



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOI  
INSENERITEADUSKOND  
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**TOOTMISHOONE AMORTISEERUNUD  
HORISONTAALTALADE VAHETAMISE  
MEHHANISEERIMINE**

**MECHANIZING THE REPLACEMENT OF AMORTIZED  
HORIZONTAL BEAMS IN PRODUCTION BUILDING**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Günther Põllumäe

Üliõpilaskood 211681MATM

Juhendaja: Toivo Tähemaa, kaasprofessor

(Tiitellehe pöördel)

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Günther Põllumäe

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Tootmishoone amortiseerunud horisontaaltalade vahetamise mehhaniseerimine,

mille juhendaja on kaasprofessor Toivo Tähemaa,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

22.05.2023

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

# TalTech Instituudi nimetus

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Günther Põllumäe, 211681MATM  
Õppekava, peeriala: MATM Tootearendus ja tootmistehnika  
**Juhendaja(d):** Kaasprofessor, Toivo Tähemaa, +372 509 1918  
**Konsultant:**

### Lõputöö teema:

Tootmishoone amortiseerunud horisontaaltalade vahetamise mehhaniseerimine  
Mechanizing the replacement of amortized horizontal beams in production building

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uute horisontaaltalade paigaldusvarustuse projekteerimine
2. Amortiseerunud horisontaaltalade eemaldamisvarustuse projekteerimine
3. Protsessi turvalisuse ja kiiruse tagamine

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö ülesande täpne püstitus	20.12
2.	Töö esimese etapi teostus	03.03
3.	Töö teise etapi teostus	28.04

**Töö keel:** Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "22"Mai 2023 a

**Üliõpilane:** Günther Põllumäe ..... ".....".....20.....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Toivo Tähemaa ..... ".....".....20.....a  
/allkiri/

**Konsultant:** ..... ".....".....20.....a  
/allkiri/

**Programmijuht:** ..... ".....".....20.....a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

# SISUKORD

EESSÕNA .....	7
SISSEJUHATUS .....	8
1 TÖÖ ESIMENE ETAPP – HORISONTAALTALADE PAIGALDAMINE.....	9
1.1 Hoone horisontaaltalade vahetamise täpsustav lähteülesanne .....	9
1.1.1 Tellija poolt etteantud uued kandetalad.....	10
1.1.2 Hoonesisesed piiravad tegurid.....	11
1.1.3 Hoonevälised piiravad tegurid .....	13
1.2 Vahelae kandetalade paigutusmeetodi valik .....	14
1.2.1 Paigutusmeetodi kontseptsioon 1 variant 1 .....	14
1.2.1. Paigutusmeetodi kontseptsioon 1 variant 2.....	15
1.2.2 Paigutusmeetodi kontseptsioon 2 .....	16
1.2.3 Paigutusmeetodi kontseptsioon 3 .....	16
1.2.4 Paigutusmeetodi kontseptsioon 4 .....	17
1.2.5 Paigutusmeetodi kontseptsioon 5 .....	18
1.2.6 Paigutusmeetodi kontseptsioon 6 .....	18
1.2.7 Paigutusmeetodi kontseptsioon 7 .....	19
1.2.8 Paigutusmeetodi valik .....	20
1.3 Talade paigaldusvarustuse projekteerimine .....	21
1.3.1 Talade installeerimise tõsteseadmed.....	21
1.3.2 Tugitalad uute horisontaaltalade ristisihiliseks liigutamiseks hoonesiseselt	22
1.3.3 Abitalad uute horisontaaltalade pikisihiliseks liigutamiseks hoonesiseselt..	24
1.3.4 Tugitalade toed .....	25
1.3.5 Horisontaaltalade paigalduse animatsioon .....	27
1.3.6 Tõstepunktid uutele horisontaaltaladele .....	29
1.4 Tugevusarvutused .....	30
1.4.1 Projekteeritud varustusele mõjuva jõu leidmine .....	30
1.4.2 Abitalade tugevusarvutused.....	31
1.4.3 Ajutiste abitalade tugevde FEM analüüs .....	32
2 TÖÖ TEINE ETAPP – AMORTISEERUNUD HORISONTAALTALADE EEMALDAMINE .....	35
2.1 Kandetalade eemaldusvarustuse projekteerimine.....	35
2.1.1 Ratastel liigutatav kelk.....	39
2.1.2 Ratastel liigutatav kelgu tööplatvorm.....	43
2.1.3 Modulaarse platvormi komponentide omavaheline ühendus .....	45
2.1.4 Amortiseerunud talade toestamine .....	47
2.1.5 Amortiseerunud tala eemaldamise animatsioonid .....	49
2.2 Tugevusarvutused .....	49

2.2.1 Tööplatvormi tugevusarvutused .....	50
2.2.2 Kelgu tugevusarvutused.....	51
3 Horisontaaltalade vahetamise projekti maksumus .....	54
KOKKUVÕTE .....	55
SUMMARY.....	56
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	58
LISAD .....	60
Lisa 1 – Ajutiste tugitalade materjalitabel.....	60
Lisa 2 – Uute horisontaaltalade paigaldamise fotod.....	62
GRAAFILINE OSA.....	65

## **EESSÕNA**

Magistritöö on tehtud tellimusprojekti raames koostöös Rootsi inseneribürooga. Projekt algas 2022. aasta augustis ning selle raames said tööd ka mitmed teised projekteerijad. Oma tööloõigu osas soovin erilist tänu avaldada kolleeg Andreas Albertile, kellega sain erinevaid lahendusvariante arutada.

Võtmesõnad: horisontaaltalade vahetus, teraskonstruktsioonhoone, kandestruktuuri vahetus, magistritöö

## SISSEJUHATUS

Hoonete renoveerimine on oluline, sest kaasnev negatiivne mõju keskkonnale on väiksem kui hoone lammutamisel ning uue ehitamisel. Kui ehitada uus hoone, mis on keskmisest 30% energiaefektiivsem, läheb siiski kuni 80 aastat, et ehitamisega kaasnev negatiivne mõju kliimale end ära tasuks. Seetõttu on oluline leida võimalusi olemasolevate hoonete renoveerimiseks. [1]

Magistritöö eesmärgiks on projekteerida metallitööstusettevõttele täislahendus, mis võimaldab välja vahetada 1960. aastatel ehitatud hoone amortiseerunud horisontaaltalad. Talade vahetus on vajalik hoone püsijäämiseks ning tootmise jätkamiseks. Töö tehases on pidev ning liinid seisatatakse ainult kindlaksmääratud hoolduspausidel, mis kestavad maksimaalselt 48 tundi ning teostatakse üks kuni kaks korda aastas. Protsessi katkestamine maksab arvutuslikult 150 000 kuni 200 000 eurot tund, mistõttu ei ole horisontaaltalade vahetuseks liinide seisakut planeeritud.

Horisontaaltalade vahetusprotsess on planeeritud kahe etapina. Esimese etapina paigaldatakse uued talad, peale mida kandub nendele hoone struktuuri hoidmine. Teise etapina eemaldatakse amortiseerunud talad ning uued horisontaaltalad seotakse omavahel poltliidesega, mis lisab struktuurile tugevust.

Töö raames pakutakse välja meetodid, kuidas uued talad hoonesse õigetele kohtadele viia ning ka vanad talad turvaliselt eemaldada. Seejuures võeti eesmärgiks luua modulaarne platvorm, et vältida tehase tööd takistavate tellingute kasutamist. Protsess kooskõlastatakse kliendi ja kohapealse paigaldusmeeskonnaga. Peale seda projekteeritakse vahetuseks vajalik varustus, teostatakse tugevusarvutused ja tootmisjoonised. Kohapealse töö hõlbustamiseks luuakse videoanimatsioonid, mis kajastavad projekteeritud varustuse kasutamist. Peale projekteerimist leitakse projekti kogu maksumus.

Projekteerimise sisendiks on 3D mudel, mis on loodud varasema projekti raames 1960. aastatel tehtud jooniste põhjal. Mudeli täpsust kinnitab keskkonnast tehtud 3D-laserskaneerimine, mille tulemusel on saadud täpne punktipilv. Modelleerimine ja jooniste koostamine on tehtud tarkvaras *Autodesk Inventor Professional 2023*. Tugevussimulatsioonid on läbi viidud tarkvaras *Autodesk Inventor Nastran 2023*.



# **1 TÖÖ ESIMENE ETAPP – HORISONTAALTALADE PAIGALDAMINE**

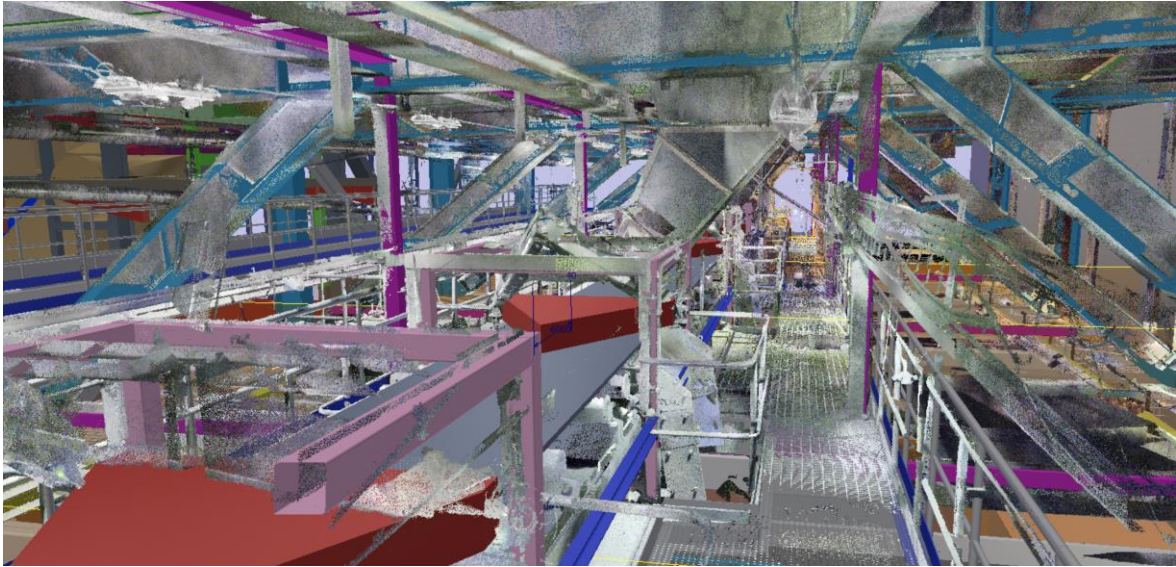
Eesmärk on leida viis, kuidas hoonesse viia uued kandetalad paigalduspositsioonidesse. Peatükis kirjeldatakse lähteülesannet, sisendit ja takistavaid tegureid, millega tuleb arvestada lahenduse väljatöötamisel. Seejärel pakutakse erinevaid võimalikke paigalduslahendusi ning leitakse sobivaim. Valiku tegemisele järgneb paigaldusvarustuse projekteerimine. Projekteeritud lahendusele teostatakse tugevusarvutused kinnitamaks lahenduste sobivust.

## **1.1 Hoone horisontaaltalade vahetamise täpsustav lähteülesanne**

Ülesandeks on viia hoonesse sisse eelnevalt valmis projekteeritud uued horisontaaltalad (talade kirjeldus punktis 1.1.1). Ruumipuudusest tingituna ei ole võimalik paigaldada sinna piisava jõudlusega tõstesüsteemi, mistõttu on tarvis luua ajutine lahendus talade paigaldamiseks. Kliendi teostatud turu-uuringust selgus, et sobivat lahendust leida ei ole, mistõttu otsustati lahendada antud probleem projekteerimise teel.

Töötati välja moodus, kuidas viia talad lähtepositsioonist kindlaks määratud paigalduspositsioonidele, mis tuli kooskõlastada kliendi ning monteerimismeeskonnaga. Meetodi väljatöötamisel tuli arvestada hoone väliste ja siseste piiravate tingimustega (piiravad tingimused kirjeldatud punktides 1.1.2 ja 1.1.3). Lahendus kooskõlastati koosolekute vormis, kus tutvustati paigaldusmeeskonnale väljatöötatud lahendusi ning meeskond andis tagasisidet, mida tuli projekteerimisel arvestada.

Töö alguseks oli olemas mittetäielik mudel, mida projekteerimise alguses täiustati. Mudeli koostamise aluseks olid 1960. aastatel koostatud joonised ning punktipilv. Punktipilve skaneerimisel on kasutatud Faro Focus M70 laserskannerit, mille ühe mõõtepunkti täpsuseks on  $\pm 3$  mm. Mudel koos punktipilvega on kuvatud seel 1.1.

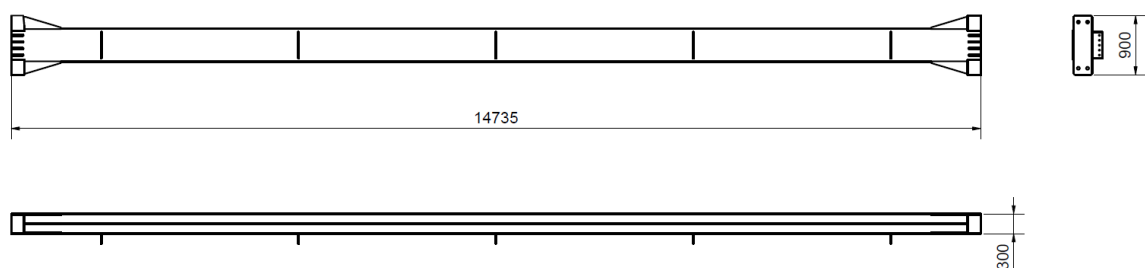


Sele 1.1 Keskkonna mudel koos punktipilvega

Selel 1.1 on vaade konveierplatvormilt. Taustal on näha sinisega hoone kandetalad koos lisakonstruktsiooniga ning lillaga konveierraami tugesid, mis on ühendatud lakke. Antud mudel koos punktipilvega olid aluseks talade vahetusprotsessi projekteerimisele.

### 1.1.1 Tellija poolt etteantud uued kandetalad

Töö sisendiks olid koostööpartneri poolt projekteeritud uued kandetalad. Tala koos gabariitmõõtmega on kuvatud seel 1.2.



Sele 1.2 Uue kandetala kolmvaade mõõtudega (14735 x 900 x 300 mm)

Talade materjaliks on EN1.4462 roostevaba teras. Valitud dupleks roostevaba teras omab kõrgemat tugevust ning paremat vastupidavust korrosioonile võrreldes tavalise EN1.4301 terasega. Tala koosneb kahest 500 x 150 x 10 mm U-talast, mis on omavahel kokku keevitatud. Tala otstesse on projekteeritud kinnitused, mille abil kinnitatakse talad hoone külge. Tala ühel küljel on plaadid, mis on mõeldud kahe uue tala

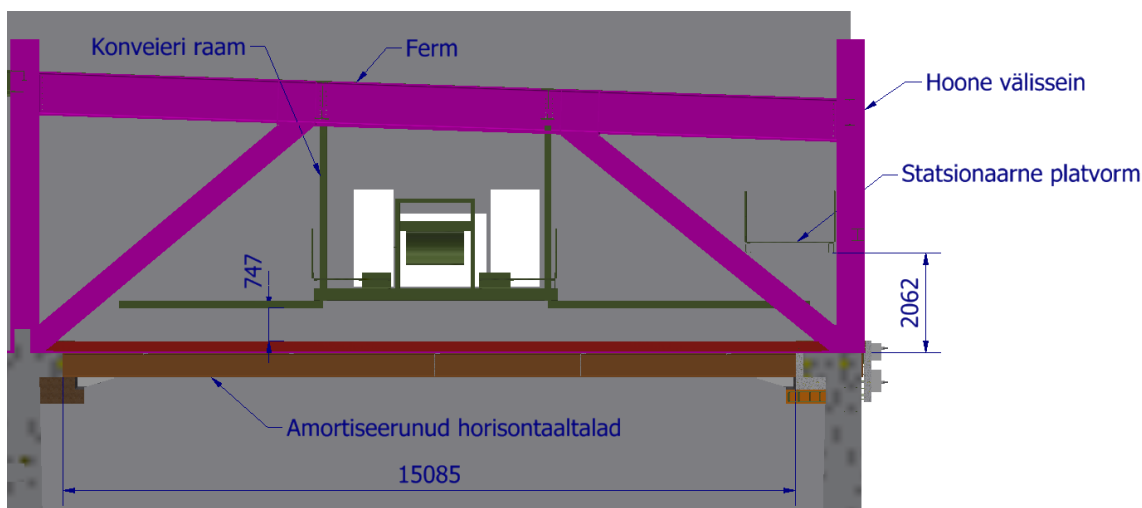
omavaheliseks ühendamiseks. Uued talad on mõeldud vana horisontaaltala mõlemale küljele ning peale amortiseerunud tala eemaldamist ühendatakse kaks uut tala plaatide abil. Plaatidega talade ühendamine annab täiendava tugevuse kandvale struktuurile. Ühe uue horisontaaltala mass on 2543 kg. Töö raames projekteeriti talade paigalduseks vajalikud hiljem eemaldatavad tõstekõrvad. [2]

### 1.1.2 Hoonesised piiravad tegurid

Hoonesisesteks piiravateks teguriteks on põrandapinna kasutamatus, hoone ülaosas töötav konveier ning seal paiknevad kandvad struktuurid. Horisontaaltalad asuvad hoone ülemises osas, mille mõõtmed on 49 x 15 x 14 m (pikkus, laius, kõrgus). Talad paiknevad konveieri all 0,75 m kaugusel.

Hoone põrandapind ei ole kasutatav, kuna seda kasutatakse konveierilt kukkuva tooraine ladustamiseks. Hoone ülemises osas keskel paikneb omakorda katkematult töötav konveier (selel 1.3 roheline).

Laes paikneb profiilidest struktuur, mis on talade vahetuse hõlbustamiseks kasutatav. Hoone välisseinas asub statsionaarne platvorm, mida töö raames ei ole lubatud eemaldada. Hoone ristlõige on kuvatud selel 1.3.

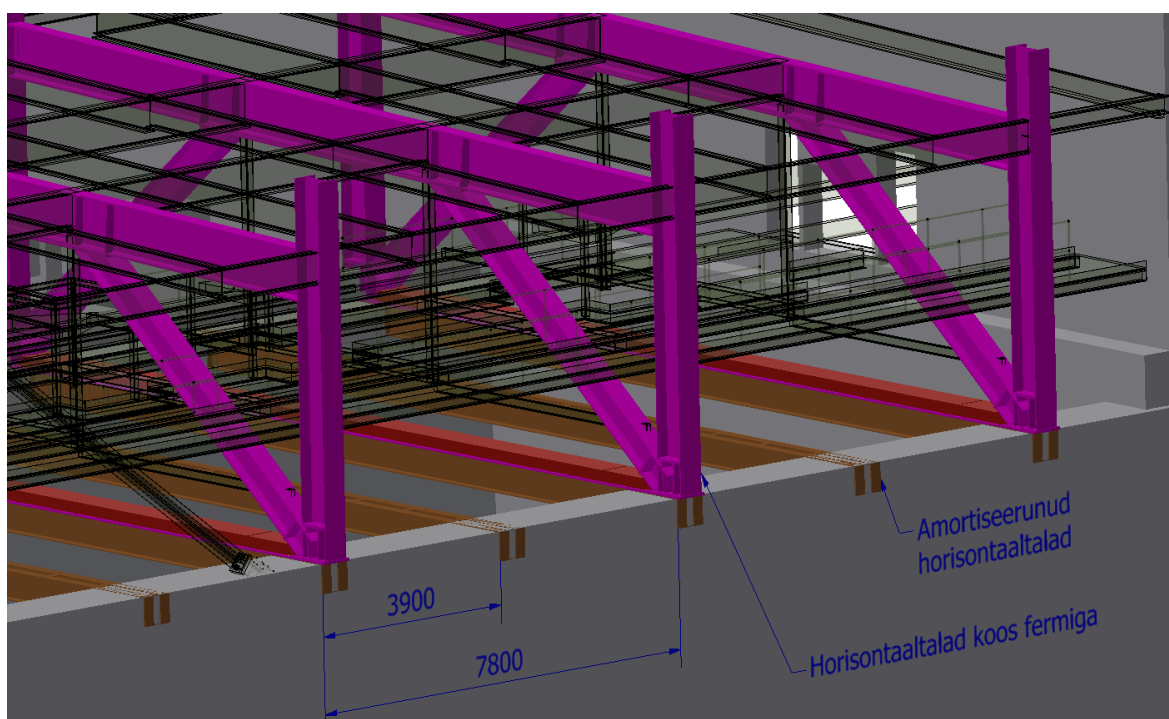


Sele 1.3 Hoone ristlõige koos piiritlevate mõõtmetega

Selel 1.3 on näidatud mõned olulisemad paigaldamist piiritlevad mõõtmed ning hoone välissein. Betooni servast kuni platvormi alumise otsani on 2062 mm. Piki hoonet talade liigutamiseks on ruumi 0,75 m konveieri raami alumisest otsast kuni vanade

horisontaaltalade ülemise otsani. Monteerimiseks on ehitatud horisontaaltalade alla tellingud, mis abistavad uute talade installerimist. Hoone kohal tõsteseadmed puuduvad ehk kogu tõstmine tuleb teostada töö käigus projekteeritud varustusega.

Praegune hoone kandestruktuur koosneb kahte sorti ligikaudu 15 m pikkustest kandevkonstruktsioonidest: kahest mark 500 I-talast ning polditud metallfermiga samadest mark 500 I-taladest, mis on paigutatud kindla sammuga (vastavalt 3,9 m ja 7,8 m piki hoonet) vahedega risti üle hoone. Amortiseerunud horisontaaltaladena (selel 1.4 märgitud pruuniga) on kasutuses kaks 500 I-tala, mis on omavahel keevsliite abil plaatidega ühendatud. Metallferm on kuvatud selel 1.4 roosaga.



Sele 1.4 Hoone kandestruktuur

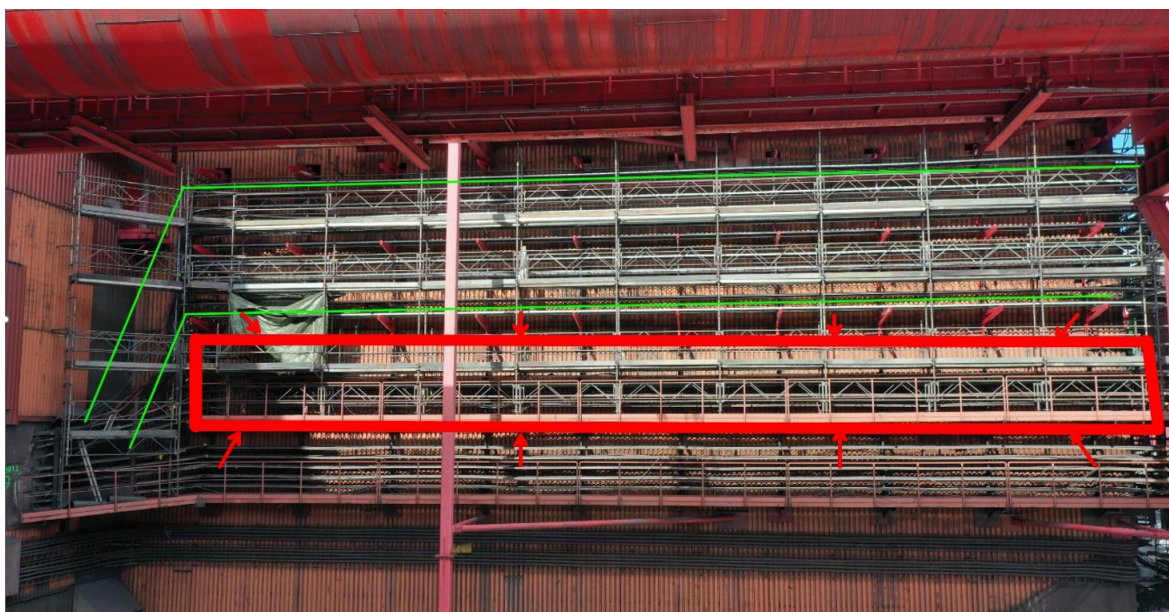
Kirjeldatud struktuur omab olulist rolli hoone püsijäämiseks. Horisontaaltalade väljavahetamiseks tuleb esmalt installeerida uued talad ning seejärel saab eemaldada amortiseerunud talad - selliselt toimides saab olla kindel, et hoone jääb püsima.

Hoone siseselt on uute kandetalade kohaletoimetamiseks kaks varianti – konveierliini algusest või -lõpust. Konveierliini algus on tootmishoone keskel, mis tähendab, et sinna pole võimalik sõidukitega ligi pääseda ning talasid läbi hoone vedada ei ole samuti mõistlik. Konveierliini lõpu läheduses on sissepääs, millest on võimalik tõstukiga siseneda, kuid enne amortiseerunud talasid on põrand, mis mõeldud kandma vaid inimesi ehk pole piisavalt tugev, et sinna tõstukiga peale sõita. See tähendab, et talad

saaks küll hoonesse sisse, kuid põranda ning puuduvate tõsteseadmete tõttu jääksid need paigalduskohast kaugemale. Seetõttu tuleb leida parem viis talade sisse viimiseks.

### 1.1.3 Hoonevälised piiravad tegurid

Kuna hoonesisest on keeruline uued talad õigetesse positsioonidesse saada, vaadeldakse ka hoone väliseid piiravaid tegureid. Välissein horisontaaltalade vahetus läheduses on plekist ning asub sisehoovis, kuhu on võimalik kraanaga ligi pääseda. Kliendi ning monteerimismeeskonnaga arutamise tulemusena leiti, et see on parim lahendus talade hoonesse viimiseks. Välissein on maapinnast umbes 14 m kõrgusel. Installatsiooniks on kasutada tõstepoomiga kraana. Monteerimist piiravad hoone seina läheduses paiknevad torud ning seina ääres olevad kaabliliinid. Hoone välissein on kuvatud seel 1.5.



Sele 1.5 Uute talade installeerimise koht hoone välisseinal

Seel 1.5 on tähistatud rohelisega kaabliliinid, mida ei ole võimalik eemaldada. Punasega on tähistatud kaablid, mis eemaldatakse montaažiks. Arvestada tuleb ka kaabliliinide kohal oleva torustikuga (seel 1.5 punane). Kirjeldatud olukord seab piiranguid kraana liikumisele - see saab liikuda maksimaalselt seinani, kuid mitte hoonesse sisse. Kirjeldatud piirangutes kraana toimimist simuleeriti videoanimatsioonide käigus.



## **1.2 Vahelae kandetalade paigutusmeetodi valik**

Alapeatükis on välja toodud talade paigaldamise meetodid ning on teostatud meetoditele hindamismatriks. Välja pakuti seitse kontseptsiooni. Esimesele kontseptsioonile kaaluti täiendavalt ühte varianti.

Uued horisontaaltalad, mis on ligi 15 m pikad, tuleb hoonesse viia mõlemale poole amortiseerunud kandetalasid. Varasemalt sai kliendiga kokku lepitud, et talad tuleb sisse viia läbi välisseina, kus on ruumi 2 m statsionaarse platvormi ning betoonserva vahel. Amortiseerunud talade kohal 0,75 m kõrgusel asub piki hoonet pidevalt töötav konveier, mille alt peavad uued talad läbi mahtuma. Hoones ei ole ühtegi tõsteseadet, kõik vajaminev varustus tuleb töö käigus projekteerida.

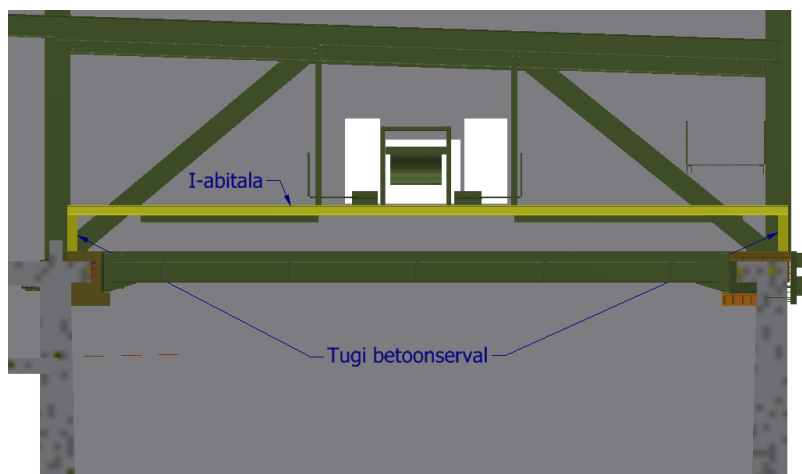
Esimese kuue kontseptsiooni puhul lähtutakse sarnaselt. Talad plaanitakse lükata läbi välisseina (risti konveieriga) ning paigaldada ettenähtud kohtadesse kelkude abil. Plaan on tekitada I-talade abil kahesihiline liikumine.

Kontseptsioon nr 7 töötati välja projektiväliste kolleegide toel. Kolleegidele ei antud varem mõeldu kohta sisendit eeldusel, et tekiks täiesti uued lahendused. Lahendus, mille peale tuldi, on projekteerimise mõttes kõige lihtsam.

Enamik meetoditel kasutatakse uue kandetala paigaldamiseks abikonstruktsioone, mida antud töös nimetatakse edaspidi ajutisteks tugitaladeks.

### **1.2.1 Paigutusmeetodi kontseptsioon 1 variant 1**

Kaaluti lahendust, mis koosneb kolmest ajutisest tugitalast. Pikim 14 m I-tugitala paigutatakse risti konveieriga, mis on ühendatud raami alumisele küljele. Hoone seinte äärtesse, ajutiste tugitalade alla, paigutatakse toed, mis toetuvad betoonservale. Uus horisontaaltala kantakse esmalt pikima tugitala abil üle hoone ning seejärel saab betoonserval asuvate tugevdega abil asetada kandetalad ettenähtud positsioonidele. Ajutine tugitala kinnitatakse keevisliite abil konveieri raami külge ning otstesse tehakse talale toed, mis toetuvad betoonservale. Seel 1.6 on kuvatud konsteptsioon hoone ristlõikest vaadatuna.

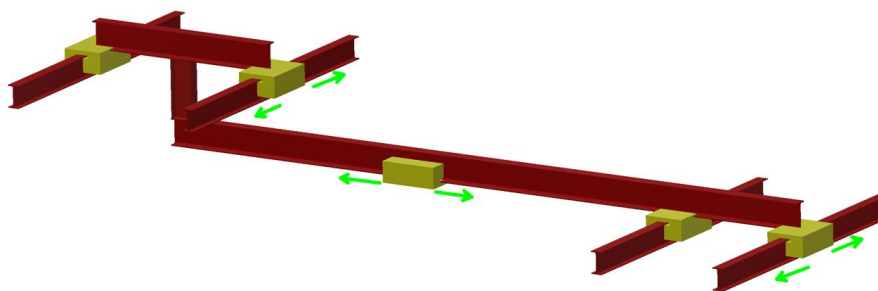


Sele 1.6 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 1 variatsioon 1

Lahenduse eeliseks on kasutatavuse lihtsus ja detailide vähesus. Puudujäägiks on mobiilsuse puudumine. Uue horisontaaltala pikisihiline liigutamine on teostatav ainult kinnitatud ajutise tugitala vahetus läheduses. Täispikkuses konveierraami alla kinnitatav ajutine tugitala võtab ära palju ruumi, mis tähendab, et võib-olla peab kandetala transportima horisontaalses asendis, mis toob kaasa lisategevusi enne tala paika saamist. Tala hoone pikisihiliseks liigutamiseks tuleb horisontaaltala raskus üle anda ühelt abitala kelgult teisele, mis on ohtlik tegevus.

