

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun

6.12.2017



Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun

6.12.2017

Liikenneviraston ohjeita 25/2017

Kannen kuva: Taitorakennekisteri

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-487-0

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Vastaanottaja
Liikennevirasto, ELY-keskukset

Säädösperusta
Laki Liikennevirastosta 2.1 §

Voimassa
6.12.2017 alkaen toistaiseksi

Asiasanat
Ohjeet, sillat, suunnittelu, kuormat

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun

Tätä ohjetta käytetään yleisten teiden siltojen, kevyen liikenteen siltojen ja rautatiesiltojen suunnittelussa. Lisäksi ohjetta käytetään niiden yksityistiesiltojen suunnittelussa, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen.

Ohjeeseen on siirretty osia Liikenneviraston ohjeesta 24/2014.

Tekninen johtaja

Markku Nummelin

Silta-asiantuntija

Heikki Lilja

*Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella.
Sähköisen allekirjoituksen merkintä on viimeisellä sivulla.*

LISÄTIETOJA
Heikki Lilja
Liikennevirasto
puh. 029 534 3560

Esipuhe

Kun Liikennevirastossa vuonna 2010 siirryttiin eurokoodijärjestelmään siltojen suunnittelussa, tehtiin suunnittelua ohjaamaan *Eurokoodien soveltamisohje - Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1*, johon koottiin eurokoodin soveltamisohjeiden lisäksi kohtia myös muista käytöstä poistuvista suunnitteluohjeista. Koska nämä kohdat eivät olleet suoraan eurokoodin ohjeita täydentäviä ja koska ohjeen sisäisten asioiden päivitystaajuuden tarve on erilainen, päätettiin nämä täydentävät ohjeet erottaa omaksi julkaisukseksi. Tässä ohjeessa aiemmasta NCCI 1:en materiaalista päivityksiä/muutoksia on tehty seuraaviin kohtiin:

- Laakereiden ja liikuntasauvojen mitoittamiseen annettu lisäohjeita
 - Lisätty liitteeksi laskentaesimerkki laakerin ja liikuntasauvan liikevarojen ja ennakoiden määrittämisestä
 - Liikuntasauvalaitteiden kuvat uusittu
 - Laakerin ennakon laskentaa täsmennetty
- Lisätty kappale liikuntasauvasuunnitelmasta
- Laakeritaulukoiden esimerkit on uusittu
- Liikuntasauvan alle tulevan tarkastustilan mittoja kasvatettu ja sen tarvetta ulotettu laajempaan siltajoukkoon
- Ohjeesta *Siltojen hoito ja ylläpito – Suunnitteluohje* on tuotu oleellisimpia siltojen suunnitteluun liittyviä ohjeita kappaleisiin 1,3,4 ja 9
- Pintarakenne -kappaleen tekstejä on päivitetty ja kuvat uusittu
 - Lisätty esim. suojabetonin vaatimukset, yleisimpien pintarakenteiden kuvia on päivitetty sekä kannen vedenpoistolaitteiden sijoittelua ohjeistettu uudelleen
- SILKO 2.615:ta on tuotu sillan kuivatuksen suunnitteluohjeita kappaleeseen 6
- Myös moniin muihin kohtiin on tehty pieniä muutoksia tai lisäyksiä

Eurokoodien soveltamisohjeita ja tätä ohjetta tulee käyttää rinnakkain siltojen suunnittelussa.

Tämä ohje on koottu A-Insinöörit Suunnittelu Oy:ssä Liikenneviraston taitorakenneyksikön tilauksesta. Ohjeen koontityötä Liikennevirastosta ohjasivat Heikki Lilja, Antti Rytönen ja Pekka Siitonen. Osa liikuntasauvalaitteiden sekä siltalaakereiden päivityksestä materiaalista on tehty Sweco Oy:ssä. Siltojen pintarakenteiden sekä kuivatuksen materiaalia on päivitetty Destia Oy:ssä.

Helsingissä joulukuussa 2017

Liikennevirasto
Taitorakenneyksikkö

Sisällysluettelo

1	YLEISIÄ OHJEITA.....	7
1.1	Alusrakenteet	7
1.2	Sillat rautatiealueella	7
1.3	Ulokesillat.....	7
1.4	Liikuntasaumaton penkereessä liikkuva sillan pää.....	8
1.5	Kolhaisusuojaus	8
1.6	Sillan kulkutiet	8
1.7	Muita ohjeita	11
2	LAAKEREIDEN JA LIIKUNTASAUMOJEN LIIKEVAROJEN MÄÄRITTÄMINEN..	12
3	LIIKUNTASAUMAT	14
3.1	Yleistä	14
3.2	Rakenteelliset ohjeet	15
3.3	Liikuntasaumasuunnitelma	19
4	SILTALAAKERIT	20
4.1	Yleistä	20
4.2	Laakerointisuunnitelma	21
4.3	Laakerialusta	26
4.4	Laakerin vastinpintojen levyn minimikoon määrittäminen	27
4.4.1	Sovellutusalue	27
4.4.2	Laskentaperusteet.....	27
4.4.3	Kuormituspinta-ala.....	27
5	PINTARAKENTEET	29
5.1	Yleistä.....	29
5.2	Kannen pintarakenteen valinta.....	31
5.2.1	Vedeneristykset betoni-, teräs- ja puukantisilla silloilla	31
5.2.2	Pintarakenteen esittäminen suunnitelmassa	32
5.2.3	Vedeneristysvaihtoehdot.....	33
5.2.4	Eristysalustan käsittely.....	36
5.2.5	Eristyksen suojakerroksen valinta	37
5.2.6	Ajoneuvoliikenteen sillan päällyste ja sen saumat	40
5.2.7	Vaihtoehtoisen rakenneratkaisun esittäminen ja hyväksyminen rakennusvaiheessa	46
5.2.8	Täydentävä aineisto.....	46
6	SILLAN KUIVATUS.....	57
6.1	Syöksytorvet.....	57
6.2	Laakeritason vedenpoisto.....	58
7	VARAUSPUTKET.....	59
8	SIIRTYMÄLAATAT.....	60
9	SILTOJEN HOITO JA YLLÄPITO	61
9.1	Yleistä	61
9.2	Hoidon- ja ylläpidon suunnitelmat.....	61

LIITTEET

- Liite 1 Laakerin vastinlevyjen koon määrittäminen, laskentaesimerkki
- Liite 2 Laakerin ja liikuntasauaman liikevarojen määrittäminen,
laskentaesimerkki

1 Yleisiä ohjeita

1.1 Alusrakenteet

Jos sillan päällysrakenne tukeutuu vapaasti seisoviin yksittäisiin suurpaaluihin tai suurpaalun jatkeena oleviin pilareihin, joiden sivuttaisvakavuus on ympäröivän maan sivuvastuksen varassa, on suurpaalut tai pilarit tuettava päällysrakenteeseen vaaka-suuntaan jäykällä kiinnityksellä, kiinteällä laakerilla tai liikerajajalla.

Suurehkoista sijainti- ja kaltevuuspoikkeamariskeistä johtuen ei teräsputkipaaluja saa suunnitella suoraan päällysrakenteeseen liittyväksi, mikäli paalu on jäämässä näkyviin. Samaisista syistä paalua ei tule suunnitella mantteloitavaksi ohuin betonikuorin näkyviltä osiltaan. Rajaus ei koske porapaaluja, joiden mittapoikkeamavaatimukset ovat vähintään Paalutusohjeen 2016 (RIL 254-2-2016) kohdan 4.4.4 mukaiset. Mikäli toteutuneiden mittapoikkeamien seurauksena paalun betonimantteli on jäämässä jostain kohtaa alle 100 mm paksuksi, katkaistaan paalu ja yhdistetään se näkyviltä osiltaan betonipilarilla päällysrakenteeseen. Siipimuurien alareuna sijoitetaan vähintään 0,5 m alemmaksi kuin maanpinta luiskassa kyseisellä kohdalla.

1.2 Sillat rautatiealueella

Rautatiealueelle rakennettaville pysyville tai tilapäisille rakenteille (sillat, tukimuurit, telineet ja työnaikaiset rakenteet) laaditaan maadoitussuunnitelma, jonka Liikennevirasto tai tämän valtuuttama organisaatio hyväksyy.

Sähköistetyn radan ylittävien tai sen lähellä sijaitsevien siltojen tai muiden rakenteiden reunoihin suunnitellaan kosketussuojaseinämät tai -lipat.

1.3 Ulokesillat

Ulokesilloja, joissa ulokkeen pituus on > 2,5 m, ei sallita tieliikenteen ja rautatieliikenteen silloilla. Ulokkeen pituudeksi otetaan tien/raiteen keskilinjan suuntainen mita tuelta sillan pätyyn (siirtymälaatan sillan puoleiseen reunaan). Kevyen liikenteen silloilla voidaan käyttää enintään 4 m uloketta. Tässä kohdassa mainituista ulokkeiden enimmäispituuksista voidaan poiketa hankekohtaisesti Liikenneviraston silta-asiantuntijan kanssa niin sovittaessa.

Tiesilloissa ulokesiltojen päädyn taipuma (kokonaisliike) liikennekuorman tavallisilla arvoilla rajoitetaan arvoon ± 10 mm.

Rautatiesilloilla ulokkeen taipumaraja määräytyy ohjeen NCCI 1 kappaleen B.6.8 matkustusmukavuuskriteerien mukaisesti. Jännemittana voidaan käyttää mittaa päätytuelta siirtymälaatan loppupään teoreettiseen tukipisteeseen (kts. NCCI 1 kappale B.4.8)

Ulokkeen tulee kestää myös liikennekuorma otaksumalla, että ulokkeen pääty tukeutuu penkereeseen.

1.4 Liikuntasaumaton penkereessä liikkuva sillan pää

Silloissa, joissa sillan päällysrakenteen pääty liikkuu penkereessä, saa liikepituus liikekeskiöstä penkereeseen olla ajoneuvoliikenteen sillassa enintään 35 m ja kevyen liikenteen sillassa enintään 45 m. Ratasiltojen raja-arvot on esitetty Rato 8:ssa. Liikepituudeltaan pidempiäkin siltoja voidaan tehdä hankekohtaisesti Liikenneviraston silta-asiantuntijan kanssa niin sovittaessa.

Penkereessä liikkuvan ajoneuvosillan päällysrakenteen päädyn vinous saa olla enintään 30°.

Kannen päädyn sijainti merkitään kappaleen 5.2.6.3.2 mukaisesti.

1.5 Kolhaisusuojaus

Betonisilla moottoritien ylittävillä silloilla ja betonisilla alikulkusilloilla käytetään aina kolhaisusuojausta. Muilla väylillä kolhaisusuojausta käytetään aina, kun sillan alikulkukorkeus on alle 1,0 m korkeampi kuin liikennetilan edellyttämä korkeus.

Kolhaisusuojaus ulotetaan koko ajoradan leveydelle.

1.6 Sillan kulkutiet

Jos maatuen edessä on etuluiska, sen yläosaan tehdään tarkastustasanne, jonne pääsy järjestetään tarvittaessa portaiden tai muun kulkutien kautta. Tarkastustasanteen leveys mitoitetaan tasanteelta tapahtuvien hoito- ja tarkastustoimien vaatimusten mukaan. Tasanteen vähimmäisleveys on 500 mm. Kulku tarkastustasanteelle järjestetään esimerkiksi keilan juureen tehtävän polun tai etuluiskaan tehtävien portaiden kautta. Tarkastustasanne päällystetään siten, ettei sitä voi purkaa ilkivaltaisesti.

Jos keilan tai luiskan korkeus ylittää seitsemän metriä, välitasanteen rakentamista on harkittava. Välitasanteen leveys mitoitetaan henkilönostimen vaatimusten mukaan, jos sillan hoito ja kunnostus perustuu sen käyttöön.

Jätkänpolku tehdään vesistösiltoilla etuluiskan juureen. Jätkänpolun vähimmäisleveys on 500 mm. Leveysmitoituksessa on otettava huomioon tarvittaessa henkilönostimen käyttö sillan hoidossa ja ylläpidossa.

Tarkastus- ja välitasanteille sekä jätkänpoluille pitää olla kulkutiet. Putoamisvaaraa ei saa olla kulkutieltä yli kahden metrin korkeudelta, työskentelytasolta yli puolen metrin korkeudelta.

Kotelopalkkisillan sisään on järjestettävä kulkureitti ja kulkuaukot poikkipalkkeihin. Kotelot on varustettava kiinteällä valaistuksella. Valokytkimen on oltava lukitussa tilassa. Valaistuksen yhteyteen on asennettava pistorasioita virran ulosottoa varten. Virtalähteenä voidaan käyttää myös aggregaattia. Kotelopalkkisiltojen sisällä, riippusiltojen pyloneissa ja muissa suljetuissa tiloissa on oltava painovoimainen tai

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

koneellinen ilmanvaihto. Suurten siltojen kansilaatan alapuolisten rakenteiden hoitoon ja kunnostukseen soveltuu hoitosillake tai hoitosilta.

Yleensä sillan tarkastus-, hoito- ja ylläpitotyöt on voitava tehdä kiinteiltä tai liikuteltavilta työtasoilta. Ellei tämä ole tarkoituksenmukaista, putoaminen on estettävä turvavaljailta ja -köydellä. Turvaköyden kiinnittämistä varten on oltava kiinnityspisteitä ja turvavaljaiden kiinnittämistä varten turvakisko. Turvakiskolla voidaan korvata muu turvavaljaiden kiinnityspiste, jolloin kisko sallii turvallisen liikkumisen myös vaakatasossa.

Kulkuaukko on tehtävä kaikkiin hoitoa tai ylläpitoa vaativiin tiloihin, joita ovat muun muassa

- kotelopalkit
- pylonit
- ankkurikammiot
- konehuoneet.

Kotelopalkkisiltojen päissä kulku on järjestettävä mahdollisuuksien mukaan myös poikkisuunnassa kotelosta toiseen ja koteloista on päästävä laakeritasoille. Kulkuaukon vähimmäisleveys on 800 mm ja alareunan enimmäisetäisyys korkeussuunnassa kulkutasosta 600 mm. Jos aukon alareunan etäisyys kulkutasolta on yli 600 mm, aukon seinämään on kiinnitettävä askelmat. Seinässä olevan kulkuaukon yläpuolelle on kiinnitettävä kulkua helpottava tartuntakahva.

Portaat on tehtävä kulkutielle, jos tasojen pystysuora korkeusero on suurempi kuin 500 mm tai jos kulkutien kaltevuus on 20–60°. Jos kaltevuus on jyrkempi, käytetään tikkaita. Kulkutienä pitää ensisijaisesti käyttää portaita. Portaat mitoitetaan sisätiloissa seuraavasti:

- Portaiden leveyden pitää olla vähintään 600 mm, nousun korkeintaan 200 mm ja askelman etenemän vähintään 200 mm (siltapaikalla vähintään 300 mm).
- Portaat on varustettava kaiteella. Huoltokohteessa ja sen kulkureitillä avokaiteen korkeuden pitää olla portaassa vähintään 900 mm ja tasanteella vähintään 1100 mm ja siinä pitää olla välijohde.
- Korkeat portaat varustetaan lepotasolla vähintään kuuden metrin välein.

Portaat tehdään ympäristöstä ja käyttötarkoituksesta riippuen kuumasinkitystä teräksestä tai painekyllästetystä puusta.

Tikkaat valmistetaan kuumasinkitystä teräksestä tai alumiinista. Ne on pääsääntöisesti varustettava turvakiskolla, johon henkilö voi kiinnittyä turvavaljaiden tai tarrainkelkan avulla. Kiinteät tikkaat mitoitetaan seuraavasti:

- Tikkaiden leveyden pitää olla vähintään 400 mm.
- Puolaväli saa olla enintään 350 mm, mieluummin 280 mm.
- Korkeat tikkaat varustetaan lepotasolla vähintään kuuden metrin välein. Lepotason syvyyden pitää olla vähintään 600 mm.
- Tikkaiden sivujen tai johteiden ja turvakiskon on ulotuttava metri sen tason yläpuolelle, johon tikkaat johtavat.

Siirrettävät tikkaat on voitava kiinnittää yläpäästään sillan rakenteisiin asennettuihin kiinnikkeisiin.

Kulku- ja työskentelytasot valmistetaan yleensä kuumasinkitystä teräksestä ja niitä tarvitaan silloissa muun muassa

- hoitosilloissa, -sillakkeissa ja -koreissa
- konehuoneissa
- pyloneissa.

Kulku- ja työskentelytaso mitoitetaan seuraavasti:

- Tason leveyden on oltava vähintään 800 mm, poikkeuksellisesti lyhyellä matkalla 600 mm. Hoitosillakkeen leveyden on kuitenkin oltava vähintään 1200 mm ja pyörien etäisyyden vähintään 2000 mm.
- Jos taso on yli kahden metrin korkeudella maasta tai muusta tasosta, siinä on oltava kaide. Kaide on oltava myös aina, jos putoaminen voi aiheuttaa erityisen vaaran (esimerkiksi virtaava joki alapuolella). Tason käyttötarkoituksesta riippuen kaide saattaa olla tarpeen jo puolen metrin pudotuskorkeudesta lähtien. Kaiteen korkeuden on oltava 1100 mm ja siinä pitää olla välijohde.

Asiattomien pääsy hoitosillalle on estettävä lukittavalla portilla tai päättämällä hoitosilta noin kolmen metrin etäisyydelle etuluiskasta, jolloin kulku hoitosillalle tapahtuu tikkaiden avulla.

Vetojohde asennetaan joessa tai muussa vesistöissä olevaan putkisiltaan, jos aukon koko tai muoto estää soutamisen. Vetojohde valmistetaan kuumasinkitystä teräksestä tai alumiinista ja kiinnitetään materiaaleihin sopivilla kiinnikkeillä.

1.7 Sillan kohotukset

Ennakkokohotus on sillan päällysrakenteeseen valmistusvaiheessa tehtävä kohotus, jonka tarkoitus on kumota rakenteen pysyvien kuormien aiheuttama taipuma.

Pysyvä kohotus on kohotus, jonka tarkoitus on parantaa optista vaikutelmaa siten, ettei vaakasuora silta näyttäisi roikkuvalta. Tämä kohotus jää pysyväksi. (Käytetään myös nimitystä optinen kohotus).

Rakenteen pysyvien kuormien aiheuttama taipuma kumotaan aina ennakkokohotuksella. Taipuma pyritään arvioimaan mahdollisimman oikein. Ulokelaatassa tai ulokelpalkissa ennakkokohotus voi olla negatiivinen.

Sillan ulkonäön vuoksi tehtävän pysyvän kohotuksen tarve arvioidaan tapauskohtaisesti suunnittelun yhteydessä. Siltojen esi- ja yleissuunnittelussa vaikutetaan siihen, että tien tasaus sillalla on kupera, jolloin optista esikohotusta ei tarvita. Moniaukkoi- sessa sillassa ei aukoilta tule antaa pysyvää kohotusta, koska sen johdosta valmiissa sillassa reunalinja poikkeaisi jatkuvasta käyrästä. Tämä vaikuttaisi ulkonäköön haitallisesti ja ulkonäköä jouduttaisiin korjaamaan kaiteen asennolla.

Alapinnaltaan kaarevassa tai viisteellisessä sillassa pysyvää kohotusta ei yleensä tarvita. Jos yksiaukkoista siltaa, jonka jännemitta on > 15 m, ei voida sovittaa ylöspäin kaarevaan tasaukseen, on siinä tarpeen pysyvä kohotus. Sen suuruus on 1/1000-osa jännemitasta, mutta kuitenkin enintään 30 mm. Koverassa kaareissa olevaan siltaan ei tehdä pysyvää kohotusta.

Käytettävän kohotuksen tulee käydä ilmi suunnitelmasta yksikäsitteisesti eriteltyinä ennakkokohotukseen ja pysyvään kohotukseen.

1.8 Muita ohjeita

Sillan rakennusvuosi esitetään vesistö- ja risteyssilloissa kaiteeseen kiinnitettävällä metallisella vuosilaatalla. Ohjeita sijoituksesta siltaan on tyyppipiirustuksessa R15/DM 4-13.

Teräksisillä palkkisilloilla käytetään noususteitä estämään palkin alalaipan päälle nousemisen.

Vedettyjen köysien ja tankojen suunnittelussa ja toteutuksessa tarvittavat tiedot (mm. ryhmä, rasitusluokka sekä korroosionestojärjestelmä) on esitettävä suunnitelmassa ja toteutuseritelmässä standardin SFS EN 1993-1-11 mukaisesti.

2 Laakereiden ja liikuntasauvojen liikevarojen määrittäminen

Laakereiden ja liikuntasauvojen liikevarat mitoitetaan kuormien ominaisyhdistelmälle. Tässä ohjeessa käytettyjen termien merkitys on seuraava:

- Liikekeskiö = sillan päällysrakenteen laajetessa/lyhetessä päällysrakenteen paikallaan pysyvä piste
- Liikepituus = etäisyys liikekeskiöstä tarkasteltavaan kohtaan (esim. sillan pää)
- Liikemäärä = tarkasteltavaan kohtaan kertyvän liikkeen määrä
- Liikevara = laakerina/liikuntasaumana käytettävän tuotteen ominaisuus, jonka pitää mahdollistaa mitoittavan liikemäärän syntyminen tarkasteltavaan kohtaan.

Laakereiden ja liikuntasauvojen liikemäärissä on huomioitava taulukossa 1. annettu lisävarmuus sekä tukien siirtymät. Lisävarmuuden oletetaan vaikuttavan taulukossa esitetyn kokonaisarvon suuruisena molempiin liikesuuntiin. Liikemääriä määrittäessä tulee ottaa huomioon päällysrakenteen kiertymän vaikutus.

Taulukko 1. Lisävarmuuden ΔT_o ominaisarvot

Tapaus	Asentaminen	$\Delta T_o [^{\circ}C]$
1	Asennus suoritetaan rakenteen ollessa ennalta määritetyssä lämpötilassa.	10
2	Asennus suoritetaan ilman, että rakenteen asennusaikaista lämpötilaa on ennalta määritetty tai jos kiinteän laakerin paikassa tapahtuu muutoksia.	20

Tukien siirtymiä laskettaessa otaksutaan:

- kalliolle perustettu tuki ei liiku
- maanvarainen tuki siirtyy ± 10 mm / tuki, päätytuki vain aukkoon päin
- paalutetut tuet laskelmien mukaan ± 10 mm

Tavallisimpien rakennusmateriaalien lämpölaajenemiskertoimet on esitetty materiaali-kohtaisissa ohjeissa.

Ellei tarkempaa tietoa ole saatavissa voidaan kumilevylaakereille käyttää asennuslämpötilana kesäaikaan $+20^{\circ}C$ ja talviaikaan $-10^{\circ}C$. Kumilevylaakerit oikaistaan tunkkaamalla päällysrakennetta ylöspäin tuella siten, että laakerit saadaan oikenemaan nolla-asentoon. Sillan suunnittelijan on määritettävä ajankohta, jolloin tunkkaamisen voi aikaisintaan tehdä ja esitettävä ajankohta laakerointisuunnitelmissa.

Betonirakenteen valun yhteydessä tapahtuva lämpötilan nousu voidaan ottaa huomioon olettamalla rakenteen lämpötilaksi (sitoutumislämpötila) $+30^{\circ}C$ laakerin toiminnan alkaessa.

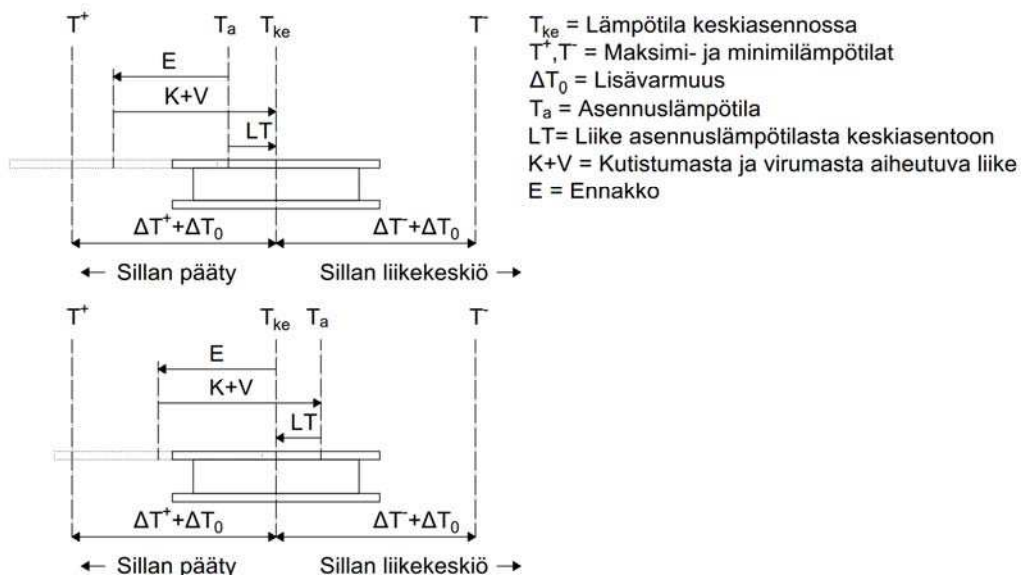
Yleensä muissa tapauksissa suunnittelussa ja valmistuksessa voidaan päällysrakenteen lämpötilana käyttää asennusajankohdan tilastollista keskilämpötilaa, ellei tarkempaa tietoa ole saatavissa.

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

Kutistuman ja viruman vaikutusta laskettaessa voidaan rakenteen iän otaksua olevan 42 vrk liikuntasaumaa asennettaessa. Rakenteen jännittämisajankohdan betonin lujuuden vaikutus rakenteen virumaan on otettava huomioon.

