

3 PAIKKAUSTYÖN LAATUTEKIJÄT

3.1 Paikkausaineiden ominaisuudet

Sillankorjaustöissä on saatu hyviä kokemuksia tielaitoksen siltakeskuksen hyväksymistä kuivatuotteista, jotka sisältävät usein polymeerejä ja mahdollisesti mineraalista seosainetta kuten silikaa. Tuotekohtaisiin ominaisuuksiin on perehdyttävä huolellisesti. Vertailussa on otettava huomioon, että hyvästä massasta tehty raudoituksen betonipeite voi olla ohuempi, jolloin kalliimpi hinta kompensoituu pienemmällä massamäärällä. Työtä varten on laadittava työselitys yhteistoimin tuotteen valmistajan tai maahantuojaan kanssa.

Pienialaiset ja ohuet 6 - 12 mm:n paikkaukset tehdään yleensä paikkaus- ja juotosmassoista ja paksuudeltaan 12 - 25 mm:n paikkaukset paikkaus- ja juotoslaasteista. Paksummat tehdään betonista valamalla tai ruiskuttamalla. Paikkausaineiden ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. Vertailun vuoksi taulukossa on myös betonin arvot. Jos betonirakenteen läpi suotautuu kosteutta, on varottava käyttämästä huomattavasti lujempaa paikkausainetta.

Taulukko 1. Paikkausaineiden ominaisuudet betoniin verrattuna /13/.

Ominaisuus	Yksikkö	Paikkaus- ja juotos- massat	Paikkaus- ja juotos- laastit	Betoni
Puristuslujuus	N/mm ²	55 - 110	10 - 80	20 - 70
Kimmokerroin	kN/mm ²	0,5 - 20	1 - 30	20 - 30
Taivutuslujuus	N/mm ²	25 - 50	6 - 15	2 - 5
Vetolujuus	N/mm ²	9 - 20	2 - 8	1,5 - 3,5
Murtovenymä	%	0 - 15	0 - 5	0
Pituuden lämpötilakerroin	10 ⁻⁶ /°C	25 - 30	8 - 20	7 - 12
Vedenimu 7 vrk +25 °C:ssa	%	0 - 1	0,1 - 0,5	5 - 15
Korkein käyttölämpötila	°C	40 - 80	100 - 300	>300 (riippuu suhteituksesta)
Kovettumisaika +20 °C:ssa	d	0,25 - 2	1 - 7	7 - 28

3.2 Ympäristöluokitus

Sillankorjaustöissä noudatetaan betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevän yleisohjeen /1/ ympäristöluokitusta.

Paikkausaineen lujuusluokka määräytyy rakenteen alkuperäisen suunnittelulujuuden tai rakenteesta mitatun puristuslujuuden mukaan. Apuna voidaan käyttää yleisohjeen /1/ taulukossa 8 esitettyjä lujuuksia. Lujuusluokkavaatimus ei korjaustöissä aina ole ehdoton, jos muut paikkauksen säilyvyy-

den kannalta tärkeämmät ominaisuudet niin vaativat.

Valmiin paikan säilyvyyden kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat pakkasenkestävyys ja mahdollisimman vähäinen kutistuminen. Niitä koskevat vaatimukset on esitetty taulukossa 2. Pakkasenkestävyysluokka määritetään sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten SYL 3:n /4/ mukaan ja vapaa kutistuma ns. naulalevykokeella /18/.

Taulukko 2. Paikkausaineilta vaadittavat ominaisuudet eri ympäristöluokissa.

Ympäristöluokka *)	Pakkasenkestävyysluokka	Vapaa kutistuma
Y1 - 1	P50	≤0,5 ‰
Y1 - 2 ja 3	P30	≤0,75 ‰
Y2 - 1 ja 2	P20	≤1,0 ‰
Y2 - 3	-	-

*) Ympäristöluokkien numerointi on yleisohjeen /1/ ja RakMK B4:n /10/ mukainen.

3.3 Paikkaustyön laatukriteerit

Laatukriteereitä voidaan käyttää paikkaustyön yleissuunnitteluun ja apuna laatuvaatimuksia määrittäessä. Laastipaikkauksen laatukriteereitä on käsitelty myös julkaisussa /14/.

Paikkaustöiden yleiset olosuhdevaatimukset on esitetty kohdassa 3.5. Jos oloja ei saada paikallisin järjestelyin sopiviksi, tulos on varmistettava ennakko-koekokein.

Taulukossa 3 on esitetty paikkaustyön laatuun vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja työssä.

Taulukko 3. Paikkaustyön yleisiä laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi.

LAATUTAVOITTEITA	MENETELMIÄ
Hyvä tartunta alustaan.	Vaurioituneen betonin poisto niin, ettei synny halkeamia. Vesipiikkaus (yli 800 bar) on suositeltavin. Vesipiikkauksen jälkeen suurpainepesu. Muita piikkausmenetelmiä käytettäessä piikkaus on tehtävä tartuntapintaa lähestyttäessä kevyellä piikkausvasaralla tai käsityövälineillä.
	Betonialustan puhdistus irtonaisista aineksista ja epäpuhtauksista. Suihkupuhdistus hiekka- tai vesihiekka ^{*)} -puhalluksella.
	Esikastelu ^{*)} niin, että alusta on riittävästi kostea, muttei liian märkä (kiiltävä). Runsas kastelu vuorokausi ennen paikkausta.
Plastisen halkeilun estäminen.	Kuitujen käyttö. Jälkihierto, jos mahdollista. Ohuet kerrospaksuudet. Jälkihoito tuotekohtaisen ohjeen mukaan
Kuivumisesta johtuvien halkeamien estäminen ^{*)} .	Jälkihoito tuotekohtaisen ohjeen mukaan. Jälkihoitoainetta ei saa käyttää Jälkihierto tai pinnoitus, jos hierto ei ole mahdollista.
Hidas karbonatisoituminen ^{*)} .	Pieni vesisideainesuhde (alle 0,40). Jälkihoito tuotekohtaisen ohjeen mukaan.
Pinnan tummuusvaihtelun vähentäminen.	Ennakkokoe.

^{*)} Ei koske paikkaus- ja juotosmassoja.

3.4 Paikkausaineiden laatuvaatimukset

Sillankorjaustöissä käytetään vain tielaitoksen siltakeskuksen hyväksymiä paikkausaineita. Hyväksyntä perustuu Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennustekniikkayksikön (VTT/RTE) tekemi-

en testien tuloksiin. Testausohje on saatavissa VTT:n rakennustekniikkayksiköstä. Paikkausaineiden laatuvaatimukset ja hyväksyntätestien arvos-
teluperusteet on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Taulukko 4. Paikkauslaastien ja -massojen laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Yksikkö	Vaatus	Menetelmä
Puristuslujuus	MN/m ²	≥20	SFS 4474
Tartuntalujuus	MN/m ²	1,0 + 1,5 ++ 2,0 +++	SFS 5446
Pakkasenkestävyys	rapautuma- %	≤20 + ≤10 ++ ≤ 5 +++	SFS 5449
Kutistuminen	halkeamasumma, mm	<0,9 + <0,5 ++ <0,2 +++	VTT:n rengaskoe
Karbonatisoitumis- nopeus	mm/91 vrk	<10 + < 5 ++ < 2 +++	NT BUILD 357
Tummuuden vaihteluväli	muutos-%	±5	SS 81 20 03