### 1.2.1. Paigutusmeetodi kontseptsioon 1 variant 2

Esimese variandi ohtude elimineerimiseks töötati välja ajutiste tugitalade otstesse lisakonstruktsioon. Tänu tekkinud katkematule ühendusele saab uut horisontaaltala lihtsamini liigutada hoone pikisihiliselt. Mõlemasihiline liigutamine toimub samuti kelkude abil. Selal 1.7 on punasega kuvatud ajutiste tugitalade konstruktsioon, kollasega sellel liikuvad kelgud ning nooltega liikumissuunad.

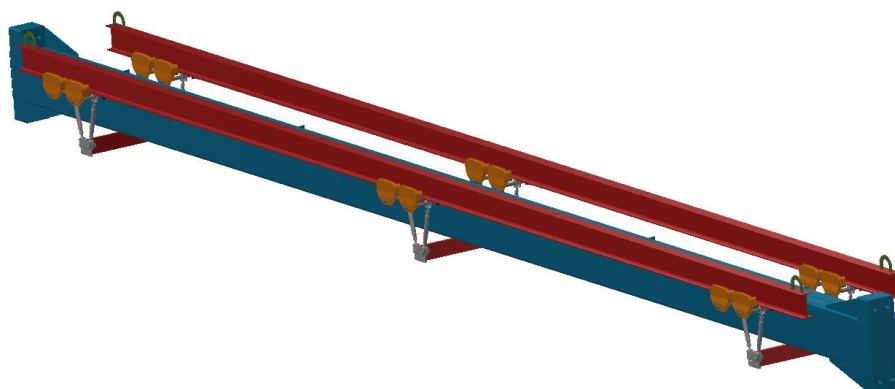


Sele 1.7 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 1 variatsioon 2

Lahenduse eeliseks on piki ning risti hoonet liigutamise võimalikkus ning asjaolu, et massi ei pea keldude vahel üle kandma. Puudujäägiks konstruktsiooni keerukus ning ruumipuudulikkus.

### **1.2.2 Paigutusmeetodi kontseptsioon 2**

Kaks ajutist tugitala asetatakse risti üle hoone. Mõlemad tugitalad on juhikuks liikuvatele tugedele. Toed on vandipingutite ja keldudega ühendatud tugitalade külge ning neid saab vastavalt vajadusele juurde lisada. Ajutiste tugitalade peale on kinnitatud tõstekõrvad, läbi mille kogu konstruktsiooni üleval hoitakse ning vajadusel ka liigutatakse. Uus horisontaaltala toestatakse tugede abil ning juhatakse õigetele positsioonidele. Seejärel vandipinguteid pikendades saab horisontaaltala installeerimispositsioonile asetada. Selal 1.8 on punasega kuvatud kontseptsiooni abitalade konstruktsioon ning sinisega uus horisontaaltala.



Sele 1.8 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 2

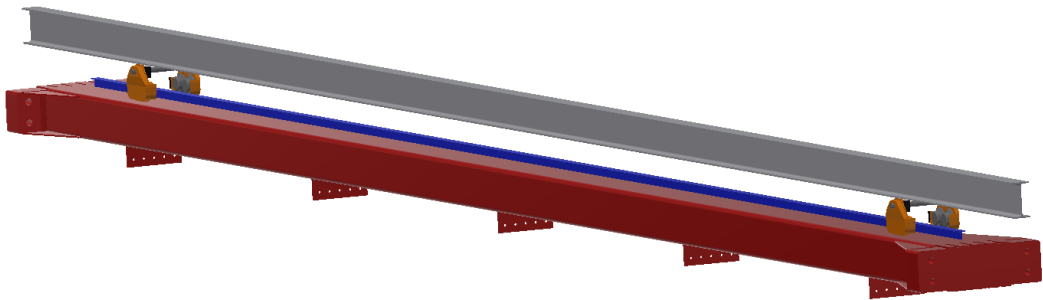
Kontseptsiooni eeliseks on selle lihtsus, mobiilsus ja maksumus. Puudujäägiks on suur mass, mida tuleb toetada. Fermi all paiknevat horisontaaltala antud kontseptsiooniga vahetada ei ole võimalik ning samuti on kõrguse reguleerimine väga aeganõudev.

### **1.2.3 Paigutusmeetodi kontseptsioon 3**

I-tugitala paigutatakse risti üle hoone, mida kasutatakse keldude juhikuna. Selal 1.9 punasega märgitud uus kandetala keeratakse ruumi kokkuhoidmiseks sisseviimisel



horisontaalseks. Uue horisontaaltala külge keevitatud I- või T-tala saab kasutada juhikuna tala liigutamiseks (selel 1.9 sinine).



Sele 1.9 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 3

Kontseptsiooni eelisteks on selle lihtsus ja maksumus. Puuduseks on tala ringikeeratavuse keerukus ning talale ettenähtud kohta paigaldatavus.

#### 1.2.4 Paigutusmeetodi kontseptsioon 4

Järgmise kontseptsioonina kaaluti valmislahendust tootjalt Konecranes. Idee oli sarnane eelmiste kontseptsioonidega, kuid seekord kasutataks tala ristisihiliseks liigutamiseks töökohakraanat. Kaalutud Konecrane mudel on kuvatud selel 1.10.

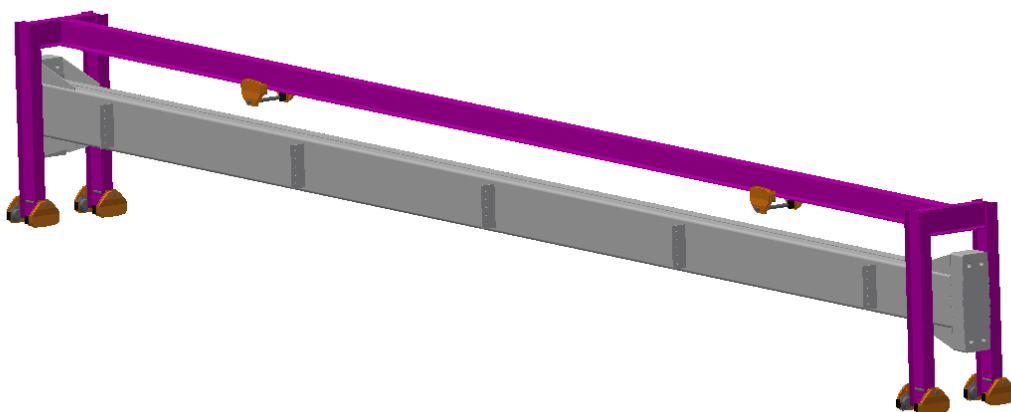


Sele 1.10 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 4 Konecranelt

Kirjeldatud lahendus oleks hea installeerida täislahendusena ning võtaks kõige vähem ruumi. Samuti tuleb antud toode kinnitusklambritega. Kahjuks ei ole tootjal nõutavatele tingimustele lahendust pakkuda.

### 1.2.5 Paigutusmeetodi kontseptsioon 5

Viienda lahendusena sooviti ära kasutada piki hoonet paiknevaid vanu I-talasisid. Idee seisnes selles, et ehitada mobiilne raam olemasolevate talade peale, mida saab piki hoonet liigutada. Risti üle hoone tuleks panna üks I-tala, mille küljes on kelgud ning tala otstesse projekteerida rullikute peal olevad raamid. Rullikute abil saab raami liigutada piki hoonet ning kelgu abil saab kandetala viia üle hoone. Kirjeldatud kontseptsioon on kuvatud seel 1.11.

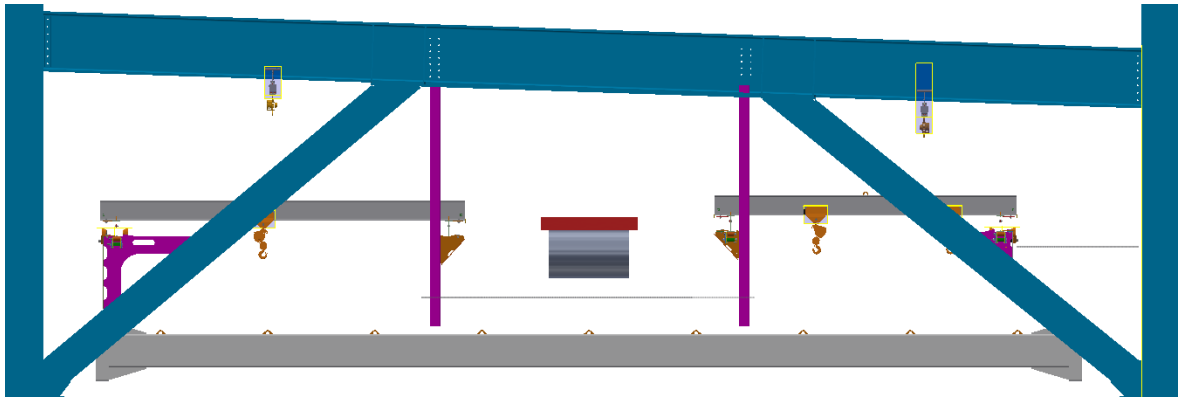


Sele 1.11 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 5

Kontseptsioon oleks väga mobiilne ja saaks kasutada kogu hoone ulatuses. Vanad talad, mis oleks lahenduseks kasutatavad, on samuti amortiseerunud, mis tähendaks, et need tuleks asendada ning antud kontekstis pole see mõistlik. Samuti oleks probleemiks talade paika asetamine, sest selleks peaks tala läbi loodava rakise liikuma ning samuti jääksid ette hoone seinte ääres paiknevad vanad talad.

### 1.2.6 Paigutusmeetodi kontseptsioon 6

Järgmise lahendusena kaaluti olukorda, kus kasutatakse ära fermid. Fermi külge projekteeritakse toed, kuhu peale saab asetada piki hoonet paiknevad I-tugitalad. Nimetatud taladel oleks kaks funktsiooni: olla juhikuks kelgule, millega saab talasisid liigutada piki hoonet ning olla tugevaks taladele, mis on horisontaaltalade risti üle hoone liigutamise juhikuks. Kontseptsioon koosneks kuuest I-talast, mis on kõik liigutatavad ning tugevdest, mis on paigaldatud konveierraami ja fermide külge keevisliitega. Kontseptsioon on kuvatud seel 1.12, kus halliga on kuvatud risti hoonet paiknevad ajutised tugitalad, oranži ja roosaga on kuvatud tugitalade toed.

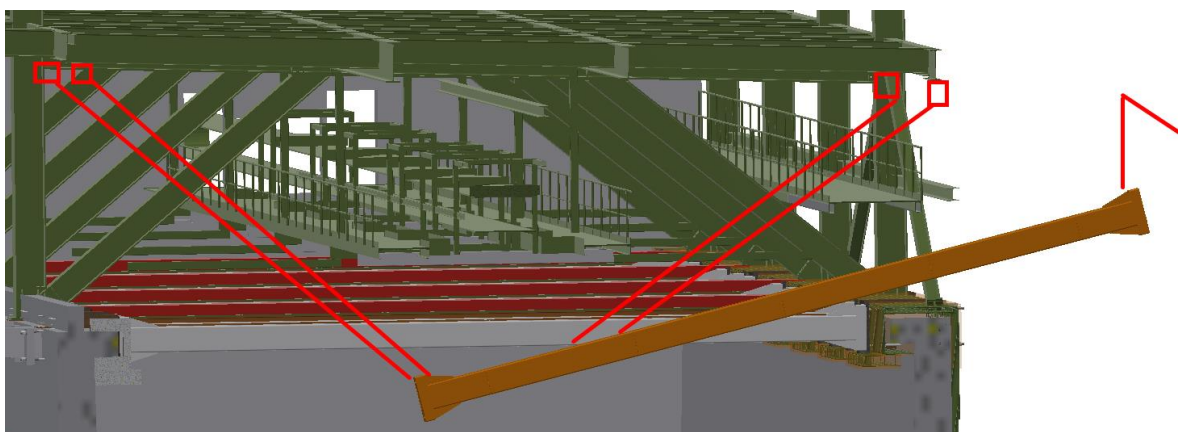


Sele 1.12 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 6

Kontseptsiooni eelis seisneb selle lihtsuses ja mobiilsuses. Samuti on lahendus väga töökindel ning võimaldab horisontaaltala liigutada hõlpsasti igas sihis. Puudujäägiks on materjali kulu, sest võrreldes teiste kontseptsioonidega on selle lahenduse puhul vaja kasutada palju rohkem materjali.

### 1.2.7 Paigutusmeetodi kontseptsioon 7

Plaan oleks kasutada umbes nelja telfrit, mis tuleks paigutada ühte fermide vahesse erinevatesse nurkadesse. Ühtede telfrite pingutamise ja teistelt pingete mahavõtmisega oleks teoreetiliselt võimalik talad saada nii üle hoone kui ka piki hoonet. Tegemist oleks kolmedimensioonilise liigutamisega, mille mobiilsus on kõige suurem, kuid sellega kaasnevad ka suuremad riskid. Selel 1.13 on kuvatud kontseptsiooni visand.



Sele 1.13 Talade paigaldamise abivahendite kontseptsioon 6

Lahenduse eeliseks on selle lihtsus ja sellest tulenev paigalduskiirus. Vaja oleks kõigest

nelja telfrit, mida saab hiljem liigutada erinevate fermide vahel. Puudujäägiks on vajaminev täpsus ja koordineerimisoskus ning sellest tulenev suur turvalisuse risk.

### 1.2.8 Paigutusmeetodi valik

Valiku tegemiseks koostati hindamismaatriks, kuhu koondati kõik väljapakutud kontseptsioonid (K1.1 – K7) ning võrreldi neid. Valiku tegemisel hinnati kontseptsioone kuue kriteeriumi alusel, milleks olid ohutus, maksumus (odavus), süsteemi lihtsus, mugavus, mobiilsus ja kiirus. Nimetatud kriteeriumeid hinnati skaalal 1 – 10, kus hinne „1“ on sobimatu ja hinne „10“ on väga sobiv antud kontekstis. Igale kriteeriumile määrati osakaal selliselt, et osakaalude summeerimisel saadi kokku „1“. Peale maatriksi koostamist suheldi kliendi ja monteerimismeeskonnaga ning leiti kõige sobivam lahendus. Hindamismaatriks on kuvatud tabelis 1.1.

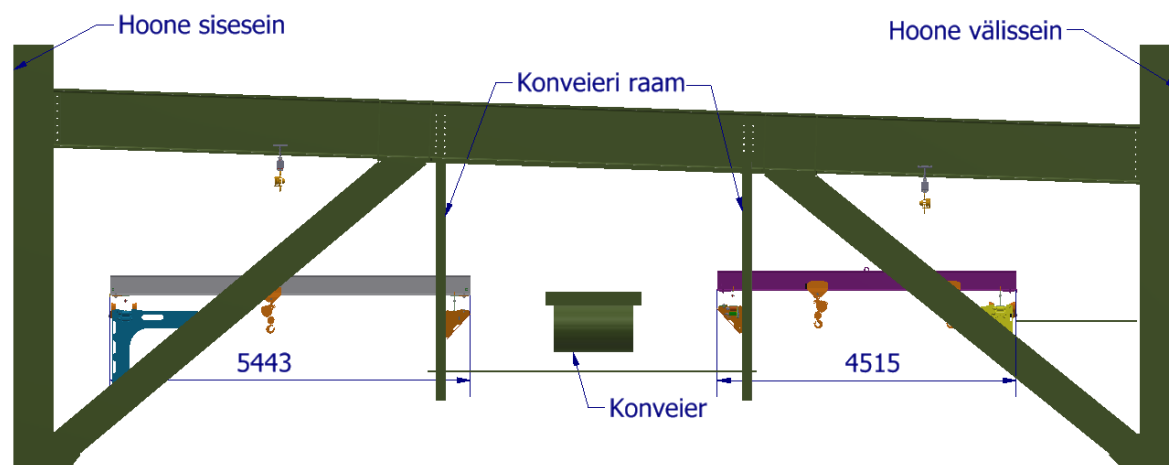
Tabel 1.1 Kontseptsioonide hindamismaatriks

Jrk nr	Kriteerium	Ohutus	Hind	Lihtsus	Mugavus	Mobiilsus	Kiirus	Kokku
	Kaal	0,3	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	1
K 1.1	Hinne	7	8	8	6	1	1	
	Skoor	2,1	1,6	1,2	0,9	0,1	0,1	<b>6</b>
K 1.2	Hinne	6	7	7	7	1	2	
	Skoor	1,8	1,4	1,05	1,05	0,1	0,2	<b>5,6</b>
K 2	Hinne	6	7	7	9	5	3	
	Skoor	1,8	1,4	1,05	1,35	0,5	0,3	<b>6,4</b>
K 3	Hinne	4	9	5	3	8	7	
	Skoor	1,2	1,8	0,75	0,45	0,8	0,7	<b>5,7</b>
K 4	Hinne	1	6	7	1	7	5	
	Skoor	0,3	1,2	1,05	0,15	0,7	0,5	<b>3,9</b>
K 5	Hinne	3	6	7	2	8	8	
	Skoor	0,9	1,2	1,05	0,3	0,8	0,8	<b>5,05</b>
K 6	Hinne	8	8	8	7	9	6	
	Skoor	2,4	1,6	1,2	1,05	0,9	0,6	<b>7,75</b>
K 7	Hinne	2	10	10	5	10	10	
	Skoor	0,6	2	1,5	0,75	1	1	<b>6,85</b>

Kõige enam sai punkte kontseptsioon 6. Montaaži meeskonnaga kooskõlastades leiti, et enim punkte kogunud lahendus oleks ka neile sobivaim, seega otsustati sellega jätkata. Lahenduse projekteerimine on kirjeldatud alapeatükis 1.3.

## 1.3 Talade paigaldusvarustuse projekteerimine

Tööd alustati olemasoleva hoone mudeli täiendamisega. Selleks võrreldi punkttilve ja mudelit ning lisati mudelisse puuduolevad konstruktsioonid. Tegevus oli vajalik näitamaks, kuidas uus süsteem ühendatakse olemasoleva konstruktsiooniga. Seel 1.14 on kuvatud valituks osutunud projekteeritav mudel.



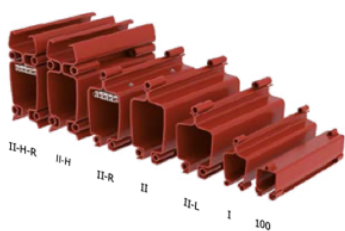
Sele 1.14 Talade installeerimise abivahendite mudel

Seel 1.14 on rohelisega näidatud olemasolev konstruktsioon ning värviliselt projekteeritav ajutine monteerimisvarustus. Valitud lahendusena on kasutusel hoones ristsihhiliseks tala liigutuseks kaks mark 300 I-tala, mis ulatuvad mõlemalt poolt seinast äärest kuni konveierraami peale (seel 1.14 sinine ja lilla tala). Nimetatud talasid toetavad piki hoonet fermi peale toetuvad mark 240 I-talad, mis on 17 m pikkused. Nii iga fermi kui ka konveierraami tugeledele on keevisliitidega kinnitatud toed (seel 1.14 kollased, oranžid ja sinised kolmnurksed plaatidest konstruktsioonid). Piki hoonet paigaldatakse 500 kg kandevõimega tõstetalad Konecranelt, mis abistavad paigaldusvarustuse liigutamist.

### 1.3.1 Talade installeerimise tõsteseadmed

Hoone ristsihhiliseks liigutamiseks kasutatakse varasemalt neljanda kontseptsioonina välja pakutud valmislahendust Konecranelt. Vastavalt projekteeritud varustuse massile sai valitud 500 kg jõudlusega töökohakraana (terasprofiil II), mis paigaldati täispikkuses piki hoonet ning mõlemale poole konveierit, kogupikkuses 85 m. Töökohakraanal kasutatakse spetsiaalset profiili, mille sees liigub kelk. 42,5 m pikkune tõstetala saavutati lihtsasti ühenduvate profiilide abil. Tõstesüsteem paigaldati hoone laetalade

külge tootja poolt tarnitud klambrite abil. Tõstesüsteemi profiil ja jõudlus on kuvatud seel 1.15.



**Performance data single-girder cranes**

PROFILE SIZE	100	I	II-L	II	II-H	A12	A16	A18	A22	
LOAD CAPACITY [KG]					GIRDER LENGTH (M)					
80	3	6	8	8		5	8	8	8	
125	3	5	8	8	14	4	6	8	8	
250		3	7	8	13	2	4	7	8	
500		2	4	7	11	2	3	4	6	
1000			2	4	7			3	4	

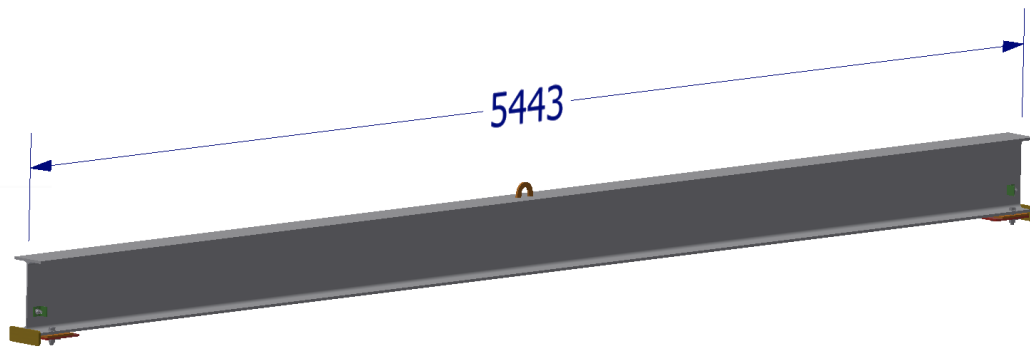
Sele 1.15 Töökohakraana Konecranelt varustuse liigutamiseks [3]

Valitud töökohakraanat saab kasutada ka amortiseerunud talade välja viimiseks, milleks tuleb need lõigata maksimaalselt 500 kg osadeks. Profiili sees liigub kelk kogu ulatuses. Kelgu külge valiti Kito kett-tali CB 500 jõudlusega 500 kg sarnaselt tõstesüsteemile. [4]

Projekteeritavale varustusele telliti juurde viis Kito kett-tali CB 3000 jõudlusega 3000 kg ning Kito kelk TSP3000 samuti jõudlusega 3000 kg. Valitud seadmed on kuvatud lisas 1. [4] [5]

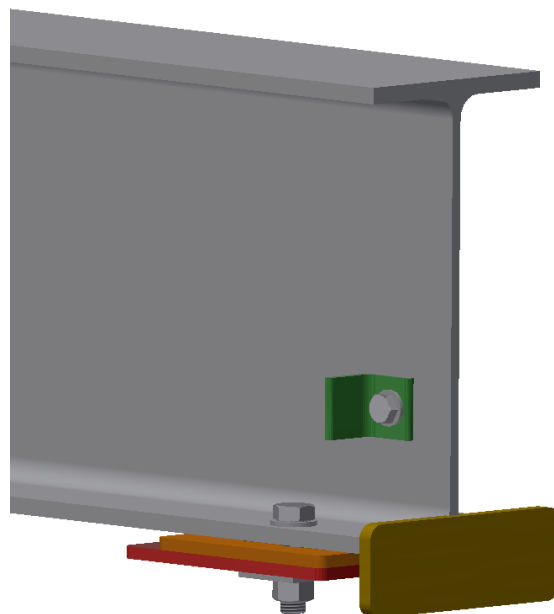
### 1.3.2 Tugitalad uute horisontaaltalade ristisihiliseks liigutamiseks hoonesiseselt

Uute horisontaaltalade sissetoomiseks on plaanis kasutada kahte mark 300 I-tala. Esimene tala on 5,44 m pikk ning asetseb hoone siseseinast kuni konveieri raamini. Tala pikkus tulenes piki hoonet paiknevate tugitalade vahelisest kaugusest (4,96 m), millele lisati mõlemale poole 0,18 m üleulatuvat osa. Mõlemad otsad on toetatud mark 240 I-talade peale, mis on täpsemalt kirjeldatud alapeatükis 1.3.3. Tala masskeskmesse on keevisliitega kinnitatud tõstekõrv, mille abil saab tala liigutada. Tala koos pikkusega on kuvatud seel 1.16.



Sele 1.16 Ajutine tugitala uue horisontaaltala ristsihiliseks liigutamiseks

Selel 1.17 on kuvatud detailsem vaade tala otsast. Mõlemasse tala otsa on keevitatud kollane plaat, mis takistab tala liigse nurga alla sattumise ning selle kukkumise. Tulenevalt üleulatuvast osast saab tala olla maksimaalselt  $20^{\circ}$  nurga all piki hoonet paiknevate tugitalade suhtes. Otstesse on lisatud ka 14 mm ja 18 mm avad ning plaadid (selel 1.17 oranž ja punane), läbi mille saab tugitala operatsiooni ajaks fikseerida risti olevate tugitalade külge. Viimaks on talale polditud mõlemasse otsa 40x40x5 mm vinklid (selel 1.17 roheline), mis takistavad kelgu maha sõitmist transpordi ajal.

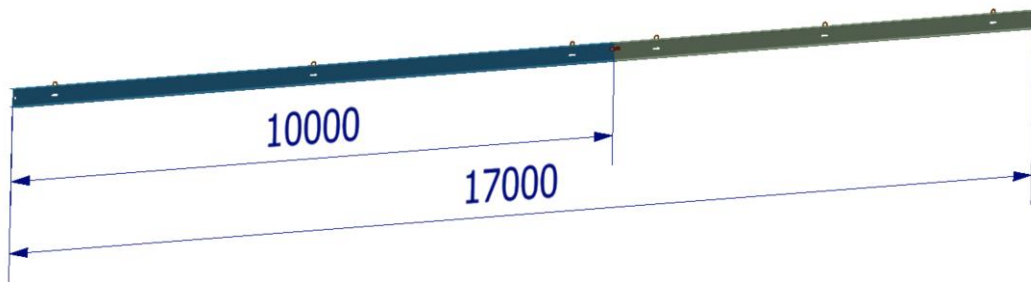


Sele 1.17 Ristsihilise liigutamise tala otsa detailne vaade

Teine ristsihiliseks liigutamiseks mõeldud tala on ülesehituselt samasugune, kuid pikkusega 4,52 m.

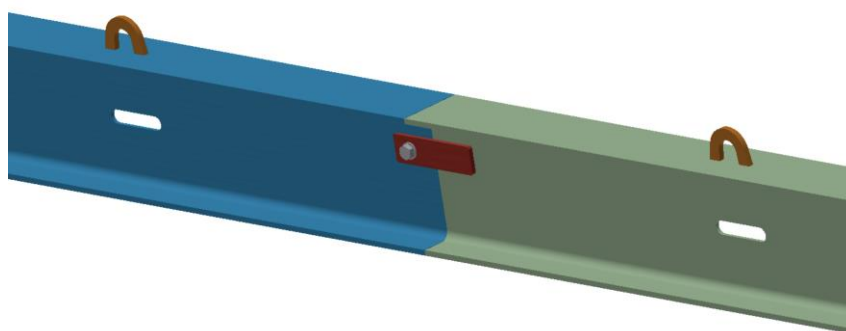
### 1.3.3 Abitalad uute horisontaaltalade pikisihiliseks liigutamiseks hoonesiseselt

Kandetalade hoone pikisihiliseks liigutamiseks on kasutusel neli 17 m pikkust mark 240 I-tala. Varustuse tootjaga suheldes selgus, et neil on olemas antud tala 10 m juppidena, seega projekteeriti tala kahest osast: 10 m ja 7 m jupist. Talale sai lisatud varuga tõstekõrvi, et neid oleks lihtsam paika saada. Kui talad on paika saadud, siis eemaldatakse tõstekõrvad kohapealsete vahenditega. Projekteeritud tala on kuvatud seel 1.18.



Sele 1.18 Tala hoone pikisihiliseks liigutamiseks

Talale on tehtud sisse avad mõõtmetega 90 x 25 mm, läbi mille saab hõlpsasti konksud panna, millega neid talasid liigutada. Talade ühendamiseks on keevitatud esimesele talale 18 mm avaga plaat, mis esmalt polditakse kokku ning seejärel keevitatakse. Kirjeldatud ühendus ning avad on kuvatud seel 1.19.



Sele 1.19 Pikisihiliste talade ühendus ning transporditavus

Talad paiknevad mõlemal pool konveierit, välisseina ääres statsionaarse platvormi ees ning hoone siseseina ääres projekteeritud toe peal (vt punkt 1.3.4).

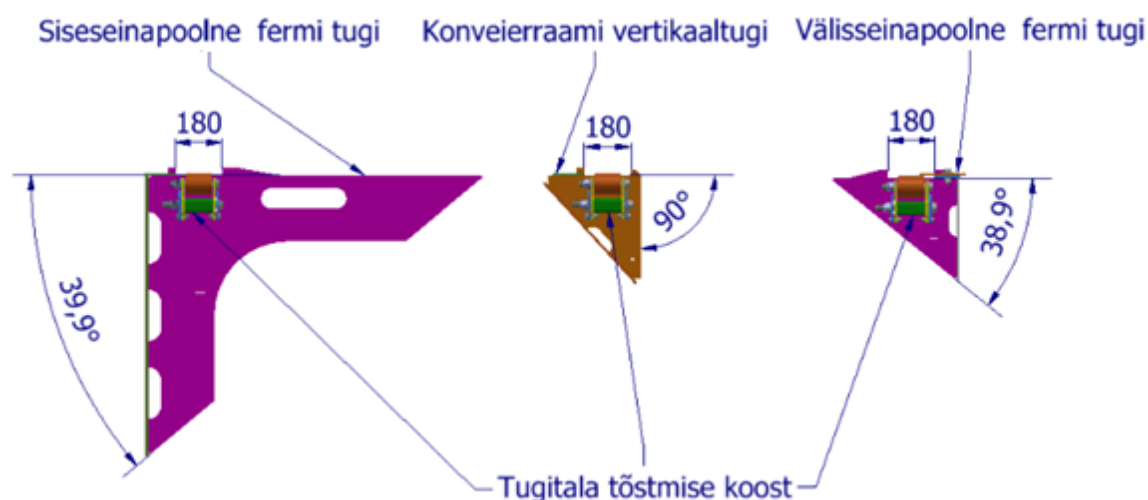


### 1.3.4 Tugitalade toed

Ajutised tugitalad tuleb kinnitada vertikaalsetele konveierraami profiilidele ning nurga all olevatele fermidele, kusjuures tugitalad peavad olema liigutatavad. Talade õigetel kõrgustel hoidmiseks tuleb projekteerida tugistruktuurid (edaspidi toed). Toed on tehtud kolmest 10 mm lehtmets-plaadist, mis on omavahel ühendatud keevisliitega. Põhiplaadile on lõigatud sisse süvis mõõtmetega 180 x 30 mm (laius x sügavus), mis piirab tala külgsuunalist liikumist. Süvise kõrvale on keevitatud plaat, mille külge saab tala fikseerida kinnitusplaadi ning poldiga.

