



Taaro Tiisel

**KINOSAALI TRIBÜÜNI
PROJEKTEERIMINE
LÕPUTÖÖ**

Tehnikainstituut

Masinaehituse eriala

Juhendaja: Marek Pakkin

Tallinn 2023

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Taaro Tiisel, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Marek Pakkin ja Jaanus Jõgisoo

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Taaro Tiisel, sünnikuupäev: 28.10.1996, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kinosali tribüüni projekteerimine”

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, kuupäev digiallkirjas.

SISUKORD

1	Sissejuhatus	4
2	Töö Eesmärk	6
2.1	Planeeritud materjali mahud.....	6
2.2	Projekti eeldatav ajakava	6
3	Projekteerimine	7
3.1	Lõputöö lähteülesande kirjeldus ja tehnilised tingimused.....	7
3.2	Alginformatsiooni analüüs	8
3.2.1	Tellijä joonised.....	8
3.2.2	Materjali valik	9
3.2.3	Hoone eripärast tingitud piirangud.....	9
4	Kandekonstruktsiooni projekteerimine	10
4.1	Esmase tagasiside tellijalt	21
4.2	Teine tagasiside tellijalt	22
4.2.1	Muudatused vastavalt ventilatsiooni- ja sprinkleritorudele	23
4.2.2	Hooldusluuk	24
5	FEM tugevusarvutused.....	26
5.1	Analüüs tarkvara SCIA engineer vahendusel.....	26
5.2	Kontroll.....	27
6	Vormistamine	31
6.1	Tootejooniste pakk ja raportid.....	31
6.2	Tagasiside	33
7	Projekti lõppanalüüs	35
7.1	Mahud.....	36
8	Kokkuvõte	37
9	SUMMARY	38
10	Kasutatud kirjandus.....	39

1 SISSEJUHATUS

Selles lõputöös kirjeldatakse terakarkassiga kinotribüüni projekteerimist ja tootmisjooniste vormistamist, samuti kirjeldatakse ja analüüsitakse projekteerimise käiku. Projekteerimisel on suheldud ja võetud arvesse nende tagasisidet, mida kirjeldatakse andud lõputöös põgusalt. Lisaks sellele kirjeldatakse projektiajakava ja nõudeid millele peab kinotribüün vastama, samuti teostatakse arvuti abil FEM arvutused läbipaindele ja kontrollitakse selle õigsust arvutatades. Projekti eesmärk on projekteerida tootmisjoonised kinotribüüni metallkonstruktsiooni kohta, et see vastaks tellija ootustele ja jääks tellitud materjali piiridesse.

Lõputööd teostan ma ettevõttes VMT Ehitus AS, kus ma töotan alates 2023 jaanuarist tehnikajoonestaja ametikohal. Varasemalt olen töötanud Harmet OÜ-s tehnikajoonestajana ja olen kokkupuutunud puitkarkassile ehitatud moodulehitistega. Ehitusfirma SRV Rakennus OY on tellinud VMT ehitus AS-ilt kolm kinotribüüni millest mina puutusin kokku kahega, kuid selles lõputöös keskendun ma vaid ühele mis on kõige suurem.

Tribüün läheb praegu arenduses olevasse kultuurihoonesse nimega *Kulttuurikasarmi* mis asub Helsingis, Kempin piirkonnas, Lasiplatssi väljakul, aadressil Narinkka 2. Maja mida arendatakse on endine bussijaam, praegust ehitist laiendatakse maa alla ja juurde ehitatakse klaasist paviljon. Maja on algselt ehitatud 1830 Turku kasarmu lisahoonena mis seisis kuni aastani 1918 kui see hävitati Soome kodusõja käigus. *Kulttuurikasarmit* arendavad SRV Rakennus OY ja *Föreningen Konstsamfundet*. *Föreningen Konstamfundet* ehk Kunsti assotsiatsioon on Soome ühind mis on loodud aastal 1940, et toetada rootsikeelset vähemust kes elab soomes. (SRV Rakennus OY, 2023) (Kulttuurikasarmi, 2023) (Föreningen Konstamfundet, 2023)

Projekti kogumaksumuseks on arvestatud 30 miljonit eurot.

Seda lõputööd aitavad mul juhendada Jaanus Jõgisoo, kes on lõpetanud TTÜ ehitusteaduskonna aastal 2014 ja hiljem spetsialiseerinud teraskonstruktsioonide projekteerimisele Finnmap Consulting Oy-s ja VMT Ehitus AS-is. Jaanus Jõgisoo on ka selle projekti VMT Ehituse poolne vasutav isik. Koolipoolseks juhendajaks on Marek Pakkin kes on Tallinna Tehnikakõrgkooli tehnikainstituudi lektor, haridusteaduste magister ja diplomeeritud mahaanikainsener.

Viljandi Metalli Grupp on Eestis tegutsev ehitusettevõtte mille alla kuulub mitu ettevõtet näiteks: VMT Betoon, VMT Ehitus, VMT Industry jne. Viljandi metalligrupil üle 25 aasta kogemusi ehitussektoris ja tegutseb nii Eestis, kui ka välismaal. VMT Ehitus AS vastab ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 ja ISO 45001:2018 sertifikaatidele. (Viljandi Metall, 2023) (Viljandi Metall, 2023)



Joonis 1. Narinkka 2 hoone kuhu rajatakse Kulttuurikasarmi.

2 TÖÖ EESMÄRK

Töö eesmärgiks oli projekteerida arhitekti ja insenerijooniste järgi kinotribüüni metallkonstruktsioon. Konstruktsiooni modelleeritakse kasutades CAD tarkvara, millega saab väljastada IFC faile, kuna antud projekti puhul käis IFC failide abil kooskõlastamine tellijaga. IFC failitüüp on oluline kuna see fail on nn. „platvormi neutraalne“, ehk seda saab avada erinevates CAD tarkvarades ja selle abil saavad kõik osapooled veenduda, et kinotribüünid tulevad õige suurusega ja ei jää millelegi ette.

Aluseks oli arhitekti tehtud visioon kinotribüünist mille järgi tehti hinnapakkumised. Seejärel kooskõlastati materjalid tellija ja tootja vahel. Esmaste tellija ja arhitekti jooniste abil said meie projektijuhid teha hinnapakkumise. Selles lõputöös ei kajastata majandusarvutusi.

2.1 Planeeritud materjali mahud

Kolme tribüüni jaoks, millest mina projekteerisin kaks ja selles lõputöös keskendusin vaid ühele, oli tellitud 40 tonni terast. Projekt jaguneb kolmeks saaliks *Elokuvasali 1*, *Elokuvasali 2* ja *Elokuvasali 3*. Mina projekteerisin lõputöö raames *Elokuvasali 1* mille jaoks oli arvestatud 20 tonni terast ja lisaks sellele *Elokuvasali 2* mille jaoks on arvestatud 10 tonni terast.

2.2 Projekti eeldatav ajakava

Projekti ajakava oli koostatud kooskõlas ettevõttepoolse juhendajaga soovitusel selleks, et jälgida projektikulgu. Projekti üldist ajakava oli raske määrata, kuna tellimus on tehtud kolmele kinotribüünile, millest üks pidi valmima varem ja üks peale selles lõputöös kajastuvat kinotribüüni

- Andmete kogumine algab 20.02.2023
- Projekteerimine algab 27.02.2023
- Esimene joonistekontroll 08.03.2023
- Jooniste vormistamine algab 13.03.2023
- Vead on joonistelt eemaldatud ja saab edastada tootmisele joonistepaki 31.03.2023
- Algab tootmine 03.04.2023
- Algab paigaldus 17.04.2023
- *Elokuvasaali 1* loetakse valminuks 01.05.2023

Projekti ajakava on analüüsitud töö kokkuvõttes.

3 PROJEKTEERIMINE

Projekteerimiseks kasutatakse Tekla Structures 2021 mis on loodud teraskonstruksioonide mugavaks projekteerimiseks. Kuna Tekla on BIM (Building information modeling) ehk mudelprojekteerimise tarkvara, mis annab võimaluse kooskõlastada ja koordineerida töökäiku läbi IFC failtüübi. Lisaks sellele on Teklas mugav vormistada detaili- ja koostujooniseid, ning lisaks väljastada tükitabeleid, informatsiooni kinnitusvahenditest ja luuka gaasilõike faile. Tekla laseb ka sisestatud parameetrite järgi võtta detaili- ja koostumassi mis on oluline antud selles projektis, kuna tellija on seadnud koostudele kaalupiirangu.

3.1 Lõputöö lähteülesande kirjeldus ja tehnilised tingimused

Igapäevaselt ma oma töös otseselt standardeid lugema ei pea, kuid oli vajalik lähtuda ettevõtte VMT Ehitus AS'i sisseharjutatud töövõtetest, mis on kooskõlas standarditega. Selle projekti puhul kajastuvad standarditest tulnud nõuded näiteks keskkonna- ja keevitusklassina. Neid klasse silmas pidades pean hiljem detaili- ja koostujoonist vormistades märkima joonisele nõuded mida peab tööline jälgima.

Näiteid seda projekti mõjutavatest standarditest:

ISO 13920 – Sätestab keeviskonstruktsioonide üldtolerantsid. Pikkuste ja nurkade väärtused, kuju ja asendid. (EVS Inglise keeles, 2023) (EVS Eesti keeles, 2023)

ISO 5817 – Sätestab keevituse kvaliteeditasemed keevitusdefektide järgi. Kehtib terase, nikli, titaani ja nende sulamite sulakeevitusliidetele. (EVS Eesti keeles, 2023)

EVS-EN 1090-2 – Täpsustab teraskonstruksioonide valmistusnõuded, mille eesmärk on tagada küllaldane mehaaniline vastupidavus ja stabiilsus, kasutuskõlblikkus ja kestvus. (EVS Eesti keeles, 2023)

EN 13501-2 – Standard sätestab ehitustoodete ja – elementide klassifitseerimise tulepüsivuse ja suitsupidavuse katsete aluse. Selle standardi käsitlusalasle kuulub ka katsetulemuste laiendatud kasutusulatusel põhinev klassifikatsioon. (EVS Eesti keeles, 2023)

ISO 2768 – Tagab üldiste standardi joonise mõõtmestamisele tolerantsimärgiseid väljatoomata. (EVS Inglise keeles, 2023)

Keskkonnaklassiks oli määratud C2 milleks loetakse „küttega ja puhta õhuga ruume. Kauplused ja koolid, kinod ja teatrid“. Seda loetakse kõige kergemaks keskkonnaklassiks, kuna konstruktsioon ei pea taluma suuri temperatuurimuutuseid, ei satu kokku kemikaalidega ja ei ole pideva päiesekiirguse ees mis võib värvikihti oksüdeerida. (Ehituskonstruktori käsiraamat, 2014).

Vastavalt keskkonnaklassile valisime teostusklassiks on selles projektis EXC2, mis tuleneb ISO 1090-2 ja sätestab keevitusklassi C. Samuti sätestab see keeviste kontrolli milleks on NDT, ehk „non destructive testing“. Selle projekti puhul teostatakse keeviste kontrolli pisteliselt ultraheliga ja suuremal määral visuaalselt. Kliendipoolset erinõuet pole esitatud.

Samuti oli valitud selles projektis pinnakäsitus klassiks EP60/1. Mis tähistab, et vähemalt 60 mikroni paksune epoksiidvärvi kiht kantakse peale ühe kihina.

Poltidele avasid tehes pidin arvestama ava suurusele +2 mm tolerantsivaru. Samuti oli vaja lisada igale polt-mutter ühendusele kaks seibi, et kõik kinnitusvahendid hiljem raportites kajastuksid. Kõik kinnitusvahendid selles projektis olid tugevusega 8.8.

