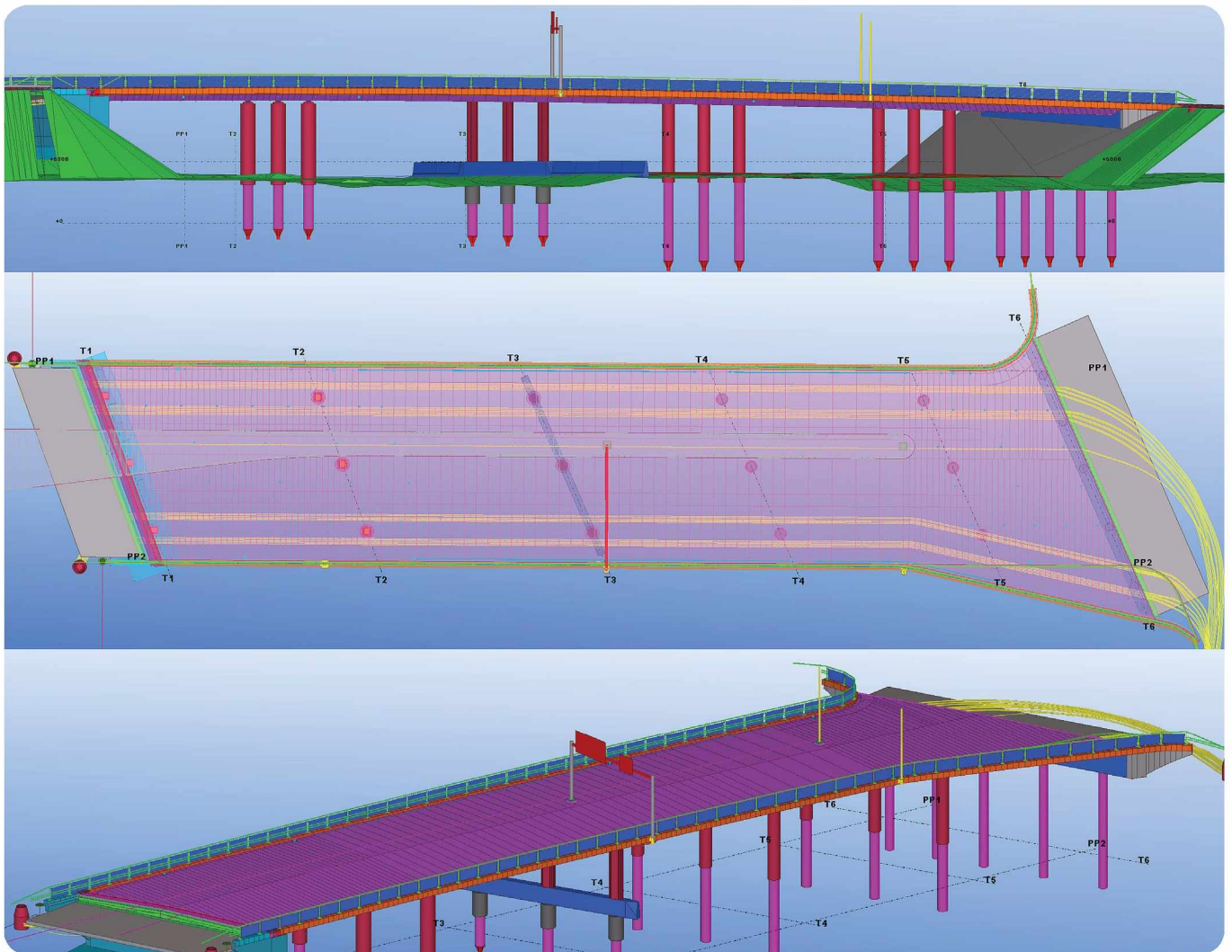


TIMO NURMIMÄKI
JUHA LITMANEN

Tietomallipohjaisesti suunniteltavan sillan suunnitelma-asiakirjojen kehittäminen

PILOTTI



Timo Nurmimäki, Juha Litmanen

Tietomallipohjaisesti suunniteltavan sillan suunnitelma-asiakirjojen kehittäminen

Pilotti

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2014

Liikennevirasto
Helsinki 2014

Kannen kuva: Heikki Myllymäki

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-488-8

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

Timo Nurmimäki, Juha Litmanen: Tietomallipohjaisesti suunniteltavan sillan suunnitelma-asiakirjojen kehittäminen, pilotti. Liikennevirasto, infra- ja ympäristöosasto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2014. 33 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-488-8.

Avainsanat: sillat, tietomalli, suunnittelu, asiakirjat, kehittäminen, ohjeet

Tiivistelmä

Pilotin tavoitteena oli testata ja kehittää erilaisia menetelmiä ja esitystapoja rakennussuunnitelmasta sillan tietomallia hyödyntäen. Pilottisiltana mallinnettiin valtatie 7:lle rakennettava S155 Uittoväylän risteyssilta, joka on viisiaukkoinen teräs-betoninen jatkuva laattasilta. Pilotissa testattiin muuttuvapoikkileikkauksisen sillan geometrian ja raudoituksen mallintamista sekä piirustusten tuottamista eri tavoin. Silta mallinnettiin ja tarkastettiin Tekla Structures -ohjelmalla.

Pilotissa verrattiin uusien esitystapojen laatua perinteisiin piirustuksiin. Tarkoituksena oli käyttää mahdollisimman paljon 3D-mallia hyödyksi tekemällä piirustuksiin 3D-kuvia ja oma erillinen päätypalkin raudoittamisohje mallista otetuilla näkymillä (screenshot-kuvilla). Kokonaisuutena 3D-kuvat selkeyttävät suunnitelmia, mutta voivat myös sekoittaa liiallisella informaatiollaan urakoitsijan.

Nykyiset piirustukset todettiin pilotin perusteella toimiviksi esitystavoiksi yksinkertaisissa poikkileikkauksissa, muuttuvissa poikkileikkauksissa muodon muuttamisen havainnollisuutta parantaa piirustuksiin lisätyt 3D-näkymät. Mittapiirustuksiin ei nähty tarpeellisuutta enää lisätä perinteistä mittataulukkoa, koska sillan taitepisteet on helppo lisätä piirustuksiin ja mallista on nopea siirtää mittaustietoja raportointityökalujen avulla esimerkiksi Excel-taulukkoon.

Siltojen suunnitelmat ja Sillansuunnittelun lähtötiedot -ohjeisiin ei tämän pilotin perusteella löydetty suuria kehittämistarpeita, koska mm. pilotissa testatut piirustusten uudet esitystavat vaativat ensin käyttäjäkokemuksia uuden pilotin avulla. Molemmissa ohjeissa vaadittava suunnitelmien tietosisältö soveltuu pääosin myös mallintamalla tuotettavaan suunnitelmaan.

Tekla Structures ohjelma on toimiva ohjelma monimuotoisen sillan tietomallin tekemiseen. Tehokas käyttö vaatii käyttäjältä hyvää perehtymistä ohjelman eri toimintoihin. Ohjelman käytettävyyttä tulisi parantaa erityisesti poikkileikkaustyökalujen osalta (Sketch Editor ja Profile Editor) sekä tulisi kehittää toiminnallisuuksia suunnitelmatiedon esittämiseen ilman perinteisiä piirustuksia (mm Screenshot-työkaluun toiminnallisuus joka mahdollistaa objektien metatiedon esittämisen ja assosiativisuuden mallin ja siitä otettujen näkymien välille).

Timo Nurmimäki, Juha Litmanen: Utveckling av plandokument för bro planerad enligt datamodell, pilotprojekt. Trafikverket, infrastruktur och miljö. Helsingfors 2013. Trafikverkets undersökningar och utredningar 36/2014. 33 sidor och 2 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-488-8.

Sammandrag

Målet med pilotprojektet var att testa och utveckla olika metoder och framställningar av konstruktionsplaner genom användningen av en datamodell för en bro. Som pilotbro simulerades byggandet av en viadukt vid flottled S155 på riksväg 7, som är en kontinuerlig plattbro i fem spann i armerad betong. I pilotprojektet testades bron geometri med lockstrukturer med variabel tvärsektion och modellering av armeringen samt framställning av bilder på olika sätt. Bron modellerades och kontrollerades med hjälp av programmet Tekla Structures.

I pilotprojektet jämfördes kvaliteten på de nya framställningssätten med traditionella ritningar. Syftet med detta var att dra maximal nytta av 3D-modellen genom att göra 3D-bilder till ritningarna och egna separata anvisningar för armering av sidobalken med snapshot-bilder tagna av modellen. Som helhet förtydligar 3D-bilderna planerna, men de kan även förvirra konstruktören genom sitt överflöde av information.

Med utgångspunkt i pilotprojektet konstaterades det att de nuvarande ritningarna är fungerande framställningssätt för enkla tvärsektioner, men för föränderliga tvärsektioner kom man fram till att det var en bra lösning att lägga till 3D-bilder till bilderna för att åskådliggöra förändringen av formen på tvärsektionen. Det ansågs inte längre nödvändigt att lägga till måttabeller till ritningarna, då det är enkelt att lägga till brytpunkterna i bron i ritningarna och det går snabbt att skapa rapporter av modellen med hjälp av mätbollar.

Man fann inga stora utvecklingsbehov för planerna för broarna och utgångsuppgifterna för anvisningarna i broplaneringen med utgångspunkt i detta pilotförsök, eftersom bland annat de nya framställningssätten för ritningarna som testades i pilotprojektet först kräver användarerfarenheter genom ett nytt pilotprojekt. Det data-innehåll som krävs i båda anvisningarna kan till största delen även tillämpas i modelleringen av den plan som ska framställas.

Tekla Structures-programmet är ett fungerande program för att skapa datamodeller för många olika typer av broar, även om det kräver att användaren är ganska väl insatt i programmets olika funktioner för att modelleringen ska vara effektiv. Det vore bra att förbättra programmets funktionalitet, i synnerhet verktygen för tvärsektioner (Sketch Editor och Profile Editor) samt visningen av armeringar utan ritningar (Snapshot-verktyget, i vilket bland annat numreringen av positionerna bör synas)

Timo Nurmimäki, Juha Litmanen: Developing the planning documents for a building information modelled (BIM) bridge (pilot project) Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment. Research reports of the Finnish Transport Agency 36/2014. 33 pages and 2 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-488-8.

Summary

The objective of the pilot project was to test and develop various methods and models of presentation for a bridge construction plan by means of data modelling. The bridge modelled in the pilot was the S155 Uittoväylä crossing bridge, a five-span continuous reinforced concrete slab bridge to be built for national road 7. The pilot involved testing of the modelling of the geometry and reinforcement of a bridge with a variable cross-section and of various ways of producing images. The software used for modelling and checking the bridge was Tekla Structures.

The project compared the quality of new presentation methods with traditional drawings, with the objective of utilising 3D modelling as much as possible: 3D imaging and a separate end truss reinforcement guide were added to the drawings by means of snapshot images of the model. Overall, the 3D images were found to make the plans clearer. However, they did have potential to confuse the builder with information overload.

The pilot work demonstrated that the drawings currently in use are appropriate for presenting simple cross-sections, while 3D images were considered a useful method of illustrating the variation in the cross-section. Adding a table of dimensions to the drawings was not considered necessary, since the bridge breakpoints are easy to add to the drawings, and reports of the model can be created effortlessly with the aid of measuring balls.

From this pilot work, no major development needs were identified in relation to the *Siltojen suunnitelmat* (Bridge Plans) and *Sillansuunnittelun lähtötiedot* (Initial Data for Bridge Design) guides. However, prior to any new developments, a second pilot should be carried out to expand on user experiences of the new drawing presentation methods. The data content required for both guides can be adopted largely as-is for a plan produced by modelling.

Tekla Structures is a feasible option for creating a data model of a complex bridge, even though users must be ready to study the various functions in some depth if they are to use the software efficiently. Software usability could be improved especially for the cross-section tools (Sketch Editor and Profile Editor) and for the presentation of reinforcements without drawings (the Snap Shot tool should include features such as showing the numbering of positions).

Esipuhe

Tietomallintaminen rakennussuunnittelussa on yhä käytetympi suunnittelutapa ja Liikenneviraston taitorakenneyksikössä pyritään tukemaan myönteistä kehitystä siltojen suunnittelu- ja tuotantomenetelmissä. Suuri osa sillansuunnittelun tarjouspyynnöistä sisältää jo vaatimuksen siltojen mallintamisesta, minkä vuoksi ohjeita on tarvetta edelleen tarkentaa sekä tutkia uusia tehokkaita tapoja tuottaa suunnitelmia tietomallista.

Liikennevirasto on tilannut Siltanylund Oy:ltä pilottiprojektin, jossa tutkitaan uusia suunnitelmien esitystapoja, jotka soveltuvat nykyistä paremmin mallintamalla tehtyihin suunnitelmiin sekä arkistoinnin sähköisiin vaatimuksiin. Pilottihankeen aineistoa hyödynnetään lisäksi Siltojen Tietomalliohjeen, Siltojen suunnitelmat ja Sillansuunnittelun lähtötiedot ohjeiden päivittämisessä.

Pilottiprojektin loppuraportin kokosivat Siltanylund Oy:stä Timo Nurmimäki (RI, AMK) ja Juha Litmanen (DI). Liikenneviraston yhteys- ja vastuuhenkilönä toimi silta-asiantuntija Heikki Myllymäki.

Lappeenrannassa elokuussa 2014

Liikennevirasto
Taitorakennusyksikkö

Sisällysluettelo

KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ.....	8
1 JOHDANTO.....	10
1.1 Pilotin hanke-ehdotuksen tausta	10
1.2 Tavoitteet ja rajaukset.....	10
2 MENETELMÄ	12
2.1 Pilottikohteen kuvaus12	
2.2 Pilottiprojektin osapuolet	13
2.3 Mallinnustyön toteutustapa	13
2.4 Piirustusten tuottaminen	14
3 TULOKSET.....	15
3.1 Muuttuvan poikkileikkauksen mallintaminen	15
3.1.1 Yleistä	15
3.1.2 Kannen geometrian mallintaminen.....	15
3.1.3 Kaarevan poikkileikkauksen mallinnustarkkuus.....	17
3.1.4 Kannen raudoituksen mallintaminen.....	18
3.1.5 Reunapalkkien raudoituksen mallintaminen	19
3.1.6 Siipimuurien raudoituksen mallintaminen.....	20
3.2 Piirustusten tuottaminen tietomallista.....	20
3.2.1 Yleistä	20
3.2.2 Kannen mittapiirustukset.....	20
3.2.3 Kannen raudoituspaiirustukset.....	22
3.2.4 Reunapalkkien raudoituspaiirustukset.....	24
3.2.5 Päädyn raudoituskuvat	25
3.3 Nykyisten ohjeiden toimivuus.....	28
3.4 Arkistoinnin vaatimukset	29
4 PÄÄTELMÄT JA JATKOTOIMENPITEET	30
4.1 Muuttuvan poikkileikkauksen mallintaminen	30
4.2 Piirustusten tuottaminen, esitystavat.....	31
4.3 Ohjeiden päivitystarve.....	32
4.4 Arkistoinnin vaatimukset.....	33
LIITTEET	
1 Tietomalliseloste	
2 Päätypalkin rauditusohje	

Käsitteitä ja määritelmiä

3D-face

Pintamallien tallennusmuoto, kolmioverkko, tallennetaan DWG-formaattiin. Tiedosto tuodaan tietomalliin, jolloin nähdään sillan sijoittuminen ympäristöön.

Beam Extruder

Tekla Structures – ohjelman laajennus/ lisäsovellus, jolla voidaan numereelisen lähtötietoaineiston avulla mallintaa nopeasti esimerkiksi sillan kansirakenteet referenssi-linjan geometriaa noudattaen.

CIP-työkalu

Tekla Structures -ohjelman automatisoitu raudoituksen mallinnustyökalu, jolla saadaan nopeasti mallinnettua erilaisia raudoiteobjekteja.

Class

Tietomallin rakenneosien tarkempi luokittelun aste Tekla Structures -ohjelmassa, jolloin jokainen osa voidaan erotella omalla tunnuksella.

DWG

Autodeskin kehittämä binaari tiedostoformaatti, käytetään suunnitelmätiedon tallentamiseen 2D-, 3D- ja metatiedon osalta.

Filter

Suodatin Tekla Structures -ohjelmassa. Filterillä valitaan esimerkiksi Class-tunnusten avulla mitä kuvissa halutaan esitettävän.

Fitting

Mallinnusobjektien yhteensovittaminen. Tekla Structures- ohjelmistossa oma mallinnusosa.

GA-piirustuksia (General Arrangement Drawing)

Tekla Structures- ohjelmiston piirustyyppi. (yleiseen esittämiseen sopiva)

Mittapiste

Sillan yms. taitepisteiden sijaintitiedon mallintamiseen käytetty objekti. Mallinnetaan tässä pilotissa halkaisijaltaan 100mm pallona.

Phase

Tietomallin rakenneosien luokittelun aste Tekla Structures -ohjelmassa. Käytetään esimerkiksi määrälaskentaohjeen mukaisen tiedon jäsentämiseen.(110 Maatuki 1,400 Päällysrakenne jne.)

Profile Editor

Tekla Structures -ohjelman työkalu, jonka avulla voidaan tehdä siltojen mallintamisessa tarvittavat profiilit.

Screenshot, Snapshot

Tietomallista otettu kuva, ruutukaappaus

Siltojen tietomalliohje

Liikenneviraston ohje LO 06/2014. Määrittelee vaatimukset taitorakenteiden mallintamiselle Liikenneviraston hankkeissa.

Reinforcement Mark, Positiomerkki

Raudoiteryhmän tunnus suunnitelmassa, josta selviää terästen määrä, halkaisija, jako ja kokonaisuus.

Sketch Editor

Tekla Structures -ohjelman työkalu, jolla voidaan tehdä kaksiulotteista poikkileikkausta hyödyntäen kolmiulotteinen kappale.

Tekla Structures

Ohjelmistotalo Teklan toimittama, siltojen ja muiden taitorakenteiden tietomallintamiseen yleisesti käytetty ohjelmisto. Tekla Structuresilla voi mallintaa kaikenlaisia rakenteita mistä tahansa materiaalista tai sisällyttää useita materiaaleja yhteen malliin. Ohjelmisto tarjoaa myös Tekla Open API-ohjelmointirajapinnan.

Tietomalli

Yleisnimitys rakentamisessa käytettäville digitaalisille, tietoa sisältäville malleille.

1 Johdanto

1.1 Pilotin hanke-ehdotuksen tausta

Tietomallintaminen elää kovassa nosteessa ja taitorakenneyksikössä pyritään tukemaan myönteistä kehitystä siltojen suunnittelu- ja tuotantomenetelmissä. Tietomallintaminen on tulevaisuuden menetelmä siltojen suunnitteluun ja sen avulla on saavutettu huomattavaa etuja perinteiseen verrattuna. Etuina ovat mm. suunnittelun laadun parantamisesta johtuvat kustannussäästöt ja varmistetut suunnitteluratkaisut.

Nykyisten ohjeiden (siltöjen suunnitelmat) vaatimukset suunnitteluaineiston ja piirustusten sisällöstä ja esitysmuodosta eivät tue nykyisiä suunnitteluohjelmia ja menetelmiä. Myös arkistoinnin vaatimukset ovat paperipohjaisten asiakirjojen mukaisia ja tarvitaan arviolta vielä useamman vuoden kehitys, jolloin voidaan arkistoida vain sähköistä aineistoa. Pilotin ideana on tutkia kuinka saadaan nykypäivän ohjelmistoilla tuotettua asiakirjat mahdollisimman tehokkaasti; jolloin säästetty aika voitaisiin kohdistaa suunnittelun laatuun.

Pilottihanke liittyy Siltojen Tietomalliohjeen päivittämiseen ja tuotettava aineisto liitetään uudistettuun tietomalliohjeeseen. Aineistoa hyödynnetään myös ohjeiden Siltojen suunnitelmat ja Sillansuunnittelun lähtötiedot päivittämisessä.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Projektin tavoitteena on pilottisillan mallintamisen avulla testata ja kehittää rakennussuunnitelmien esitysmenetelmiä 3D-näkymien ja suoraan mallista otettuja screenshot-kuvia hyödyntäen.

Pilotin käytännön tavoitteet (osatehtävät) ovat:

- Mallintamisessa käytetyn Tekla Structures -ohjelman työkalujen soveltuvuus muuttuvapoikkileikkauksisen sillan mallintamiseen.
- Laaditaan tietomallintamalla rakennussuunnitelma, jonka asiakirjat tuotetaan tehokkaimmalla mahdollisella tavalla niin, että asiasisältö, rakennettavuus ja arkistoinnin vaatimukset säilyvät vähintään perinteisten piirustusten tasolla.
 - Testataan nykyisten piirustusesitysten toimivuus ja selvitetään 3D-kuvien esittämisen lisätarve eri käyttäjien näkökulmasta.
 - Arvioidaan nykyistä piirustusten rakennetta, asettelua, asiasisältöä ja laaditaan vaihtoehtoinen esitysmalli suunnitelma-asiakirjoista.
 - Työmäärien arviointi nykyiseen käytäntöön, tehokkuus.
- Analysoidaan Siltojen suunnitelmat ja Sillansuunnittelun lähtötiedot -nykyohjeiden muutostarpeita.
- Arkistoinnin vaatimukset
- Laaditaan esitys jatkokehitystarpeista ja jatkopiloteista.

Rajaukset

- Pilotissa testataan mittapiirustusen ja kannen päädyn raudoituspiirustusten avulla mitta- ja raudoitustietojen erilaisia esitystapoja ottaen huomioon eri käyttäjänäkökulmat (rakentaja, tilaaja, suunnitelman tarkastaja). Muut asiakirjat laaditaan nykykäytännön mukaisesti Siltojen suunnitelmaohjeen mukaisesti.

2 Menetelmä

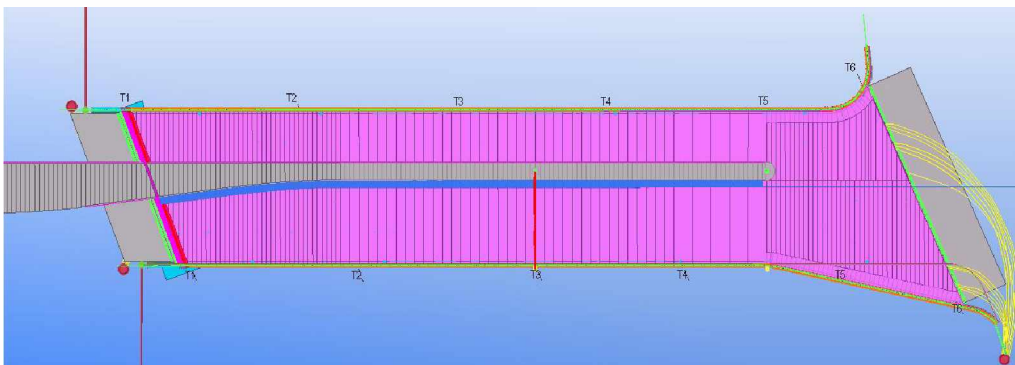
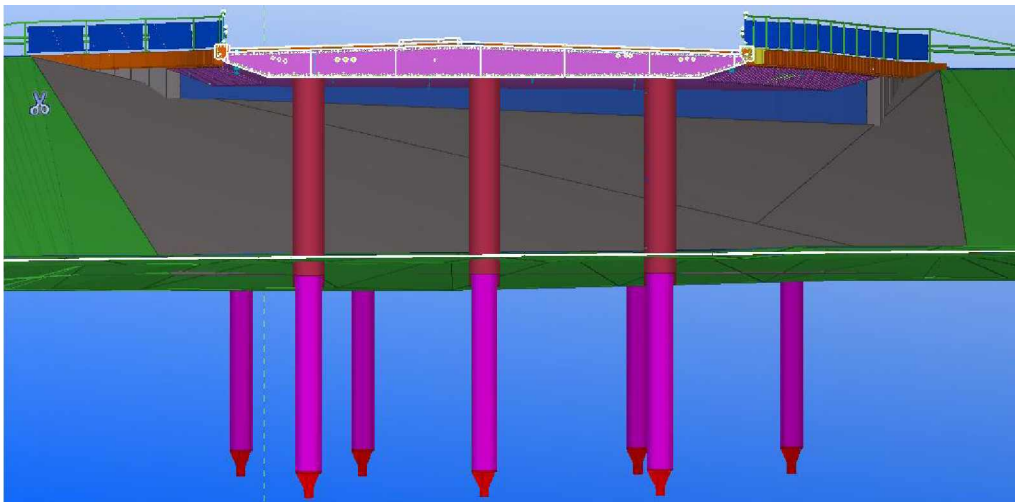
2.1 Pilottikohteen kuvaus

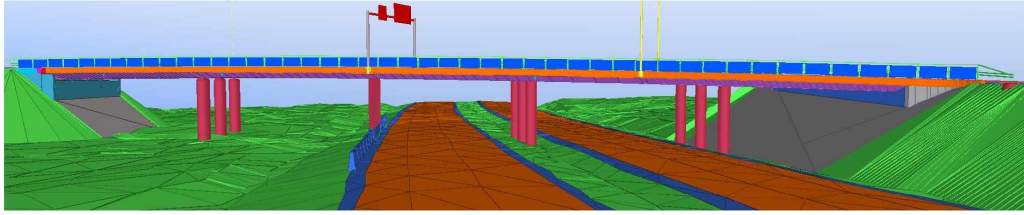
Pilottiprojektissa mallinnettiin silta S155 Uittoväylän risteyssilta, joka on osa Vt 7 Kymnlinna–Rantahaka-projektia. Sillasta laadittiin nykyisten voimassa olevien ohjeiden mukaisesti sillan rakennussuunnitelma, minkä avulla tilaaja pyytää urakoitsijoilta tarjoukset rakentamisesta (KU-urakka). Tietomallia ei liitetä urakan tarjouspyyntöön, koska haasteellisen geometrian vuoksi kaikkien rakenneosien tiedot eivät välttämättä siirry tietomallin mukana. Kohteen tietomalli on tehty suunnittelun laadunvarmistusta ja suunnitelmapiirustusten tuottamista varten.

Pilottisillan tietoja:

- Jm: 17,95m + 18,58m + 15,88m + 17,00m + 11,00m, HI = 16.5 m.
- Pystykaarevuus $S=2000$, vaakageometria suora.
- Teräsbetoninen jatkuva laattasilta, perustettu teräsputkipaaluille, maatuki tuella T1 on maanvarainen.
- Kannen betoni C30/37-3

Sillan poikkileikkaus, taso- ja sivukuva:





2.2 Pilottiprojektin osapuolet

Pilottikohteena toimi hankkeen "Vt 7 (E18) Kyminlinna–Rantahaka (E18 Kotkan pää)" sillan S155 Uittoväylän risteyssillan rakennussuunnitelman laatiminen (projektipäällikkö Jukka Hietaniemi). Pilottityön toteutti kohteen sillan rakennussuunnitelman laatinut konsultti Siltanylund Oy (yhteyshenkilö Risto Hätinén). Liikenneviraston yhteys- ja vastuuhenkilöinä toimi silta-asiantuntija Heikki Myllymäki.

Heikki Myllymäki toimi myös suunnitelman hyväksyjänä (sillan rakennussuunnitelman tarkastusluokka on 2. eli suunnittelutoimiston eri tiimin sisäinen tarkastus toimiston laatujärjestelmän mukaisesti).

Pilottisillan mallinsi Siltanylund Oy. Timo Nurmimäki (RI AMK) toimi päämallintajana/suunnittelijana ja vastasi loppuraportin laadinnasta yhdessä DI Juha Litmasen kanssa, joka toimi pilotin projektipäällikkönä ja vastasi tulosten analysoinnista. Lisäksi mallinnuksessa mukana olivat Sami Liedes (RI AMK) ja Jari Piirainen (RI AMK).

Pääsuunnittelijana projektissa toimi DI Pekka Lämsä, joka vastasi myös suunnitelmien ja tietomallin sisäisestä tarkastamisesta. Suunnitelman tarkasti myös DI Jari Nyberg Rovaniemen toimistosta (2. tiimin tarkastus).

2.3 Mallinnustyön toteutustapa

Silta tietomallinnettiin Liikenneviraston mallinnusohjeen periaatteiden mukaisesti Tekla Structures ohjelmalla (myöhemmin TS) sekä laadittiin piirustukset ja raudoitusluettelot TS- ohjelmalla.