Kõik toed peavad olema samal kõrgusel, et tagada tugitalade horisontaalsus. Selle teostamiseks on igale plaadile lõigatud avad. Läbi avade toimub laseri abil pikal distantstil kõikide tugede kõrguste tagamine ning joondamine.

Projekteeriti kolm erinevat tuge: vertikaalsele konveierraamile ning kaks erinevat hoone fermidele, kuna mõlemas seinas olev tasapind on erineva nurga all. Toed on kuvatud seel 1.20.



Sele 1.20 Projekteeritud tugitalade toed fermidel ja konveierraamil

Tala süvise suuruse leidmiseks võrreldi mudelis konveierraami vertikaaltalade asetust punktivilvega. Mõõtetulemused kanti tabelisse 1.2. Mõõtmise käigus võrreldi kõiki vertikaalseid konveierraami talasid mõlemalt poolt konveierit. Tabelis 1.2 on positiivsed suurused juhul, kui punktivilv oli mudeliga võrreldes välisseina pool ja negatiivsed, kui punktivilv asus vertikaalsest talast hoone siseseina pool. Erinevuse leidmiseks võeti baasväärtuseks absoluutväärtuselt kõige suurem mõõtmistulemus (tabelis 1.2 rasvaselt). Erinevuse leidmiseks lahutati ülejäänud mõõtetulemustest baasväärtus ning kanti tulpa „Erinevus“.

Tabel 1.2 Konveierraami vertikaaltalade võrdlus punktivilvega

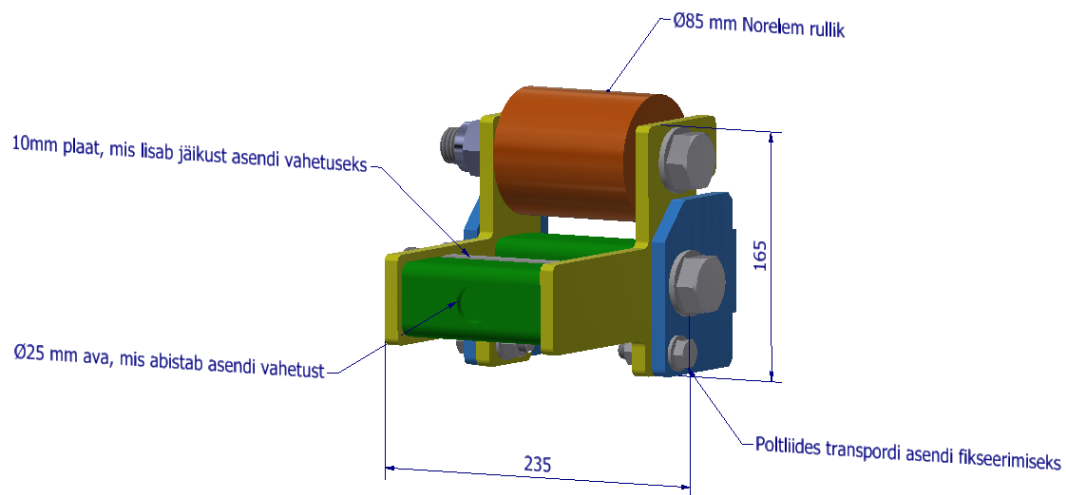
Vertikaaltala nr	Välisseinapoolne / mm	Erinevus / mm	Siseseinapoolne / mm	Erinevus / mm
1	-13	0	-7	8
2	-13	0	-4	11
3	11	24	-4	11
4	12	25	-13	2
5	13	26	-13	2
6	8	21	-15	0

Võrdlusest selgus, et talade paigutus erineb maksimaalselt 26 mm. Kuna piki hoonet oleval konveierraamil paiknevad abitalad on toetatud üle kolme konveierraami vertikaaltala, tuleb arvestada piisava varuga. Mark 240 I-talal on 120 mm äärik, seega saadakse paigutusest tuleneva kahekordse erinevuse ja ääriku suuruse liitmisel 172 mm, mis ümardati järgmise täiskümneni ning saadi 180 mm. Toed koos tala süvisega paigutati kontrollimiseks mudelisse ning saadi täpne mõõtmistulemus, mis on kuvatud seel 1.21.



Sele 1.21 Konveierraami erinevustest tulenev tugede paigutus mudelist mõõdetuna (171,5 mm)

Igale tugitala toele on lisatud tala tõstmise koost. Koost on tehtud viiest 10 mm plaadist, 50 x 50 x 5 mm nelikanttorust ning rullikust. Nimetatud detailid on omavahel poltliitega ühendatud. Kui koost tõsta ülemisse asendisse, siis jäävad rullikud tala kandma ning arvestades veeretakistusega on tala liigutatav käsitsi. Esimesse nelikanttorusse on lisatud 25 mm ava, läbi mille saab vajadusel panna toru, et pikendada jõuõlga tala tõstmiseks. Toru taha on jäikuse lisamiseks keevitatud 10 mm plaat, millel on samuti 25 mm ava. Avad on joondatud. Koost on kuvatud seel 1.22 ning on samuti nähtav seel 1.20.



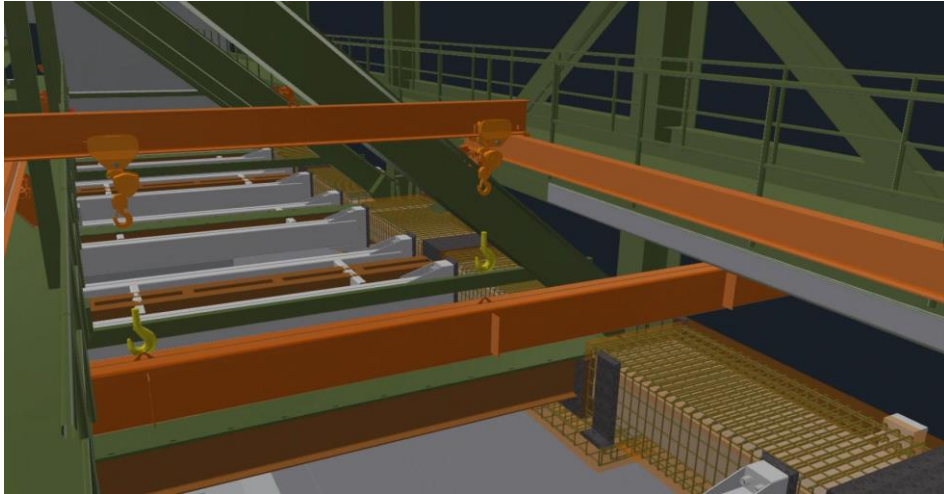
Sele 1.22 Tala tõstmise koost

Rullikuks valiti Norelemi suure koormuse terastorst laagritel rullik mõõtmetega  $\text{Ø}85 \times 80$  mm, mis kannatab koormust 570 kg. Valitud toote täpsem informatsioon on kuvatud lisas 1. Rullik on 100 mm lai ning tulenevalt tala paiknemisest toe süvises on piirolukorras 70 mm rullikust kasutusel, mis on piisav, et pidada vastu tala koormusele. [6]

### 1.3.5 Horisontaaltalade paigalduse animatsioon

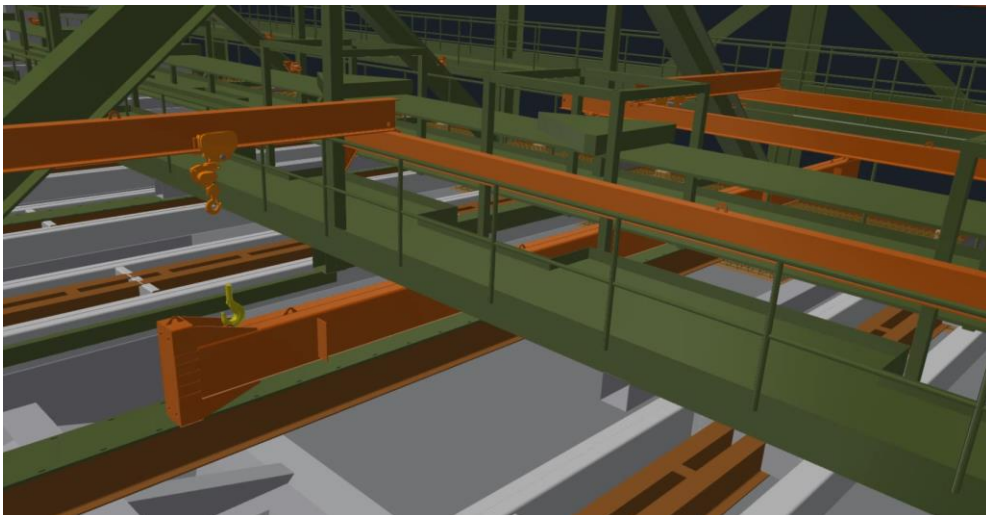
Video animatsioonide tegemise eesmärk oli esmalt saada kinnitust lahenduse toimimises ning teisalt demonstreerida monteerimismeeskonnale varustuse kasutamist. Samuti selgusid uute horisontaaltalade tõstekõrvade asukohad ning kogused. Animatsioonid teostati *Autodesk Inventor*'i *presentation* keskkonnas.

Animatsioonidest selgus, et hoone välisseinapoolsele tugitalale on tarvis kaht kett-tali. Tala tuuakse kraanaga sisse ning viiakse kuni konveierraamini. Seejärel tuleb toetuspunkt ümber vahetada, et saaks tala hoonesse edasi lükata. Talade vahetus animatsioonist on kuvatud seel 1.23. Rohelisega on kuvatud olemasolev keskkond ning oranžiga projekteeritud ajutised tugitalad ning uus horisontaaltala.



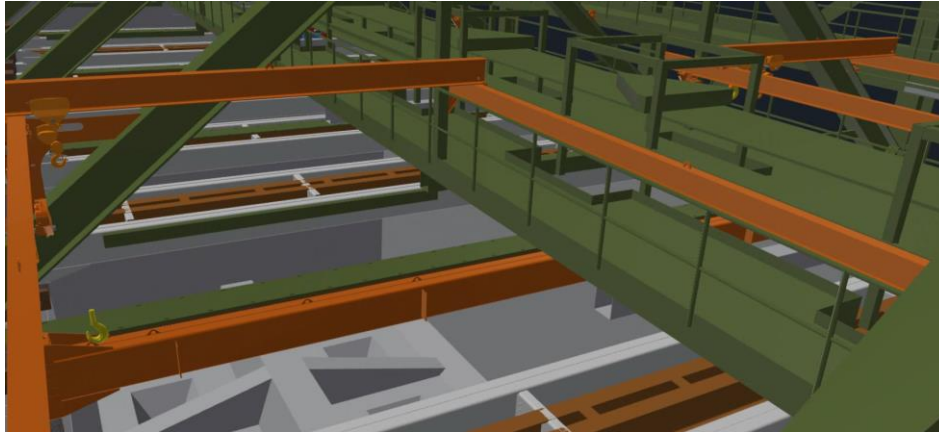
Sele 1.23 Kett-talide vahetus uue kandetala sisseviimisel

Kui seejärel liikuda taliga edasi kuni konveierraamini jõuab tala nii kaugemale, et seda saab teisel pool konveierit juba toetada projekteeritud tugitalade abil. Kirjeldatud olukord on kuvatud seel 1.24.



Sele 1.24 Uue tala toetamine teisel pool konveierraami

Peale uue horisontaaltala toetamist hoone siseseina pool tuleb välisseinapoolses vahes vahetada tali toetuspunkt taaskord ümber ning seejärel võib lahti ühendada kraana. Lõpp-positsioon on kuvatud seel 1.25.

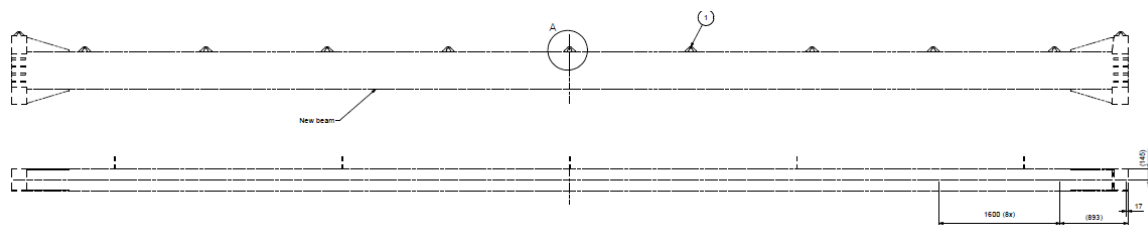


Sele 1.25 Uue kandetala jõudmine paigalduspositsioonile

Juhul kui on vaja piki hoonet horisontaaltalade asukohta liigutada, siis on võimalik kasutada mark 240 I-talasisid. Protsessi tuleb korrata 22 korda. Projekteeritud varustuse kasutamisest on toodud mõningad fotod, mis on kuvatud lisis 2.

### 1.3.6 Tõstepunktid uutele horisontaaltaladele

Kandetala liikumist simuleerides selgusid tõstekõrvade asukohad uutele horisontaaltaladele. Tõstekõrvu tuli lisada 11 tk ning nende paigutus on näidatud seel 1.26. Tõstekõrvad on lõigatud roostevabaterasest EN1.4462 ning projekteerimisel on arvestatud, et sinna peab olema võimalik kinnitada konksu, mille läbimõõt on 30 mm.



Sele 1.26 Tõstekõrvade asetus uutel kandetaladel

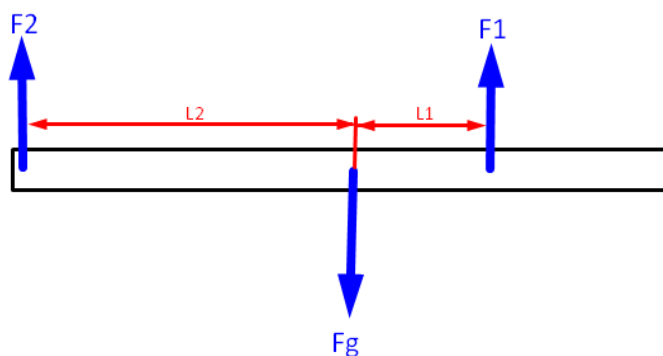
Tõstekõrvi lisati 11 tk ühe horisontaaltala kohta, sümmeetriliselt 1,6 m vahedega. Kokku on vaja toota 242 tõstekõrva.

## 1.4 Tugevusarvutused

Tugevusarvutused teostati veendumaks projekteeritud varustuse vastupidavuses. Tugevusarvutusteks kasutati *Autodesk Inventor Professional 2023* tarkvarasse sisseehitatud *Inventor Nastran* programmi.

### 1.4.1 Projekteeritud varustusele mõjuva jõu leidmine

Maksimaalse jõu leidmiseks oli teada uue horisontaaltala kogumass ning ligikaudne esimene toetuspunkt, mille raskusjõud rakendatakse projekteeritud ajutistele tugitaladele. Rakendatavat jõudu saab leida toereaktsioonide abil. Skeem jõu leidmiseks on kuvatud seel 1.27.



Sele 1.27 Ajutistele taladele rakenduva jõu skeem

$F_1$  – tugitaladele rakendatav jõud,  $F_2$  – kraanale rakendatav jõud,  $F_g$  – horisontaaltala raskusjõud,  $L_1$  – distants masskeskmest kuni  $F_1$  jõuvektorini,  $L_2$  – distants masskeskmest kuni  $F_2$  jõuvektorini.

Selel 1.27 on kuvatud uus horisontaaltala ning sellele mõjuvad jõud uue tala hoonesse sisse viimisel. Ajutistele tugitaladele mõjuv jõud  $F_1$  on leitav läbi tasakaalutingimuse:

$$\sum M = F_g \cdot L_2 - F_1 \cdot (L_1 + L_2) \quad (1.1)$$

Kust  $F_1$  avaldub:

$$F_1 = \frac{F_g \cdot L_2}{L_1 + L_2} \quad (1.2)$$

kus  $F_1$  – jõud, mis rakendub ajutistele abitaladele, N,  
 $L_1$  – kaugus masskeskmest abitala toetuspunktini, 1,2 m,  
 $L_2$  – kaugus masskeskmest kraana toetuspunktini, 7,36 m,  
 $F_g$  – uue horisontaaltala raskusjõud, N.

Raskusjõud  $F_g$  on leitav valemiga:

$$F_g = m \cdot g \quad (1.3)$$

kus  $m$  – uue horisontaaltala mass, 2543 kg,  
 $g$  – gravitatsiooni kiirendus,  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Seega

$$F_1 = \frac{m \cdot g \cdot L_2}{L_1 + L_2} = \frac{2543 \cdot 9,81 \cdot 7,36}{1,2 + 7,36} = 22,15 \text{ kN}$$

Leitud jõudu  $F_1$  kasutatakse tugevusarvutuste ja FEM analüüside teostamiseks.

### 1.4.2 Abitalade tugevusarvutused

Kliendipoolseks sisendiks oli nõutav varutegur 3, seega on rakendatav jõud  $3F_1 = 66,45$  kN. Ajutise tugitala profiiliks on IPE300 ning materjaliks S355J2 (sele 1.28). Abitala on 5443 mm pikk ning on toetatud mõlemast otsast. Valitud tala puhul vaadeldakse olukorda, mis on kõige kriitilisem ehk jõud rakendatakse mõlemast toetuspunktist samale kaugusele  $L_T = 2721,5$  mm. Töös on arvutustega näidatud ainult kõige kriitilisem konstruktsioon. Esmalt leitakse talal tekkiva põikjõu  $F_p$  väärtus valitud punktis:

Kesklae I-profiilvarras (IPE), kuumvaltsitud (valimik)										DIN 1025-5 (1994-03)				
		$S$ ristlõikepindala		$W$ ristlõike telgtugevusmoment		$I$ ristlõike telginertsimoment		$m'$ joonmass						
<b>Materjal:</b> Mittelegeerkonstruktsiooniteras DIN EN 10025, nt S235JR.														
<b>Väljastusolek:</b> Standardpikkused, 8 m ... 16 m ± 50 mm kõrgustega $h < 300$ mm, 8 m ... 18 m ± 50 mm kõrgustega $h \geq 300$ mm.														
Tähis	Mõõtmed, mm						$S$	$m'$	Momendid keskeatelgedele suhtes				Märkemõõtmed DIN 997 järgi	
IPE	$h$	$b$	$s$	$t$	$r$		$\text{cm}^2$	$\text{kg/m}$	$I_x$	$W_x$	$I_y$	$W_y$	$w_1$	$d_1$
100	100	55	4.1	5.7	7	10.3	8.1	171	34.2	15.9	5.8	30	8.4	
120	120	64	4.4	6.3	7	13.2	10.4	318	53.0	27.7	8.7	36	8.4	
140	140	73	4.7	6.9	7	16.4	12.9	541	77.3	44.9	12.3	40	11	
160	160	82	5.0	7.4	9	20.1	15.8	869	109	68.3	16.7	44	13	
180	180	91	5.3	8.0	9	23.9	18.8	1320	146	101	22.2	50	13	
200	200	100	5.6	8.5	12	28.5	22.4	1940	194	142	28.5	56	13	
240	240	120	6.2	9.8	15	39.1	30.7	3890	324	284	47.3	68	17	
270	270	135	6.6	10.3	15	45.0	36.1	5300	430	320	52.3	73	21	
300	300	150	7.1	10.7	15	53.8	42.2	8360	557	604	80.5	80	23	
360	360	170	8.0	12.7	18	72.7	57.1	16270	904	1040	123	90	25	
400	400	180	8.6	13.5	21	84.5	66.3	23130	1160	1320	146	96	28	
500	500	200	10.2	16.0	21	116	90.7	48200	1930	2140	214	110	28	
600	600	220	12.0	19.0	24	156	122	92080	3070	3390	308	120	28	

Sele 1.28 IPE talade mõõtmed [7]

$$F_p = \frac{L_T \cdot 3F_1}{2L_T} \quad (1.4)$$

Kus  $F_p$  – põikjõu väärtus valitud punktis, N,  
 $F_1$  – jõud, mis rakendub ajutistele abitaladele, N,  
 $L_T$  – mõjuva jõu kaugus tugipunktist, m.

$$F_p = \frac{2,72 \cdot 3 \cdot 22,15 \cdot 10^3}{2 \cdot 2,72} = 33,23 \text{ kN}$$

Seejärel leitakse valitud punktis mõjuv paindemoment  $M$

$$M = L_T \cdot F_p \quad (1.5)$$

Kus  $M$  – Paindemoment valitud punktis, Nm.

$$M = 2,72 \cdot 33,23 = 90,37 \text{ kNm}$$

Seejärel saab leida maksimaalse tekkiva pinget  $\sigma_{max}$

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W_x} \quad (1.6)$$

Kus  $W_x$  – telgvastupanumoment,  $557 \text{ cm}^3$ . [7]

$$\sigma_{max} = \frac{90,37 \cdot 10^3}{557 \cdot 10^{-6}} = 162,25 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$$

Materjali omadustest tulenev lubatud pinget on ligi kaks korda suurem kui konstruktsioonis tekkiv pinget, seega peab valitud tala vastu.

### 1.4.3 Ajutiste abitalade tugede FEM analüüs

Projekteeritud varustuse tugele teostati FEM analüüs, mis annab täpse tulemuse tuges tekkivate pingete ja läbipainete kohta. Töös lähtuti teadmised, et olemasolev ferm (IPE500) ja konveieri raam (150 x 150 x 5 mm) on piisavalt tugevad ning sinna kanduv jõud ei ole märgilise tähtsusega. Alapunktis on kuvatud ainult kõige kriitilisema kandva toe FEM analüüs.

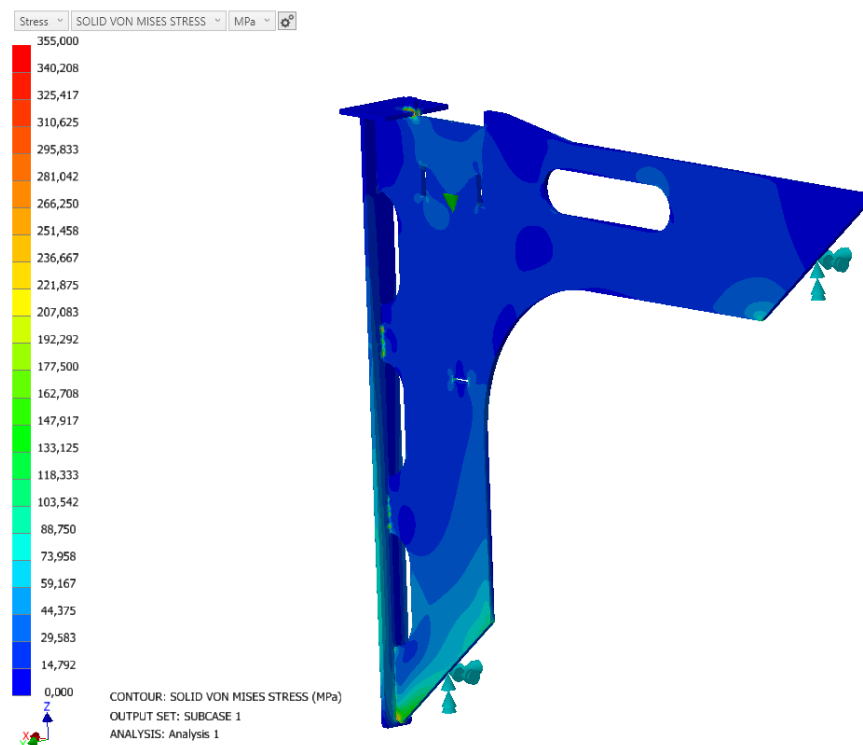
Analüüsis vaadeldi olukorda, kus jõud on rakendatud toele võimalikult lähedale. Toele projekteeritud tala süvisel rakendati jõud  $F_{tugi}$ , mis koosneb 3 kordse varuteguriga uue horisontaal raskusjõust tulenevast jõust ning tala peale toetuvast talade massist, milleks on 500 kg.  $F_{tugi}$  on leitav :



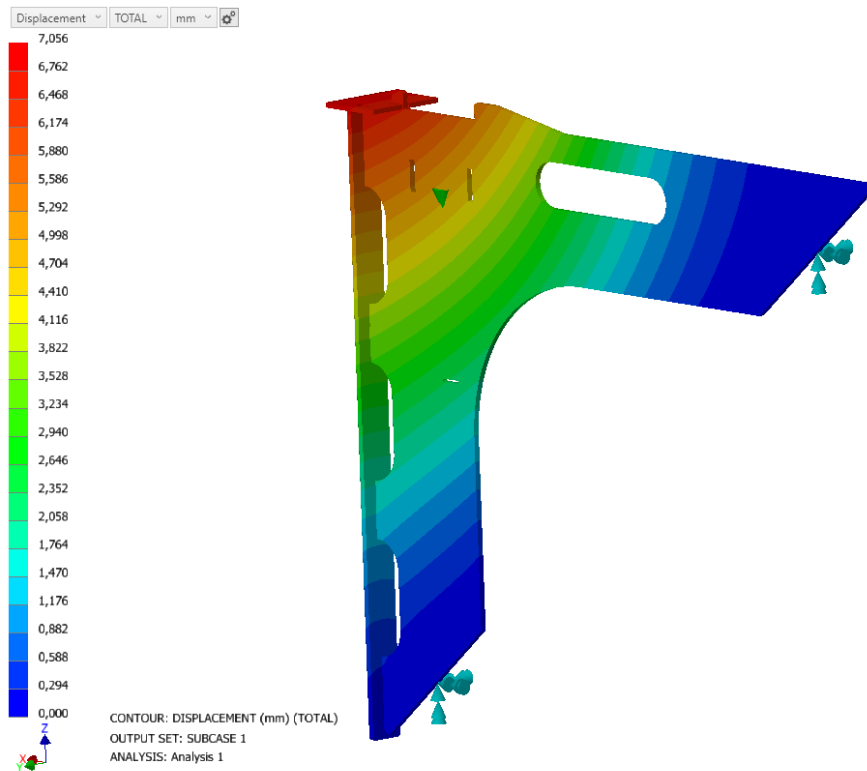
$$F_{tugi} = \frac{3F_1 + 500 \cdot 9,81}{2} = \frac{3 \cdot 22150 + 500 \cdot 9,81}{2} = 33,47 \text{ kN} \quad (1.7)$$

Kus  $F_{tugi}$  – Abitalade poolt rakendatav jõud, kN,  
 $F_1$  - Jõud, mis rakendub ajutistele abitaladele, N.

Simuleerimaks painetel tekkivat momenti, lisati toe külgsuunaline jõud 1000 N. Tugi on keevitatud fermi külge, seega lisati toe alumistele kaldpinnale *fixed constraint*. Saadud tulemused on kuvatud seel 1.29 ja seel 1.30.



Sele 1.29 FEM tulemus – pinged.



Sele 1.30 FEM tulemus – läbipaine.

FEM analüüsist selgus, et maksimaalne läbipaine tekkis 7 mm ning tekkivad pinged ei ületanud 200 MPa piire. Arvestades kolmekordset varutegurit, võib kindel olla konstruktsiooni vastupidavuses. Samased tulemused saadi ka teiste tuge de analüüsimisel.

## **2 TÖÖ TEINE ETAPP – AMORTISEERUNUD HORISONTAALTALADE EEMALDAMINE**

Kahest 500 I-talast koosnev amortiseerunud horisontaaltala on ligi 15 m pikk ning kaalub ligikaudu 3,5 tonni. Tala on liiga pikk transportimaks seda täispikkuses, seega tuleb tala lõigata juppideks. Ühe jupi mass saab olla kuni 500 kg, et oleks võimalik transpordiks kasutada eelmises etapis paigaldatud tõsteseadet. Talad lõigatakse nii lähedalt betooni servalt kui võimalik ning osa, mis on betooni valatud, ei kujuta endast ohtu ning seda ei eemaldata.

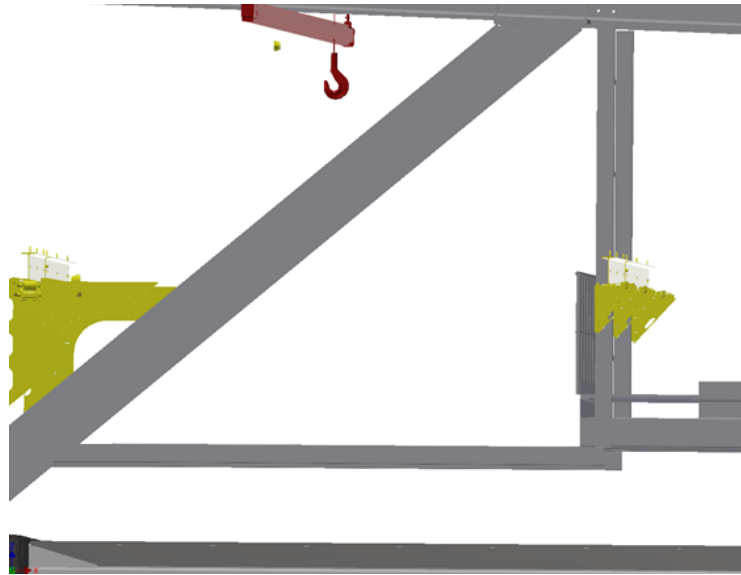
Kui tala hakatakse lõikama, tuleb järelejäänud tala terve eemaldusprotsessi vältel toetada. Lõikeseadmed olid olemas kohapeal ning magistritöös sellele ei keskendutud. Toetada tuleb ka lõigatavat juppi ning töökohakraanast kaugemal olevaid juppe tuleb transportida, et kraanad nendeni ulatuksid. Eemaldusprotsessi teostamiseks on plaanis projekteerida kelk, mis sõidaks uute talade peal. Kelgu abil teostatakse lõike-, transpordi- ja toetusoperatsioone.

Kandetalade eemaldustööd on planeeritud töötava liini ajal, mis tähendab, et kogu konveierliini ulatuses ei ole paigaldatud tellinguid, seega tuleb kelgu külge luua tööplatvormid, kus saab teostada lõiketöid.

