

3 BETONIN SUOJAUSTYÖN SUUNNITTELU

3.1 Suojattavan rakenteen tarkastus

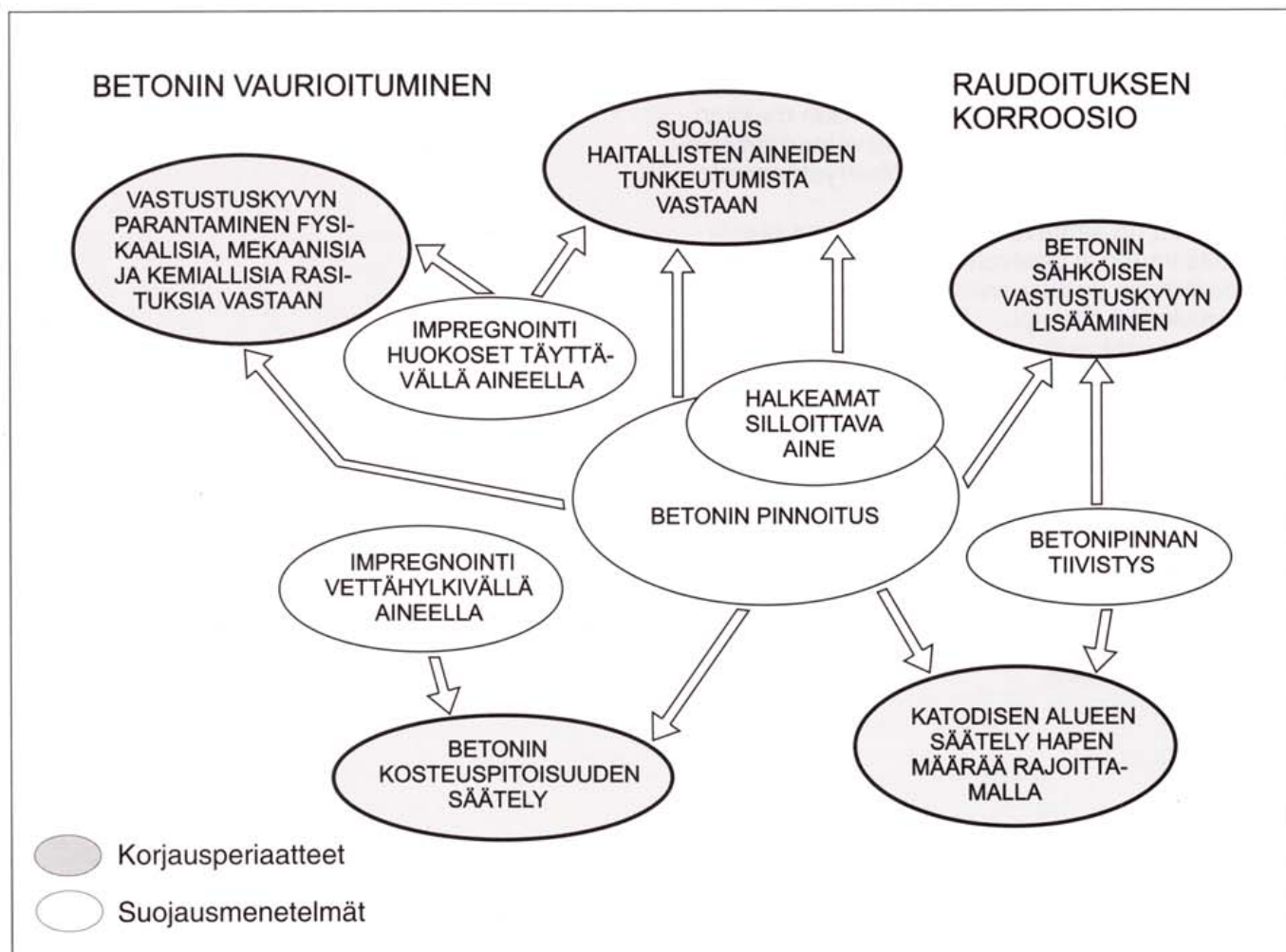
Betonin vaurioita voidaan todeta näköhavainnoin-
kin, mutta mittauksin on selvítettävä

- betonin karbonatisoituminen ja kloridipitoisuus
- raudoituksen betonipeite ja korroosiotila
- rakenteen kosteustila ja mahdolliset kosteuslähteet ja -liikkeet.

Erikoistarkastus tehdään sillantarkastusohjeen (TIEL 2232219) mukaan. Jos pinta on halkeillut verkkomaisesti, betonin pakkasenkestävyys on yleensä selvítettävä. Erittäin tärkeitä on selvittää rakenteellisissa halkeamissa tapahtuvat liikkeet.