Taulukko 5. Juotoslaastien ja -massojen laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Yksikkö	Vaatus	Menetelmä
Puristuslujuus	MN/m ²	≥50	SFS 4474
Tartuntalujuus	MN/m ²	1,0 + 1,5 ++ 2,0 +++	SFS 5446
Pakkasenkestävyys	rapautuma- %	≤5 + ≤2 ++ ≤1 +++	SFS 5449
Kutistuminen	halkeamasumma, mm	<0,9 + <0,5 ++ <0,2 +++	VTT:n rengaskoe
Karbonatisoitumis- nopeus	mm/91 vrk	<10 + < 5 ++ < 2 +++	NT BUILD 357
Tummuuden vaihteluväli	muutos-%	±5	SS 81 20 03

3.5 Muut vaatimukset

Paikkausaineille ja -työlle voidaan suunnitelmassa asettaa seuraavia lisävaatimuksia:

- Tartuntapinnan vetolujuus.
- Alustan sallittu kloridipitoisuus.
- Tiiviysvaatimus, joka on täsmennettävä laadunvarmistusmenetelmiseen työselityksessä.
- Värisävy.
- Sallittu epätasaisuus.
- Pinnan laadun ennakkokoe.
- Raudoituksen betonipeite.

Raudoitusta suojaavan betonipeitteen on sillankorjaustoissa oltava vähintään 35 mm. Betonipeitteen paksuus voidaan määrätä myös tuotekohtaisesti, jos luotettavalla testillä on osoitettu, että paikkausaineella saavutetaan vähintään tavalliselle betonille määrättyä peitepaksuutta vastaava suojavaikutus. Betonipeitteen on kuitenkin oltava vähintään 10 mm paikkausainekohtaisesti määritettynä. Vaatimukset koskevat myös työteräksiä.

Paikkauskohteen olojen pitää olla seuraavat:

- Ilman ja rakenteen lämpötila vähintään +5°C. Yli +20°C:en lämpötiloja on vältettävä.
- Tuulen nopeus alle 5 m/s.
- Ilman suhteellinen kosteus 60 - 80 %.
- Työtä ei saa tehdä vesisateessa.
- Tartuntapinnan lämpötilan pitää olla 3°C ilman kastepisteen yläpuolella paikkaus- ja juotosmassoja käytettäessä.
- Pintaan ei saa kohdistua suoraa auringonsäteilyä.

4 BETONIN PAIKKAUS

4.1 Betonin korjausperiaatteet ja -menetelmät

Paikkauksen tarkoitus on useimmiten raudoituksen korroosion aiheuttaman paikallisen vaurion korjaaminen ja korroosion jatkumisen estäminen. Korjausperiaatteita ovat /15/

- betonin korjaaminen entiselleen eli raudoituksen uudelleenpassivointi sementtipohjaisella laastilla (R)
- kosteuden säätely eli betonin pinnoitus (W)
- anodisen alueen säätely eli korroosion estäminen teräksen pinnoituksella (C)
- katodinen suojaus (CP).

Korjausmenetelmien periaatteet on esitetty kuvassa 17 /16/.

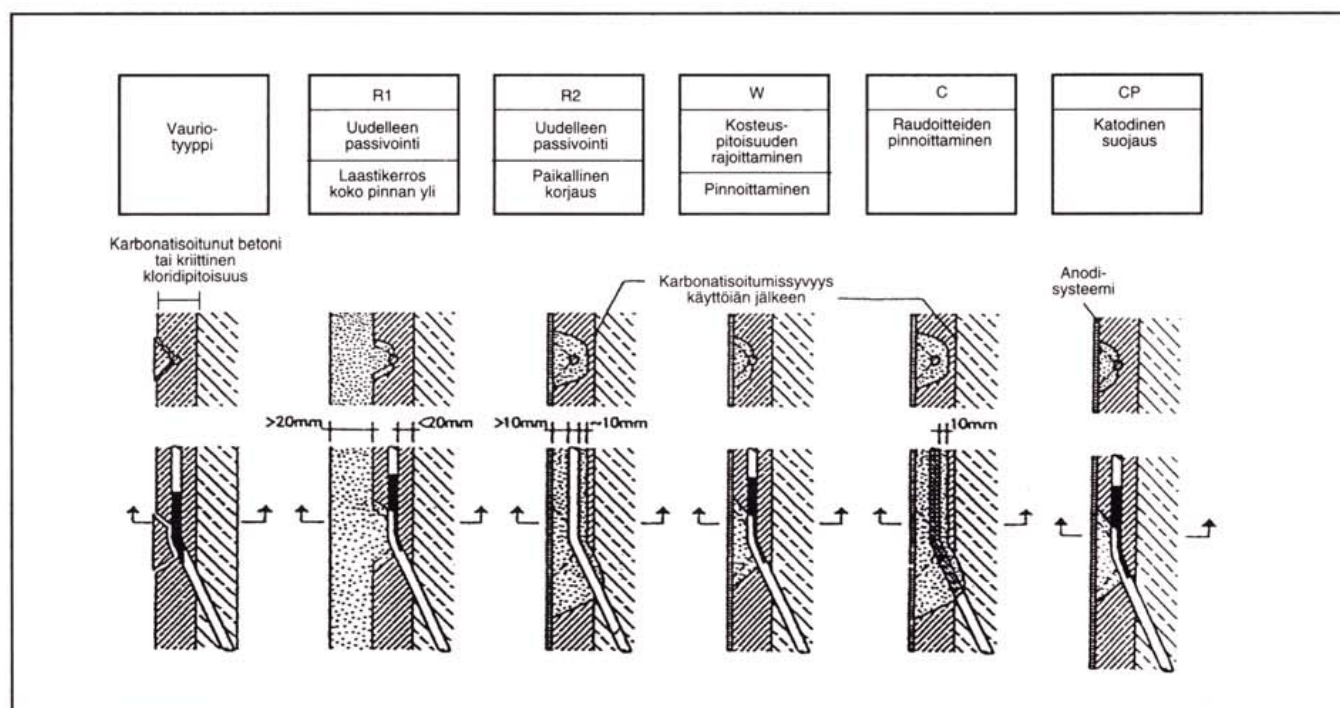
Menetelmä R perustuu emäksisen ympäristön palauttamiseen raudoitustangon ympärille sementti-

pohjaisella korjausmateriaalilla. Menetelmässä ei sallita pinnoitetta, joka estää teräksen uudelleenpassivoitumisen.

Menetelmä W perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen pinnoittamalla siten, että sähkönjohtavuus pienenee niin paljon, että korroosioaste on käytännössä merkityksetön.

Menetelmä C perustuu raudan liukenemisen eli anodireaktion estämiseen pinnoittamalla raudoitustanko eristävällä pinnoitteella.

Menetelmä CP (katodinen suojaus) perustuu ulkoisen jännitteen tai nk. uhrautuvien anodien asentamiseen, jolloin koko suojattava raudoitus toimii katodina eikä korroosiota synny.



Kuva 17. Betonin korjausmenetelmät /16/. Kloridipitoista betonia paikattaessa tiheästi viivoitettu alue tarkoittaa betonia, jossa kriittinen kloridipitoisuus on ylittynyt. Menetelmillä R2, C tai CP.

