



Väylävirasto  
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita  
48/2023

## SILKO 1.232

Betonointi ruiskuttamalla (sisältö vastaa  
versiota 09/09)

siltojen  
**SILKO**  
korjaus





Väylävirasto  
Trafikledsverket

Ohje

19.3.2024

VÄYLÄ/7864/06.04.01/2023

|                |                                               |
|----------------|-----------------------------------------------|
| Vastaanottaja  | Korvaa                                        |
| -              | SILKO 1.232 Betonointi ruiskuttamalla (09/09) |
| Säädösperusta  | Voimassa                                      |
| -              | 1.4.2024                                      |
| Väylämuoto     | Kohdistuvuus                                  |
| taitorakenteet | suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito       |
| Asiasanat      | Käyttäjärühmät                                |
| betoni         | suunnittelijat, urakoitsijat, kunnossapitäjät |

**SILKO 1.232 Betonointi ruiskuttamalla** (sisältö vastaa versiota 09/09)

Tässä ohjepäivityksessä on täsmennetty Väyläviraston roolia. Sisällöllisesti ohje on muuttumaton. Väylävirasto ei toimi ohjeessa mainittujen tuotteiden hyväksyjänä, vaan Väylävirasto tilaajana asettaa tuotteille vaatimuksia ja arvioi tuotteiden vaatimustenmukaisuuden.

**Tiehallinto, Siltatekniikka 2009**

- Kehittämispäällikkö Ossi Räsänen pj. Tiehallinto, ATP, Siltatekniikka
- Silko betonityöryhmä

Erikoisasiantuntijat:

- Toimitusjohtaja Petri Painilainen, HPP-Tekniikka Oy

Konsultit:

- Matala Consulting (2009)
- Insinööritoimisto Jorma Huura Oy (1994 ja 2009)

Piirrokset:

- Kuvat 14, 15, 19, 24: Jouni Huura
- Kuvat 20, 21, 22: Satu Jokilehto
- Kuvat 4, 12: Seppo Matala

Valokuvat:

- Kuva 34: Timo Rautanen
- Kuva 35: Atso Arola
- Kuva 28: Seppo Matala
- Kuvat 1, 3, 31, 32: Mari Monto (Hämeen tiepiiri)
- Kuvat 25, 33: Petri Painilainen
- Kuva 9: Seppo Ryyänen
- Muut valokuvat: Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö                      Minna Torkkeli

Rautatiejohtaja                                                      Jukka Ronni

Tieliikennejohtaja                                                  Jarmo Joutsensaari

Asiantuntija, sillat                                                  Jari Nikki

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää tienpidon ja rautatietoimintojen osalta.

Voit antaa palautetta ohjeesta ohjeen yhteyshenkilölle (etunimi.sukunimi@vayla.fi) tai Väyläviraston teknisten ja turvallisuusohjeiden palautteenantokanavaan ([teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi](mailto:teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi)).

Dokumentin sisältö ei ole kaikilta osin saavutettava.

#### LISÄTIETOJA

Jari Nikki

Väylävirasto

[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)

PL 33, 00521 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000

[etunimi.sukunimi@vayla.fi](mailto:etunimi.sukunimi@vayla.fi)

Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Faksi 0295 34 3700

[kirjaamo@vayla.fi](mailto:kirjaamo@vayla.fi)

# Sisällys

|          |                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>YLEISTÄ.....</b>                                 | <b>6</b>  |
| 1.1      | OHJEEN SOVELTAMISALA.....                           | 6         |
| 1.2      | RUISKUBETONI SILLANKORJAUSMATERIAALINA.....         | 7         |
| 1.3      | RUISKUBETONIA VAURIOITTAVAT TEKIJÄT.....            | 9         |
| 1.4      | BETONIRAKENTEEN KORJAUSTYÖN VAIHEET.....            | 10        |
| 1.5      | TERMIT, MÄÄRITELMÄT JA KÄSITTEET.....               | 11        |
| <b>2</b> | <b>RUISKUBETONIKOHTTEEN SUUNNITTELU.....</b>        | <b>13</b> |
| 2.1      | RUISKUBETONIN MÄÄRITTELY JA LUOKITTELU.....         | 13        |
| 2.2      | RUISKUBETONIN TARKASTUSLUOKAT.....                  | 14        |
| 2.3      | RASITUSLUOKAT JA SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ.....          | 14        |
| 2.4      | KORJAUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN.....                 | 16        |
| 2.5      | RUISKUBETONOINNIN TYÖ- JA LAATUSUUNNITELMA.....     | 17        |
| <b>3</b> | <b>RUISKUBETONIN OSA-AINEET.....</b>                | <b>18</b> |
| 3.1      | OSA-AINEITA KOSKEVAT STANDARDIVAATIMUKSET.....      | 19        |
| 3.2      | KIVIAINEKSET.....                                   | 19        |
| 3.3      | SEMENTTI.....                                       | 21        |
| 3.4      | MINERAALISET SEOSAINET.....                         | 21        |
| 3.5      | VESI.....                                           | 21        |
| 3.6      | LISÄAINET.....                                      | 21        |
| 3.7      | KUIDUT.....                                         | 22        |
| 3.8      | VÄRIAINET.....                                      | 23        |
| <b>4</b> | <b>RAUDOITUS.....</b>                               | <b>23</b> |
| 4.1      | RAUDOITUKSEN UUSIMINEN.....                         | 23        |
| 4.2      | RAKENTEEN VAHVENTAMINEN.....                        | 23        |
| 4.3      | KUTISTUMISRAUDOITUS.....                            | 24        |
| <b>5</b> | <b>RUISKUBETONIN LAATUVAATIMUKSET.....</b>          | <b>24</b> |
| 5.1      | RUISKUBETONIN OMINAISUUDET.....                     | 24        |
| 5.2      | RUISKUBETONILLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET.....        | 26        |
| 5.2.1    | RUISKUBETONIN KOOSTUMUSTA KOSKEVAT VAATIMUKSET..... | 27        |
| 5.2.2    | KOVETTUNEEN RUISKUBETONIN VAATIMUKSET.....          | 28        |
| 5.3      | MUUT VAATIMUKSET.....                               | 30        |
| <b>6</b> | <b>RUISKUBETONOINTI.....</b>                        | <b>31</b> |
| 6.1      | TOIMINTATEKNIIKAT.....                              | 31        |
| 6.1.1    | KUIVASEOSMENETELMÄ.....                             | 33        |
| 6.1.2    | MÄRKÄSEOSMENETELMÄ.....                             | 36        |

---

|          |                                                  |           |
|----------|--------------------------------------------------|-----------|
| 6.1.3    | RUISKUTUS EJEKTORILLA.....                       | 37        |
| 6.2      | RUISKUBETONITYÖN LAATUVAATIMUKSET.....           | 37        |
| 6.2.1    | PINTOJEN ESIKÄSITTELY.....                       | 38        |
| 6.2.2    | RUISKUTUS.....                                   | 39        |
| 6.2.3    | JÄLKIHOITO.....                                  | 41        |
| <b>7</b> | <b>TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU.....</b> | <b>41</b> |
| <b>8</b> | <b>LAADUNVARMISTUS.....</b>                      | <b>42</b> |
| 8.1      | LAADUNVARMISTUKSEN TAVOITTEET JA SISÄLTÖ.....    | 42        |
| 8.2      | TYÖNJOHDON JA RUISKUTTAJAN PÄTEVYYS.....         | 43        |
| 8.3      | KORJAUSTYÖN VALMISTELU JA ENNAKKOKOKEET.....     | 43        |
| 8.4      | TYÖNAIKAISET KOKEET JA VALVONTA.....             | 43        |
| 8.5      | VAATIMUSTENMUKAISUUDEN EHDOT.....                | 44        |
| 8.6      | LAATURAPORTTI.....                               | 45        |
| <b>9</b> | <b>TÄYDENTÄVÄT OHJEET.....</b>                   | <b>45</b> |

# 1 Yleistä

## 1.1 Ohjeen soveltamisala

Tämä julkaisu on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Julkaisua voidaan käyttää siltojen korjausrakentamisen lisäksi myös siltojen ja muiden betonirakenteiden uudisrakentamisessa. Sitä voidaan soveltaa myös rakenteita vahvennettaessa, teräsputkisiltoja korjattaessa ja rakenteita suojaattaessa esimerkiksi katodisella suojauksella sekä betonisiltojen palovaurioita korjattaessa.



Kuva 1. Ruiskubetonointialusta



Kuva 2. Betonin ruiskutusta

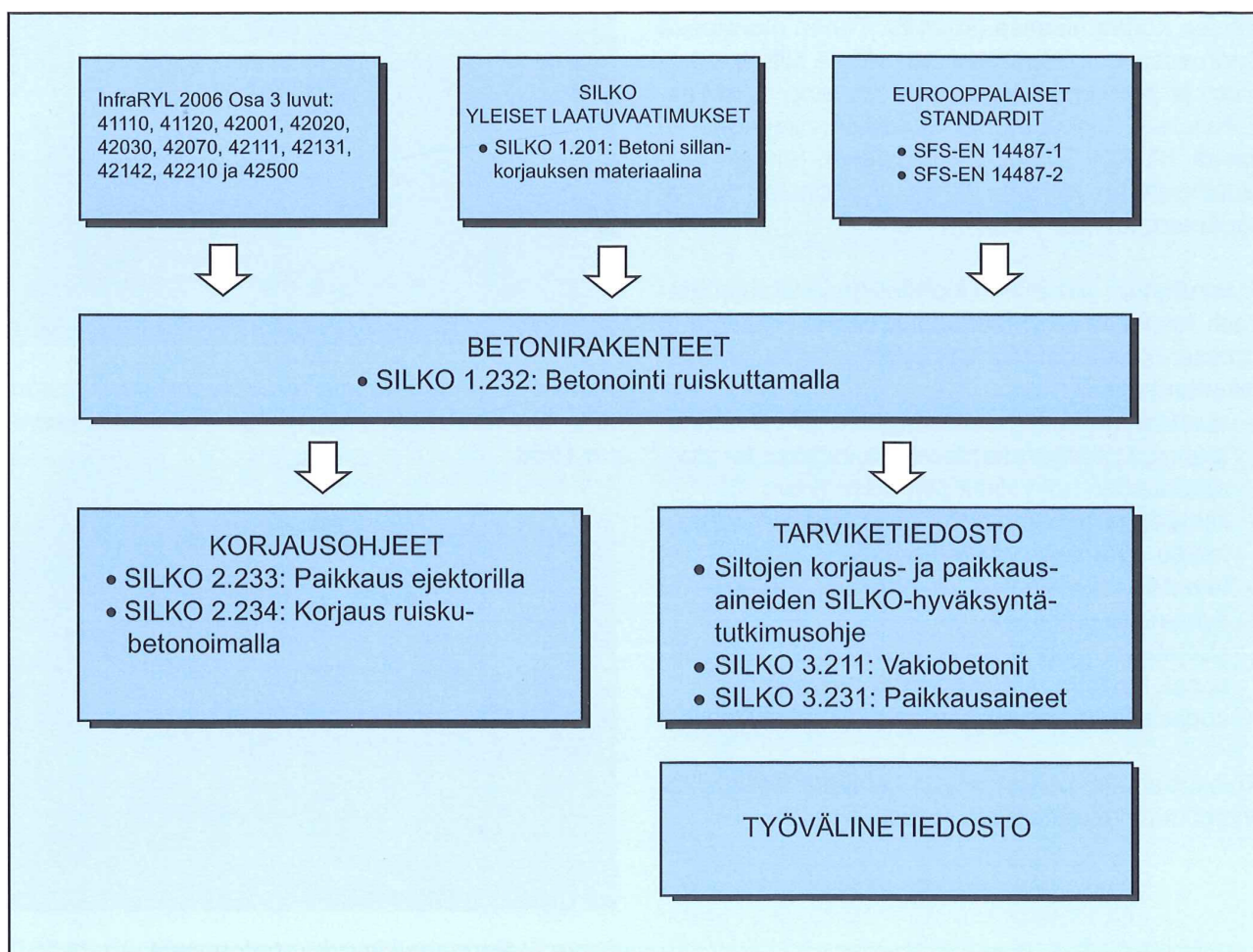


Kuva 3. Valmis ruiskubetonipinta

Julkaisu perustuu betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevään ohjeeseen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* ja ruiskubetonin laatuvaatimuksia ja työn suoritusta käsitteleviin eurooppalaisiin standardeihin SFS-EN 14487-1 ja SFS-EN 14487-2. Julkaisu on yleisohje, jota yksityiskohtainen korjausohje *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla* täydentää.

Julkaisu täydentää *InfraRYL 2006:n Osan 3* lukujen 42020 ja 42030 laatuvaatimuksia korjausrakentamisen osalta.

Ruiskubetonointia koskevaa tietoa on saatavissa myös kalliorakenteiden lujittamista ruiskubetonilla käsittelevästä ohjeesta *Ruiskubetoniohjeet 1993* (Suomen Betoniyhdistys r.y. 1993) ja alan tutkimuksista (Talorakennustekniikan laboratorion julkaisu 36).



Kuva 4. Siltojen ruiskubetonointiin liittyvät julkaisut

## 1.2 Ruiskubetoni sillankorjausmateriaalina

Ruiskubetoni on betonia, joka tiivistetään paineilman avulla. Ruiskubetonointi on laajojen pintojen korjausmenetelmä. Pieniä kohteita voidaan ruiskuttaa ejektorilla.

Siltojen korjaustoiminnan alkuna voidaan pitää sitä, että muutamia teräsbetonisiltoja ruiskubetonointiin 1930-luvulla (kuva [5 Savisillan 1930-luvulla tehtyä ruiskubetonia ennen vuonna 1986 tehtyä korjausta](#)). Suomen toiseksi vanhimmasta teräsbetonisillasta, Ylivieskassa olevasta Savisillasta (1912), on voitu

todeta, että ruiskubetonikerros on karbonatisoitunut 50 vuodessa vain 2–3 mm. Jo silloin on siis pystytty tekemään erittäin tiivistä ruiskubetonia, joskin betonikerroksen paksuus on vain 5–15 mm.



Kuva 5. Savisillan 1930-luvulla tehtyä ruiskubetonia ennen vuonna 1986 tehtyä korjausta

Ruiskubetoni on ollut yleisin raudoituksen betonipeitteen paksuntamismenetelmä myös 1970-luvulla järjestelmällisesti käynnistyneessä siltojen korjaamisessa (kuva [6 Suomen vanhin teräsbetonisilta \(Tönnön silta, Orimattila\) korjattiin ruiskubetonoimalla vuonna 1986](#)). Tähän mennessä Suomessa on ruiskubetonoitu satoja siltoja kokonaan ja pienempiä korjauksia on tehty lukuisasti. Nykyisin ruiskubetonia käytetään sillankorjauksissa 10 000 – 20 000 m<sup>2</sup> vuosittain. Siltojen korjaustyössä on käytetty lähes yksinomaan kuivaseosmenetelmää.



