

Sami Ylönen

# RAUDOITUSTEHOKKUUDEN SELVIT- TÄMINEN SILTATYÖMAILLA

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

2023



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Sami Ylönen
Työn nimi	Raudoitustehokkuuden selvittäminen siltatyömailla
Toimeksiantaja	YIT Suomi Oy
Vuosi	2023
Sivut	27 sivua, liitteitä 2 sivua
Työn ohjaaja(t)	Petteri Härkönen

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka urakoitsija pystyy allianssi urakkamuodossa laskemaan raudoitusten kustannuksia sillan kannen osuudella jännitetyssä jatkuvassa betonisessa palkkisillassa ja kustannuksia kehäsillan kehän osuudella.

Opinnäytetyön kohteet olivat saman kesän aikana rakennettuja betonisia siltoja. Opinnäytetyössä tarkasteltiin raudoitusporukan raudoitustehokkuutta ja tätä tietoa työn toimeksiantaja voi käyttää tulevaisuuden allianssimuodon laskentavaiheissa hyödyksi. Raudoitusr ryhmän asennusmäärä saatiin selville heille maksetuista työtunneista.

Tutkimuksen aikana tuli selväksi, että tarkasteltavia kohteita täytyy samalla porukalla tarkastella useamminkin, jotta saadaan tarkempaa dataa tulevien urakoiden laskentavaiheita ajatellen.

Tutkimuksen lopussa pohdittiin myös työturvallisuuteen liittyviä asioita. Pohdinnassa keskityttiin raudoitustyössä mahdollisiin työturvavariskeihin ja jännittämiseen liittyviä työturvavariskejä.

**Asiasanat:** sillat, sillanrakennus, raudoitus, teräsbetoni

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Sami Ylönen
Thesis title	Determining the reinforcement efficiency on bridge construction sites.
Commissioned by	YIT Suomi Oy
Time	2023
Pages	27 pages, 2 pages of appendices
Supervisor	Petteri Härkönen

## ABSTRACT

The purpose of the thesis was to find out how the contractor can, in the form of an alliance contract, calculate the costs of the reinforcements for the section of the bridge deck in a prestressed continuous concrete bridge and the costs for the perimeter section of a perimeter bridge.

The subjects of the study were concrete bridges which were built during the same summer. The study looked at the reinforcement efficiency of the reinforcement team, and this information can be used by the client in the future calculation phases of the alliance format. The installation amount of the rebar group was found out from the working hours paid to them.

During the research, it became clear that the examined objects need to be examined more often by the same group to obtain more accurate data for the calculation phases of future contracts.

At the end of the study, issues related to occupational safety were also considered. The reflection focused on possible occupational safety risks in rebar work and occupational safety risks related to tensioning.

**Keywords:** bridges, bridge building, reinforcing

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	SILLAT SUOMESSA .....	8
2.1	Kehäsilta .....	10
2.2	Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta .....	11
2.3	Sillan päärakennneosat .....	11
2.3.1	Päällysrakenne .....	12
2.3.2	Alusrakenne .....	12
2.3.3	Varusteet ja laitteet .....	13
2.3.4	Siltapaikan rakenteet .....	13
3	RAUDOITUSTYÖT .....	13
3.1	Suunnitelma .....	13
3.2	Asentaminen .....	14
3.3	Laadunvalvonta .....	16
4	RAUDOITUSTEHOKKUUDEN KUSTANNUSHALLINTA .....	17
4.1	Allianssimalli .....	17
4.2	Urakan laskentavaihe .....	18
4.3	Raudoitustehokkuuden laskenta .....	18
4.4	Raudoitustehokkuuden vertailu Ratu-ohjekorttiin .....	20
4.5	Raudoitusmäärän laskenta .....	21
4.6	Kustannusten litterointi .....	22
5	TYÖTURVALLISUUS .....	23
5.1	Liikenne .....	23
5.2	Nosto- ja siirtotyöt .....	24
5.3	Raudoitustyö .....	24
5.4	Hitsaus- ja polttoleikkaustyöt .....	25
5.5	Sukellustyöt .....	25

5.6	Jännittämistyöt.....	26
6	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET.....	28

## LIITTEET

Liite 1. Jännitetyn betonisen jatkuvan palkkisillan palkin ja laatan kuva

Liite 2. Raudoituksen työmenekit

## **Käsitteet**

Infraryl	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
S101	Raitiotie kehäsilta
S106	Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta, joka sijaitsee Helsingin Oulunkylässä.
S116	Kevyenliikenteen kehäsilta
Silko	Väyläviraston julkaisemat siltojen korjausohjeet

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan siltatyyppejä mitkä Suomessa on rakennettu ja mistä materiaaleista näitä on pääasiassa rakennettu. Silloista kerrotaan myös mitkä tekijät vaikuttavat sillan nimeämiseen. Enimmäkseen opinnäytetyössä perehdytään kehäsiltoihin ja jännitettyihin jatkuviin betonisiin palkkisiltoihin, joiden raudoitustehokkuutta työssä myös tarkastellaan.

Työn tarkoituksena on selvittää kolmen eri siltatyömaan raudoitustehokkuutta ja kuinka tätä voidaan käyttää avuksi tulevien työmaiden aikataulutuksessa ja resurssoinnissa. Tarkastelussa verrataan raudoitustehokkuutta betonikuutioihin ja jännitettyssä betonisessa jatkuvassa palkkisillassa myös pituuteen. Opinnäytetyö tehtiin YIT Suomi Oy:n palveluksessa Raide-Jokeri siltatyömailla.

Aluksi opinnäytetyössä perehdytään kehäsillan ja jännitetyn betonisen jatkuvan palkkisillan toimintaan. Tämän jälkeen tutkitaan raudoitustyöryhmän tehokkuutta raudoitustyössä. Aineistona käytetään raudoituksenmäärää per käytetyt työtunnit. Raudoitustehokkuutta verrataan myös käytettyyn betonimäärään.

Työn loppupuolella perehdytään keskeisiin työturvallisuus asioihin siltatyömailla.

Tutkimuksen tuloksilla toimeksiantaja pystyy suunnittelemaan paremmin siltojen raudoituksen aikataulutusta sekä resurssointia urakan laskentavaiheessa.

## 2 SILLAT SUOMESSA

Luku 2 tarkastelee siltoja Suomessa: kehäsilta, jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta, sillan päärakennneosat, joita ovat päällysrakenne, alusrakenne, varusteet ja laitteet sekä siltapaikan rakenteet.

