaksuu-den vaihtelu 10–50 mm välillä saattaa rajoittaa sen käyttöä joissakin kohteissa.

4.5 Johtopäätökset vertailusta

Korjauslaastia valittaessa ensin tulee huomioida oikea R-luokka. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat siis kohteeseen sopivat puristus- ja tartuntalujuudet. Näiden

lisäksi nopea käyttöönotto, sekä tarpeeksi pitkä työskentelyaika voivat olla kriittisiä valinnan kannalta. Vertailussa tuli esille, että sellaista tuotetta ei ole, joka olisi kaikista korkeimmat R4-luokan vaatimukset täyttävä, ja samaan aikaan sekä erittäin nopeasti kuivuva, että pitkän ajan työstettävissä. Jostain näistä kolmesta on aina tingittävä.

Vertailussa ei siis noussut esille yhtä ainoaa R4-luokan, kaikista parasta korjauslaastia, joka soveltuisi tilanteeseen kuin tilanteeseen. Erittäin vaativat korjauskohteet ovat erilaisia, ja niihin jokaiseen tulee valita juuri kyseiseen tarkoitukseen parhaiten sopiva korjauslaasti. **SikaEmaco S 5440 RS**, **Velosit RM 205** sekä **Velosit RM 208** nousivat esille vertailun ykkösinä ja jokainen niistä sopii parhaiten juuri sille, prioriteettien mukaan, huolella valittuun korjauskohteeseen.

R3-luokassa sen sijaan oli yksi korjauslaasti ylitse muiden; **Velosit RM 202**. Se mahdollistaa sekä pitkän, 40 minuutin työskentelyajan, nopean käyttöönoton (3–4 h levityksestä), että korkean loppulujuuden (56 MPa/28 vrk).

Toisaalta, jos 3–4 tunnin käyttöönotto ei riitä, vaan tarvitaan jopa 1–1,5 h käyttöönottoa, eikä erittäin nopea työskentelyaika (10 min) haittaa, **Velosit RM 203** on tällöin paras valinta.

4.6 Vertailun jatkojalostus

Koska Velosit-tuotteet ovat vasta rantautuneet Suomen markkinoille, eivät asiakkaat vielä tiedä niiden tuomista mahdollisuuksista. Sopivan tuotteen valinta halutaan tehdä mahdollisimman helpoksi tuleville asiakkaille. Joten jatkojalostuksena luodaankin opinnäytetyössä kerätyn datan pohjalta Velosit-tuotteiden myynti/tuotetietoesite opinnäytetyön tilaajalle, HauConille. Esitteen avulla asiakas saa omaan käyttötarkoitukseensa sopivan Velosit-korjauslaastin helposti, luotettavasti ja nopeasti.

5 Asiantuntijoiden näkemykset

Haastatteluiden toteutus ja valitut asiantuntijat

Työtä varten haastateltiin kahta asiantuntijaa. Toista, jolla on 20 vuoden kokemus betonirakentamisesta sekä korjauslaastien käytöstä, sekä toista, joka on Velosit-korjauslaastien asiantuntija.

5.1 Betonirakentajan kokemukset korjauslaasteista

Haastateltava on osaomistajana betonirakennusyrityksessä, sekä toiminut 20 vuoden uransa aikana työnjohtoharjoittelijana, betonityönjohtajana, työpäällikkönä, projektinjohtajana ja käynyt poikkeuksellisen vaativien betonirakenteiden työnjohtokoulutuksen.

1. Kuinka paljon olet käyttänyt betonin korjauslaasteja?

- Paljon. Käytän niitä työssäni joka päivä. Niillä korjataan esimerkiksi valuvirheitä, sekä täytetään muoteista jääneet kolot.

2. Minkälaisissa olosuhteissa olet käyttänyt korjauslaasteja?

- Kaikenlaisissa, betoniseinän valu auringonpaisteessa, meren rannalla, maan alla tunneleissa. Helppoissa ja vaativimmissakin olosuhteissa.

3. Mitä huonoa betonin korjauslaasteissa on?

- Oikean värin löytyminen voi olla haastavaa. Tarttuminen pintaan tuottaa välillä myös haasteita.