### **2.1 Kandetalade eemaldusvarustuse projekteerimine**

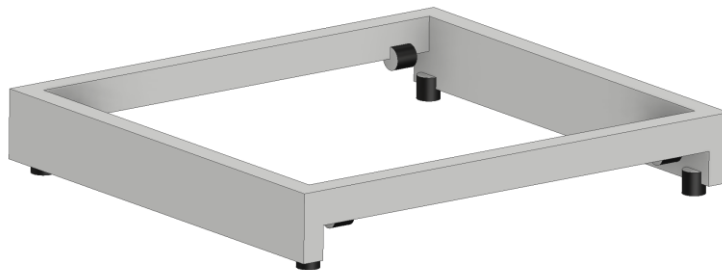
Eemaldusvarustuse projekteerimiseks oli kohe teada suund – projekteerida juppe transportiv kelk, mis liigub paigaldatud horisontaaltalade peal. Seetõttu ei hakatud teisi kontseptsioone pakkuma ning alustati kohe kelgu projekteerimisega. Lõplik versioon, mis töösse läks, arendati välja simuleerimiste, mudeli ülevaatuste ja arutelude tulemusena.

Kelgu ja tööplatvormide transport on võimalik läbi konveierraami ning kandetala tekitatud täisnurkse kolmnurga, mis on kuvatud seel 2.1. Tekkinud täisnurkse kolmnurga kaatedid on pikkusega 3,5 m ning 4,2 m.



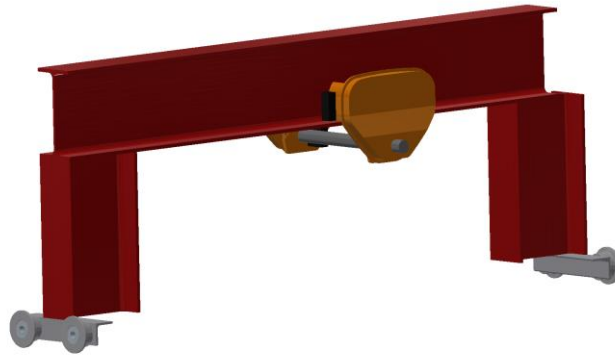
Sele 2.1 Fermi ja konveierraami ühendus läbi mille tuleb projekteeritavat kelku transportida

Lähtepunktina oli teada, et teisaldatav kelk peaks olema ristküliku kujuline, kuhu nurkadesse on paigutatud rattad. Ristkülik pidi olema seest avatud, sest nii saab sealt löigatud tala tükke hõlpsasti läbi avavuse välja tõsta. Ristküliku külgedele on võimalik paigaldada toetuseks ketid. Mudel esimesest mõttest on kuvatud seel 2.2.



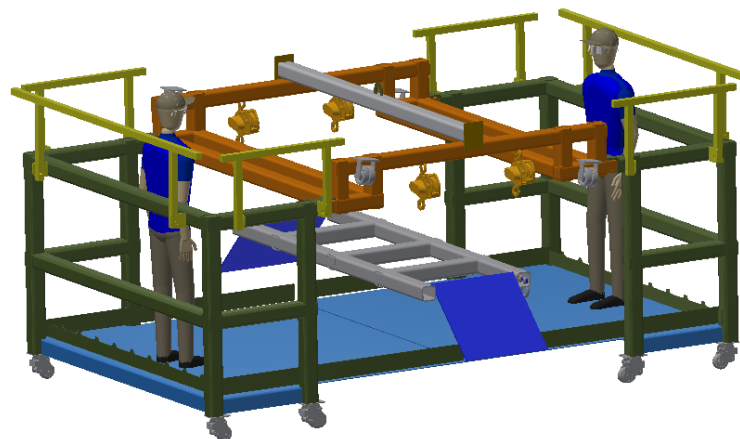
Sele 2.2 Projekteeritava kelgu esimene idee

Lähtepunktile järgnes idee kasutada lihtsamat struktuuri. Erinevate meetodite läbiarutamisel tekkis plaan projekteerida kolmest I-talast U-kujuline raam, kuhu alla paigutada soontega rattad ning U-keskele paigutada manuaalne kelk. Kirjeldatud kontseptsioon on kuvatud seel 2.3.



Sele 2.3 Projekteeritava kelgu edasiarendus

Kirjeldatud idee tundus küll konstruktsiooni poolest lihtne, kuid puudu jäi stabiilsusest. Seetõttu liiguti tagasi esialgse mõtte juurde kasutada ristkülikukujulist raami koos ratastega. Raami modelleeriti reaalsemaks ning montaaži meeskonnaga arutades jõuti järelduseni, et transportiva kelgu küljes peavad olla platvormid, kust on võimalik teostada lõikamise operatsioone. Seega lisati kelgule mõlemale poole teisaldatavad platvormid. Platvormid peavad olema teisaldatavad, sest vastasel korral ei ole võimalik kogu konstruktsiooni transportida. Piiravateks teguriteks on ruumi puudus ning tõenäoliselt ületatakse ka 500 kg piir, üle mille ei ole võimalik paigaldatud töökoha kraanat kasutada. Loodud uus mudel on kuvatud seel 2.4.

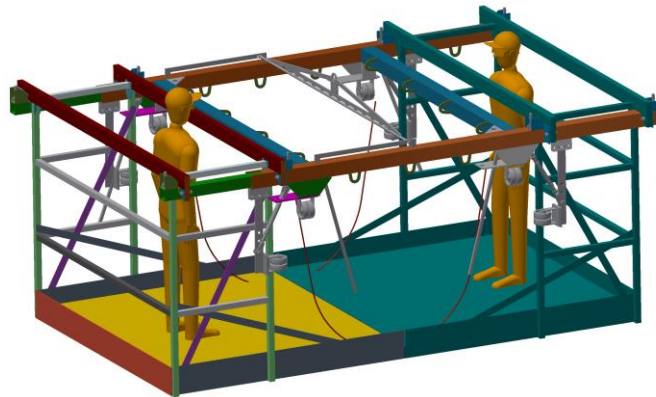


Sele 2.4 Esimene versioon kelgust koos tööplatvormidega

Seel 2.4 on roheline ja sinisega kuvatud teisaldatavad platvormid, oranžiga kelk ning halliga amortiseerunud tala toetav raam.

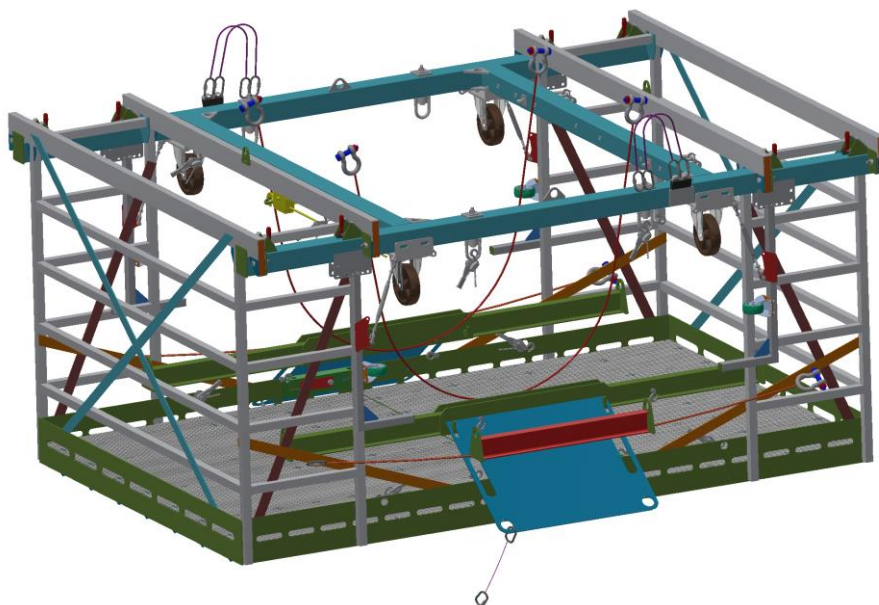
Transportitavuse võimalikkuse pärast tehti ühele poole kelku teleskoop (seel 2.5 roheline osa oranži raami sees), mis välises asendis toetab platvormi ning

transportimiseks saab teleskoobi kinni panna. Tulemus, milleni jõuti, on kuvatud seel 2.5.



Sele 2.5 Teleskoop poolega kelk koos tööplatvormidega

Teleskoobist otsustati hiljem loobuda, sest keskkond, kus töötatakse, on väga määrdunud ning suure tõenäosusega kiilub teleskoop kinni. Lõpliku versioonina kaotati ära kelgu teleskoop ning transportdiks loodud eemaldatav koost. Platvormidele loodi ühendusmoodus nii platvormidele omavaheliseks kui ka kelguga ühendamiseks. Kelgu materjal muudeti alumiiniumilt teraseks, et tagada piisav kindlustunne konstruktsiooni vastupidavuse osas. Uue konstruktsiooni lõplikuks massiks saadi kokku 699 kg, millest 192 kg on kelk ning tööplatvorm 157 kg. Lõplik versioon on kuvatud seel 2.6.

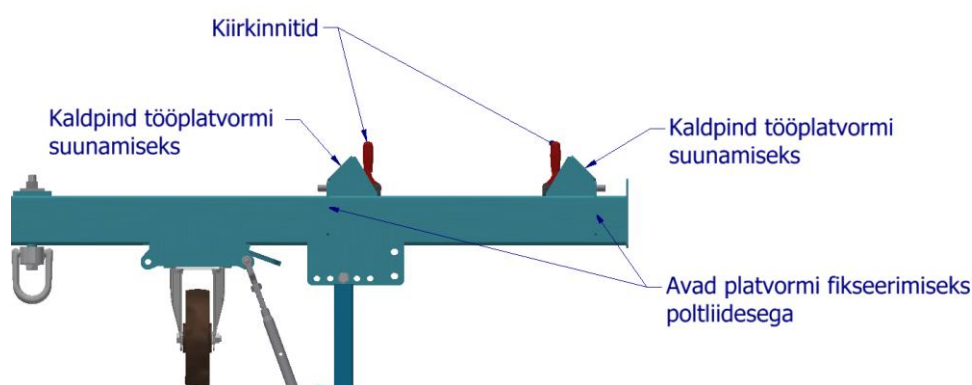


Sele 2.6 Projekteeritava modulaarse platvormi lõplik versioon

Kelgu ning tööplatvormi projekteerimine on detailsemalt kirjeldatud peatükides 2.1.1 ja 2.1.2. Peale projekteerimist teostati kontseptsiooni toimimist tõestavad animatsioonid ning vastupidavuse tõestamiseks FEM analüüsid.

### 2.1.1 Ratastel liigutatav kelk

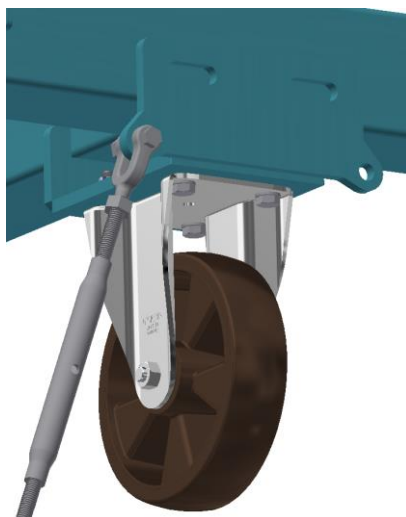
Uutel kandetaladel liikuva kelgu raam koosneb neljast 100 x 100 x 3 mm ruutprofiilist, mille materjaliks on S355J2H. Kelgu keskel on ristkülikukujuline ava mõõtmetega 2,2 x 1,5 m, läbi mille saab välja tõsta ära lõigatud amortiseerunud talad. Raami otsad on ühes sihis jäetud pikemaks, sest sinna toetuvad tööplatvormid. Raami otstesse on projekteeritud plaatidest ja kiirkinnitist kinnitused platvormide jaoks, mis on kuvatud seel 2.7.



Sele 2.7 Kinnitused tööplatvormi fikseerimiseks

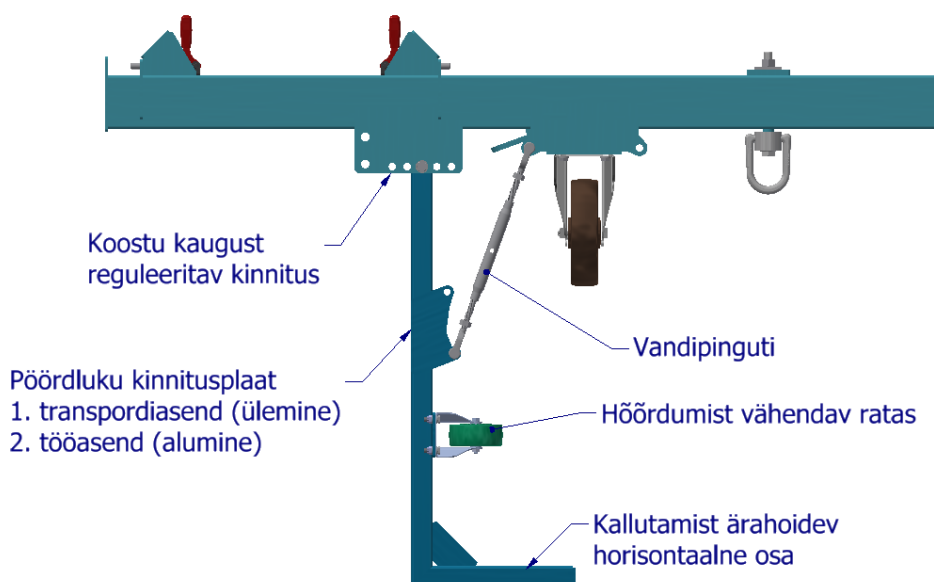
Kinnitamine toimub esmalt kiirkinnitite abil ning seejärel poltimise teel, mis lisab konstruktsioonile turvalisust. Kiirkinnititeks sai valitud wiberger'i survekinniti suuruses 120. Kinniti on tsingitud terasest ning käiguks on 20 mm. [8]

Kelgu avamuse ristnurkadesse on tehtud plaatidest rattakinnituse kõrgendused, mis annavad kelgule piisava kõrguse, et see saaks sõita üle kandestruktuuri peale ehitatud karbi. Ratasteks on valitud alumiiniumsüdamikuga Blickle BH-ALB 200K fikseeritud rattad. Tegemist on raskeveo pealisplaadi kinnitusega polüuretaanist kattega rattaga, mis on kõrge keemilise vastupidavusega. Ratta staatiline kandevõime on 2000 kg ning kineetiline kandevõime on 800 kg. Kirjeldatud ratta konstruktsioon on kuvatud seel 2.8 [9]



Sele 2.8 Valitud blickle ratta kinnitus kelgu raamil

Ratta konstruktsiooni kõrval asetseb kallutamisevastane koost. Kahest 40 x 40 x 3 mm profiilist L-kujuline koostule on lisatud kaks plaati – üks vandipinguti ja teine ratta kinnitamiseks. L-kujulisel koostul on kaks asendit – transpordiasend (1. ülemine) ning tööasend (2. alumine). L-kuju horisontaalne osa satub talaga kontakti, kui kelk hakkab kalduma ning takistab edasist liikumist. Kirjeldatud koost koos selgitustega on kuvatud seel 2.9.



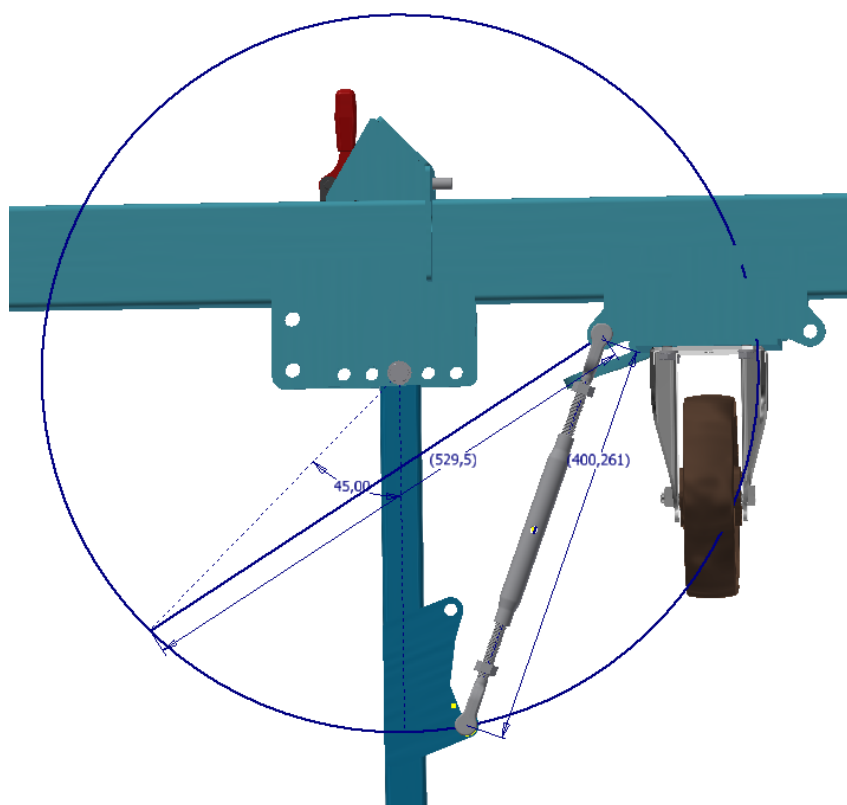
Sele 2.9 Kallutamisevastane koost

Külgedele on lisatud Blicke B-ALST 100K rattad, et vältida kelgu hõõrdumist uute talade vastu. Tegemist on fikseeritud pealisplaadi kinnitusega rattaga, mis on mõeldud keskmistele koormustele. Ratta pealiskate on samuti polüuretaanist ning on kõrge



keemilise vastupidavusega. Ratta staatiline kandevõime on 625 kg ning kineetiline kandevõime on 250 kg. [10]

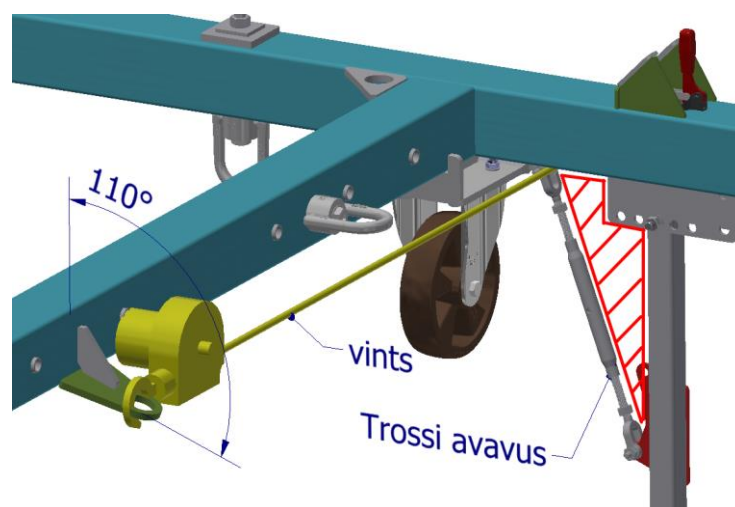
Kirjeldatud koostu hoiab paigal vandipinguti, mis on ühendatud ratta kõrgenduse ja L-kujulise koostu vahele. Pinguti valikul lähtuti kinnitatavate plaatide paksustest ning paigutusest tulenevatest piirangutest. Pinguti üks ots kinnitati ratast hoidva konstruktsiooni külge ning teine ots L-kujulise koostu külge. L-kujuline koost paigutati kinnitatava plaadi keskele ning lähtuti sellest, et tööasend on vertikaalne ja transpordi asend on vertikaali suhtes  $45^{\circ}$  nurga all. Kinnitusplaadi alumisest avast joonestati ringjoon, mille külge ühendati kirjeldatud nurga all saadud ristpunktidesse jooned ratta kinnituskoostult. Mõõtes saadud joone pikkuseid, selgus vandipinguti minimaalne pikkus ja vajaminev käik. Kirjeldatud protsess on kuvatud seel 2.10. Piiranguid arvesse võttes sai teha pinguti valiku. Valituks osutus Certexi M12 700kg vastupidavusega vandipinguti. [11]



Sele 2.10 Vandipinguti pikkuse määramine

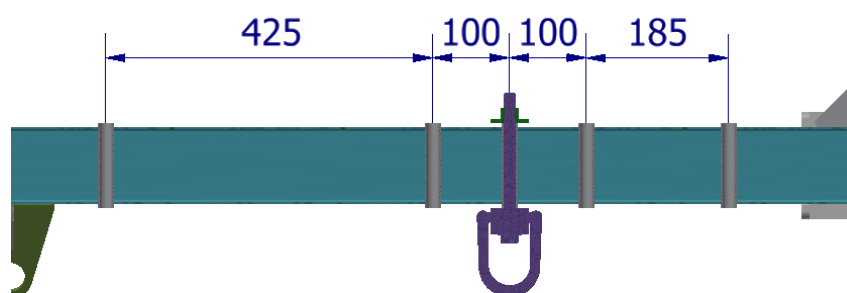
Kelgu liigutamine toimub väikese vintsi abil, mis paigaldatakse kelgu välisküljele keevitatud konksu taha. Raami küljes olev konks on keevisliite abil raami külge kinnitatud  $110^{\circ}$  nurga alla, et juhtida tross raamist mööda. Seel 2.11 on kuvatud vintsi

kinnitamine. Vintsiks valiti Swelashi *Pulley-man portable mini winch*, mida on võimalik kerida nii kruvikeeraja või ka akutrelliga ning mis on kergesti kasutatav ja kerge. Valitud vintsi kandevõime on 300 kg, mis on tasasel pinnal ratastel liikuva kelgu liigutamiseks piisav. [12]



Sele 2.11 Vintsi kinnitamine kelgu raamile

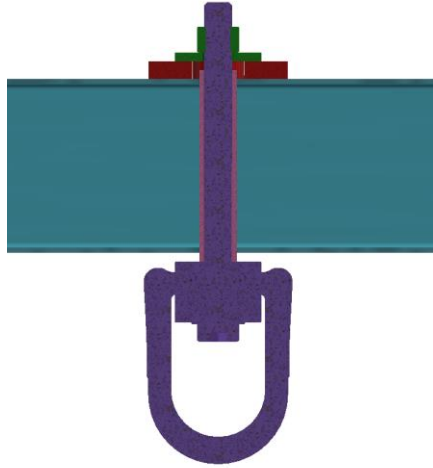
Taladele toetuvate tugede jaoks on valitud ostukomponentidena konksud, mille ühenduse tugevdamiseks on raami keevitatud  $\text{Ø}21,3 \times 2,3$  mm torud. Konksudena on kasutusel Certexi pööratavad tõsterõngad M16. Tõsterõngas pöörleb  $360^\circ$  ja pöördub  $180^\circ$  ning võimaldab samaaegselt tõsta igast suunast. Üks tõstekõrv kannatab 2000 kg koormust, mis on piisav, et toetada kogu amortiseerunud tala. Torude paigutus ning ühenduvus tõstekõrvaga kelgu küljel on kuvatud seel 2.12 [13]



Sele 2.12 Tõstekõrvade kinnitused kelgu raamil

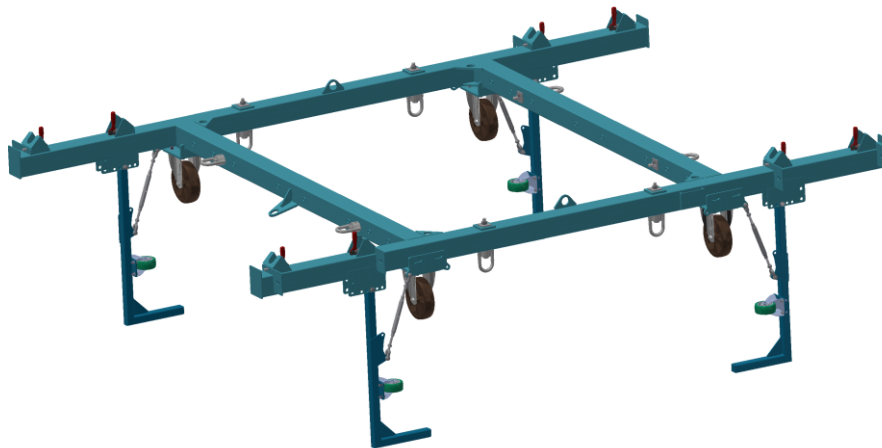
Kelgu otstesse on samuti paigutatud samad Certexi tõstekõrvad, kuid nende toetus on disainitud selliselt, et sellega oleks võimalik hoida üleval kogu amortiseerunud kandetala. See on oluline, sest algselt oli plaanitud ühte kandetala eemaldama kaks kelku – üks, mis tegeleb löike protsessidega ning teine, mis toestab lahtiühendatud

amortiseerunud kandetala. Selleks on samuti läbi raami keevitatud  $\varnothing 21,3 \times 2,3$  mm torud ning tala peale on keevitatud 80 x 80 x 10 mm lehtmetsall plaat, mis suurendab kantavat pinda profiili peal. Kirjeldatud ühendus on kuvatud seel 2.13.



Sele 2.13 Tugevdatud tõstekõrva kinnitus raamil

Kelk koos kõikide kirjeldatud sõlmedega on kuvatud seel 2.14.



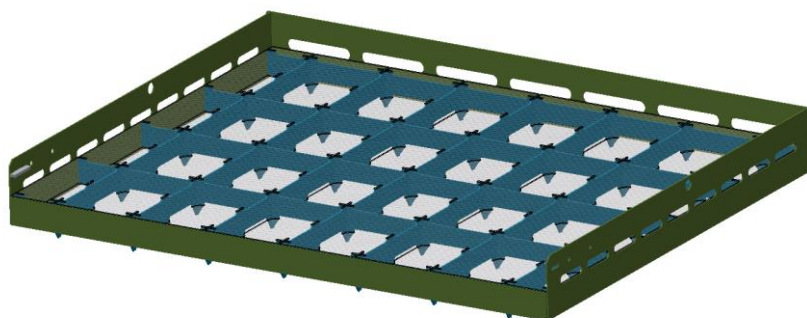
Sele 2.14 Kelgu raam koos kõikide lisadega

Konstruksiooni massiks kujunes 192 kg, mis sobib valitud Konecrane tõstesüsteemiga.

### **2.1.2 Ratastel liigutatav kelgu tööplatvorm**

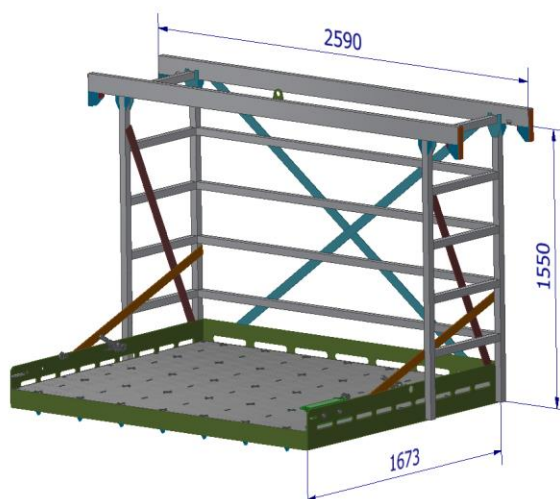
Tööplatvorm on massi vähendamiseks projekteeritud 6061 alumiiniumist. Materjali valikul lähtuti tootjal olemasolevatest materjalidest ning samuti on 6061 marki

alumiinium hea korrosiooni kindlusega ning hea keevitatavusega. Platvormi projekteerimisel on lähtutud tööplatvormi standardist EVS-EN ISO 14122-2:2016<sup>1</sup>. Põranda konstruktsioon koosneb üksteisega risti paigutatud plaatidest. Plaadid on ühendatud tappide ja keevisliitega. Platvormi peal on parema hõõrdumise saamiseks paigaldatud rihveldatud plaat ning alla on keevitatud tavaline plaat. Põranda külgi ümbritsevad katteplaadid, mis täidavad käsipuu kinnitusplaadi eesmärki. Plaadid külgedele on tehtud avad, mis hõlbustavad põranda puhastamist. Kirjeldatud põrand on kuvatud seel 2.15. [14]



Sele 2.15 Tööplatvormi konstruktsioon

Platvormi ja kelgu ühendus-kandevstruktuur on projekteeritud 30 x 30 x 3 mm ja 60 x 30 x 3 mm alumiiniumprofiilidest, mis on omavahel ja põranda külge keevisliitega ühendatud. Ühendusele lisavad jäikust diagonaalselt paigaldatud 5 mm plaadid, mis on seel 2.16 kuvatud sinise, oranži ja punasega.

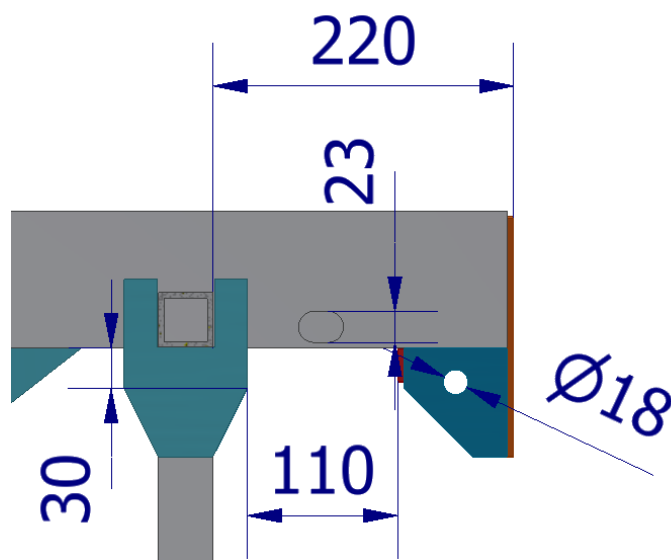


Sele 2.16 Tööplatvorm koos piiretega

---

<sup>1</sup>EVS-EN ISO 14122-2:2016 – Masinate ohutus. Püsijuurdepääsuvahendid masinatele. Osa 2: Tööplatvormid ja käiguteed [15]

Tööplatvormil on kaks 100 x 40 x 4 mm nelikanttoru pikkusega 2590 mm, mis ulatuvad 220 mm välja mõlemalt poolt. Väljaulatuva osale on tehtud 110 mm laiune pesa, kuhu läheb kelgu raami tala (100 x 100 mm). Pesa mõlemat poolt ümbritseb plaatidest tehtud kaldpind, et hõlbustada platvormi paigaldamist kelgu külge. Välimisele plaadile on tehtud 18 mm ava ning nelikanttorusse 23 x 33 mm ava, läbi mille saab platvormi fikseerida kelgu külge. Kirjeldatud avad on kuvatud seel 2.17.

