

Opinnäytetyö AMK

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Talonrakennustekniikka

2018

Taneli Käyhkö

TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU

– Ulokepalkkihyllyy

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka | Talonrakennustekniikka

2018 | 26 sivua, 50 liitesivua

Taneli Käyhkö

TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU

- Ulokepalkkihyllyyiin

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia TPE Turun Pelti ja Eristykselle tarvittavat rakennesuunnitelmat varastointiratkaisun parantamiseksi. Kohde sijaitsee TPE:n Someron peltivilla-pelti-elementtitehtaan piha-alueella. Alueella on aikaisemmin ollut teräsrakenteisia katoksia, joiden perustuksia oli tarkoitus hyödyntää. Kohteen rakennesuunnittelun ohessa käydään läpi teräsrakenteiden suunnitteluun liittyvää teoriaa pääasiassa SFS-EN-standardien perusteella.

Työ toteutettiin selvittämällä toimeksiantajan tarve varastoinnin suhteen sekä muut käytön ja alueen muodostamat rajoitukset, jotka mahdollisesti vaikuttaisivat tulevaan rakenteeseen. Tuloksena saatiin rakennesuunnitelmat ulokepalkeista muodostuvana katettuun hyllyyiin, johon on helppo lastata varastoitavia tarvikkeita ja joka suojaa hyvin säältä.

Suunnitelmat jäävät odottamaan toteutusta, ja niiden teossa käytettyä teoriaa ja laskentamateriaalia voidaan käyttää jatkossa vastaavien rakenteiden suunnittelussa.

ASIASANAT:

teräsrakentaminen, teräsrakenteiden suunnittelu, rakennesuunnittelu, hylly, ulokepalkki, PVP-elementti, peltikela

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme of civil engineering | Structural engineering

2018 | 26 + 50

Taneli Käyhkö

DESIGN OF STEEL STRUCTURES

- Cantilever rack

The aim of the thesis was to prepare the necessary structural plans for TPE Turun Pelti ja Eristys to improve their storage solution. The site is located in the yard area of TPE's Somero tinwool tin element factory. There has previously been steelsheds in the area and the foundations of which were to be utilized. Along with the structural design of the object, the theory of steel structure design was examined mainly based on SFSEN standards.

The work was carried out by identifying the client's need for storage, and restrictions of use and area that might affect to the designing of the structure. As a result, construction plans were made for a roofed cantilever rack, where it is easy to load storage supplies and provide good protection against the weather.

Plans are waiting for the implementation and the theory and calculations that were used to create the plans can be used in the future when designing similar structures.

KEYWORDS:

steel construction, steel structure design, structural design, cantilever rack, tinwool tin element, tin coil

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 SUUNNITTELUPROSESSI	8
2.1 Tarveselvitys	8
2.2 Hankesuunnittelu	8
2.3 Suunnittelun vaiheet	9
3 TERÄS	12
3.1 Kuuma- ja kylmävalssatut profiilit	14
3.2 Teräslajit	16
3.3 Korroosio	17
4 RAKENNESUUNNITTELU	19
4.1 Kuormitukset	20
4.2 Mallintaminen Tekla Structures –ohjelmistolla	23
5 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26

LIITTEET

- Liite 1. Rakenne- ja asennuskuvat
- Liite 2. Jäykän pilari-palkkiliitoksen laskenta
- Liite 3. Osa- ja kokoonpanokuvat
- Liite 4. Jigi Software laskelmaraportti
- Liite 5. Ruukki Poimu poimulevyn laskelmaraportti
- Liite 6. Ruukki Profbeam z-profiilin laskelmaraportti

KUVAT

Kuva 1. Asemakaavakuva Someron tehtaalta, tontti 1304.	7
Kuva 2. Suunnittelun vaiheet.	10
Kuva 3. Teräksen seosaineiden ominaisuuksia.	13
Kuva 4. Kuumavalssattuja profiileja.	14
Kuva 5. Kylmävalssattuja profiileja.	15
Kuva 6. Kylmävalssauksessa tapahtuva pysyvä muodonmuutos.	15
Kuva 7. Teräksen iskutitkeysluokat.	16
Kuva 8. Tavanomainen hylly.	19
Kuva 9. Rakenteen mitoitus Jigi Softwarella.	20
Kuva 10. Kuvakaappaus Tekla Structures –ohjelmasta.	23

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia teräsrakennesuunnitelmat ulokepalkkihyllyyn TPE Turun Pelti ja Eristys Oy:lle Someron PVP-elementtitehtaalle, samalla selvitetään yleisluontoisesti teräsrakenteiden suunnittelussa huomioitavia seikkoja. Turun Pelti ja Eristys valmistaa Turun konepajalla teräsrakenne tuotteita ja peltitarvikkeita sekä Somerolla sijaitsevalla TPE Spirit Oy:n elementtitehtaalla pelti-villa-peltielementtiä. Teräsrakenteen toteutukseen tarvittavaa viranomaislupakäsittelyä, pohjatutkimuksia ja perusratkaisua ei tässä opinnäytetyössä käsitellä johtuen lopullisen toteutuksen epävarmuudesta, koska elementtitehtaan alue koostuu isohkosta pihasta ja yhdestä tehdasrakennuksesta.

Elementintuotannon jatkuvuuden kannalta on välttämätöntä, että siihen tarvittavia raaka-aineita on varastossa riittävästi, jolloin isokin tehdasalue täyttyy nopeasti villa- ja peltituotteista. Elementin teossa käytettävä villa toimitetaan vakiokokoisina paalitorneina. Peltikelat ovat 3–8 tonnin painoisia, pituudeltaan 1250 mm ja sisähalkaisijaltaan 610 mm sekä peltilistat ovat vakiopituisia, 3000 mm. Lisäksi valmiita elementtejä joudutaan pitämään pihalla hetken aikaa ennen toimitusta työmaalle ja elementit voivat olla pituudeltaan yhdestä metristä 12 metriin. Elementit pinotaan toimituskolleihin, joissa voi olla enintään viisi elementtiä päällekkäin.

Tämä opinnäytetyö aloitettiin käymällä paikan päällä tutustumassa kohteeseen ja kuuntelemassa käyttäjän toivetta ja tahtotilaa tulevalta hankkeelta. Selvitetiin, millaisia ominaisuuksia he haluavat rakennukselta, onko käytön kannalta jotain, mitä täytyy huomioida erityisesti, mitä ongelmia on ollut ja miten ne voitaisiin ratkaista. Ongelmana oli varastointitilan ja sääsuojan puute. Tehdasalueella on ennestään ollut viisi kappaletta teräsrakenteisia katoksia, mutta ne oltiin purettu huonokuntoisuuden vuoksi ja jäljelle oli jäänyt niiden perustuslaatat. Näitä laattoja on tarkoitus hyödyntää tulevassakin varastointiratkaisussa. Suorakaiteen muotoiset laatat esitetään kuvassa 1.

Varastointiongelman ratkaisuksi alettiin suunnitella katettua hyllyä, johon voidaan lastata peltikeloja ja listatarvikkeita. Tarvikkeita siirrellään alueella trukkien kanssa, joista isoin on niin sanottu 10 tonnin trukki. Tällaisen trukin piikit nousevat korkeintaan n. viiden metrin korkeuteen, jolloin hyllyn ylin taso voi olla enintään tällä korkeudella. Lisäksi hyllyn katto haluttiin kallistaa sisäänpäin, jottei lumi aiheuta ongelmia tai vaaratilanteita pudotessaan hyllyn eteen. Katto tehdään profiilipelistä ja keskelle hyllyä jätetään aukko, josta

vesi pääsee valumaan rännikouruja pitkin maahan. Kourut voidaan joutua varustamaan sulanapitojärjestelmällä, jos se talvisin jäätyy umpeen.



Kuva 1. Asemakaavakuva Someron tehtaalta, tontti 1304.

2 SUUNNITTELUPROSESSI

Rakennushankkeen osapuolia ovat käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelija, rakentaja ja viranomainen. Tässä opinnäytetyössä rakennuttaja, käyttäjä ja rakentaja ovat sama taho, eli opinnäytetyön toimeksiantaja, TPE Oy. Mitä pienempi hanke, sitä vähemmän tarvitaan eri osapuolia, ja työ voidaan tehdä pienemmällä kokoonpanolla. Hankkeen laajuudesta riippumatta se noudattaa yleensä tiettyä kaavaa, jolla se viedään läpi.

2.1 Tarveselvitys

Rakentaminen alkaa lähes poikkeuksetta aina siitä, että jollain tulee tarve lisärakentamiselle. Tämä voi tarkoittaa joko olemassa olevan rakennuksen laajentamista, kokonaan uuden rakentamista tai jo olemassa olevan rakennuksen muuttamista paremmin sopivaksi käyttötarkoitukseensa. Yleensä tämän tarpeen kokee ensimmäisenä rakennuksen käyttäjä. Tarveselvityksessä käyttäjä määrittelee yhdessä kiinteistön omistajan kanssa, mitä ongelmia kiinteistössä on, mitä korjattavaa siellä on ja mitkä tavoitteet tulevalla hankkeella on. Tämän jälkeen kartoitetaan kiinteistön sen hetkiset ominaisuudet ja tutkitaan eri vaihtoehtot, joilla tarve on mahdollista täyttää. Rajoittavia tekijöitä voivat olla kiinteistön juridiset ja rakennustekniset seikat, kuten kaavamääräykset tai maaperäolosuhteet. Vaihtoehtojen pohjalta voidaan tehdä jo alustava kustannus selvitys ja aikataulu hankkeelle. Tarveselvityksen jälkeen tehdään hanke päätös ja otetaan viimeistään yhteyttä suunnittelijoihin ja tarvittaessa rakennuttajakonsulttiin. (Junnonen & Kankainen 2017, 10–20.)

2.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa tarkennetaan tarveselvityksessä koottuja tietoja, jotta ne voidaan välittää riittävässä laajuudessa suunnittelijoille. Suunnittelijoille tärkeitä tietoja ovat käyttötarkoitus, käyttäjän toiminnan asettamat vaatimukset, taloudelliset tavoitteet sekä haluttu laajuus.

Näiden pohjalta arkkitehti tekee tilaohjelman, jossa on tilojen määrä, käyttötarkoitus, koko ja ominaisuuksia, joita tiloilta vaaditaan. Samalla tehdään toiminnallinen ja teknillinen selvitys rakennuspaikasta, eli selvitetään tontin ominaisuudet, kuten koko, maaperä

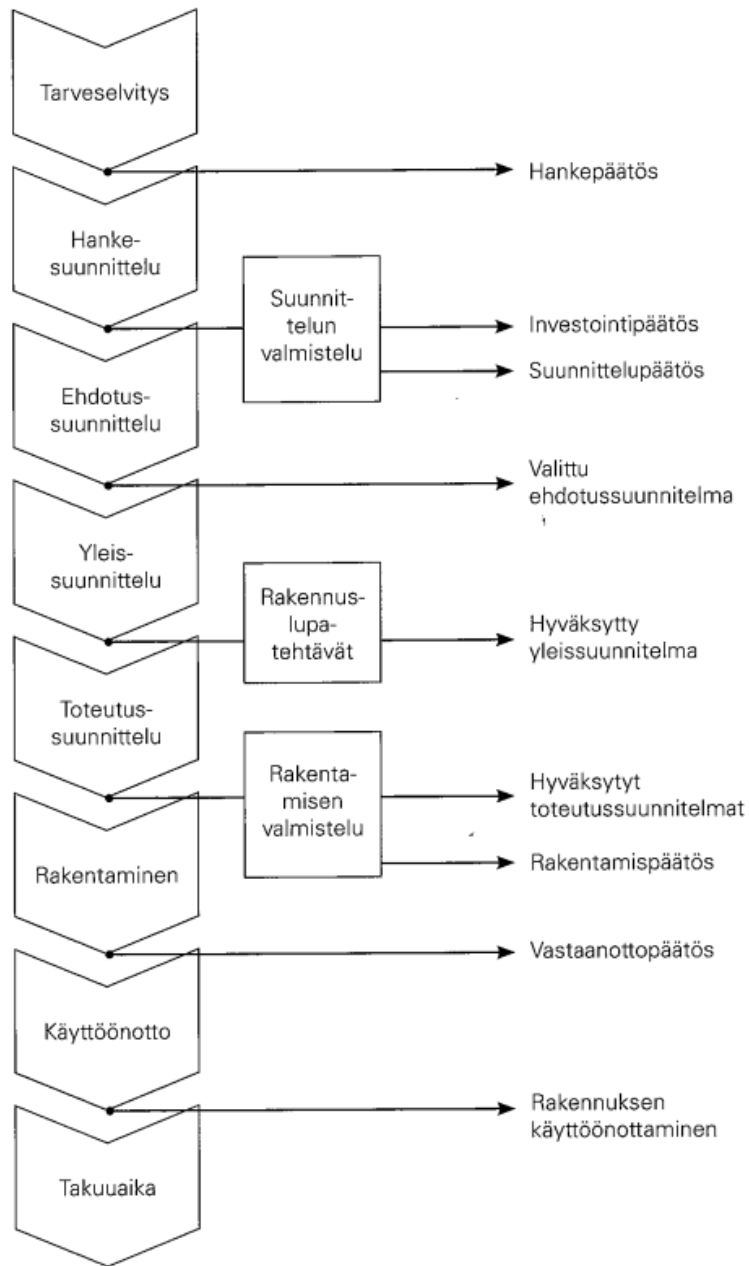
sekä vesi-, viemäri- ja sähköliittymät. Lisäksi selvitetään myös kaavamääräykset ja rakennusoikeus. Hankesuunnitelma sisältää edellä mainittujen lisäksi budjetin ja rahoitussuunnitelman sekä aikataulun suunnittelulle ja rakentamiselle. (Junnonen & Kankainen 2017, 24–27.)

2.3 Suunnittelun vaiheet

Ensimmäisenä varsinaisena suunnitteluvaiheena on ehdotussuunnittelu. Siinä haetaan yleisluontoisia ratkaisumalleja hankkeen toteutukselle. Ehdotussuunnitelma sisältää toiminnalliset ratkaisut, tekniset ratkaisut, sijoittumisen ja liittymisen ympäristöön sekä perustamisolosuhteet ja kunnallistekniset liittymätiedot. Ehdotussuunnitelmia voidaan tehdä useita, joista sitten yksi valitaan jatkosuunnitteluun yleissuunnitteluvaiheeseen. (Junnonen & Kankainen 2017, 52–55.)

Yleissuunnitteluvaiheessa valittua ehdotussuunnitelmaa kehitetään toteutuskelpoiseksi. Yleissuunnitelmassa tarkennetaan ehdotussuunnitelman raameja rakenteiden, toiminnallisuuden, käytön, huollon ja tilojen osalta siten, että suunnitelmat olisivat yksityiskohtaisempia. Viimeistään yleissuunnitteluvaiheessa tarkastetaan tilaajalla hankkeen rahoitus, aikataulu ja tavoitteet, jotta yleissuunnittelu pätee vielä siihen, mitä haluttiin. Yleissuunnittelun päätteeksi tehdään rakennuslupahakemus, johon liitetään pääpiirustukset, perustamistapalausunto sekä muut selvitykset, lausunnot ja laskelmat, joita viranomaiset saattavat vaatia. (Junnonen & Kankainen 2017, 52–55.)

Viimeisenä vaiheena on toteutussuunnittelu, jossa yleissuunnitelmasta kehitetään hankintaa ja rakentamista varten yksityiskohtaiset määrät, laadut ja mitat sisältävät suunnitelmat. Samalla varmistetaan ratkaisujen ja detaljien toimivuus ja yhteensopivuus. Toteutussuunnittelu alkaa yleensä ennen rakentamista, mutta jatkuu varsinkin korjaushankkeissa lähes rakentamisen valmistumiseen saakka. Rakentamisen aikana suunnitelmia voidaan joutua täydentämään valmistus-, sovitus- ja asennuspiirustusten osalta. Kaikki suunnittelun vaiheet on esitetty kuvassa 2, tarveselvityksestä käytönaikaiseen takuu-aikaan lueteltuina. (Junnonen & Kankainen 2017, 52–55.)



Kuva 2. Suunnittelun vaiheet (Rakennuttaminen, 30).

Tässä opinnäytetyössä suunnitteluprosessi noudattaa pääpiirteittäin samankaltaista kaavaa kuin edellä mainittu. Ensin tutustutaan kohteeseen ja tilaajan tahtotilaan tulevan hankkeen suhteen. Tilaajan toiveena oli saada enemmän varastointitilaa ja sääsuojaa tehdasalueen pihalla säilytettäville peltikeloille ja tarvikkeille. Helpoiten ja edullisimmin tähän tavoitteeseen ajateltiin päästävän hyödyntämällä alueella olevia vanhoja katosten perustuslaattoja hyödyksi, vaikka niiden muoto ja sijainti asettivat pieniä haasteita.

Pikaisen tarveselvityksen perusteella todettiin, että paras ratkaisu on tehdä teräksinen katettu hylly, johon voidaan nostaa peltikeloja ja peltilistatarvikkeita. Rakennusmateriaalina teräs on tähän soveltuvin johtuen hyllyyn tulevasta suuresta kuormasta sekä tavoitteesta saada siitä mahdollisimman siro, helposti rakennettava ja jatkuvaa käyttöä kestävä.

3 TERÄS

Terästä valmistetaan raudasta, hiilestä ja erilaisista seosaineista, kuten boorista, kromista, kuparista, nikkelistä, piistä, titaanista ja alumiinista. Kantavissa rakenteissa käytettävää terästä kutsutaan *rakenneteräkseksi*, jonka hiilipitoisuus on alle 0,3 %. Hiilen pitoisuudella on merkittävin vaikutus teräksen ominaisuuksiin. Mitä enemmän teräksessä on hiiltä, sitä hauraampaa se on. Muilla seosaineilla voidaan vaikuttaa teräksen ominaisuuksiin, kuten muokattavuuteen, lujuuteen, kulumiskestävyyteen, sitkeyteen, korroosionkestävyyteen yms. Esimerkiksi ruostumattoman teräksen pääraaka-aineet ovat rauta, kromi, nikkeli ja hiili. Lisää teräksen ominaisuuksiin vaikuttavista seosaineista on kuvassa 3. (Kaitila, Martikainen, Saarinen, Leskelä, Kumar, Inha, Kemppi, Yrjölä, Jyrkäs, Pekkinen & Ilveskoski 2014, 12–14.)

Teräkset	Pitoisuus	Esimerkki
Matalahiiliset teräkset	< 0,05 %	Ohutlevyt, magneettimetalli
Niukkaahiiliset teräkset	0,05 ... 0,25 %	Rakenneteräkset
Keskihiiliset teräkset	0,25 ... 0,60 %	Koneteräkset
Runsashiiliset teräkset	0,60 ... 1,7 %	Työkaluteräkset

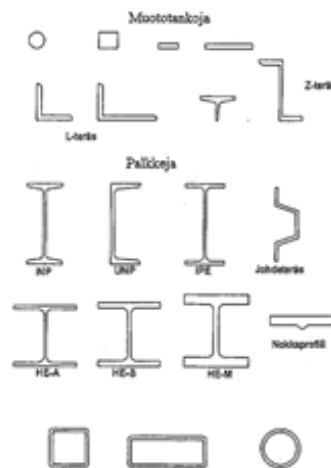
Seosaine	Vaikutukset
Boori	Parantaa myötölujenemisominaisuuksia, huonontamatta työstettävyttä ja muovattavuutta.
Hiili	Parantaa myötölujenemisominaisuuksia, lujuutta, kovuutta ja kulumiskestävyttä, pienentää hitsattavuutta ja iskusitkeyttä.
Kromi	Parantaa myötölujenemisominaisuuksia, kulumiskestävyttä ja korroosionkestävyyttä sekä lujuutta korkeissa lämpötiloissa. Parantaa kovuutta paksuussuunnassa.
Kupari	Parantaa ilmastokorroosionkestävyyttä ja lisää hieman lujuutta vähentämättä juurikaan sitkeyttä. Vaikuttaa haitallisesti muokattavuuteen (raepuhallustyöstettyyteen) ja pinnan laatuun.
Mangaani	Parantaa myötölujenemisominaisuuksia, lujuutta, hankauskestävyyttä ja työstettävyttä. Pelkistää sulan teräksen ja pienentää kuumakuroutumista. Huonontaa hitsattavuutta.
Molybdeeni	Parantaa myötölujenemisominaisuuksia, kulumiskestävyttä ja korroosionkestävyyttä, sitkeyttä, lujuutta korkeissa lämpötiloissa, virumiskestävyttä ja kovuutta. Pienentää kuumahaurautta.
Nikkeli	Parantaa myötölujenemisominaisuuksia, myötölujenevuutta, lujuutta ja sitkeyttä sekä korroosionkestävyyttä.
Fosfori	Parantaa lujuutta ja myötölujenemisominaisuuksia, parantaa korroosionkestävyyttä ja työstettävyttä.
Pii	Parantaa lujuutta, kovuutta, korroosionkestävyyttä ja sähkönjohtavuutta. Pienentää magneettista hystereesihäviötä, työstettävyttä ja kylmämuovautuvuutta.
Rikki	Parantaa työstettävyttä yhdessä mangaanin kanssa, mutta alentaa iskusitkeyttä ja -kestävyyttä, huonontaa pinnan laatua ja hitsattavuutta.
Alumiini	Tiivistysaine sitoo happea ja typpeä, estää vanhenemista.
Niobi, vanadiini ja titaani (mikroseosaineita)	Nostavat lujuutta, käytetään mm hienoraeteräksissä.

Kuva 3. Teräksen seosaineiden ominaisuuksia (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 -oppikirja, 15).

Teräsrakenteiden toteutukseen käytetään SFS-EN1090-2:2008 –standardia, joka määrittää vaatimukset terästyön toteutukselle sisältäen hankinnat, kuljetuksen, asennuksen, pintakäsittelyn, tarkastuksen ja dokumentoinnin. Toteutusta ohjaa suunnittelijan määrittämä toteutusluokka, joita ovat EXC1, EXC2, EXC3 tai EXC4. EXC 1 on vaatimattomin ja EXC4 vaativin. SFS-EN1090-2:2008 –standardia käytetään silloin, kun teräsrakenteet on suunniteltu joko standardin SFS-EN 1993 (teräsrakenteet) tai SFS-EN 1994 (betoni-teräслиittorakenteet) mukaan. (Kaitila ym. 2014, 12–14.)

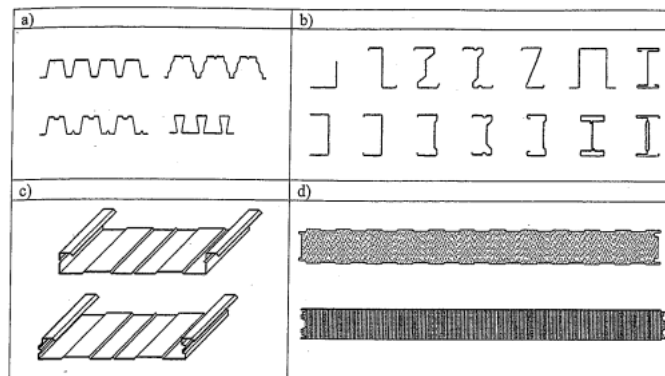
3.1 Kuuma- ja kylmävalssatut profiilit

Teräksen ominaisuuksia voidaan muuttaa eri seosten lisäksi muovaamalla ja lämpökäsittelemällä terästä. Teräksen muovaamisen helpottamiseksi se voidaan lämmittää 800–1200 °C:een lämpötilaan ja tämän jälkeen viedä läpi valssauslaitteiston, jossa erilaiset pyörivät kappaleet puristavat teräsaihion haluttuun muotoon. Tätä toimenpidettä kutsutaan *kuumavalssaukseksi*. Lämmittämiseen tarvittavan energian vuoksi kuumavalssatut tuotteet pyritään valmistamaan kerralla yhdellä pitkällä valssauslinjastolla, joka sisältää monta erilaista valssauslaitetta. Kuumavalssattuja tuotteita ovat paksut levymäiset tuotteet, paksuseinämäiset putket ja palkit, kuten IPE- ja HEA-profiilit. Kuumavalssaamalla teräksen mekaaniset ominaisuudet säilyvät lähes samoina, mutta leveys- ja pituussuunnassa voi olla eroja, kun valssataan pitkiä tuotteita, kuten nauhakeloja. Kuvassa 4 tyypillisiä kuumavalssattuja profiileja. (Kaitila ym. 2014, 14-16.)

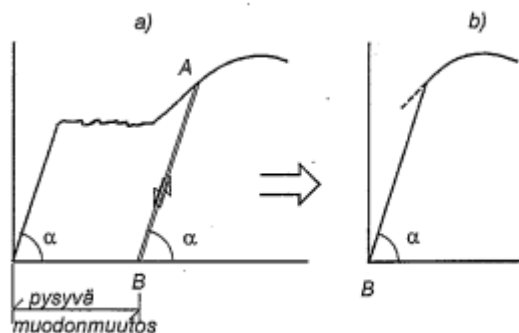


Kuva 4. Kuumavalssattuja profiileja (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 -oppikirja, 23).

Kuumavalssattuja levyjä voidaan jatkokäsitellä myös ilman lämmitystä, jolloin teräksen mekaaniset ominaisuudetkin muuttuvat. Tätä kutsutaan *kylmävalssaukseksi*. Kylmävalssattuja tuotteita tehdään teräslevyistä taivuttamalla tai valssaamalla niitä haluttuun muotoon. Esimerkiksi profiilipeltikatteet, Z-rangat, hattuprofiilit ja ohutseinäputket ovat kylmävalssaamalla tehtyjä, mutta esimerkiksi ruotsalainen SSAB valmistaa kylmävalssaamalla rakenneputkia, joita tavallisesti tehdään kuumavalssaamalla. Kylmävalssauksessa teräksessä tapahtuu pysyvä muodonmuutos, jolloin sen myötöraja häviää, sitkeys laskee, mutta kovuus kasvaa, kuten kuvassa 6 esitetään. Tästä johtuen kylmävalssatut tuotteet täytyy tehdä tarkoin valvotuissa olosuhteissa. Esimerkkejä kylmävalssatuista profiileista esitetään kuvassa 5. (Kaitinen ym. 2014, 16-17.)



Kuva 5. Kylmävalssattuja profiileja (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 –oppikirja, 25).



Kuva 6. Kylmävalssauksessa tapahtuva pysyvä muodonmuutos (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 –oppikirja, 16).

Terästä voidaan myös lämpökäsitellä menetelmillä, joita kutsutaan *karkaisuksi* ja *päästämiseksi*. Karkaisussa terästä kuumennetaan lähelle 900 °C ja sen jälkeen se jäähdytetään nopeasti. Kuumennettaessa terästä lähelle sen sulamispistettä sen kiderakenne muuttuu siten, että hiili erkaantuu rautakiteistä, ja kun se nopeasti jäähdytetään, jää hiili puristuksiin rautakiteiden väliin, jolloin syntyy tiivis ja kova kiderakenne mutta kuitenkin erittäin hauras. Teräksen sitkeys voidaan palauttaa päästämällä, eli kuumentamalla sitä uudelleen 200–600°C lämpötilaan ja jäähdyttämällä hitaasti riippuen halutusta lopputuloksesta. (Kaitinen ym. 2014, 17.)

3.2 Teräslajit

Rakenneteräkset luokitellaan standardin SFS-EN 10025 mukaan käyttötarkoituksen, myötölujuuden, iskutheyden ja tiivistystavan mukaan. Käyttötarkoitus on S(structural) eli rakenneteräs, myötölujuus 235 N/mm², 355 N/mm², 420 N/mm², iskutheydellä tarkoitetaan teräksen kykyä kestää iskukuormia ja se ilmoitetaan iskutheydenvaatimusluokana, joka vaihtelee 10:n celsiusasteen tarkkuudella. Iskutheydenvaatimusluokat esitetään kuvassa 6. Teräslajista riippuen lujuuslaskentamenetelmät vaihtelevat, esimerkiksi suurlujuusteräksille S500 N/mm² täytyy tarkastella useampi murtomalli kuin tavallisemmin käytetyn S355 laskennassa. (Kaitinen ym. 2014, 20–23.)

	Iskutheydenvaatimus		
	27 J	40 J	60 J
+20	JR	KR	LR
0	J0	K0	L0
-20	J2	K2	L2
-30	J3	K3	L3
-40	J4	K4	L4
-50	J5	K5	L5
-60	J6	K6	L6

Kuva 7. Teräksen iskutheydenvaatimusluokat (Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 –oppikirja, 22).

3.3 Korroosio

Raudan ominaisuuteen kuuluva ruostuminen on myös teräsrakenteiden säilyvyyteen merkittävästi vaikuttava ilmiö eli korroosio. Korroosiossa metalli reagoi hapen kanssa siten, että metallin pintakerros haurastuu, muuttuu oksidiksi, alkaa syöpyä ja lopulta siitä voi irrota kokonaisia palasia ruostetta. Kaikki metallit eivät kuitenkaan syövy puhki asti kuten raudalle saattaa käydä, vaan osalle niistä muodostuu passiivikalvo, joka on ikään kuin ruostetta, mutta ei niin haurasta ja läpäisevää kuin raudalla. Tällaisia passivoituvia metalleja ovat esimerkiksi sinkki, alumiini ja kupari. Myös ruostumattoman teräksen korroosionkestävyys perustuu tähän ilmiöön ja siinä suojaavan kerroksen muodostaa teräseoksessa oleva kromi. (Kaitinen ym. 2014, 161.)

Teräsrakentamisessa korroosiota vastaan joko suojaudutaan tai suunnitellaan siten, että se kestää korroosiosta huolimatta. Yleensä ne kuitenkin suojataan tai valmistetaan käyttämällä säänkestävää tai ruostumatonta terästä. Korroosiosuojausta suunniteltaessa on huomioitava rakenteen käyttöympäristö, kunnossapito- ja huoltomahdollisuudet ja jopa muotoilulla voidaan ehkäistä liiallinen korroosio. (Kaitinen ym. 2014, 160–162.)

Standardi SFS-EN ISO 12944:1998 sisältää ohjeistuksen korroosiosuojatuille rakenteille ja SFS-EN 1993-1-4:2007 säänkestäville ja ruostumattomille teräksille. SFS-EN ISO 12944-2 sisältää ilmastorasitusluokat C1, C2, C3, C4, C5I/C5M, joissa C1:stä ylöspäin kasvaa korroosioriski. Standardi sisältää myös omat luokat veteen ja maahan upotetuille rakenteille: Im1, Im2 ja Im3. (Kaitinen ym. 2014, 162–163.)

Tavalliset rakenneteräkset täytyy siis lähes aina pinnoittaa joko korroosionestomaalauksella tai sinkityksellä. Pinnoitus ehkäisee korroosiota estämällä kosteuden ja hapen pääsyn kiinni metalliin tai eristää kahden erilaisen metallin välisen sähköisen kontaktin. Sinkitys on näistä tavoista kulutusta kestävämpi ja pitempi aikaisempi, mutta hieman kalliimpi ja työläämpi. Sinkkipinnoite on myös ”itseään korjaava”, sillä se uhrautuu, jos rakenteen pintaa tulee kolhu tai naarmu. Tällöin pinnalla oleva sinkki alkaa syöpyä ja peittää naarmun. Toisaalta sinkitys ei ole esteettisesti niin hyvännäköinen kuin maalaus, sillä väri vaihtoehtoja on vain yksi. (Kaitinen ym. 2014, 163–165.)

Sinkitykselle on oma standardi SFS-EN ISO 1461:1999, joka sisältää vaatimukset kuumasinkitykselle. Muita sinkitystapoja ovat sähkösinkitys ja ruiskusinkitys, mutta kuumasinkitys on näistä yleisin teräsrakenteisiin. Kuumasinkitys tehdään joko kappaletavaran kuumasinkityksenä tai jatkuvatoimisena kuumasinkityksenä. Kappaletavaran kuumasinkityksessä konepajalla valmistettu teräskokoonpano upotetaan hetkeksi kuumasinkityslaitoksella kuumasinkkipataan, jossa sula sinkki tarrautuu kappaleen pintaan. Kappaleiden muotoilussa täytyy huomioida sen pituus, että se mahtuu altaaseen, sekä muotoilu, jotta sen sisään tai väleihin ei jää liuosta vaan se pääsisi valumaan vapaasti pois. Kuumasinkittävässä kappaleessa ei saa olla suljettuja onteloita, sillä sinne jäänyt kosteus saattaa aiheuttaa räjähdysten höyrystyessään upotuksessa. (Kaitinen ym. 2014, 163–165.)

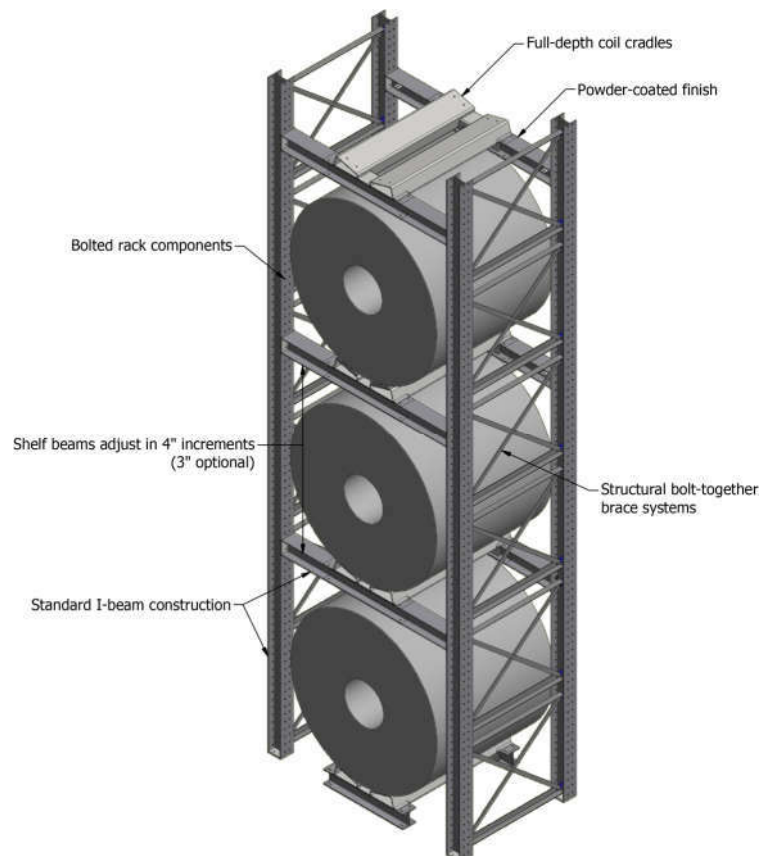
Jatkuvatoiminen kuumasinkitys tapahtuu sinkityslinjastolla yleensä ohutlevyjä tehtäessä. Siinä ohutlevykela avataan ja kuljetetaan sinkityslinjaston läpi. Linjasto sisältää mm. levyn esilämmityksen, sinkkialtaaseen kaston, ylimääräisen sulan sinkin pois puhalluksen ja sinkityn levyn jatkokäsittelyn. Sinkkipinnoitekaan ei ole ikuinen, vaan se syöpyy myös hiljalleen pois, mutta sen elinikä on lähes suoraan verrannollinen pinnoitteen paksuuteen. (Kaitinen ym. 2014, 164.)

Korroosionestomaalaus on käytetyin tapa suojata teräsrakenteet. Se voidaan tehdä joko suoraan teräksen pinnalle, mutta myös kuumasinkitylle pinnalle. Maalausta käsitellään standardeissa SFS EN ISO 12944-1-6:1998. Korroosionestomaalausta ennen täytyy teräs esikäsitellä perusteellisesti, jotta varmistutaan maalin tarttuvuudesta ja kiinnipysyvyydestä. Pinnalta täytyy poistaa lika, öljy, rasva, suola, valssihilse ja ruoste. Puhdistustapoja ovat vesipesu, liuottimella tai hapolla käsittely, hiekkapuhallus ja liekki puhdistus. Huoltomaalauksessa on huomioitava vanhan maalikerroksen kiinnipysyvyys; irtonainen maali täytyy poistaa. Lisäksi uuden ja vanhan maalin yhteensopivuus täytyy varmistaa. (Kaitinen ym. 2014, 164–165.)

