



## **Betonirakenteiden korjaaminen 2026**

Matti Airaksinen, Ramboll Finland Oy

Rakenneseosien uusiminen, rakenteiden vahvistaminen, raudoituksen uusiminen tai lisääminen, vedenalaisten rakenteiden korjaus

26/3/2026

---

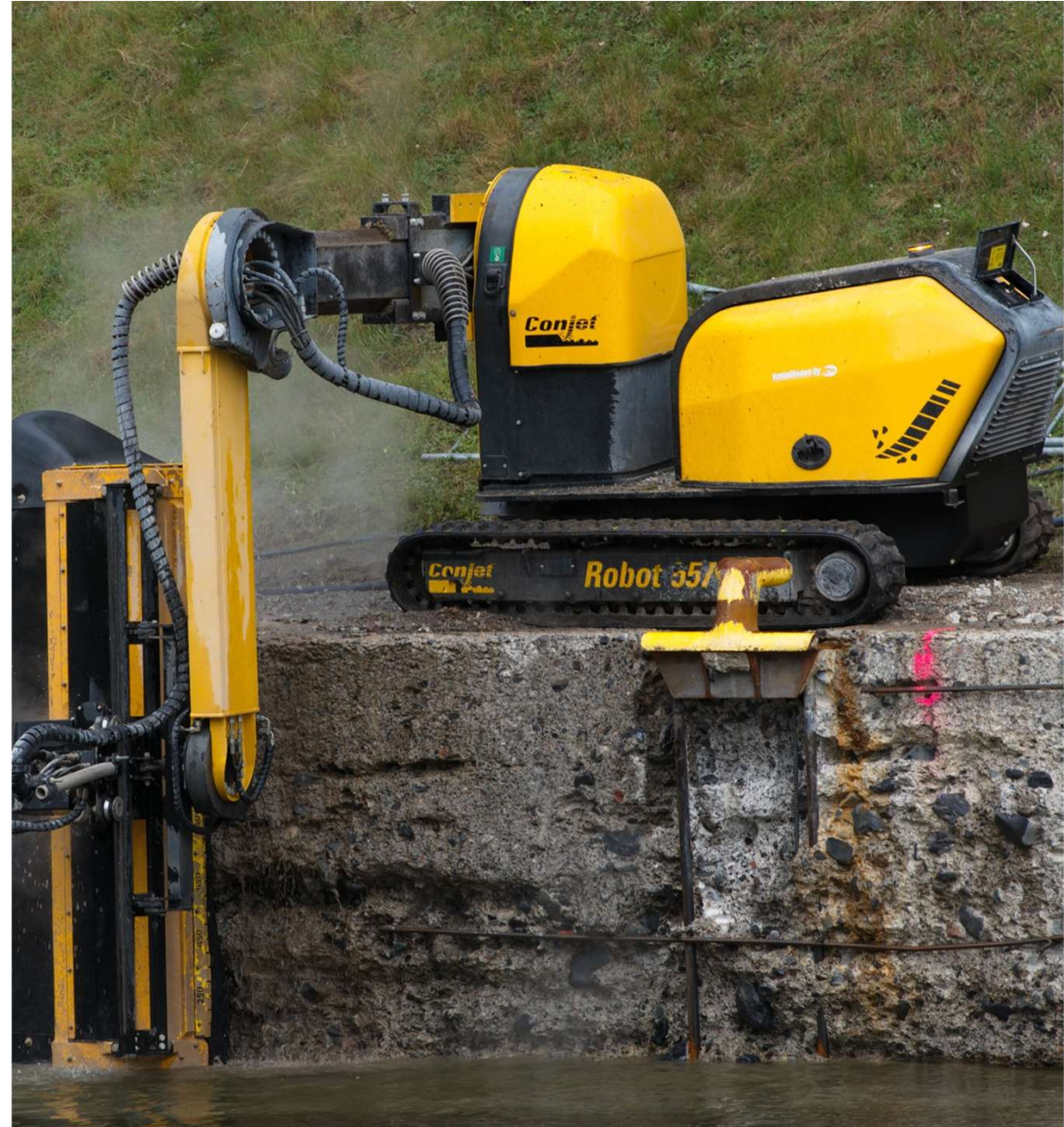
# Purkutyö, kantavuuden varmistaminen, betonin poistaminen

Betonirakenteiden korjaaminen  
2026



# Purkumenetelmän valinta

- By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet ja SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät, SILKO 2. sarja “työkohtaiset laatuvaatimukset”
- Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17-2011
- Siltojen korjaus- ja vahventamissuunnittelu VO xx/26?
- Sillan purkuohje, laadinnassa VO xx/26
- Purkumenetelmän valinta
  - Korjauksen tai uusimisen rajapinnan laatuvaatimukset, tutkimukset
    - Tartuntalujuus, kloridipitoisuus
    - Betonin laatu
    - Olemassa olevan raudituksen hyödyntäminen
    - Kierrätettävyys ja uusikäyttö
  - Rakenteen lujuus ja vaurioitumisaste (käyttöikä)
  - Työtekniset rajoitteet
    - Olosuhteet
    - Jätteet ja muut rakenteet
    - Vedenalaiset rakenteet



# Purkumenetelmän valinta

- Soveltuvuus kohteeseen
  - Ympäristövaatimukset, purettavan alueen laajuus, liikenne, työmaajärjestelyt, muut rakenteet (tilat)
  - Purkumenetelmän tehokkuus ja menekki
  - Vedenalaiset työt, työskentelyolot, vuodenaika
  - Voimayksikkö, vesi
  - Haitta-aineet
  - Aikataulu

Valitun purkumenetelmän soveltuvuus (ja kalibrointi) varmistetaan mallityöllä



# Purkumenetelmät

## Purkumenetelmät

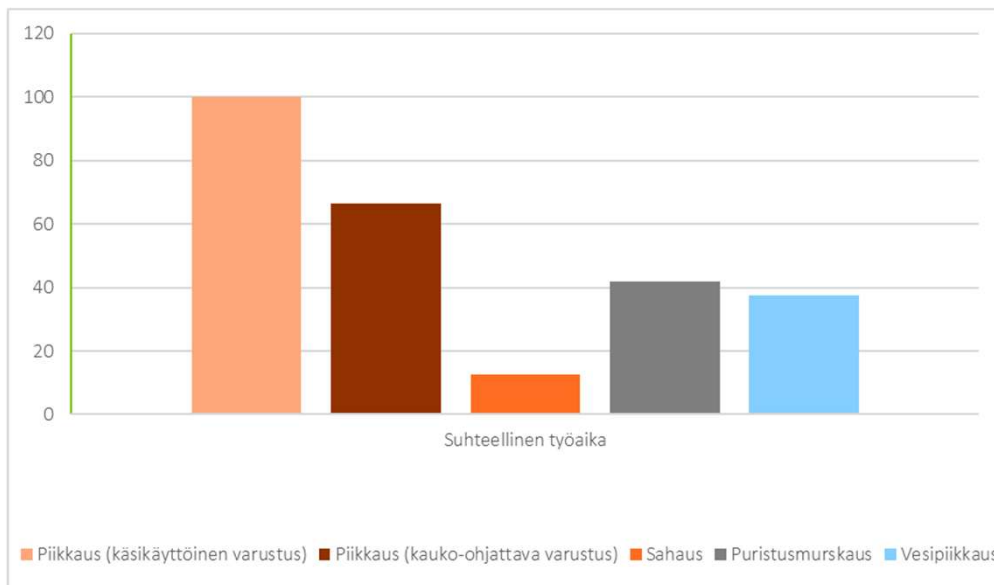
- Mekaaninen piikkaus
  - Käsien, työkoneesta “rammeri”, purkurobotti
- Murskaimet
- Vesipiikkaus
- Timanttisahaus
  - Ketjusaha, holvisaha, vaijerisaha
- Jyrsintä
- Poraus

## Betonipinnan poisto ja puhdistus

- Korkeapainepesu (tasovesipesu), vesihiekka- tai hiekkapuhallus, sinkopuhallus, soodapuhallus, kuivajääpuhallus, imurointi



# Purkumenetelmät



Huom. sahauspinta on karhennettava



# Purkumenetelmät

Purkamismenetelmien käyttökohteita SILKO 1.203

KÄYTTÖKOHDE	TYÖMENETELMÄ														
	Piikkaus käsityövälineillä	Koneellinen piikkaus	Vesipiikkaus	Iskuporaus	Lieriöporaus	Timanttisaha	Sulatusleikkaus	Puristusruskaus	Koneellinen halkaisu	Halkaisu paisunta-aineella	Hallittu räjäytys	Irrutus kaivinkoneella	Urajyrsintä	Tasojyrsintä	Korkeapainepeesu
<b>Betonirakenteet</b>															
Purkaminen															
- reunapalkki		•	•					•	○	○					
- kansilaatan yläpinta		•	•											•	○
- alusrakenteiden pinnat		•	○												
- kansilaatan alapinta		•	○												
Läpiviennit				○	•										
Ankkuroinnit				•	○										
Rajaukset						•							○		
Tartuntapinnan viimeistely	•														•
<b>Pintarakenteet</b>															
Purkaminen															
- päällyste ja suojabetoni															
- vedeneristys		•	•										•		•
Sauma						•							•		
Jyrsiminen															•
<b>Vedenalaiset rakenteet</b>															
Purkaminen		○	•	•					○						
Leikkaus					•	•									