3.2 Suojaustyön periaateratkaisun teko

Betonin korjaamisen periaatteita käsittelevän eu-rooppalaisen standardin /14/ mukaan betonin korjausperiaatteet ja suojausmenetelmät ovat kuvan 20 mukaiset. Suojausmenetelmää valittaessa on otettava siltakohtaisesti huomioon myös töherryksen esto ja poisto, joita on käsitelty kohdassa 2.4.



Kuva 20. Betonin korjausperiaatteet ja suojausmenetelmät /14/.

Betonin suojaaminen pinnoittamalla rinnastuu vaihtoehtoihin tai täydentäviin betonin korjausmenetelmiin kuvan 21 esittämällä tavalla /15/. Kuvan 21 korjausperiaatteet ovat eurooppalaiseen standardiin /14/ verrattuna

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

Menetelmä R perustuu emäksisyyden palauttamiseen raudoitustangon ympärille sementtipohjaisella korjausmateriaalilla. Menetelmässä ei sallita raudoitustangon pinnoittamista, jos se estää teräksen uudelleenpassivoitumisen.

Menetelmä W perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen pinnoittamalla. Pinnoituksella pienennetään sähkönjohtavuutta niin paljon, että korrosioaste on käytännössä merkityksetön.

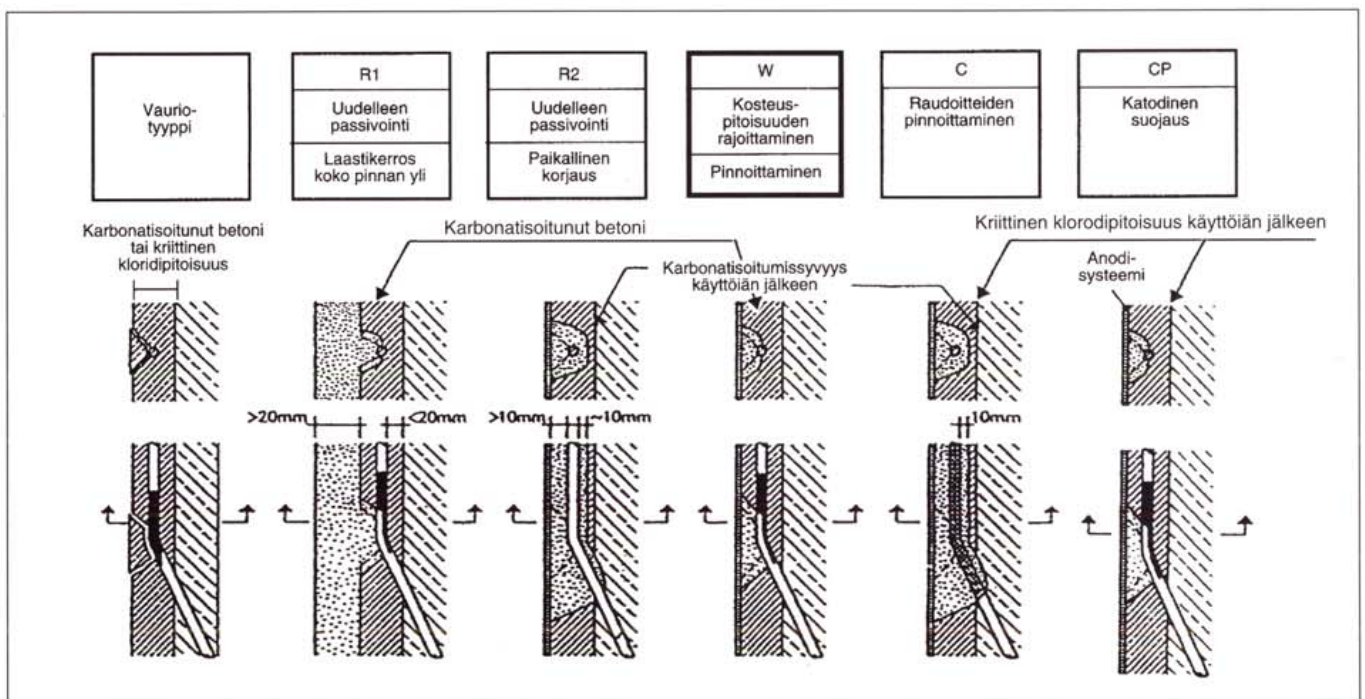
Menetelmä C perustuu raudan liukenemisen eli anodireaktion estämiseen raudoitustangon eristävän pinnoitteen avulla.

Menetelmä CP perustuu ulkoisen jännitteen tai nk. uhrautuvien anodien asentamiseen, jolloin koko suojattava rauditus toimii katodina eikä korrosiota synny.

Korjausperiaate (kuvat 21 ja 22) valitaan sen mukaan, johtuuko korrosio betonin karbonatisoitumisesta, liian suuresta betonin kloridipitoisuudesta vai betonin huonosta pakkasenkestävyydestä.