Korjausperiaatteen valinta riippuu siitä, johtuuko korroosio betonin karbonatisoitumisesta vai liian suuresta betonin kloridipitoisuudesta. Jos korjaus tarve ei johdu raudoituksen korroosiosta, rakenne korjataan karbonatisoituneen betonin paikkausohjeita noudattaen.

Betonin pinnoittamista (W) on käsitelty SILKO-yleisohjeessa 1.251. Katodinen suojaus on suunniteltava ja toteutettava alan asiantuntijan toimesta. Jos raudoituksen betonipeite on laajalla alueella alle 10 mm, paikallista korjausta ei pidä käyttää, vaan pinnalle on levitettävä betoni- tai laastikerros tai pinnoite.

4.1.1 Karbonatisoituneen betonin paikkaus

Yleisin ja suositeltavin karbonatisoituneen betonin korjausperiaate on uudelleenpassivointi sementti-pohjaisella paikkauslaastilla tai betonilla eli mene-

telmä R. Poikkeustapauksessa voidaan käyttää kuvan 17 menetelmiä W tai C. Taulukossa 6 on esitetty yleiset periaatteet näiden menetelmien soveltamisesta.

Taulukko 6. Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset.

1	2	3	4	5	6
Menetelmä	Piikkaustarve		Raudoitustangon pinnoitus	Alkalinen paikkauslaasti	Betonin pinnoitus
	Vain vaurioitunut betoni	Karbonatisoitunut betoni			
R1	x		–	x	
R2		x	–	x	
C		x	x		
W	x				x

x = menetelmäkohtainen vaatimus

– = ei sallittu

Menetelmä R

Karbonatisoituneen betonirakenteen korjaus voidaan tehdä periaatteessa kahdella menetelmällä R1 ja R2, jotka molemmat palauttavat raudoituksen passivoituneeseen tilaan (kuva 17).

Menetelmä R1 soveltuu laajojen betonipintojen korjaukseen. Siinä levitetään vähintään 20 mm:n betoni- tai laastikerros koko korjattavan pinnan yli. Betonin tai laastin pitää olla niin tiivistä, että se ei karbonatisoidu jäljellä olevan käyttöiän aikana.

Paksu betonipeite pienentää betonin kosteuspitoisuutta raudoituksen ympärillä ja tekee mahdolliseksi joissakin tapauksissa betonin uudelleen alkaloitumisen. Tämän johdosta riittää yleensä, että vanha betoni poistetaan vain lohjenneilta ja rikkoontuneilta osiltaan. Jos betoni on karbonatisoitunut raudoitustangon taakse enemmän kuin 20 mm, tanko on piikattava kokonaan esiin.

Menetelmää R1 käytetään yleensä ruiskubetonikorjauksissa, jota on käsitelty SILKO-yleisohjeessa 1.232.

Menetelmä R2 on pienehköjen korroosioaurioiden paikkausmenetelmä karbonatisoituneessa betonissa.

Raudoituksen kanssa kosketuksessa oleva betoni piikataan pois siihen rajaan asti, johon karbonatisoitumisen arvellaan ulottuvan jäljellä olevan käyttöajan aikana riippumatta siitä, onko korroosio alkanut vai ei (kuva 18). Jos pinta suojataan karbonatisoitumista ehkäisevällä pinnoitteella, sen vaikutus voidaan ottaa huomioon piikkaussyvyyttä määritettäessä.

Laastipaikkauksen käyttöikä riippuu korjausaineen tiivyydestä ja ympäröivän alueen betonin karbonatisoitumisesta. SILKO-kokeissa käytettävä paik-

kausaineiden karbonatisoitumisenestokyky on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Betonipeitteen vähimmäispaksuudelle voidaan antaa luokittelun perusteella seuraavat normaaliin betoniin verrattavissa olevat arvot:

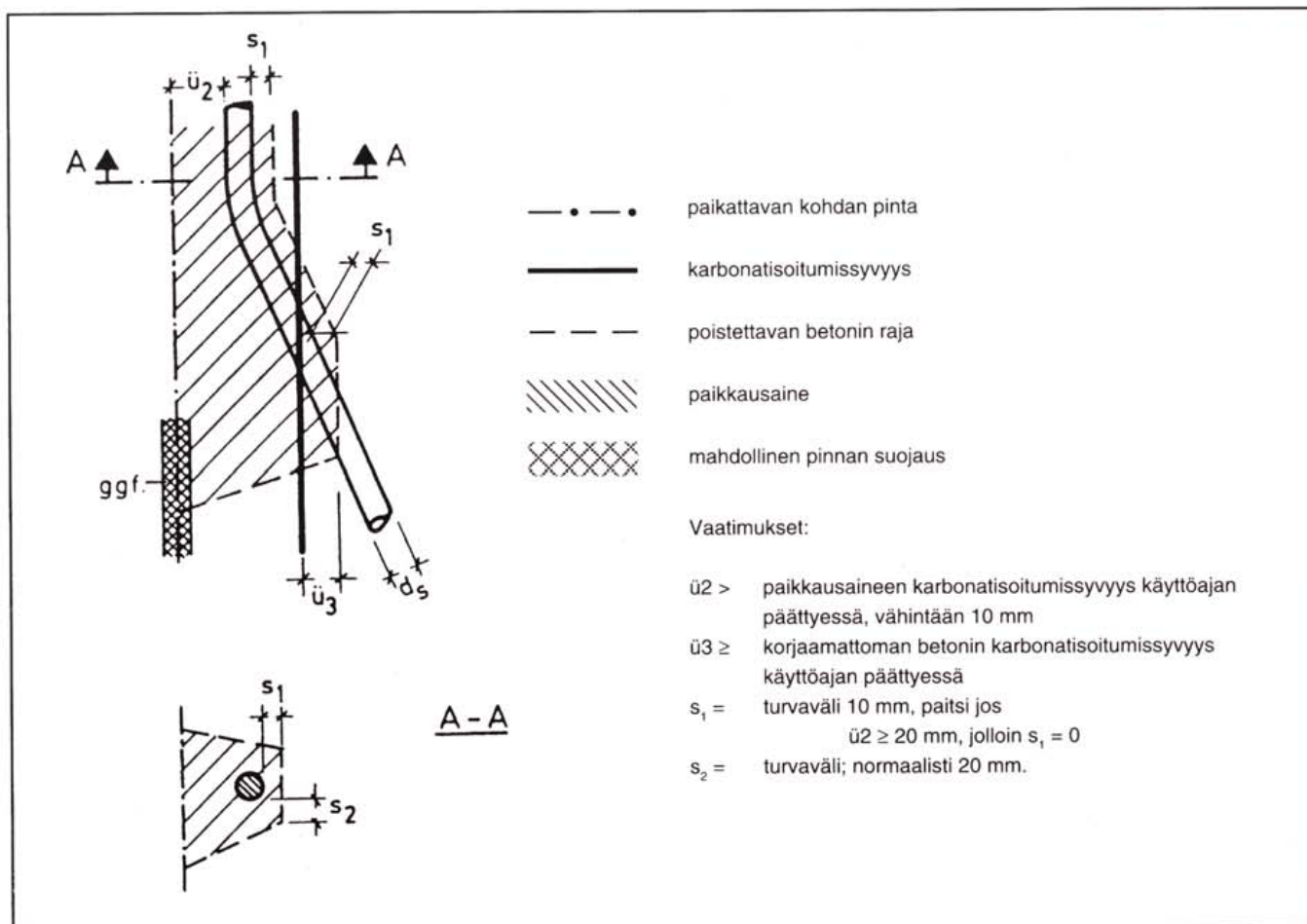
+++ >10 mm

++ >15 "

+ >20 "

Jos ankkurointikapasiteetti tai jännityksen aiheuttama halkeiluvaara vaativat, betonipeitteen on oltava 20 mm.

