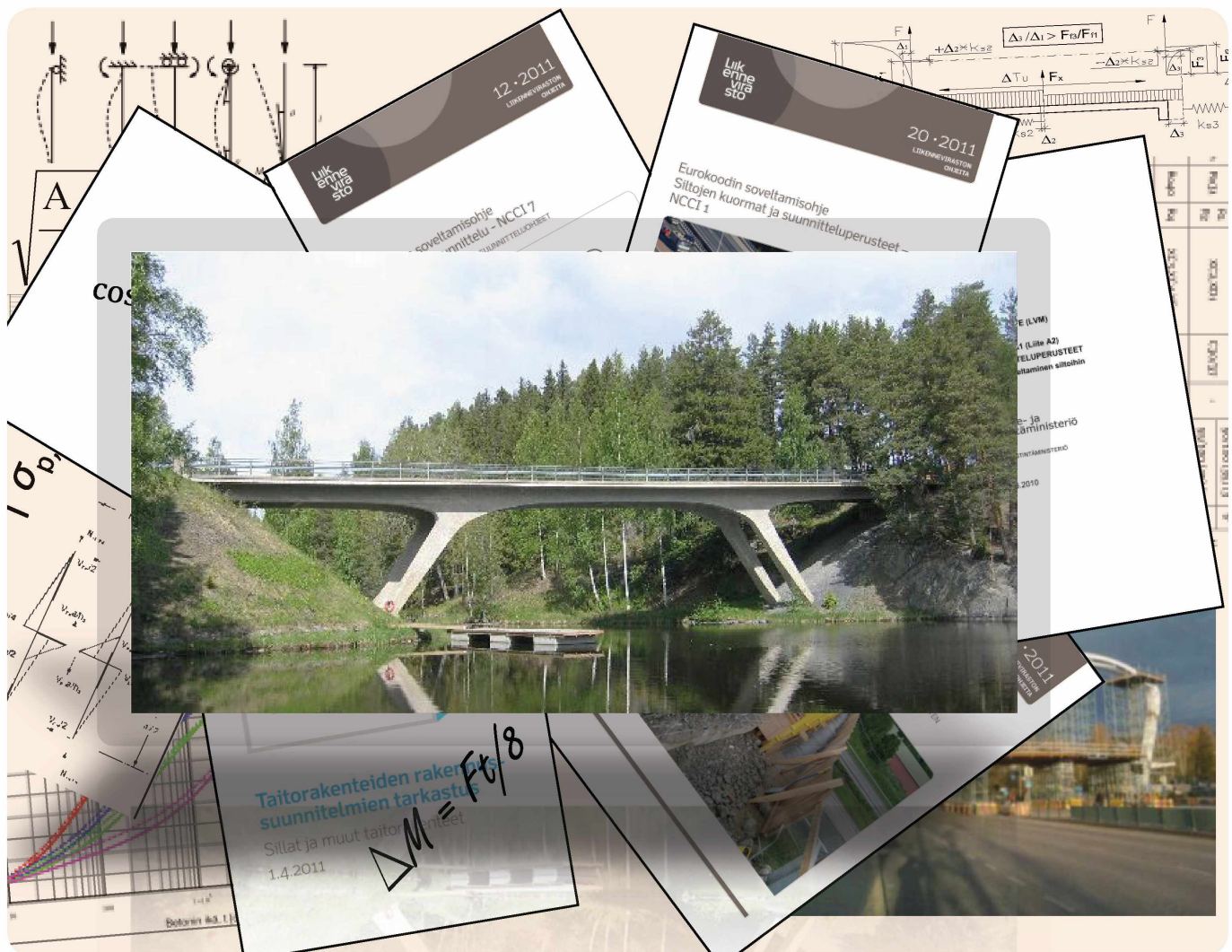


# Siltojen rakennelaskelmat

18.6.2012





# Siltojen rakennelaskelmat

18.6.2012

Liikenneviraston ohjeita 12/2012

*Kannen kuva: Heikki Lilja*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-146-7

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Väylätekniikkaosasto

Vastaanottaja

Säädösperusta  
Maantielaki, ratalaki

Korvaa/muuttaa  
Siltojen rakennelaskelmat (TIEH 2170002-92)

Kohdistuvuus  
Liikennevirasto

Voimassa  
1.7.2012 - toistaiseksi

Asiasanat  
sillat, suunnittelu, ohjeet,  
rakennelaskelmat, sillansuunnittelu,  
taitorakenteet, eurokoodi

## Siltojen rakennelaskelmat

Tässä ohjeessa esitetään yleiset vaatimukset ja ohjeet siltojen rakennelaskelmien laatimista varten. Ohje on sovellettavissa myös muiden taitorakenteiden rakennelaskelmien laatimiseen.

Ohjetta käytetään yleisiin teihin, ratoihin ja vesiväyliin liittyvien siltojen ja muiden taitorakenteiden suunnittelussa. Lisäksi ohjetta käytetään valtion avustusta saavien yksityisteiden siltojen ja taitorakenteiden suunnittelussa.

Ylijohtaja



Raimo Tapio

Johtaja



Markku Nummelin

LISÄTIETOJA  
Heikki Lilja  
Liikennevirasto  
puh. 020 637 3560

---

# Esipuhe

Ohjeen tavoitteena on ohjata rakennelaskelmien laatimista siltasuunnitelmien tarkastusmenettelyjen kehittyessä, sillä on tärkeää, että laskelmien sisältö yhtenäistyy. Näin aiheeseen perehtynyt henkilö pystyy lukemaan laskelmia sujuvasti ja ymmärtämään käytetyt rakennemallit ja mitoitusmenetelmät.

Ohjeen laadinnassa on pyritty ottamaan huomioon myös uudistuneiden laskentamenetelmien ja eurokoodien vaikutus. Osaltaan ohje pyrkii myös yhtenäistämään tie- ja raideliikenteen siltöjen rakennelaskelmia.

Tämän ohjeen ovat kirjoittaneet Antti Jussila ja Anssi Laaksonen A-insinöörit Suunnittelu Oy:stä. Työtä on ohjannut projektiryhmä, johon ovat kuuluneet Heikki Lilja ja Juha Noeskoski Liikennevirastosta. Kirjoitustyön kuluessa järjestettiin lausuntokierros, josta saadut lausunnot ja kommentit käsiteltiin ryhmän toimesta.