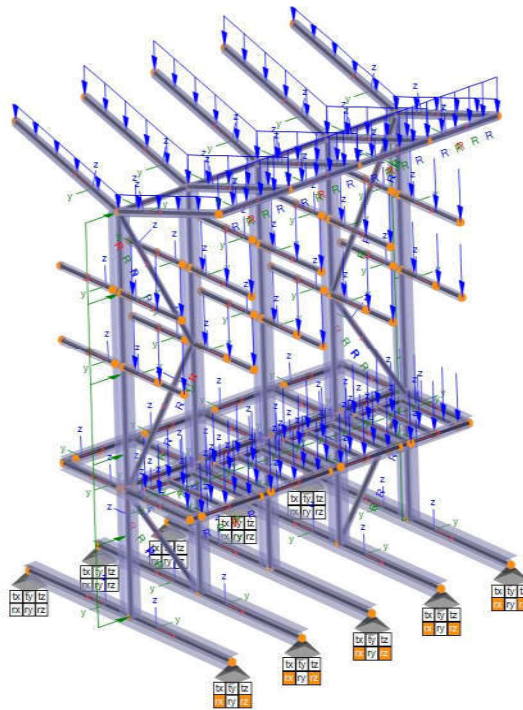
Ennen maalausta valitaan rakenteelle standardin SFS-EN ISO 12944 rasisitusluokkien mukainen maalausjärjestelmä, jossa määritellään käytettävä maalityyppi, maalikalvon paksuus ja maalikerrosten määrä. Maalien sideaineita ovat epoksi, alkydi, akryyli tai polyuretaani. Yleensä maalaus tehdään konepajalla tai maalaamossa ja harvoin vasta työmaalla. Ennalta maalattuja osia joudutaan kuitenkin usein paikka maalaamaan myös työmaalla, sillä kuljetus ja varastointi aiheuttavat niihin väistämättä naarmuja. (Kaitinen ym. 2014, 164–165.)

4 RAKENNESUUNNITTELU

Rakennesuunnittelu alkoi jo ehdotussuunnitteluvaiheessa, kun selvitettiin parasta hyllytyyppiä. Vaihtoehtoja oli kaksi, niin sanottu tavallinen hylly (kuva 8) ja ulokepalkkihylly (kuva 9). Trukkityöskentelyn kannalta jälkimmäinen osoittautui huomattavasti paremmaksi vaihtoehdoksi, sillä se on avoimempi eikä törmäily ole niin todennäköistä kuin tavallisessa hyllyssä.



Kuva 8. Tavanomainen hylly.



Kuva 9. Rakenteen mitoitus Jigi Softwarella.

4.1 Kuormitukset

Rakenteen kuormat lasketaan käsin, jonka jälkeen ne syötetään Jigi Software -ohjelmaan mallinnettuun rakennemalliin. Jigi Softwaren tekijä (2015) kuvailee ohjelmaa seuraavasti: ”Ohjelmisto sisältää betonin, teräksen, puun ja anturoiden mitoituksen eurokoodin mukaan. Jigin statiikkamoduuli perustuu 3D-elementtimenetelmään. Mitoitusmoduulit perustuvat eurokoodin uusimpaan EN-versioon ja kansallisiin liitteisiin.” Ohjelma sisältää valmiiksi kaikki osavarmuusluvut. Seuraamusluokka valitaan ennen laskentaa ja ohjelma laskee kaikki kuormitusyhdistelyt itse, lukuun ottamatta esimerkiksi palotilanteen onnettomuuskuormia.

Ohjelmaan mallinnetaan rakenne käyttäen todellisia materiaaleja ja profiileja, jolloin se ottaa huomioon automaattisesti rakenteen omanpainon. Rakenteen mallintamisen lisäksi täytyy syöttää tukipisteet, joihin rakenne tukeutuu. Tukipisteille täytyy antaa oikeat ominaisuudet, eli mihin suuntaa XYZ-koordinaatistossa se tukee sekä estää kiertymät. Tällä tavoin määritellään tuen jäykkyys, joka on usein nivelellinen tai täysin jäykkä.

Mitoitettavia kuormia rakenteessa on lumi-, tuuli-, hyöty- ja onnettomuustilanteessa törmäyskuorma. Hyötykuormat muodostuvat tässä tapauksessa hyllyyn lastattavista peltikeloista ja muista peltitarvikkeista. Lumikuorma lasketaan RIL 201-1-2008:n ja eurokoodien EN 1991-1-3 mukaisesti, huomioiden katon sisäänpäin kallistava muoto. Näin ollen laskennassa ei huomioida katon muodosta johtuvaa muotokerroinvähennystä $\mu_2 = 0,8$, vaan käytetään suoraan maassa olevan lumikuorman arvoa, joka Somerolla on $s_k = 2,75$ kN/m². Tuo arvo on siis tasaiselle maalle satavan lumenpaino ja hyllyn katon ollessa sisäänpäin kalteva, täytyy maahan satavaan lumen määrään lisätä kallistuksen tilavuuden verran lumenpainoa.

Tuulikuorman laskennassa käytetään apuna Ruukin laskentaohjelmien mukana tulevaa Eurowind-ohjelmistoa. Ohjelma laskee kuormat EN 1991-1-4:n mukaan käyttäen painekerroinmenetelmää. Laskijan tehtäväksi jää määrittää maastoluokka, tuulen puuskanopeuspaine rakennuksen korkeudella ja rakennuksen mitat. Ohjelma laskee rakennuksen sivumittojen mukaan kerrallaan vain yhdestä suunnasta ns. tuulen näkemänä. Näin ollen mittoja muuttamalla suorakaiteen muotoisien rakennusten mitat täytyy laskea kaksi kertaa mittoja muuttamalla, jotta saadaan tuulikuorma kullekin sivulle oikein.

Hyötykuormien laskennassa arvioitiin hyllyyn lastattavien tarvikkeiden massa niiden toimittajien ilmoittamien massojen mukaan, kuitenkin niin että laskennassa oltaisiin varmalla puolella. PVP-elementin valmistuksessa käytettävät peltikelat ovat 1250 mm leveitä. Pellin paksuus vaihtelee 0,45–0,8 mm sisähalkaisijan ollessa kuitenkin aina 610 mm. Yhdessä kelassa olevan pellin neliömäärä vaihtelee siis huomattavasti ja näin ollen sen massakin. TPE Spiritin käyttämät peltikelat painavat 3–8 tonnia riippuen pellin ominaisuuksista. Yleisin käytettävä peltityyppi painaa kuitenkin n. 5 tonnia. Hylly mitoitetaan kestävänsä tuon 5 tonnin kelan massa ja sitä painavimmat kelat varastoidaan maata vasten. Kuormitustapausta ajateltiin niin, että vain toisella puolella on lastattuna kaikki kela- ja listahyllyt täynnä, vaikka tällainen tilanne onkin hieman epätodellinen, mutta silloin rasitukset ovat suurimmillaan, lukuun ottamatta alimpien rakenteiden puristuksia, kun koko hylly olisi täynnä.

Törmäyskuorman laskennalle annetaan ohjeet standardissa SFS-EN 1991-1-7, joka sisältää eurokoodit onnettomuuskuormille. Eurokoodissa annetaan suoraan ohjeistus trukin aiheuttamalle törmäykselle kohdassa 4.4. Sen mukaan törmäyksestä voidaan tehdä dynaaminen analyysi, käyttää ekvivalenttia staattista mitoituskuormaa tai käyttää kuormaa $5 * W$, jossa W on trukin nettopaino ja trukin taakan painon summa, ja tämä kuorma

vaikuttaa korkeudella 0,75 metriä maan pinnasta. Tässä opinnäytetyössä käytetään jälkimmäisen vaihtoehdon lisäksi rakenteellista suojausta törmäystä vastaan. Hyllyn sivuun suunnitellaan palkisto, joka ottaa vastaan trukin törmäyksen, ja päädyissä on kaiteet, jotka estävät törmäyksen itse hyllyyn.

Jigi softwarella ei voida tarkastella yksittäisten liitosten kestävyyttä, vaan sillä tarkastellaan aina kokonaisten rakenneosien lujuuksia. Tästä johtuen liitokset täytyy laskea joko toisella ohjelmalla tai käsin laskennalla. Tämän opinnäytetyön hylly on suunniteltu siten, että pilarin ja palkin väliset liitokset toimivat jäykkinä liitoksina. Muunlainen liitostapa ei olisi edes mahdollinen ulokerakenteille. Näin ollen täytyy mitoittaa jäykkä pilari-palkkiliitos. Työmaa-asennuksen ja kuljetuksen helpottamiseksi liitos on pultiliitos. Toinen ja helpompi ratkaisu olisi suunnitella tuo liitos hitsausliitokseksi. Tällöin se täytyisi hitsata jo konepajalla ja kuljettaa suurikokoisena kokoonpanona työmaalle. Toinen vaihtoehto on työmaahitsaus, joka sekään ei aina ole yksiselitteinen ratkaisu.

Liitoksen laskentaan annetaan ohjeet standardissa SFS-EN 1993-1-8 luvussa 6. Kyseessä olevaa pultiliitosta kutsutaan *päätylevyliitokseksi* ja sen kestävyydestä tulee tarkastaa seuraavat kohdat:

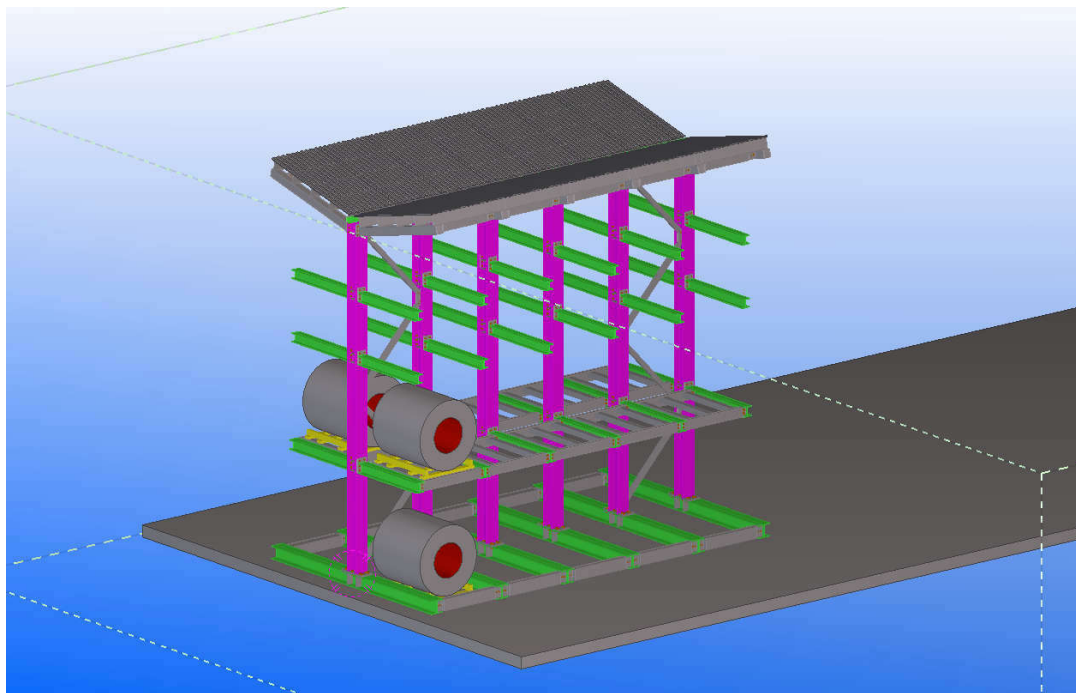
- ruuvirivin vetokestävyys $F_{r, Rd}$
- pilarin uuman poikittainen vetokestävyys $F_{t, wc, Rd}$
- pilarin laipan poikittainen taivutuskestävyys $F_{T, Rd}$
- päätylevyn taivutuskestävyys $F_{T, Rd, p}$
- palkin uuman vetokestävyys $F_{t, wb, Rd}$
- palkin uuman poikittainen puristuskestävyys $F_{c, wc, Rd}$
- palkin uuman ja laipan uuman puristuskestävyys $F_{c, fb, Rd}$.

Laskenta on opinnäytetyön liitteessä 2.

Lisäksi täytyy tarkastaa kattopalkiston liitos pilariin, peltikelahyllyn hitsaus ja pultiliitokset, liittyminen perustusrakenteeseen, kattopeltien profiili, kestävyys ja kiinnitystapa rakenteeseen, tuulisiteiden pulttien kestävyys ja pressuseinän kiinnityspalkkien liitokset. Nämä on tehty hyödyntäen helposti saatavilla olevia ohjelmia, kuten Ruukin POIMU:a ja Profbeam:a ja Hiltin Anchoria. Pultti- ja hitsausliitosten kestävyys täytyy laskea käsin, ja tähän on käytetty eurokoodien ohjeita ja Mathcad-ohjelmaa. Osa laskelmista on opinnäytetyön liitteessä.

4.2 Mallintaminen Tekla Structures –ohjelmistolla

Rakenteen ja profiilien lujuuslaskennan jälkeen voidaan rakenne mallintaa todellisuutta vastaavasti Tekla Structures –ohjelmalla. Ohjelmalla voi mallintaa betoni-, puu- ja teräs-rakenteita 3D:nä. Mallista voidaan tehdä myös pohja-, asennus-, kokoonpano- ja osapiirustukset. (A&S Virtual Systems Oy 2010.) Mallinnettu rakenne näkyy kuvassa 10.



Kuva 10. Kuvakaappaus Tekla Structures –ohjelmasta.

Osakuvat tehdään yksittäisten osien valmistusta varten. Kuvasta tulee käydä ilmi osan materiaali, koko, mitat kappaleesta ja siinä olevista mahdollisista rei'istä sekä osan yksilöintitiedot eli numerointi. Kokoonpanokuvassa esitetään yhden konepajahitsatun osakokoonpanon tiedot sisältäen

- kokoonpanon mitat
- kokoonpanossa käytettyjen osien tiedot ja sijainnit kokoonpanossa
- kokoonpanon yksilöintitieto
- kokoonpanon valmistuksessa käytettävien standardien tiedot
- toleranssit, pintakäsittely, hitsaukset.

Liitteessä 2 on tämän kohteen osa- ja kokoonpanokuvat, joista edellä mainitut merkinnät löytyvät osista ja vasemman alareunan tietolaatikoista.

Asennuskuvassa kuvataan koko rakenne ja sen perusteella on pystyttävä valmistaa rakenne kokoonpanoista siten, että se on tarkoituksen mukaisesti koottu ja sijaitsee oikeassa paikassa. Kuvasta tulee siis käydä ilmi rakenteen sijoittuminen muuhun ympäristöön, asennuksessa sovellettava standardi, koko rakenteen mitat ja rakenteeseen kuuluvien kokoonpanojen yksilöintitiedot. Siinä täytyy myös olla määriteltynä kiinnitystavat, kuten pulttien ja hitsausten tyypit ja koot. Asennuskuva liitteessä esitetään 1.

5 YHTEENVETO

Teräsrakenteen suunnittelu tilaajan toivomaan varastointiratkaisuun saatiin hyvin suoritettua loppuun. Molemmat osapuolet olivat tyytyväisiä tulokseen, mutta ajansaatossa tulleistä muutoksista johtuen varsinaiseen rakentamiseen ei ole vielä ryhdytty. Tästä johtuen työstä jätettiin tarkoituksella viranomaisasioiden käsittely ja pohja- ja perustusolosuhteiden tutkiminen pois ja keskityttiin enemmän teräsrakenteiden suunnittelussa huomioitaviin seikkoihin teoriatasolla sekä peilattiin sitä hyllyn suunnitteluun käytännössä.

Tuloksena saatiin rakennesuunnitelmat ja tiivis teoriapaketti teräsrakenteiden suunnitteluun liittyvistä asioista. Rakenteen liitosten suunnittelussa tuli tehtyä myös valmiita Mathcad-ohjelman laskentapohjia muun muassa jäykän pilari-palkkiliitoksen suunnittelua varten. Tätä voidaan käyttää jatkossa vastaavien liitosten laskentaan. Myös tehtyjä rakennesuunnitelmia voidaan tarpeen tullessa käyttää hyödyksi, kun vastaava hylly halutaan toteuttaa joko TPE:n omalle pihalle tai tilauksena jonnekin muualle.

Koska hyllyä ei lopulta rakennettu näiden suunnitelmien pohjalta, eikä lupa-asioita tai pohja- ja perustusratkaisua tässä käyty läpi, ei voida näitäkään suunnitelmia vielä pitää täysin valmiina ja toteutuskelpoisina. Juurikin perustustapa on seikka, joka voi vielä muuttaa suurestikin tämän rakenteen lopullista toteutusta.

LÄHTEET

Kaitila, O.; Kumar, R.; Martikainen, L.; Saarinen, E.; Leskelä, M.; Heinisuo, M.; Inha, T.; Kemppi, M.; Yrjöjä, P.; Jyrkäs, K.; Pekkinen, T. & Ilveskoski, O. 2014. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 -oppikirja. 2. painos. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Kankainen, J. & Junnonen, J.-M. 2017. Rakennuttaminen. 5., korjattu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2018. RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry

SFS-EN 1990. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1991. Rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1090. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

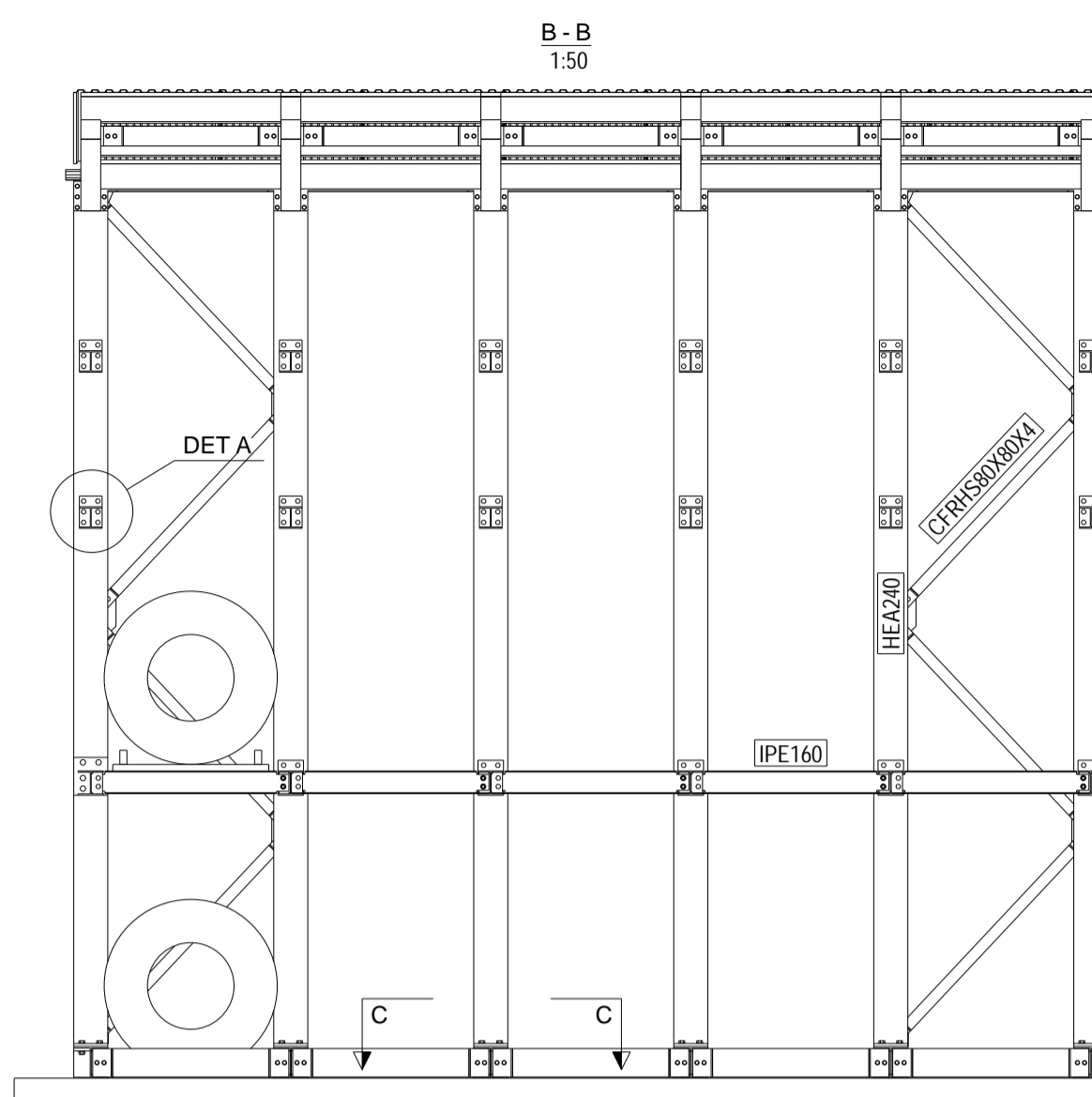
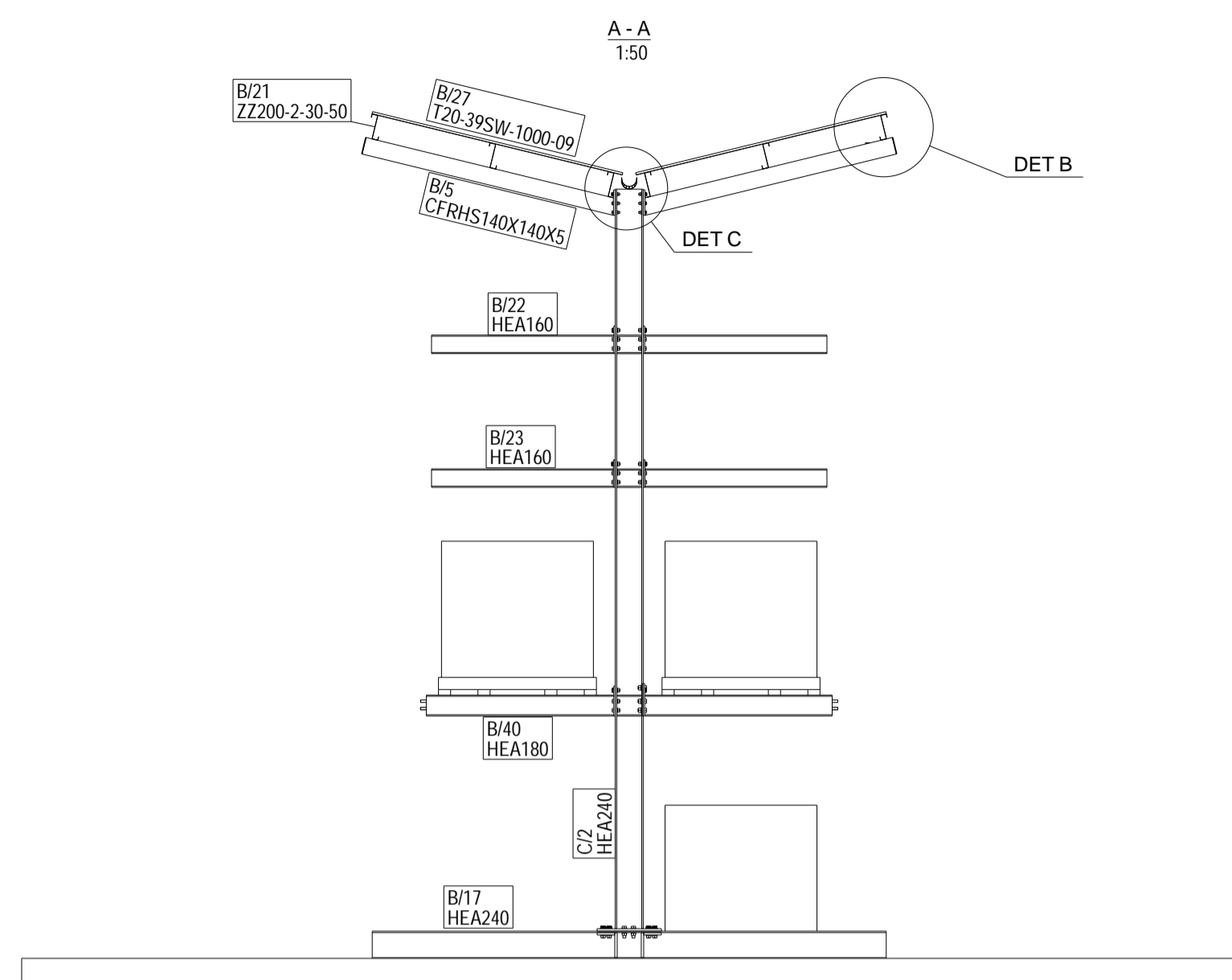
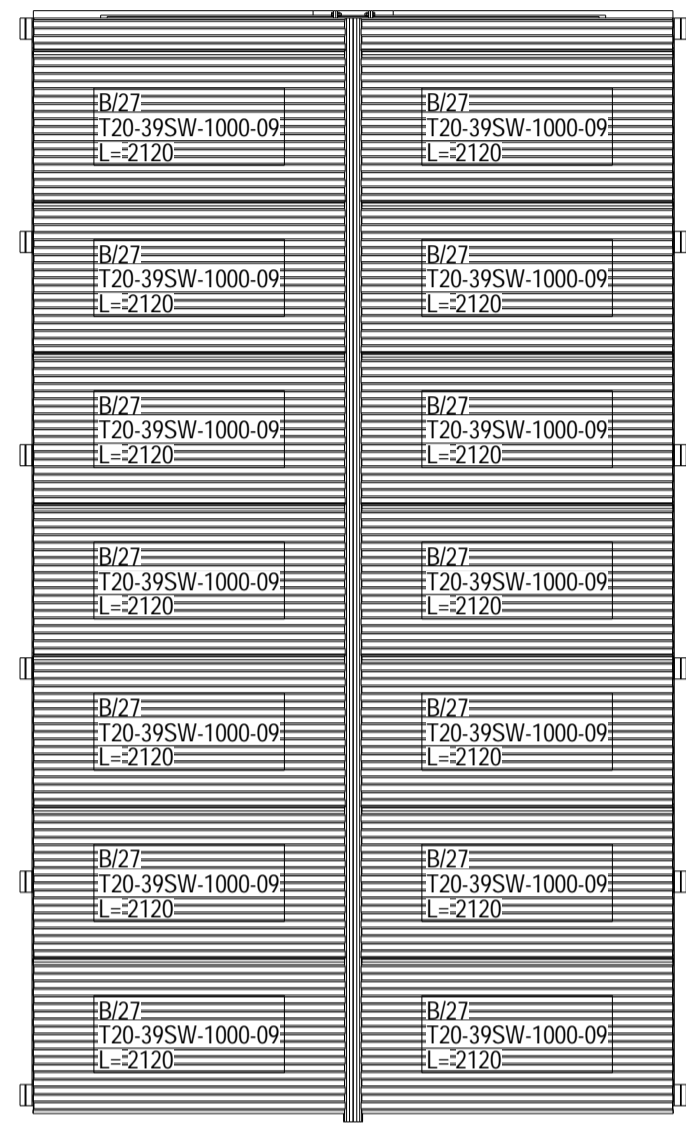
SFS-EN ISO 12944. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 1461. Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Virtual Systems. Jigi –ohjelmiston kuvaus. Viitattu 10.5.2018 <http://www.virtualsystems.fi/VirtualFin.html>

3d
1:50

B



KUORMITUKSET
-Peltikelahtily max. 5000 kg
-Lisälahily max. 1500 kg

TERÄSRAKENTEET
-toeuluusluokka EXC2, EN1990-1.2
-hitsausluokka C, EN-SFS 25817
-hitsien yleismita 1,1 x 1
-hitsit suojataan vastaamaan olevaa pintaa

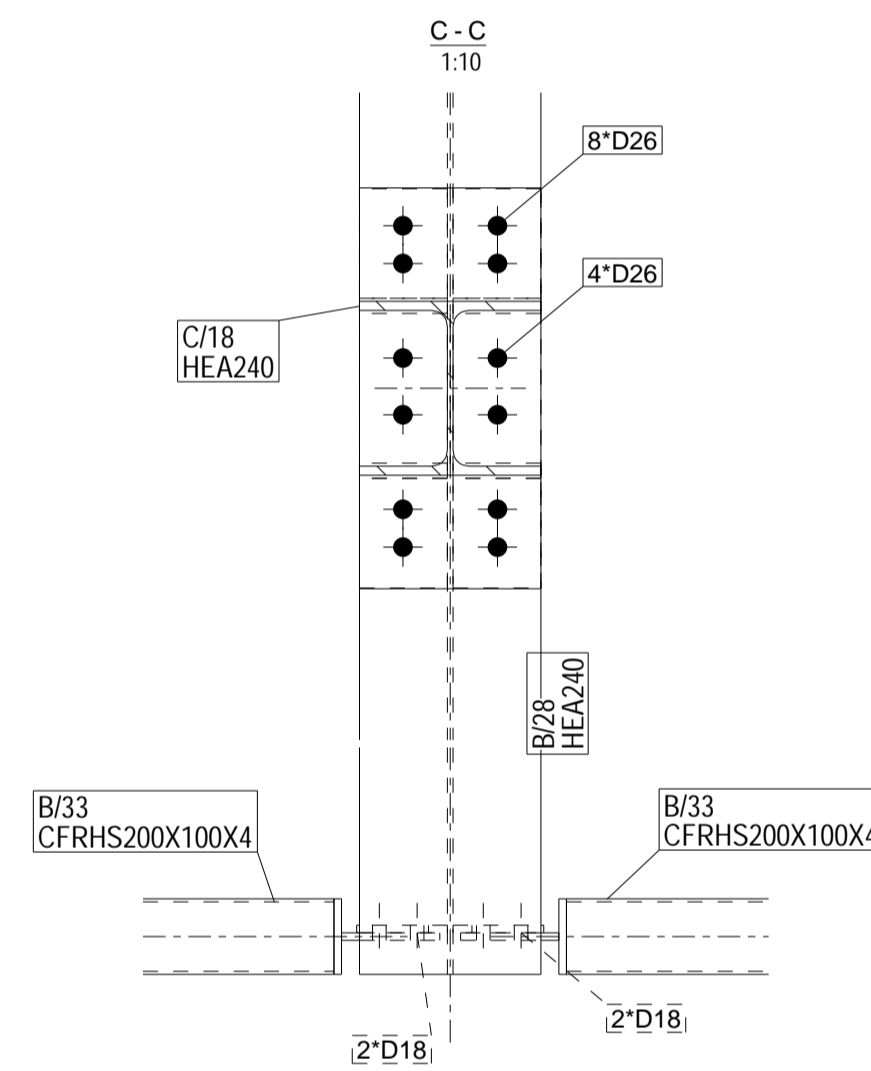
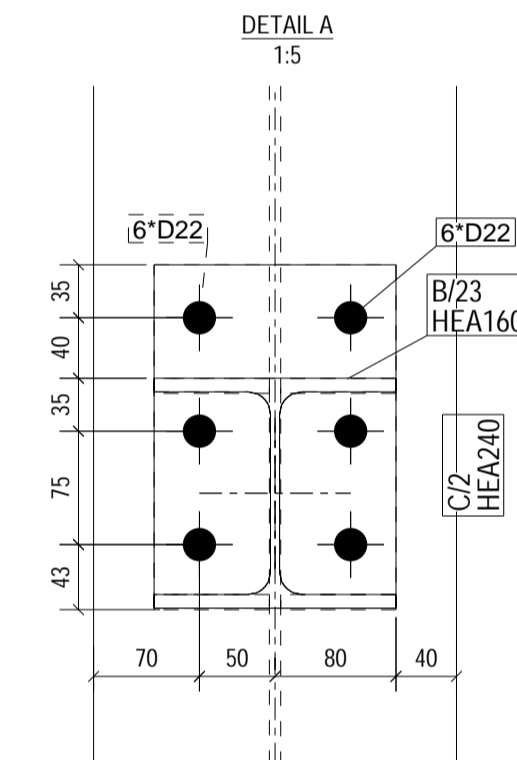
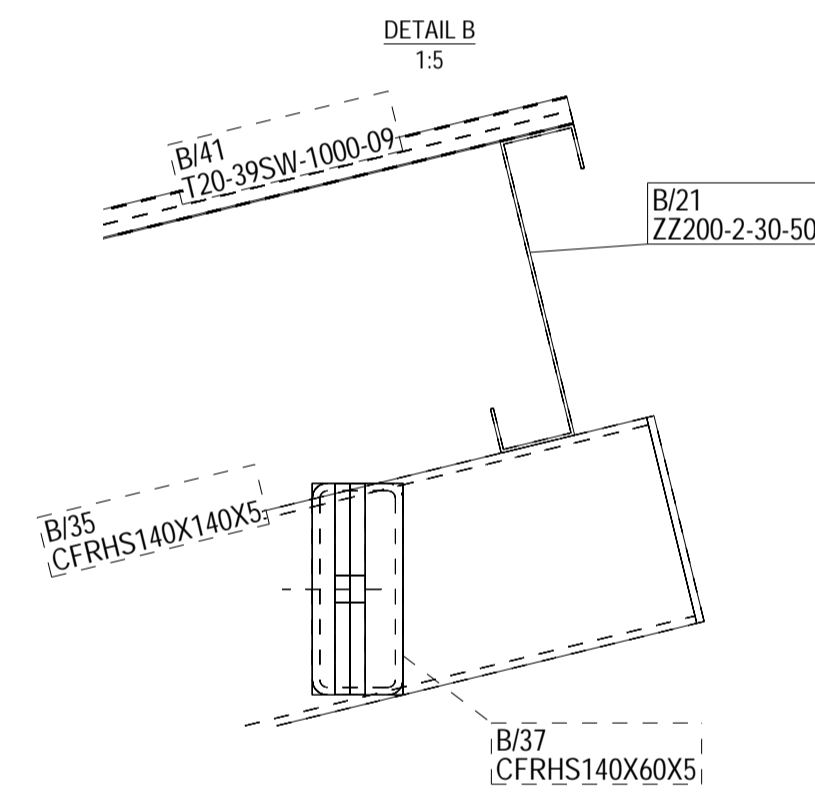
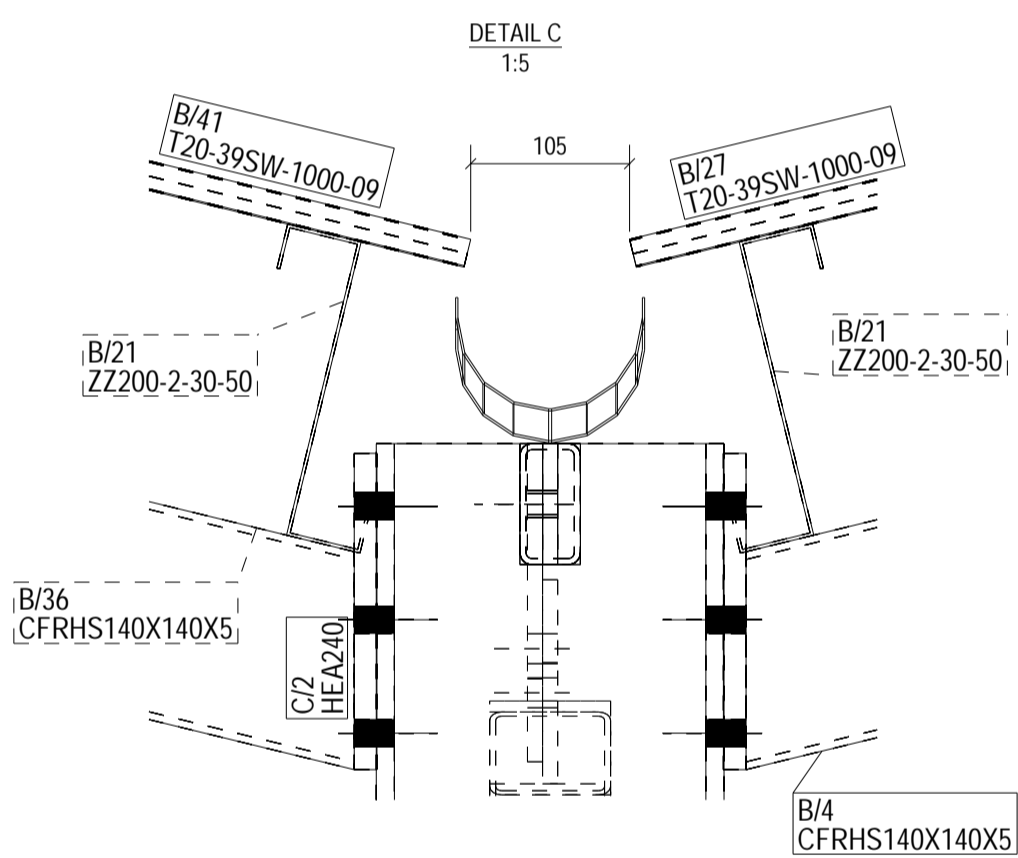
TERÄSRUNGON KIINNIKKEET
-kiinnikkeiden lujuusluokka 8.8
-kiinnikkeet vähintään kuumasinkittyjä
-CE hyväksytyjä