3.2 Alginformatsiooni analüüs

3.2.1 Tellija joonised

Projekteerimine algas kommunikatsiooniga ja joonistelt info kogumisega. Enamasti saadab tellija sellise projekti puhul maja või ruumi PDF ja/või IFC fail, samuti arhitekti või tellijapoolse projekterija joonis. Selle projekti puhul saadeti infopakiga kaasa IFC ehk majamudel, PDF majast, tehnoloogiline info ja tellija joonis – kuhu oli märgitud kinotribüüni astmete kõrgused ja sügavused. Maja joonisel oli märgitud grid, ehk teljed mis on loodud kooskõlas geodeediga mille järgi maja ehitatakse. Nende telgede järgi on mugav asetada maja PDF ja IFC Tekla mudeli keskkonda mille järgi hakatakse kinotribüüni projekteerima. Samuti on antud geodeedi poolt kõrgused merepinnast mille järgi saab kinotribüüni astmete kõrguseid kontrollida. Algsest informatsioonist selgus, et kinotribüüli alla on arvestatud sprinkleri- ja ventilatsioonitorudega, mis olid projekti alustades kooskõlastamata, kuid see infomatsioon tuli hiljem ja selle järgi tuli joonist korrigeerida.

Tellija joonistel oli kujutatud ruumijoonised ilma heliisolatsioonita mis seintele kinnitatakse. Heliisolatsiooni paksus on 100 mm.

3.2.2 Materjali valik

Selle projekti konstruktsioonimaterjaliks oli valitud ehitusteras tähisega S355J2, kuna see on Viljandi Metall AS'ile kõige kättesaadavam ja täidab vajadused selles projektis. Ehitusteras S355J2 on laialt levinud ehitusteras mis on lihtsasti keevitatav, voolavuspiir on minimaalselt 355 MPa ja J2 tähistab garanteeritud löögisitkust 27 J -20 kraadise temperatuuri juures. (Metallikeskus, 2023)

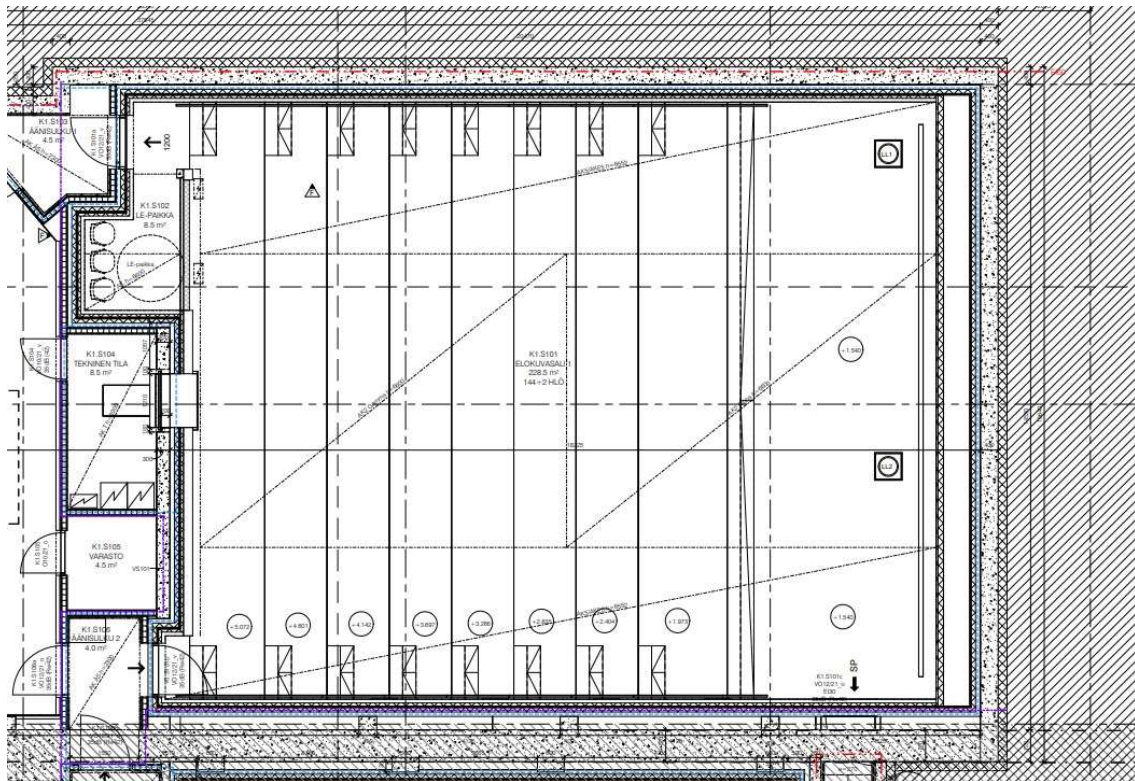
Algses informatsioonis oli kirjeldatud, et konstruktsiooni peale kinnitatakse kaks 15 mm vineerplaati mille peale kinnitatakse toolid. Vineerplaadid kinnitatakse konstruktsiooni külge isepuurivate metallikruvidega, kuid selle kinnitusvahendi otsustab hiljem paigaldaja.

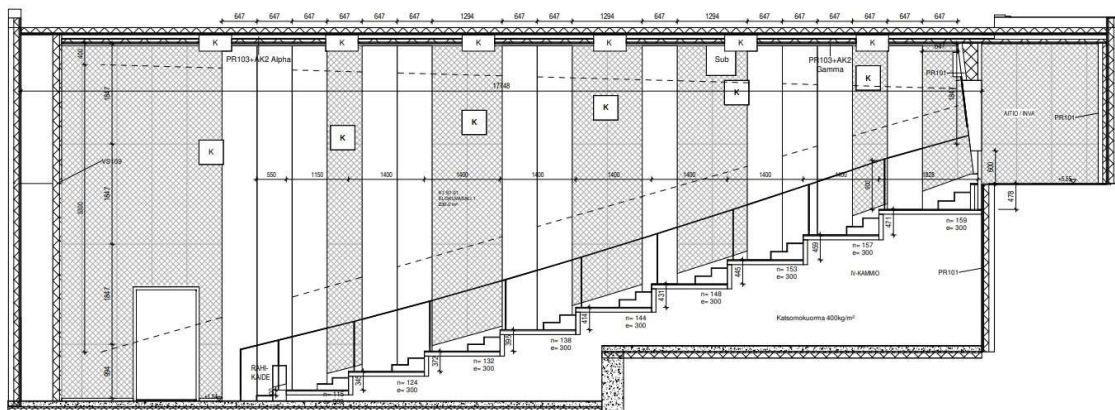
3.2.3 Hoone eripärast tingitud piirangud

Kuna tegemist on vana majaga siis kartis tellija, et tõstukite ja kraanade kasutamine võib kahjustada maja konstruktsiooni, samuti on maja seest väga kitsas siis on seatud koostudele massi- ja suuruspiirangud. Need piirangud olid arvestatud nii, et kaks töolist saaksid käsitsi tassida koostud objektile. Koostupiirangud on 5000x1400x200mm 80 kg maksimum, piirangud polnud täielikult fikseeritud, kuid tellija palus jääda koostudega nendesse piiridesse. Neid piiranguid oli oluline arvesse võtta kooste projekteerides ja tuli leida mugavad kohad kuidas kooste töökäigus omavahel kinnitada.

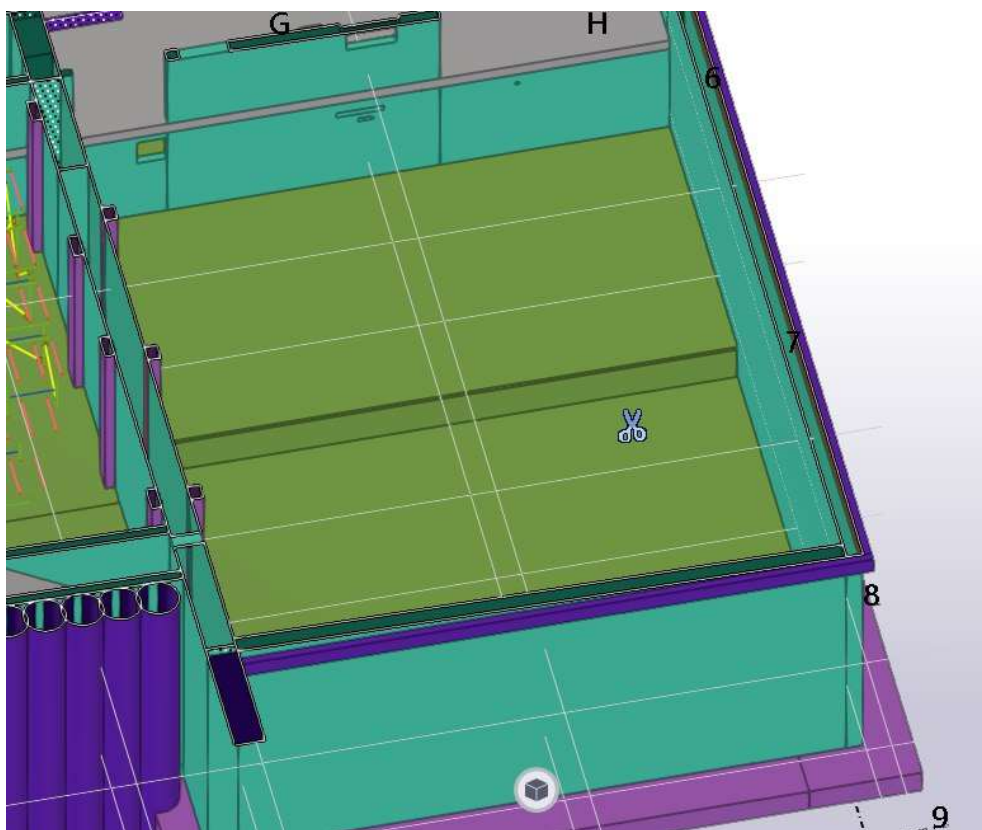
4 KANDEKONSTRUKTSIOONI PROJEKTEERIMINE

Peale esmase tehnoloogilise info kogumist alustati modelleerimisega. Esimese asjana modelleeriti sisse pealmised vineerid, kuna selle järgi oli võimalik lihtsalt kontrollida konstruktsiooni kõrgust. Pealmiste vineertahvlite kõrgused oli võimalik paika panna geodeedi ja arhitekti jooniste alusel.