Helsingissä kesäkuussa 2012

Liikennevirasto  
Väylätekniikkaosasto

# Sisällysluettelo

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | JOHDANTO.....   | 7  |
| 1.1 | Yleistä.....  | 7  |
| 1.2 | Esitystapa ja sisältö.....                            | 7  |
| 1.3 | Viittaukset.....                                      | 8  |
| A   | LASKELMIEN YHTEENVETO.....                            | 9  |
| A.1 | Siltapaikka.....                                      | 10 |
| A.2 | Luokitukset.....                                      | 11 |
|     | A.2.1 Seuraamusluokan CC3 rakenteet.....              | 12 |
| A.3 | Kuvaus suunniteltavasta rakenteesta.....              | 13 |
| A.4 | Mitoitusperusteet.....                                | 14 |
|     | A.4.1 Ohjeet ja ohjelmistot.....                      | 14 |
|     | A.4.2 Päärakennusaineiden materiaaliominaisuudet..... | 14 |
|     | A.4.3 Kuormat.....                                    | 14 |
| A.5 | Rakenneanalyysit.....                                 | 15 |
|     | A.5.1 Rakennemallit.....                              | 15 |
|     | A.5.2 Kuormien sijoittelu.....                        | 15 |
|     | A.5.2.1 Pysyvät kuormat.....                          | 16 |
|     | A.5.2.2 Liikennekuorma.....                           | 16 |
|     | A.5.2.3 Muut muuttuvat kuormat.....                   | 16 |
|     | A.5.3 Kuormien yhdistely.....                         | 17 |
|     | A.5.4 Määrävimmit voimasuuret ja siirtymät.....       | 17 |
|     | A.5.5 Suuruusluokkatarkastelu.....                    | 18 |
| A.6 | Rakenneosien mitoituksen tiivistelmä.....             | 19 |
|     | A.6.1 Päällysrakenne.....                             | 19 |
|     | A.6.1.1 Betoninen päällysrakenne.....                 | 19 |
|     | A.6.1.2 Liittorakenteinen päällysrakenne.....         | 19 |
|     | A.6.1.3 Puinen päällysrakenne.....                    | 19 |
|     | A.6.1.4 Muut päällysrakenteet.....                    | 20 |
|     | A.6.2 Alusrakenne.....                                | 20 |
|     | A.6.2.1 Kallion- tai maanvaraiset perustukset.....    | 20 |
|     | A.6.2.2 Suurpaaluperustukset.....                     | 20 |
|     | A.6.2.3 Paaluryhmäperustukset.....                    | 21 |
|     | A.6.3 Erillistarkastelut.....                         | 21 |
| A.7 | Varusteet ja laitteet.....                            | 22 |
| A.8 | Rakentamiseen liittyvät tarkastelut.....              | 23 |
| B   | LASKELMAT.....  | 24 |
| B.5 | Rakenneanalyysit.....                                 | 25 |
| B.6 | Rakenneosien mitoitus.....                            | 26 |
|     | B.6.1 Päällysrakenne.....                             | 26 |
|     | B.6.1.1 Betoninen päällysrakenne.....                 | 26 |
|     | B.6.1.2 Liittorakenteinen päällysrakenne.....         | 26 |
|     | B.6.1.3 Puinen päällysrakenne.....                    | 27 |
|     | B.6.1.4 Muut päällysrakenteet.....                    | 28 |
|     | B.6.2 Alusrakenne.....                                | 28 |
|     | B.6.2.1 Kallion- tai maanvaraiset perustukset.....    | 28 |
|     | B.6.2.2 Suurpaaluperustukset.....                     | 28 |

---

|         |  |    |
|---------|--|----|
| B.6.2.3 | Paaluryhmäperustukset.....                             | 28 |
| C       | TÄYDENNYKSET JA TOTEUTUKSEN AIKAISET TARKASTELUT ..... | 29 |

LIITTEET

Liite 1 Dokumenttimalli "Laskelmien kansilehti"



# 1 Johdanto

## 1.1 Yleistä

Rakennelaskelmien tarkoituksena on osoittaa, että rakenteet on suunniteltu ohjeiden ja määräysten mukaisesti riittävän pätevien henkilöiden toimesta, jolloin rakenteiden voidaan olettaa olevan turvallisia käyttää ja niiden pitkäaikaiskestävyys täyttää vaatimukset.

Ohjeessa esitetään Liikenneviraston siltojen rakennelaskelmien laatimisperiaatteet, jotka ovat sovellettavissa myös muiden taitorakenteiden rakennelaskelmien laatimiseen. Tätä ohjetta käytetään myös korjaussuunnittelun rakennelaskelmien yhteydessä. Ohje on vapaasti myös muiden organisaatioiden käytettävissä.

Rakennussuunnitelmien tarkastusmenettelyjen muutoksesta johtuen on tärkeää, että rakennelaskelmat ovat perusrakenteeltaan yhtenevät. Rakennelaskelmien tarkastaminen nopeutuu, kun laskelmista saa nopeasti kattavan yleiskuvan.

## 1.2 Esitystapa ja sisältö

Rakennelaskelmien esitystapa ja sisältö tulee olla niin selkeä, että aiheeseen perehtynyt henkilö pystyy lukemaan laskelmia sujuvasti ja ymmärtää käytetyt rakennemallit ja mitoitusmenetelmät. Tekstin koko, riviväli ja yleinen asettelu valitaan siten, että laskelmat ovat yksiselitteiset ja helposti luettavissa.

Laskelmat laaditaan A4 kokoon ja niistä tehdään erilliset pdf-tiedostot, osa A: Laskelmien yhteenveto ja osa B: Laskelmat. Myöhemmin laskelmiin voidaan liittää osa C: Täydennykset ja toteutuksenaikaiset tarkastelut.

Osa A tehdään kaikista silloista ja sen esitystapa kuvataan tässä ohjeessa. Tarvittaessa viitataan laskelmien osaan B tai laskelmien liitteisiin. Tarkoitus on, että osaan A tutustumalla saa luotettavan kuvan laskelmien kattavuudesta ja oikeellisuudesta. Osassa A esitetään kohdetta koskevat perustiedot, rakennemallit, mitoitusmenetelmät sekä tärkeimpien rakenneosien mitoitus tiiviissä muodossa.

Osa B tehdään kaikista tarkastusluokkiin 3 ja 4 kuuluvista silloista (*Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastus*). Osassa B esitetään kattavasti eri rakenteiden mitoituksessa käytettävät menetelmät ja laskentakaavat.

Osassa C, joka tehdään tarvittaessa, esitetään mahdolliset muutokset rakennelaskelmiin sekä toteutuksenaikaiset tarkastelut. Osassa C viitataan, minkä kohdan (sivu, kappale jne.) ne korvaavat tai mitä kohtia ne täydentävät alkuperäisistä laskelmista.

Rakennelaskelmissa esitetään tekstin yhteydessä tarpeellisessa laajuudessa kuvia, piirroksia ja taulukoita. Mitoitusohjelmista saatuja pitkiä tulosteita ei esitetä tekstin yhteydessä, vaan ne sisällytetään rakennelaskelmiin liitteinä.

Laskelmien tuottamiseen käytetty sähköinen lähtöaineisto on säilytettävä ja pyydetessä toimitettava tilaajalle.

Rakennelaskelmien eri osat varustetaan aina kansilehdellä, jossa esitetään hankkeen ja sillan nimi, sillan jännemitat, kokonaispituus, hyötyleveys, vinous ja mitoituskuorma. Lisäksi kansilehdessä esitetään suunnittelijan nimi, yhteystiedot, sisäisen tarkastajan nimi ja tieto siitä onko laskelmien osa B tehty. Kansilehdessä esitetään myös *Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastus* -ohjeen mukainen tarkastusluokka sekä laskelmien tarkastaja ja hyväksyjä. Kansilehti tehdään liitteessä 1 esitetyn mallin mukaisesti.