4. Miten korjauslaastit voisivat olla parempia tai helpottaa työtä?

- Yllä mainittuihin ongelmiin parannus. Ihanne olisi, jos joku valmistaisi tuotteen käytettäväksi ilman veden sekoitusta, eli täysin valmiin käytettävän tuotteen.
5. Vaikeuttaako jälkihoito työtä, olisiko siitä hyötyä, jos sitä ei tarvitsisi tehdä?
- Hidastaa työtä merkittävästi. Olisi varmasti hyötyä, varsinkin talvella, kun pitää lämmittää ja peittää valettua betonia. Sekä kesällä, kun on liian kuuma ja betonia pitää kastella jatkuvasti. Jälkihoito vaatii paljon työtunteja, joten se on kallista. Mutta näissäkin asioissa hinta-laatusuhde ratkaisee.
6. Mitkä ominaisuudet ovat kaikista tärkeimmät korjauslaastia valittaessa?
- Kaikista tärkein on tartuntakyky aluspintaan, eli puristuslujuus, sekä kuivumisaika. Meillä myös maksimikerrospaksuus on oleellista. Siitä eteenpäin tulevat muut ominaisuudet.

5.2 Asiantuntijan kokemukset Velosit-korjauslaasteista

Haastateltava on Velosit Tanskan toimitusjohtaja Nikolaj Sørensen. Velosit Tanska vastaa koko pohjoismaiden myynnistä. Sørensen on työskennellyt betonimyynnin parissa vuodesta 2012 ja on betonituotteiden asiantuntija.

1. Mitkä ovat tärkeimmät erot Velosit-korjauslaastin ja muiden markkinoilla olevien samankaltaisten tuotteiden välillä?
- Velosit-tuotteiden keskeisin ero on se, että niissä käytetään CSA-sementtiä sideaineena. Tämä mahdollistaa sen, että Velosit-tuotteilla työ saadaan valmiiksi nopeammin kuin vastaavilla tuotteilla. Velosit-laastilla korjaus saavuttaa vähintään 25 MPa:n lujuuden 4 tunnin kuluessa, mikä monissa tapauksissa vastaa taustakerroksen lujuutta.

Kolme avainsanaa Velosit-tuotteille ovat "Nopea tarttuvuus", "Nopea lujuuden kehittyminen" ja "Erittäin alhainen kutistuminen".

2. Mikhälaisiin korjauskohteisiin Velosit-korjauslaastit soveltuvat parhaiten?
 - Ne soveltuvat kaikenlaisiin korjauksiin luokista R1–R4. Viimeisen neljän vuoden kokemuksen perusteella voisin sanoa, että se on erityisen sopiva raskaisiin, haastaviin ympäristöolosuhteisiin ja tilanteisiin, joissa aika on rajallista.
3. Mikä on Velosit-laastilla tehtyjen korjausten odotettu käyttöikä?
 - On vaikea sanoa yksiselitteisesti, sillä käyttöikä riippuu sekä ympäristöolosuhteista että korjattavasta alustasta. Annamme WP120-tuotteellemme 5 vuoden takuun.
4. Miten Velosit-korjauslaastit on vastaanotettu markkinoilla? Millaista palautetta olette saaneet asiakkailta?
 - NG 512 ja NG 511 menestyivät erinomaisesti heti alusta alkaen: niiden hyvä levittyvyys ja nopea korkean lujuuden saavuttaminen ovat tehneet niistä bestsellertuotteita Tanskassa. RM 202 ja RM 205 alkoivat menestyä hyvin useiden referenssien myötä. Alussa asiakkaiden tulisi huomioida, että tuotteemme asettuvat nopeammin kuin muut, eikä työskentelyaika ole kaikista pisin. Kun asiakkaat huomasivat, että korjaukset voidaan suorittaa nopeammin ja päällystää aikaisemmin, alussa saatu negatiivisen palautteen määrä romahti olemattomaksi.
5. Miten näet Velositin aseman Suomen markkinoilla, joissa betonirakentamisella on pitkät perinteet ja sääolosuhteet ovat haastavat?
 - Näen erinomaiset mahdollisuudet, että Haucon Finland saavuttaa merkittävän markkinaosuuden betonikorjausmarkkinoilla.