- sopii hyvin
- voidaan käyttää



# Puhdistusmenetelmät

Puhdistusmenetelmien käyttökohteita SILKO 1-203

Menetelmä	Betonipinnan puhdistaminen	Raudoituksen puhdistaminen	Irtoaineksen poistaminen	Vaikutus-syvyys [mm]
Vesipiikkaus		•		
Hiominen (karhennus)	•			1-3
Hiekkapuhallus	•	•		0-5
Vesihiekkapuhallus	•			0-1
Sinkopuhdistus	•			0-3
Soodapuhallus	•			< 1
Kuivajääpuhallus	•		•	0-1
Korkeapainepesu / Tasovesipesu	•	•	•	0-5
Imurointi			•	0
Paineilmapuhallus			•	0
Liekkiharjaus	•			0-1



# Purkumenetelmät veden alla

- Vesipiikkaus puomilla (ulottuvuus WP:sta)
- Hydraulisesti tai paineilmalla
  - Vesipiikkaus
  - Mekaaninen piikkaus
  - Timanttisahaus
  - Timanttiporaus



Betonirakenteiden korjaaminen 2026

# Ympäristön suojaus, turvallisuus liikennejärjestelyt ja työvaiheistus

- SILKO 1.111 Työturvallisuus, TURO ja RATU-kortisto
- Muun muassa seuraavat tekijät saattavat vaarantaa työntekijöiden turvallisuuden (ja ympäristön):
  - tie-, raide- ja vesiliikenne
  - Sähköjohtojen, kaapeleiden lähellä työskentely
  - työskentely puutteellisilla telineillä ja työtasoilla
  - virheelliset tai puutteelliset työmenetelmät ja välineet
  - poikkeukselliset sääolosuhteet
  - työympäristön epäjärjestys
  - puutteellinen purkusuunnitelma
  - korjattavien rakenteiden huono kunto
  - vaaralliset aineet (PAH, asbesti, kvartsipöly)
  - **töiden huono ennakkosuunnittelu ja puutteellinen turvallisuussuunnittelu ja riskikartoitus sekä suojavarustus.**
- SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu
  - Olosuhteista tulevat määräykset esim. kunta, eliöstö, Natura 2000
    - Ympäristö- ja luontoselvitykset
  - AVI ja kunnan ympäristösuojeluviranomaisen sekä Elinvoimakeskukset
- Hydraulisissa voimayksiköissä käytettävä ympäristöön hajoavia bionesteitä



## Liikennejärjestelyt ja työvaiheistus

- Työtilat
- Liikenne tietyömaalla ohjesarja VO
- Siltojen sääsuojat VO 2/2023
- Purkujärjestys ja rakenteen kantavuuden huomiointi
  - Liikennejärjestelyt
  - Tuennan tarve
- Liikenteen vaatimusten huomiointi
  - Kaistat ja alikulkukorkeusvaatimus
  - Työjaksot rautateillä



# Kantavuuden varmistaminen purkutyössä

## Rakenteen lujuus

- Betonin puristuslujuus ja vauriot (tutkimukset)

## Rakenteen staattinen toiminta

- Sillat; päällysrakenne, tukirakenteet
- Paljonko puretaan → betonin ja raudituksen yhteistoiminta, tuentatarve tarkasteltava laskennallisesti
- Liikennejärjestelyt → kuorman vähentäminen, tarvittavat tilat, nopeuden alentaminen
- Rakenteen tukemistarve kun omapaino pienenee → kuorman ja jännityksen muutokset
  - Rakennuksen julkisivun ulkokuori liittyy yleensä puristettuun rakenteeseen → ei ongelmaa
- Parveke → onko ulokkeellinen vai alhaalta tuettu
  - Yleensä ripustukset uusitaan tai muutetaan alhaalta tuetuksi, olennaista purkujärjestys eli staattinen toiminta



# Purkujätteen lajittelu

- Betonin korjaus- ja suojaustöissä syntyvät jätteet on aina kerättävä ja lajiteltava
- Kierrätysmahdollisuus on esimerkiksi betonimurskan uusiokäyttö pengermateriaalina, kivikoreissa tai luiskarakenteissa sekä betonin valmistuksessa runkoaineena
- Betoniraudotteiden kierrätys terästeollisuuden raaka-aineena (betoniteräkset sulatettua uusioterästä)
- Kerrostalojen betonielementtien uudelleenkäyttö



---

Telineet ja muotit,  
raudoitus,  
tartuntatankojen  
lisääminen

Betonirakenteiden korjaaminen  
2026



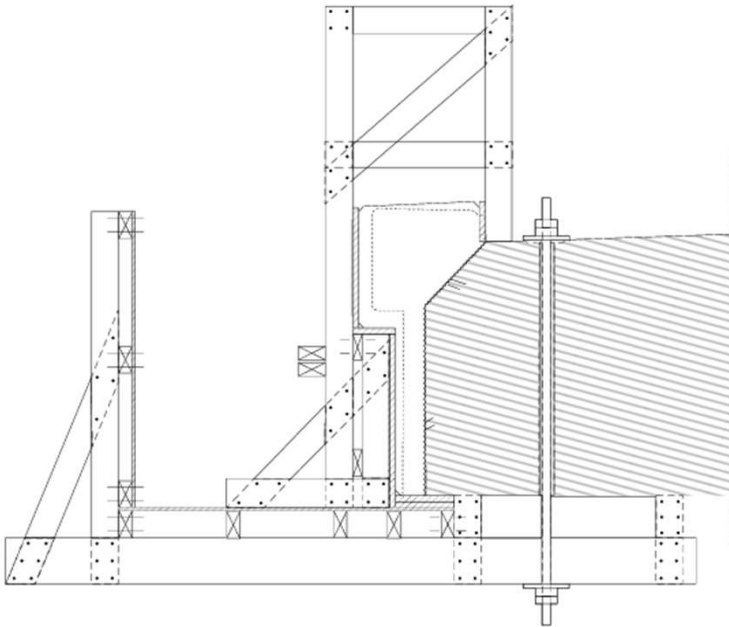
# Telineet ja muotit

- Puu- tai terästelineet
- Vaatii erillisen suunnitelman ja tarkastuksen
- Paikallatehtyjä tai valmiita elementtejä (järjestelmämuotti)
- Huomioitava ympäristön vaatimukset kuten liikenne, kevytliikenne, auto, bussit, junat, kuormat, laivat vesipoikkileikkaus (vesistö sillat)
- Muottimateriaalit
  - Raakaponttilauta, mitallistettu lauta, vanerimuotti, polymeerimuotti, teräsmuotti
- Pinnan ja muodon vaatimukset
  - Betonipinnan laatuluokka AA, A, B ja C (by 40)
- Ulkonäkövaatimukset
- Toleranssit
- Saumat
  - liikuntasäula ja kutistumasäula
- Kierrätysmahdollisuus