Raudoituksen pinnalta poistetaan teräsharjalla irtoava ruoste. Ruosteenestoainetta ei saa käyttää ilman paikkausaineen valmistajan lupaa.



Kuva 18. Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä R2 /16/. Raudoitustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 100 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin. Työteknisistä syistä on suositeltavaa, että piikkaus ulotetaan raudoitustangon taakse tangon halkaisijan verran, kuitenkin vähintään 20 mm, vaikka menetelmä R2 sallisi pienemmänkin turvavälin.

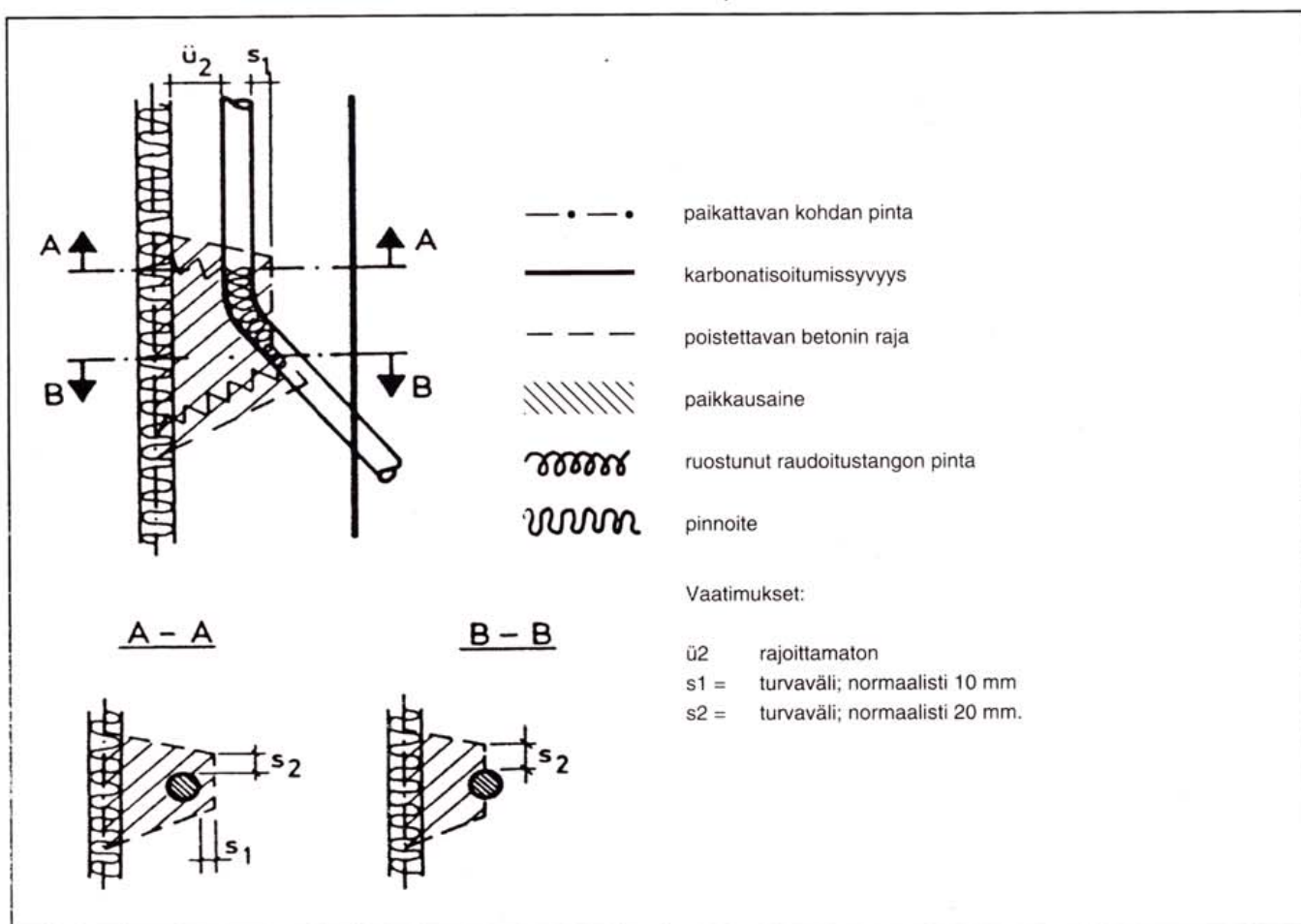
Menetelmä W

Menetelmä perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen pinnoittamalla (kuva 19). Kokemuksen mukaan, jos rakenteen pintaan asennettava pinnoite estää sade- ja roiskevesien tunkeutumisen betoniin, betonin kosteuspitoisuus pienenee ja sähköinen vastus kasvaa niin suureksi, että korroosionopeus karbonatisoituneessa betonissa pienenee lähes merkityksettömäksi. Vaikka menetelmällä ei saada korroosiota täysin pysäytetyksi, voidaan monissa tapauksissa rakenteen jäljellä olevaa käyttöikää kuitenkin pidentää oleellisesti.

Menetelmän käyttöedellytykset ovat seuraavat:

- Pinnoitteen kuntoa seurataan säännöllisesti. Pinnoitteen pitää olla jatkuvasti ehjä ja toimiva.
- Kosteutta ei saa tunkeutua rakenteeseen pinnoitteen alle mistään lähteistä. Käytännössä betonin kosteustila pitää tarkistaa kosteusmittauksin.
- Kuumassa ja kosteassa ilmastossa menetelmää ei saa käyttää. Suomen ilmasto on yleensä sopiva.