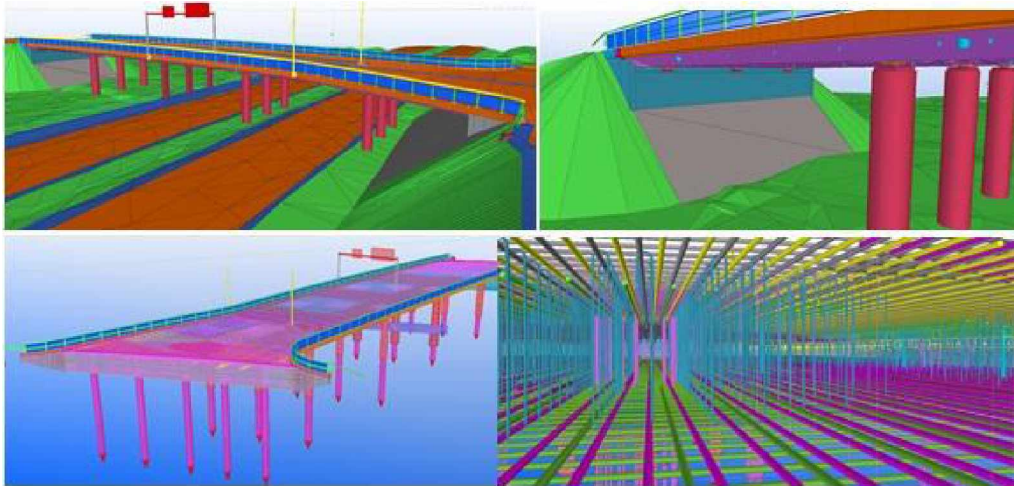
Silta mallinnettiin Teklan TS -ohjelman versiolla 19.0.2. Mallinnuksessa käytettiin ohjelmiston full detailing -konfiguraatiota, joka mahdollistaa ohjelmiston kaikki toiminnallisuudet

Tietomallintamisen lähtötiedot väylien ja maaston osalta saatiin tiesuunnittelijalta pintoina (3D-dwg, face) + perinteiset 2D-suunnittelun lähtötiedot (tien pituus- ja poikkileikkaukset + kartta dwg).

Tietomalli sisältää siltapaikan väylien ja siltaan liittyvien maanpintojen pintamallit. Siltamalli sisältää rakenneosien geometrian, varusteet ja laitteet sekä raudoituksen. Siltaosien nimeäminen (phase) Sillan määräluettelo-ohjeen mukaisesti (sijaintitieto, 100, 200, 400, 600 jne.) ja rakenneosien numerointi (class) Siltanylundin Oy:n ja Destian kehittämän nimeämisohjeen mukaisesti.

Ennen varsinaista mallinnusta suunnittelun lähtötiedot muokattiin ohjelmistoon sopiviksi excel-tiedostossa. Ensimmäiseksi mallinnettiin sillan ylittävän väylän tasaus Open API -rajapintaa hyödyntävällä Beam Extruderilla. Samoin mallinnettiin sillan kansi ja reunapalkit.

Tietomallista on laadittu tietomalliseloste, jossa kuvattu mitä on mallinnettu ja mitä nimiä rakenneosille on käytetty. Tietomalliseloste on liitteenä.



Kuva 1. S155 Uittoväylän sillan tietomalli

2.4 Piirustusten tuottaminen

Sillan rakennussuunnitelmat tuotettiin pääosin perinteisin 2D-suunnitelmien mukaisesti tietomallia hyödyntäen. Sillan geometria mittapiirustuksiin saatiin nopeasti tietomallista. Perinteisten kuvien sisältämän tiedon tuominen piirustuksiin sisälsi kuitenkin paljon manuaalista säätämistä. Pilotissa testattiin perinteisten 2D-suunnitelmien lisäksi 3D-esitystapaa mittapiirustusten ja myös raudotteiden esittämisessä. Tulokset on esitetty kohdassa 3.2.

Piirustukset tuotettiin TS:n omalla piirustusten luontityökalulla. Piirustukset ovat GA-piirustuksia (General Arrangement Drawing). Siltanylund on kehittänyt piirustusten tuottamiseen oman Bridge-siltaympäristön, joka nopeuttaa huomattavasti kuvien tekemistä. Nämä ympäristöasetukset sisältävät valmiit piirustusasetukset eri siltatyypeille. Ympäristöasetusten avulla suunnitelmiin saadaan automaattisesti eri osille oikeat viiva- ja värityypit (Edit Settings), sekä tuotua erilaista tietoa (Part Mark /Reinforcement Mark) ja niiden avulla saadaan näkymään määrättyissä piirustuksissa vain haluttu rakenne tai muu kokonaisuus. Näkymien suodatusasetuksia (Filter) on tehty valmiiksi monenlaiselle tarvittavalle piirustuskäytölle.

3 Tulokset

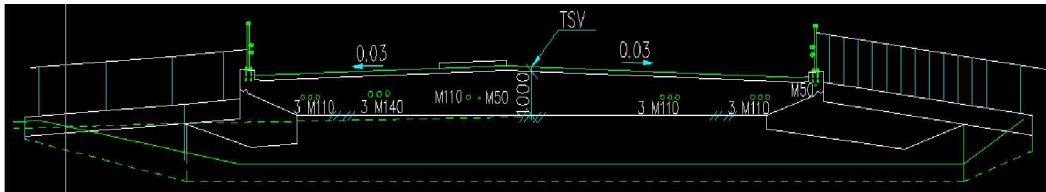
3.1 Muuttuvan poikkileikkauksen mallintaminen

3.1.1 Yleistä

Muuttuvapoikkileikkauksisen sillan geometrian ja sen raudoituksen mallintamisesta ei ole tiedossa aiemmin tehtyä pilotteja tai tutkimuksia. Silta S155 on poikkileikkaukseltaan osittain normaali laattasilta, jossa reunoilla viisteet, mutta sillan toinen pää levenee toiselta reunalta lineaarisesti ja toiselta reunalta kaarevasti. Siltaan oli aluksi suunniteltu tulevan kannen alapintaan varauskolot kaukolämpöputkille, mikä aiheutti isoja ongelmia mallintaa kannen poikkileikkaus yhdellä poikkileikkausegmentillä.

Alun perin sillassa oli molemmissa päissä maatuki, mutta suunnitelmien edetessä toiseen päähän jätettiin maatuki ja toiseen päähän paaluperustuksinen puskupalkki. Välituet on perustettu teräsputkipaaluilla. Tuella T2 pilarit liittyvät kanteen laakereiden välityksellä. Tuella T3 oli alun perin suunniteltu korkea betoninen meluseinä, mutta lopulta siihen suunniteltiin matala betonikaide kaivonrengasperustuksilla ja ovaalin muotoiset pilarit kiinnittyvät kanteen. Välituella T4 pilareihin asennetaan kuorielementit, joita ei kuitenkaan tietomalliin mallinnettu.

3.1.2 Kannen geometrian mallintaminen



Kuva 2.

Kannen poikkileikkaus oli aluksi kaukolämpöputkien varauskolojen takia kuvan 3 kaltainen. Tällainen poikkileikkaus on helppo mallintaa muuttumattomana.



Kuva 3.

Sillan muuttuvapoikkileikkauksista loppuosaa yritettiin aluksi mallintaa yhtenä kappaleena kuvan 4 mukaisesti (reunapalkit erikseen). Kansilaatan leventyessä vain toiseen suuntaan, mallintaminen onnistui kohtuullisesti. Kun poikkileikkaus leveni molempiin suuntiin, TS ei joko pystynyt niin moneen muuttuvaan ja lukittuun mittaan, tai sitten mallintaja ei osannut lukita oikeita mittoja ja antaa oikeita muuttujia ohjelmalle. Ongelmana oli reunaviisteiden pysyminen oikeissa kaltevuukissa ja kannen harjan pysyminen TSV-linjan suuntaisena.



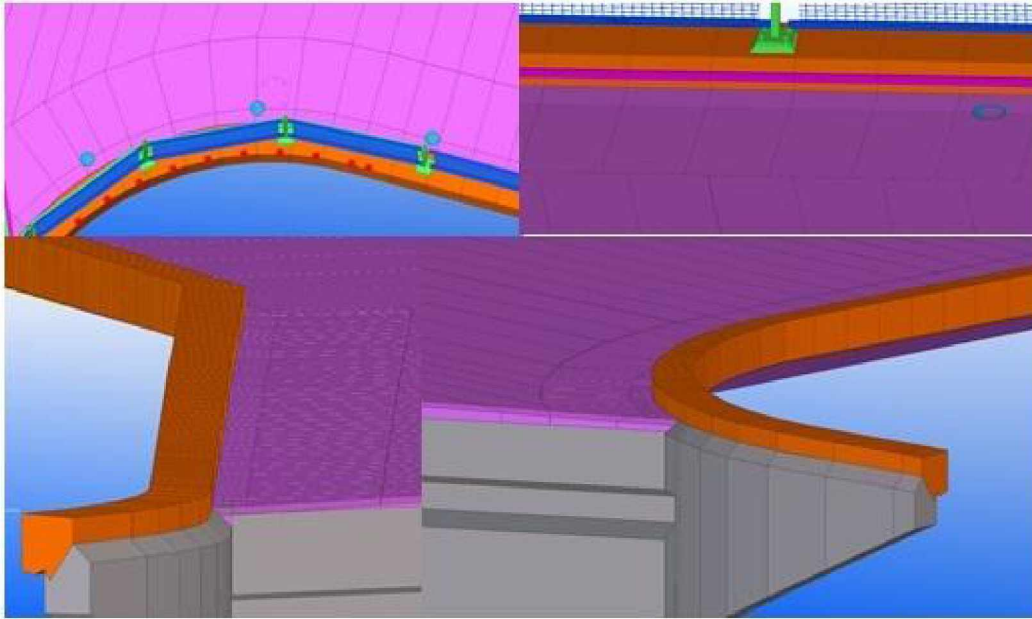
Kuva 4.



Kuva 5.

Monen yrityksen ja erehdyksen jälkeen kannen poikkileikkaus oli järkevämpi mallintaa useasta (6) eri osasta.

Reunapalkit (A ja F) ja kannen viisteet (B ja E) mallinnettiin samoilla koordinaattitiedostoilla ja osat C ja D mallinnettiin TSV -koordinaattitiedoston avulla. Osat pursotettiin Beam Extruderilla 500 mm:n ja 1000 mm:n paksuisina segmentteinä. Osat eivät tulleet annetuilla koordinaattitiedoilla samoille kohdille, joten segmenttien väliin jäi rakoja.



Kuva 6.

Kaarevasti muuttuva poikkileikkauksen mallintaminen ei onnistunut automaattisilla menetelmillä vaan niitä piti muokata objekti kerrallaan. Kannen viisteiden leveyden oli tarkoitus pysyä koko ajan samana. Jos viisteiden (B) mallinnsi ensin esim. 500 mm paksuna, kannen toisen osan (C) paksuus vaihteli sitten kaarteeseen mukaan (ks. ao. kuva). Näin ollen nämä kaarevan kohdan osat piti käsin sovitella samoille kohdille, jotta osien väliin ei jäisi rakoja.

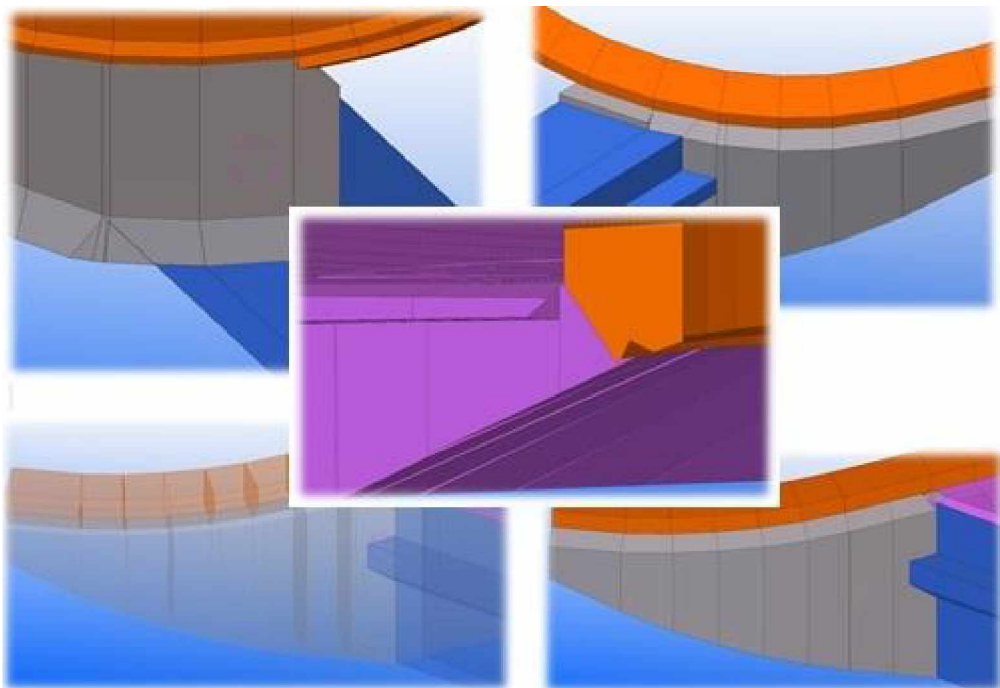
Lopulta kannen poikkileikkaus näytti kuvan 7 mukaiselta, josta varauskolot on poistettu. Varaukolojen poistaminen jo mallinnetusta poikkileikkauksesta ei aiheuttanut ongelmia.



Kuva 7.

Kansilaatan kaarevan osan lyhyellä matkalla tapahtuva geometrian mallintaminen useasta eri osasta aiheutti liiallista pykällystä mallinnuskappaleiden väliin, mikä hankaloitti hieman raudoitusten mallintamista. Puskupalkki tuella T6 mallinnettiin kolmesta eri pituussuuntaisesta osasta siipimuurien kaarevuuden vuoksi. Siipimuurit mallinnettiin useasta eri segmentistä osana puskupalkkia. Segmenttien väliset sovituskappaleet mallinnettiin siipimuurissa (SP3) samoihin kohtiin ja samaan suuntaan, jotta piirustuksissa ei olisi ylimääräisiä viivoja ja raudoitustyökalut toimisivat paremmin.

Siipimuurin (SP4) kohdalla reunapalkin ja siipimuurin fittaukset olivat eri kohdissa, joten osan leikkaaminen toisella oli vaikea saada onnistumaan. Osien väliin jäi ohuita viipaleita tai segmentti katosi kokonaan.



Kuva 8. Päällysrakenteen muuttuvia geometrioita

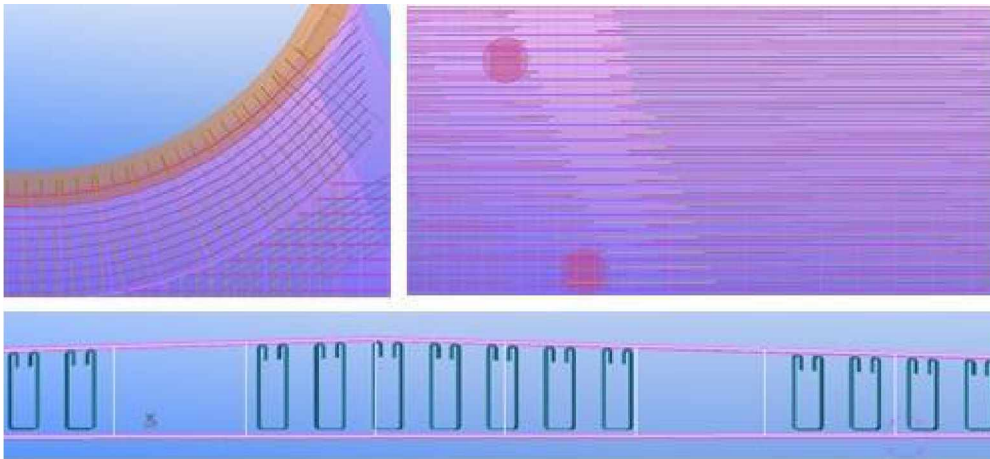
3.1.3 Kaarevan poikkileikkauksen mallinnustarkkuus

Kannen saa mallinnettua tarkemman mallintamalla sen ohuista segmenteistä, mutta se kasvattaa mallin kokoa ja tässä kohteessa lisäsi manuaalisesti tehtävää mallinnuksen hienosäätöä, sillä segmentit pykälisivät aika paljon toisiinsa nähden kaarevan geometrian vuoksi. Segmenttien välisiä sovitusosia (fitting) joutui säätämään jälkikäteen, koska ne tuottivat piirustuksiin ylimääräisiä viivoja. Jos mallia ei käytetä muuhun kuin piirustusten tuottamiseen, karkeampaa mallinnusta ei välttämättä piirustuksista erota. Jos mallia käytetään esim. työmaalla, voi karkea mallintaminen johtaa epäselvyyksiin. Pitkässä sillassa lyhyet segmentit vaikuttavat myös automaattisten raudoitustyökalujen käyttöön, sillä niissä on enimmäismäärä kuinka moneen osaan niillä voidaan yhdellä kertaa mallintaa rauditus.

Mallintajan on oltava huolellinen mittapisteiden mallintamiseen sillan rakenteisiin, ja niiden käytöstä piirustuksissa. Mittapisteenä käytetty "mittapallo" voi näyttää väärän Z-koordinaatin piirustuksessa, jos suunnittelija valitsee väärän muuttujan josta arvo valitaan.

3.1.4 Kannen raudoituksen mallintaminen

Kannen raudoitus oli tavanomainen laattasillan raudoitus. Kaarevalle osalle mallinnettiin raudoitteet sillan suuntaan ja poikkisuuntaan suorilla tangoilla. Alapinnan kaarevaan viisteeseen mallinnettiin viisteen mukaisesti raudoitteet osin onnistuneesti CIP-työkalulla. Taivutustyyppi ei pysynyt suorana (A-tyyppinä) vaan TS muuttaa sen Y-tyypin raudoitteeksi. Kannen alapinnan viisteen poikkisuunnan raudoituksen mallintaminen kaarevalle osuudelle aiheutti lisätyötä. Kaareva osa piti mallintaa osa kerrallaan, jotta raudoitus pystyttiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisena, ilman luseeraavia raudoitetankoja.

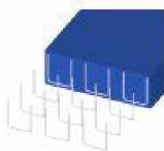


Kuva 9. Sillan päällysrakenteen mallinnettuja raudoituksia

Kannen pituussuunnan ala- ja yläpinnan raudoitteet mallinnettiin suunnitelmien mukaan. Haastetta tuotti erisuuntiin olevat vinot tukilinjat, jolloin raudoitusryhmät myös vinossa tukilinjoihin nähden.

Kannen hakojen mallintaminen onnistui pääosin hyvin CIP-työkalun avulla. Välituella T5 lisätyötä aiheutti kannen mallintamisessa käytetyt erilaiset segmentit. CIP-työkalua käytettäessä segmenttien on oltava samanlaisia. Haat mallinnettiin tuella usealla eri ryhmällä. Osa hakaryhmistä tuli luseeraaviksi CIP-työkalulla, jotka piti manuaalisesti muokata oikeisiin mittoihin. CIP-työkaluissa tuli maksimiarvot vastaan pitkän sillan segmenttien suuren määrän vuoksi.

CIP Reinforcement



Plugins for continuous reinforcement of consecutive beams of imaginative shapes. Can be used with (but is not limited to) beams created with Beam Extruder.

Limitations: The plugins can process max 100 input parts in one go, and the beam sequence cannot bend more than 90 degrees. These cases can be reinforced in multiple sections.

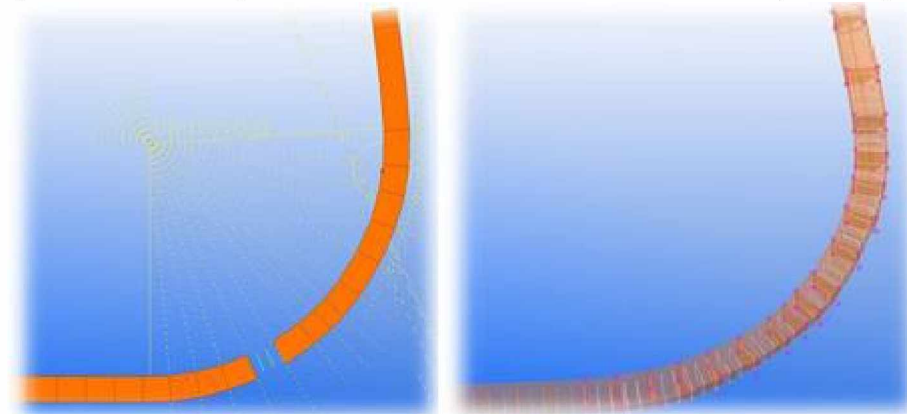
Kuva 10. Teklan ohjeista poimittu CIP-työkalun rajoitus: "100 segmenttiä ja max 90 asteen kulma"

3.1.5 Reunapalkkien raudoituksen mallintaminen

Reunapalkkien raudoituksen mallintaminen päätyuella T6 vei paljon aikaa verrattuna kannen raudoitteiden mallintamiseen. Vasemman reunapalkin raudoituksen mallintamisessa segmenttien fittaaminen kaaren keskipisteen mukaisesti helpotti haka-raudoituksen määrittämistä. Raudoiteryhmä otti asettumiskulman osien nurkkapisteiden mukaan. CIP-työkalulle sillan S155 reunapalkin mutka (n. 97°) oli liikaa, vain osa reunapalkin segmenteistä pystyttiin raudoittamaan kerrallaan.

Moni raudoitetanko jouduttiin mallintamaan taivutustyyppiltään Y-taivutustyyppiksi kaarevuuden vuoksi. Ohjelmiston raudoiteluettelossa Y-tyyppin kohdalla taivutusmitat loppuivat kesken, joten TS:n raudoitusluetteloa ei voida käyttää raudoitteiden tilaamiseen, todellisuudessa nämä tangot voidaan tilata A-tyyppeinä. Raudoitusluettelossa kaikki reunapalkin raudoitteet eivät näkyneet, mikä myös vähentää luettelon käyttömahdollisuuksia.

Ohjelmiston perusraudoitteiden mallinnustyökalulla raudoitteiden mallintaminen oli hidasta, koska kiinnityspisteitä joutui luomaan lukuisia (ks. alla oleva kuva), ja kaikki täytyi manuaalisesti siirtää paikoilleen. Samanlaiset teräkset olisi hyvä olla samassa ryhmässä, mikä helpottaisi teräksien hallintaa niin mallissa kuin piirustuspuolellakin.



Kuva 11.

3.1.6 Siipimuurien raudoituksen mallintaminen

Pystyraudoitetankojen mallintaminen onnistui normaalin mallinnusrutiinin mukaan. Vaakaraudoitetankojen mallintaminen oli hidasta tuella T6 päädyssä, kun siipimuurit olivat kaarevia. Vaakaraudoitteet mallinnettiin pääosin yksi kerrallaan eri taivutus-tyyppejä hyödyntäen, jolloin lähes jokainen vaakatanko sai oman raudoiteposition, kun normaalisti siipimuurissa voidaan käyttää hyödyntää luseeraavia raudoiteryhmiä.

Suorat (A-taivutustyyppi) raudoitteet ohjelmisto muutti joko S- tai Y-taivutustyyppin teräksiksi. Raudoiteluetteloon taivutustyyppit jouduttiin muokkaamaan manuaalisesti oikeiksi, joten TS:n raudoitusluetteloa ei voida suoraan käyttää raudoitteiden tilaamiseen. Osa vaakaraudoitteista piti mallintaa C-tyyppinä ja ne muokattiin raudoiteluettelossa A-tyypeiksi. Työmaalla pienempipoikkileikkauksiset raudoitteet pystytään taivuttamaan siipimuurin muotoon ilman esitaivutuksia.

3.2 Piirustusten tuottaminen tietomallista

3.2.1 Yleistä

Pilotin yhtenä tarkoituksena oli etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja perinteisille rakennussuunnitelmien esitystavoille. Ratkaisuja etsittiin niin mitta- kuin raudoituspiirustuksiin. TS:n mittapiirustuksissa pyrittiin poistamaan mittataulukot. Tällä hetkellä niitä tehtäessä virheiden mahdollisuus on suuri, koska taulukot tehdään eri ohjelmalla ja tuodaan piirustuksiin erillisinä tiedostoina. Taulukoita voi piirustuksissa olla, jos ne synkronoituvat malliin ja sen tietoihin. Tässä pilotissa mallinnettiin mittapistettä sillan taitepisteisiin, joiden tietoja hyödynnettiin mittapiirustuksissa. Mittapistet numeroitiin osan mukaan juoksevalla numeroinnilla, numerot syötettiin manuaalisesti tai hyödyntämällä Tekla Structuresin numerointityökalua.

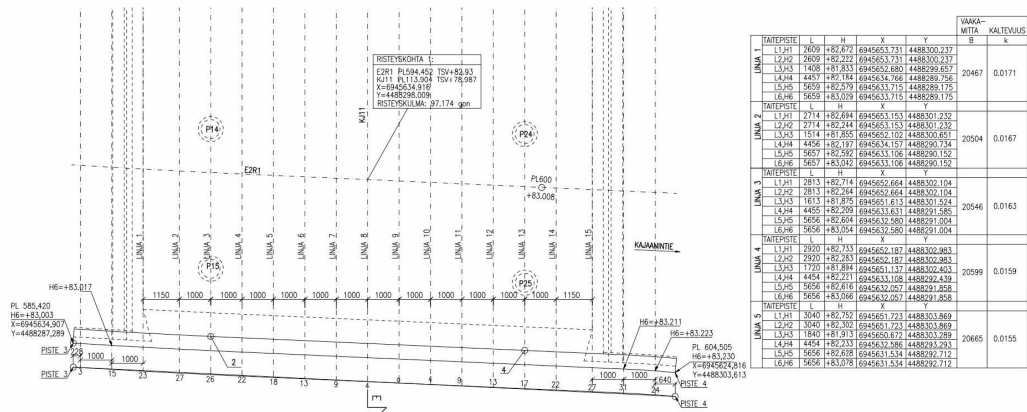
Raudoituspiirustuksissa pyrimme käyttämään 3D-näkymiä havainnollistamaan raudoitteiden sijaintia. Lisäksi teimme suunnitelmaan sarjakuvatyyppisen asennuspiirustuksen, jossa esitetään vain tietyssä asennusvaiheessa oleva raudoiteryhmä. Vaihtoehtoisena ratkaisuna unohdimme tavanomaiset piirustukset ja pyrimme tekemään raudoitusohjeen tietomallia hyödyntäen.

3.2.2 Kannen mittapiirustukset

Esimerkkikuva (kuva 11) perinteisellä tavalla toteutetusta mittapiirustuksessa, jossa on muuttuva poikkileikkaus.

Perinteisen esitystavan (plussat) ja miinukset:

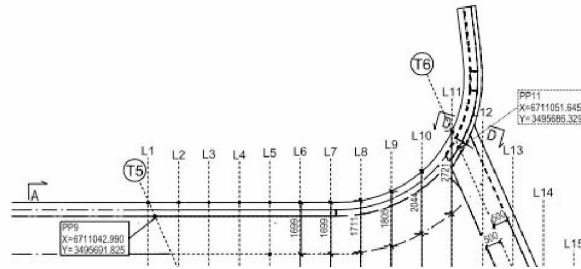
- Poikkileikkauksen arvot on taulukoitu käsin, jolloin virheiden mahdollisuus taulukoissa suuri.
- Pisteiden korot (z-koordinaatit) joudutaan kaikki laskemaan erikseen, mikä on työlästä.



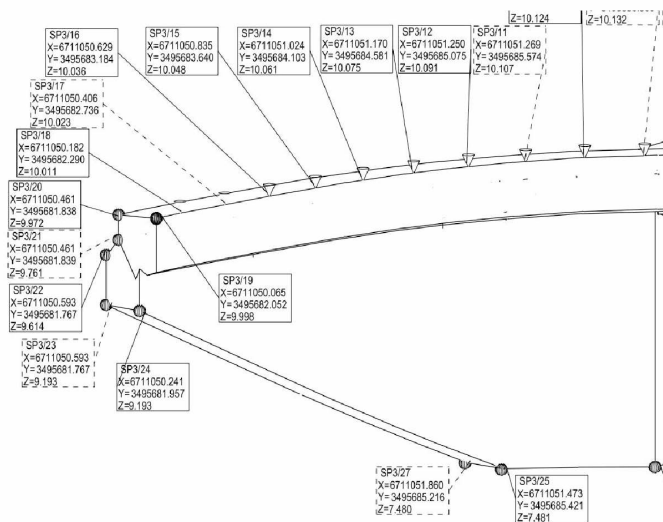
Kuva 12.

Kuvissa 12 ja 13 on otteita sillan S155 mittapiirustuksista. Osana päällysrakenteen mittapiirustusta on kansirakenteen 3D-kuva, josta tulee ilmi sillan kannen muoto jolloin sillasta saa nopeasti kokonaiskäsityksen (kuva 15).