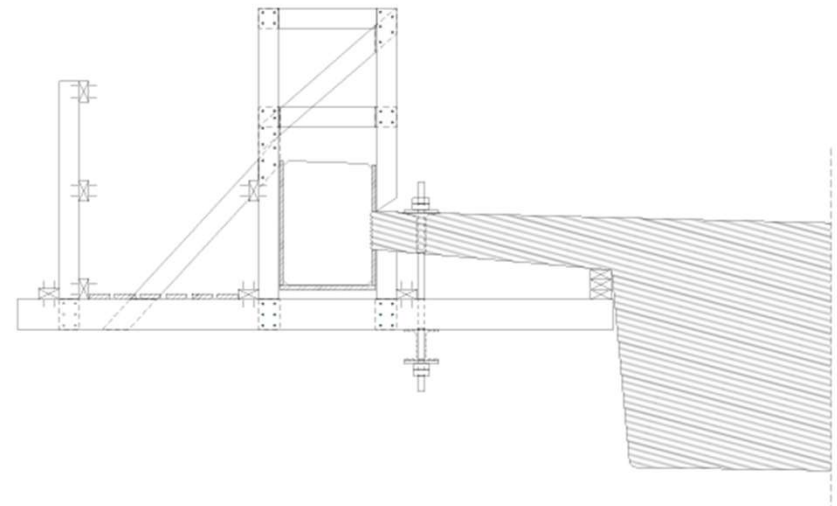


# Reunapalkin uusiminen

SILKO 2.211



Kuva 1. Kansilaatan reunaan ripustettava muotti ja telineet

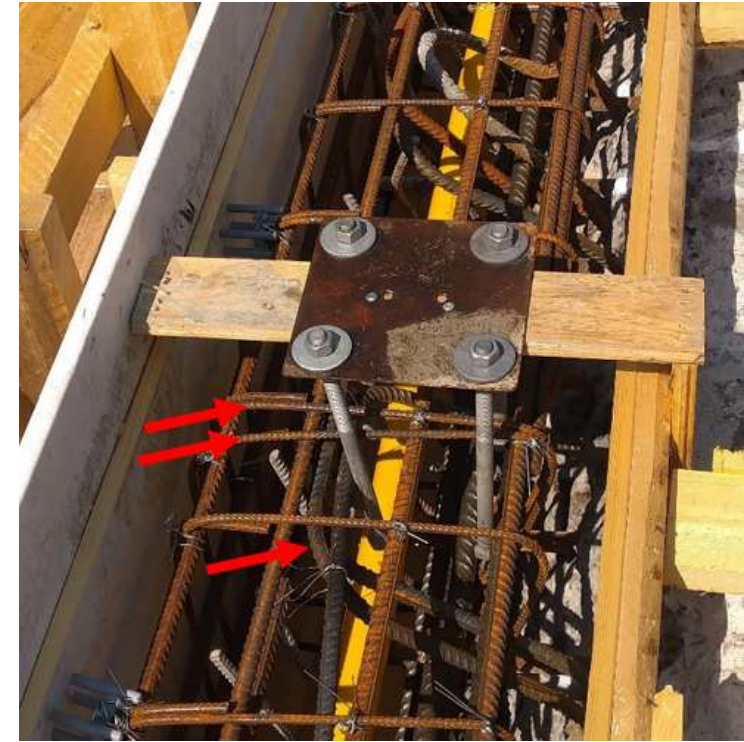


Kuva 1. Ulokkeen varaan ripustettava muotti ja telineet, pulttaus kansilaatan läpi

# Raudoitus, tartuntatankojen lisääminen

- Teräslaadut
  - Harjateräs B500B (A500HW)
    - ruostumaton B600KX
    - kuumasinkitty, pinnoitettu (pintakäsittely)
    - korroosio pari?
- Lisäraudoitus, laskettava
- Säilytettävän raudoituksen hyödyntäminen
- Korvaava raudoitus ja jatkospituudet
  - Tangon pinta-ala pienentynyt  $\geq 25$  % korroosion vuoksi
- Tartuntatankojen käyttö
  - Tartuntatankojen ankkurointisuunnitelma
  - Määrä, ankkurointipituus, poraus ja puhdistus, ankkurointiaineet (kemialliset ja laasti)





## Sillan reunapalkin muotti ja raudoitus

# Ankkurointiaineen valinta

- Ankkurointiaineen on sovelluttava kyseisen korjauskohteen vaatimuksiin
- Suunnittelija määrittelee kemiallisia ankkureita käytettäessä ankkureiden ja ankkuroinnin laatuvaatimukset
  - Ankkurointiaineina käytettävien valmistusotteiden on oltava CE-merkittyjä ja niiden suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmän (AVCP-luokka) tulee olla 2+ / standardi SFS-EN 1504-6
  - ETA – arviointi
  - Käynnissä SILKO-koeohjelma mm. sovellettu SLICE-test
  - Betonirakenteiden suunnittelu –ohje NCCI 2 (ankkurointi ja limipituudet)
- Ankkurointiaineena voidaan käyttää sementtilaastia (SILKO-koeohjelma), jonka kiviaineksen enimmäisraekoko on 2 mm ja juotoslaastin vesisementtisuhde on enintään 0,5
  - Porareikä vähintään 5x max. raekoko
  - Lisäaineiden esimerkiksi huokostimien ja notkistimien mahdollinen käyttö on esitettävä ankkurointisuunnitelmassa



# Progreso Pier (Mexico)



**1937: Pilarit ruostumattomasta teräksestä**

**1965: Pilarit harjateräksestä**

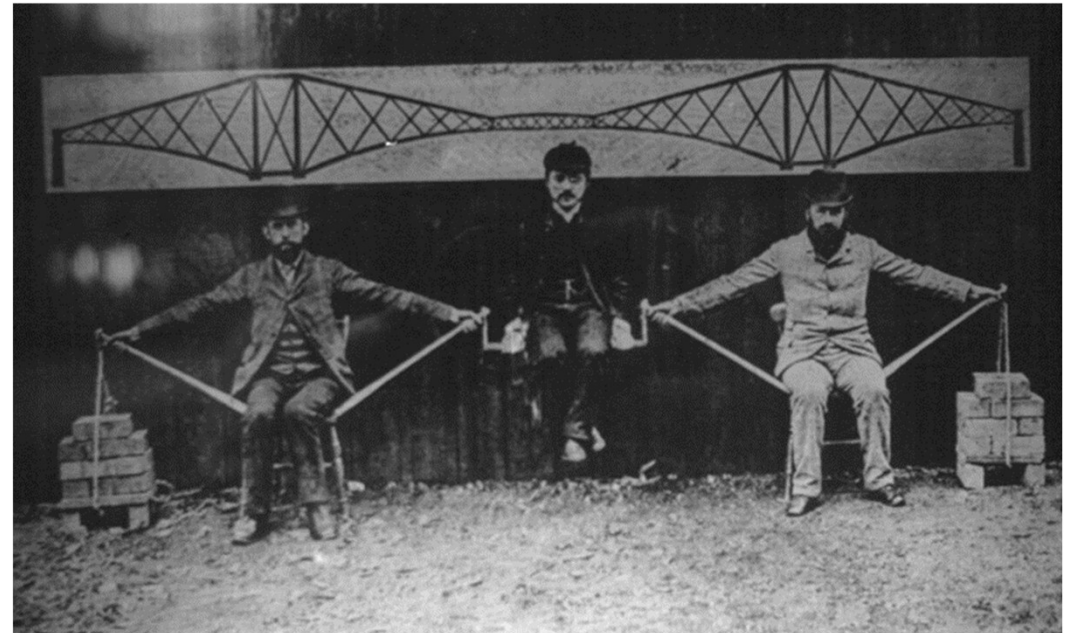
# Rakenteiden vahvistaminen

Betonirakenteiden korjaaminen  
2026



# Vahvistamistarve

- Lisääntynyt kuormitus
  - Liikennemäärät
  - Ajoneuvoasetuksen muutos
  - Teollisuus ja rakentaminen
  - Varautuminen
- Käyttötarkoituksen muuttuminen
  - ERIKU-reitti
- Suunnittelu- tai valmistusvirheet



# Vahvistamistarve

- Vahvistamismenetelmillä parannetaan paikallista kestävyyttä lisäämällä
  - taivutusmomenttikapasiteettia
  - leikkausvoimakapasiteettia
  - normaalivoimakapasiteettia
  - vääntömomenttikapasiteettia



# Vahvistamistarve

- Vahventamisen perusedellytykset
  - Sillan suunnitelmien paikkansapitävyys
  - Betonirakenteiden riittävä kunto
  - Tarkoituksen mukaisen kantavuustason määrittäminen
  - Oikean vahventamismenetelmän valinta
  - Menetelmäkohtaisten rakenteellisten ohjeiden ja työtapojen huomiointi
  - Vahventamismitoitus kaikkien kriittisten tekijöiden suhteen



# Vahvistamistarpeen arviointi

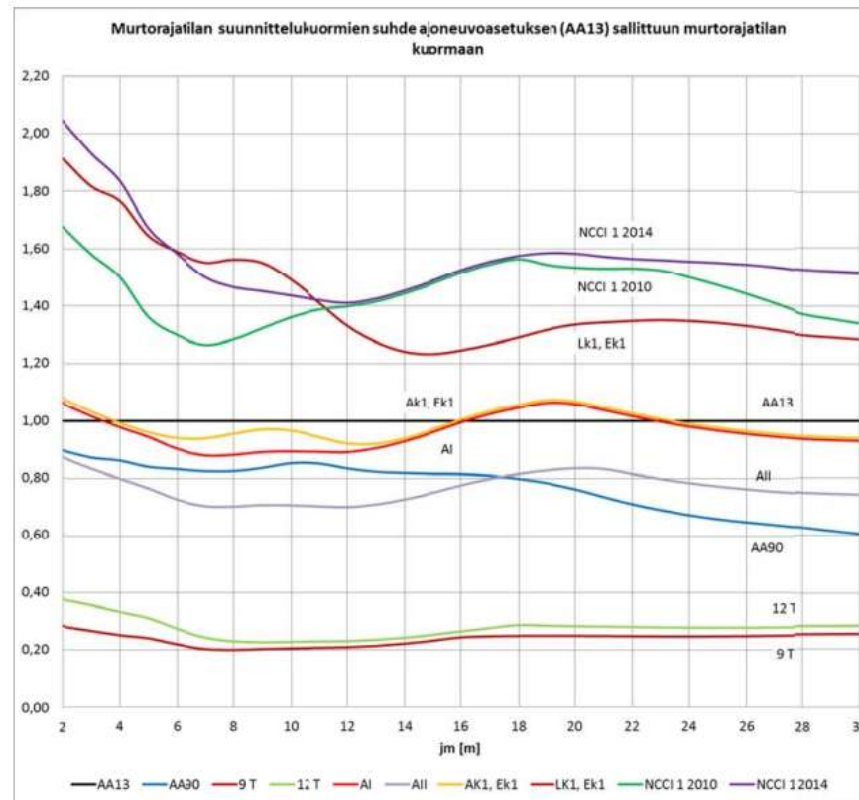
- Kunnan perusteella, mm.
  - taipumat, muodonmuutokset (viruma)
  - betonirakenteiden halkeilu
    - Leveät halkeamat > 2 mm
    - Jatkuva halkeilun lisääntyminen
    - Liikettä halkeamissa (monitorointi)
- Kantavuuden perusteella
  - laskennallisesti tai koekuormituksiin ja mittaustuloksiin perustuen.
  - murtorajatila ja käyttörajatilat (esim. taipuma, halkeamaleveys).
  - Suunnittelukuorma vs. AA-kuorma
- Käyttöaste = rakenteen kuormitus / rakenteen kapasiteetti käyttörajatilassa