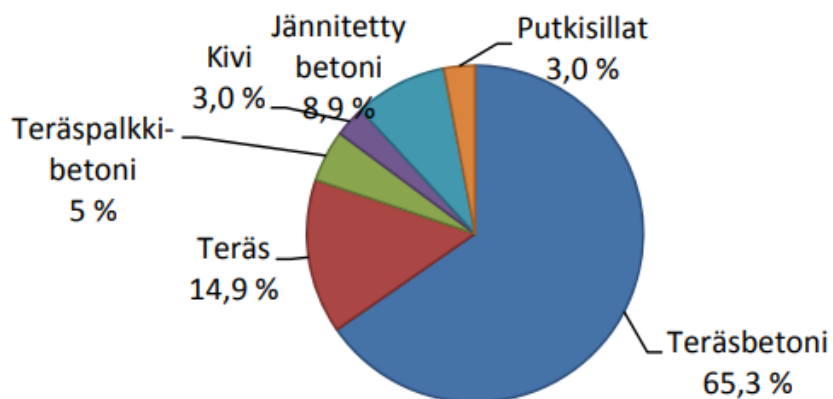
Silta on rakenne, jonka tehtävä on johtaa liikenne esteen yli ja jonka vapaa-aukon väli on vähintään 2 metriä. Vapaan-aukon välin ollessa vähemmän kuin kaksi metriä kutsutaan tällaista rakennetta rummuksi. (Väylä 2019.)

Suomessa on yli 15 000 tiesiltaa ja yli 2 500 rautatieverkon siltaa. Suomessa siltojen rakentaminen lähti huomattavaan nousuun 1960-luvulta alkaen, jolloin pinta-alallisesti siltoja rakennettiin lähes kolminkertainen määrä. 1960-luvulta 1990-luvulle asti siltoja rakennettiin vilkkaasti. 2000-luvun alussa rautatiesiltoja on rakennettu myös huomattavia määriä. Siltojen peruskorjausikä on 30–40 vuotta ja tämän takia siltojen korjaustarve on kasvanut 1990-luvulta alkaen ja sitä tulee näkymään vastaavalla tasolla vielä useita vuosia. Siltoja tarkastetaan yleistarkastuksilla ja tarkastustiedot tallennetaan siltarekisteriin. (Väylä.)

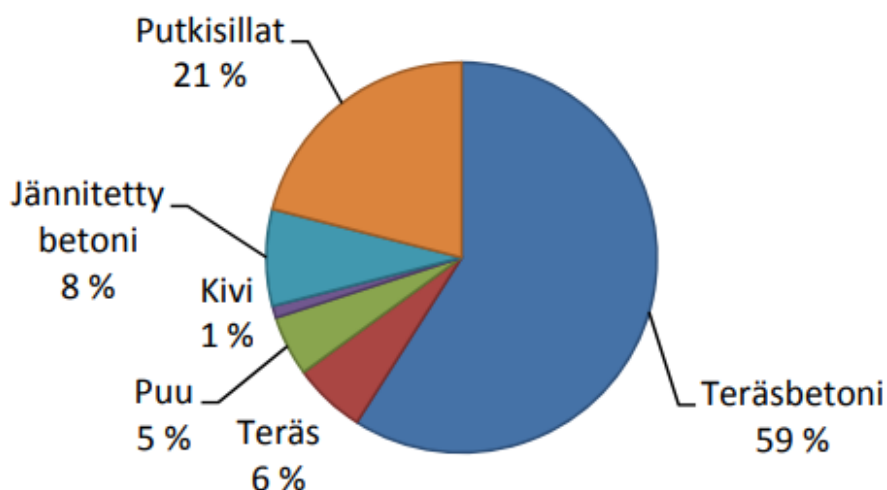
Sillan kantava rakenne kuvaa siltatyyppejä. Siltatyyppi ilmoittaa, kuinka sillan pääkannatin toimii staattisesti. Esimerkkinä teräsbetoninen palkkisilta, jossa rakennusmateriaali on teräsbetoni ja staattinen toiminta tapahtuu palkkien avulla. (RIL 2018.)

Rakennusmateriaaliltaan Suomessa ylivoimaisesti eniten käytetty silta on teräsbetoninen. Myös teräksisiä siltoja käytetään jonkin verran rautatiesilloissa (Liikennevirasto 2013 a).





Kuva 1. rautatiesiltojen lukumäärän jakauma siltatyypeittäin (Liikennevirasto, 2013 a).



Kuva 2. tiesiltojen lukumäärän jakauma siltatyypeittäin (Liikennevirasto, 2013 a.)

Puisia siltoja löytyy nykyisin pääosin vain teiltä, joissa liikenne on vähäistä ja kevyestä liikenteestä. Puiset sillat olivat ennen merkittävä vaihtoehto puun saatavuuden takia. Puiset sillat ovat kevyitä, mutta jaksavat kantaa suuriakin rakenteita. (Liikennevirasto 2013 b.)

Kivi oli puun ohella yleisin rakennusmateriaali ennen teollisuuden kehittymistä. Kiveä näkee holvisilloissa, joissa kiven hyvää puristuslujuutta voidaan käyttää hyödyksi. Uusia kivisiltoja ei nykyisin tehdä juuri yhtään, mutta kiviverhoilua käytetään betonirakenteissa koristeena. (Liikennevirasto 2013 b.)

Terästä on hyvä käyttää siltojen päärakennusmateriaalina teräksen hyvän vetolujuuden vuoksi. Teräksellä on kyky taipua halkeilematta tai murtumatta. Teräs ei myöskään muuta muotoaan kosteudesta. Terästä käytetään enimmäkseen rautatiesilloissa. (Midas Bridge.)

## 2.1 Kehäsilta

Kehäsillan kehä muodostuu jäykistä sivuseinistä ja jäykästä kansirakenteesta. Kehäsilta voi olla suorajalkainen (Blk I) tai vinojalkainen (Blk II). Kehäsilta on huoltovapaa, kun kehäsillassa ei ole laakereita tai liikuntasauvoja. Yleisin rakennusmateriaali on teräsbetoni. Yleisimmin kehäsiltoja löytää yleisimmin kevyenliikenteen alikulkusiltoina. Kehäsiltoja on Suomessa yli 2 500 kappaletta. Kehäsilta voidaan perustaa maanvaraisesti, kalliolle tai paaluille. Kehäsillan pintarakenteessa on murskekerros kansilaatan päällä. Tämän ansiosta asfalttikerros voidaan tehdä yhtenäisenä sillan kohdalla. (RIL 2018.)

Opinnäytetyössä käsitellyt kehäsillat S101 ja S116 ovat molemmat suorajalkaisia teräsbetonisia kehäsiltoja (Blk I).