Kuva 6. Suomen vanhin teräsbetonisilta (Tönnön silta, Orimattila) korjattiin ruiskubetonoimalla vuonna 1986

Ruiskubetoni on betonin luonnollinen korjausmateriaali, koska se on yhteensopiva vanhan rakenteen kanssa. Ruiskubetonia käytetään siltojen korjausrakentamisessa, kun

- uusitaan raudoituksen betonipeite tai paksunnetaan sitä päällysrakenteen alapinnassa tai alusrakenteiden näkyvissä pinnoissa (kuva [7 Reunapalkin ruiskubetonointia](#))
- lisätään teräsbetonipalkkien ja -kaarien kapasiteettia rakenteita vahventamalla
- täytetään kivistiltojen rakenteisiin jääneitä tai syntyneitä onkaloita
- suojataan raudoituksen katodisessa suojauksessa käytettävä anodiverkko (kuva [8 Katodisen suojauksen anodiverkko on suojattu ruiskubetonilla \(Emäkosken silta, Nokia\)](#))
- suojataan tai vahvennetaan teräsputkisiltoja.



Kuva 7. Reunapalkin ruiskubetonointia



Kuva 8. Katodisen suojauksen anodiverkko on suojattu ruiskubetonilla (Emäkosken silta, Nokia)

Ruiskubetoniin perustuen on kehitetty myös siltatyypin uudisrakentamista varten (kuva [9 Ruiskubetoniin perustuva tyypisilta](#)).



Kuva 9. Ruiskubetoniin perustuva tyypisilta

### 1.3 Ruiskubetonia vaurioittavat tekijät

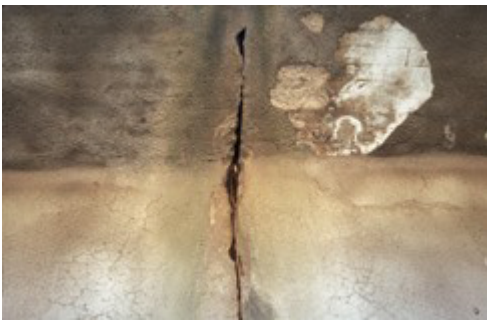
Ruiskubetonia vaurioittavat betonia yleisesti vaurioittavat tekijät, jotka on esitetty ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Betonia vaurioittavat tekijät*. Ruiskubetonin erityisongelmat liittyvät työtekniikkaan.

Jos ruiskuttaja käyttää ruiskutuksessa liikaa vettä, betonimassan vesi-sementtisuhde tulee liian suureksi. Koska vedestä vain osa kuluu sementin hydratoitumiseen, osa vedestä muodostaa betoniin läpäisevyyttä lisäävää kapillaarihuokoisuutta, jolloin betonin karbonatisoituminen ilman hiilidioksidin vaikutuksesta nopeutuu. Pahimmillaan ruiskubetoni voi karbonatisoitua aluksi 5–6 mm vuodessa. Tällöin ruiskubetoni voi menettää jo muutamassa vuodessa raudoitusta suojaavan emäksisyytensä (kuva [10 Ruiskubetoni on karbonatisoitunut 10 vuodessa lähes kokonaan](#)).



Kuva 10. Ruiskubetoni on karbonatisoitunut 10 vuodessa lähes kokonaan

Toinen melko yleinen työvirhe on, että ruiskubetonikerros on tehty liian ohueksi (kuva [11 Ohut ruiskubetonikerros lohkeaa pois](#)), jolloin ilman hiilidioksidi ja suolat kuten sulfaatit ja kloridit pääsevät vaikuttamaan rakenteeseen. Tällöin pinta halkeilee joko korroosion tai kuivumiskutistuman seurauksena ja tartunta ruiskutettavaan pintaan jää heikoksi.



Kuva 11. Ohut ruiskubetonikerros lohkeaa pois

Jos ruiskubetonikerrokseen tulee halkeamia, vesi pääsee sateelta suojaamattomilla pinnoilla halkeamista rakenteen sisään ja saattaa jäätyessään irrottaa ruiskubetonikerroksen.

Muita työvirheitä ovat

- ruiskubetonoitavan pinnan esikäsitteilyvirheet, jotka heikentävät tartuntaa
- virheellinen kiviaineksen rakeisuus, joka aiheuttaa hukkaroisetta
- ruiskutettavan kerroksen liian suuri paksuusvaihtelu, joka aiheuttaa halkeilua ja lohkeilua
- hukkaroiskeen jääminen pintaan ja kulmiin, mikä heikentää tartuntaa ja edistää karbonatisoitumista
- riittämätön jälkihoito, mikä aiheuttaa kutistumishalkeilua ja huonontaa monella muulla tavalla rakenteen säilyvyyttä
- ruiskutusalueen liian alhainen lämpötila, jolloin ruiskutuskerrokseen syntyy suuresta lämpötilaerosta aiheutuvaa halkeilua ja tartunnan heikkenemistä
- pinnan jälkikäsitteilyvirheet hierrossa ja leikkauksessa.

## 1.4 Betonirakenteen korjaustyön vaiheet

Betonirakenteen korjaustyön vaiheet on esitetty ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kuvassa *Korjaushankkeen vaiheet eurooppalaisen standardin SFS-ENV1504-9 mukaan*.

## 1.5 Termit, määritelmät ja käsitteet

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>esikastelu</b>                                         | Betonipinnan kosteustilan saattaminen betonoinnille sopivaksi.<br><br>Pinnan pitää olla betonoinnin alkaessa kostea muttei märkä (kiiltävä).                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>esikostutus</b>                                        | Kuivaseoksen kostutus ruuvisekoittimessa tai muussa betoninsekoittimessa ennen betoniruiskuun siirtämistä.<br><br>Sopiva kosteus on 3–5 %.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>esikäsittely</b>                                       | Betonipinnan esikäsittelyllä tarkoitetaan pinnan työstämistä siten, että pinnan tartuntaominaisuudet vastaavat asetettuja vaatimuksia.<br><br>Betonipinnan esikäsittelymenetelmiä ovat hionta, puhdistus ja puhdistus-jyrsintä. Puhdistusmenetelmiä ovat suihkupuhdistus, liekkiharjaus, suur-painepesu ja imurointi. Suihkupuhdistusmenetelmiä ovat hiekkapuhallus, vesihiekkapuhallus ja sinkopuhdistus. |
| <b>hierto</b>                                             | Betonipinnan tasoittamista puu- tai teräslastalla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>hukkaroiske</b>                                        | Se osa materiaalista, joka on ruiskutettu suuttimen läpi, mutta joka ei tartu ruiskutettavaan pintaan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>jäännöslujuus</b>                                      | Kuormitus-taipumakäyrästä määritettyä kuormitusta vastaava kuitubetonin laskennallinen jännitys.<br><br>Määritetään standardien SFS-EN 12390-3 ja SFS-EN 14488-3 mukaan.                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>koeruiskutus</b>                                       | Ennen ruiskutustyön aloittamista urakoitsijan valitsemalla henkilökunnalla, materiaaleilla, laitteilla ja ruiskutusmenetelmällä suoritettu testi tai suoritettut testit, joilla varmistetaan, että määritellyt vaatimukset saavutetaan.                                                                                                                                                                    |
| <b>kuituvahvisteinen ruiskubetoni</b>                     | Ruiskubetoni, joka sisältää vahvistavia kuitua tiettyjen betonin ominaisuuksien vahvistamiseksi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>kuivaruiskubetoni</b>                                  | Kuivaseosmenetelmällä tehty ruiskubetoni.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>kuivaseosmenetelmä; mieluummin kuin: kuivaprosessi</b> | Menetelmä, jossa ruiskutetaan kuivaseosta (tarvittava määrä vettä lisätään suuttimessa).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>kuivaseos; tehtaalla sekoitettu kuivaseos</b>          | Kuivaseosmenetelmää varten perusseos, jonka kosteuspitoisuus on pieni, korkeintaan 0,5 paino-%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>työmaalla sekoitettu kuivaseos</b>                     | Kuivaseosmenetelmää varten perusseos, jonka kiviaineksen suurin kosteuspitoisuus on korkeintaan 6 paino-%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>käyttöaika; mielummin kuin: avoin aika</b>            | Perusseoksen sekoituksen ja viimeisen mahdollisen ruiskuttamisen välinen aika. Se riippuu sementin tyypistä ja määrästä, kuivaseoksen kosteuspitoisuudesta ja lämpötilasta.                                          |
| <b>leikkaus, kaavaus</b>                                 | Rakenteen muotoilu ja epätasaisuuksien poistaminen sitoutumattomasta ruiskubetonipinnasta joko teräslangalla taikka puu- tai teräslastalla leikaten.                                                                 |
| <b>märkäruiskubetoni</b>                                 | Betoni, joka on tehty perusseoksesta ja joka suunnataan paineilmalla suuttimesta kohteeseen, jolloin ruiskubetonin oma liikemäärä saa aikaan tiiviin, homogeenisen massan.                                           |
| <b>märkäseosmenetelmä; mielummin kuin: märkäprosessi</b> | Ruiskubetonointimenetelmä, jonka betonimassan vesi-sementtisuhde on määriteltä.                                                                                                                                      |
| <b>märkäseos</b>                                         | Perusseos, jota käytetään märkäseosmenetelmässä.                                                                                                                                                                     |
| <b>pinnanajo</b>                                         | <p>Pinnan tasaisuuden ja yhtenäisen värisävyn saavuttamiseksi tehtävä ruiskutus.</p> <p>Pinnanajo tehdään ohuempana 5–10 mm:n kerroksena käyttäen normaalia suurempaa työpainetta ja kuivempaa massaa.</p>           |
| <b>perusseos</b>                                         | <p>Sementin, kiviaineksen ja minkä tahansa betonin osa-aineiden seos, joka syötetään ruiskuun.</p> <p>Perusseos voi olla kuiva tai märkä. Perusseos saattaa sisältää seosaineita, lisäaineita, kuituja ja vettä.</p> |
| <b>ruiskubetonimassa</b>                                 | Kuivaseoksen ja veden kovettumaton seos.                                                                                                                                                                             |
| <b>ruiskutussumu</b>                                     | <p>Ilmassa leijuva pöly, joka syntyy betonia tai laastia ruiskutettaessa.</p> <p>Saattaa aiheuttaa korjausalustalle ei-toivotun pinnan.</p>                                                                          |
| <b>suutin; ruiskutussuutin</b>                           | <p>Ruiskutuslaitteiston osa, jonka läpi seos ruiskutetaan.</p> <p>Laitekohtainen sekoitusyksikkö, jossa vesi, paineilma ja/tai lisäaineet ruiskutetaan perusseoksen virtaukseen.</p>                                 |
| <b>tarkastusluokka</b>                                   | Ominaisuuksien testaamisen taajuus, joka on valittu rakenteen riskitason ja suunnitellun käyttöiän mukaan.                                                                                                           |
| <b>tuore ruiskubetoni</b>                                | Betoni ennen sitoutumista.                                                                                                                                                                                           |
| <b>täyttöruiskutus</b>                                   | Onkaloiden tai tyhjätilojen täyttämistä ruiskubetonimassalla siten, että rakenne toimii suunnitellulla tavalla.                                                                                                      |
| <b>vertailuruiskubetoni</b>                              | Ruiskubetoni, joka ei sisällä ruiskutusvaiheen lisäaineita.                                                                                                                                                          |

Siltojen korjaustöissä myös ruiskubetoniin liittyvät termit, määritelmät ja merkinnät on esitetty ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* liitteessä 1.

## 2 Ruiskubetonikohteen suunnittelu

### 2.1 Ruiskubetonin määrittely ja luokittelu

Standardin SFS-EN 14487-1 mukaisesti ruiskubetoni määritellään joko koostumuksen mukaisena betonina tai ominaisuuksien mukaisena betonina.

Sillankorjaustöissä noudatettavissa tarkastusluokissa 2 ja 3 (kohta [2.2 Ruiskubetonin tarkastusluokat](#)) käytetään ominaisuuksien mukaisesti määriteltyä ruiskubetonia tai Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä ruiskubetoneita ja -laasteja. Koostumuksen mukaista ruiskubetonia voidaan käyttää tarkastusluokissa 2 ja 3 edellyttäen, että betonit täyttävät Väyläviraston laatuvaatimukset.

Koostumuksen mukaisesta ruiskubetonista ilmoitetaan

- tarkastusluokka kohdan [2.2 Ruiskubetonin tarkastusluokat](#) mukaisesti
- sementtityyppi ja -luokka standardin SFS-EN 197-1+A1 mukaisesti
- sementin määrä
- notkeus (vain märkäseosmenetelmässä)
- vesi-sementtisuhde
- kiviainestyyppi ja rakeisuuden rajoitukset
- lisäaineiden tyyppi ja määrä
- seosaineiden tyyppi ja määrä
- betonin osa-aineiden toimittajat
- kuitubetonista kuitujen ominaisuudet ja kuitupitoisuus.

Ominaisuuksien mukaisesta ruiskubetonista ilmoitetaan

- tarkastusluokka kohdan [2.2 Ruiskubetonin tarkastusluokat](#) mukaisesti
- suunnittelukäyttöikä yleisohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* mukaisesti tai tapauskohtaisesti määritellen
- rasitusluokkaryhmä siltaosittain yleisohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoiden *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne* mukaisesti
- notkeus (vain märkäseosmenetelmässä) standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti
- puristuslujuusluokka standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti
- pakkasenkestävyys (P-luku)
- tartuntalujuus alustaan

- suurin nimellisraekoko
- jäännöslujuusluokka kuitubetonille standardin SFS-EN 14487-1 mukaisesti.

Sekä ominaisuuksien että koostumuksen mukainen ruiskubetoni voi sisältää lisäksi standardin SFS-EN14487-1 mukaisia lisämäärityksiä muun muassa sementin ominaisuuksien (sulfaatinkestävä sementti), vesi-sementtisuhteen enimmäisarvon, varhaislujuuskehityksen, vesitiiviyyden, pakkasenkestävyyden ja taivutusmurtolujuuden suhteen.

Koska Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävistä ruiskubetoneista ja -laasteista on tehty erilliset Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävät tuotetestaukset, tuotteista ei edellytetä edellä mainittua osaa-aineiden erittelyä.

## 2.2 Ruiskubetonin tarkastusluokat

Standardi SFS-EN 14487-1 edellyttää ruiskubetonin luokittelemista tarkastusluokkiin 1, 2 ja 3 ruiskutuskohteen vaativuustason mukaan. Tarkastusluokkien perusteella määräytyy ruiskubetonin ja ruiskutustyön laadunvalvonnan taso ja vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävän koestuksen laajuus.

Sillanrakennuksen korjaustyöt kuuluvat yleensä tarkastusluokkaan 2. Mikäli kohde edellyttää erityisiä säilyvyysvaatimuksia tai kyseessä on kokonaan ruiskubetonoimalla toteutettava kantava rakenne, tarkastusluokka on 3. Esimerkiksi vetorautoituksen uusiminen ja betonointi ruiskubetonoimalla kuuluu tarkastusluokkaan 2. Suunnittelija merkitsee tarkastusluokan sillan korjaussuunnitelmaan.

## 2.3 Rasitusluokat ja suunnittelukäyttöikä

Sillankorjaustöissä noudatetaan ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoissa *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne* esitettyä rasitusluokitusta.