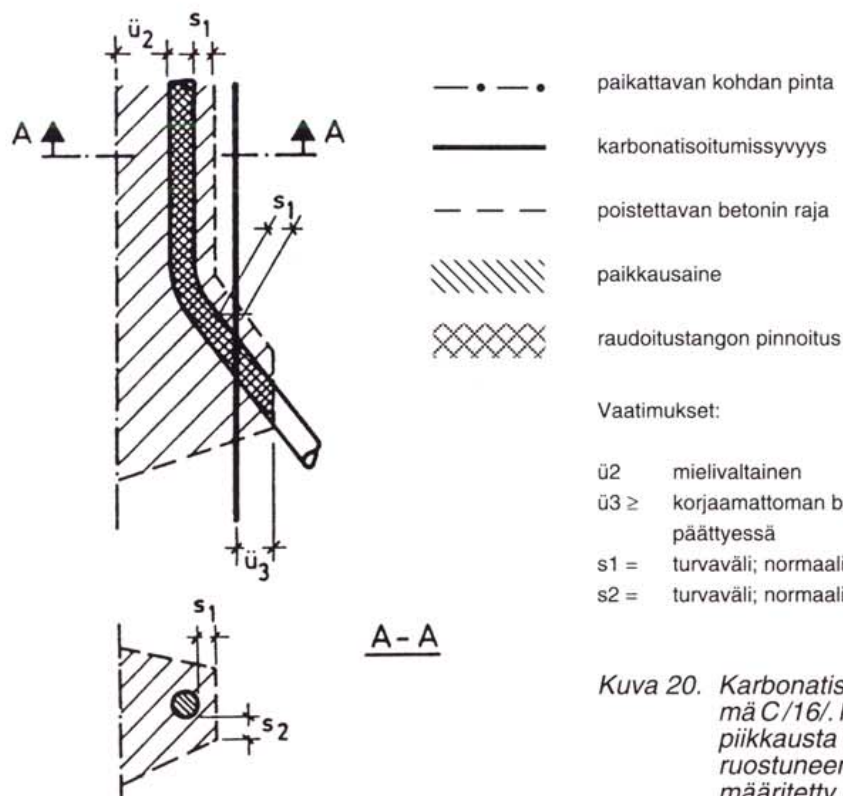
Koska pinnoitteen kunnon ja rakenteen kosteuspitoisuuden seuraaminen on käytännössä hankalaa, W-menetelmää suositellaan vain rajoitettuun käyttöön. Yleensä menetelmää käytetään ainoastaan erityistapauksissa rakenteen jäljellä olevan käyttöiän pidentämiseksi.



Kuva 19. Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä W /16/. Yleensä riittää, että betoni poistetaan piikkaamalla vain jo lohjenneilta ja haljenneilta alueilta kuten menetelmässä R1. Paljastuneiden raudoitustankojen pinnoittaminen ei ole välttämätöntä.

Menetelmä C

Jos betonipeite on paikkauksen jälkeen ohuempi kuin 10 mm, pelkkä laastipaikkaus menetelmällä R2 ei takaa teräksen pysyvää suojausta jäljellä



olevan käyttöiän aikana. Tällöin raudoitustanko on puhdistettava huolellisesti ruosteesta ja pinnoitettava pinnoitteella, joka estää sääle alttiina olevan teräksen korroosion. Menetelmässä sovellettavat suojaetäisyydet on esitetty kuvassa 20.

Vaatimukset:

- u_2 mielivaltainen
 $u_3 \geq$ korjaamattoman betonin karbonatisoitumissyvyys käyttöajan päättyessä
 $s_1 =$ turvaväli; normaalisti 10 mm
 $s_2 =$ turvaväli; normaalisti 20 mm.

Kuva 20. Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä C/16/. Raudoitustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 100 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin.

4.1.2 Kloridipitoisen betonin paikkaus

Kloridien aiheuttamien korroosiovaurioiden korjauksessa on yleisin periaate teräksen pinnoittamiseen perustuva menetelmä C. Poikkeustapauksessa voidaan käyttää myös menetelmiä R ja CP. Taulukossa 7 on esitetty yleiset periaatteet näitä menetelmiä sovellettaessa.

Taulukko 7. Kloridipitoisen betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset.

1	2	3	4	5	6
Menetelmä	Piikkaustarve		Raudoitustangon pinnoitus	Alkalinen paikkauslaasti	Betonin pinnoitus
	Vain vaurioitunut betoni	Kloridipitoisuudeltaan korroosiota aiheuttava betoni			
R1-Cl		x	–	x	x
R2-Cl		x	–	x	x
C		x	x		x
CP	x		–	x ¹⁾	–

x = menetelmäkohtainen vaatimus

– = ei sallittu

1) Lisävaatimus: Laastissa ei saa olla polymeeriä sähköjohtavuutta haittaavassa määrin.

Menetelmä R-CI

Koska kloridipitoista betonia ei voida passivoida uudelleen yksistään saattamalla rauditus alkaliiseen ympäristöön, menetelmän R1 suora soveltaminen kloridipitoiseen betoniin ei ole mahdollista. Jos korroosio on käynnistynyt kloridien vaikutuksesta, kaikki kloridipitoinen betoni on poistettava rauditustangon ympäriltä suojaetäisyydet huomioiden ottaen riippumatta siitä, onko korroosioaurioita näkyvissä.

Menetelmää R2 voidaan periaatteessa soveltaa kuten kohdassa 4.1.1 on esitetty. Tällöin suojaetäisyyksiä arvioitaessa karbonatisoitumissyvyys on korvattava kloridien tunkeutumissyvytydellä, millä tarkoitetaan syvyyttä, missä kloridipitoisuus on nk. kriittistä rajaa 0.03-0.07 % Cl⁻ suurempi happoliukoisena betonin painosta määritettynä. Ruosteen ja kloridien poistamiseksi terästen ympäriltä tarvitaan vesipiikkaus tai suihkupuhdistus.

Jos korroosio on käynnistynyt kloridien vaikutuksesta, otetaan huomioon seuraavat lisävaatimukset (vrt. kuva 18):

- Betonia on poistettava raudituksen takaa kloridipitoisuuden kriittiseen rajaan asti, kuitenkin vähintään 20 mm. Rauditustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 200 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin.
- Betonipeitteen pitää olla aina vähintään 20 mm riippumatta korjauslaastin luokitukselta (vrt. kohta 4.1.1, menetelmä R2). Rakenteen pintaan on levitettävä kloridien tunkeutumisen estävä pinnoite, jotta betoniin ei imeytyisi lisää klorideja ympäristöstä.

Menetelmän R2 käyttö on epävarmaa, koska

- vanhassa rakenteessa oleva kloridi voi liikkua kosteassa betonissa ja siirtyä paikkauslaastiin
- rauditustangon riittävä puhdistus on vaikeaa erityisesti katvepinnoilla
- ulkopuolisen kloridin uudelleentunkeutumisen estäminen rakenteen pinnoittamisella ei ole täysin varmaa.

Näistä syistä suositellaan yleensä menetelmän C käyttöä kloridipitoisen betonin paikkauksissa.

Menetelmä C-CI

Jos korroosio on käynnistynyt kloridien vaikutuksesta menetelmää C sovelletaan kuten kuvassa 20 kuitenkin seuraavin lisäyksin:

- Betonia on poistettava raudituksen takaa kloridipitoisuuden kriittiseen rajaan asti, kuitenkin vähintään 20 mm.
- Rauditustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 200 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin.
- Betonipeitteen vähimmäispaksuus on 10 mm, vaikka rauditustanko suojataan pinnoittamalla.
- Rakenteen pintaan on levitettävä kloridien tunkeutumisen estävä pinnoite, jotta betoniin ei imeytyisi lisää klorideja ympäristöstä.

Rauditus suojataan kohdan 4.3 mukaan.

Menetelmä CP-CI

Jos kloridit ovat tunkeutuneet rakenteeseen siten, että rauditus on laajoilla alueilla kloridipitoisessa betonissa, jonka kloridipitoisuus on ylittänyt kriittisen rajan, pelkästään paikallisilla korjauksilla ei voida pysäyttää korroosiota. Tällöin on käytettävä katodista suojausta pidentämään rakenteen jäljellä olevaa käyttöikää.

Menetelmän CP soveltaminen vaatii aina erikois-asiantuntemusta.

4.2 Tartuntapinnan esikäsittely

Paikan tartuntapinnassa ei saa olla likaa, öljyä tai irtonaisia aineksia. Öljy tai rasva poistetaan ensin kemiallisesti ja sitten piikkaamalla. Lopuksi laajat tartuntapinnat suihkupuhdistetaan. Pölyiset pinnat imuroidaan tai pestään painepesurilla.