YLEINEN ANKKUROINTIOHJE
-kiila-ankkuri, HSA-F kaikkiin paikallavapintoihin
-kemiallinen ankkuri HILTI-HIT200, omlololaatartuntoihin
-kaikki ripustukset kattoon, jotka kannattelevat rakenteita
-lapiinnityksenä tai vähintään 150mm syvyydenä massa-ankkurointina
-jatkuvat seinäkiinnitykset (kk300-1000) HSA-F kiila-ankkuri tai HILTI HUS ruuviankkuri

RUOSTESUOJAUS
-Sinkitys, Luokka A
-Maalaus EPPUR120/2 RR20 Valkoinen

A

B



3d
1:50

T20-39SW-1000-09

CFRHS140X60X5

B/22 HEA160

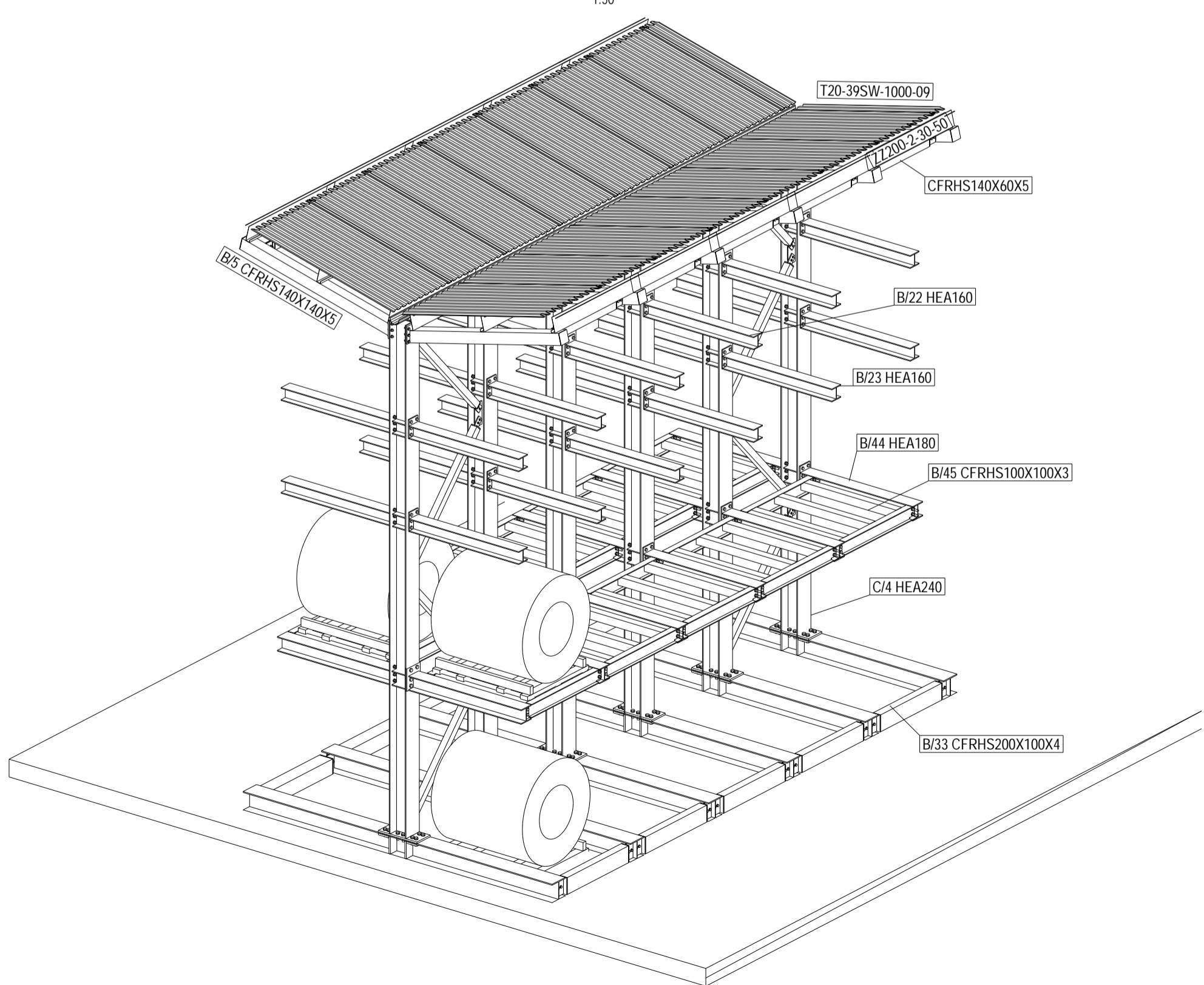
B/23 HEA160

B/44 HEA180

B/45 CFRHS100X100X3

C/4 HEA240

B/33 CFRHS200X100X4



KOHDE OPINNAYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Rakennekuva		MITTAKAAVAT 1:5 1:10 1:50	
PROJ. TANELI KAYHKO	SUUN. Tanelli Kayhko	TARK. Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi	TYÖNUMERO SALA	ALANUMERO SALA	PIR. NRO. 0 04.06.2018
TPE		RAK		MUISTUS	

Jäykkä pilari-palkki-liitos SFS-EN 1993-1-8 mukaan

Lähtötiedot ja geometria:

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$f_u := 510 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$b_p := 240 \text{ mm}$$

Päätylevyn leveys

$$h_w := 250 \text{ mm}$$

Tehollisen uuman korkeus
(päätylevyn pituus)

Pilari

Palkki

$$b_c := 240 \text{ mm}$$

leveys

$$b_b := 180 \text{ mm}$$

$$h_c := 230 \text{ mm}$$

korkeus

$$h_b := 171 \text{ mm}$$

$$t_{wc} := 7.5 \text{ mm}$$

paksuus

$$t_{wb} := 6 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := 14 \text{ mm}$$

$$t_{fb} := 15 \text{ mm}$$

$$f_{y.wc} := f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{y.wb} := f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{y.fc} := f_{y.wc} = 355 \text{ MPa}$$

$$r_c := 21 \text{ mm}$$

pyöristyssäde

$$A := 76800 \text{ mm}^2$$

Rasitukset

$$M_{Ed} := 65 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed} := 75.6 \text{ kN}$$

Ruuvit M24, 8.8

$$d := 24 \text{ mm}$$

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$A_s := 0.78 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 352.864 \text{ mm}^2$$

$$k_2 := 0.9$$

$$F_{t.Rd} := \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 203.249 \text{ kN}$$

Yhden ruuvin vetokestävyys

Mitoitetaan ruuvien lukumäärä ja päätylevyn paksuus:

$$h_{fb} := h_b - t_{fb} = 156 \text{ mm}$$

$$F_{t.Ed} := \frac{M_{Ed}}{h_{fb}} = 416.667 \text{ kN}$$

$$n := \frac{3}{4} \cdot \frac{F_{t.Ed}}{F_{t.Rd}} = 1.538$$

2 ruuvia / rivi

$$a := 80 \text{ mm}$$

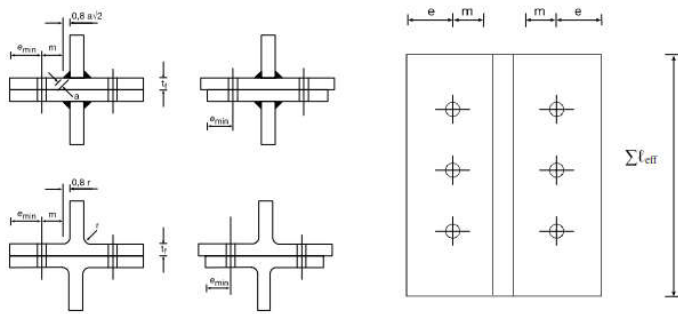
etäisyys ruuvista palkin
yläpintaan

$$t_{p.vaad} := \sqrt{\frac{F_{t.Ed} \cdot a}{b_p \cdot f_y}} = 19.78 \text{ mm}$$

$$t_p := 20 \text{ mm}$$

Pilarin uuman poikittainen veto

Ruuvi kiinnitys --> valitaan yhtä suureksi kuin laippaa kuvaavan ekvivalentin T-osan tehollinen leveys



Kuva 6.2: Ekvivalentin T-osan laipan mitat

$$e := 65 \text{ mm}$$

$$m_i \text{ mitta varten: } 0.8 \cdot r_c = 16.8 \text{ mm}$$

$$m_i := 52 \text{ mm} - 16.8 \text{ mm} = 35.2 \text{ mm}$$

$$e_1 := 45 \text{ mm}$$

$$l_{eff.nc} := \min(4 \cdot m_i + 1.25 \cdot e, 2 \cdot m_i + 0.625 \cdot e + e_1) = 156.025 \text{ mm}$$

$$l_{eff.cp} := \min(2 \cdot \pi \cdot m_i, \pi \cdot m_i + 2 \cdot e_1) = 200.584 \text{ mm}$$

$$l_{eff} := \min(l_{eff.nc}, l_{eff.cp}) = 156.025 \text{ mm}$$

$$b_{eff.t.wc} := l_{eff} = 156.025 \text{ mm}$$

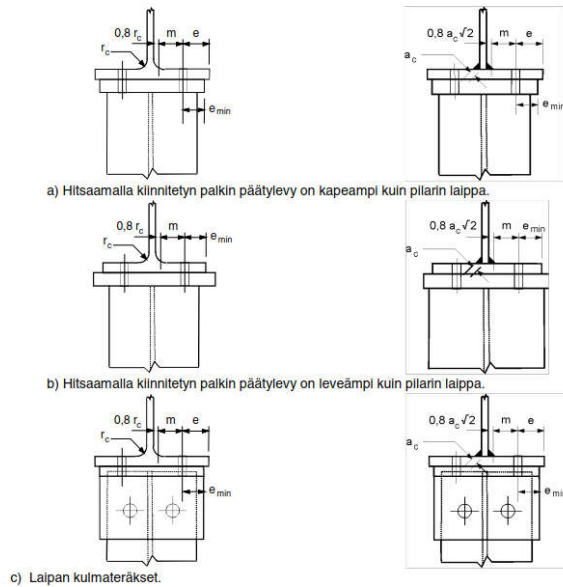
$$A_{vc} := A - 2 \cdot b_c \cdot t_{fc} + (t_{wc} + 2 \cdot r_c) \cdot t_{fc} = (7.077 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$\omega := \frac{1}{\sqrt[2]{1 + 1.3 \cdot \left(b_{eff.t.wc} \cdot \frac{t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = 1$$

$$F_{t.wc.Rd} := \frac{\omega \cdot b_{eff.t.wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 415.343 \text{ kN}$$

Pilarin laipan poikittainen taivutus

Ekvivalentti T-osa, oletetaan että vipuvoimia voi syntyä



Kuva 6.8: Merkintöjen e , e_{min} , r_c ja m määritelmät

$$e_{min} := 65 \text{ mm}$$

$$m_i := 35.2 \text{ mm}$$

$$n := e_{min} = 65 \text{ mm} <$$

$$1.25 \cdot m_i = 44 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := l_{eff.nc} = 156.025 \text{ mm} <$$

$$l_{eff.cp} = 200.584 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := l_{eff.nc} = 156.025 \text{ mm}$$

$$M_{pl.1.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 2.714 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$F_{T.1.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m_i} = 308.415 \text{ kN}$$

Murtumismalli 1

$$M_{pl.2.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 2.714 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$F_{T.2.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 4 \cdot F_{t.Rd}}{m_i + n} = 581.567 \text{ kN}$$

Murtumismalli 2

$$F_{T.3.Rd} := 4 \cdot F_{t.Rd} = 812.998 \text{ kN}$$

Murtumismalli 3

$$F_{T.Rd} := \min(F_{T.1.Rd}, F_{T.2.Rd}, F_{T.3.Rd}) = 308.415 \text{ kN}$$

Päätylevyn taivutus

(Ekvivalentti T-osa)

$$m_x := 60 \text{ mm}$$

$$m_1 := m_i = 35.2 \text{ mm}$$

$$e_x := 35 \text{ mm}$$

$$e := 65 \text{ mm}$$

$$w := 100 \text{ mm}$$

$$m_2 := 35 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m_1}{m_1 + e} = 0.351$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m_1 + e} = 0.349$$

$$\alpha := 7.5$$

kuvaaja s.88

$$l_{eff.cp} := \min(2 \pi \cdot m_x, \pi \cdot m_x + w, \pi \cdot m_x + 2 \cdot e, 2 \pi \cdot m_1) = 221.168 \text{ mm}$$

$$l_{eff.nc.1} := \min(4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x, e + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x, 0.5 \cdot b_p, 0.5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x)$$

$$l_{eff.nc.2} := \min(\alpha \cdot m_1, 4 \cdot m_1 + 1.25 \cdot e)$$

$$l_{eff.nc} := \min(l_{eff.nc}, l_{eff.cp}) = 156.025 \text{ mm}$$

$$l_{eff} := \min(l_{eff.nc}, l_{eff.cp}) = 156.025 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := l_{eff.nc} = 156.025 \text{ mm} < l_{eff.cp} = 221.168 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := l_{eff.nc} = 156.025 \text{ mm}$$

$$M_{pl.1.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 2.714 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{T.1.Rd.p} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m_i} = 308.415 \text{ kN}$$

Murtumismalli 1

$$M_{pl.2.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 2.714 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{T.2.Rd.p} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 4 \cdot F_{t.Rd}}{m_i + n} = 581.567 \text{ kN}$$

Murtumismalli 2

$$F_{T.3.Rd.p} := 4 \cdot F_{T.Rd} = (1.234 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$F_{T.Rd.p} := \min(F_{T.1.Rd.p}, F_{T.2.Rd.p}, F_{T.3.Rd.p}) = 308.415 \text{ kN}$$

Palkin uuman veto

Palkin vedetty uuma on yhtäsuuri kuin ekvivalentin T-osan pituus, T-osa määritetään päätylevyn taivutuksen perusteella käyttäen yksittäistä ruuviriviä

$$m_2 := 35 \text{ mm}$$

$$m_1 := m_i = 35.2 \text{ mm}$$

$$e := 65 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m_1}{m_1 + e} = 0.351$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m_1 + e} = 0.349$$

$$\alpha := 7.5$$

$$l_{eff} = 156.025 \text{ mm}$$

$$b_{eff.t.wb} := l_{eff} = 156.025 \text{ mm}$$

$$F_{t.wb.Rd} := b_{eff.t.wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y.wb} = 332.333 \text{ kN}$$

Pilarin uuman poikittainen puristus

$$a_p := 6 \text{ mm}$$

Pienahitsin a-mitta

$$s_p := t_p = 20 \text{ mm}$$

väliltä t_p - $2t_p$

$$s := r_c = 21 \text{ mm}$$

$$b_{eff.c.wc} := t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p = 226.971 \text{ mm}$$

$$\omega := \frac{1}{\sqrt[2]{1 + 1.3 \cdot \left(b_{eff.c.wc} \cdot \frac{t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = 1$$

$$k_{wc} := 1$$

Taulukko .3

$$d_{wc} := h_c - 2 \cdot (t_{fc} + r_c) = 160 \text{ mm}$$

$$\lambda_p := 0.932 \cdot \sqrt{\frac{b_{eff.c.wc} \cdot d_{wc} \cdot f_{y.wc}}{E \cdot t_{wc}^2}} = 0.974$$

$$p := \frac{\lambda_p - 0.2}{\lambda_p^2} = 0.816$$

$$F_{c.wc.Rd} := \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot p \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y.wc}}{\gamma_{M1}} = 492.985 \text{ kN}$$

Palkin laipan ja uuman puristus

$$I_{laiopat} := 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_b \cdot t_{fb}^3 + 2 \cdot \left(\frac{h_b - t_{fb}}{2} \right)^2 \cdot b_b \cdot t_{fb} = (3.295 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_{uumma} := \frac{1}{12} \cdot t_{wb} \cdot (h_b - 2 \cdot t_{wb})^3 = (2.01 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$I_y := I_{laiopat} + I_{uumma} = (3.496 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$e := \frac{h_b}{2} = 85.5 \text{ mm}$$

$$W_y := \frac{I_y}{e} = (4.089 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$M_{c.Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 145.175 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{M_{c.Rd}}{h_b - t_{fb}} = 930.609 \text{ kN}$$

Liitoksen taivutuskestävyys,
Tulokset:

$$F_{t.Rd} = 203.249 \text{ kN}$$

Ruuvin vetokestävyys

$$F_{t.wc.Rd} = 415.343 \text{ kN}$$

Pilarin uuman poikittainen vetokestävyys ruuviriviä kohti

$$F_{T.Rd} = 308.415 \text{ kN}$$

Pilarin laipan poikittainen taivutuskestävyys ruuviriviä kohti

$$F_{T.Rd.p} = 308.415 \text{ kN}$$

Päätylevyn taivutuskestävyys ruuviriviä kohti

$$F_{t.wb.Rd} = 332.333 \text{ kN}$$

Palkin uuman vetokestävyys ruuviriviä kohti

$$F_{c.wc.Rd} = 492.985 \text{ kN}$$

Pilarin uuman poikittainen puristuskestävyys

$$F_{c.fb.Rd} = 930.609 \text{ kN}$$

Palkin laipan ja uuman puristuskestävyys

Ruuvirivin kestävyysden tehollinen mitoitusarvo vedetyllä osalla

$$F_{tr.Rd} := \min(2 \cdot F_{t.Rd}, F_{t.wc.Rd}, F_{T.Rd}, F_{T.Rd.p}, F_{t.wb.Rd}) = 308.415 \text{ kN}$$

$$z := 162 \text{ mm}$$

$$M_{j.Rd} := 2 \cdot F_{tr.Rd} \cdot z = 99.927 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{j.Rd}} = 0.65$$

Ruuvirivin kestävyysden tehollinen mitoitusarvo puristetulla osalla

$$F_{cr.Rd} := \min(F_{c.wc.Rd}, F_{c.fb.Rd}) = 492.985 \text{ kN}$$

$$z := 162 \text{ mm}$$

$$M_{j.Rd} := F_{cr.Rd} \cdot z = 79.864 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{j.Rd}} = 0.814$$

Pilarin uuman mitoitus leikkaukselle

$$V_{wp.Ed} := \frac{M_{Ed}}{z} = 401.235 \text{ kN}$$

$$A_{vc} = (7.077 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$\frac{0.9 \cdot f_{y.wc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.306 \cdot 10^4) \text{ kN}$$

Jäykistämättömän pilarin uuman plastisuusteorian mukainen leikkaukskestävyyden mitoitusarvo

$$W_{pl} := \frac{b_c \cdot t_{fc}^2}{4} = (1.176 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

Pilarin laipan plastisuusteorian mukainen taivutusvastus

$$M_{pl.fc.Rd} := W_{pl} \cdot f_{y.fc} = 4.175 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pilarin laipan
plastisuusteorian mukainen
taivutuskestävyys

$$d_s := 162 \text{ mm}$$

Jäykistelevyjen keskinäinen
etäisyys

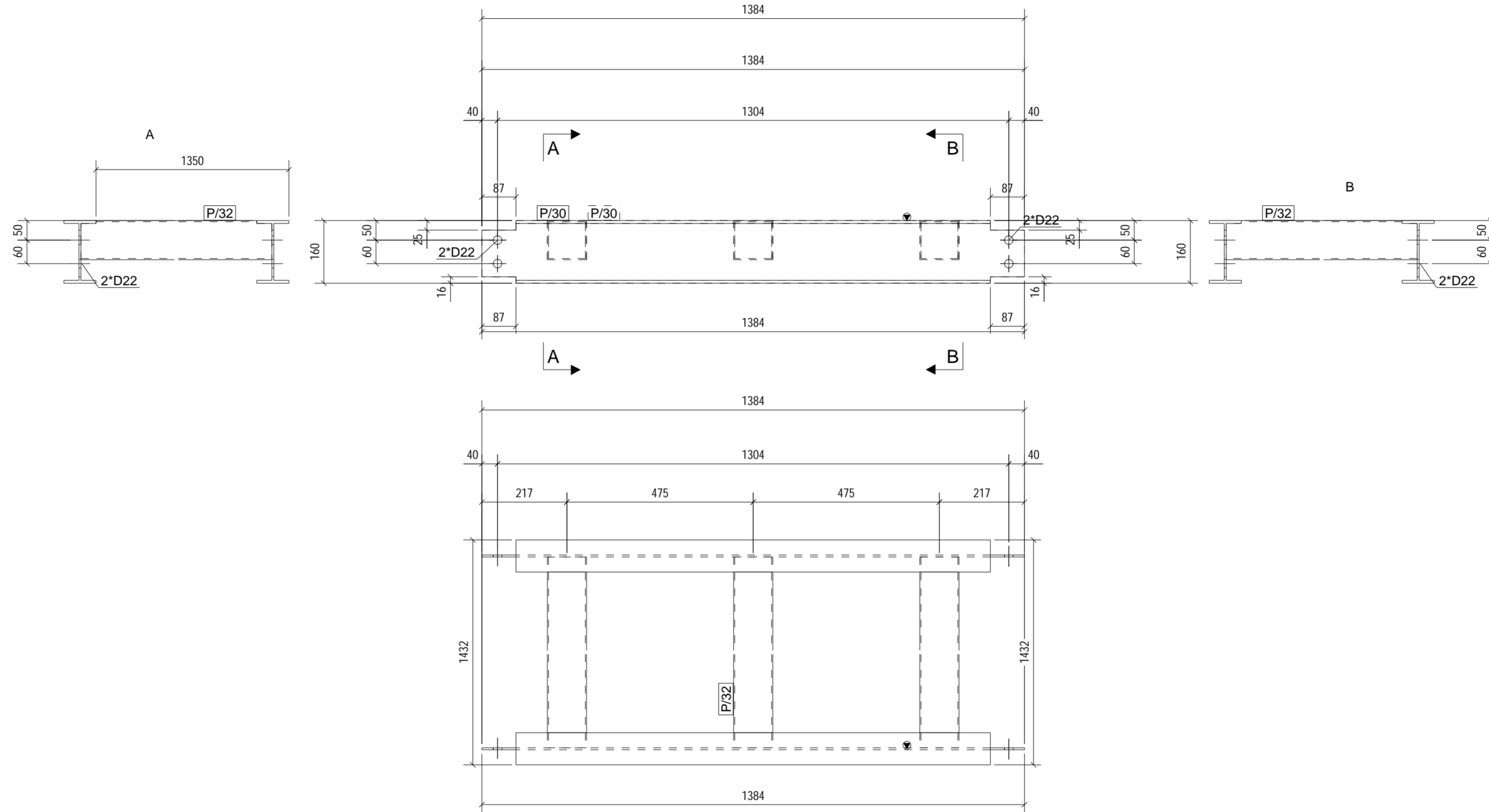
$$V_{wp.add.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.fc.Rd}}{d_s} = 103.081 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{y.wc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{wp.add.Rd} = (1.316 \cdot 10^4) \text{ kN}$$

$$\frac{V_{wp.Ed}}{V_{wp.Rd}} = 0.03$$

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/43, JOTA VALMISTETAAN 1 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
P/30	IPE160	S235JR	1384	1.7	19.2	2
P/32	CFRHS100X100X3	S235JR	1345	1.6	12.1	3
YHTEENSÄ:				3.3	74.8	

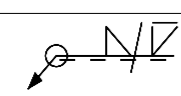
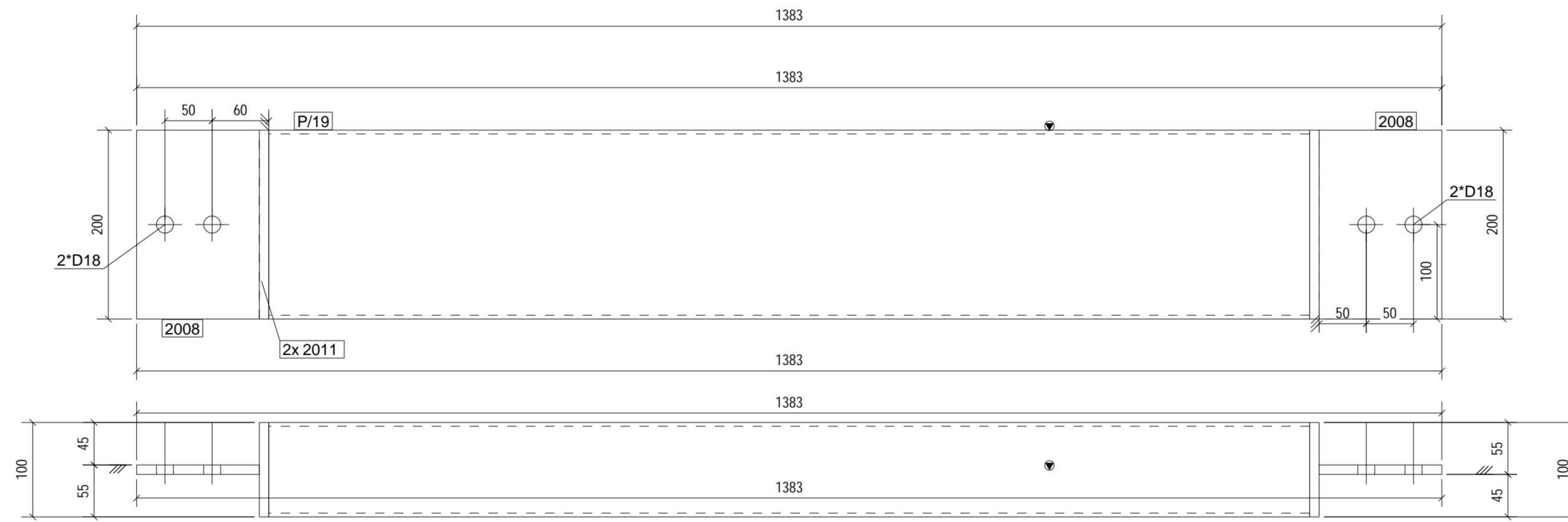
KOKOONPANOON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/43, BEAM		MITTAKAAVAT 1:10	
PIIRT.	SUUNN.	TARK.	HYV.		
	Taneli Käyhkö				
TPE Varespellontie 10 21500 PIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYÖNUMERO RAK	ALANUMERO SIVU	PIIR. NRO. B/43 PVM 04.06.2018	MUUTOS

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/33, JOTA VALMISTETAAN 5 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
2008	PL10*200	S235JR	130	0.1	2.0	2
2011	PL10*100	S235JR	200	0.1	1.6	2
P/19	CFRHS200X100X4	S355J2H	1103	0.6	20.2	1
YHTEENSÄ:				0.9	27.4	

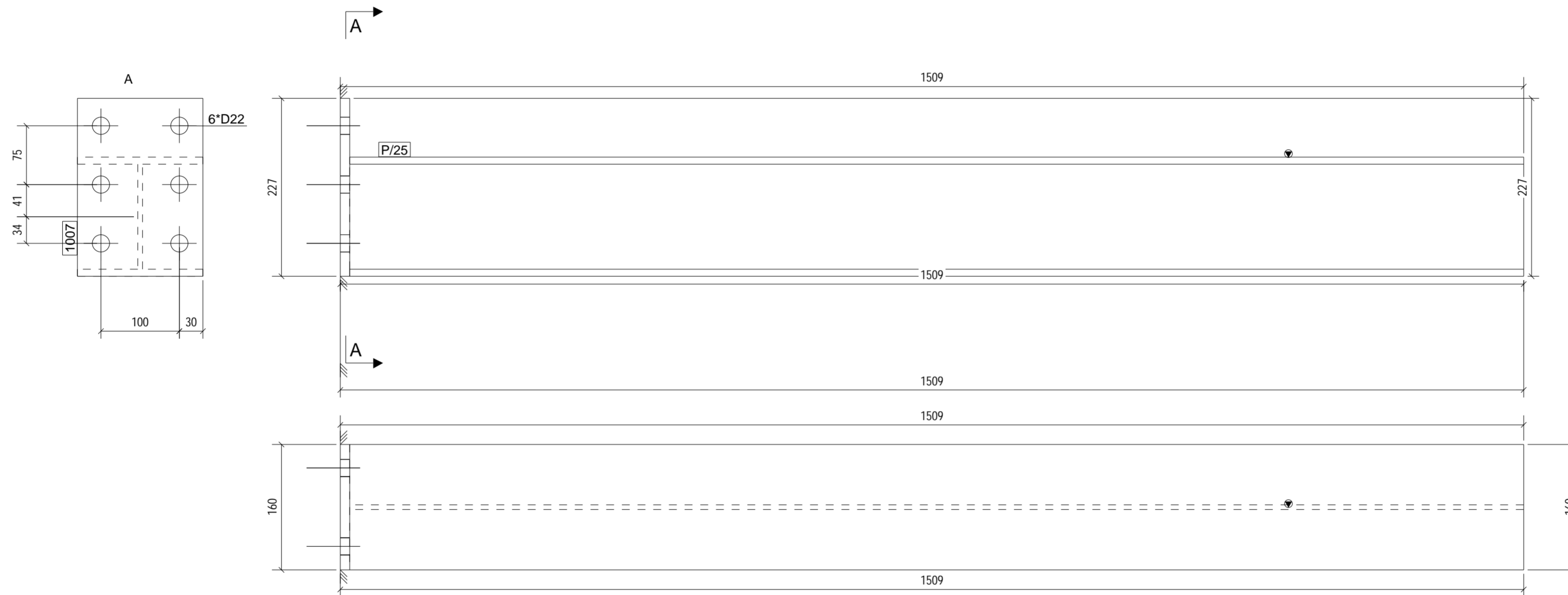
KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
					YHTEENSÄ:		0.0	



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/33, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUNN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.	
 Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYONUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. B/33
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	MUUTOS

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/23, JOTA VALMISTETAAN 12 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
1007	PL12*160	S355J2H	227	0.1	3.4	1
P/25	HEA160	S355J2H	1497	1.4	43.3	1
YHTEENSÄ:				1.4	46.7	

KOKOONPANOON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	



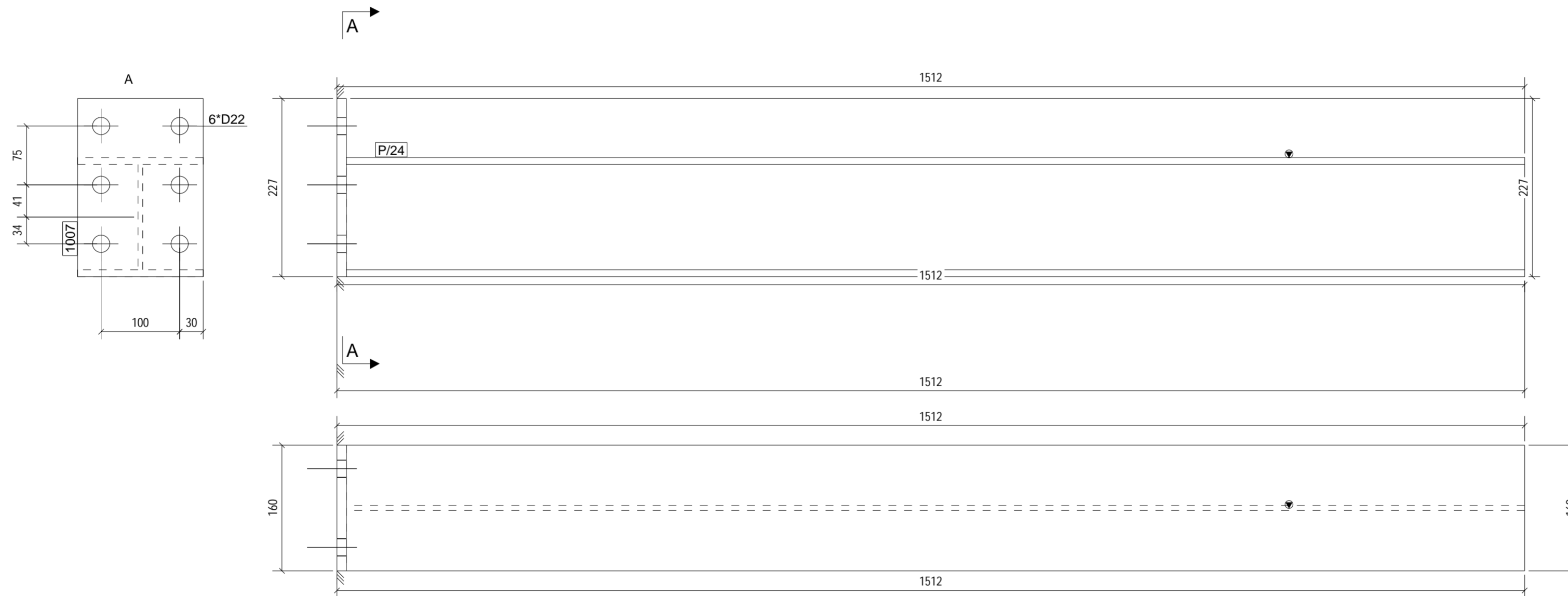
KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/23, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUNN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.		
TPE Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYONUMERO RAK	ALANUMERO SIVU	PIIR. NRO. B/23 PVM 04.06.2018	MUUTOS

HITSIT HITSAUSLUOKKA C HITSIT, YLEISMAININTA 1,2 x 1 HITSIEN TARKASTUS, STANDARDI EN1090-2 taulukko 24, Hitsausluokka C	PINTAKÄSITTELY PINTAKÄSITTELY, STANDARDI Sinkitys Luokka A ESIKÄSITTELYASTE FeSa 2½
--	--

VALMISTUS VALMISTUS, STANDARDI SFS-EN 1090-2, EXC2 VALMISTUSTOLERANSSIT TOLERANSSILUOKKA 1

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/22, JOTA VALMISTETAAN 12 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
1007	PL12*160	S355J2H	227	0.1	3.4	1
P/24	HEA160	S355J2H	1500	1.4	43.4	1
YHTEENSÄ:				1.4	46.8	

KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	



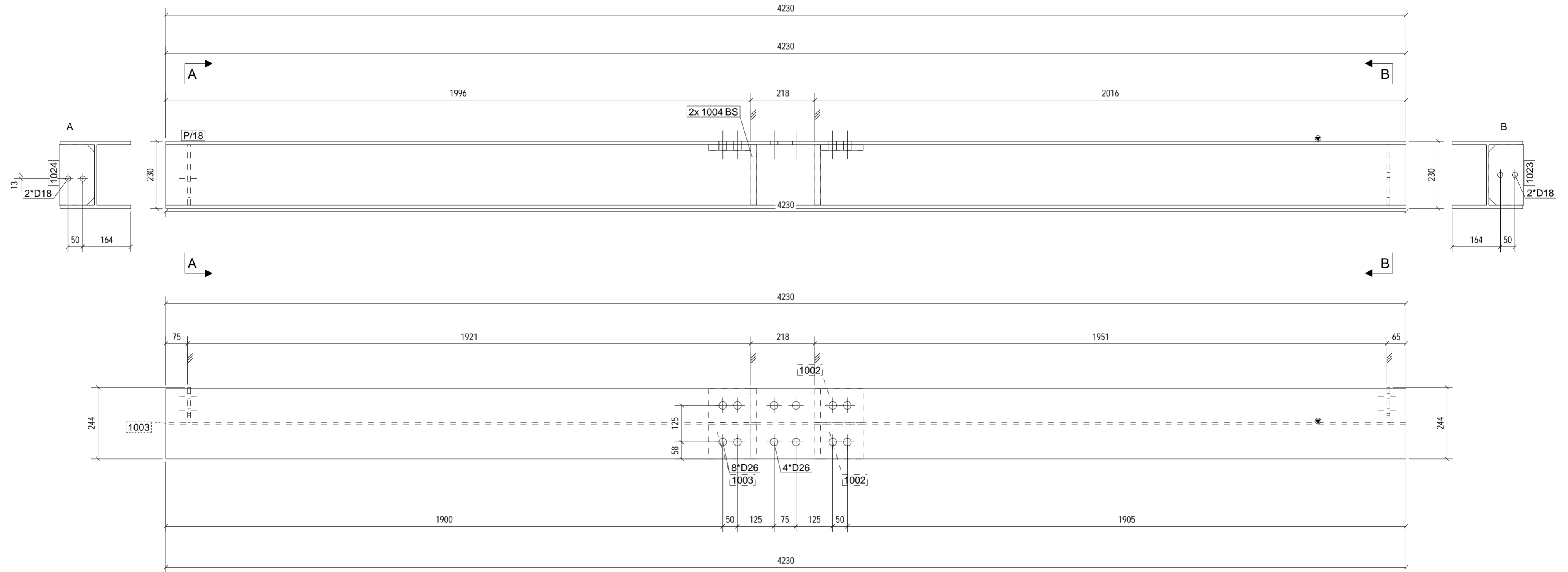
KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/22, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUNN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.	
 Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYONUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. B/22
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	MUUTOS