Betonin lujuusluokka määräytyy yleensä rakenteen alkuperäisen suunnittelulujuuden mukaan. Ellei tietoja ole saatavissa, käytetään ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoita *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne*. Lujuusluokkavaatimus ei ole korjaustöissä aina ehdoton, jos muut betonin säilyvyyden kannalta tärkeämmät ominaisuudet niin vaativat. Tästä on oltava maininta suunnitelma-asiakirjoissa.

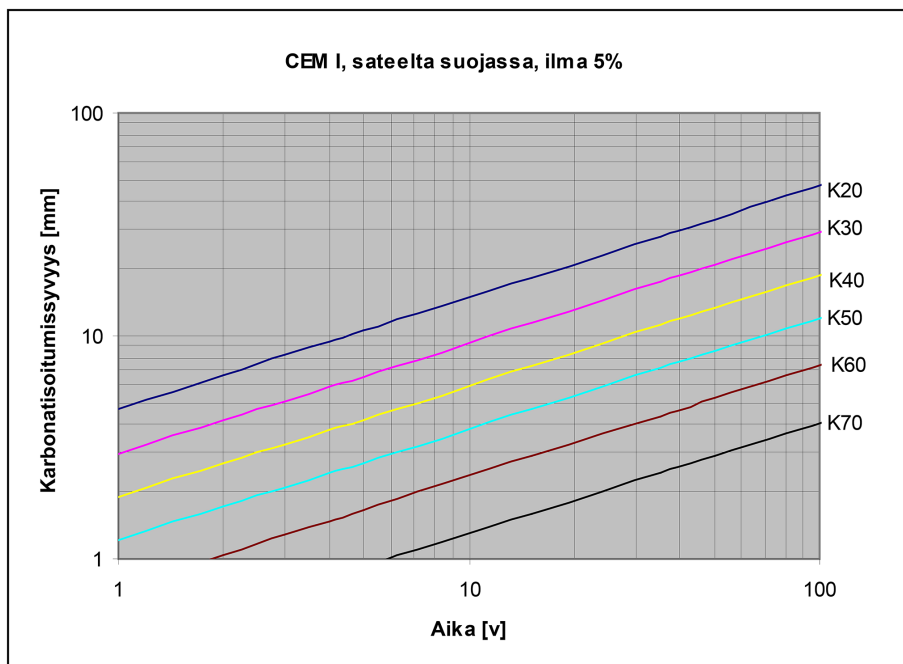
Ruiskubetonin lujuus ei saa olla yli 20 MN/m<sup>2</sup> suurempi kuin betonialustan lujuus.

Korjauskohteen suunnittelussa tulee tarkoin harkita korjauksen tarkoituksenmukainen suunnittelukäyttöikä. Suunnittelukäyttöiällä on ratkaiseva merkitys sekä ruiskubetonin laatuun että ruiskubetonikerroksen paksuuteen.

Ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoissa *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne* on esitetty sillan eri rakenneosien betonin lujuusvaatimukset ja betonipeitteen nimellisarvot uudisrakentamisessa. Ohjetta voidaan soveltaa suunnittelukäyttöikäen osalta myös korjausrakentamisessa, mutta tällöin

lähtökohdaksi otettu 100 vuoden suunnittelukäyttöikä johtaa varsin suuriin betonipeitteen arvoihin vähimmäisvaatimuksiksi asetetuilla betonin puristuslujuustasoilla.

Ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Kloridien tunkeutuminen betoniin* on esitetty käyrästöt huokostetun betonin karbonatisoitumissyvyyden arvioimiseksi betonin lujuuden ja betonin vesi-sementtisuhteen avulla. Niiden perusteella voidaan asettaa ruiskubetonin laatuvaatimukset puristuslujuudelle ja betonipeitteen vähimmäisarvolle myös lyhyemmille suunnittelukäyttöille. Kuvassa [12 Puristuslujuuden ja ajan vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen huokostetussa sateelta suojatussa portlandsementtibetonissa](#) on esitetty puristuslujuuden ja ajan vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen huokostetussa sateelta suojatussa portlandsementtibetonissa.



Kuva 12. Puristuslujuuden ja ajan vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen huokostetussa sateelta suojatussa portlandsementtibetonissa

Raudoitusta suojaava betonipeite määräytyy suunnittelukäyttöiän perusteella. Sillankorjaustöissä raudoitusta suojaavan betonipeitteen on oltava vähintään 30 mm (kuva [13 Betonipeitteen riittävyys on varmistettu muotin avulla](#)), ellei käytetä Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävää polymeeripitoista laastia. Tällöin betonipeite määräytyy tuotekohtaisesti, mutta sen on oltava vähintään 15 mm. Vaatimukset koskevat myös työraudoitteita.



Kuva 13. Betonipeitteen riittävyys on varmistettu muotin avulla

Ruiskubetonin paksuuden tulee olla aina vähintään 10 mm.

Jos poiketaan ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoiden *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne* mukaisesta suunnittelukäyttöistä, voidaan käyttöikä mitoittaa pakkasenkestävyyden ja kloridirasituksen suhteen julkaisussa *Betoninormit By50* esitetyllä tavalla.

## 2.4 Korjaussuunnitelman laatiminen

Betonirakenteiden korjaustyön suunnittelua ja korjaussuunnitelman laatimista on käsitelty yleisesti ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Betonirakenteen korjaustyön suunnittelu*.

Korjauksen suunnittelussa yleisperiaate on, että sillankorjaustöissä noudatettavissa tarkastusluokissa 2 ja 3 käytetään vain joko koostumuksen mukaisista ruiskubetoneista Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä SILKO-betoneita tai ominaisuuksien mukaisesti määritettyä ruiskubetonia.

Tarkastusluokista sillankorjaustöissä käytetään pääsääntöisesti tarkastusluokkaa 2. Tarkastusluokka tulee merkitä korjaussuunnitelmaan, koska sen perusteella määrittyy laadunvalvonnan laajuus ja taso sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tehtävät kokeet.

Ruiskubetonikorjauksen suunnitelma liittyy yleensä laajempaan koko sillan korjaussuunnitelmaan tai on sen osa. Ruiskubetonikorjauksen suunnittelussa asetettavat laatuvaatimukset materiaalien, työn suorituksen ja lopputuotteen laadun suhteen tulee harkita kohdekohtaisesti ja asettaa tarkoituksenmukaisiksi kohteen laajuus ja vaativuustaso huomioon ottaen.

Ruiskubetonoinnit tehdään yleensä sillan peruskorjauksen tai muun suuremman korjaustyön yhteydessä.

Korroosioauriot voidaan todeta näköhavainnoin, mutta betonin karbonatisoituminen, kloridipitoisuus ja raudituksen betonipeite ja korroosiotila on selvitettävä mittauksin. Erikoistarkastus tehdään *Sillantarkastusohjeen* mukaisesti. Suositeltava purkamismenetelmä ja kerralla piikattavaksi sallittava kantavien rakenteiden, kuten palkkien ja pilareiden, osa merkitään korjaussuunnitelmaan.

Korjaussuunnitelman pitää sisältää

- hanketiedot
- suunnittelukäyttöikä
- tarkastusluokka
- laatuvaatimukset
- olosuhdevaatimukset
- työvaihevaatimukset
- ympäristönsuojeluvaatimukset (melu, puhallusjätteen talteenotto, pöly ja liikenne)
- jätteenkäsittelyvaatimukset
- muut hankekohtaiset tiedot.

Suunnittelun tärkein vaihe on ruiskutusmenetelmän ja korjausbetonin valinta. Sillankorjaustöissä käytetään yleensä kuivaseosmenetelmää, koska siitä on pitkäaikaiset kokemukset.

Korjaussuunnitelman laatimisessa pitää kiinnittää erityistä huomiota purettavan rakenneosan purkusuunnitelmaan. Kantavien rakenteiden betonia voidaan purkaa ilman kantavuuslaskelmia vain pieniltä alueilta. Suunnittelutarve rakenneosittain on esitetty julkaisussa *Betonipinnan purkamisohje*.

Korjaussuunnitelmassa esitetään tarvittaessa vaatimukset ruiskutusalueen betonin lujuudelle ja vaatimukset lujuuden toteutukseksi tehtävistä kokeista ja niiden laajuudesta.

Korjaussuunnitelman laatimisen yhteydessä on hankekohtaisesti arvioitava liikenteen aiheuttamat rasitukset ruiskubetonin kovettumisvaiheessa. Tarvittavat liikennerajoitukset, kuten sallittava värähtelyn nopeus tai nopeusrajoitus sekä rajoitusten kestot, esitetään korjaussuunnitelmassa.

Liikenteen aiheuttama värähtelyn nopeus (heilahdusnopeus) saa olla enintään 20 mm/s. Jos värähtelyn nopeutta ei mitata, sillan osalle asetetaan kokonaispainoltaan yli 12 tonnin ajoneuvoja koskeva nopeusrajoitus 15 km/h. Kriittinen aika on betonointihetkestä lukien 14 tuntia. Jos lämpötila on viileä, betonin pitää saavuttaa 12 MPa:n lujuus. Ajouradan epätasaisuudet on tasoitettava.

Pahoin ruostuneet ja purettaessa vaurioituneet raudoitustangot korvataan uusilla (*Raudoitteiden korroosioasteen määrittäminen*, Tiehallinnon selvityksiä 48/2003). Uusien raudoitustankojen pitää olla halkaisijaltaan entisiä vastaavia tai lähinnä suurempia harjaterästankoja. Suunnitelmassa annetaan ohjeet hitsattavien tankojen käytöstä.

Ankkuroitavat raudoitustangot esitetään korjaussuunnitelmassa, ja ankkuroinnissa noudatetaan ohjetta *SILKO 2.261 Tartuntatankojen ankkurointi*.

Varsinkin 20–30 mm:n ruiskubetonikerroksissa voidaan käyttää raudoitusverkon sijasta polymeerikuituja, joiden tulee täyttää standardien SFS-EN 14889-1 ja -2 vaatimukset.

Jos ruiskutettava rakennekerros on laajalla alueella yli 50 mm, käytetään yleensä raudoitusverkkoa kutistumisen estämiseksi.

Korjaussuunnitelmassa asetetaan käytettävän muottimateriaalin laatuvaatimukset ja esitetään muoteilla rajattavat rakenteen osat. Muottimateriaali valitaan siten, että pinta sopeutuu vanhan rakenteen ulkonäköön.

Korjaussuunnitelmassa on otettava huomioon ruiskubetonityön aiheuttamat pölyämisestä ja hukkaroiskeista aiheutuvat ympäristö- ja työturvallisuushaitat.

Korjaussuunnitelma liitetään sillan laaturaporttiin.

## 2.5 Ruiskubetonoinnin työ- ja laatusuunnitelma

Urakoitsija laatii ennen ruiskubetonointityön aloittamista yhdistetyn työ- ja laatusuunnitelman, jossa esitetään seuraavat asiat alla olevan jaottelun mukaan:

### 1. Yleiset tiedot

- hankkeen työnjohto, työntekijät ja laadunvalvontaorganisaatio: henkilöt ja tiedot pätevyyksistä, vastuu, toimivalta ja tehtävät
- työmäärien tarkistus
- laaduntarkastuksissa käytettävä kalusto

- työturvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot kuten rautatien sähköistys ja työskentely rautatien läheisyydessä (neuvoteltava rautatieviranomaisten kanssa), työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.
- lupien hankinta.

## 2. Työsuunnitelma

- kuinka työ tehdään: työntekijät, työkapasiteetit ja aikataulu
- purettavien osien rajat ja purkamismenetelmä
- muottirakenteet ja telineet
- ruiskubetoni tai -laasti: betonin toimittaja sekä kuivatuotteita käytettäessä tuotenimet ja tuoteselosteet
- ruiskutusmenetelmä ja kalusto
- kenttäjako ja ruiskutusjärjestys
- menettely pintavaatimusten saavuttamiseksi
- pinnan käsittely, suojaus ja jälkihoitomenetelmä
- laitteiden saatavuus ja varakalusto
- työalueen suojaaminen
- liikennejärjestelyt.

## 3. Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset

- olosuhdemittaukset
- ainemenekkien seuranta
- betonipeitemittaukset
- korjausalustan vetolujuuden mittaus
- massan vesi-sementtisuhteen mittaus
- betonin kutistumisen mittaus
- ruiskubetonin tai -laastin tartunta
- laadunohjaus yllä mainittujen toimien perusteella.

## 4. Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

- betonointipöytäkirjat
- tartuntamittaukset
- puristuslujuusmittaukset
- poikkeamaraportit
- korjaustoimenpiteet
- uusintatarkastus.

# 3 Ruiskubetonin osa-aineet

### 3.1 Osa-aineita koskevat standardivaatimukset

Ruiskubetonin osa-aineita koskevat standardivaatimukset on esitetty taulukossa [1 Ruiskubetonin osa-aineita koskevat standardivaatimukset](#).

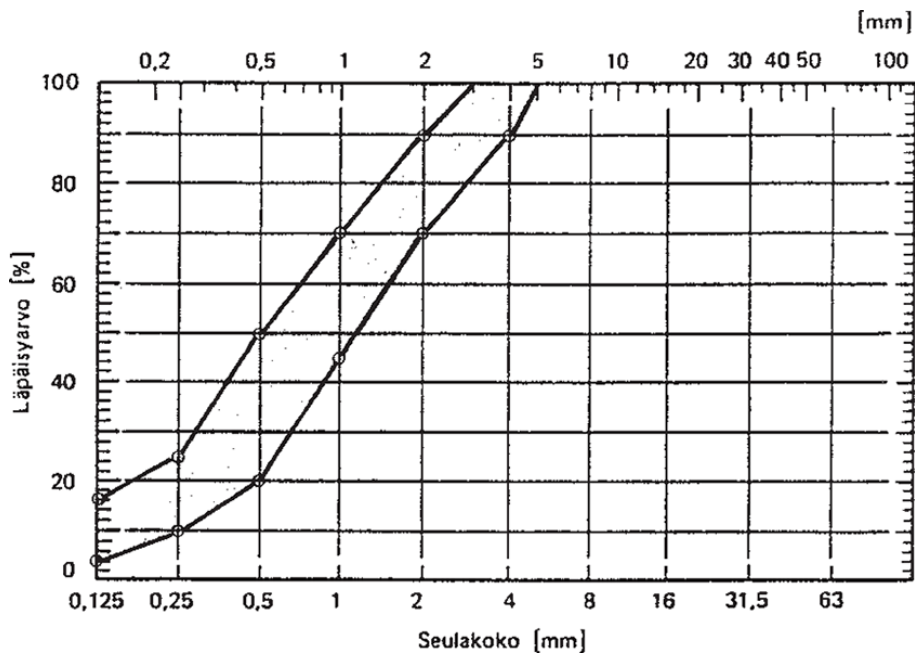
Taulukko 1. Ruiskubetonin osa-aineita koskevat standardivaatimukset

| Osa-aine                                                    | Standardit                                       |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Kiviainekset                                                | SFS-EN 12620 tai SFS-EN 13055-1                  |
| Sementti                                                    | SFS-EN 197-1+A1                                  |
| Seosaineet (sisältää mineraaliset täyteaineet ja pigmentit) | SFS-EN 206-1                                     |
| Vesi                                                        | SFS-EN 1008                                      |
| Lisäaineet                                                  | SFS-EN 934-2 ja/tai SFS-EN 934-5 ja SFS-EN 934-6 |
| Polymeerimodifioitu ruiskubetoni                            | SFS-EN 1504-3                                    |
| Kuidut                                                      | SFS-EN 14889-1 ja SFS-EN 14889-2                 |