Kansilehden jälkeen seuraa sisällysluettelo. Osan A sisällysluettelon pitää noudattaa tämän ohjeen numerointia ja otsikointia. Alaotsikkoja voi lisätä tarpeen mukaan. Osan B sisältö ja otsikointi voidaan valita vapaammin, mutta pyrkimyksenä on noudattaa tämän ohjeistuksen osan B pääotsikointia. Sisällysluetteloissa mainitaan myös laskelmiin mahdollisesti kuuluvat liitteet.

Sivut numeroidaan juoksevilla numerolla alkaen kansilehdestä. Sillan nimi, laskelmien osa, laatijan nimikirjaimet, sivun numero ja kokonaissivumäärä esitetään sivun ylätunnisteessa.

## 1.3 Viittaukset

Tässä ohjeessa viitataan Liikenneviraston soveltamisohjeisiin. Soveltamisohjeista käytetään seuraavia lyhenteitä:

*NCCI 1*: ”Eurokoodin soveltamisohje Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1”

*NCCI 2*: ”Eurokoodin soveltamisohje Betonirakenteiden suunnittelu – NCCI 2”

*NCCI 4*: ”Eurokoodin soveltamisohje Teräs- ja liittorakenteiden suunnittelu – NCCI 4”

*NCCI 5*: ”Eurokoodin soveltamisohje Puurakenteiden suunnittelu – NCCI 5”

*NCCI 7*: ”Eurokoodin soveltamisohje Geotekninen suunnittelu – NCCI 7”

## A Laskelmien yhteenveto

Laskelmien yhteenvedossa kuvataan lyhyesti suunnittelukohde esittelemällä silta-paikka, suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavat luokitukset, sillan perustiedot ja mitoitusperusteet sisältäen mm. suunnittelussa käytetyt ohjeet, ohjelmistot, päära-kennusaineiden materiaaliominaisuudet ja kuormat.

Päällys- ja alusrakenteen osalta esitetään lyhyesti rakenneanalyysit rakennemallei-neen, kuormien sijoittelu ja yhdistelyt, määräävimmit voimasuuret ja siirtymät sekä suuruusluokkatarkastelut. Lisäksi esitetään rakenneosien mitoituksen tiivistelmä erikseen päällys- ja alusrakenteiden osalta sisältäen tarvittavat erillistarkastelut.

## A.1 Siltapaikka

Esitellään siltapaikka ja siltapaikalla kulkevat väylät ja niiden geometriat. Tarvittaessa kuvataan suunnittelussa tarvittavia lisätietoja.

Kuvataan siltapaikan pohjaolosuhteet. Tarvittaessa kuvataan siltapaikalla tehtyjä tutkimuksia sekä vesistösiltoihin liittyviä vedenpinnan korkeuksia ja lupa-/lausuntoasioita.

## A.2 Luokitukset

Tässä luvussa esitetään kootusti sillan mitoittamiseen ja rakentamiseen oleellisesti vaikuttavat luokat ja luokitukset. Siltaan kohdistuvista luokista ilmoitetaan vain ne, jotka ovat rakennelaskelmien ja rakenteen toteuttamisen kannalta oleellisia. Rakenteet toteutetaan eurooppalaisten toteutusstandardien (EN 1090-2 ja EN 13670) sekä InfraRYL:n mukaan.

Tärkeimmät luokitukset ovat:

- Seuraamusluokka
  - siltarakenteiden seuraamusluokka on yleensä CC2, jolloin tarkempia toimenpiteitä ei tämän suhteen tarvitse yleensä esittää. Seuraamusluokan CC3 yhteydessä laaditaan kappale A.2.1.
- Rakennusmateriaalikohtaiset luokat (voidaan esittää myös kappaleessa A.4.2.).
  - Teräksen toteutusluokat *NCCI 4* ja EN 1090-2 mukaisesti.
  - Betonin toteutus-, toleranssi- ja rasitusluokat *NCCI 2* ja EN 13670 mukaisesti.
  - Puun aika- ja käyttöluokat *NCCI 5 mukaisesti*.
- Väsymismitoitukseen liittyvät luokitukset
  - Tieliikenteen sillalla liikenteen luokka ja tyyppi, ks. *NCCI 1*.
  - Väsymismitoituksen otaksumat, ks. *NCCI 4*.
  - Raideliikenteen koostumus *NCCI 1* kappaleen H.13 mukaisesti. Mikäli raideliikenteen sillalla tehdään erillinen väsymisanalyysi (esim.  $\lambda$ -kertoimien määrittämiseksi) ilmoitetaan väsymisanalyysissä käytettävät mitoitusjunatyypit ja niiden yhdistelmät kappaleessa A.4.2.
- Pohjarakenteita koskevat luokitukset esitetään tarvittaessa tukikohtaisesti. Näitä luokkia ovat mm. geotekninen luokka ja paalutustyöluokka.
- Siltapaikkaluokka, ks. Siltapaikkojen luokitus -ohje.
- Talvihoitoluokka (ylittävän/alittavan suolatun tieväylän yhteydessä), ks. Liikenneviraston talvihoidon kartta tai hankekohtaiset suunnitteluperusteet. Liikenteen määrä (kvl).
- Rautatiesilloilla esitetään kunnossapitoluokka ja väylän tiedot sillan kohdalla (mm. suurin sallittu nopeus ja raidegeometria sillalla).
- Muut sillan suunnitteluun vaikuttavat luokitukset.

## A.2.1 Seuraamusluokan CC3 rakenteet

Seuraamusluokan CC3 käytöstä päätetään hankekohtaisesti yhdessä Liikenneviraston silta-asiantuntijan kanssa. Seuraamusluokan CC3 edellyttämiä toimenpiteitä sillalle/rakenneosille voivat olla mm.:

- Kuormakertoimen  $K_{FI} > 1,0$  käyttö, ks. *NCCI 1* kappale F.3.
- Toteutusluokan korotukset kriittisissä rakenneosissa (yleensä teräsrakenteissa), ks. *NCCI 4*.
- Työnaikaisen valvonnan tason korottaminen (esim. tiennetyt tarkastukset ja/tai rakenteiden monitorointi).
- Käytönaikaisen tarkastuksen tason korottaminen (esim. kriittisten rakenneosien tarkemittaukset).
- Vaurionsietokyvyn varmistaminen
  - Vaurioherkkien rakenteiden suojaaminen törmäystä vastaan siten, että seuraamukset voidaan luotettavasti välttää tai seuraamuksia pienentää.
- Mikäli hankkeen yhteydessä on tehty riskianalyysi, niin se lisätään rakennelaskelmien liitteeksi.

Lisäksi rakennelaskelmissa voidaan viitata rakennussuunnitelmien tarkastuksen yhteydessä tehtäviin erillisiin suunnitteluorganisaatiosta riippumattomiin vertailulaskelmiin. Tämä on sidoksissa myös rakennussuunnitelmien tarkastustasoon, ks. suunnitelman luokitus ohjeesta *Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastus* kappale 3.5.

## A.3 Kuvaus suunniteltavasta rakenteesta

Sillan perustietoina esitetään mm. siltatyypä, sillan päämitat sekä kuvataan sillan rakenteellista toimintaa päällysrakenteen ja alusrakenteen osalta.

Päällysrakenteen osalta esitetään rakennejärjestelmä, poikkileikkaus, jännemitat, rakennekorkeus sekä hoikkuus (jännemitan suhde rakennekorkeuteen).