HITSIT HITSAUSLUOKKA C HITSIT, YLEISMAININTA 1,2 x l HITSIEN TARKASTUS, STANDARDI EN1090-2 taulukko 24, Hitsausluokka C	PINTAKÄSITTELY PINTAKÄSITTELY, STANDARDI Sinkitys Luokka A ESIKÄSITTELYASTE FeSa 2½
--	--

VALMISTUS VALMISTUS, STANDARDI SFS-EN 1090-2, EXC2 VALMISTUSTOLERANSSIT TOLERANSSILUOKKA 1

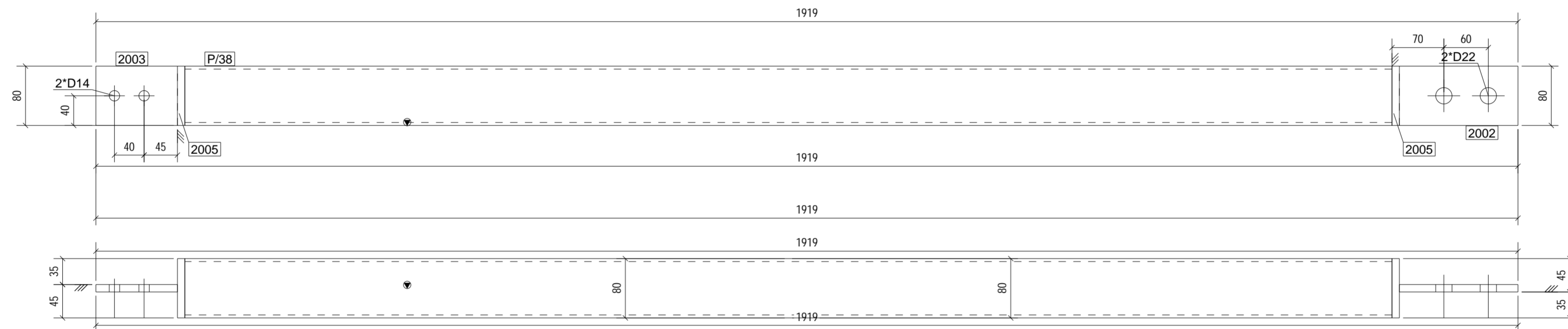
OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/17, JOTA VALMISTETAAN 1 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
1002	PL20*116	S235JR	145	0.1	2.6	2
1003	PL20*116	S235JR	145	0.1	2.6	2
1004	PL20*116	S235JR	206	0.2	3.8	4
1023	PL10*120	S235JR	206	0.1	1.9	1
1024	PL10*120	S235JR	206	0.1	1.9	1
P/18	HEA240	S355J2H	4230	5.8	242.6	1
YHTEENSÄ:				6.3	272.0	

KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	



OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/10, JOTA VALMISTETAAN 2 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
2002	PL10*80	S235JR	160	0.0	1.0	1
2003	PL10*80	S235JR	110	0.0	0.7	1
2005	PL10*80	S235JR	80	0.0	0.5	2
P/38	CFRHS80X80X4	S355J2H	1629	0.5	15.5	1
YHTEENSÄ:				0.6	18.2	

KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	

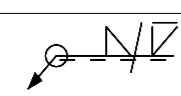


KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/10, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUNN.	TARK.	HYV.		
	Taneli Käyhkö				
TPE Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYONUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO.	
S. ALA	SIVU	PIIR. NRO.		PVM	
RAK		B/10		04.06.2018	
				MUUTOS	

VALMISTUS VALMISTUSSTANDARDI SFS-EN 1090-2, EXC2 VALMISTUSTOLERANSSIT TOLERANSSILUOKKA 1	HITSIT HITSAUSLUOKKA C HITSIT, YLEISMAININTA 1,2 x l HITSIEN TARKASTUSSTANDARDI EN1090-2 taulukko 24, Hitsausluokka C	PINTAKÄSITTELY PINTAKÄSITTELYSTANDARDI Sinkitys Luokka A ESIKÄSITTELYASTE FeSa 2½
--	---	---

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/6, JOTA VALMISTETAAN 1 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
1006	PL20*240	S355J2H	266	0.1	10.0	1
1011	PL10*80	S235JR	152	0.1	0.9	2
P/31	HEA180	S355J2H	1543	1.6	52.5	1
YHTEENSÄ:				1.8	64.4	

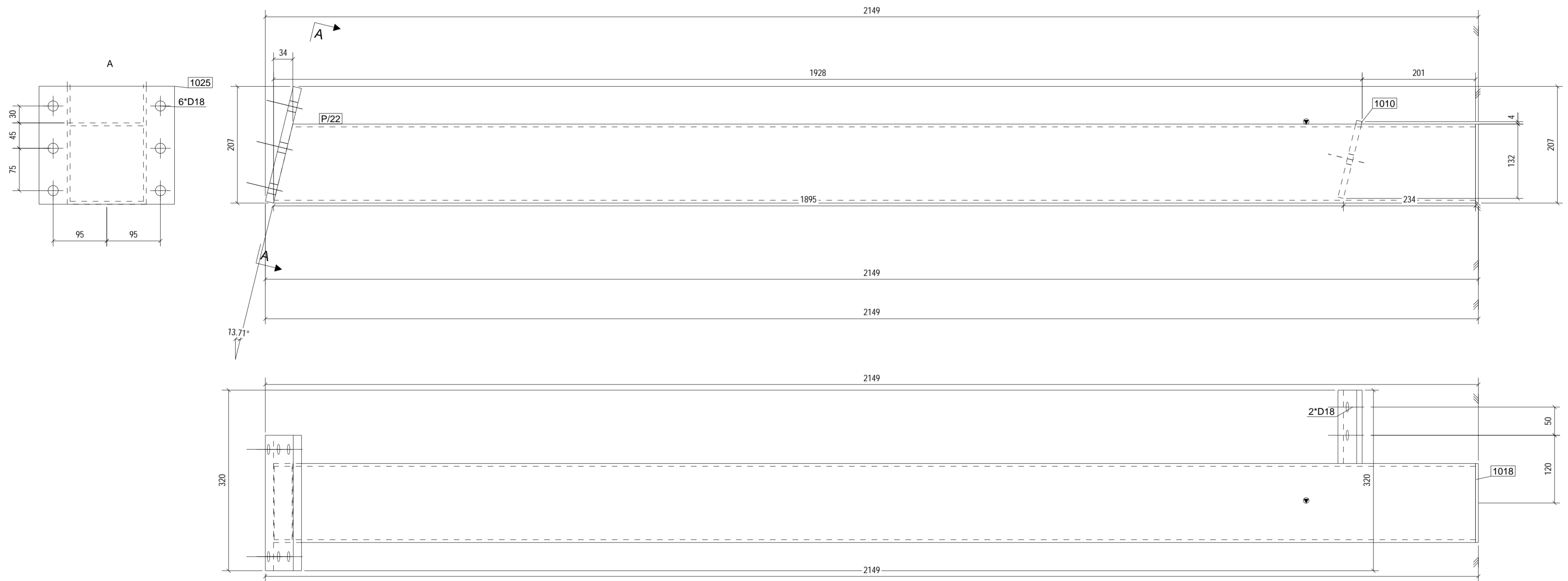
KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
					YHTEENSÄ:		0.0	



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/6, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUNN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.		
Varespellontie 10 21500 PIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYONUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. B/6	MUUTOS
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE B/4, JOTA VALMISTETAAN 1 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
1010	PL10*130	S235JR	140	0.0	1.4	1
1018	PL5*140	S355J2H	140	0.0	0.8	1
1025	PL15*209	S355J2H	240	0.1	5.9	1
P/22	CFRHS140X140X5	S355J2H	2129	1.2	44.8	1
YHTEENSÄ:				1.4	52.9	

KOKOONPANOON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	

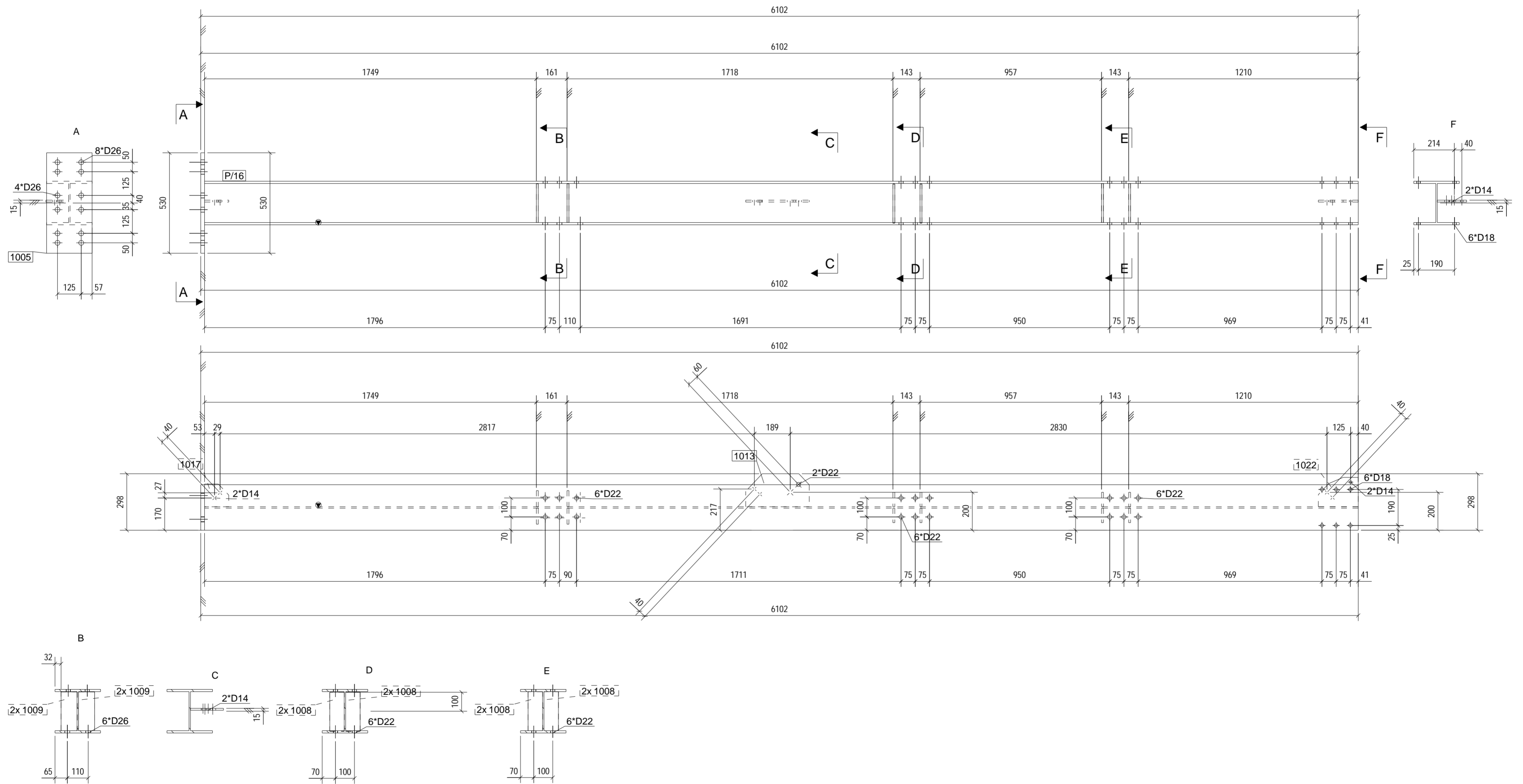


VALMISTUS VALMISTUSSTANDARDI SFS-EN 1090-2, EXC2 VALMISTUSTOLERANSSIT TOLERANSSILUOKKA 1	HITSIT HITSAUSLUOKKA C HITSIT, YLEISMAININTA 1,2 x t HITSIEN TARKASTUS, STANDARDI EN1090-2 taulukko 24, Hitsausluokka C	PINTAKÄSITTELY PINTAKÄSITTELY, STANDARDI Sinkitys Luokka A ESIKÄSITTELYASTE FeSa 2½
	Tekla Structures	

KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS B/4, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUNN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.		
TPE Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYONUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. B/4	MUUTOS
S.ALA		SIVU	PVM 04.06.2018		
RAK					

OSALUETTELO KOKOONPANELLE C/2, JOTA VALMISTETAAN 1 KAPPALETTA						
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	ALA [m ²]	PAINO [kg]	LKM
1005	PL20*240	S235JR	530	0.3	20.0	1
1008	PL10*76	S355J2H	206	0.3	1.2	8
1009	PL10*85	S355J2H	205	0.2	1.4	4
1013	PL10*174	S235JR	335	0.1	4.1	1
1017	PL10*120	S235JR	128	0.0	1.1	1
1022	PL10*155	S235JR	210	0.1	2.2	1
P/16	HEA240	S355J2H	6082	8.3	348.8	1
YHTEENSÄ:				9.3	391.5	

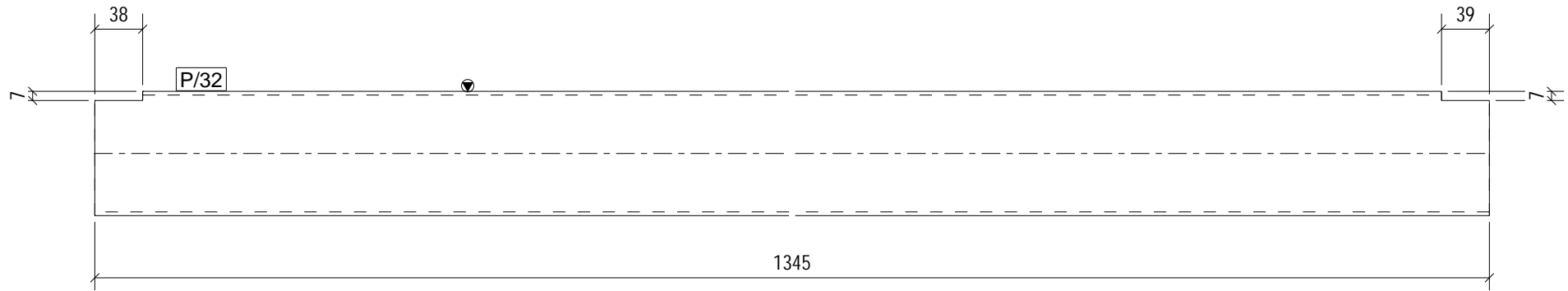
KOKOONPANELIN KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VARI	kg/YHT.	LKM
YHTEENSÄ:							0.0	



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KOKOONPANOPIIRUSTUS C/2, COLUMN		MITTAKAAVAT 1:15
PIIRT.	SUUNN. Taneli Käyhkö	TARK.	HVV.	
VALMISTUS VALMISTUS-STANDARDI SFS-EN 1090-2, EXC2 VALMISTUSTOLERANSSIT TOLERANSSILUOKKA 1		TYÖNUMERO ALANUMERO PIIR. NRO. C/2		MUUTOS
HITSIT HITSAUSLUOKKA C HITSIT, YLEISMAININTA 1,2 x l HITSIEN TARKASTUS-STANDARDI EN1090-2 taulukko 24, Hitsausluokka C		PINTAKÄSITTELY PINTAKÄSITTELY-STANDARDI Sinkitys Luokka A ESIKÄSITTELYASTE FeSa 2½		04.06.2018
TPE		Varespellontie 10 21500 PIIKKIO Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		RAK

Liite 3 (10)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/32	CFRHS100X100X3	S235JR	30	1345	12.1
YHTEENSÄ:					362.8



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/32, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.	
KOKOONPANOSSA		TYÖNUMERO		PIIR. NRO. P/32	
B/40	LKM 15	S.ALA RAK	ALANUMERO	PVM 04.06.2018	MUUTOS
B/43	3	Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi			
B/45	12				

TPE

Varespellontie 10
 21500 PIIKKIÖ
 Puh. (02) 433 9888
 etunimi.sukunimi@tpe.fi

RAK

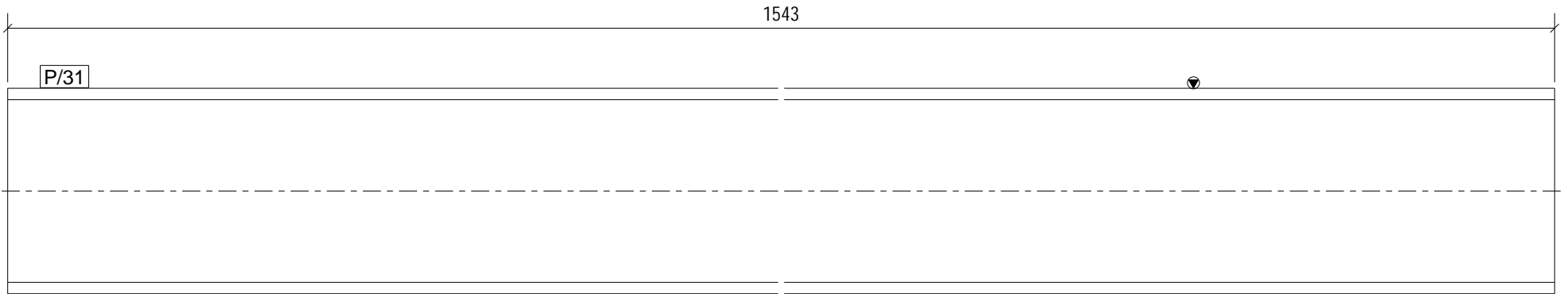
04.06.2018

MUUTOS

Tekla Structures

Liite 3 (11)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/31	HEA180	S355J2H	12	1543	52.5
YHTEENSÄ:					629.7



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/31, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.
KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. P/31
KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018
KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		MUUTOS		MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
B/6	1
B/40	6
B/42	1
B/44	4

TPE

Varespellontie 10
 21500 PIIKKIÖ
 Puh. (02) 433 9888
 etunimi.sukunimi@tpe.fi

RAK

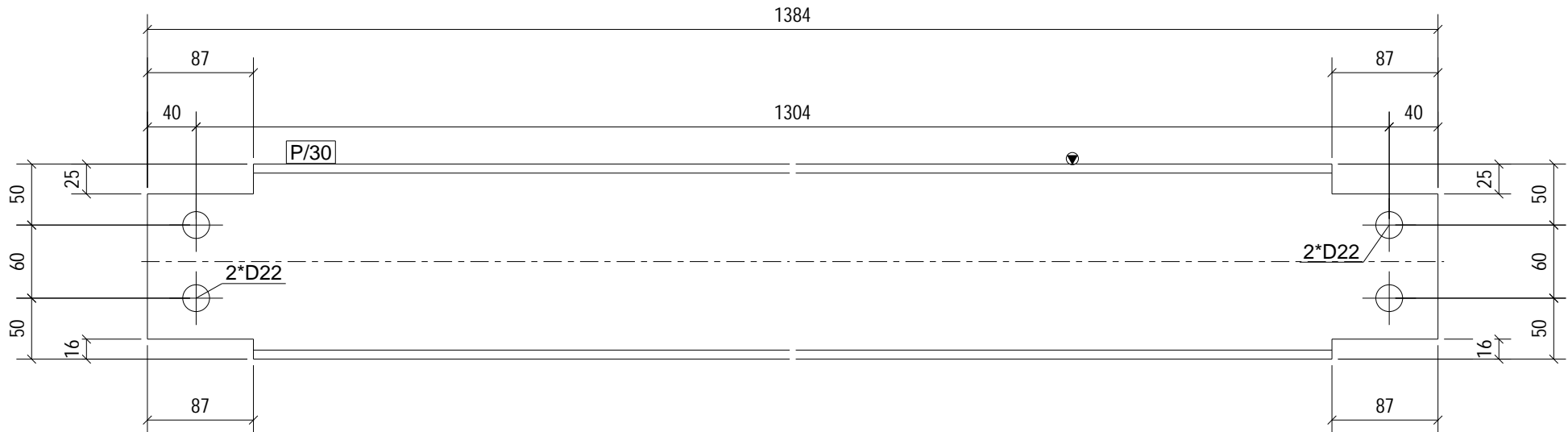
04.06.2018

MUUTOS

Tekla Structures

Liite 3 (12)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/30	IPE160	S235JR	4	1384	19.2
YHTEENSÄ:					76.9

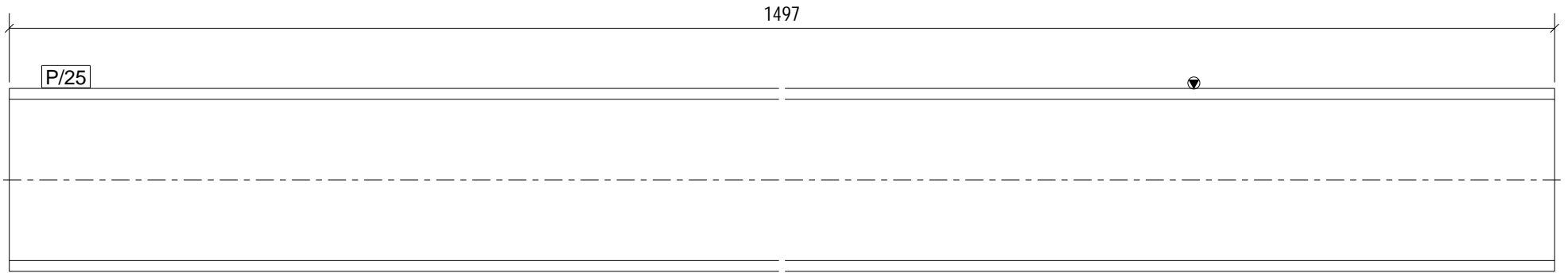



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/30, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.	
TPE		TYÖNUMERO RAK	ALANUMERO SIVU	PIIR. NRO. P/30
Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		S.ALA	PVM 04.06.2018	MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
B/40	2
B/43	2

Liite 3 (13)

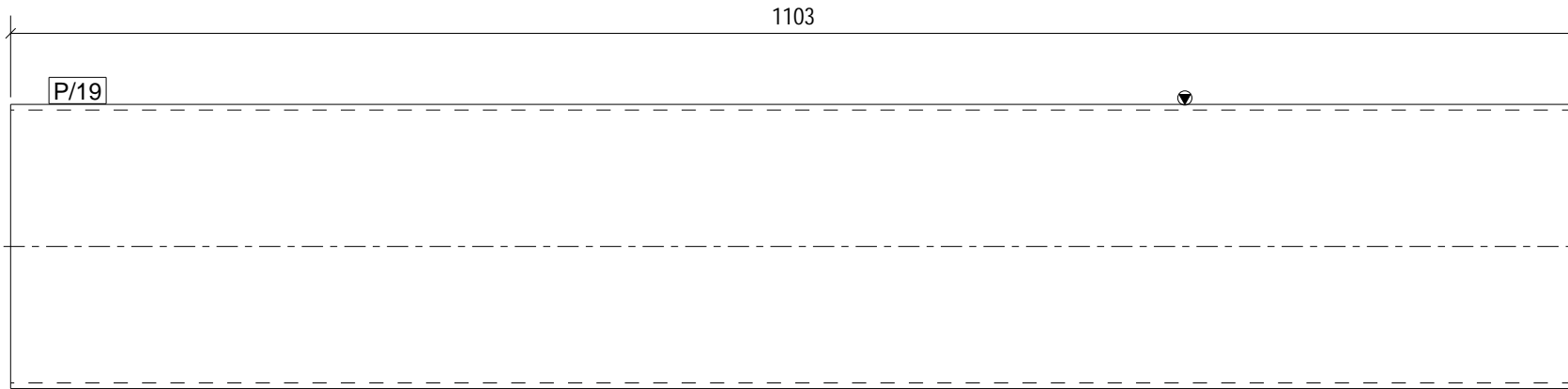
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/25	HEA160	S355J2H	12	1497	43.3
YHTEENSÄ:					519.5




KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/25, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.
		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. P/25
Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018
KOKOONPANOSSA		LKM		MUUTOS
B/23		12		

Liite 3 (14)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/19	CFRHS200X100X4	S355J2H	5	1103	20.2
YHTEENSÄ:					101.1

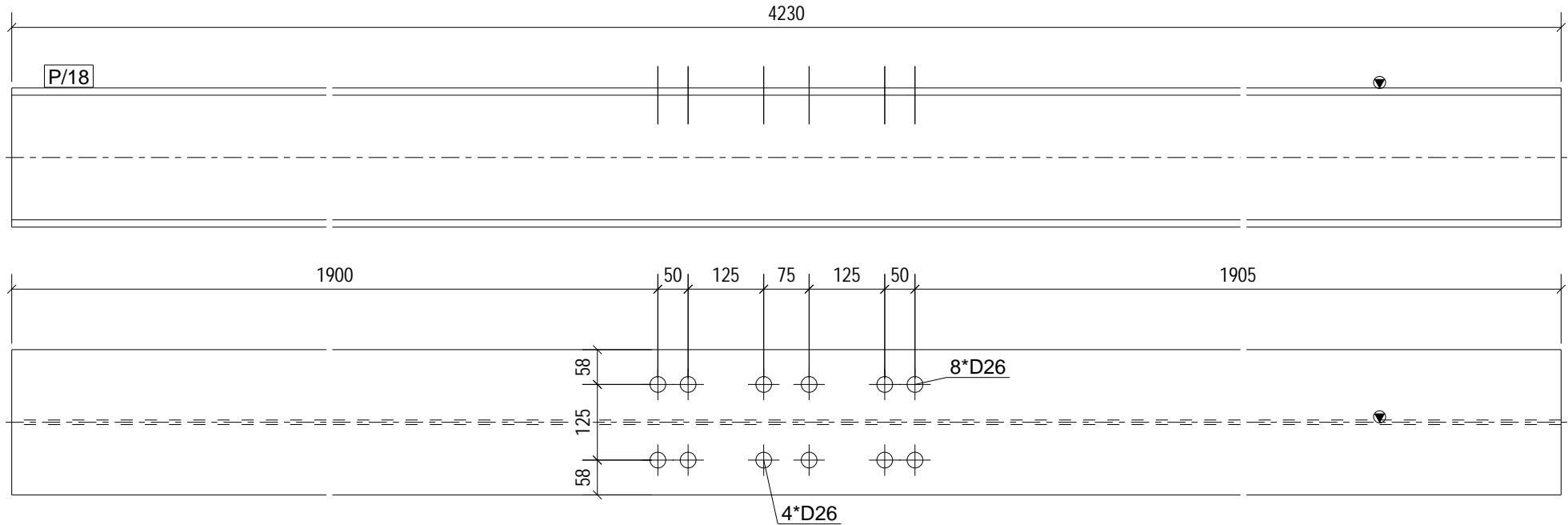


KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/19, BEAM		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.	
 Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. P/19	
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
B/33	5

Liite 3 (15)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/18	HEA240	S355J2H	6	4230	242.6
YHTEENSÄ:					1455.4



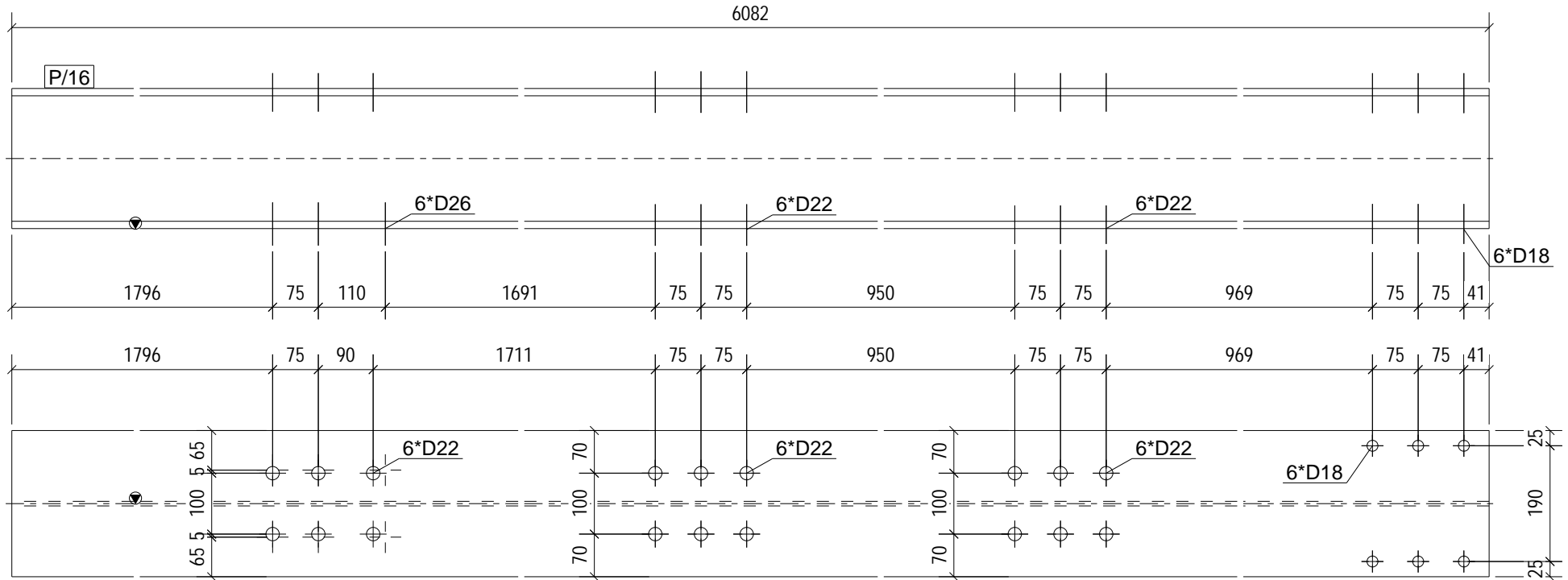
KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/18, BEAM		MITTAKAAVAT 1:10
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.
KOKOONPANOSSA		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. P/18
B/17	LKM 1	S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018
B/28	4	MUUTOS		
B/34	1	04.06.2018		

TPE

Varespellontie 10
 21500 PIIKKIÖ
 Puh. (02) 433 9888
 etunimi.sukunimi@tpe.fi

Liite 3 (16)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
P/16	HEA240	S355J2H	1	6082	348.8
YHTEENSÄ:					348.8



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS P/16, COLUMN		MITTAKAAVAT 1:10
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.	
TYÖNUMERO		ALANUMERO	PIIR. NRO. P/16	
S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	MUUTOS	

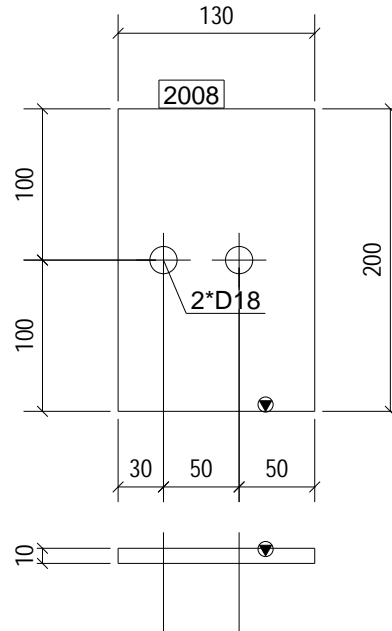
TPE

Varespellontie 10
 21500 PIIKKIÖ
 Puh. (02) 433 9888
 etunimi.sukunimi@tpe.fi

KOKOONPANOSSA	LKM
C/2	1

Liite 3 (17)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
2008	PL10*200	S235JR	20	130	2.0
YHTEENSÄ:					40.8

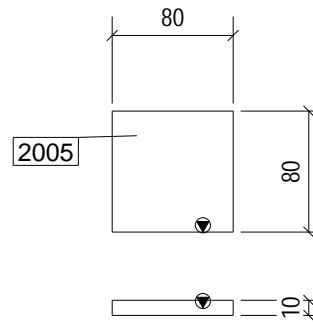


KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 2008, PLATE		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.
 Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. 2008
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018
				MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
B/20	10
B/33	10

Liite 3 (18)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
2005	PL10*80	S235JR	16	80	0.5
YHTEENSÄ:					8.0



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 2005, PLATE		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.
KOKOONPANOSSA		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. 2005
B/10	4	S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018
B/11	4	MUUTOS		
B/30	4	etunimi.sukunimi@tpe.fi		
B/31	4	Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888		

TPE

Varespellontie 10
 21500 PIIKKIÖ
 Puh. (02) 433 9888
 etunimi.sukunimi@tpe.fi

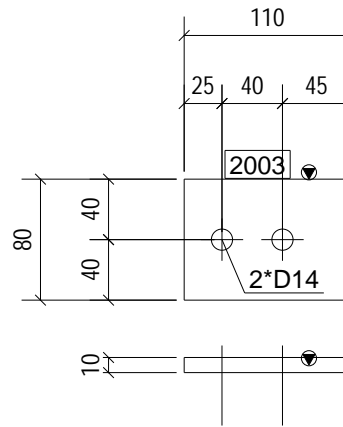
RAK

04.06.2018

MUUTOS

Liite 3 (19)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
2003	PL10*80	S235JR	16	110	0.7
YHTEENSÄ:					11.1



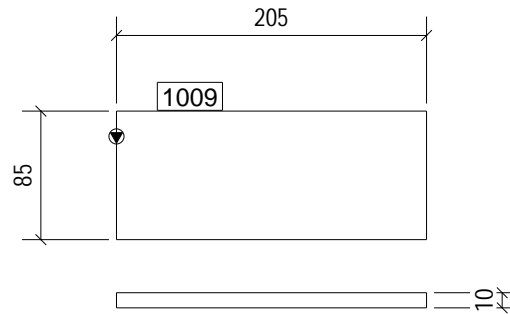
KOKOONPANOSSA	LKM
B/10	2
B/11	4
B/25	2
B/30	4
B/31	4


KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 2003, PLATE		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.	HYV.	
TPE Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. 2003
RAK		S.ALA	SIVU	PVM 04.06.2018
				MUUTOS

Tekla Structures

Liite 3 (20)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
1009	PL10*85	S355J2H	24	205	1.4
YHTEENSÄ:					32.8

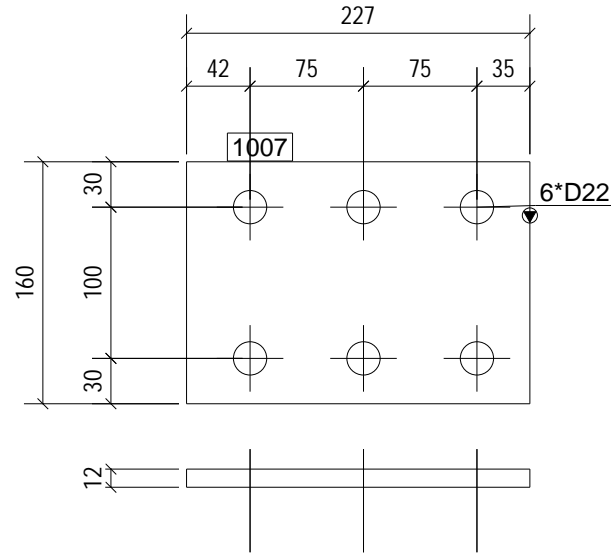



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 1009, PLATE		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.	
Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. 1009	
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
C/2	4
C/4	8
C/17	4
C/18	8

Liite 3 (21)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
1007	PL12*160	S355J2H	24	227	3.4
YHTEENSÄ:					82.1

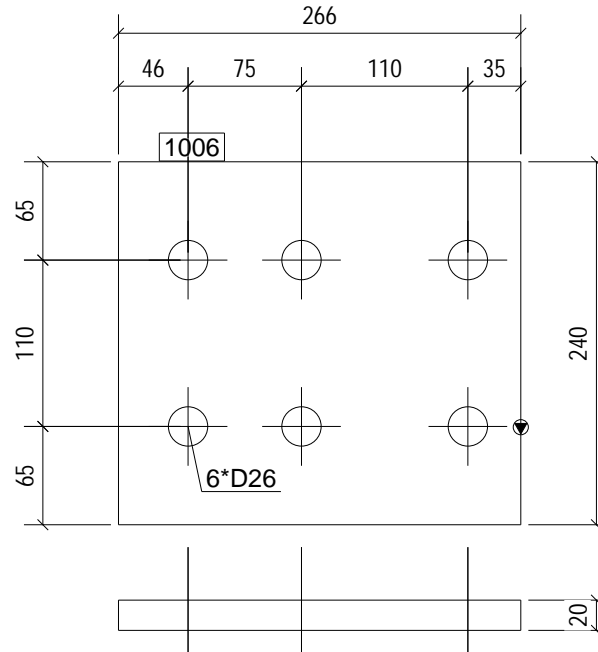


KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 1007, PLATE		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.		SUUN. Taneli Käyhkö		TARK. HYV.	
 Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. 1007	
		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018	MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
B/22	12
B/23	12