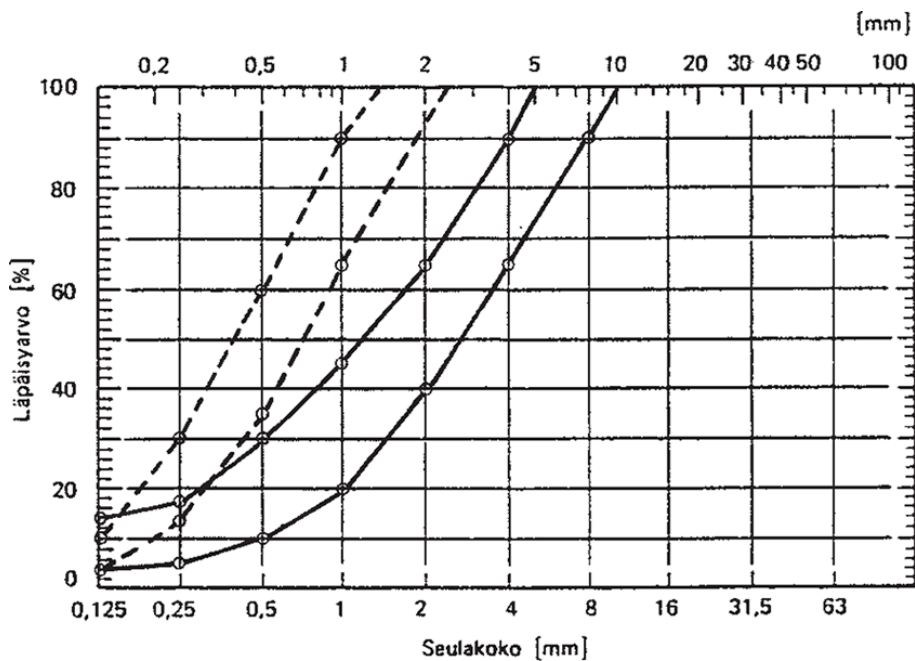
### 3.2 Kiviainekset

Ruiskubetonin kiviaineksena käytetään luonnonsoraa, joka voi sisältää murskattua lajitetta. Kiviaineksen on täytettävä standardien SFS-EN 12620 tai SFS-EN 13055-1 mukaiset vaatimukset.

Jos ruiskubetonin pinnalle asetetaan erityisiä vaatimuksia, kiviainekselle voidaan tällöin asettaa vaatimuksia mm. raemuodon, pakkasenkestävyyden, tilavuuden pysyvyyden ja kloridien määrän suhteen. Sillankorjaustöissä käytetään tavallisesti hienoja lajitteita 0–4 mm ja 0–8 mm. Suositeltavia ruiskubetonin kuivaseosmenetelmän kiviaineksen rakeisuuskäyriä on esitetty kuvissa [14 Kiviaineksen 0–4 mm rakeisuuden ohjealue](#) ja [15 Kiviaineksien 0–8 mm ja 0–2 mm rakeisuuksien ohjealueet](#).



Kuva 14. Kiviaineksen 0-4 mm rakeisuuden ohjealue



Kuva 15. Kiviaineksen 0-8 mm ja 0-2 mm rakeisuuksien ohjealueet

Erityistä huomiota on kiinnitettävä kiviaineksen puhtauteen ja rakeisuuteen. Poikkeamat ohjekäyrien muodosta aiheuttavat hukkaroiskeen lisääntymistä ja laadun heikkenemistä.

Ulkonäöltään vaativia pinnanajoja ja hyvää tiiviyyttä vaativia kerroksia ruiskutettaessa käytetään rakeisuudeltaan 0-4 mm:n kiviainesta (kuva [14 Kiviaineksen 0-4 mm rakeisuuden ohjealue](#)).

Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävät kuivatuotteet voivat poiketa näistä ohjeista.

### 3.3 Sementti

Sillankorjaustöissä käytetään sideaineena standardin SFS-EN 197-1+A1 mukaisia sementtejä korjattavan sillan osan rasitusluokkaryhmän asettamien suhteitusvaatimusten rajoissa. Sementti voi olla normaalisti tai nopeasti kovettuvaa. Myös valkosementtiä voidaan käyttää.

Työmaalla on kiinnitettävä erityistä huomiota sementin huolelliseen varastointiin.

Sementtiä käytetään ruiskubetonissa 300–500 kg/m<sup>3</sup>. Yleensä sementtimäärällä 400 kg/m<sup>3</sup> saavutetaan vähintään lujuus K30 ja hyvä pakkasenkestävyys.

### 3.4 Mineraaliset seosaineet

Sillankorjaustöissä ei suositella käytettäväksi mineraalisia seosaineita. Seosaineita käytettäessä tulee noudattaa standardin SFS-EN 206-1 mukaisia vaatimuksia. Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävissä kuivatuotteissa saattaa olla seosaineita.

### 3.5 Vesi

Ruiskubetoniin käytettävän veden pitää täyttää standardin SFS-EN 1008 mukaiset vaatimukset. Veden tulee olla puhdasta ja väriltään kirkasta, eikä se saa sisältää klorideja enempää kuin 0,03 painoprosenttia (Cl<sup>-</sup>). Merivettä ei saa käyttää.

Jos vesi otetaan suoraan vesistöstä, on aina tutkittava, että vedessä ei ole humusta tai muita betonille haitallisia aineita. Tämä koskee myös jälkihoidossa käytettävää vettä.

### 3.6 Lisäaineet

Menetelmästä ja ruiskutuskohteesta riippuen ruiskubetonissa käytetään erityyppisiä lisäaineita. Lisäaineiden käytöstä on aina annettava ohjeet työ- ja laatusuunnitelmassa. Ruiskubetonissa käytettävien lisäaineiden pitää täyttää standardissa SFS-EN 934-5 asetetut vaatimukset. Lisäaineen tulee olla CE-merkitty tai sillä on oltava hyväksytty käyttöseloste. Rakennuspaikalla on oltava myös lisäaineen käyttöohje. Jos lisäaineella ei ole varmennettua käyttöselostetta, vastaavat ominaisuudet pitää esittää. Selvityksiä ei tarvita, jos käytetään Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä kuivatuotteita.

Kiihdytteitä käytetään märkäseosmenetelmässä, vesivuotoja tukittaessa ja ruiskutettaessa paksuja pystypintoja talvityönä. Kiihdytteet alentavat betonin lujuutta. Klorideja sisältäviä kiihdytteitä ei saa käyttää.

Sillanrakennustöissä betonilta edellytetään pakkasenkestävyyttä, joten myös ruiskubetonin pakkasenkestävyys pitää varmentaa. Ruiskubetoneissa (erityisesti märkäseosmenetelmässä) käytetään huokosteita. Kuivaruiskubetoni yleensä täyttää ilman huokosteitakin pakkasenkestävälle betonille asetetut vaatimukset. Tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että huokostetta joudutaan käyttämään kuivaseosmenetelmässä viisinkertainen määrä normaaliin annostukseen verrattuna. Nestemäiset huokosteet sekoitetaan kiviainekseen ja jauhemaiset sementtiin. Kuivatuotteisiin ei saa lisätä huokosteita.

Märkäseosmenetelmässä käytetään usein notkisteita ja nesteytteitä. Onnistuneella suhteituksella massasta voidaan saada pumpattavaa myös ilman notkisteita. Kiihdytteiden käyttö märkäseosmenetelmässä on yleistä ja välttämätöntä ruiskutettaessa suuria kerrospaksuuksia.

Ruiskubetonin kiihdytteet jaetaan kolmeen pääryhmään:

- silikaattikiihdytteet
- aluminaattikiihdytteet
- alkalivapaat kiihdytteet.

Silikaattikiihdytteistä yleisin on natriumsilikaatti eli vesilasi. Sen ansiosta massa jäykistyy nopeasti ja sitoutuminen aikaistuu. Vesilasin käyttäminen kiihdytteenä on voimakkaasti annosteluriippuvainen. Se lisää varhaislujuutta, mutta pienillä annostuksilla sitoutuminen voi alkaa vasta kymmenien minuuttien kuluttua. Vesilasin haittavaikutuksista suurin on sen loppulujuutta alentava vaikutus. Annostuksesta riippuen lujuus alenee 15–25 % ja kutistuma lisääntyy. Vesilasi on voimakkaasti alkalinen ja terveydelle vaarallinen. Ihokosketusta on vältettävä ja suojavarusteita on käytettävä työskenneltäessä. Vesilasikiihdytteiden käytössä jälkihoito on toteutettava hyvin, koska muuten lujuuskato voi kasvaa merkittävästi. Vesilasipohjaiset kiihdytteet soveltuvat kohteisiin, joissa ei tarvita suuria alkulujuuksia ja joissa kerrospaksuus on suuri.

Aluminaattikiihdytteet ovat joko natrium- tai kaliumaluminaattipohjaisia. Ne soveltuvat, kun tarvitaan suuret alkulujuudet. Aluminaattikiihdytteiden toiminta perustuu siihen, että aluminaatti kuluttaa nopeasti kipsin ja ylimääräaluminaatit reagoivat ettringiitin kanssa muodostaen monosulfaatteja, jotka ovat veteen liukenevia ja mahdollistavat hydrataatioreaktiot. Aluminaattien ansiosta sitoutuminen tapahtuu erittäin nopeasti muutamassa kymmenessä sekunnissa ja lujuudenkehitys alkaa minuuteissa. Aluminaattikiihdytteiden toiminta on sementtityypiriippuvaista, kun silikaattipohjaisten kiihdytteiden toiminta kaikilla Suomessa käytettävillä sementtityypeillä on lähes samanarvoista. Aluminaattikiihdytteiden pH on hyvin suuri, joten ihokosketusta on vältettävä ja silmät on suojattava. Rakenteisiin jäävien aluminaattien ympäristövaikutusten vuoksi ne on kielletty eräissä Keski-Euroopan maissa. Suomessa aluminaattikiihdytteiden käyttö on nykyisin vähäistä.

Ruiskubetonin perinteisten kiihdytteiden työturvallisuus- ja ympäristösyiden vuoksi 1990-luvulta alkaen on kehitetty alkalivapaita ja vähäalkalisia kiihdytteitä. Kiihdyte luokitellaan alkalivapaaksi, kun sen alkalipitoisuus ( $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalentti) on alle 1 %. Alkalivapaat kiihdytteet ovat yleisimmin aluminaattisulfaatteja, jotka edistävät ettringiitin kiteytymistä klinkkeripartikkeleiden välille, jolloin sitoutuminen nopeutuu. Niiden teho on todennäköisesti riippuvainen myös sementin koostumuksesta.

### 3.7 Kuidut

Ruiskubetonissa voidaan käyttää sekä teräs- että polymeerikuituja. Käytettävien teräskuitujen pitää täyttää standardin SFS-EN 14889-1 ja polymeerikuitujen standardin SFS-EN 14889-2 mukaiset vaatimukset.

Kuidut parantavat betonin vetolujuutta, joten niitä voidaan käyttää kutistumishalkeamien estämiseen. Teräskuiduilla voidaan korvata betonin kutistumista rajoittava rauditusverkko, jos ruiskubetonikerroksen paksuus on yli 20 mm. Kuidun pituus saa olla enintään 60 % massansiirtoputken halkaisijasta. Kuidun pituuden pitää olla tartunnan vuoksi vähintään kaksinkertainen kiviaineksen suurimpaan raekokoon verrattuna. Kuidut annostellaan valmistajan ohjeen mukaan.

Sillan näkyvissä pinnoissa käytetään polymeerikuituja, koska teräskuidut ruostuvat ja rumentavat pintaa. Teräskuituja voidaan käyttää ainoastaan yli 10 mm:n syvyyteen jäävissä kerroksissa.

Kuidut sekoitetaan kiviainekseen ennen muita osa-aineita.

### 3.8 Väriaineet

Väripigmenttiä voidaan käyttää 3–7 % sementin painosta. Paras tulos saavutetaan, kun sekoitus tehdään niin, että väri sekoitetaan ensin tasaisesti kiviainekseen. Pigmenttien käytössä noudatetaan standardia SFS-EN 206-1.

## 4 Raudoitus

### 4.1 Raudoituksen uusiminen

Siltarakenteita ruiskubetonoidessa voidaan rakenteisiin joutua asentamaan lisäraudoitteita tai korvaamaan ruostuneita raudoitustankoja uusilla. Raudoitusta ei työteknisistä syistä voi asentaa ruiskubetonirakenteisiin, joiden paksuus on alle 40 mm. Raudoituksesta on aina oltava piirustus, jossa esitetään myös raudoituksen ankkurointi alustaan.

Rakenteellista raudoitusta uusittaessa kiinnitetään erityistä huomiota raudoitustankojen jatkospituuksiin, sidontaan sekä ruiskutustapaan ja betonipeitteisiin. Laajoissa pinnoissa käytetään hitsattuja teräsverkkoja, jolloin verkon silmäkoko ei saa olla alle 100 mm. Tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota verkon sidontaan, jotta sidelangat eivät nouse ruiskutettuun pintaan. Poikkileikkaukseltaan pienet raudoitustangot ovat ruiskubetonoinnin kannalta parempia. Halkaisijaltaan yli 16 mm:n tankoja ei yleensä pitäisi käyttää.

Kun raudoitustankoja joudutaan uusimaan laajoilta alueilta, saavutetaan märkäseosmenetelmällä helpommin raudoitustankojen taustojen täyttyminen ja betonin hyvä tiivistyminen.

Paljastetun raudoituksen pinnan korroosioaste määritetään julkaisun *Raudoitteiden korroosioasteen määrittäminen* mukaisesti. Raudoitteita, joiden korroosioaste on 0, 1 tai 2, voidaan käyttää. Korroosioasteen 0 ja 1 raudoitteita voidaan käyttää sellaisenaan ja korroosioasteen 2 raudoitteita voidaan käyttää, mikäli ne puhdistetaan edellä mainitussa julkaisussa *Raudoitteiden korroosioasteen määrittäminen* esitetyn mukaisesti.

### 4.2 Rakenteen vahventaminen

Jos betonointi tehdään ruiskuttamalla, rakenne vahvennetaan yleensä raudoitustangoilla. Jos vahvikkeina käytetään muita tuotteita kuin raudoitustankoja, vahventamissuunnitelmassa esitetään, miten ruiskubetonin ja vahvikkeiden välinen tartunta varmistetaan. Vahventamistyötä varten on aina laadittava vahventamissuunnitelma. Vahventamisessa noudatetaan kohdassa [4.1 Raudoituksen uusiminen](#) esitettyjä periaatteita.

### 4.3 Kutistumisraudoitus

Jos ruiskutettavan betonikerroksen paksuus on laajalla alueella yli 50 mm, käytetään yleensä raudoitusverkkoa kutistumisen estämiseksi (kuva 16 [Kutistumisraudoitus](#)). Ohuempia kerroksia ruiskutettaessa käytetään kutistumishalkeamien eliminoimiseksi kuituja. Näkyviin jäävissä korjauksissa ei saa käyttää teräskuituja. Teräskuituja voidaan käyttää kutistumisen estämisessä ainoastaan yli 10 mm:n syvyyteen jäävissä kerroksissa.