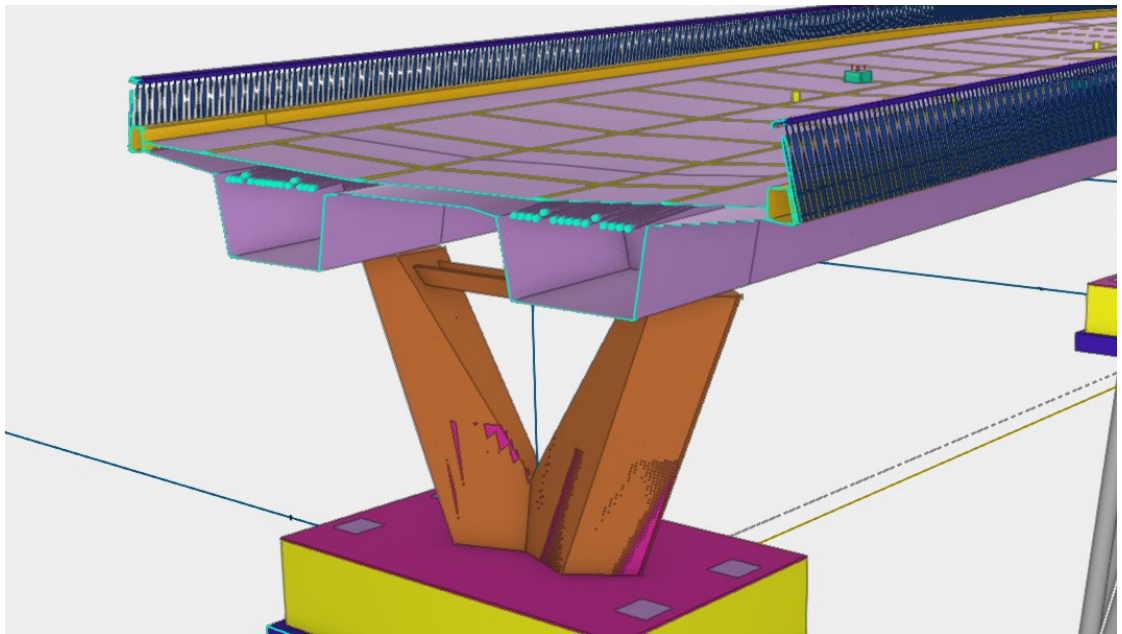


Kuva 3. S101 kehäsilta

## 2.2 Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta

Suomessa yleisin tiesilta on betoninen palkkisilta, jonka jännemitta on keskimittainen. Palkkisillan jännevälän käyttöalue on yleisesti 20 metristä jopa 100 metriin asti. Yleensä lähes kaikki palkkisillat ovat jännitettyjä. Jännityksen avulla saadaan palkin omapainoa pienemmäksi ja rakenteen kantokyky kasvaa huomattavasti. Palkin määrittää se, että palkkiosa on korkeintaan 4 kertaa palkin tehollinen korkeus. Palkit kulkevat sillan pituussuunnassa. Yleensä tiesilloissa palkkisillassa on kaksi palkkia, mutta palkkeja voi olla yksi tai useampikin. Opinnäytetyössä käsitelty S106 on kahden palkin palkkisilta. (RIL 2018.)

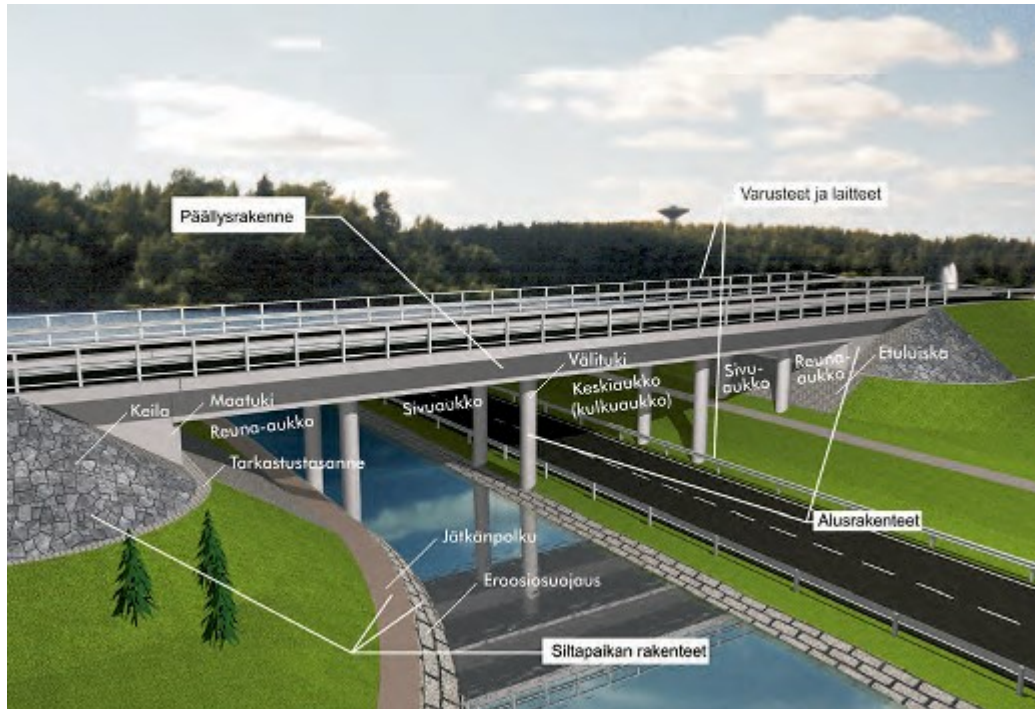
Yleisin jännemenetelmä on jälkijännitetty punosjänne. Punosjänne sijoitetaan erilliseen suojaputkeen, joka kulkee palkin sisällä. Jännittämistyön jälkeen suojaputki injektoidaan täyteen. Injektoinnin tarkoituksena on estää punosten korroosiota. (RIL 2018.) Kuvassa 4 on esitetty leikkauskuva jännitetystä betonisesta jatkuvasta palkkileikkauksesta. Kuvassa 4 näkyy myös jänneterästen suojaputket palkeissa.



Kuva 4. jännitetyn betonisen jatkuvan palkkisillan leikkaus

## 2.3 Sillan päärakenneosat

Sillat on jaettu neljään päärakenneosaan. Näitä ovat päällysrakenne, alusrakenne, varusteet ja laitteet sekä siltapaikan rakenteet (kuva 5).



Kuva 5. sillan päärakenneosat (RIL 2018).

### 2.3.1 Päälysrakenne

Sillan tärkein rakenneosia on päälysrakenne. Päälysrakenne kantaa kaiken liikenteestä tulevan kuorman. Päälysrakenne siirtää liikennekuormat ja päälysrakenteen omapainon alusrakenteelle. Päälysrakenteisiin kuuluu pääkannatin, pintarakenteet ja rautatiesilloissa kiskot. Pääkannatin on pääkannattimen kantava osa eli kannen palkki. Pintarakenteita ovat vedeneristys ja päällyste. (RIL 2018.)

### 2.3.2 Alusrakenne

Alusrakenteen tehtävä on siirtää päälysrakenteelta tulevat kuormat kalliioon tai kantavaan maakerrokseen. Alusrakenteisiin kuuluvat paalut, tukiseinät ja muurit. Myös sillan päätytuot kuuluvat alusrakenteisiin siirtymälaitteineen. (RIL 2018.)

### **2.3.3 Varusteet ja laitteet**

Sillan varusteita ja laitteita ovat ne rakenteet, joita tarvitaan sillan turvallisuuden, toiminnan ja käyttöiän takia. Näitä on esimerkiksi valot, kaiteet, valaisimet ja mahdolliset hoitosillat sillan alapuolelle. (RIL 2018.)

### **2.3.4 Siltapaikan rakenteet**

Siltapaikan rakenteita ovat niitä, jotka kuuluvat pääosin sillan ulkopuolelle. Näitä rakenteita tarvitaan siltapaikan kuivana pitämiseen, turvallisuuteen ja pitkäaikaiskestävyyteen. Näitä rakenteita ovat esimerkiksi luiskat, sadevesikourut, kaivot ja portaat. (RIL 2018.)