Tuotteemme asettuvat nopeammin kuin kilpailijat ja tuottavat paljon lämpöä asettumisvaiheessa, mikä auttaa korjausta saavuttamaan vahvemman lujuuden aikaisemmin verrattuna kilpailijajärjestelmiin, eikä ne ole yhtä alttiita sääolosuhteille. Tanskassa meillä on vahva perinne betonitöissä ja korjauksissa – ja Velosit on menestynyt erinomaisesti siellä. Sääolosuhteemme ovat suunnilleen samankaltaiset kuin teillä, noin 1. maaliskuuta–1. joulukuuta. Suosittelemme saumauksia NG 511/ NG 512-tuotteilla sekä korjauksia CP 201:lla, RM 202, RM 203 ja RM 205.

6 Tulokset ja johtopäätökset

6.1 Lopputulokset

Lopputuloksissa otetaan huomioon sekä Velosit-tuotteiden ominaisuudet esittelystä, vertailun tulokset, että haastateltujen asiantuntijoiden näkemykset.

Vertailutaulukon (liite 1) tuloksista tuli ilmi, että parhaita R4-luokan korjauslaasteja vertailun kriteereillä olivat SikaEmaco S 5440 RS, Velosit RM 205, sekä Velosit RM 208. R3-luokassa paras korjauslaasti oli Velosit RM 202, ja heti perässä tuli Velosit RM 203.

Näiden vertailussa käytettyjen kriittisten ominaisuuksien lisäksi Velosit-tuoteperheen esittelyssä tuli ilmi, että Velosit-korjauslaastit eivät tarvitse ollenkaan jälkihoitoa, paitsi kuumissa ja kuivissa olosuhteissa 3–4 tunnin ajan. Haastattelussa Tanskan Velositin toimitusjohtaja kertoi tämän johtuvan siitä, että Velosit-laasteissa käytetään CSA-sementtiä sideaineena.

Haastattelussa betonirakentaja totesi, että jälkihoito on kallista ja hidastaa työtä. Varsinkin talvella, kun valettua betonia pitää peitellä ja lämmittää, sekä kesän kuumuudessa kastella jatkuvasti.

Moni tuotevalmistaja ohjeistaa jälkihoidon tapahtuvan pitämällä rakenne jatkuvasti kosteana *kolmesta jopa 14 vuorokauteen*. Tämä tulee kalliiksi, kun otetaan huomioon, että yhden työmiehen kulu työnantajalle voi olla noin 40 euroa tunnilta.

Kun huomioidaan jälkihoidossa säästyvä aika, jonka vuoksi koko rakennustyömaan läpimenoaika voi lyhentyä, kustannusten säästöissä puhutaan toki paljon suuremmista summista kuin työmiehen tuntipalkasta. Työmaan ylläpito on todella kallista, ja jokainen päivä voi vaikuttaa suurestikin loppukustannuksiin.

Jälkihoidon tarpeettomuus voi vähentää työskentelypäiviä kolmesta neljään-toista, ja sen vaikutus on merkittävä ajan- ja kustannusten säästymisen

kannalta. Sen voidaankin sanoa olevan teknisten tartunta- ja puristuslujuuden lisäksi merkittävin ominaisuus korjauslaastia valittaessa.

Mikään muu tuotevalmistaja ei tuo esille, ettei heidän tuotteillensa jälkihoitoa tarvitsisi. Tosin SikaEmaco S 5440 RS:n poikkeuksellisen nopea lujoudenmuodostus ja käyttöönotto kertovat siitä, että sitä tuskin tarvitaan.

Vertailussa menestyneitä tuotteista yhdistää siis erinomaisten lujuus- ja käyttöominaisuuksien lisäksi jälkihoidon tarpeettomuus, joka tekee korjauslaastista ylivoimaisen. Näitä kyseisiä tuotteita ei voi erilaisten ominaisuuksiensa vuoksi laittaa paremmuusjärjestykseen, mutta vertailun kärkiviisikolle löytyy korjauskohde, johon se on paras valinta. Alla näille viidelle parhaalle tuotteelle esimerkki korjauskohde ja työohjeet.