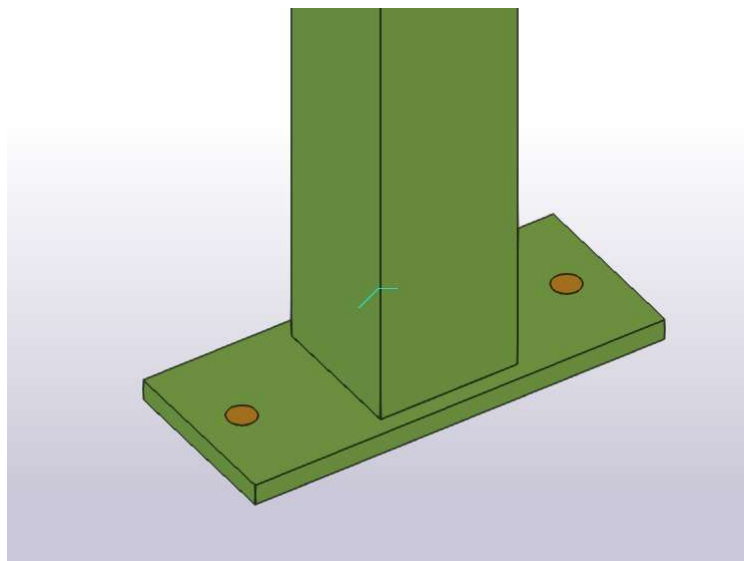


Joonis 3. Elokuvasali 1 külgvaade koos tribüüniaastmete kõrgustega

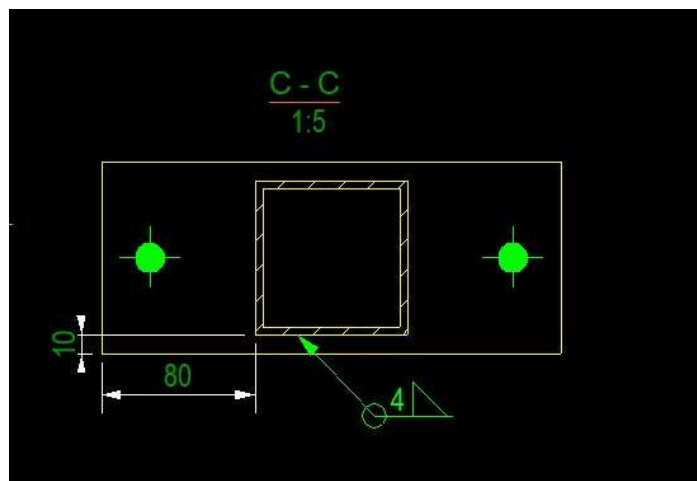


Joonis 4. IFC kuvatõmmis projekteeritavast kinotribüüni ruumist

Konstrueerimist oli alustatud vineeri all olevatest astmetalladest, mis olid tehtud CFRHS80x80x80x4 profiiliga S355J2H torust. Astmeraamide asendi määramise järel vineeride järgi modelleeriti iga astme alla üks konstruktsioonijalg mida hiljem kopeeriti 1200 mm sammuga. Jalgu projekteerides tuli arvesse võtta ruumis olevat astet. Talade alla paigaldati tallad millega kinnitati konstruktsioon põranda külge, kuna põrand on valatud ja on ebatasane siis projekteeriti tallad 15 mm geodeedi poolt antud põrandapinnast kõrgemale, et veenduda selles, et püstitamisel oleks võimalik probleemideta konstruktsiooni põranda külge kinnitada. Tallaplaadid konstrueeriti 12 mm terasplaadist mõõduga 240x100 mm kuhu tehti 16 mm avad ankrupoltide jaoks. See tallaplaat kinnitati tribüünijala külge kolmest küljest 4 mm kaatetõmblusega ja ühest küljest 3 mm Y-õmblusega

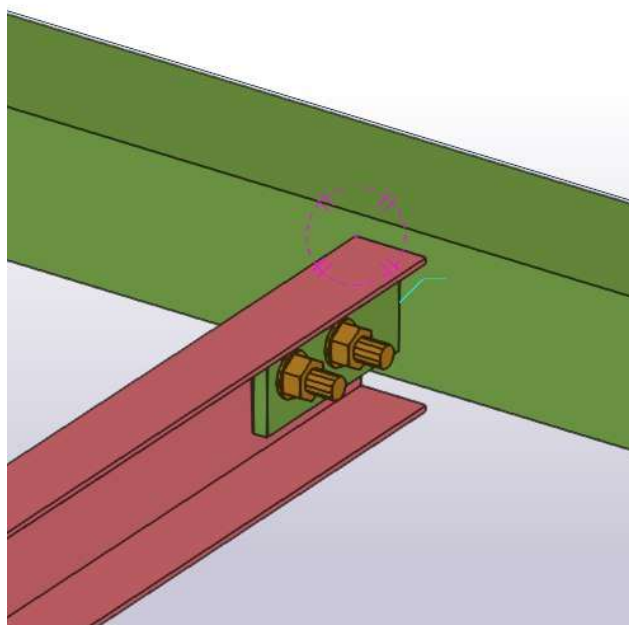


Joonis 5. Mudeli keskkonnas kujutatud tallaplaat ja konstruktsioonijalg



Joonis 6. Vormistus keskkonnas kujutatud tallaplaat ja konstruktsioonijalg pealtvaates

Astmete vahele tulid U-profiil talad millest moodustati kinotribüüni astmed, astmete peale kinnitati tasapinna plaadid milleks olid kaks 15 mm vineerplaati. U-profiil kinnitati talade külge poltliitega mille jaoks oli vaja keevitada talade külge väike terasplaat suurusega 110x50x8 mm kuhu tehti kaks poldiava. See terasplaat keevitati tala külge 4 mm ümberringi kaatetkeevisega. Poltliites on kasutatud polte M12x35.

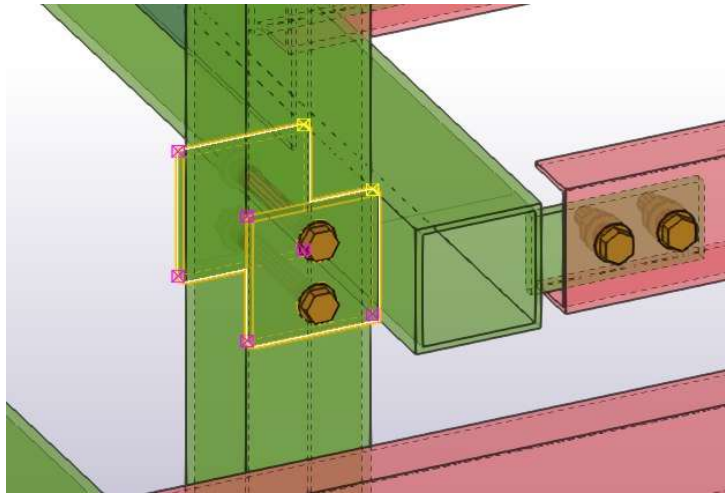


Joonis 7. Poltliide U-profiili ja astmetala vahel

Projekteerimine jõudis staadiumisse, kui jalad ja U-profiiliga vahetalad olid modelleeritud, kopeeritud tribüünijalad sammuga 1200 mm ja U-profiilid sammuga 600 mm arvestades, et äärmiste U-profiilide vahe jääb väiksem kui 600 mm, kuid see vahe jagati võrdselt kahe vahe vahel. Jalgu ja vahetalasid hakati kopeerima konstruktsiooni keskelt. Samuti oli oluline kopeerides silmas pidada, et vahetalad pidid asetsema konstruktsiooni äärest 20 mm ja tribüünijalad 50 mm. See kaugus oli oluline, et veenduda, et konstruktsioon ei puutuks peale püstitamist kokku seinas oleva heliisolatsiooniga.

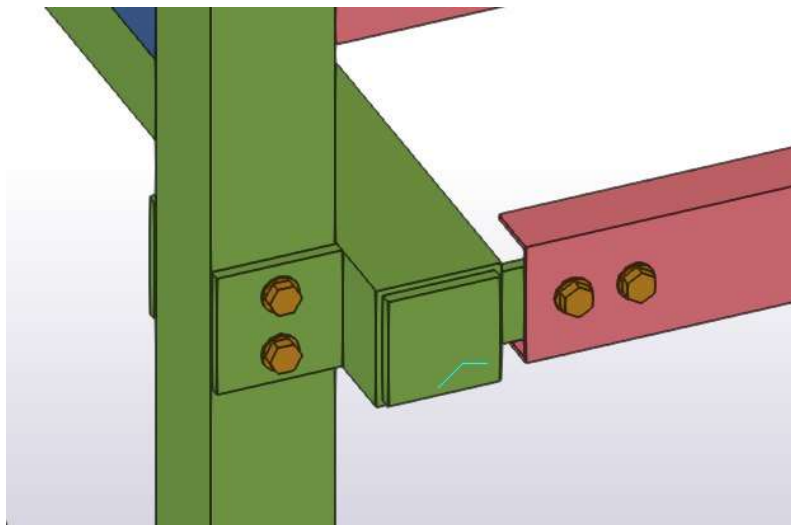
Astmetalad kinnituvad jalgade külge poltliitega ja selleks tuleb projekteerida astmetalade külge plaadid suurusega 80x80x4 mm, mille sees on 16 mm avad – avad puuriti läbivalt tribüünijalale. Kinnitusplaat keevitati astmetala külge 4 mm kaatetkeevitusega. Plaatide vahele jäeti 84 mm vahe, mis oli 4 mm suurem kui jalg mille ümber see kinnitub. Vahe jäetakse selleks, et hiljem platsil oleks lihtsam astmetala tribüüni jala külge kinnitada. Samuti on vahe oluline, et tribüüni jalg mahuks vahesse ka siis kui peaks juhtuma, et keevitusel kaardub metallplaat ära. Astmetalad kinnitatakse

tribüünijalgadele M12x120 poldiga ja vajadusel lisatakse metallplaadi ja tribüünijala vahele seib, et veenduda jäigas kinnituses.



Joonis 8. Astmetala poldliide tribüünijala külge

Järgmisena on modelleeritud astmetalade otsa otsplaadid mis on mõõduga 72x72x8mm. See otsplaat kinnitatakse astmetale määramata mõõduga kaatetkeevise, kuna see koht ei pea mingit jõudu vastu võtma, vaid on oluline et toru ots oleks kaetud.



Joonis 9. Astmetala otsplaat

Kui jalad ja vahetalad olid paigas siis tuli lisada metallplaadid astmetala külge ja tribüünijalgade vahele. See metallplaat oli oluline, et tribüüni astmete ette saaks kinnitada astmete ette kips- ja vineerplaadi. Metallplaadiks valiti 3 mm terasplaat mille keevitasime joonisel määramata kaatetkeemisega astmetala külge, kuna tegemist pole konstruktsiooni kandva pinnaga.

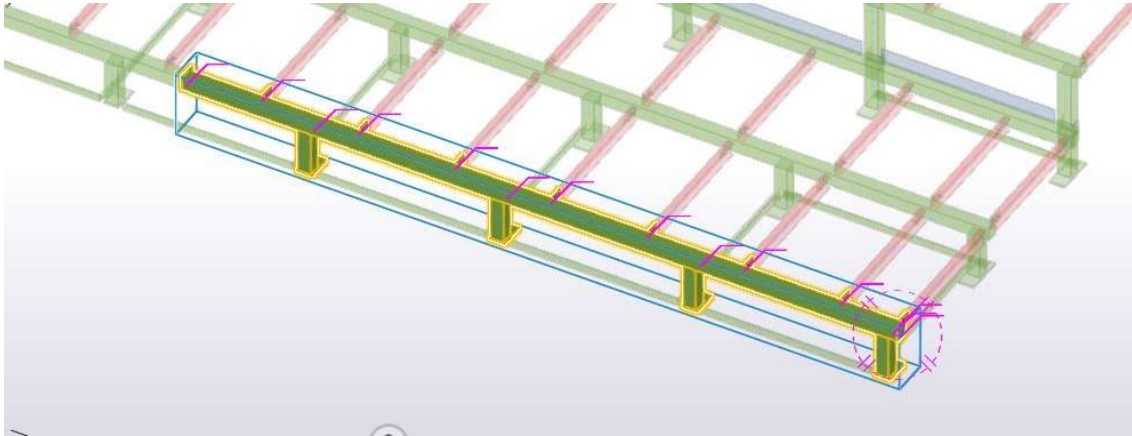
Märgati, et koostudeks jagamisel oli oluline muuta kinnitusplaatide suurusteid, kuna järgmises projekteerimisetappides võis tekkida probleem – näiteks koostu ühenduskoht võis asuda täpselt metallplaadi samas kohas, mille tõttu oleks pidanud jagama metallplaadi kaheks osaks erinevate koostude vahel. Selles projekteerimisetapis selgus, et oli tehtud viga ja kinnitusplaate oleks võinud projekteerida alles projekteerimise lõpufaasis – vea parandus on kavas projekti esimese versiooni muudatuste käigus

Selleks hetkeks oli projekteerimine jõudnud sellesse punkti kus sai võimalik jaotada mudelit suurtematesse koostudesse võttes arvesse massi ja mõõdupiiranguid. Selleks lõigati astmetalad maksimaalse laiusega tükkideks milleks oli 5000mm jättes külge tribüünijalad. Seda tehati selleks, et saaks kõige suuremat gabariitmõõtu kasutades kätte koostu mass ja hiljem koostu maksimumgabariite arvesse võtta oleks võimalik neid jaotada mugavatesse suurustesse mis jääksid nõutud piirangutesse

Koostu maksimumgabariidid - 5000x1400x200mm 80 kg

Kogemuse järgi jagati detailid koostudesse mille järgi saadi Teklas koostu umbkaudne mass ja selle massi järgi oli võimalik koostusid muuta, et need mahuksid massi- ja suuruspiirangutesse. Koostukaalu arvestab Tekla läbi keskmise S355J2 terasemassi ja mudeldatud koostu mahtu.

Koostud mis olid madalamad mahtusid koheselt õigetes gabariitmõõtmetesse, seega sai konstrueerida madalamad astmed keevitatud jalgadega.

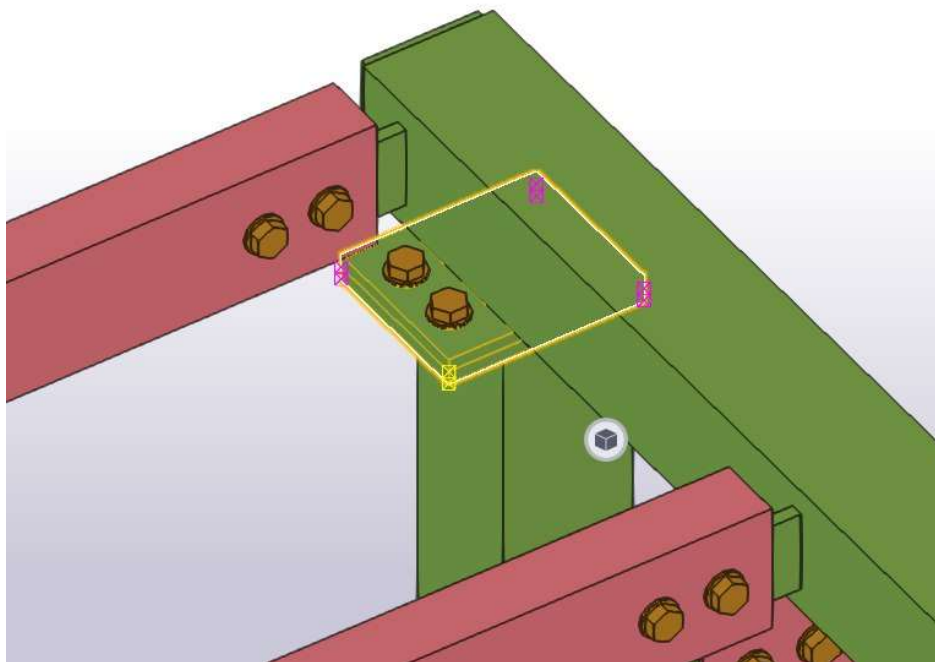


Joonis 10. Näide ühest koostust

Width	: 190.0 mm
Height	: 368.0 mm
Length	: 4466.0 mm
Painting Area	: 2.00 m ²
Weight (Net)	: 62.7 kg
Weight (Gross)	: 60.9 kg

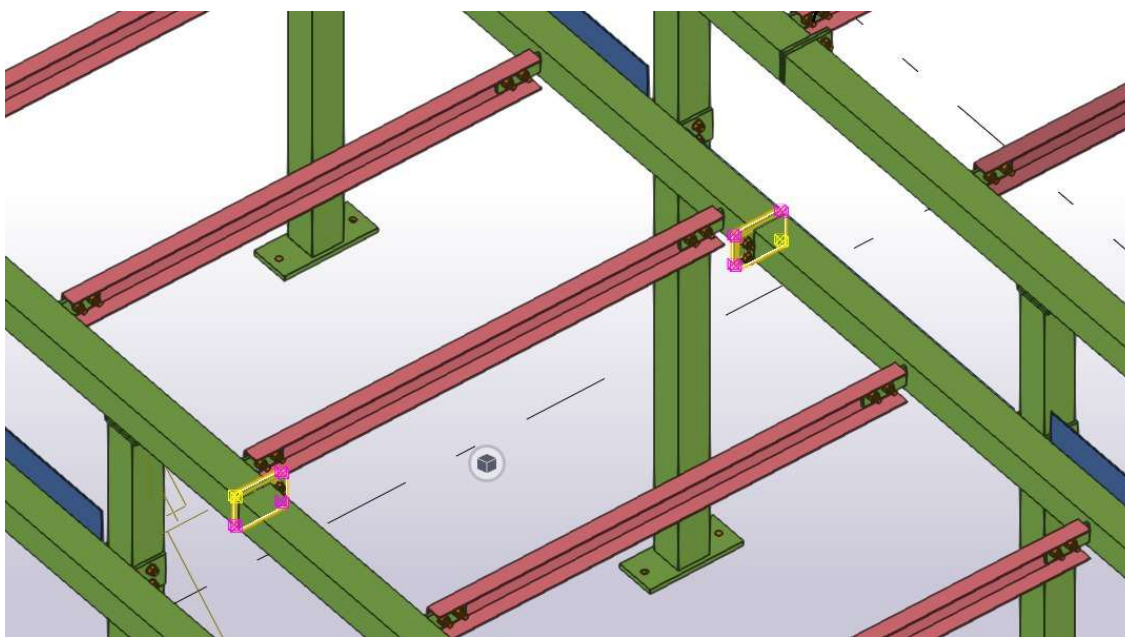
Joonis 11. Joonis 7 kujutatud koostu parameetrid

Kõrgematel astmetel selgus, et tuli modelleerida eemaldatavad jalad, kuna koostu kõrgus oleks vastasel juhul jäänud liiga suur, et majas koostuga liigelda. Selleks kinnitatie astmetala alla ja tribüünijala peale 120x100x8mm terasplaadid millele konstrueeriti poltliite kasutades M12x35 polte. Terasplaadid kinnitati toru otstesse 3 mm Y-keervisõmblusega



Joonis 12. Poltliide astmetala ja konstruktsioonijala vahel

Horisontaalpinnas tuli samuti teha poltliited – selleks modelleeriti koostude otsadesse 120x80x8mm metallplaatidest poltliide, kasutades kahte M12x35 polti. Terasplaadid kinnitati toru otsesse 3 mm Y-keevisõmblusega



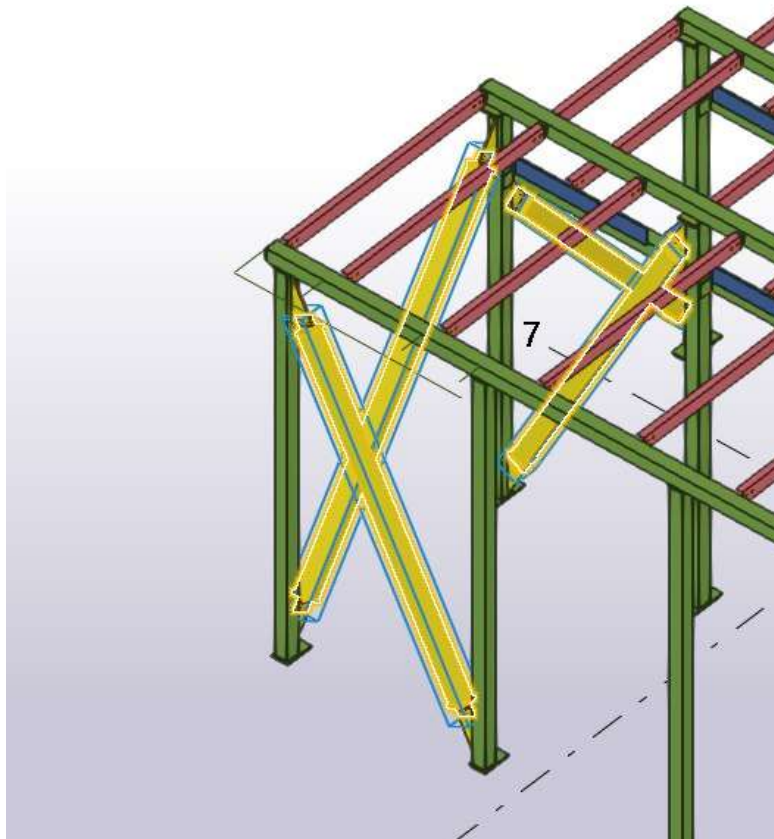
Joonis 13. Koostudevaheline poltliide

Konstruktsiooni jalgade vahele tuli jäikuse tagamiseks konstrueerida diagonaalsed postid mis kinnituvad jalgade vahele poltliitega. Selleks, et saaks diagonaale kinnitada tuli konstruktsioonijalgade külge keevitada kinnituskõrvad. Selleks kasutatakse 4 mm ümberringi kaatetkeevist.

Selleks, et konstrueerida diagonaalseid poste kasutatakse Tekla liigest nimega „Tube Gusset preset“. Tänu sellele liigesele ei pea kõiki diagonaalseid torusid ja nende kinnitusi manuaalselt projekteerima vaid programm genereerib need kõik diagonaaltorud arvesse sisestatud parameetreid. Diagonaaltorude parameetreid sisestades tuleb arvesse võtta keevitusmugavust ja seda, et post ja selle poltliide ei jääks millegile ette. Keevitumugavust silmas pidades jäetakse diagonaaltoru otsaplaadile 8 mm servastme kuhu mahub mugavalt ära 4 mm ümberringi kaatetkeervisõmblus. Samuti kinnitatakse torupoolse poltliite teraskõva 4 mm ümberringi kaatetkeervisõmblusega.

Eelnimetatud parameetritega oli võimalik modelleerida enamus diagonaalposte, kuid probleem tekib postidega mis asuvad tribüüniastme eesküljes, kuna sellisel juhul oli vaja muuta keervisõmblust ja ka diagonaalposti otsas asetseva metallplaadi mõõtu. Peamiseks problemiks oli see, et kui teha igast küljest 8 mm servastmega metallplaat diagonaalposti otsa siis läks üks külg tribüüniastme ees asetseva plaadi sisse. Selleks oli vaja muuta *Tube Gusset preset*'i parameetreid ja teha üks metallplaadi serv tasa diagonaalposti äärega. Keevisõmblus tuli sellise lahenduse puhul kolmest küljest 4 mm kaatetkeervisõmblus ja ühest küljest 3 mm Y-keervisõmblus.

Diagonaalpostide asukohad valiti kasutades erialast kogemust ja hiljem konsulteeriti ettevõttepoolse juhendajaga.

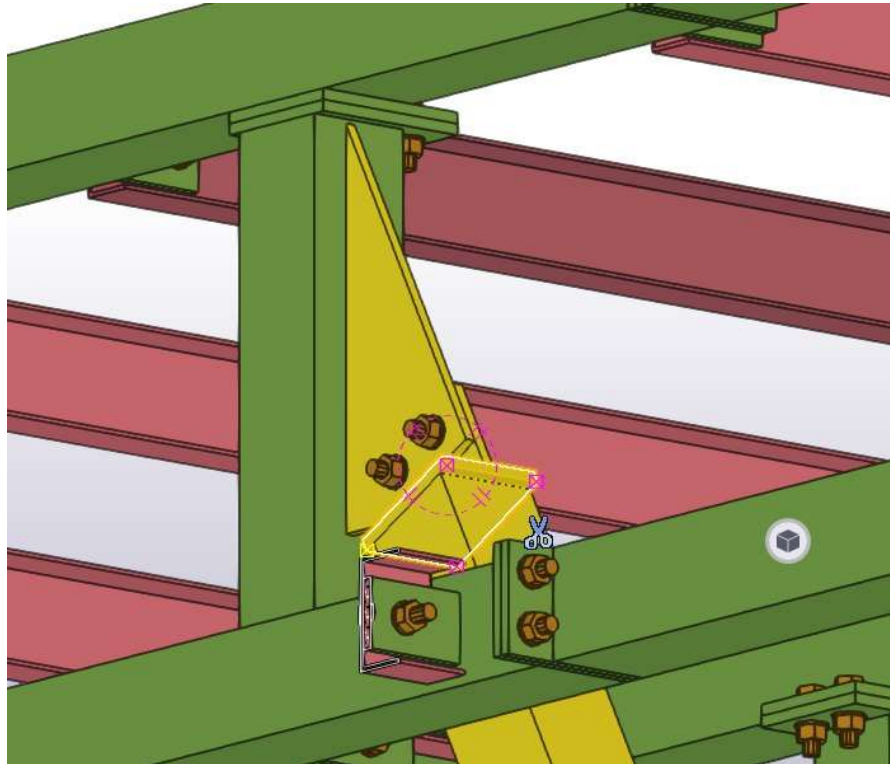


Joonis 14. Modelleeritud diagonaalpostid mudeli keskkonnas

Peale diagonaalpostide modelleerimist oli enamus tribüüni karkassist projeteeritud ja edastatati IFC fail tellijale kooskõlastamiseks millega läks antud projekti puhul umbes üks tööpäev. Kuna vineeri taga olevad metallplaadid polnud konstruktiivselt oluline osa siis korrigeeritakse nende mõõte kuni tellija kooskõlastas mudeli oma inseneridega ja arhitektidega.

Metallplaatide mõõtu parandades oli oluline veenuda, et metallplaat ei jää ette koostu ühenduskohtadele ja diagonaalpostidele. Selleks oli vaja manuaalselt üle vaadata kõik metallplaadid ja veenduda, et nendega on kõik korras. Mitme metallplaadi asukoht kattus diagonaalposti ja ühenduskohaga. Kirjeldatakse kahte olukorda ja lahendust:

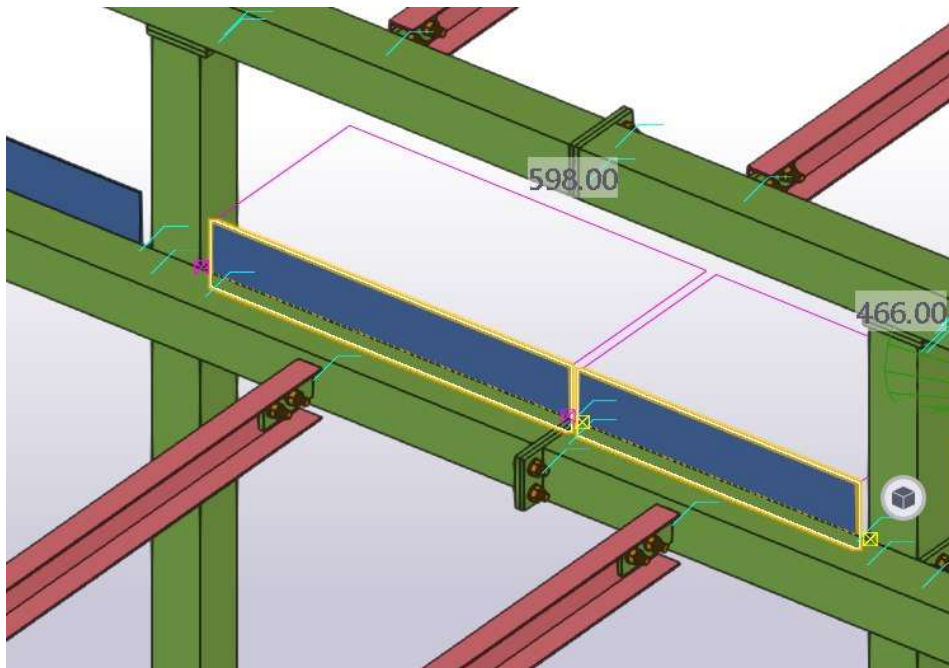
- 1) Metallplaat asetseb täpselt koostu ühenduskohas ja selle tõttu pidi jagama metallplaadi koostu ühenduskohast kaheks. Lisaks jagamisele liigutati metallplaadi serva astmetala servaga tasa, kuna vastasel juhul jäi metallplaat keevisele ette mis oli vajalik poltliite tegemiseks astmetalade vahel.



Joonis 15. Diagonaalpost kuhu on sisseviidud parandus

2) Metallplaat asetseb diagonaalposti ja koostu ühenduskohas.

- Selleks pidi esiteks liigutama metallplaadi serva sellisesse kaugusesse, et see ei jääks ette diagonaalpostile ja ei tekiks probleeme paigaldamisel. Selle tõttu jäi pool postide vahest metallplaadiga katmata ja pidi hiljem märkima paigaldusjoonisele metallplaadi täpne asukoht, et töölised saaksid korrektselt kinnitada tribüüniastme ees olevaid plaate.

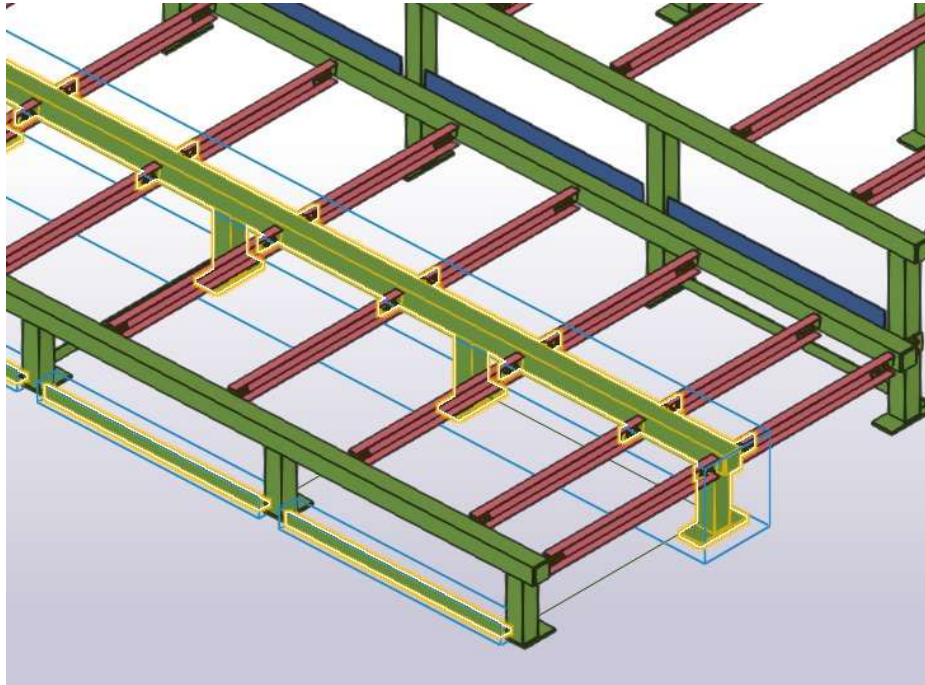


Joonis 16. Kinnitusplekk millele on sisseviidud parandus

4.1 Esmane tagasiside tellijalt

Esimene tagasiside tellijalt oli positiivne, kuid mudelisse tuli viia mõned parandused:

- Esimese tribüüniastme ette tuli paigaldada L-profiilteras, et saaks kindlalt paigaldada tribüüniastme eesolevaid plaate.
- Esimese tribüüniastme vahetalad olid liiga pikad. Selleks modelleeriti esimese tribüüniastme vahetalad pikkusega 1800 mm, kuid tellija väitis, et need vahetalad võivad liigselt läbipainduda ja selleks oleks vaja lisada üks rida teraskonstruktsiooni juurde.
- Selgus, et tellijapoolsed insenerid olid teinud tulepidavusega valearvestuse ja selle tõttu tuleb kahe 15 mm vineertahvli alla lisada veel üks 15 mm kipsplaat. Selle muudatuse tõttu pidi kogu konstruktsiooni tooma 15 mm alla poole.



Joonis 17. Esimese tribüüniastmee lisakonstruktsioon ja lisatud L-profiilid

Mudelisse lisati L-profiilterased, kuhu saab kinnitada tribüüniastmee ees olevad plaadid milleks uue info alusel oli kaks 15 mm vineerplaati ja üks 15 mm kipsplaat.

Lisa teraskonstruktsiooni sai mugavalt kopeerida kõige madalamalt tribüünirealt, kuhu lisati kinnituskohad U-profiilile, et kaheks jagatud U-profiili saaks mõlemat poolt kinnitada.

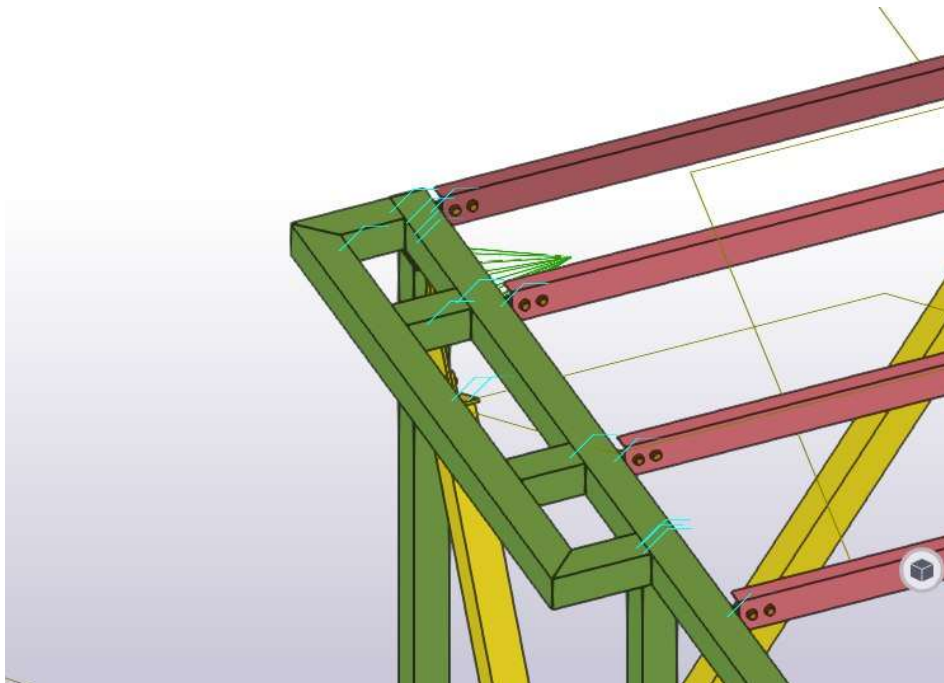
Selleks, et lisada vineeride alla 15 mm kipsplaat pidi tooma kogu konstruktsiooni 15 mm alla ja liigutama 15 mm taha poole. Hiljem modelleeriti kõige kõrgem tribüünirida 15 mm lühemaks, et astmete pealispindade mõõdud ei muutuks.

Peale muudatuste sisseviimist väljastati kinotribüünist IFC fail ja saadeti tellijale ülevaatamiseks.

4.2 Teine tagasiside tellijalt

Tellijal oli mudeliga rahul, kuid tõi välja, et tribüünikonstruktsiooni kõige kõrgema astme serv võib läbi painduda kuna konstruktsioon on heliisolatsiooni tõttu 200 mm tagumisest seinast kaugemal. Selleks, et vältida liigset läbipainet soovib tellija, et sinna konstrueeritaks väike sild sinna kohta kus toimub kõige suurem inimeste liikumine.

Sild konstrueeritakse 80x80x4 mm torust ja see on keevitatud kinotribüüni konstruktsiooni külge.



Joonis 18. Lisatud sild tribüünikonstruktsioonil

4.2.1 Muudatused vastavalt ventilatsiooni- ja sprinkleritorudele

Kuna projekti alguses ei olnud informatsiooni sprinklerite ja ventilatsioonitorude kohta, siis oli vaja konstrueerida tribüün ilma sprinklereid ja ventilatsioonitorusid arvessevõtmata. 15.03.2023 saabus informatsioon läbiviikude kohta ja selle tõttu tuli teha konstruktsioonis mõned muudatused. Kuna tellija poolt saadetud sprinklerite asukohad sattusid mitmes kohas samasse kohta kuhu asuvad konstruktsioonijalad, siis palusime VMT Ehituse poolt sprinkleritorude korrigeerimist ja asukohtade muutmist vastavalt projekteeritud tribüünikonstruktsioonile.

Peamiseks muutuseks see, et oli vaja muuta konstruktsiooni viimase rea jalgade asukohta. Selleks liigutati ühe diagonaalposti asukohta ja lisati kaks jalga konstruktsioonile mis tagab selle, et ventilatsioonitorud ei kattu projekteeritud konstruktsiooni asukohtadega.

Kui jalgade ja digonaalpostide asukohad olid muudetud konsulteeriti ja veenduti ettevõttepoolse juhendajaga selles, et ükski ventilatsioonitoru ei jääks tribüünikonstruktsioonile ette ja ei tekiks paigaldamisel probleeme.

4.2.2 Hooldusluuk

27.03.2023 koosolekul selgus, et tribüünile oli vaja teha hooldusluuk ja hooldusluugile redel. Hooldusluuk on oluline, et saaks kontrollida tribüüni all olevate ventilatsioonitorude ja sprinklerite korrasolekut. Samuti mainis tellija, et seal all võidakse hoiustada saali tehnikat.

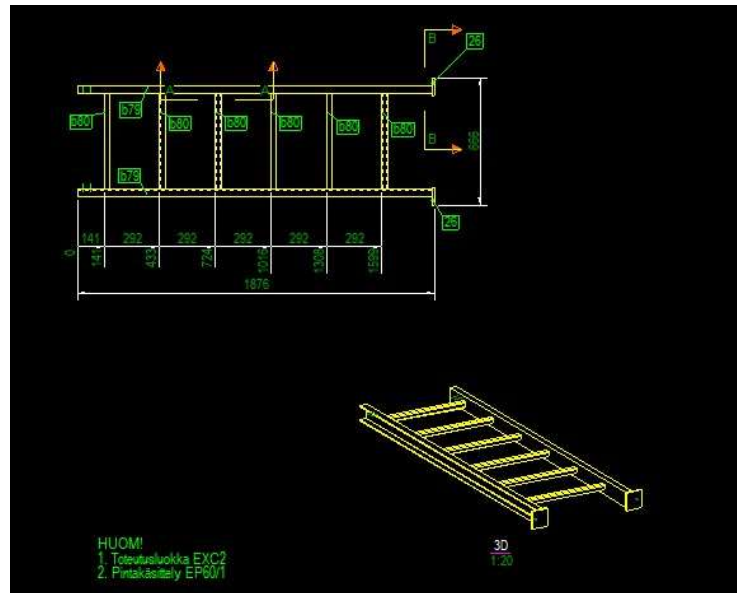
Hooldusluugi projekteerimisel liigutati tagasi talade vahel olevaid U-profiile ja lisati kaks vahetala mis kinnitatakse külge poltliitega. Redel kinnitatakse alt betoonpõranda külge ankrutega ja ülevalt vahetala külge poltliitega.

Tellijal nõudmised redeli projekteerimisele:

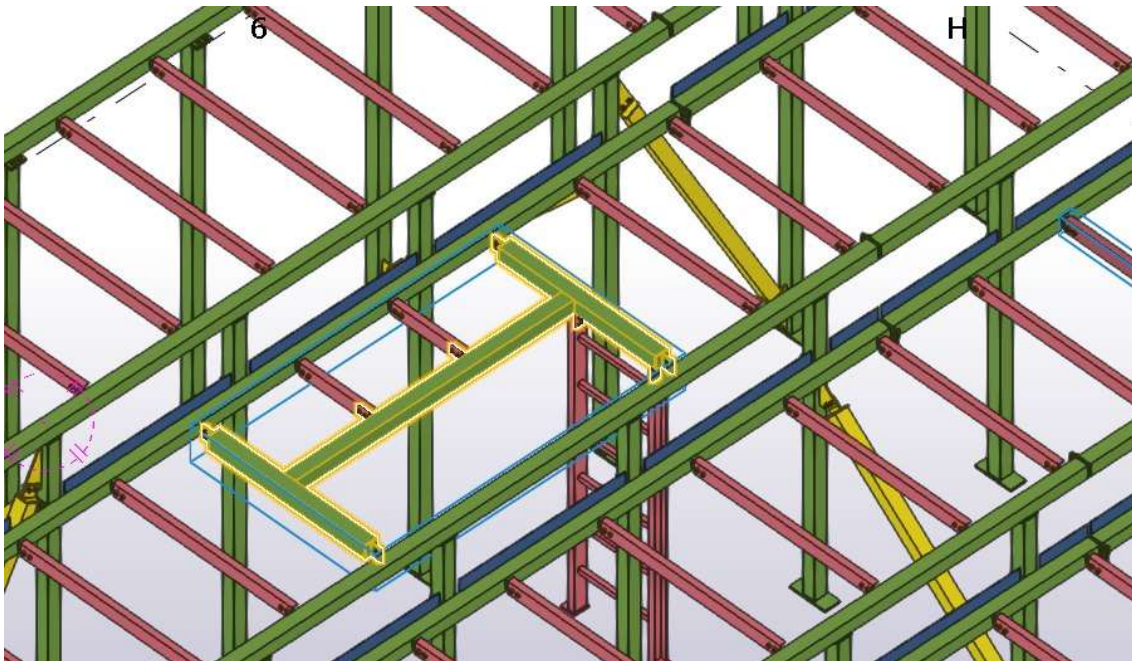
- 500 mm astmelaius
- Ühtlane astmepulkade vahemik 220-300 mm
- Astmepulk peab olema kandiline
- Astmepulga läbimõõt ei tohi olla rohkem kui 140 mm

Astmepulkade ühtlane vahemik on oluline selleks, et töötaja ei komistaks redelil. Astmepulkad peavad olema kandilised, kuna ümmarguse astmepulgaga on suurem tõenäosus libiseda. Astmepulga läbimõõt 140 mm on ohutusstandard, et ka väiksema käega inimesed saaksid turvaliselt redelist kinni võtta.

Redeli küljepostid projekteeritakse U-profiil terasest mõõduga 80x40x3mm ja astmepulgad projekteeritakse CFRHS 30x30x3mm torust. Astmepulgad keevitatakse 3mm ümberringi kaatetõmblusega küljepostide külge. Redel konstrueeritakse ühe koostuna, kinnitatakse ülevalt poltliitega ja alt poltliitega L-profiil, mis läheb omakorda ankruga betoonpõrandasse.



Joonis 19. Kujutatud redeli koostujoonis



Joonis 20. Mudeli keskkonnas kujutatud hooldusluugi ava

5 FEM TUGEVUSARVUTUSED

Selleks, et veenduda konstruktsiooni tugevuses, on teostatud konstruktsioonile tugevusarvutused läbipaindele. Arvutades on vaja arvesse võtta koormusklassist tulenevat kasutuskooormust varutegurita 4 kN/m^2

Oluline on arvestada kinotribüünile kinnitatud plaatidega, toolidega ja inimestega. Koostöös ettevõttepoolse juhendajaga on jõutud järeldusele, et orienteeruv mass mis mõjub ruutmeetrile on umbes 0.82 kN/m^2 . See on ümardatud arvutuste lihtsustamiseks täisarvuni ja saadud kasutuspiiriseisund 1 kN/m^2 .

Kasutuskooormuse klassist C2 tulenevalt on selle kinotribüüni lubatud piirläbipaine

$$w_{\max} = L/250 \text{ (mm)}$$

ehk kui võtta 1000 mm toru siis saab selle maksimaalne läbipaine olla:

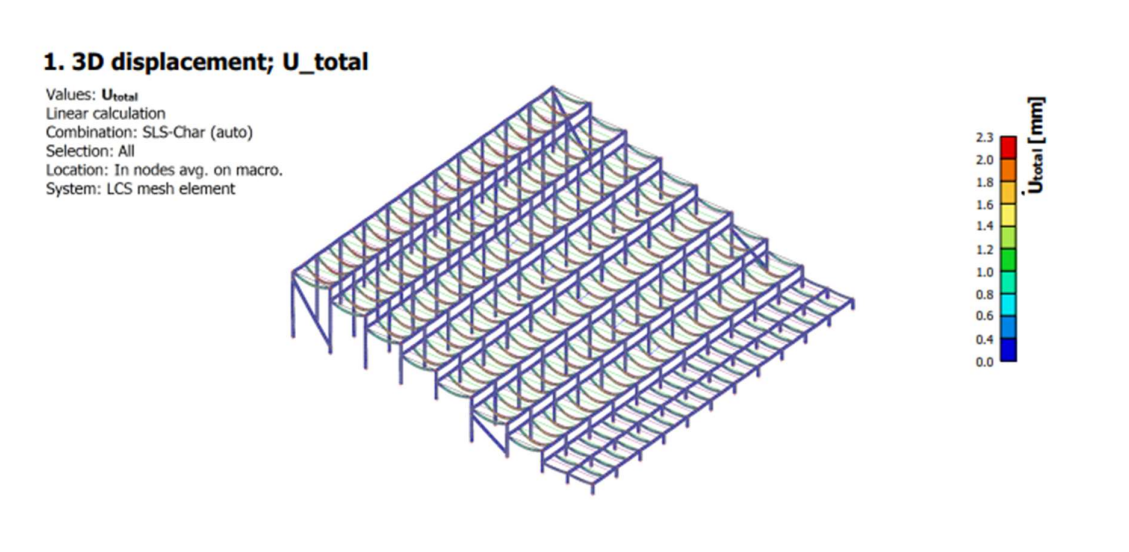
$$w_{\max} = \frac{1000}{250} = 4 \text{ mm}$$

Sellest saame järeldada, et maksimaalne läbipaine 1 meetrisele torule saab olla 4 mm.

5.1 Analüüs tarkvara SCIA engineer vahendusel

Läbipainet kontrollitakse tarkvaraga SCIA Engineer'iga, mis lubab konstruktsioonile asetada koormuseid ja seda hiljem analüüsida. SCIA-s asetatakse tribüüni pealmiste vineeride peale ühtlaselt 450 kN/m^2 . Valitud on kõrgem kasutuspiiriseisund, et uurida tulemut kõrgema kasutuspiiriseisundiga ja, et kas see ületab lubatud läbipainet.

Tulemuseks on saadud, et maksimaalne läbipaine terves konstruktsioonis 4.5kN/m^2 massi all on 2.3 mm .



Joonis 21. Saadud visuaalne tulemus SCIA Engineeri läbipainde analüüsist

5.2 Kontroll

Selleks, et veenduda läbipainde tõesuses teostatakse tugevusarvutus läbipaindele ühe U-profiiltala kohta. Antud tala asetseb täpselt istmete all ja on tribüüniaastme keskel, seega mõjub talle kõige suurem kasutuspiiriseisund. Selleks kasutame valemit:

$$w_{inst} = \frac{5 \times q_k \times l_{ef}^4}{384 \times E_{0,mean} \times I_x}$$

Kus

$E_{0,mean}$ - Elastsusmooduli keskväärtus (kN/m^2)

I_x – netoristlõike inersimoment (m^4)

l_{ef} – lihttala sildeava arvutuspikus (m)

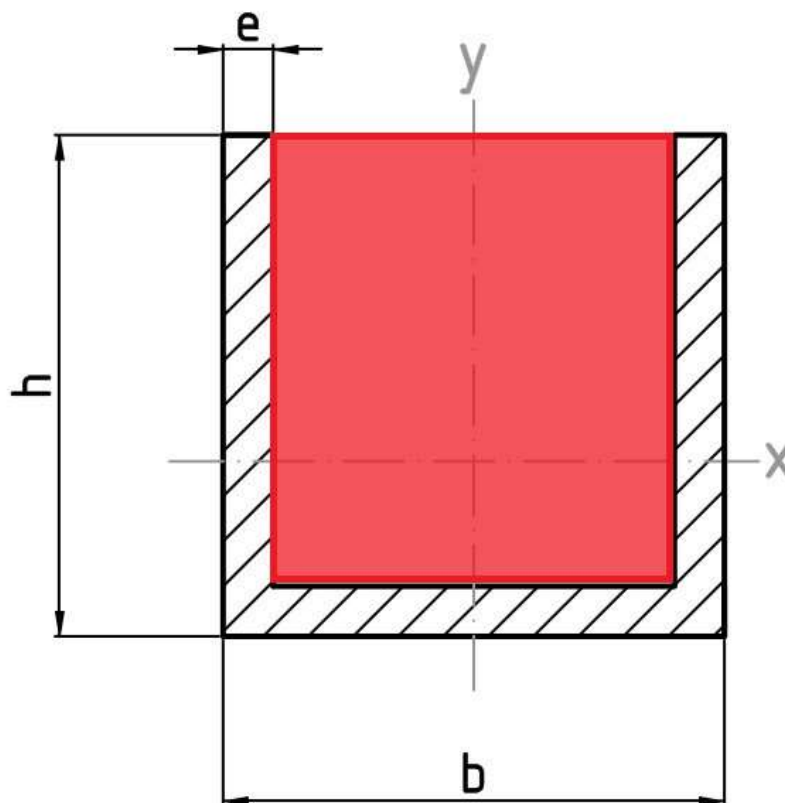
q_k – normatiivne joonkoormus (kN/m)

Joonkoormus mõjub 4 kN/m^2 , kuid kuna U-profiilterased asetsevad 600 m vahega siis:

$$0.6 \times 4 = 2.4 \text{ m}^2$$

Kõigepealt leiame netoristlõike (I_x)

Kuna tegemist on U-profiiliga 80x40x3mm, siis arvutatakse välja terve profiili kõrgusest ja laiusest lähtuvalt netoristlõike inertsimomendi ja see järel lahutatakse sellest profiili sees oleva osa.



Joonis 22. Selgitav joonis U-profiili I_x väärtuse määramiseks U-profiili mõõtmete alusel järgneva U-profiili sisu lahutamisega

Valemist

$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

kus

b – profiili laius (mm)

h – profiili kõrgus (mm)

U-profiil on suurusega 80x40x3 puhul

$$b = 40$$

$$h = 80$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{40 \times 80^3}{12} = 1706666 \text{ mm}^4$$

On arvutatav U-profiili tühimiku I_x väärtuse

$$b = 37$$

$$h = 74$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{37 \times 74^3}{12} = 1249440 \text{ mm}^4$$

Lahutades U-profiili gabariitmõõtmetest saadud I_x väärtuse tühimiku mõõtude järgi saadud I_x väärtuse:

$$1706666 - 1249440 = 457226 \text{ mm}^4$$

On leitav elastsusmooduli keskvärtus peab vastama kN/m^2 . Teraselastsusmoodul on 210 GPa. Teades, et:

$$1 \text{ GPa} = 1000000 \text{ kN/m}^2$$

On arvatud:

$$210 \text{ GPa} = 210000000 \text{ kN/m}^2$$

Lähteandmed:

$$I_x = 457226 \text{ mm}^4$$

$$l_{ef}^4 = 1470 \text{ mm}^4$$

$$E_{0,mean} = 210000000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,4 \text{ mm}^4$$

$$w_{inst} = \frac{5 \times 2,4 \times 1470^4}{384 \times 210000000 \times 457226} = 0,0015 \text{ m}$$

Keskmist läbipaine millimeetrites

$$0,0015 \times 1000 = 1,5$$

Keskmine läbipaine antud U-profiiltalal on 1.5 mm mis kattub tarkvaraga SCIA Engineering saadud tulemustega. Sellega on võimalik järeldada, et arvutused on tõesed ja kooskõlas projektis sätestatud piirangutega.

6 VORMISTAMINE

Jooniste vormistamist on alustatud detailidest. Teklal on võimalus jooniseid kloonida ja on võimalik vormistada ühe ühte tüüpi detaili ja siis seda identsete detailide puhul kloonida, mida vähem on joonisel mõõtkette ja erinevaid tähiseid seda täpsemalt programm suudab detaile kloonida.

Detailijoonistel märgitakse detaili gabariitmõõtmed, avade suurused ja asukohad, vajadusel tahakse lõike kohast mis võib jääda segane. Jooniseid on ma harjutud tegema tüüpide järgi, ehk alguses vormistatakse ära üht tüüpi joonise ja siis kopeeritakse kõik sarnased, näiteks alguses vormistatakse ära kõik nurgad, siis kõik U-profiilid jne.

Kui kõik detailijoonised on vormistatud siis tehakse sama loogika järgi kõik koostujoonised. Koostujoonistele peab märkima detailide tähised, detailide asukohad koostus, keevised, gabariit- ja asukohamõõdud. Segaduste vältimiseks tehakse lõiked ja märgitakse sinna keevised. Keeviseid aitab märkida ettevõttepoolne juhendaja. Lisaks peab koostujoonisele märkima ära pinnakäsitluse ja keskkonnaklassi.

Peale koostu- ja detailijooniste vormistamist tuleb teha tribüünist *General arrangement drawing* (GA), ehk kogu koostujoonis. GA joonisele on joonis tervest tribüünist ja selle eesmärk on näidata paigaldajale ja tellijale tribüüni asukohta telgedel, kõrgust merepinnast, koostude asukohti, kinnitusvahendite asukohti ja tribüüni gabariitmõõtmeid. Selleks, et kõik oleks arusaadav tehakse kaks GA joonist. Esimene GA joonis tuleb 3D joonis, kus on tribüün kujutatud kõrgelt nurga alla ja sellele on märgitud koostud ja joonisel nähtavad kinnitusvahendid. Teisel GA joonisel on tehtud vaated tribüünist igast tasapinnast kuhu on lisatud koostutähised, kinnitusvahendid ja kõrgused merepinnast. GA joonis on viimane koht kus saab kontrollida oma jooniste õigsust – selleks võrreldakse kõrguseid merepinnast geodeedi joonistega.

6.1 Tootejooniste pakk ja raportid

Kui joonised on korrektsed siis saab panna kokku tootejooniste paki kuhu kuulub:

- Detailijoonised eraldi PDF+DWG
- Koostujoonised eraldi PDF+DWG
- Detailijoonised koos PDF
- Koostujoonised koos PDF
- GA joonised PDF+DWG

- Kinotribüüni mudel IFC

Samuti peab pakki lisama raportid:

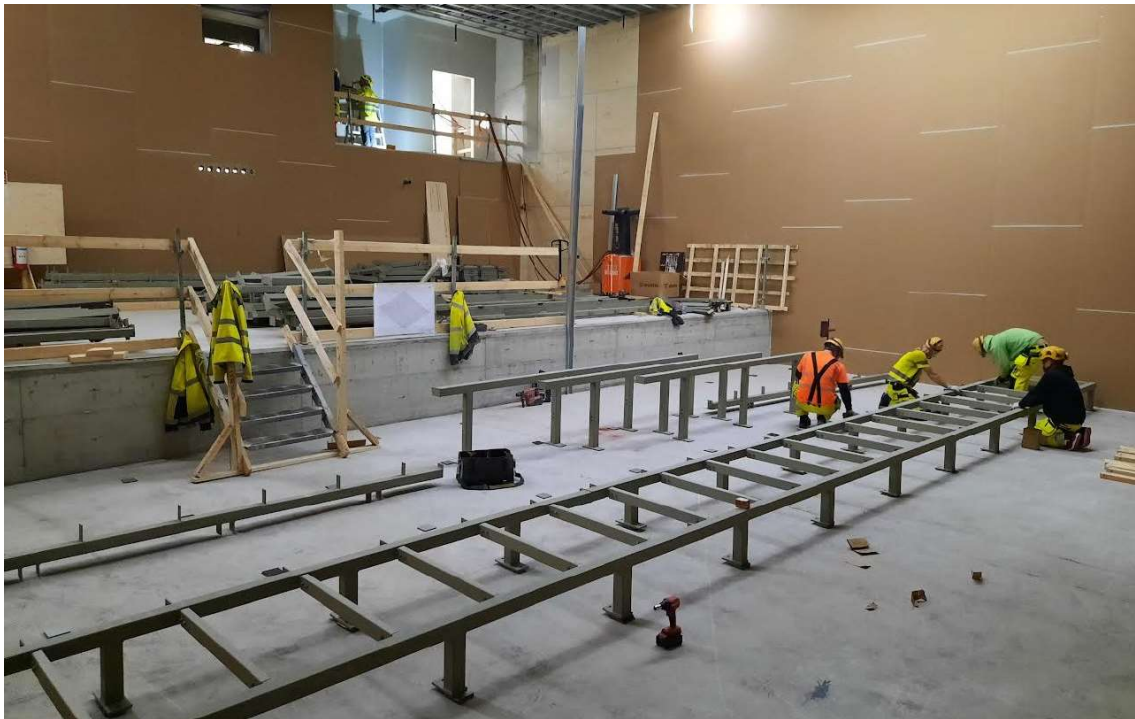
- Kinnitusvahendid
- Detailijoonised
- Koostujoonised

Gaasilõikefailid saab väljastada Teklast väga lihtsalt – kõigepealt peab valima terve mudeli ja seejärel „Export NC file“. Enne lõpliku väljastamist peab valima, et masin märgiks laseriga detailile koostutühise ja koostu külge kinnituvate detailide asukohad. Kui sätted on paigas saab väljastada NC failid. Kuna NC failitüüp pole visuaalne fail, vaid jada käske mille järgi gaasilõikemasin detaili välja lõikab, tuleb lisada ka NC failist dwg fail. Selleks kasutatakse Tekla vabavaralist liigest nimega „NC to DWG converter“.

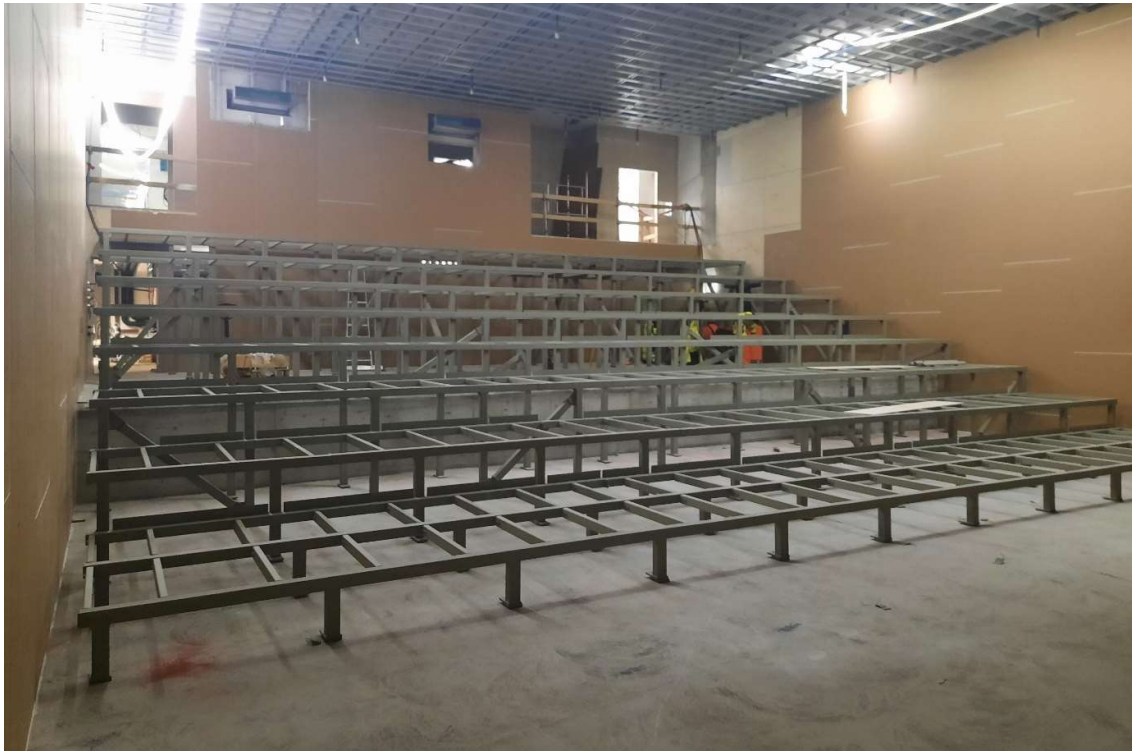
Peale paki komplekteerimist laetakse see üles ettevõtte Dropbox'i ja saadetakse Dropbox'i link projektijuhtidele. Kui projektijuht on veendunud, et kõik infomatsioon on tootmiseks olemas ja korrektne siis lähevad detailid toomisesse.

6.2 Tagasiside

Jooniste kvaliteet oli valmistajate poolt aksepteeritud ja kaebusi ei tulnud. Objektis kiideti lihtsat disaini ja mugavat paigalduslahendust.



Joonis 23. Tribüüni paigaldus



Joonis 24. Paigaldatud tribüün

Peale seda kui tribüün sai püstitatud tuli tagasisideks, et pole arvestatud põrandaküttega. Mulle, ega ka meie ettevõttele pole sellest informatsiooni tulnud. Varasemalt koosolekutel kinnitatud mudelid sobisid tellijale ja keegi ei maininud, et ruumis on põrandaküte. Põrandakütte kaablid mõjutavad vaid kõige madalamat astet ja vasakut jalgaderivi. Selleks, et saaks tribüüni korrektselt põranda külge kinnitada joonestati ma L-profiilid jalgade vahele mis kinnitatakse jalgade külge M12 poltidega. L-profiilile rohkem avasid ei tule, kuna profiilid toodetakse viljandi tehases valmis ja objektile kinnitavad töölised profiilid jalgade külge. Selleks, et vältida probleeme põrandaküttega küsisid

L-profiilid saadeti objektile järele ja paigaldati edukalt vastavalt põrandakütte joonisele, sellega loeti projekteerimine lõppenuks.

7 PROJEKTI LÕPPANALÜÜS

Projekti eeldatav ajakava läks lõhki, kuna vahepeal polnuvd võimalik saada tellijalt tagasisidet ja kuna koguaeg ei tegeletud ainult selle projektiga, siis tuli kinotribüünide projekti edasi lükata. Suhtlus käis küll tellijaga pidevalt, kuid suuremaid projekteerimisega seotud koosolekuid oli projekti jooksul 3 tükki, millest mina viibisin kahel ja mille järgi sain ma tagasisidet oma tööle mille järgi pidin muutma oma jooniseid. Probleeme ajakava nihkumine ei tekitanud, kuna Kulturikasarmi hoone on aktiivselt ehituses, siis polnud võimalik tribüüni püstitada enne 19.04. Samuti tekkis probleeme joonise vormistamisel mis oli tingitud minupoolsest tähelepanematuses ja nende vigade parandamine võttis rohkem aega kui alguses planeeritud.

Projekt algas õigel ajal, milleks oli märgitud 20.02.2023 ja ka projekteerimine algas õigel kuupäeval ehk 27.02. Esmane joonistekontroll toimus 08.03. asemel 12.03. 15.03 saabus informatsioon sprinklerite ja ventilatsioonitorude kohta mille tõttu pidi sisse viima muudatused. Teine tagasiside tellijalt saabus 20.03 – jooniste korrigeerimine võttis aega päeva.

Jooniste vormistamine algas 23.03 ja esimesed joonised olid valmis 27.03.

28.03 avastati, et koostujooniste mõõtkava on liiga väike ja selle tõttu oli vajalik need ümber vormistama, kuna probleem oli vaid koostujoonistega siis hakati detaile samal päeval tootma. 03.04 kontrolliti joonised ja tuli käsk kokku panna lõplik tootmisjooniste pakk koos raportitega. 19.04 algas tribüüni püstitamine. 22.04 avastati probleem, et määratud ankruavad kattuvad põrandaküttetorudega. Samal päeval joonestati valmis parandused ja 24.04 saadeti detailid objektile. 03.05 loetakse tribüün püstitatuks ja *Elokuvasali* 1 objekt lõppenuks.

7.1 Mahud

Tellitud oli kolme tribüüni jaoks 40 tonni terast ja hinnapakkumistes müüdi terast järgmiselt:

- *Elokuvasali* 1 – 20 t terast
- *Elokuvasali* 2 – 10 t terast
- *Elokuvasali* 3 – 10 t terast

Selles lõputöös keskenduti kõige suuremale tribüünile mille tähiseks oli *Elokuvasali* 1 mille jaoks oli arvestatud 20 tonni terast siis reaalsuses kulus terast 12.3 tonni. *Elokuvasali* 2 ja 3 kulus kokku 16.6 tonni terast. Materjali kulus vähem kui arvestatud.

Elokuvasali 1 projektis tuli lõpuks kokku 100 unikaalset koostu koostu ja 83 unikaalset detaili.

Töötunde kulus orienteeruvalt 264. Täpseid tunde on kokku lugeda raske, kuna samas ajavahemikus tegeleti mitme erineva projektiga.

8 KOKKUVÕTE

Elokuvasali 1 projekti võib lugeda edukaks, kuna polnud suuremaid tagasilööke ja kõik vead mis projekteerides ja hiljem paigaldusel tulid said kiire lahenduse. Vaatamata ka viivitustega ajakavas laabus töö õigeaegselt ja VMT viivistrahve maksuma ei pidanud. Tribüün on püstitatud ja tellija on tehtud tööga rahul. Viljandi metalli seisukohast võib ka projekti edukaks lugeda, kuna reaalne kogus terast mis kulus tribüüni ehitamiseks oli väiksem kui hinnapakkumises märgitud, ehk projekt oli kasumlik.

Projekti tehes õppisin ma palju metallkonstruktsioonide projekteerimise kohta kasutades Tekla Structures 2021 tarkvara. Varasemalt olen kasutanud oma töös peamiselt AutoCAD ja Fusion360 mis erinevad Teklast päris palju, seega oli huvitav õppida täiesti uut programmi tundma mis läheneb mitmetele lahendustele täiesti erinevalt kui eelnimetatud programmid. Suureks abiks programmi õppimisel oli minu ettevõttepoolne juhendaja Jaanus Jõgisoo kellel on pikaajaline kogemus Tekla kasutamisel ja ilma tema abita oleks projekt veel kauem aega võtnud.

Varasemalt olen vaid kokku puutunud puitkonstruktsioonidega ja mööbliprojekteerimisega, seega kinosaaali terastribüüni projekteerimine oli minu jaoks suur proovikivi, kuna vaatamata oma õpitavale erialale oli palju uusi võtteid ja tehnikaid millega pole ma varem kokku puutnud. Väga palju aitasid mind selgitavad joonised tellija poolt, VMT meeskond kes selle projekti kallal tegelesid ja minu ettevõtte poolne juhendaja.

Lõputööd kirjutades õppisin kuidas kirjeldada ja selgitada oma töökulgu. Samuti analüüsida enda tehtud tööd, leida seoseid varasemalt õpitu ja tehtu vahel ja kasutades ette antud kriteeriumeid juhendite näol. Siin kohal pean tänama oma koolipoolset juhendajate Marek Pakkinit kes oli iga kell valmis aitama ja vastama kõikidele küsimustele. Mõistsin ka seda, et suurte projektidega võiks alustada varem, et saaks kõik probleemideta tehtud. Isiklikult loen projekti õnnestunuks.

9 SUMMARY

The aim of this thesis was to design and create production drawing and reports for a cinema grandstand to a culture centre in Helsinki called Kulttuurikasarmi developed by SRV Rakennus OY. The project has to stay within the set limits by the SRV Rakennus OY, VMT Ehitus AS and the amount of steel ordered. The whole project consists of 3 grandstands, but in this thesis the author is describing the designing of only one grandstand called *Elokuvasali* 1. The thesis is performed at VMT ehitus AS where the author currently works. VMT ehitus will also manufacture the details for the grandstand and will install them at site.

In this thesis I will describe the design and explain my work progress using Tekla Structures 2021, perform FEM analysis. Specific requirements are taken into an account that are set by ISO standard and the site developer. Also the process of drafting construction drawings with Tekla is briefly described. After describing the work progress the author will analyse the work and explain if my project met the expectations of VMT ehitus AS and SRV Rakennus OY.

10 KASUTATUD KIRJANDUS

Ehituskonstruktori käsiraamat. (2014). Ehituskonstruktori käsiraamat. rmt: R. M. Jaan Rohusaar, *Ehituskonstruktori käsiraamat* (lk 577). Ehitame-kirjastus.

EVS Eesti keeles. Allikas: <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-13920-1999> [Kasutatud 03.05.2023]

EVS Eesti keeles. Allikas: <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-5817-2014> [Kasutatud 03.05.2023]

EVS Eesti keeles. Allikas: <https://www.evs.ee/et/evs-en-1090-2-2018> [Kasutatud 03.05.2023]

EVS Eesti keeles. Allikas: <https://www.evs.ee/et/evs-en-13501-2-2016> [Kasutatud 03.05.2023]

EVS Inglise keeles. Allikas: <https://www.evs.ee/en/evs-en-iso-13920-1999> [Kasutatud 03.05.2023]

EVS Inglise keeles. Allikas: <https://www.evs.ee/et/iso-2768-1-1989> [Kasutatud 03.05.2023]

Föreningen Konstamfunde. Allikas: <https://konstsamfundet.fi/en/about-us/> [Kasutatud 01.05.2023]

Kulttuurikasarmi. Allikas: <https://www.kulttuurikasarmi.fi/> [Kasutatud 01.05.2023]

Metallikeskus. Allikas: <https://metallikeskus.ee/infomaterjalid/> [Kasutatud 03.05.2023]

SRV Rakennus OY. Allikas: <https://www.srv.fi/en/releases/srv-to-renew-historic-property-in-kamppi-construction-of-kulttuurikasarmi-begins/> [Kasutatud 01.05.2023]

Viljandi Metall. Allikas: <https://vmt.ee/grupist/> [Kasutatud 01.05.2023]

Viljandi Metall. Allikas: <https://vmt.ee/grupist/> [Kasutatud 01.05.2023]