## **3 RAUDOITUSTYÖT**

Muotin tyyppi määrää, voidaanko raudoitus tehdä ennen vai jälkeen muotinteen. Usein raudoitus tehdään muotin valmistuttua, mutta on mahdollista, että raudoitus tehdään myös ennen muottia.

### **3.1 Suunnitelma**

Raudoitustyöstä kuuluu aina tehdä raudoitustyösuunnitelma. Raudoitustyösuunnitelmalla varmistetaan, että raudoitus täyttää sille asetetut vaatimukset. Raudoitustyösuunnitelma on toimitettava tilaajalle hyvissä ajoin ennen raudoitustyön aloittamista. (Rakennusteollisuus 2006.)

Raudoitteiden etäisyys muottipinnasta varmistetaan työteräksillä, erillisillä tuilla ja välikkeillä. Välikkeitä on oltava raudoitteissa niin paljon, etteivät ne pääse painumaan muottilaudoitukseen tai pääse hajoamaan. Välikkeiden täytyy myös olla riittävän säilyviä ja betonin värisiä. Välikkeiden muodon täytyy olla sellainen, ettei välikkeen ja muottipinnan väliin pääse syntymään onkaloita. (Rakennusteollisuus 2006.)

Raudoituksessa on otettava huomioon valmistus- ja asennustoleranssit, niin että raudoitus mahtuu rakenteeseen ja raudoituksen suojaetäisyydet täyttyvät. Suojaetäisyydellä tarkoitetaan etäisyyttä betoninpinnan ja raudoitteen välillä. (Rakennusteollisuus 2006.)

### 3.2 Asentaminen

Ennen raudoitustyön aloittamista on hyvä käydä asennusryhmän kanssa läpi, että missä järjestyksessä teräksiä asennetaan. Syynä tähän on, että sillan kanteen menee niin paljon terästä, että kaikkea ei voida kerralla ottaa työmaalle tilanahtauden takia. Raudoitus valmistetaan tapauskohtaisesti. Raudoitustyö tapahtuu seuraavanlaisesti palkkisillassa.

- Palkin pohjaan ja palkin sivuihin asennetaan siltavälikkeet ja työteräkset
- Palkin hakaset kiinnitetään työteräksiin.
- Palkin pohjan ja sivujen pääteräkset kiinnitetään hakasiin.
- Lippaan asennetaan siltavälikkeet ja työteräkset.
- Lipan pääteräkset asennetaan
- Palkkiin asennetaan jänneterästen suojaputkien orret ja suojaputkien asennus.
- Lipan pohjan pääteräksien asennus.
- Kannen pinnan pääterästen asennus + maadoitusterästen asennus.



Kuva 6. S106 valmis raudoitus

Kehäsillan raudoitus tapahtuu seuraavasti.

- Seinän osuudelle asennetaan siltavälikkeet ja työteräkset.
- Seinän muotin pinnan pääteräkset asennetaan.
- Sähkösuojaputkien asennus.
- Seinän ulkopinnan pääteräkset.
- Hakaset pääterästen väliin.
- Laattaosuudelle asennetaan siltavälikkeet ja työteräkset.
- Laatan muotin pinnan pääteräkset asennetaan.
- Sähkösuojaputkien asennus.
- Laatan yläpinnan pääteräkset.
- Hakaset ylä- ja alapinnan pääteräksien väliin.



Kuva 7. S101 kehäsillan valmis raudoitus

### 3.3 Laadunvalvonta

Laadunvalvontamittauksen täytyy suorittaa Infraryl:in mukaisesti tai muulla tilaajan hyväksymällä tavalla. Raudoitteiden poikkeavuudet täytyy raportoida välittömästi tilaajalle ja tarvittavat korjaustyöt täytyy suorittaa. Sillan raudoitukset tarkistaa sillan rakennesuunnittelija yhdessä urakoitsijan kanssa. Jänneterästen suojausputket tarkemmitataan. Raudoitustarkastuspöytäkirjan avulla osoitetaan raudoitustyön vaatimuksenmukaisuus tilaajalle, ellei toista menettelytapaa ole etukäteen sovittu. (Rakennusteollisuus 2006.)



## 4 RAUDOITUSTEHOKKUUDEN KUSTANNUSHALLINTA

Luvussa 4 käydään läpi, kuinka raudoitustehokkuutta voidaan hyödyntää las-  
kentavaiheessa raudoituksen aikataulutukseen. Raudoitustehokkuutta verrat-  
tiin käytettyyn betonimäärään. Myös jatkuvassa betonisessa palkkisillassa  
raudoitusmäärää ja tehokkuutta verrataan sillan pituuteen.

### 4.1 Allianssimalli

Tämä työ tehtiin hankkeessa, joka oli allianssimallinen. Allianssimallissa toimi-  
taan kahden tai useamman yrityksen kesken yhteisellä projektiorganisaatiolla.  
Allianssimalli sopii hyvin hankkeisiin, joissa on paljon haasteita, epävarmuutta  
ja sidosryhmiä. Tällaisia hankkeita ovat esimerkiksi infrahankkeet, teollisuus-  
hankkeet, peruskorjaukset ja sairaalahankkeet. Allianssimallissa tärkeää on  
avoimuus ja kehittäminen, näin saadaan aikaan rehellisiä ja luottamuksellisia  
suhteita. Allianssimallissa oleva yhteinen projektiorganisaatio luo pohjan on-  
gelmien ratkaisuun sekä mahdollisille uusille innovaatioille. (YIT.)

Allianssi soveltuu hyvin hankkeille, jotka ovat

- Hankkeita, joissa on riskejä.
- Hankkeita, joissa kustannustenhallintaan halutaan parempi varmuus.
- Hankkeita, joissa on paljon ulkopuolisia mukana, kuten liikennettä ja ih-  
misiä.

Allianssimallin hyöty on

- yksi projektiorganisaatio.
- Yhteinen sopimus.
- Yhteiset tavoitteet.
- Yhteinen tavoitekustannus (bonukset tekijöille).
- Yhteinen riskien ja hyötyjen jako.

## 4.2 Urakan laskentavaihe

Rakentaminen on hanke, joka etenee ideasta suunnitteluun, suunnittelusta toteutukseen ja toteutuksesta käyttäjän käyttöön. Rakennushanke voi olla useamman vuoden kestävä projekti, jonka kustannukset pyritään saamaan selville jo hankesuunnitteluvaiheessa, mutta todelliset kustannukset syntyvät vasta rakentamisvaiheessa. Hankkeen hankeselvitysvaiheessa kustannusten lähtötiedot ovat suuntaa antavia, mutta tarkalla suunnittelulla ne tarkentuvat koko ajan hankkeen edetessä. (Rakennustieto 2018.)

Tunnistamalla riskit saadaan laskennasta jätettyä pois riskivaroja, jotka helpottavat urakan laskemista ja vähentää riskinottoa. Allianssihankeissa pyritään sopimaan sopivia aliurakkahintoja ja materiaalihintoja jo hyvissä ajoin, jotta hinnat pysyvät lähes muuttumattomina. (Rakennustieto 2018.)