6.2 Käytännön suosituksia ja ohjeita betonin korjaamiseen

Esimerkki 1: Laajat pinnan rappeutumet, R-luokka 3

- Ongelma: Laaja alue betonipinnasta rappeutunut, mikä vaikuttaa rakenteen kestävyyteen ja esteettisyyteen. Kohde tulee saada käyttöön 3–4 tuntia korjauksesta.
- Suositeltu korjauslaasti: Velosit RM 202
- Korjausohjeet:
 1. Poista kokonaan vaurioitunut betonikerros. (16; 11, s. 37)
 2. Puhdista paikkauskohta vesipuhalluksella korkeapaineisella vedellä (>100 bar). (16; 11, s.37)
 3. Kostuta alusta puhtaalla vedellä ennen pohjustusaineen levittämistä. (15; 11, s.37)

4. Esikäsittele korjattava pinta Velosit CP 201 pohjustusaineella, jotta voit varmistaa parhaan tartuntalujuuden. Levitä pohjustuspinnoite esikostutetulle alustalle muurausharjalla. Imeytä pintahuokosiin noin 0,5–1 kg/m². Anna kuivua, kunnes pohjustusaine on saavuttanut riittävän lujuuden, eli 1–2 tuntia (23 °C). Alhaisempi lämpötila pidentää ja korkeampi lämpötila lyhentää tätä aikaa. (15; 11, s. 37)
5. Sekoita Velosit RM 202 korjauslaastiin vettä ohjeen mukaan (3,8–4,5 l / 25 kg säkki), hitaalla sekoitusnopeudella niin, että seoksesta tulee paakuton. Tuotteen työstöaika on 40 min n 23 °C:ssa. (16)
6. Levitä korjauslaasti lastalla. Tuotetta voi levittää pystypinnoille enintään 100 mm. Tasoita lopuksi huolellisesti. (16; 11, s. 37)
7. Jälkihoitoa ei tarvita kuin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (16)

Esimerkki 2: Syvät halkeamat, R-luokka 3

- Ongelma: Halkeama, joka ulottuu syvälle rakenteeseen ja heikentää sekä pinnan että sisäisten kantavien osien eheyttä. Raudoitus ei ole näkyvissä. Kohde tulee saada käyttöön jo muutamassa tunnissa korjauksesta.
- Suositeltu korjauslaasti: Velosit RM 203
- Korjausohjeet:
 1. Katso edellisen kohdan ohjeet 1–4.
 2. Sekoita Velosit RM 203 korjauslaastiin vettä ohjeen mukaan (3,8–4,5 l / 25 kg säkki), hitaalla sekoitusnopeudella niin, että seoksesta tulee paakuton. Tuotteen työstöaika on 10 min n 23 °C:ssa, joten sekoita vain sen verran laastia mitä ehdit kerralla levittämään. (17)

3. Täytä halkeama kuituvahvistetulla korjauslaastilla. Tuotetta voidaan levittää pystypinnoille kerrallaan jopa 100 mm. Tasoita lopuksi huolellisesti. (17; 11, s. 37)
4. Jälkihoitoa ei tarvita kuin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (17)

Esimerkki 3: Raudoituksen korroosiosta johtuvat vauriot, R-luokka 4

- Ongelma: Korroosio on rappeuttanut betonipinnan. Kohde tulee saada käyttöön mahdollisimman pian (2–3 h) korjauksesta.
- Suositeltu korjauslaasti: SikaEmaco S 5440 RS
- Korjausohjeet:
 1. Poista vaurioitunut betoni niin, että rappeutunut raudoitus tulee kokonaan esiin. (21; 11, s. 37)
 2. Puhdista raudoitus mekaanisesti korkeapainepesulla, sekä kemiallisesti. (21; 11, s. 37)
 3. Käsittele raudoitus korroosionestoaineella. Käytä sementtipohjaista aktiivista suojapohjustetta (SikaEmaco P 5000AP) lisäsuojaksi jos betoni on saastunut klorideista, tai jos suojabetonikerroksen paksuus on vähemmän kuin 10 mm. (21; 11, s. 37)
 4. Korjattava pinta tulee kostuttaa vedellä mieluiten 12 tuntia etukäteen, mutta vähintään 2 tuntia ennen korjauslaastin levitystä. Ennen levitystä pinnan tulee olla kostea mutta seisovaa vettä ei saa esiintyä. (21; 11, s. 37)
 5. Lisää korjauslaastijauhe veteen (tarvittava vesimäärä on 3,3–3,5 litraa / 25 kg säkki) ja sekoita sopivalla sekoituspäällä varustetulla