## Suunnittelukuormien vertailu, siltojen päällysrakenteet



Siltojen kantavuuslaskentaohje



Kuva 13. Kuormien murtorajatilan mitoitusarvoilla laskettujen momenttien suhteet eri jännemitoilla.

# Vahventamismenetelmät

- Lisäraudoitus /poikkileikkauksen kasvattaminen → pintavalu
- Liimausvahventaminen
  - Hiilikuitu
  - Teräslevyt
- Jälkijännittäminen
- Ankkurointi
- Kantavuuden lisääminen lisärakenteilla



# Pintavalu

## Taivutuskapasiteetin kasvattaminen

- Laattasillat
- Palkki- ja kotelopalkkisillat
- Kaukalopalkkisillat

Pääasiallinen vahventava vaikutus saavutetaan pintalaattaan asennettavilla betoniteräksillä ja liittovaikutuksella. Betoniterästen vahventava vaikutus on kuitenkin tehokkaimmillaan rakenteen vedetyllä reunalla, joten pintavaluvahventaminen soveltuu hyvin kohteisiin, joissa kapasiteettia halutaan kasvattaa tukialueella rakenteen yläpinnassa.

Varmistettava, että perustusten kantavuus sallii lisäkuorman ja vaikutus kuormien jakautumiseen

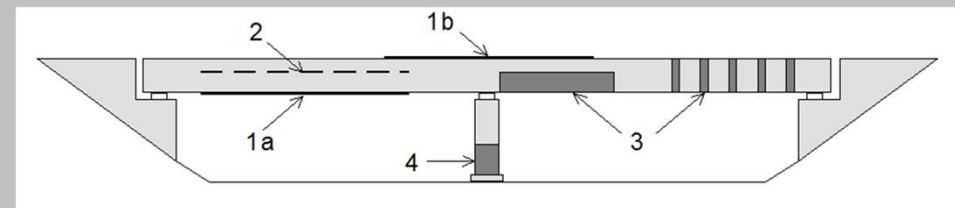


# Liimausvahventaminen

- 1) Palkkien taivutusvahventaminen: a) kenttä, b) välituki
- 2) Laatan taivutusvahventaminen
- 3) Palkkien leikkausvahventaminen
- 4) Pilareiden vahventaminen

## Liimausmenetelmät

- Puristusliimaus
- Injektointiliimaus
- Laminointiliimaus



# Liimausvahventaminen

Liimausvahventamisen onnistuminen edellyttää betonipinnoilta riittävää lujuutta ja kuntoa (tutkimukset)

- Tartuntavetolujuus, minimiarvo irtivetokokeilla 1,5 MPa
- Karbonatisoituminen, ei betoniterästen tasolla, terve betonipeite normaalisti > 10 mm
- Kloridipitoisuus < 0,03 % betoniterästen tasolla happoliukoisena mitattuna
- Halkeamat, ei leveää leikkaushalkeilua, > 0,2 mm:n taivutushalkeamat injektoidaan
- Betonipinnan epätasaisuudet, sallittu arvo 5 mm 2,0 m:n ja 2 mm 0,3 m:n matkalla
- Betoniterästen korroosio, ei sallita normaalisti, mikäli sitä on, korroosion poisto, terästen korroosiosuojaus ja uusi betonipinta, tartunta varmennettuna
- Vedeneristys, ei vuotoja vahvennettaviin rakenteisiin, yleensä edellytetään vuotavan vedeneristyksen uusimista vahventamisen yhteydessä.
- Oikeat liimausolosuhteet, mm. lämpötilan ja kosteuden suhteen.
- Kannen yläpintaa vahvennettaessa on liimaus suojattava päällystys- ja eristämistyön lämmönousulta esim. 15 mm suojalaasti (liimatoimittajan ohjeistus huomioitava).



# Case Herttoniemen metrosillat







1500 m hiilikuituvahvistenauhaa

# Liimausvahventaminen

Yksi järjestelmä jokaiselle käyttöalueelle:

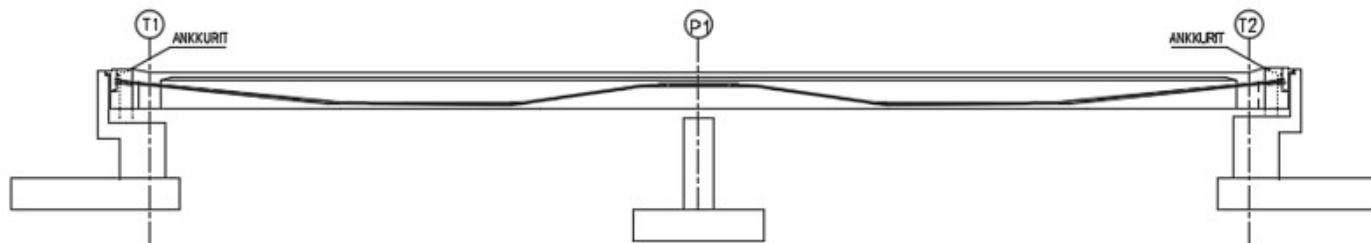


Rakenteen osa	Kuormitus	StoFRP järjestelmäratkaisu			
		StoFRP Plate	StoFRP Sheet	StoFRP Bar	StoFRP Grid
	Pystykuorma	●	●	●	●
	Taivutus	●	●	●	●
	Leikkausvoima		●		●
	Taivutus	●	●	●	●
	Rei'itys		●		
	Taivutus	●	●	●	●
	Rei'itys		●		●



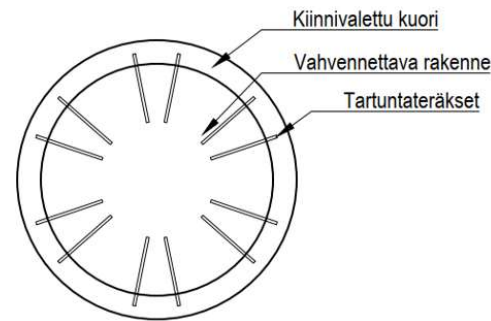
# Jälkijännittäminen

- Lisätään rakenteeseen ulkoiset jänteet
- Käyttötarkoitukset
  - taivutuskapasiteetin lisääminen
  - leikkauskapasiteetin lisääminen
  - suurten pysyvien taipumien pienentäminen
  - halkeaminen kiinnipuristaminen



# Maa- ja välitukirakenteiden vahventaminen

- Vetotangot ja ankkurilaatat
- Poikkileikkauksen kasvattaminen
- Lisättävät maamassat
- Lisäpaalutukset
- Liimausvahventaminen



Ajateltava perustamistavan ja pohjaolosuhteiden kanssa kokonaisuutena ja huomioitava sillan laakerointi ts. liiketoiminta