Alusrakenteen osalta esitetään perustamistapa sekä perustamistavan ja laakeroinnin valintaperusteet. Tarvittaessa vertaillaan eri perustamistapoja.

Erytisesti rautatiesilloissa esitetään myös sillan työtapasuunnitelmissa esitetyt rakentamisen päävaiheet, jotka on otettava huomioon mitoituksessa.

Esitetään myös ne sillan rakentamisen päävaiheet, jotka on otettava huomioon mitoituksessa (esim. sivusta siirrettävissä alikulkusilloissa siirtoradan sijainnin vaikutus kannen rasitukseen johtuen poikkeavasta tuennasta lopulliseen rakenteeseen verrattuna). Tämä koskee myös kaikkia siltoja, joiden rakentamisessa käytetään muuta kuin perinteistä paikallavalutekniikkaa.

Perustellaan muuttuneet ratkaisut ja esitetään tilaajan hyväksyntä, mikäli rakenne poikkeaa aikaisempien suunnitteluvaiheiden ratkaisuista.

Tässä kappaleessa esitetään myös vähintään sillan sivukuva ja yksi poikkileikkauskuva. Tarvittaessa voidaan esittää myös sillan tasokuva ja useampia poikkileikkauskuvia.

## A.4 Mitoitusperusteet

### A.4.1 Ohjeet ja ohjelmistot

Esitetään sillan rakennelaskelmien laatimisessa käytetyt:

- Suunnittelustandardit ja niiden kansalliset liitteet.
- Suunnitteluohjeet ja niiden versiot.
- Hankekohtaiset suunnitteluperusteet ja tuotevaatimukset.
- Mallintamisessa ja mitoituksessa käytetyt ohjelmat ja niiden versiot.
- Muut lähteet, kuten yleiset suunnitteluperusteet.
- Tavanomaisesta poikkeavat käytännöt ja niiden perustelut sekä hyväksymisajankohta.

Jos poiketaan voimassa olevasta ohjeistuksesta, niin asiasta pitää sopia sillansuunnittelusta vastaavan Liikenneviraston silta-asiantuntijan kanssa.

### A.4.2 Päärakennusaineiden materiaaliominaisuudet

Esitetään taulukkomuodossa eri rakenneosissa käytettävät materiaalit, niiden ominaisuudet, käytetyt osavarmuusluvut sekä muut rakenteiden luotettavuuteen vaikuttavat materiaali-kohtaiset luokat.

### A.4.3 Kuormat

Tähän kohtaan liitetään ominaistietokortin osa B0, josta selviää mitoituksessa huomioon otettavat kuormat. Kuormien suuruus ja sijoittelu rakennemalliin esitetään kappaleessa 5.2.



## A.5 Rakenneanalyysit

### A.5.1 Rakennemallit

Kuvataan kokonaisuuden mitoituksessa käytetty päärakennemalli sekä yksityiskohtien mitoituksessa käytetyt rakennemallit.

Rakennemallista esitetään havainnekuva, josta ilmenee rakennemallin ulottuvuudet (2D vai 3D), koordinaatistot ja elementtijako. Lisäksi esitetään elementtityypit, tukiehdot ja liitoksien mallinnusperiaatteet. Jos kohteessa on käytetty useita rakennemalleja, niin esitetään mihin eri malleja on käytetty ja miten eri rakennemallien tuloksia on yhdistelty.

Rakenteen ja maan yhteistoiminnan ottaminen huomioon rakennemalleissa on esitettävä. Näitä asioita ovat mm. paalujen sivuvastus, päätypalkin ja –penkereen välinen yhteistoiminta. Mikäli siltakohteesta tehdään silta-, rata- ja maarakenteen yhteistoimintaa (rail-track interaction) koskevia analyysejä on niiden otaksumat esitettävä. Rakenteen ja maan yhteistoiminnan vaikutukset voidaan ottaa huomioon joko rakennemallin tuentaehdoissa tai erillisinä kuormina. Nämä asiat voidaan esittää myös kappaleessa A.5.2.3.

Kuvataan rakennemallien poikkileikkausarvoihin vaikuttavia asioita, esim. palkin toimiva leveys, teräsputkipaalun syöpymävara tai hitsattujen teräspalkkien levyjako.

Arvioidaan kuinka hyvin käytetyt rakennemallit soveltuvat tarkasteltavaan siltarakenteeseen ja mitkä ovat tärkeimmät rajaukset, oletukset ja epävarmuustekijät.

Rakennemalleja voidaan esittää yksityiskohtaisemmin laskelmien osassa B. Jos rakenteelle on tehty normaalia kattavampia analyysejä, esim. tuuli-, värähtely-, influenssi- tai toisen kertaluvun analyysit, esitetään mallien kuvaus osassa B.

Rakennemallit laaditaan yleensä lineaariseen kimmoteoriaan perustuen. Epälineaarisia malleja käytetään kun muodonmuutokset ovat suuria tai kun tarkasteltavan ilmiön luotettava kuvaaminen vaatii epälineaarisuuden ottamista huomioon. Epälineaarisia malleja käytettäessä on otettava huomioon, että superpositioperiaate ei sellaisenaan ole voimassa, joten kuormien yhdistelyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota.

### A.5.2 Kuormien sijoittelu

Tässä kappaleessa esitetään lyhyesti käytetyt kuormat ja niiden sijoittelu rakennemalleihin. Kuormien yksityiskohtainen laskenta ja määrittäminen voidaan tarvittaessa esittää laskelmien osassa B.

Rakentamisen aikana siltaan voi kohdistua erilaisia kuormituksia kuin varsinaisen käytön aikana. Kuormia voi aiheuttaa esimerkiksi siirrettävän sillan rakentamisaikainen tukeminen ja siirtäminen tai raskaiden maansiirtokoneiden aiheuttama väsyttävä kuormitus. Myös tämäntyyppiset kuormat pitää ottaa huomioon.

### A.5.2.1 Pysyvät kuormat

Kuvataan miten rakenteiden omat painot on mallinnettu ja mitä materiaalien tilavuuspainoja on käytetty. Lisäksi esitetään siltaan kiinnitettävien kaiteiden, pylväiden ja muiden laitteiden aiheuttamat kuormitukset.

Esitetään virumaluvun ja kutistuman laskennassa käytetyt oletukset ja lopputulokset. Vaiheittain rakennettaessa esitetään miten kutistuman vaikutukset on otettu huomioon esim. valusaumojen kohdilla tai sivusta siirrettävissä silloissa.

Lepopaineen laskennasta esitetään lähtöarvot, mitoitusperusteet ja lopputulokset. Kuvataan miten maakerrosrajat, pohjavedenpinta ja luiskien muodot on otettu huomioon sekä mihin rakenneosiin lepopaine vaikuttaa.

Tässä kappaleessa esitetään myös jännitettyjen siltojen jännittämismenetelmä, jännegeometrioiden periaatteet, keskiöetäisyydet, jänteiden määrät sekä keskeisimmät ominaisuudet. Kuvataan jännehäviöiden laskentaa ja esitetään miten jännevoima ja sen aiheuttamat pakkovoimat on otettu huomioon eri rakennemalleissa ja voimasuureissa.