matalanopeuksisella sähköporakoneella (maks. 400 rpm) tai pakko-sekoittimella 3 minuutin ajan, kunnes seos on tasalaatuista ja plastista. Käytä vain puhdasta vettä. Anna laastin asettua 2–3 minuuttia, jonka jälkeen sekoita vielä hetki, jotta vaadittu koostumus muodostuisi. (21)

6. Levitä ensin ohut tartuntakerros korjattavalle matta-kostelle pinnalle. Tämän jälkeen SikaEmaco S 5440 RS voidaan levittää oikaisulaudalla tai lastalla haluttuun paksuuteen 5–50 mm välillä. Lämpötilan tulee olla 0°C - +30 °C välillä levityksen aikana ja 12 tuntia levityksen jälkeen. (21; 11, s. 37)
7. Viimeistely käyttäen hiertimiä, teräslastaa tai sientä voidaan tehdä heti kun laasti on alkanut kovettua. (n. 30–45 minuutin kuluttua riippuen lämpötilasta. Alhaisemmissa lämpötiloissa ja / tai korkeammissa kosteusoloissa em. ajat pitenevät. (21; 11, s. 37)
8. Jälkihoidosta ei ole mainintaa valmistajan tuotesivuilla, mutta koska käyttöönotto on nopeaa, voidaan olettaa, ettei jälkihoitoa juuri tarvita. (21)

Esimerkki 4: Laaja betonin kulumavaurioiden korjaus sillan rakenteessa, R-luokka 4.

- Ongelma: Rakenteen betonipinta on laajasti kulunut ja rappeutunut, mikä on johtanut sekä pinnan irtoamiseen että rakenteen osittaiseen heikkeneemiseen. Vaurio koskee laajaa aluetta, ja siinä esiintyy onteloita, jotka vaarantavat rakenteen kantavuuden ja haittaavat esteettisesti.
- Suositeltu korjauslaasti: Velosit RM 208
- Korjausohjeet:
 1. Katso esimerkki 1:en ohjeen kohdat 1–4.

2. Sekoita Velosit RM 208 korjauslaastiin vettä ohjeen mukaan (3,9–4,5 l / 25 kg säkki), hitaalla sekoitusnopeudella niin, että seoksesta tulee paa-kuton. Tuotteen työstöaika on 60 min n 23 °C:ssa. (19)
3. Täytä ontelot ja paikattavat kohdat lastalla, kerrallaan korkeintaan 50 mm paksuudelta. (19; 11, s. 37)
4. Jälkihoitoa ei tarvita kuin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (19)

Esimerkki 5: Laajat ja syvälle ulottuvat korroosio- ja rakennevauriot, R-luokka 4

- Ongelma: Pitkäaikaisen kuormituksen ja ympäristöolosuhteiden, kuten kemiallisten aineiden, vaikutuksesta rakenteessa on syntynyt syvä rappeutuminen sekä merkittävä korroosio, joka heikentää sekä pinnan että kantavien rakenteiden kuntoa. Kohde tulee saada käyttöön 3–4 tunnissa korjauksesta.
- Suositeltu korjauslaasti: Velosit RM 205
- Korjausohjeet:
 1. Kaikki karbonatisoitunut betoni on poistettava. Testaa fenoliftaleiinilla tai muulla sopivalla indikaattorilla, että raudoitusteräksen suojaamiseksi riittävä betonin emäksisyys on saavutettu. Jos raudoitustangot ovat esillä, poista betonia vähintään 25 mm raudoitustangon takaa. Poista myös korroosioon altistunut raudoitus. (18; 11, s. 79)
 2. Käsittele betonialusta vesipuhalluksella korkeapaineisella vedellä (>100 bar). (18; 11, s. 37)
 3. Kytke uudet raudoitukset mekaanisilla tartunnoilla juottamalla harjatangot vanhaan betoniin. (Rakennesuunnittelijan määräysten mukaan). (11, s. 79)