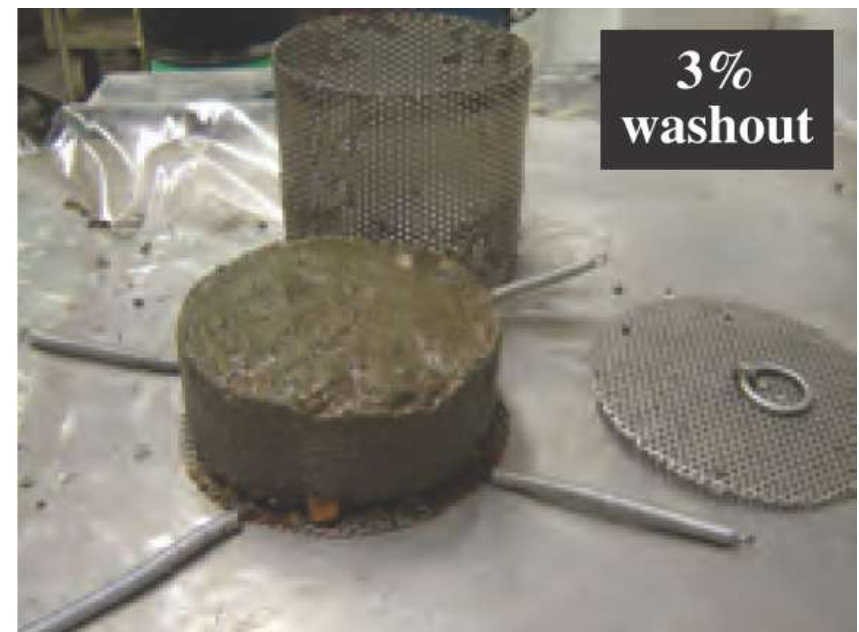
# Materiaalit

Betonirakenteiden korjaaminen  
2026



# Betoni

- Eurokoodin soveltamisohje – Betonirakenteiden Suunnittelu NCCI2, InfraRYL, Infrabetoniohje, SILKO-tuotteiden luettelo, By Vähähiilisyysluokitus
- Valintakriteerit käyttöikävaatimuksen mukaan
  - Terästen korroosio
    - Betonipeite
    - Halkeaman leveys
    - Betonin lujuusluokka (XC)
    - Betonin vesi-sementtisuhte (XD ja XS)
  - Rasitusluokat
    - Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC -luokat
    - Kloridien aiheuttama korroosio, XD ja XS -luokat
    - Jäätymis-sulatusrasitus, XF -luokat
    - Kemiallinen rasitus, XA -luokat



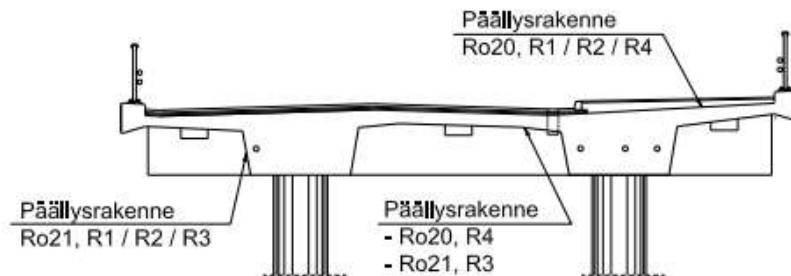
# Betonisillat

- P-lukumenettely kattaa kaikki rasitusluokat
  - Poikkeuksena XA-merkintää käytetään sulfaatinkestävässä P-betonissa
- Infrabetoniluokat C30/37...C45/55 (P0...P50)
  - Standardi lieriö / 150 mm kuutio (MPa)
- Toteutusluokat 2 ja 3
  - Päällys- ja tukirakenteet → 3
  - Peruslaatat, paalulaatat → 2
  - Esim. C35/45-3
  - Toteutusluokka  $1 \leq C20/25$

Taulukko 4.1 Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset: päällysrakenne ja reuna-palkit

Sillan osa	Sillan osan tunnus	Rasitusluokkaryhmä	Vaatimukset			Suunnittelukäyttöikä	Rasitusluokat
			Lujuusluokka	P-lukuvaatimus	Raudituksen betonipöitteen nimellisarvo, $S_{bet}$ [mm]		
Päällysrakenteen palkkien ja kansilaattojen vedeneristeen alla olevat pinnat sekä muut ei-suolasumurasitetut pinnat	Ro20	R1 R2 R4	C30/37	P30	40	100	XC3, XC4, XF2

- Merkintä suunnitelmissa
  - Kansi Ro20 C30/37-3 P30, Cnim = 40 mm



Kuva 5. Laattapalkkirakenne.





## NCCI 2 Betonirakenteiden suunnittelu

# Vähähiilinen betoni

## BY-Vähähiilisyyssluokittelu

### Luokkien arvioitu saatavuus

BETONI	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C25/30 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C30/37 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C35/45 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C45/55 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C50/60 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C30/37 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C45/55 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C50/60 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C30/37 P0	Green	Green	Yellow	Red	Red
C30/37 P30	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P0	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P30	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P50	Green	Green	Yellow	Red	Red
C45/55 P50	Green	Green	Yellow	Red	Red

-  Todennäköisesti yleisesti saatavilla
-  Todennäköisesti saatavissa useilta valmistajilta<sup>1</sup>
-  Todennäköisesti saatavilla joiltakin valmistajilta<sup>1</sup>
-  Todennäköisesti saatavilla vain projektikohtaisena erikoistuotteena<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saatavuus varmistettava etukäteen

#### Saatavuus vaihtelee todennäköisesti:

- Betonilaatukohtaisesti (huokostamattomat / huokostetut / Infrabetonit)
- Valmistajakohtaisesti
- Alueellisesti

#### Taulukkoa päivitetään saatavuuden kehittymisen myötä

## Vähähiilisyyssluokittelun toiminta käytännössä

- Tilaaja / suunnittelija valitsee luokan
- Betonin valmistajat ilmoittavat mihin luokkiin pääsevät eri betonilaaduilla
- Urakoitsija tilaa luokan mukaista betonia

# Infrabetoni

- Käyttöön suositeltavat infrabetonilaadut
  - C30/37 P0
  - C30/37 P30
  - C35/45 P0
  - C35/45 P30
  - C35/45 P50
  - C45/55 P50
- Tavoitteena että betonin valmistaja testaa yleisimmät infrabetonilaadut ennakkoon
- Ennakkokokeet voimassa 2 vuotta
- Voimassa minimi 12 mm raekoolle
- Tehdaskohtaisissa ennakkokokeissa tutkitaan
  - Ilmamäärä eri ajankohtina
  - Notkeus eri ajankohtina (painuma- että leviämäkoe)
  - Tiheys
  - Sekoitusajan riittävyys, ilmamääräpotentiaali
  - Puristuslujuus (7, 28 ja 91 vrk)
  - Pakkassuolakestävyys (ei koske P0 betoneita)
- Kohdekohtaiset ennakkokokeet (InfraRYL mukaisesti)
  - Vaikeasti valettavat rakenteet
  - Erottumisherkät betonit (max. raekoko < 12 mm)
  - Korkeat lujuudet tai korkea P-luku; >C45/55 tai >P50
  - Päätöksen tekee Väylävirasto tai tilaaja
  - Kokeet yhteistyössä urakoitsija ja Betonin valmistaja
    - Urakoitsijalla vastuu kokeiden käynnistämisestä



# Materiaalit

## Betoni

- Valintakriteerit
  - Lujuus
    - Max v/s, min sementtimäärä, min lujuusluokka, max raekoko
  - P-luku
    - suhteitusvaatimukset
  - Lisäaineet
    - Lisähuokoistus ja notkistimet (työstettävyys)
  - Erikoisbetonit kuten
    - Itsetiivistyväbetoni
    - Korjauslaastit
    - Korjausbetonit
    - Huuhtoutumattomat (vedenalaiset)

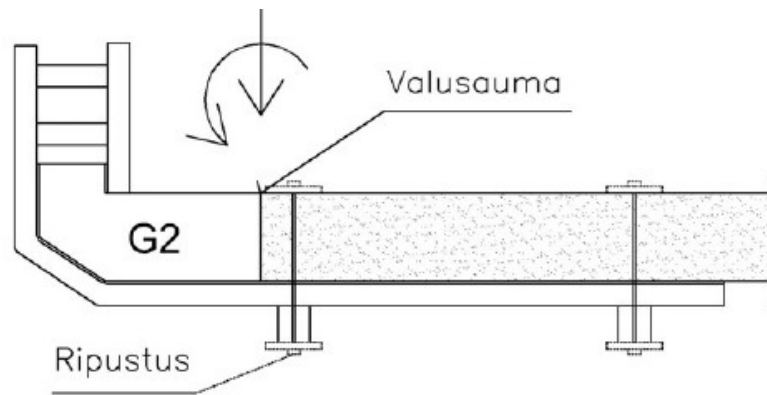


# Uusien osien ankkurointi

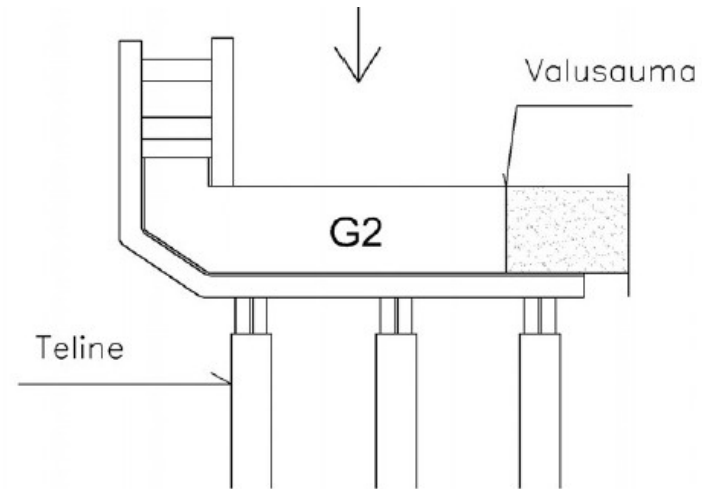
- Ankkurointialustan kunto (tutkimukset)
- Rasitus ja käyttöikä
- Materiaalivaatimus
  - Teräs, ankkurointiaine
  - Ankkurointipituus vs. kuormitus
- Kuormitus ja yhteistoiminta
  - Vanhat betonirauδοitteet + lisäraudoitteet → riittävä raudoitus
  - Tuenta
  - Jäähdytys-/Lämmitystarve
  - Sopiva betonimassa
  - Jälkihoito
  - Jälkivalukaistan tarve
- Laadunvarmistus