Liite 3 (22)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
1006	PL20*240	S355J2H	1	266	10.0
YHTEENSÄ:					10.0



KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 1006, PLATE		MITTAKAAVAT 1:5	
PIIRT.		SUUN. Taneli Käyhkö		TARK.	
HYV.		TYÖNUMERO		PIIR. NRO. 1006	
S.ALA RAK		ALANUMERO		PVM 04.06.2018	
MUUTOS					

TPE

Varespellontie 10
 21500 PIIKKIÖ
 Puh. (02) 433 9888
 etunimi.sukunimi@tpe.fi

TYÖNUMERO
 S.ALA
 RAK

ALANUMERO
 SIVU

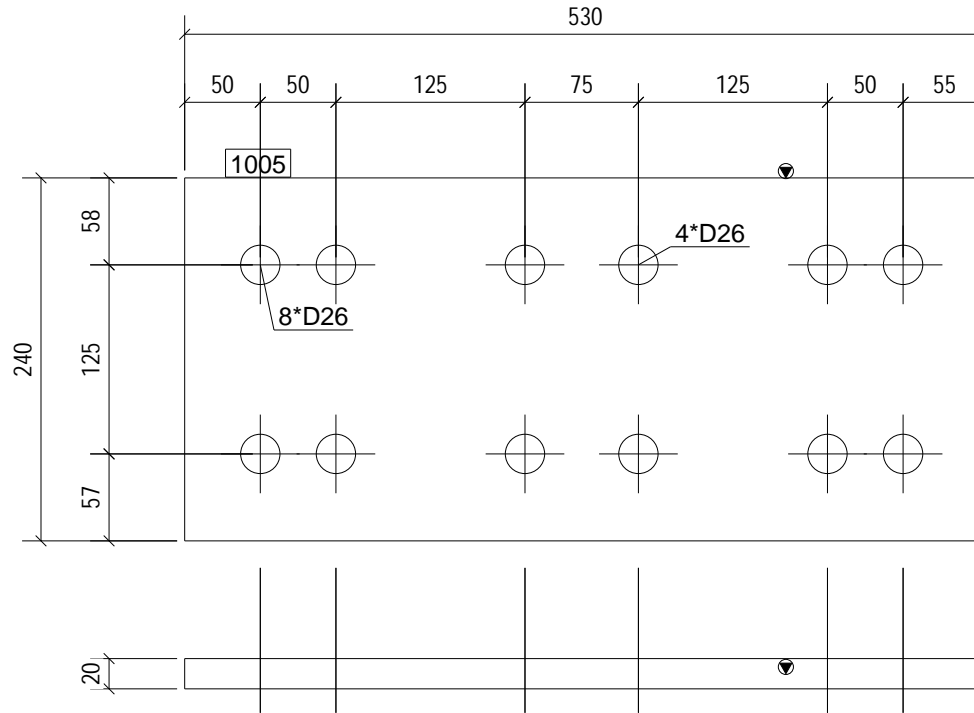
PIIR. NRO.
 1006
 PVM
 04.06.2018

MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
B/6	1

Liite 3 (23)

OSA	PROFIILI	MATERIAALI	LKM	PITUUS	PAINO
1005	PL20*240	S235JR	6	530	20.0
YHTEENSÄ:					119.8

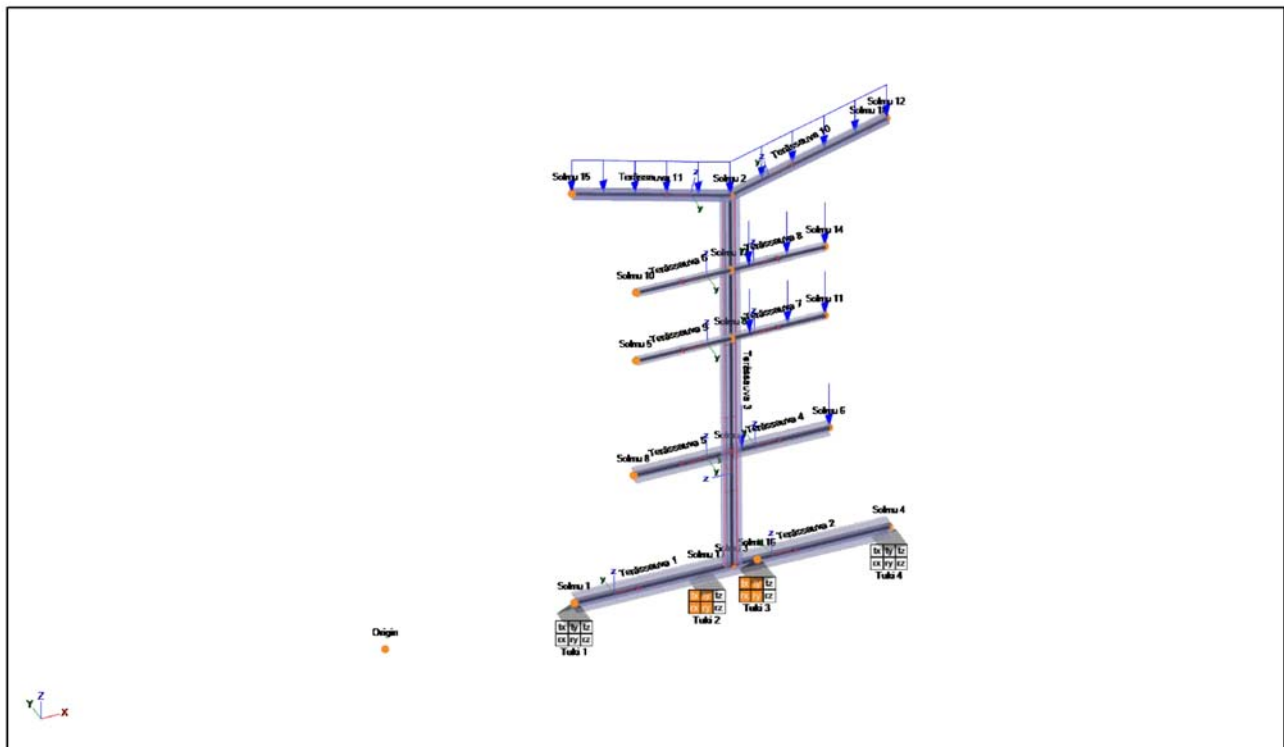


KOHDE OPINNÄYTETYÖ TPE SPIRIT OY SOMERO KATOS		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ OSAPIIRUSTUS 1005, Liitoslevy		MITTAKAAVAT 1:5
PIIRT.	SUUN. Taneli Käyhkö	TARK.		HYV.
TPE		TYÖNUMERO	ALANUMERO	PIIR. NRO. 1005
Varespellontie 10 21500 PIIKKIÖ Puh. (02) 433 9888 etunimi.sukunimi@tpe.fi		S.ALA RAK	SIVU	PVM 04.06.2018
				MUUTOS

KOKOONPANOSSA	LKM
C/2	1
C/4	2
C/17	1
C/18	2

Tekla Structures

Statiikka Raportti



Solmut

Kuormitusyhdistely: Kuorma: Pysyvä

Nimi	x [m]	y [m]	z [m]	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	rx [rad]	ry [rad]	rz [rad]
Origin	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 1	3,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 3	5,500	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 4	8,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 2	5,500	0,000	6,500	0,00	0,00	-0,02	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 6	7,055	0,000	2,000	0,00	0,00	-0,06	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 7	5,500	0,000	2,000	0,00	0,00	-0,01	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 8	3,945	0,000	2,000	0,00	0,00	-0,06	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 5	4,000	0,000	4,000	0,00	0,00	-0,16	0,0000	-0,0001	0,0000
Solmu 9	5,500	0,000	4,000	0,00	0,00	-0,02	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 11	7,000	0,000	4,000	0,00	0,00	-0,16	0,0000	0,0001	0,0000
Solmu 10	4,000	0,000	5,200	0,00	0,00	-0,16	0,0000	-0,0001	0,0000
Solmu 13	5,500	0,000	5,200	0,00	0,00	-0,02	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 14	7,000	0,000	5,200	0,00	0,00	-0,16	0,0000	0,0001	0,0000
Solmu 12	8,000	0,000	7,200	0,18	0,00	-0,67	0,0000	0,0003	0,0000
Solmu 15	3,000	0,000	7,200	-0,18	0,00	-0,67	0,0000	-0,0003	0,0000
Solmu 16	5,900	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 17	5,100	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 18	7,711	0,000	7,119	0,15	0,00	-0,57	0,0000	0,0003	0,0000

Kuormitusyhdistely: Kuorma: Hyöty A

Nimi	x [m]	y [m]	z [m]	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	rx [rad]	ry [rad]	rz [rad]
Origin	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 1	3,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 3	5,500	0,000	0,000	0,00	0,00	-0,03	0,0000	0,0003	0,0000
Solmu 4	8,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000

Liite 4(2)

Solmu 13	5,500	0,000	5,200	12,27	0,00	-0,08	0,0000	0,0035	0,0000
Solmu 14	7,000	0,000	5,200	12,27	0,00	-8,19	0,0000	0,0062	0,0000
Solmu 12	8,000	0,000	7,200	20,11	0,00	-11,91	0,0000	0,0051	0,0000
Solmu 15	3,000	0,000	7,200	18,37	0,00	5,52	0,0000	0,0018	0,0000
Solmu 16	5,900	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	-0,0001	0,0000
Solmu 17	5,100	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
Solmu 18	7,711	0,000	7,119	19,69	0,00	-10,42	0,0000	0,0051	0,0000

Sauvat

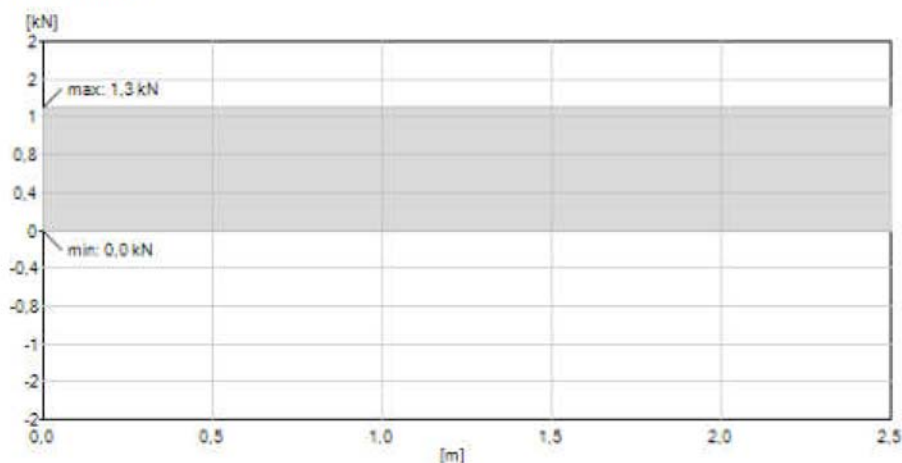
Yhteenveto

Nimi	Alkupään solmu	Loppupään solmu	Materiaali	Käntökulma [aste]	Poikkileikkaus
Terässauva 1	Solmu 1	Solmu 3	S355	0	HEA 240
Terässauva 2	Solmu 3	Solmu 4	S355	0	HEA 240
Terässauva 3	Solmu 3	Solmu 2	S355	0	HEA 240
Terässauva 4	Solmu 7	Solmu 6	S355	0	HEA 180
Terässauva 5	Solmu 7	Solmu 8	S355	0	HEA 180
Terässauva 7	Solmu 9	Solmu 11	S355	0	HEA 100
Terässauva 9	Solmu 9	Solmu 5	S355	0	HEA 100
Terässauva 6	Solmu 13	Solmu 10	S355	0	HEA 100
Terässauva 8	Solmu 13	Solmu 14	S355	0	HEA 100
Terässauva 10	Solmu 2	Solmu 12	S355	0	SHS 140x140x5
Terässauva 11	Solmu 2	Solmu 15	S355	0	SHS 140x140x5

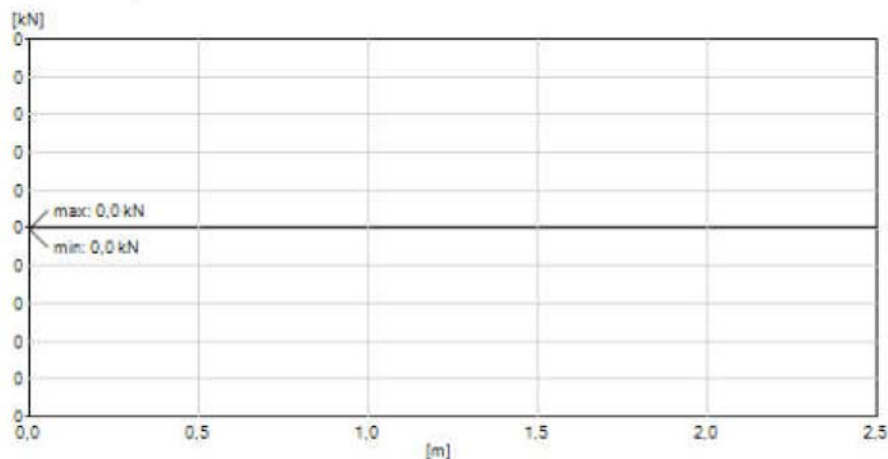
Sauvan sisäiset voimat

Sauva: Terässauva 1

Normaalivoima Fx

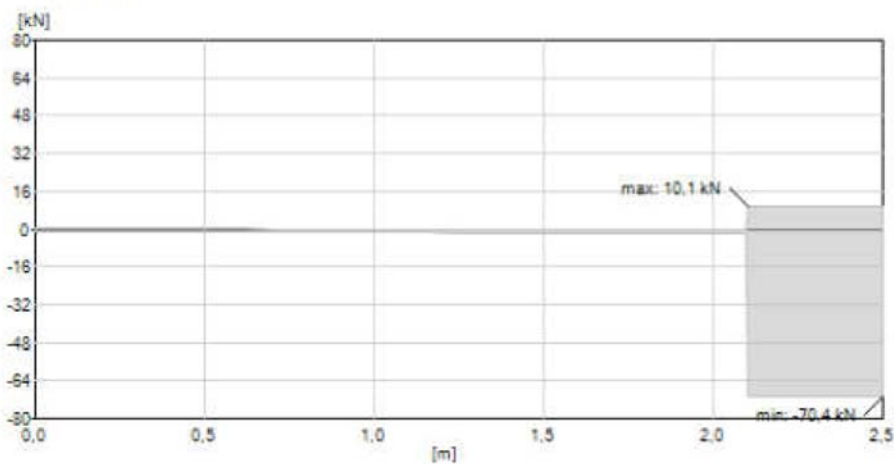


Leikkausvoima Fy

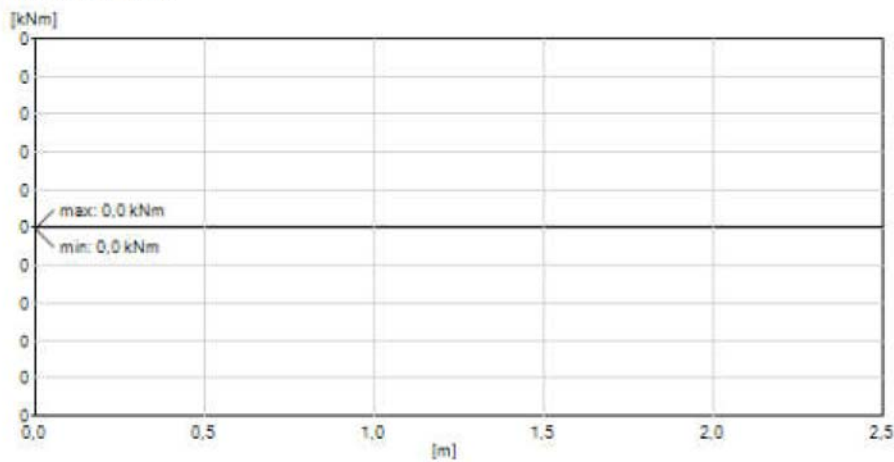


Liite 4(3)

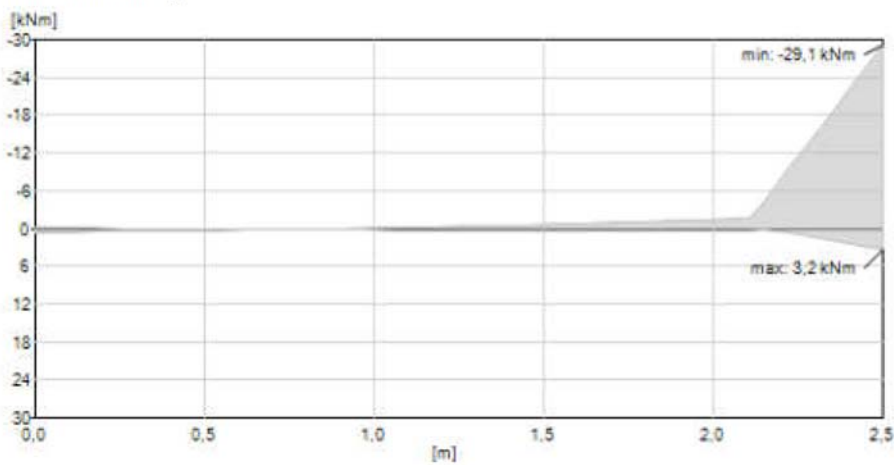
Leikkausvoima Fz



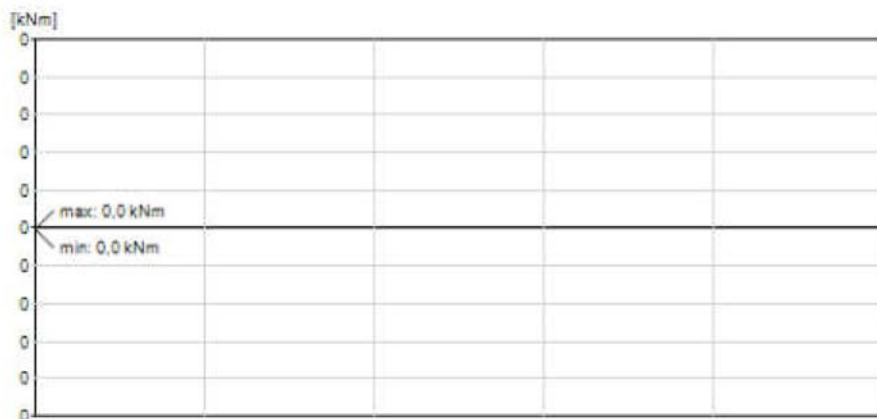
Vääntömomentti Mx



Taivutusmomentti My



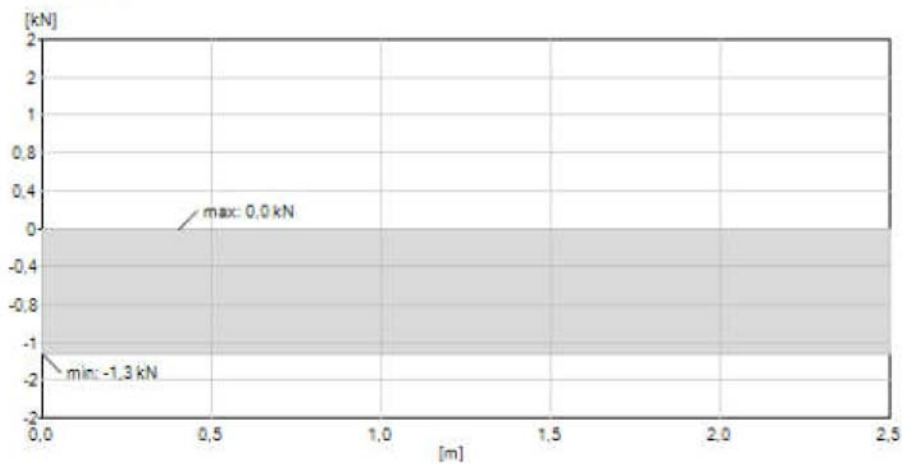
Taivutusmomentti Mz



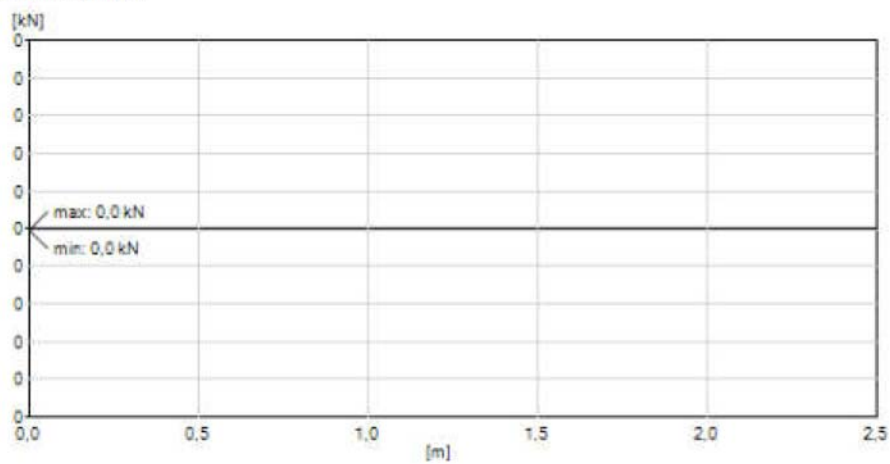
Liite 4(4)

Sauva: Terässauva 2

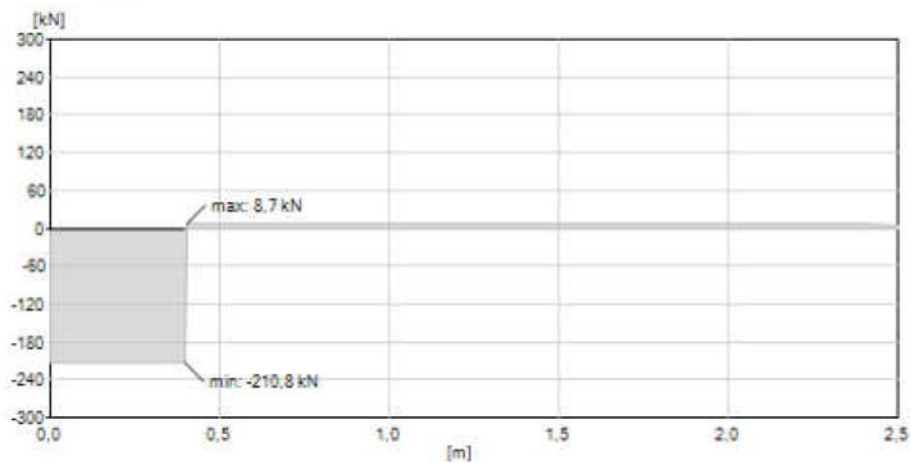
Normaalivoima Fx



Leikkausvoima Fy

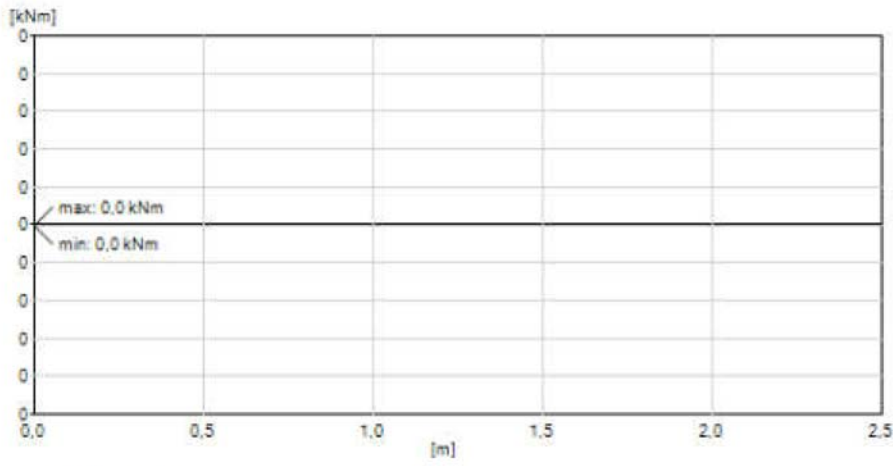


Leikkausvoima Fz

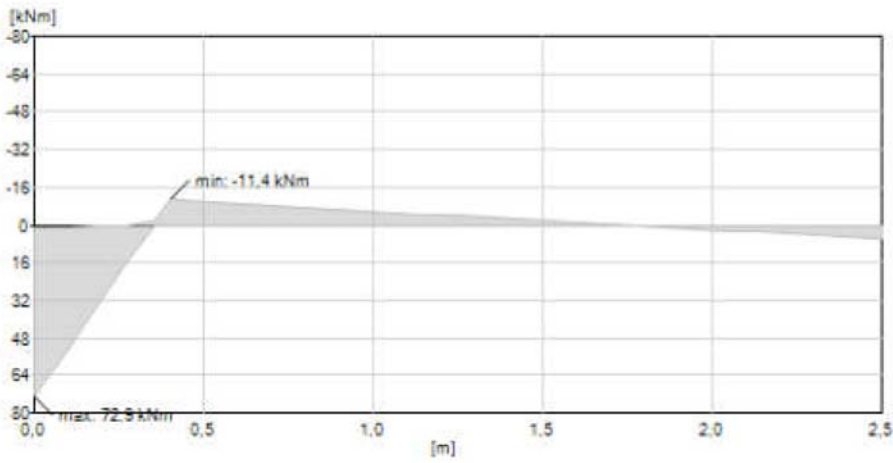


Vääntömomentti Mx

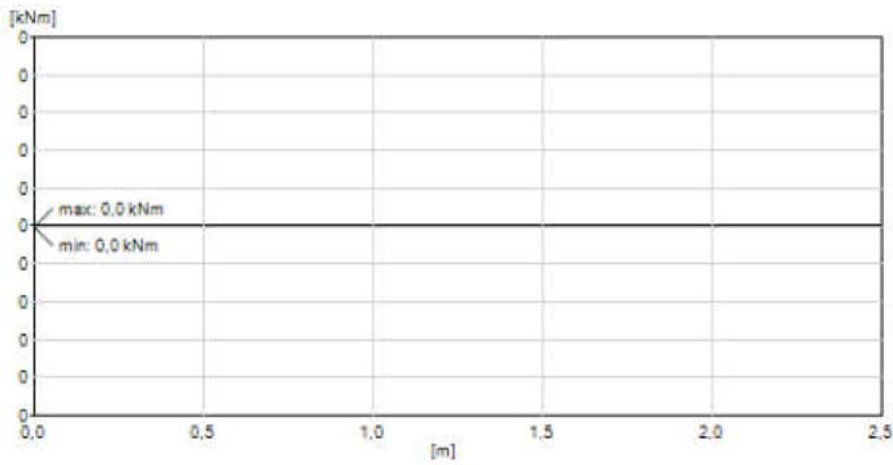
Liite 4(5)



Taivutusmomentti My

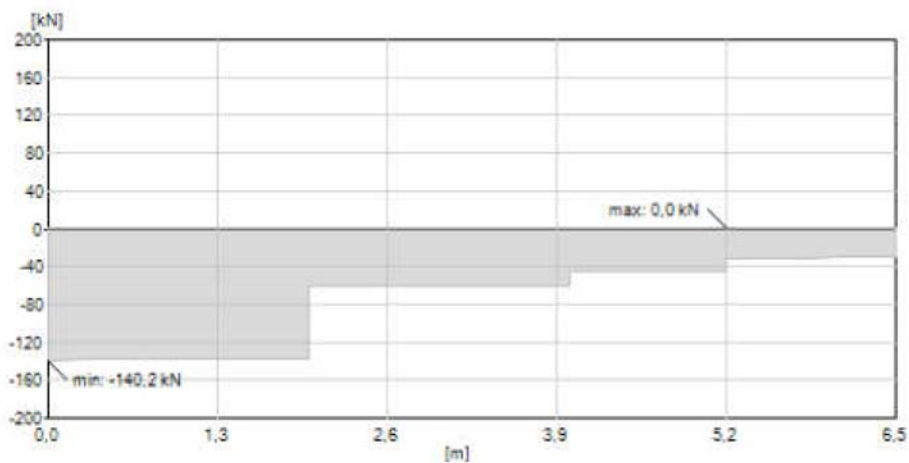
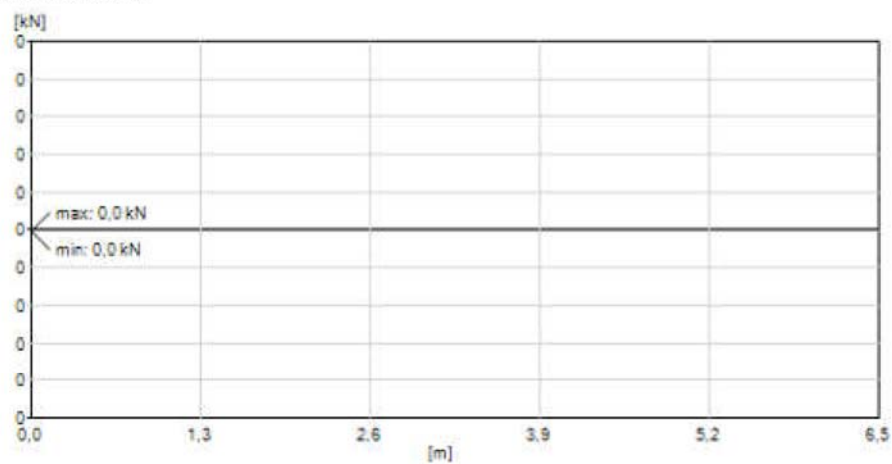
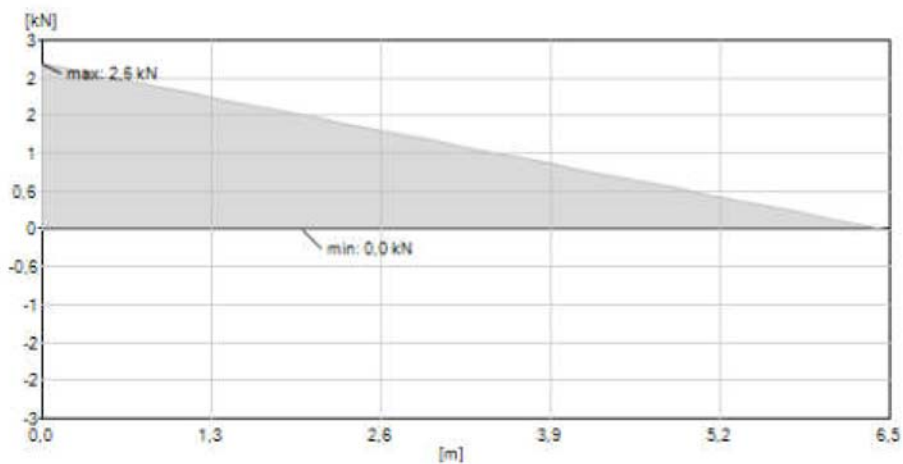
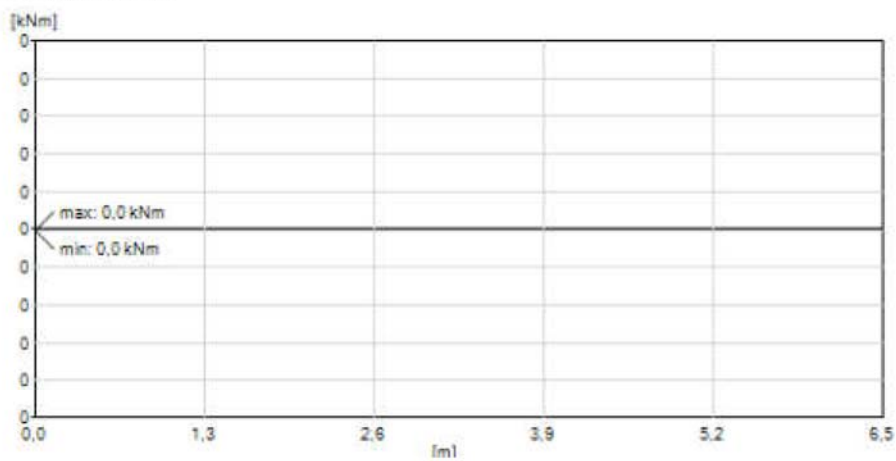


Taivutusmomentti Mz

**Sauva: Terässauva 3**

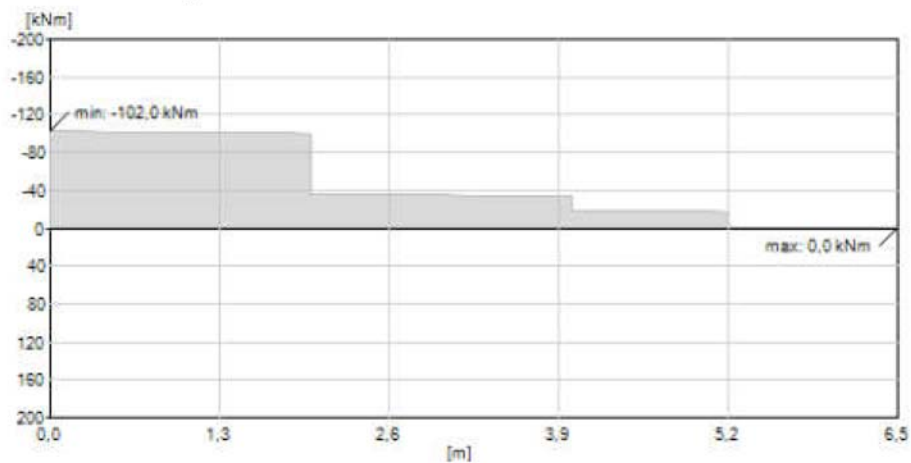
Normaalivoima Fx

Liite 4(6)

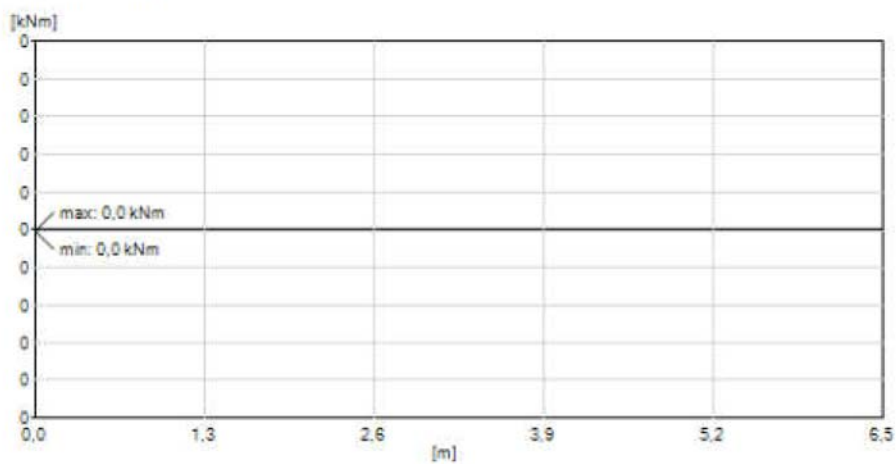
Leikkausvoima F_y Leikkausvoima F_z Vääntömomentti M_x 

Liite 4(7)