Suomessa tähän asti saatujen kokemusten perusteella korjausperiaatteista voidaan antaa seuraavia ohjeita:

1. Betonipinnan suojaustyön tarkoitus uuden rakenteen säilyvyyden kannalta on useimmiten raudoituksen korroosion ennaltaehkäisyminen eli impregnointi.
2. Jos uuden rakenteen raudoituksen betonipeite on jäänyt liian ohueksi, tilanne saadaan hallintaan suojausmenetelmillä (W). Myöhemmin suojaus sopii yleensä vain karbonatisoituneen betonin kestoajan pidentämiseen eli korroosion jatkumisen estämiseen, jolloin on harkittava suojauksen yhdistämistä uudelleenalkalointiin.
3. Jos raudoituksen korrosio on käynnistynyt tai käynnistymässä laajoilla alueilla betonin kloridipitoisuuden vuoksi, joudutaan yleensä turvautumaan katodiseen suojaukseen (CP). Katodinen suojaus voidaan toteuttaa mm. anodi-maalin avulla. Lievissä tapauksissa saattaa olla mahdollista käyttää massaan sekoitettavia tai rakenteeseen impregnoitavia inhibiittoreita. Paikallisesti, esim. halkeaman kautta rakenteeseen tunkeutuneiden kloridien aiheuttama korrosiovaurio voidaan korjata pinnoittamalla raudoitustanko (C) ja paikkaamalla betoni.
4. Jos vaurion syy ei ole raudoituksen korrosio vaan esimerkiksi betonin huono pakkasenkestävyys, rakenne korjataan karbonatisoituneen betonin paikkausohjeita noudattaen. Betonin uudelleenpassivointia (R1 ja R2) on käsitelty SILKO-yleisohjeissa 1.231 ja 1.232. Betonia joudutaan yleensä paikkaamaan ennen suojausta. Jos raudoituksen betonipeite on laajalla alueella alle 10 mm, paikallista korjausta ei pidä käyttää, vaan pinnalle on levitettävä betoni- tai laastikerros ennen suojausta.



Kuva 21. Betonin korjausmenetelmät /15/.

Päätöksenteon pohjaksi on tehtävä koko alueen kattava erikoistarkastus, jossa selvitetään betonin laatu ja kosteustila, raudoituksen betonipeite ja potentiaali sekä betonin karbonatisoituminen ja kloridipitoisuus. Erikoistarkastuksen perusteella määritetään mitä ominaisuuksia suojaukselta vaaditaan ja mitkä ovat suojattavan rakenteen fysikaaliset ominaisuudet ja rajoitukset. Valittu suojaus on annettava alan asiantuntijoiden suunniteltavaksi ja toteutettavaksi. Taulukossa 4 on esitetty yleiset periaatteet näiden menetelmien soveltamisesta.

Taulukko 4. Betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset.

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
CP	x		-	x	

x = menetelmäkohtainen vaatimus

- = ei sallittu

tyhjä ruutu = ei vaadittu

Jos raudoituksen korroosio on laajemmin käynnissä, betonipinnan suojausmenetelmiä saa käyttää vain erityistapauksissa rakenteen jäljellä olevan käyttöiän pidentämiseksi. Muissa tapauksissa niitä käytetään siltarakenteissa seuraavasti:

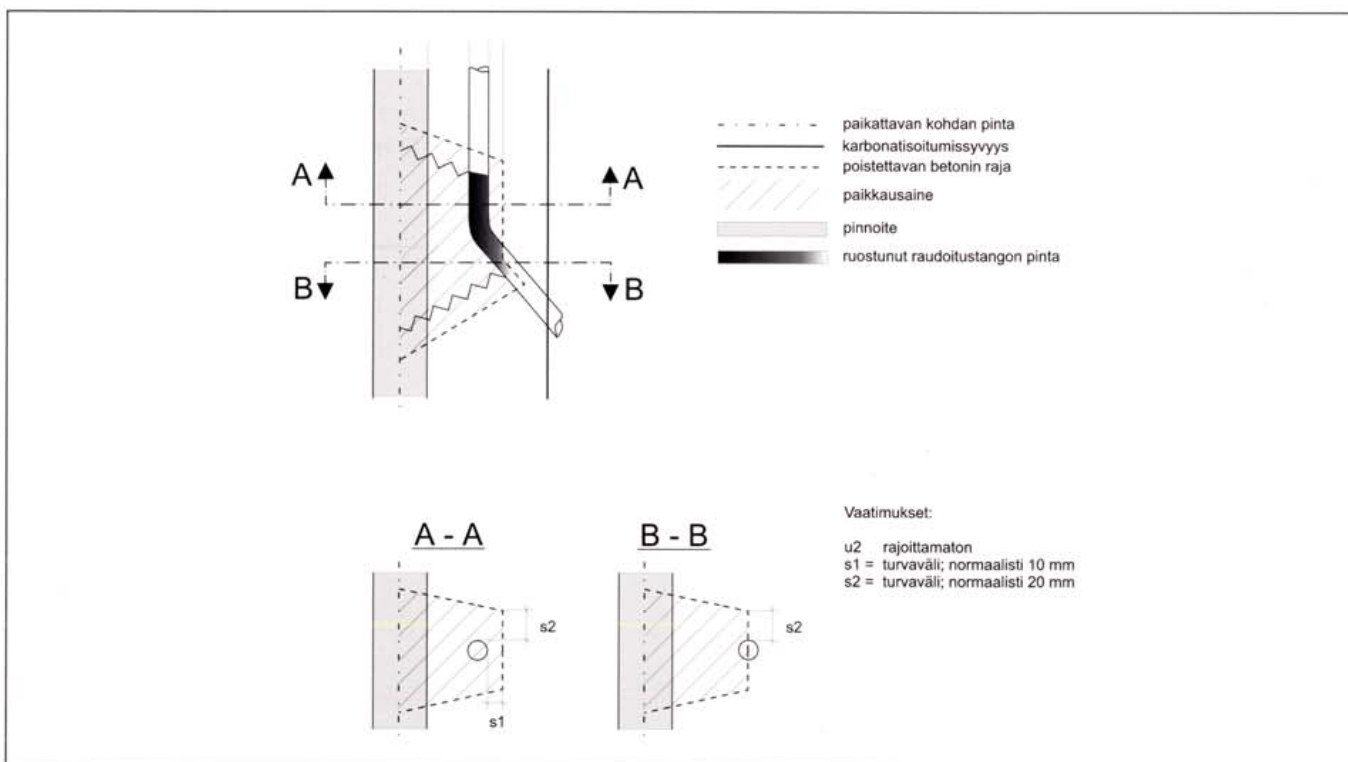
- Impregnointiaineilla estetään kloridien tunkeutumista betoniin.
- Tiivistysaineilla estetään kosteuden epätoivottavaa kulkeutumista rakenteessa ja parannetaan kulutuksenkestävyyttä.
- Pinnoitteilla estetään haitallisten aineiden ja kaasujen tunkeutumista betoniin ja parannetaan sillan ulkonäköä.

Yleisin ja suositeltavin karbonatisoituneen betonin korjausperiaate on uudelleenpassivointi sementtipohjaisella paikkauslaastilla tai betonilla eli menetelmä R. Pinnoittaminen (W) on yleensä sen vaihtoehto, jos karbonatisoituminen ei ole saavuttanut raudoitusta.

Rakenteen pinnoitus eli menetelmä W (kuva 22) perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen. Sillä estetään sade- ja roiskevesien tunkeutuminen betoniin, jolloin betonin kosteuspitoisuus pienenee ja sähköinen vastus kasvaa kokemuksen mukaan niin suureksi, että korroosionopeus pienenee karbonatisoituneessa betonissa lähes merkityksettömäksi. Vaikka menetelmällä ei saada korroosiota täysin pysäytetyksi, voidaan monissa tapauksissa rakenteen jäljellä olevaa käyttöikää kuitenkin pidentää oleellisesti. Betoni pinnoitetaan SILKO-ohjeen 2.253 mukaan.

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.
- Menetelmää ei saa käyttää kuumassa ja kosteassa tilassa tai ilmastossa. Suomen ilmasto on yleensä sopiva.



Kuva 22. Karbonatisoituneen betonin suojausmenetelmä W /15/. Yleensä riittää, että betoni poistetaan piikkaamalla vain jo lohjenneilta ja haljenneilta alueilta. Paljastuneiden raudoitustankojen pinnoittaminen ei ole välttämätöntä. Työteknisistä syistä on suositeltavaa, että piikkaus ulotetaan raudoitustangon taakse tangon halkaisijan verran, kuitenkin vähintään 20 mm, vaikka menetelmä W sallisi pienemmänkin turvavälin.

Halkeamien silloituskyky on usein tärkeä pinnoitteen ominaisuus, koska siltarakenteissa on lähes aina eri syistä johtuvia halkeamia. Pinnoitteet voidaan jakaa taulukon 5 mukaisiin luokkiin halkeamien silloituskyvyn perusteella /16/.

Taulukko 5. Halkeamien silloituskykyluokat /16/.