Laakerointi- ja liikuntasaumasuunnitelmissa ilmoitetaan tarvittava liikemäärä ja asennusennakko tai asennusväli muuttuvan asennuslämpötilan mukaan ($-10\text{ °C} \dots +20\text{ °C}$, $\Delta T = 5\text{ °C}$) taulukkona. Betonisilloilla laakerin asennuslämpötila on aina betonin sitoutumislämpötila, jolloin ilmoitetaan vain yksi ennakon arvo laakerille. Kumilylaakereille ei voida asettaa asennusennakkoa.

Laakereiden ennakoita laskettaessa oletetaan, että mitoitettava laakeri on liikevaransa keskiasennossa, kun kutistuma ja viruma ovat täysin kehittyneet sekä sillan päällysrakenteen lämpötila on 0 °C . Laakerin ja liikuntasauaman liikevaran tulee olla riittävä tilanteessa, jossa vasta puolet virumasta ja kutistumasta on tapahtunut ja tilanteessa, jossa ne ovat kehittyneet täyteen arvoonsa. Ennakon voi pyöristää 5 mm tarkkuudella.



Kuva 1. Laakerin ennakon määrittäminen asennus-/sitoutumislämpötilan ollessa joko sillan keskilämpötilan ylä- tai alapuolella

3 Liikuntasaumat

3.1 Yleistä

Liikuntasauvoja ovat

- liikuntasauomalaitteella varustetut saumat
 - yksikumiset laitteet (nosing expansion joint)
 - monikumiset laitteet (modular expansion joint)
 - sormiliikuntasaumat (cantilever expansion joint)
 - mattoliikuntasaumat (mat expansion joint)
 - peitelevysaumat (supported expansion joint)
- massaliikuntasaumat (flexible plug expansion joint)
- liikuntasauமானauhalla varustetut saumat
- suunnitelmakohtaiset liikuntasaummat (esim. rautatiesilloissa)

Liikuntasauvan valmistuksessa käytettävien aineiden ja tarvikkeiden on säilytettävä toiminnalliset ominaisuutensa sauman suunnitellun käyttöiän ajan. Suunnittelu-käyttöiät ovat:

- Liikuntasauomalaitteen teräsosien suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.
- Liikuntasauomalaitteen muiden osien suunnittelukäyttöikä on 25 vuotta.
- Massaliikuntasauvojen suunnittelukäyttöikä on 15 vuotta.
- Betonisten tukikaistojen suunnittelukäyttöikä on 25 vuotta. Muiden tukikaistojen suunnittelukäyttöikä valitaan päällysteen käyttöikää vastaavaksi.

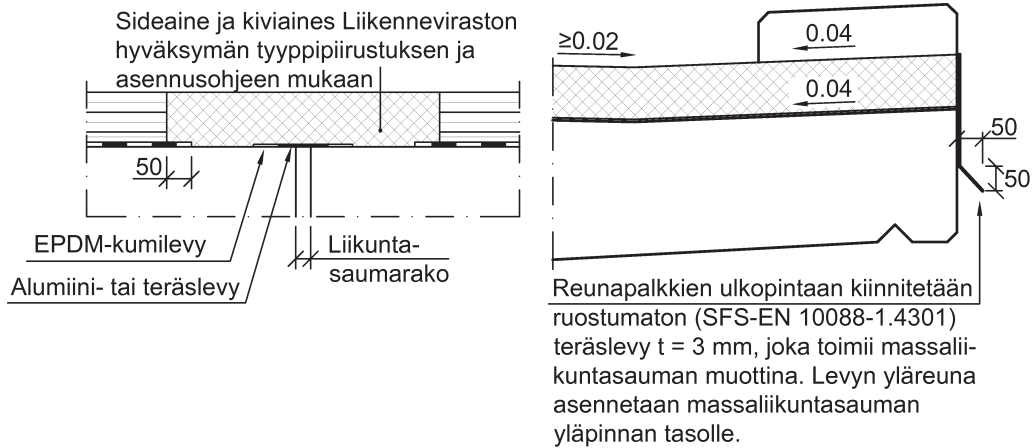
Tieliikenteen ja kevyen liikenteen silloissa käytetään vain Liikenneviraston käyttöluvan saaneita liikuntasauomalaitteita ja massaliikuntasauvoja, joista löytyy luettelo Liikenneviraston internetsivuilta (ks. Liikenneviraston Tieohjeet -luettelo, kohta *Laa-keri- ja liikuntasauomalaitetyyppien ja niiden valmistajien ja toimittajien hyväksyntä*). Käyttöluvan lisäksi noudatetaan tässä luvussa annettuja lisäohjeita ja -vaatimuksia.

Rautatiesiltojen ja puusiltojen liikuntasaummat suunnitellaan tapauskohtaisesti.

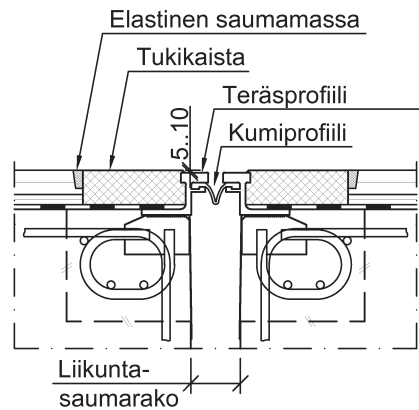
Sauvan liikemäärän raja-arvot määritetään sillan liikkeen suunnassa.

Suunnitelmissa on ilmoitettava saumatyyppi, kappaleen 2 mukaan määritetty liike-määrä, sallittu liikevara, asennusennakko sekä kumiprofiilien määrä.

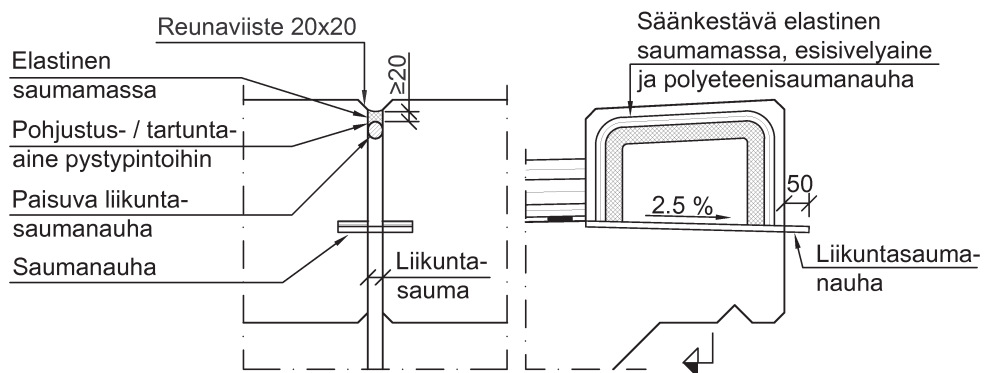
MASSALIIKUNTASAUMA



LIIKUNTASAUMALAITTE



REUNAPALKIN SAUMA

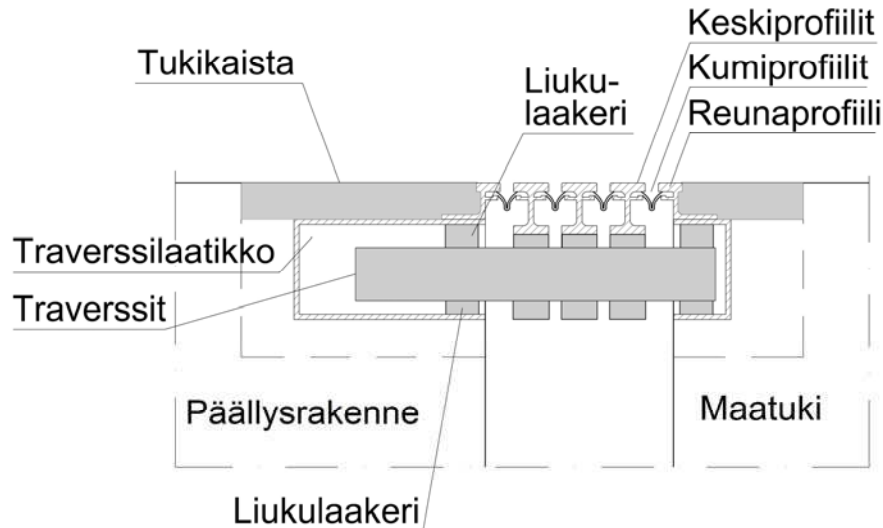


Kuva 2. Liikuntasaumojen rakenteita

3.2 Rakenteelliset ohjeet

Tiesilloilla ja kevyen liikenteen silloilla käytettäviksi hyväksytyjen liikuntasaumojen sallitut liikevarat on esitetty laakereiden ja liikuntasaumojen käyttöluvassa (ks. kpl 3.1). Rautatiesilloilla liikuntasaumoille sallitut liikevarat on sovittava hankekohtaisesti Liikenneviraston silta-asiantuntijan kanssa.

Monikumisen liikuntasaumalaitteen poikkikannattajat (traverssit) on asennettava sillan liikkeen suuntaisiksi. Liikesuunta esitetään sillansuunnittelijan laatimassa liikuntasauhasuunnitelmassa.



Kuva 3. Monikumisen liikuntasaumalaitteen rakenneperiaate

Puukantisissa siltojen vesitiiviissä saumoissa käytetään puristetussa tilassa olevaa liikuntasauhanauhaa.

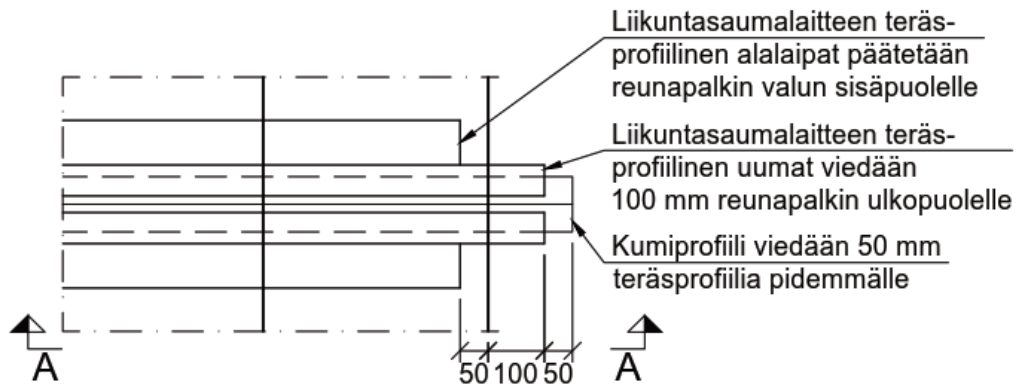
Liikuntasauhat suunnitellaan vesitiiviiksi rakenteiksi. Pintavedet johdetaan reunapalkin lävitse sillan ulkopuolelle. Mikäli vettä ei voida johtaa reunapalkin ulkopuolelle, sauma taitetaan reunapalkin kohdalla ylöspäin, jotta vesi ei valu saumaa pitkin luiskaan. Jos liikuntasaumalaitteen päästä valuva vesi voi aiheuttaa eroosiovaurioita siltaapaikan verhouksiin, liikuntasauhan päähän asennetaan syöksytorvi (ks. kappale 6). Sillan pituuskaltevuuden ollessa yli 2 % voidaan vedet johtaa liikuntasauhan ylitse sillan pituussuunnassa.

Liikuntasauhan liittyminen siltarakenteeseen suunnitellaan sellaiseksi, ettei vesi jää seisomaan lammikoiksi sauman viereen päällysteen päälle.

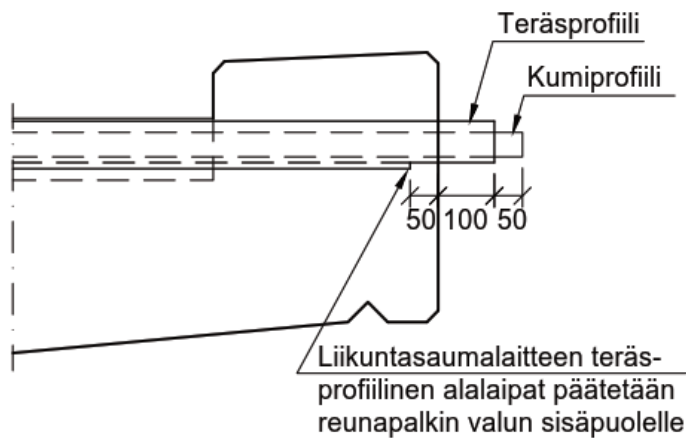
Rautatiesiltojen ja puusiltojen liikuntasaumoilta sekä sormiliikuntasaumoilta ei edellytetä vesitiiveyttä, mikäli veden valuminen saumaan on estetty rakenteellisesti tai saumaan valuvat vedet kerätään hallitusti siten, ettei niistä aiheudu haittaa. Liikuntasauma, joka ei ole vesitiivis, suojataan hiekan, sepelin ja roskien tunkeutumiselta saumarakoon. Suojaus tehdään esimerkiksi tukevasti alustaansa kiinnitetyllä kuumasinkityllä tai ruostumattomalla teräslevyllä. Vuotovedet ohjataan siten, etteivät ne aiheuta betonipintojen säilyvyys- tai ulkonäköhaittaa.

Teräsrunkoisen vesitiiviin liikuntasaumalaitteen kumi- ja teräsprofiili ulotetaan kuvan 4 mukaisesti reunapalkin ulkopuolelle. Teräsprofiilin alalaidat leikataan kuvan mukaisesti siten, että ne jäävät reunapalkin sisään. Saumalaitte viistetään kannen reunalueilla siten, että vedet valuvat reunapalkin ulkopuolelle. Massaliikuntasaumassa käytetään kuvan 2. mukaista haponkestävästä teräksestä tehtyä tippanokallista päätylevyä. Levyn kiinnityksen tulee sallia sillan päällysrakenteen pituussuuntaiset liikkeet. Tällöin tehdään yleensä kiinteä kiinnitys maatukeen ja liikkeen salliva kiinnitys päällysrakenteeseen.

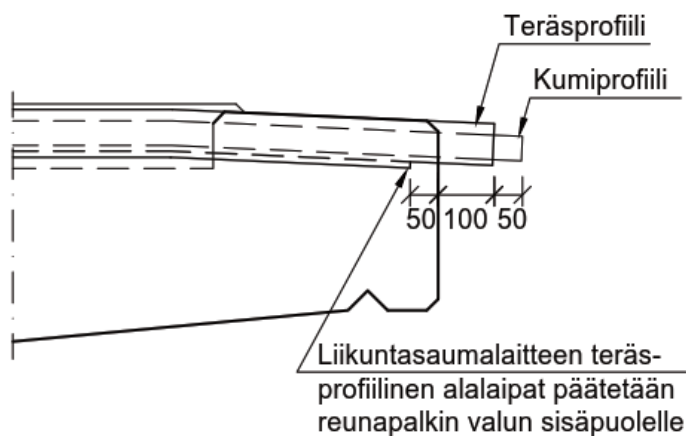
LIIKUNTASAUMALAITTEEN PÄÄ



A - A (korkea reunapalkki)



A - A (matala reunapalkki)



Kuva 4. Liikuntasaumalaitteen ulottaminen reunapalkin ulkopuolelle

Massaliikuntasauaman rajautuessa mursketäyttöön on saumalle tehtävä tukikaista asfalttipaksunnoksella tai erillisellä betonivalulla.

Korotetun jalkakäytävän kohdalla liikuntasauva nostetaan ensisijaisesti jalkakäytävän tasoon. Toinen vaihtoehto on jatkaa sauma ajoradan tasossa ja varustaa sauma peitelevyllä. Peitelevyn pinta ei saa olla liukas (InfraRYL 42410). Peitelevyjen käytöstä on sovittava erikseen sillan suunnitelmien hyväksyjän kanssa.

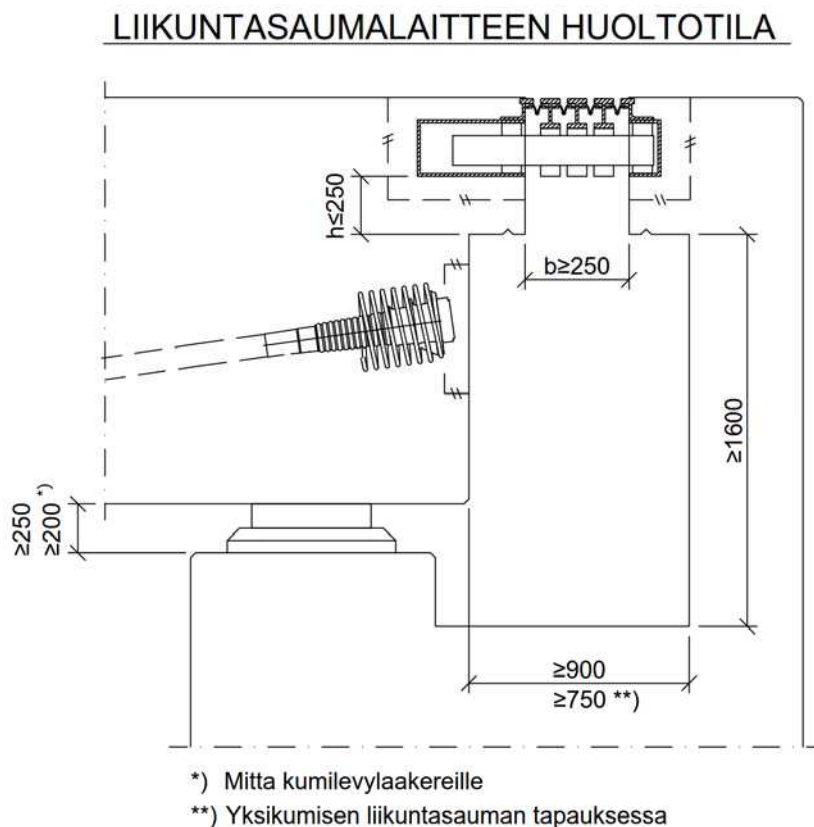
Reunapalkin aukko voidaan turvallisuus- tai ulkonäkösyistä suojata tyyppiirustuksen R15/DM12 mukaisella peitelevyllä. Yleensä peitelevyä käytetään vain siltapaikka-luokissa 1 ja 2.

Maatuella tehdään tarkastus- ja huoltotila liikuntasaumalaitteen alle, kun yksi seuraavista ehdoista täyttyy:

- liikepituus liikuntasaumaan on yli 100 m
- sillan pääkannatin on jännitetty
- maatuella käytetään monikumista liikuntasaumalaitetta,

Tilan suunnittelussa käytetään kuvan 5. mukaisia mittoja, Huoltotilan päät on peitettävä maatuen poskimuureilla. Huoltotilan vähimmäisleveyden tulee täytyä sillan päällysrakenteen ollessa lämpötilassa 0 °C ja kun päällysrakenteen viruma ja kutistuma ovat täysin kehittyneet.

Huoltotilaan järjestetään kulku sillan reunoilta, maatuen sisältä tai päätypalkin läpi/vierestä. Kulkukäytävän leveyden ja korkeuden tulee olla vähintään 750 mm. Pie-nempää mitta voidaan käyttää hankekohtaisesti Liikenneviraston silta-asiantuntijan kanssa niin sovittaessa. Kulkukäytävänä voidaan käyttää tyyppiirustuksen R15/DM1 mukaista tarkastusluukua. Kulkukäytävän on oltava saavutettavissa, ks. kappale 1.6 .



Kuva 5. Liikuntasaumalaitteen huoltotila

Monikumisen liikuntasaumalaitteen traverssit on päästävä tarkastamaan ja huoltamaan alakautta.

Jännitetyn sillan pääty liikuntasaumalaitteen kohdalta on suojattava tai muotoiltava niin, että mahdollinen vaurioituneen liikuntasaumalaitteen läpi valuva vesi ei kulkeudu suoraan jänneankkurialueelle. Päällysrakenne ja maatuki varustetaan kuvan 5. mukaisesti tippaurilla. Tippaurien koon määrittämisessä käytetään ohjeen NCCI 2 liitteen 4 reunapalkin tippaurien mittoja.

3.3 Liikuntasauamasuunnitelma

Sillan liikuntasauamasuunnitelmassa esitetään liikuntasauomien sijainti, suunnittelun lähtöarvot ja vaadittavat ominaisuudet. Liikuntasauamasuunnitelman pohjalta liikuntasauomavalmistaja laatii yksityiskohtaisen liikuntasaumalaitesuunnitelman (ml. massaliikuntasaumat). Sillan yleispiirustuksen yleisteksteissä esitetään kaikista liikuntasaumoista:

- Liikuntasaumatyyppi
 - Monikumisen liikuntasaumalaitteen tapauksessa ilmoitetaan kumiin määrä
- Vedenpitävyysvaatimukset
- Sijainti tuittain

Sillan liikuntasaumoista voidaan laatia erillinen liikuntasauamasuunnitelma tai suunnitelma voidaan esittää sillan mittapiirustuksissa (pieni silta, yksinkertainen saumalaite).

Liikuntasauamasuunnitelmassa esitetään liikuntasauomien mitta-, sijainti- sekä asennotietojen lisäksi liikuntasauomien liittyminen rakenteeseen sekä väylän pintarakenteisiin. Jälkivalujen mitat on esitettävä. Tukikaistojen raudoituksen määrittää liikuntasaumalaitteiden toimittaja.

Liikuntasaumalaitteen teräsprofiilin pään muotoilu esitetään suunniteltaessa liikuntasaumalaite vietäväksi reunapalkin läpi (ks. kuva 4). Peitelevyjien mitat ja kiinnitys tulee esittää.

Suunnitelmassa esitetään liikuntasauomien mitoittava kokonaisliikemäärä määritettynä kappaleen 2 mukaisesti. Liikuntasauomien suunnittelussa käytetty sallittu liikevara esitetään. Ennakot esitetään taulukkomuodossa eri asennuslämpötiloille. Ennakon yhteydessä ilmoitetaan, mikä on liikuntasauoman otaksuttu asento sillan päällysrakenteen lämpötilassa 0 °C, kun viruma ja kutistuma ovat täysin kehittyneet.

4 Siltalaakerit

4.1 Yleistä

Laakerit mitoitetaan standardin SFS-EN 1337 mukaisesti.

Päällysrakenteen ja laakeritason välin on oltava kumilevyllaakereita käytettäessä vähintään 200 mm ja muita laakerityyppejä käytettäessä vähintään 250 mm. Tästä poiketen kaikille laakerityypeille hyväksytään vähimmäisväli 150 mm, jos pilarin yläpinnan pinta-alan pienuudesta johtuen laakerin kunto on helposti tarkastettavissa joka puolelta.

Vastinpintojen ollessa betonia, laakereiden ylä- ja alalevyt kiinnitetään pulteilla. Vastinpintojen ollessa terästä, ylä- ja alalevyt kiinnitetään joko hitsaamalla tai ruuveilla. Kumilevyllaakereiden kiinnitys perustuu pääsääntöisesti kitkaan.

Rullalaakerit varustetaan suojakoteloilla. Muissakin laakereissa, jotka voivat joutua ilkvallan kohteeksi, voidaan käyttää suojakoteloita. Laakereissa, jotka ovat vaikeasti tarkastettavia (vesistö sillan välituet, joiden etäisyys rannasta >15m tai >10m:n korkeudella olevat laakerit), jätetään suojakotelo pois. Suojakotelon rakenne esitetään sillan suunnittelijan laatimissa rakennussuunnitelmissa.

Kumipesä- ja kalottilaakerit varustetaan liikkeenosoittimella ja pölysuojuksella, jotka kuuluvat laakeritoimitukseen.

Laakeritasolle ja päällysrakenteen alapintaan on varattava riittävästi tilaa laakerivarausta varten siten, että laakerivarauksen reunaetäisyydet täyttyvät kuvan 6. mukaisesti.

Laskettaessa liikkeenrajaajatappien leikkausvoimakapasiteettia on otettava vähentävänä tekijänä huomioon vaakavoiman vaikutuspisteen todellinen etäisyys betonin pinnasta. Kapasiteetti voidaan laskea seuraavilla kaavoilla [Leonhardt, Vorlesungen über Massivbau, Zweiter Teil, 1975]:

Kun levy estää betonin murtoa betonin pinnassa: $V_{Rd1} = 2,5 \cdot \phi^2 \cdot \sqrt{f_{by} \cdot f_{ck}}$

Tappi ilman levyä: $V_{Rd2} = 1,3 \cdot \left(\sqrt{1 - 1,69 \cdot \epsilon^2} - 1,3\epsilon \right) \cdot \phi^2 \cdot \sqrt{f_{by} \cdot f_{ck}}$

jossa

ϕ on tapin halkaisija

f_{by} on tapin myötölujuus

f_{ck} on betonin puristuslujuus

ϵ on $3 \cdot \frac{e \cdot f_{by}}{\phi \cdot f_{ck}}$

e on tappiin vaikuttavan voiman etäisyys tarkasteltavasta betonipinnasta

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

Tappi täytyy upottaa betoniin vähintään 6ϕ syvyydelle. Kaavojen antamat arvot ovat murtorajatilan arvoja. Tapit mitoitetaan vain murtorajatilassa. Raudoittamatonta alustavalua ei oleteta toimivaksi leikkausvoimakapasiteettia laskettaessa.

Kumilevylaakeroiduissa silloissa, joiden päällysrakenteen pääty liikkuu penkereessä, liikkeenrajaajien käytössä noudatetaan seuraavia periaatteita:

Jos päällysrakenteen pääty on kohtisuora liikesuuntaa vastaan, poikittaisia liikkeenrajaajia ei tarvita, ellei rajaajien käyttämiseen ole erityisiä perusteita.