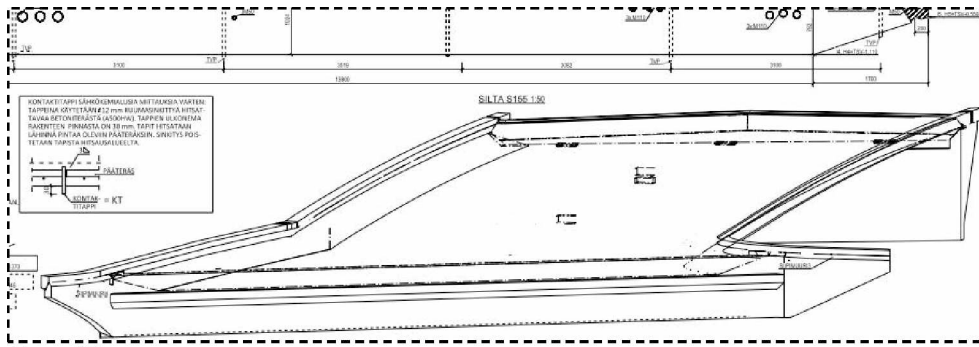
H1	L1 X=6711042.627 Y=3495691.477 Z=10.387	L2 X=6711043.569 Y=3495691.140 Z=10.369	L3 X=6711046.513 Y=3495690.804 Z=10.349	L4 X=6711045.452 Y=3495690.467 Z=10.328	L5 X=6711046.393 Y=3495690.130 Z=10.307	L6 X=6711047.335 Y=3495689.794 Z=10.286	L7 X=6711048.277 Y=3495689.457 Z=10.265	L8 X=6711049.198 Y=3495689.059 Z=10.240	L9 X=6711050.038 Y=3495688.437 Z=10.209	L10 X=6711050.780 Y=3495687.489 Z=10.168	L11 X=6711051.248 Y=3495685.904 Z=10.117
H2	L1 X=6711042.627 Y=3495691.477 Z=9.932	L2 X=6711043.569 Y=3495691.140 Z=9.914	L3 X=6711046.513 Y=3495690.804 Z=9.894	L4 X=6711045.452 Y=3495690.467 Z=9.873	L5 X=6711046.393 Y=3495690.130 Z=9.852	L6 X=6711047.335 Y=3495689.794 Z=9.831	L7 X=6711048.277 Y=3495689.457 Z=9.810	L8 X=6711049.198 Y=3495689.059 Z=9.785	L9 X=6711050.038 Y=3495688.437 Z=9.754	L10 X=6711050.780 Y=3495687.489 Z=9.714	L11 X=6711051.248 Y=3495685.904 Z=9.662
H3	L1 X=6711043.197 Y=3495693.077 Z=9.332	L2 X=6711044.130 Y=3495692.744 Z=9.307	L3 X=6711045.078 Y=3495692.405 Z=9.282	L4 X=6711046.022 Y=3495692.067 Z=9.258	L5 X=6711046.963 Y=3495691.731 Z=9.231	L6 X=6711047.905 Y=3495691.394 Z=9.204	L7 X=6711048.848 Y=3495691.058 Z=9.178	L8 X=6711049.771 Y=3495690.671 Z=9.148	L9 X=6711050.644 Y=3495690.137 Z=9.121	L10 X=6711051.447 Y=3495689.410 Z=9.091	L11 X=6711052.185 Y=3495688.486 Z=9.062



Kuva 13.



Kuva 14.



Kuva 15.

Yhteenveto, 3D-esitystavan plussat ja miinukset:

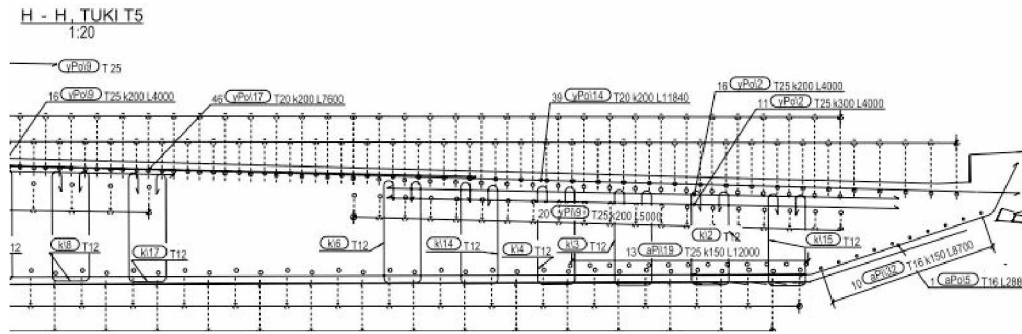
- + Sillan taitepisteiden esittäminen 3D-kuivissa mittapisteiden avulla helpottaa rakentamista.
- + Mittapisteisiin voi sisällyttää erilaista informaatiota, joka saadaan näkymään piirustuksiin pienellä työllä.
- + Muutokset sillan geometriassa päivittyvät automaattisesti piirustuksiin.
- + Manuaalinen korkojen laskeminen jää pois.
 - o Korkojen tarkastus määräytyy sillan TSV:n ja poikkileikkauksen avulla sekä pääpisteiden tarkastamisen kautta tietomallin tarkastusvaiheessa.
- Mittapisteitä muistettava siirtää jos niitä ei ole sidottu sillan osan geometriaan.
- Paalulukemat puuttuvat. Mittalinjalle merkitään paalulukemat 20 m:n välein.
- Huonolla koordinaattilaatikoiden sijoittelulla voidaan saada aikaan vaikeasti luettavia suunnitelmia.
 - o Suunnittelijalla oltava silmää asetella pisteiden tiedot luettavasti piirustuksiin.
- Koordinaattilaatikoita tulee laitettua herkästi liian paljon.
 - o Liian useasti sama informaatio useassa eri näkymässä sekoittaa lukijaa.

3.2.3 Kannen raudoituspiirustukset

Raudoitus suunniteltiin mitoituksen mukaisesti. Raudoitusryhmät nimettiin pintojen mukaan esim. kannen alapinnan pituussuunnan betoniteräkset aPi ja yläpinnassa yPi, jolloin betoniterästen paikka on raudoittajille nopeasti selvillä. Lisäksi raudoitusryhmät jaoteltiin yksityiskohtaisesti eri class-tunnuksin, jotta ne olivat helppo filteröidä piirustuksiin.

Raudoituksen mallintamisessa käytettiin pääosin TS:n tavanomaista raudoitustyökalua (Create Reinforcing Bar Group) raudoitusryhmien vinouden vuoksi. Mallintamisessa pitkät teräkset aiheuttivat ongelmia oikaistuaan kannen pystykaarevassa osassa, mikä näkyy leikkauskuivissa raudoitusryhmien ollessa korkeussuunnassa eri tasoissa kuin on tarkoitus.

Kannen pääraudoitusteräkset esitettiin useissa tasonäkymissä ryhmittäin luettavuuden parantamiseksi. Kannen raudoitus on esitetty myös leikkausnäkymissä, jotka on otettu jokaisesta kentästä ja jokaiselta tuelta. Yhdessä leikkauksessa esitettiin vain sen leikatun alueen raudoitus, eikä CAD-suunnitelmien tapaan yhden kentän leikkauksessa näytetty kaikkien kenttien raudoituksia, mikä vähensi virheiden mahdollisuutta.



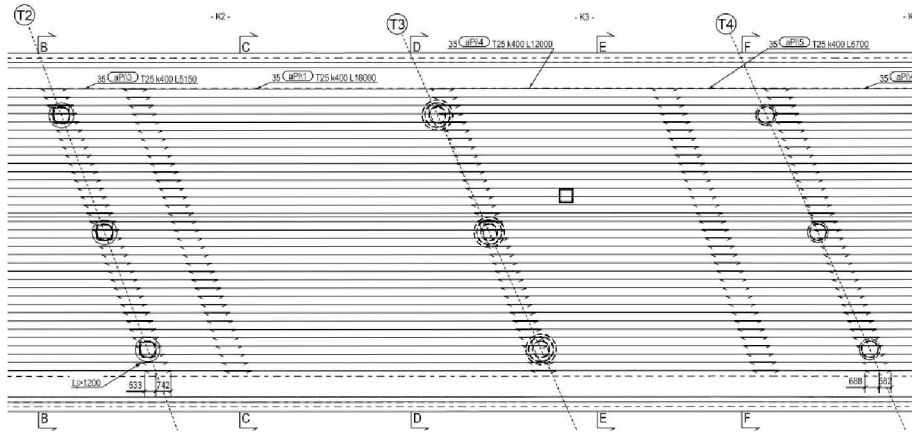
Kuva 16.

Kannen hakojen mallintamisessa käytettiin CIP Stirrups -työkalua. Työkalun toiminnallisuutta tulisi kehittää, koska kannen hakoihin tuli mallinnettaessa ylimääräisiä luseerauksia hakaraidoiteisiin, nämä piti muokata manuaalisesti oikeisiin mittoihin. Poikkeavuudet aiheuttavat aina oman raudoiteryhmän ja position jolloin se sekoittaa suunnitelmien luettavuutta. Raudoitteet eivät ole leikkausnäkymissä aivan oikeissa paikoissa sillan vinoudesta johtuen (ks. kuva 16). Sillan kannesta otettiin kohtisuora poikkileikkausnäkyvä, ja näkymän piti olla riittävän syvä, jotta näkymään tulisi saataisiin näkyviin kaikki raudoitteet, tästä johtuen raudoitteet näkyvät syvyysvaikutelman mukaisesti.

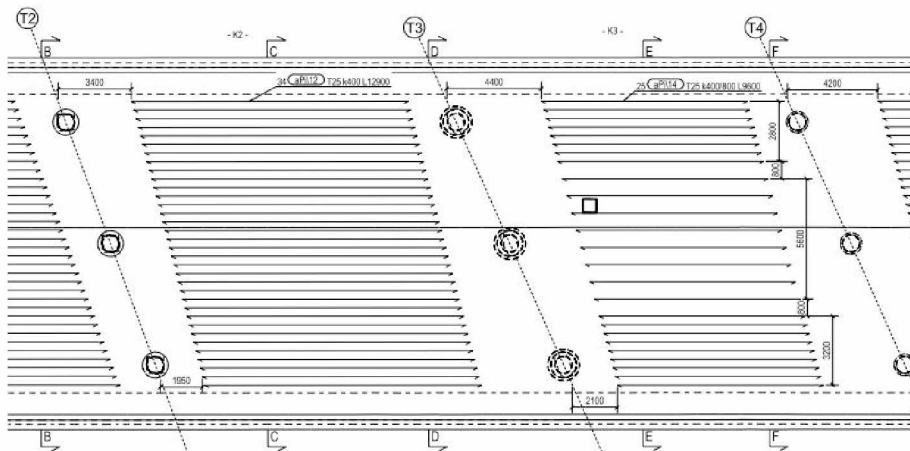
Sillassa on toisistaan poikkeavat jännemitat, mikä aiheutti sen, että kannessa oli paljon mallinnettavia erilaisia raudoiteryhmiä. Poikkileikkauksessa raudoiteryhmiä limijatkoskohdat mallinnettiin eri kohtiin periaatteella, että joka toinen teräspari toisin päin. Kannen alapinnan pituussuunnan raudoituksen tasonäkymissä kentissä ja välituilla esitettiin vain yksi teräsryhmä kerrallaan. Piirustuksista tuli sekavia ja vaikeasti luettavia, jos yritti pitää piirustusmäärän mahdollisimman pienenä ja yritti saada esitettyä mahdollisimman paljon raudoitteita yhdessä piirustusnäkyvässä.

Yhteenvedo tietomallista tuotetuista päällysrakenteen raudoituspiirustuksista, plussat ja miinukset:

- + Selkeämpi esitystapa näyttää raudoitusalueet
- + Mallintajalle ja suunnitelman tarkastajalle helpompi tapa pysyä kokonaisuudessa mukana
 - Mallintaja näkee nopeasti raudoiteryhmän sijainnin tukilinjojen suhteen, josta voi tarkistaa onko mallinnus mennyt suunnitelmien mukaisesti
- + Yhdessä piirustuksessa vähemmän informaatiota
- Lisää raudoituspiirustusten määrää
- Raudoitettaessa oltava monta piirustusta esillä
- Raudoitteiden positiointeja ei saada aina niin loogiseksi kuin 2D-piirustuksissa
- Raudoitusten ulosvetojen teko ei aina toimi kunnolla



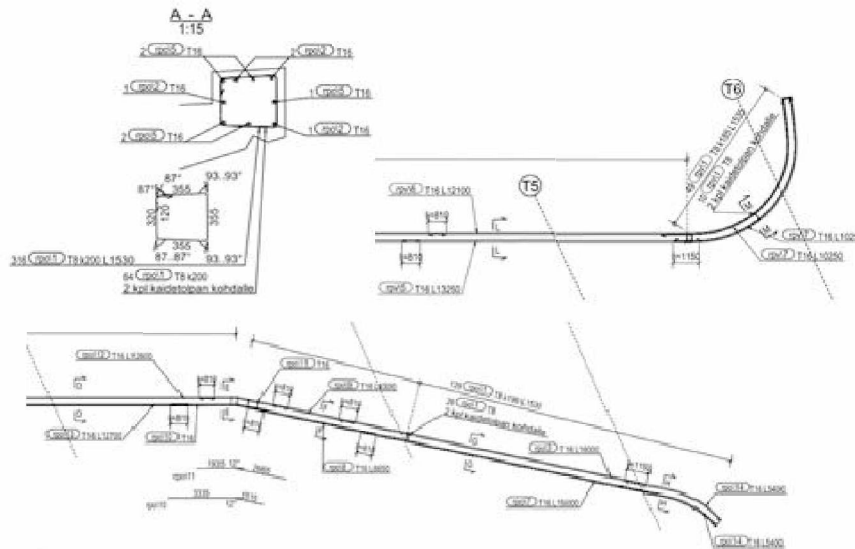
Kuva 17.



Kuva 18.

3.2.4 Reunapalkkien raudoituspierustukset

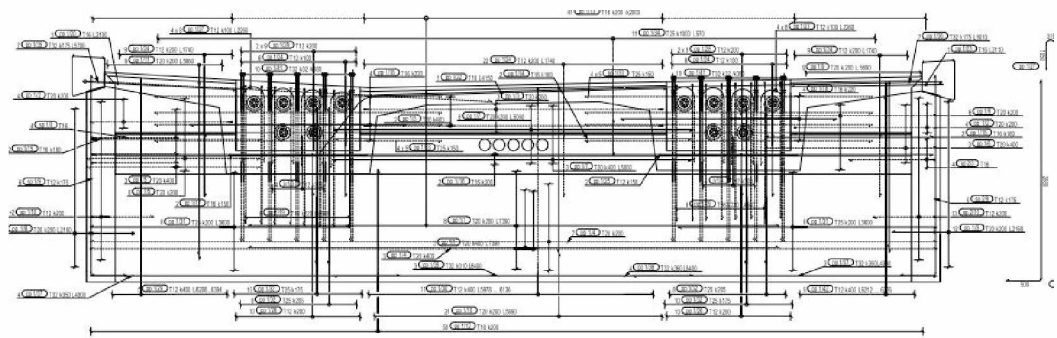
Reunapalkkien raudoituksista tehtiin oma piirustus, joka sisältää tasonäkymän ja useamman leikkauksen. Kahden suunnittelijan tehdessä samaa mallia molempien ei kannata yhtä aikaa työstää samaa piirustusta. Raudoitusten ulosvetoihin jäi luseeraavia mittoja, lähinnä kulmien astelukuihin muuttuvien geometrioiden vuoksi. Piirustuksesta tuli selkeä, sillä näkymissä on esitetty vain reunapalkin raudoituksen informaatiota. Piirustuksia tuli lisää perinteiseen esitystapaan verrattuna, jota voidaan pitää huonona puolena.



Kuva 19. Otteita reunapalkin raudoituspiirustuksesta

3.2.5 Päädyn raudoituskuvat

Perinteinen esitystapa



Kuva 20. Esimerkki perinteisellä esitystavalla toteutetusta puskupalkin raudoituspiirustuksesta

Plussat ja miinukset

- + Raudoitteiden ulosvedoissa on mitat selventämässä raudoitusten muotoja
- + Näkymistä pystyy piilottamaan ylimääräisiä viivoja näin raudoitettajan on helpompi hahmottaa sillan geometria
- + Positiomerkki on valmiiksi kiinni rautaryhmässä
- + Rautaryhmän jakoalue on yleensä helppo merkitä
- + Raudoituskuvat päivittyvät samanaikaisesti, kun tietomalliin tehdään muutoksia, jolloin raudoitusten tarkastaminen kesken mallintamisen on helppoa piirustuksista. Piirustukset syntyvät samanaikaisesti kun raudoituksia mallinnetaan.
- Raudoituskuva on vaikeasti luettava.
- Paljon informaatiota yhdessä leikkauksessa.
- Tietomalliin raudoitusta tehtäessä on ennakoitava kuvien tekoa säätämällä class-numerointia helpottamaan rautaryhmien erottelua.
- Tarvitaan monta leikkauskuvaa raudoitettajan tueksi, jotta raudoitteet saadaan asennettua oikeisiin paikkoihin.

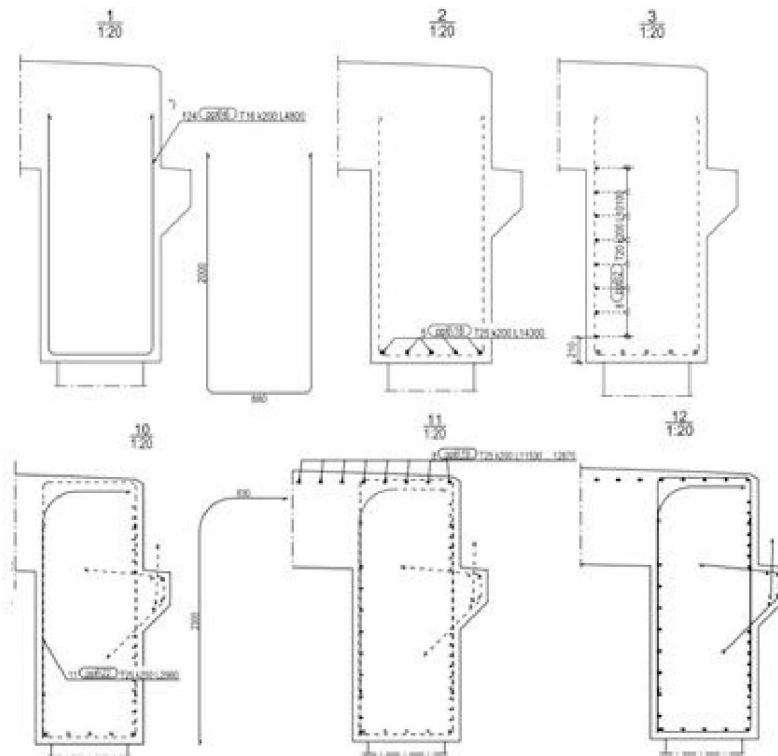
Pilotissa kehitetty uusi esitystapa I

Pilottikohteessa päätytuen T6 raudoituksista tehtiin useampi piirustus selkeyttämään päätypalkin tiheää raudoitusta. Päätypalkkien ja muiden tiheästi raudoitettujen rakenteiden raudoitusten esittäminen perinteisellä tavalla on ollut haaste tietomalli-pohjaisessa suunnittelussa.

Tässä kohteessa päädyimme tekemään asennusjärjestyspiirustuksen, jossa pusku-palkista otetaan leikkaus ja siinä näytetään aktiivisena yksi raudoiteryhmä ulosvedon kanssa. Raudoituksen edetessä kuviin jää taustalle katkoviivalla näkyviin paikalleen jo asetetut raudoitteet. Tästä toinen vaihtoehto olisi, että leikkauskuvissa näytettäisiin kaikissa kaikki poikkileikkauksen raudoitukset, mutta sillä hetkellä asennettava raudoite olisi aktiivisena ja nimettyinä.

Pusku-palkin raudoituksesta tehtiin taso-, 3D- ja leikkausnäkyvät. Ohjelmistolla voidaan lisätä taso- ja leikkausnäkyviin mittatietoa raudoitteiden sijainnista ja suhteista toisiin raudoiteryhmiin. Raudoituksen 3D-näkyvässä esitettiin vähän asiaa selkeästi, tarkoituksena tukea leikkaus- ja tasonäkymiä. Tekla Structuresin 3D-näkymissä ei voi esittää mittatietoja, joka heikentää mahdollisuuksia päästä toivottuun lopputulokseen.

Siipimuurien raudoitus esitettiin pinnoittain 3D-näkymissä ja tavanomaisissa taso-piirustuksissa. Tämä esitystapa lisää luettavuutta kun käytetään TS:ia. Siipimuurien kaarevuuden vuoksi piirustuksiin oli hankala saada mittoja ohjelmiston mittatyökalulla. Tarvittavat mitat jouduttiin lisäämään tekstinä piirustuksiin.



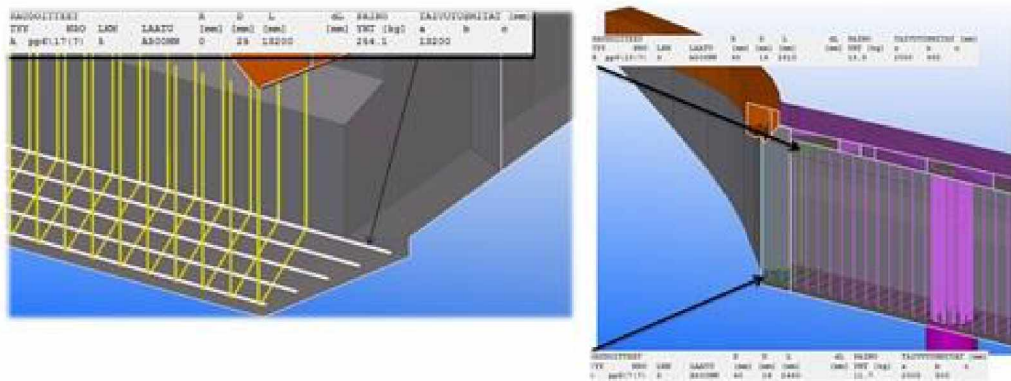
Kuva 21. Päätypalkin raudoituspaiirustus-esimerkki

Pilotissa kehitetty uusi esitystapa II

Vaihtoehtoisena ratkaisuna perinteisille raudoituskuville tehtiin puskupalkin ja siipimuurien raudoituksista screenshot-otoksilla raudoituksen asennusohje. Tämä ohje voisi olla työmaalla perinteisten raudoituspiirustuksille joko vaihtoehtoratkaisuna tai tukena. Jos mallista on tehty kyseinen ohje/ suunnitelman esitystapa, sen pitää olla osa rakennussuunnitelmaa.

Mallista otettiin 3D-kuvia eri suunnista ja näytettiin kuvassa yksi tai useampi raudoiteryhmä. Ajatuksena oli koota päätypalkin raudoitusohje raudoittamisjärjestyksessä. Kuvien yhteyteen lisättiin mittoja ja tekstejä tarkentamaan raudoituksen asentamista. Tarkoituksena olisi virtuaalirakentamisen periaate. Ajallisesti sarjakuvamaisen raudoituspiirustuksen ja screenshot-suunnitelman tekeminen on yhtä nopeaa. Jos tavoitteena on kuvien määrän vähentäminen rakennussuunnitelmista, työmaalla on siirryttävä käyttämään tietomallia sillan rakentamisessa. Tietomallipohjaisesti tehdyt piirustukset lisäävät lähes poikkeuksetta suunnitelmadokumenttien määrää.

Kyseinen esitystapa tarkemmin liitteessä 2.



Kuva 22. Esitystavan II mukaisia näkymiä

Esitystavan hyvät ja huonot puolet

- + Poistaisi perinteisten raskaiden raudoituspiirustusten tekemisen
- + Nopea tapa hakea raudoituksen tieto tietomallista
- + Tekstitietoa raudoitteesta on helppo lisätä
- + Yhdessä kuvassa sopivasti informaatiota
- + Helpommin luettava esitystapa
- + Yhdessä kuvassa on vain muutaman raudoitusryhmän informaatio.
- + Mahdollistaa raudoiteryhmän esittämisen sille otollisimmasta suunnasta.
- + Selventävän tekstin määrä kuvissa rajaton
- + Hyvä, vaihtoehtoinen tapa esittää raudoitteen sijainti
- + Kuvien teossa muottien mallintaminen parantaa lopputulosta
- Ei ole ohjelmiston tukema suunnitelmien esitystapa. Esimerkiksi raudoitteen positiomerkinä pitää erikseen käsin lisätä snapshotteihin. Esitystavan mukainen kuvasarja tehtävä tietomallin raudoitustarkastuksen jälkeen, jotta kuvia ei tarvitse muutoksien jälkeen tehdä aina uudestaan, sillä ne eivät päivitty automaattisesti kuten perinteiset TS:llä tehdyt piirustukset.
- Kuinka paljon raudoittaja tarvitsee informaatiota kuvan lisäksi?

- Raudoitusohjeen tarkastus olisi pääsuunnittelijalla mallia apuna käyttäen ehkä hitaampaa kuin perinteisten piirustusten läpikäynti.
- Tietomalli tehtiin pienistä segmenteistä, jotka näkyvät sitten snapshoteissa ja voivat sekoittaa raudoittajaa.
- Miten suoritetaan viranomaistarkastus raudoituksesta, ohjeesta, mallista vai erillisistä kuvista?
- Muottien mallintaminen lisää työn määrää.

3.3 Nykyisten ohjeiden toimivuus

Siltojen suunnitelmat ja Sillansuunnittelun lähtötiedot -ohjeissa vaadittava suunnitelmien tietosisältö soveltuu pääosin myös mallintamalla tuotettavaan suunnitelmaan. Päätelmät ja jatkotoimenpiteet on esitetty luvussa 4.3. Tässä luvussa on esitetty joitakin ideoita ohjeiden päivitystyöhön.

Pysyisikö päätypalkin raudoituksesta tehty asennusohje suunnitelma-asiakirjojen mukana, jos se nimettäisiin Siltojen suunnitelmat -ohjeen mukaisesti E-kuvaksi – asennuspiirustukseksi (alla ote nykyisestä ohjeesta)?

3 Rakennussuunnitelma

3.1 Perussuunnitelma

Piirustuksen numero muodostetaan tien rakennussuunnitelman siltasuunnitelmaa tarkoittavasta tunnuksesta R15, tästä kauttaviivalla erotetusta siltasuunnitelman numerosta sekä piirustuksen laatua ja järjestystä suunnitelmassa osoittavasta kirjainnumeryhdistelmästä.

Piirustuksen laatua osoittava kirjaintunnus

a = yleispiirustus
 b = alusrakenne
 c = päällysrakenne
 d = varusteet ja laitteet
 g = geotekniset piirustukset
 e = asennus- tai telinepiirustus
 f = varasilta
 r = erillinen korjaussuunnitelma

Yhtenä ideana pilotissa syntyi liittää raudoituksen asennusohje rakennussuunnitelmaselostukseen. Tällöin ongelmana voi olla se, että raudoittamisohje jää työmaalla huomioon ottamatta. Toinen idea on laittaa kaikkiin raudoituspaiirustuksiin nimiön yläpuolelle teksti ”Sillasta laadittu tietomalli, rakennussuunnitelmaselostuksessa on esitetty näkymiä raudoitteiden asentamiseen”. Lisäksi kaikkiin piirustuksiin voisi laittaa tekstin ”suunnitelmasta on laadittu myös 3D tietomalli”. Tämä voisi ohjata siirtymävaiheessa urakoitsijaa tai raudoitustehdasta ottamaan yhteyttä tietomallin tehneeseen suunnittelutoimistoon lisäpalveluna, koska työmaalla ei välttämättä tiedetä, että suunnitelmat on tuotettu tietomallin avulla. Tässä pilotissa tehtyyn raudoituksen asennusohjeeseen on lisätty nimiön yläpuolelle tekstit mallin käytöstä liitteen 2 mukaisesti.

3.4 Arkistoinnin vaatimukset

Tietomalli arkistoidaan Siltanylundin yrityksen omaan arkistoon ja Liikennevirasto arkistoi jatkossa mallit taitorakennerekisteriin. Rakennussuunnitelmaan sisältyvät mitta- ja raudoituspiirustukset arkistoidaan tavanomaiseen tapaan. Rakennussuunnitelman lisänä oleva päätypalkin raudoituksen asennusohje arkistoidaan myös Siltanylundin omaan arkistoon malliksi ja BIM-kehitystyön pohjaksi tulevia projekteja varten.

4 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet

4.1 Muuttuvan poikkileikkauksen mallintaminen

Tavanomainen, muuttumaton sillan kansilaatan poikkileikkaus on helppo ja nopea tietomallintaa. Poikkileikkauksen muuttuessa lineaarisesti sillan kansilaatan osalta, mallintaminen onnistuu myös aika kivuttomasti. Kun mallinnettavana on kohde, jossa sillan kansilaatta muuttuu molemmilta reunoilta ja vielä kaarevasti, geometrian mallintaminen vaikeutuu ja hidastuu huomattavasti. Suora silta on nopea tietomallintaa ja suunnitelmien laatu on hyvä, suunnitelmat luettavat ja selkeät. Raudoitteiden mallintaminen on sitä helpompaa ja nopeampaa mitä yksinkertaisempi sillan geometria on. Tällöin CIP-raudoitustyökalut toimivat hyvin ja löytävät segmenttien nurkkapisteet. CIP-raudoitustyökalua käytettäessä raudoitteet mallintuvat sillan geometrian mukaisesti, kun perusraudoitustyökalu tekee suoria tankoja.