Luokka	Silloituskyky	Halkeamatyyppi	Pinnoite ja paksuuden ohjearvo
1	Hyvin vähäinen	Olemassa olevat hius-halkeamat, joiden maksimilämpöliike on 0,1 mm	300 µm:n akrylaattidispersio tai 2000 µm:n polymeerimofioitu sementtipinnoite
2	Vähäinen	Olemassa olevat ja uudet kutistumishalkeamat, joiden maksimi lämpöliike on 0,15 mm	Kuten luokka 1
3	Keskin-kertainen	Olemassa olevat ja tulevat halkeamat, joiden maksimilämpöliike on 0,3 mm	1 mm:n polyuretaani
4	Keskin-kertainen	Kuten luokka 3, kuitenkin sekä lämpöliikkeestä että kuormituksesta johtuvat halkeamat	3 - 5 mm:n polyuretaani tai epoksi
5	Hyvä	Kuten luokka 3, mutta maksimilämpöliike 0,4 mm	Kuten luokka 4
6	Hyvä	Kuten luokka 4, mutta maksimikuormitus- ja lämpöliike 0,4 mm	Kuten luokka 4
7	Erittäin hyvä	Kuten luokat 5 ja 6, mutta halkeamaleveys voi olla maksimissaan 1 mm	2 mm:n polyuretaani

Jokaiseen luokkaan määrätään ehdot, jotka testataan EN-testausstandardin 1062-7 mukaan.

3.3 Suunnitelman laatiminen

Suojaus tehdään yleensä sillan peruskorjauksen tai muun suuremman korjaustyön yhteydessä tai uudelle sillalle, jos

- reunapalkki suojataan
- betonipeite on jäänyt liian ohueksi ja betonin karbonatisoituminen ei ole saavuttanut raudoitusta
- rakenteen pintaan ilmestyy heti valun jälkeen halkeamia huonon tiivistyksen, puutteellisen jälkihoidon, plastisen painuman tai kutistumisen seurauksena
- rakenne suojataan töherryksiä vastaan
- ulkonäköä halutaan parantaa.

Jos rakenteen läpi suotautuu kosteutta ja pintaan alkaa ilmestyä halkeamia, rakenne voidaan useimmiten suojata pinnoittamalla, kunhan sitä ennen estetään vesi- ja kosteusvuodot. Pinnoitus tehdään 1 - 3 vuoden kuluttua siitä, kun rakennekosteus on asettunut uuteen tasapainotilaan. Menettelyä voidaan soveltaa mm. kansilaattoihin ja maatumien etumuuereihin.

Ulkonäköä parantamaan tarkoitettu pinnoite on valittava niin, että sillä on myös rakennetta suojaava vaikutus.

Suunnittelun tärkein vaihe on suojausmenetelmän valinta. Menetelmä ja aineet on valittava siten, että vaurion syy tulee poistettua. Suoja-ainehjeissa (SILKO 3.252 ja 3.253) on eri pinnoitteiden ominaisuuksia esittelevät taulukot. Niistä saa karkean kuvan suoja-aineista. Lopullista valintaa varten tarvittavia tarkempia tietoja on saatavissa

- suoja-aineiden myyjiltä saatavista SILKO-tutkimusten raporteista, joiden tiedot ovat yhteismitallisia
- valmistajien esitteistä ja tutkimusraporteista, joiden suhteen on kuitenkin otettava huomioon, että eri tahoilla käytetyt tutkimusmenetelmät poikkeavat yleensä toisistaan.

Jos alueella esiintyy töherryksiä, niiden helppo poistettavuus on etu pinnoitevalinnassa. Pinnoitteen värisävy valitaan piirin maisemanhoidosta vastaavien kanssa. Harmaasta poikkeavien värien käyttö on suotavaa silloin, kun ne sopivat harmonisesti sillan ympäristöön.

Ruiskubetonointi on usein vaihtoehtoinen korjausmenetelmä, johon pinnoitusta on verrattava säilyvyyden, ulkonäön ja kustannusten suhteen.

Työselityksessä pitää esittää ainakin

- laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimet
- purettavien osien rajat ja suositeltava purkamismenetelmä
- teline-, suojaus- ja muottirakenteet
- paikkausaineet
- suojattavan alustan esikäsitely
- suoja-aineet ja työmenetelmät
- pinnoitekerrosten värisävyt
- työ- ja ympäristönsuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot, kuten rautatien junaliikenne ja mahdollinen sähköistys (neuvoteltava rautatieviranomaisten kanssa), työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.

Ennen työn aloittamista on laadittava sillan laatusuunnitelma /17/ ja aikataulu.

Mallikorjaus tai ennakkokoe on suositeltava, jos on selvítettävä

- paikkaus- tai injektointiaineet ja pinnoitteen yhteensopivuus niiden kanssa
- ainemenekki halutun kalvonpaksuuden saamiseksi ja kalvonpaksuuden mittaamenetelmä
- pinnoitteen tartunta alustaan
- pinnoitteen värisävy.

4 SUOJA-AINEIDEN LAATUVAATIMUKSET

4.1 Testattavat ominaisuudet

Jos pinnoite, impregnointiaine, tiivistysaine tai töherryksenestoaine halutaan hyväksyttäväksi SILKO-ohjeistoon, on tehtävä vähintään taulukossa 6 esitetyt pakolliset testit.