### A.5.2.2 Liikennekuorma

Liikennekuormien osalta on oleellista esittää kuormakaavioiden sijoittelu sillan pituus- ja poikkisuunnassa. Esitetään miten vaakasuuntaiset liikennekuormat on otettu huomioon ja miten ne on sijoitettu rakennemalleihin.

Kuvataan mitä kuormakaaviota on käytetty liikennekuorman aiheuttamien maanpainneiden määrittämisessä sekä esitetään maanpaineen suuruus. Lisäksi esitetään rakenneosiin kohdistuvan liikennekuorman maanpaineen intensiteetti.

### A.5.2.3 Muut muuttuvat kuormat

Esitetään sillan ylin ja alin keskilämpötila, oletettu valulämpötila, rakenneosien ja rakenteiden pintojen väliset lämpötilaerot ja näiden kuormien sijoitus rakennemalliin.

Passiivipaineen osalta esitetään miten passiivipaineen suuruus on määritetty sekä missä suunnassa ja mihin rakenneosiin passiivipaine vaikuttaa. Mikäli passiivipaineella ei ole suurta vaikutusta, voidaan se ottaa huomioon mitoituksessa myös täysimääräisenä. Nämä asiat voidaan esittää myös kappaleessa A.1.1.

Esitetään tuulikuorman, jääkuorman ja onnettomuuskuormien määrittämisperusteet, kuormien suuruudet ja niiden sijoittelu rakennemalliin.

Myös muista mahdollisista kuormista esitetään kuormien määrittämisperusteet sekä miten kuormat on sijoitettu rakennemalliin.

Tässä kappaleessa esitetään myös tilaajan kanssa hankekohtaisesti sovitut tavantomaisesta poikkeavat kuormitukset, niiden perusteet ja hyväksyntä.

## A.5.3 Kuormien yhdistely

Kuormien yhdistelyt tehdään Liikenneviraston ohjeen *NCCI 1* mukaisesti. Yhdistelyissä käytetään kyseisen ohjeen liitteen 1 taulukoita ja taulukoiden mukaista kuormitus-tapausten numeroointia.

Laskelmissa esitetään selvästi mitkä kuormat vaikuttavat samanaikaisesti ja miten kuormituksen eri osia esim. lämpötilakuormat tai maanpaineet on yhdistelty.

## A.5.4 Määrävimmit voimasuureet ja siirtymät

Tärkeimmät voimasuureet esitetään kuvaajina ja/tai taulukkomuodossa. Esitystavan on oltava yksinkertainen ja selkeä.

Päällysrakenteen osalta on esitettävä voimasuureet vähintään määrävistä kenttä- ja tukipoikkileikkauksista taulukkomuodossa eriteltynä eri kuormitustapauksiin. Taulukossa esitetään myös kussakin rajatilassa määrävien kuormitusyhdistelmän numero. Näin saadaan selkeä kuva eri kuormitusten merkittävydestä ja tarvittaessa yhdistelyn voi tarkastaa käsinlaskennalla. Taulukossa 1 on esimerkki päällysrakenteiden määrävimpien voimasuureiden esittämisestä.

Taulukko 1, päällysrakenteen määrävät voimasuureet

|                                | Kenttä 1      | Tuki 2         | Kenttä 2       | Tuki 3         | Kenttä 3       |     |
|--------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
|                                | min           | max            | min            | max            | min            |     |
|                                | <b>x=8.0m</b> | <b>x=17.0m</b> | <b>x=28.0m</b> | <b>x=39.0m</b> | <b>x=47.0m</b> |     |
|                                | <b>My</b>     | <b>My</b>      | <b>My</b>      | <b>My</b>      | <b>My</b>      |     |
| Omapaino                       | -1239         | 4383           | -3237          | 4044           | -711           | kNm |
| Jännevoima T=0                 | 3235          | -4769          | 4811           | -4624          | 2448           | kNm |
| Jännevoima T=∞                 | 2768          | -4115          | 4128           | -4001          | 2112           | kNm |
| gr1a, Telit                    | -2553         | 2004           | -2941          | 2061           | -2314          | kNm |
| gr1a, UDL                      | -853          | 1467           | -1162          | 1402           | -721           | kNm |
| gr2                            | -2442         | 2145           | -2700          | 2148           | -2167          | kNm |
| gr5                            | -3071         | 3725           | -4118          | 3777           | -2576          | kNm |
| Fwk Tuulikuorma                | -0.1          | 0.4            | 0              | 0.4            | -0.1           | kNm |
| Tk Lämpötilakuormat            | -999          | 847            | -1128          | 827            | -1006          | kNm |
| TLEP Liikennekuorman maanpaine | -46           | 9              | -80            | 13             | -8             | kNm |
| ULS (T=∞)                      | -4484         | 6795           | -6618          | 6483           | -3931          | kNm |
| Määrävä kuormitusyhdistelmä    | <b>1</b>      | <b>1</b>       | <b>1</b>       | <b>1</b>       | <b>1</b>       |     |
| Frequent (T=∞)                 | -1227         | 2785           | -2344          | 2564           | -1127          | kNm |
| Määrävä kuormitusyhdistelmä    | <b>1b</b>     | <b>1b</b>      | <b>1b</b>      | <b>1b</b>      | <b>1b</b>      |     |
| Quasi-Permanent (T=∞)          | 772           | 1128           | -21            | 875            | 681            | kNm |
| Määrävä kuormitusyhdistelmä    | <b>1c</b>     | <b>1c</b>      | <b>1c</b>      | <b>1c</b>      | <b>1c</b>      |     |

Pilareiden ja suurpaalujen osalta esitetään kaikilta tukilinjoilta vähintään yhden määrävien poikkileikkauksen osalta maksimi- ja minimimomentit/-normaalivoimat, sekä näitä vastaavat muut voimasuureet (esimerkki taulukossa 2). Lisäksi esitetään momentin verhoikäyrä/-käyrät jokaiselta tukilinjalta.

Taulukko 2, pilarin/paalun määrävät voimasuureet

| T2 Pilarin yläpää |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|
|                   | F     | Mx    | My    |
| <b>Fmax</b>       | -1671 | 744   | -110  |
| <b>Fmin</b>       | -5815 | 200   | -895  |
| <b>Mxmax</b>      | -4349 | 2032  | -335  |
| <b>Mxmin</b>      | -3580 | -1479 | -255  |
| <b>Mymax</b>      | -4480 | -158  | 1164  |
| <b>Mymmin</b>     | -4338 | 751   | -1170 |

Kallion- tai maanvaraisen sekä paaluryhmän varaan perustetun tuen osalta esitetään voimasuureet ohjeen *NCCI 7* liitteen 8 taulukoiden 1, 7 ja 13 mukaisesti. Voimasuureet esitetään vähintään yhdeltä tuelta jokaiselta tukilinjalta, nämä voidaan esittää myös kappaleessa A.6.2.