Kustannusarvio muodostaa tarjoukselle pohjan ja tuotantovaiheessa se toimii lähtötietona kustannuksien tavoitteille. Kustannusarvion lähtötietoina toimivat määrälaskennan tulokset. Määrälaskennassa selvitetään rakennettavien osien määrät suunnitelmien ja selostusten avulla. (Rakennustieto 2018.)

Aiemmilta työmailta saaduilla toteutuneilla tiedoilla voidaan tämän takia saada riskivaroja pois, kun laskentavaiheessa voidaan käyttää konkreettista tietoa, kuinka paljon kustannuksia syntyy työstä ja materiaaleista.

## 4.3 Raudoitustehokkuuden laskenta

S116 on Helsingin Oulunkylässä Raide-jokeriin liittyvä kevyen liikenteen kehäsilta. Kyseisessä raudoitustyössä työskenteli kolme (3) raudoittajaa.

Taulukko 1. S116 raudoitustehokkuus

Viikot	Tunnit	Työntekijät	Raudoitusmäärä	Tehokkuus
2	310,5 h	3 kpl	12 319 kg	39,7 kg/h

S101 on Helsingin Oulunkylässä Raide-Jokeriin liittyvä raitiotielle tarkoitettu kehäsilta. S101 kehäsillan raudoitti neljä (4) raudoittajaa.

Taulukko 2. S101 raudoitustehokkuus

Viikot	Tunnit	Työntekijät	Raudoitusmäärä	Tehokkuus
3	553 h	4 kpl	49 433 kg	89,4 kg/h

S106 on Helsingin Oulunkylässä Raide-Jokeriin liittyvä raitiotielle tarkoitettu jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta. S106 sillan raudoitti 4–6 raudoittajaa. 1 250m<sup>3</sup> betonia ja sillan pituus on noin 150 metriä.

Taulukko 3. S106 raudoitustehokkuus

Viikot	Tunnit	Työntekijät	Raudoitusmäärä	Tehokkuus
5	1232 h	4–6 kpl	144 700 kg	117,5 kg/h

Raudoitustyöryhmä ilmoitti, että S106 asennettiin myös jänneteräksille tarkoitettuja suojaputket. Tästä tuntimäärästä ilmoitettiin, että 20 % kului suojaputkien asentamiseen.

Tämän perusteella pelkän raudoituksen raudoitustehokkuudeksi saadaan (1).

$$\frac{rm}{\text{raudoitusaika} * sp} = rt \quad (1)$$

$$\frac{144700 \text{ kg}}{1232 \text{ h} * 0,8} = 146,8 \text{ kg/h}$$

jossa	rt	raudoitustehokkuus	[kg/h]
	rm	raudoitusmäärä	[kg]
	sp	suojaputkien viemä asennusaika	[%]

Opinnäytetyössä tarkasteltavana oleva jatkuva jännitetty betoninen palkkisilta voidaan raudoitustehokkuus tarkastella myös sillan pituuden mukaan. Tätä voidaan jatkossa käyttää, jos tarkasteltavassa sillassa pääkannattimina on kaksi kappaletta palkkeja kannattimina.

Näin ollen voidaan laskea, kuinka paljon sillassa on terästä jokaisella poikki-leikkaus metrillä (2).

$$\text{Teräsmäärä per metri} = \frac{\text{raudoitusteräs}[\text{kg}]}{\text{sillan pituus} [\text{m}]} \quad (2)$$

$$\frac{144\,700 \text{ kg}}{150 \text{ m}} = 965 \text{ kg/m}$$

#### 4.4 Raudoitustehokkuuden vertailu Ratu-ohjekorttiin

Talonrakentamiseen on tehty paljon ohjekortteja toisin kuin taitorakenteille. Ratu 0402 ohjekortista löytyy menetelmät ja menekit talonrakennuksen raudoitustyölle.

Kehäsilta on tehty kahdesta seinästä ja laatasta, mutta raudoitustyön haastavuuden takia käytetään väestönsuojan raudoitusmenekkiä. Ratu-ohjekortissa suurin raudoitusteräs väestönsuojalle on halkaisijaltaan 16 mm (Ratu 2012.)

Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta on kyseisessä kohteessa tehty 75 % palkista ja 25 % laatasta. Näitä käytetään Ratu-ohjekorttia hyödyntäen, että 75 lasketaan palkin työmenekeillä ja 25 % laatan työmenekeillä.

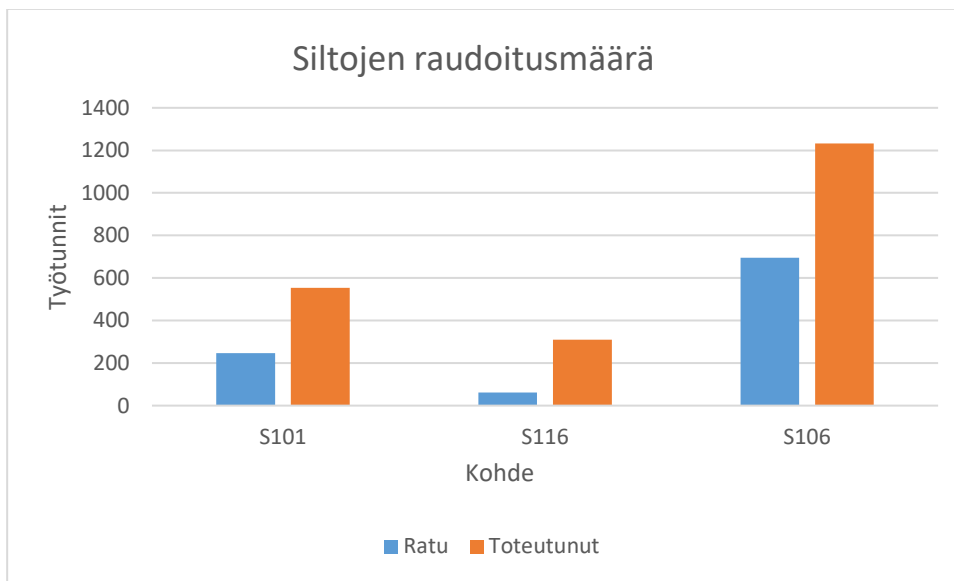
Raudoitusmäärä Ratu-ohjekortin avulla saadaan laskettua (3).

$$\text{Määrä} * \text{työmenekki} = \text{tth} \quad (3)$$

jossa	tth	työntekijätunti	[h]
	määrä	raudoitusteräksen määrä	[kg]
	työmenekki	työnmäärä	[tth/kg]

Taulukko 4. Ratu-ohjekortin mukainen kesto

Silta	Työnosa	Raudoitteen määrä [kg]	Työmenekit	Työnkesto [h]
<b>S101</b>	Väestönsuoja 16 mm	49 433 kg	5,0 tth/1000 kg	247
<b>S116</b>	Väestönsuoja 16 mm	12 319 kg	5,0 tth/1000 kg	62
<b>S106</b>	Laatta 20 mm	36 175 kg	4,2 tth/1000 kg	152
	Palkki 25 mm	108 525 kg	5 tth/1000 kg	543
			<b>S106 yhteensä</b>	695



Kuva 8. toteutuneiden työtuntien vertailu Ratu-ohjekorttiin

Taulukkoa 4 tulkitsemalla huomataan nopeasti, että Ratu-ohjekortti ei sovellu siltojen rautojen työmäärän laskentaan. Ratu-ohjekortti on tarkoitettu talotyömaiden raudoituksien laskentaan.