Paikkausaineet eroavat toisistaan siinä, että sementtipohjaiset paikkaus- ja juotoslaastit vaativat kostean tartuntapinnan, mutta polymeerisideaineiset paikkaus- ja juotusmassat voidaan yleensä levittää vain kuivalle pinnalle. Paikkausaineet vaativat yleensä tuotekohtaisen tartunta-aineen.

Laastipaikan tartuntapinta kastellaan paikkausta edeltävänä päivänä. Paikkauksen alkaessa pinnan pitää olla kostea, mutta se ei saa olla märkä (kiiltävä). Tartuntalaastikäsittely saattaa olla tarpeen tartuntalujuuden parantamiseksi ohuissa paikkauk-

sissa ja valmistajan määrittelemän paikkausmenetelmän niin vaatiessa. Tartuntalaasti valmistetaan tuotekohtaisen ohjeen mukaan esim. ohentamalla paikkauslaastia.

Massapaikan tartuntapinnan on oltava kuiva, ellei tuotekohtaisesti ole muuta sallittu ja tartuntapinnan lämpötilan pitää olla 3°C kastepisteen yläpuolella. Raudoitustangon paljastuessa menetellään kohdissa 4.1.1 ja 4.1.2 ja paikkausta käsittelevissä korjausohjeissa /3/ esitetyillä tavoilla.

Esikäsittelymenetelmät on esitetty niitä koskevassa SILKO-ohjeessa /7/. Vesipiikkaus on suositeltavin, mutta se on yleensä taloudellinen vasta laajoja pintoja purettaessa. Paikkaus rajataan yleensä suoraviivaisesti sahaamalla.

4.3 Raudoituksen suojaus

Raudoitus puhdistetaan ruosteesta seuraavasti:

- Korjausmenetelmässä R2 (ks. kohta 4.1.1) riittää irtonaisen ruosteen poisto teräsharjalla. Puhdistusasteeksi voidaan tarvittaessa määrätä työselityksessä St 2 (SFS-ISO 8501-1).
- Korjausmenetelmässä C-CI (ks. kohta 4.1.2) raudoitus puhdistetaan suihkupuhdistamalla. Puhdistusastetavoite on Sa 2^{1/2} (SFS-ISO 8501-1).

Korjausmenetelmässä R2 raudoitus käsitellään sementtipohjaisella korroosionestolaastilla tuotekohtaisen ohjeen mukaan. Laasti levitetään yleensä kahtena millimetrin kerroksena. Tuotekohtaisesti saatetaan vaatia erikoislaastin käyttöä.

Korjausmenetelmässä C-CI raudoitus suojataan epoksinpinnotteella tai korroosioinhibiittejä sisältävällä sementtipohjaisella laastilla. Epoksinpinnote sivellään vähintään kahtena kerroksena niin, että kuivan kalvon paksuudeksi tulee vähintään 250 µm.

Korroosionestolaasti levitetään tuotekohtaisen ohjeen mukaan.

Epoksinpinnotteen pitää olla testattu seuraavilta ominaisuuksiltaan:

- korroosionestokyky
- alkalinkestävyys
- siveltävyys
- valumattomuus
- pinnotteen tartunta teräkseen
- paikkausaineen tartunta pinnotteeseen.

Epoksinpinnotetta ei saa sivellä paikan tartuntapinnalle. Raudoitustangon takapinta on suojattava erityisen huolellisesti.

Raudoitusta ei saa pinnoittaa öljy- tai alkydimaalilla, koska ne eivät kestä sementin emäksisyyttä.

4.4 Paikkaustyö

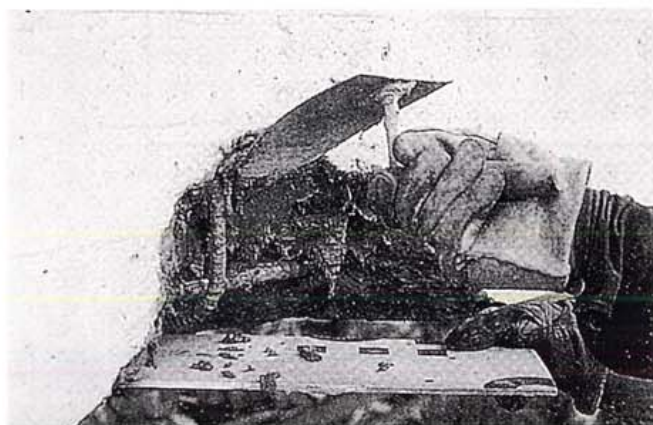
Paikkaustoissa on otettava huomioon seuraavaa:

- Vaurion syy on poistettava tai sen vaikutus on lievennettävä mahdollisimman pieneksi. Paikkaustyön alussa tehdään lisätutkimuksia, jos paikan rajausta ei ole selvä.
- Piikkaus- ja paikkausmenetelmä on valittava vaihtoehtoja vertaillen.
- Paikkausaineen raekoko ja kerralla levitettävän kerroksen paksuus riippuvat toisistaan siten, että kerroksen paksuuden pitää olla vähintään kolme kertaa raekoko.
- Paikkausaineen osa-aineet on sekoitettava tarkoin valmistajan ohjeen mukaan. Suositeltavaa on käyttää valmiiksi annosteltuja pakkauksia.
- Tartuntapinnan kosteus- tai kuivuuksivaatimuksia on noudatettava ehdottomasti. Betoni on kuivaa, jos noin 2 cm syvä lohkaisupinta ei vaalene silmämääräisesti arvioiden lainkaan, kun sitä kuivatetaan esim. kuumailmapuhaltimella. Betoni on kostea, jos pinta on matta ja näyttää kostealta; tällöin pinnalle tiputetut vesipisarot imeytyvät nopeasti huokosiin ja pinta palautuu mataksi. Betoni on märkää, jos sen huokoset ovat vedellä kyllästettyjä ja pinta on kiiltävä.
- Paikkauksen jälkihoito on tehtävä tuotekohtaisen ohjeen mukaan. Laasteja koskevia yleisiä ohjeita on taulukossa 8.

4.4.1 Paikkaus käsityövälineillä

Valumattomat paikkausaineet levitetään yleensä käsityövälineillä (kuvat 2 ja 21). Paikkausaineen sopiva muovailtavuus etsitään työn alussa tehtävällä kokeella. Aineen valmistajan ohjeita on noudatettava ehdottomasti. Etukäteen selvitettäviä asioita ovat

- paikan tartunta alustaan
- kerralla levitettävän kerroksen paksuus
- paikan erottuminen ympäristöstään
- pinnan viimeistely ja jälkihoito.