Jos päällysrakenteen pääty on vino, tarvitaan poikittaisia siirtymiä estävät liikkeenrajaajat, jotka mitoitetaan niihin kohdistuville rasituksille.

Puusilloilla hyväksytään yksikerroslaakerien käyttö. Korjauskohteissa voidaan yksikerroslaakereiden käyttö hyväksyä hankekohtaisesti. Yksikerroslaakereiden mitoitus tehdään standardin SFS-EN 1337-3 mukaisesti.

Kevytrakenteisilla silloilla on tarpeen varmistaa päällysrakenteen pysyminen laakereilla törmäystilanteessa, kts. NCCI 1 kohta F.4.3.2.

Silloissa, joissa päällysrakenne siirretään alusrakenteille asennettujen laakereiden varaan, suunnitelmissa ilmoitetaan laakereiden korkeusaseman sallitut toleranssit (kts. NCCI 1 kohta H.13).

Laakeritasot suunnitellaan niin, että laakerit voidaan hyvin nähdä ja tarkastaa. Jos työssä tarvitaan turvavaljaita, niitä varten on asennettava kiinnityspisteet. Välitukien laakeritasoille on järjestettävä pääsy.

Korkeilla maatuilla pitää olla tikkaita varten kiinnityskoukut tai laakeritasolle pääsy pitää järjestää liikuntasaumalaitteen tarkastus- ja huoltotilan kautta.

4.2 Laakerointisuunnitelma

Sillan laakerointisuunnitelmassa esitetään laakerien ja nivelten lukumäärä, suunnittelun lähtöarvot ja vaadittavat ominaisuudet. Valmistaja laatii niiden pohjalta yksityiskohtaiset laakerisuunnitelmat.

Yleispiirustuksen yleisteksteissä esitetään laakereista:

- laakerityyppi ja päämitat
- laskelmissa käytetty kitkakerroin
- maksimikuormitus muista kuin kumilevylaakereista

Kumilevylaakereista ei tavallisesti laadita erillistä laakerointipiirustusta vaan ne esitetään sillan mittapiirustuksissa. Kumilevylaakereista laaditaan taulukon 4. mukainen laakerikortti.

Muista laakereista laaditaan laakeroointipiirustus, jossa esitetään laakereiden tyypit, sijainti, suuntaus ja rakenteen liikekeskiö. Laakerisymbolit ovat SFS-EN-1337 mukaisia. Yksinkertaisissa tapauksissa voidaan laakerointi esittää myös alusrakennepiirustuksissa. Laakerointisuunnitelmassa esitetään taulukon 3. mukaiset lähtöarvot sekä käyttö- että murtorajatilassa ja käytetty kitkakerroin.

Suunnitelmassa esitetään lisäksi:

- Suojakotelon tarve
- Laakereiden vaihtoa varten tarvittavat tunkkauskohtat ja tukireaktiot
(MRT: $1.25/0.9 \cdot (\text{omapaino} + \text{jännevoima} + \text{tukipainuma}) + \text{liikennekuorma}$ tavallisella yhdsitelyarvolla. Mikäli rakenteessa ei ole tilaa tunkkauskohtalle, on suunnitelmassa esitettävä, miten laakereiden vaihto on suunniteltu tapahtuvaksi.
- Alustavalumassan lujuus- ja säilyvyysvaatimukset
- Alustavalun rauditus
- Mahdolliset liikkeenrajoittimet ja muut vaakavoimia välittävät rakenteet
- Vaatimus laakerin asentamisesta vaakasuoraan
- Korkeusaseman sallitut toleranssit
- Liikkeenosoittimen ja pölynsuojauksen tarve
- Ohjeet kumilevylaakereiden oikaisemisesta (kts. kappale 2)

Taulukon 2. mukaiset tiedot toimitetaan laakeritoimittajalle kaikista laakereista.

Taulukko 2. Laakereiden toimittajaa varten esitettävät lähtötiedot

Laakeri:								Sijainti:							
Tyyppi:															
Laakerin mitoituskuormat (ULS ja Ad)															
Laakerikuormat suurimman mitoituskuorman tuottavalle yhdistelmälle (NCCI 1 taulukot G.5 ja G.7)															
		N_z [kN]	V_x [kN]	V_y [kN]											
max.	N_{zd}														
min.	$N_{zd}^{1)}$														
max.	$ V_{x,Ed} $														
max.	$ V_{y,Ed} $														

LIIKEVARAT²⁾
 Liikkeet käyttörajatilan ominaisyhdistelylle (NCCI 1 taulukko G.8)

- Sillan pituussuuntaan (u_x) [mm]
- Sillan poikkisuuntaan (u_y) [mm]
- Suurin kiertymä pituusakselin ympäri (α_x) [$\text{rad} \cdot 10^{-3}$]
- Suurin kiertymä poikkisuunnan akselin ympäri (α_y) [$\text{rad} \cdot 10^{-3}$]

LAAKERIN MAKSIMIMITAT [mm]

- Alapinta BxL (D)
- Yläpinta BxL (D)
- Kiilalevyille + laakerille + alustavalulle varattu tila h

LAAKERIN VASTINPINTOJEN MINIMIKOOT [mm]

- Alapinta BxL (D)
- Yläpinta BxL (D)

ASENNUSENNAKKO LIIKEKESKIÖSTÄ POISPÄIN
 t = päällysrakenteen lämpötila asennushetkellä
 (Positiivinen ennako = laakerin ylälevy siirretään liikekeskiöstä pois päin) [mm]

t = -10 C°	t = -5 C°	t = 0 C°	t = 5 C°	t = 10 C°	t = 15 C°	t = 20 C°	Betonisillat ³⁾
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1) Mikäli murtorajatilan tukireaktio on vetoa (-), mutta käyttörajatilan ominaisyhdistelyllä puristusta, ei laakeria tarvitse suunnitella vetoa kestäväksi ja laitetaan min N_{zd} -arvoksi "0"

2) Laakerien liikevara mitoitetaan kappaleen 2 mukaisesti

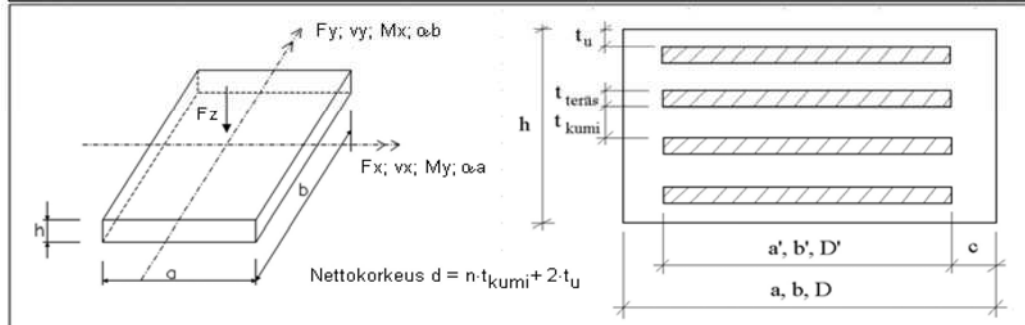
3) Paikallavaletuilla betonisilloilla ilmoitetaan pelkästään ennako sille hetkelle, kun laakerin toiminta alkaa (=betonin sitoutumislämpötila)

Taulukko 3. Laakerointisuunnitelmissa esitettävät laakerin lähtötiedot

LAAKERIT				
	T1		T2	
	L11	L12	L21	L22
PYSTYKUORMAT [MN] ⁽¹⁾				
- Murtorajatila, max				
- Murtorajatila, min				
- Ominaisyhdistely, max				
- Ominaisyhdistely, min				
- Pysyvien kuormien yhdistely, max				
VAAKAKUORMAT, murtorajatila [MN]				
- Sillan pituussuuntaan, max				
- Sillan poikkisuuntaan, max				
Sillan mitoituksessa käytetty kitkakerroin				
LAAKERIN TUNKKAUSPISTEIDEN MITOITUSKUORMA, max [MN]				
LIIKEVARAT, ominaisyhdistely, [mm]				
- Sillan pituussuuntaan				
- Sillan poikkisuuntaan				
KIERTYMÄT, ominaisyhdistely [rad*10⁻³]				
- Sillan pituusakselin ympäri				
- Sillan poikkisuunnan akselin ympäri				
LAAKERIN MAKSIMIMITAT [mm]				
- Alapinta BxL (D)				
- Yläpinta BxL (D)				
- Kiilalevyille+ laakereille + alustavalulle varattu tila h [mm]				
LAAKERIN VASTINPINTOJEN MINIMIKOOT				
- Alapinta BxL (D)				
- Yläpinta BxL (D)				
ASENNUSENNAKKO [mm] ⁽²⁾				
t = -10 °C				
t = -5 °C				
t = 0 °C				
t = 5 °C				
t = 10 °C				
t = 15 °C				
t = 20 °C				
Betonisillat ⁽³⁾				
Jos asennettavan laakerin korkeus on suurempi tai laakerityyppi tai levyjen muoto poikkeaa oletetusta, on sillan pääsuunnittelujan tarkastettava suunnitelma.				
(1 Negatiivinen pystykuorma tarkoittaa vetoa				
(2 Positiivinen asennusennakko = laakerin ylälevyä siirretään pois päin liikekeskuksesta. t = päällysrakenteen lämpötila asennushetkellä				
(3 Paikallavaletuilla betonisilloilla ilmoitetaan pelkästään ennakko sille hetkelle, kun laakerin toiminta alkaa (=betonin sitoutumislämpötila)				

Taulukko 4. Kumilevylaakerin laakerikortti

TIEDOT LAAKERISTA				Sivu
Kohde	Esimerkki			Työ no.
piiri, kunta				12345
KUMILEVYLAAKERI	Tuki no.	1	Laakeri no.	101
Ulkomitat	Levyjen mitat		Nettokorkeus	
a = 300 mm	$t_{\text{kumi}} = 8 \text{ mm}$		n = 4	
b = 400 mm	$t_{\text{u}} = 2.5 \text{ mm}$	c = 4 mm	d = 37 mm	
h = 52 mm	$t_{\text{teräs}} = 3 \text{ mm}$		d/a = 0.123	
Materiaalivaatimukset: SFS-EN-1337-3		G = 0.9 MPa	Teräs S235	
Kumin liukumoduli on testattava -40°C lämpötilassa				



Laakerien lukumäärä				
Vastinpinnat	Yläpinta	Betoni	C30/37	
	Alapinta	Betoni	C50/60	Alusvalu
Sallittu keskimääräinen kosketuspaine (N/mm ²)	Yläpinta			
	Alapinta			
Suunnittelu- kuormien vaikutukset (kN)	Murtorajatila	Pystys.	max.	2000
			pysyvä	850
			min.	850
		Poikittainen (y)	0	
		Pituussuuntainen (x)	0	
Siirtymä (mm)	Murtorajatila	Poikittainen (y)	3	
		Pituussuuntainen (x)	25	
Kiertymä (rad)	Murtorajatila	Poikittainen (y)	0.003	
		Pituussuuntainen (x)	0.01	
Laakerin maksimitat (mm)		Poikittainen (y)		
		Pituussuuntainen (x)		
		Kokonaiskorkeus		
Vaadittava kiinnitystapa	Yläpinta			
	Alapinta			

SFS-EN 1337-3:n mukaisessa laskennassa mitoitettaviksi tulleet kuormitusyhdistelyt:

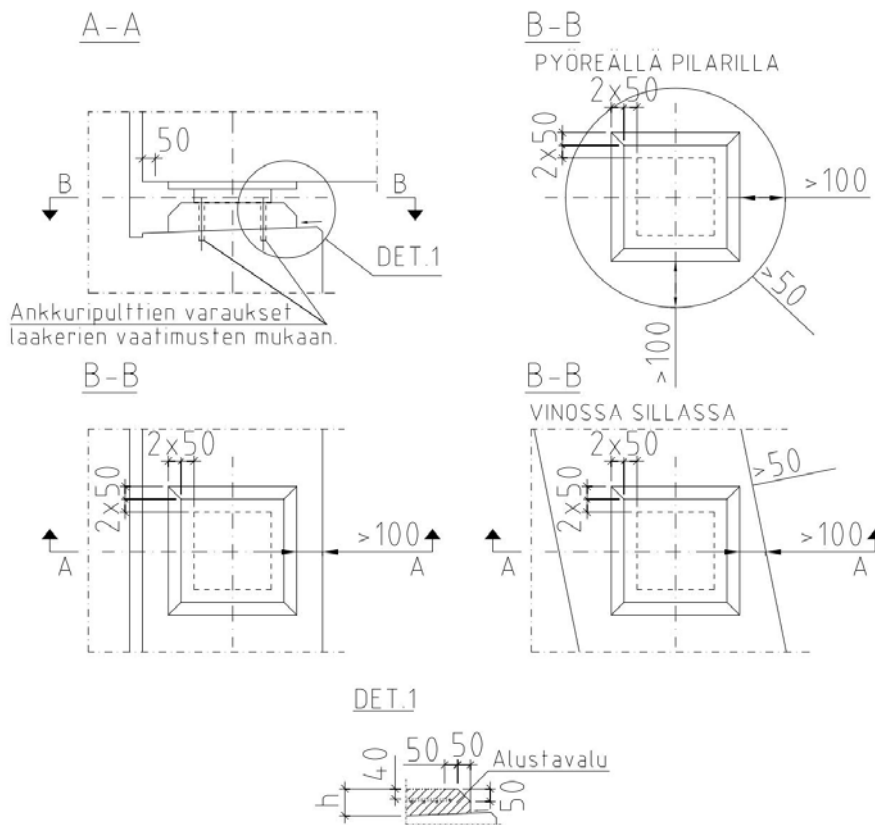
Kyhd. no	Pys.	$F_{z,d}$ [kN]	$F_{x,d}$ [kN]	$F_{y,d}$ [kN]	$M_{x,d}$ [kNm]	$M_{y,d}$ [kNm]	$v_{x,d}$ [mm]	$v_{y,d}$ [mm]	$\alpha_{b,d}$ [rad]	$\alpha_{a,d}$ [rad]
1		2000					25	3	0.01	0.003
2	1	850					15		0.005	

4.3 Laakerialusta

Laakerialustan muoto, mitat, materiaalivaatimukset ja raudoitusperiaate on esitettävä suunnitelmassa.

Jos laakerin yläpuolelle joudutaan tekemään täytevalu, niin se on tehtävä samaan aikaan ja samasta betonista kuin päällysrakenteen valu. Laakerilevyn reunaetäisyydet ja täytevalun reunaviisteet ovat samat kuin alustavalussa.

Jos täytevalun korkeus on yli 50 mm, niin se on raudoitettava. Raudoitus on muuten sama kuin alustavalussa, mutta raudoitteet on ankkuroitava päällysrakenteen betoniin. Yläpuolisen täytevalun korkeuden tulisi olla enintään 100 mm.



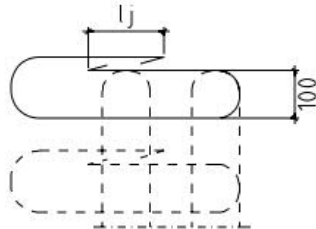
Kuva 6. Laakerin alustavalun mitat

Kuvassa 7 on esitetty laakerin alustavalun raudoitusperiaate tavallisille tapauksille. Jos laakerin vaakakuorma on yli 20 % pystykuormasta murtorajatilassa, tulee alustavalun raudoitus määrittää tapauskohtaisesti.

ALUSTAVALUN RAUDOITUSPERIAATE

1. JOS ALUSTAVALUN ALAPINTA ON KÄYTTÖRAJATILASSA PURISTETTU,
MÄÄRÄTÄÄN ALUSTAVALUN TERÄSTYS SEURAAVASTI

- Jos alustavalun korkeus $h < 70$ mm, raudoitusta ei tarvita
- Jos $70 < h < 170$, määritetään teräkset oheisen taulukon ja piirustuksen mukaan.



N_{dmax} (MN)	Raudoitus	Jatkospituus (l _j)
2.5	ø 8#100	250
5.0	ø 10#100	300
7.5	ø 12#100	350

Suuremmilla laakerointikuormilla raudoitus määrätään tapauskohtaisesti.

2. MUULLOIN MÄÄRÄTÄÄN ALUSTAVALUN TERÄKSET JA ANKKUROINTI
ALUSRAKENTEESSEN TAPAUSKOHTAISESTI.

Laakerialustan laatuvaatimukset on esitettävä piirustuksessa

Kuva 7. Laakerin alustavalun raudoituseriaate

4.4 Laakerin vastinpintojen levyn minimikoon määrittäminen

4.4.1 Sovellutusalue

Tämän kappaleen ohjeita voidaan soveltaa kaikkiin teräsbetonialustalle asennettaviin laakereihin lukuun ottamatta kumilevy-laakereita. Niiden suunnittelu tehdään asianomaista standardia noudattaen.

4.4.2 Laskentaperusteet

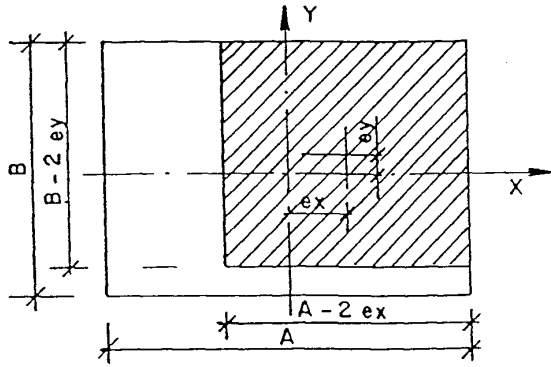
Betonin puristusjännitys laakerilevyn alla lasketaan paikallisena puristuksena ohjetta *Eurokoodin soveltamisohje: Betonirakenteiden suunnittelut - NCCI 2* noudattaen. Laskennan edellytyksenä on, että paikallisen puristuksen aiheuttama poikittaisjännitys on laskettu ja halkaisuvoima on tarvittaessa otettu raudoituksella.

Laatan läpileikkautuminen saattaa myös tulla määrääväksi, jolloin joudutaan käyttämään suurempaa levykokoa kuin paikallinen puristuskestävyys edellyttäisi.

4.4.3 Kuormituspinta-ala

Laskennassa kuormituspinta-alana käytetään ns. tehokasta pinta-alaa, jossa kuorman epäkeskisyys ja laakerin liikevara on huomioitu pinta-alaa pienentävänä tekijänä.

Tehokas pinta-ala A_{eff} (A_{co})



Kuva 8. Laakerin alustan kuormituspinnan tehollinen pinta-ala

$$e_x = \frac{\Delta L_x}{2} + \frac{H_x * h}{V}$$

$$e_y = \frac{\Delta L_y}{2} + \frac{H_y * h}{V}$$

ΔL_x = laakerin laskettu kokonaisliikevara pituussuunnassa.

ΔL_y = laakerin laskettu kokonaisliikevara poikkisuunnassa.

V = pystysuora laakerikuorma

H_x = laakerin vaakakuorma pituussuunnassa.

H_y = laakerin vaakakuorma poikkisuunnassa.

h = laakerin korkeus.

Vinossa sillassa kuormituspinnan A_{c0} nurkka sijaitsee usein lähinnä pilarin tai rintamuurin reuna. Suure A_{c1} lasketaan tämän nurkan reunaetäisyyden perusteella. Ympyränmuotoisen alalevyn vaadittavaa minimikokoa laskettaessa reunaetäisyytenä käytetään pinta-alaltaan vastaavan suuruisen neliön reunaetäisyyttä.

Tavanomaisissa kumipesälaakereissa tai kalottilaakereissa voidaan laakerin korkeusmitta h valita laskentaa varten taulukosta 5. Muun tyyppisissä laakereissa ja erityisen suurissa laakereissa käytetään valmistajan ilmoittamaa korkeusmittaa.

Taulukko 5. Laakerin korkeus laakerilevyn koon määrittämisessä

V (kN)	h (mm), kalottilaakerit	h (mm), kumipesälaakerit
1000	125	100
3000	125	125
5000	150	150
7000	150	175
10000	175	200

5 Pintarakenteet

5.1 Yleistä

Tässä kappaleessa esitetään siltakannen pintarakenteen valintaan liittyviä yleisperiaatteita. Pintarakenteen valinta tehdään sillan tuote- ja laatuvaatimusten ja/tai sillan rakennussuunnitelman laadinnan yhteydessä yhteistyössä tilaajan kanssa.

Tämä kappale käsittelee yleisimpiä ajoneuvoliikenteen siltojen ja rautatiesiltojen pintarakenteita. Erikoisrakenteet, kuten rautatiesiltojen näkyviin jäävät kaukalopalkkien pinnat ja tukikerroksettomien siltojen betonipinnat, pinnoitetaan erillisen kohdekohtaisen suunnitelman mukaisesti.

Pintarakenteeseen kuuluvat eristysalustan pohjustus- tai tiivistyskäsittely, vedeneristys, vedeneristysten suojakerros sekä päällystekerrokset. Pintarakenteen on tarkoitus suojata siltakansi kulutukselta, kosteudelta ja klorideilta. Kansilaatan suojaus pidentää oleellisesti rakenteen käyttöikää ja korjausväliä.

Pintarakenneratkaisut voidaan ryhmitellä seuraavasti:

1. Vedeneristys on kauttaaltaan kiinni alustassa.
2. Vedeneristys sekä siltakansi varustetaan paineentasausrakenteella.
3. Vedeneristys on kokonaan irti alustasta.

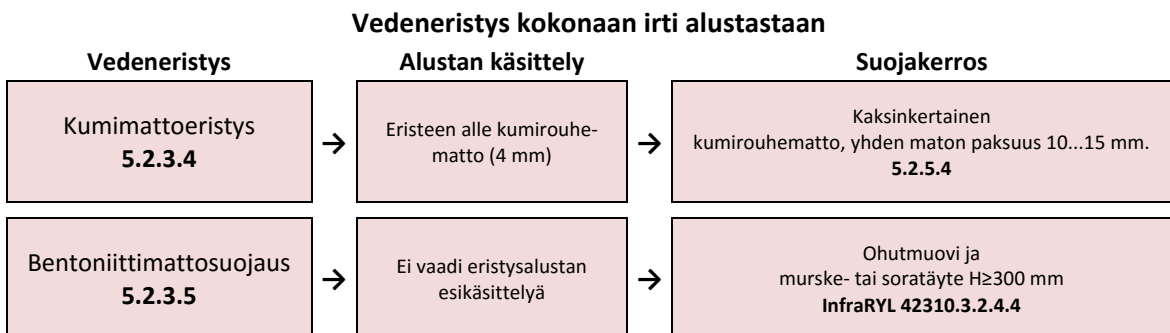
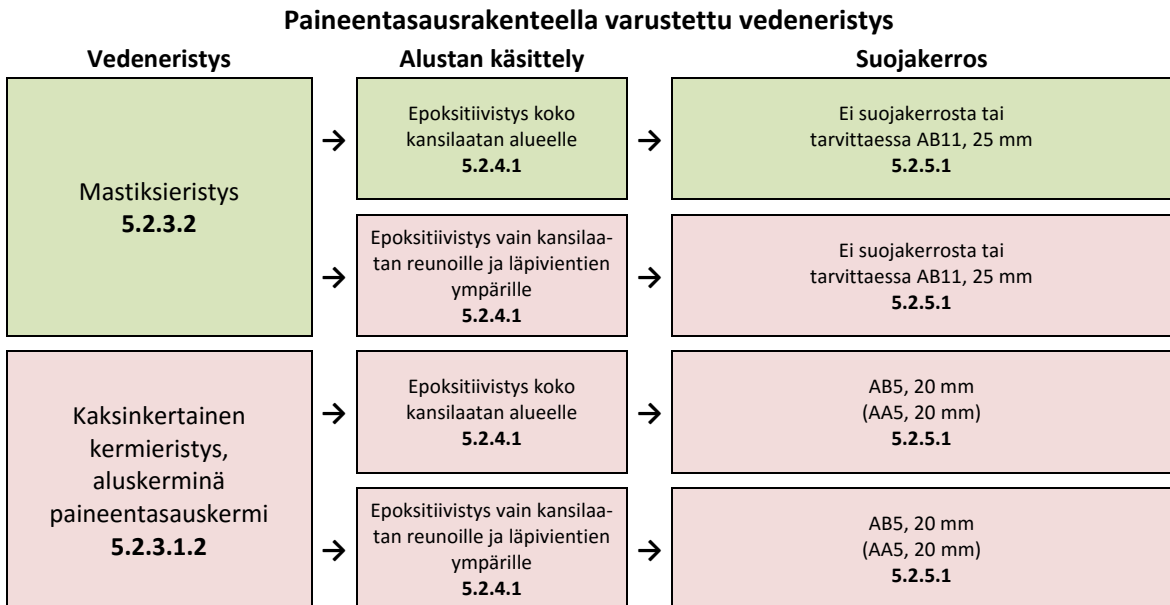
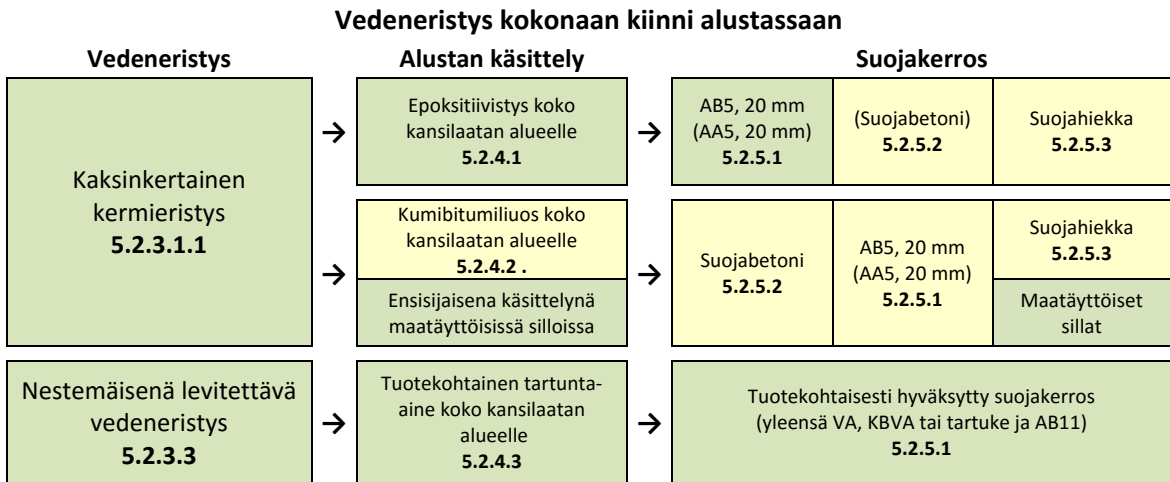
Uusia siltoja rakennettaessa käytetään ensisijaisesti kauttaaltaan kannessa kiinni olevia pintarakenneratkaisuja (1), joita pidetään kestävimpinä ja pitkäikäisimpinä. Paineentasausrakenteella varustettuja vedeneristyskäsittelyjä (2) käytetään betonikantisilla silloilla erityisesti silloin, kun alustan riittävän alhaista kosteuspitoisuutta ei voida saavuttaa tai korjattavalla sillalla on esiintynyt toistuvasti eristysten kuplimista.