#### 4.5 Rauditusmäärän laskenta

Allianssimallisessa rakentamisessa on mahdollista, että suunnitelmat muuttuvat rakennettävien osien laajuudenmuutosten takia. Tässä osiossa tarkastetaan, kuinka paljon raudoitusterästä on jokaista valettavaa betonikuutiota kohden.

Raudoituksen määrä saadaan laskettua yhtälöllä (4).

(4)

$$\text{Raudoituksen määrä} = \frac{\text{raudoitus [kg]}}{\text{betonimäärä [m}^3\text{]}}$$

Taulukko 5. raudoituksen määrä betonikuutioittain

	raudoitus [kg]	betonimäärä [m <sup>3</sup> ]	raudoituksen määrä [kg/m <sup>3</sup> ]
S116	12319	88	140
S101	49433	245	202
S106	144700	1250	116

Laskennasta huomattiin, että S116 kehäsillassa on huomattavasti vähemmän raudoitusta jokaisella betonikuutiolla kuin S101 kehäsillalla. Tämä johtuu siitä, että S116 kehäsilta on kevyen liikenteen kehäsilta ja S101 on rautatien kehäsilta. Rautatien kuormitukset ovat huomattavasti suuremmat, kuin kevyen liikenteen. Tämän takia S116 sillassa on vähemmän terästä raudoituksessa.

#### 4.6 Kustannusten litterointi

Litterointi on kustannusarvio, joka on pohja urakan tai urakanosan tarjoukselle. Myöhemmin se toimii lähtötietona kustannusten tavoitearviolle. Suunnitelmien ja selostusten avulla määritetään määrälaskennassa rakennettävien osien määrät. Näitä voi olla esimerkiksi muotin puutavara, raudoituksen raudat tai laatoituksessa laattojen määrä. Litterointi pitää sisällään hankkeessa käytettävän materiaalin määrän ja niille arvioidut kustannukset asennuksineen. (Rakennustieto).

Kustannusten selvittämiseksi voidaan käyttää Ratu-ohjekortteja, jotka sisältävät työmenetelmien menekit työstä ja materiaaleista. Lisäksi näistä löytyy myös suoritekertoimet työmenekille ja materiaalihukalle. (Rakennustieto 2018.)

Litteroista pitää myös tietää mitä kaikkea niihin on laskettu. Nämä selviävät yleensä laskentamuistiosta. Laskennan esimerkkinä esimerkiksi betonointi.

Betonoinnin litteralle voidaan laskea betonin määrä, pumppaus, kuljetus, työn kustannukset ja hukkabetoni. (Rakennustieto 2018.)

## **5 TYÖTURVALLISUUS**

Rakennusalalla tapaturmalaajuus on lähtenyt huomattavaan laskuun. Esimerkiksi vuonna 2005 tapaturmalaajuus oli noin 80 % ja vuonna 2016 noin 60 %. Tapaturmalaajuus on mittari, jolla mitataan tapaturmien määrää miljoonaa työtuntia kohden. Rakennusalalla eniten vähentyneet tapaturman ovat vakavat tapaturmat, sormi- ja silmävammat ja putoamiset. Käsien alueelle tulevia tapaturmia on Suomessa noin puolet työtapaturmista. 1990-luvulla kuolemaan johtavia tapaturmia oli keskimäärin 10 henkilöä vuodessa, kun taas 2000-luvulla kyseinen määrä oli noin puolet siitä. Maailmalla jokaista kolmea tuhatta tuntia kohden on yksi kuolemaan johtanut tapaturma, mutta Suomessa luku on parempi. Suomessa noin yhdeksää tuhatta tuntia kohden on yksi kuolemaan johtanut tapaturma. (Rakennusteollisuus s.a.)

Rakennusalalla työtapaturmien määrät ovat vähentyneet, vaikka tehtyjen työtuntien määrä on noussut. Tämä on monien tekijöiden summa, mutta suurimmat harppaukset ovat tulleet suojarusteiden kehityksestä ja niiden käytöstä. Myös työnjohto on sitoutunut työturvallisuuden edistämiseen ja myös työntekijät pitävät huolta terveydestään. Rakennusalalla eniten työtapaturmia tulee käsien alueelle. Noin puolet tapaturmista kohdistuu sormiin, käsiin ja ranteisiin. (Rakennusteollisuus s.a.)

### **5.1 Liikenne**

Korjattavat sillat ja uudet sillat ovat usein julkisen liikenteen välittömässä läheisyydessä. Siltatyömaan läheisyydessä kulkee useasti työmaaliikenteen lisäksi kevyttä liikennettä, tie- ja rautatieliikennettä sekä vesiliikennettä. Kevyen liikenteen ja autoilijoiden piittaamattomuus saa aikaan vaaratilanteita suurten tiilannenopeusten takia ja kevyenliikenteen työmaan läpi oikaisujen takia. Siltatyömaalla on pidettävä huolehdittava työntekijöiden ja julkisen liikenteen turvallisuudesta. Näin ollen työmaalle täytyy tehdä kirjallinen liikenteenohjaussuunnitelma. Liikenneohjaussuunnitelma esitetään rakennuttajan edustajalle

ennen kuin työt voidaan aloittaa. Työntekijöiden ja liikenne on erotettava toisistaan niin hyvin kuin mahdollista. Näin saadaan minimoitua riskejä työmaa-alueella. (Silko 1.111.)

Tiellä työskentelevillä on oltava voimassa Tieturva 1 -kortti. Liikenneohjaussuunnitelman hyväksyjällä ja liikennejärjestelyistä vastaavalla täytyy olla voimassa oleva Tieturva 2 -kortti. Rautatie-alueella työskentelevillä täytyy olla voimassa oleva ratatyöturvallisuuspätevyys. (Silko 1.111.)

## **5.2 Nosto- ja siirtotyöt**

Työnantajan on pidettävä huolta siitä, että työntekijä saa riittävästi opastusta taakkojen oikeanlaiseen nostoon liittyen. Huonon nostotavan takia työntekijälle aiheutuu selkävaivoja.

Nostokoneen käyttäjällä täytyy olla ammattitutkintotodistus.

Nostokoneista aiheutuvia vaaroja ovat

- kaatumisen vaara maan pettämisen takia
- taakan putoaminen huonon kiinnityksen takia
- hydrauliiikan tai hallinnan pettäminen
- koneen ja muun liikenteen törmäys
- puomin osuminen sähköjohtoon

Nostolaitteiden on oltava nostotyöhön asianmukaisia ja niiden täytyy olla kunnossa ja tarkistettuja. (Silko 1.111.)