4. Kostuta alusta puhtaalla vedellä ennen pohjustusaineen levittämistä. (18; 11, s. 37)
5. Esikäsittele korjattava pinta Velosit CP 201 pohjustusaineella, jotta voit varmistaa parhaan tartuntalujuuden. Levitys ruiskuttamalla: Soveltuvia ruiskutuskoneita ovat esim. - Inotec GmbH: INOMAT-M8. Kaada tuote ruiskun syöttösuppiloon ja ruiskuta yhtenäisellä suihkulla. Velosit CP 201 levitetään yhtenä kerroksena. (15; 11, s. 37)
6. Sekoita Velosit RM 202 korjauslaastiin vettä ohjeen mukaan (2,8–4,0 l / 25 kg säkki), hitaalla sekoitusnopeudella niin, että seoksesta tulee paa-kuton. Tuotteen työstöaika on 60 min n 23 °C:ssa. (18)
7. Levitä ruiskuttamalla: Käytä soveltuvaa ruiskutuskonetta, esim. - PFT GmbH: PFT G4. Sekoituspumppua käyttäessäsi syötä jauhetta syöt-tösuppiloon ja säädä vedensyöttö niin, että saadaan sopiva koostumus. Jos käytät laastipumppua, lisää sekoitettu tuote pumpun syöttösuppiloon kohdassa "Sekoitus" annettujen ohjeiden mukaisesti ja pumppaa jatku-vasti. Käsittele laastipinta ruiskutuksen jälkeen lyhyesti liipalla sileän pin-nan saamiseksi. (18)
8. Jälkihoitoa ei tarvita kuin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa (3–4 tuntia). (18)

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla uusia Velosit-korjauslaasteja Suomen merkkinoilla oleviin korjauslaasteihin, sekä tutkia niiden soveltuvuutta erityisesti korjausrakentamisen kohteisiin.

Vertailu toteutettiin keräämällä Excel-taulukoon valmistajien ilmoittamia sellaisia teknisiä- ja työskentelyominaisuuksia, jotka pystyttiin ilmaisemaan numeroin (lisäksi tieto kuituvahvistuksesta; kyllä/ei).

Vertailuun mukaan otetut neljä Velositin korjauslaastia loistivat kaikki omissa R-luokissaan kärkisijoilla. Tärkeimpinä teknisinä ominaisuuksina, niillä oli todella hyvät puristus-, tartuntalujuudet. Tässä vaiheessa kärkeen erottui seitsemän laastia 25:stä.

Huomioitaessa lisäksi työstettävyysajat, nopea käyttöönotto sekä laaja kerros-paksuuksien vaihtelu, näistä seitsemästä nousi esille viisi parasta korjauslaastia; SikaEmaco S 5440 RS, Velosit RM 202, Velosit RM 203, Velosit RM 205 sekä Velosit RM 208.

Kun mukaan otettiin vielä Velosit-tuoteperheen esittelyssä sekä Velositin valmistajan haastattelussa esille tullut jälkihoidon tarpeettomuus, nämä viisi korjauslaastia erottuivat muista laasteista todella suurella erolla.

Jälkihoidon tarpeettomuus säästää niin kustannuksia, aikaa, kuin luontoa, että vähentää jälkihoidon aikana tapahtuvia riskejä betonin rakenteen vaurioitumisessa.

Tämän tutkimuksen perusteella, kun otetaan huomion sekä vertailutaulukon tulokset, että muilta osin esille nousseen jälkihoidon tarpeettomuus, voidaan todeta, että Velosit-korjauslaastit ovat selkeästi tutkimuksen parhaat korjauslaastit yhdessä SikaEmaco S 5440 RS-laastin kanssa, niin teknisten- ja käyttöominaisuuksien, kuin kustannustehokkuuden osalta.

Velosit-korjauslaastit ovat siis todella tervetullut lisä Suomen korjauslaastimarkkinoille mahdollistaen erilaisten korjauskohteiden nopean käyttöönoton loistavilla ominaisuuksillaan.