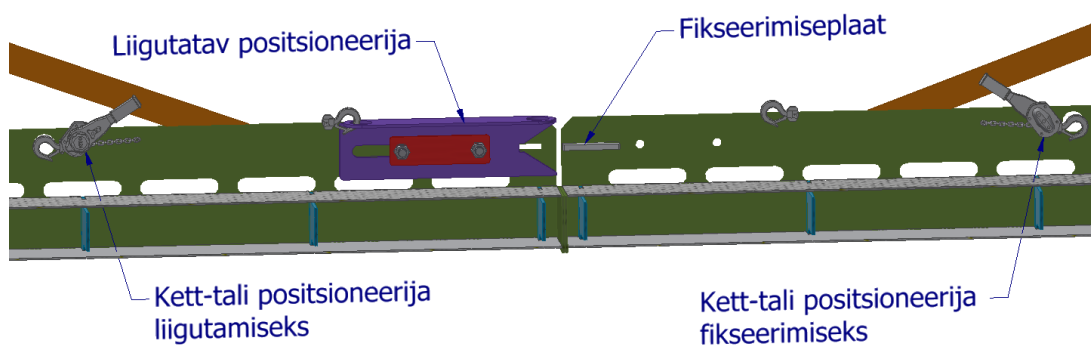


Sele 2.17 Platvormi ja kelgu ühendus

Tööplatvorme on plaanitud toota kaks tükki – mõlemale poole kelgu üks. Ühe platvormi massiks kujunes 157 kg, mis on samuti transporditav valitud Konecranes'i süsteemiga.

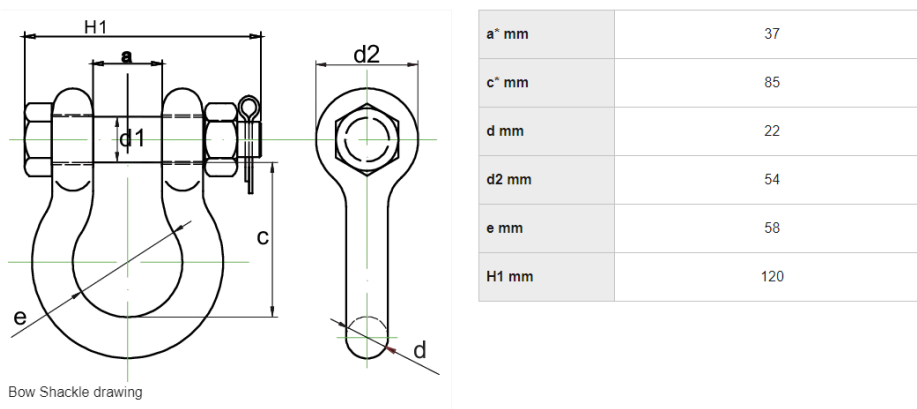
### 2.1.3 Modulaarse platvormi komponentide omavaheline ühendus

Platvorme on kaks ning mõlemad on samad koostud ja omavahel ühendatavad. Platvormid on omavahel ühendatavad. Ühendamiseks on tehtud plaatidest lahendus. Plaatidest keeviskoost (selel 2.18 lilla) liigub antud vaates horisontaalselt 75 mm. Teisel platvormil on fikseerimisplaat, mis piirab platvormide omavahelise liikumise vertikaalselt. Horisontaalne liikumine on piiratud sellega, et liigutatavaid positsioneerijaid on kasutusel kaks tükki ning mõlemad on paigutatud sisekülgedele. Liigutatavat positsioneerijat saab fikseerida ja liigutada 250 kg jõudlusega Kito LX250 kett-taliga. Valitud mudel on kompaktne, kerge ning tiheda astmega käigukastiga, mis hõlbustab platvormide fikseerimist töötamistingimustes. [16]



Sele 2.18 Tööplatvormide ühendus positsioneerimisplaadiga

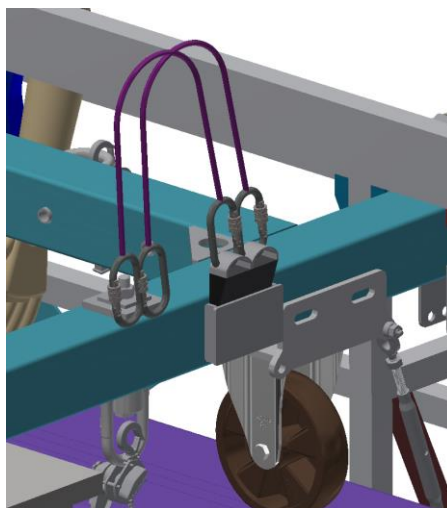
Talade lõikamiseks on tarvis ronida külgedele ja põrandale lähedale. Töö teostamise turvalisust aitavad tagada ketid, mis on ühendatud kahe platvormi vahele ning täidavad piirde eesmärki. Piire koosneb 2,6 m pikkusest 3 mm DIN 766 ketist, karabiinist ning seekelist. Certexi kuumtsingitud eriterasest 6500 kg vastupidavusega seekel on kuvatud seel 2.19. [17] [18]



Sele 2.19 Certexi eriterasest seekel [18]

Keti teise otsa on paigutatud Certexi *Double* seeria karabiin, et turvapiiret saaks kiirelt paigaldada. Karabiin on alumiiniumist ning kannatab 8 kN jõudu. Toode on mõeldud kukkumiskaitseks kõrgustes töötades. [19]

Kelk on ratastel liikuv ning lõikeprotsessiks oleks turvalisem, kui kelgu liikumine oleks blokeeritud. Selleks on kasutada neli kummist tõkiskinga Bauhausilt. Tootel on kummist ümbris ja terasest konksuga tagakülg, mis annab piisava jäikuse kelgu paigalhoidmiseks ning mugava kinnitatavuse, et tagada tõkiskinga kinnitatavuse kelgu külge. Tõkiskingad on 3 mm keti ja kahe karabiiniga kinnitatud kelgu külge ning hoiustamiseks on tehtud plaatidest tasku. Kirjeldatud tõkiskingad on kuvatud seel 2.20. [20]

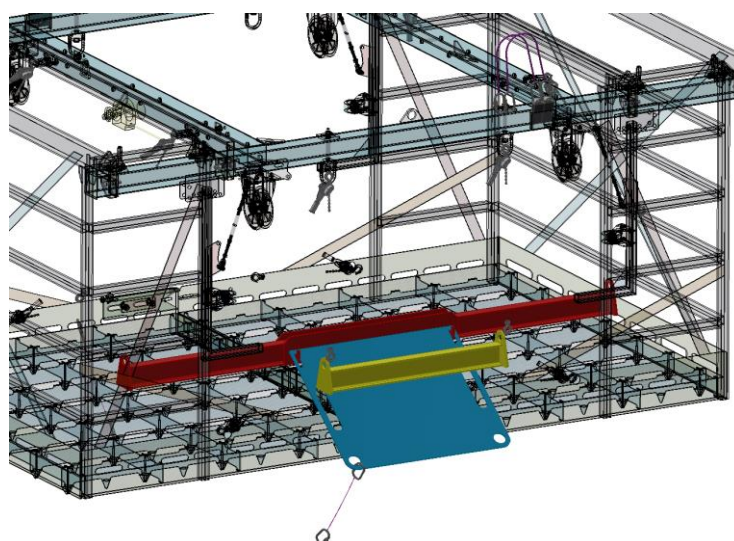


Sele 2.20 Ratta tõkiskingade hoiustamine raamil

Selel 2.20 on lillaga kuvatud ketid, mustaga tõkiskingad ja halliga plaatidest tehtud tasku, kus kiile hoiustada saab.

#### 2.1.4 Amortiseerunud talade toestamine

Lõigatava amortiseerunud tala toestamiseks on loodud kaks lahendust (selel 2.21 punasega on kuvatud mark 100 I-tala), mida kasutatakse ära lõigatud amortiseerunud tala jupi toestamiseks. Tala otstes on keevisliitega kinnitatud avaga plaadid, läbi mille hoitakse tala kelgu raami küljes kett-talidega. Tala keskossa on riputatud konksudega sinine plaat, mis kaitseb platvormi löikamisel tekkivate pritsmete eest. Plaat on kinnitatud 3 mm keti ja karabiinidega platvormi külge, et vältida selle kukkumist.



Sele 2.21 Amortiseerunud tala toestamine

Selel 2.21 kollasega on tähistatud lühem mark 100 I-tala, mida saab kasutada järelejäänud amortiseerunud tala toestamiseks.

Projekteerimisel tuleb arvestada potentsiaalsete tekkivate riskidega. Üks nendest on olukord, kus lõigatud tala massiga 500 kg kukub tööplatvormile. Amortiseerunud tala asub tööplatvormi kohal 0,565 m kõrgusel.

Järgmiseks leitakse jõud  $F$ , mis avaldub, kui ära lõigatud tala peaks kukkuma platvormile. Jõu leidmiseks oletatakse, et kukkuv pind deformeerub 10 mm ning arvutatakse läbi kineetilise energia poolt tekkiva töö:

$$F = \frac{mv^2}{2s\cos\alpha} \quad (2.1)$$

Kus  $F$  – kukkumisel tekkiv jõud, N,  
 $m$  – amortiseerunud tala mass, 500 kg,  
 $s$  – pinna deformeerumine, 0,01 m,  
 $\alpha$  – deformeerumise ja tekkiva jõu vaheline nurk,  $0^\circ$ ,  
 $v$  – kiirus enne kokkupõrget,  $\frac{m}{s}$ .

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2.2)$$

kus  $g$  – gravitatsiooni kiirendus,  $9,81 \frac{m}{s^2}$ ,  
 $h$  – amortiseerunud tala kõrgus pinnast, 0,565 m.

Seega:

$$F = \frac{mgh}{s\cos\alpha} = \frac{500 \cdot 9,81 \cdot 0,565}{0,01 \cdot \cos 0^\circ} = 277,1 \text{ kN}$$

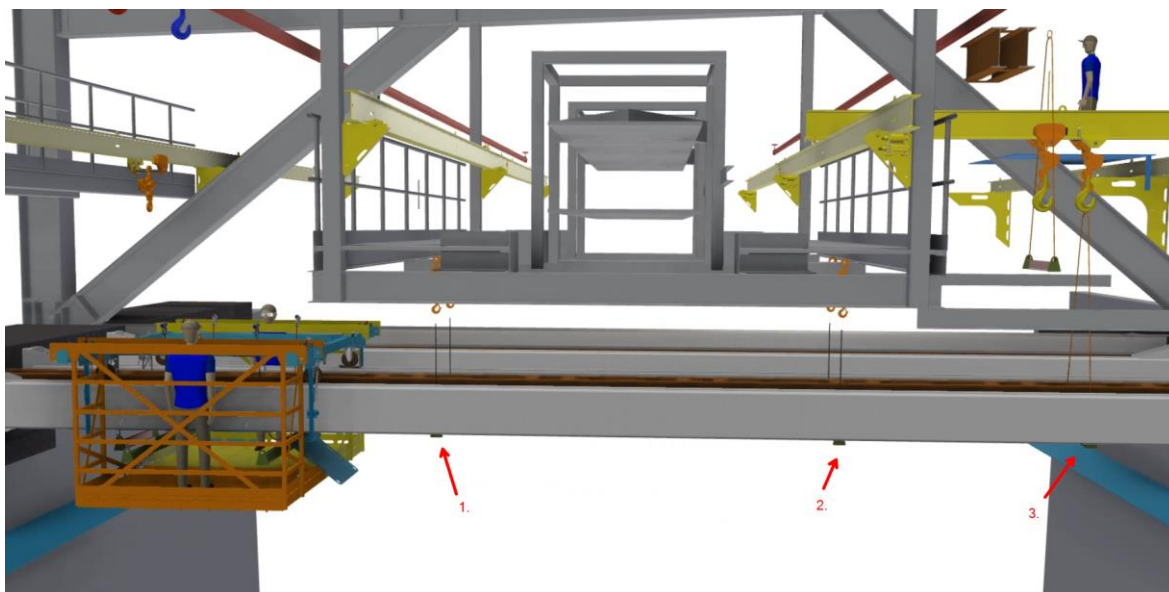
Kokkupõrkel tekkiv jõud  $F$  on liiga suur platvormile ning kui lõigatud tala jupp peaks kukkuma, siis platvorm sellele vastu ei pea. Vältimaks potentsiaalset riski, otsustati konstruktsioonile lisada lisaturvalisust tagavad kett-toed.

Kelgu raami keskossa on paigutatud kaks 3,2 m pikka 10 mm EN 818-2 kett-tuge. Kett on paigaldatud, et vältida amortiseerunud tala kukkumist tööplatvormidele. Valitud kett on mõeldud vastu pidama 3150 kg ning on tehtud 8. klassi laagerterasest. [21]



### 2.1.5 Amortiseerunud tala eemaldamise animatsioonid

Amortiseerunud tala eemaldamise protsessi alustatakse tala toetamisega. Selleks sõidab monteerimismeeskond kelguga mööda uusi kandetalasid ning asetab erinevatesse kohtadesse toestuspunktid (selel 2.22 nooltega näidatud) vanale horisontaaltalale vastavalt vajadusele. Tala toetamiseks on kasutada nii konveierraam kui ka uute horisontaaltalade installeerimiseks projekteeritud varustus. Tugede ligikaudne asetus ning talade lõikamise algpositsioon on kuvatud selel 2.22.



Sele 2.22 Amortiseerunud tala eemaldamine projekteeritud modulaarse platvormi abil

Amortiseerunud tala tuleb välja vedada 500 kg tükkidena, mis tähendab, et lõikeprotsessi tuleb korrata üheksa korda. Talade lõikus on teostatud väga sarnaselt, välja arvatud piirolukordades – seina äärmiste tükkide eemaldamisel. Pääsemaks piisavalt lähedale seina äärelle, tuleb kasutusele võtta lühem tala tugi (selel 2.21 kollane), mille saab toetada kelguraami serva külge – nii saavutatakse maksimaalne ulatus tala toetamiseks.

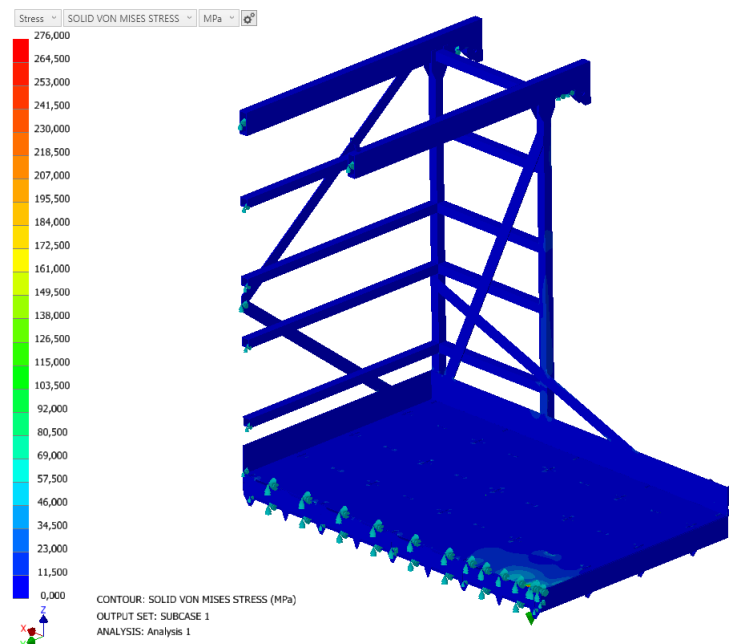
## 2.2 Tugevusarvutused

Tugevusarvutused teostati veendumaks projekteeritud varustuse vastupidavuses. Tugevusarvutusteks kasutati *Autodesk Inventor Professional 2023* tarkvarasse sisseehitatud *Inventor Nastran* programmi.

## 2.2.1 Tööplatvormi tugevusarvutused

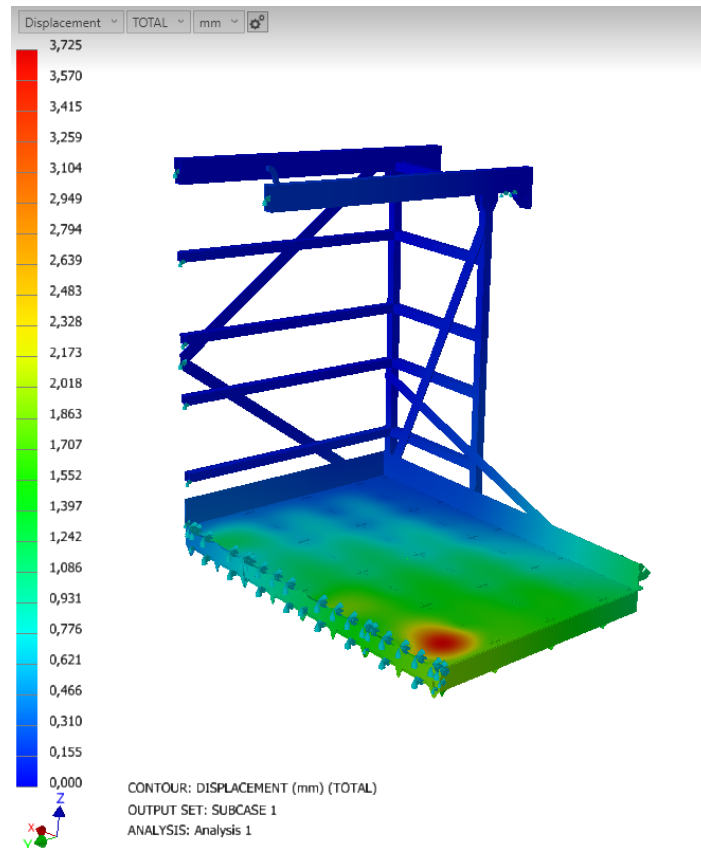
Modulaarse platvormi tugevusarvutustega alustati platvormi simuleerimisega, et saada kätte toeraktsioonid, mis mõjuvad raamile. Arvutusi tehes lähtuti tööplatvormide standardist EVS-EN ISO 14122-2:2016. Platvormi materjaliks on alumiinium 6061 ning voolepiiriks võeti 276 MPa. [14] [15]

Platvorm lõigati sümmeetrilisuse tõttu pooleks ning poolituskohta lisati *frictionless constrain'd*. Platvormi toetus raamile järelejäänud sihtides piirati samuti *frictionless constrain'd*ega. Platvormile rakendati standardist tulenev alakoormus 3,45 kN pindalast tulenevalt (1,663 x 1,04 m) ning punktkoormus kõige kriitilisemasse punkti 750 N (0,1 m x 0,2 m). Konstruktsioon jagati 948 795 elemendiks ning saadud tulemused on kuvatud seel 2.23 ja 2.24.



Sele 2.23 FEM tulemus – pinged.

Maksimaalseks pingeks saadi 247,4 MPa punktkoormuse juures, mis ei ületa materjali voolepiiri.



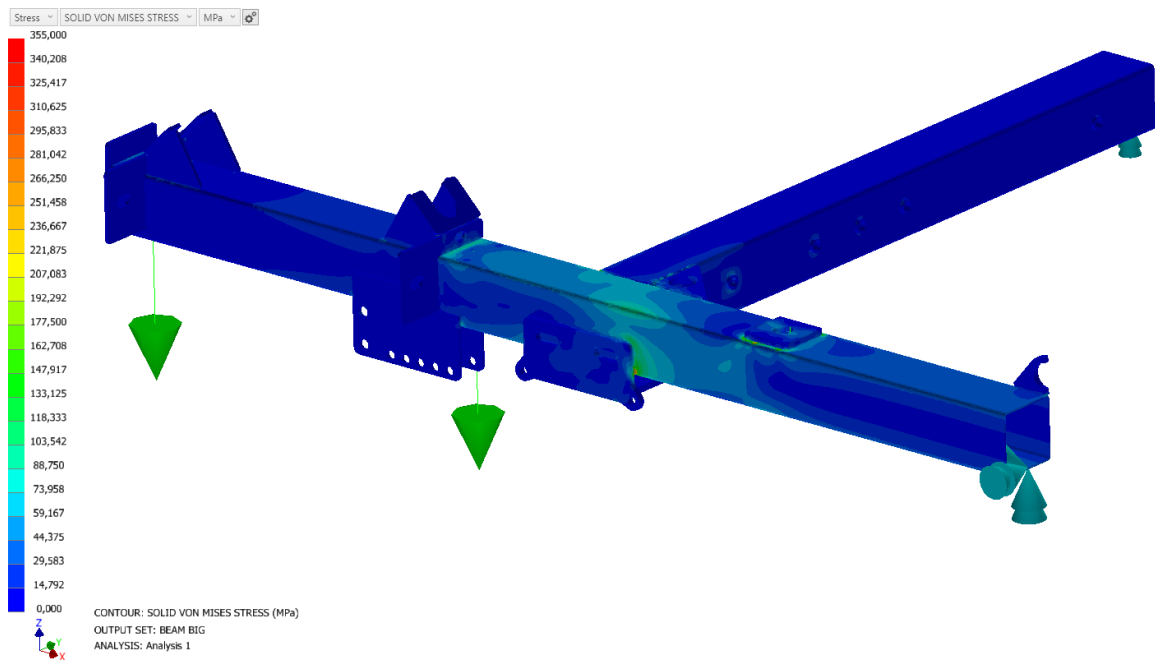
Sele 2.24 FEM tulemus – läbipaine

Maksimaalseks läbipaineks saadi 3,7 mm, mis on standardist tulenevate nõuete piires (4 mm maksimaalselt lubatud). Analüüsist saadi platvormi toetuspunktidel olevast *constrain*'st toereaktsioon, milleks oli 4210,24 N, mis on sisendiks kelgu tugevusarvutuste tegemisel.

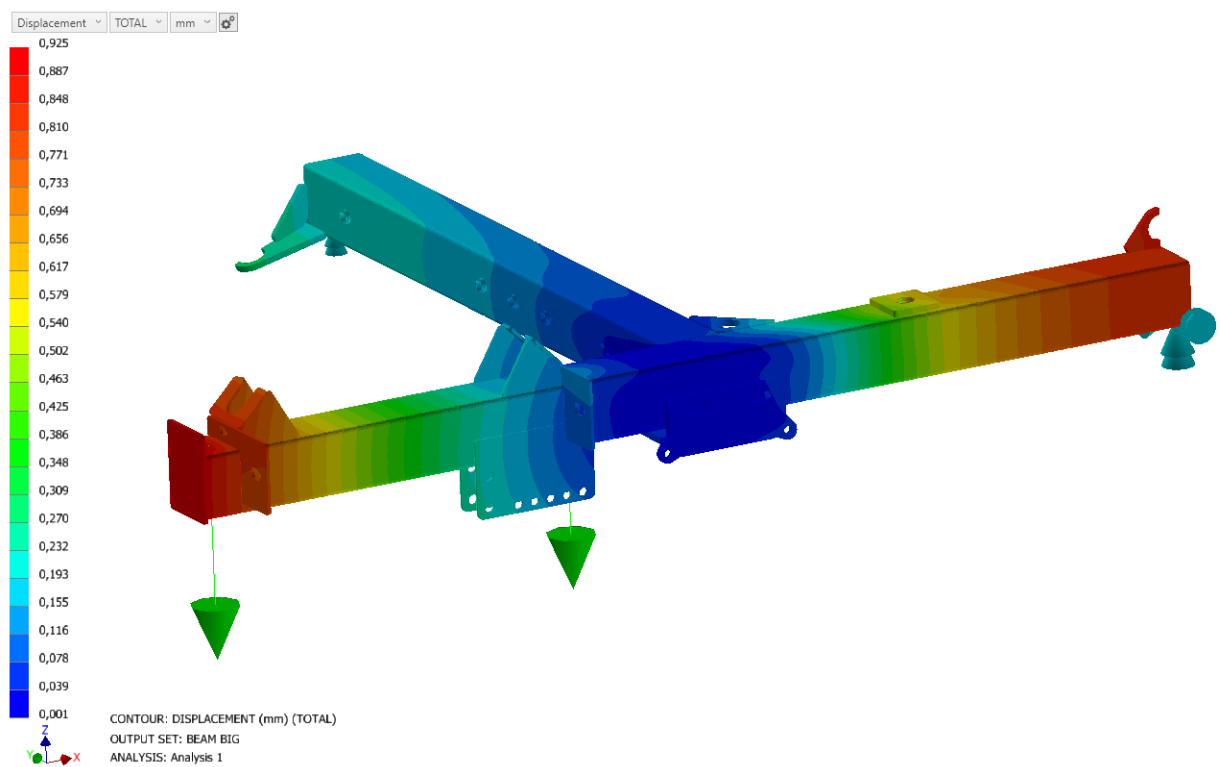
## 2.2.2 Kelgu tugevusarvutused

Kelgu raami materjaliks on S355J2 ning voolepiiriks võeti 355 MPa. Platvorm lõigati sümmeetrilisuse tõttu neljaks ning lõikekohta lisati *frictionless constrain*'d. Kelgu toetuspunkt taladele piirati samuti *frictionless constrain*'ga.

Raamile teostati kaks analüüsi, millest esimesele rakendati eelmisest arvutusest saadud toereaktsioon 4,2 kN ning raami etteotsa kahekordse varuteguriga amortiseerunud tala toetamise jõud 45 kN. Konstruktsioon jagati 912 502 elemendiks ning saadud tulemused on kuvatud seel 2.25 ja 2.26.



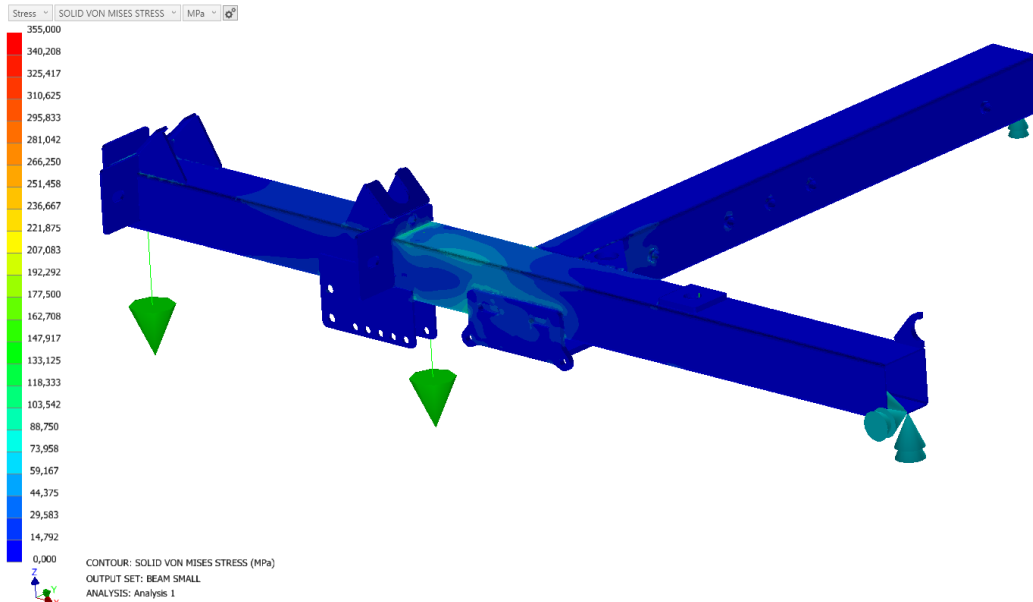
Sele 2.25 FEM Tulemus – pinged



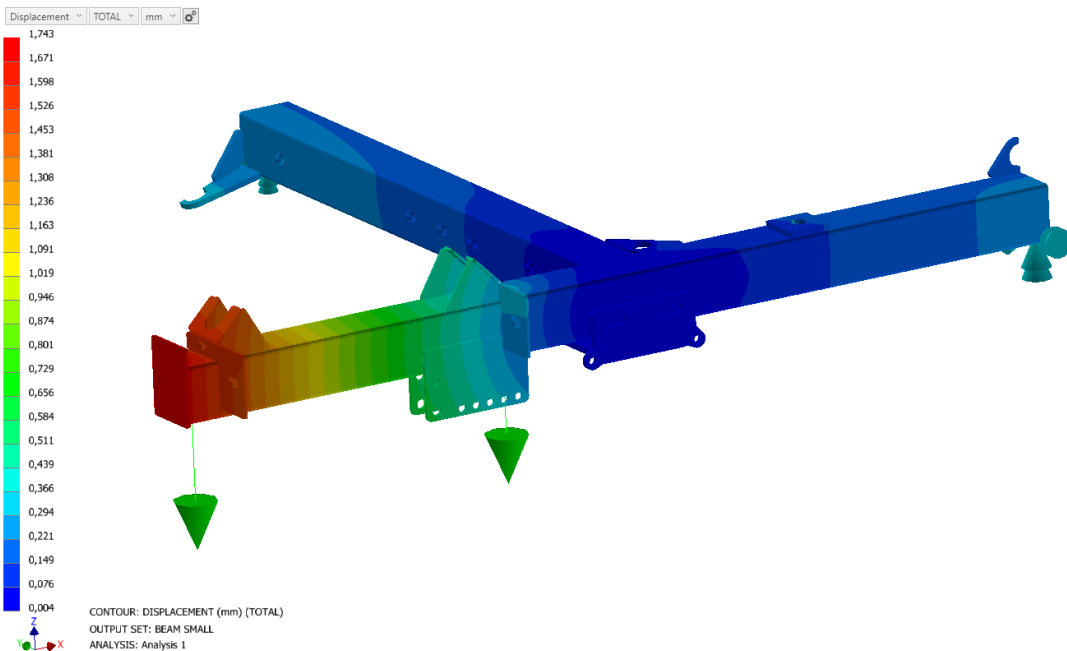
Sele 2.26 FEM Tulemus – läbipaine

FEM analüüsist selgus, et maksimaalne läbipaine tekkis 0,9 mm ning tekkivad pinged ei ületanud 200 MPa piire. Arvestades kahekordset varutegurit, võib kindel olla konstruktsiooni vastupidavuses.

Teise olukorrana oli kelgul samuti kanda platvormi poolt avaldatav jõud (4,2 kN) ning seekord 500 kg amortiseerunud tala kandmine, mis jagati neljaks ning arvestati kolmekordse varuteguriga. Jõud, mis lisati oli 3,7 kN ning tulemused on kuvatud seidel 2.27 ning 2.28.



Sele 2.27 FEM tulemus – pinged



Sele 2.28 FEM tulemus – läbipaine

Analüüsist selgus, et pinged ei ületanud 150 MPa piire ning maksimaalne läbipaine oli 1,7 mm, mis on kõik lubatud piirides.

### 3 Horisontaaltalade vahetamise projekti maksumus

Magistritöö maksumuse arvutamiseks vaadeldakse nelja tegurit – projekteerimine, tootmine, materjali kulu ning ostukomponendid. Maksumuse arvestuses on lähtutud projekti asukohajärgsetest tootmishindadest. Kuna projekteerimine teostati Eestis, siis arvestatakse kohalike projekteerimistunni hindadega. Projekteerimiseks oli eelarvet 1250 tunni jagu, kuhu alla kuulus modelleerimine, jooniste tegemine, tugevusarvutused, animatsioonid, manageerimine, lähetus ning dokumentatsiooni koostamine. Projekt teostati eelarve piirides. Projekti maksumus on koondatud tabelisse 3.1.