Hyväksyntätestin lisäksi tehdään aineiden myöhempiä tunnistamista varten joko infrapunaspekt-

rometri-analyysi eli IR-testi (polymeeriä sisältävät aineet) tai röntgendiffraktio-analyysi (sementtiä sisältävät aineet). Tulokset tallennetaan vain tutkimuslaitoksen tietoon ja niitä käytetään, jos on tarvetta verrata käytettyä ja hyväksyttyä ainetta toisiinsa.

Taulukko 6. Suoja-aineiden ja töherryksenestoaineiden testit.

Ominaisuus	Menetelmä	Suoja-aineet			Töherryksenestoaineet	
		Pinnoitteet	Impregnointiaineet	Tiivistysaineet	Uhrautuvat	Puhdistettavat
Veden-, vesihöyryn- ja kloridienläpäisevyys	SILKO-testi	P	P	P	V	V
Veden- ja vesihöyrynläpäisevyys	SILKO-testi				P ⁴⁾	P ⁴⁾
Karbonatisoitumisen estäminen	NT BUILD 357	P	V	V	V	V
Jäädytys-sulatuskoe	SFS 5447, SILKO-testi	P			P ^{1) 6)}	P ³⁾
Tartunta	SFS 5446	P		P		P ³⁾
Puhdistettavuus	SILKO-testi	P	V	V	P	P
Pakkas-suolakoe	SFS 5449, SILKO-testi		P	P		P ²⁾
Tunkeutumisvyvyys	SILKO-testi		P			
Pakkas-suolakoe karbonatisoimattomilla koekappaleilla	SFS 5449, SILKO-testi		V	V		
Halkeamien silloituskyky	prEN1062-7	V				V ³⁾
Poistettavuus	SILKO-testi	V	V	V	P	V
Vaikutus potentiaali-mittaukseen	SILKO-testi	V	V	V	V	V
UV-kestävyys		5)			5)	5)
Kuivan kalvon paksuus		P			P ¹⁾	P ¹⁾

P = Pakollinen testi, V = Vapaaehtoinen testi

¹⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka muodostavat yhtenäisen kalvon.

²⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka eivät muodosta yhtenäistä kalvoa.

³⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka muodostavat pinnoitteen.

⁴⁾ Koe voidaan korvata veden-, vesihöyryn- ja kloridienläpäisevyyskokeella.

⁵⁾ prEN1062-11:n mukainen UVA-rasituskoe. Aineen edustajan ilmoitettava.

⁶⁾ Koe sisältää vain silmämääräishavainnot ennen ja jälkeen jäädytys-sulatuskokeen.

4.2 Impregnointiaineet

Impregnointiaineiden laatuvaatimukset on esitetty käyttötarkoituksen mukaan taulukossa 7. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet.

Taulukko 7. Impregnointiaineiden laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Menetelmä	Koetulos	Vaatimus	
			Reunapalkit	Muut rakenteet
Pakolliset kokeet				
Pakkas-suolakestävyys, vanhenneetut koekappaleet	SFS 5449, SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 40	≤ 100
Kloridienläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 100	≤ 20
Vedenläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 60	≤ 60
Vesihöyrynläpäisevyys	SILKO-testi	C % C _{vert} :sta ¹⁾	≥ 100	≥ 100
Tunkeutumissyvyys	SILKO-testi	Minimi, mm	≥ 1 mm ²⁾	≥ 1 mm ²⁾
Vapaaehtoiset kokeet				
Pakkas-suolakestävyys, vanhentamattomat koekappaleet	SFS 5449, SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 40	≤ 100
Karbonatisoitumisen estäminen	NT BUILD 357	Karbonatisoitumissyvyys % vertailukappaleesta	≤ 100	≤ 100
Puhdistettavuus	SILKO-testi	Poiston helppous ja tehokkuus Silmämääräisarvio	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
Vaikutus potentiaalimittaukseen	SILKO-testi	Potentiaalimittaustuloksen ero vertailuun	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
Poistettavuus	SILKO-testi	Poiston helppous ja tehokkuus Silmämääräisarvio	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

¹⁾ C = kappaleesta poistuvan vesihöyrymäärän suhde sisään tunkeutuvaan vesimäärään.

²⁾ Silaanit ja siloksaanit.

4.3 Tiivistysaineet

Tiivistysaineiden laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 8. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet.