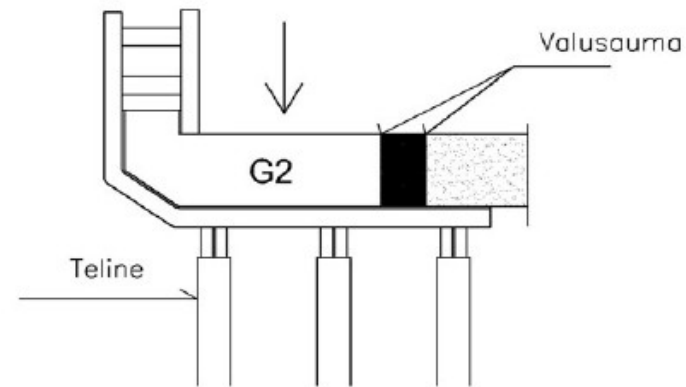
# Uusien osien tuenta, LO 17/2011



Kuva 7. Uuden osan kuormien jakaantuminen, kun levennysosan muutt. ripustettu vanhaan rakenteeseen.



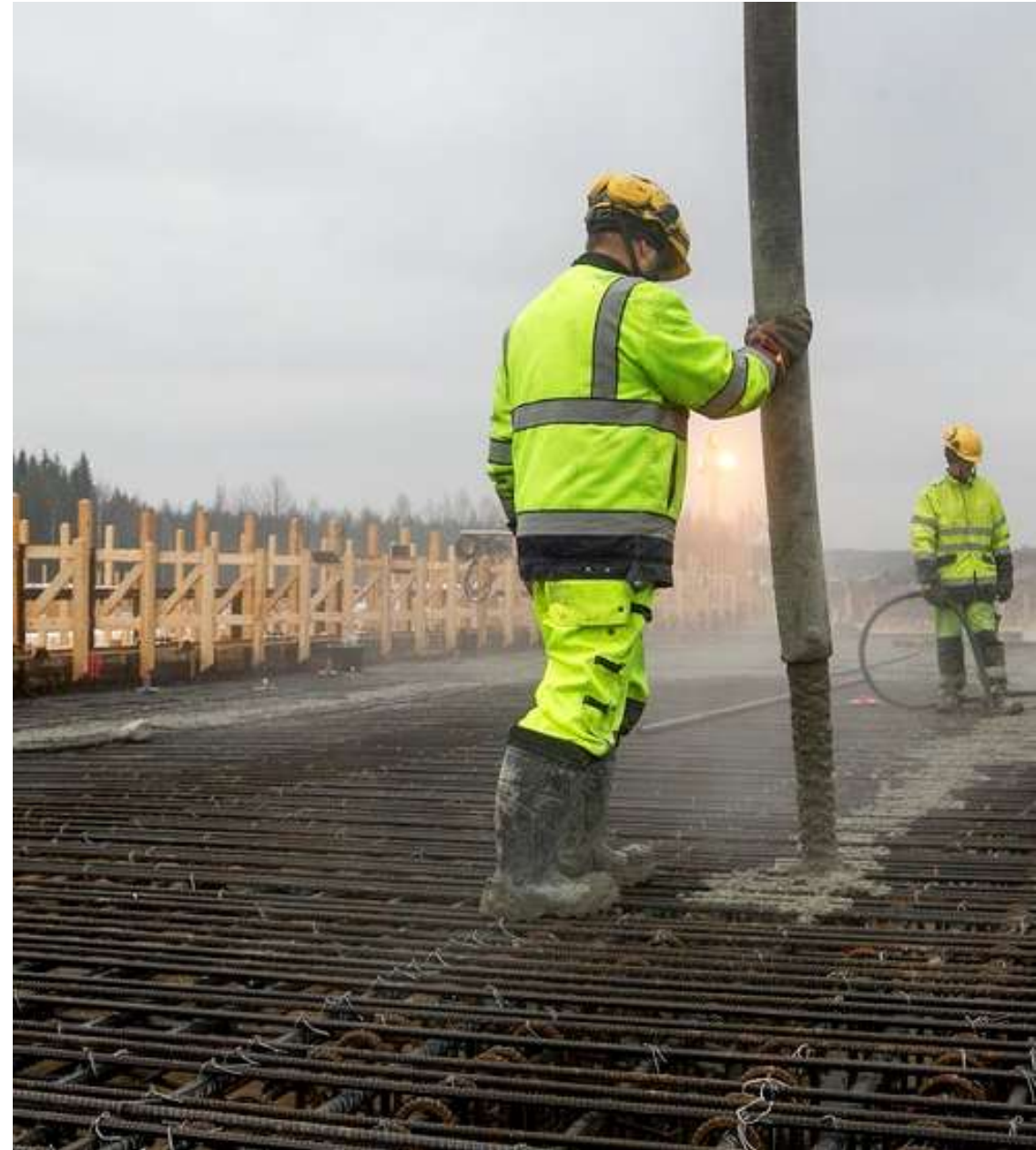
Kuva 10. Levennysosa valetaan suoraan kiinni vanhaan siltarakenteeseen telineiden tukeutuessa omille perustuksilleen



Kuva 11. Siltalaatan levittäminen jälkivalukaistan avulla.

# Betonointi ja jälkihoito

- Betonilaadun valinta
  - Siirrot, valettavuus, tiivistys, jälkihoito
  - Korjauskohteessa etenkin kutistuvuus, lämmöntuotto ja notkeus
  - Ahtaat paikat ja alhaalta pumpattavat → IT-betoni
  - Ratakohteet → nopeasti kovettuva betoni
  - Korjausmassa vs. betoniaseman massa (infrabetoni)
- Esikäsittely
  - Puhdistus, kostutus
- Olosuhteet
  - suojat, lämmitys, jäähtytys, tärinä
- Betonimassan laadunvarmistus
  - Ennakkokokeet sekä työmaatestit ja P-lukulaskelmat
  - InfraRYL, RakMK B4 ja Infrabetonien valmistus
- Vähähiilisyysvaatimus esim. GWP85 %



# Betonointi ja jälkihoito

## Betonointityösuunnitelma

- Kaikki rakennuskohteet, jossa toteutusluokan 2 ja 3 betonirakenteita
- Betonoinnin aloituskokous
- Määritellään käytettävät betonilaadut
  - Lujuusluokka, erityisvaatimukset, raekoko, notkeus, betonointinopeus, mahdollisesti hidastimet, ilmamäärän mittaus
- Betonin siirto muottiin
  - Tarvittava siirtokalusto, pumppujen paikat, aikataulu
- Betonin toimitus betoniaseman kanssa
  - Betoninlaatu, aikataulu, kuormien koko, vara -asemat ja pumput
- Betonointityö
  - Henkilöstö, työtehtävät, työjärjestys, tauot, varamiesjärjestelmä, jälkihoito
- Laatumittaukset
- Suojaukset, lämmitykset, jäädytys, betonin lämpötilaseuranta

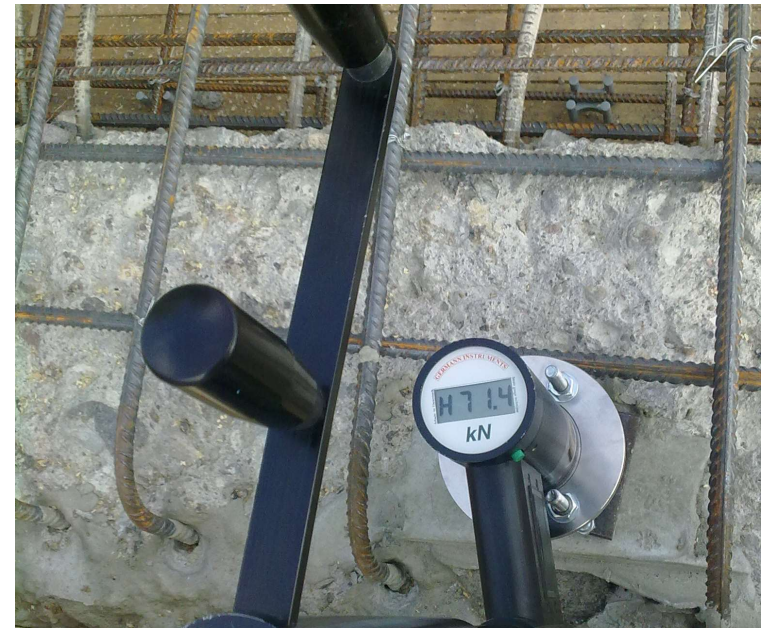
## Jälkihoito

- Jälkihoitoaineet (varhaisjälkihoitoaine)
- Kastelu (yleensä väh. 7 vrk)