Tabel 3.1 Töö maksumuse arvestus

<b>Kulu</b>	<b>Selgitus</b>	<b>Kogus</b>	<b>Summa / €</b>
Projekteerimine	40-80 €/h	1250 h	62 500 - 100 000
Tootmise tööjõukulu	30-60 €/h	120 h	3 600 - 7 200
S355 profiilid	3-4 €/kg	2600 kg	7 800 - 10 400
S355 lehtmets	4-5 €/kg	900 kg	3 600 - 4 500
Alumiinium profiil/lehtmets	11-12 €/kg	600 kg	6 600 - 7 200
Ostukomponendid	Tõsteseadmed		18 000 - 22 000
<b>Kokku</b>			102 100 - 151 300
<b>Kokku aritmeetiline keskmine</b>			126 700

Ettevõtte ning koostööpartnerite huvides ei ole välja toodud konkreetseid hindasid, vaid antud regioonis kehtivaid hindadevahemikke. Samuti on töö tehtud ajal, mil materjali hinnad olid suurtes mahtudes kõikumad. Hindasid summeerides leiti nii ülem- kui alampiir. Piirväärtused liideti kokku ning arvutati aritmeetiline keskmine, milleks saadi 126 700 €. Arvestades tehase tunni töö maksumust, tasub projekteerimisele kuluv aeg ära end kiiresti.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli projekteerida metallitööstusettevõttele täislahendus, mis võimaldab välja vahetada 1960. aastatel ehitatud hoone amortiseerunud horisontaaltalad. Talade vahetus oli vajalik hoone püsijäämiseks ning tootmise jätkamiseks. Hoone töö oli pidev ning varustust projekteerides tuli sellega arvestada. Horisontaaltalade vahetus koosnes kahest etapist: uute talade installeerimine ning amortiseerunud talade eemaldamine. Mõlema etapi jaoks projekteeriti protsessi abistav varustus.

Töö esimene etapp oli uute kandetalade paigaldamine. Paigaldusprotsessi alustati meetodi valikuga. Välja pakuti seitse lahendust. Kontseptsioonidele koostati hindamismatriks, mille käigus hinnati välja pakutud lahendusi kuue kriteeriumi alusel. Enim punkte teeninud lahendus kooskõlastati kliendi ja monteerimismeeskonnaga ning projekteeriti vajaminev varustus, teostati tugevusarvutused, loodi videoanimatsioonid ning tehti tootmisjoonised.

Pärast uute horisontaaltalade paigaldamist oli vaja amortiseerunud talad turvaliselt eemaldada. Siinkohal tuli arvestada, et tootmisprotsessi pole võimalik peatada, seega otsustati luua modulaarne platvorm, millega saab teostada lõikamisoperatsioone ning transportida lõigatud tala juppe. Platvormi projekteerimisel lähtuti asjaolust, et transpordiks oli kasutada Konecranes'i töökohakraana kandevõimega 500 kg. Projekteeritud modulaarsele platvormile teostati tugevusarvutused, loodi videoanimatsioonid ning tehti tootmisjoonised.

Peale horisontaaltalade vahetusprotsessi väljatöötamist hinnati projekti maksumust. Maksumuse arvutamisel lähtuti projekteerimismahust, materjali maksumusest ja tootmistööjõu kuludest.

Lõpptulemusena lahendati hoone amortiseerunud kandestruktuuride vahetamine seitsmekuuse projekteerimise tulemusena. Uute horisontaaltalade paigaldamisega alustati 2023. aasta jaanuaris ja lõpetati aprillis ning paigaldusel probleeme ei tekkinud. Amortiseerunud talade eemaldamist ei ole töö esitamise ajaks veel alustatud.

Autori hinnangul said kõik püstitatud eesmärgid täidetud – projekteeriti toimiv lahendus uute talade paigalduseks ning vanade eemaldamiseks. Töö teostati ettenähtud aja ning maksumuse raames, arvestades sealjuures kliendi ning paigaldusmeeskonna soovidega.

## **SUMMARY**

The aim of this master's thesis was to design a comprehensive solution for a metal industry company that would allow for the replacement of amortized horizontal beams in a building constructed in the 1960s. The replacement of the beams was necessary for the preservation of the building and the continuation of production. Considering that the building's operations were continuous, the design of the equipment had to take that into account. The replacement of the horizontal beams consisted of two stages: the installation of new beams and the removal of amortized beams. Process-assisting equipment was designed for both stages.

The first stage of the project involved the installation of new horizontal beams. The installation process began with the selection of a method. Seven solutions were proposed, and an evaluation matrix was created to assess the proposed solutions based on six criteria. The solution that earned the highest score was approved by the client and the assembly team. The necessary equipment was designed, strength calculations were performed, video animations were created, and production drawings were made.

After the installation of the new horizontal beams, it was necessary to safely remove the amortized beams. In this case, it was important to consider that the production process could not be stopped. Therefore, a decision was made to create a modular platform that could perform cutting operations and transport the cut sections of the beam. The design of the platform took into account the fact that transportation could be done using a Konecrane workplace crane with a lifting capacity of 500 kg. Strength calculations were performed for the designed modular platform, video animations were created, and production drawings were made.

After the development of the horizontal beam replacement process, the project cost was evaluated. The cost calculation took into account the design workload, material costs, and labor costs involved in the production.

As a result of the seven-month design process, the replacement of the building's amortized structural elements was successfully solved. The installation of the new horizontal beams began in January 2023 and was completed in April without any issues. The removal of the amortized beams had not yet started at the time of submitting the work.



According to the author's assessment, all the set objectives were achieved - a functional solution for the installation of new beams and the removal of old ones was designed. The work was completed within the scheduled time and budget, taking into account the client's and installation team's preferences.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „New Construction vs. Renovation: Which is Greener?,” Buildings, 2012. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.buildings.com/department/article/10189633/new-construction-vs-renovation-which-is-greener>. [Kasutatud 12.5.2023].
- [2] „Stainless Steel - Duplex - 1.4462 (2205) Bar,” aalco, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: [https://www.aalco.co.uk/datasheets/Stainless-Steel-14462-2205-Bar\\_347.ashx](https://www.aalco.co.uk/datasheets/Stainless-Steel-14462-2205-Bar_347.ashx). [Kasutatud 19.5.2023].
- [3] „Workstation cranes "The ultimate user-experience",” Konecranes, 2018. [Võrgumaterjal]. Saadaval: [https://www.konecranes.com/sites/default/files/2019-01/Konecranes\\_brochure\\_WLS\\_XK-S\\_and\\_XK-A\\_2018\\_EN.pdf](https://www.konecranes.com/sites/default/files/2019-01/Konecranes_brochure_WLS_XK-S_and_XK-A_2018_EN.pdf). [Kasutatud 14.9.2022].
- [4] „KITO Quick lift block Mighty,” pmh, 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.pmh.se/kito-snabblyftblock-kito-snabblyftblock-mighty>. [Kasutatud 29.9.2022].
- [5] „KITO Manual block trolley,” pmh, 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.pmh.se/kito-manuell-blockvagn>. [Kasutatud 29.9.2022].
- [6] „95059 Rollers heavy-load,” norelem, 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: [https://www.norelem.com/xs\\_db/DOKUMENT\\_DB/www/NORELEM/DataSheet/en/95/95059\\_Datasheet\\_5831\\_Rollers\\_heavy-load--en.pdf](https://www.norelem.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/DataSheet/en/95/95059_Datasheet_5831_Rollers_heavy-load--en.pdf). [Kasutatud 4.10.2022].
- [7] Ü. P. Kulu, Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2021.
- [8] „Pressure tensioner GN841,” wiberger, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.wiberger.se/produkt/gn841>. [Kasutatud 14.1.2023].
- [9] „BH-ALB 200K,” Blicke, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.blickle.com/product/BH-ALB-200K-854793>. [Kasutatud 10.2.2023].
- [10] „B-ALST 100K,” Blicke, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.blickle.com/product/B-ALST-100K-579268>. [Kasutatud 22.2.2023].
- [11] „Vandipingutid Powertex kahvel-kahvel,” Certex, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.certex.ee/tooted-e-pood/tostetarvikud/vandipingutid/vandipingutid-powertex-kahvel-kahvel-p95788#query=Vandipinguti&tab=products>. [Kasutatud 17.2.2023].
- [12] „WINCH PULLEYMAN 300KG,” swelash, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: [https://www.swelash.se/product/vinsch-pulleyman-300kg?referer=google-shopping&gclid=CjwKCAiA68ebBhB-EiwALVC-NmxieEn1vQic4FiZiZQWJSJQj47-OVaUGQ9y1UOFzvEerXk4QKh3eRoCqqoQAvD\\_BwE](https://www.swelash.se/product/vinsch-pulleyman-300kg?referer=google-shopping&gclid=CjwKCAiA68ebBhB-EiwALVC-NmxieEn1vQic4FiZiZQWJSJQj47-OVaUGQ9y1UOFzvEerXk4QKh3eRoCqqoQAvD_BwE). [Kasutatud 2.3.2023].
- [13] „Swivel Hoist Ring 8-231 Long bolt,” certex, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.certex.se/en/products/sling-components-lifting-hardware/lifting-hardware/lifting-points/swivel-hoist-ring-8-231-long-bolt-p343896>. [Kasutatud 7.3.2023].
- [14] A, „Aluminium / Aluminum 6061 Alloy (UNS A96061),” AZO materials, 2012. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6636>. [Kasutatud 14.3.2023].
- [15] „EVS-EN ISO 14122-2:2016 – Masinate ohutus. Püsijuurdepääsuvahendid masinatele. Osa 2: Tööplatvormid ja käiguteed”.
- [16] „Kito LX250,” Vertygsproffsen, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.verktygsproffsen.se/arbetsplats-forvaring/lyftredskap/kito-lx250->

- spaklyftblock-15-m-lyfthojd-lyftkapacitet-250-kg-3056624. [Kasutatud 12.3.2023].
- [17] „Bow Shackle POWERTEX PBSB,“ Certex, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.certex.ee/tooted-e-pood/tostetarvikud/seeklid/tosteseeklid/seekel-tuup-833-omega-splinditav-p95334>. [Kasutatud 26.2.2023].
- [18] „Chain DIN - Short Link Grade 3,“ Certex, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: [https://www.certex.se/en\\_GB/download/productpage/39484](https://www.certex.se/en_GB/download/productpage/39484). [Kasutatud 25.1.2023].
- [19] „Carabiner Double TRI,“ Certex, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.certex.se/en/products/fall-protection-safety/fall-protection/carbiners/carabiner-double-tri-p328042>. [Kasutatud 24.1.2023].
- [20] „DOOR STOP MOTTEZ RUBBER,“ Bauhaus, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.bauhaus.no/dorstopp-mottez-gummi>. [Kasutatud 18.03.2023].
- [21] „Chain - Short Link Grande 8,“ Certex, 2023. [Võrgumaterjal]. Saadaval: [https://www.certex.no/en\\_GB/download/productpage/399046](https://www.certex.no/en_GB/download/productpage/399046). [Kasutatud 12.3.2023].

# LISAD

## Lisa 1 – Ajutiste tugitalade materjalitabel

Tabel L1.1 Ajutiste tugitalade lehtmetailplaadid

Materjal	Mõõdud / mm	Kogus / tk	Kogu pindala / m <sup>2</sup>	Kogu mass / kg
EN 1.4301	156,9x60	242	2,28	73,6
S355J2+N	1082,5x60	6	0,39	30,0
S355J2+N	109x50	24	0,13	9,4
S355J2+N	115x90	48	0,50	34,3
S355J2+N	1293,3x1105,4	6	8,58	211,2
S355J2+N	150x100	6	0,09	5,3
S355J2+N	150x120	18	0,32	19,4
S355J2+N	150x180	24	0,65	42,2
S355J2+N	170x60	4	0,04	3,2
S355J2+N	175x50	4	0,04	2,1
S355J2+N	180x150	4	0,11	6,0
S355J2+N	180x180	4	0,13	7,4
S355J2+N	205x165	48	1,62	63,9
S355J2+N	395x50	6	0,12	9,3
S355J2+N	430x360	12	1,86	76,9
S355J2+N	478,1x415,4	6	1,19	45,3
S355J2+N	528,4x50	12	0,32	24,9
S355J2+N	90x60	26	0,14	5,6
<b>Summa</b>		<b>500</b>	<b>18,50</b>	<b>670,0</b>

Tabel L1.2 Ajutiste tugitalade profiilid

Materjal	Mõõdud / mm	Kirjeldus	Kogus / tk	Kogu pikkus / m	Kogu mass / kg
S355J2	L=10000	IPE 240	4	40	1228,0
S355J2	L=40	V 40 x 40 x 5	8	0,32	0,9
S355J2	L=4515	IPE 300	1	4,515	190,9
S355J2	L=5443	IPE 300	1	5,443	230,1
S355J2	L=7000	IPE 240	4	28	859,1
S355J2H	L=110	KKR - 50 x 50 x 5	48	5,28	33,7
<b>Summa</b>			<b>66</b>	<b>83,558</b>	<b>2542,7</b>

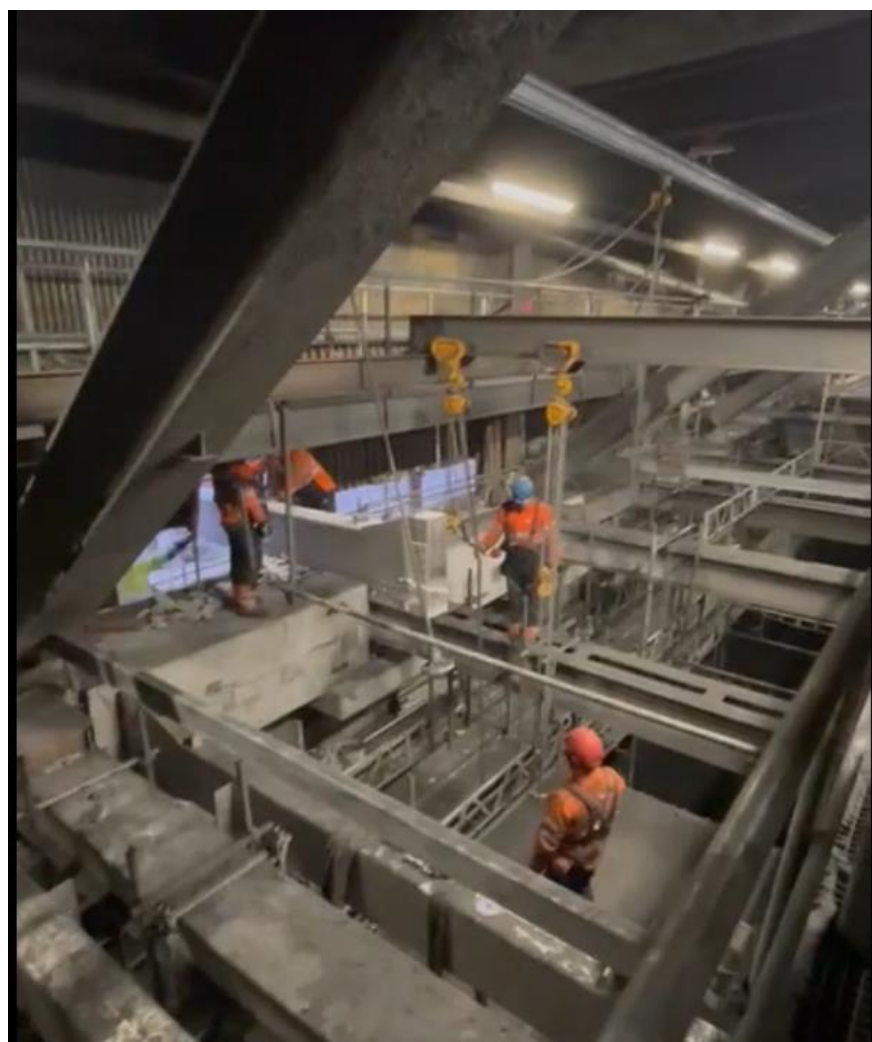
Tabel L1.3 Ajutiste tugitalade kinnitusvahendid

<b>Materjal</b>	<b>Nimetus</b>	<b>Mõõdud / mm</b>	<b>Kogus / tk</b>	<b>Kogu mass / kg</b>
8.8 FZV	Polt, ISO 4014	M24 x 180	24	18,46
8.8 FZV	Polt, ISO 4014	M24 x 220	24	21,89
8.8 FZV	Polt, ISO 4017	M12 x 45	52	2,91
8.8 FZV	Polt, ISO 4017	M16 x 40	4	0,40
8.8 FZV	Polt, ISO 4017	M16 x 50	48	5,62
8.8 FZV	Polt, ISO 4017	M16 x 60	8	1,06
FZV	Seib, HV200 ISO 7089	13 x 24 x 2,5	104	0,62
FZV	Seib, HV200 ISO 7089	17 x 30 x 3	64	0,70
FZV	Seib, HV200 ISO 7089	25 x 44 x 4	96	3,07
KL-8 FZB	Nyloc mutter, ISO 7040	M24	48	7,15
KL-8 FZV	Mutter, ISO 4032	M12	52	0,83
KL-8 FZV	Mutter, ISO 4032	M16	60	2,40
FZV HV100	Kandiline seib, S4B DIN 436	50x50x5, Ø 18	56	4,93

Tabel L1.4 Ajutiste tugitalade ostutooted

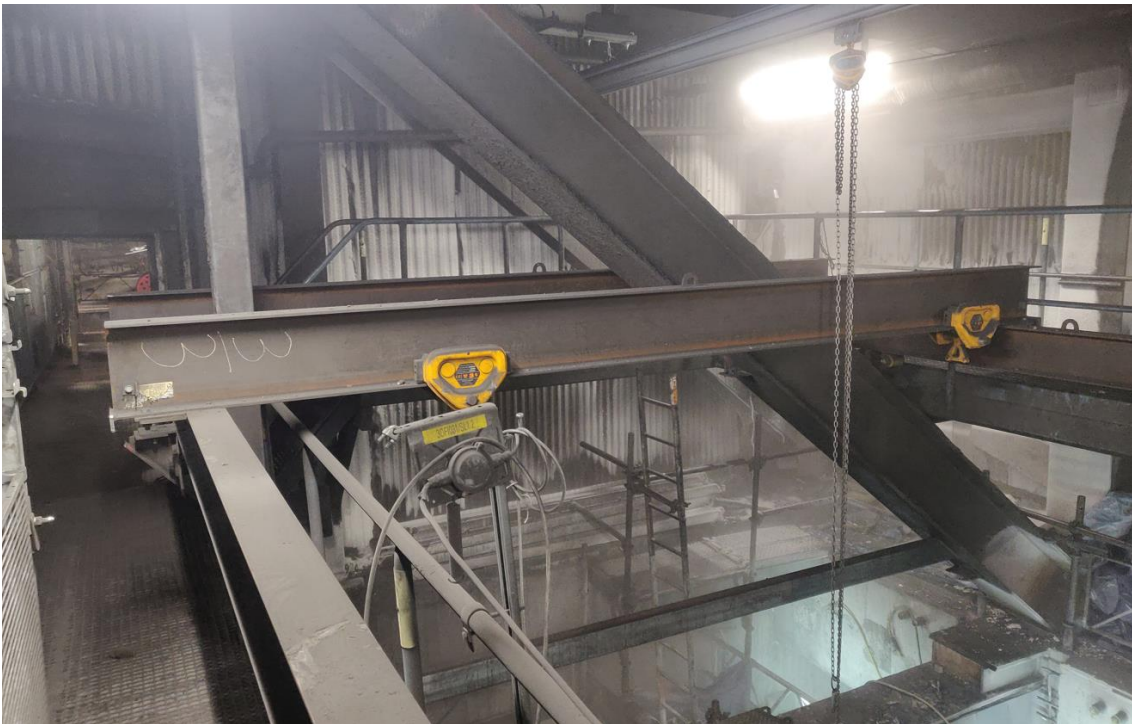
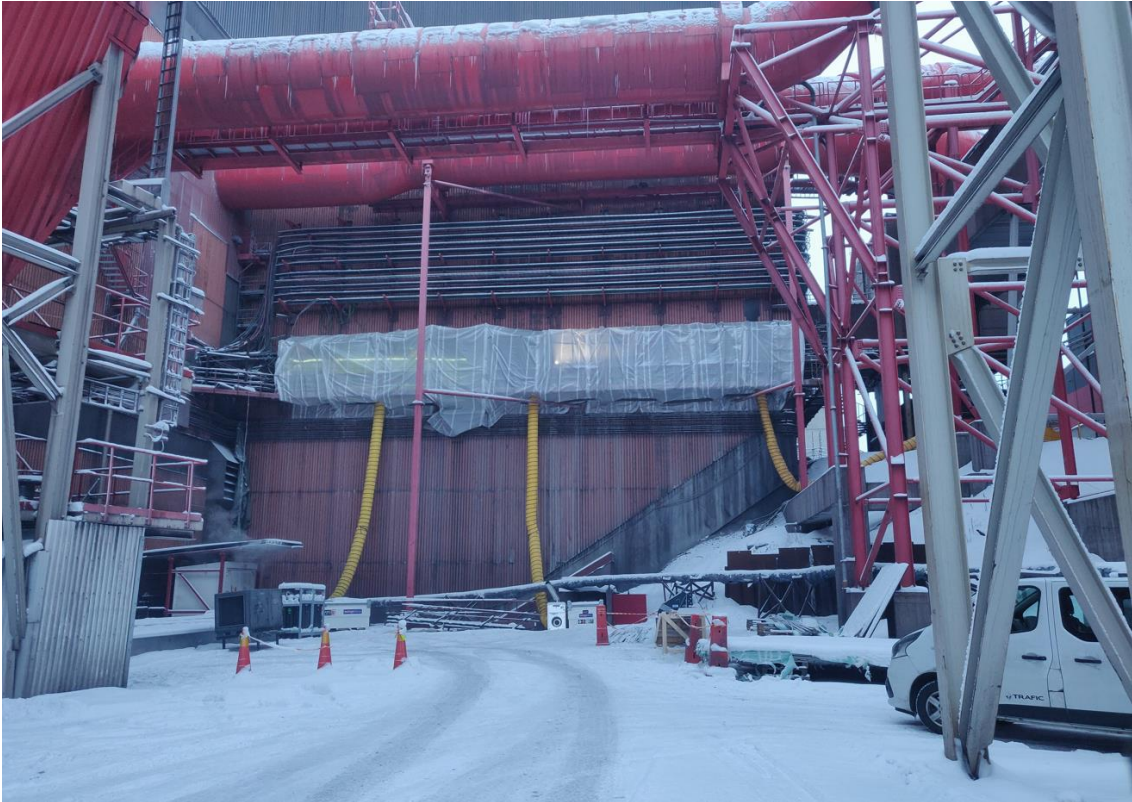
<b>Toode</b>	<b>Tootekood</b>	<b>Info</b>	<b>Kogus / tk</b>
Block wagon TSP3000	KITO; 13013024	3000kg	5
Heavy load roller	Norelem, 95059-0859525		24
Light crane 250 kg with attachments	Konecranes, Steel profile II	L = 42500 mm	2
Quick lift block CB 3000	KITO; 12006030	3000kg	5
Quick lift block CB 500	KITO, 12001030	500kg	4

**Lisa 2 – Uute horisontaaltalade paigaldamise fotod**





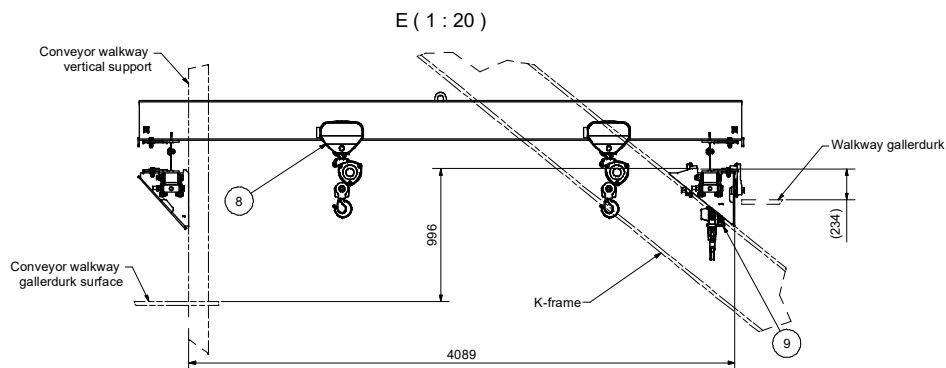
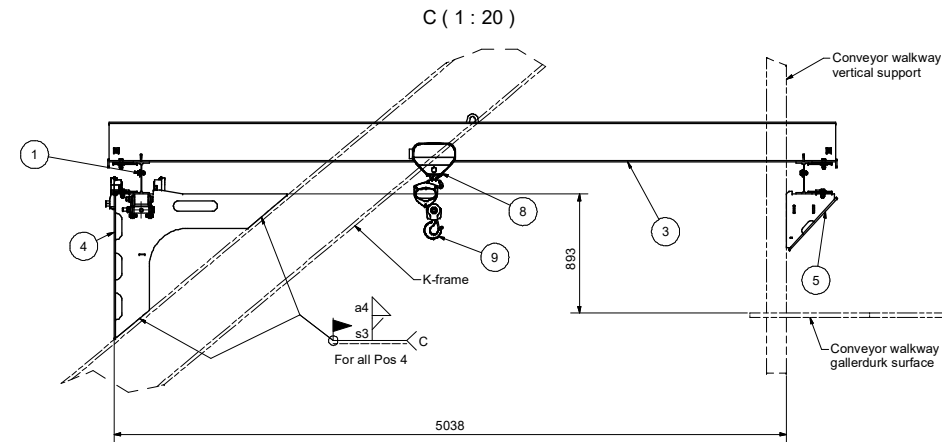
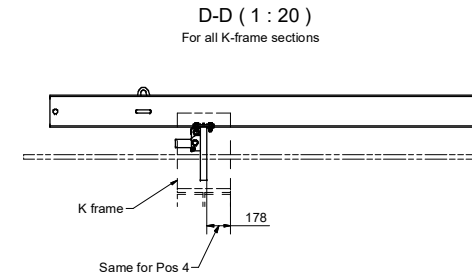
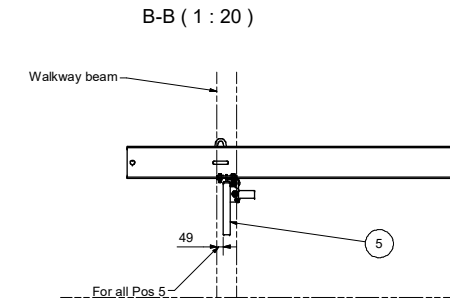
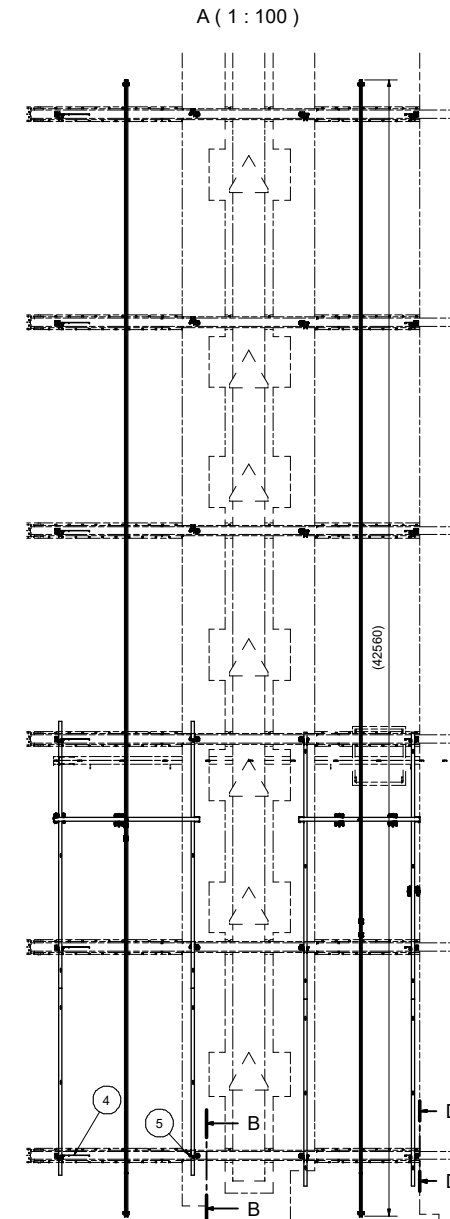
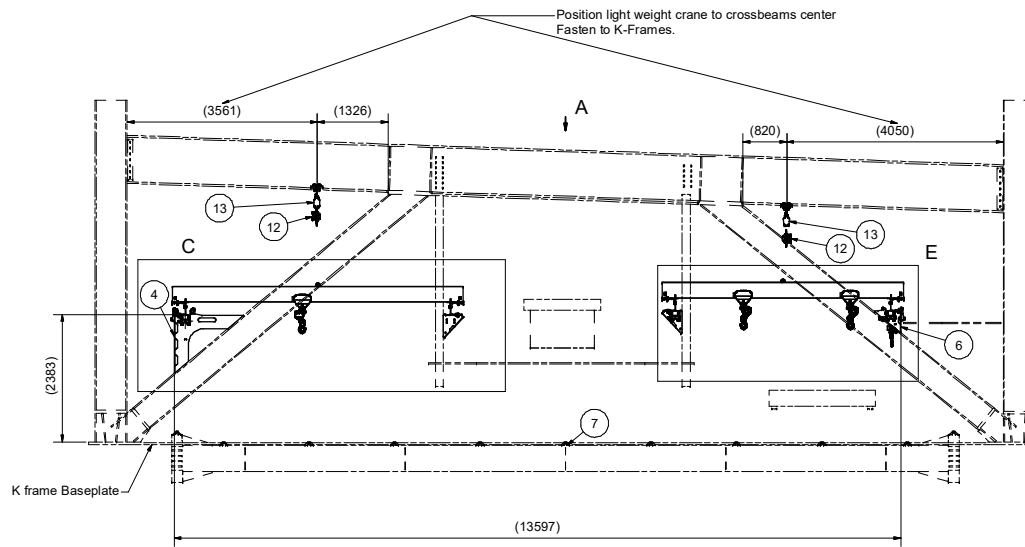






## **GRAAFILINE OSA**

Ritningsförteckning/List of drawings		xxxxxxx	Main drawing								Status	Title
Objekt:		xxxxxxx	First occurrence of the drawing								m	Missing
		xxxxxx	Already existing drawing in list								ip	In progress
											r	Ready
											c	Checked
											d	Delivery
											s	Sent earlier
No.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Status	Benämning:
1	N1273-001										s	Temporary lifting beams
2		N1273-002									s	Beam 1
3			N1273-003								s	Beam 1 side 1
4				N1273-004							s	Beam 1 side 1 DET
5			N1273-005								s	Beam 1 side 2
6				N1273-006							s	Beam 1 side 2 DET
8		N1273-008									s	Beam 2
9			N1273-009								s	Beam 2 welds
				N1273-004							s	Beam 1 side 1 DET
10				N1273-010							s	Beam 2 welds DET
13			N1273-011								s	Beam 2 DET
14		N1273-012									s	Beam 3
15			N1273-011								s	Beam 2 DET
16			N1273-013								s	Beam 3 Welds
				N1273-004							s	Beam 1 side 1 DET
17				N1273-010							s	Beam 2 welds DET
18				N1273-014							s	Beam 3 welds DET
19		N1273-015									s	Support console 1
20			N1273-016								s	Support console 1 welds
21				N1273-017							s	Roller support
22					N1273-018						s	Roller support welds
23						N1273-019					s	Roller support welds DET
24						N1273-020					s	Roller support DET
25				N1273-021							s	Support console 1 welds DET
26			N1273-022								s	Support console 1 DET
27		N1273-023									s	Support console 2
28			N1273-022								s	Support console 1 DET
29			N1273-024								s	Support console 2 welds
30				N1273-017							s	Roller support
31					N1273-018						s	Roller support welds
32						N1273-019					s	Roller support welds DET
33						N1273-020					s	Roller support DET
34				N1273-021							s	Support console 1 welds DET
35				N1273-025							s	Support console 2 welds DET
36		N1273-026									s	Support console 3
37			N1273-022								s	Support console 1 DET
38			N1273-027								s	Support console 3 welds
39				N1273-017							s	Roller support
40					N1273-018						s	Roller support welds
41						N1273-019					s	Roller support welds DET
42						N1273-020					s	Roller support DET
43				N1273-028							s	Support console 3 welds DET
44		N1273-029									s	Lifting ear welding
45			N1273-030								s	Lifting ear welding DET



**Standards and general instructions:**

- Execution:**
- Machining tolerance: SS-ISO 2768-mK.
  - Thermal cutting according to SS-EN ISO 9013, Class 1.
  - Sharp edges broken.
  - Cuts/surface cracks are ground or weld repaired.