## **5.3 Raudoitustyö**

Raudoitustyön alkaessa voi olla hyvinkin mahdollista, että muottityöt ovat vielä osittain kesken. Tämän takia on kiinnitettävä erityistä huomiota, ettei kesken-eräisen muotin kohdalta ole mahdollista päästä putoamaan. Myös laakereiden kohdalla voi olla vielä muottityöt kesken, joten muotissa voi olla välitukien kohdalla aukkoja. Myös muotin päällä voi olla irtonaista puutavaraa, joten siisteydestä on pidettävä huolta.

Raudoituksen ollessa käynnissä on huomioitava, että raudat ovat riittävän hyvin kiinnitetty, että raudat eivät pääse liikkumaan niiden päällä kävellessä.



Raudoitusta leikattaessa erilaisilla leikkureilla tai kulmahiomakoneella jää leikkaukseen kohtaan terävät reunat. Näin ollen on pidettävä huolta, ettei terävät reunat pääse viiltämään käsiä tai muita kehon osia.

#### **5.4 Hitsaus- ja polttoleikkaustyöt**

Hitsaus-, hionta- ja polttoleikkaustöitä tekevällä täytyy olla voimassa oleva tulityökortti. Tulityöluvan myöntäjällä täytyy myös olla voimassa oleva tulityökortti. Metallia työstettäessä, polttoleikatessa ja hitsatessa voi aiheutua vaaraa työntekijälle. Metallikuumetta voi aiheutua, jos työstetään sinkittyjä metalleja, kuparia tai magnesiumia sisältäviä metalleja. Metallikuumeen oireita ovat kurkkukipu, kuiva yskä, vilunväreet, kova kuume ja raajasärky. Tauti on epämiellyttävä, mutta toipuminen tapahtuu täydellisesti.

Hitsaus- ja polttoleikkausta tehtäessä on oltava hyvä ilmanvaihto tai työntekijän on käytettävä henkilökohtaista hengityssuojainta. Tehokasta ilmanvaihtoa ei voida käyttää, jos hitsataan suojakaasulla. Tällöin työntekijän on käytettävä henkilökohtaista hengityssuojainta. (Silko 1.301.)

Tulityötä tehtäessä on otettava huomioon palovaara. Kipinäsuihku metallia työstettäessä ei saa osua palavaan materiaaliin. Sillan kannen raudoitustyötä tehtäessä ollaan kuitenkin puun päällä tekemässä tulityötä. Näin ollen kannella täytyy olla riittävä alkusammutuskalusto. Vesistöosloissa on hyvä hyödyntää sillan alapuolella olevaa vettä. (Silko 1.111.)

#### **5.5 Sukellustyöt**

Pinnalta ohjattavien työkoneiden käyttö sukellustyön apuna lisää sukeltajaan kohdistuvaa onnettomuusriskiä. Tämä johtuu siitä, että sukeltaja ja koneen käyttäjä eivät ole näköyhteydessä toisiinsa. Näitä töitä toteutettaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota työntekijöiden väliseen yhteydenpitoon ja yhtenäisiin työtapoihin. (Silko 1.111.)

Sukeltajat käyttävät useasti työvälaineitä, joista aiheutuu melua. Veden johtaessa ääntä todella hyvin on melun vaikutus huomattavasti voimakkaampi. Melulta suojautumiseen on kiinnitettävä huomiota. (Silko 1.111.)

Sukeltajan ollessa vedessä on räjähdyksistä aiheutuva paineaalto hengenvaarallinen. Sukellustyötä tehtävän välittömässä läheisyydessä, jos tehdään räjäytystöitä tai muita kovaa painetta aiheuttavia töitä on sukeltajan oltava pois vedestä. (Silko 1.111.)

## 5.6 Jännittämistyöt

Jänneterästen suoja-putki on peltinen kierresaumaputki. Kierresaumaputkia katkaistessa on putken reunat todella terävät, joten katkaistujen putkien kanssa täytyy kiinnittää erityistä huomiota, etteivät putket viillä haavoja. Suoja-putket kiinnitetään tuettujen orsien päälle, jotka ovat yleensä 1–2 metrin välein. Välituen kohdalla orret ovat palkin yläreunassa, joten kun suoja-putkia kiinnitetään näihin kiinni, on kiinnitettävä huomiota, ettei asentaja putoa orren päältä palkin pohjalle. Liukkauteen täytyy kiinnittää myös erityistä huomiota erityisesti sateisella kelillä. (Silko 1.111.)



Kuva 9. S106 jänneterästen suoja-putket

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli selvittää, kuinka tehokasta raudoitustyö on kehäsillan ja palkkisillan siltatyömailla. Työssä pyrittiin hyödyntämään erityisesti sillan rakentamisessa opittuja asioita. Tämä työ on suunnattu aloitteleville työnmaainsinööreille ja työnjohtajille tai sillan rakentamisesta kiinnostuneille.

Sillan raudoitukseen liittyy paljon suunnitelmia, detaljeja ja dokumentaatioita. Raudoituksen työ- ja laatusuunnitelmaa tehdessä ei ollut tietoaakaan, kuinka paljon raudoitustyöhön kuuluu muutakin kuin pelkkä raudoitustyö. Näitä ovat esimerkiksi maadoitusteräksien ja maadoituslenkkien tekemiset, pylväsperustukset ja niiden sähköistys. Myös raudoituksen yhteydessä, kun asennetaan valuankkureita putkipattereille, jäähdytysputkistoja ja jänneterästen suojaputkia.

Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin, että opinnäytetyö kuuluisi tehdä niin, että tehokkuutta mitattaisiin yhdeltä tietyltä työryhmältä. Jokaisessa opinnäytetyössä oli eri porukka niin tarkkaa dataa ei tästä saada ulos. Opinnäytetyötä voisi jatkaa niin, että laitettaisiin yksi tietty neljänhengen (4) työryhmä tekemään useampi kehäsilta. Näin saisimme paljon tarkempaa dataa raudoitustehokkuudesta.

Työturvallisuutta tutkiessa tulin siihen tulokseen, että näin suuria raudoitustyöitä tehdessä on useampia riskitekijöitä. Näitä ovat esimerkiksi nostotyöt, raatojen päällä kulkeminen ja korkealla työskentely. Siltatyömaan työturvallisuudessa olisi yksi idea opinnäytetyölle.

## LÄHTEET

Liikennevirasto. 2013 a. Taitorakenteiden tarkastusohje. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Microsoft Word - LO 17-2013 Taitorakenteiden tarkastusohje 12.4.2013 \(vaylapilvi.fi\)](#) [viitattu 28.3.2023]

Liikennevirasto. 2013 b. Sillat ja ympäristö. PDF-dokumentti. Saatavissa: [Microsoft Word - LOP 03-2013 Sillat ja ympäristö 19.4.2013 korj kuvat \(vaylapilvi.fi\)](#) [viitattu 28.3.2023]

Midas Bridge. s.a. Steel bridges. WWW-artikkeli. Saatavissa: [Steel Bridges - Solutions - midasBridge](#) [viitattu 26.3.2023]

Rakennusteollisuus. 2006. InfraRYL infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. WWW-artikkeli. Saatavissa: [RYL \(rakennustieto.fi\)](#) [viitattu 4.4.2023].