Taulukko 8. Tiivistysaineiden laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Menetelmä	Koetulos	Vaatimus	
			Reunapalkit	Muut rakenteet
Pakolliset kokeet				
Tartunta	SFS 5446	Tartuntalujuus N/mm ²	≥ 1,5	≥ 1,5
Pakkas-suolakestävyys, vanhenne- tut koekappaleet	SFS 5449, SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 40	≤ 100
Kloridienläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 100	≤ 20
Vedenläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 60	≤ 60
Vesihöyrynläpäisevyys	SILKO-testi	C % C _{vert} :sta ¹⁾	≥ 100	≥ 100
Vapaaehtoiset kokeet				
Pakkas-suolakestävyys, vanhentamattomat koekappaleet	SFS 5449, SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 40	≤ 100
Karbonatisoitumisen estäminen	NT BUILD 357	Karbonatisoitumissyvyys % vertailukappaleesta	≤ 100	≤ 100
Puhdistettavuus	SILKO-testi	Poiston helppous ja tehokkuus Silmämääräisarvio	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
Vaikutus potentiaalimittaukseen	SILKO-testi	Potentiaalimittaustuloksen ero vertailuun	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
Poistettavuus	SILKO-testi	Poiston helppous ja tehokkuus Silmämääräisarvio	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

¹⁾ C = kappaleesta poistuvan vesihöyrymäärän suhde sisään tunkeutuvaan vesimäärään.

4.4 Pinnoitteet

Pinnoitteiden laatuvaatimukset on esitetty käyttö-tarkoituksen mukaan taulukossa 9. Pinnoite ei saa lisätä betonin vaurioita. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet.

Taulukko 9. Pinnoitteiden laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Menetelmä	Koetulos	Vaatimus	
			Karbonatisoitumisen estäminen	Kloridien tunkeutumisen estäminen
Pakolliset kokeet				
Tartunta	SFS 5446	Tartuntalujuus, MPa	>1,5 (>0,8 ²⁾)	>1,5 (>0,8 ²⁾)
Karbonatisoituminen	NT BUILD 357	Karbonatisoitumissyvyys % vertailukappaleesta	< 20	Ei vaatimusta.
Kloridienläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	Ei vaatimusta.	< 20
Vedenläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	Ei vaatimusta.	< 60
Vesihöyrynläpäisevyys	SILKO-testi	C % C _{vert} -sta ¹⁾	> 60	> 60
Jäädytys-sulatus-kestävyys	SFS 5447, SILKO-testi	Silmämääräishavainnot, tartuntalujuus	Pinnoitteessa saa olla vain vähäisiä vaurioita ³⁾ ja tartuntalujuuden on oltava kokeen jälkeen vähintään 0,8 N/mm ² halkeamat silloittavilla pinnoitteilla ⁴⁾ ja muilla 1,5 N/mm ²	
Puhdistettavuus	SILKO-testi	Silmämääräisarvio vertailukappaleeseen verrattuna		
Kuivan kalvon paksuus	SILKO-testi	Minimi, µm	≥ 300 ⁵⁾ ≥ 2000 ⁶⁾	≥ 300 ⁵⁾ ≥ 2000 ⁶⁾
Vapaaehtoiset kokeet				
Halkeamien silloitus-kyky	prEN 1062-7 SILKO-testi	Betonin halkeamaleveys pinnoitteen revetessä	> 0,3 mm	> 0,3 mm
Poistettavuus	SILKO-testi	Poiston helppous ja tehokkuus Silmämääräisarvio	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
Vaikutus potentiaali-mittaukseen	SILKO-testi	Potentiaalimittaustuloksen ero vertailuun	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
UV-kestävyys	prEN 1062-11, UVA-lamppu	Silmämääräishavainnot	7)	

¹⁾ C = kappaleesta poistuvan vesihöyrymäärän suhde sisään tunkeutuvaan vesimäärään.

²⁾ Koskee halkeamat silloittavia pinnoitteita.

³⁾ Pinnoite ei saa lisätä betonin vaurioita.

⁴⁾ Mikäli murtuminen tapahtuu koheesiomurtumana, sisäisen vetolujuuden pitää olla ≥ 0,4 N/mm².

⁵⁾ Polymeeripinnoitteet.

⁶⁾ Sementtipohjaiset pinnoitteet.

⁷⁾ Aineen valmistajan ilmoituksen mukaan.

4.5 Töherrystenestoaineet

Uhrautuvien ja puhdistettavien suoja-aineiden laatuvaatimukset on esitetty käyttötarkoituksen mukaan taulukossa 10. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa Betonin suoja-aineiden hyväksymiskokeet.