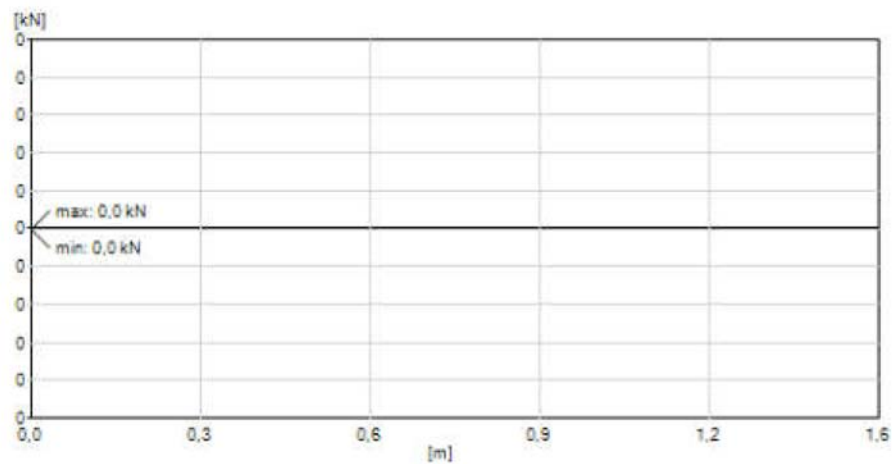
Taivutusmomentti My



Taivutusmomentti Mz

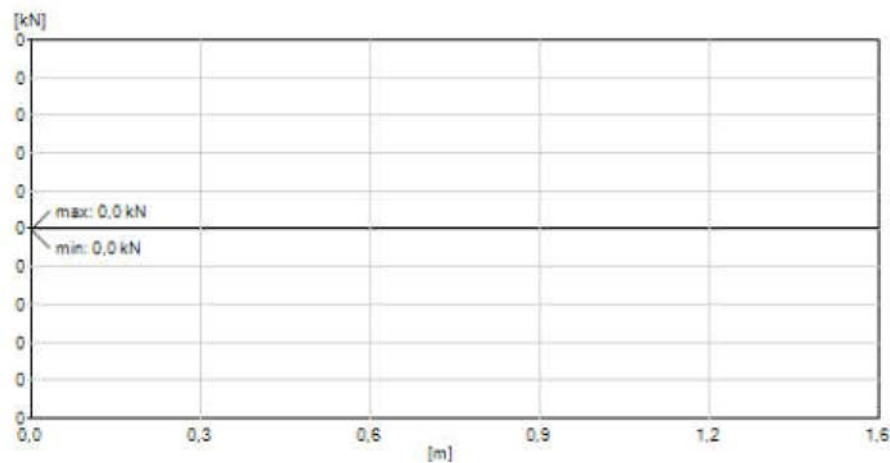
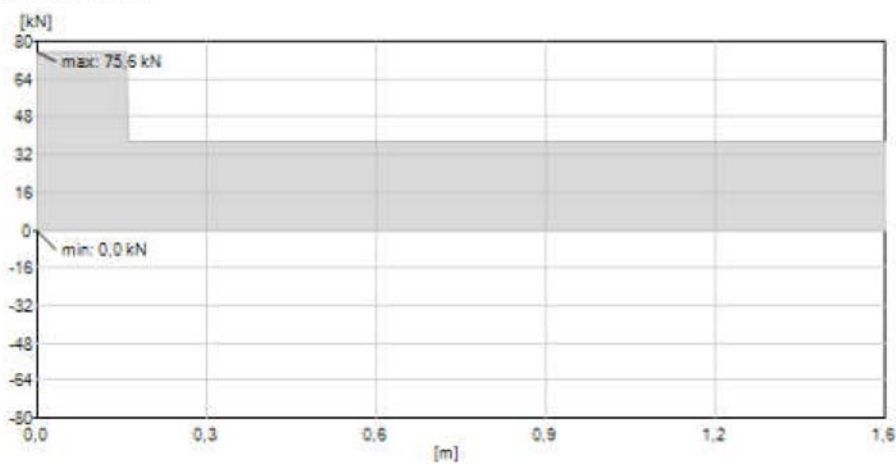
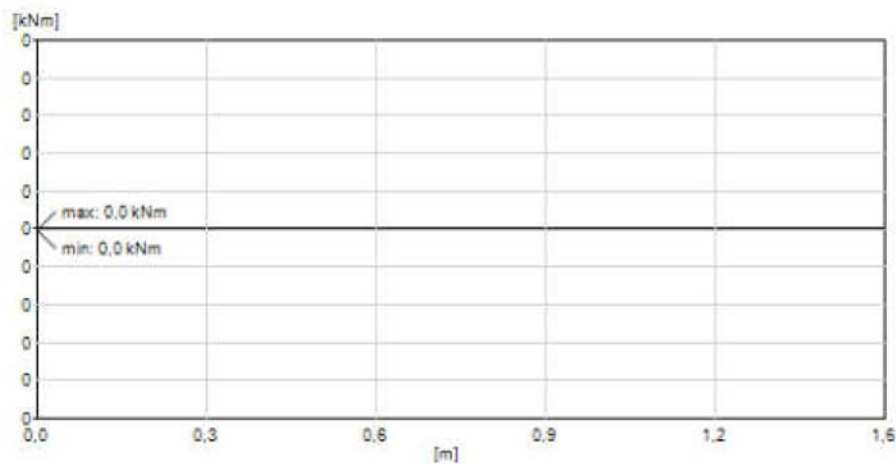
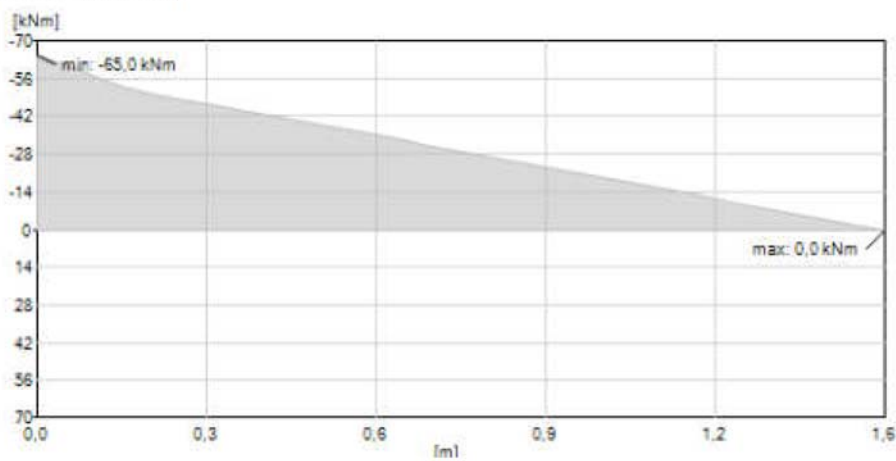
**Sauva: Terässauva 4**

Normaalivoima Fx

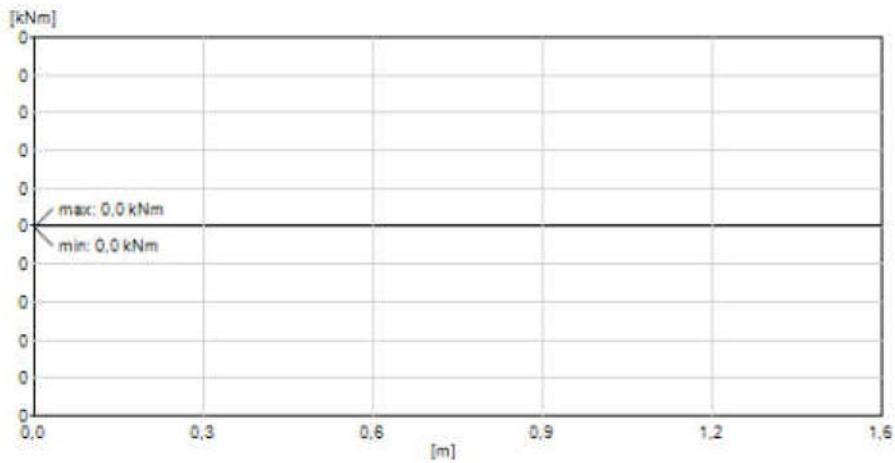
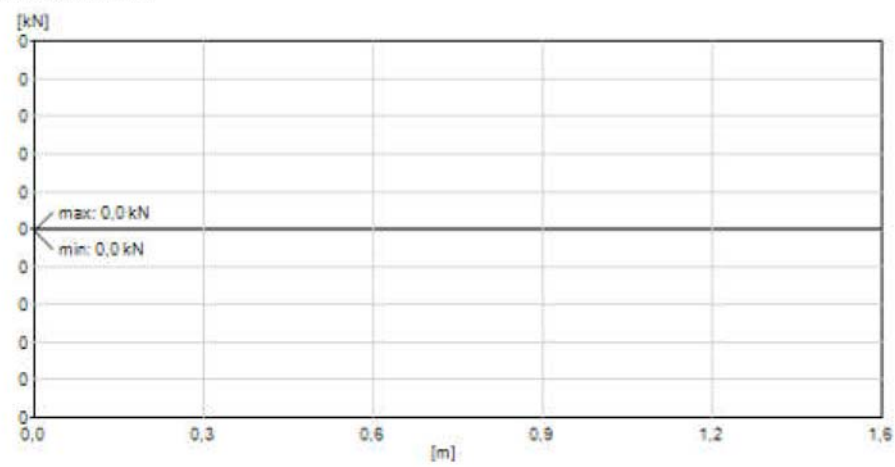
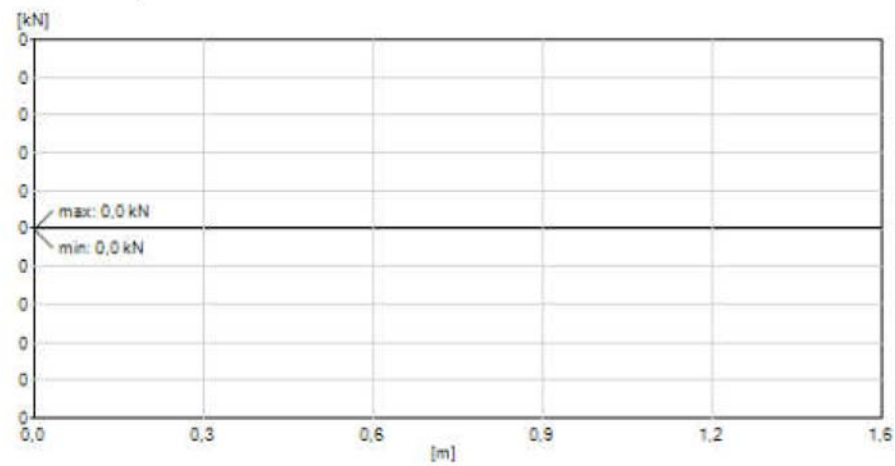


Leikkausvoima Fy

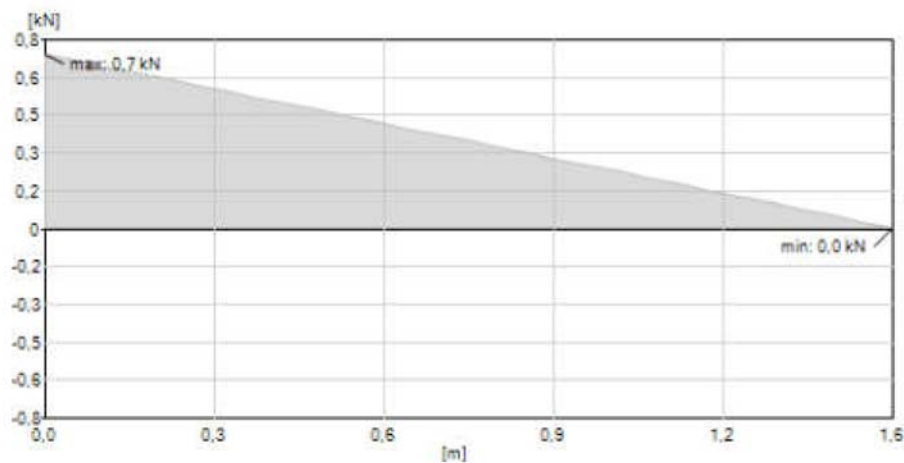
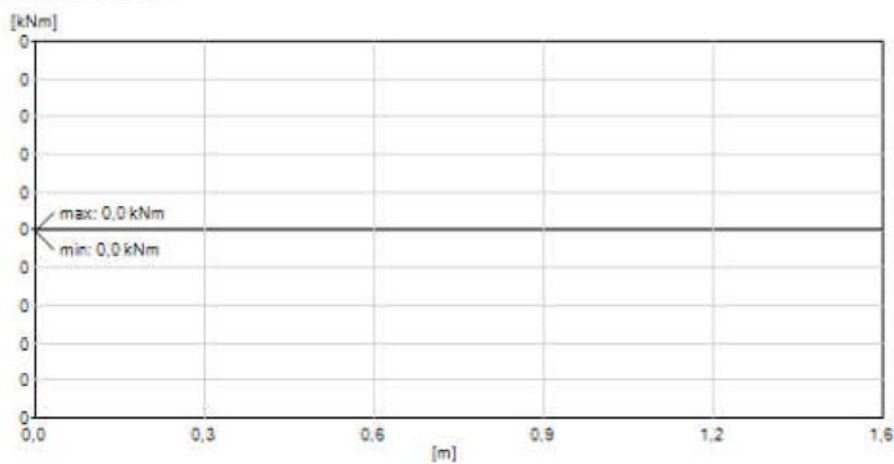
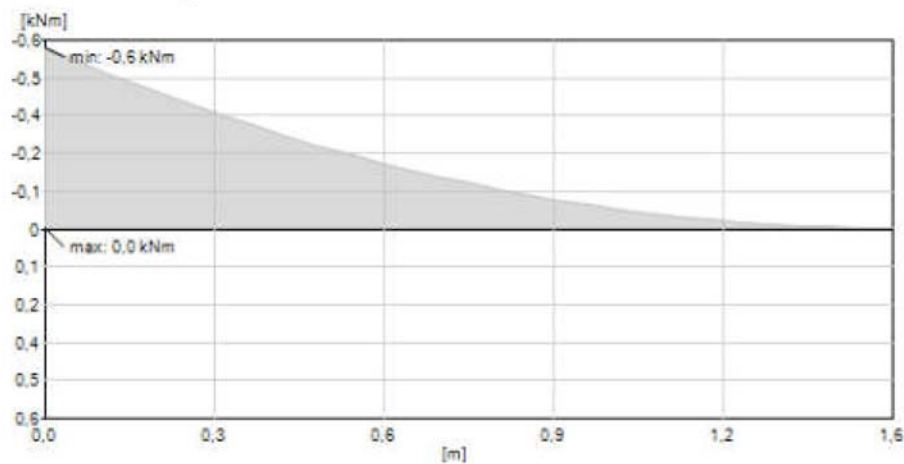
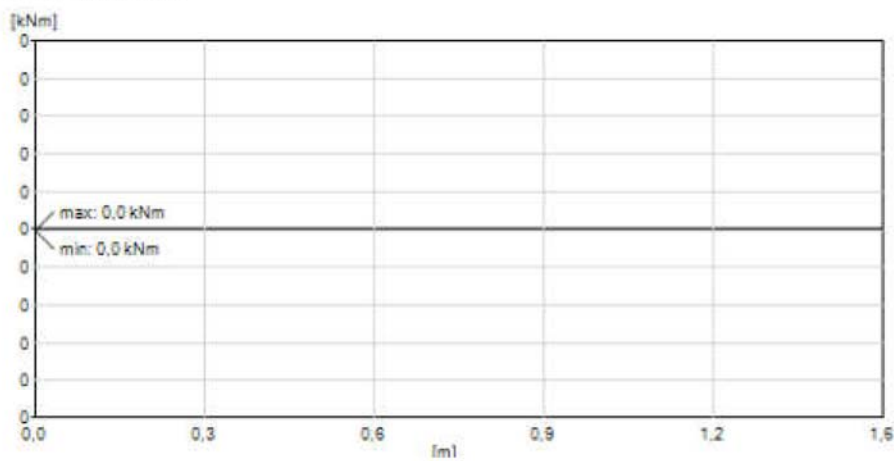
Liite 4(8)

Leikkausvoima F_z Vääntömomentti M_x Taivutusmomentti M_y 

Liite 4(9)

Taivutusmomentti M_z **Sauva: Terässauva 5**Normaalivoima F_x Leikkausvoima F_y Leikkausvoima F_z

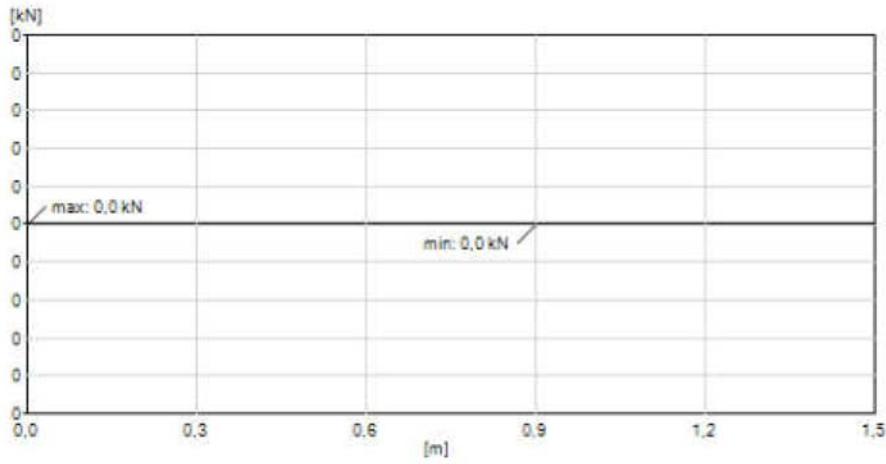
Liite 4(10)

Vääntömomentti M_x Taivutusmomentti M_y Taivutusmomentti M_z 

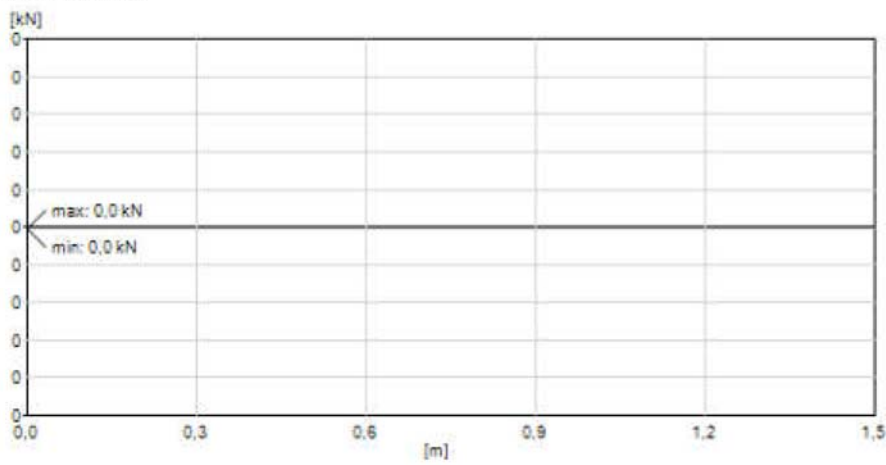
Liite 4(11)

Sauva: Terässauva 7

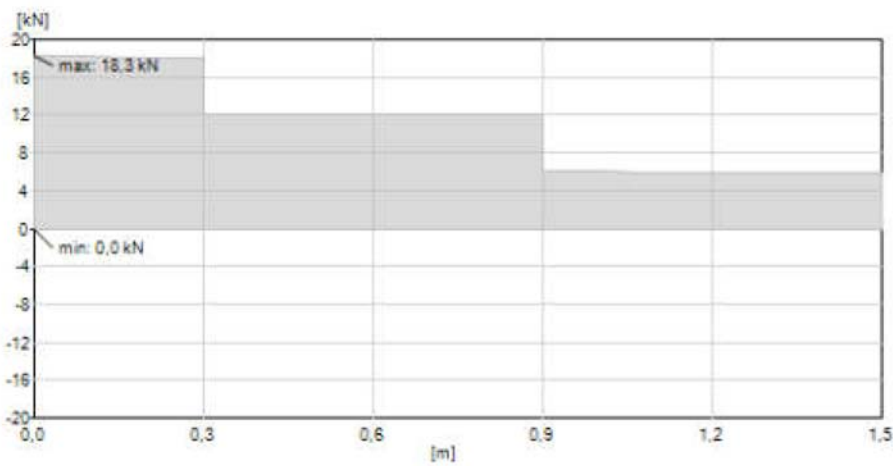
Normaalivoima Fx



Leikkausvoima Fy

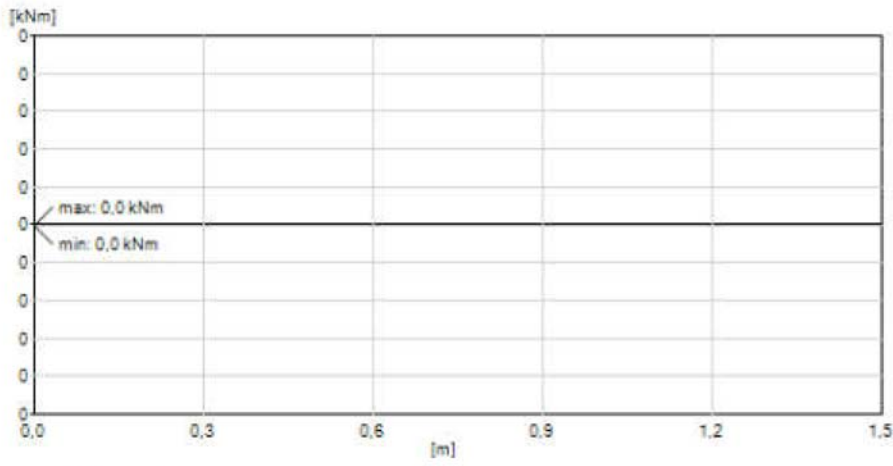
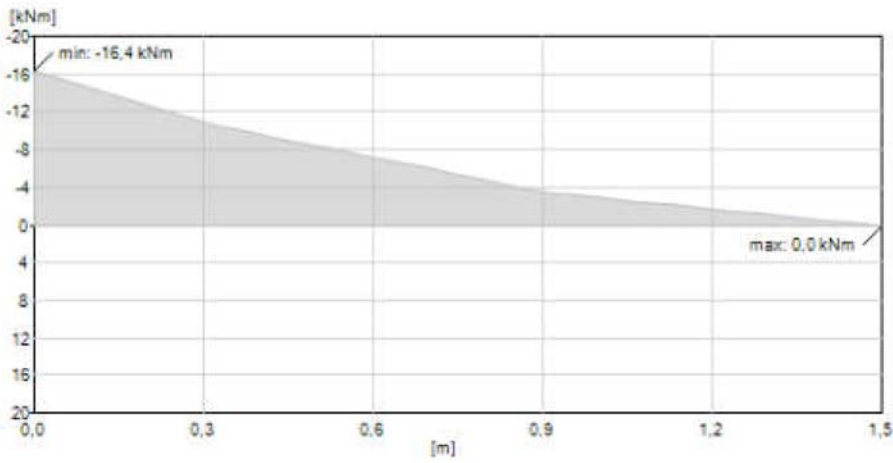
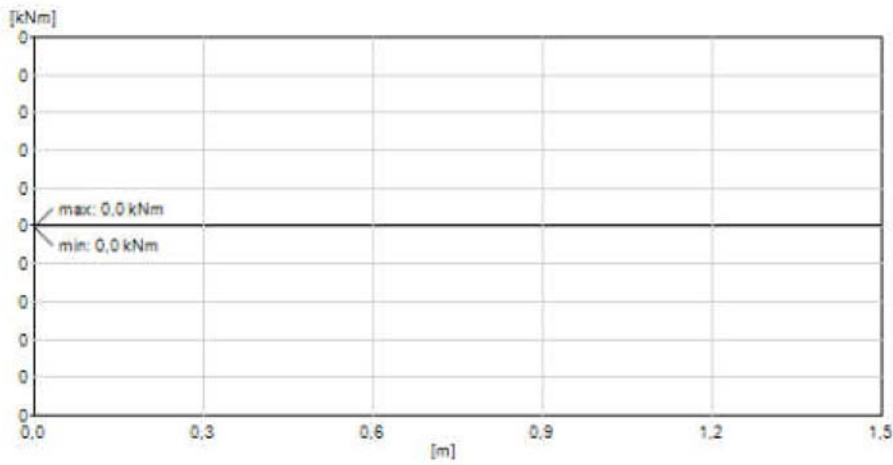


Leikkausvoima Fz

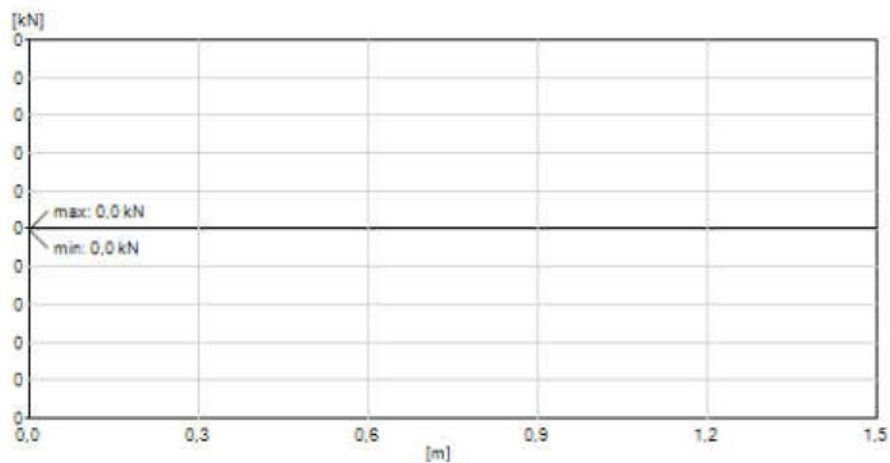
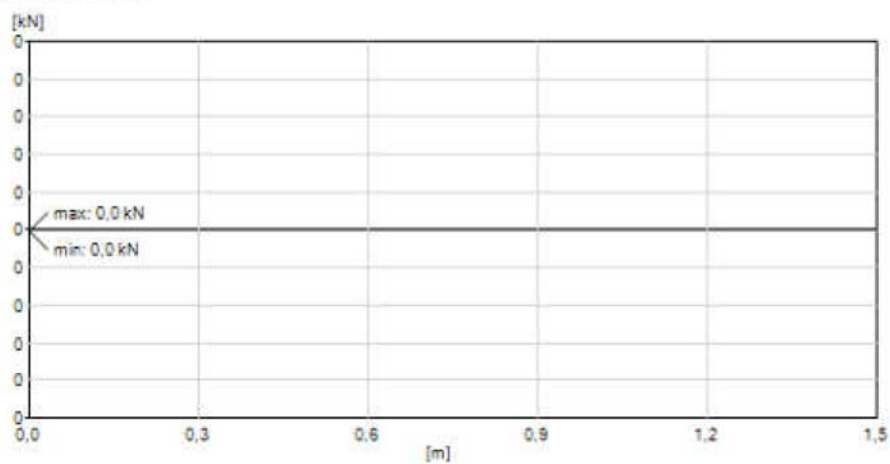
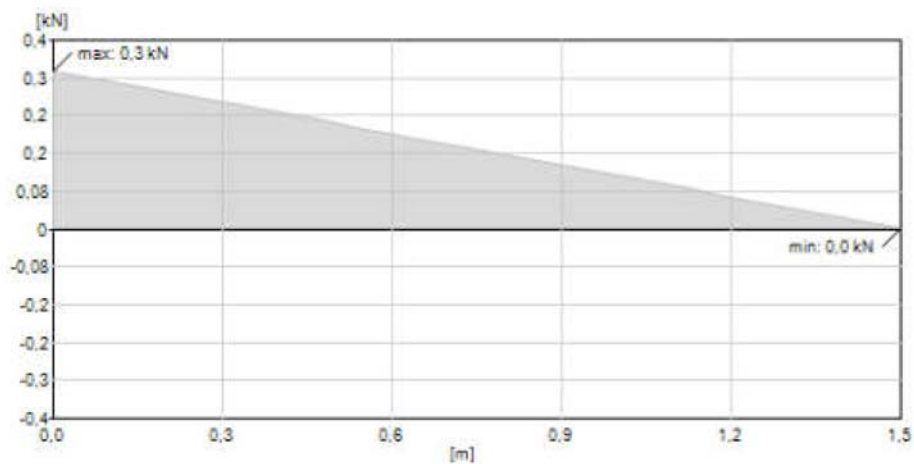
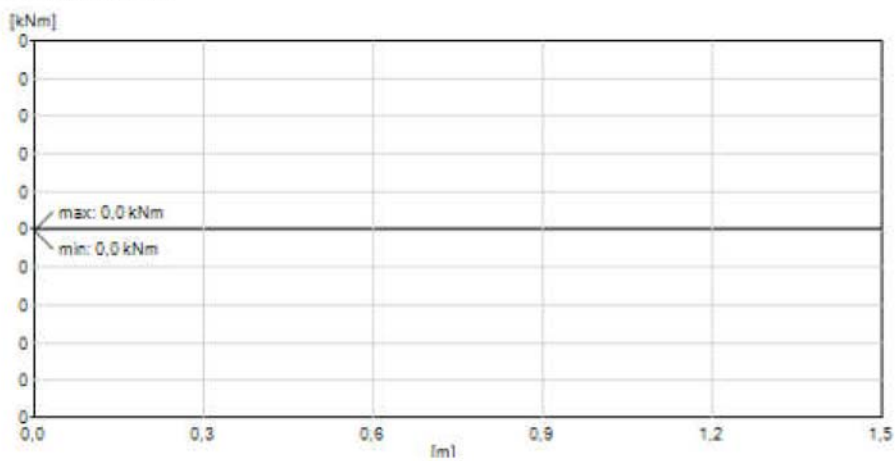


Vääntömomentti Mx

Liite 4(12)

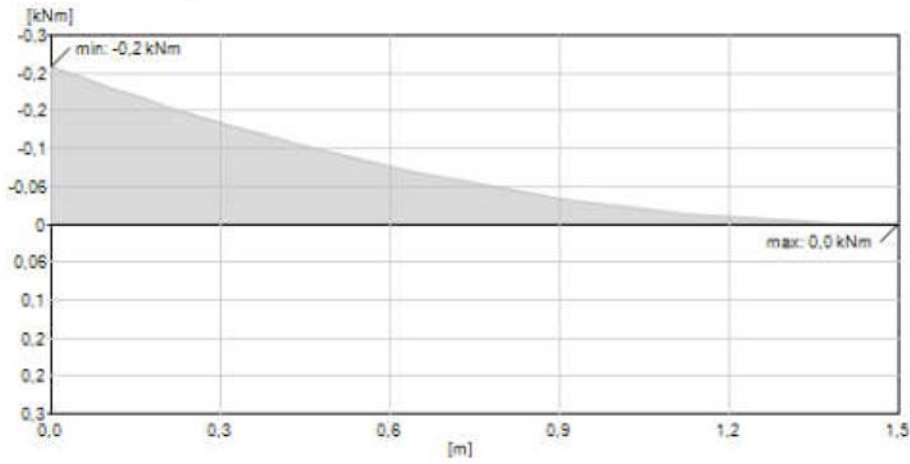
Taivutusmomentti M_y Taivutusmomentti M_z **Sauva: Terässauva 9**Normaalivoima F_x

Liite 4(13)

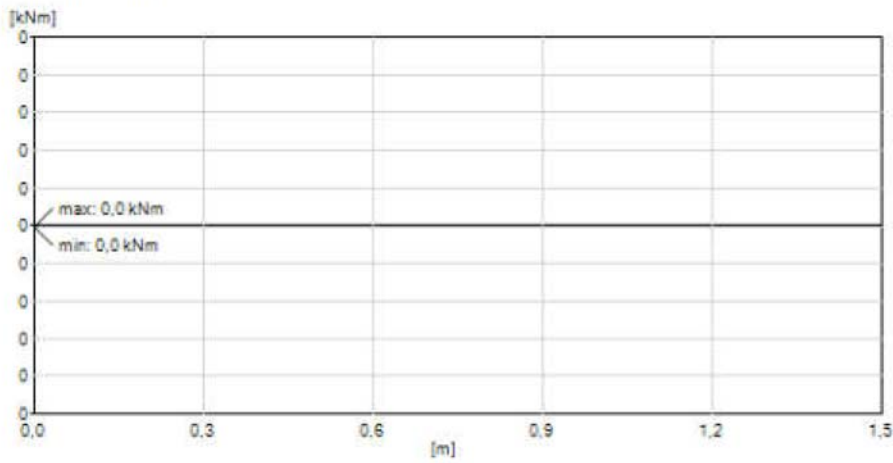
Leikkausvoima F_y Leikkausvoima F_z Vääntömomentti M_x 

Liite 4(14)

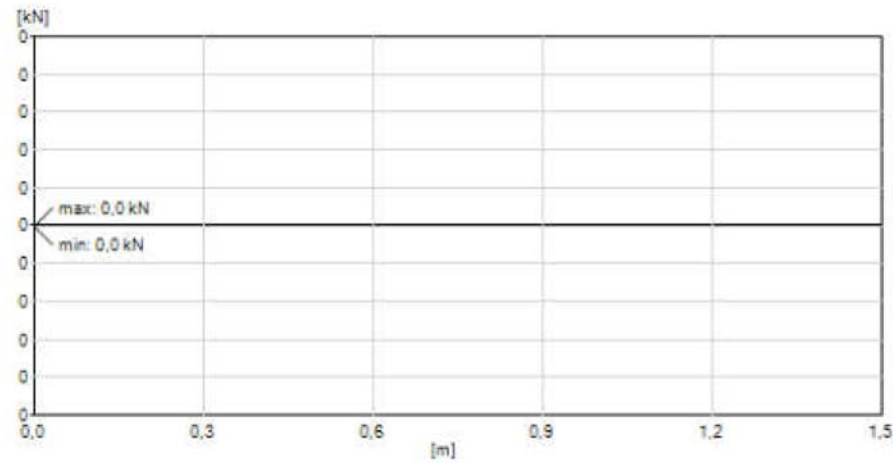
Taivutusmomentti My



Taivutusmomentti Mz

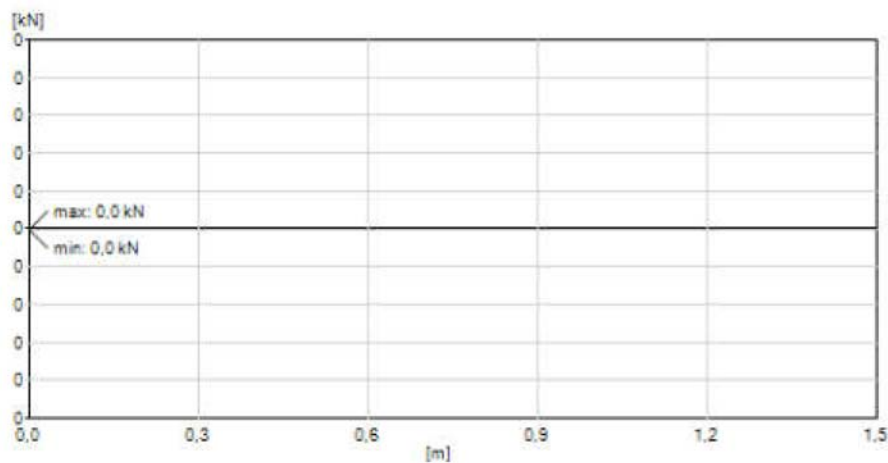
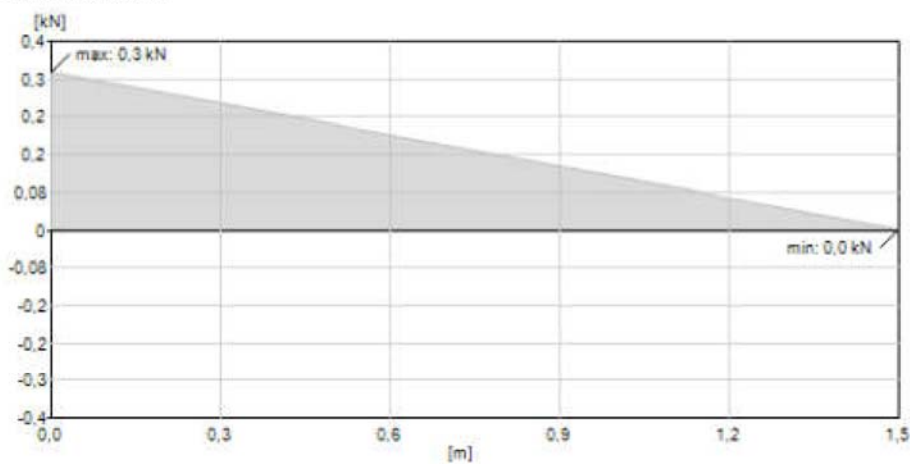
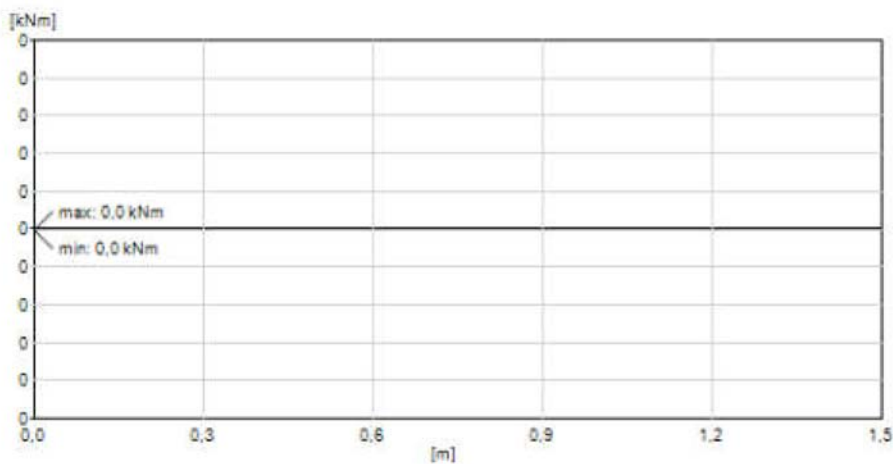
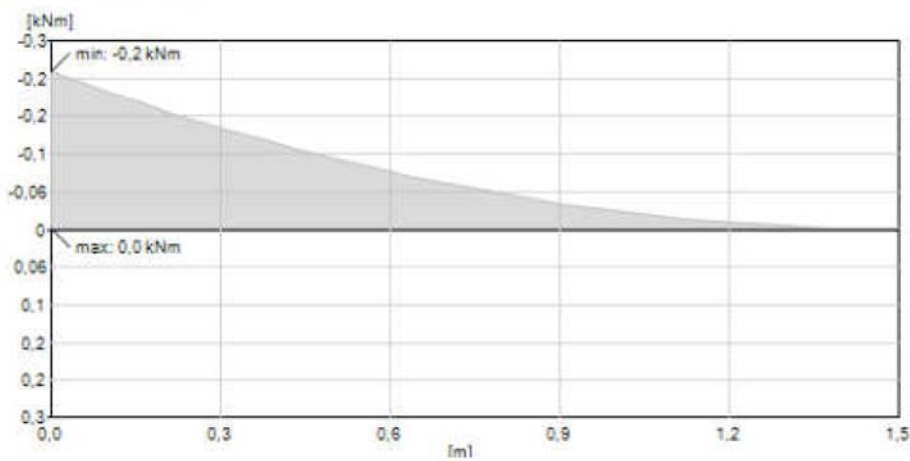
**Sauva: Terässauva 6**