Muuttuvassa poikkileikkauksessa CIP-raudoitustyökalut alkavat tuottaa virheilmoituksia muuttuvasta poikkileikkauksesta johtuvien segmenttien välisistä pykälyyksistä, jolloin raudoitteiden mallintaminen ei onnistu niin nopeasti. Tämän takia raudoitteita joudutaan paljon säätämään manuaalisesti, mikä hidastaa mallintamista.

Jotta muuttuvapoikkileikkauksisissa silloissa päästäisiin tehokkaampaan mallintamiseen ja parempaan lopputulokseen, on suunnittelijan vielä saatava lisää kokemuksia muuttuvista poikkileikkauksista. Ja ohjelmiston käytettävyyttä on parannettava. Mallintajan ohjelmisto-osaaminen on erittäin tärkeää mallintamisen onnistumisen kannalta. Ohjelmiston muuttuvan poikkileikkauksen mallintamisen prosessi on hankala sekä geometrian että raudoitteiden mallintamisen kannalta. Tekla Structuresissa on parantamisen varaa esimerkiksi Sketch Editor ja Profile Editor työkaluissa, joissa poikkileikkauksen muuttujia asetetaan.

4.2 Piirustusten tuottaminen, esitystavat

Tietomallintamalla tehdyt rakennussuunnitelmat tuottavat lähes poikkeuksetta enemmän piirustuksia kuin tavanomaiset CAD-suunnitelmat. Kuvista saadaan selkeitä, kun yhteen kuvaan ei laiteta liikaa informaatioita. Tietomallipohjaisissa suunnitelmissa tehdään esimerkiksi joka siipimuurista leikkausnäkö, joissa vain sen osan tiedot ovat esillä, kun CAD-suunnitelmissa yhteen siipimuurileikkaukseen saadaan kaikkien siipimuurien tiedot. Piirustusten määrää rakennussuunnitelmissa voidaan vähentää, jos tietomallia pystytään hyödyntämään sellaisenaan työmaalla. Suunnittelijan näkökulmasta tällainen olisi suotavaa, sillä piirustusten teossa menee kuitenkin noin puolet koko ajasta.

Piirustusten lisäksi TS-ohjelmalla pystytään tekemään raportit kaikista varusteista ja määristä. Tämä kuitenkin edellyttää suunnittelijalta sitä, että kaikki varusteet ovat mallissa mallinnettu ja nimetty sillä tavoin, että raportteja voidaan hyödyntää. Tällä hetkellä osa varusteista on mallinnettu vain semaattisesti osoittamaan varusteen paikkaa, määrää ja muotoa.

Sillan geometria pystytään viemään maastoon tietomalliin mallinnettujen mittapisteiden avulla. Mittapisteet voidaan nimetä pääosan mukaan, jolloin koordinaateista voidaan tehdä raportti ja viedä se mittalaitteisiin. Malliin voidaan upottaa kaikki se tieto mitä piirustuksissakin on, joten piirustukset voisivat olla vain arkistointia varten, ne voisivat olla karsittua mallia, jos tietomallit pystytään arkistomaan järkevästi. Mallista voidaan tehdä nopeasti työmaalle avuksi detaljiotoksia, joihin on lisätty mittoja ym. tietoja rakentamista helpottamaan. Mallin kuvat voivat olla havainnollistavampia kuin perinteiset rautalankapiirustukset.

Luvussa 3.2.5 kuvattu uusi päätypalkin raudoituksen esitystapa I on tilaajan hyväksymä. Tehty päätypalkin raudoituskuva liitetään KU-urakan urakkatarjouspyyntöön. Uusi esitystapa päätypalkin raudoituksesta perustuu raportin laatijoiden näkemykseen raudoitusjärjestyksestä ja kuvissa esitettävistä asioista. Tämän vuoksi tässä pilotissa tuotettujen piirustusten toimivuutta olisi tärkeää testata tämän pilotin hanke-ehdotuksessa mainitussa KU-urakan seuranta tutkimuksessa ja mainita asiasta jo urakkatarjouspyynnössä.

Liitteen 2 mukainen esitystapa on tehokkain tapa tuottaa kuvia mallista, mutta vaatii suunnittelijalta näkemystä mitä asioita kuvissa esitetään, jotta raudoitus voidaan oikein asentaa. Lisäksi oman haasteensa muodostaa ko. kuvien eri osapuolien tarkastus (viranomainen, urakoitsija, suunnittelutoimisto), jos tulevaisuudessa mentäisiin pelkästään tähän esitystapaan.

Jotta liitteen 2 mukaisia mallista otettuja snapshot-kuvia voisi käyttää luotettavammin raudoituksen asennusohjeessa, on mallintamisohjelman toimittajan tehtävä sopiva nimityökalu, joka linkittyy kyseiseen raudoitukseen näyttäen vain halutut tiedot, kuten esimerkiksi vain positionumeron.

KU-urakan seurantatutkimuksen rinnalla tai sen jälkeen olisi hyödyllistä mallintaa myös kaksi erityyppistä pilottikohdetta ST-urakoissa (jännitetty betoninen palkkisilta ja betoninen laattasilta), jossa tilaaja ja urakoitsija toteuttavat kohteen ilman piirustuksia tai nykyistä tapaa keveämmillä piirustuksilla, kuten tässä pilotissa on kehitetty. Yhtenä tavoitteena olisi määrittää piirustuksissa esittävien asioiden minimivaatimukset mallintamalla tehdyissä suunnitelmissa.

Edellä mainittujen pilottien kokemusten jälkeen tehdään tarvittavat päivitykset Siltojen suunnitelmat -ohjeeseen.

4.3 Ohjeiden päivitystarve

Siltojen suunnitelmat -ohjeeseen ei tämän pilotin perusteella löydetty suuria kehittämistarpeita, koska pilotissa testatut piirustusten uudet esitystavat vaativat ensin käyttäjäkokemuksia seurantatutkimuksen ja uusien pilottien avulla (luvun 4.2 mukaisesti).

Pieniä lisäyksiä voisi laittaa muun muassa rakennesuunnitelmaselostukseen. Tietomallista otetut kuvanäkymät voisivat olla tukemassa sillan rakentamista, niitä voisi ottaa esimerkiksi paikoista missä raudotteiden asentaminen on hankalaa kuten päätypalkeissa.

Tietomallista tehdyt rakennussuunnitelmat sisältävät rakenteiden sijaintitietoa, joka on sijoitettuna erillisiin "koordinaattilaatikoihin", näiden avulla voidaan korvata perinteiset mittataulukoiden esittämistarpeen mittapiirustuksista.. Jatkossa mittapiirustuksissa esitettäisiin sillan geometrian joitakin pisteitä, ja piirustuksissa olisi esitetty, että muut tarvittavat mittapisteen ovat saatavilla erillisenä tiedostona esimerkiksi Excel-taulukkona. Hyvään kannen mittakuvan esitystapaan voitaisiin sisältää 3D-näkymä/näkymiä kannesta.

Nykyisessä Sillansuunnittelun lähtötiedot -ohjeessa vaaditut asiat on hyvä olla pääosin myös mallintamalla tehdyn suunnitelman lähtötietoina. Ohjeen päivitystyössä suurimmat muutostarpeet koskevat tietojen toimitusformaatteja ja millä varmistetaan lähtötietojen laatu ja toimivuus eri järjestelmissä, kun jatkossa suurin osa lähtötiedoista toimitetaan eri tekniikkalajien tietomalleina.

4.4 Arkistoinnin vaatimukset

Tässä vaiheessa, kun tietomallia ei voida vielä järkevästi ja luotettavasti arkistoida, on tarpeen arkistoida piirustukset. Niiden laadun tasoa voi jatkossa miettiä, mitä on tarpeellista säilyttää. Esim. mitkä asiat pitää sopimusteknisesti esittää arkistoitavissa piirustuksissa - minimivaatimukset. Tarvitaanko mallin lisäksi tavanomaiset mitta- ja raudoituspiirustukset?

Voisiko tietomallin lisäksi olla erillinen arkistointipiirustus, jolloin perinteiset mittakuvat korvattaisiin asennusohjeilla? Olisivatko arkistointipiirustus yleispiirustuksen tapainen tärkeimmät tiedot sisältävä piirustus, vai kokonaan uusi snapshot-otoksia tietomallista sisältävä sähköinen dokumentti? Riittäisikö raportin liitteenä olevan raudoitusohjeen ensimmäinen sivu täyttämään viranomaistarkastuksen ja arkistoinnin vaatimukset? Ohjeen loput sivut tukisivat rakentamista ja niitä tilaaja ei välttämättä vaatisi. Tästä asiasta olisi hyvä tehdä pilottihanke, jossa testattaisiin uuden ohjeen toimivuutta.

Tietomalliselostus

Projekti: Valtatien 7 (E18) parantaminen välillä Kyminlinna – Rantahaka
S155 Uittoväylän risteysilta, Kotka

Projektinnumero: R15/18901
Laatija: Timo Nurmimäki/Sami Liedes/Jari Piirainen Siltanylund Oy
Ohjelmistoversio: Tekla Structures 19.0.1
Formaatti: Tekla natiivi
Tiedoston nimi: s155.db1
PVM.: 30.10.2012

Mallin sisältö rakenneosittain:

Teräsbetoninen jatkuva laattasilta

100 Maatuki:
Maatuen betoniosien geometria mallinnettu.
Raudoitus mallinnettu
Varusteet mallinnettu.

200 Maatuki:
Paalujen geometria mallinnettu
Raudoitus mallinnettu
Varusteet mallinnettu.

400 Päällysrakenne:
Kannen, reunapalkkien ja päätypalkin betoniosat ja geometria mallinnettu.
Raudoitus mallinnettu
Varusteet mallinnettu.

600 Varusteet ja laitteet
Mallinnettu.

1000 Referenssit
Mallinnettu.

1000 Referenssi:

Tasausviiva K301, R2, R5 ja Vt7 ovat mallinnettu tasapaaluittain (metrin välein) profiililla D25. Tasapaalulukemat mallinnettu K301 plv 1220-1380, alikulkevat TSV:t +-30m sillan keskilinjasta. Paalulukeman arvo objektin Name kentässä. Pääpisteet mallinnettu. Väyläsuunnittelijan maastot ja siltaan kuuluvat maarakenteet mallinnettu kolmioverkkoina.

Koordinaatisto:

Tietomallin paikallisen koordinaatiston origo sijaitsee pisteessä
X=6710700.00;Y=3495500.00 (VVJ) Mallinnuksen yksikkönä millimetri. Malli on korkeusjärjestelmässä N60. Mallin paikalliskoordinaatiston Y-akselin positiivinen suunta on pohjoiseen.

Liittyvät referenssimallit:

Taso.dwg = 2D tasonäkymä siltapaikasta HUOM. Viitteellinen

Numerointi:

Mallinnuksessa käytetyt Phase:t

Numero:

Nimi:

100 Maatuki T1
400 Päällysrakenne
600 Varusteet ja laitteet
1000 Referenssi

Class:

Nimi:

1 Tien rakenteita
2,21,25 Mittapallo
4 TSV
5 Pääpiste
6 Paalulukema
7 Risteyskohta/Sillan keskipiste
201 Antura/Peruslaatta
203 Paalu
204 Kaivonrengas
205 Pilari
207 Maatuki
210 Suojamuuri
250 Kansi
251 Reunapalkki
252 Puskupalkki
253 Siipimuuri
254* Jälkivalu
255 Kumibitumikermi
281 Siirtymälaatta
282 Kalliokärki
283 Teräskaide
284 Tappi
285 Kuivatuslaitteet
286 Varusteita
287 Saumamassa, liikuntasäula
288 Peitelevy
990-997 Tierakenteet

Rauditus:

Class:

Nimi:

100* Listaamaton teräs
511* Sisäpinnan pystyteräs
512* Sisäpinnan vaakateräs
513* Ulkopinnan pystyteräs
514* Ulkopinnan vaakateräs
515* Pystyhaka
516* Vaakahaka
530* Pilarin/Paalun pystyteräs
531* Pilarin/Paalun haka
540* Etupinnan pystyteräs
541* Etupinnan vaakateräs
542* Takapinnan pystyteräs

543*	Takapinnan vaakateräs
544*	Haka
545*	Lisäteräs
550*	Alapinnan alempi teräs
551*	Alapinnan ylempi teräs
552*	Yläpinnan alempi teräs
553*	Yläpinnan ylempi teräs
554*	Lisäteräs/sivupinnan teräkset
570*	Etupinnan pystyteräs
571*	Etupinnan vaakateräs
572*	Takapinnan pystyteräs
573*	Takapinnan vaakateräs
574*	Pystyhaka
575*	Lisäteräs
578*	Vaakahaka
581*	yPi/yläpinnan pituussuunnan teräs
582*	yPo/Yläpinnan poikkisuunnan teräs
583*	aPi/alapinnan pituussuuntainen teräs
584*	aPo/alapinnan poikkisuunnan teräs
585*	Haka
587*	Lisäteräs
590*	Reunapalkin pituussuunnan teräs
591*	Reunapalkin hakateräs

Muuta huomioitavaa:

Mitä EIOLE mallinnettu:

Tarkemmat liikuntasauvarakenteet laitetoimittajan mukaisesti.

Kuivatuslaitteiden tarkemmat määritykset LIVI:n tyyppiirustuksista.

Siirtymälaatan rakenteet tarkemmin LIVI:n tyyppiirustuksista.

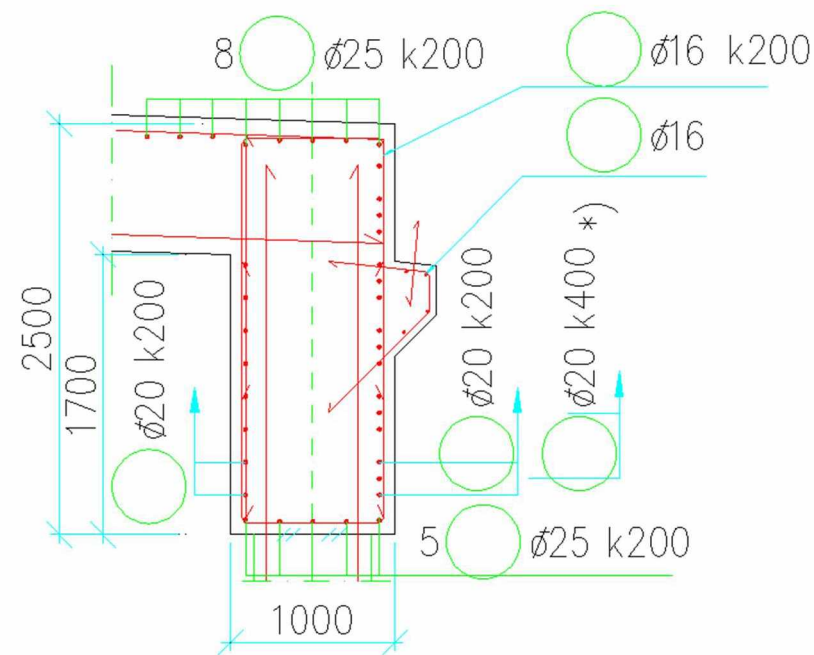
Laakereiden rakenteet laakeripiirustuksen mukaan.

Kaideosat tarkemmin LIVI:n tyyppiirustuksista.

PÄÄTYPALKIN RAUDOITTAMISOHJE

Raudoitusohje päätypalkille tuella T6 ja siipimuureille SP3 ja SP4 (16 sivua).

VAATIMUS:



*) reunapaalujen kohdalla

RAKENNEOSA	TUNNUS	RASITUSLUOKKA- RYHMÄ	BETONIPEITE	LUJUUSLUOKKA	P- LUKU	BETONIPINNAN SUOJAUS
PÄÄTYPALKKI	Ro10	R1	45	C35/45-3	P50	
SIIPIMUURIT	Ro11	R1	45	C35/45-3	P50	ULKOP. IMPREGNOINTI

RAUDOITUSPOSITIOIDEN ETULIITTEET

PP: PÄÄTYPALKKI

SP: SIIPIMUURI

TERÄS: A500HW

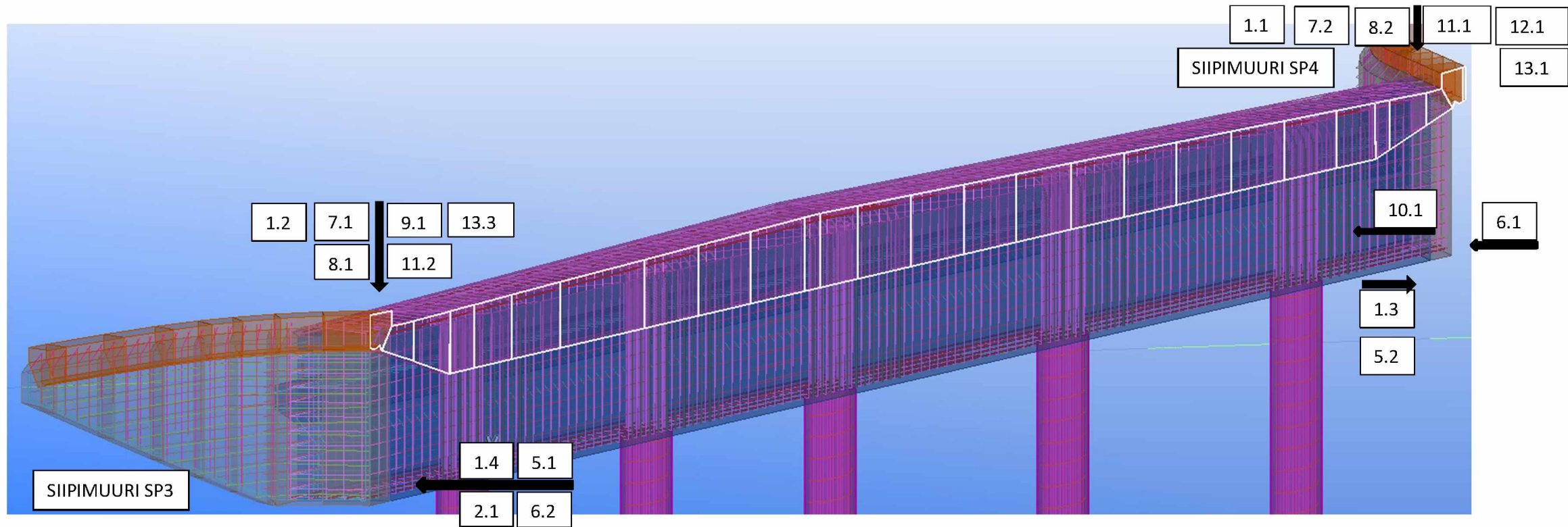
TYÖTERÄKSET (OLETUS): -ALAPINTA 12 mm, MUUALLA 10 mm.

Tarkentavia kuvia päätypalkin raudoituksesta on saatavilla lisää.

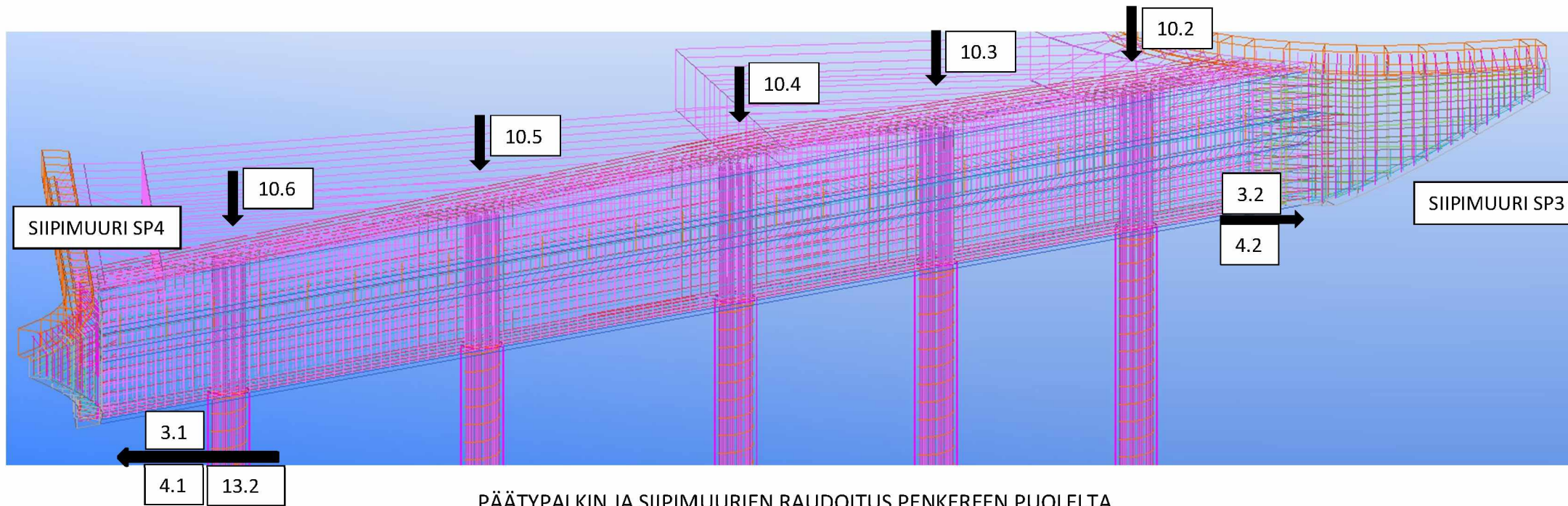
Suunnitelmakuvat on otettu tietomallista (Tekla Structures).

Työmaalle on saatavissa sillan raudoituksesta myös ifc-malli.

MERKKI	PVM	MUUTOS	TEHNYT	TARKASTANUT
HANKE	Valtatien 7 (E18) parantaminen välillä Kymnlinna – Rantahaka			
SILLAN NIMI JA KUNTA	S155 Uittoväylän rs, Kotka			
TYYPPI	Teräsbetoninen jatkuva laattasilta Päätypalkin raudoitus			
JM	VA	HL	16.5 m/muutt.	
	18.0+18.6+16.2+17.0+11.0 m			
KUORMA	LM1, LM3 / 1.6.2010	VNOUS	26.507 qon	
 Siltanylund Oy PUJONKATU 26-28 Puh. 0207 421 100 70110 KUOPIO Telefax 0207 421 101 Sähköposti: etunimi.sukunimi@siltanylund.fi		 Liikennevirasto  Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
Sillansuunnittelu				
PIIRT.	22.1.2014	T.Nurmmimäki	TARK./HYV.	
SUUNN.			Liikennevirasto, Taitorakentaminen	
TARK.			TARK.	
Geotekninen suunnittelu				
TARK.			HYV.	
			GEOTARK.	
MITTAK.			PIIR. NRO	R15/18901 C-20

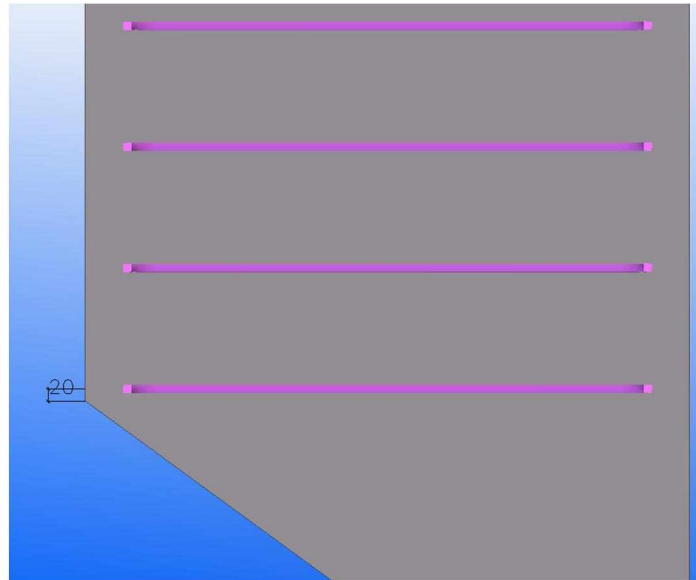


PÄÄTYPALKIN JA SIIPIMUURIEN RAUDOITUS KANNEN PUOLELTA

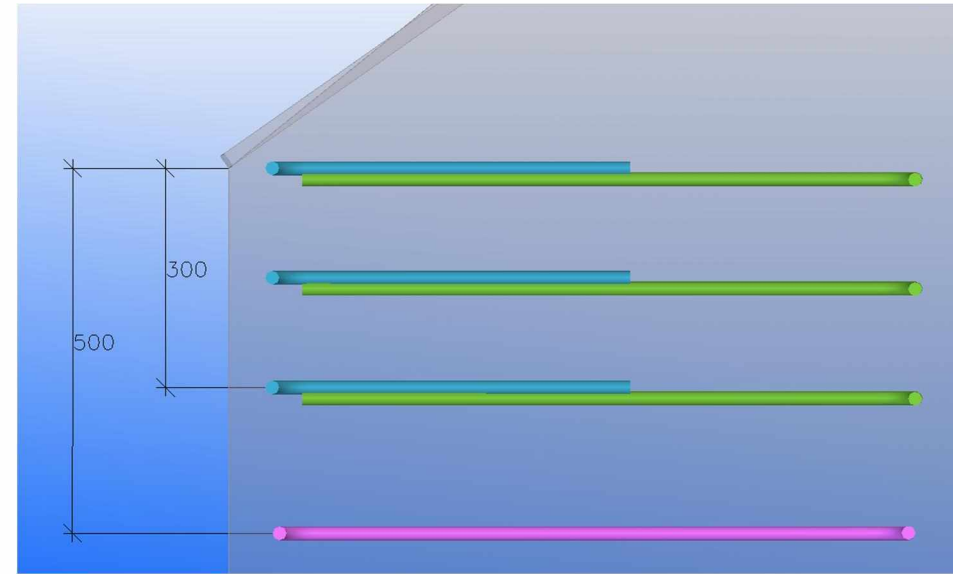


PÄÄTYPALKIN JA SIIPIMUURIEN RAUDOITUS PENKEREEN PUOLELTA

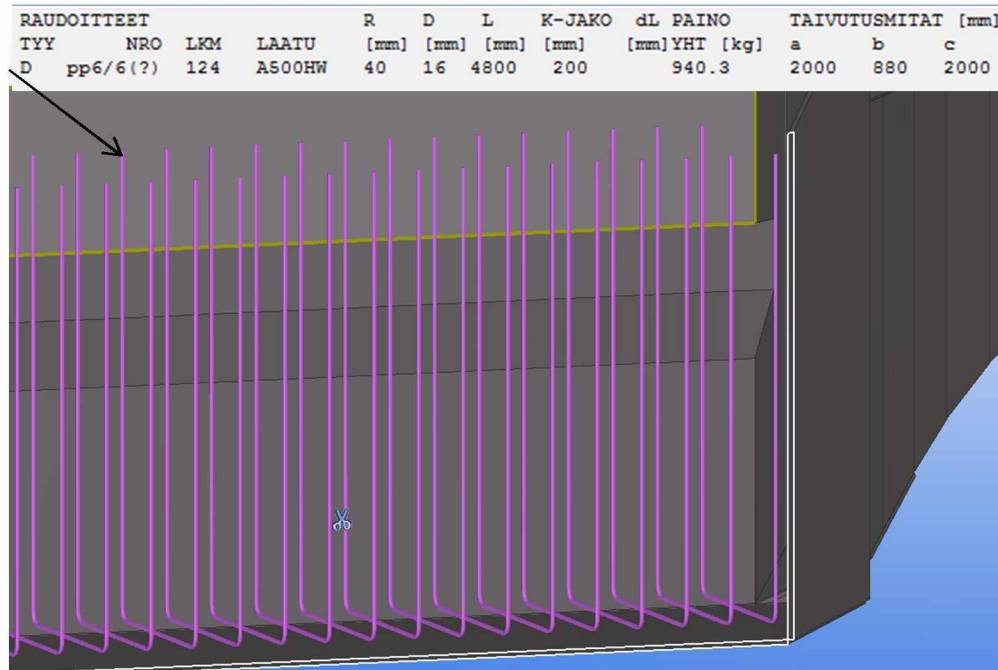
1. ALAPINNAN PYSTYHAKOJEN ASENTAMINEN



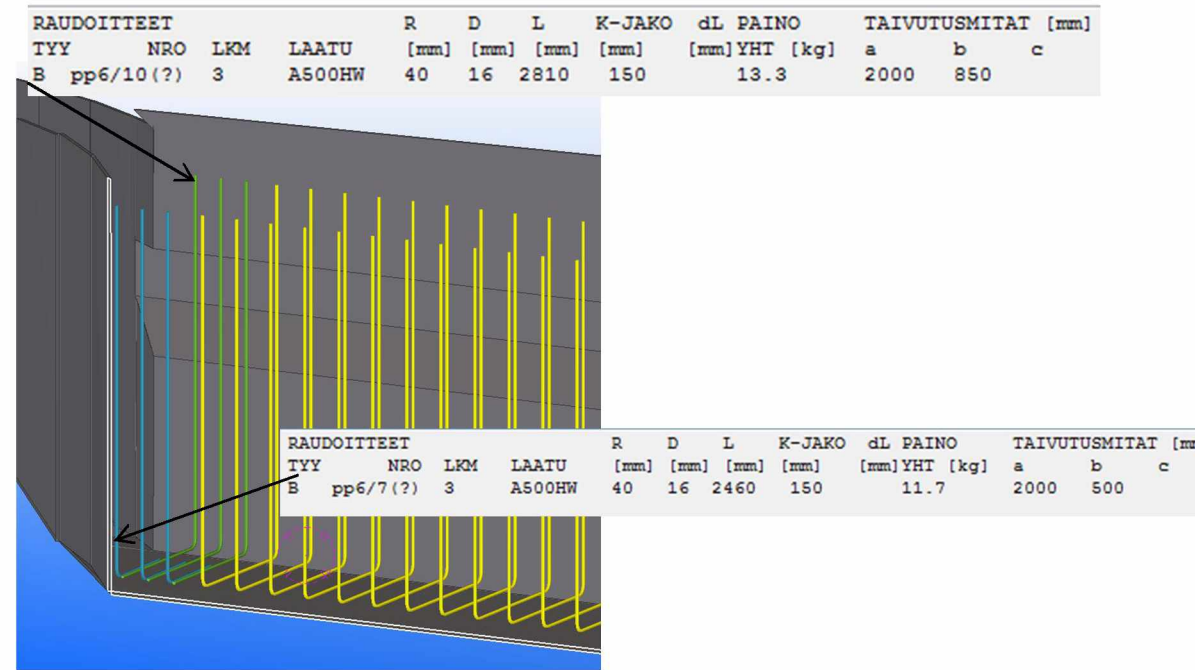
1.1 Ensimmäinen pystyhaka asennetaan siipimuurin SP4 etnurkasta 20 mm:n päähän. Siipimuurin SP3 kohdalla alapinnan pystyhaat, lähtö siipimuurin etnurkan kohdalta.