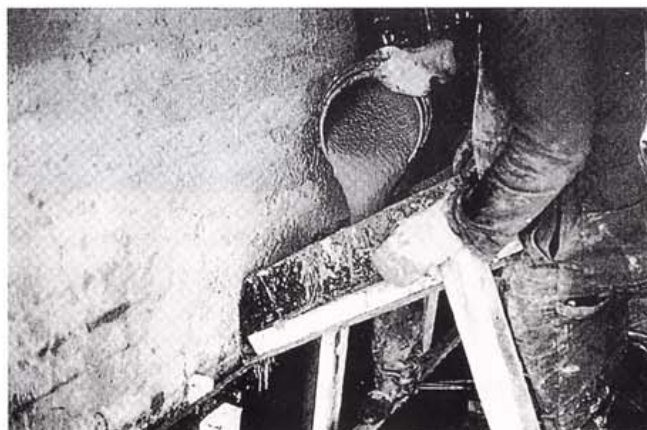
Kuva 21. Valumattoman paikkauslaastin levitystä lastalla

Ensin täytetään paikan reunat. Paikka tehdään hieman liian korkeaksi ja ylimääräinen laasti leikataan pois, kun laasti on hieman vetäytynyt. Pinta viimeistellään kostealla sienellä tai harjalla. Tarvittaessa voidaan käyttää apuna joko kiinteää tai liikuteltavaa muottia, johon paikkausaine sullotaan.

4.4.2 Paikkaus valamalla

Juotoslaastit ja -massat valetaan joko reunoiltaan rajattuun paikkauskohtaan (kuva 3) tai pystypinnoissa muotteihin (kuva 22). Erityisesti huomioon otettavia asioita ovat

- muottien tiiviys
- paikan tartunta alustaan
- oikea notkeus
- paikan jälkihoito.



Kuva 22. Paikkausta juotoslaastilla muotin avulla.

4.4.3 Paikkaus ejektorilla

Ejektorilla ruiskutettava laasti tarttuu hyvin alustaan ja sulloutuu tiiviiksi. Laastin kutistuminen on vähäistä, koska vesisideainesuhde on alhainen. Ejektori on rakenteeltaan yksinkertainen ja sen käyttö on helppo oppia (kuva 23).

Hidastinta käyttämällä laastia voidaan valmistaa esim. päivän tarve. Hidastimen vaikutus on selvitetty ennakkokokeella. Laastiin voidaan sekoittaa muovikuituja.



Kuva 23. Paikkausta ejektorilla.

4.4.4 Jälkihoito

Tuotekohtaisista ohjeista ei saa poiketa. Juotos- tai paikkauslaastista tehdyn paikkauksen jälkihoito on tehtävä aineen valmistajan ohjeen mukaan, muuten kuivumiskutistuminen aiheuttaa halkeamia. Juotos- ja paikkausmassat eivät vaadi jälkihoitoa esim. kastelemalla, koska sideaine on polymeeri. Jälkihoitoaika pitenee sementin osuuden kasvaessa. Ohjeellisia jälkihoitoaikoja on esitetty taulukossa 8.

Jälkihoidolla estetään veden liiallinen haihtuminen, luodaan edellytykset riittävän tartunnan kehittymiselle rajapinnassa ja vähennetään kutistuman määrää. Jälkihoitomenetelmiä ovat yhdessä tai erikseen

- vesisumutus (ei kastelua suoraan letkusta)
- vesitiiviit tai vedellä imeytetyt peitteet
- jälkihoitoaineet
- muottien kastelu.

Jälkihoitoaineen käyttö ei ole paikkauksissa suositeltavaa. Missään tapauksessa niitä ei saa käyttää välikerroksissa. Aineen on oltava tielaitoksen hyväksymä.

Taulukko 8. Sementtipohjaisten paikkausaineiden jälkihoitoajat /5/.

Polymeeripitoisuus	Sääolot	Sääolot
	Auringolta suojattu. Tuulen nopeus <2 m/s. Lämpötila 5 - 20 °C.	Auringolta suojaamaton. Tuulen nopeus >2 m/s. Lämpötila >20 °C.
0 % (sementtilaasti)	7 vrk	14 vrk
1 - 5 % (PMC)	4"	7"
5 - 25 % (PCC)	2"	4"

5 LAADUNVARMISTUS

5.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet

Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia niitä ennalta suunniteltuja järjestelmällisiä toimia, joilla varmistetaan mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän hyvä lopputulos.

Betonipinnan paikkauksen laadunvarmistuksen tavoite on

- valmistaa ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin vanhaan rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopiva paikkaus

- riittävän hyvän tartunnan aikaansaaminen alusbetonin ja paikkauksen välille.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, ennakkokokeiden, työnopastuksen ja työnaikaisten mittauksen ja kokeiden avulla. Mittaus- ja testaustulokset taltioidaan kelpoisuusraporttiin.

5.2 Korjaajan pätevyys

Korjaustyön johtajalla on oltava vähintään rakennusmestarin koulutus ja mieluiten korjaustyön johtajan pätevyys. Jos työ urakoidaan, rakennuttajan valvojan pätevyysvaatimukset ovat samat.

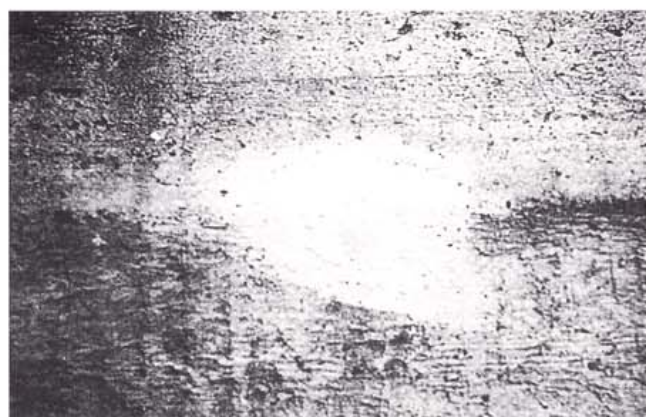
Paikkaustyön tekijältä suositellaan vaadittavaksi työnäyte, ellei pätevyys ole todettavissa esim. koulutuksen perusteella saadusta lisenssistä.

5.3 Korjaustyön valmistelu

Ennakkokoe on tarpeen, jos esim. paikan ulkonäkö tai erottuminen ympäristöstään on selvitettävä (kuva 24). Tällöin tehdään vertailupinta, jonka rakennuttaja hyväksyy. Ennakkokoea vastaavat tiedot voidaan hankkia aikaisemmin tehdyistä korjaustöistä, jotka on tehty vastaavissa oloissa samalla paikkausaineella.

Kuivumiskutistuma määritetään kulmamuotti- tai naulalevymenetelmällä /17/ ja /18/. Naulalevymenetelmä on suositeltava. Kutistuma saa olla viikon kuluttua 0,5 %, kahden viikon kuluttua 0,7 % tai neljän viikon kuluttua 1,0 %.

Lisäaineiden käyttö on aina erikseen selvitettävä ja niiden vaikutus on osoitettava ennakkokokein.



Kuva 24. Ympäristöstään häiritsevästi erottuva paikkaus.

5.4 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Työnaikaisen laadunvarmistuksen tarkoitus on varmistaa, että

- vaurioitunut betoni poistetaan
- tartuntapinnat puhdistetaan ja esikäsitellään oikein
- paikkausaineita käytetään käyttöohjeiden mukaan sallituissa oloissa
- jälkihoito tehdään oikein.

Isoissa korjaustöissä laadunvarmistustoimet määritetään työselityksessä. Kutistuma- ym. testien lukumäärä ilmoitetaan pinta-alaan tai työvuoroon ver-

rattuna. Sääolot kirjataan ainakin työvuoron alussa ja lopussa. Erityisesti on valvottava, että laastia valmistettaessa käytetään oikea määrä vettä. Laasteissa käytettävä vesi ei saa sisältää humusta. Jos vesijohtovettä ei ole saatavissa, on selvitettävä, että vesi täyttää kloridien ja puhtauden osalta betoninormien /10/ vaatimukset. Merivettä ei saa käyttää.