Normaalivoima Fx

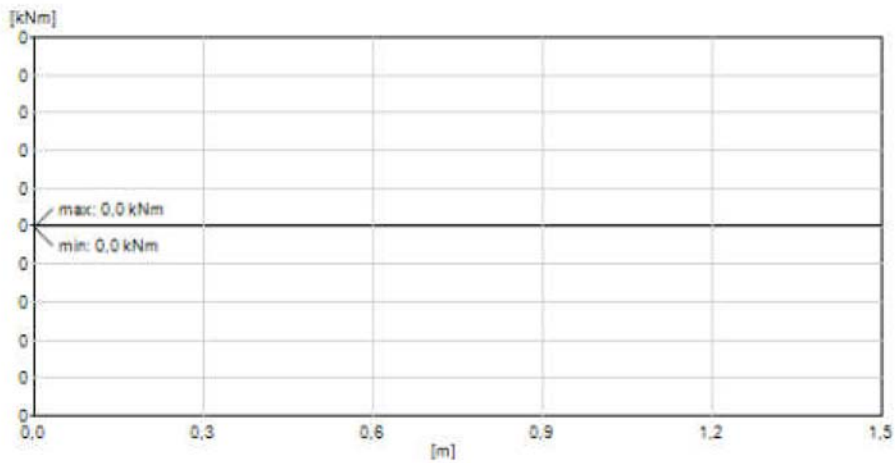
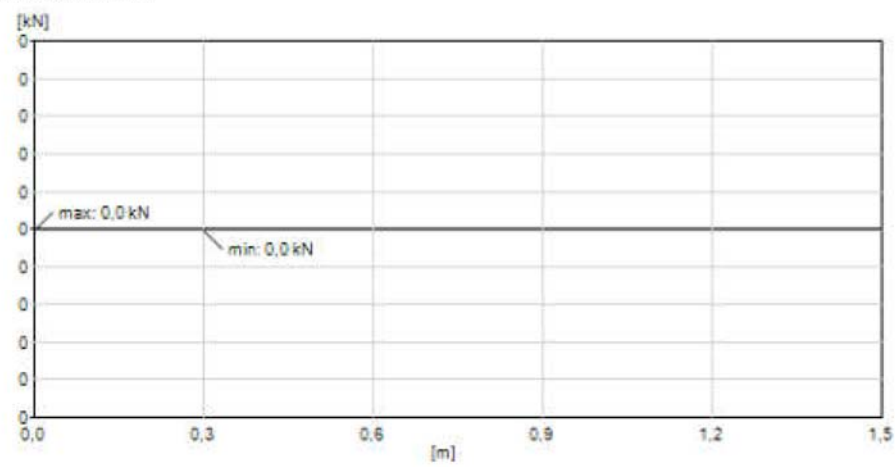
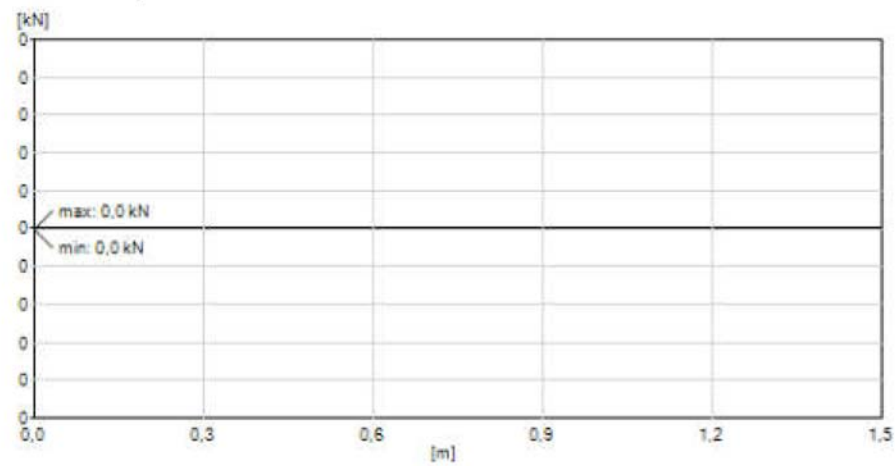


Leikkausvoima Fy

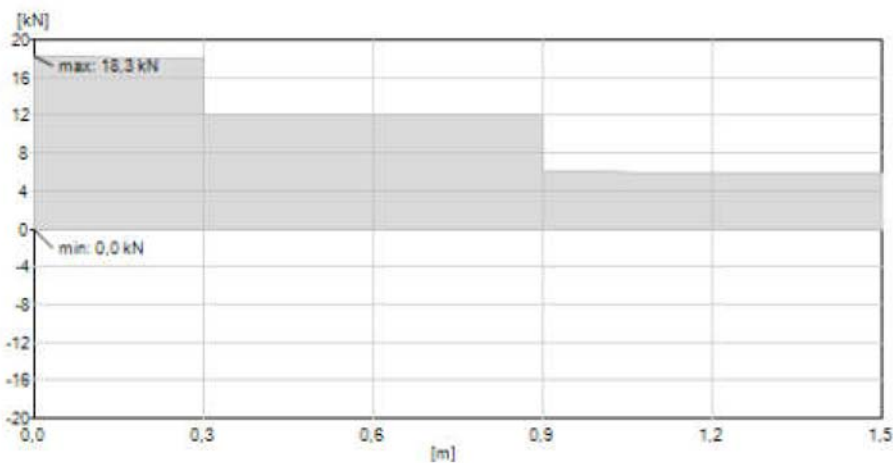
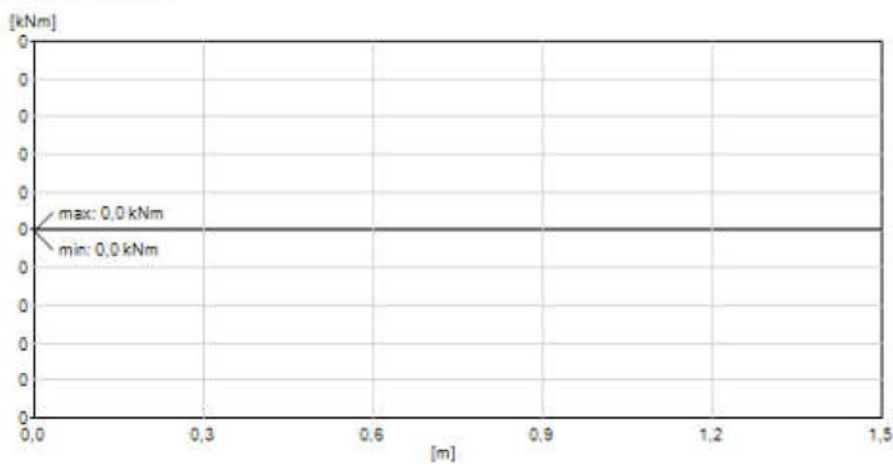
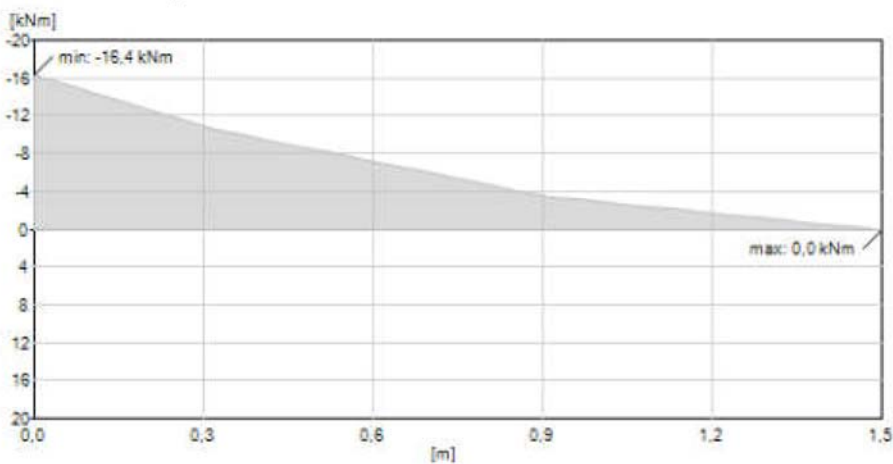
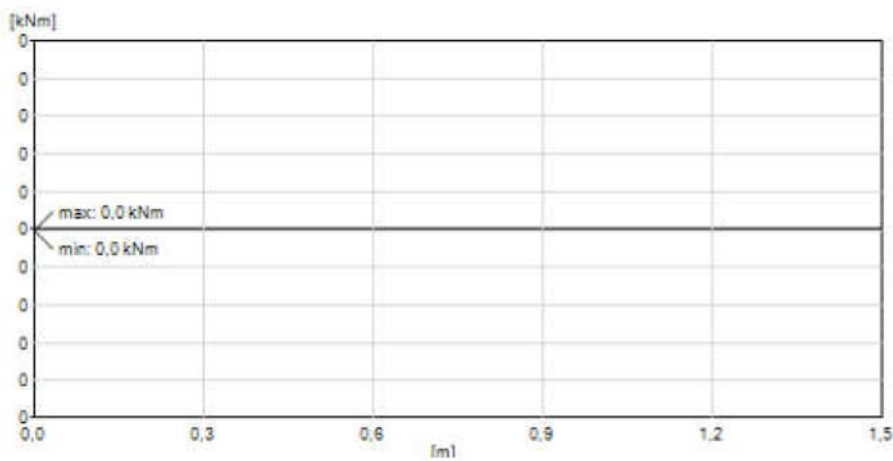
Liite 4(15)

Leikkausvoima F_z Vääntömomentti M_x Taivutusmomentti M_y 

Liite 4(16)

Taivutusmomentti M_z **Sauva: Terässauva 8**Normaalivoima F_x Leikkausvoima F_y Leikkausvoima F_z

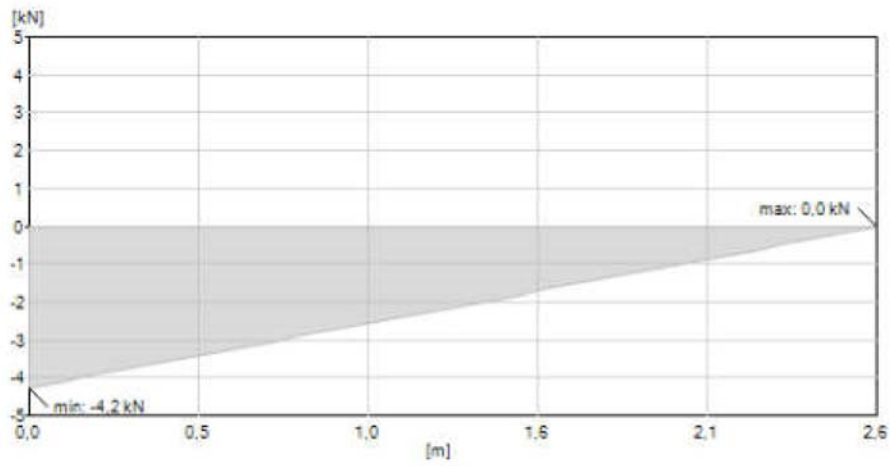
Liite 4(17)

Vääntömomentti M_x Taivutusmomentti M_y Taivutusmomentti M_z 

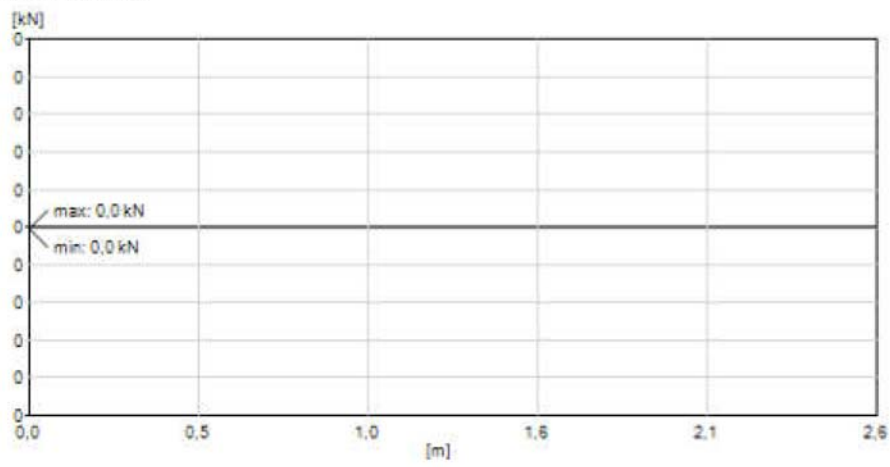
Liite 4(18)

Sauva: Terässauva 10

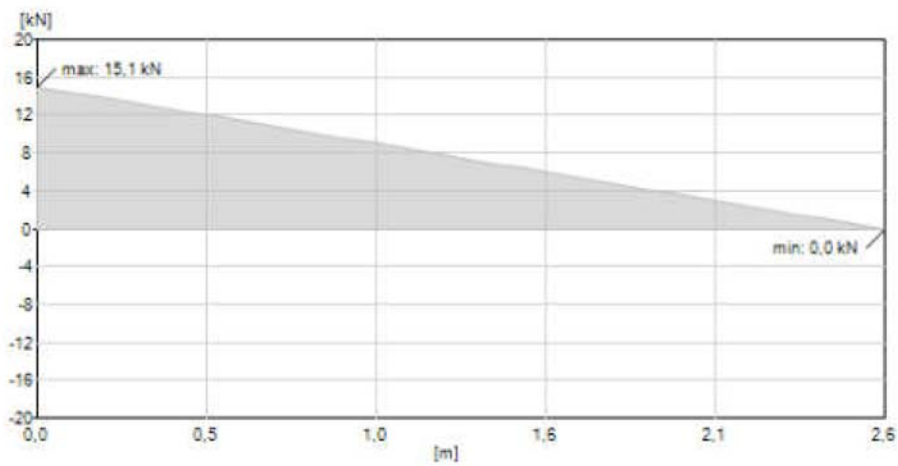
Normaalivoima Fx



Leikkausvoima Fy

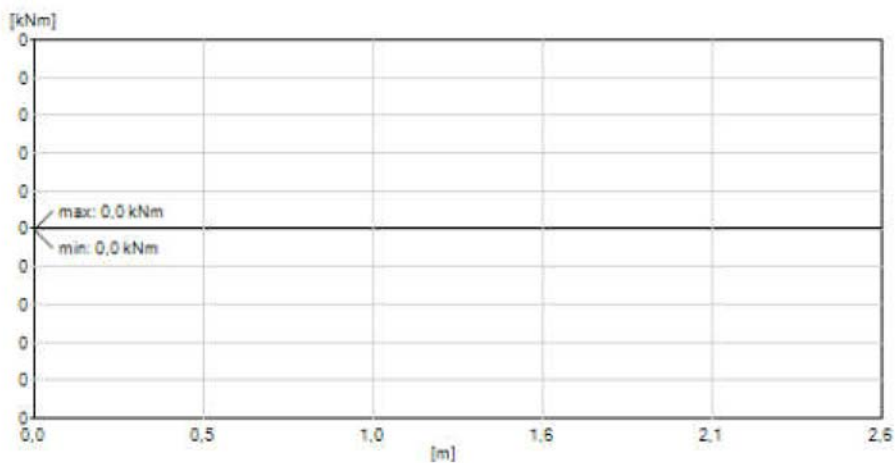
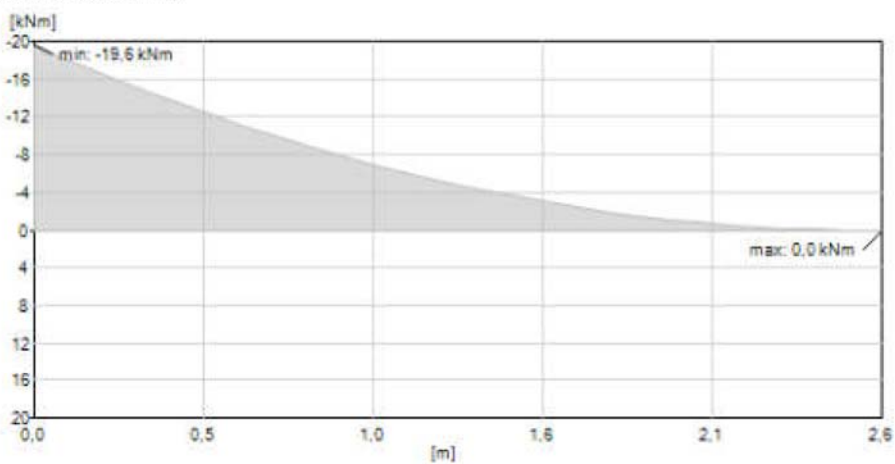
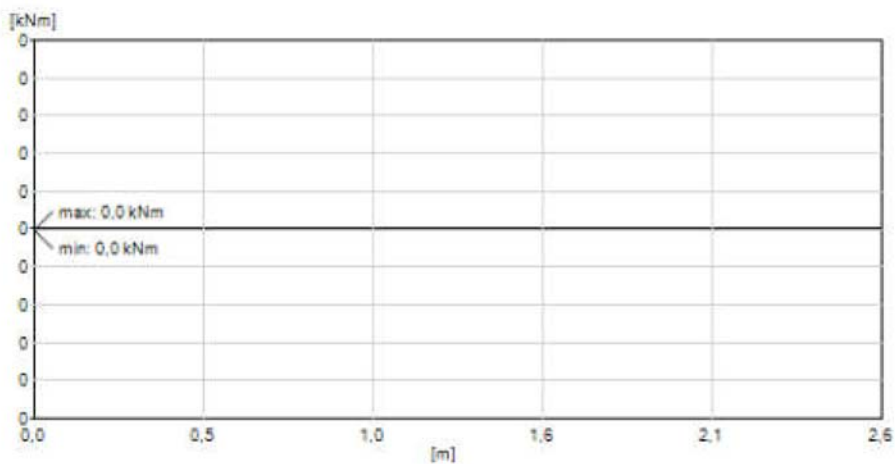


Leikkausvoima Fz

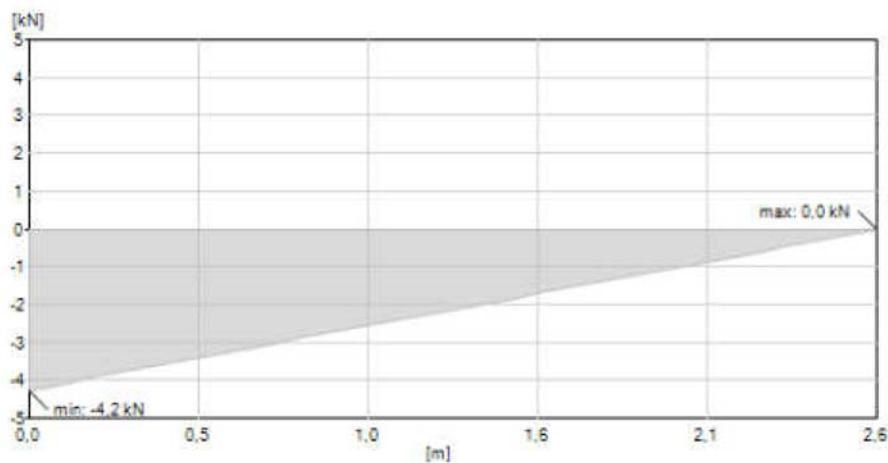
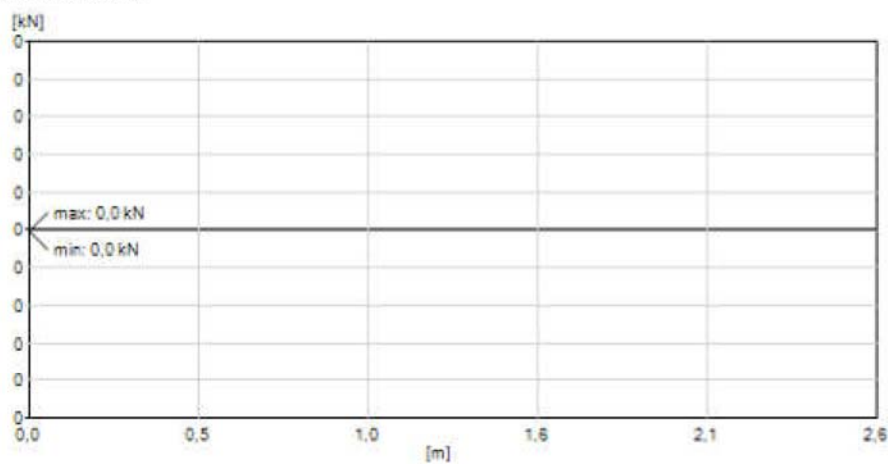
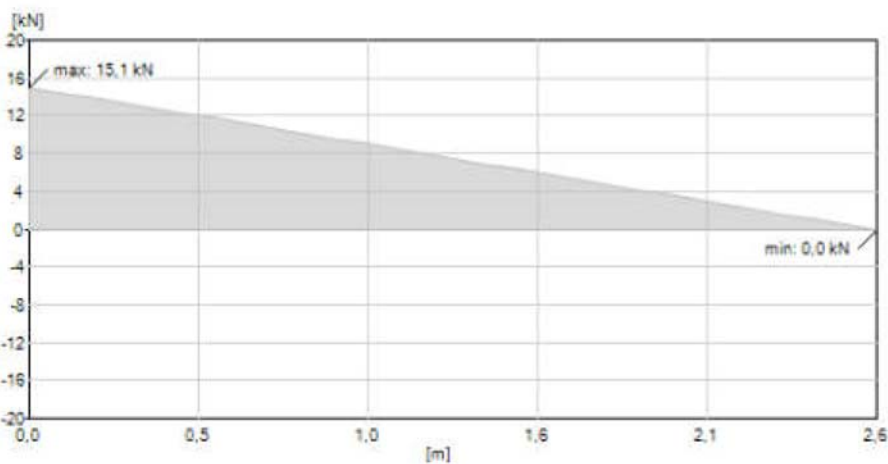
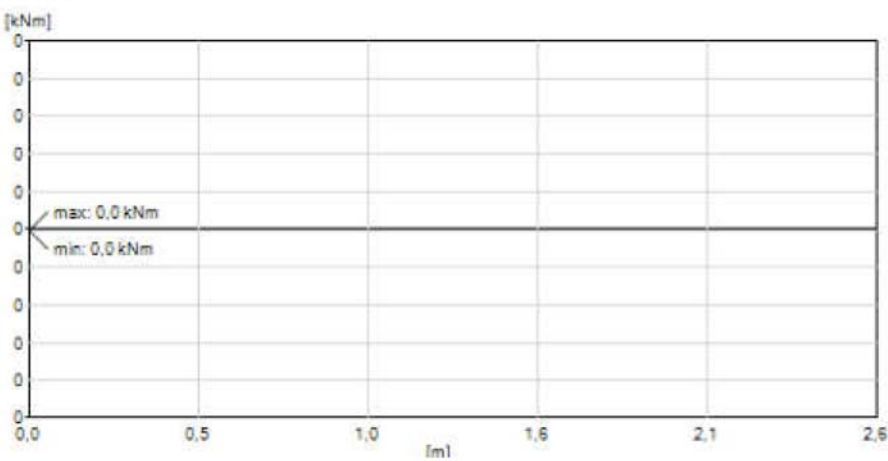


Vääntömomentti Mx

Liite 4(19)

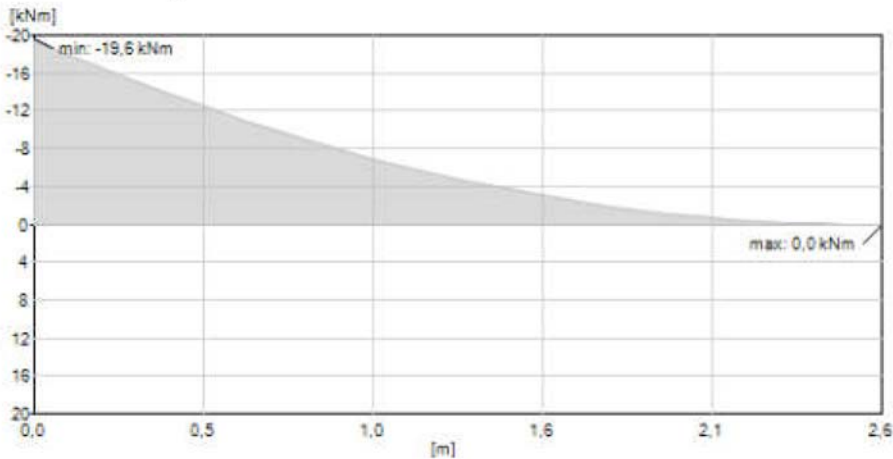
Taivutusmomentti M_y Taivutusmomentti M_z **Sauva: Terässauva 11**Normaalivoima F_x

Liite 4(20)

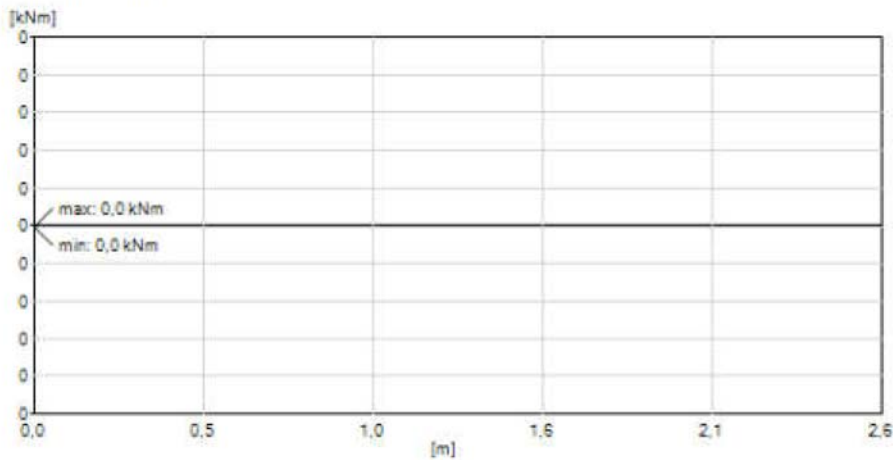
Leikkausvoima F_y Leikkausvoima F_z Vääntömomentti M_x 

Liite 4(21)

Taivutusmomentti My



Taivutusmomentti Mz



Tuet

Kuormitusyhdistely: Kuorma: Pysyvä

Nimi	Solmu	ux [kN]	uy [kN]	uz [kN]	rx [kNm]	ry [kNm]	rz [kNm]
Tuki 1	Solmu 1	Fixed 0,000	Fixed 0,000	Fixed 0,467	Fixed 0,000	Fixed -0,108	Fixed 0,000
Tuki 2	Solmu 17	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 4,527	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 0,000
Tuki 3	Solmu 16	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 4,527	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 0,000
Tuki 4	Solmu 4	Fixed 0,000	Fixed 0,000	Fixed 0,467	Fixed 0,000	Fixed 0,108	Fixed 0,000

Kuormitusyhdistely: Kuorma: Hyöty A

Nimi	Solmu	ux [kN]	uy [kN]	uz [kN]	rx [kNm]	ry [kNm]	rz [kNm]
Tuki 1	Solmu 1	Fixed 0,000	Fixed 0,000	Fixed 0,051	Fixed 0,000	Fixed -0,035	Fixed 0,000
Tuki 2	Solmu 17	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed -51,978	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 0,000
Tuki 3	Solmu 16	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 130,549	Pinned 0,000	Pinned 0,000	Fixed 0,000
Tuki 4	Solmu 4	Fixed 0,000	Fixed 0,000	Fixed -4,622	Fixed 0,000	Fixed -3,235	Fixed 0,000

Liite 4(22)

Nimi	Solmu	ux [kN]	uy [kN]	uz [kN]	rx [kNm]	ry [kNm]	rz [kNm]
Tuki 1	Solmu 1	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
		-0,176	0,000	0,399	0,000	-0,060	0,000
Tuki 2	Solmu 17	Pinned	Pinned	Fixed	Pinned	Pinned	Fixed
		0,000	0,000	-10,540	0,000	0,000	0,000
Tuki 3	Solmu 16	Pinned	Pinned	Fixed	Pinned	Pinned	Fixed
		0,000	0,000	47,441	0,000	0,000	0,000
Tuki 4	Solmu 4	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
		-0,176	0,000	-1,086	0,000	-0,979	0,000

Kuormitusyhdistely: SLS Puolip. Hyöty

Nimi	Solmu	ux [kN]	uy [kN]	uz [kN]	rx [kNm]	ry [kNm]	rz [kNm]
Tuki 1	Solmu 1	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
		0,000	0,000	0,357	0,000	-0,031	0,000
Tuki 2	Solmu 17	Pinned	Pinned	Fixed	Pinned	Pinned	Fixed
		0,000	0,000	-8,929	0,000	0,000	0,000
Tuki 3	Solmu 16	Pinned	Pinned	Fixed	Pinned	Pinned	Fixed
		0,000	0,000	45,829	0,000	0,000	0,000
Tuki 4	Solmu 4	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
		0,000	0,000	-1,044	0,000	-0,950	0,000

Kuormat**Solmupistekuormat**

Nimi	Elementti	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Pistekuorma 2	Terässauva 4	0	0	-25	0	0	0
Pistekuorma 4	Terässauva 4	0	0	-25	0	0	0
Pistekuorma 1	Terässauva 7	0	0	-4	0	0	0
Pistekuorma 3	Terässauva 7	0	0	-4	0	0	0
Pistekuorma 5	Terässauva 7	0	0	-4	0	0	0
Pistekuorma 6	Terässauva 8	0	0	-4	0	0	0
Pistekuorma 7	Terässauva 8	0	0	-4	0	0	0
Pistekuorma 8	Terässauva 8	0	0	-4	0	0	0

Jatkuvat kuormat

Nimi	Elementti	qx [kN/m]	qy [kN/m]	qz [kN/m]	Projisoitu
Jatkuva kuorma 1	Terässauva 10	0 / 0	0 / 0	-3,8775 / -3,8775	False
Jatkuva kuorma 2	Terässauva 11	0 / 0	0 / 0	-3,8775 / -3,8775	False
Jatkuva kuorma 3	Terässauva 3	0,77 / 0,77	0 / 0	0 / 0	False
Jatkuva kuorma 4	Terässauva 3	-0,5 / -0,5	0 / 0	0 / 0	False
Omapaino 1	Terässauva 1	0 / 0	0 / 0	-0,59546821644 / -0,59546821644	False
Omapaino 2	Terässauva 2	0 / 0	0 / 0	-0,59546821644 / -0,59546821644	False
Omapaino 3	Terässauva 3	0 / 0	0 / 0	-0,59546821644 / -0,59546821644	False
Omapaino 4	Terässauva 4	0 / 0	0 / 0	-0,35069382486 / -0,35069382486	False
Omapaino 5	Terässauva 5	0 / 0	0 / 0	-0,35069382486 / -0,35069382486	False
Omapaino 6	Terässauva 7	0 / 0	0 / 0	-0,16457765139 / -0,16457765139	False
Omapaino 7	Terässauva 9	0 / 0	0 / 0	-0,16457765139 / -0,16457765139	False
Omapaino 8	Terässauva 6	0 / 0	0 / 0	-0,16457765139 / -0,16457765139	False
Omapaino 9	Terässauva 8	0 / 0	0 / 0	-0,16457765139 / -0,16457765139	False
Omapaino 10	Terässauva 10	0 / 0	0 / 0	-0,20425791438 / -0,20425791438	False
Omapaino 11	Terässauva 11	0 / 0	0 / 0	-0,20425791438 / -0,20425791438	False

Tiedostonimi:

Q:\OHJELMISTOT\Poimu\POIMU\NoName.pmu

Mitoitusnormi: SFS-EN 1993-1-3:2006+AC:2009, Suomen NA/NAD

* * * RAKENTEEN YLEISTIEDOT * * *

Rakenteen tiedot

Varmuusluokka: RC2
 Käyttörajan yhdistelytyyppi: Harvinainen yhdistely
 Rakennetyyppi: Katto (kantava levy vesieristeenä)
 Taipumaraja: L/100
 Katon kaltevuus: 11.0°
 Tuet kiertyvät poimulevyn mukana

Poimulevy: **Ruukki T20-42S-1070**
 - materiaali: Rakenneteräs
 - sinkitys: Zn275
 - kimmokerroin: 210000 N/mm²
 - profiilin rei'itys: Ei rei'itystä

Tuet ja jatkokset

- tukipalkkien materiaali: Levy kiinnitetään teräspalkkiin
 - tuen teräksen myötöraja: 355 N/mm²
 - tuen seinämävahvuus: 3 mm

Tuki	Tukileveys	Jatkostyyppi	Tukipala
A	100	Reunatuki	Ei
B	100	Jatkuva, sama levy	Ei
C	100	Reunatuki	Ei

Vasen reunatuki: Nivel tuki
 Oikea reunatuki: Nivel tuki

Valitut poimulevyt

T20-42S-1070 Leveä laippa tukea vasten

N:o	Paksuus/Lujuus [mm]/[N/mm ²]	Limitys* [Poimua kpl]	Pituus [mm]	Paino [kg/kpl]
1	0.45/280	0	2200	9.71

Poimulevyjen kokonaispaino: 4.13 kg/m²

*Sivuttaislimitys

- Valitut levyt täyttävät mitoitusohjeet. Suurin käyttöaste: 90.1 %
 - Valitut liittimet täyttävät mitoitusohjeet. Suurin käyttöaste: 20.8 %

Solmu	Xk	RSN	LSN	HN	LRN	LVN	LHN	OBN	OTN	TSN	SN
15	1113	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	1210	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	1307	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	1403	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	1500	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	1597	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	1693	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22	1790	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	1887	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	1983	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25	2000	.	.	.	.	X	X	.	.	.	.