- Svets:**
- Welded tolerances: SS-EN ISO 13920 BE.
  - Unless otherwise stated, fillet weld a0.7 x l<sub>min</sub> around the entire length alternatively fully welded or equivalent.
  - Weld test according to SS-EN ISO 9606.
  - Weld quality according to SS-EN ISO 5817, class C.
  - Visual control 100% according to ISO 17637.
  - Descal and remove other contamination before welding.
  - Weld pearls and slag are removed.
  - When needed as well as for large welds, affected material should be normalized.

- Painting:**
- Painting is not necessary for temporary beams.

**Montage order:**

1. All Pos 4 and Pos 6
2. Pos 5

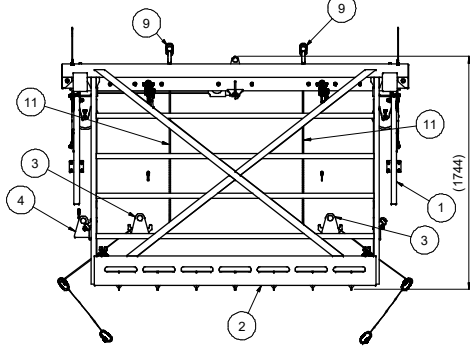
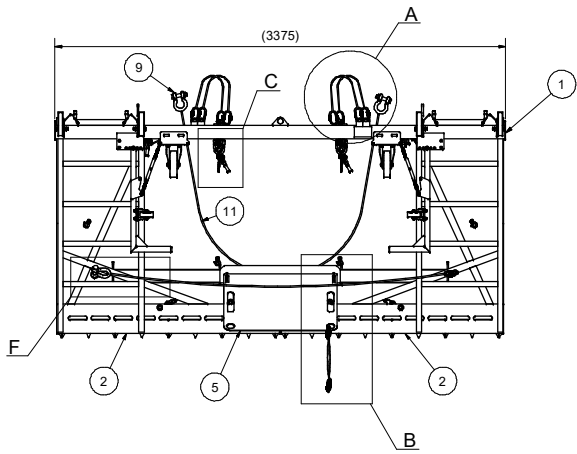
Total Vikt: 4716 kg

First ensure Pos 4 and Pos 6 distance from conveyor vertical support frame. Then measure bracket height from conveyor walkway - use that to level Pos 5 with Pos 4 and Pos 6. (View C and E)

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MATERIAL	ABMÄRKNING	KD/ST
13	2	Light crane 250 kg with attachments	L = 42500 mm	Stal	Konecranes, Steel profile II	701,8
12	4	Quick lift block 500kg			KITO, 12001030	0,4
9	5	Quick lift block 3000kg			KITO, 12006030	0
8	5	Block wagon 3000kg			KITO, 13013024	3,1
7	1	Lifting ear welding		N1273-029		73,3
6	6	Support console 2		N1273-028		20,9
5	12	Support console 2		N1273-023		20,5
4	6	Support console		N1273-015		52,2
3	1	Beam 3		N1273-012		240,3
2	1	Beam 2		N1273-008		201,1
1	4	Beam 1		N1273-002		523,8
		Konstruktör	GUPO	Read	GUPO	
		Skala	1:50	Originalformat	A1	
		Ris nr	N1273-001			

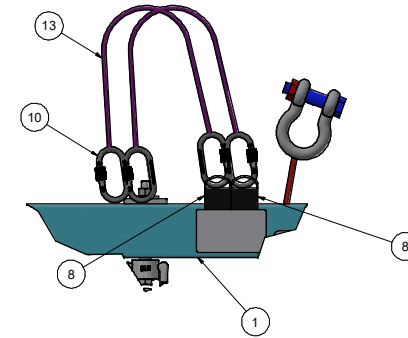
TEMPORARY LIFTING BEAMS

Drawing list		XXXXXXX	First occurrence of the drawing							<b>Status</b>	<b>Description</b>
		XXXXXXX	Already existing drawing in list							m	Not started
										ip	In progress
										r	Ready
										c	Checked
										d	Done/delivery
										s	Sent previously
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	Status	Name	
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8			
1	N1273-B-001								s	Trolley main SMST	
2		N1273-B-002							s	Trolley base SMST	
3			N1273-B-003						s	Trolley weld 3	
4				N1273-B-004					s	Trolley weld 2	
5					N1273-B-005				s	Trolley weld 1	
6						N1273-B-006			s	Trolley base frame	
7							N1273-B-007		s	Trolley base frame DET	
8						N1273-B-008			s	Trolley weld 1 DET	
9					N1273-B-009				s	Wheel bracket	
10						N1273-B-010			s	Wheel bracket DET	
11					N1273-B-011				s	Trolley 2 weld DET	
12				N1273-B-012					s	Wedge pocket	
13					N1273-B-013				s	Wedge pocket DET	
14				N1273-B-014					s	Sidepod guide	
15					N1273-B-015				s	Sidepod guide DET	
16				N1273-B-016					s	Sidepod guide MIR	
17					N1273-B-015				s	Sidepod guide DET	
18				N1273-B-017					s	Trolley weld 3 DET	
19			N1273-B-018						s	Sideroller	
20				N1273-B-019					s	Sideroller DET	
21			N1273-B-020						s	Sideroller MIR	
22				N1273-B-019					s	Sideroller DET	
23		N1273-B-021							s	Sidepod SMST	
24			N1273-B-022						s	Sidepod weld 2	
25				N1273-B-023					s	Sidepod weld 1	
26					N1273-B-024				s	Sidepod floor SMST	
27						N1273-B-025			s	Sidepod floor weld 2	
28							N1273-B-026		s	Sidepod floor weld 1	
29								N1273-B-027	s	Sidepod floor weld 1 DET	
30							N1273-B-028		s	Sidepod floor weld 2 DET	
31						N1273-B-029			s	Sidepod floor DET	
32					N1273-B-030				s	Sidepod weld 1 DET	
33				N1273-B-031					s	Sidepod weld 2 DET	
34			N1273-B-032						s	Sidepod Lock	
35				N1273-B-033					s	Sidepod lock DET	
36			N1273-B-034						s	Sidepod DET	
37		N1273-B-035							s	IPE long support	
38			N1273-B-036						s	IPE long support DET	
39		N1273-B-037							s	IPE short support	
40			N1273-B-036						s	IPE long support DET	
41		N1273-B-038							s	Trolley main SMST DET	

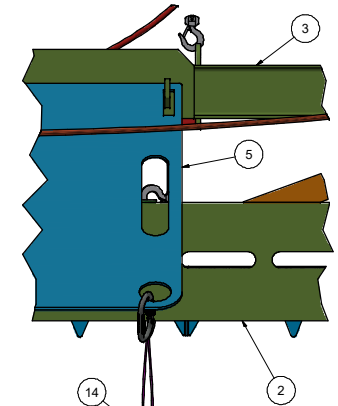


A (1 : 5)

Secure Pos 8 to Pos 1 with the chain.  
Use Pos 8 to stop the movement of the trolley when working stationary

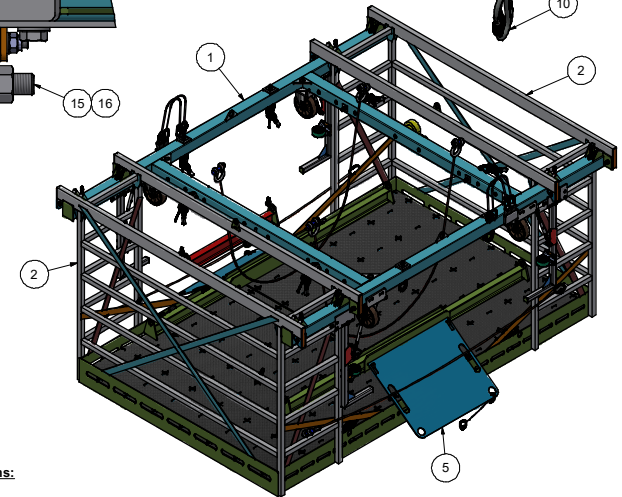
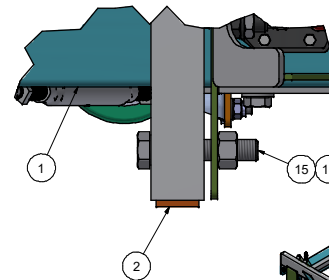


B (1 : 5)  
Secure Pos 5 to Pos 2 with the chain



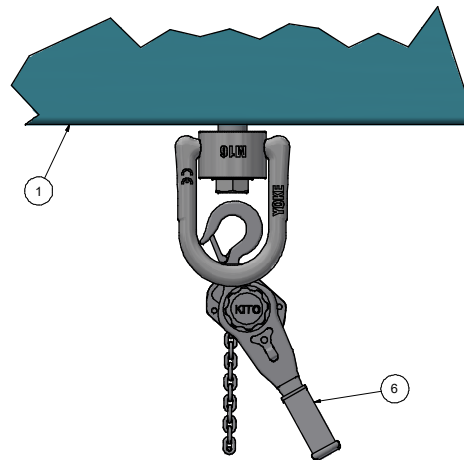
D (1 : 2)

For all similar connections

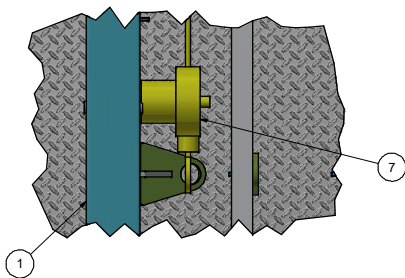


C (1 : 2)

Use Pos 6 with Pos 3 and 4

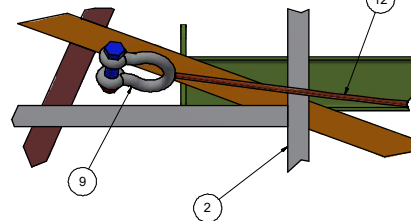


E (1 : 5)



F (1 : 5)

Fasten chain (Pos 12) to sidepod with shackle (Pos 9)  
Opposite end to other sidepod with carabiner (Pos 10)



**Standards and general instructions:**

**Execution:**

- Machining tolerance: SS-ISO 2768-mK
- Thermal cutting according to SS-EN ISO 9013, Class 1.
- Sharp edges broken.
- Cuts/surface cracks are ground or weld repaired.

**Svets:**

- Welded tolerances: SS-EN ISO 13920 BE.
- Unless otherwise stated, fillet weld  $a_{0,7} \times t_{min}$  around the entire length alternatively fully welded or equivalent.
- Weld test according to SS-EN ISO 9606.
- Weld quality according to SS-EN ISO 5817, class C.
- Visual control 100% according to ISO 17637.
- Descale and remove other contamination before welding.
- Weld pearls and slag are removed.
- When needed as well as for large welds, affected material should be normalized.

**Painting:**

Painting is not necessary for temporary beams.

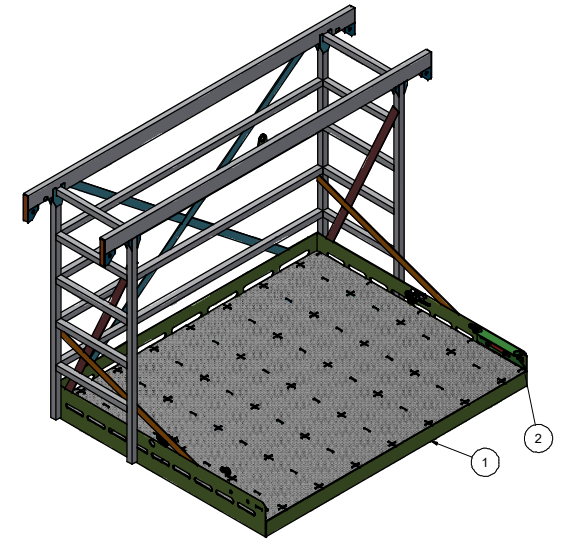
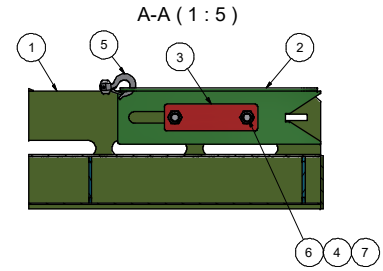
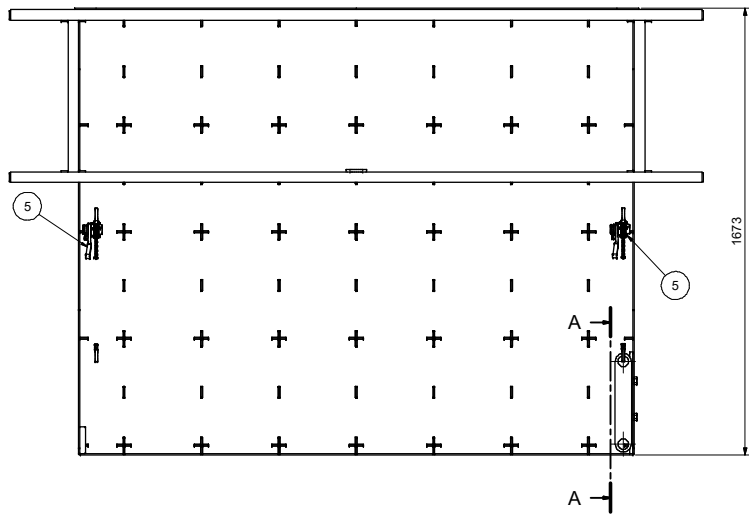
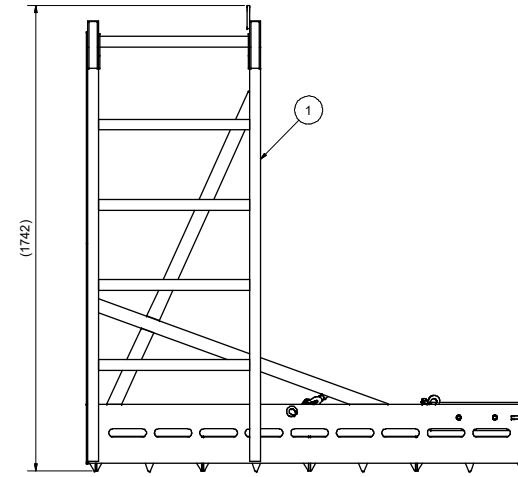
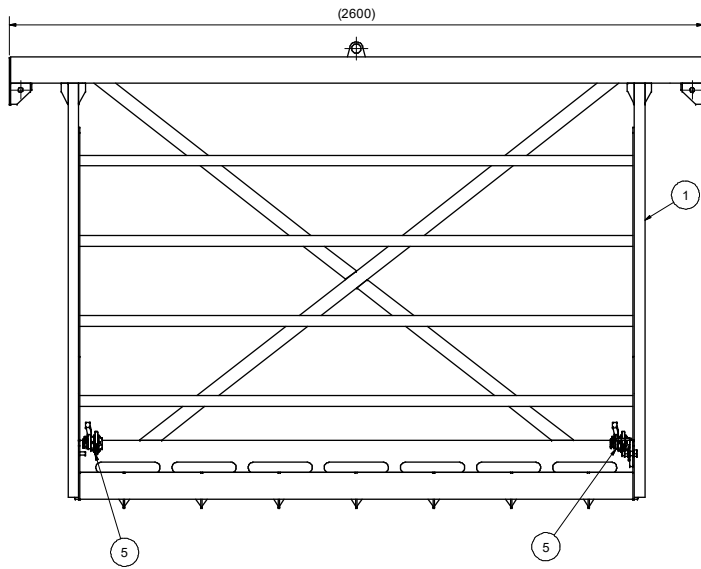
Total Vikt: 669 kg

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MÅT FÖRHÅLLN	ANMÄRKNING	KD/ST
16	8	Mutter ISO 4032	M16	KL-8 FZV		0
15	8	Skruv ISO 4017	M16 x 80	8.8 FZV		0.2
14	2	Chain 3mm, DIN 766	L=500		Certex, 2005/00300500011	0
13	4	Chain 3mm, DIN 766	L=600		Certex, 2005/00300500011	0.2
12	2	Chain 3mm, DIN 766	L = 2600		Certex, 2005/00300500011	1.5
11	2	Chain 10mm, EN 818-2	L=3200		Certex, 203101000000050	1.9
10	14	Carbener			Certex, 823502400550	0
9	6	Bow shackle			Certex, PBSB0650	0.2
8	4	Wheel stop			Bauhaus, 2519509A	0.6
7	1	Winch pulleyman 300kg			Swelash, pulleyman_300	1.1
6	6	Level lift block 250kg			Kilo, 3056604	2
5	2	Plat, 1=5	850x700	S355J2+N	N1273-B-038 Pos 5	22.1
4	1	IPE short support			N1273-B-037	9.5
3	2	IPE long support			N1273-B-035	41.3
2	2	Sidepod SMST			N1273-B-021	157.1
1	1	Trolley base SMST			N1273-B-002	192.3

Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	
Individ	

TROLLEY MAIN SMST

Konstruktör	GUPO	Read	GUPO
Skala	1:20	Originalformat	A1
Ritnr	N1273-B-001		



**ALLMÄNNA ANVISNINGAR**  
Enligt ritning: 1273-B-001

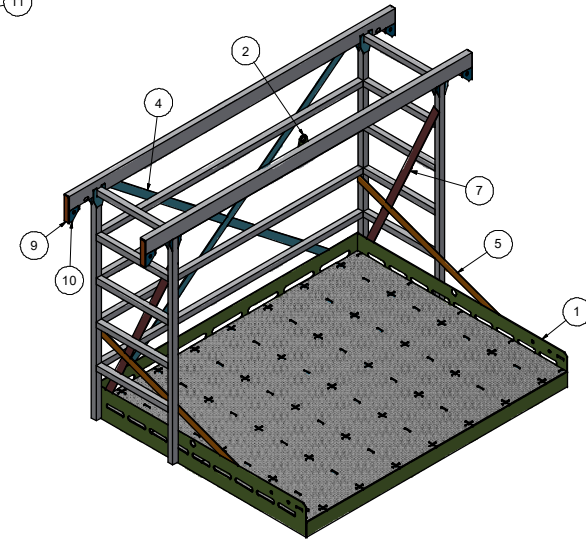
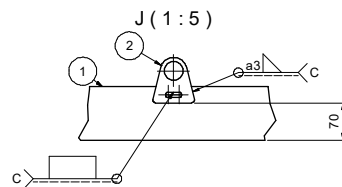
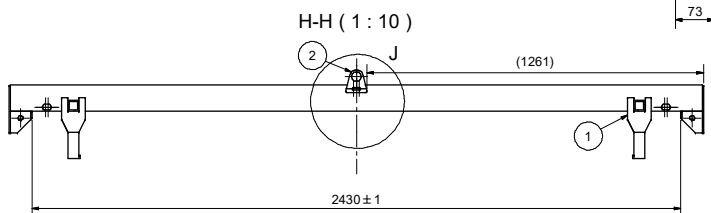
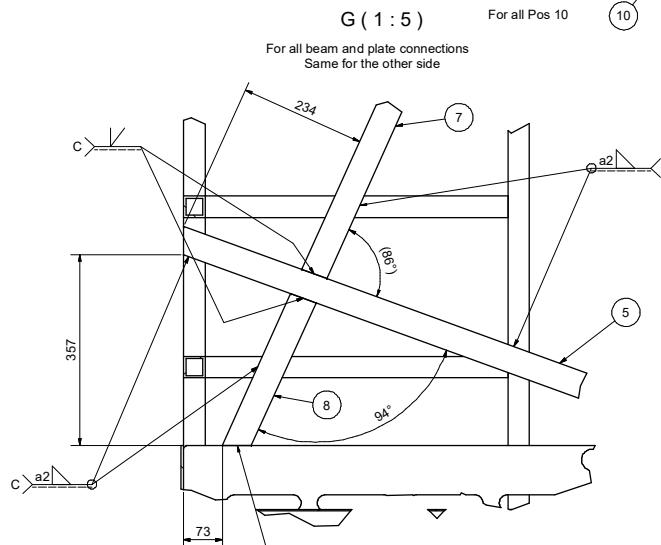
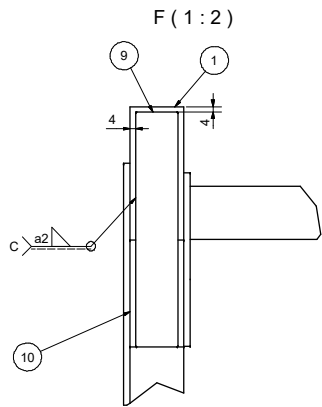
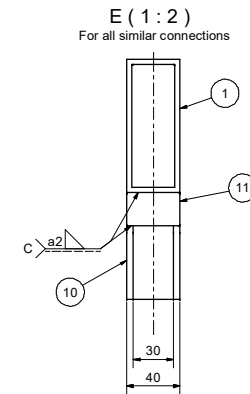
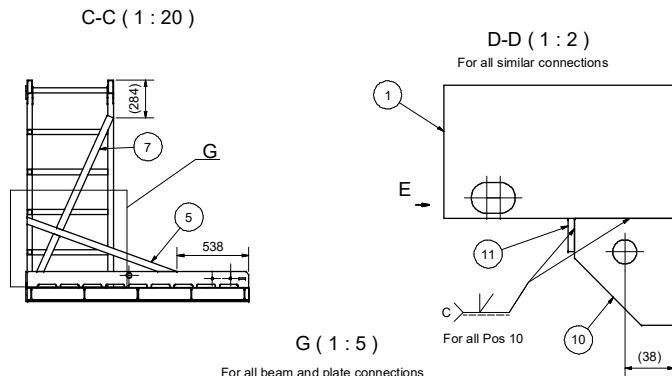
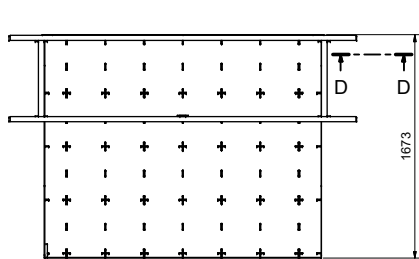
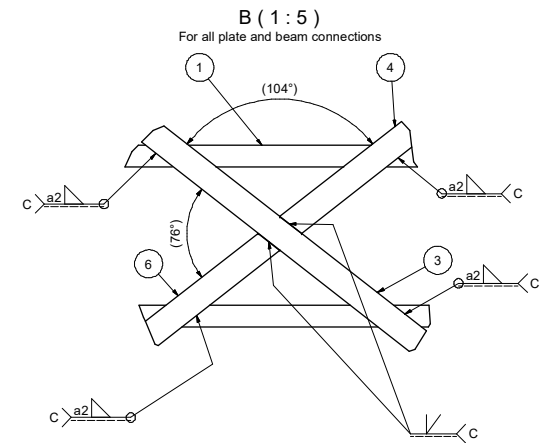
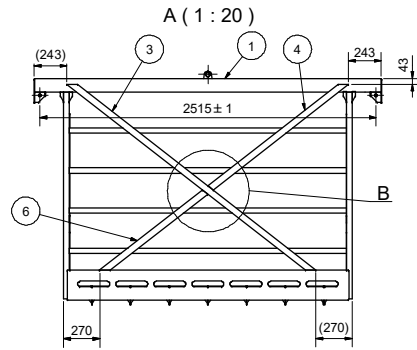
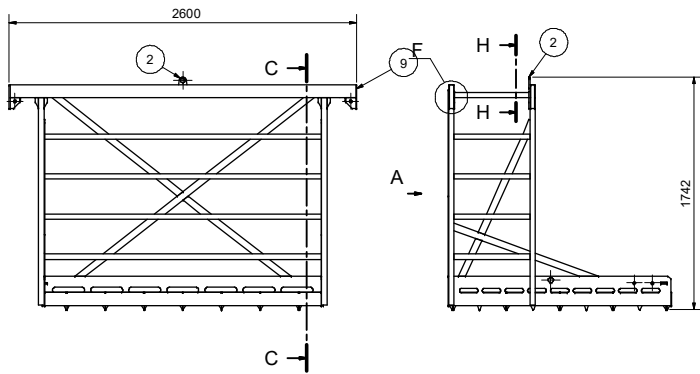
Total Vikt: 157 kg

Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	N1273-B-001
Individ	

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MÅT FÖRHÅLL	ANMÄRKNING	KD/ST
7	2	Mutter ISO 4032	M16	KL-8 FZV		0
6	2	Skruv ISO 4017	M16 x 45	8.8 FZV		0,1
5	2	Level lift block 250kg			Kfo, 3056624	2
4	2	Cirkulära rör - 21,3 x 2,3	L=11	S355J2H		0
3	1	Plåt, t=5	175x50	S355J2+N	N1273-B-034 Pos 3	0,3
2	1	Sidepod Lock		N1273-B-032		3,2
1	1	Sidepod weld 2		N1273-B-022		149,3

SIDEPOD SMST	Konstruktör	GUPO	Read
	GUPO	GUPO	
	Skala	Originalformat	A1
	Rb nr	N1273-B-021	



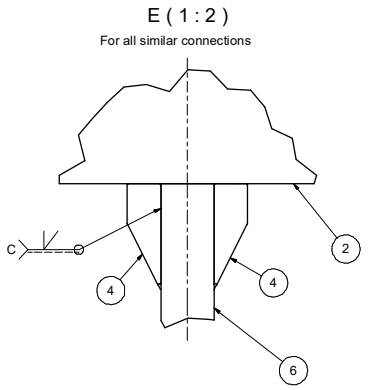
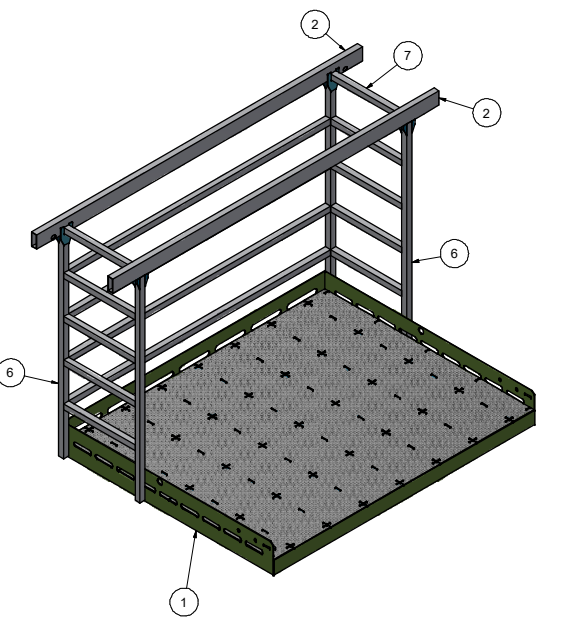
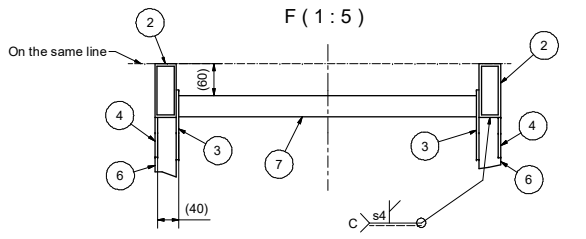
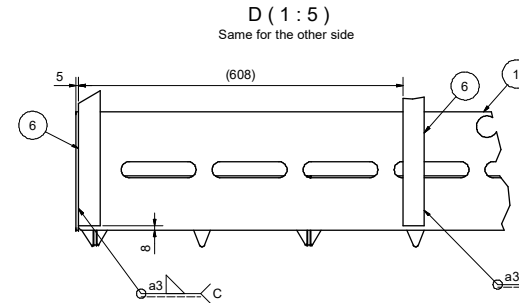
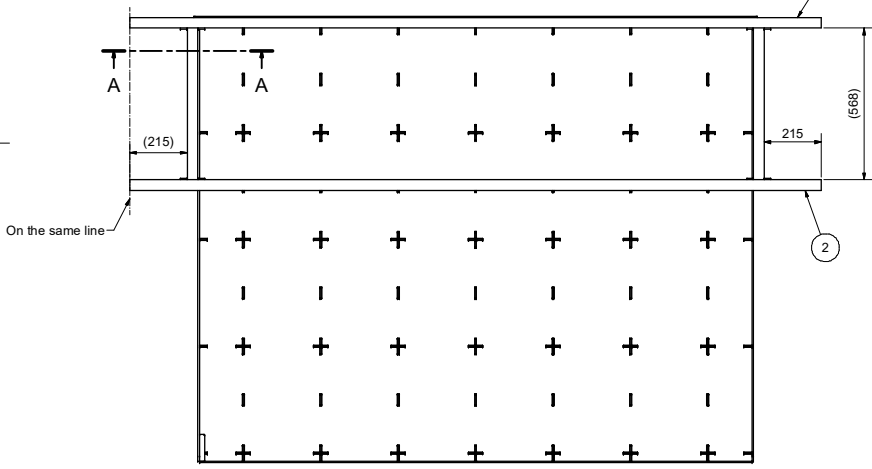
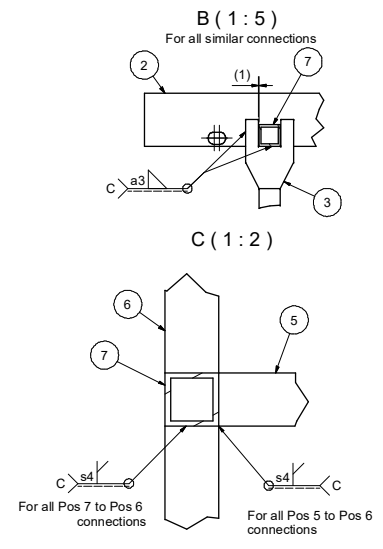
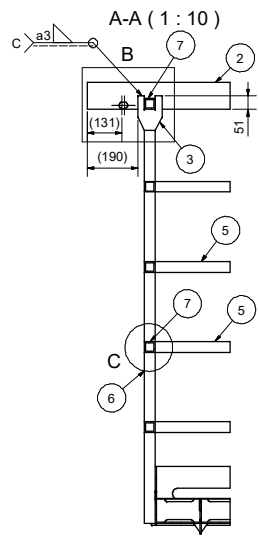
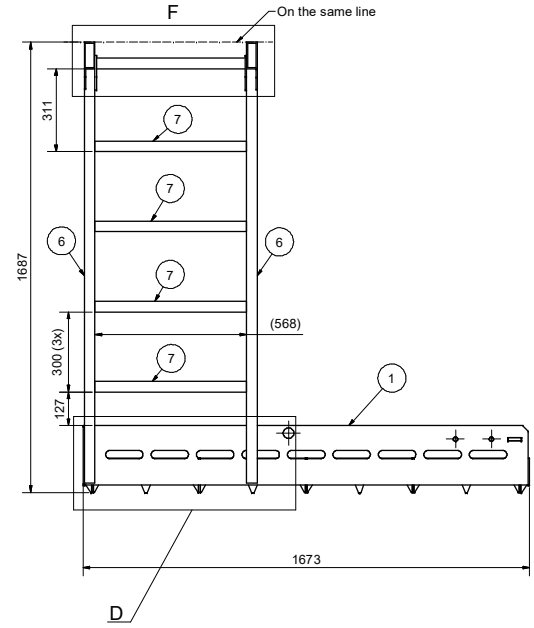
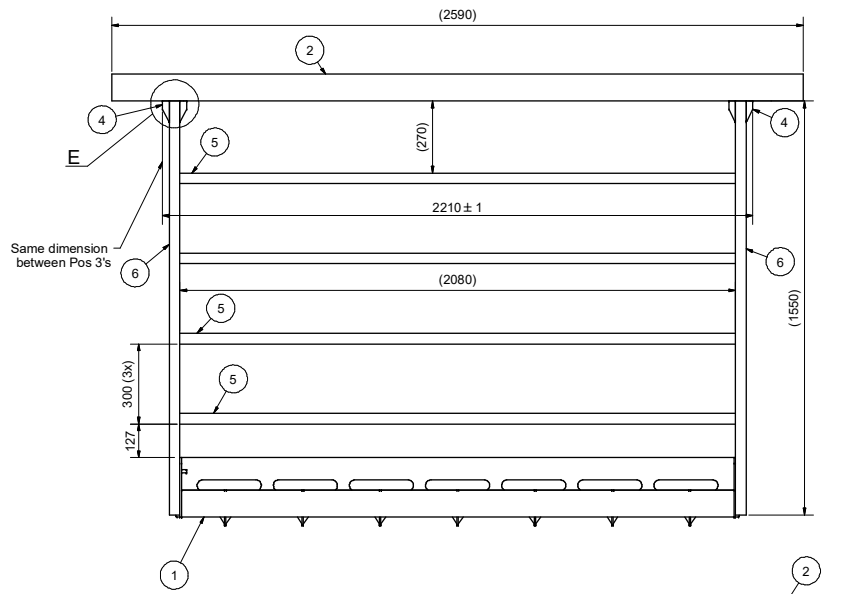
**ALLMÄNNA ANVISNINGAR**  
Enligt ritning: 1273-B-001