Lähteet

- 1 ROTI 2023-raportti: Rakennetun omaisuuden korjausvelka on moninkertaistunut vuosituhanen alusta <<https://www.rakli.fi/rakli-tiedottaa/roti-2023-raportti-rakennetun-omaisuuden-korjausvelka-on-moninkertaistunut-vuosituhanen-alusta/>> Päivitetty 31.01.2023. Luettu 8.1.2025.
- 2 Rakennusteollisuus; Rakentamisen yhteiskunnalliset vaikutukset <<https://rt.fi/tietoa-alasta/tilastot-ja-suhdanteet/rakentamisen-yhteiskunnalliset-vaikutukset/>> Luettu 8.1.2025.
- 3 Huovari Janne, Kurvinen Antti, Lahtinen Markus, Saari Arto ja Sen Tuuli. 2022. Asuinrakennusten korjaustarve 2020-2050, PTT raportteja 276 <<https://www.ptt.fi/julkaisut/asuinrakennusten-korjaustarve-2020-2050>> Luettu 8.1.2025.
- 4 Rakennusteollisuus: Korjausrakentaminen <<https://rt.fi/vaikuttaminen/korjausrakentaminen/>> Luettu 9.1.2025.
- 5 Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. By Betonitekniikan oppikirja 2018. Helsinki: BY-koulutus Oy
- 6 Sayers, Phil. 2019. Betonin kauneus: 8 epätavallista betonirakennusta ympäri maailmaa <<https://www.jpconcrete.co.uk/the-beauty-of-concrete-8-unusual-concrete-buildings/>> Päivitetty 7.10.2019. Luettu 1.2.2025
- 7 Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. By 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu — Opas suunnittelijoille 2024. Helsinki: BY-koulutus Oy
- 8 Hietala, Jasmiina. 2011. Betonilattioiden kutistuman ja halkeilun hallinta <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1103_56-58.pdf>. Luettu 18.2.2025.
- 9 Jokivaara. J. 2024. Opinnäytetyö: Betoniskannerin hyödyntäminen ainetta rikkomattomissa rakenteiden kuntotutkimuksissa <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/868797/Jokivaara_Janna.pdf?sequence=2> Luettu 20.2.2025.
- 10 Alkali-kiviainesreaktio betonissa <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>> Luettu 12.2.2025
- 11 Suomen Betoniyhdistys ry. 2016. By 41 Betonirakentamisen korjausohjeet 2016. Helsinki: BY-koulutus Oy

- 12 Velosit RM 202 -tuotesivu <https://www.velosit.de/en/product/velosit-rm-202_en/> Luettu 12.2.2025
- 13 Suomen standardisoimisliitto SFS Standardi SFS-EN 1504-3
- 14 Velosit yritysesittely <<https://www.velosit.de/en/company/about-us/>> Luettu 17.2.2025
- 15 Velosit CP 201 tekninen käyttöohje <[file:///C:/Users/HP/Downloads/TDS-CP-201_fi%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/TDS-CP-201_fi%20(2).pdf)> Luettu 17.2.2025.
- 16 Velosit RM 202 tekninen käyttöohje <[file:///C:/Users/HP/Downloads/TDS-RM-202_fi%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/TDS-RM-202_fi%20(3).pdf)> Luettu 17.2.2025.
- 17 Velosit RM 203 tekninen käyttöohje <https://www.velosit.de/wp-content/uploads/2024/04/TDS-RM-203_EN_1724.pdf> Luettu 17.2.2025.
- 18 Velosit RM 205 tekninen käyttöohje <[file:///C:/Users/HP/Downloads/TDS-RM-205_fi%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/TDS-RM-205_fi%20(2).pdf)> Luettu 17.2.2025.
- 19 Velosit RM 208 tekninen käyttöohje <https://www.velosit.de/wp-content/uploads/2020/07/TDS-RM-208-EN_2720.pdf> Luettu 17.2.2025.
- 20 Velosit RM 211 tekninen käyttöopas <https://www.velosit.de/wp-content/uploads/2022/10/TDS-RM-211-EN_4122.pdf> Luettu 17.2.2025.
- 21 SikaEmaco S 5440 RS tekninen käyttöohje <<https://fin.sika.com/dam/dms/fi01/c/sikaemaco-s-5440rs.pdf>> Luettu 25.2.2025.