Kutistumisraudoituksen teosta tai kuitujen käytöstä on aina laadittava työ- ja laatusuunnitelma.



Kuva 16. Kutistumisraudoitus

## 5 Ruiskubetonin laatuvaatimukset

### 5.1 Ruiskubetonin ominaisuudet

Ruiskubetoni on korkealaatuista betonia, jonka lujuus voi vaihdella käyttötarkoituksesta riippuen seuraavasti:

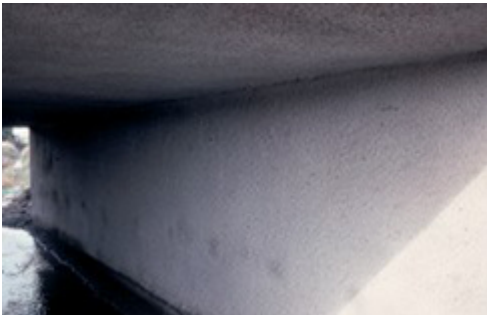
- puristuslujuus 30–70 MN/m<sup>2</sup>
- taivutusvetolujuus 5–10 MN/m<sup>2</sup>
- halkaisuvetolujuus 3,5–4,5 MN/m<sup>2</sup>
- tartuntalujuus 1,5–3,0 MN/m<sup>2</sup>.

Kuivaseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin hyvä laatu johtuu siitä, että betoni sinkoutuu alustaa vasten suurella nopeudella (80–170 m/s), jolloin isommat rakeet kimpoavat pois ja pintaan jäänyt sementtilaasti muodostaa hyvän tartuntakerroksen alustan ja kiviainesrakeiden välille. Betonoitava kerros tulee kauttaaltaan hyvin tiiviiksi, koska isommat rakeet iskeytyvät suurella nopeudella aikaisemmin ruiskutettuun pintaan. Lisäksi veden tarve on sementtimäärään ja rakeisuuteen nähden vähäinen eli vesisementtisuhde on 0,40–0,45, mikä parantaa pakkasenkestävyyttä.

Märkäseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin hyviä ominaisuuksia ovat massan tasainen laatu ja lisäaineiden avulla saavutettava hyvä tartunta alustaan, mahdollisuus ruiskuttaa paksuja kerroksia ja hyvä pakkasenkestävyys.

Sillankorjaustöissä on saatu hyviä kokemuksia Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävistä 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 työ- ja laatusuunnitelma yhteistoimin tuotteen valmistajan tai maahantuojaan kanssa.

Ammattitaidolla tehty ruiskubetoni on yleensä tiivistä. Ruiskubetonoitu pinta on karhea, aaltoileva ja värisävyltään vaihteleva (kuvat [17 Hyvä ruiskubetonipinta](#) ja [18 Värisävyltään häiritsevästi vaihteleva ruiskubetonin pinta](#)). Hyvin onnistuneen ruiskubetonin tartunta alustaansa on hyvä, betoni on pakkasenkestävää ja riittävän tiivistä estämään ilman hiilidioksidin ja suolojen tunkeutumista betoniin. Lisäksi ruiskubetoni kykenee uudelleen alkalisoiimaan korjattavaa betonipintaa ja siten hidastamaan olemassa olevien raudoitteiden korroosiota.



Kuva 17. Hyvä ruiskubetonipinta



Kuva 18. Värisävyltään häiritsevästi vaihteleva ruiskubetonin pinta

Ruiskubetonin laatuun vaikuttavat merkittävästi työn aikaiset olosuhteet ja jälkihoito. Näitä koskevat laatuvaatimukset on esitetty kohdassa [6 Ruiskubetonointi](#).

Taulukossa [2 Ruiskubetonin laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi](#) on esitetty ruiskubetonin laatuun vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja ruiskutustyössä.

Taulukko 2. Ruiskubetonin laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi

| Laatutavoite                                                                      | Menetelmät                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vaurioituneen betonin poisto siten, ettei synny halkeamia.                        | Suihkupuhdistus, jos poistosyvyys on alle 5 mm. Vesipiikkaus (yli 800 bar), jos poistosyvyys on yli 5 mm. Vesipiikkauksen jälkeen suurpainepesu.                                                                       |
| Betonialustan puhdistus irtonaisista aineksista ja epäpuhtauksista.               | Suihkupuhdistus hiekka- tai vesihiekkapuhalluksella.                                                                                                                                                                   |
| Esikastelu siten, että alusta on riittävän kostea, muttei liian märkä (kiiltävä). | Runsas kastelu vuorokausi ennen ruiskutusta.                                                                                                                                                                           |
| Plastisen halkeilun estäminen.                                                    | Kuituruiskubetoni.<br>Ruiskubetonikerroksen jyrkkiä paksuusvaihteluita on vältettävä.<br>Jälkihoito pintajännitystä pienentävällä jälkihoitoaineella välittömästi pinnan viimeistelyn jälkeen.                         |
| Kuivumisesta ja karbonatisoitumisesta johtuvien halkeamien estäminen              | Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan tai jälkihoito parafiinipohjaisella jälkihoitoaineella.                                                                                                    |
| Hidas karbonatisoituminen                                                         | Pieni vesi-sementtisuhde (alle 0,40).<br>Ei mineraalisia seosaineita.<br>Avonaisten huokosten sulkeminen hienorakeisemmalla pintalaastiruiskutuksella.<br>Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan. |
| Pinnan tummuusvaihtelun vähentäminen.                                             | Mahdollisimman laajat, rajatut alueet pinnanajossa.<br>Vesimäärän vakiointi.                                                                                                                                           |

## 5.2 Ruiskubetonille asetettavat vaatimukset

Ruiskubetonin koostumus on valittava siten, että kaikki työmenetelmän edellyttämät koostumusvaatimukset ja kovettuneelle ruiskubetonille asetetut vaatimukset muun muassa puristus- ja tartuntalujuuden, kutistumisen ja pakkasenkestävyyden suhteen tulevat täytetyiksi. Koostumus on valittava lisäksi siten, että rakenteelle asetetut suunnittelukäyttöikävaatimukset tulevat täytetyiksi.

Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävät ruiskubetonit ja -laastit täyttävät kohtien [5.2.1](#)

[Ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset](#) ja [5.2.2 Kovettuneen ruiskubetonin vaatimukset](#) vähimmäisvaatimukset.

## 5.2.1 Ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset

Ruiskubetonin koostumusta koskevat standardivaatimukset on esitetty taulukossa [3 Standardin SFS-EN 14487-1 mukaiset ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset](#). Märkäseosmenetelmää koskevat ruiskubetonin perusseoksen ja tuoreen ruiskubetonin vaatimukset on esitetty taulukossa [4 Standardin SFS-EN 14487-1 mukaiset märkäseosmenetelmää koskevat ruiskubetonin perusseoksen vaatimukset ja tuoreen ruiskubetonin vaatimukset](#).

Taulukko 3. Standardin SFS-EN 14487-1 mukaiset ruiskubetonin koostumusta koskevat vaatimukset

| Osa-aine/ominaisuus | Vaatus ja testausmenetelmät                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sementin käyttö     | Määritellään ottaen huomioon vallitsevan lämpötilan ja lämmönkehityksen vaikutus työstettävyyssai-kaan, lujuudenkehitykseen, loppulujuuteen ja jälkihoito-olosuhteisiin.                                                                                       |
| Kiviaineksen käyttö | Sovelletaan standardia SFS-EN 206-1.                                                                                                                                                                                                                           |
| Lisäaineiden käyttö | Standardien SFS-EN 934-2 ja SFS-EN 934-5 mukaisia rajoituksia ei saa ylittää.                                                                                                                                                                                  |
| Seosaineiden käyttö | Sovelletaan standardia SFS-EN 206-1.                                                                                                                                                                                                                           |
| Kuitujen käyttö     | Teräs- ja polymeerikuitujen tulee olla standardien SFS-EN 14889-1 ja SFS-EN 14889-2 ja muiden kuitujen kohdan <a href="#">3.1 Osa-aineita koskevat standardivaatimukset</a> mukaisia. Kuidut tulee lisätä siten, että ne jakaantuvat tasaisesti betonimassaan. |
| Vesi-sementtisuhte  | Siltaosakohtaisten vähimmäisvaatimusten tai käyttöikämitoituksen mukaisen vesi-sementtisuhteen arvoa ei saa ylittää.                                                                                                                                           |

Taulukko 4. Standardin SFS-EN 14487-1 mukaiset märkäseosmenetelmää koskevat ruiskubetonin perusseoksen vaatimukset ja tuoreen ruiskubetonin vaatimukset

| Ominaisuus                | Vaatus ja testausmenetelmät                                                                                                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Märkäperusseoksen notkeus | Määritellään standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti. Kuituvahvisteisen ruiskubetonin notkeus määritellään standardin SFS-EN 12350-3 mukaisesti (Vebe-koe). |

Taulukko jatkuu...

| Ominaisuus     | Vaatus ja testausmenetelmät                                                                                                                                              |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lämpötila      | Märkäperusseoksen lämpötilan tulee ennen ruiskutusta olla 5–30 °C <sup>*)</sup> , jotta työstettävyyssuhteet säilyvät ja vältetään haitalliset sitoutumisvaihtokutukset. |
| Tiheys         | Määritetään standardin SFS-EN 12350-6 mukaisesti.                                                                                                                        |
| Kuitupitoisuus | Kuitupitoisuus määritetään standardin SFS-EN 14488-7 mukaisesti. Näyte pitää ottaa työkohteesta, ellei toisin ole määritelty.                                            |

\*) Märkäseosten käyttökelpoisen lämpötila-alue on 10–20 °C.

## 5.2.2 Kovettuneen ruiskubetonin vaatimukset

Yleiset kovettuneen ruiskubetonin standardivaatimukset on esitetty kaikkien ominaisuuksien osalta standardin SFS-EN 14487-1 taulukossa 8.

Alla olevassa taulukossa [5 Sillankorjaustöissä käytettäviä kovettuneen ruiskubetonin vaatimuksia](#) ovat sillankorjaustöissä yleisesti edellytetyt kovettuneen ruiskubetonin vaatimukset ja niiden testausmenetelmät. Kohde- ja menetelmäkohtaisesti voidaan edellyttää myös muita standardissa SFS-EN 14487-1 esitettyjä laatuvaatimuksia.

Suunnittelija asettaa tarvittaessa vaatimukset kuituvahvisteisen ruiskubetonin jäännöslujuudelle ja kuitupitoisuudelle sekä esittää ominaisuuksien osoittamiseksi tehtävien kokeiden testausmenetelmät ja testauksen taajuuden.

Taulukko 5. Sillankorjaustöissä käytettäviä kovettuneen ruiskubetonin vaatimuksia

| Ominaisuus        | Testausmenetelmät                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Vähimmäisvaatimus                      |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Puristuslujuus    | Puristuslujuus ilmoitetaan ja määritetään standardin SFS-EN 206-1 mukaisesti. Lujuus määritetään standardin SFS-EN 12504-1 mukaan 28 vuorokauden ikäisille lieriöille, jotka on otettu rakenteesta standardin SFS-EN 12504-1 mukaan tai ruiskutetuista kappaleista standardin SFS-EN 14488-1 mukaan. Halkaisijan pitää olla vähintään 50 mm ja korkeus/halkaisijasuhde joko 1,0 tai 2,0. Näytteet testataan standardin SFS-EN 12504-1 mukaan. | $K_a < K < K_a + 20 \text{ MN/m}^2$ *) |
|                   | <b>Huomaa:</b><br><br>Pituus/halkaisijasuhteen pitää olla <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,0, jos lujuustuloksia verrataan lieriölujuuteen</li> <li>• 1,0, jos lujuustuloksia verrataan kuutiolujuuteen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 |                                        |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                        |
| Pakkasenkestävyys | Pakkasenkestävyys määritetään P-lukuna. Pakkasenkestävyys testataan julkaisun <i>Siltabetonien P-lukumenettely</i> mukaan ruiskutetuista kappaleista irrotetuista näytteistä standardin SS 13 72 44 mukaan, ja tuloksen perusteella lasketaan P-luku julkaisun <i>Siltabetonien P-lukumenettely</i> kohdan <i>P-luvun määrittäminen suoralla pakkaskokeella</i> mukaan.                                                                       | P30–P50 **) (P70)                      |

Taulukko jatkuu...

| Ominaisuus              | Testausmenetelmät                                                                                                                                                                                                                                  | Vähimmäisvaatimus                                   |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Tartuntalujuus alustaan | Tartuntalujuus alustaan määritetään standardin SFS-EN 1542 mukaan poikkeuksena elementtimuotin koko, jonka pitää olla vähintään 500 mm x 500 mm.                                                                                                   | 1,5 N/mm <sup>2</sup>                               |
| Kutistuminen            | Kutistuminen määritetään standardiehdotuksen prEN 104-816-4 mukaisella naulalevykokeella. Koekappaleet valetaan työmaalla ja säilytetään muovilla peitettynä vähintään +18 °C:n lämpötilassa ja sateelta, tuulelta ja auringonpaisteelta suojassa. | 0,6 ‰ (14 vrk kuluttua) tai 1,0 ‰ (28 vrk kuluttua) |
| Karbonatisoitumisnopeus | SFS-EN 13295                                                                                                                                                                                                                                       | ≤ 10 mm                                             |

\*) Ka = betonialustan lujuus. Lujuusluokka K määräytyy ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoiden *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasisluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasisluokkaryhmissä, alusrakenne* mukaisesti tai käyttöikäsuunnittelun perusteella.

\*\*) Pakkaskestävyysluokka määräytyy ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoiden *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasisluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasisluokkaryhmissä, alusrakenne* mukaisesti tai käyttöikäsuunnittelun perusteella.

Ominaisuuksien mukaisen ruiskubetonin laatuvaatimukset ja ennakkokokeiden tarve määräytyvät tarkastusluokan mukaisesti. Sillankorjaustöissä tarkastusluokka on joko 2 tai 3, jolloin pitää tehdä taulukon [5 Sillankorjaustöissä käytettäviä kovettuneen ruiskubetonin vaatimuksia](#) mukaiset ennakkokokeet. Jos projektikohtaisesti asetetaan vaatimuksia muiden ominaisuuksien suhteen, ennakkokokeet tehdään standardin SFS-EN 14487-1 mukaisesti.

Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä vakioruiskubetoneita käytettäessä ei tarvita ennakkokokeita. Laatuvaatimusten täyttyminen perustuu hyväksytyn aineenkoetuslaitoksen tekemien kokeiden tuloksiin.

Työkohtaiset vaatimukset määrätään sillan korjaussuunnitelmassa.

## 5.3 Muut vaatimukset

Ruiskubetonille voidaan sillan korjaussuunnitelmassa asettaa seuraavia lisävaatimuksia:

- tiiviysvaatimus laadunvarmistusmenetelmineen
- sallittu väri vaihtelu
- sallittu epätasaisuus, joka on yleensä 10 mm kahden metrin oikolaudalla mitattuna
- pinnan laadun ennakkokoe.