Alustasta irti olevat vedeneristykset (3) soveltuvat lähinnä maatäyttöisten siltojen korjauksiin silloin, kun vedeneristystöihin käytettävä urakka-aika on liian lyhyt ensisijaisen eristysten rakentamiseen. Nämä eristykset voidaan asentaa vanhojen betonipintojen tai eristysten päälle, mikäli tilaaja hyväksyy vanhan alustan korjaamatta jättämisen.

Yhtenä pintarakenneratkaisuna voidaan pitää rakennetta, jossa betonikanteen kiinnitetty kermieristys suojataan suojabetonilla. Suojabetonin ensisijaisena tarkoituksena on omalla painollaan estää vedeneristysten kupliminen. Suojabetonin käyttö suolatavien teiden silloilla edellyttää aina erityisiä perusteita, koska betonin pakkas-suolarapautuminen lyhentää koko pintarakenteen käyttöikää, ja rakenteen korjauskustannukset ovat suojabetonin vaikean poistettavuuden takia usein suuremmat kuin muilla pintarakenneratkaisulla. Rautatiesilloilla suojabetoni on aina ensisijainen ratkaisu, josta voidaan poiketa ainoastaan tilaajan hyväksynnällä.

Betonikantisten siltojen pintarakenteet voidaan ryhmitellä myös alustan käsittelyn mukaan. Mikäli vedeneristys on kokonaan kiinni alustassaan, tiivistetään betonikansi yleensä eristeen kuplimisen välttämiseksi epoksilla tai tuotekohtaisella tiivistys- tai esikäsitteleyaineella. Alustan käsittelyä kumibitumiliuoksella ei pidetä varsinaisena alustan tiivistysmenetelmänä, vaan sen tarkoitus on lähinnä parantaa bitumipohjaisen eristeen tartuntaa.

Taulukko 6. Betonikantisen ajoneuvoliikenteen sillan pintarakennevaihtoehdot

**Lisätietoa:**

Epoksiivistuksen käyttökohteista ja erikoistapauksista on kerrottu kohdassa 5.2.4.1.

Tyypilliset pintarakennepoikkileikkaukset on esitetty kohdassa 5.2.8.1

Värien selitykset

	Ensisijaisesti käytettävä rakenne
	Käyttö harkittava tapauskohtaisesti
	Käyttö ainoastaan tilaajan erityisluvalla

5.2 Kannen pintarakenteen valinta

5.2.1 Vedeneristykset betoni-, teräs- ja puukantisilla silloilla

Sillan suunnittelijan tulee valita siltakohtaisesti parhaiten soveltuva pintarakenne ja esittää se tilaajan hyväksyttäväksi. Eristystyyppin valinnan lisäksi suunnittelijan tulee määrittää, kuinka eristysalusta käsitellään ja miten valmis eristys suojataan. Myös sillan päällystekerrosten valintaan tulee kiinnittää huomiota, jotta sillan päällyste on laadultaan vähintään samalla tasolla ympäröivän väylän kanssa.

SILKO 1.801 -ohjeessa on esitetty periaatteelliset ohjeet, milloin pintarakenne uusitaan.

Tyypillisimmät eristysratkaisut ovat kansimateriaalista riippumatta kaksinkertainen kermieristys, nestemäisenä levitettävä eristys sekä mastiksieristys. Nykyiset eristystyypit ovat olleet käytössä 1980-luvun alusta, jolloin moderneja kermi- ja mastiksieristysryhdyttiin valmistamaan kumibitumisista raaka-aineista. Nestemäisenä levitettävät eristykset tulivat käyttöön noin 10 vuotta myöhemmin.

Taulukossa 6. ja kohdassa 5.2.8 esitetyistä yleisimmistä pintarakenneratkaisuista voidaan tapauskohtaisesti poiketa silloin, kun siltapaikalla vallitsevat olosuhteet, materiaalien saatavuus, lyhyet urakka-ajat tai muut työn suorittamista rajoittavat tekijät puoltavat jonkun toissijaisen rakenteen käyttöä. Erityisesti korjattavilla silloilla tulee huomioida vanhan betonikannen kosteuspitoisuus ja karheus vedeneristettä valittaessa. Eristysalustan vaatimukset ylittävä kosteuspitoisuus kasvattaa eristeen kuplimisriskiä. Eristysalustan kosteuden raja-arvot on esitetty eri eristystyypeille *InfraRYL Taulukossa 42310:T1 ja muut alustavaatimukset InfraRYL-luvussa 42310.2.1.*

Betonisten siltakansien vedeneritysvaihtoehdot ovat:

1. **Kaksinkertainen kumibitumikermieristys** (5.2.3.1) silloin, kun vedeneritykselle halutaan mahdollisimman pitkä käyttöikä. Vaatimukset täyttävälle betonialustalle tehdyn kermieristyksen arvioitu käyttöikä on 40 vuotta.
2. **Nestemäisenä levitettävä vedeneristys** (5.2.3.3) samoin perustein kuin kermieristys. Arvioitu käyttöikä on 40 vuotta. Asennusmenetelmänsä ansiosta tämä on ainoa täysin työsaumaton vedeneristys.
3. **Kumibitumimastiksieristys** (5.2.3.2) silloin, kun betonialusta on vaikea saada tasaiseksi tai kuivaksi. Mastiksieristys on nopea tehdä ja se on paineentasausrakenteensa ansiosta kuplimaton eriste. Arvioitu käyttöikä on 30 vuotta.
4. **Kumimattoeristys** (5.2.3.4) ainoastaan tukikerroksellisten rautatiesiltojen korjauksissa silloin, kun työt on tehtävä lyhyiden liikennekatkojen aikana eikä huonokuntoinen betonialusta sovellu alustaan kiinnitetyille vedeneristyksille.
5. **Bentoniittimattosuojaus** (5.2.3.5) maatayttöisissä silloissa kuten vihersilloissa.

Betonikansilla kermi- ja mastiksieristyksen alusta tiivistetään yleensä epoksilla pintarakenteen kuplimisriskin vähentämiseksi. Lisäksi tiivistyskäsittely suojaa betonipintaa pakkassuolarapautumiselta, mikäli vedeneritys vuotaa käytön aikana.

Tiivistyskäsittely voidaan jättää kokonaan tai osittain pois kohdan 5.2.4.1 mukaisesti silloin, kun tapauskohtaisesti eristys suojataan suojabetonilla, eristyksenä käytetään paineentasausrakenteella varustettua vedeneristystä tai kun kansilaatta on niin ohut tai kuiva, että kuplimista voidaan pitää epätodennäköisenä.

Teräskantisten siltojen vedeneristysvaihtoehdot ovat:

1. **Kumibitumimastiksieristys** kaikilla teräskansilla.
2. **Kaksinkertainen kumibitumikermieristys** silloin, kun kantta ei ole varustettu kiinnitysteräksillä.
3. **Nestemäisenä levitettävä vedeneristys** silloin, kun kantta ei ole varustettu kiinnitysteräksillä.

Teräskansilla kermi- ja mastiksieristyksen alusta pohjustetaan kumibitumiliuoksella kannen korroosion estämiseksi ja eristyksen tartunnan varmistamiseksi. Lisäksi mastiksieristyksen alustalle levitetään alemmaksi eristyskerrokseksi kumibitumia vähintään 3 kg/m². Nestemäisenä levitettävän eristyksen alusta käsitellään tuotekohtaisesti hyväksytyyn menettelyyn mukaisesti.

Puukantisten siltojen vedeneristysvaihtoehdot ovat:

1. **Kumibitumimastiksieristys** ensisijaisesti
2. **Kaksinkertainen kumibitumikermieristys** poikkeustapauksissa
3. **Nestemäisenä levitettävä vedeneristys** poikkeustapauksissa

Puukantisilla silloilla mastiksieristyksen alustaa ei pohjusteta lainkaan, eikä eristyksen alle levitetä paineentasausverkkoa. Kermieristyksen alusta pohjustetaan kumibitumiliuoksella. Nestemäisenä levitettävän eristyksen alusta käsitellään tuotekohtaisesti hyväksytyyn menettelyyn mukaisesti. Suunnittelijan tulee varmistaa eristystuotteen soveltuvuus puukantiselle sillalle.

5.2.2 Pintarakenteen esittäminen suunnitelmassa

Siltakohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa ja työselostuksessa määritellään pintarakenteen eri kerrosten laatu ja paksuus käyttäen tässä ohjeessa ja *InfraRYL 2006, Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat -julkaisun termihakemistossa* annettuja nimityksiä.

Sillan yleispiirustuksessa esitetään aina:

- Sillan pintarakenteen eri kerrosten laatu ja paksuus
- Ajoneuvomäärästä riippuva käyttöluokka kermieristystä käytettäessä (5.2.8.3)
- Eristysalustalle vaadittavat käsittelyt kohdan 5.2.4 mukaisesti (epoksitiivistys, kumibitumiliuossively, jokin muu)
- Paineentasauskermirakenne, jos sellainen on valittu sekä huomautus molemmille reunoille asennettavasta normaalista yhden kermin levyisestä aluskermikaistasta
- Eristyksen suojakerros (kohta 5.2.5)
- Päällystetyyppi (kohta 5.2.6)
- Päällysteen saumaus (kohta 5.2.6)
- Rautatiesilloilla tukikerroksen paksuus

Sillan korjaussuunnitelman yleispiirustuksessa esitetään lisäksi betonikannen purku, muotoiluvalu sekä muut eristysalustan kunnostustyöt.

5.2.3 Vedeneristysvaihtoehdot

5.2.3.1 Kaksinkertainen kermieristys

Kaksinkertainen kermieristys on käytetyin vedeneristysmenetelmä ja se sopii kaikille silloille. Kermieristys koostuu kauttaaltaan alustaan joko liimaamalla tai hitsaamalla kiinnitettävistä alus- ja pintakermeistä. Tapauskohtaisesti aluskermiksi voidaan valita myös vesihöyrynpainetta tasaava paineentasauskermi (ks. 5.2.3.1.2).

Kermieristyksen tyypistä riippumatta käsitellään betoninen eristysalusta lähtökohtaisesti aina tiivistysaineella 5.2.4.1 mukaisesti.

5.2.3.1.1 Alustaan kiinnitetty kermi

Betonikansilla kermieristyksen tyypillinen haittapuoli on ollut eristeiden kupliminen eli irtoaminen alustastaan. Tämän takia kauttaaltaan alustaan kiinnitettävän kermieristeen käyttö edellyttää hyvää aluskermin ja alustan välistä tartuntavetolujuutta, betonin sisäistä vetolujuutta, betonin riittävän alhaista kosteuspitoisuutta sekä alustan vesihöyrytiiveyttä. Betonisen eristysalustan vaatimukset on esitetty *InfraRYL kohdassa 42310.2.1*.

Aluskermin ensisijainen asennustapa on liimaus, koska sula liimausbitumi tunkeutuu varmemmin alustan epätasaisuuksiin. Hitsattaessa kermin alapinnassa oleva tartuntabitumi sulatetaan samalla, kun kermiä rullataan auki ja painetaan kiinni alustaansa. Suunnittelijan ei kuitenkaan tarvitse määritellä kermin kiinnitysmenetelmää.

5.2.3.1.2 Paineentasauskermi aluskerminä

Paineentasauskermiä saa käyttää vain tilaajan hankekohtaisesti antamalla luvalla ja tällöinkin ainoastaan sellaisilla betonikantisilla silloilla, joiden pituuskaltevuus on enintään 4 %. Kyseistä rakennetta ei saa käyttää ramppisilloilla eikä liikennevalojen tai risteysten yhteydessä sijaitsevilla silloilla. Paineentasauskermiä ei käytetä rautatiesilloilla.

Paineentasauskermiä voidaan käyttää yhdessä alustaan kauttaaltaan kiinnitetyn kermin kanssa osalla siltakannta. Esimerkiksi betonipalkkien kohdat voidaan varustaa paineentasauskermillä, mikäli eristyksen kuplimisriskiä pidetään merkittävänä. Paineentasauskermillä eristetyt kansilaatan osat varustetaan kohdan 5.2.8.4 mukaisesti paineentasausputkilla. Paineentasauskermin ja -putkien paikat esitetään suunnitelmassa.

Kun aluskerminä käytetään paineentasauskermiä, asennetaan sillan molemmille reunoille ensimmäinen kermikaista kauttaaltaan alustaan kiinnitettynä tavallisena aluskerminä ja vasta sitä seuraavat paineentasauskermeinä. Kermejä asennettaessa on eristys jaettava noin 10 metrin osastoihin kannen pituussuunnassa liimaamalla paineentasauskermi kumibitumilla kauttaaltaan kiinni alustaan kannen poikkisuunnassa. Tämä osastointi esitetään kannen mittapiirustuksessa. Paineentasauskermit kiinnitetään alustaansa piste liimaten. Tippu- ja hulevesiputkien kohdalla aluskermi liimataan alustaan 300 mm säteellä putkesta. Muilta osin kermi jää irti alustastaan.

Korjattavalla sillalla paineentasauskermin alusta voidaan jättää tilaajan hyväksynnällä osittain tiivistämättä, kun sillan suunnittelija on arvioinut tiivistyskäsittelyn tarpeettomaksi. Tällöin kansilaatan reunat ja vedenpoistolaitteiden ympäristät käsitellään kaksinkertaisella epoksitiivistyksellä kohdan 5.2.4.1 mukaisesti. Tiivistyskäsittelyn tarkoituksena on parantaa eristeen vesitiiveyttä ja tartuntaa kannen kriittisillä alueilla. Tiivistetyille kaistoille ei sovelleta InfraRYL:ssä esitettyjä tiiveysvaatimuksia.

5.2.3.2 Mastiksieristys

Kumibitumimastiksi on paineentasausverkon päälle kuumana levitettävä vedeneriste, joka koostuu runkoaineesta ja polymeerimodifioidusta bitumisideaineesta. Kumibitumimastiksi levitetään eristysalustalle yhtenä kerroksena. Työsaumojen limitykseen ja vesitiiveyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Mastiksieristys voidaan tehdä kosteammalle alustalle kuin alustaan kauttaaltaan kiinnitettävät eristykset. Betoninen kansilaatta varustetaan mastiksieristuksen tapauksessa aina paineentasausputkistolla (ks. 5.2.8.4) ja -verkoilla, jotka estävät mastiksin kuplimisen levitystyön ja käytön aikana.

Eristettävän alueen reunat jätetään reunapalkin sisäreunasta lukien 200 mm levyiselle alueelle ilman paineentasausverkkoa. Paineentasausverkko kiinnitetään pisteliimaten kumibitumilla siten, ettei se pääse massan levitysvaiheessa poimuuntumaan. Paineentasausjärjestelmä osastoidaan noin 10 metrin välein liimaamalla paineentasausverkko kauttaaltaan kumibitumilla eristysalustaan. Osastointi esitetään kannen mitapiirustuksessa.

Mastiksieristys sopii sekä betoni-, teräs- että puukantisille kansille, joiden pituuskaltevuus on <5 %. Sitä ei kuitenkaan käytetä liittopalkki- ja köysisilloilla, joilla kansilaatan muodonmuutokset ovat suuria. Lisäksi sen käyttöä tulee välttää liikennevalojen ja risteysten yhteydessä sijaitsevilla silloilla. Teräskannet tulee tapauskohtaisesti varustaa kiinnitysteräksillä, esimerkiksi läppäsilloilla.

Mastiksieristettä käytettäessä betonialusta tiivistetään lähtökohtaisesti kauttaaltaan epoksilla. Mikäli koko kannen epoksitiivistys jätetään pois, tiivistetään kannesta aina vähintään 500 mm levyiset kaistat reunapalkkien juurista, kannen päistä ja liikunta-saumojen reunoilta sekä 300 mm säteellä olevat alueet tippuputkien ja hulevesikaivojen ympäriltä. Tiivistyskäsittelyn tarkoitus on parantaa eristeen vesitiiveyttä ja tartuntaa kannen kriittisillä alueilla. Tiivistetyille kaistoille ei sovelleta InfraRYL:ssä esitettyjä tiiveysvaatimuksia.

Mastiksieriste on paksu eriste, joka kestää mekaanisesti asfalttipäällysteen levittämisen. Mastiksieristye ei vaadi erillistä suojakerrosta. Jos suojakerros katsotaan tarpeelliseksi, mastiksin suojakerros on asfalttibetoni AB11.

5.2.3.3 Nestemäisinä levitettävät eristykset

Nestemäisenä levitettävät vedeneristykset ovat yleensä polyuretaani-, akryyli- tai epoksipohjaisia, useasta kerroksesta koostuvia vedeneristysrakenteita. Asennuksen ruiskutusmenetelmästä johtuen eristys on yhtenäinen ja saumaton koko kansilaatan alueella.

Nestemäisenä levitettävää vedeneristystä voidaan käyttää samoin perustein kuin kermieristystä. Niiden etuna voidaan pitää hyvää tartuntaa alustaansa ja halkeamien silloituskykyä. Näiden eristyksien kuplimisriski on betonikansilla pienempi kuin kermieristeillä, koska nestemäisinä levitettävien eristysten tartunta alustaansa ei heikene kannen lämpötilan noustessa. Työselostuksessa on mainittava, että eristystuotteen soveltuvuus alustamateriaalille on varmistettava kohdekohtaisesti.

Nestemäisenä levitettävän eristeen käyttö edellyttää, että *InfraRYL 42310.3.2.3* mukainen eristyksen ja alustan välinen tartuntavetolujuus voidaan saavuttaa. Lisäksi betonisen eristysalustan sisäisen vetolujuuden tulee täyttää vastaava vetolujuusvaatimus, minkä takia nestemäisten eristysten käytettävyyden korjattavilla kansilla tulee arvioida erikseen.

Betonikantisten siltojen eristysalusta käsitellään kauttaaltaan tuotekohtaisesti hyväksytyllä tiivistys- tai pohjustusaineella valmistajan ohjeita noudattaen.

5.2.3.4 Kumimatto

Kumimattoeristystä käytetään ainoastaan korjattavilla rautatiesilloilla ja maatäyttöillä ajoneuvoliikenteen silloilla silloin, kun pintarakenteiden korjaukseen käytettävä aika on liian lyhyt ensisijaisten eristysratkaisujen toteuttamiseksi. Kumimattoeristyslaatuvaatimukset on esitetty *InfraRYL-kohdassa 42310.3.2.4.1*.

Korjauskohteissa voidaan kumimatto asentaa tapauskohtaisesti myös vanhan suoja-betonin tai eristeen päälle. Kumimaton alla käytetään tasaavana kerroksena 4 mm paksuista kumirouhemattoa. Eristysalustan epätasaisuudet on hierrettävä pois ennen mattojen asennusta.

Kumimatto liimataan eristysalustaan ainoastaan reunoilta sekä läpivientien ympäriltä. Kumimattoeristys suojataan kaksinkertaisella (2 kpl) kumirouhematolla (5.2.5.4)

Sillan suunnittelijan tulee esittää detaljit läpivienti-, liikuntasaumakohdista sekä mattojen ylönostoista reunarakenteeseen. Kivisten tai betonisten reunapalkkien saumoista ei saa päästä valumaan kosteutta maton alle. Maton käyttökelpoisuutta tulee harkita tarkkaan siltakohteissa, joissa kannen yläpinnan muodot ovat poikkeukselliset tai yläpinnassa on merkittäviä porrastuksia. Mattoja käytettäessä on varmistettava kiinni pysyminen betonipintojen mahdollisissa taitekohdissa.

5.2.3.5 Maatäyttöisten holvisiltojen bentoniittimattosuojaus

Maatäyttöiset sillat, kuten esimerkiksi vihersillat voidaan suojata pohja- ja suotovesiä vastaan bentoniittimatolla *InfraRYL-kohdan 42310.3.2.4.4 Bentoniittimattoeristys* mukaisesti. Tämä rakenne ei kuitenkaan ole tavanomainen ratkaisu, minkä takia käyttö on mahdollista ainoastaan tilaajan hyväksynnällä. Bentoniittimattosuojauksista ei käytetä rautatiesilloilla eikä ajoneuvoliikenteen silloilla.

Bentoniittimatto asennetaan suojattavalle betonipinnalle ja saumat limitetään vähintään 300 mm. Koska kostean bentoniittimaton ei ole tarkoitus pitää betonirakenteita täysin kuivana eikä sitä kiinnitetä alustaansa, ei eristämistä ja eristysalustaa koskevia laatu- ja olosuhdevaatimuksia sovelleta bentoniittimaton kohdalla.

Bentoniittimaton vedeneristävyys perustuu suodatinkankaiden väliin sidotun bentoniittisaven ominaisuuteen laajentua vettä läpäisemättömäksi kerrokseksi maton kostuessa. Vesitiiveys kuitenkin katoaa bentoniitin kuivuessa, minkä takia maton päälle levitetään kosteutta pidättävä ohutmuovi, joka täyttää *InfraRYL-kohdassa 14231.1.2* esitetyt vaatimukset. Ohutmuovi myös estää kasvien juurten kasvamisen bentoniittimattoon.

5.2.4 Eristysalustan käsittely

Eristettävä betoninen kansilaatta käsitellään pohjustus- tai tiivistysaineella vedeneristyksen tartunnan parantamiseksi ja eristeen kuplimisriskin vähentämiseksi. Tiivistyskäsittely hidastaa myös kosteuden ja kloridien tunkeutumista kansilaattaan, mikäli eriste vuotaa. Näistä eduista johtuen betoninen kansilaatta käsitellään yleensä kauttaaltaan tiivistysaineella, yleensä epoksilla.

Mikäli urakoitsija esittää muutoksia sillan pohjustuskäsittelyyn, tulee ehdotus käsitellä suunnitelmamuutoksena. Alkuperäisen suunnittelijan tulee arvioida muutoksesta johtuvat eristyksen toimintaan liittyvät vaikutukset ennen kuin muutosehdotus voidaan hyväksyä ja suunnitelma tältä osin muutetaan.

5.2.4.1 Betonikannen tiivistäminen

Kermi- tai mastiksieristystä käytettäessä betoninen eristysalusta käsitellään ensisijaisesti kaksinkertaisella epoksitiivistyksellä *InfraRYL-kohdan 42310.3.1 alakohtien 2...4* mukaisesti. Betonisen eristysalustan tiivistysaineen tulee täyttää *InfraRYL kohdan 42310.1.4* materiaalivaatimukset. Epoksitiivistyksen vesihöyrytiiveyden saavuttamiseksi on työnaikaisia olosuhteita ja eristysalustan ominaisuuksia koskevat vaatimukset esitetty *InfraRYL kohdassa 42310.2.1*. Eristysalustaa ja epoksitiivistystä koskevia vaatimuksia sovelletaan myös kannen korjattuihin kohtiin.

Maatäytteisillä silloilla kermieristyksen alusta käsitellään pääsääntöisesti kumibitumiliuoksella kohdan 5.2.4.2 mukaan.

Tilaaajan luvalla edellisestä poiketen eristysalustaa ei tarvitse tiivistää, kun

- Silta sijaitsee vähäliikenteisellä tiellä (KVL < 1500 ajon./vrk) ja samanaikaisesti betonikannen rakennepaksuus on kauttaaltaan alle 400 mm.
- Kermieristyksen suojakerroksena käytetään *InfraRYL-kohdan 42310.1.2* mukaista suojabetonia. Tällöin kansilaatta pohjustetaan kumibitumiliuoksella.
- Käytetään nestemäisenä levitettävää vedeneristystä, jonka yhteydessä käytetään vain tuotekohtaista tiivistys- tai pohjustusainetta.
- Korjauskohteessa vanhassa tiivistämättömässä kansilaatassa ei ole esiintynyt pintarakenteiden kuplimista, eristysalusta on todettu vedeneristyksen poistamisen jälkeen kuivaksi eikä kansilaatta pääse kostumaan korjaustöiden aikana.
- Korjattavalla kansilaatalla käytetään paineentasausrakenteella varustettua vedeneristystä, eikä tiivistyskäsittelyllä voida parantaa eristysalustan kestävyyttä kansilaatan liiallisen kosteuden tai huonon kunnon takia. Tällöin alusta tiivistetään vain reunapalkkien vierustojen ja läpivientien osalta (ks 5.2.3.1.2 ja 5.2.3.2).