Paikkaustöistä täytetään työvuoroittain pöytäkirja (liite).

5.5 Kelpoisuuskokeet

Tartuntavetolujuus vanhaan rakenteeseen tutkitaan standardin SFS 5445 tai 5446 mukaan. Tartuntalujuus mitataan ensimmäisen 1 m²:n alalta ja sen jälkeen jokaiselta alkavalta 10 m²:ltä. Tartuntalujuuden pitää olla 1,5 N/mm², ellei työselityksessä määrätä toisin. Jos vetokokeita ei kohteen pienuu-

den vuoksi tehdä, tartunta tarkastetaan koputtelemalla.

Työn lopputarkastuksessa tarkistetaan, ettei paikauksissa ole halkeamia, valuvikoja tai muita vaurioita.

5.6 Kelpoisuusraportti

Siltojen korjaustöistä tehdään uudisrakentamisen tapaan kelpoisuusraportti. Kaikista korjaustyön vaiheista on hankittava sellaiset tiedot, joilla voidaan osoittaa, että rakenteilla on ne ominaisuudet, joita suunnitelma ja työselitys edellyttävät.

Kelpoisuusraporttiin merkitään tiedot käytetyistä materiaaleista ja muista tarvikkeista sekä tärkeimmistä työvaiheista, tarkastuksista ja työn lopputuloksesta. Raporttiin liitetään koestustodistukset ja

muu kelpoisuutta osoittava aineisto sekä korjaustyön aikaiset työsuunnitelmat ja eri työvaiheista tehty laadunvalvontapöytäkirjat. Kelpoisuusraportti voidaan koota työvuoroittain laadittavista pöytäkirjoista, joihin liitetään muu em. aineisto.

Alkuperäinen kelpoisuusraportti liitteineen taltioidaan piirin siltatiedostoon ja kopio siitä lähetetään tiemestaripiiriin.

6 RINNAKKAISET OHJEET

6.1 Standardit

SFS 3165. Rakennussementit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1993. 7 s.

SFS 4474. Betoni. Puristuslujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 4 s.

SFS 5445. Betoni. Vetolujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 2 s.

SFS 5446. Betoni. Tartuntalujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 2 s.

SFS 5447. Betoni. Säilyvyys. Jäädytys-sulatuskestävyys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 2 s.

SFS 5449. Betoni. Säilyvyys. Pakkas-suolakestävyys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 3 s.

SFS-ISO 8501-1 Teräspintojen käsittely ennen pinnoitusta maalilla ja vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden visuaalinen tarkastelu. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsitteilyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1990. 10 s.

NT BUILD 357. Concrete, repairing materials and protective coating: Carbonation resistance. Espoo: Nordtest, 1989. 3 s.

SS 13 72 44. Betongprovning. Hårdnad betong. Frostresistens. Standardiseringskommissionen i Sverige, 1988. 6 s.

SS 81 20 03. Gråskala för klassifiering av betongytors ljushet. Standardiseringskommissionen i Sverige, 1986. 3 s.

6.2 Muut ohjeet

- /1/ Betonirakenteet. Betoni sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus 1987. 39 s. (SILKO 1.201) TVH 730095 - 1.201.
- /2/ Betonirakenteet. Polymeerit sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tiehallitus 1990. 33 s. (SILKO 1.202) TVH 730095 - 1.202.
- /3/ Betonirakenteet. Paikkaus ilman muotteja. Helsinki: Tiehallitus, 1992. (SILKO 2.231) TIEL 2230096 - 2.231.
- Betonirakenteet. Paikkaus muottien avulla. Helsinki: Tiehallitus, 1992. (SILKO 2.232) TIEL 2230096 - 2.232.
- Betonirakenteet. Korjaus ejektoimalla. Helsinki: Tielaitos, 1995. (SILKO 2.233) TIEL 2230096 - 2.233.
- /4/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Betonirakenteet - SYL 3. Helsinki: Tielaitos 1996. ISBN 951-726-418-3. TIEL 2210005-96.
- /5/ Betonirakenteiden korjausohjeet. by 41. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 1995. 90 s. ISBN 951-9365-71-0.
- /6/ Lindberg, Ralf. Betonirakenteen korjaaminen laastipaikkauksella vaatii kunnollisen tartunnan. Betoni 3/94. s. 20 - 21.
- /7/ Betonirakenteet. Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät. Helsinki: Tiehallitus 1991. 30 s. (SILKO 1.203) TVH 730095 - 1.203.
- /8/ Tukitelineet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 147 - 1993. ISBN 951-758-307-9.
- Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta. Vnp 629/94.
- Työ- ja suojatelineohjeet (standardit) Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 142 - 1984.
- /9/ Henkilönostoja koskeva valtioneuvoston päätös 325/86.
- Työministeriön esite 53. Siirrettävät henkilönostimet. Turvallisen käytön ohjeet.
- Työministeriön esite 40. Henkilönostimet ja niiden tarkastukset.
- /10/ Betonirakenteet 1987, muutettu 1989, 1990 ja 1993. Ympäristöministeriö 1993. Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) ohjeet B4.
- /11/ Raudotteiden korroosio karbonatisoituneessa betonissa ja karbonatisoitumisesta aiheutuneiden korroosioaurioiden korjaus. Espoo: VTT, Rakennusmateriaalilaboratorio, 1993. Tutkimusselostus n:o RAM1393/93. 40 s.
- /12/ Betonin kiviainesohjeet 1990. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y., by 33. 39 s. ISBN 951-9365-45-1.
- /13/ Shaw J D N, The use of Polymers in Concrete Repair. Rickmansworth: June/July 1983, August 1984. 8 pages.
- /14/ Ulkobetonirakenteiden korjaustuotteet. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, 1993. Julkaisu 34. 47 s. ISBN 951-22-1425-3.
- /15/ General Principles for the Use of Products and Systems. European Standard: CEN TC 104 / SC 8 / WG 7, Draft 13, March 1995.
- /16/ Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages.
- /17/ Betonin korjausten ennakkokokeet. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, 1993. Julkaisu 38. 41 s. ISBN 951-22-1776-7.
- /18/ P. Kokko, Licensiaattityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1996.

LIITE: PÖYTÄKIRJAMALLI

1. Olosuhteet		Ilma klo 8.00 / klo 13.00				Sillan nimi		Nro	
Pvm.	Lämpötila	Suht. kosteus	Kaste-piste	Tuulen nopeus	* Muut olosuhteet	2.	Rakenne	Työvalhe	Laaajuus
						A			

* A=aurinkoista, PP=puolipilvistä, P=pilvistä, T=tiuku, S=sade

3. Alusta ennen käsittelyä		4. Esikäsittely		5. Korjaus	
2. Lämpötila	Suht. kosteus	Menetelmä	Pvm / klo	Materiaali	Menetelmä
A					

6. Jälkihoito		7. Laadunvarmistus		Korjattava	
2. Lämpötila	Suht. kosteus	Menetelmä	Pvm.	Tulokset	Hyväksytty
A					

Pvm.

Työnjohtaja

Valvoja

Huom.