## 6 Ruiskubetonointi

### 6.1 Toimintatekniikat

Ruiskubetonityössä materiaalien säilytyksen, annostelulaitteiden, sekoittimien ja ruiskutuslaitteistojen pitää täyttää standardissa SFS-EN 14487-2 asetetut vaatimukset. Ruiskubetonimenetelmiltä edellytettävät osa-aineiden annostelun ja ruiskutuksen vaatimukset on esitetty ohjeessa *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla*.

Ruiskutusmenetelmiä ovat kuivaseosmenetelmä ja märkäseosmenetelmä. Paikkauksia voidaan tehdä myös ejektorilla, joka on yksinkertainen ja helposti liikuteltava laite.

Korjausrakentamisessa käytetään yleensä kuivaseosmenetelmää, mutta asia on harkittava kohteittain. Menetelmien eroja on esitetty taulukossa [6 Kuiva- ja märkäseosmenetelmien ja ejektoinnin vertailu korjausrakentamisen näkökulmasta \(Talonrakennustekniikan laboratorion julkaisu 36; Painilainen 2008\)](#).

Kuivaseosmenetelmässä tehdään kuivabetoniseos sementistä ja luonnonkuivasta kiviaineksesta. Tehdasvalmisteista kuivaseosta käytettäessä tarvitaan esikostutuslaitteet. Suositeltava vaakasuora massansiirtoetäisyys on 10–100 m, ja pystysuora nostokorkeus voi olla korkeintaan 50 m. Hukkaroiske on kuivaseosruiskutuksessa melko suuri (10–30 %), mikä pitää ottaa huomioon suojaamalla rakenteiden pinnat tarpeellisilta osin sekä estämällä roiskeiden suuntautuminen käytössä oleville liikenneväylille ja vesistöön.

Märkäseosmenetelmässä käytetään valmiiksi sekoitettua betonimassaa tai valmislaastia, joka sekoitetaan työmaalla laastisiilossa olevalla putkisekoittajalla. Ruiskutettava massa on tasalaatuista koko ruiskutuksen ajan. Menetelmä sopii paksujen kerrosten ruiskuttamiseen. Vesisementtisuhde on korkea.

Taulukko 6. Kuiva- ja märkaseosmenetelmien ja ejektoinnin vertailu korjausrakentamisen näkökulmasta (Talonrakennustekniikan laboratorion julkaisu 36; Painilainen 2008)

|        | <b>Kuivaseosmenetelmä</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Märkaseosmenetelmä, robottikalusto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Märkaseosmenetelmä, käsikalusto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Ejektointi</b>                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Edut   | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Lisäaineita ei yleensä käytetä</li> <li>+ Pieni vesi-sementtisuhte</li> <li>→ Paremmat säilyvyysominaisuudet</li> <li>+ Pienikokoiset ja teknisesti yksinkertaiset laitteet</li> <li>→ Taloudellisuus ja joustavuus</li> <li>+ Sopii polymeerimassojen ruiskutukseen</li> <li>+ Kuitujen lisäys mahdollista</li> <li>+ Valmislaastit helppoja hiertää ja tartunta alustaan hyvä</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Ruiskutettava massa tasalaatuis-ta koko ajan</li> <li>+ Tehokas kalusto</li> <li>+ Suuret massamäärät</li> <li>+ Ei vaadi telinetyötä</li> <li>+ Ei pölyä ja pie-ni hukkaroiskeen määrä</li> <li>+ Voidaan käyttää kuituja</li> <li>+ Raudoitteiden taustojen täyttö</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Valmis laasti tasalaatuista eikä vaadi mitään lisäaineita</li> <li>+ Laitteisto yksinkertainen laastipumppu</li> <li>+ Ei pölyä ja pie-ni hukkaroiskeen määrä</li> <li>+ Voidaan käyttää muovikuituja</li> <li>+ Ruiskutustyö ei vaadi niin paljon ammattitaitoa kuin kuivaseosmenetelmä</li> <li>+ Helppo leikata ja hiertää</li> <li>+ Raudoitteiden taustojen täyttö</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Massa tasalaatuis-ta</li> <li>+ Pieni vesi-sementtisuhte</li> <li>+ Pienikokoinen yksinkertainen ruiskutuslaite</li> <li>+ Taloudellinen pienissä paikkauksissa</li> </ul> |
| Haitat | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Laatu riippuu ruiskuttajan ammattitaidosta</li> <li>– Pölyä ruiskutuksen aikana</li> <li>– Suuri hukkaroiske</li> <li>– Osa kuiduista poistuu ruiskutettaessa</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Runsas lisäaineiden käyttö</li> <li>– Paksut ruiskutuskerrokset aiheuttavat irtoamista alustasta ja halkeilua</li> <li>– Helposti liian loiva ruiskutuskulma; ruma pinta</li> <li>– Suurempi vesi-sementtisuhte</li> <li>– Kallis kalusto</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Paksut ruiskutuskerrokset aiheuttavat irtoamista alustasta ja halkeilua</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                     |

Taulukko jatkuu...

|             | Kuivaseosmenetelmä                                       | Märkäseosmenetelmä, robottikalusto                                                        | Märkäseosmenetelmä, käsikalusto | Ejektointi                                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lisätietoja | Laatuominaisuudet sopivat vaativaan korjausrakentamisen. | Sopii tehokkuutensa ansiosta hyvin kalliotunneleiden, uusien siltojen yms. ruiskutukseen. | Sopii korjausrakentamiseen.     | Sopii vain pienehköihin paikkauksiin. Valumattomat paikkauslaastit ovat korvanneet menetelmän lähes täysin. |

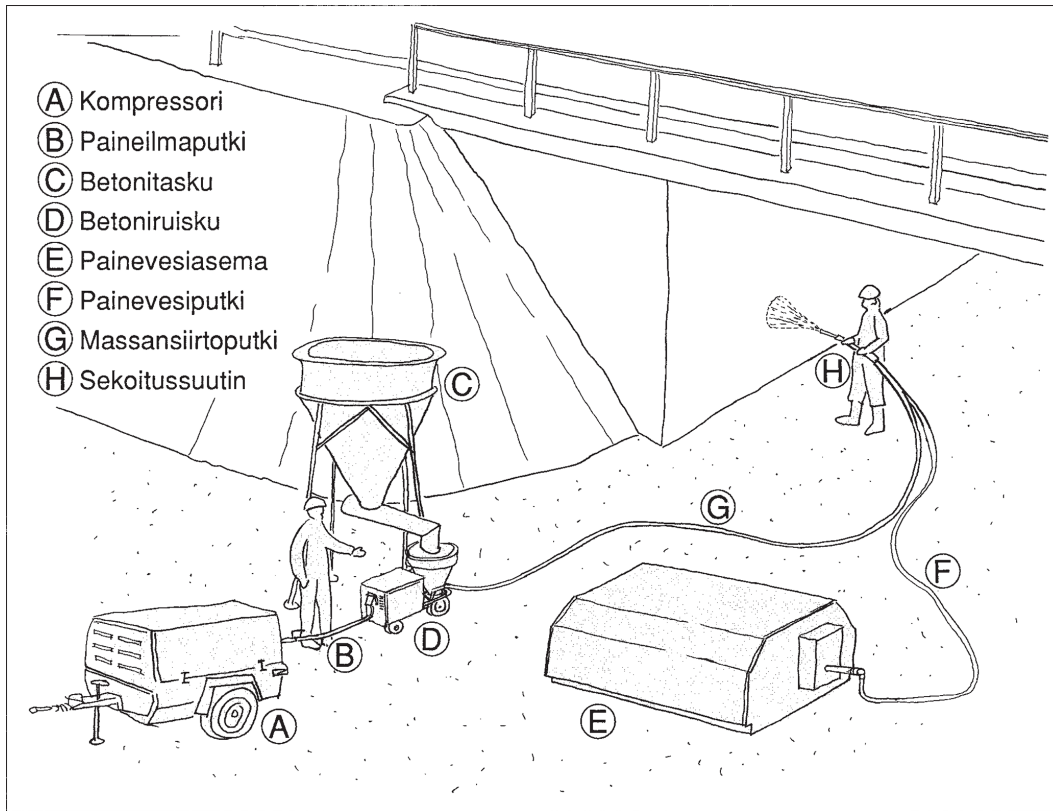
### 6.1.1 Kuivaseosmenetelmä

Kuivaseosruiskutuksessa tarvittava kalusto on seuraava (kuva [19 Kuivaseosmenetelmän ruiskutuskalusto](#)):

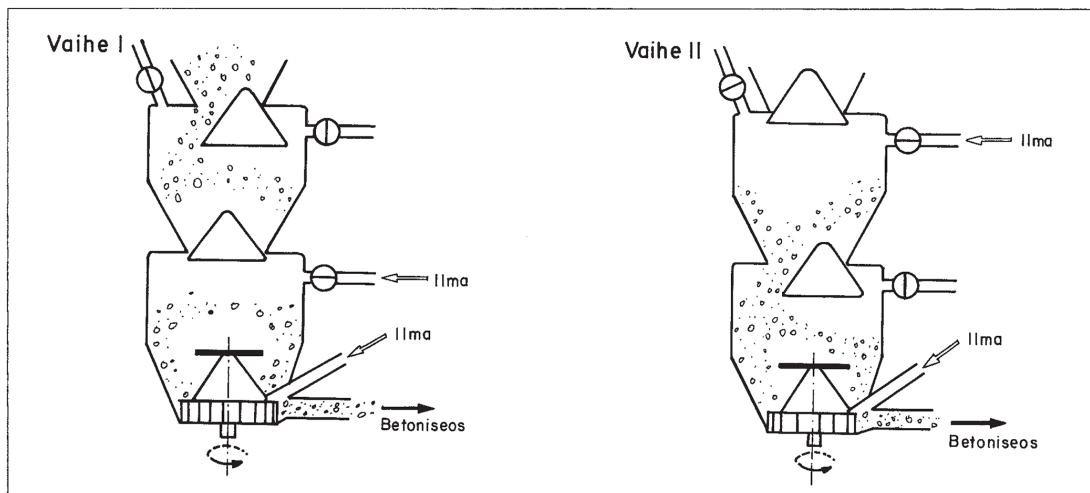
- A** Kompressoreina käytetään yleensä dieselkäyttöisiä mäntä-, lamelli- tai ruuvi-kompressoreita. Paineilman tarve on 6–17 m<sup>3</sup>/min.
- B** Paineilmaputkistona käytetään joko teräs- tai kumiputkia. Putkiston halkaisija on 25–150 mm. Putkistossa käytetään tarvittaessa paineilmasäiliöitä ja vedenerottimia.
- C** Betonitasku voi olla joko hydraulinen tai mekaaninen. Kuljettimen ja siilon yhdistelmää voidaan myös käyttää. Pienissä töissä massa lapioidaan betoniruiskuun.
- D** Betoniruiskuja on useita tyyppejä, joista revolveri(roottori)syöttötyyppi on yleisin ja pyörivällä annostelijalla varustettu painekammioityyppi uusin. Siltojen korjaustöissä on saatu tasalaatuisin lopputulos useimmiten kaksoiskammioityypillä. Betoniruiskujen toimintaperiaatteet selviävät kuvista [20 Kaksoiskammioperiaatteella toimiva betoniruisku](#), [21 Ruuvisyöttöperiaatteella toimiva betoniruisku](#), [22 Roottori\(revolveri\)syöttöperiaatteella toimiva betoniruisku](#) ja [23 Pyörivällä annostelijalla varustettu painekammioperiaatteella toimiva betoniruisku](#).
- E** Painevesiasema tarvitaan, jos vettä ei saada vesijohtoverkostosta. Painevesiaseman muodostavat siirrettävä vesisäiliö, siipipumppu ja paineastia (50–150 l). Vesipaineen pitää olla tasainen ja 0,1–0,2 MPa suurempi kuin ilmanpaine. Tarvittava vesimäärä on korkeintaan 20 l/min.
- F** Painevesiputkistossa käytetään kumi- tai muovilettoa. Letkun halkaisija on 20–25 mm.
- G** Massansiirtoputkistossa käytetään kumista hiekanpuhalluslettoa, jonka halkaisija on 30–50 mm.

**H** Sekoitussuuttimessa on runko, vesihana, vesirengas ja suukappale.

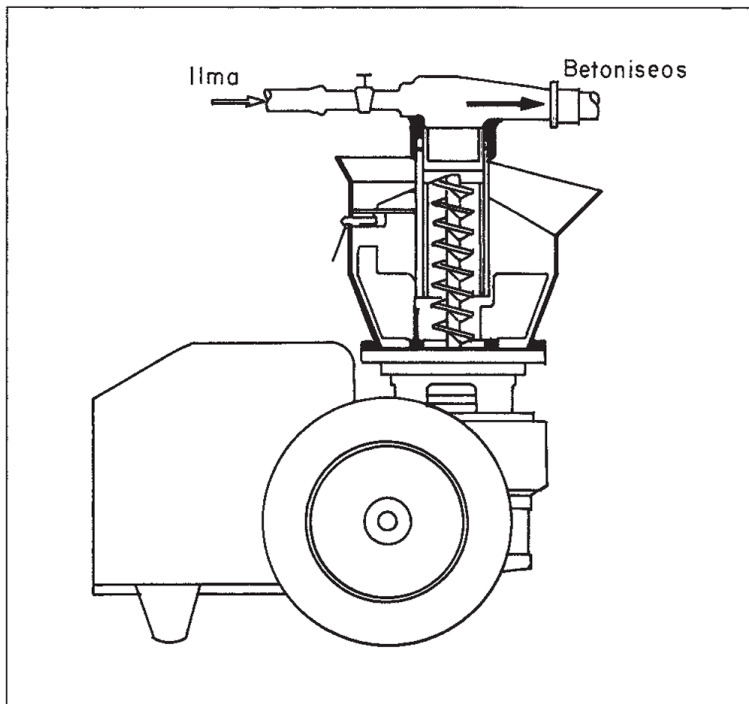
Markkinoilla on myös kevyitä pienempiin kohteisiin sopivia laitteita.