Tiivistyskäsittely parantaa eristeen ja alustan välistä tartuntavetolujuutta, mutta ei korjaa huonokuntoisen kannen sisäistä vetolujuutta. Ylimääräisten tiivistyskerrosten käytöllä ei myöskään saavuteta eristysalustan parempaa vesihöyrytiiveyttä, mikäli epoksiin jää reikiä, epoksi halkeilee tai irtoaa alustastaan liiallisen kosteuden takia.

Suunnittelijan on arvioitava aina korjattavilla silloilla tiivistyskäsittelyn käyttökelpoisuus sekä sen edellyttämät alustan kunnostustoimenpiteet.

Epoksiitiivistyksen käytöstä huolimatta kermieristetyillä silloilla voi esiintyä edelleen kermien kuplimista, mikä johtuu vesihöyryn vuotamisesta tiivistyskerroksen läpi eristeen alle. Vuodot ovat seurausta työvirheistä sekä epoksiitiivistyksen läpimenevistä huokosista ja rei'istä sekä betonin mikrohalkeamista.

Betonikansissa tapahtuu muodonmuutoksia betonin kuivumiskutistuman, liikenteen kuormituksen ja lämpötilan vaihteluiden takia, jolloin kansilaatan betoniin voi syntyä halkeamia. Halkeamariski on erityisen suuri ohuiden kansilaattojen välitukien kohdilla eli pinnoilla, joilla betonin yläpinnan teräkset ovat vetorasituksen alaisina. Epoksiitiivistyksellä ei ole halkeamia silloittavaa ominaisuutta, minkä takia eristys- ja pohjustusratkaisua tulee miettiä tapauskohtaisesti. Halkeamaherkillä silloilla harkitaan joko nestemäisenä levitettävän eristyksen valitsemista, paineentasaurakenteen käyttöä tai eristyksen suojaamista suojabetonilla.

5.2.4.2 Pohjustus kumibitumiliuossivellyllä

Kumibitumiliuoksen tulee täyttää *InfraRYL kohdan 42310.1.2* vaatimukset. Kumibitumiliuossivelyä (ainemenekki 0,2...0,3 kg/m²) käytetään alustaan kauttaaltaan kiinnitetyn kermieristyksen yhteydessä silloin, kun kohdan 5.2.4.1 mukaisesti tiivistysepoksia ei käytetä. Kumibitumiliuos parantaa eristeen tartuntaa alustaansa.

5.2.4.3 Pohjustus muulla tartunta-aineella

Eristysmateriaalin hyväksynnän yhteydessä on voitu hyväksyä jokin tuotekohtainen tartunta-aine, jota on käytettävä kyseisen eristysmateriaalin yhteydessä. Tätä ei tarvitse mainita erikseen suunnitelmassa. Esimerkiksi nestemäisenä levitettävän eristyksen kanssa tulee käyttää vain tuotekohtaista tiivistys- tai pohjustusainetta, jolloin työssä noudatetaan materiaalivalmistajan ohjetta ja *InfraRYL kohdan 42310.3.2.3* mukaisia tuotemääriä (g/m²).

5.2.5 Eristyksen suojakerroksen valinta

Pääperiaatteena on, että vedeneristys suojataan aina mekaaniselta kulutukselta. Poikkeuksen muodostavat mastiksilla sillat, joilla päällyste voidaan tehdä suoraan eristeen päälle ilman suojakerrosta. Eristyksen suojaustapa esitetään piirustuksessa. Eri eristeiden suojaustavat on esitetty taulukoissa 6. ja 7.

Suojaustavan lisäksi suunnitelmiin merkitään myös reunapalkin sisäreunojen ja kermitai mastiksieristyksen päälle tehtävä kaksinkertainen kumibitumisively *InfraRYL kohdan 42310.3.2.1* mukaisesti. Kumibitumisivelyt ulotetaan 250 mm leveydeltä eristeen päälle ja reunapalkin sisäreunassa päällysteen yläpinnan korkeudelle asti (ks. kuva 9.).

Taulukko 7. Eristyksen suojaustavat

Eristystyyppi	Kermirakenteen käyttöluokka	Eristyksen suojaus
Kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 1	AB 5 (20 mm), AA 5 (20 mm) tai suojabetoni
Kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 2	AB 5 (20 mm), AA 5 (20 mm) tai suojabetoni
Maatäyttöisen sillan kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 2	Suodatinkangas ja hiekka tai suojabetoni
Tukikerroksellisen rautatiesillan kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 2	Suojabetoni
Mastiksieristys		Ei suojakerrosta tai tarvittaessa AB11 (25 mm)
Nestemäisenä levitettävä eristys		a) 1. päällystekerros VA/KBVA tai b) erillinen tartunta-aine ja/tai sirote asfaltbetonin (AB) kanssa, jos Liikennevirasto on sen tuotteelle erikseen hyväksynyt c) rautatiesilloilla suojabetoni
Muu eristys		Erillisen hyväksytyin suunnitelman mukaan

Kermieristysrakenteet jaetaan käyttöluokkiin 1 ja 2, jotka antavat vaatimukset lopulliselle vedeneristysrakenteelle. Käyttöluokat ja niiden selitykset on esitetty kohdassa 5.2.8.3.

5.2.5.1 Suojakerroksena AB, AA tai valuasfaltti

Eristysten asfalttipäällysteiset suojakerrokset on esitetty kohdassa 5.2.6.1.

5.2.5.2 Suojabetoni

Suojabetoni on kermieristeen päälle valettava betonilaatta (50 mm). Suojabetonoidun eristeen alla ei käytetä eristysalustan epoksitiivistystä. Suojabetonin laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL-kohdassa 42320.1.2. Suojabetonin käyttö kasvattaa pintarakenteen paksuutta, mikä tulee ottaa huomioon kannen reunapalkkien ja liikuntasuomien korkeusaseman suunnittelussa. Lisäksi on huomioitava suojabetonin massan vaatiman kovettumisajan vaikutus rakentamistyön aikatauluun.

Rautatiesilloilla kermi- tai nestemäisenä levitettävän eristyksen suojaustapa on suojabetoni. Korjauskohteissa voidaan tapauskohtaisesti ja ainoastaan tilaajan hyväksynnällä käyttää vaihtoehtoisena suojarakenteena kaksinkertaista kumirouhematua.

Suojabetonin massa, raudoitus ja teräskuitujen käyttö esitetään siltasuunnitelmassa. Suojabetonissa käytetään betonia C35/45, P50. Vesi-sementtisuhte saa olla korkein-

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

taan 0,42. Suojabetonin rasitusluokat ovat julkaisun Eurokoodin soveltamisohje Betonirakenteiden suunnittelu NCCI 2 Taulukon 4.1 reunapalkkien (Ro22) mukaisia.

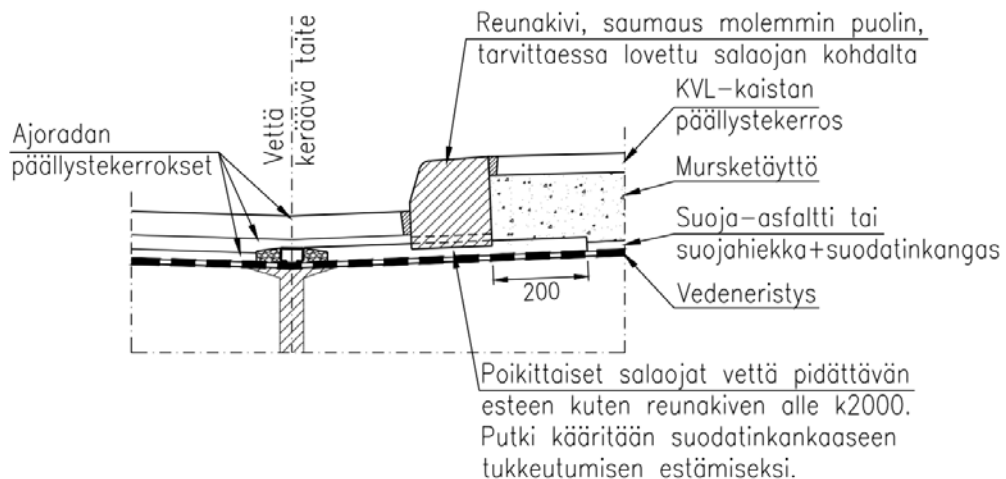
Suojabetoni raudoitetaan ensisijaisesti keskeisesti asennetulla ruostumattomalla harjateräsverkolla B600KX Φ 7-150 InfraRYL-kohdan 42320.1.2 mukaisesti. Ruostumattoman teräksen käytöllä pyritään estämään raudoituksen korroosiosta johtuva betonin rapautuminen ja pidentämään rakenteen käyttöikää. Tapauskohtaisesti suo-laamattomilla teillä sekä yleisesti rautatiesilloilla suojabetoni voidaan raudoittaa tavallisella harjateräsverkolla B500K Φ 6-150.

Suojabetoni voidaan valaa myös teräskuitubetonilla ilman raudoitusta. Kuitujen määrä betonimassassa on vähintään 50 kg/m³, langan paksuus vähintään 1,0 mm ja kuidun pituus 40–50 mm. Kuitujen päiden tulee olla taivutettuja. Kuidun ominaisvetolujuus on vähintään 1000 N/mm².

5.2.5.3 Suojahiekka

Suojahiekkaa (>20 mm) käytetään maatäyttöisten ajoneuvoliikenteen siltojen kermieristeen suojakerroksena. Kermin päälle asennetaan N4-luokan suodatinkangas ennen suojahiekan levittämistä. Suojahiekkaa voidaan käyttää myös mursketäyttöisen kevyenliikenteen kaistan alla eristeen suojakerroksena kuvan 9. mukaisesti. Yksinkertaisuuden vuoksi voi kuitenkin olla parempi ratkaisu käyttää suoja-asfalttia koko kannen alueella.

Rautatiesilloilla ei käytetä suojahiekkaa.



Kuva 9. Vedeneristykseen suojakerros ajoradan ja kevyenliikenteen kaistan välillä.

5.2.5.4 Kaksinkertainen kumirouhematto

Jos rautatiesillan kermieristeen päällä ei voida käyttää suojabetonia, levitetään pintakermin päälle kaksinkertainen kumirouhematto. Yhden kumirouhematon paksuus on 10...15 mm.

Rakennetta voidaan käyttää rautatiesilloilla vain, jos sääolosuhteet suojabetonin tekemiseksi ovat epäedulliset tai työtila on liian ahdas hyvän suojabetonin valutuloksen aikaansaamiseksi.

5.2.5.5 Eristämätön kansi

Betonikantinen silta voidaan jättää tilaajan esityksestä eristämättä. Tällöin kannen ylin betonikerros valetaan tiiviistä ja halkeamattomasta (teräskuitu-) betonista. Eristämättömällä kannella hulevedet tulee johtaa tehokkaasti pois eikä sillalla tule olla reunapalkkeja tai muita reunakiviä. Mikäli sillalla on vettä patoavia reunoja, tulee nämä kohdat suojata vedeltä erillisillä rakenteilla.

5.2.6 Ajoneuvoliikenteen sillan päällyste ja sen saumat

Päällyste valitaan yhteistyössä tiesuunnittelijan kanssa. Päällysteen valintaan vaikuttaa myös se, tehdäänkö sillan päällyste tien päällystämisen yhteydessä. Tällöin sillan päällyste valitaan tavallisesti samaksi kuin tiellä.

5.2.6.1 Suojakerroksena AB, AA tai valuasfaltti

Ajoneuvoliikenteen siltojen kermieristys suojataan lähtökohtaisesti asfalttibetonilla (AB 5). Avointa asfalttia (AA 5) käytetään tapauskohtaisesti asfalttibetonin sijaan, kun eristeen suojakerrokselta vaaditaan erityistä vedenläpäisevyyttä. Kermieristeen suojakerroksena ei saa käyttää valuasfalttia.

Mastiksieristeen suojakerroksena käytetään tarvittaessa asfalttibetonia AB 11. Asfalttisuojakerroksen laatuvaatimukset on esitetty *InfraRYL-kohdassa 42320.1.1*.

Nestemäisenä levitettävä eriste tulee suojata tuotekohtaisesti hyväksytyllä suojakerroksella, joka on eristyksessä riippuen yleensä valuasfaltti, kumibitumivaluasfaltti tai eristeen päälle levitetyllä tartunta-aineella kiinnitetty asfalttibetoni.

5.2.6.2 Päällysteen valinta

Siltojen päällysterakenne valitaan yhteistyössä tiesuunnittelijan kanssa kahden eri näkökannan perusteella.

- 1) Kun halutaan siltapäällysteelle muun tien kanssa yhtenäiset kulutus- ja kitkaominaisuudet, valitaan siltapäällysteeksi tien päällyste. Yleisimmät siltapäällysteet ovat AB 16 ja SMA 16, jonka suuri vedenläpäisevyys on huomioitava suunnittelussa.
- 2) Kohteet, joissa tiivis päällyste toimii osittain vedeneristeenä, kumibitumivaluasfaltti on hyvin vettä eristävä päällyste. Mahdollisimman vesitiivis pintarakenne saadaan rakentamalla vedeneristeen päälle kumibitumivaluasfalttikerroksen sisältävä päällysterakenne.

Silloilla liikenne yleensä hakeutuu samoille ajolinjoille enemmän kuin sillan ympärivällä tieosuudella. Siksi päällyste saattaa urautua hiukan enemmän sillalla kuin tiellä. Sillalle tulisi siksi aina valita yhtä hyvä tai parempi päällyste kuin ympärivällä tieosuudella.

Moottoriajoneuvoliikenteen teillä päällysteen massatyypit ja paksuus riippuvat eristeen materiaalista ja niiden valinnassa otetaan huomioon viereisen tieosuuden päällyste.

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

Kun betonikantisen sillan eristemateriaalina on kermi, 20 mm suoja-asfaltin AB5 tai AA5 (kuva 15. A) tai 50 mm suojabetonin (kuva 16. A) päälle tuleville päällysteille on seuraavat vaatimukset:

- Päällystekerrosten kokonaispaksuus ilman eristyksen suojakerrosta on vähintään 80 mm.
- Sidekerroksena on vähintään 30 mm paksuinen AB11-päällyste, jonka tulee olla suhteellisen vesitiivis.
- Kulutuskerroksena on vähintään 40 mm paksuinen AB- tai SMA-kerros, jonka tehtävänä on olla kulutusta kestävä.

Kun betonikantisen (ajoneuvoliikenteen) sillan eristeenä on nestemäisenä levitettävä eristys (kuva 20. A), päällysteelle ja suojakerrokselle on seuraavat vaatimukset:

- Suojakerroksena on vähintään 30 mm paksuinen KBVA11-kerros tai AB11-kerros, mikäli eristeen pintaan levitetään tuotekohtaisesti hyväksytty tartuke- tai liima-aine.
- Kulutuskerroksena on vähintään 40 mm paksuinen AB- tai SMA-kerros, jonka tehtävänä on olla kulutusta kestävä.

Kun betonikantisen sillan eristemateriaalina on eristemastiksi (kuva 18. A), sen päälle tuleville päällysteille on seuraavat vaatimukset:

- Sidekerroksena on vähintään 40 mm paksuinen AB11-kerros, jonka tehtävänä on olla suhteellisen vesitiivis.
- Kulutuskerroksena on vähintään 50 mm paksuinen AB- tai SMA-kerros, jonka tehtävänä on olla kulutusta kestävä.

Edellä tapauksissa kuvissa 15.A, 16.A, 18.A ja 20.A päällysteen kokonaispaksuus voidaan valita edellä esitettyä suuremmaksi, jos liikuntasäilyminen tai kuivatusratkaisu ei rajoita paksuutta, kuitenkin enintään 20 mm suuremmaksi, jotta kaiteiden vaatimukset täyttyvät.

Suolarasituksen vähentämiseksi alemman päällystekerroksen (sidekerroksen) osalta voidaan vesitiivyyden parantamiseksi vaatia kohdekohtaisesti kumibitumiasfaltti, joka saadaan aikaan joko käyttämällä kumibitumia sideaineena tai lisäämällä vastaavan asfalttimassan lisäaineksi kumi-jauhetuotetta, joka hyväksytyjen referenssien mukaan tuottaa vastaavat ominaisuudet.

Ylimmän päällystekerroksen (kulutuskerroksen) massatyyppi ja paksuus ovat yleensä samat kuin siltaan liittyvällä tiellä. Vilkasliikenteisillä teillä suositeltava paksuus on 50 mm, koska silloin ylläpitotoimenpiteenä seuraavaksi tehtävä laatikkojyrsintä ei ulotu koskaan alemmaan päällystekerrokseen ja kerrospaksuus sallii myös massatyyppien AB22 ja SMA22 käytön. Kaikkien päällysteiden paksuuden tulee olla (Asfalttinormien mukaisesti) vähintään 2,5 kertaa massa-tyyppien enimmäisraekoko.

Erytisestä syystä ylin päällystekerros voidaan tehdä kumibitumivaluasfaltista KBVA 16. Valuasfalttikerroksen paksuus on 40 mm, joka korvaa 50 mm AB- tai SMA-kerroksen. Valuasfalttikerros on aina karkeutettava kiviaineksella, joka nastarengaskulutuskäytävyyden vastaa liikennemäärän vaatimuksia ja on enimmäisraekooltaan toimiva valuasfaltin kerrospaksuuden suhteen.

Kevyen liikenteen betonikantisilla silloilla (17.A, 19.A) kermi- tai mastiksieristysten päälle tehdään 40 mm paksuinen kerros AB-päällystettä, jonka massatyyppejä on tavallisesti sama kuin siltaan liittyvällä jalankulku- ja pyöräilytiellä (AB5, AB8 tai AB11). Päällystekerros voidaan korvata tapauksessa 17.B kumibitumivaluasfaltilla KBVA11.

Teräsiltojen päällysteet tehdään kuvien 21. ja 22. malliratkaisujen mukaisesti.

Päällystekerrosten raaka-aineiden vaatimusluokat valitaan yleensä samoiksi kuin vierisellä tieosuudella.

Kevyen liikenteen sillalla ja ajoneuvoliikenteen sillalla, jonka KVL on alle 1000 ajon./vrk, voidaan hankekohtaisesti käyttää myös vesitiivistä ohutkerrospäällystettä, jonka alle ei rakenneta lainkaan erillistä vedeneristyskerrosta. Sillan pituuskaltevuus saa olla korkeintaan 5 %, ellei käytettävän eristysmateriaalin suurinta levityskaltevuutta tarkasteta erikseen materiaalitöimittajalta.

5.2.6.3 Päällysteen saumat

Päällysteen saumat ja saumausmassa esitetään aina suunnitelmassa.

Asfaltti- ja valuasfalttipäällysteen saumoja ovat:

- päällysteen kulutuskerroksen saumat (saumapinnat: asfaltti - asfaltti tai valuasfaltti - valuasfaltti)
- päällysteen ja reunapalkin välinen sauma (saumapinnat: päällyste - kumibitumi)
- päällysteen ja liikuntasaumalaitteen tukikaistan välinen sauma (saumapinnat: päällyste - kumibitumi)
- päällysteen ja jalkakäytäväkorokkeen välinen sauma (saumapinnat: päällyste - betoni tai kivi)
- päällysteen ja teräsosien väliset saumat (saumapinnat: päällyste - teräs)

Betonipäällysteen saumoja ovat:

- betonipäällysteen saumat (saumapinnat: betoni - betoni)
- betonipäällysteen ja reunapalkin sisäreunan välinen sauma (saumapinnat: betoni - kumibitumi)

Kaikilla päällystetyypeillä tehdään sauma kannen ja penkereen väliin kohdan 5.2.6.3.2 mukaisesti. Valuasfalttipäällysteillä tehdään edellä mainitun lisäksi sauma sillan poikkisuunnassa tukien kohdille ja n. 5 m etäisyydelle tuen molemmin puolin sekä sen jälkeen n. 15 m välein.

Kumibitumiasfaltti- ja kumibitumivaluasfalttipäällysteillä tehdään saumat vain sillan reunoille, paitsi teräskantisilla tai puukantisilla silloilla, joissa tehdään myös poikki-saumot n. 20 m välein.

Betonipäällysteellä saumat tehdään sillan reunoille. Muita saumoja ei tehdä, jos masana on teräskuitubetoni. Muulloin sauma tehdään myös sillan keskelle ja n. 5 m välein sillan poikkisuunnassa.

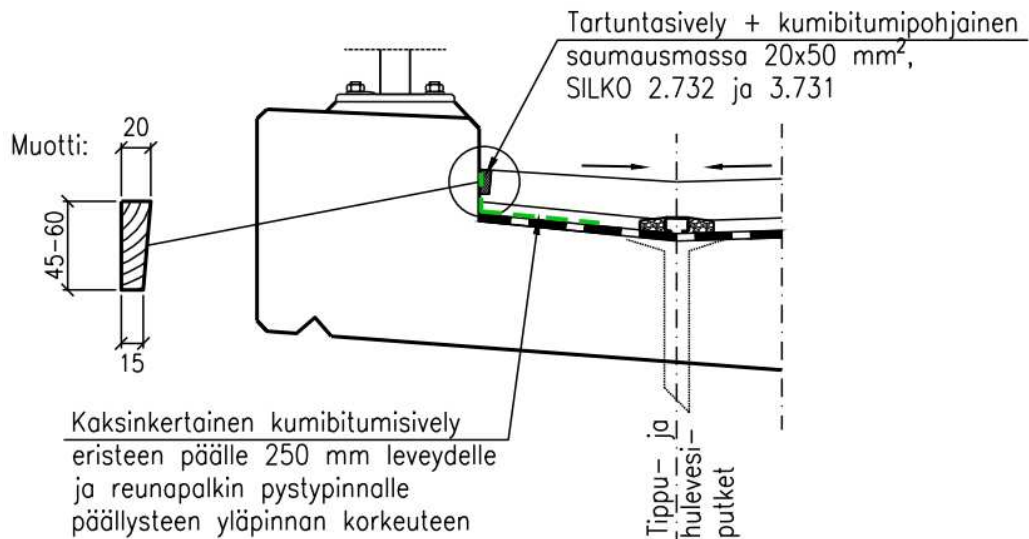
Betonipäällysteen rasitusluokat ovat julkaisun Eurokoodin soveltamisohje Betonirakenteiden suunnittelu NCCI 2 Taulukon 4.1 reunapalkkien (Ro22) mukaisia. Lisäksi on laatuvaatimuksissa edellytettävä, että betoni täyttää julkaisun Siltabetonien P-

lukumenettely vähimmäisementsimäärää ja vesi-sementtisuhteen enimmäisarvoa koskevat vaatimukset.

5.2.6.3.1 Reunapalkin ja asfalttipäällysteen välinen sauma

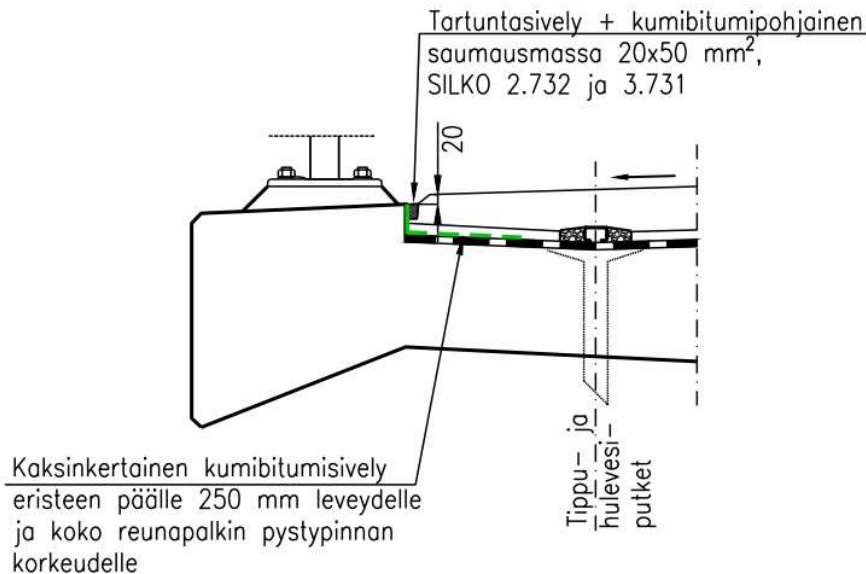
Siltaa päällystettäessä reunapalkin ja päällysteen välisen sauman ura tehdään kulutuskerroksen korkuisena tyypillisesti rimalla tai leikkaamalla. Sauman leveyden ja korkeuden suhde on noin 1:2,5 (Kuva 10.), mutta mitoitus on tarkistettava tuotekohtaisesta ohjeesta. Saumausmassana käytetään Siltojen vedeneristysten SILKO-tuotevaatimukset -ohjeen Liitteen 8 mukaista massatyyppeä N2, joka merkitään sillan yleispiirustukseen.

Samanlaista saumaa käytetään myös reunakiven ja päällysteen välissä (ks. kuva 9.).