**Total Vikt: 149 kg**

Övriga kopplingar  
Anläggningsmärkning  
Dokument/Ritning  
N1273-B-021  
Individ

SIDEPOD WELD 2

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MÅT / RITN NR	AMÄRKNING	KG/ST
11	4	Plåt, t=5	40x25	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 11	0
10	8	Plåt, t=5	80x75	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 10	0,1
9	4	Plåt, t=5	176x32	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 9	0,1
8	2	Plåt, t=5	315x50	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 8	0,2
7	2	Plåt, t=5	924, 9x50	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 7	0,6
6	1	Plåt, t=5	989, 4x50	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 6	0,5
5	2	Plåt, t=5	1196, 8x50	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 5	0,8
4	1	Plåt, t=5	1299, 9x50	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 4	0,9
3	1	Plåt, t=5	2328, 6x50	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 3	1,5
2	1	Plåt, t=10	86x77,3	Aluminum-6061	N1273-B-031 Pos 2	0,1
1	1	Stjepod weld 2		N1273-B-023		142,1
		Konstruktör	MÅT / RITN NR		AMÄRKNING	KG/ST
		GUPO	Riad		GUPO	
		Skala	Originalformat		A1	
		Rbnr	N1273-B-022			



**ALLMÄNNAN ANVISNINGAR**  
Enligt ritning: 1273-B-001

Cut Pos 5 according to width of Pos 1 within 0,5 +- tolerance  
**Weld Pos 3 and Pos 4 last**

**Total Vikt: 142 kg**

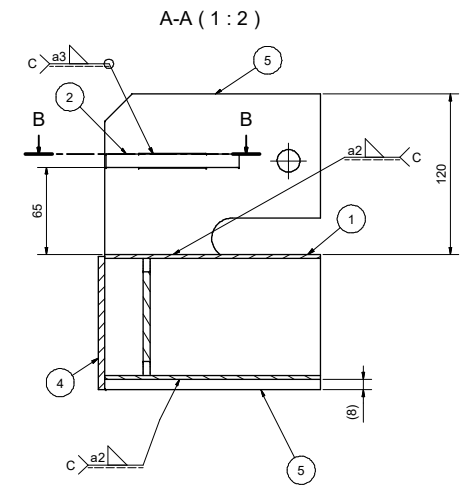
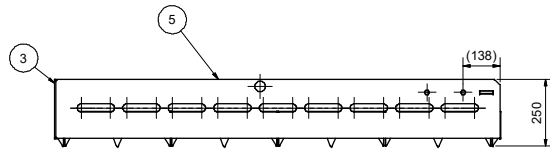
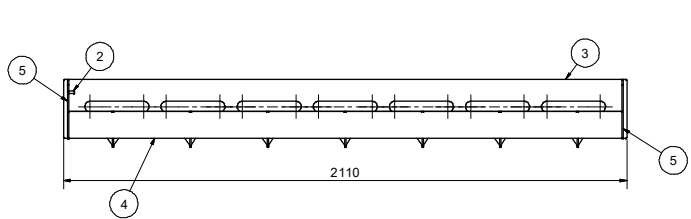
DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MÅT	TEK.NR	AMMÄRKNING	RG/ST
7	10	DIN EN 755-7 40x40x4	L=578,5	Aluminum-6061			0,9
8	4	DIN EN 755-7 40x40x4	L=1550	Aluminum-6061			2,4
5	4	DIN EN 755-7 40x40x4	L=2080	Aluminum-6061			3,2
4	8	Plåt, t=5	75,5x25	Aluminum-6061	N1273-B-030 Pos 4		0
3	4	Plåt, t=5	130x90	Aluminum-6061	N1273-B-030 Pos 3		0,1
2	2	DIN EN 755-7 100x40x4	L=2590	Aluminum-6061	N1273-B-030 Pos 2		7,4
1	1	Sidepod floor SMST		Aluminum-6061	N1273-B-024		95,2

Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	N1273-B-022
Individ	

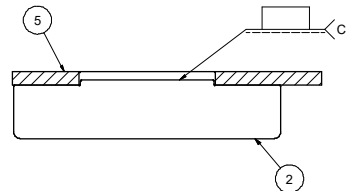
Konstruktör	Read
GUPO	GUPO
Skala	Originalformat
1:10	A1
Rbnr	N1273-B-023

SIDEPD WELD 2

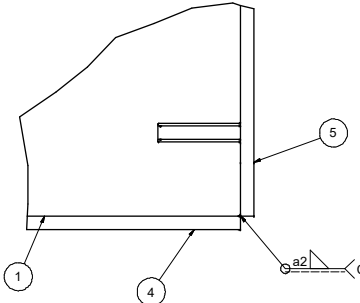




B-B (1:1)

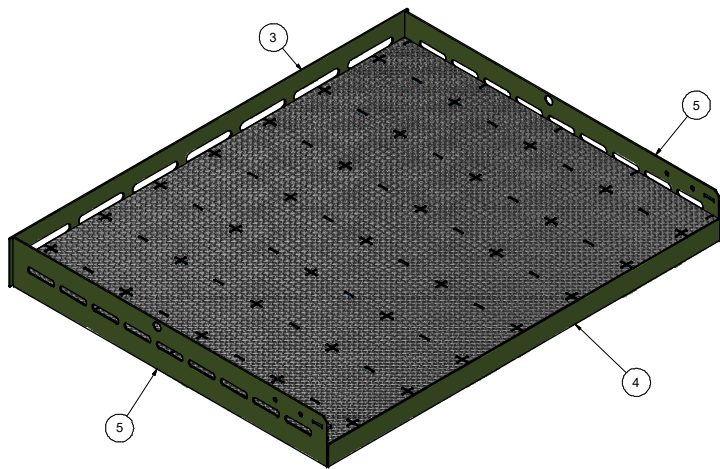
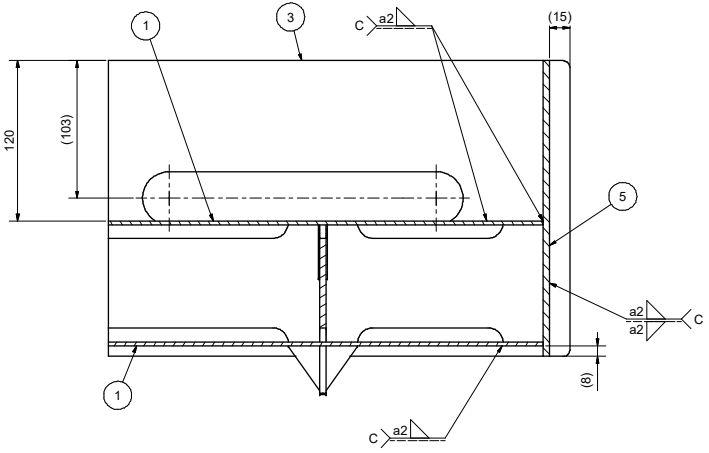


C (1:1)



D-D (1:2)

For all Pos 3 and Pos 5 connections to Pos 1



**ALLMÄNNA ANVISNINGAR**  
Enligt ritning: 1273-B-001

**Total Vikt: 95 kg**

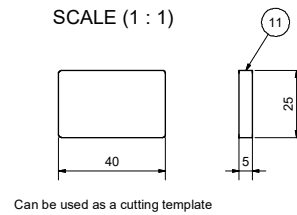
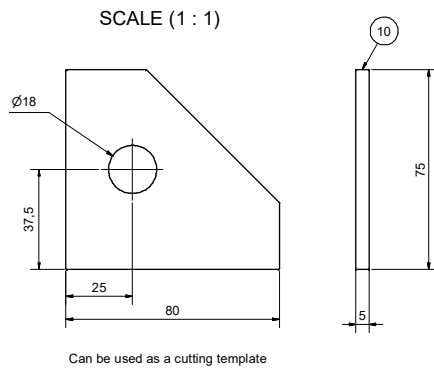
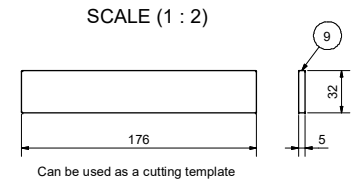
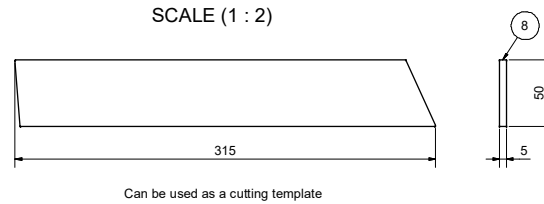
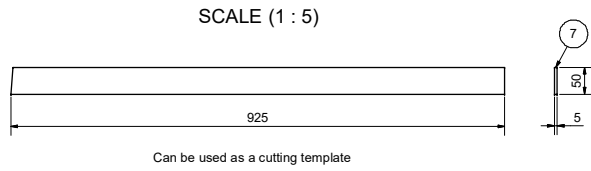
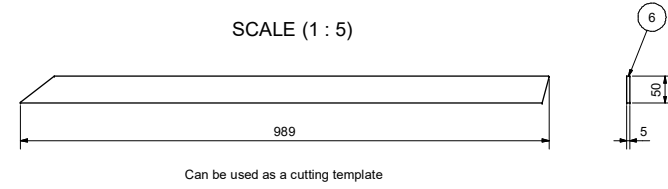
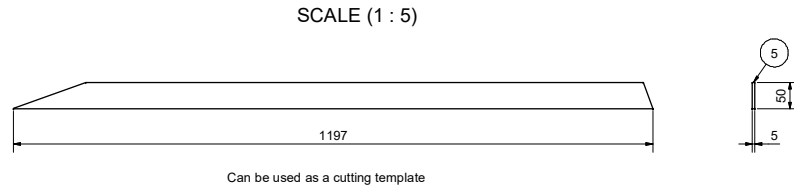
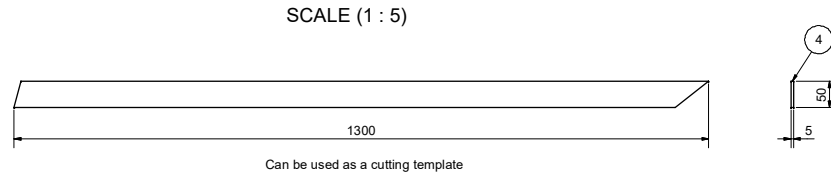
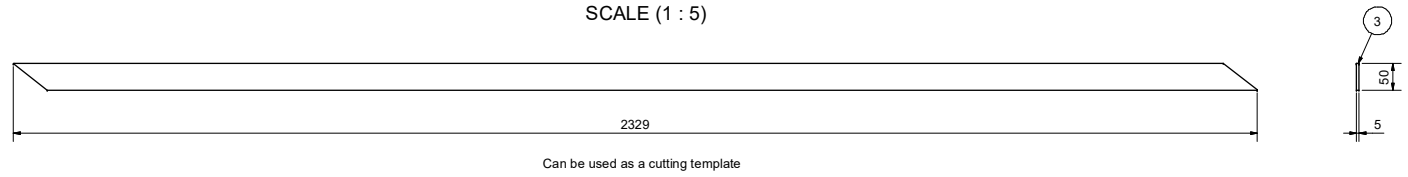
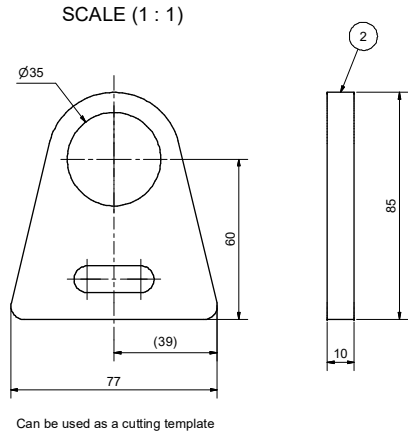
Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	N1273-B-023
Individ	

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MAT/ FÖR/NR	AMMÄRKNING	KG/ST
5	2	Plåt, t=5	1662,5x221,5	Aluminum-6061	N1273-B-029 Pos 5	4,5
4	1	Plåt, t=5	2070x100	Aluminum-6061	N1273-B-029 Pos 4	2,8
3	1	Plåt, t=5	2110x221,5	Aluminum-6061	N1273-B-029 Pos 3	5,5
2	1	Plåt, t=10	100x22	Aluminum-6061	N1273-B-029 Pos 2	0,1
1	1	Sidepod floor weld 2		N1273-B-025		78

Konstruktör	GUPO	Read	GUPO
Skala	1:10	Originalformat	A1
Ritnr	N1273-B-024		

SIDEPOD FLOOR SMST



**ALLMÄNNA ANVISNINGAR**  
Enligt ritning: 1273-B-001

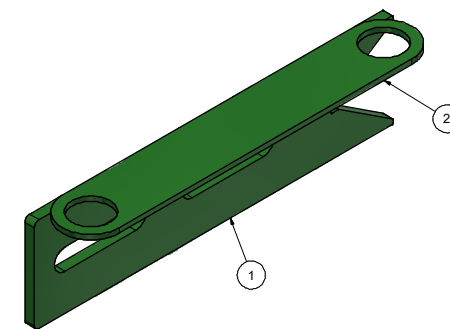
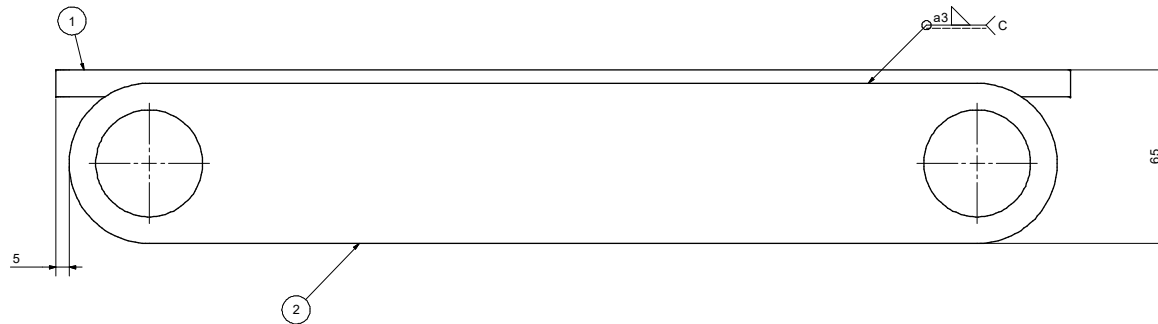
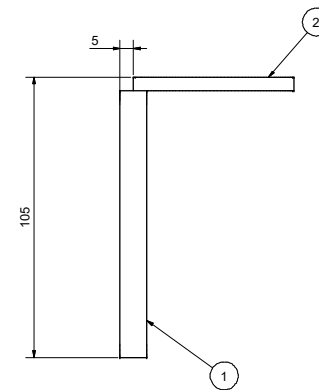
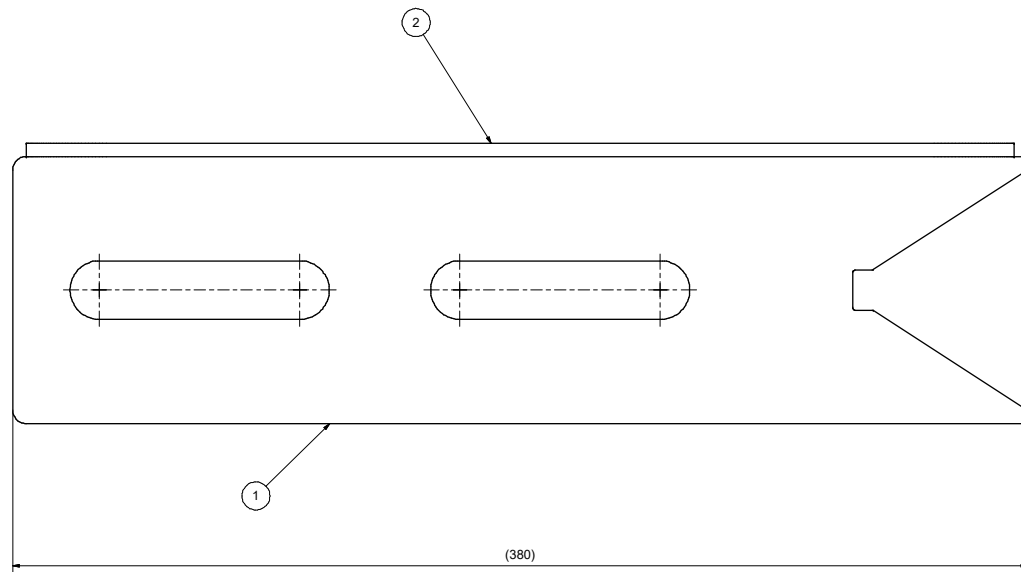
Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	N1273-B-022
Individ	

DET NR	BENÄMNING	DIMENSION	MATERIAL	ANMÄRKNING	RELIST
11	Plåt, t=5	40x25	Aluminum-6061		0
10	Plåt, t=5	80x75	Aluminum-6061		0.1
9	Plåt, t=5	176x32	Aluminum-6061		0.1
8	Plåt, t=5	315x50	Aluminum-6061		0.2
7	Plåt, t=5	924,9x50	Aluminum-6061		0,6
6	Plåt, t=5	989,4x50	Aluminum-6061		0,6
5	Plåt, t=5	1196,8x50	Aluminum-6061		0,8
4	Plåt, t=5	1299,9x50	Aluminum-6061		0,9
3	Plåt, t=5	2328,6x50	Aluminum-6061		1,5
2	Plåt, t=10	85x77,3	Aluminum-6061		0,1

DET NR	BENÄMNING	DIMENSION	MATERIAL	ANMÄRKNING	RELIST
	Konstruktor				
	GUPO				
	Skala	1:1			
	Originalformat	A1			
	Rit nr	N1273-B-031			

SIDEPOD WELD 2 DET

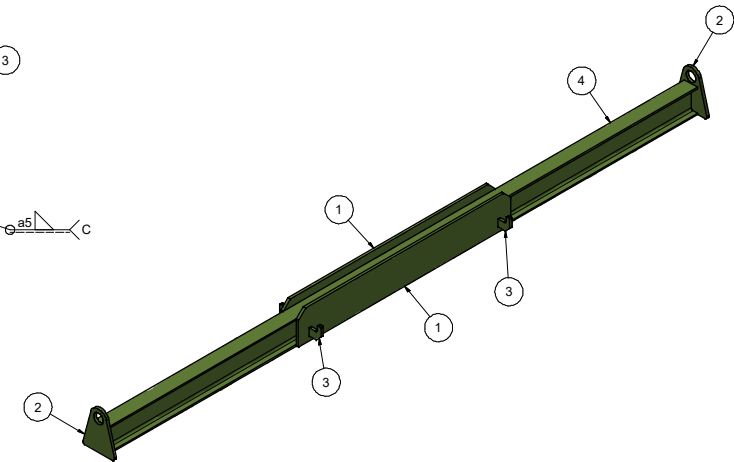
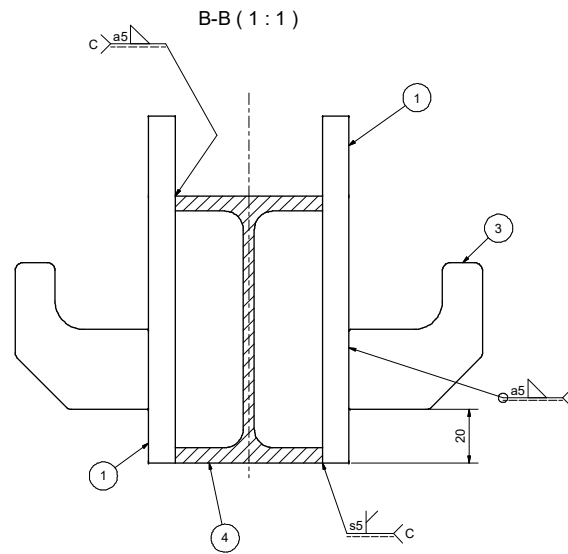
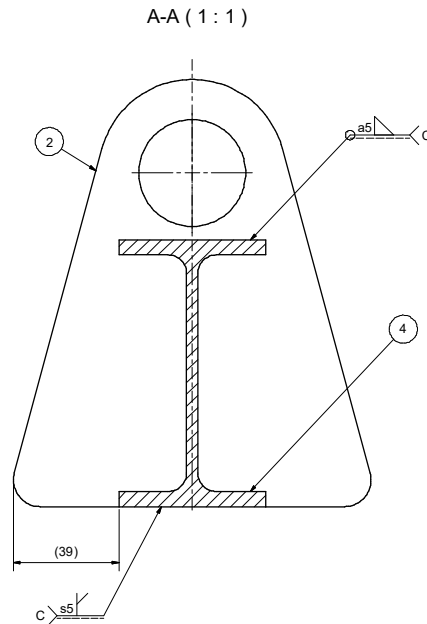
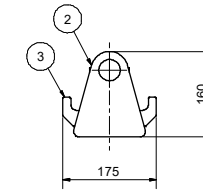
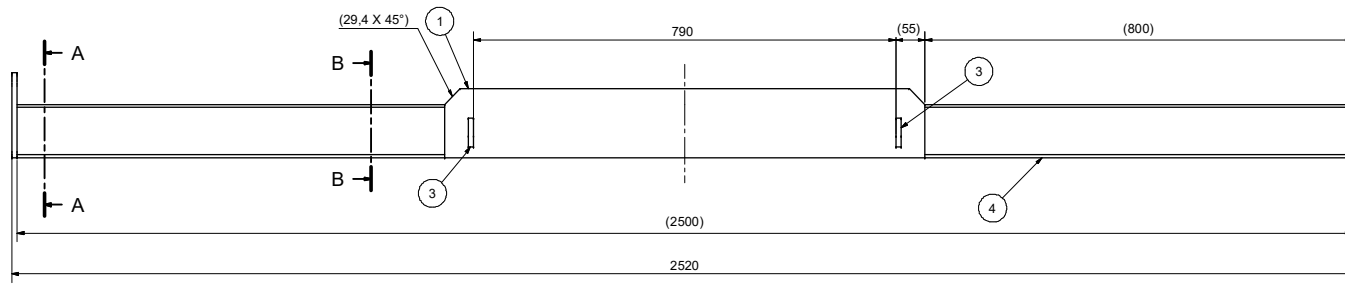


**ALLMÄNNA ANVISNINGAR** Total vikt: 3 kg  
 Enligt ritning: 1273-B-001

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MÅT / RITNING	ANMÄRKNING	KOIST
2	1	Plåt, t=5	370x60	S355J2+N	N1273-B-033 Pos 2	0,7
1	1	Plåt, t=10	380x100	S355J2+N	N1273-B-033 Pos 1	2,4
Övriga kopplingar				Konstruktör	Read	
Anläggningsmärkning				GUPO	GUPO	
Skala				1:1	Originalformat	
A1						
Ritnr					N1273-B-032	

Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	N1273-B-021
Individ	

SIDEPOD LOCK	
Ritnr	
N1273-B-032	



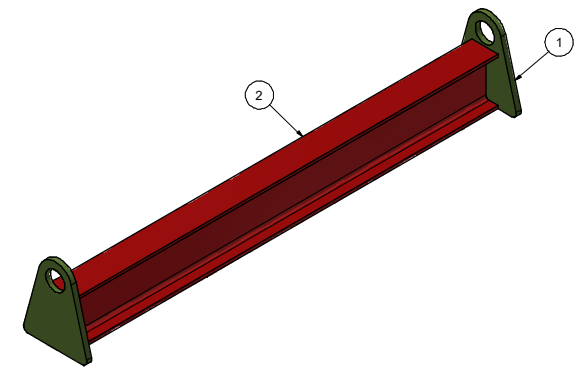
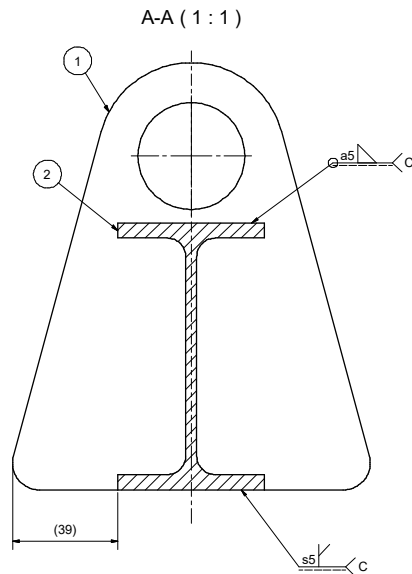
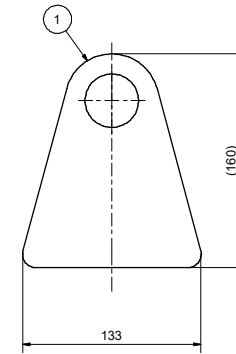
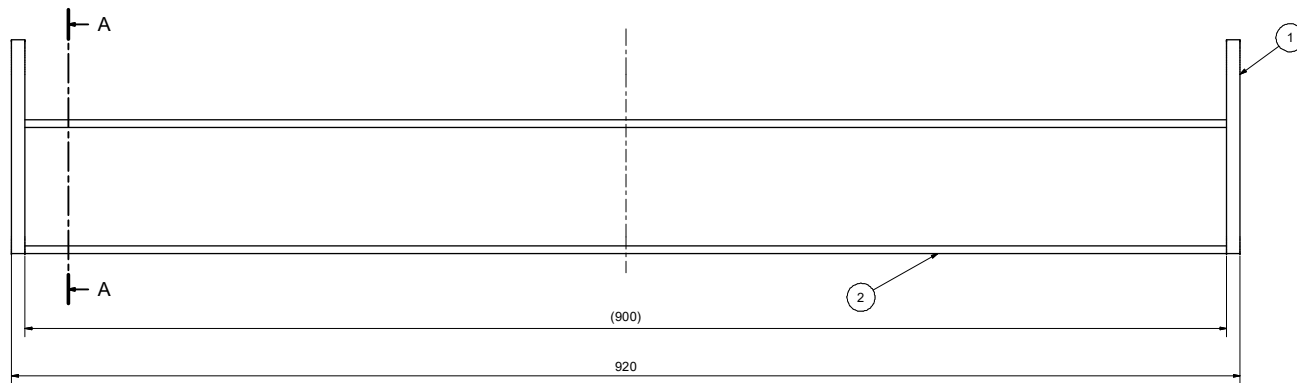
**ALLMÄNNAN ANVISNINGAR** Total Vikt: 41 kg  
 Enligt ritning: 1273-B-001

Övriga kopplingar	
Anläggningsmärkning	
Dokument/Ritning	N1273-B-001
Individ	

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MÅT / RITNING	ANMÄRKNING	KOIST
4	1	IPE 100	L=2500	S355J2		20,3
3	4	Plåt, t=10	55x50	S355J2+N	N1273-B-036 Pos 3	0,1
2	2	Plåt, t=10	180x133,9	S355J2+N	N1273-B-036 Pos 2	1,1
1	2	Plåt, t=10	900x130	S355J2+N	N1273-B-036 Pos 1	9,1
Konstruktör						
GUPO						Read
						GUPO
Skala						Originalformat
1:5						A1
Ritnr						
N1273-B-035						

IPE LONG SUPPORT

N1273-B-035



**ALLMÄNNA ANVISNINGAR**  
Enligt ritning: 1273-B-001

Total Vikt: 9 kg

Övriga kopplingar		Anläggningsmärkning		Dokument/Ritning		Individ	
				N1273-B-001			
				IPE SHORT SUPPORT			
				Skala 1:2		Originalformat A1	
				Ritnr N1273-B-037			

DET NR	ANT	BENÄMNING	DIMENSION	MATERIAL	ANMÄRKNING	KOEF
2	1	IPE 100	L=900	S355J2		7.3
1	2	Plåt, t=10	160x133,9	S355J2+N	N1273-B-036 Pos 2	1.1
				Konstruktör	Risad	
				GUPO	GUPO	