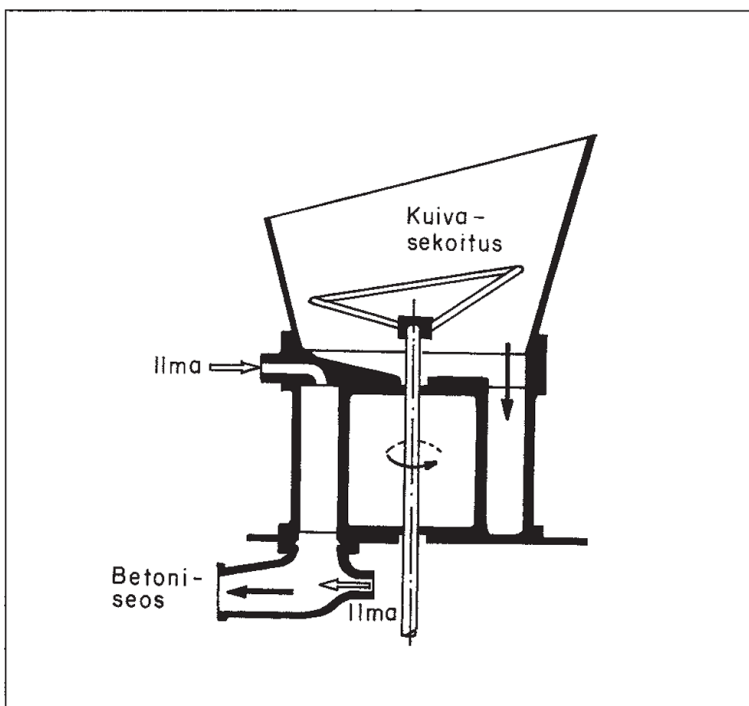
Kuva 19. Kuivaseosmenetelmän ruiskutuskalusto



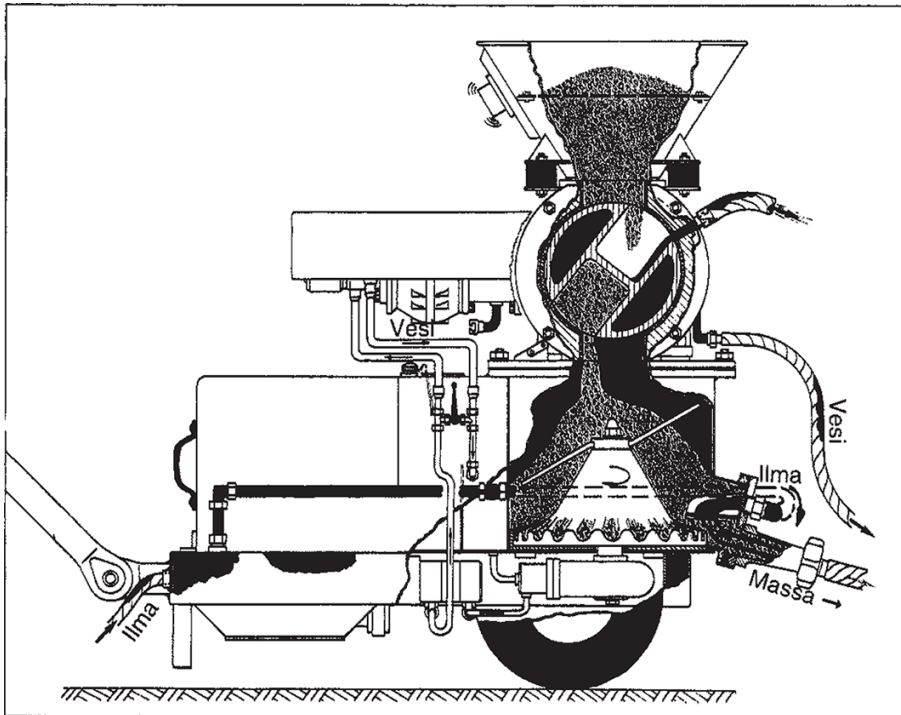
Kuva 20. Kaksoiskammioperiaatteella toimiva betoniruisku



Kuva 21. Ruuvisyöttöperiaatteella toimiva betoniruisku



Kuva 22. Roottori(revolveri)syöttöperiaatteella toimiva betoniruisku

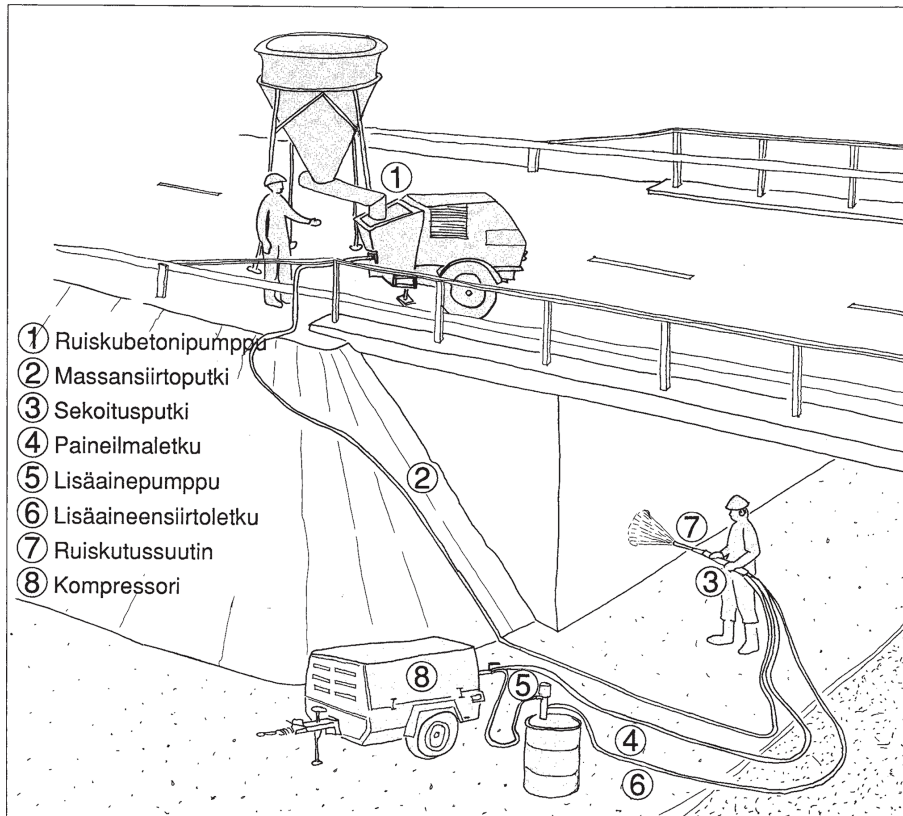


Kuva 23. Pyörivällä annostelijalla varustettu painekammioperiaatteella toimiva betoniruisku

### 6.1.2 Märkäseosmenetelmä

Märkäseosruiskutuksessa tarvittava kalusto on seuraava (kuva [24 Märkäseosmenetelmän ruiskutuskalusto](#)):

1. Jatkuvatoinen vastaanottosäiliöllä varustettu betonipumppu tai laastipumppu, jossa on putkisekoittimella varustettu laastisiilo.
2. Massansiirtoputkistona käytetään joko teräs- tai kumiputkia. Putkiston halkaisija on 40–100 mm. Putkistossa on supistus- ja siirtymäkappaleita.
3. Sekoitusputki paineilma- ja lisäaine(kiihdytin)liittymällä.
4. Paineilmaletkun halkaisija on 25 mm ja suositeltava pituus 20 m.
5. Lisäaineen annostelupumppu.
6. Lisäaineen siirtoletku, jonka halkaisija on 12,5 mm. Työpaine on 20 baaria.
7. Ruiskutussuutin, jossa on runko ja suukappale.
8. Kompressoreina käytetään yleensä dieselkäyttöisiä mäntä-, lamelli- tai ruuvikompressoreita. Vähimmäisteho on 6 m<sup>3</sup> minuutissa 7–10 baarin paineella.



Kuva 24. Märkäseosmenetelmän ruiskutuskalusto

### 6.1.3 Ruiskutus ejektorilla

Ejektorilla ruiskutettava laasti tarttuu hyvin alustaan ja sulloutuu tiiviiksi. Laastin kutistuminen on vähäistä, koska vesi-sementtisuhte on alhainen. Ejektori on rakenteeltaan yksinkertainen (kuva [25 Laastiejektori](#)), ja sen käyttö on helppo oppia.

Hidastin parantaa laastin ominaisuuksia, ja laastia voidaan valmistaa esimerkiksi päivän tarve. Hidastimen vaikutus on selvitettävä ennakkokokeella. Laastiin voidaan sekoittaa kuituja.



Kuva 25. Laastiejektori

## 6.2 Ruiskubetonityön laatuvaatimukset

## 6.2.1 Pintojen esikäsittely

Ruiskutettavan betonialustan esikäsittelyn pitää täyttää standardin SFS-EN 1504-10 kohdan 7 mukaiset vaatimukset.

Ruiskubetonin alustassa ei saa olla likaa, öljyä tai irtonaisia aineksia. Öljy tai rasva poistetaan ensin kemiallisesti. Vaurioitunut betoni poistetaan vesipiikkauslaitteella tai piikkausvasaralla (kuvat [26 Ruiskubetonoitavan kaaren piikkausta](#) ja [27 Maatuen vesipiikattu pinta](#)). Vesipiikkaus ja jysintä ovat suositeltavia purkamismenetelmiä varsinkin laajoilla pinnoilla. Jysintää voidaan käyttää, jos poistettava betoni ei ulotu raudoitteiden taakse (kuva [28 Maatuen pinnan jysintä](#)). Pinta huuhdellaan suurpaine pesurilla. Vaurioitumattomat pinnat suihkupuhdistetaan.

Ruiskutettava pinta kastellaan ruiskutusta edeltävänä päivänä. Ruiskutuksen alkaessa pinnan pitää olla kostea, mutta se ei saa olla märkä (kiiltävä). Ruiskutettava pinta ei saa koskaan olla jäinen tai niin kylmä, että betonimassa voi jäättyä.

Hukkaroiskeet on aina poistettava ruiskutettavilta pinnoilta ja raudoitteista.

Raudoitustangon paljastuessa menetellään ohjeessa *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla* esitetyllä tavalla.



Kuva 26. Ruiskubetonoitavan kaaren piikkausta



Kuva 27. Maatuen vesipiikattu pinta



Kuva 28. Maatuen pinnan jysintä

### 6.2.2 Ruiskutus

Ennen työn aloitusta laaditaan kohdan [2.5 Ruiskubetonoinnin työ- ja laatusuunnitelma](#) ja ohjeen *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla* kohdan *Työ- ja laatusuunnitelman laatiminen* mukainen työ- ja laatusuunnitelma riittävän ajoissa, jotta laitteiden ja tarvikkeiden saanti voidaan varmistaa. Ennakkokokouksen tarve on esitetty kohdassa [5 Ruiskubetonin laatuvaatimukset](#). Urakoitsija toimittaa työ- ja laatusuunnitelman tilaajan edustajalle vähintään viikko ennen työn alkua.

Työ- ja laatusuunnitelma perustuu kohdekohtaiseen korjaussuunnitelmaan.

Ruiskubetonointityön yleiset olosuhdevaatimukset ovat

- ilman ja rakenteen lämpötila +5...+20 °C
- tuulen nopeus alle 2 m/s
- työtä ei saa tehdä vesisateessa
- pintaan ei saa kohdistua suoraa auringon säteilyä.

Jos olosuhteita ei saada paikallisin järjestelyin sopiviksi, tulos on varmistettava ennakkokokouksella.

Ruiskubetonimassan osa-aineet mitataan paino-osin. Sekoitus tehdään pakkosekoittimella (kuva [29 Ruiskubetonimassan sekoitusta pakkosekoittimella](#)).



Kuva 29. Ruiskubetonimassan sekoitusta pakkosekoittimella

Kuivaseosmenetelmässä kiinnitetään erityistä huomiota vesimäärän säätelyyn, jolla on ratkaiseva vaikutus ruiskubetonin laatuun ja joka toisaalta perustuu ruiskuttajan näköhavaintoihin. Ruiskutuksesta on annettu yksityiskohtaiset ohjeet ohjeessa *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla*.

Kuivaseokset, joiden kiviaines on kostea, pitää ruiskuttaa 1,5 tunnin kuluessa sekoituksesta. Pidempi avoin aika edellyttää erillisselvitystä.

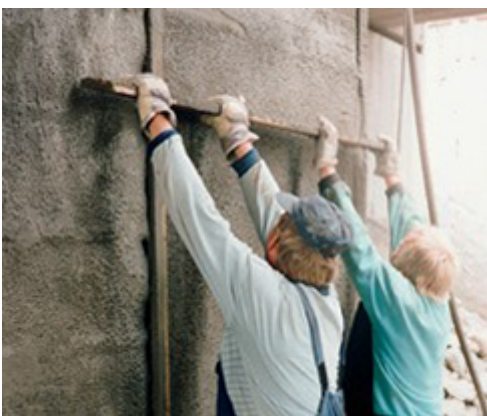
Kerralla ruiskutettavan kerroksen enimmäispaksuus on pystysuorissa pinnoissa 40 mm ja alapinnoissa 30 mm. Vähäiset kuopat voidaan täyttää 50 mm:n syvyydeltä yhdellä ruiskutuskerralla. Jos työ joudutaan toteuttamaan useampana ruiskutuskertana ja aika eri kerrosten ruiskuttamisen välillä on huomattava, pinta tulee puhdistaa.

Betonipeitevaatimuksen täyttymistä on seurattava tarkasti. Palkkien alapinnoissa, pilareissa tms. rakenteissa betonipeitteen paksuus ja särmien muoto saadaan oikeaksi, kun käytetään muotteja (kuva [30 Palkkien ja pilareiden muodon säilyminen on varmistettu muottien avulla](#)). Seinäpinnan paksuusmittauksessa voidaan käyttää apuna ns. kontaktitappeja ja niiden väliin pingotettuja teräslankoja tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tappeja.



Kuva 30. Palkkien ja pilareiden muodon säilyminen on varmistettu muottien avulla

Ruiskubetonin pintaa ei saa hiertää, jos massan raekoko on 0–8 mm. Jos pinta on hierrettävä tiukan tasaisuusvaatimuksen vuoksi tai ulkonäkösyistä, pintaan on ruiskutettava 5–10 mm:n hiertokerros, jonka massan raekoko on 0–4 mm. Hierto tai kaavaus on tehtävä välittömästi ruiskutuksen jälkeen, varoen irrottamasta ruiskubetonikerrosta alustastaan (kuvat [31 Pinnanleikkausta eli kaavausta](#) ja [32 Pinnan hiertämistä](#)).



Kuva 31. Pinnanleikkausta eli kaavausta



Kuva 32. Pinnan hiertämistä

Jos lopullisen pinnan värisävyyn pitää olla tasainen, pintakerros (5–10 mm) ruiskutetaan lopuksi yhtäjaksoisesti (ns. pinnanajo) normaalia suuremmalla työpaineella ja kuivemmalla massalla. Pinnan hierto vähentää pinnan väri vaihtelua.

### 6.2.3 Jälkihoito

Jälkihoito on aloitettava tarvittaessa jo ruiskutuksen aikana. Huolellisella ja riittävällä jälkihoidolla voidaan vaikuttaa oleellisesti ruiskubetonin säilyvyyteen. Hyvällä jälkihoidolla pakkasenkestävyys paranee, karbonatisoituminen hidastuu ja tartuntalujuus paranee. Koska ruiskubetonimassassa on runsaasti sementtiä ja kerrokset ovat yleensä ohuita, kuivumiskutistuminen aiheuttaa halkeamia.

Kosteajälkihoidon on kestettävä vähintään 7 vuorokautta, ja jälkihoitoa on jatkettava niin kauan, kunnes betonin lujuus on saavuttanut 60 % nimellislujuudesta.

Jos pintahalkeamia syntyy, ne on korjattava tiivistämällä. Halkeamien korjaamista pelkästään pinnoittamalla on vältettävä. Rakenteelliset halkeamat on injektoitava. Korjausmenetelmä valitaan niin, että vaurion syy tulee poistettua.

## 7 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

Korjaustöissä noudatettavaa työ- ja ympäristönsuojelua sekä liikenneturvallisuutta koskevat yleiset vaatimukset on esitetty ohjeissa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina*, *SILKO 1.111 Työturvallisuus* ja *SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu* sekä valtioneuvoston päätöksissä ja asetuksissa (Valtioneuvoston päätös 629/94 sekä muutokset asetuksissa VnA 426/04 ja VnA 702/06).