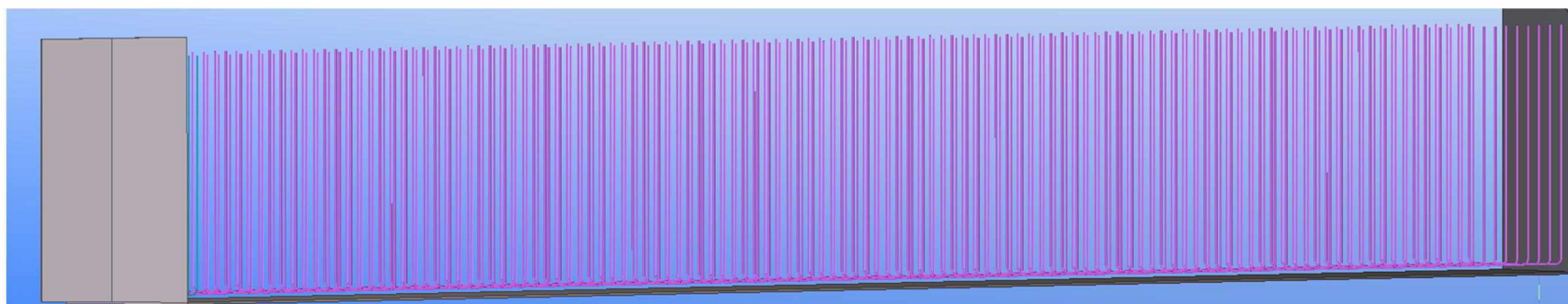
1.2 Siipimuurin SP3 sivupinta.



1.3

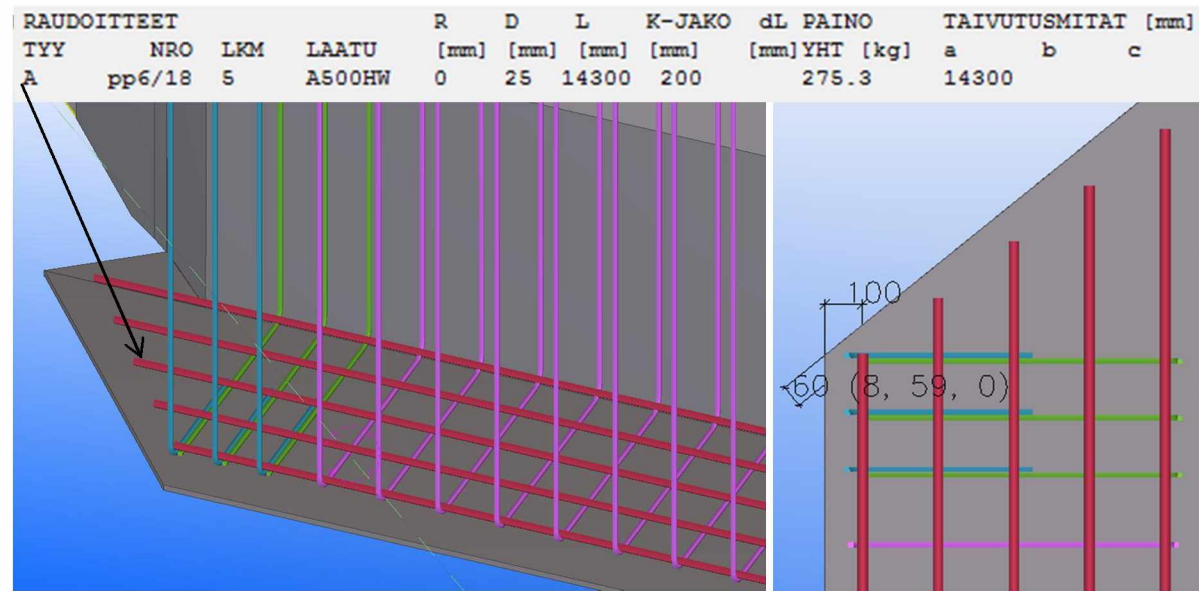


1.4

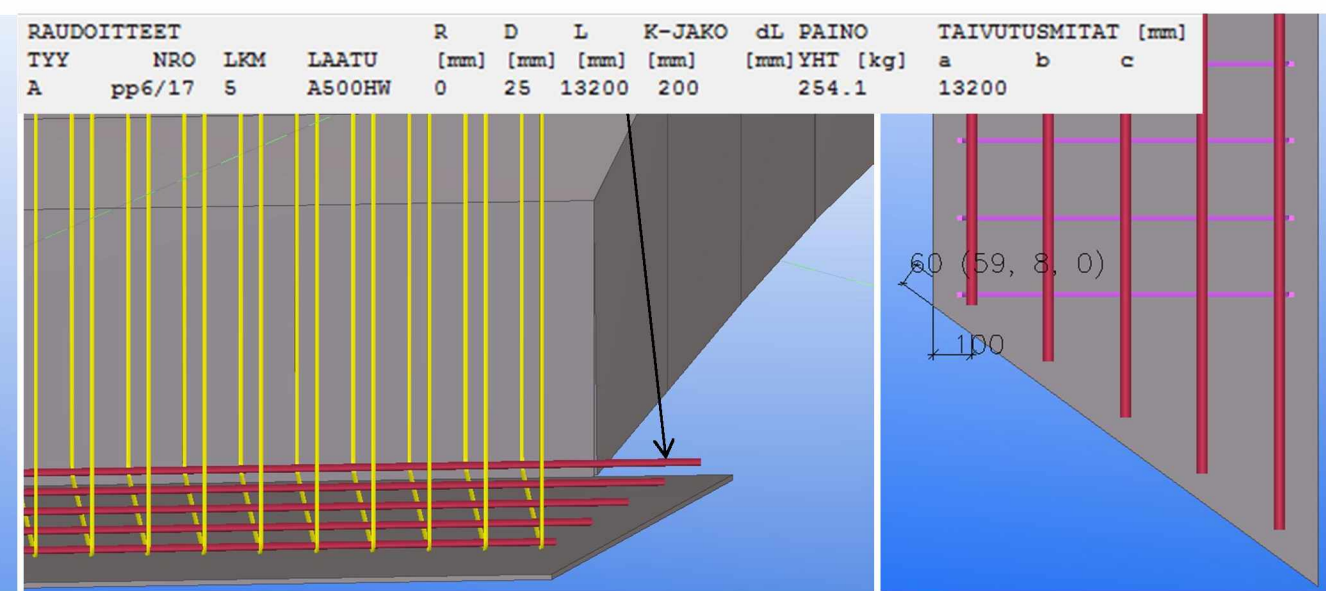


 Siltanylund Oy PUIJONKATU 26-28 70110 KUOPIO PUH. 0207 421 100 FAX. 0207 421 101	E18 Vt7 parantaminen moottoritieksi välillä Kymnlinna – Rantahaka
	S155 Uittoväylän rs, Kotka
	Päätypalkin raudoitus
	R15/18901 C-20
	22.1.2014

2. ALAPINNAN PITUUSSUUNNAN RAUDOITUS

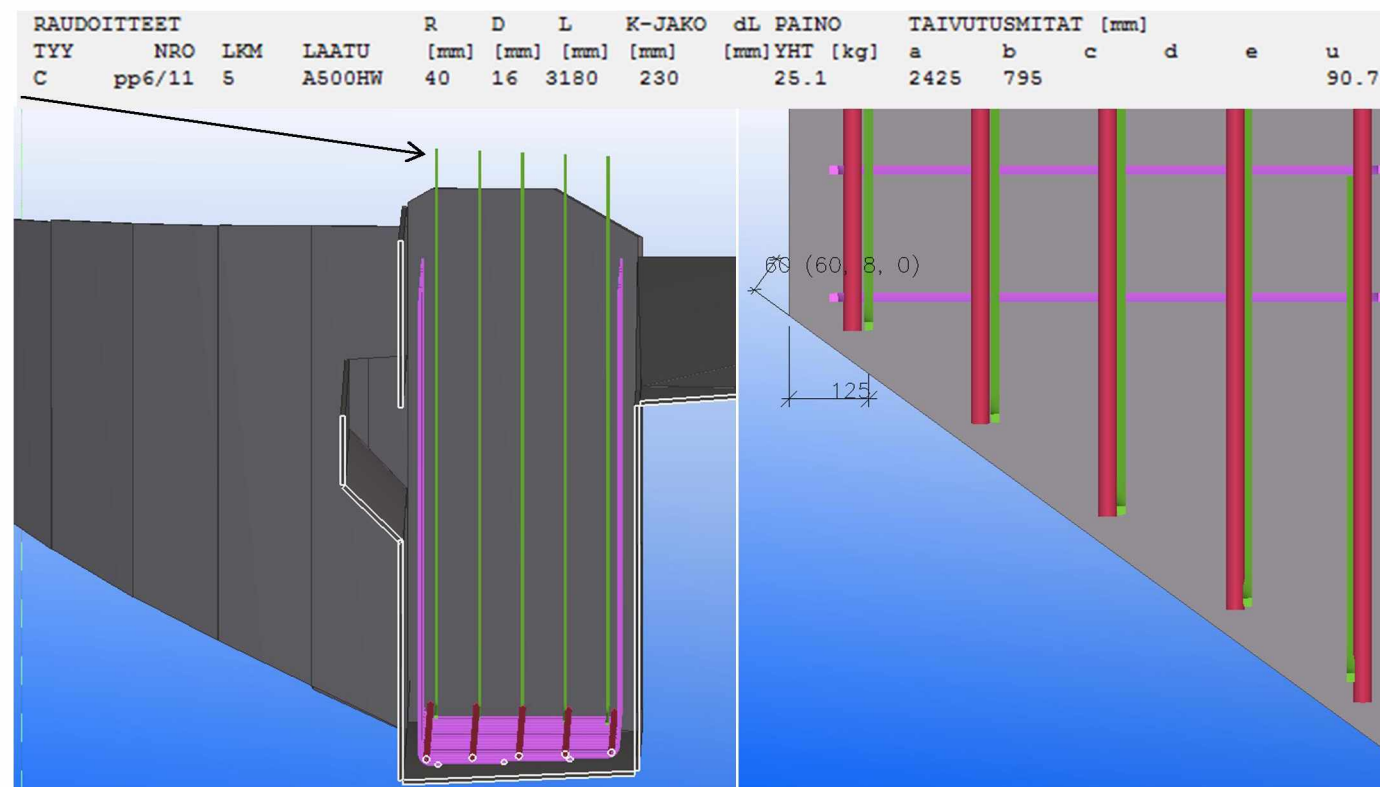


2.1 Siipimuurin SP3 puoli. Alapinnan pituusraudoitus asennetaan hakojen päälle.

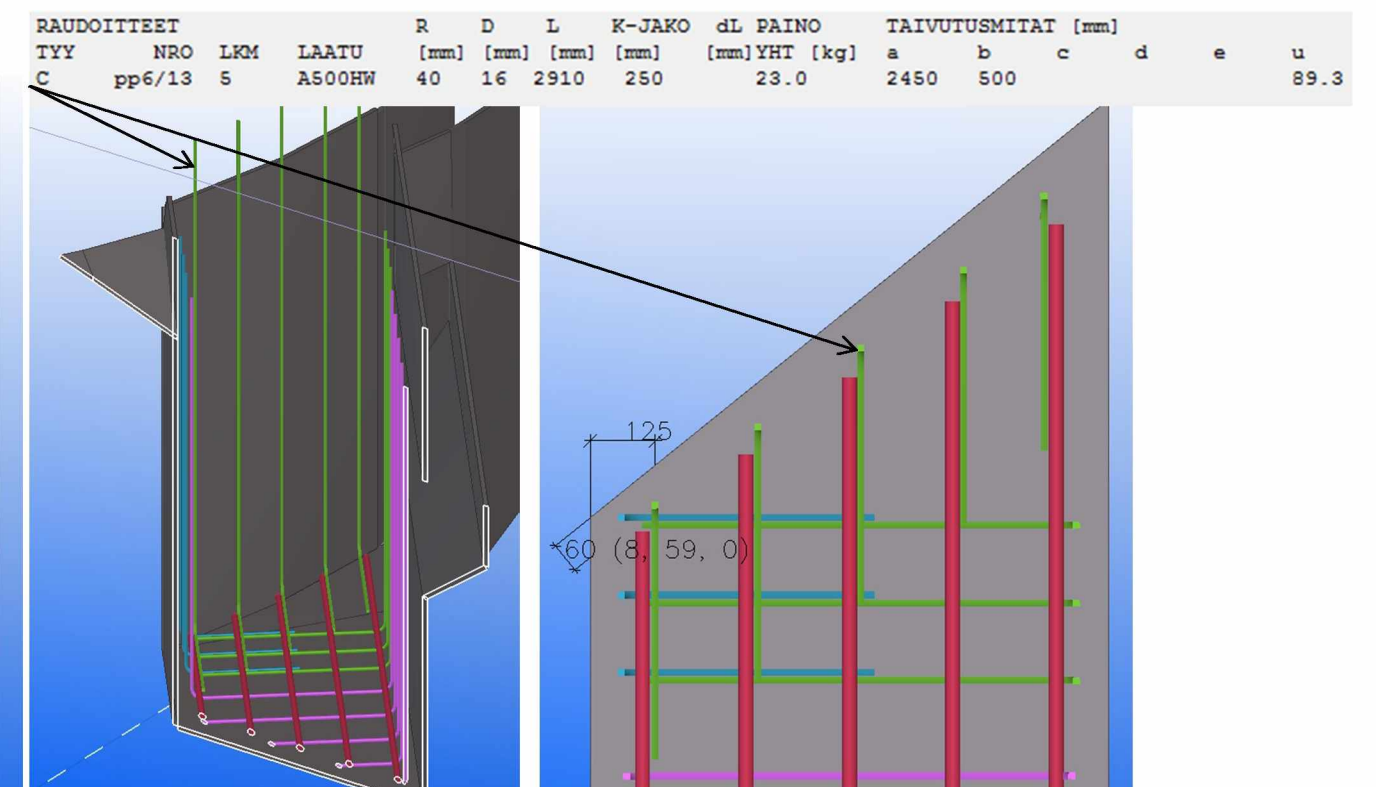


2.2 Siipimuurin SP 4 puoli.

3. SIVUPINTOJEN PYSTYHAAT

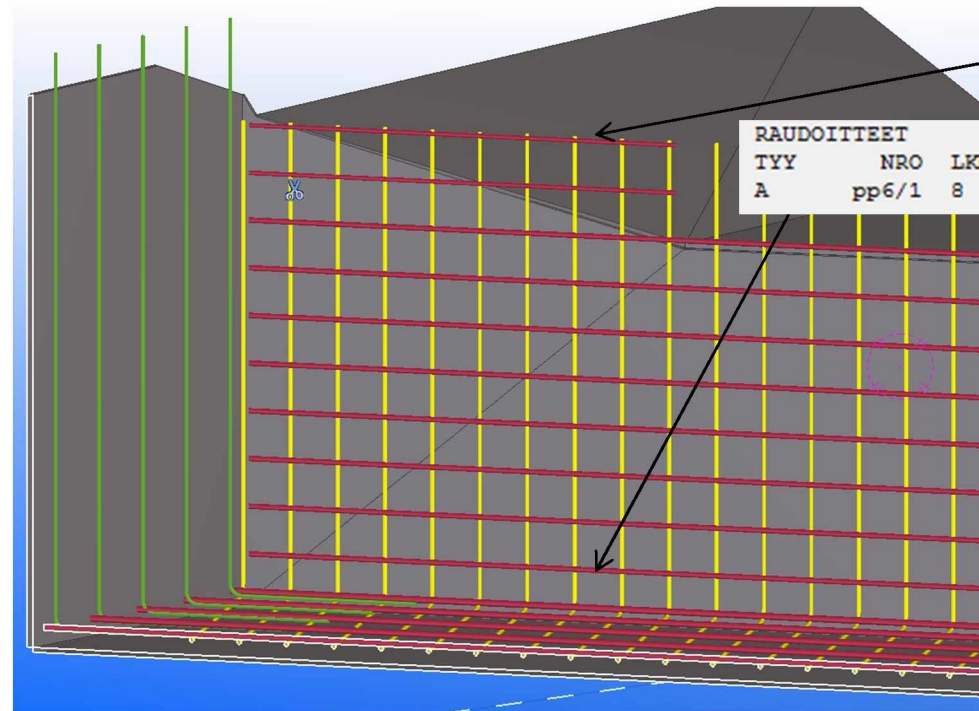


3.1 Siipimuurin SP4 puoli. Sivupinnan pystyhaka limitetään alapinnan pituusraudoituksen kanssa.



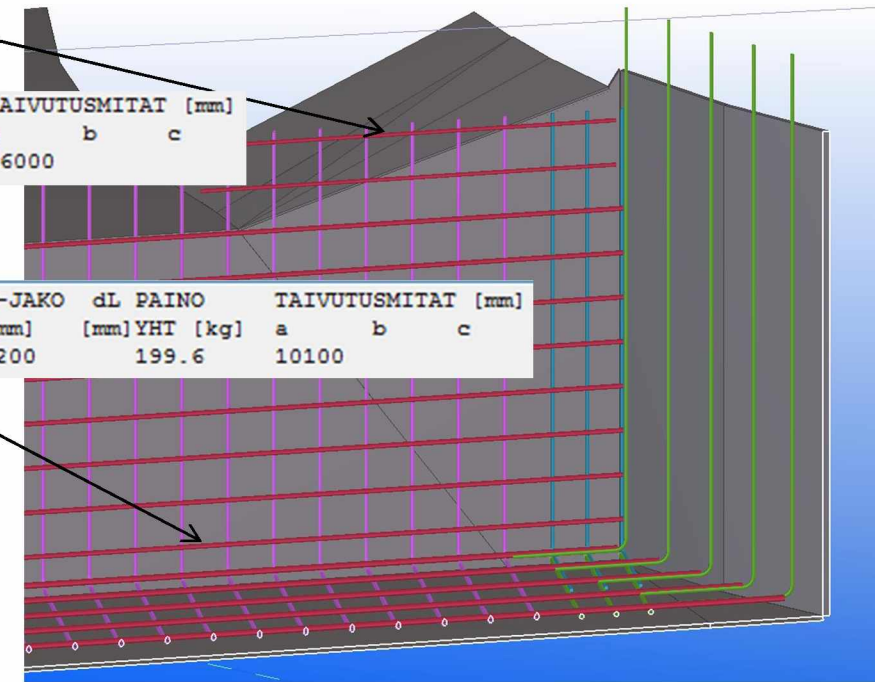
3.2 Siipimuurin SP3 puoli.

4. PÄÄTYPALKIN ETUPINNAN RAUDOITUS



RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c
A	pp6/1	8	A500HW	0	20	16000	200		316.1	16000		

RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c
A	pp6/2	8	A500HW	0	20	10100	200		199.6	10100		

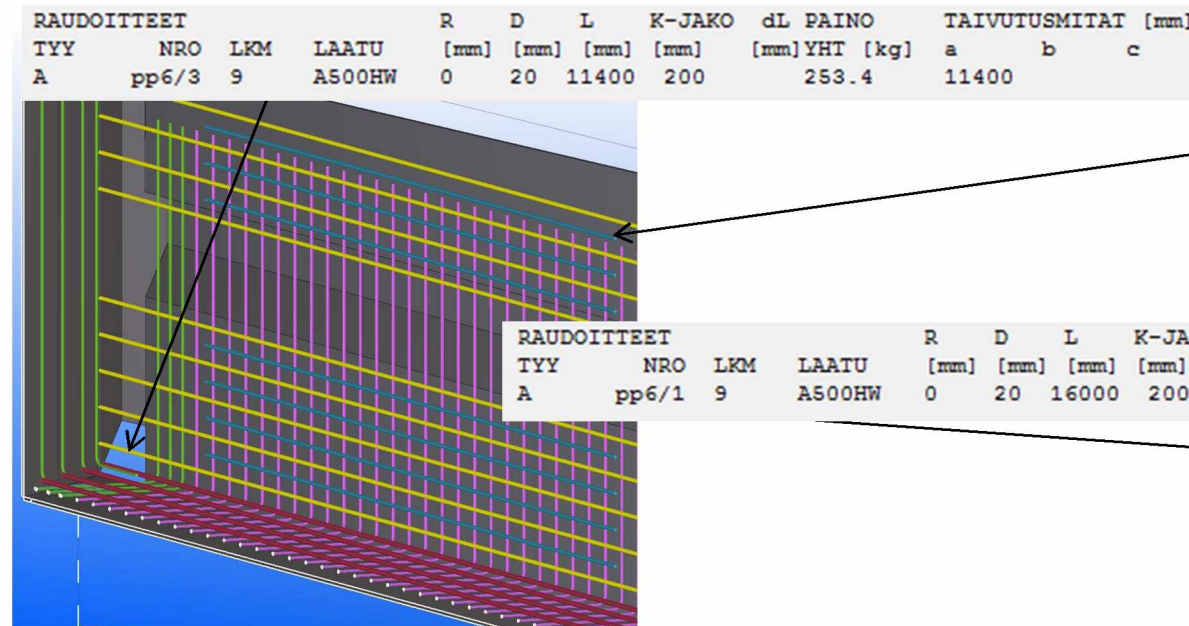


4.1 Siipimuurin SP4 puoli, leikkaus penkereeltä päin.

Päätypalkin etupinnan raudoituksen lähtö siipimuurin etunurkasta, päätypalkin alapinta + 230 mm.

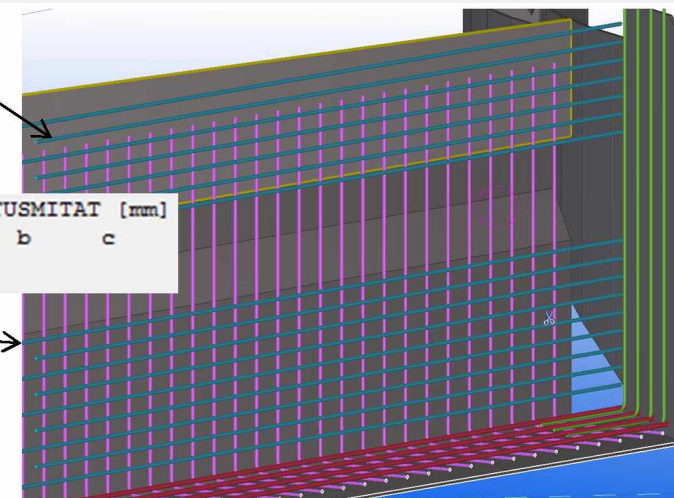
4.2 Siipimuurin SP3 puoli, leikkaus penkereeltä päin.

5. TAKAPINNAN RAUDOITUS



RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c
A	pp6/4	7	A500HW	0	20	5000	200		86.5	5000		

RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c
A	pp6/1	9	A500HW	0	20	16000	200		355.7	16000		

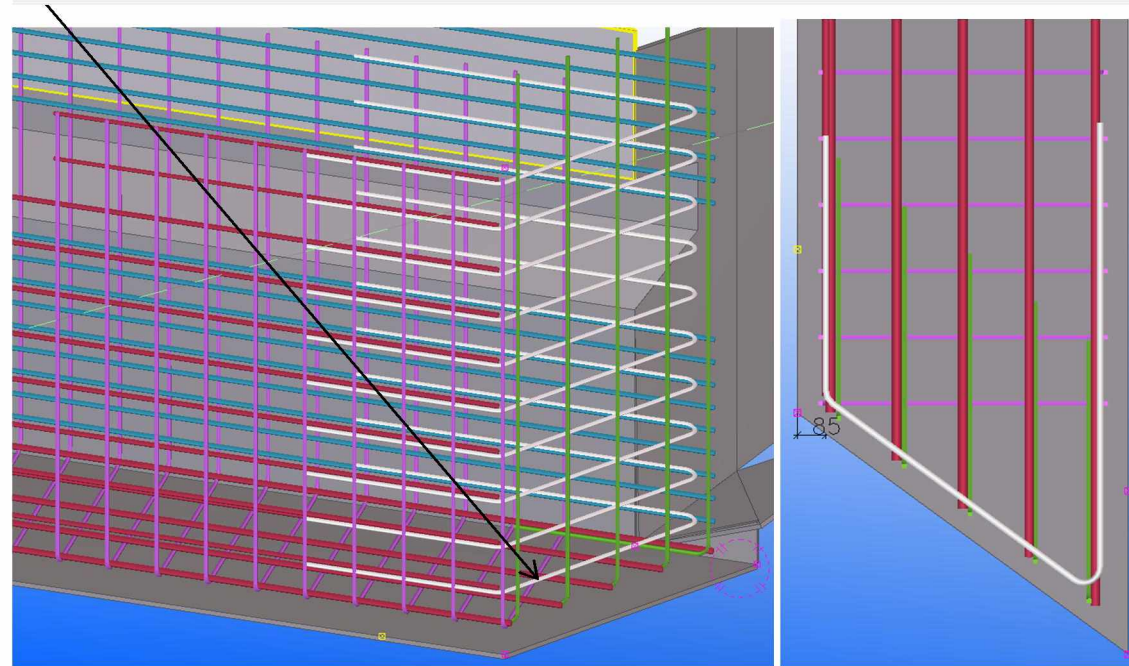


5.1 Siipimuurin SP3 puoli, sillan suunnasta. Lähtö siipimuurin ulkopinnasta, päätypalkin alapinta + 180 mm. Raudoitteiden pp6/3 k-jako 200/600 mm ja pp6/4 k-jako 200/800 mm.

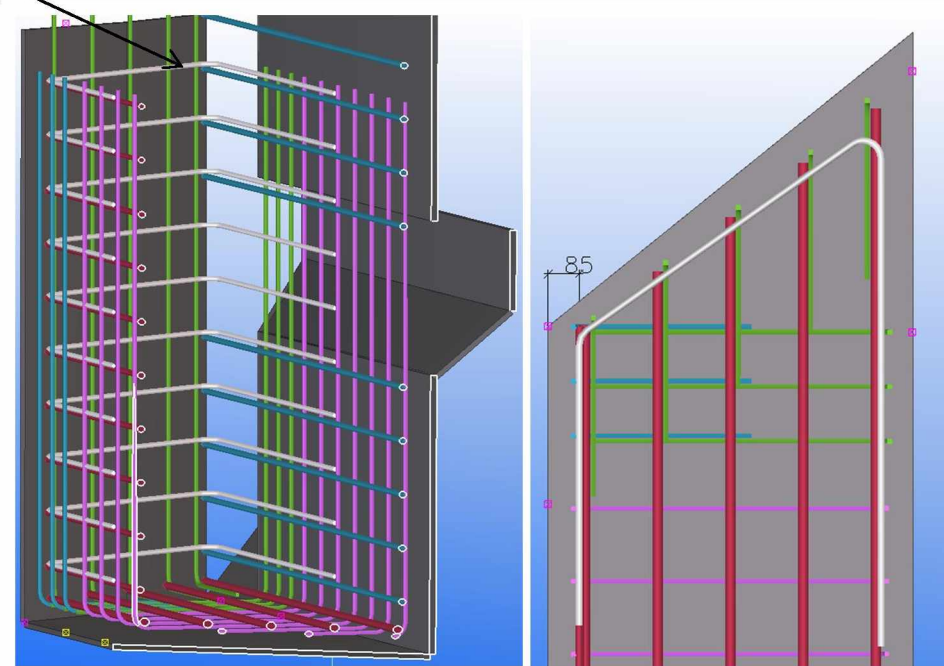
5.2 Siipimuurin SP4 puoli. Lähtö siipimuurin ulkopinnasta, päätypalkin alapinta + 180 mm. Raudoitteen pp6/1 k-jako 200/600 mm.