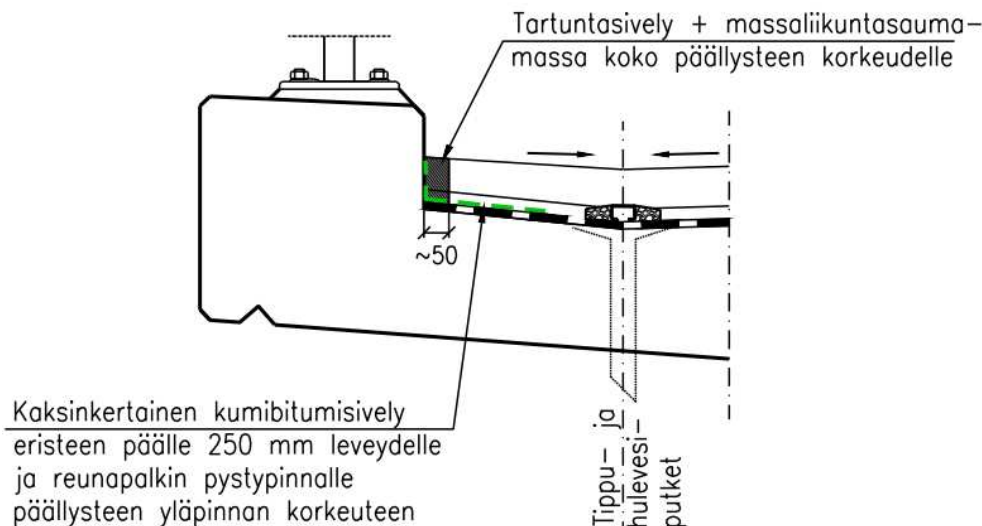
Kuva 10. Korkean reunapalkin ja päällysteen kulutuskerroksen välinen sauma

Matalan reunapalkin ja päällysteen sauma on esitetty kuvassa 11. Tällöin päällysteen reuna ulottuu hieman reunapalkin yläpintaa korkeammalle, minkä takia päällysteen särmä tulee viistää murtumisen estämiseksi. Päällyste ei saa ulottua reunapalkin päälle. Saumaus ei ilman erityistoimia tue päällysteen reunaa, sillä sauma ulottuu vain reunapalkin yläpinnan tasoon.



Kuva 11. Matalan reunapalkin ja päällysteen kulutuskerroksen välinen sauma

Reunapalkin ja asfalttipäällysteen välinen sauma voidaan tehdä myös koko päällysteen korkuisena kuvan 12. mukaisesti. Sauman leveys on n. 50 mm ja massana käytetään kiviainesta sisältävää massaliikuntasaumoissa käytettävää massaa. Korkea ja leveä sauma on vesitiiviimpi kuin tavanomainen kapea sauma. Sillan työselostuksessa on oltava maininta, että korkean sauman varauskoloa tehtäessä eriste ei saa rikkoutua. Varauskolo suositellaan tehtäväksi esimerkiksi viistetyllä puu- tai teräsmuotilla.



Kuva 12. Reunapalkin ja päällysteen välinen korkea sauma.

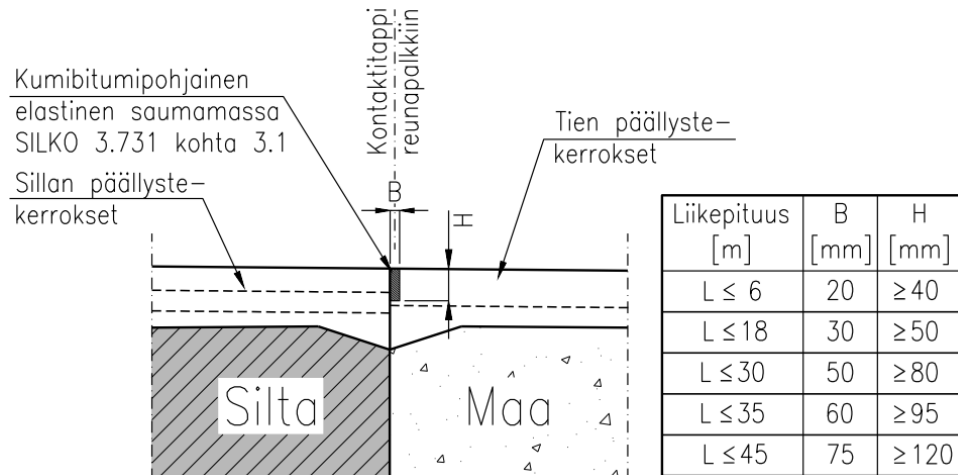
5.2.6.3.2 Päällysteen ja penkereen välinen sauma

Kun sillassa ei ole liikuntasaumalaitetta ja sillan liikepituus on enintään 30 metriä, tehdään päällysrakenteen ja penkereen väliin kuvan 13. mukainen kumibituminen sauma. Mikäli sillan liikepituus on yli 45 metriä, tehdään liikuntasauma kuvan 14. mukaisesti massaliikuntasaumana. Kun sillan liikepituus on 30–45 metriä, voidaan liikuntasauma tehdä joko kumibitumisena saumana tai massaliikuntasaumana.

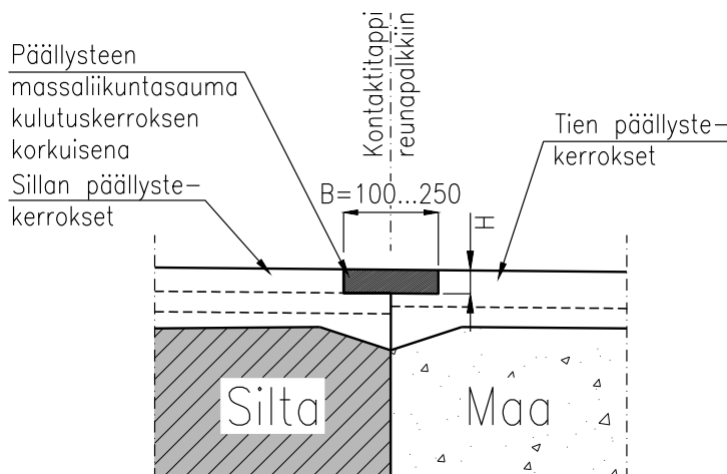
Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

Kumibitumisena saumausmassana käytetään Siltojen vedeneristysten SILKO-tuotevaatimukset -ohjeen Liitteen 8 mukaista massatyyppiä N1, joka merkitään sillan yleispiirustukseen. Saumassa voidaan käyttää myös päällysteen massaliikunta-saumassa käytettävää massaa, jonka leveys on sillan liikepituudesta riippuen 100-250 mm ja korkeus päällysteen kulutuskerroksen paksuus.

Reunapalkin yläpintaan asennetaan InfraRYL 42001.5.3 mukainen tarkkailutappi osoittamaan päällysteen sauman keskilinjan sijainti kannen päädyissä. Tapin paikka esitetään siltasuunnitelmissa.



Kuva 13. Sillan ja penkereen välinen sauma päällysteessä.



Kuva 14. Sillan ja penkereen välinen päällysteen massaliikuntasauva.

5.2.7 Vaihtoehtoisen rakenneratkaisun esittäminen ja hyväksyminen rakennusvaiheessa

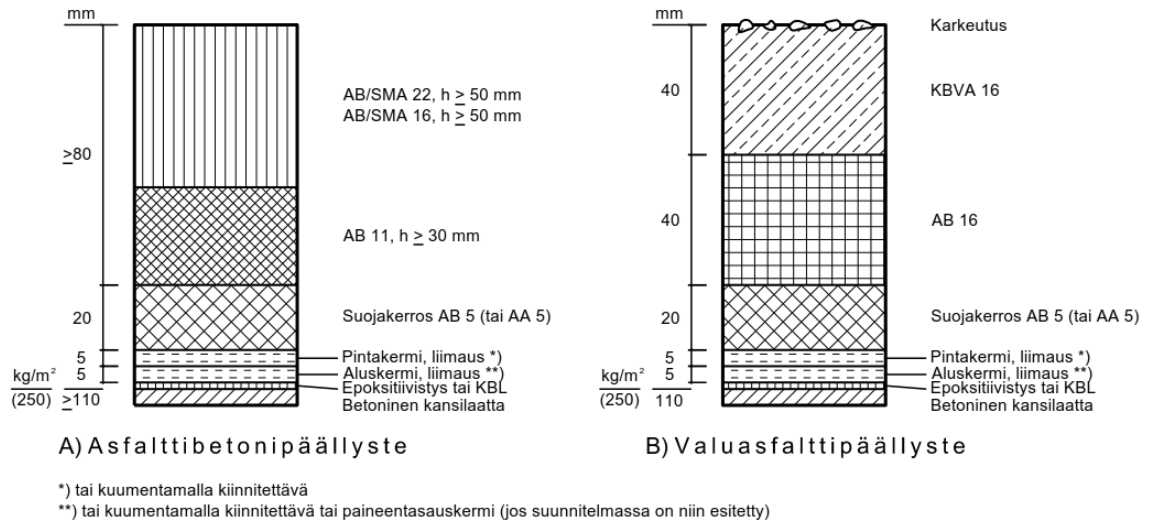
Jos urakoitsija esittää tarjouksessaan tai työn kuluessa suunnitelmassa esitetyn eritysratkaisun tilalle jotain muuta ratkaisua, on esitys käsiteltävä suunnitelman muutoksena ja asiassa meneteltävä kuten urakka-asiakirjoissa on määrätty muutostöistä. Jos urakoitsija esittää ST-suunnitelmassa tästä ohjeesta poikkeavia rakenneratkaisuja, on ratkaisuille saatava ensin tilaajan hyväksyntä.

5.2.8 Täydentävä aineisto

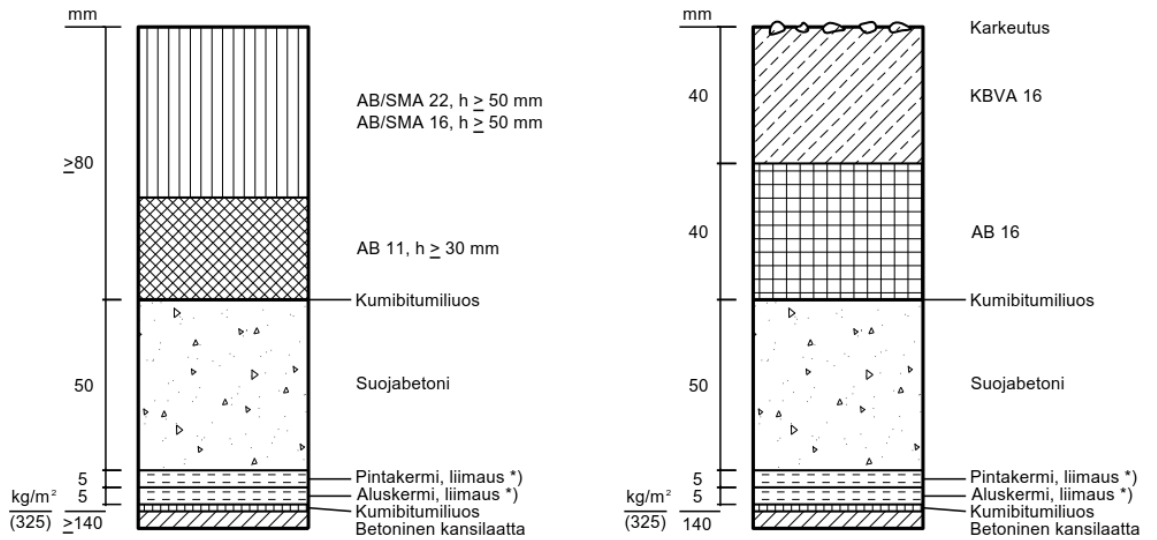
Pintarakenteiden poikkileikkauksissa esitetyt rakennekerrosten paksuudet (mm) ovat määrääviä mittoja. Niiden neliökuormat on tarkoitettu suunnittelijalle vain suuntaantavaksi tiedoksi.

Siltojen pintarakenteiden poikkileikkauksissa merkintä ”Epoksitiivistys tai KBL” ei tarkoita, että menetelmät ovat vaihtoehtoisia, vaan suunnittelijan tulee aina valita suunniteltavaan kohteeseen soveltuvin pohjakäsittely.

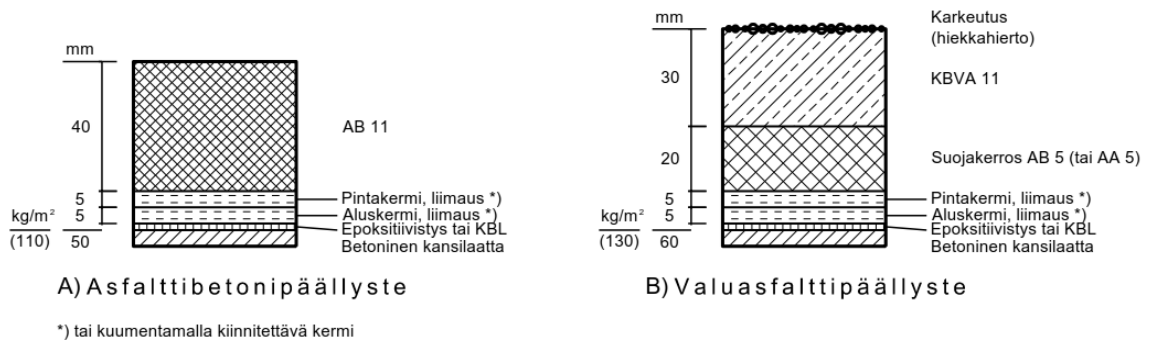
5.2.8.1 Tie- ja rautatiesiltojen yleisimmät pintarakenteet



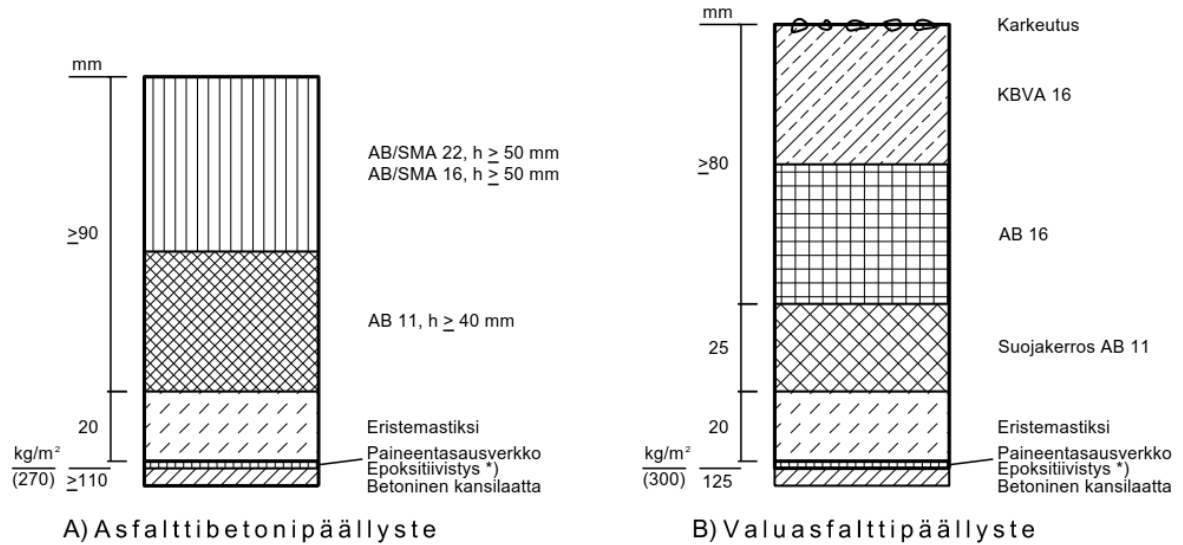
Kuva 15. Betonikantisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.



Kuva 16. Betonikantisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.

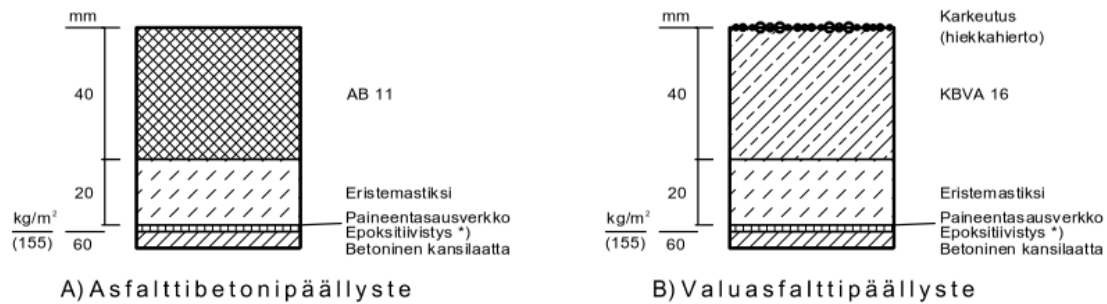


Kuva 17. Kevyenliikenteen betonikantinen silta. Kermieristeinen pintarakenne.



*) tai kumibitumiliuos SILKO 2.812 mukaisesti.

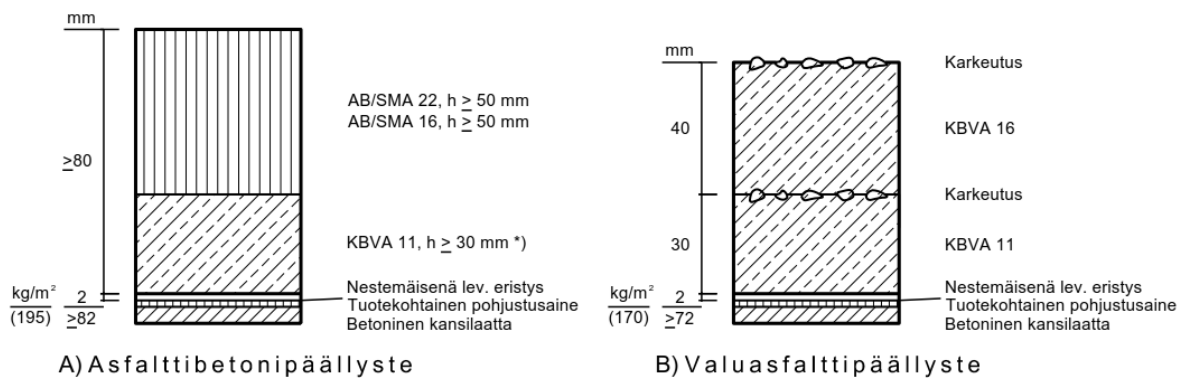
Kuva 18. Betonikantisen sillan ajorata. Mastksieristeinen pintarakenne.



*) tai kumibitumiliuos SILKO 2.812 mukaisesti.

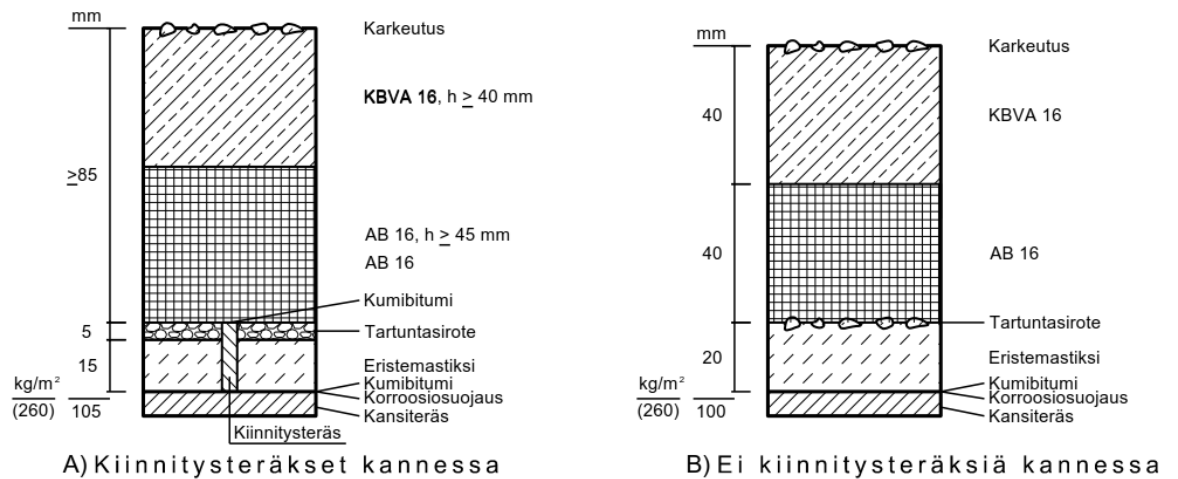
Kuva 5. Jalankulku ja pyöräilytien betonikantinen silta. Mastksieristeinen pintarakenne.

Kuva 19. Kevyenliikenteen betonikantinen silta. Mastksieristeinen pintarakenne.

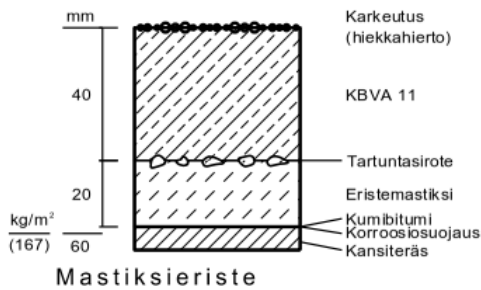


*) voidaan korvata päällystekerroksella AB 11, mikäli eristeen pintaan levitetään tuotekohtaisesti hyväksytty tartute- tai liima-aine

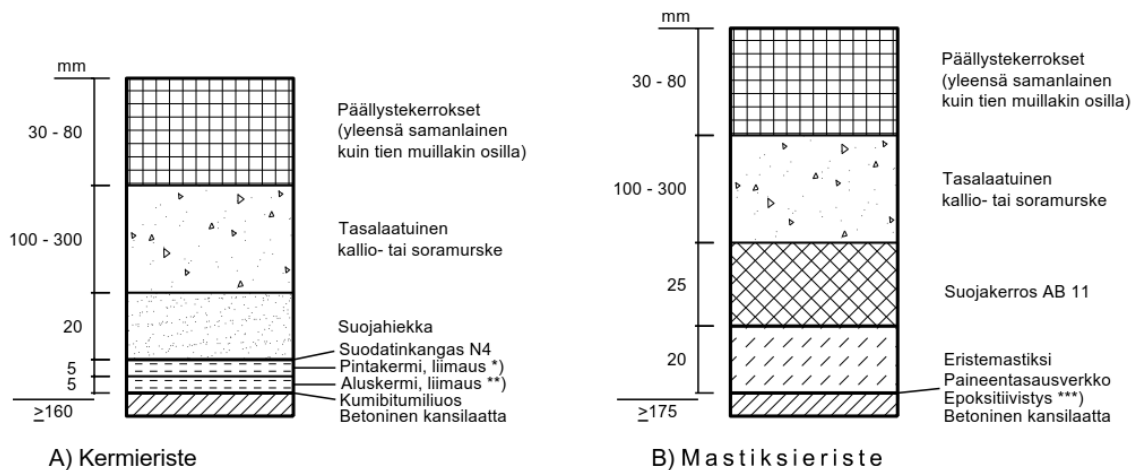
Kuva 20. Betonikantisen sillan ajorata. Nestemäisenä levitettävä eristys.



Kuva 21. Teräskantisen sillan ajorata.



Kuva 22. Teräskantisen kevyen liikenteen sillan pintarakenne ilman kiinnitysteräksiä.

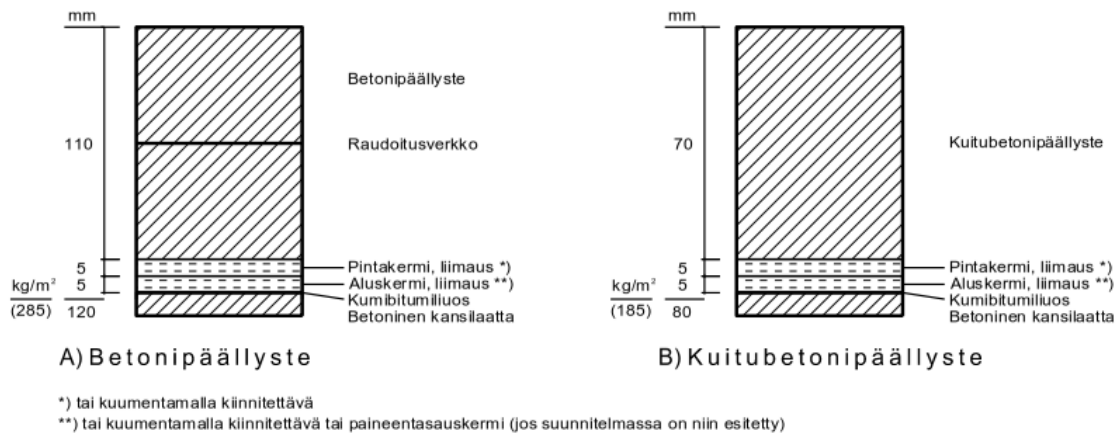


*) tai kuumentamalla kiinnitettävä

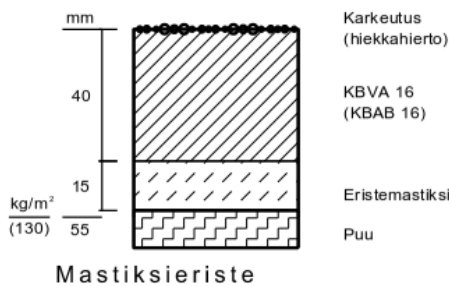
**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai paineentasauskermi (jos suunnitelmassa on niin esitetty)

***) tai kumibitumiliuos SILKO 2.812 mukaisesti.

Kuva 23. Murske- tai soratäyttöisen sillan ajoradan pintarakenne.