# Tarkastukset, mittaukset / laadunvarmistus

- InfraRYL ja Infrabetonin valmistus
- Ankkuroinnin vetolujuus ja toleranssit
- Raudoitustarkastus (suunnittelija)
- Muottien ja telineiden tarkastus
- Betonirakenteen kelpoisuuden osoittaminen
  - Lujuuden suhteen valettavilla koekappaleilla
  - Säilyvyyden suhteen ilmamäärämittauksin ja P-lukulaskelmilla ja notkeuden mittauksilla
  - Lämpötilojen hallinta
- Betonipinnat
  - laatu, väri, huokoset ja halkeamat



## SILKO 2.21 REUNAPALKIN KORJAUS, LAATUVAATIMUKSET

### SILKO 2.211 REUNAPALKIN UUSIMINEN, LAADUNVARMISTUS

TYÖVAIHE / LAATUVAATIMUS	Vaatus	Mittausmenetelmä	Mittausihteys / -ajankohta	Dokumentti	Viite	Huom.
<b>Korjausalusta</b>						
Piikatus pinnan kloridipitoisuus	≤ 0,07 p-% happoliukoisena	Laboratoriomittaus jauhe- tai poranäytteestä	Suunnittelija määrittää mittausmäärän	Sertifioidun laboratorion pöytäkirja	SILKO 1.201 standardi SFS-EN 14629	≤ 0,02 p-% happoliukoisena raudoituksen ympärillä
Mekaaninen piikkaus, loppupiikkaus	Viimeiset 50 mm vesipiikkauksella	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Koko valualusta	Rakennosakohtaiset kohdennetut valokuvat		
Piikatus pinnan vetolujuus	≥ 1,5 N/mm <sup>2</sup>	Vetolaitteella tehtävä vetokoe	Suunnittelija määrittää mittausmäärän	Vetolujuuspöytäkirja	SILKO 1.231 SFS 5445	
Piikatus betonipinnan puhtaus	Ei saa jäädä mitään irtainta ainesta tai epäpuhtauksia	Visuaalinen tarkastus ja valokuvaus	Piikattu alue	Rakennosakohtaiset kohdennetut valokuvat	SILKO 2.231	
Terästankojen puhtausaste	Sa2, suihkupuhdistus (mikäli ei käytetä vesipiikkausta) ST2, teräsharja	Visuaalinen tarkastus ja valokuvaus	Jokainen piikkauksessa paljastunut terästanko	Rakennosakohtaiset kohdennetut valokuvat	SILKO 2.232	
Raudoitustangon uusiminen	Raudoitustanko uusitaan teräskorroosion tai muun syyn vuoksi, jos tangon pinta-ala on pienentynyt vähintään 25 %.	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Rauditus tarkistetaan kauttaaltaan ennen betonointia	Rakennosakohtaiset kohdennetut valokuvat	SILKO 2.262	
Valulustan kosteus	Mattakosteaa	Visuaalinen tarkastus	Koko valualusta/ välittömästi ennen valun aloitusta	Valokuvat mahdollisuuksien mukaan	SILKO 1.231 SILKO 2.231	
Korjausalustan lämpötila	+5°C (...+20°C)	Infrapunalämpömittari	Välittömästi ennen betonoinnin aloittamista	Mittauspöytäkirja		
<b>Muotit ja telineet</b>						
Muotien ja telineiden suunnittelu ja valmistus	InfraRYL kohdan 42020.3.2 mukaan	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonoinnin aloittamista	Muottipiirustukset ja laskelmat		Alapinnan ankkuroidun telineen ankkurien vetolujuus tarkastetaan tarvittaessa
Sahatun puutavaran lujuusluokka	C24	Todetaan		Laatudokumentti		
Reunapalkin mitat muotista	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.2	Mittanauha, takymetri	Ennen betonointia	Mittauspöytäkirja	NCCI2 VO 5/2022 Liite 4	
Muottikankaat	SILKO 3.256 Muottikankaat	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonoinnin aloittamista	Valokuvat tarvittaessa, muottikankaan tuoteseloste		
<b>Rauditus</b>						Ruostumattomien raudotteiden käytön vaatimukset on esitetty NCCI2 liitteessä 4.
Tartuntatankojen ankkurointi	SILKO 2.261 Tartuntatankojen ankkurointi mukaiset vaatimukset	Vetokoe, koputtelu	Ankkurointimassan kovettumisen jälkeen, ennen betonointia	Vetolujuuspöytäkirja, raudoitustarkastuspöytäkirja	InfraRYL 42020.3.3, 42020.3.4.10 ja 42020.3.4.11	Suunnittelija määrittää vaatimukset korjaussuunnitelmassa.
Rauditustyö	InfraRYL kohdan 42020.3.3 mukaiset laatuvaatimukset	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja		
Betonipeitepaksuudet muotista	InfraRYL 42210.4.3 mukaiset vaatimukset	Mittanauha (muotista mittaus)	Yleisesti ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja	NCCI2 taulukko 4.1	
Rautatiesilta, maadoitus	Sähköradan tai myöhemmin sähköistettävän radan kohdalla reunapalkit tulee maadoittaa.	Visuaalinen tarkastus	Yleisesti ennen betonointia	Raudoitustarkastus-pöytäkirja	Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus-suunnittelu LO 12/2010	

## SILKO 2.21 REUNAPALKIN KORJAUS, LAATUVAATIMUKSET

Betonointi						Polymeripitoisen betonin vaatimukset InfraRYL 42020.5 mukaan
Alkuperäisen rakenteen lämpötila betonin kovettumisen aikana	+5°C (...+20°C)	Lämpömittari	1 mittaus / työvuoro (tai tallentava sääasema)	Manuaalinen mittausptk / jatkuvasti mittaavan laitteen tuloste	SILKO 1.231	
Betonointityöt	InfraRYL kohdan 42020.3.4 mukaiset vaatimukset		Ennen betonointia ja jälkihoidon aikana	Betonointisuunnitelma, betonointipöytäkirja		
Betonin laatu	InfraRYL 42020.1.1.6-9 mukaiset vaatimukset	Puristuslujuus ja ilmamäärän sekä notkeuden mittaus	Betonoinnin aikana ja kovettuneesta betonista	Suhteitustiedot, ennakkokoe-, puristuslujuus-, ilmamäärämittaus-, leviämämittaus, P-lukulaskenta- ja kaikki muut laadunvalvontatulokset	NCCI2 taulukko 4.1	
Muovikuitujen käyttö	InfraRYL kohdan 42020.1.6.3 mukaiset vaatimukset	Todetaan	Ennen betonointia	Betonointipöytäkirja		
Tärinäarvo betonin lujuuskehityksen alkuvaiheessa	InfraRYL 42020, Liite R1, Taulukko 41113:LR1 T1	Tärinämittari	Ennen betonointia ja betonoinnin aikana	Mittauspöytäkirja		Määritetään korjaussuunnitelmassa
<b>Valmis rakenne</b>						
Reunapalkin sijainti	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.1	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja	NCCI2 VO 5/2022 Liite 4	
Reunapalkin mitat	Sallitut poikkeamat InfraRYL 42210.4.2	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja	NCCI2 VO 5/2022 Liite 4	
Reunapalkin muoto pystysuunnassa	InfraRYL kohdan 42001.2.4 mukaiset vaatimukset	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja		
Reunapalkin muoto vaakasuunnassa	InfraRYL kohdan 42001.2.5 mukaiset vaatimukset	Mittanauha, takymetri	Muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja		
Betonipeitepaksuus	InfraRYL 42210.4.3 mukaiset vaatimukset	Betonipeitemittari	Muottien purkamisen jälkeen / kohdan InfraRYL 42210.4.3 mukaan	Betonipeitemittaus-pöytäkirja	NCCI2 taulukko 4.1	
Betonipinnan suojaus, impregnointi	SILKO 2.252 mukaiset laatuvaatimukset	Ainemenekki, tunkeutumisyvyyden mittaus, kastelukoe	Impregnointiäsitteilyn jälkeen / suunnittelija määrittää	Laatutodistus ja mittauspöytäkirja	SILKO 3.252	Alustan puhtaus mahdollisista jälkihoitoainejäämistä varmistetaan ohjeen Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus LO 2/2017 liitteen 1.1 mukaisella testillä.
Pinnat	InfraRYL 42210.4.4 mukaiset vaatimukset	Visuaalinen tarkastus, kamera	Kauttaaltaan muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja tarvittaessa (huokokset, nystermät jne.); valokuvat		
Halkeilu	InfraRYL 42210.4.4 mukaiset vaatimukset	Visuaalinen tarkastus, mittaukset	Kauttaaltaan muottien purkamisen jälkeen	Mittauspöytäkirja ja valokuvat	by 40	SILKO 2.236 ja SILKO 2.239