6. SIVUPINNAN VAAKAHAKA

RAUDOITTEET		R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]									
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT	[kg]	a	b	c	d	e	u	v
E	pp6/15	10	A500HW	40	16	3200	200	50.5	1400	1020	800					126.1	53.9



RAUDOITTEET		R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]									
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT	[kg]	a	b	c	d	e	u	v
E	pp6/5	10	A500HW	40	16	3180	200	50.3	1400	1010	800					125.0	54.9

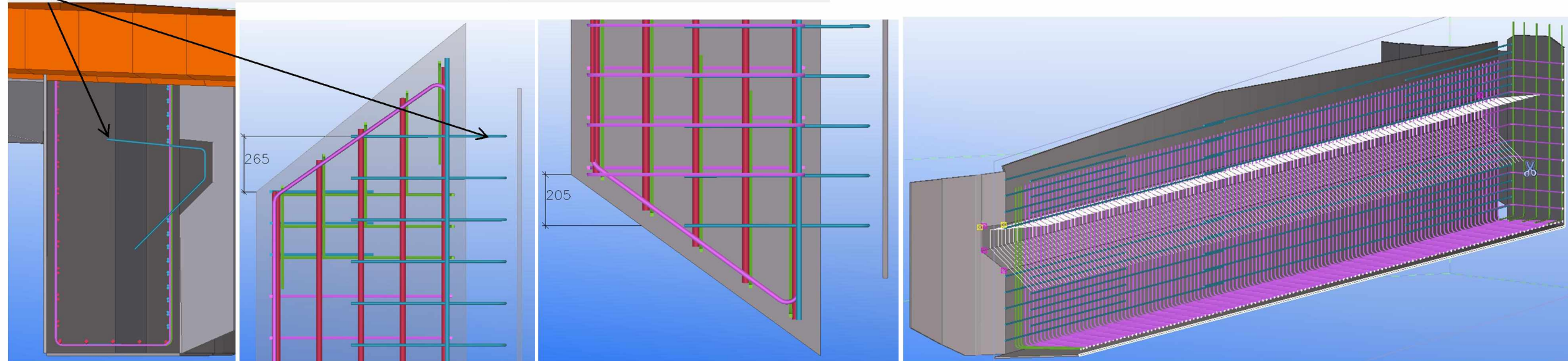


6.1 Siipimuurin SP4 sivu, vaakahaka lähtö palkin alapinta + 210 mm. Limitetään etupinnan vaakaterästen kanssa.

6.2 Siipimuurin SP3 sivu.

7. SIIRTYMÄLAATAN KONSOLIN HAKA

RAUDOITTEET		R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]									
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT	[kg]	a	b	c	d	e	u	v
E	pp6/14	129	A500HW	30	12	1700	200	194.9	750	235	750					45.0	84.3



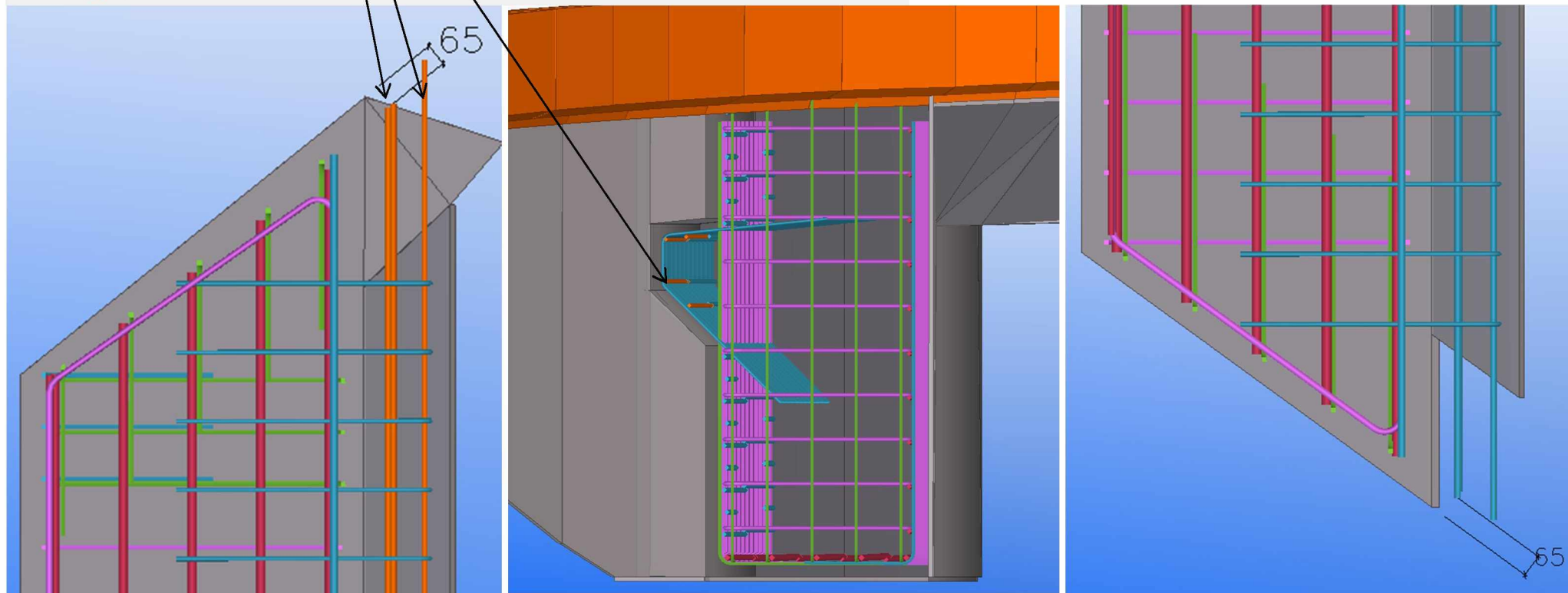
7.1 Siipimuurin SP3 sivupinta.

7.2 Siipimuurin SP4 sivupinta.

 Siltanylund Oy PUJONKATU 26-28 70110 KUOPIO PUH. 0207 421 100 FAX. 0207 421 101	E18 Vt7 parantaminen moottoritieksi väliällä Kymenlinna – Rantahaka
	S155 Uittoväylän rs, Kotka Päätypalkin rauditus
	R15/18901 C-20
	22.1.2014

8. SIIRTYMÄLAATAN KONSOLIN VAAKARAUDOITUS

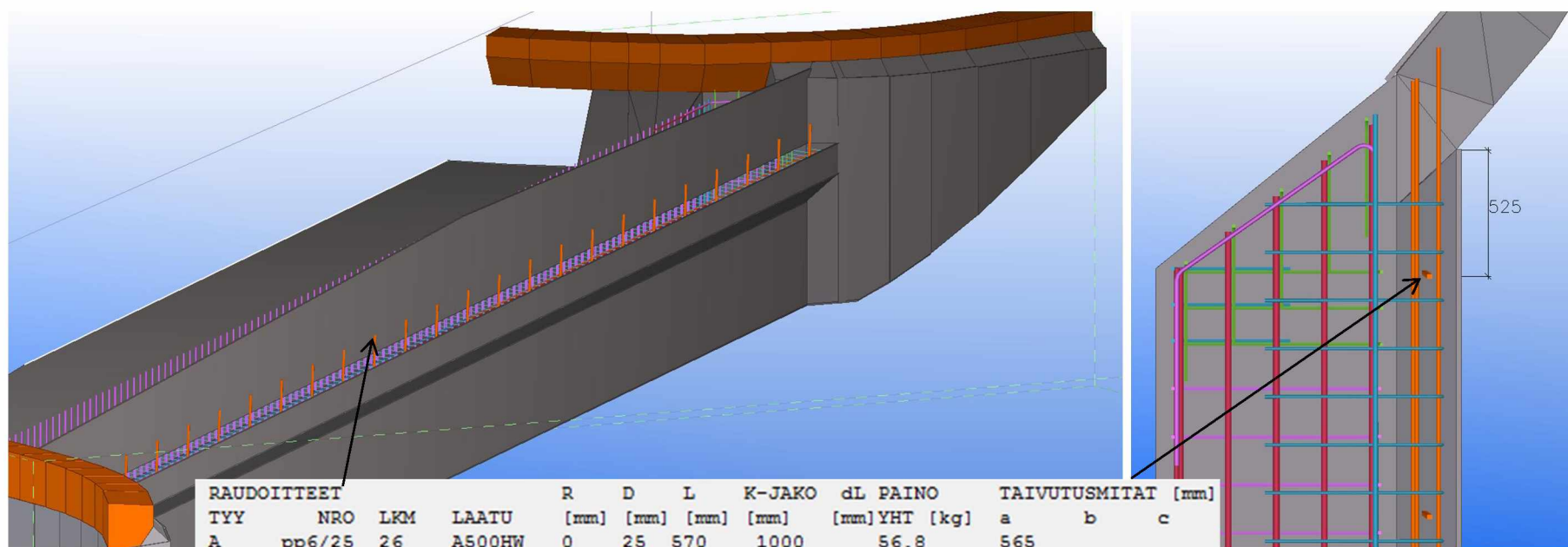
RAUDOITTEET				R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c
A	pp6/8	1	A500HW	0	16	11600			18.3	11600		



8.1 Siipimuuuri SP3

8.2 Siipimuuuri SP4

9. SIIRTYMÄLAATAN TARTUNTATAPIT



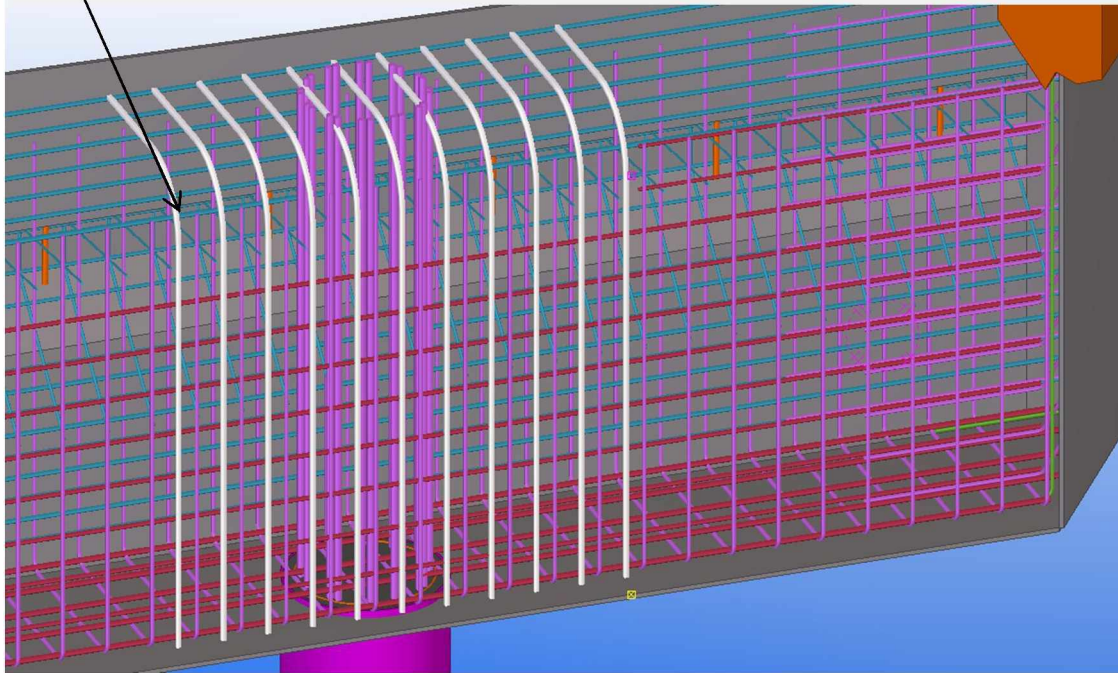
RAUDOITTEET				R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c
A	pp6/25	26	A500HW	0	25	570	1000		56.8	565		

9.1 Siipimuuuri SP3

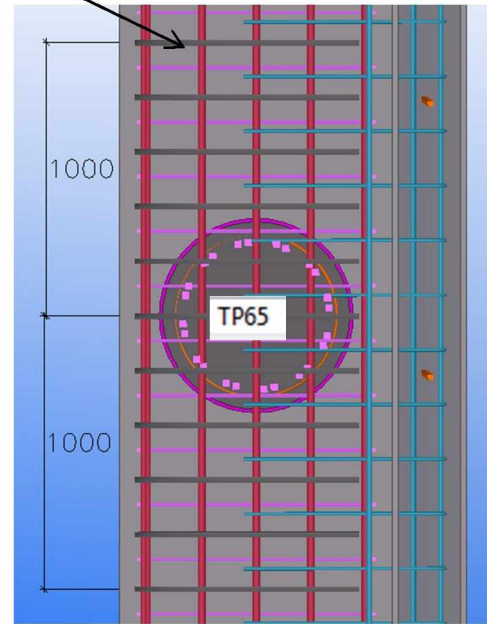
 Siltanylund Oy PUJONKATU 26-28 70110 KUOPIO PUH. 0207 421 100 FAX. 0207 421 101	E18 Vt7 parantaminen moottoritieksi välillä Kymnlinna – Rantahaka
	S155 Uittoväylän rs, Kotka
Päätypalkin raudoitus	
R15/18901 C-20	22.1.2014

10. LISÄTERÄKSET PAALUJEN KOHDALLE

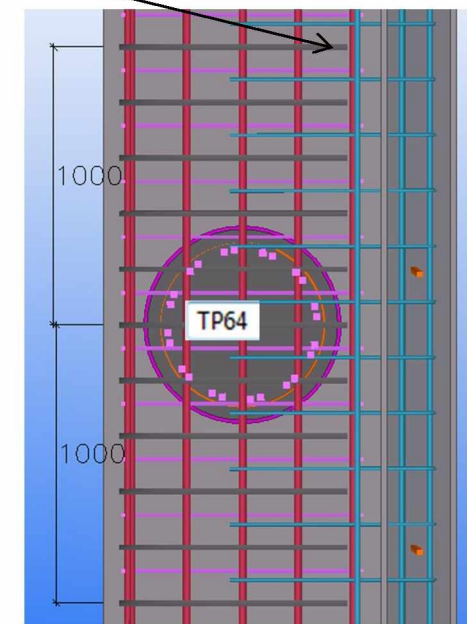
RAUDOITTEET				R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c
B	pp6/21	11	A500HW	300	25	2860	200		121.3	2200	830	



RAUDOITTEET				R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c
B	pp6/22	11	A500HW	300	25	2960	200		125.5	2300	830	

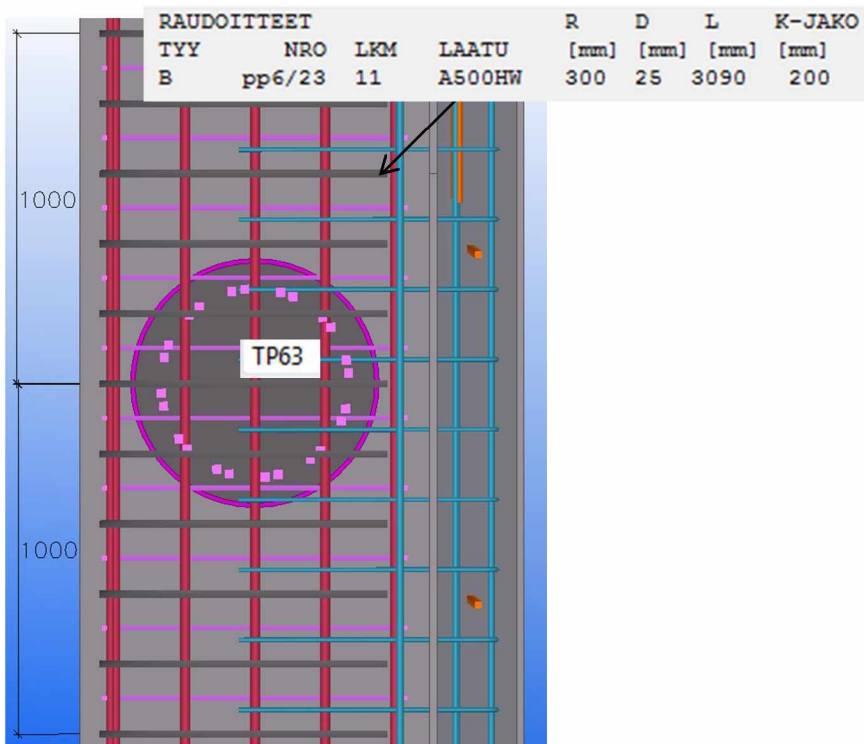


10.2 TP 65

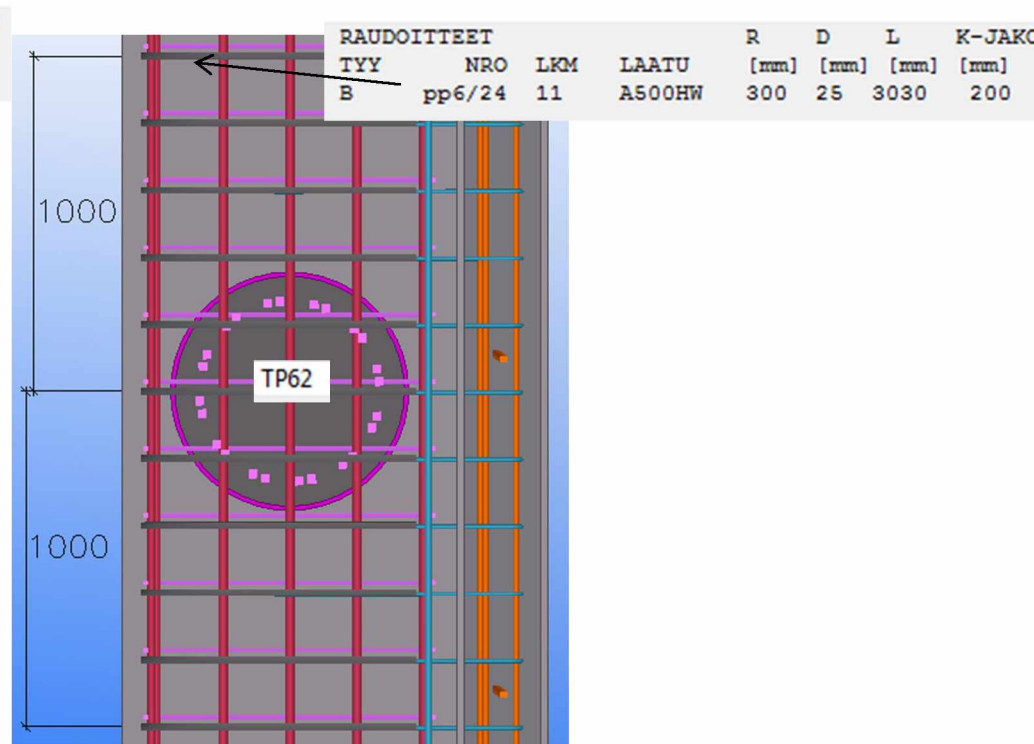


10.3 TP64

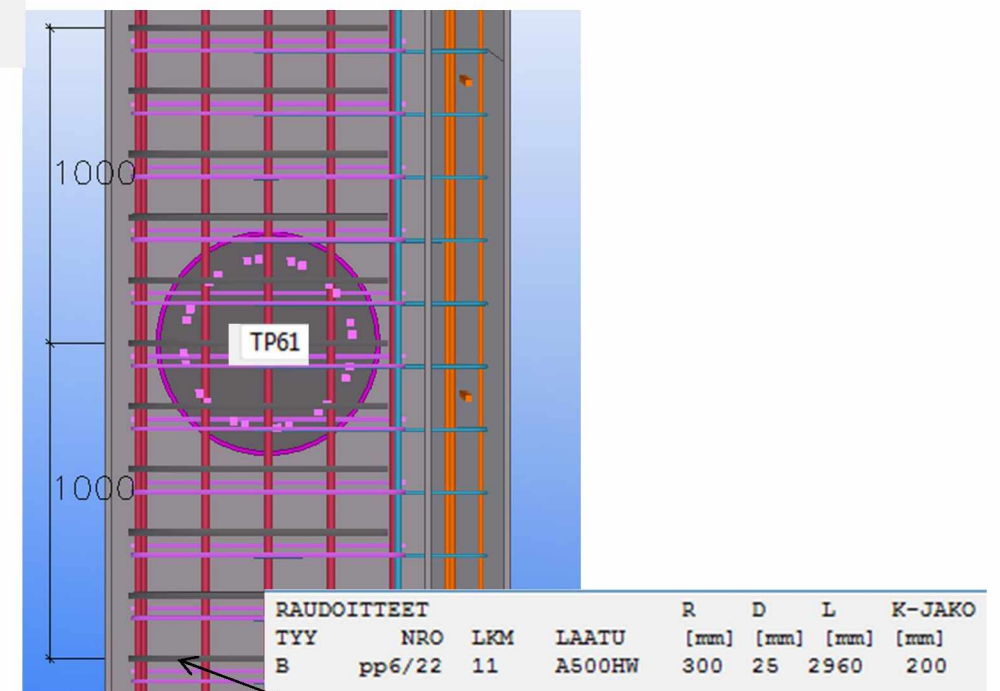
10.1 Teräsputkipaalun TP 65 kohdalta. Lisäteräket keskeisesti paalujen kohdalle.



10.4 TP63



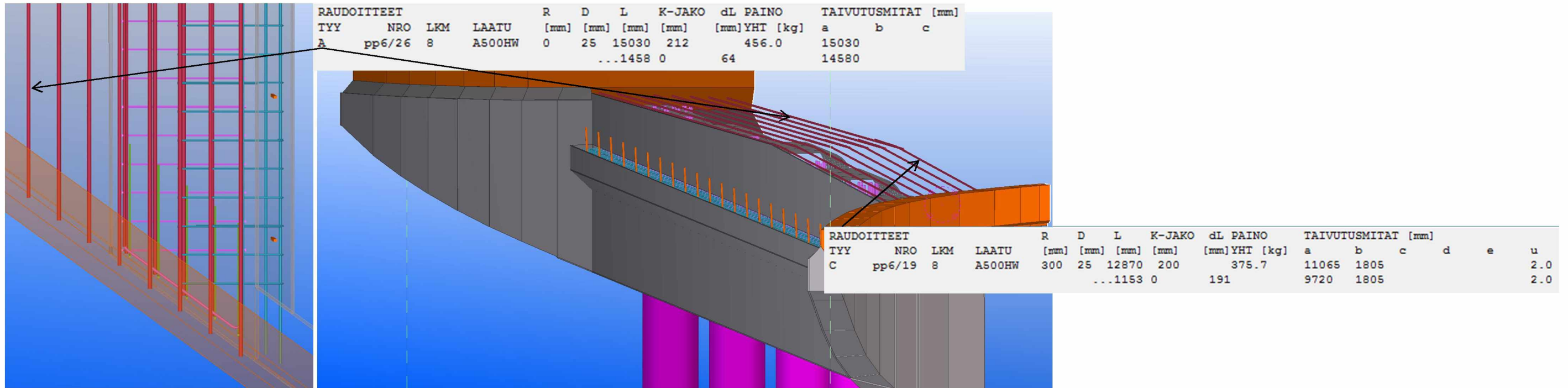
10.5 TP62



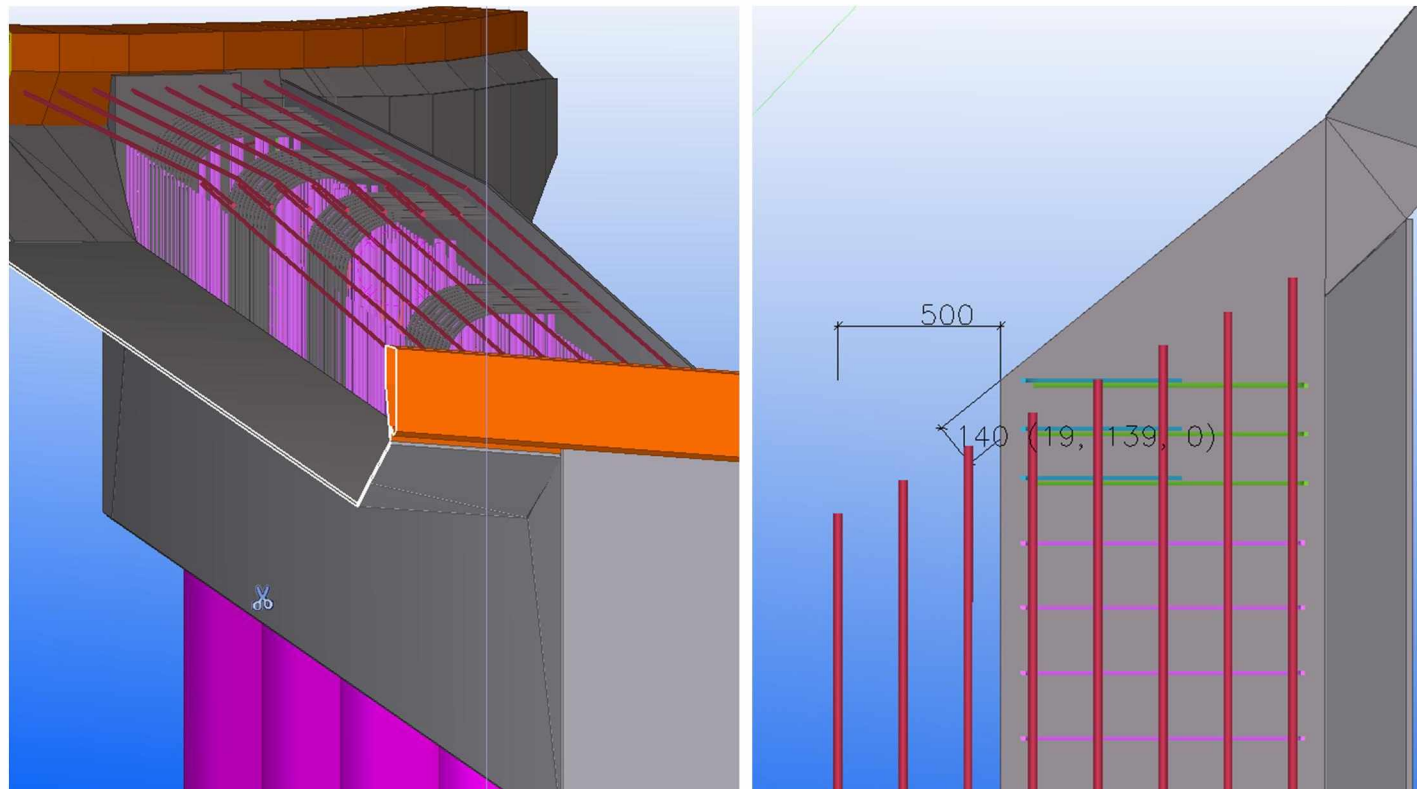
10.6 TP61

 Siltanylund Oy PUJONKATU 26-28 70110 KUOPIO PUH. 0207 421 100 FAX. 0207 421 101	E18 Vt7 parantaminen moottoritieksi välillä Kymnlinna – Rantahaka
	S155 Uittoväylän rs, Kotka
Päätypalkin rauditus	
R15/18901 C-20	22.1.2014

11. YLÄPINNAN RAUDOITUS

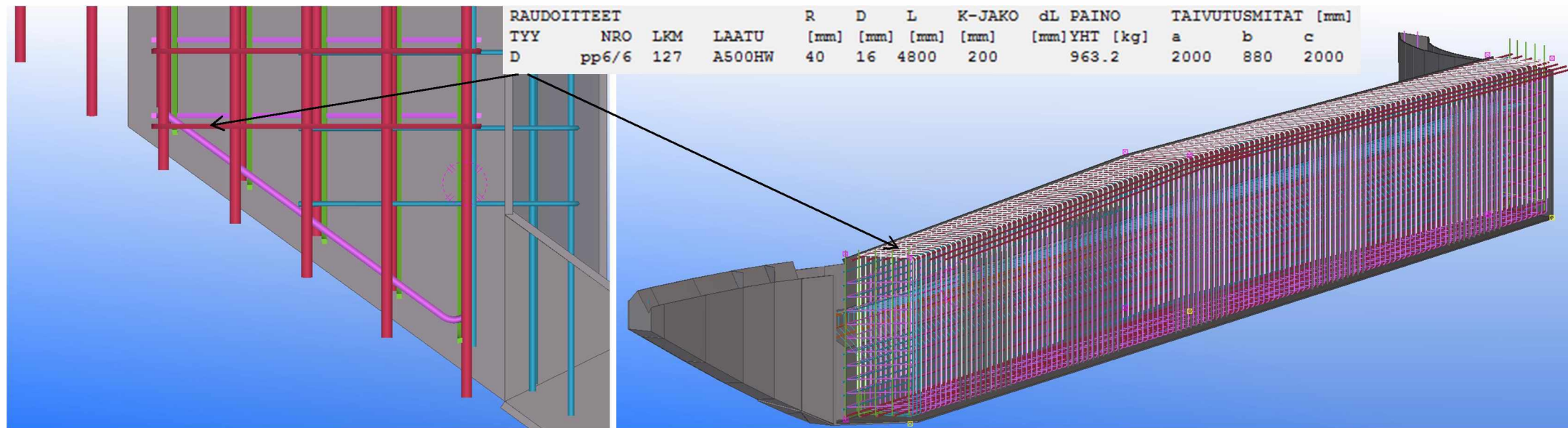


11.1 Raudoiteryhmän lähtö siipimuurin SP4 sivupinnasta.



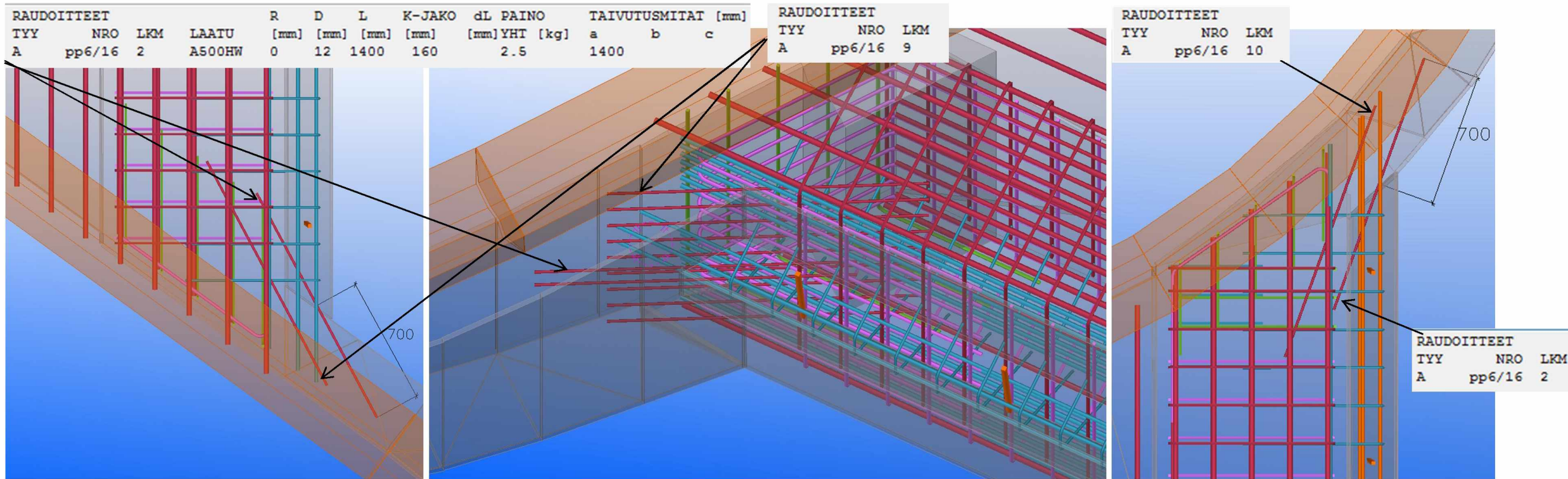
11.2 Raudoiteryhmän lähtö siipimuurin SP3 sivupinnasta.