## A.5.5 Suuruusluokkatarkastelu

Rakennemalleista saadut tärkeimmät voimasuureet tarkastetaan käsin laskien ja tarvittaessa toisella mitoitusohjelmalla. Tuloksia verrataan rakennemallista saatuihin vastaaviin tuloksiin ja merkittävät poikkeamat ja epätarkkuudet perustellaan, jos niitä on. Yksinkertaisissa rakenteissa vertaillaan esimerkiksi alusrakenteiden osalta tukireaktioita sekä päällysrakenteen osalta tuki- ja kenttämomenttia. Vaativammissa rakenteissa tehdään kattavampia vertailuja.

Vertailut esitetään taulukkomuodossa, josta ilmenee eri menetelmillä saadut voimasuureet, niiden erot ja perustelut/kommentit.

Suunnittelija arvioi päällysrakenteen materiaalimenekkejä ja rakenteiden dimensioita ja vertaa niitä aiemmin suunniteltuihin vastaaviin kohteisiin. Alusrakenteiden osalta suunnittelija arvioi rakenteiden dimensioita.

## A.6 Rakenneosien mitoituksen tiivistelmä

### A.6.1 Päällysrakenne

#### A.6.1.1 Betoninen päällysrakenne

Betonisen päällysrakenteen osalta esitetään mitä poikkileikkauksia on tarkasteltu ja millä perusteella nämä tarkasteltavat poikkileikkaukset on valittu.

Esitetään muutaman määrävimmän poikkileikkauksen (esim. tuelta ja kentästä) mitoitus eri rajatiloissa. Muiden poikkileikkausten mitoitus esitetään osassa B.

Kuvataan mitä suureita kussakin mitoitusilanteessa on tarkasteltu (esim. jännitys, venymä, taipuma, yms.). Esitetään raja-arvot tarkasteltaville suureille ja verrataan tuloksia raja-arvoihin. Liikenneviraston ohjeissa *NCCI 1* sekä *NCCI 2* on esitetty eri rajatiloissa tarkasteltavat suureet.

Esitetään pääterästen katkaisupituuksien määrittämisen periaatteet sekä tarkistetaan, että minimirauhoitusehdot täyttyvät kaikissa kohdissa. Jos tukimomenteja on pyöristetty, niin esitetään pyöristykseen periaatteet ja missä rajatiloissa pyöristystä on käytetty.

Leikkaus ja lävistysmitoituksen osalta esitetään millä etäisyydellä teoreettisesta tukilinjasta mitoitus on tehty.

#### A.6.1.2 Liittorakenteinen päällysrakenne

Liittorakenteisen päällysrakenteen osalta esitetään mitä poikkileikkauksia on tarkasteltu ja millä perusteella nämä tarkasteltavat poikkileikkaukset on valittu. Lisäksi esitetään mitä mitoituksia on tehty koko rakenteen mitalla.

Esitetään muutaman määrävimmän poikkileikkauksen mitoitus eri rajatiloissa. Muiden poikkileikkausten sekä liitosten ja detaljien mitoitus esitetään osassa B. Esitetään liittimien mitoituksen periaatteet sekä liittimien käyttöaste koko rakenteen mitalla.

Kuvataan mitä suureita kussakin mitoitusilanteessa on tarkasteltu (esim. jännitys, venymä, taipuma, yms.). Esitetään raja-arvot tarkasteltaville suureille ja verrataan tuloksia raja-arvoihin. Liikenneviraston ohjeissa *NCCI 1* ja *NCCI 4* on esitetty eri rajatiloissa tarkasteltavat suureet.

Esitetään miten rakenneosien asennusjärjestys ja -menetelmä, kannen valujärjestys sekä päällysrakenteen telinesuunnittelu on otettu huomioon mitoituksessa.

Esitetään värähtely- ja väsymysmitoituksen periaatteet ja tärkeimmät tulokset.

#### A.6.1.3 Puinen päällysrakenne

Puisen päällysrakenteen osalta esitetään mitä poikkileikkauksia on tarkasteltu ja millä perusteella nämä tarkasteltavat poikkileikkaukset on valittu. Lisäksi esitetään mitä mitoituksia on tehty koko rakenteen mitalla.

Esitetään muutaman määrävimmän poikkileikkauksen mitoitus eri rajatiloissa. Muiden poikkileikkausten sekä liitosten ja detaljien mitoitus esitetään osassa B.

Kuvaillaan mitä suureita kussakin mitoitustilanteessa on tarkasteltu (esim. jännitys, venymä, taipuma, yms.). Esitetään raja-arvot tarkasteltaville suureille ja verrataan tuloksia raja-arvoihin. Liikenneviraston ohjeissa *NCCI 1* sekä *NCCI 5* on esitetty eri rajatiloissa tarkasteltavat suureet.

Esitetään värähtelymitoituksen periaatteet ja tärkeimmät tulokset.

#### **A.6.1.4 Muut päällysrakenteet**

Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi köysirakenteet, ristikkorakenteet ja avtavat rakenteet. Lisäksi tähän ryhmään kuuluvat tavanomaisesta poikkeavalla rakentamismenetelmällä esim. ulokemenetelmällä rakennettavat sillat.

Näiden päällysrakenteiden osalta yksittäisten poikkileikkausten mitoituksen esittäminen ei anna kattavaa kuvaa mitoituksen luotettavuudesta. Päällysrakennetta pitää käsitellä kokonaisuutena ja laskelmissa esitetään myös liitoksien ja detaljien mitoitus.

Laskelmat voidaan esittää kokonaisuutena osassa B.

## **A.6.2 Alusrakenne**

Alusrakenteiden osalta esitetään mitoituksessa yleisesti käytetyt periaatteet sekä esimerkkinä yhden tuen mitoitus. Jos rakenteessa on käytetty erilaisia perustamistapoja eri tuilla, niin kunkin perustamistavan osalta esitetään yksi esimerkki. Mitoituksen yhteydessä esitetään myös pystyrakenteen (esim. pilari tai seinä) mitoitus. Muiden tukien mitoitus esitetään laskelmien osassa B.

Esitetään selkeästi missä rajatiloissa tarkastelut on tehty ja mitä mitoitustapaa on käytetty (DA2 / DA2\*). Kunkin tuen kohdalla esitetään myös, mikä kuormitustilanne on mitoittanut rakenteet (esim. jääkuorma tai törmäyskuorma).

#### **A.6.2.1 Kallion- tai maanvaraiset perustukset**

Kallion- tai maanvaraisien perustuksien osalta esitetään rakenteellinen ja geotekninen mitoitus. Mitoituksesta pitää käydä ilmi mitä tarkasteluja on tehty ja mitä menetelmiä tarkasteluissa on käytetty. Esitetään mitoituksessa käytetyt olettamukset, esim. pohjapaineen jakautuminen peruslaatan alla tai kitkakertoimen suuruus. Mitoitusta on käsitelty *NCCI 7* kappaleessa 5.1 ja liitteessä 8.

#### **A.6.2.2 Suurpaaluperustukset**

Suurpaalujen osalta esitetään normaalivoima- ja taivutusmitoituksen lisäksi epäkeskisyksien laskennan periaatteet sekä esitetään miten paalujen sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat sekä korroosiovara on otettu huomioon mitoituksessa. Lisäksi tarkistetaan paalun geotekninen puristuskestävyys ja varmistetaan, että puristuskestävyys on mahdollista osoittaa PDA-mittauksella. Esitetään vedettyjen paalujen vetokestävyyden ja ankkuroinnin mitoitus. Suurpaalun mitoitusta on käsitelty *NCCI 7* kappaleessa 5.2.