# Tietoturvallisuus

Betonirakenteiden korjaaminen  
2026



Väylämuoto	Tietojoukko	Tiedon luokittelu	Linkki tarkempiin luokitteludokumentaatioihin (käyttöoikeus)
<b>TAITORAKENTEET</b>	<p>Sillat, (tunnelit)*, padot, laiturit ja sulut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnitelmat</li> <li>Laskelmat</li> <li>Laatuaineistot ja tarkastusraportit</li> <li>Rakennekuvaukset massana (yli 10 kohdetta)</li> <li>Tarkat kantavuustiedot</li> <li>Tapahtumatiedot</li> <li>Kuntoluokka massana (yli 10 kohdetta)</li> </ul>	<p>Sisältää salassa pidettävää (Julkl. 24 § kohta 7, 10 ja 20 mukaan) ja turvaluokiteltua tietoa (TL IV ja TL III).</p> <p>Perustiedot: esimerkiksi sijainti, hallinnolliset tiedot ja rakenteen aiheuttamat rajoitukset liikenteelle ovat julkista tai avointa dataa.</p> <p>Suunnitelmat: esimerkiksi rata- ja tiesuunnitelmiin sisältyvät lain ja ko. ohjeiden mukaiset tiedot ovat julkisia.</p> <p>Hyväksymisilmoitukset sekä vesilupaan liittyvät suunnitelma-asiakirjat ovat julkisia.</p>	<p><a href="https://palju.vaylapilvi.fi/spa/palju/Extranet/Muut/Julkiuusluokitt">https://palju.vaylapilvi.fi/spa/palju/Extranet/Muut/Julkiuusluokitt</a></p> <p><a href="https://extranet.vayla.fi/wiki/display/TLJTVP/Taitorakenteet">https://extranet.vayla.fi/wiki/display/TLJTVP/Taitorakenteet</a></p> <p>* Tunnelitiedoista vielä luokittelupäätös tekeillä</p>
	<p>Muut taitorakenteet:</p> <p>Rautatierumpu, Paalulaatta, Melueste, Tukimuri, Kaukalo, Kallioleikkaus, Merimerkki, Vesiväyläjohde, Rantamuri, Pato, Laituri, Sulku</p>	<p>Sisältää salassa pidettävää tietoa (Julkl. 24 § kohta 10)</p> <p>Perustiedot: esimerkiksi sijainti, hallinnolliset tiedot ja rakenteen aiheuttamat rajoitukset liikenteelle ovat julkista tai avointa dataa.</p> <p>Suunnitelmat: esimerkiksi rata- ja tiesuunnitelmiin sisältyvät lain ja ko. ohjeiden mukaiset tiedot ovat julkisia.</p> <p>Hyväksymisilmoitukset sekä vesilupaan liittyvät suunnitelma-asiakirjat ovat julkisia.</p>	<p><a href="https://extranet.vayla.fi/wiki/display/TLJTVP/Muut+taitorakenteet">https://extranet.vayla.fi/wiki/display/TLJTVP/Muut+taitorakenteet</a></p>
	<p>Taitorakenteiden valokuvat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rakenneosakuvat, työkuvat, vauriokuvat</li> </ul>	<p>Salassa pidettävä (24 § kohta 10)</p>	<p><a href="https://extranet.vayla.fi/wiki/display/TLJTVP/Valokuvat">https://extranet.vayla.fi/wiki/display/TLJTVP/Valokuvat</a></p>

# Rakenteen elinkaari ja laatu

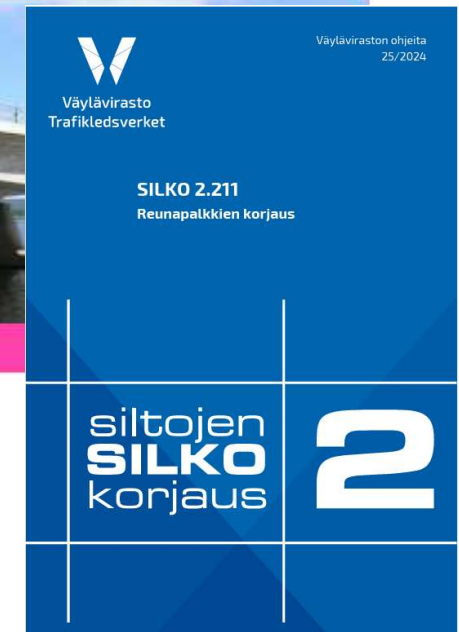
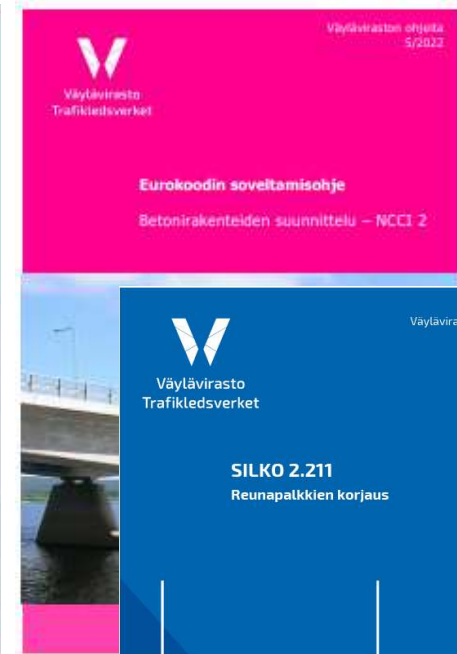
- Riippuvainen koko insinööriöprosessista
  - Rakenne on yhtä hyvä kuin prosessin heikoin lenkki
- Tarkastukset ja tutkimukset
  - Rakenteen nykykunnan selvitys ja vaurioitumisen syyt
  - Rakenteen käyttöikä
- Suunnittelu
  - Lähtötiedot, periaateratkaisut, tarkastusmenettely
    - standardit, ohjeet, laatuvaatimukset
    - kestäväkehitys
- Rakentaminen
  - Urakointi, tuotteet, olosuhteet, suojaus, laadunvarmistus, dokumentointi
  - Valvonta
- Käyttö
  - Kunnossapito, tarkastukset, korjaukset
- Omaisuudenhallintajärjestelmän ajantaisuus



Betonirakenteiden korjaaminen 2026

# Silloissa huomioitavat Väyläviraston vaatimukset

- InfraRYL Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
- NCCI- Eurokoodien kansalliset sovellosohjeet
  - NCCI 2 Betonirakenteiden suunnittelu VO 5/2022
- Infrabetonien valmistus – tehtaalle ohjeistus / urakoitsija VO 41/2020
- SILKO korjausohjeet ja SILKO-koeohjelmalla testatut tuotteet
- Betonisiltojen korjaussuunnitteluohje LO 17/2011
  - Tulossa Betonisiltojen korjaus- ja vahventamisohje
- Siltojen kantavuuslaskentaohje LO 36/2015
- Testausstandardit – tuorebetoni, kovettunut betoni, betonin puristuslujuus jne.
- Sillanrakentamisen ja korjaamisen arvomuutosperusteet SAP LO 34/2014
- **Käytettyjen tuotteiden on täytettävä Väyläviraston laatuvaatimukset**

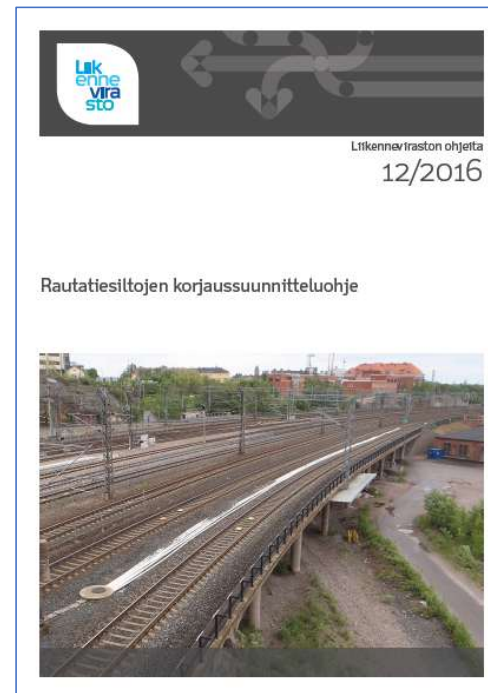


# Silloissa huomioitavat Väyläviraston vaatimukset

- Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun VO 4/2019
- Rautatiesiltojen korjaussuunnitteluohje LO 12/2016
- Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 8 Rautatiesillat VO 30/2019
- Siltojen ja muiden taitorakenteiden tarkastusohjeet mm.
  - Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset-Sillat 28/2018

Uusimmat ohjeet, betoniteemainen sähköpostilista

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/ohjeluettelo>





# Menestystä arkeen!

Ramboll Finland Oy  
Matti Airaksinen  
[matti.airaksinen@ramboll.fi](mailto:matti.airaksinen@ramboll.fi)  
p. 040 522 9281