Taulukko 10. Töherrystenestoaineiden laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Menetelmä	Koetulos	Vaatus	
			Uhrautuvat	Puhdistettavat
Pakolliset kokeet				
Vedenläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 60	≤ 60
Vesihöyrynläpäisevyys	SILKO-testi	C % C _{vert} :sta ¹⁾	≥ 60	≥ 60
Jäädytys-sulatus-kestävyys	SFS 5447, SILKO-testi	Silmämääräishavainnot		^{4) 6)}
Jäädytys-sulatus-kestävyys	SFS 5447, SILKO-testi	Silmämääräishavainnot	^{2) 7)}	
Tartunta	SFS 5446	Tartuntalujuus N/mm ²		≥ 0,8 ⁴⁾
Puhdistettavuus	SILKO-testi	Silmämääräisarvio vertailukappaleeseen verrattuna		⁸⁾
Pakkas-suolakestävyys	SFS 5449, SILKO-testi	% vertailukappaleesta		≤ 100 ³⁾
Poistettavuus	SILKO-testi	Poiston helppous ja tehokkuus Silmämääräisarvio	Kalvon pitää irrota pesemällä	
Kuivan kalvon paksuus	SILKO-testi	Minimi, µm	≥ 30 ²⁾	≥ 50 ²⁾
Vapaaehtoiset kokeet				
Vedenläpäisevyys suolaliuoksessa	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 60	≤ 60
Vesihöyrynläpäisevyys, kun betoni on suolapitoista	SILKO-testi	C % C _{vert} :sta ¹⁾	≥ 60	≥ 60
Kloridienläpäisevyys	SILKO-testi	% vertailukappaleesta	≤ 100	≤ 100
Karbonatisoitumisen estäminen	NT BUILD 357	Karbonatisoitumissyvyys, % vertailukappaleesta	≤ 50	≤ 50
Halkeamien silloituskyky	prEN 1062-7 SILKO-testi	Betonin halkeamaleveys pinnoitteen revetessä		> 0,3 mm ⁴⁾
Vaikutus potentiaali-mittaukseen	SILKO-testi	Potentiaalimitaus-tuloksen ero vertailuun	Ei vaatimusta	
UV-kestävyys	prEN 1062-11, UVA-lamppu	Silmämääräishavainnot	⁵⁾	

¹⁾ C = kappaleesta haihtuvan vesimäärän suhde sisään tunkeutuvaan vesimäärään.

²⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka muodostavat yhtenäisen kalvon.

³⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka eivät muodosta yhtenäistä kalvoa.

⁴⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka muodostavat pinnoitteen.

⁵⁾ Aineen valmistajan ilmoituksen mukaan.

⁶⁾ Pinnoitteessa saa olla vain vähäisiä vaurioita ja tartuntalujuuden on oltava vähintään 0,8 N/mm².

⁷⁾ Aine ei saa lisätä betonin vaurioitumista. Aineessa saa olla vain vähäisiä näkyviä vaurioita.

⁸⁾ Vaatimus hankekohtaisesti. Parempi kuin vertailukappaleella.

4.6 Muut vaatimukset

4.6.1 Suojaustyölle asetettavat vaatimukset

Suunnittelija voi asettaa tapauskohtaisesti suojaustyölle taulukossa 11 esitettyjä vaatimuksia. Suunnitelma ei saa olla ristiriidassa tuotekohtaisten ohjeiden kanssa.

Taulukko 11. Suojaustyön laatuvaatimukset.

Työ tai olosuhde	Vaatus		Testausmenetelmä
	Sementtipohjaiset suoja-aineet	Polymeeripohjaiset suoja-aineet	
Tartuntapinnan vetolujuus	1,5 N/mm ²	1,5 N/mm ²	Tartuntavetokoe, SFS 5446 tai BS 1881 Part 207
Alustan kloridipitoisuus	0,05 % happoliukoisena betonin painosta.	0,05 % happoliukoisena betonin painosta.	Kemiallinen analyysi, SFS 5451 tai BS 1881 Part 216DB
Alustan kosteuspitoisuus	Kostea (ei kiiltävä).	Tuotekohtainen vaatimus.	Suhteellisen kosteuden mittaaminen, Vaisala HMP 36 tai HMP 44 tai vastaava Absoluuttisen kosteuden mittaaminen, VTT 2650
Ilman ja alustan lämpötila	Pintaan ei saa kohdistua suoraa auringon säteilyä, jos ilman lämpötila on ≥ 20 °C.	5 - 30 °C ja alustan lämpötila vähintään 3 °C kastepisteen yläpuolella.	ISO 8502-4
Ilman suhteellinen kosteus	Tuotekohtainen vaatimus.	Alustan lämpötila vähintään 3 °C kastepisteen yläpuolella.	ISO 8502-4
Tuulen nopeus	≤ 5 m/s	Ei pölyä ilmassa.	
Säätila	Työtä ei saa tehdä sateessa.	Työtä ei saa tehdä sateessa tai tiheässä sateessa.	
Halkeamien liike	Tuotekohtainen vaatimus.	Tuotekohtainen vaatimus.	BS 1881 Part 206

4.6.2 Mallikorjaus (ennakkokoe)

Laatuvaatimusten täyttymistä ja varsinkin värisävyjen tarkistusta varten on suositeltavaa tehdä mallikorjaus, jota käytetään työn kuluessa vertailupintana. Mallikorjauksessa testataan ja hyväksytään kaikki suojaustyön vaiheet eli

- alustan esikäsittely, kuten tarvittavat puhdistusmenetelmät ja mahdollinen huokosten täyttö
- suoja-aineen levitys kerroskohtaisesti.

Laadunvarmistustoimet esitetään laatusuunnitelmassa /17/.