Ruiskubetonointi ei työnä ole poikkeuksellinen työsuojelun kannalta. Pahimmat haittatekijät ovat kostea pöly ja hukkaroiske, jossa saattaa olla isojakin kiviä. Suihkupuhdistajan suojaruuvit on hiekkapuhaltajan kypärä ja kuulonsuojaimet. Ruiskuttajan henkilökohtainen suojain on kypärään kiinnitettävä, kasvoja suojaava suojalippa ja hengityksensuojain (kuva [33 Ruiskuttajan suojaruuvit](#)).



Kuva 33. Ruiskuttajan suojarustus

Koska henkilökohtaiset suojaimek yleensä haittaavat työskentelyä antamatta täydellistä suojaa, työskentelyoloihin on kiinnitettävä ensisijaisesti huomiota. Umpinainen työskentelytila on ongelmallinen, ja tuuletus on järjestettävä imun tai paineen avulla.

Ruiskuttajan on voitava liikkua mahdollisimman vaivattomasti ja turvallisesti ruiskutustyön aikana, joten telineet on suunniteltava ja rakennettava huolellisesti niistä annettujen ohjeiden *SILKO 1.111 Työturvallisuus* ja *RIL 147-2006 Tukitelineet ja muotit* mukaan. Kiinteitä telineitä käytettäessä tarvitaan päällysrakenteen alapintaa ruiskutettaessa usein laajoja telinerakenteita, koska telineiden osien siirtely työn edistymisen mukaan ei ole suositeltavaa.

Henkilöiden nostaminen on sallittu vain henkilönostimella (katso Vnp/42/§32).

Valaistuksen pitää vastata päivänvaloa. Tarvittaessa käytetään yleisvalaistuksen lisäksi kohdevalaisimia.

Jos ruiskuttaja joutuu työskentelemään hankalassa asennossa, ruiskutus on jaksotettava muun työn kanssa.

Ympäristönsuojelua koskevat ohjeet on annettu ohjeissa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* ja *SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu*. Ympäristönsuojelutoimet on harkittava tapauskohtaisesti. Haittoja saattaa aiheutua pölystä ja melusta. Sementtiliimaa ei saa joutua haitallisesti vesistöön. Rakennusjätteitä ei saa jäädä siltapaikalle, vaan ne on kerättävä ja kuljetettava kierrätykseen, kaatopaikalle tai ongelmajätelaitokselle.

## 8 Laadunvarmistus

### 8.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet ja sisältö

Laadunvarmistuksen tavoitteet siltojen korjaustöissä on esitetty ohjeessa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina*.

Laadunvarmistuksen tarkoitus siltojen ruiskubetonikorjauksissa on korjauksen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen. Ruiskubetonikorjauksissa laadunvarmistuksen keskeisiä tavoitteita ovat

- ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin vanhaan rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopivan betonin valmistaminen
- riittävän hyvän tartunnan aikaansaaminen betonialustan ja ruiskubetonin välille
- värisävyltään mahdollisimman tasalaatuinen pinta.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, ennakkokokeiden, työnopastuksen ja materiaalien ja työn valvonnan avulla. Ruiskubetonityön vaatimustenmukaisuus osoitetaan urakoitsijan laadunvalvonnan tulosten perusteella. Merkittävimmät laadunvarmistustoimet sisältävät osa-aineiden ja ruiskubetonin ominaisuuksien valvonnan, työnaikaiset mittaukset ja kokeet sekä ruiskutustyön valvonnan.

Urakoitsijan laadunvalvonnan tulokset taltioidaan laaturaporttiin.

## 8.2 Työnjohdon ja ruiskuttajan pätevyys

Korjaustyön betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset on asetettu ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Henkilöstön pätevyys*.

Ruiskuttajalla on oltava vähintään kahden vuoden kokemus ulkobetonirakenteiden ruiskubetonointitöistä.

## 8.3 Korjaustyön valmistelu ja ennakkokokeet

Sillan korjaustyön valmistelua on käsitelty ohjeessa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina*.

Betonin ennakkokokeet sisältävät ainakin seuraavien ominaisuuksien todentamisen:

- puristuslujuus
- tartuntalujuus alustaan
- pakkasenkestävyys
- kutistuma
- märkäseosmenetelmällä lisäksi notkeus sekä notkisteen ja nesteytteen vaikutusaika.

Projektikohtaisesti myös muiden ominaisuuksien ennakkokokeita voidaan edellyttää. Ennakkokokeita vastaavat tiedot voidaan hankkia aikaisemmin tehdyistä huolellisesti dokumentoiduista hankkeista, jotka on tehty vastaavissa oloissa ja vastaavalla betonin koostumuksella. Ennakkokokeissa käytettävät testausmenetelmät ja ominaisuuksien hyväksyttävyysskriteerit on esitetty kohdassa [5 Ruiskubetonin laatuvaatimukset](#). Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävistä tuotteista ei ennakkokokeita tarvitse tehdä.

Kohdekohtaisesti voidaan edellyttää koeruiskutusta. Koeruiskutusta koskevat vaatimukset on esitetty ohjeessa *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla*.

## 8.4 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Ruiskubetonityön vaatimustenmukaisuus todetaan työaikaisilla kokeilla ja valvonnalla. Urakoitsijan suorittamiin laadunvalvontatoimiin kuuluvat

- osa-aineiden valvonta
- perusseoksen valvonta (märkäseosmenetelmä)

- ruiskubetonin ominaisuuksien, muun muassa puristuslujuuden, pakkasenkestävyyden, tartuntalujuuden ja kutistuman valvonta
- ruiskutustyön tarkastus.

Sillankorjaustöissä noudatettavat ruiskubetonin osa-aineiden ja ruiskubetonin ominaisuuksien laadunvalvonnan toimenpiteet ja todentavien kokeiden tekeminen on esitetty ohjeessa *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla*. Vuoden aikana tehdyt kokeet katsotaan yhdeksi arvostelueräksi.

## 8.5 Vaatimustenmukaisuuden ehdot

Ruiskubetonin vaatimustenmukaisuus osoitetaan yleensä koelaatoista porattujen lieriöiden avulla. Koelaatat ruiskutetaan työmaalla puisiin muotteihin (500 mm x 500 mm x 100 mm) yhtä paksuina kerroksina kuin itse rakennekin (kuvat [34 Koelaattojen ruiskutusta](#) ja [35 Valmis koelaatta](#)). Kerrosten ruiskutusten välisen ajan pitää olla sama kuin varsinaisessa työssä. Muutenkin laatat tehdään ja säilytetään rakennetta vastaavasti.



Kuva 34. Koelaattojen ruiskutusta



Kuva 35. Valmis koelaatta

Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa yksi testaustulos on koelaatasta porattujen viiden lieriön puristuslujuuskeskiarvo. Jos yhden tai kahden lieriön tulos poikkeaa keskiarvosta enemmän kuin 20 %, tuloksia ei oteta huomioon keskiarvon laskennassa edellyttäen, että keskiarvo lasketaan vähintään kolmesta lieriöstä. Näin saaduista yksittäistuloksista lasketaan keskiarvo, jonka tulee olla 4 MPa suurempi kuin nimellisluku. Lisäksi yksittäistulos saa alittaa nimellislajuuden enintään 4 MPa.

Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa myös rakenteesta otetuilla rakennekoekappaleilla. Näytteet otetaan aikaisintaan 14 vrk:n ikäisestä rakenteesta. Arvosteluerää kohden näytemäärä on vähintään kolme. Yksittäistuloksista lasketaan keskiarvo, jonka tulee olla 4 MPa suurempi kuin nimellisluku. Lisäksi yksittäistulos saa alittaa nimellislajuuden enintään 4 MPa.

Pakkasenkestävyyden vaatimustenmukaisuuden testaustuloksen perusteella lasketun P-luvun tai niiden keskiarvon tulee olla vähintään yhtä suuri kuin vaadittu P-luku.

Tartuntalujuuden vaatimustenmukaisuus saavutetaan, jos tulosten keskiarvo on vähintään yhtä suuri kuin määritelty arvo. Jos vetokokeita ei kohteen pienuuden vuoksi tehdä, tartunta tarkastetaan koputtelemalla.

Muiden ominaisuuksien testauksen vaatimustenmukaisuuden ehdot on esitetty standardissa SFS-EN 14487-1.

Mikäli laadunvalvontatoimien ja -kokeiden perusteella on syytä epäillä vaatimustenmukaisuuden ehtojen täyttymistä, tilaaja voi edellyttää lisäkokeita. Jos lisäkokeiden perusteella vaatimustenmukaisuuden ehdot eivät täyty, urakoitsija laatii korjaavien toimenpiteiden osalta erillisen työ- ja laatusuunnitelman ja luovuttaa sen tilaajalle.

## 8.6 Laaturaportti

Siltojen korjaustöistä tehdään laaturaportti ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdan *Sillan laaturaportti* mukaisesti.

# 9 Täydentävät ohjeet

Seuraavat viiteasiakirjat ovat välttämättömiä, jotta tätä ohjetta voidaan soveltaa. Jos viittaus kohdistuu tiettyyn versioon, tätä ohjetta koskee vain kyseinen versio. Jos viittauksessa ei ole mainittu versiota, sovelletaan viimeisintä versiota. Ohjeiden ajantasaisuus tulee tarkistaa ennen niiden noudattamista. Ajantasaiset Väyläviraston ohjeet löytyvät [Väyläviraston ohjeluettelosta](#).

### Väyläviraston ohjeet

- SILKO 1.111 Työturvallisuus
- SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu
- SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina
- SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla
- Betonipinnan purkamisohje [www.tiehallinto.fi/sillat](http://www.tiehallinto.fi/sillat).
- Raudoitteiden korroosioasteen määrittely. Helsinki: Tiehallinto 2003. Tiehallinnon selvityksiä 48/2003.
- Siltabetonien P-lukumenettely. Helsinki: Tiehallinto 2008. TIEH 2200054-v-08, [www.tiehallinto.fi/sillat](http://www.tiehallinto.fi/sillat).

### Standardit

- SFS-EN197-1+A1 Sementti. Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. 27 s.
- SFS-EN206-1 Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. 73 s.

- SFS-EN934-2+A1+A2 Betonin, laastin ja injektointilaastin lisäaineet. Osa 2: Betonin lisäaineet, määritelmät, vaatimukset, vaatimustenmukaisuus ja merkintä. 2006. 23 s.
- SFS-EN934-5:en Betonin, laastin ja juotoslaastin lisäaineet - Osa 5: Ruiskubetonin lisäaineet - Määritelmät, määrittelyt ja vaatimustenmukaisuus. Admixtures for concrete, mortar and grout – Part 5: Admixtures for sprayed concrete – Definitions, specifications and conformity. 2005.
- SFS-EN934-6+A1 Betonin, laastin ja injektointilaastin lisäaineet - Osa 6: Näytteenotto, vaatimustenmukaisuuden valvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 6: Sampling, conformity control and evaluation of conformity. 2005.
- SFS-EN1504-3 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 3: Rakenteellinen ja ei-rakenteellinen korjaus.
- SFS-EN 1542:en Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Tartuntalujuuden mittaus vetokokeella.
- SFS-EN12390-1 Kovettuneen betonin testaus. Osa 1: Muoto, mitat ja muut koekappaleiden ja muottien vaatimukset.
- SFS-EN12390-2 Kovettuneen betonin testaus.Osa 2: Koekappaleiden valmistus ja säilytys lujuustestejä varten. 7 s.
- SFS-EN12390-3 Kovettuneen betonin testaus.Osa 3: Koekappaleiden puristuslujuus. 16 s.
- SFS-EN12504-1 Betonin testaus rakenteista. Osa 1: Poratut koekappaleet. Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus. 7 s.
- SFS-EN 12620 Betonikiviainekset.49 s.
- SFS-EN 13295:en Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Karbonatisoitumiskestävyyden määrittäminen.
- SFS-EN14487-1 Ruiskubetoni. Osa 1: Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus.Sprayed concrete. Part 1: Definitions, specifications and conformity. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2006. 33 s.
- SFS-EN14487-2 Ruiskubetoni. Osa 2: Toteuttaminen. Sprayed concrete. Part 2: Execution. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2007. 17 s.
- SFS-EN14488-1:en Ruiskubetonintestaus. Osa 1: Tuoreen ja kovettuneen betonin näytteenotto. Testing sprayed concrete. Sampling fresh and hardened concrete. 2005. 8 s.
- SFS-EN14488-2:en Testing sprayed concrete. Part 2: Compressive strength of young sprayed concrete. 2006. 11 s.
- SFS-EN14488-3:en Testing sprayed concrete. Part 3: Flexural strengths (firstpeak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens. 2006. 13 s.
- SFS-EN14488-4:en Ruiskubetonin testaus. Osa 4: Tartuntalujuus porattujen lieriöiden suoralla vetokokeella. Testing sprayed concrete. Part 4: Bond strength of cores by direct tension. 2005. 8 s.
- SFS-EN14488-5:en Testing sprayed concrete. Part 5: Determination of energy absorption capacity of fibre reinforced slab specimens. 2007. 9 s.
- SFS-EN14488-6:en Testing sprayed concrete. Part 6: Thickness of concrete on a substrate. 2007. 8 s.
- SFS-EN14488-7:en Testing sprayed concrete. Part 7: Fibre content of fibre reinforced concrete. 2007. 7 s.

- SFS-EN14889-1:en Betoniin käytettävät kuidut. Osa 1: Teräskuidut. Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Fibres for concrete. Part 1: Steel fibres. Definitions, specifications and conformity. 2006. 27 s.
- SFS-EN14889-2:en Betoniin käytettävät kuidut. Osa 2: Polymeerikuidut. Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Fibres for concrete. Part 2: Polymer fibres. Definitions, specifications and conformity. 2006. 28 s.
- prEN104-816-4 Products and systems for the protection and repair of concrete structures; Test method; determination of shrinkage and expansion; ANNEX B, Partially restrained movement i.e. Nail plate method.
- SS 137244 Swedish standard, SS 13 72 44, Edition 3 (1995), Concretetesting – Hardened concrete – Scaling at freezing.

### **Muut ohjeet**

- Kuivaruiskubetonointi ulkobetonirakenteiden korjaamisessa. Helsinki: Teknillinen Korkeakoulu 1993. Talonrakennustekniikan laboratorion julkaisu 36. 38 s. ISBN 951-22-1454-7.
- Betoninormit 2004. by50. Jyväskylä: Suomen betoniyhdistys r.y. 240 s. ISBN 952-5075-60-5.
- Ruiskubetoniohjeet 1993, by 29. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 1993. 27 s. ISBN 951-9365-60-5.
- InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. RT 14-10920. Rakennustieto Oy. Helsinki 2008.
- Sillantarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto 1999. 102 s. ISBN 951-726-513-1. TIEL 2232219-99.(TIEH 2000008-04)
- RIL 147-2006, Tukitelineet ja muotit, Helsinki 2006. ISBN 951-758-467-9.
- Valtioneuvoston päätös (629/94) rakennustöiden turvallisuudesta ja muutokset asetuksissa VnA 426/04 ja VnA 702/06.
- Ruiskubetonointimenetelmien vertailu. Petri Painilainen. Konsultaatio 2008.



Väylävirasto  
Trafikledsverket