12. PALKIN PYSTYHAKA



12.1 Päätypalkin yläpuolinen pystyhaka sidotaan vähintään kahdesta kohdasta kiinni alempaan pystyhakaan.

13. SIIPIMUURIN NURKKATERÄKSET

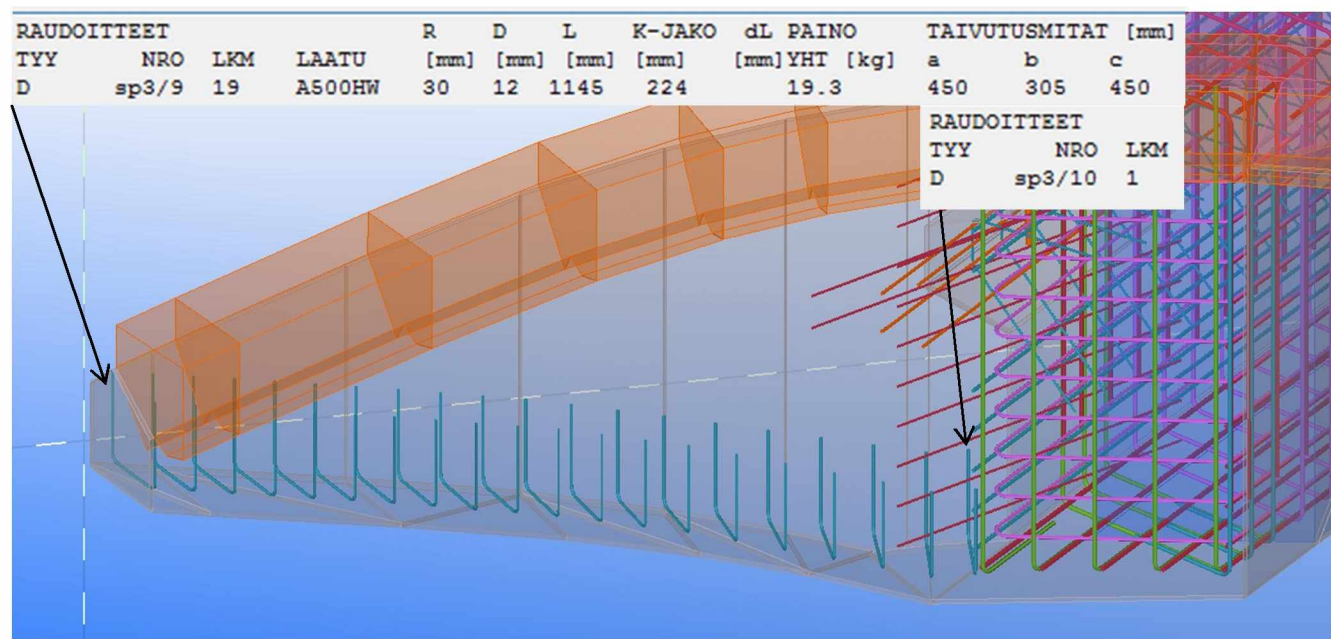


13.1 Siipimuurin SP4 nurkka.

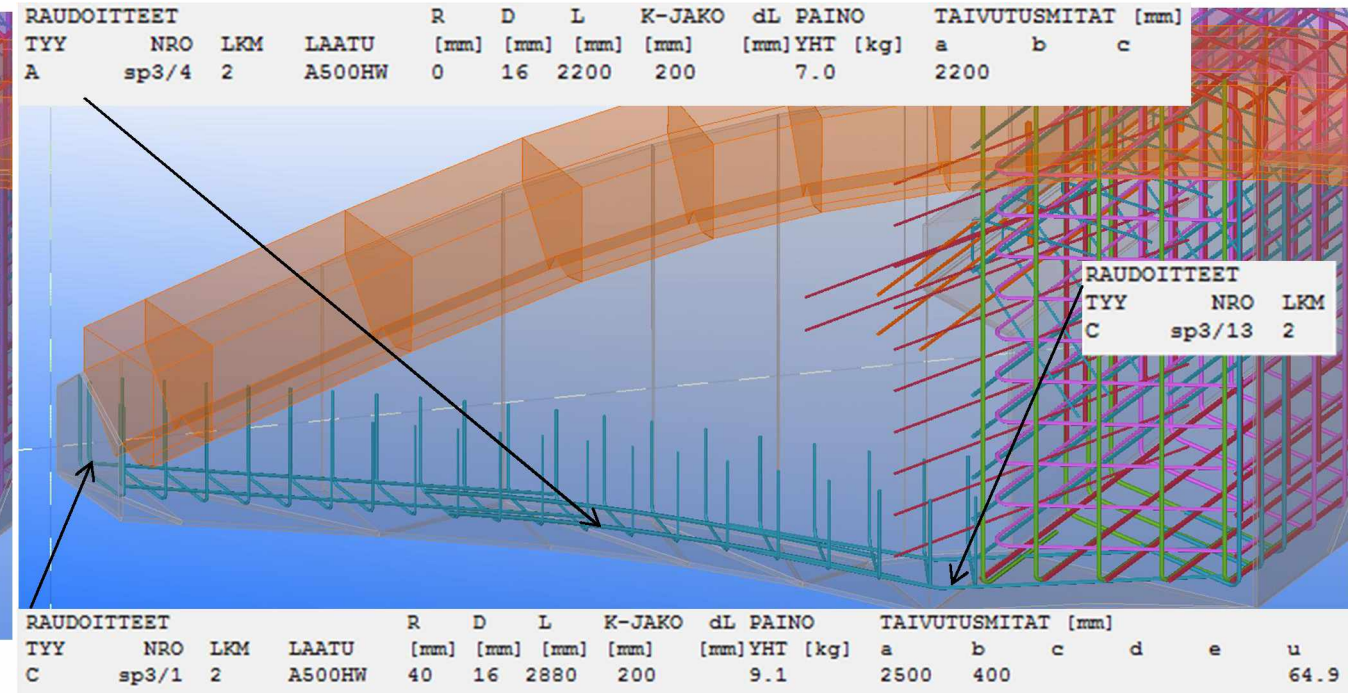
13.2 Siipimuurin SP4 nurkka.

13.3 Siipimuurin SP3 nurkka.

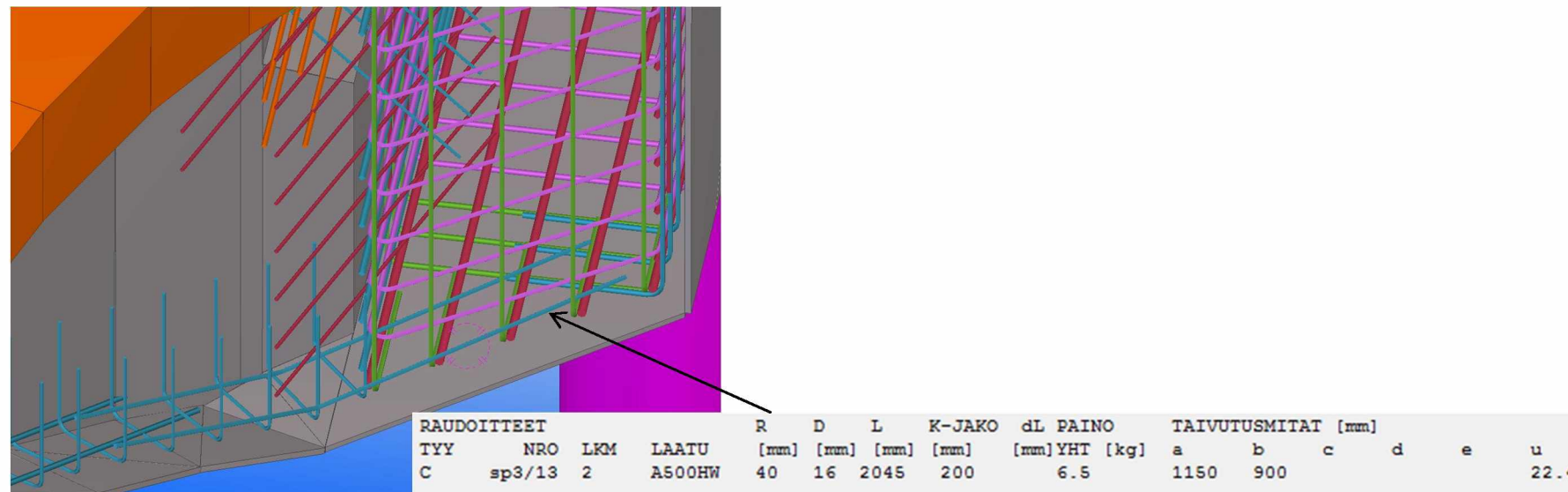
14. SIIPIMUURIN SP3 RAUDOITUS



14.1 Alapinnan pystyhaat

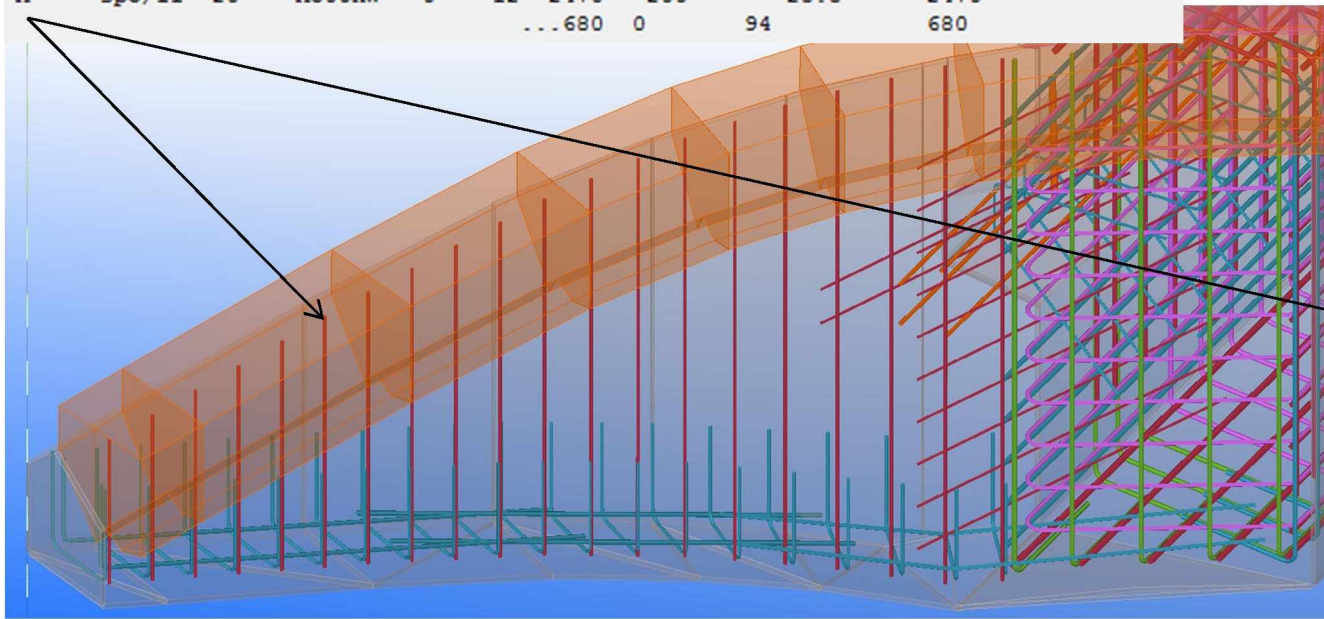


14.2 Alapinnan pituusraudoitus

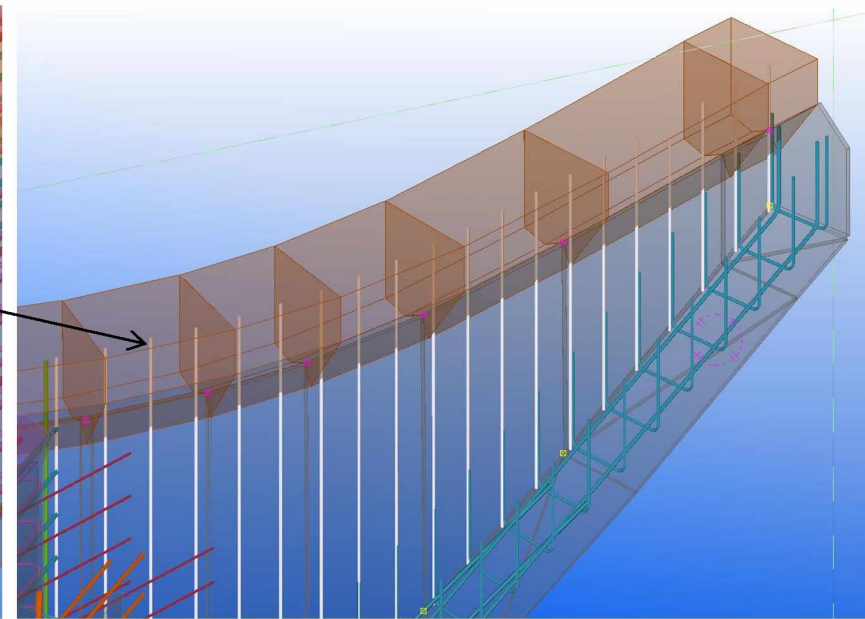


14.3 Siipimuri SP3

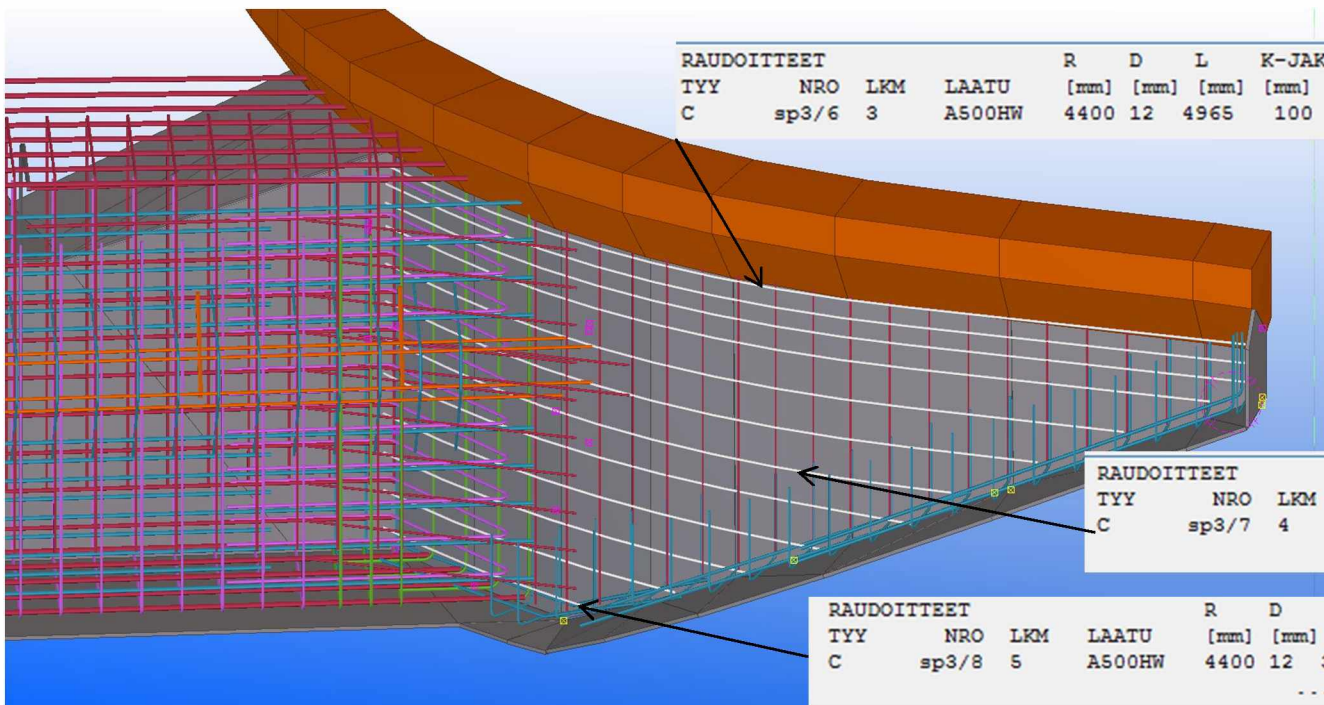
RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c
A	sp3/11	20	A500HW	0	12	2470	200	94	28.8	2470		
						...680	0			680		



14.4 Ulkopinnan pystyraudoitus, sidotaan alapinnan hakoihin.



14.5 Siipimuri SP3

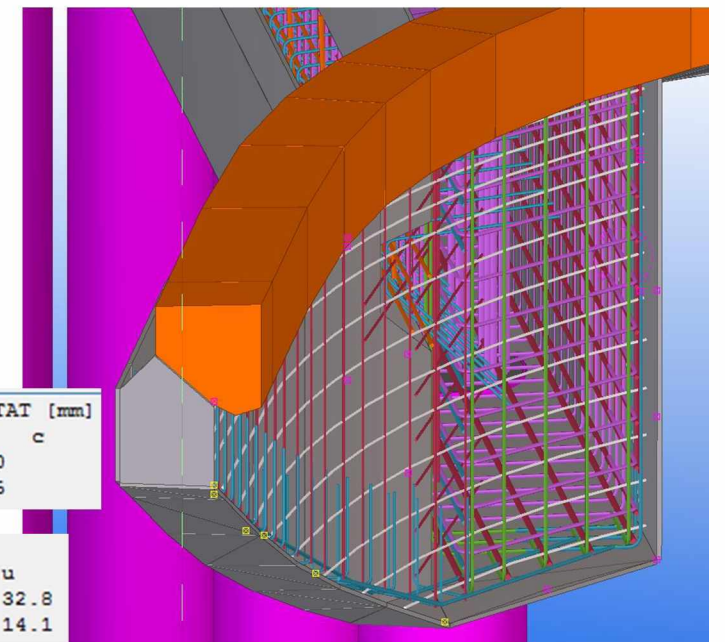


RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]					
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c	d	e	u
C	sp3/6	3	A500HW	4400	12	4965	100		13.2	3160	1905				35.9

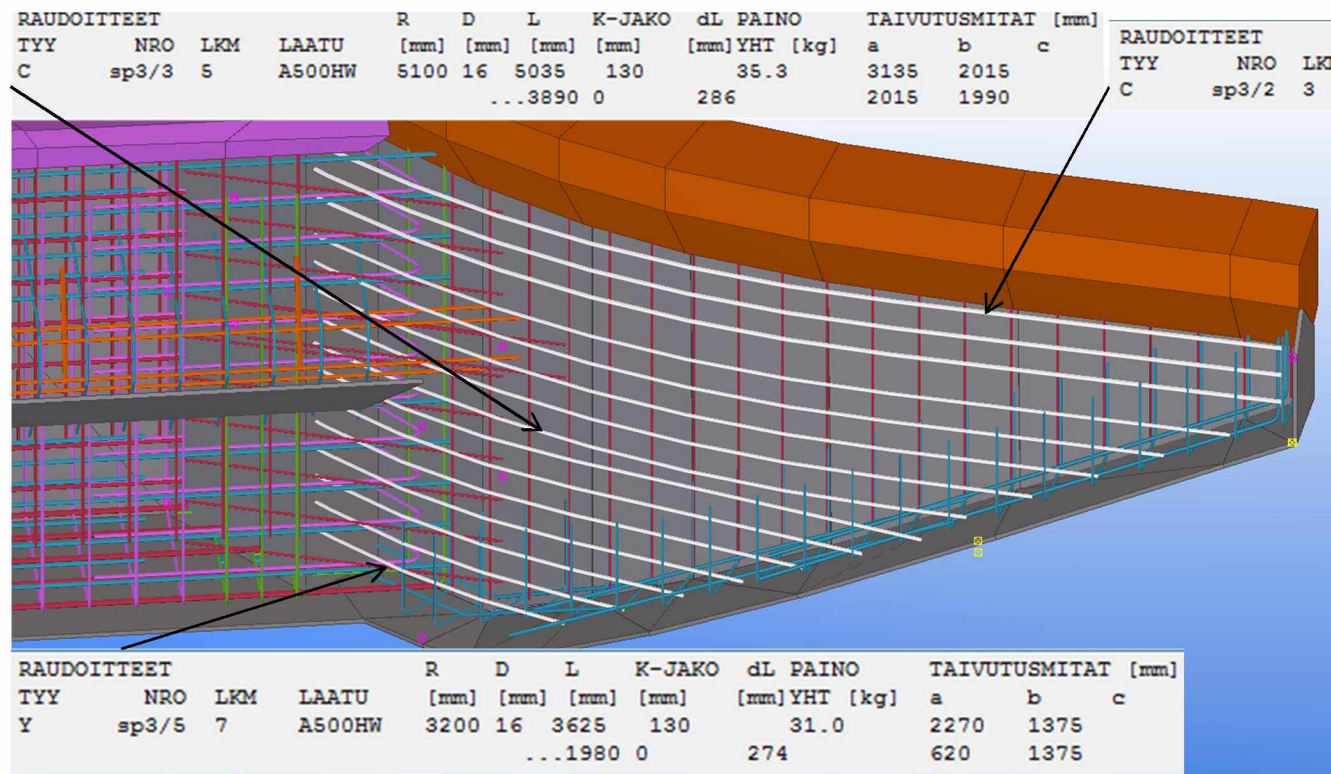
RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]					
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c	d	e	u
C	sp3/7	4	A500HW	4400	12	4785	200		14.7	2975	1910				
						...3470	0		438	1910	1655				

RAUDOITTEET										TAIVUTUSMITAT [mm]					
TYY	NRO	LKM	LAATU	R [mm]	D [mm]	L [mm]	K-JAKO [mm]	dL [mm]	PAINO YHT [kg]	a	b	c	d	e	u
C	sp3/8	5	A500HW	4400	12	3285	200		10.7	1955	1405				32.8
						...1560	0		431	795	770				14.1

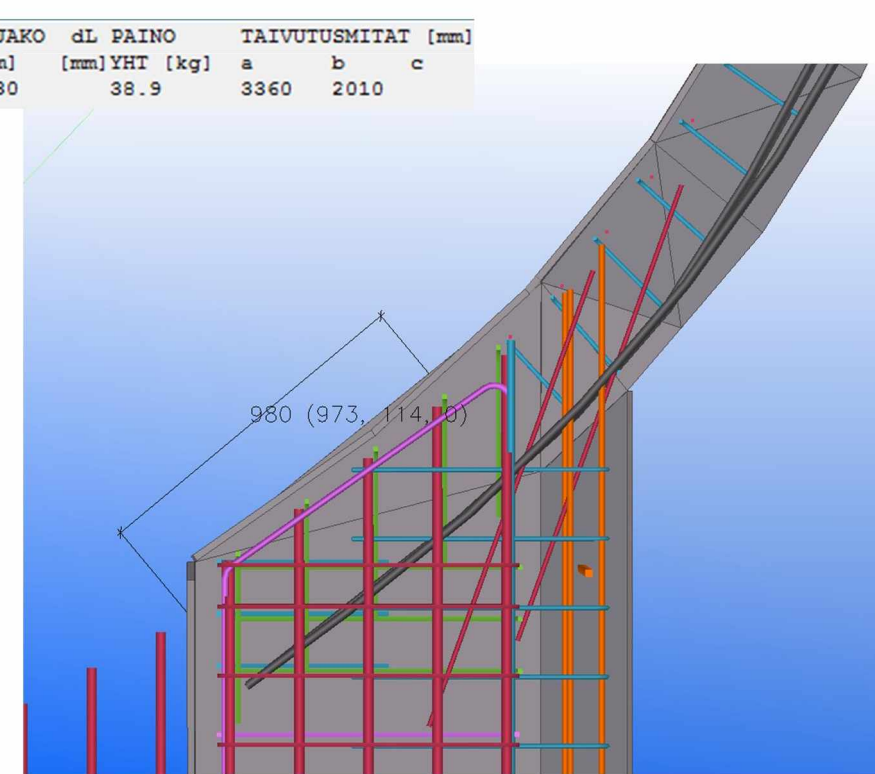
14.6 Ulkopinnan vaakaradoitus.