Rakennusteollisuus. s.a. Työturvallisuus rakennusalalla, perustietoa. WWW-artikkeli. Saatavissa: [Työturvallisuus rakennusalalla, perustietoa - Rakennusteollisuus RT ry](#) [viitattu 16.5.2023].

Ratu 0402. 2012. Rakennustieto. Raudoitus. Menetelmät ja menekit.

RIL 179-2018 Sillat – suunnittelu, toteutus ja ylläpito. 2018. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

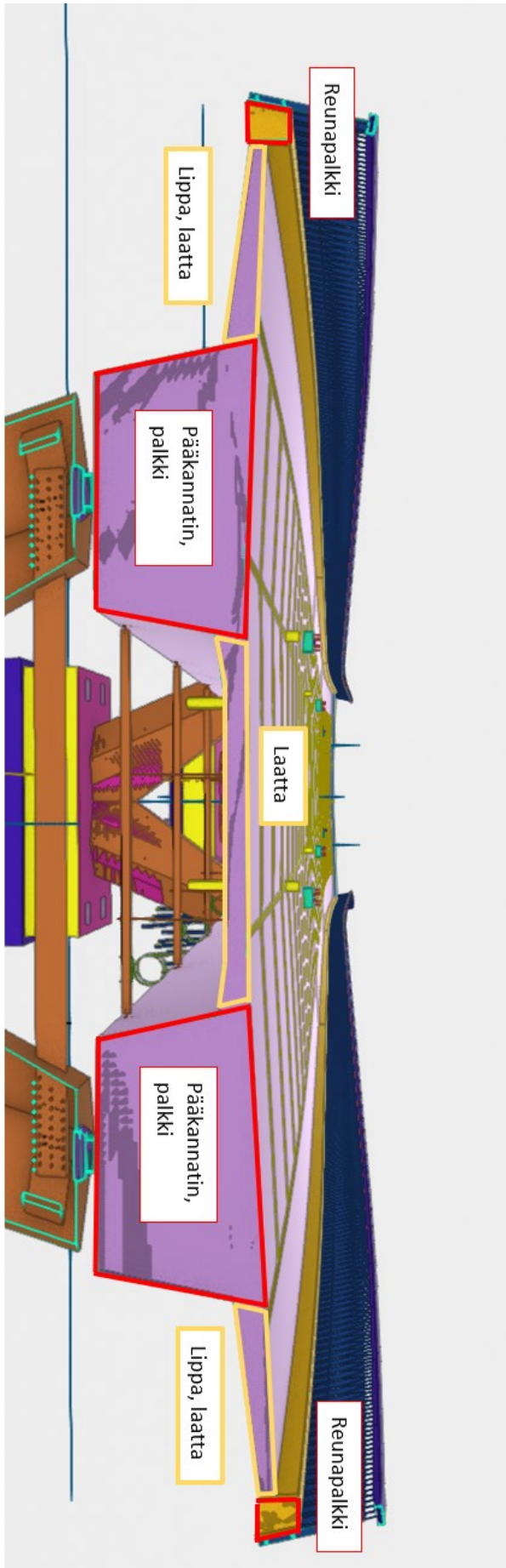
Silko 1.111. 2012. Työturvallisuus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [s1111.pdf \(vaylapilvi.fi\)](#) [viitattu 17.5.2023]

Silko 1.301. 2021. Metallit sillankorjausmateriaalina. PDF-dokumentti. Saatavissa: [SILKO-ohje: Teräsrakenteet - Metallit sillankorjausmateriaalina \(vaylapilvi.fi\)](#) [viitattu 17.5.2023].

Soila, JP. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. E-kirja. Helsinki: Mittaviiva Oy. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/Record/kaakkuri.226485?sid=3109013496> [viitattu 15.5.2023].

Väylä. 2019. s.a. Väyläviraston sillat. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/172523/vti\\_2019-01\\_978-952-317-720-8.pdf?sequence=5](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/172523/vti_2019-01_978-952-317-720-8.pdf?sequence=5) [viitattu 15.4.2023].

YIT s.a. Allianssimalli. WWW-sivu. Saatavissa: <https://www.yit.fi/infra/allianssimalli> [viitattu 8.5.2023].



## TYÖMENEKIT

	Työnosa	Työmenekit				
Aloittavat työt	Siirrot					
	– käsinsiirrot, pitkät siirtomatkat	3,0 tth/1000 kg				
	– käsinsiirrot, lyhyet siirtomatkat	0,5 tth/1000 kg				
	– traktori	0,2 tth/ 1000 kg				
	– nosturi	0,1 tth/ 1000 kg				
Raudoitus						
	Anturat					
	– keskirauta 10 mm	8,5 tth/1000 kg				
	– Ø 12 mm	6,3 tth/1000 kg				
	– Ø 16 mm	5,0 tth/1000 kg				
Laatta, verkko (10 m <sup>2</sup> )	– Ø 20 mm	4,0 tth/1000 kg				
	– Ø 4 mm, k/k 150 mm	16,5 tth/1000 kg				
	– Ø 6 mm, k/k 150 mm	7,5 tth/1000 kg				
	– Ø 8 mm, k/k 150 mm	5,0 tth/1000 kg				
Laatta, irtoraudoitteet	– Ø 8 mm	12,0 tth/1000 kg				
	– Ø 10 mm	8,0 tth/1000 kg				
	– Ø 12 mm	5,5 tth/1000 kg				
	– Ø 16 mm	4,5 tth/1000 kg				
	– Ø 20 mm	4,2 tth/1000 kg				
Seinät	– Ø 8 mm	13,0 tth/1000 kg				
	– Ø 10 mm	7,3 tth/1000 kg				
Hissikuilu	– Ø 8 mm	12,0 tth/1000 kg				
	– Ø 10 mm	10,0 tth/1000 kg				
Väestönsuoja	– Ø 10 mm	8,5 tth/1000 kg				
	– Ø 12 mm	6,3 tth/1000 kg				
	– Ø 16 mm	5,0 tth/1000 kg				
Palkit	– Ø 10 mm	12,0 tth/1000 kg				
	– Ø 12 mm	10,0 tth/1000 kg				
	– Ø 16 mm	9,5 tth/1000 kg				
	– Ø 20 mm	7,5 tth/1000 kg				
	– Ø 25 mm	5,0 tth/1000 kg				
Pilarit	– Ø 12 mm	10,0 tth/1000 kg				
	– Ø 16 mm	9,8 tth/1000 kg				
	– Ø 20 mm	9,5 tth/1000 kg				
	– Ø 25 mm	8,0 tth/1000 kg				
Koneellinen katkaisu ja taivutus	– terästen läpimitta pieni	3,3 tth/1000 kg				
	– terästen läpimitta suuri	2,4 tth/1000 kg				
Suoritemäärän vaikutus	Seinät, kg	≤5000	10000	20000	40000	≥80000
	Laatat, kg	≤25000	50000	75000	150000	≥300000
	Anturat, palkit ja pilarit, kg	≤5000	7000	12000	25000	≥50000
	Kerroin	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90
	Raudoituksen materiaalisät	ML2	ML3	ML4	Kokonaishukka	
Raudoituksen materiaalisät	10 %	5 %	0...2 %	15...17 %		