### A.6.2.3 Paaluryhmäperustukset

Esitetään miten pysty- ja vinopaalujen määrä on valittu. Esitetään paalun puristuskestävyyden mitoitus ja verrataan paalukuormia kestävyteen. Esitetään vedettyjen paalujen vetokestävyden ja ankkuroinnin mitoitus. Mitoitusta on käsitelty *NCCI* 7 kappaleessa 5.2.2.5 ja liitteessä 8. Esitetään miten paalujen sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat on otettu huomioon mitoituksessa.

## A.6.3 Erillistarkastelut

Tässä kappaleessa esitetään sillan yksityiskohtien ja erillisten rakenneosien mitoitus. Näille tarkasteluille on tyypillistä, että voimasuureet lasketaan käsin tai erillisten rakennemallien avulla. Seuraavassa on esitetty tyypillisimpiä erillistarkasteluja.

Jännepalkin pään halkaisuraudoitus: Esitetään mitä jännevoiman arvoa ja varmuuslukua mitoituksessa on käytetty. Tarkistetaan ankkureiden väliset keskiöetäisyydet ja reunaetäisyydet. Esitetään mitä oletuksia jännevoiman jakautumisessa on käytetty ja mille alueelle mitoitettu rauditus sijoitetaan sekä tarkistetaan raudotteiden ankkurointipituudet. Esitetään jännittämisjärjestys.

Jännevoiman jakautuminen sillan päässä: Esitetään mitä jännevoiman arvoa ja varmuuslukua mitoituksessa on käytetty. Kuvataan periaatteet miten voiman oletetaan jakautuvan sekä esitetään mihin rakenteen pintoihin ja mille alueelle mitoitetut rauditukset sijoitetaan.

Laattapalkin reunaulokkeen mitoittaminen: Kuvataan tarkemmin kuormien sijoittelua reunaulokkeella ja esitetään yhdessä poikkileikkauksessa tehdyt mitoitukset. Esitetään mihin pintoihin mitoitetut teräkset sijoitetaan ja miten niiden tartuntapituudet on määritetty. Varmistetaan ulokkeen yläpinnan teräksen ja palkkiosan vääntöhaan yhteistoiminta. Leikkausraudoittamattoman reunaulokkeen juuren vähimmäispaksuus voidaan valita *NCCI* 2 kappaleen 5.11.1 mukaisesti, jolloin ei tarvita erillistä leikkausmitoitusta. Esitetään myös ulokkeen osalle tulevien sillan pituussuuntaisten terästen valintaperusteet.

Siipimuurien mitoitus: Siipimuurit voidaan mitoittaa erillään varsinaisesta rakennemallista. Mitoituksessa esitetään mitä kuormia on otettu huomioon ja miten ne vaikuttavat rakenteeseen. Tarvittaessa esitetään sillan vinouden ja passiivipaineen huomioon ottaminen mitoituksessa. Esitetään mihin pintoihin ja mille alueelle valitut rauditukset sijoitetaan.

Päätypalkin mitoitus: Myös päätypalkki voidaan mitoittaa erillään varsinaisesta rakennemallista. Mikäli näin tehdään pitää varmistaa sillan päädyn toiminta kokonaisuutena, ottaen huomioon mm. siipimuurin omanpainon ja muiden pystykuormien vaikutus päätypalkin rasituksiin. Esitetään mitä kuormia on otettu huomioon ja miten ne vaikuttavat rakenteeseen. Esitetään määrävien poikkileikkauksien mitoitus. Laattapalkkisilloissa pitää erityisesti ottaa huomioon päätypalkin liittyminen laattapalkkirakenteen eri osiin ja tämän vaikutus päätypalkin vääntö- ja taivutusrasituksiin. Lisäksi on otettava huomioon ripustusrauditus ja päätypalkin etupinnan vaakasuuntainen rauditus, ks. *NCCI* 2 kappaleet 9.2.1 ja 8.10.

Myös muut tavanomaisista siltarakenteista poikkeavat erilliset rakenneosat mitoitetaan tässä kappaleessa.

## A.7 Varusteet ja laitteet

Laakerikuormien esittämisessä käytetään Liikenneviraston ohjeen *NCCI 1* kappaleen H.10 mukaisia taulukoita.

Esitetään laakerointijärjestelmä sekä laakereiden mitoitus ja valintaperusteet. Mitoituksessa ja valinnassa otetaan huomioon asennuslämpötila, asennustoleranssit, tukien siirtyminen ja päällysrakenteen kiertymän vaikutus liikevaroihin. Betoni- ja liittorakenteissa myös kutistuman ja viruman vaikutus otetaan huomioon. Liikevarojen määrittelystä on ohjeita *NCCI 1* kappaleessa H.8.

Tarkistetaan laakerialustan ja alustavalun vähimmäismitat sekä mitoitetaan tukipisteet laakerikuormalle. Laakerialustan vähimmäismitat ja raudoitusperiaatteet on esitetty *NCCI 1* kappaleessa H.10.

Laakerin vaihto: Kuvataan miten laakerin vaihtotarve on otettu huomioon. Esitetään laakerialustan ympäristön tai erillisen konsolin mitoitus laakerin vaihtotilanteessa esiintyvälle kuormille.

Esitetään liikuntasauimalaitteen mitoitus- ja valintaperusteet. *NCCI 1* kappaleessa H.8 on ohjeita liikevarojen määrittämiseen ja kappaleessa H.9 on yleisiä ohjeita liikuntasauimalaitteen valintaan.

Liikuntasauimalaitteettomassa sillassa esitetään päätypalkin ja penkereen yhteistointintaan liittyvä päällysteen katkaisutapa sillan kannen ja penkereen rajakohdassa (InfraRYL2006, kohta 42330.13).



## A.8 Rakentamiseen liittyvät tarkastelut

Tässä kappaleessa esitetään mitä työnaikaisia tarkasteluja on tehty. Työnaikaisten tilanteiden mitoitusta suositellaan tehtäväksi laskelmien yhteydessä kappaleessa A.6 tai laskelmien osassa B.

Huomioon otettavia työnaikaisia tilanteita ovat mm. teräsrakenteiden vaihesiirtomenetelmä, asentaminen esivalmistetuista kokoonpanoista, asentaminen sivusiirtomenetelmällä ja työnaikaisten tukiseinien mitoitusta.

Liitopalkkisillan rakentamisaikaisia tarkasteluja esim. valutyön tai vaihesiirron aikaisessa tilanteessa on kuvattu Liikenneviraston ohjeessa *NCCI 4*.

Tarvittaessa tarkistetaan pysyvien rakenteiden kestävyys tukitelineiltä välittyville kuormille (esim. vesistö sillan tukitelinejärjestelmän tukeutuminen sillan alusrakenteisiin tai jännittämistyön vaikutukset telineen osittaiseen purkamiseen ennen jännittämistä).

---

## B Laskelmat

Osassa B esitetään kattavasti eri rakenteiden mitoituksessa käytettävät menetelmät ja laskentakaavat. Esitysmuoto on vapaampi kuin osassa A, kuitenkin pyrkimyksenä on noudattaa tämän ohjeistuksen osan B pääotsikointia. Osa B laaditaan kaikista tarkastusluokkiin 3 ja 4 kuuluvista silloista (*Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastus*).