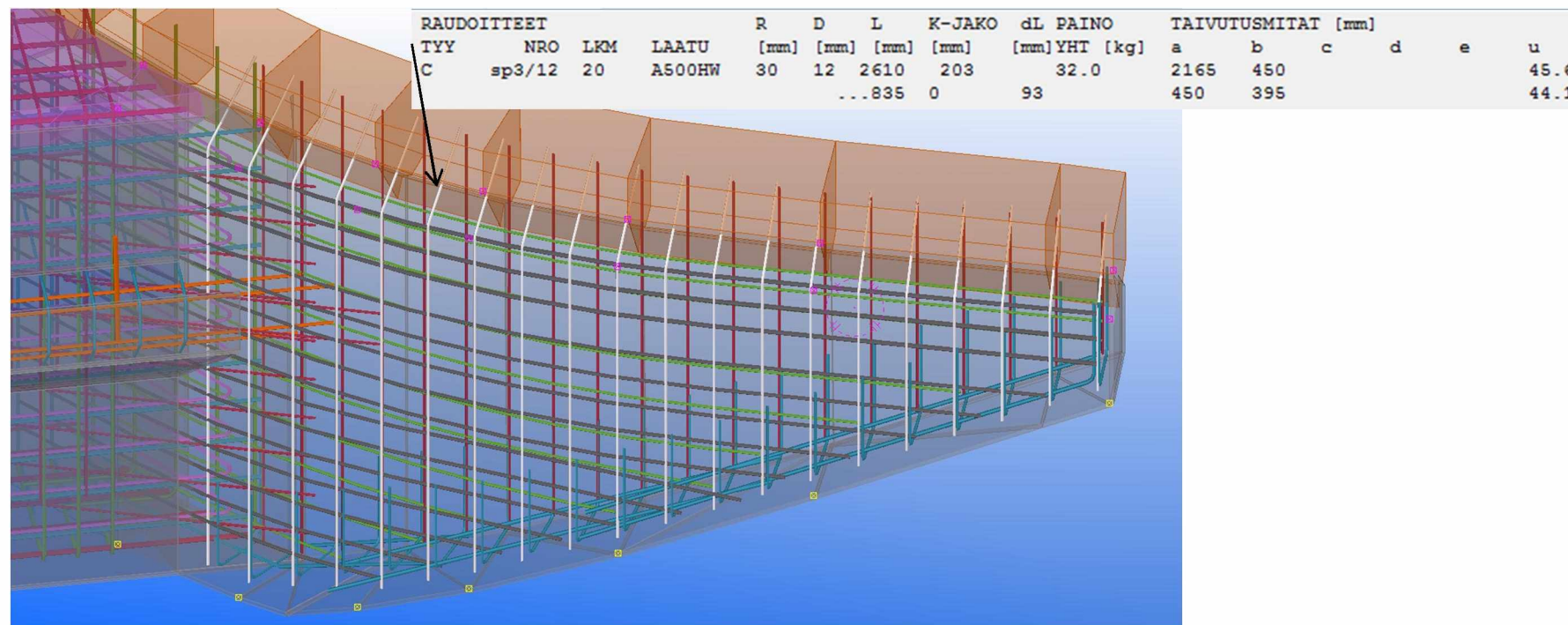
14.7 Siipimuurin ulkopinta



14.8 Siipimuurin sisäpinnan vaakaraidoitus.

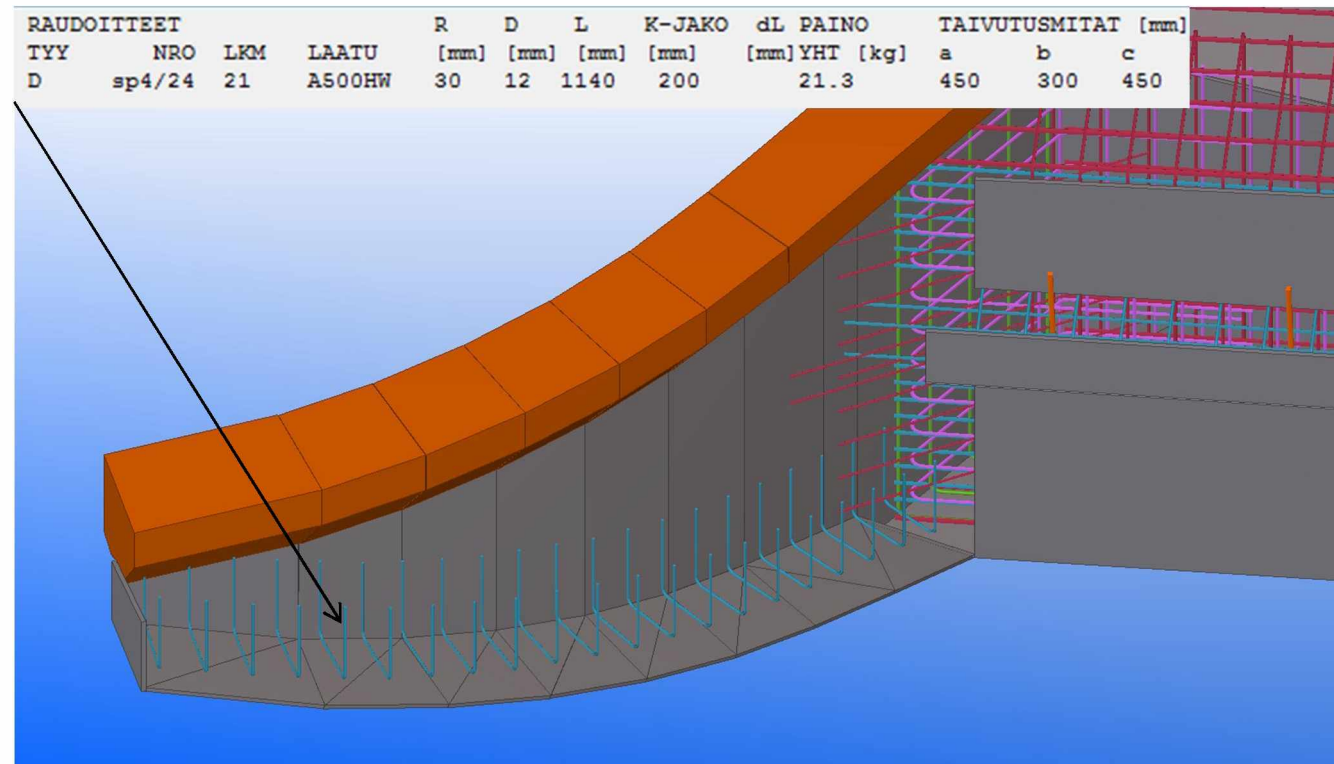


14.9 Siipimuri SP3

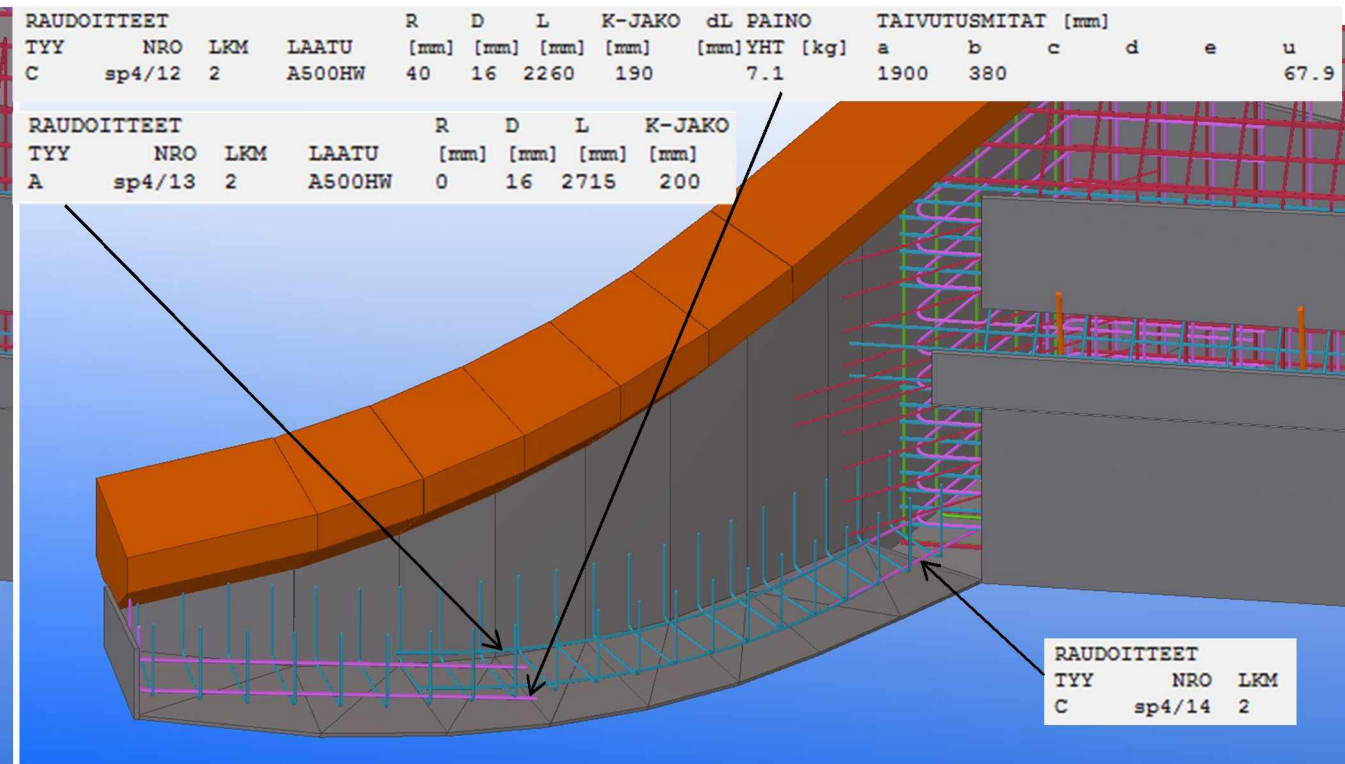


14.10 Siipimuurin sisäpinnan pystyraudoitus sidotaan alapinnan hakoihin.

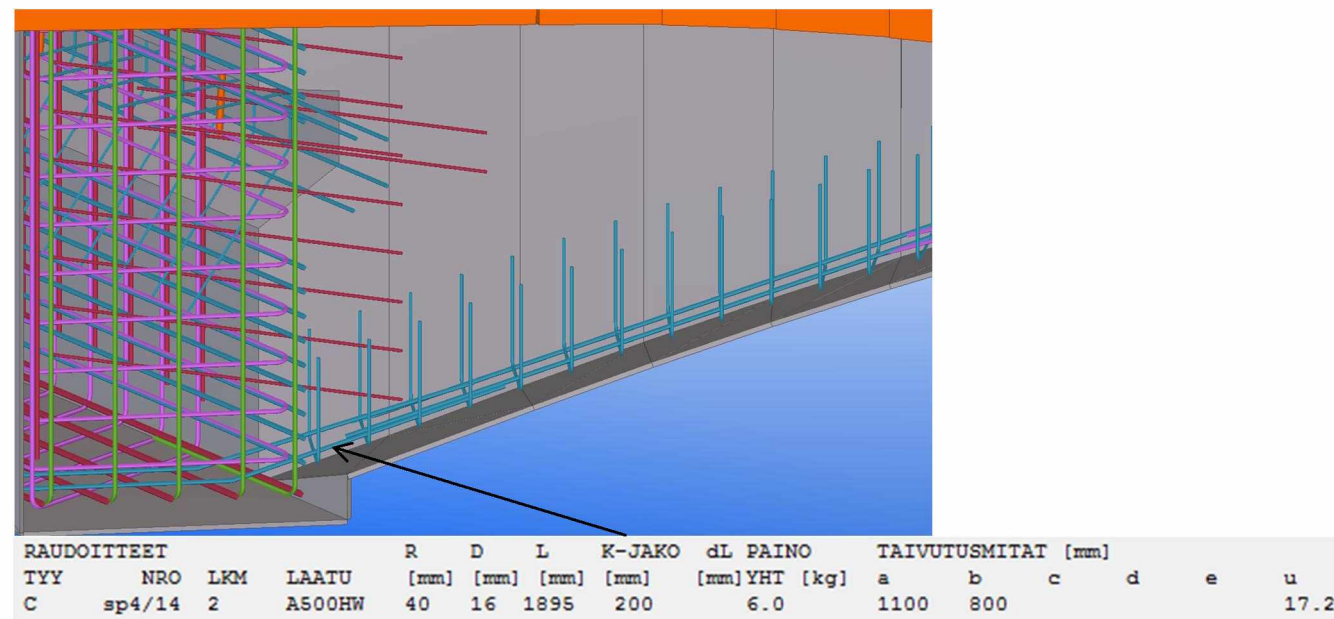
15. SIIPIMUURIN SP4 RAUDOITUS



15.1 Alapinnan haat

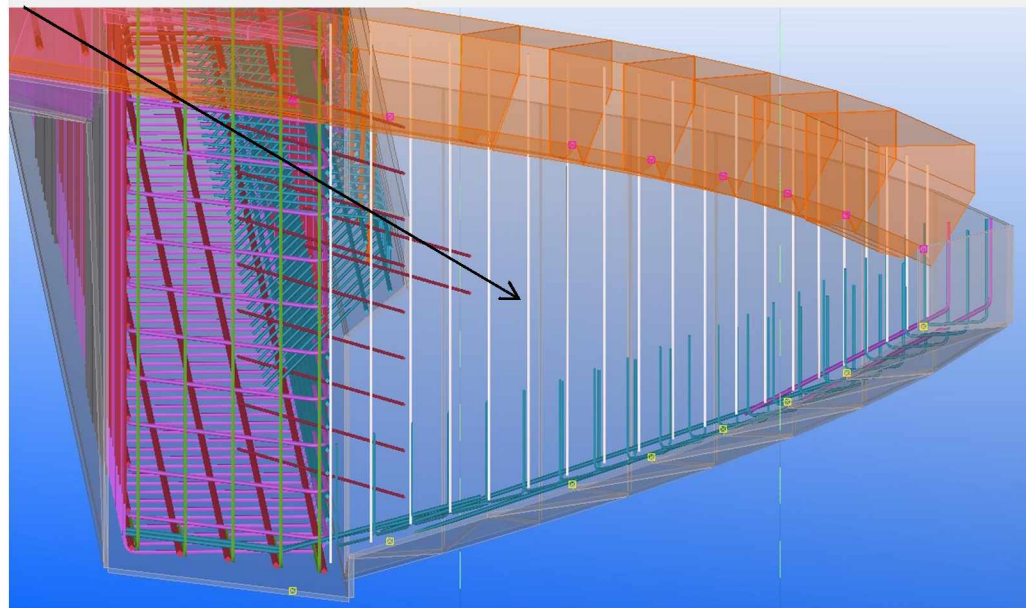


15.2 Alapinnan pituusraudoitus

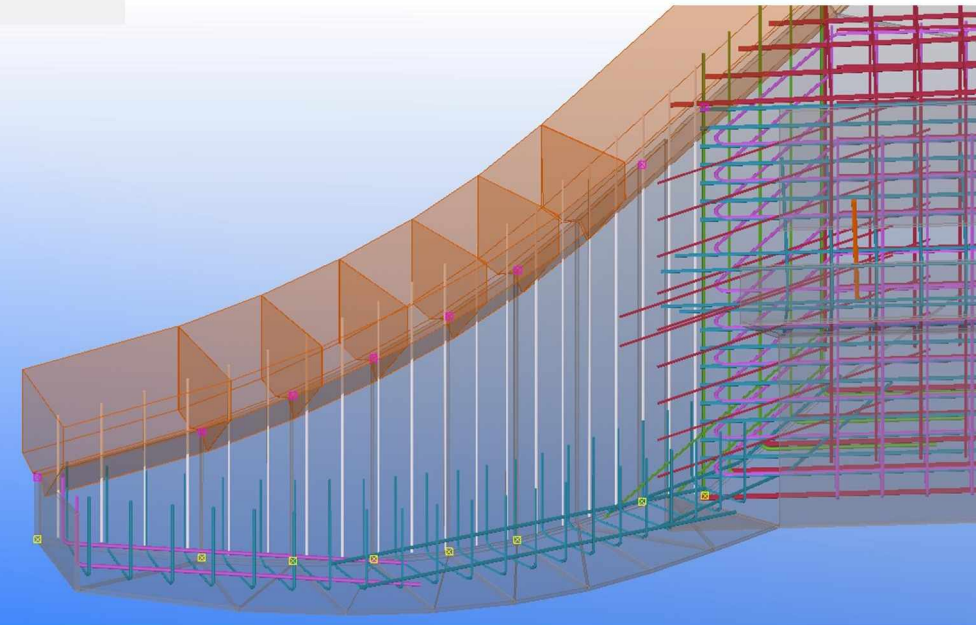


15.3 Alapinnan pituusraudoitus asennetaan hakojen päälle.

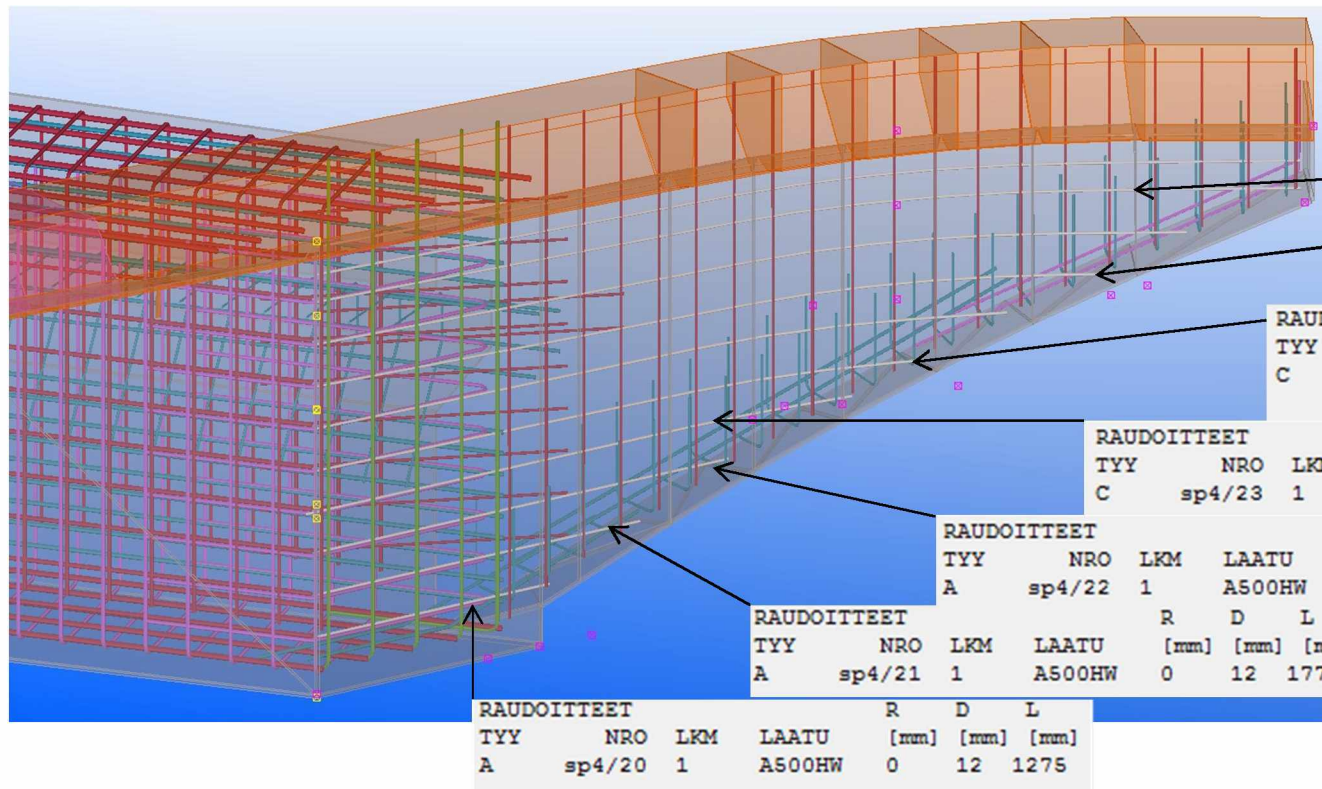
RAUDOITTEET				R	D	L	K-JAKO	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]		
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c
A	sp4/16	20	A500HW	0	12	2335	200	26.6	2335			
					...	665	0	88	665			



15.4 Ulkopinnan pystyraudoitus, sidotaan alapinnan pystyhakoihin.



15.5 Siipimuri SP4



15.6 Ulkopinnan vaakaraudoitus. Luseeraavat raudoitteet k-jako 200 mm.

RAUDOITTEET				R	D	L	K-JAKO
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
C	sp4/17	3	A500HW	3500	12	4970	130

RAUDOITTEET				R	D	L
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]
C	sp4/18	2	A500HW	3000	12	4455
					...	4065

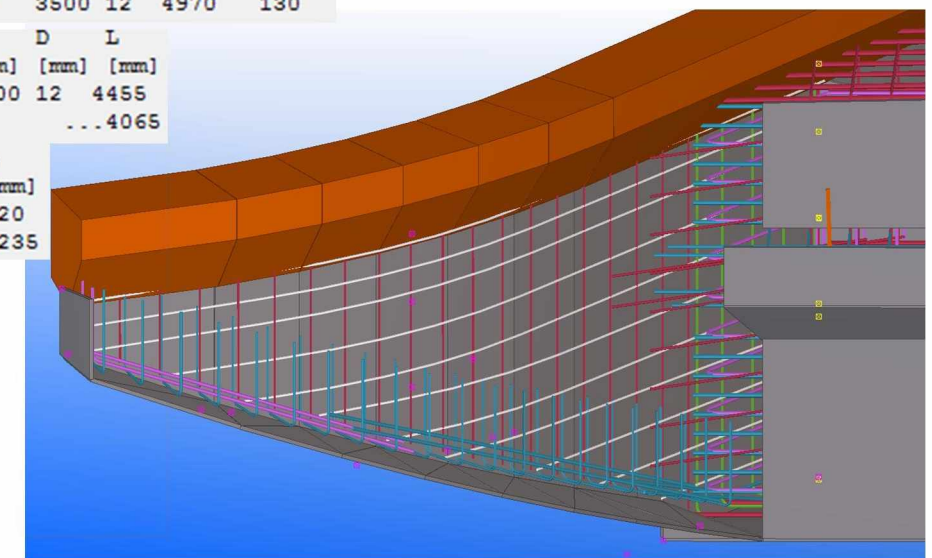
RAUDOITTEET				R	D	L
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]
C	sp4/19	2	A500HW	3000	12	3620
					...	3235

RAUDOITTEET				R	D	L
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]
C	sp4/23	1	A500HW	4000	12	2950

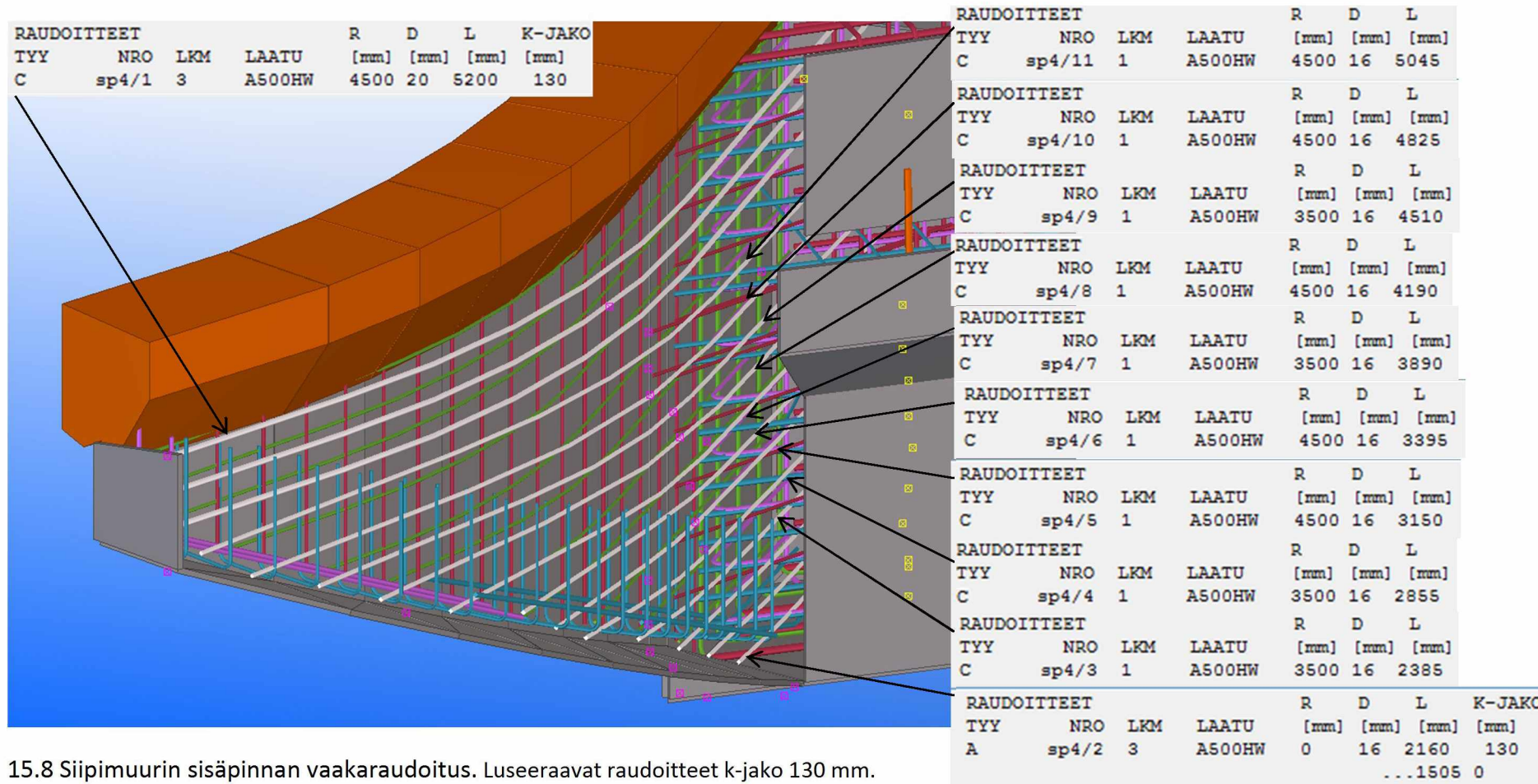
RAUDOITTEET				R	D	L
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]
A	sp4/22	1	A500HW	0	12	2265

RAUDOITTEET				R	D	L
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]
A	sp4/21	1	A500HW	0	12	1775

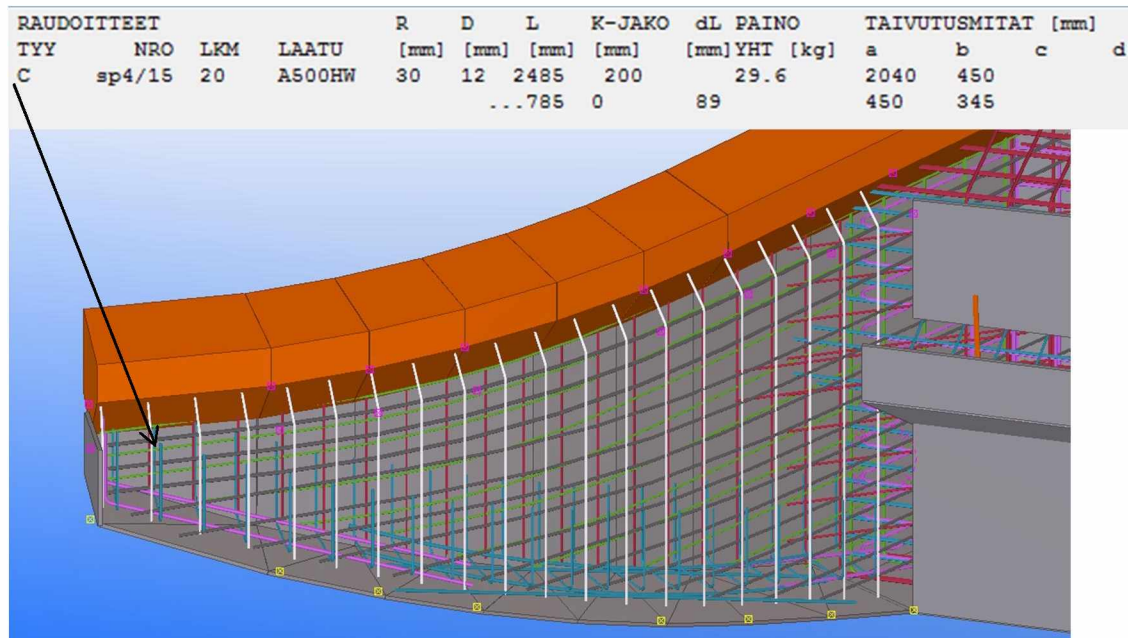
RAUDOITTEET				R	D	L
TYY	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]
A	sp4/20	1	A500HW	0	12	1275



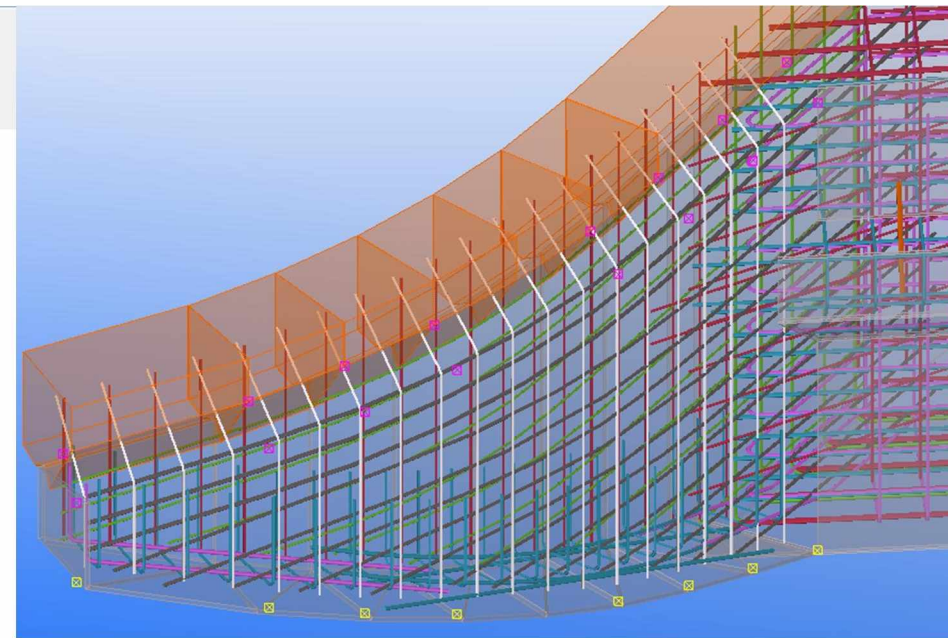
15.7 Siipimuri SP4



15.8 Siipimuurin sisäpinnan vaakaraidoitus. Luseeraavat raidoitteet k-jako 130 mm.



15.9 Siipimuurin sisäpinnan pystyraudoitus, sidotaan alapinnan pystyhakoihin.



15.10 Siipimuri SP4