Vertailutaulukko

Vainajala / mote	R-luokka	Pur-fasujuus 2h mpa	Pur-fasujuus 4h mpa	Pur-fasujuus 24 h mpa	Tarttumajuuus (mpa)	Takuvastuuus 2 h mpa	Takuvastuuus 4h mpa	Takuvastuuus 24 h mpa	Takuvastuuus 28vrk mpa	Työskentelyaika (min)	Kerrospakkaus min (mm)	Kerrospakkaus max (mm)	Säkorrasuden väikeu (mm)	Käytelmäpottia - Aain	Käytelmäpottia - Yin	Kuivahästetu
Ardex A 45		25	40				5,00	10,00	15	1,50	5,00	3,50	0,22	5	Ei	
Ardex A 46		10	20	1,50				6,00	15	2,00	30,00	28,00	0,26	5	Ei	
Ardex B 16	R4		48					8,00	80	5,00	70,00	65,00	0,17	5	30 Kyllä	
Asocret-BIS-5/40	R4		14	60	2,00		4,00	9,00	60	5,00	40,00	35,00	0,15	5	30 Ei	
Fescon korjajauslaasti KL 25+	R3		25	1,50				8,00	120	2,00	25,00	23,00	0,14	5	25 Kyllä	
Fescon korjajauslaasti KL 40+	R3		45	1,50					60	2,00	20,00	18,00	0,12	5	25 Ei	
Fescon Korrogard R 0,6 mm	R3		40	1,50					60	2,00	4,00	2,00	0,16	5	Kyllä	
Fescon Korrogard R 1,2 mm	R3		45	1,50					60	3,00	10,00	7,00	0,14	5	Kyllä	
Fescon Korrogard R 3,0 mm	R3		45	1,50					60	5,00	20,00	15,00	0,14	5	Kyllä	
Nafufill KM 250	R4		55	2,00				8,50	45	6,00	100,00	94,00	0,15	5	30 Kyllä	
PCI Nanocret R2	R2		10	25	0,80				60	3,00	100,00	97,00	0,19	5	30 Kyllä	
PCI Nanocret R3	R3		12	35	1,50				45	3,00	45,00	42,00	0,19	5	25 Kyllä	
PCI Nanocret R4	R4		18	50	2,00				45	5,00	50,00	45,00	0,16	5	30 Kyllä	
Sika MonoTop®-4012	R4		19	56	2,00				60	6,00	85,00	79,00	0,15	5	30 Kyllä	
SikaEmaco® S 5440 RS	R4		20	30	2,00			4,40	8,00	6,00	50,00	45,00	0,14	0	30 Kyllä	
SikaQuick®-506 FG	R3		20	45	2,00			2,00	6,00	20	6,00	24,00	0,16	5	30 Kyllä	
Velosit RM 202	R3		15	31	56	2,20		2,00	9,00	40	0,00	100,00	0,17	5	35 Kyllä	
Velosit RM 203	R3		14	36	50	1,60		2,00	9,00	10	0,00	100,00	0,17	5	35 Kyllä	
Velosit RM 205	R4		12	27	50	2,20		3,00	8,00	60	6,00	100,00	0,14	5	35 Kyllä	
Velosit RM 208	R4		21	69	2,00			3,00	10,00	60	6,00	50,00	0,16	5	35 Kyllä	
Weber REP 25+	R3		5	25	1,50				45	5,00	30,00	25,00	0,14	5	Kyllä	
Weber REP 45	R4		10	45	2,00				45	5,00	20,00	15,00	0,16	5	Kyllä	
Weber REP 65	R4			50	2,00				60	5,00	20,00	15,00	0,14	5	Kyllä	
Weber REP 970	R3		25	1,50					45	0,00	5,00	5,00	0,19	5	Ei	
Xypex Megamix II	R4		18	53	2,30			8,20		10,00	50,00	40,00	0,14	3	30 Kyllä	