## **B.5 Rakenneanalyysit**

Kuvataan yksityiskohtaisesti rakennemalleja, kuormien sijoittelua ja kuormien yhdistelyjä. Lisäksi voidaan esittää kattavampia voimasuuretuloiteita kuin osassa A.

Käytettyjä rakennemalleja voidaan tarpeen mukaan kuvata myös kappaleessa B.6 rakennneosien mitoituksen yhteydessä.

## B.6 Rakenneosien mitoitus

Tässä kappaleessa esitetään rakenneosien mitoitus tarpeellisessa laajuudessa. Rakenneosien mitoituksen ja laskennan välivaiheet esitetään mahdollisimman kattavasti. Laskelmat pyritään jaottelemaan osan A otsikointia noudattaen.

Seuraavassa luetellaan eri rakennetyyppien mitoituksessa tavanomaisesti tarkasteltavia asioita. Tarkasteltavat asiat esitetään kattavammin Liikenneviraston soveltamisohjeissa.

### B.6.1 Päällysrakenne

#### B.6.1.1 Betoninen päällysrakenne

##### Murtorajatila

- Taivutus- ja normaalivoima
  - Haurasmurtuman välttäminen
- Leikkaus ja lävistys
  - Lisävetovoima
  - Laipan irtileikkaantuminen
  - Jännevoiman leviäminen laippaan
  - Työsauma
- Vääntö
- Yhteisvaikutukset
- Raudoituksen ankkurointi ja jatkokset
- Nurjahdus ja muut stabiliteettitarkastelut
- Väsymisrajatila (tarvittaessa)
- Onnettomuusrajatila

##### Käyttörajatila

- Ominaiskuormayhdistely
  - Jännitysrajat
  - Raideliikenteen siltojen taipumat ja siirtymät
- Tavallinen kuormitusyhdistely
  - Halkeilun rajoittaminen
  - Tie- ja kevyen liikenteen siltojen taipumat ja siirtymät
- Pitkäaikainen kuormitusyhdistely
  - Halkeilun rajoittaminen
  - Jännitysrajat

#### B.6.1.2 Liittorakenteinen päällysrakenne

##### Murtorajatila

- Taivutus
- Leikkaus
  - Uuman kestävyys ja stabiliteetti
  - Leikkausliittimet
  - Laatan irtileikkautuminen

- Normaaliveima
- Vääntö
- Paikallinen pistekuorma
- Yhteisvaikutukset
- Stabiliateetti
  - Nurjahdus
  - Vääntönurjahdus
  - Kiepahdus
  - Sivuttainen tuenta
  - Lommahdus
  - Jäykisteet
- Rakentamisajan mitoitustilanteet
  - Valunajan stabiliateetti
  - Uuman paikallinen puristuskestävyys (vaihesiirrossa)
  - Tuulikuormat
- Kansilaatan mitoitus
- Liitokset
- Väsymisrajatila
- Onnettomuusrajatila

#### Käyttörajatila

- Ominaiskuormayhdistely
  - Halkeilleen alueen pituus rakenteen mallintamista varten
  - Käyttötilan jännitykset rakenneosissa
  - Raideliikenteen siltojen taipumat ja siirtymät
- Tavallinen kuormitusyhdistely
  - Rakenneteräksen jännitysvaihtelu
  - Halkeilun rajoittaminen
  - Uuman hengittäminen
  - Tie- ja kevyen liikenteen siltojen taipumat ja siirtymät
- Pitkäaikainen kuormitusyhdistely
  - Jännitysrajat (betoni)
  - Halkeilun rajoittaminen
- Värähtely

#### B.6.1.3 Puinen päällysrakenne

##### Murtorajatila

- Puristus- ja veto
  - Syiden suuntainen
  - Syitä vastaan kohtisuorassa
- Taivutus
- Leikkaus
- Yhteisvaikutukset
- Stabiliateetti
- Liitokset
- Väsymisrajatila (puu-betoni liittorakenne)
- Onnettomuusrajatila

## Käyttörajatila

- Tavallinen kuormitusyhdistely
  - Tie- ja kevyen liikenteen siltojen taipumat ja siirtymät
- Pitkäaikainen kuormitusyhdistely
  - Taipumat ja siirtymät
- Värähtely

### B.6.1.4 Muut päällysrakenteet

Muiden päällysrakenteiden osalta esitetään mitoitus tarkoituksenmukaisessa järjestyksessä ja laajuudessa.

## B.6.2 Alusrakenne

Perustuksiin liittyvät pystyrakenteet esim. pilarit ja seinät mitoitetaan samassa kapaleessa perustusten kanssa. Rakenneosille tehdään tarpeelliset edellä kuvatut materiaali-kohtaiset mitoitus tarkastelut. Pystyrakenteen mitoituksessa otetaan lisäksi huomioon mm. perusepäkeskisyys, toisen kertaluvun vaikutukset ja vino taiputus.

### B.6.2.1 Kallion- tai maanvaraiset perustukset

- Kantokestävyys
- Kaatuminen
- Liukuminen
- Kalliotartuntojen ankkurointi ja kestävyys
- Painumat
- Vakavuustarkastelut

### B.6.2.2 Suurpaaluperustukset

- Taiputus- ja normaalivoima
- Perusepäkeskisyys
- Toisen kertaluvun vaikutukset
- Vetokestävyys ja ankkurointi
- Geotekninen puristuskestävyys
- Geoteknisen puristuskestävyyden osoittaminen
- Maan kestävyys vaakakuormille
- Sijainti- ja kaltevuustoleranssit

### B.6.2.3 Paaluryhmäperustukset

- Geotekninen puristuskestävyys
- Vetokestävyys ja ankkurointi
- Törmäystarkastelu

## **C Täydennykset ja toteutuksen aikaiset tarkastelut**

Mahdolliset muutokset rakennelaskelmiin esitetään niihin liitettävillä erillisillä sivuilla (osa C). Osa C tehdään tarvittaessa, ja siinä esitetään, minkä kohdan (sivu, kappale jne.) ne korvaavat tai mitä kohtia ne täydentävät alkuperäisistä laskelmista. Työnäikana esimerkiksi paalutustyön toteutumasta aiheutuneet tarkastuslaskelmat esitetään osassa C.





## Siikalahden eritasojärjestelyt

### Siikalahden ylikulkusilta, Kitee

Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta (jBjp)

Jm = 17,0+22,0+15,5 m

Hl = 6,5 m

Vinous = 0 gon

Kuormitus: LM1,LM3 / 1.6.2010

## Rakennelaskelmat, osa A

Rakennelaskelmista on laadittu osat A ja B

28.11.2011

### SUUNNITTELU / A-INSINÖÖRIT SUUNNITTELU OY

Laatinut: DI Antti Jussila

Sisäinen tarkastus: TkT Anssi Laaksonen

### TARKASTAMINEN / HYVÄKSYMINEN

Tarkastusluokka: 3

Tarkastanut: 29.11.2011 NN / NN Oy

Hyväksynyt: 29.11.2011 JN / Liikennevirasto