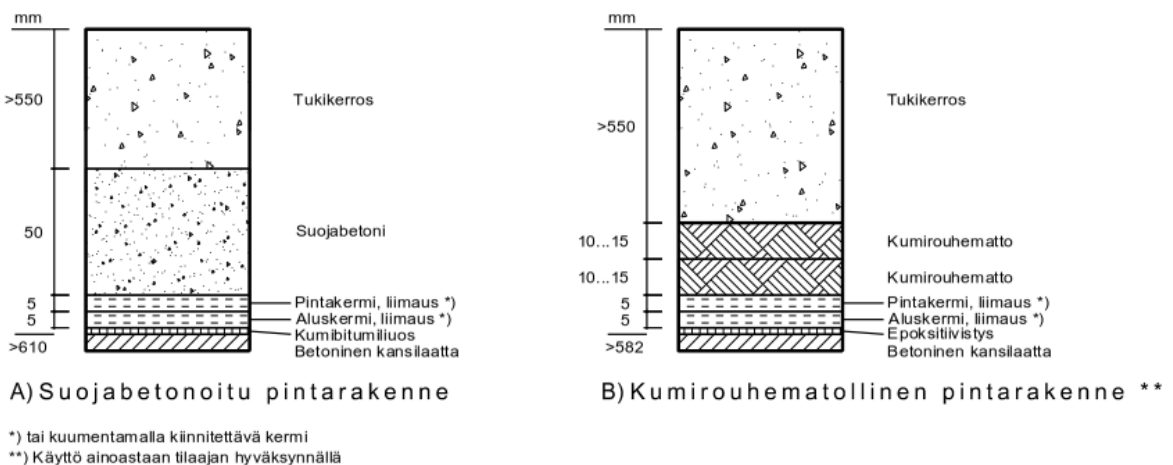
Kuva 24. Betonipäällysteisen sillan ajorata. Kermieristeinen pintarakenne.



Kuva 25. Puukantisen sillan ajorata.

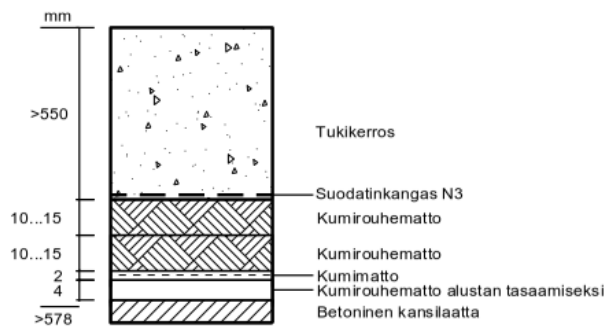


Kuva 26. Maakantisen holvisillan bentoniittimattosuojaus.



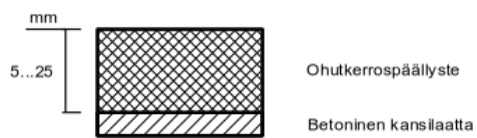
Kuva 27. Betonikantisen rautatiesillan kermieristeinen pintarakenne.

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)



Kumimattoeristys (käyttö ainoastaan tilaajan hyväksynnällä)

Kuva 28. Betonikantisen rautatiesillan kumimattoeristeinen pintarakenne.



Ohutkerrospäällyste

Kuva 29. Kevyenliikenteen betonikantinen silta. Ohutkerrospäällyste.

5.2.8.2 Rautatiesillan pintarakenteet

Rautatiesilloilla pyritään valitsemaan eristysratkaisu, jonka korjausväli on mahdollisimman pitkä.

Rautatiesillan kannen yläpinta ja poikkeustapauksissa vain suojabetoni kallistetaan niin, että saadaan aikaiseksi vähintään 1 % pituuskaltevuus hulevesiputkea tai sillan päätyä kohti. Kaltevuus 0,5 % riittää, kun yläpinta muotoillaan niin, että vesi kulkee jiriä pitkin kannen keskellä.

Kermieristys (InfraRYL 42310.3.2.1)

- Kumibitumiliuos pohjustus SILKO 2.821 mukaisesti (tai epoksitiivistys, mikäli suojabetonia ei voida käyttää)
- Kaksikerroskermieristys käyttöluokan 2 mukaisilla kermieristysrakenteilla
- Suojabetoni 50 mm (tai kumirouhematto 2 kpl 10...15 mm ja suodatinkangas N3, mikäli suojabetonia ei voida käyttää)
- Tukikerros

Mastiksieristys (InfraRYL 42310.3.2.2)

- Paineentasausverkko (kansi varustetaan tällöin myös paineentasausputkistolla)
- Kumibitumiliuos pohjustus SILKO 2.821 mukaisesti.
- Mastiksieristys
- Kumirouhematto 2 kpl 10...15 mm
- Suodatinkangas N3
- Tukikerros

Nestemäisenä levitettävä eristys (InfraRYL 42310.3.2.3)

- Tuotekohtainen tiivistysaine tai pohjuste kahdessa kerroksessa
- Nestemäisenä levitettävä vedeneriste
- Suojabetoni 50 mm (tai kumirouhematto 2 kpl 10...15 mm ja suodatinkangas N3, mikäli suojabetonia ei voida käyttää)
- Tukikerros

Nestemäisenä levitettävä eristys, teräskansi (InfraRYL 42310.3.3.2)

- Tuotekohtainen pohjuste tai korroosionestomaalaus
- Nestemäisenä levitettävä vedeneriste
- Kumirouhematto 2 kpl 10...15 mm
- Suodatinkangas N3
- Tukikerros

Kumimattoeristys, ainoastaan nopeissa korjauskohteissa (InfraRYL 42310.3.2.4.1)

- Kumirouhematto 4 mm
- Kumimatto 2 mm
- Kumirouhematto 2 kpl 10...15 mm
- Suodatinkangas N3
- Tukikerros

5.2.8.3 Kermien käyttötilan mukainen luokittelu

A. Ajoneuvoliikenteen sillat

KÄYTTÖLUOKKA 1.

(Kermieristysrakenne luokan 1 laatuvaatimukset täyttävä)

Sillat joiden ajoneuvoliikenne > 3000 autoa/vrk:

- Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.
- Suojakerroksena
 - AB 5/50 tai
 - AA 5/50 tai
 - suojabetoni 50 mm.

KÄYTTÖLUOKKA 2

(Kermieristysrakenne vähintään luokan 2 laatuvaatimukset täyttävä)

Muut sillat joiden ajoneuvoliikenne < 3000 autoa/vrk:

- Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.
- Suojakerroksena
 - asfalttobetoni AB 5/50 tai AA 5/50 tai
 - suojabetoni tai
 - ei suojakerrosta (kevyen liikenteen sillat)

Maatäyttöiset sillat:

- Kaksikerroskermieristys suojakerroksella.
- Suojakerroksena
 - suodatinkangas ja hiekka tai
 - suojabetoni

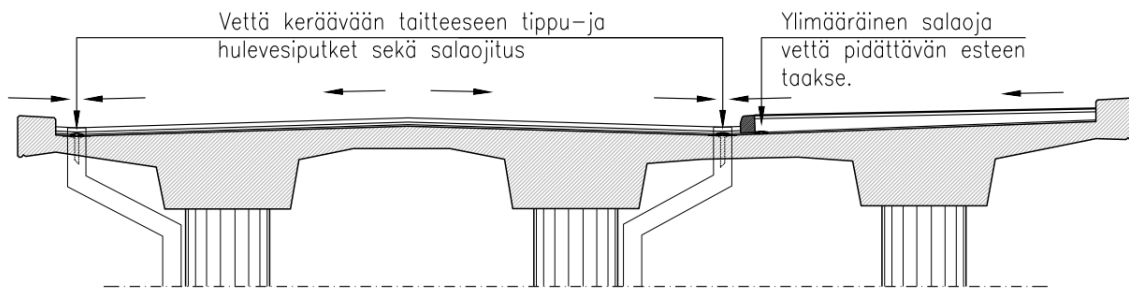
5.2.8.4 Vedenpoistolaitteiden ja paineentasausputkien sijoitus betonikannella

Kun siltakannen pituus on yli 10 metriä, varustetaan kansi eristystyyppistä riippumatta tippuputkilla kuvien 30., 31. sekä tyyppikuvan R15/DT1 mukaisesti, ellei veden hallitua poistumista eristeen päältä ole varmistettu muilla keinoin. Kannen vettä keräävät taitteet ajoratojen reunoilla ja reunapalkkien juurella sekä liikuntasaumojen vierustoilla varustetaan tippuputkilla jaolla K3000. Tippuputkia ei saa sijoittaa risteävän väylän päälle. Mikäli tippuputki on sijoitettava esimerkiksi laakeritason tai muun alapuolisen rakenteen kohdalle, ohjataan putken alapää ohi rakenteesta.

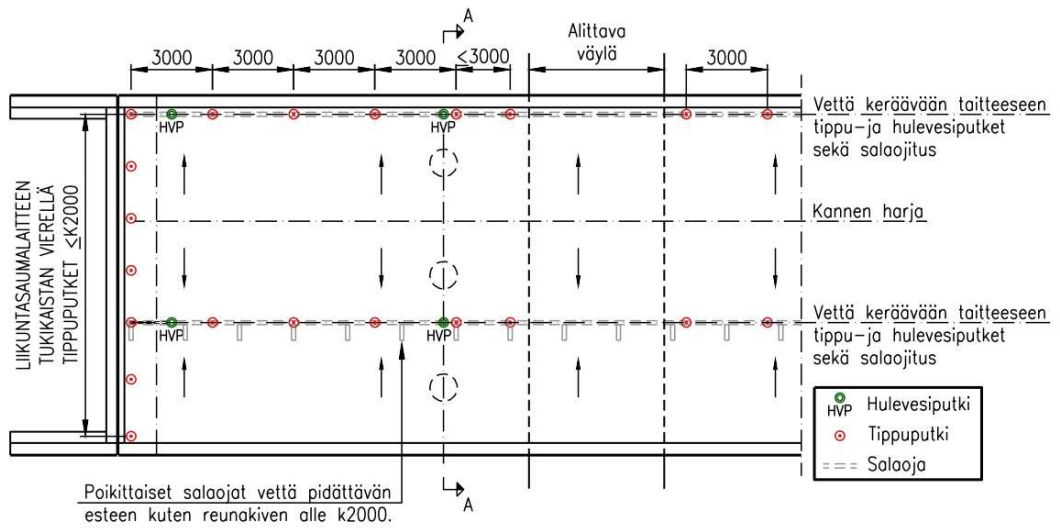
Kannen alimmat vettä keräävät tippuputkilinjat tulee varustaa tyyppiin R15/DS4 mukaisilla putkisalaojilla koko sillan pituudella. Putkisalaojia ei asenneta ajoratojen alle lukuun ottamatta reunapalkkien ja mahdollisten reunakivien vierustoja (ks. Kuva 9.). Mattosalaojia ei käytetä sillan pintarakenteen salaojituksessa ajoratojen kohdalla.

Kun siltakannen pituus on vähintään 25 metriä, varustetaan kannen vettä keräävät taitteet ajoratojen reunoilla hulevesiputkilla. Putket sijoitetaan yleensä vähintään sillan tukien kohdalle, jolloin syöksytorvet voidaan ripustaa sillan välitukiin. Putkia ei saa sijoittaa ajoratojen keskelle. Putkien välinen etäisyys sillan suunnassa on 15-25 metriä kuitenkin siten, että yksi putki kattaa enintään 400 m² valuma-alueen siltakannella.

Rautatien ylittävissä silloissa hulevesi- ja tippuputket on varustettava ulosheittäjillä, joiden etäisyys on paluu- ja vastajohtimista vähintään 600 mm, kun pylväsväli on 65 m, ja 900 mm, kun pylväsväli on 90 m.

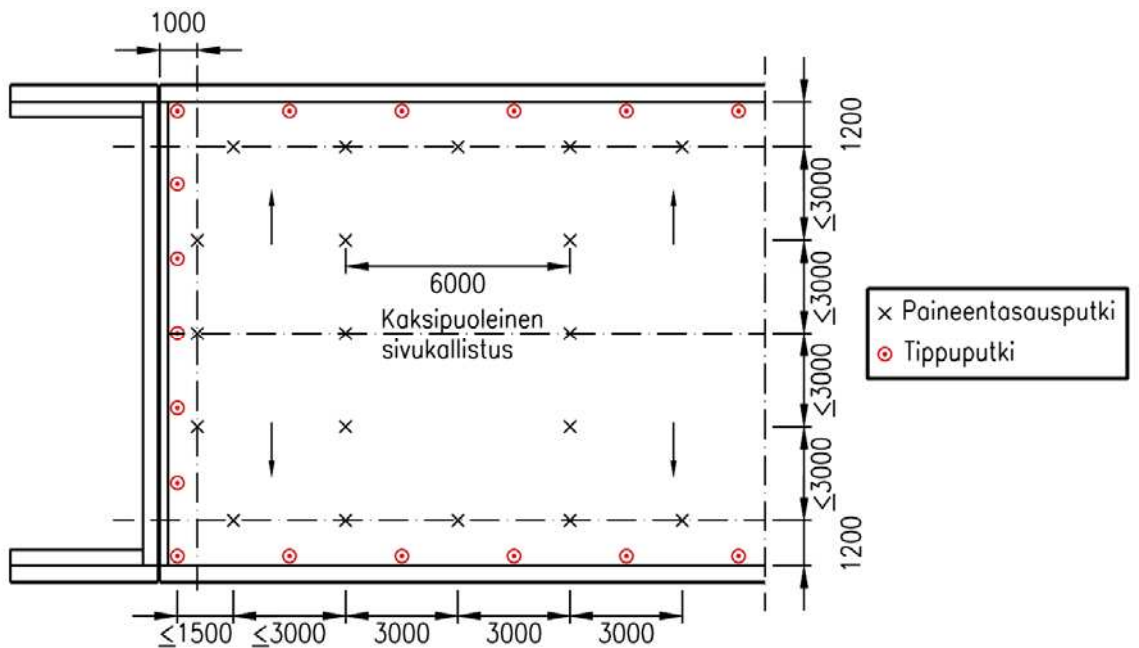


Kuva 30. Vedenpoistolaitteiden sijoittelu sillan poikkileikkauksessa.

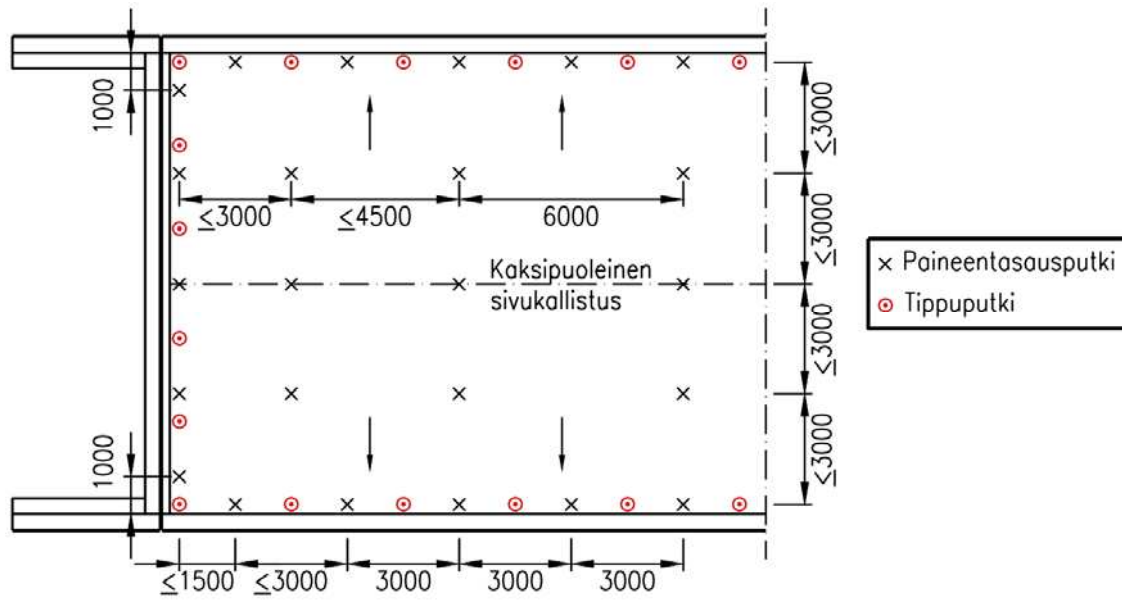


Kuva 31. Vedenpoistolaitteiden sijoittelu sillan tasokuvassa.

Paineentasauskermi- tai mastiksieristystä käytettäessä betonikansi varustetaan paineentasausputkilla kuvien 32. ja 33. periaatteellisten mittojen mukaisesti.



Kuva 32. Paineentasausputkien sijoittelu, paineentasauskermi.



Kuva 33. Paineentasausputkien sijoittelu, mastiksieristys.

6 Sillan kuivatus

Sillan kuivatuslaitteet suunnitellaan Siltojen korjausohjeen (SILKO 1.601) mukaan.

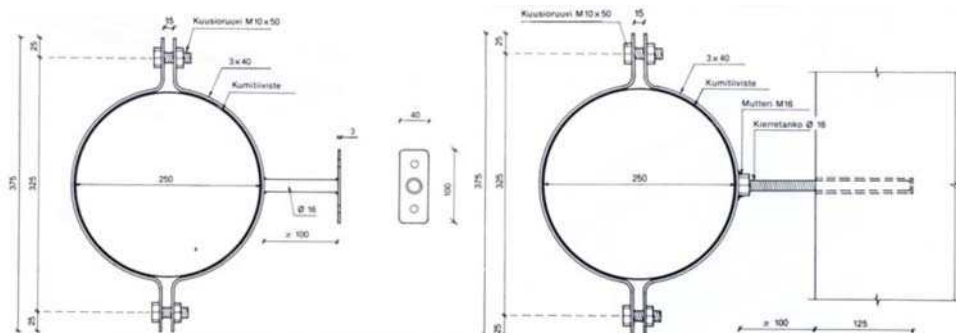
Ellei hankekohtaisesti muuta sovita, suunnitellaan sillan päiden kuivatus tiesilloissa siten, että hulevedet kootaan pintavesikaivoon, josta vesi johdetaan umpiputkessa sivuojaan. Suojattavilla pohjavesialueilla tai muilla vastaavasti suojeltavilla alueilla on hulevesien käsittely suunniteltava suojelutarve huomioon ottaen SILKO 1.601 mukaisesti.

6.1 Syöksytorvet

Hulevesien kannelta johtamiseen käytettävät syöksytorvet tehdään mieluummin ruostumattomasta teräslevystä. Myös PEH-muoviputkea voidaan käyttää, jos yläosaan tehdään ruostumattomasta teräslevystä suppilo. PEH-muoviputkea ei maalata.

Syöksytorvi tehdään joko suorakaiteen muotoiseksi tai pyöreäksi. Syöksytorven vähimmäiskoko mitoitetaan siten, että syöksytorven 100 mm²:n poikkipinta-ala vastaa ajoradan valuma-alueen kahta neliometriä. Kunnossapitosyistä syöksytorven sisämittojen tulee olla kuitenkin vähinään 100x150 mm² tai pyöreän putken halkaisijan vähintään 180 mm. Teräsputken seinämän paksuuden tulee olla 2-3 mm. Ulkohalkaisijaltaan 200 mm PEH-muoviputken pienin sallittu seinämän paksuus käyttöluokassa T4 on 7,7 mm.

Syöksytorvi kiinnitetään siltarakenteisiin esimerkiksi kuvan 34 mukaisilla kiinnikkeillä. Kiinnikkeet on tehtävä niin, että sillan lämpöliikkeet pääsevät tapahtumaan. Vaihtoehtoisesti voidaan suppilo muotoilla sellaiseksi, että se sallii lämpöliikkeen. Kiinnikkeet tehdään ruostumattomasta teräksestä. Putken ja putkisangan väliin asennetaan kumitiiviste. Jos syöksytorveen joudutaan tekemään taitteita, käytetään kulmia 45° ja 60°. Putken osat liitetään toisiinsa mieluummin hitsaamalla.



Kuva 34. Syöksytorven kiinnitysvaihtoehdot

Syöksytorven alapää tehdään riittävän pitkäksi ja suunnataan alapuolisiin kuivatuslaitteisiin niin, ettei putkesta purkautuva vesi aiheuta eroosiovaurioita.

6.2 Laakeritason vedenpoisto

Maatukien laakeritasoille kertyvät vedet kerätään kouruun laakeritason takareunaan ja johdetaan putkella maatuen eteen tai sivulle siten, että putki päättyy luiskan yläpuolella. Putken halkaisija ja kourun leveys tulee olla ≥ 80 mm. Kourun syvyys tulee olla ≥ 20 mm. Kourun kaltevuuden tulee olla vähintään 2 ‰ ja vedenpoistoputken vähintään 1:2. Teräksistä kourua käytettäessä kaltevuus tulee olla vähintään 3 ‰. Veden virtausmatka lähimpään vedenpoistoputkeen saa olla korkeintaan viisi metriä. Putken tukkeutumisen estämiseksi ja kunnossapidon helpottamiseksi putken yläpäähän asennetaan poistettavissa oleva ritilä, jonka pienin silmäjako on 20 mm.

Jos vesi poistetaan etumuurin läpi, tulee kourun alimpien kohtien olla laakerien välissä. Etumuurin läpi viety putki kiinnitetään paikalleen valumattomalla paikkausmassalla liimaamalla tai injektointimuovilla injektoimalla. Putken yläpää tiivistetään valumattomalla paikkausmassalla niin, ettei vesi pääse valumaan putken ulkopuolelta.

7 Varausputket

Silloissa varaudutaan putkien ja kaapeleiden vientiin. Rautatiesilloissa käytetään teräsbetonisia kaapelikanavaelementtejä ohjeen ”B6 Johtoteiden suunnitteluohjeet” mukaisesti. Tapauskohtaisesti voidaan tilaajan kanssa sopia teräsrakenteisten kaapelikanavien käytöstä. Sillan yleispiirustuksessa ja tarvittaessa mittapiirustuksissa on esitettävä kaapelikanavaelementtien sijoittaminen sillan poikki- ja pituussuunnassa, elementtien pituudet sekä ”sukeltaminen” tukikerroksen sisään sillan päissä.

Betonin kanssa kosketuksiin joutuvat varausputket eivät saa olla alumiinia. Myöhemmin mahdollisesti suoritettavaa kaapelointia varten varaudutaan seuraavasti, ellei hankekohtaisesti ole tietoa suuremmasta määrästä:

Massiivisiin betonikansiin sijoitetaan kaksi varausputkea läpimitaltaan 110 mm, yksi kannen kummallekin reunalle.

Betonisiin laattapalkki- ja kotelopalkkisiltoihin sekä betonikantisiin teräspalkkisiltoihin sijoitetaan kaksi läpimitaltaan 110 mm varausputkea sillan päihin. Päälysrakenteen osalle vastaaville kohdille sijoitetaan sisäkierretartunnat tarvittavin välein siten, että kaapelihylly voidaan niihin kiinnittää. Myös poikkipalkeissa ja muissa rakenneosissa varaudutaan kaapelihyllyn rakentamiseen.

Kaksi- tai useampipalkkisissa silloissa kaapelit sijoitetaan aina kaapelihyllylle palkkien väliin.

Varausputket on sijoitettava sillan päissä lähtökohtaisesti siirtymälaatan alapuolelle ja putket johdetaan sähkökaivoon piir. R15/DV-4 mukaisesti.

8 Siirtymälaatat

Kevyen liikenteen silloissa ja yksityisteiden silloissa voidaan käyttää 3m pitkää siirtymälaattaa. Muissa silloissa siirtymälaatan pituus on 5m. Siirtymälaatan päälle varataan tilaa tierakenteen sitomattomille ja sidotuille kerroksille sekä päällysteelle. Päällysrakenneluokassa 1 näiden paksuus on 400 mm käytettäessä sitomatonta kantavaa kerrosta ja 600 mm käytettäessä sidottua kantavaa kerrosta (esim. maabetonia). Päällysrakenneluokassa 3 vähimmäiskerros paksuus siirtymälaatan päällä on 300 mm. Siirtymälaatan pinnan etäisyys tien pinnasta saa olla enintään 700 mm.

Rautatiesilloilla siirtymälaatan pituus on 5 m. Vanhoilla silloilla voidaan tapauskohtaisin perustein käyttää lyhyempää siirtymälaattaa erityisesti silloin, kun halutaan rajoittaa sillalle aiheutuvia lisäkuormituksia.

Siirtymälaatta tehdään paikallavaluna aina, kun se on rakentamisaikataulun kannalta mahdollista. Muutoin käytetään elementtirakenteista siirtymälaattaa.

9 Siltojen hoito ja ylläpito

9.1 Yleistä

Sillansuunnittelussa on otettava huomioon seuraavat sillan hoidon ja ylläpidon asetamat vaatimukset:

- Toimenpiteitä vaativiin kohteisiin on oltava turvalliset kulkutiet. (ks. kappale 1.6) Tällöin on pidettävä mielessä myös liikenteen aiheuttamat vaarat ja talviolot.
- Rakenneosat on muotoiltava ja mitoitettava niin, että ne voidaan hoitaa ja ylläpitää.
- Tarvittavat mittausvälineet, varaosat ja työvälineet on pystyttävä kuljettamaan työkohteeseen.
- Kuluvat osat on voitava vaihtaa mahdollisimman helposti.
- Tarvittaessa on oltava mahdollisuus kulkea rantaviivaa pitkin.
- Tarkastus- ja huoltoajoneuvoille pitää olla tarvittaessa riittävän lähellä sijaitseva pysäköintipaikka ja siltä kulkutie työskentelypaikalle.

Ensisijaisesti on suunniteltava käytettäväksi kiinteitä rakenneratkaisuja sekä sillassa että siltapaikalla. Vaihtoehtoina tulevat kysymyksen henkilönostimet, sillan rakenteiden varassa liikuteltavat laitteet ja lautta tai ponttoni, jolle voidaan rakentaa erilaisia telineitä.

9.2 Hoidon- ja ylläpidon suunnitelmat

Sillan rakennussuunnitelmaan liitetään siltakohtainen hoito- ja ylläpitosuunnitelma, joka laaditaan määrätyille silloille eri ohjeen mukaan. Tällaisia siltoja ovat muun muassa suuret vesistö sillat, avattavat sillat, riippu- ja vinoköysisillat ja Langerpalkkisillat. Suunnitelma laaditaan käyttäjiä varten, sitä käytetään yhdessä turvallisuusasiakirjan kanssa sillan rakennustyön eri vaiheissa sekä sillan käytön aikana hoito- ja ylläpitotoimissa.