RSN = Tuen vasemman puoleinen vierussolmu

LSN = Tuen oikean puoleinen vierussolmu

HN = Rakenteessa nivel

LRN = Kiertymä estetty

LVN = Pystysuuntainen siirtymä estetty

LHN = Vaakasuuntainen siirtymä estetty

OBN = Limitetyn liitoksen alapuoleinen solmu

OTN = Limitetyn liitoksen yläpuoleinen solmu

TSN = Limitetyn liitoksen tuen yläpuoleinen solmu

SN = Limityssolmussa kiinnitys (ruuvi)

*** KUORMATIEDOT ***

Pysyvät kuormat - ei kuormia

Lumikuormat

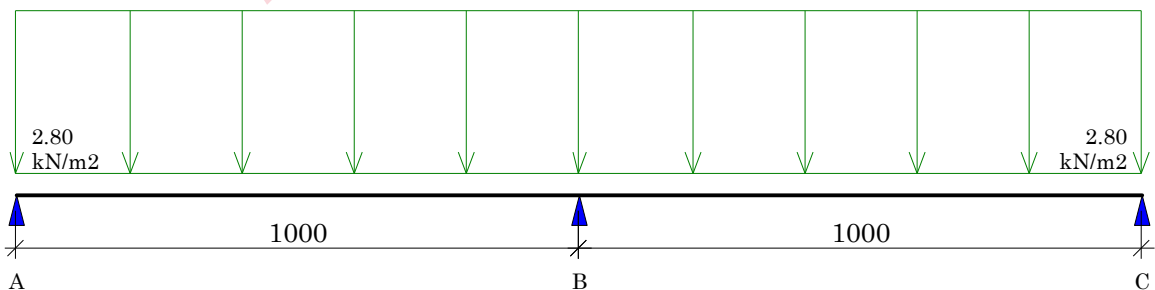
Peruslumikuorma maassa 2.80 kN/m²

Liikkuvuus 0.00 %

Tapaus: 1

- Muotokertoimet

$$\mu = \frac{1.00/1.00}{2000}$$



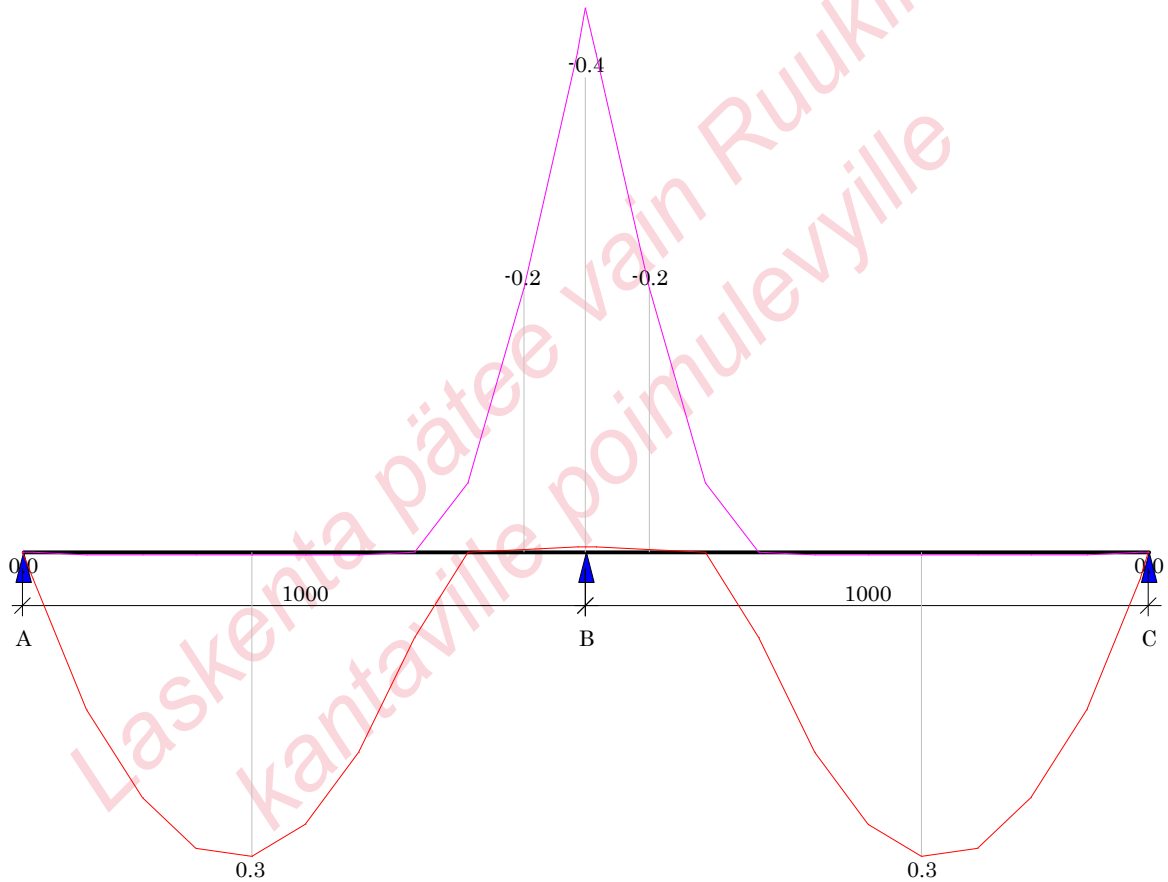
Tuulikuormat - ei kuormia

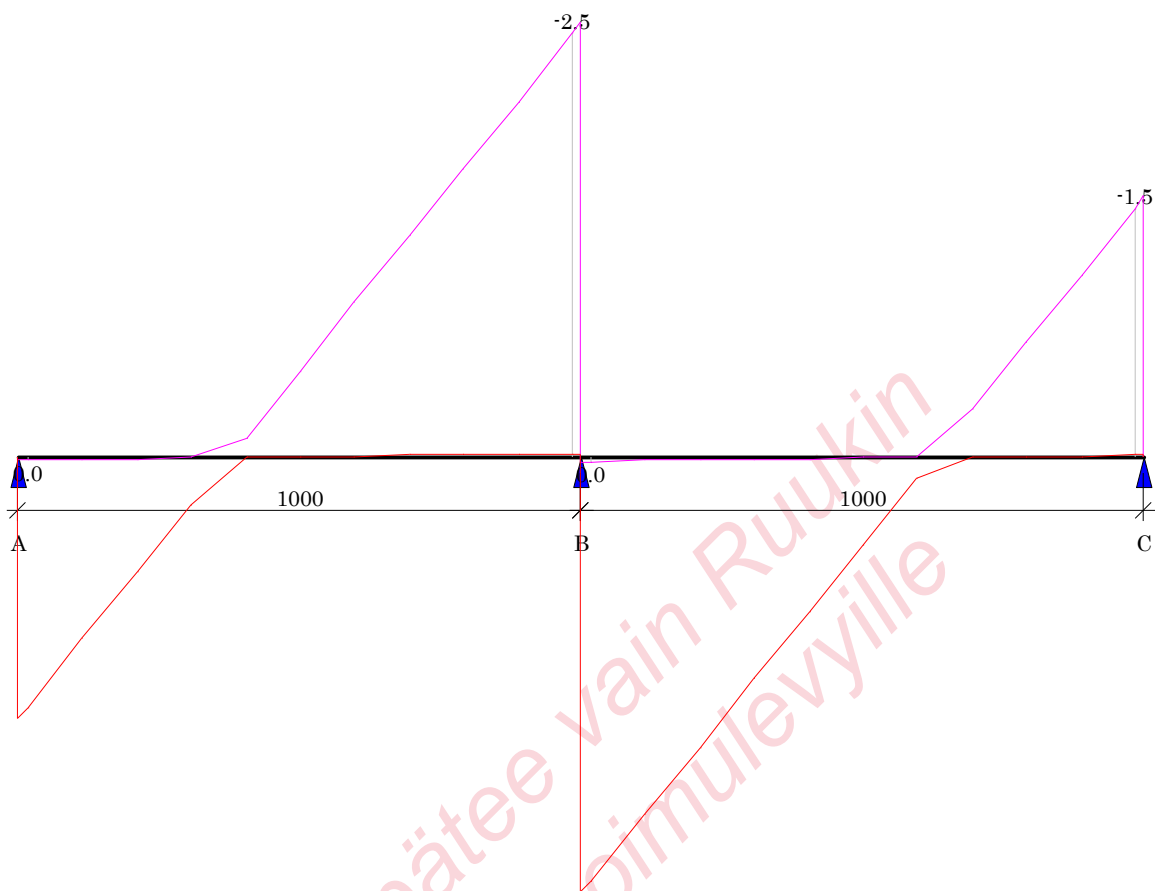
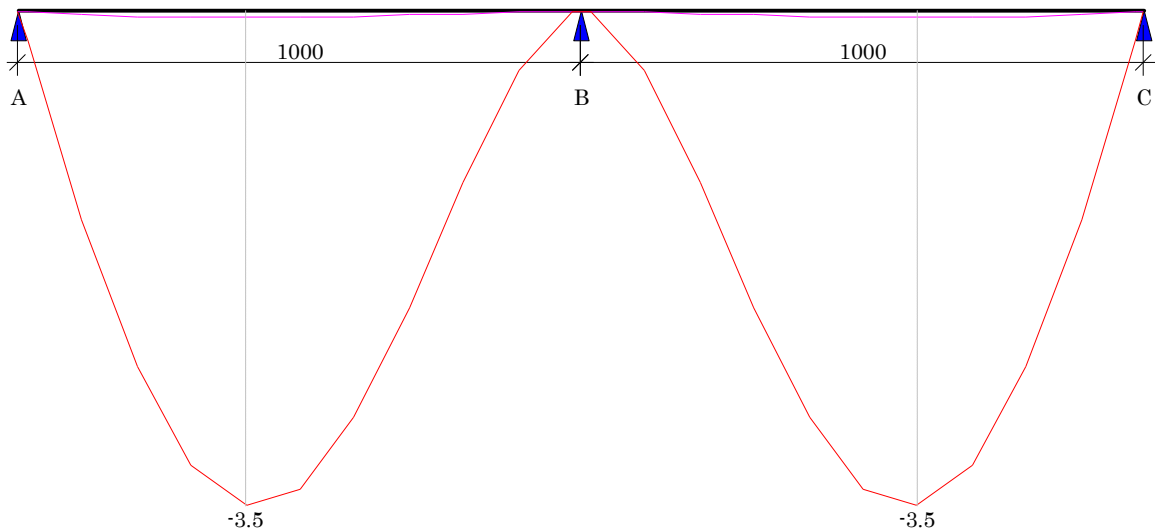
Hyötykuormat - ei kuormia

Kuormaosavarmuuskertoimet:	Murtorajatila			Käyttörajatila		
	Maks	Min	Yhd. ker	Maks	Min	Yhd. ker
Pysyvät kuormat:	1.15	0.90		1.00	1.00	
Lumikuormat:	1.50	0.00	0.70	1.00	0.00	0.70
Tuulikuormat:	1.50	0.00	0.60	1.00	0.00	0.60
Hyötykuormat:	1.50	0.00	0.70	1.00	0.00	0.70
Minimikuorma:	1.35 * Pysyvät kuormat					

*** STATIIKKALASKENNAN TULOKSET ***

Momenttikuvaaja [kNm/m]



Leikkausvoimakuvaja [kN/m]**Taipumakuvaaja [mm]**

* * * KESTÄVYYSLASKENNAN TULOKSET * * *

Käyttöasteet levyittäin

T20-42S-1070 Leveä laippa tukea vasten

Levy No	Paksuus/lujuus [mm]/[N/mm ²]	Kenttä [%]	Tuki [%]	Taipuma [%]	Levyvaikutus [%]
1	0.45/280	57.6	90.1	35.1	-

Suurin käyttöaste: 90.1 %
Mitoittava tapaus: Tukimomentti

Käyttöasteet jänteittäin

T20-42S-1070 Leveä laippa tukea vasten

Jänne/ Tuki	M [%]	R/V/N [%]	Interaktio [%]	Taipuma [%]
A	0.0	20.4 R	16.3 M+R	
1	57.6 (403)			35.1 (403)
B	90.1	30.0 R	85.8 M+R	
2	57.6 (597)			35.1 (597)
C	0.0	20.4 R	16.3 M+R	

(Suluissa mitoittavan kohdan sijainti jänteen vasemmasta päästä)

Suurin käyttöaste: 90.1 %
Mitoittava tapaus: Tukimomentti

Mitoitussuureet jänteittäin

Jänne/ Tuki	Momentti kNm/m		Pistekestävyys kN/m		Taipuma mm	
	Msd	Mc,rd	Fsd	Rw,rd	f	f,sall.
A	0.00	0.50	1.54	7.54		
1	0.29	0.50			-3.5	10.0
B	-0.45	0.50	5.12	17.04		
2	0.29	0.50			-3.5	10.0
C	0.00	0.50	1.54	7.54		

* * * KIINNIKKEIDEN MITOITUS * * *

Tukiruuvit

Tukipalkkien materiaali: Levy kiinnitetään teräspalkkiin
Tuen teräksen myötöraja: 355 N/mm²
Tuen seinämävahvuus: 3 mm
Ruuvien materiaali, tiiviste: Ruostumaton tiivisteellä
Ruuvien tyyppi: SX14/12-S16-5,5*38
Valmistaja: SFS intec Oy
Kiinnittimien lukumäärä/leveysmetri: 25 kpl/m

Tuki	Kpl/ alalaippa	Käyttöaste [%]	Vd [kN/m]	Fd [kN/m]	Fv [kN]	FvRd [kN]	Ft [kN]	FtRd [kN]	
A	1	6.3	0.3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.9	5
B	1	20.8	1.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.9	5
C	1	6.3	0.3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.9	5

Sivuttaislimitys

Ruuvien materiaali, tiiviste: Karkaistu
 Ruuvien tyyppi: SL2-4.8*20
 Valmistaja: SFS intec Oy
 Kiinnittimien lukumäärä/leveysmetri: 4 kpl/m

Jänne	kk [mm]	Käyttöaste [%]	Fv [kN]	FvRd [kN]
1	500	-		
2	500	-		

Mitoittava kriteeri: -5) Kallistus- ja reunapuristuskestävyys

*** LEVYLUETTELO ***

Poimulevy: T20-42S-1070

	Paksuus/Lujuus [mm]/[N/mm ²]	Pituus yhteensä [mm]	Paino yhteensä [kg]
1	0.45/280	2200	9.7

Laskenta pätee vain Ruuvien
kantaville Poimulevyille

Ruukki Construction
PROFIILIN LUJUUSLASKELMAT

Projektitiedot:

Tiedostonimi:
 F:\NoName.pb1

Mitoitusnormi: EC3 (ENV 1993)

*** PROFIIILIN YLEISTIEDOT ***

Profiili: Lipallinen Z-profiili
 ZI 18*50*200*50*18*2.0

Materiaalilujuus:			
Teräsmateriaali		kuumavalssattu	
S355 J2G3 C (Fe52D -03)		fyk	= 355.0 N/mm2
(EN10025/SFS200)		fuk	= 510.0 N/mm2
Plastinen laskentalujuus		fy	= 355.0 N/mm2
Aineosavarmuuskertoimet		gamma M0	= 1.10
		gamma M1	= 1.10

Geometriatiedot: (yksiaukkoinen rakenne)

Tuentatyyppi: Molemmat päät tuettu
 Jänneväli: L = 2150 mm

Kiinnitykset Tuki	Momenttikiinnitykset		Poikki pintapainuma- kiinnitykset [%]
	My [%]	Mz [%]	
A	0	0	0
B	0	0	0

Kiinnitysasteet: 0% = nivel
 100% = täysi kiinnitys
 0..100% = osittainen kiinnitys

*** PROFIIILIN KUORMAT ***

Kuormat suuntaan Z:

N:o	Tyyppi	Alkeiskuorma	F1	F2	F3	F4
1	Lumi:	Tasainen kuorma	2.80			

Kuormien sijainti vääntökeskiöstä: Kuormat vääntökeskiössä

Kuormat suuntaan Y: (Ei kuormitusta tähän suuntaan)

Kuormat suuntaan X: (Ei kuormitusta tähän suuntaan)

Kuormat suuntaan Vääntömomentti X-akselin ympäri: (Ei kuormitusta tähän suuntaan)

Ruukki Construction
PROFIILIN LUJUUSLASKELMAT

Kuormaparametrien F1, F2, F3 ja F4 selitys:

- Tasainen kuorma: F1 kuorman suuruus [kN/m]
F2, F3, F4 ei merkitystä
- Trapetsikuorma: F1 kuorman suuruus vasemmassa päässä [kN/m]
F2 kuorman suuruus oikeassa päässä [kN/m]
F3 kuorman vasemman pään etäisyys jänteen vasemmasta päästä [m]
F4 kuorman pituus [m]
- Pistekuorma: F1 kuorman suuruus [kN]
F2 ensimmäisen kuorman etäisyys jänteen vasemmasta päästä [m]
F3 pistekuormien lukumäärä [kpl]
F4 kuormien keskinäinen välimatka [m]
- Pistemomentit: F1 momentin suuruus vasemmassa päässä [kNm]
F2 momentin suuruus oikeassa päässä [kNm]
- Veto/puristusvoima: F1 normaalivoiman suuruus [kN]
- Vääntömomentit:
 - Jatkuva momentti: F1 vääntömomentin suuruus [kNm/m]
 - Pistemomentti: F1 vääntömomentin suuruus [kNm]
F2 ensimmäisen momentin etäisyys jänteen vasemmasta päästä [m]
F3 momenttien lukumäärä [kpl]
F4 momenttien keskinäinen välimatka [m]

Kuormaosavarmuuskertoimet:

- Pysyvä: 1.35
- Lumi: 1.50 (*0.50)
- Tuuli: 1.50 (*0.50)
- Muuttuva: 1.50
- Muu muuttuva: 1.50*0.50

Ruukki Construction
PROFIILIN LUJUUSLASKELMAT
***** KUORMITUSTAPAUKSET (YHDISTELYTIEDOT) *****

Kuormat suuntaan Z: Pinta 1

N:o	Tyyppi	Alkeiskuorma	Kerroin
1	Lumi:	Tasainen kuorma	1.50

Kuormat suuntaan Z: Pinta 2 (Ei kuormitusta tähän suuntaan)

Kuormat suuntaan Y: Pinta 1 (Ei kuormitusta tähän suuntaan)

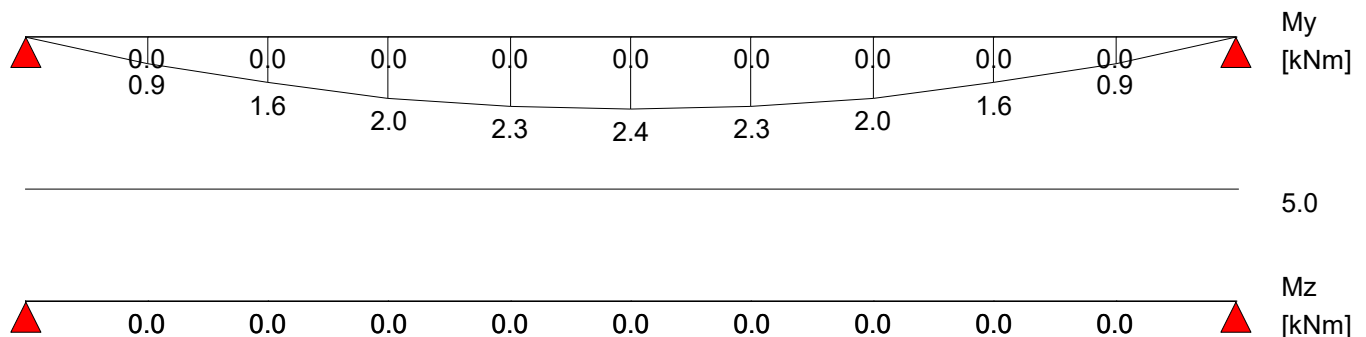
Kuormat suuntaan Y: Pinta 2 (Ei kuormitusta tähän suuntaan)

Yhdistelytapaus	Suunta Z	Suunta Y
A	Pinta 1	Pinta 1
B	Pinta 2	Pinta 2
C	Pinta 1	Pinta 2
D	Pinta 2	Pinta 1

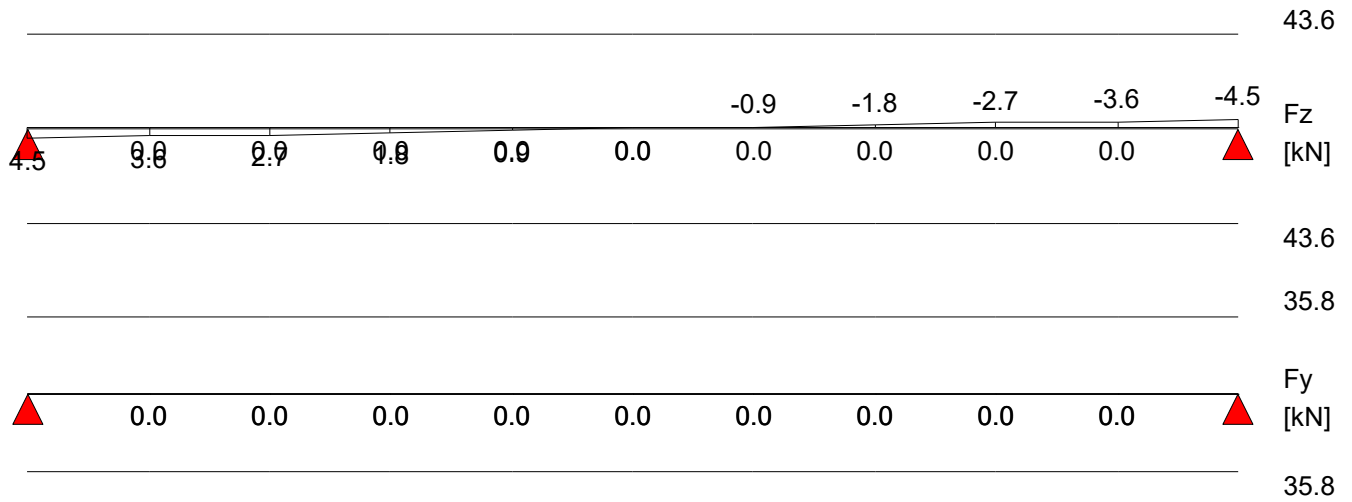
***** VOIMASUUREET *****

Leik- kaus	- Kuormat Z-akselin suuntaan -				- Kuormat Y-akselin suuntaan -			
	Pinta 1		Pinta 2		Pinta 1		Pinta 2	
	My1 [kNm]	Vz1 [kN]	My2 [kNm]	Vz2 [kN]	Mz1 [kNm]	Vy1 [kN]	Mz2 [kNm]	Vy2 [kN]
0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.9	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.6	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2.3	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2.0	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.6	-2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.9	-3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

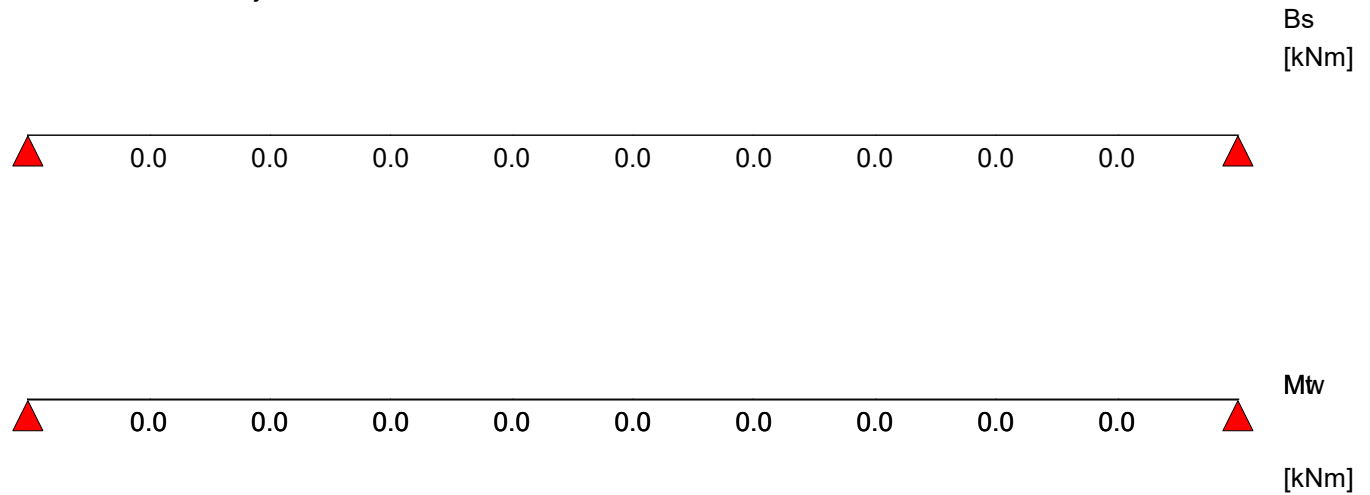
Momenttikuvaajat:



Leikkausvoimakuvajaat:



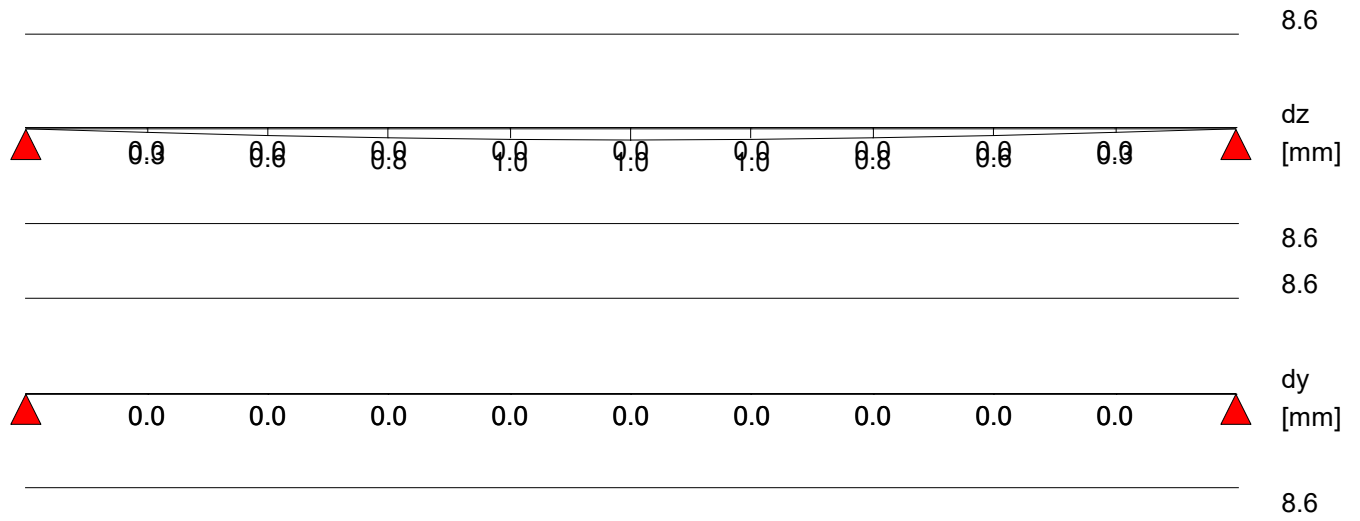
Vääntömomenttikuvajaat:



*** TAIPUMAT ***

Leikkaus	- Kuormat Z-akselin suuntaan -		- Kuormat Y-akselin suuntaan -	
	Pinta 1 dz1 [mm]	Pinta 2 dz2 [mm]	Pinta 1 dy1 [mm]	Pinta 2 dy2 [mm]
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.3	0.0	0.0	0.0
2	0.6	0.0	0.0	0.0
3	0.8	0.0	0.0	0.0
4	1.0	0.0	0.0	0.0
5	1.0	0.0	0.0	0.0
6	1.0	0.0	0.0	0.0
7	0.8	0.0	0.0	0.0
8	0.6	0.0	0.0	0.0
9	0.3	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0

Taipumakuvaajat:

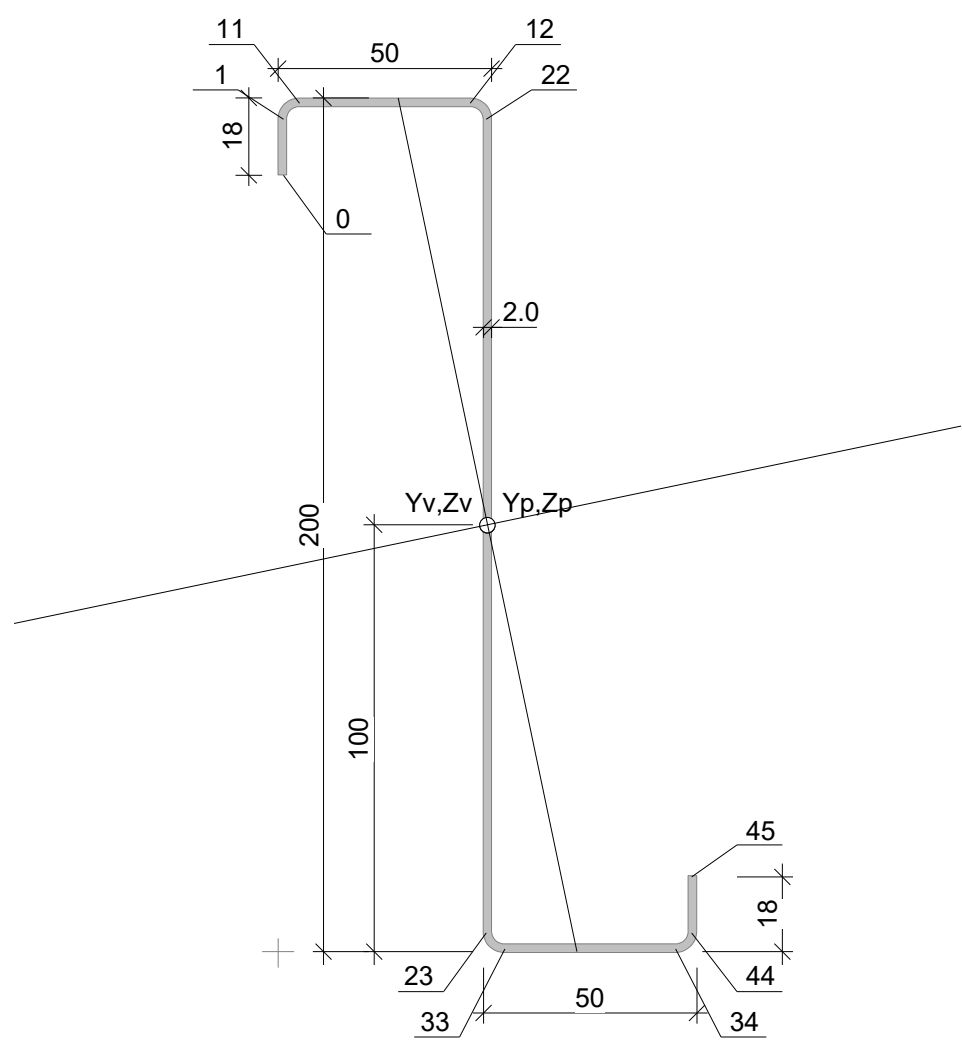


Ruukki Construction
PROFIILIN LUJUUSLASKELMAT

***** PROFIIILIN POIKKILEIKKAUSSUUREET *****

Profiili: Lipallinen Z-profiili
 ZI 18*50*200*50*18*2.0

Profiilin poikkileikkaus perusasennossa:



Sektor.koord.

0.	0.000E+00
1.	0.000E+00
11.	0.000E+00
12.	0.000E+00
22.	0.000E+00
23.	0.000E+00
33.	0.000E+00
34.	0.000E+00
44.	0.000E+00
45.	0.000E+00

Ruukki Construction
 PROFIIILIN LUJUUSLASKELMAT

Profiilin poikkileikkausarvot perusasennossa:

Pinta-ala ja metripaino

A = 6.424E+02 mm²
 G = 5.043E+00 kg/m

Vaipan pinta-ala

As = 6.464E-01 m²/m

Poikkileikkausarvot Y-akselin suhteen

I_y = 3.599E+06 mm⁴ S_y = 2.170E+04 mm³
 W_y = 3.599E+04 mm³ W_{ply} = 3.599E+04 mm³
 I_y = 7.485E+01 mm

Poikkileikkausarvot Z-akselin suhteen

I_z = 2.883E+05 mm⁴ S_z = 3.772E+03 mm³
 W_z = 5.883E+03 mm³ W_{plz} = 5.883E+03 mm³
 I_z = 2.118E+01 mm

Poikkileikkausarvot U-akselin suhteen

I_u = 3.749E+06 mm⁴ W_u = 3.504E+04 mm³
 I_u = 7.639E+01 mm

Poikkileikkausarvot V-akselin suhteen

I_v = 1.389E+05 mm⁴ W_v = 4.438E+03 mm³
 I_v = 1.470E+01 mm

Pääjäyhyysakselin kulma

alfa = 1.173E+01 °

Keskipakomomentti

I_{yz} = -7.190E+05 mm⁴

Painopisteen paikka

CG_y = 4.900E+01 mm CG_z = 1.000E+02 mm

Vääntökeskiön paikka

SG_y = 4.900E+01 mm SG_z = 1.000E+02 mm

Polaarinen jäyhyys säde

i_o = 7.779E+01 mm

Vääntöjäyhyydet

I_t = 8.565E+02 mm⁴ I_w = 2.159E+09 mm⁶

Kiepahdusvakiot

j_z = 5.502E-13 mm j_y = 2.285E-13 mm
 j_o = 2.285E-13 mm

Ruukki Construction
PROFIILIN LUJUUSLASKELMAT

*** KESTÄVYYKSARVOT ***

Poikkileikkauksen kapasiteetit (ei globaaleja stabilisuusilmiöitä)

Veto:	Nt.Rd	=	207.3 kN	A	=	6.424E+02 mm ²
Puristus:	Nb.Rd	=	122.0 kN	Aeff	=	3.781E+02 mm ²
Leikkaus:	Vy.Rd	=	35.8 kN	Av.y	=	1.920E+02 mm ²
Leikkaus:	Vz.Rd	=	43.6 kN	Av.z	=	3.960E+02 mm ²

Taivutus		+Kap		-Kap	
Kimmainen	Mb.y.Rd	=	10.0 /	10.0 kNm	
	Weffy	=	3.113E+04 /	3.113E+04 mm ³	
Kimmainen	Mb.z.Rd	=	1.7 /	1.7 kNm	
	Weffz	=	5.314E+03 /	5.314E+03 mm ³	
Plastinen	Mpl.y.Rd	=	11.6 /	11.6 kNm	
	Wply	=	3.599E+04 /	3.599E+04 mm ³	
Plastinen	Mpl.z.Rd	=	1.9 /	1.9 kNm	
	Wplz	=	5.883E+03 /	5.883E+03 mm ³	

Sauvan käyttöasteet lamelleittain

N:o	My	Mz	Vz	Vy	Mt	N,M	V,M	Tot
0	0.00 A	0.00 A	0.10 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.01 A	0.10 A
1	0.17 A	0.00 A	0.08 A	0.00 A	0.00 A	0.17 A	0.01 A	0.15 A
2	0.31 A	0.00 A	0.06 A	0.00 A	0.00 A	0.31 A	0.03 A	0.26 A
3	0.41 A	0.00 A	0.04 A	0.00 A	0.00 A	0.41 A	0.04 A	0.34 A
4	0.46 A	0.00 A	0.02 A	0.00 A	0.00 A	0.46 A	0.05 A	0.39 A
5	0.48 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.48 A	0.06 A	0.41 A
6	0.46 A	0.00 A	0.02 A	0.00 A	0.00 A	0.46 A	0.05 A	0.39 A
7	0.41 A	0.00 A	0.04 A	0.00 A	0.00 A	0.41 A	0.04 A	0.34 A
8	0.31 A	0.00 A	0.06 A	0.00 A	0.00 A	0.31 A	0.03 A	0.26 A
9	0.17 A	0.00 A	0.08 A	0.00 A	0.00 A	0.17 A	0.01 A	0.15 A
10	0.00 A	0.00 A	0.10 A	0.00 A	0.00 A	0.00 A	0.01 A	0.10 A

Mitoittava lamelli N:o 5.

Sijainti jänteen vasemmasta päästä 1075 mm.

Normaalivoiman käyttöaste 0.00

Normaalivoimakapasiteetit

	Ky	Lamda	fcr/fy	Aeff/A	NdRd
1* NEy =	1680.8	1.00	0.37	0.60	116.83
2* NEz =	62.3	1.00	1.91	0.85	39.86
3* NT =	171.4	1.00	1.15	0.71	74.05
4* NFT =	62.3	1.00	1.91	0.85	39.86

1* Nurjahdus Z-akselin suuntaan

2* Nurjahdus Y-akselin suuntaan

3* Vääntönurjahdus

4* Taivutusvääntönurjahdus

Ruukki Construction
PROFIILIN MATERIAALI- JA KUSTANNUSLASKENTALUETTELO

Projektitiedot:

Tiedostonimi:
F:\NoName.pb1

*** MATERIAALIMENEKIT ***

Profiili:	Lipallinen Z-profiili
	ZI 18*50*200*50*18*2.0
Materiaali:	S355 J2G3 C (Fe52D -03)
Profiilin pituus:	= 2150 mm
Profiilin paino:	= 10.84 kg

*** KUSTANNUKSET ***

Profiili:	3.50 mk/kg	17.65 mk/m
Kastosinkitys:	0.00 mk/kg	0.00 mk/m
Tehdasmaalaus:	0.00 mk/m ²	0.00 mk/m
Muu pintakäsittely:	0.00 mk/m ²	0.00 mk/m
Kustannukset yhteensä:	3.50 mk/kg	17.65 mk/m