Hoito- ja ylläpitosuunnitelmassa esitetään toimenpideohjelman lisäksi

- luoksepäästävyyyden kannalta ongelmalliset sillan varusteet ja laitteet
- luoksepäästävyyttä helpottavat rakenteet ja laitteet
- siltakurjen tai muun henkilönostimen käyttötarve
- sillan sisäpuoliset valaistukset
- mahdollisen sähköistetyn radan vaatimat varusteet ja laitteet käyttöohjeineen
- tarkastus- ja välitasanteet ja jätkänpolut
- pysäköintialueet ja kulkutiet sillalle
- liikenteen hoito tarkastusten ja hoito- ja ylläpitotöiden aikana.

Turvallisuustarkastelu tehdään sillan rakennussuunnitelmaa laadittaessa silloin, kun sillan hoito- ja ylläpitosuunnitelma todetaan tarpeelliseksi sekä silloin, kun sillan hoitoon ja ylläpitoon liittyy erityisiä turvallisuusriskejä ja vaaroja. Tällaisia hoito- ja ylläpilotöitä ovat esimerkiksi

- laakerien huolto- ja vaihtamistyöt
- pylonien tarkastus- ja maalaustyöt
- suljettujen tilojen kunnostustyöt
- sähköistettyjen rataosien ylikulkusiltojen hoito- ja kunnostustyöt.

Tarkastelun perusteella päätetään, mitä kiinteitä laitteita tarvitaan ja mitkä työt tehdään liikuteltavien laitteiden avulla. Työtä helpottavat varusteet ja laitteet on suunniteltava työsuojelunäkökohdat huomioon ottaen.

Turvallisuustarkastelu tehdään yhteistoiminnassa paikallisten työsuojeluviranomaisien kanssa.

Laakerin vastinlevyjen koon määrittäminen, laskentaesimerkki

Tätä laskentaesimerkkiä voidaan käyttää soveltaen.

Laakerin korkeus	$h = 135 \text{ mm}$ (Taulukossa)
Kokonaisliikevara	$\Delta L = 200 \text{ mm}$
Laskentakuorma	$V = 6,02 \text{ MN}$ ($1,25g + 1,35q_{k1}$)
Vaakuorma pituussuunnassa	$H_x = 0,14 \text{ MN}$
Vaakuorma Poikkisuunnassa	$H_y = 0,12 \text{ MN}$
Kansilaatan betoni	$C35/45 - 3, f_{cd} = 25,9 \text{ MN/m}^2$
Tuen betoni	$C30/37 - 3, f_{cd} = 22,2 \text{ MN/m}^2$

1. YLEMPI VASTINLEVY

Ratkaistaan tehokas pinta-ala kaavasta

$$F_{Rdu} = A_{co} \times f_{cd} \times \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{co}}} \quad F_{Rdu} = V$$

$$A_{co} = \frac{V^2}{f_{cd}^2 \times A_{c1}}$$

A_{c1} :n määrittämiseksi lasketaan kuormituksen epäkeskisyyttä ja otaksutaan A_{co} :lle pienin mahdollinen arvo.

$$A_{co} = \frac{V}{3 \times f_{cd}} = \frac{6,02}{3 \times 25,9} = 0,077 \text{ m}^2$$

$$e_x = \frac{200}{2} + \frac{0,14 \times 135}{6,02} = 103 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,12 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$A_{c1} = 0,63 \text{ m}^2 \text{ (Ks: kuorman jakaantuminen)}$$

$$A_{co} = \frac{6,02^2}{25,9^2 \times 0,63} = 0,086 \text{ m}^2$$

Pinta-ala on suurempi kuin minimiarvo, joten ylälevyn tehokas pinta-ala on

$$A_{eff} (A_{co}) \geq 0,086 \text{ m}^2$$

Ratkaistaan sivumitat yhtälöparista

$$(A - 2e_x)(B - 2e_y) = A_{eff}$$

$$A = B + \Delta L$$

$$B^2 + B(\Delta L - 2e_y - 2e_x) - 2 \Delta L e_y + 4e_x e_y - A_{eff} = 0$$

$$B^2 - 12 B - 85964 = 0$$

$$B = \frac{-(-12) + \sqrt{(-12)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-85964)}}{2}$$

$$B = 299 \text{ mm}$$

$$A = 299 + 200 = 499 \text{ mm}$$

2 ALEMPI VASTINLEVY

$$\text{Otaksutaan että } A_{co} = \frac{V}{3x f_{cd}} = \frac{6,02}{3 \times 22,2} = 0,090 \text{ m}^2$$

Lasketaan epäkeskeisyys

$$e_x = \frac{0,14 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$e_y = \frac{0,12 \times 135}{6,02} = 3 \text{ mm}$$

$$A_{c1} = 1,44 \text{ m}^2 \text{ (Ks : Kuormanjakaantuminen)}$$

$$A_{co} = \frac{6,02^2}{22,2^2 \times 1,44} = 0,051 \text{ m}^2$$

Laskettu pinta-ala on pienempi kuin minimivaatimus, joten alalevyn tehokas pinta-ala

$$A_{eff} (A_{co}) \geq 0,090 \text{ m}^2.$$

Oletetaan, että levy on neliö, jonka sivumitta on B.

Ratkaistaan sivumitta yhtälöstä

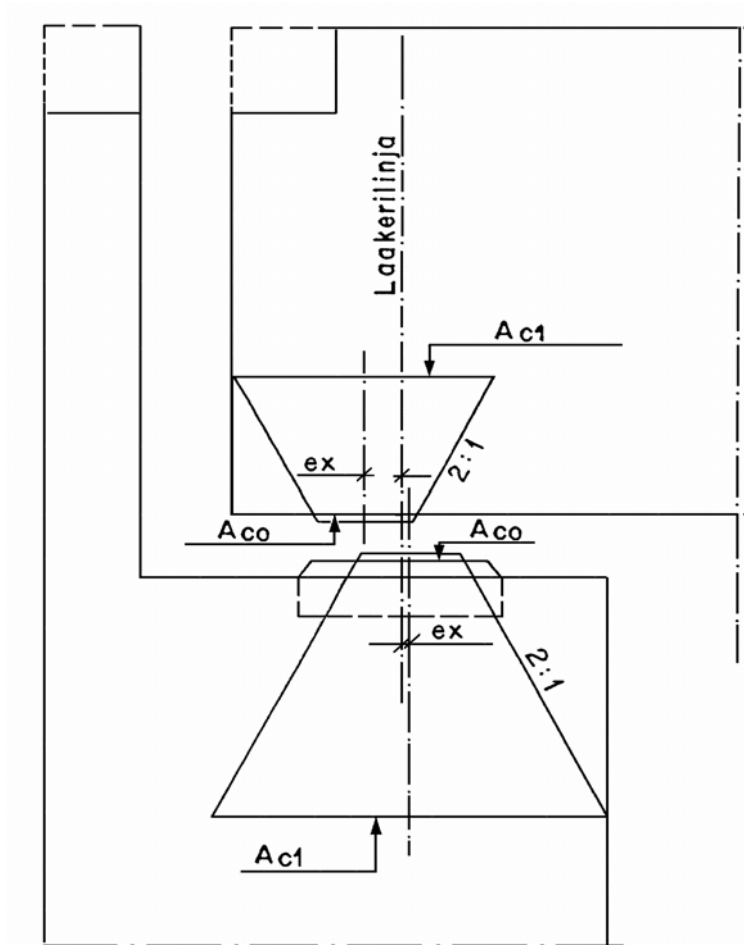
$$(B - 2e_x)(B - 2e_y) = A_{eff}$$

$$B^2 - B(2e_y + 2e_x) + 4e_x e_y - A_{eff} = 0$$

$$B^2 - 12 B - 89964 = 0$$

$$B = 306 \text{ mm}$$

Kuorman jakaantuminen laakeritasossa ja päällysrakenteessa on esitetty kuvassa L1.



Kuva L1. Kuorman jakaantuminen

Laakerin ja liikuntasauaman liikevarojen määrittäminen - laskentaesimerkki

Tarkastellaan tässä laskentaesimerkissä kuvitteellisen 500 m pitkän jännebetonisen maantiesillan päällysrakenteen toisen päädyn liikkeitä. NCCI 1 kuormitusyhdisteltytaulukoiden mukaisesti määritettyjen liikemäärien perusteella määritetään laakerin ja liikuntasauimalaitteen liikevarat ja ennakot.

Esimerkissä sillan liikekeskiö on päällysrakenteen pituussuunnan keskikohdassa. Liikekeskiön tarkka paikka riippuu tukien jäykkyydestä ja sen voi määrittää jäykkyydet huomioivalla rakennemallilla.

Sillan ääriämpötilat on määritetty ohjeen NCCI 1 kohdan D.6.1 mukaisesti olettaen, että silta sijaitsee Helsingissä. Esimerkin sillan maksimilämpötila käytön aikana on $T^+=34\text{ °C}$ ja minimilämpötila on $T^-=-31\text{ °C}$.

Liikemäärät eri kuormista tuella (tarkasteluajankohdalla ääretön)

Positiivinen liike on liikekeskiötä kohti (esim. silta kutistuu), negatiivinen pois päin liikekeskiöstä (penkkaa kohti, esim. silta laajenee). Liikuntasauimalaitteen asennus hetki on 42 vuorokautta sillan valusta (kts. kappale 2). Liikuntasauaman asentamishetkellä virumasta on tapahtunut 40 % ja kutistumasta on tapahtunut 30 %. Kutistuman ja viruman arvot riippuvat rakenteen mitoista, jälkihoidosta ja ympäristön olosuhteista NCCI 2 mukaisesti.

Päällysrakenteen $\pm 10\text{ °C}$ lämpötilamuutos:	$\pm 25\text{ mm}$
$\Delta T^+(+34\text{ °C} - 0\text{ °C}) / \Delta T^-(0\text{ °C} - 31\text{ °C})$ (sillan keskilämpötila 0 °C):	-
85 mm / +78 mm	
Jännevoiman aiheuttama kimmainen kokoonpuristuma:	+30 mm.
Jännevoimasta aiheutuva viruma:	+50 mm
Kutistuma	+60 mm
Sillan pituussuuntainen jarrukuorma	$\pm 10\text{ mm}$
Sillan pituussuuntainen tuulikuorma:	$\pm 20\text{ mm}$
Maanvaraisen maatuen liike suhteessa kanteen:	- 10 mm
Päällysrakenteen kiertymän aiheuttamat siirtymät:	
Omasta painosta	-10 mm
LM1 telikuorma	-5/+2 mm
LM1 tasainen kuorma (UDL)	-5/+2 mm

Usein päällysrakenteen kiertymän aiheuttamat siirtymät laakerille ja liikuntasauamalle ovat erisuuruiset ja erimerkkiset johtuen niiden eri sijainneista. Tässä esimerkissä on yksinkertaistuksena käytetty molemmille samoja arvoja.

Liikemäärien yhdistely

Alla olevassa taulukossa L1 on esitetty päällysrakenteen liikemäärät suhteessa maatukeen eri käyttörajatilan ominaisyhdistelyillä (NCCI 1 Liite 1A) tarkasteltuna.

Taulukko L1 Sillan päällysrakenteen liikkeiden ominaisyhdistelyt, määräävä muuttuva kuorma korostettuna

(yhdistelykerroin) liike [mm]	KRT_3a		KRT_7a		KRT_8a	
	min	max	min	max	min	max
LM1						
Telit	(0,75) -	(0,75)+1,5	-	-	(0,75) -	(0,75)+1,5
UDL	3,8	(0,4) +0,8	-	-	3,8	(0,4) +0,8
Jarru	(0,4) -	(1,0) +10	-	-	(0,4) -	-
	2,0				2,0	
	(1,0) -				-	
	10					
Tuuli	-	-	(1,0) -	(1,0)	(0,6) -	(0,6) +12
			20	+20	12	
Lämpötilakuorma	(0,6) -	(0,6)	(0,6) -	(0,6)	(1,0) -	(1,0) +78
	51	+46,8	51	+46,8	85	
Muut						
Lisävarmuus	-25	+25	-25	+25	-25	+25
Maatuen liike	-10	-	-10	-	-10	-
YHTEENSÄ	-101,8	+84,1	-106	+91,8	-137,8	+117,3

Usein pitkissä silloissa mitoittava yhdistelmä on KRT_8a, jossa lämpötilakuormat ovat määräävänä kuormana, kuten tässäkin esimerkissä.

Laakerin liikevara ja ennakko

Laakeri on keskiasennossa, kun sillan päällysrakenteen lämpötila on 0 °C ja kutistuma ja viruma ovat täysin tapahtuneet. Pysyvien kuormien aiheuttamiin siirtymiin varaudutaan laakeriin valmistusvaiheessa asetettavalla ennakolla. Tavanomaisesti laakerin ylälevy liikkuu sillan päällysrakenteen mukana.

Laakeri alkaa liikkua, kun päällysrakenteen valun betoni on sitoutunut. Päällysrakenteen lämpötilaksi oletetaan tällöin +30 °C (kts. kappale 2), josta sillan päällysrakenteen lämpötila edelleen jäähtyy/lämpenee ääriarvoihinsa. Laakerin liikemäärä sitoutumislämpötilasta lämpötilaan 0 °C on $LT = \Delta T(+30^{\circ}\text{C}) = +75 \text{ mm}$.

Myös oman painon aiheuttama siirtymä (kiertymästä) tulee huomioida, koska se on pysyvä kuorma, joka alkaa vaikuttaa jännittämisen/muottien purkamisen jälkeen.

Laakerin ennakkoa varten lasketaan pysyvien kuormien liikkeet:

Omapaino (-10 mm)
+ Jännevoima (+30 mm)
+ Viruma (+50 mm)
+ Kutistuma (+60 mm)
+ LT (+75 mm)
= **+205 mm.**

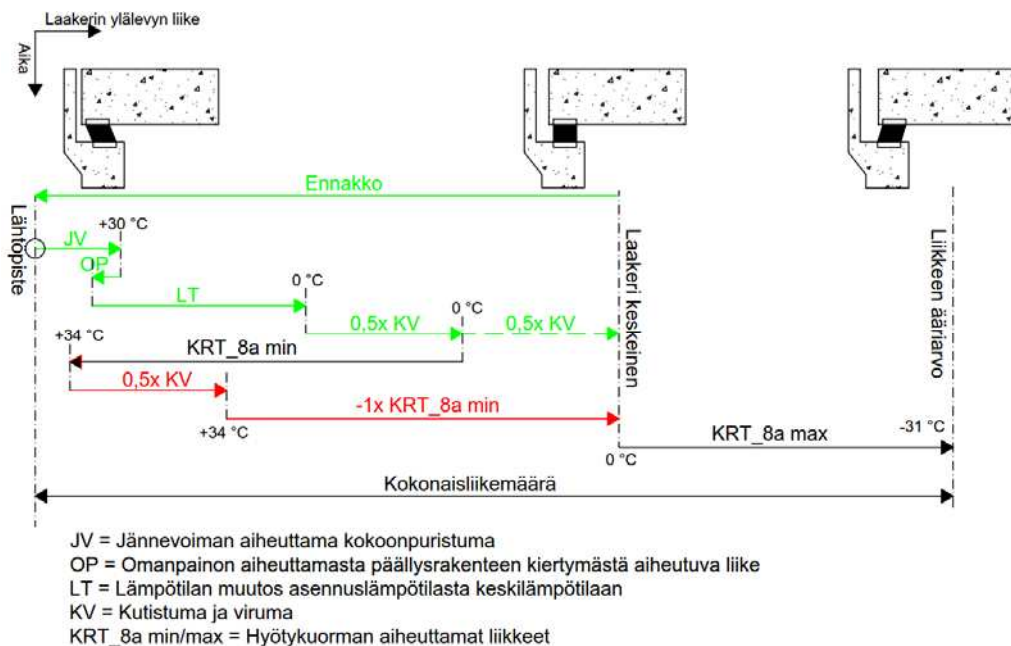
Pysyvien kuormien liikkeet ovat liikekeskiötä kohti, eli laakerin ylälevyä siirretään ennakkona liikekeskiöstä poispäin (penkkaa kohti). Laakerin liikevaran on oltava riittävä myös tilanteessa, jossa vain puolet virumasta ja kutistumasta on tapahtunut.

Taulukosta L1 nähdään, että suurimmillaan siirtymä hyötykuormista liikekeskiötä kohti on +117,3 mm ja siitä poispäin -137,8 mm. Liikemäärän kannalta mitoittavin kuormitusyhdistelmä on KRT_8a, jossa lämpötilakuorma on määräävä. Kuormien kokonaisliikemäärä on ääriasennosta toiseen laskien:

$\min(|KRT_8a_{\min} (-138,9 \text{ mm})|, \text{Ennako} - 0,5 \times \text{Viruma} (+50 \text{ mm}) - 0,5 \times \text{Kutistuma} (+60 \text{ mm}))$
 $+ 0,5 \times \text{Viruma} (+50 \text{ mm}) + 0,5 \times \text{Kutistuma} (+60 \text{ mm})$
 $+ KRT_8a_{\max}$
 $= 150 \text{ mm} + 55 \text{ mm} + 117,8 \text{ mm}$
 $= \mathbf{322,8 \text{ mm}}$

Kuva L2 selventää laakerin ylälevyn liikkeitä suhteessa maatukeen. Jos kutistuma ja viruma olisivat pienempiä (esim. terässilta) määrittäisi kokonaisliikemäärän hyötykuormien liike ja puolet virumasta ja kutistumasta (kuvassa L2 punaisella värillä).

Kuva L2. Laakerin ylälevyn liikkeet suhteessa maatukeen



Laakerin liikevaran määrittää tässä tapauksessa laakerin ennakko (kuvassa L2 vihreällä värillä). Tarvittava liikevara on oltava vähintään $2 \times \text{ennakko} (205 \text{ mm}) = 410 \text{ mm}$.

Valitun laakerin sallitun liikevaran tulee olla suurempi tai yhtä suuri kuin määritetty tarvittavan liikevaran arvo.

Liikuntasauaman liikevara ja ennakko

Liikuntasauimalaitteena voidaan käyttää esimerkiksi 4-kumista laitetta, jossa kunkin kumin liikevara on 100 mm. Tällöin liikuntasauaman liikevara $LV = 400$ mm. Liikuntasauimalaitteiden sallitut liikevarat on katsottava Liikenneviraston käyttöluvasta (kts. kappale 3.1).

Liikuntasauaman liikemääriin ei vaikuta jännittämisen tai omanpainon aiheuttamat siirtymät. Virumisen ja kutistuman aiheuttamat siirtymät vaikuttavat osittain ja pyrkivät avaamaan laitetta määrän:

$$KV = (1-0,4) \times \text{Viruma (+50 mm)} + (1-0,3) \times \text{Kutistuma (+60 mm)} = +72 \text{ mm.}$$

Hyötykuormien kanssa liikemäärään vaikuttaa joko puolet virumasta ja kutistumasta tai täydet viruma ja kutistuma.

$$KV_{\text{puolet}} = (1-0,4-0,5) \times \text{Viruma (+50 mm)} + (1-0,3-0,5) \times \text{Kutistuma (+60 mm)} = +17 \text{ mm.}$$

Laitteen asennuslämpötilaa ei tiedetä suunnitteluvaiheessa, joten tarvittava ennakko määritetään usealle eri asennushetken mahdolliselle päällysrakenteen lämpötilalle. Liikuntasauimalaitteen asetetaan sallitun liikevaransa keskikohtaan, kun sillan kutistuma ja viruma ovat täysin kehittyneet ja sillan päällysrakenteen lämpötila on 0 °C. Liikuntasauaman ennakon voi myös määrittää siten, että muuttuvien kuormien liikkeet eivät ole keskeisiä, jolloin liikuntasauaman tarvittava liikevara voi olla mahdollisesti pienempi.

Taulukko L3 Liikuntasauimalaitteen ennakko eri asennuslämpötiloissa

Asennuslämpötila, T_a	Ennakko keskilämpötilaan, $LT (\Delta T(T_a - +0.0^\circ\text{C}))$ [mm]	Laite auki asennuksessa ($LV / 2 - LT - KV$) [mm]
-10°C	-25	153
-5°C	-12,5	140,5
0°C	0	128
+5°C	+12,5	115,5
+10°C	+25	103
+15°C	+37,5	90,5
+20°C	+50	78
+25°C	+62,5	65,5
+30°C	+75	53

Taulukosta L1 nähdään, että suurimmillaan siirtymä hyötykuormista liikekeskiötä kohti on +117,3 mm ja siitä poispäin -137,8 mm. Liikemäärän kannalta mitoittavin kuormitusyhdistelmä on KRT_8a, jossa lämpötilakuorma on määräävä. Kuormien kokonaisliikemäärä on ääriasennosta toiseen laskien:

Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun (6.12.2017)

$$\begin{aligned}
& \min(|KRT_8a_{\min} (-137,8 \text{ mm})|, \text{Ennako (LT max)} - KV_{\text{puolet}} (+17 \text{ mm})) \\
& + 0,5 \times \text{Viruma (+50 mm)} + 0,5 \times \text{Kutistuma (+60 mm)} \\
& + KRT_8a_{\max} \\
& = 138,9 \text{ mm} + 55 \text{ mm} + 117,8 \text{ mm} \\
& = \mathbf{310,6 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

Tällöin asennuksen jälkeen, kun asennustemperatuurina oli +30°C, puolet virumasta ja kutistumasta on tapahtunut, silta on avattu liikenteelle sekä silta on pisimmillään, laite on auki:

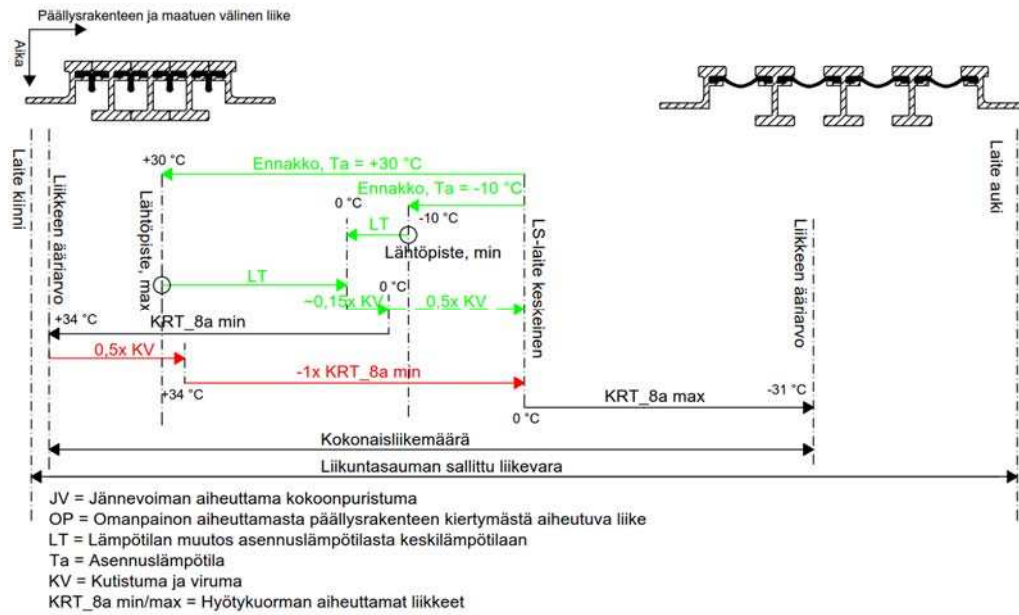
$$\begin{aligned}
& 53 \text{ mm} \\
& + KV_{\text{puolet}} (+17 \text{ mm}) \\
& + LM1_{\min} (-5,8 \text{ mm}) \\
& + \text{Tuuli}_{\min} (-12 \text{ mm}) \\
& + \Delta T (+4^\circ\text{C}) (-10 \text{ mm}) \\
& + \text{Lisävarmuus}_{\min} (-25 \text{ mm}) \\
& + \text{Maatuen liike}_{\min} (-10 \text{ mm}) \\
& = 7,2 \text{ mm.}
\end{aligned}$$

Edelleen, laite on suurimmillaan auki, kun viruma ja kutistuma ovat täysin tapahtuneet ja silta on lyhyimmillään:

$$\begin{aligned}
& 7,2 \text{ mm} \\
& + KV_{\text{loput}} (+55 \text{ mm}) \\
& + LM1_{\text{tot}} (+8,1 \text{ mm}) \\
& + \text{Tuuli}_{\text{tot}} (+24 \text{ mm}) \\
& + \Delta T_{\text{tot}} (+163 \text{ mm}) \\
& + \text{Lisävarmuus}_{\text{tot}} (+50 \text{ mm}) \\
& - \text{Maatuen liike}_{\min} (-10 \text{ mm}) \\
& = 317,3 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Liikuntasäätölaitteen tarvittavan liikevaran määrittää tässä tapauksessa tilanne, jossa puolet kutistumasta ja virumasta on kehittynyt ja hyötykuormat aiheuttavat maksimiiritymän pois päin liikekeskiöstä (kuvassa L3 punaisella värillä). Ennakon suuruus eri asennustemperatuurien ylä- ja alarajoilla on myös esitetty kuvassa L3 vihreällä värillä.

Kuva L2. Liikuntasaumalaitteen liikkeet



Kuvasta nähdään, että jos liikuntasaumalaitteen liike ei olisi asetettu ennakkolla keskeiseksi lämpötilassa 0 $^\circ\text{C}$, olisi voitu käyttää laitetta, jonka tarvittava liikevara on pienempi.

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-6648
ISBN 978-952-317-487-0
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto

Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus