

Mikko Nokelainen ja Eetu Reiman

ONANDJOKWEN YLIOPISTOLLISEN SAIRAALAN HALLINTO-
JA OPETUSTILOJEN RAKENTEIDEN SUUNNITTELU JA
MÄÄRÄLASKENTA

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2019

ONANDJOKWEN YLIOPISTOLLISEN SAIRAALAN HALLINTO- JA OPETUSTILOJEN RAKENTEIDEN SUUNNITTELU JA MÄÄRÄLASKENTA

Nokelainen, Mikko

Reiman, Eetu

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

Joulukuu 2019

Sivumäärä: 26

Liitteitä: 23

Asiasanat: rakennesuunnittelu, määrälaskenta, rakentaminen

Opinnäytetyö kohdistuu Namibiassa sijaitsevaan Onandjokwen yliopistolliseen ope-
tussairaalaan. Työssä suunniteltiin sairaalan hallintotilojen ja opetustilojen laajennus
sekä suoritettiin rakennesuunnitelmien perusteella rakennuksen määrälaskentaa. Työn
tavoitteena oli mahdollistaa rakennesuunnitelmien ja määrälaskennan perusteella laa-
jennuksen rakentaminen. Rakennepiirustukset ja määrälaskenta toimivat kustannusar-
vion pohjana, jonka avulla projektille aloitettiin järjestämään rahoitusta ja toteutusta.

Suunnitelmat tehtiin 3D-mallintamalla kohde mahdollisimman tarkasti, jolloin määrä-
laskenta voitiin suorittaa mallin avulla. Määrälaskentaan käytettiin Tekla Structures-
ohjelmiston raporttipohjia, joiden avulla haluttujen tarvikkeiden määrät saatiin mal-
lista. Rakennelaskelmat toteutettiin käsin laskien sekä käyttäen laskentaohjelmistoja.
Osa laskelmista esitettiin työn liitteinä.

Mallin pohjalta tuotettiin rakennesuunnitelmista piirustukset, jotka esiteltiin työn liit-
teinä.

DESIGNING AND QUANTITY SURVEYING OF STRUCTURES OF ONANDJOKWE STATE HOSPITAL

Nokelainen, Mikko

Reiman, Eetu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

December 2019

Number of pages: 26

Appendices: 23

Keywords: structural design, quantity surveying, construction

This thesis focuses on Onandjokwe State hospital. In this thesis, an extension of the hospital's administrative and the teaching facilities was designed and on the basis of the structural plans quantity surveying of the materials was done. Thesis aimed to enable the construction of the extension on the basis of structural plans and quantity surveying. The structural drawings and the quantity surveying serve as the basis for a cost estimate, which was used to start the financing and the implementation of the project.

The plans were made by 3D modeling the object as accurately as possible so that the quantity surveying could be done with the model. The quantity calculations were based on the Tekla Structures software's report templates, which were used to acquire the desired material quantities from the model. The structural calculations were performed manually and using computing software. Some of the calculations are provided as attachments to the thesis.

Based on the model, the drawings of structural plans were produced, which were presented as annexes to the thesis.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KÄSITTEET	6
3	PAIKALLISUUS	7
3.1	Rakennuskohteen tiedot ja sijainti	7
3.1.1	Rakennuskohteen historia.....	8
3.2	Namibian rakennusstandardit.....	9
4	ARKKITEHTUURI	9
4.1	Arkkitehtuuri Namibiassa	9
4.2	Onandjokwen sairaalan arkkitehtuuri	10
5	RAKENNUSHANKKEEN TARVE.....	11
5.1	Tarve opetukselle	11
5.2	Opetus Namibiassa.....	12
6	RAKENTEIDEN LASKENTA.....	12
6.1	Rakenteiden lähtötiedot	13
6.2	Anturat	14
6.3	Aukon ylityspalkit.....	14
6.4	Teräsosat	15
6.5	Betoniset laatat.....	16
6.6	Ruokakatoksen pilarinostot.....	18
6.7	Katon alusrakenteet.....	19
6.8	Tiiliseinät	19
7	3D-MALLINTAMINEN.....	20
8	MÄÄRÄLASKENTA	22
8.1	Määrälaskenta projektissa.....	22
8.2	Määrälaskenta Tekla- ohjelmilla.....	22
9	LOPPUTULOKSET.....	23
9.1	Rakennepiirustukset.....	23
9.2	Määräluetteloiden esittely.....	24
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	25
10.1	Pohdinta	25
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on Onandjokwen sairaalan hallinto- ja opetustilojen rakenteiden suunnittelu ja määrälaskenta. Sairaalan laajennuksen rakenteiden kestävydet lasketaan huomioiden Namibian paikalliset rakennusmääräykset ja normit. Rakennukset 3D-mallinnetaan käyttäen Trimble Inc.:n Tekla Structures BIM-ohjelmistoa. Rakennuksen määrälaskentatiedot kerätään myös Tekla Structures-ohjelmalla tehdystä BIM-mallista.

Opinnäytetyössä suunnitellaan rakennukseen runko, joka koostuu paikallisesti valmistetuista betonitiilistä muuratuista seinistä, betonipilareista, betonilaatoista sekä teräksistä rakenneputkista valmistetuista kattoristikoidista. Työssä suunnitellaan myös rakenteiden liittymädetaljit ja suoritetaan määrälaskentaa tarvittavista betonimääristä, betoniteräskiloista ja rakenneputkiristikoiden teräskiloista.

A-Insinöörit Suunnittelu Oy toimii opinnäytetyön tilaajana. Yritys kuuluu osana A-Insinöörit Oy konserniin. A-Insinöörit Oy on vuonna 1959 perustettu suomalainen rakennusalan yritys. A-Insinöörit Oy työllistää yli 700 henkilöä yhdeksällä eri paikkakunnalla monipuolisissa asiantuntijatehtävissä rakennuttamisen, rakennesuunnittelun sekä ympäristö- ja yhdyskuntarakentamisen parissa. (A-Insinöörit Oy [www-sivut](#) 2019.)

Opinnäytetyö toteutetaan toimeksiantona Onandjokwen valtiosairaallalle rakennusarkkitehti Jarmo Lehtisen pyynnöstä. Lehtinen toimii arkkitehtinä opetus- ja hallintotilojen laajennukselle sekä rakennusprojektin johdossa paikan päällä Namibiassa. Lehtinen on toiminut suunnittelijana sekä rakennusprojektien johtajana usealle muullekin Onandjokwen sairaala-alueen rakennukselle. (Suomen lähetysseuran [www-sivut](#) 2019.)

2 KÄSITTEET

BIM

Building information modeling, on rakennusprosessin tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomallissa havainnollistetaan myös rakennuksen geometria kolmiulotteisesti. (Symetri Addnode Group [www-sivut 2019.](#))

ELCIN

Evangelical Lutheran Church in Namibia, on luterilainen kirkkokunta, joka toimii Namibiassa. (ELCIN [www-sivut 2019.](#))

EN

European Standards, eli eurooppalaiset standardit ovat dokumentteja, jotka on vahvistanut yksi kolmesta eurooppalaisesta standardointijärjestöstä, CEN, CENELEC tai ESTI. (CENELEC [www-sivut 2019.](#))

FEM

Finite element method on numeerinen menetelmä teknisen ja matemaattisen fysiikan ongelmien ratkaisemiseksi. (FEM Wikipedia [www-sivut 2019.](#))

RIL

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto on valtakunnallinen puolueeton asiantuntijaorganisaatio, jonka tarkoituksena on edistää rakennusalan asiantuntijuuden kehittymistä Suomessa. (RIL [www-sivut 2019.](#))

SANS

South African National Standards, ovat Etelä-Afrikassa käytössä olevat rakennusstandardit.

SFS

Suomen Standardisoimisliitto, on suomalaisen standardisoinnin keskusjärjestö, SFS on jäsenenä, kansainvälisessä standardisoimisjärjestössä ISO:ssa. (SFS [www-sivut 2019.](#))

UNAM

University of Namibia, on Namibiassa toimiva kansainvälinen yliopisto, jossa opiskelee noin 25 000 opiskelijaa 43:sta eri maasta. (UNAM [www-sivut 2019.](#))

3 PAIKALLISUUS

3.1 Rakennuskohteen tiedot ja sijainti

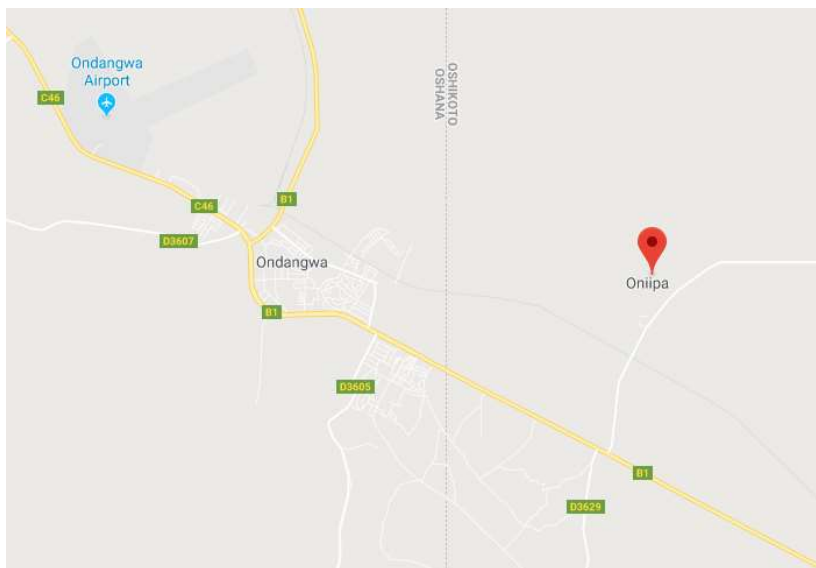
Namibia on Afrikan lounaisosassa sijaitseva valtio. Namibia rajoittuu lännessä Atlantin valtameren ja muualla naapurivaltioihin, joita ovat Etelä-Afrikka, Angola, Sambia ja Botswana. Namibian väkiluku on noin 2 500 000 henkilöä. Pinta-alaltaan Namibia on Afrikan 15. suurin valtio (824 268km²). Namibian virallinen kieli on englanti. (Namibia country profile 2018.)

Keskilämpötila Namibiassa vaihtelee tammikuun 30°C:sta heinäkuun 20°C:seen. Namibiassa on keskimäärin 300 aurinkoista päivää vuodessa. (info-namibia www-sivut 2019.) Vuotuinen sademäärä on noin 450 mm vuodessa, josta noin 70% sijoittuu tammikuun ja maaliskuun väliseen ajanjaksoon (Namibia weather www-sivut 2019).



Kuva 1. Satelliittikuva lounaisesta Afrikasta. (Sairaalan sijainti osoitettu merkillä)

Onandjokwen sairaala sijaitsee Oniipan kaupungissa Namibian pohjoisosassa 750 kilometrin päässä pääkaupunki Windhoekista ja 60 kilometriä etelään Angolan rajalta. (Onandjokwen sairaalan www-sivut. 2019.) Oniipa kuuluu Oshikoton alueeseen, jossa vuoden 2011 väestölaskennan arviolla asuu noin 190 000 asukasta. Lähimpänä sairaalaa sijaitseva suuri kaupunki on 10 kilometrin päässä sijaitseva noin 23 000 asukkaan Ondangwa. (Namibia 2011, 2019.)



Kuva 2. Karttakuva Oniipan kaupungin lähialueesta.

3.1.1 Rakennuskohteen historia

Vuonna 1911 Suomen lähetysseura Selma Rainion johdolla perusti Onandjokwen luterilaisen sairaalan. Vuosien varrella sairaalaa on laajennettu ja sairaala-alueelle on rakennettu useita uusia rakennuksia ja sairaalaosastoja, joista viimeisin on vuonna 2018 rakennettu synnytysosasto. Namibian evankelisluterilainen kirkko, ELCIN, operoi sairaalaa vuoteen 2016 asti, jonka jälkeen valtio otti sairaalan hoidettavakseen. (Onandjokwe State Hospital 2019.) Vuonna 2013 UNAM aloitti yhteistyön Onandjokwen sairaalan kanssa, joka mahdollistaa lääketieteen opiskelijoiden kliinisen koulutuksen ja harjoittelun. (UNAM 2013, 57.)

Sairaalan hallinto- ja opetustilat ovat valmistuessaan sairaala-alueen korkein rakennus ja ovat sairaalan ensimmäinen osa, jota rakennetaan useaan kerrokseen. (J. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019)

3.2 Namibian rakennusstandardit

Rakennusarkkitehti J. Lehtinen on ottanut suunnitelmissaan huomioon Namibiassa käytettävät rakennusstandardit. Hallinto- ja opetustilojen rakenteet on suunniteltu näiden suunnitelmien perusteella. Tilanteissa, joissa arkkitehdin suunnitelmista on poikettu, on muutosten säännösten mukaisuus aina varmistettu standardeista. Rakenteiden kestävyksien mitoituksessa on käytetty Suomen Ympäristöministeriön laatimia ja hyväksymiä tulkintoja eurokoodeista, kuten Lehtinen ehdotti sillä Namibiassa ei ole käytössä omia normeja rakenteiden mitoitukseen. Suomessa käytettäviä eurokoodeja verrataan Namibian naapurivaltiossa Etelä-Afrikassa käytettyihin rakennusstandardeihin (SANS), voidaan todeta niiden olevan mitoituksen kannalta varmemmalla puolella. (J. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019)

4 ARKKITEHTUURI

4.1 Arkkitehtuuri Namibiassa

Namibiassa arkkitehtuuri on suurelta osin riippuvainen sijainnista. Pohjoisessa rakentaminen on hyvin yksinkertaista omatoimista rakentamista. Rakennuslupa tarvitaan vain taajamissa ja väestön luokkaerot näkyvät yksityisessä rakentamisessa selvästi. Julkinen rakentaminen on hyvin eurooppalaista, sillä monet arkkitehdit ovat saaneet koulutuksensa Etelä-Afrikassa. (J. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019).



Kuva 3. Yksihuoneinen perinteinen maja pohjoisesta Namibiasta.

Vanhasta rakennuskannasta tulee arkkitehtuurissa esille 1800-luvun lopun ja 1900-luvun alun siirtomaa-aikakauden aikainen saksalaisuus isommissa kaupungeissa, kuten Tsumebissa, joka on merkittävä Oshikoto alueen kaupunki. (namiweb [www-sivut](http://www.namiweb.com) 2019)



Kuva 4. Tsumebin kaupungissa sijaitseva kirkko, arkkitehtuurissa huomattavissa saksalaisvaikutteet.

4.2 Onandjokwen sairaalan arkkitehtuuri

Oshikoton alue on hyvin tasaista seutua ja siksi rakennukset ovat pääasiassa yksikerroksisia. Myös paikallinen rakennustekniikka suosii yhteen kerrokseen rakentamista. Uusi rakennus liitetään vanhaan toimistorakennukseen. Liitos vanhaan rakennukseen toteutettiin liikuntasaumalla. Mittojen tarkistus ja liittymisen sopivuus on tarkistettava työmaalla ottaen huomioon olemassa oleva rakennus. Tarkoituksena oli saada aikaan kompakti, alueen muista rakennuksista muotonsa saava sekä niihin sulautuva rakennuskokonaisuus. Rakennukseen tuleva auditorio tehostaa massallaan rakennuksen

toimintoja ja rakentamisen uutta aikakautta. Suuri kaareva ja muurimainen eteläseinä vähentää auringon lämmittävää vaikutusta auditorion sisätiloissa ja tuo sairaala-alueen rakennuksiin uutta modernimpaa arkkitehtuuria. (J. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019)

5 RAKENNUSHANKKEEN TARVE

Oshikoto alueella sijaitsevan Onandjokwen sairaalan väestöpohja on noin 250 000 henkilöä ja osa sairaalan potilaista tulee naapurivaltio Angolasta. Asukastiheys on alueella paikoin korkea, mutta palveluiden ja investointien kehityspanokset ovat vähäisempiä kuin muualla Namibiassa. Sairaala on rakennettu lähes kokonaan uudelleen sen palettua vuoden 1958 tulipalossa. Sairaala alue on 26,5ha ja tällä hetkellä sen alueella on 35 rakennusta, joista osa on purettavia. Sairaalassa on noin 500 vuodepaikkaa ja siellä työskentelee 25-30 lääkäriä sekä noin 300 sairaanhoitajaa ja saman verran muuta henkilökuntaa. Sairaalassa syntyy yli 7000 lasta vuosittain ja erityisinä haasteina ovat lääkeresistanttien tuberkuloosipotilaiden ja HIV/AIDS- potilaiden hoito. Heitä on hoidettavana noin 50-100 potilasta vuorokaudessa. (J. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019)

5.1 Tarve opetukselle

Sairaalan toimiessa nyt yliopiston opetussairaalana on tarve opetus-, ryhmätyö- ja tutkimustiloille lisääntynyt. Rakennusarkkitehti Jarmo Lehtiseltä pyydettiin arkkitehtisuunnitelmat rakennushanketta varten ja ne hyväksyttiin toteutettavaksi vuonna 2017. Hankkeen rakentamisen rahoitus hoidetaan Namibian yliopiston sekä paikallisten yksityisten sijoittajien rahoituksella. (Suomen Lähetysseuran www-sivut 2019)

5.2 Opetus Namibiassa

Namibian yliopisto (UNAM) on vuonna 1992 perustettu julkinen yliopisto. Yliopisto on Namibian suurin ja johtava korkeakoulu. Yliopistolla on 12 kampusta ja 11 aluekeskusta valtakunnallisesti. Vuonna 2019 yliopistossa opiskeli yhteensä yli 30 000 opiskelijaa, joista ulkomaalaisia on noin kuusi prosenttia. Ulkomaalaisia opiskelijoita koulussa on kaikista maanosista ja 41 eri valtiosta. Yliopistolla on kahdeksan eri tiedekuntaa. Tiedekunnat ja niihin liittyviä yksiköitä ovat:

- maatalouden ja luonnonvarojen tiedekunta,
 - eläinlääketieteellinen yksikkö
- taloustieteen tiedekunta,
- kasvatustieteellinen tiedekunta,
- tekniikan ja tietotekniikan tiedekunta,
- terveystieteiden tiedekunta,
 - lääketieteellinen yksikkö
 - hoitotyön yksikkö
 - kansanterveyden yksikkö
 - farmasian yksikkö
 - hammaslääketieteen yksikkö
- humanistinen ja yhteiskuntatieteellinen tiedekunta,
- oikeustieteellinen tiedekunta
- matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
 - tietotekniikan yksikkö
 - sotatieteiden yksikkö

Yliopiston tavoitteena on olla kansainvälisen koulutuksen, tutkimuksen ja innovaatioiden huippuyksikkö vuoteen 2030 mennessä. Yliopistosta on valmistunut noin 40 000 opiskelijaa. (UNAM www-sivut 2019)

6 RAKENTEIDEN LASKENTA

Namibiassa mittajärjestelmänä on käytössä imperiaalinen mittajärjestelmä. Suunnittelun helpottamiseksi, rakennus suunniteltiin käyttäen tutumpaa kansainvälistä yksikköjärjestelmää eli SI-järjestelmää. Rakennusarkkitehti J. Lehtinen antoi lähtötietoina namibialaisen vakiobetonitiilen mitat (105 x 105 x 220). Tiilet valmistetaan umpibetonitiilinä niiden lujuusluokan ollessa C25/30. Tiilien koko määritteli seinien leveydet, jotka olivat 110 mm ja 220 mm tiilisauman ollessa 10 mm. Seinien pinnat toteutetaan arkkitehdin toiveiden mukaan, joka yleisesti Namibiassa on seinien rappaaminen. Laastin lujuudeksi on ilmoitettu M10 luokka. Laasti valmistetaan paikan päällä rakennusarkkitehti J. Lehtisen ohjeiden mukaisesti hänen varmistessaan, että laastit täyttävät M10 luokan vaatimukset.

Teräslaatu on S235 mukainen. Teräsputkien putkikoot määritetään millimetrimitoissa, jotka rakennuttaja korvaa lähimpään suurempaan tuumakokoon muutettuna. Teräsrakenteiden liitokset toteutetaan hitsiliitoksina. Hitsiliitokset mitoitettiin SSAB rakenneputket käsikirjan taulukko 3.9 mukaisesti.

Betonin lujuusluokka on C25/30 ja betonia käytetään sekä elementteinä, että paikalla-valuna. Tässä työssä betonirakenteet suunniteltiin paikalla valettuina. (J. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019)

6.1 Rakenteiden lähtötiedot

Rakennelaskelmat suoritettiin arkkitehtikuvien (tuottanut J. Lehtinen käyttäen ArchiCAD-ohjelmaa) perusteella. Arkkitehtisuunnitelmissa on otettu huomioon Namibian rakennusmääräykset sekä vaatimukset. Tilaajalta saatujen ohjeiden mukaisesti käytettiin rakenteiden laskennassa Suomessa vallitsevia rakennusmääräyksiä ja eurokoodeja pois lukien Suomessa vallitseva lumikuorma, jota Namibiassa ei tarvita. Näiden normien todettiin olevan varmemmalla puolella, kuin Namibiassa käytettyjen Etelä-Afrikan määräysten. Namibian suurempien tuulen puuskanopeuksien takia käytettiin tuulen puuskanopeutena modifioimatonta mitoitussarvoa 26 m/s, joka saatiin Norjan kansallisesta liitteestä NS-EN-1991-1-1-4. Liitteessä määritelty tuulenopeuden

perusarvon vaihteluväli on 21-26m/s. Tämä oli ainoa poikkeus Suomen rakennusmääräyksiin. Suomessa tuulennopeuden modifioimaton perusarvo on 21 m/s.

Alueella ei ole suoritettu geotekniikan tutkimuksia. Stabiloimattoman maaperän kantavuudeksi saimme rakennusarkkitehti J. Lehtisen tiedoista 200 kPa. Alueella on yleensä rakennettu stabiloidulle alustalle. Alusta stabiloidaan ojittamalla alue ja täyttämällä ojat maakostealla betonilla. Suunnittelemamme sairaala-alueen laajennus rakennetaan näin stabiloidulle alustalle, jonka kantavuudeksi J. Lehtinen antoi 400 kPa:ta. Tätä arvoa käytettiin anturoiden mitoituksessa. Laskelmissa rakennuksen käyttö ja -seuraamusluokat olivat RC2 ja CC2. Rakenteet mitoitettiin niin, että niiden käyttöaste on maksimissaan noin 70%.

6.2 Anturat

Anturoille tulevat kuormat olivat keskeisiä, joten anturat mitoitettiin ainoastaan pohjapaineelle väliseinien jäykistäessä rakennuksen ja näin ollen estäen kaatumisen. Anturalle tulevat kattorakenteiden aiheuttamat pistekuormat saatiin RFEM -laskentaohjelmasta, seinäkuormat ja ylempien kerrosten välipohjien kuormat laskettiin käsin. Anturat mitoitettiin käsin laskemalla sekä Eurocode Service-laskentaohjelmalla.

6.3 Aukon ylityspalkit

Namibiassa aukkojen ylityspalkki on ollut tapana toteuttaa betonipalkkeina, joten myös tässä työssä käytettiin rakennukseen kyseistä ratkaisua. Aukon ylityspalkit laskettiin A-Insinöörien Jatkuva Palkki-ohjelmalla. Kyseinen laskentaohjelma laskee palkit valittujen määräysten mukaan. Tässä tapauksessa käytettiin eurokoodien mukaan toteutettuja laskelmia. Leikkausraudoituksen kulmana käytettiin 45 °. Laskentaohjelma ei laske puristusteräksiä, joten palkit pyrittiin suunnittelemaan niin, että tarvetta puristusteräksille ei olisi. Ohjelma laskee momenttiteräksset sekä leikkausraudoituksen. Palkkien koon suunnittelussa otettiin huomion tiilijako. Tukileveydeksi saatiin noin 230 mm ja palkkien korkeudeksi 220 mm. Myös auditoriotilan kalteva laattarakenne mitoitettiin käyttäen samaa laskentaohjelmistoa.

Muurattujen seinien yläosiin suunniteltiin jäykistysvalu, jonka avulla voimat saatiin siirrettyä puristuksena ja vetona, rakenteen painon hoitaessa vetorasitukset. Tiiliseinistä valuun tulevat tartuntatapit auttavat rasituksia siirtymään paremmin alapuolisiin rakenteisiin.

Seinien yläosan jälkivalu mahdollisti kaltevien pintojen tekemisen, joita rakennuksessa olivat auditorion sivu- sekä takaseinät. Jälkivalu mahdollisti myös erilaiset kiinnitykset kattoristikoiden ja teki niiden toteutuksesta työmaalla helpompaa, koska kiinnitys osien sijoitus valuun on helpompaa kuin niiden sijoitus suoraan tiiliseinään. Lisäksi kyseinen rakenneratkaisu mahdollisti rakennuksen tuuletuksen paremman toteuttamisen.

6.4 Teräsosat

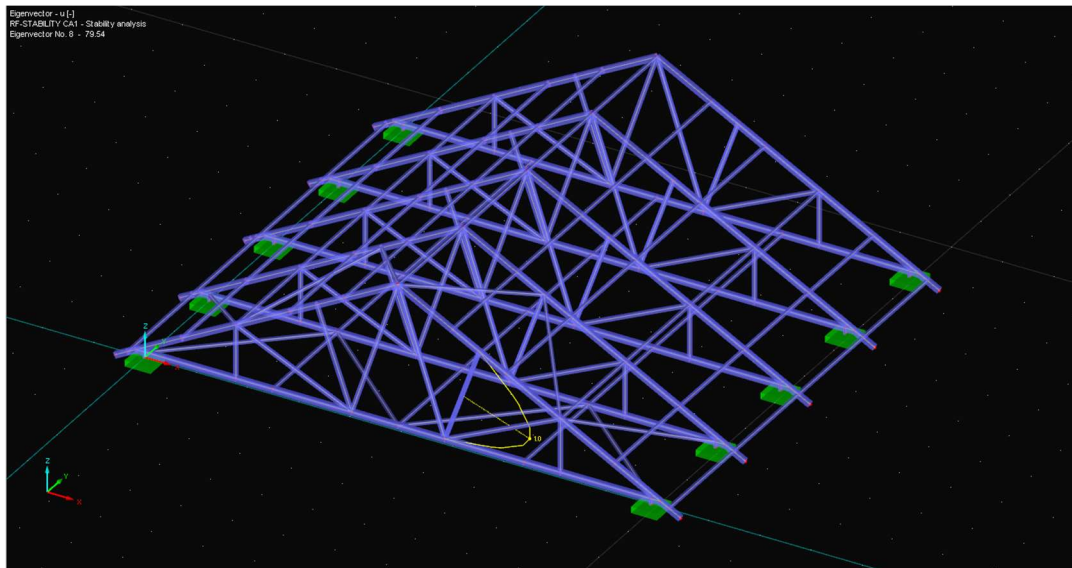
RFEM-ohjelma perustuu modulaariseen ohjelmistojärjestelmään. Ohjelmistolla pystytään suunnittelemaan eurokoodien ja kansallisten liitteiden mukaisesti muun muassa teräsrakenteita. (Rak-Tek Solutions Oy [www-sivut](http://www.rak-tek.fi))

Tässä työssä RFEM-ohjelmalla laskettiin sairaalan ruokakatoksen teräsrunko, pilarit ja katto sekä varsinaisesta rakennuksesta kattoristikot pilareineen kehärakenteena sekä tuuliristikko. RFEM -ohjelmasta saatiin rakenteiden stabiliteetit, taipumat, tukireaktiot, momentit sekä käyttöasteet.

Teräsosien liitokset anturoihin ja laattoihin, sekä pilarinnostoihin laskettiin Peikko Designer[®]-suunnitteluohjelmistolla. Ohjelmisto laskee eurokoodien ja kansallisen liitteen perusteella Peikko:n valmistamat teräsosat. (Peikko Finland Oy [www-sivut](http://www.peikko.fi)). suunnittelussa käytettyjä Peikko:n tuotteita olivat peruspultit (Peikko PPM) ja Welda-kiinnityslevyt.

A-Insinöörien SteelMember-ohjelmalla mitoitettiin kattoristikoiden orsina käytetyt rakenteet. SteelMember on teräsrakenteiden suunnitteluun sopiva ohjelma, jolla voidaan suorittaa yleisimpien rakenteiden, palkkien, pilarien ja siteiden mitoitus. Ohjelmalla voidaan mitoittaa kaikki SFS-EN 1993-1-1 luvun 6 mitoitusehdot vääntöä lukuun

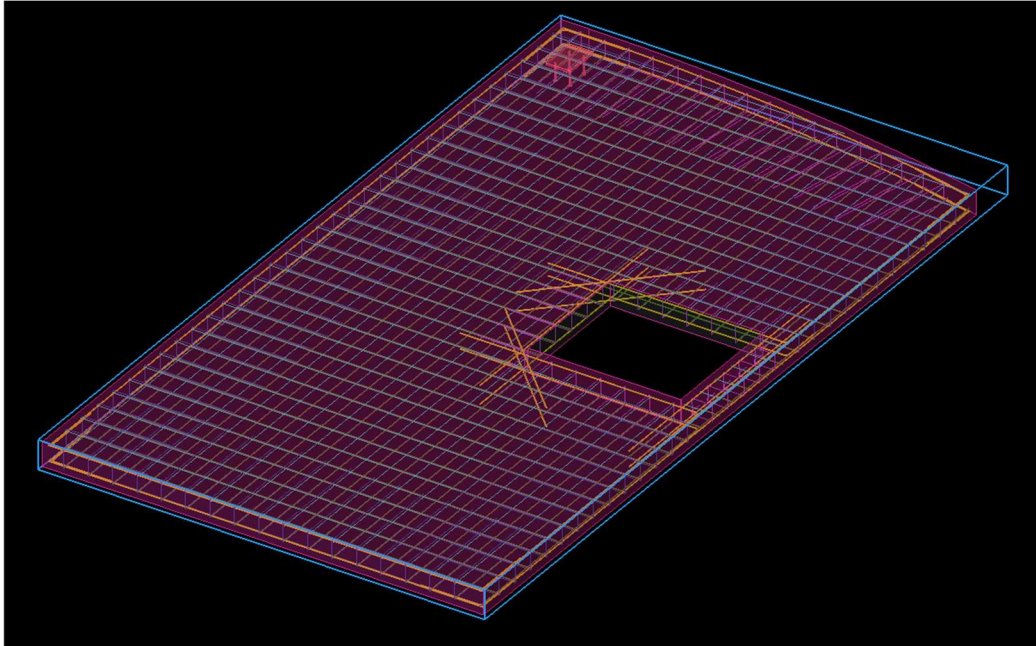
ottamatta. Käytävissä on kaikki yleisimmät kuormitustyyppit. Liitteessä 23 on esitetty SteelMember ohjelmalla toteutettu ruokakatoksen primääripalkin laskenta.



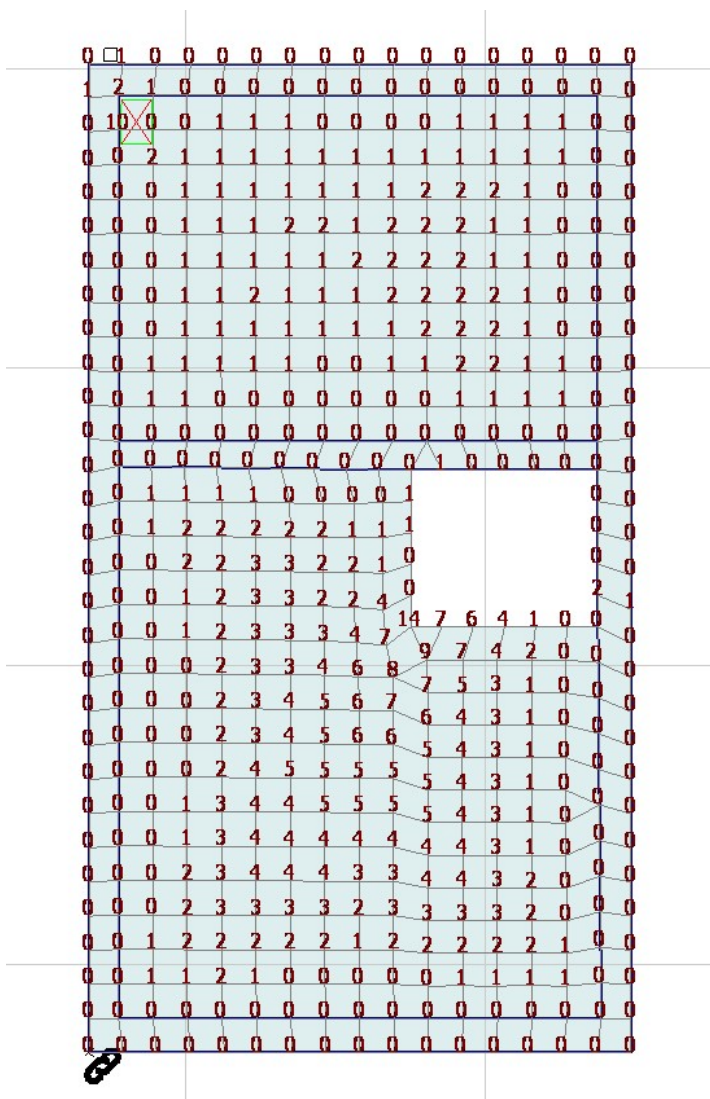
Kuva 5. Harjakaton ristikot (RFEM)

6.5 Betoniset laatat

Ylemmän kerroksen välipohjalaattojen laskentaan käytettiin FEM – Design -ohjelmistoa. FEM-Design -ohjelma mitoittaa eurokoodien ja kansallisten liitteiden mukaisesti rakenteet. Ohjelmasta saatiin laattojen momentit ala- ja yläpinnassa x ja y suuntaan. Saatuja momenteja vastaavat momenttiteräksset selvitettiin A-Insinöörien TB-laatta Excel -ohjelmalla, joka suorittaa laskennan eurokoodien mukaan.



Kuva 6. Välipohjalaatta (Tekla Structures)



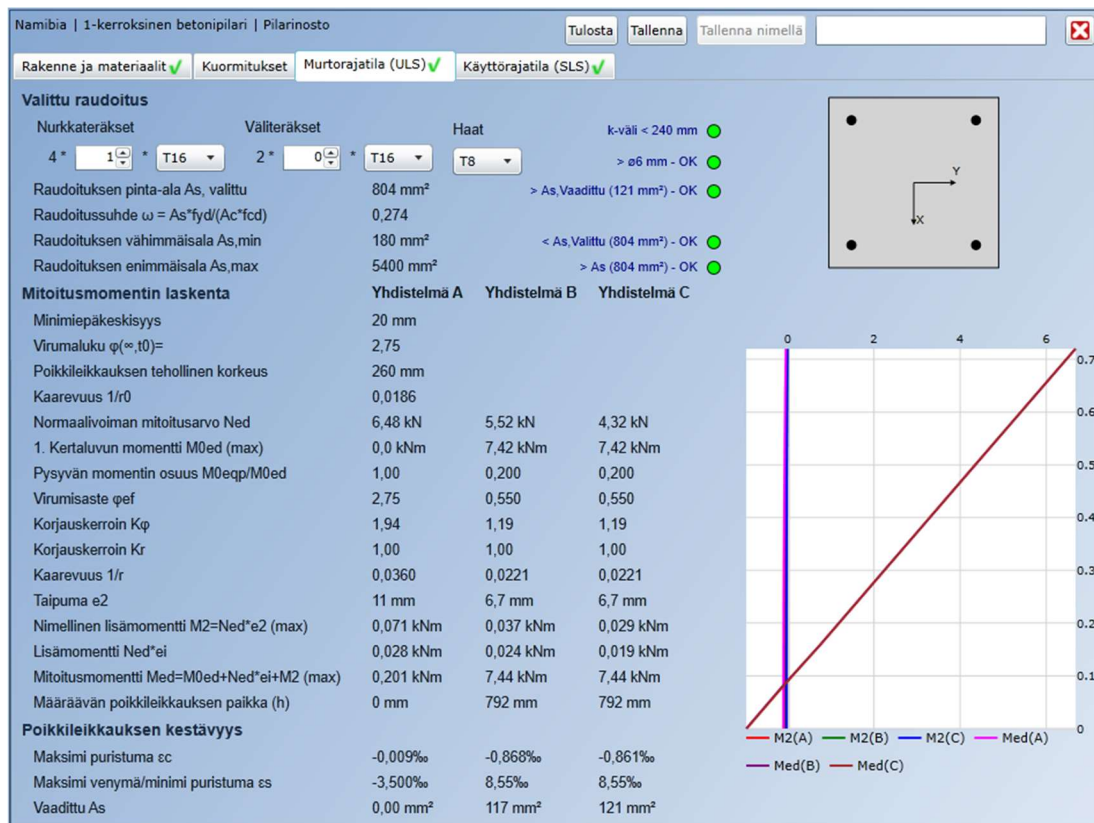
Kuva 7. Välipohjalaatta (FEM Design)

Kuten suunnitteluperusteissa oli päätetty, rakennuksen lattiat suunniteltiin kantamattomina ”kelluvina” maanvaraisina rakenteina. Lattiarakenteisiin vaikuttavat ainoastaan rakennuksen hyötykuorma ja kevyiden väliseinien aiheuttamat viivakuormat. Laattojen laskenta toteutettiin SKOL ry:n Mathcad-laskentapohjalla maanvaraisen, harjateräksellä raudoitettun teräsbetonilaatan Eurocode 2 mukaiseen mitoitukseen pistekuorman perusteella. Laskentapohja laskee laatan kestävyuden murtorajatilassa sekä painuman ja halkeamaleveyden käyttörajatilassa. Laskentapohja perustuu standardeihin SFS-EN 1990 (Rakenteiden suunnitteluperusteet), 1992-1-1 (Rakenteiden kuormat) sekä julkaisuun BY45, Betonilattiat. Pohjaan annettavat kuormat tulee olla määritelty standardin SFS-EN 1991-1-1 mukaan.

6.6 Ruokakatoksen pilarinostot

Sairaalan hallinto- ja opetustilojen laajennuksen viereen tulevan ruokakatoksen anturat laskettiin Eurocode -service -ohjelmalla. Eurocode Tools on verkkopohjainen sovellus, jossa suunnittelijalla on käytössään useita yksittäisiä laskenta- ja mitoitusohjelmia selaimella tutussa käyttöympäristössä. Palvelu on koittanut panostaa web-ohjelmistonsa helppokäyttöisyyteen, jotka sisältävät eurokoodien ja Suomen kansallisen liitteen murto- ja käyttörajamitoituksen.

Ohjelmaan syötetään rakenne- ja kuormitustiedot sekä maaparametrit tai geotekninen kantokestävyys. Ohjelma tarkistaa anturan koon joko annetun tai lasketun kantavuuden perusteella (EN-1997-1 mukaisesti). Ohjelma sisältää myös anturan raudoituksen laskennan ja kestävyystarkistukset (EN-1992-1-1 mukaisesti). (Eurocode-service www-sivut 2019)



Kuva 8. Eurocode-service laskenta

6.7 Katon alusrakenteet

Katon alusrakenteet toteutettiin vanerilevytyksellä. Vanerit mitoitettiin Finnwood 2.4.2 -ohjelmalla henkilökuormalle, joka on kuormitusyhdistelmistä suurin kuorma. Muita kuormituksia on ainoastaan tuulenpaine, joka kuormittaa kattoa vain hyvin pienissä määrin. Näin ollen kuuluu lyhytaikaisiin kuormitusyhdistelmiin, jolloin tässä työssä henkilökuorma on suurin kuormitus. Finnwood -laskentaohjelma perustuu eurokoodiin 1995-1-1:2004+A1:2008+A2:2014 sekä kansalliseen liitteeseen RIL 205-1-2017.

6.8 Tiiliseinät

Seinille tulevat kuormitukset ovat: tuulenpaine, rakenteiden tuoma omapaino ja osille seinistä maanpaine, palkeilta tulevat pistekuormat sekä seinän omasta painosta aiheutuvat kuormat. Kuormat laskettiin käsin käyttäen SAMK:n Muurattujen rakenteiden-

kurssin opetusmateriaalia. Jatkuva Palkki- ohjelmasta saatiin tiiliseiniin sijoitetuilta palkeilta tulevat tukireaktiot, jotka tiiliseinien pitää pystyä kantamaan. RFEM – ohjelmasta saatiin myös tukireaktioita, jotka otettiin huomioon seinän kantavuuden laskennassa.

Tuulen puuskanopeuden kasvusta johtuen, pienennettiin tuulen vaikutusta seinän kaatumiseen kalvoteorian avulla. Kuorirakenteen keskipinta on jo alkujaan kaareva pinta. Tästä muodosta seuraa, että keskipinnan ja sen normaalin suuntaisia kuormituksia ei voi käsitellä erikseen kuten tasorakenteissa. Kun kuorta kuormitetaan keskipinnan normaalin suunnassa, se pystyy kaarevuutensa ansiosta kantamaan osan kuormituksesta keskipinnan suuntaisilla kalvorasituksilla. Täten syntyy keskipinnan suuntaisien vääntö- ja taivutusjännitysten lisäksi kalvojännityksiä. (Lähtenmäki 2009)

7 3D-MALLINTAMINEN

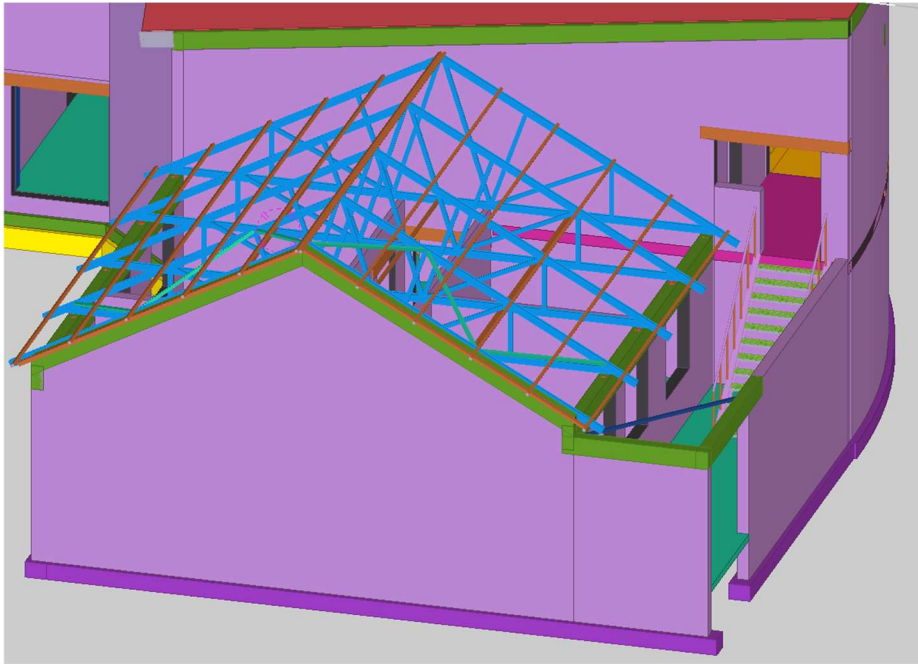
Suunnittelu rakennusalalla on tietomallien yleistyneen käytön vuoksi muuttumassa. Työkalujen kehittyessä totuttuja toimintatapoja ja käytäntöjä on muutettu. Kansallisissa tietomallintamista käsitelleissä hankkeissa on tutkittu ja ohjeistettu tietomallien käyttöä.

Kolmiulotteinen mallinnus tarkoittaa tietokoneavusteista kolmiulotteista suunnittelua. Suunnittelun tuloksena syntyvää mallia käytetään talojen, laitteiden tai niiden osien valmistukseen. 3D-mallista pystytään helposti tekemään eri versioita. Sitä voidaan liikutella ja pyörittää, joka helpottaa asioiden hahmottamista. (Elementtisuunnittelu www-sivut 2019)

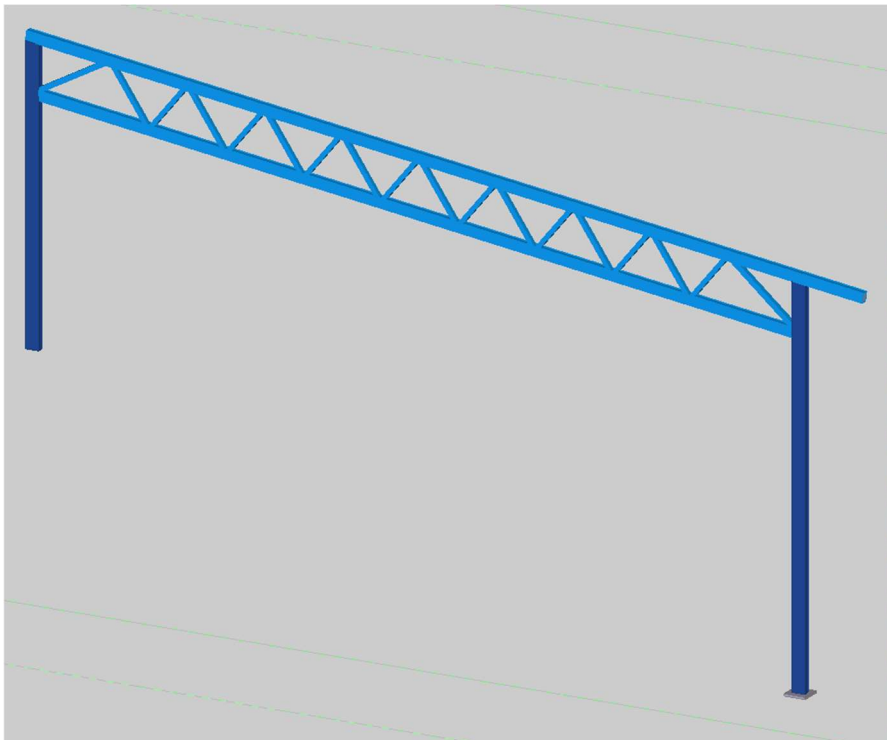
Tekla Structures toimii monimutkaisimpienkin rakenteiden ja kaikkien materiaalien kanssa. Ohjelmaa on käytetty useiden erilaisten kohteiden muun muassa öljynporaustalouttojen, urheiluareenoiden, tehtaiden, siltojen ja pilvenpiirtäjien suunnittelussa.

Tekla mallinnuksen avulla voidaan etukäteen tarkistaa, onko rakenneratkaisu toteutuskelpoinen. Se kertoo, voidaanko rakenne rakentaa sekä taloudellisesti että ajallisesti

tehokkaasti. Kun rakenteet suunnitellaan tarpeeksi yksityiskohtaisesti ja tarkasti voidaan ongelmakohdat löytää ennen rakennustöiden aloittamista. Näin vältetään esimerkiksi materiaalihävikiltä. Hyvä malli minimoi kalliit yllätykset. (Tekla Structures www-sivut 2019)



Kuva 9. Onandjokwen sairaalan opetustilat. (Tekla Structures)



Kuva 10. Auditorion kehä. (Tekla Structures)

8 MÄÄRÄLASKENTA

Määrälaskennassa kerätään rakennusprojektin materiaaltarpeista tietoa rakennuksen suunnitelmien perusteella. Laadukas ja kattava määräluettelo on todella hyödyllinen apuväline rakennusprojektin koko elinkaarelle. Määräluettelot helpottavat kustannusarvion tekemistä, koska määriin voi luottaa. Määräluettelot ovat sähköisissä muodoissa helposti käytettävissä toimistolla, työmaalla tai missä luetteloa sitten tarvitaan. (Areite Rakennus-Määrät Oy, [www-sivut](#))

8.1 Määrälaskenta projektissa

Tässä projektissa määrälaskenta toteutettiin tilaajan toivomuksesta, koska Tekla Structures- ohjelmalla saadaan kaikki tähän projektiin kuuluneet määrät esitettyä helposti eriteltynä. Projektissa määrälaskennasta saaduilla tiedoilla kerätään rahat projektiin ja toteutetaan kustannusarvio.

8.2 Määrälaskenta Tekla- ohjelmilla

Määrälaskennassa malli säästää aikaa, auttaa epäyhdenmukaisten ja vajavaisten piirustusten aiheuttamien ongelmien välttämisen ja pienentää virheellisten materiaalmäärien riskiä. Tekla -ohjelmilla saa IFC- ja Tekla-malleista nopeasti määrälaskentatiedot. Ohjelmat laskevat tarkat materiaalmäärät betonille, teräksille, raudoituksille, muoteille ja muille materiaaleille. Ohjelmilla voi hyödyntää automaattisesti koostettuja materiaali- ja määrälistoja, joihin sisältyvät määrät, sijainnit, raudoitustyypit, tarvittava betoniseos, muotit ja valutarvikkeet. Tietoja voi luokitella muun muassa materiaalien, sijainnin, rakennetyypin, aikataulun tai rakennetyypin mukaan (Tekla Solutions Oy [www-sivut](#)).

9 LOPPUTULOKSET

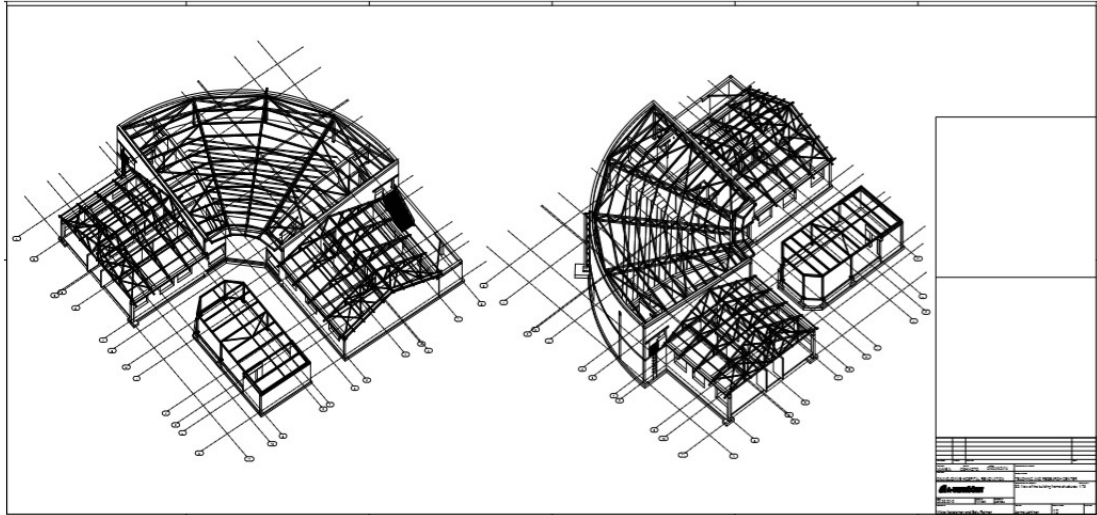
9.1 Rakennepiirustukset

Suunnitelmien perusteella tuotettiin rakennuksesta piirustukset laajennuksen valmistusta varten. Piirustukset tehtiin käyttäen malliesimerkkeinä rakennusarkkitehti J. Lehtiseltä saatuja Namibiassa käytettyjä vanhoja piirustuksia, jotta piirustukset eivät eroaisi niistä, mihin paikalliset työntekijät ovat tottuneet. Piirustusten kielenä käytettiin englantia. Suomenkielisille rakennusteknisille sanoille etsittiin vastaavat englannin kielen rakennustekniikan sanastosta.

Yhteensä kuvia tuotettiin 19 kappaletta.

- 01 Drawing details
- 02 Foundations
- 03 Foundation bolt chart
- 04.1 Lower floor slabs (Main building)
- 04.2 Lower floor slabs (Outdoor kitchen)
- 05 Auditorium stairs and slabs
- 06.1 Lower floor walls and openings (page 1)
- 06.2 Lower floor walls and openings (page 2)
- 07 Upper floor walls and openings
- 08 Outdoor kitchen concrete cast reinforcement drawing
- 09 Teaching facilities end wall and corner reinforcement drawing
- 10 3D View of the buildings frame structures
- 20 Truss column
- 21 Roof truss installation drawing
- 22 Pitched roof installation drawing
- 23 Outdoor kitchen installation drawing
- 30 Column C-1
- 31 Slab L-1
- 32 Slab L-2

Piirustuksissa 2-10 esitellään betoniset runkorakenteet, piirustukset 20-23 sisältävät teräsrakenteiden kokoonpano ja asennuskuvat, piirustukset 30-32 sisältävät tarkemmat mitta- ja raudituspiirustukset kuvissa 06.1, 06.2 ja 07 esitetyistä laatoista ja pilareista.



Kuva 11. Rakennepiirustus 10 3D View of the buildings frame structures

9.2 Määräluettelujen esittely

3D-mallista otetut määräluettelot toteutettiin myös englanninkielisinä, jolloin paikallisten on helpompi työskennellä selvittäessään laajennuksen rakennuksen kustannuksia.

Tilajalle toimitettuja määräluetteloja oli kolme kappaletta.

- Material lists (concrete)
- Material lists (reinforcements)
- Material lists (steel profiles)

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Projektin aikana havaittiin muutamia kompastuskohtia, joita pystymme tulevaisuudessa välttämään tämän projektin oppien perusteella. Suunnittelun lähtötietojen on hyvä olla heti projektin alusta alkaen tiedossa tai projektille on hyvä varata väljempi aikataulu. Esimerkkinä maaperän kantavuus, jonka oletettiin olevan savimaalla 50kPa, mutta olikin lopulta 400kPa. Tämä aiheutti suunnitelmien muutoksen, koska alun perin rakennus suunniteltiin toteutettavaksi betonipilarien avulla. Jotta ne olisi saatu kestämään projektissa, olisi niistä tullut suuret ja näin ollen maaperän kantavuus ei olisi riittänyt. Betonipilarirunko hylättiin kustannussyistä ennen kuin tieto todellisesta maaperän kantavuudesta oli saatu.

Runkorakennesuunnitelmat muuttuivat niin, että runko päätettiin toteuttaa teräksisenä. Suunnitelmien muutoksen suurimpia ongelmia olivat kaksi asiaa: liikuntasauaman sijoittaminen pitkään auditorion takaseinään ja teräsrungon kiinnittäminen auditorion ykköskerroksen holviin.

10.1 Pohdinta

Projekti oli jo heti alkuun kiinnostava ja houkutteleva, joten päätimme tarttua tilaisuuteen ja toteuttaa sen. Pääsimme työpanoksellamme tekemään hyvää Namibiaan. Projektin vaativuus yllätti meidät monessa kohtaa. Joissakin kohdin projekti tuntui todella vaativalta. Projektin suurin opetus oli avun kysyminen kokeneemmilta suunnittelijoilta. Heiltä löytyy usein takataskusta erilaisia ratkaisuja moniin tilanteisiin, joiden avulla olisimme välttyneet joiltakin ei niin yleisiltä rakenneratkaisuilta. Enemmän apua pyytämällä, nämä ratkaisut oltaisiin voitu korvata yksinkertaisimmilla ratkaisuilla ja säästää suunnitteluaikaamme. Muutoksista ja omasta kokemattomuudestamme johtuen, projektin aika-arvio petti. Projektista tuli huomattavasti työlämpi ja aikaa vievämpi, kuin alussa kuviteltiin. Palaverit J. Lehtisen kanssa osoittautuivat hyvin hyödyllisiksi. Saimme samalla kertaa vastauksia arkkitehtuuriin liittyviin asioihin sekä toteutukseen paikan päällä liittyviin asioihin. Jälkikäteen ajateltuna palavereja olisi ollut hyvä pitää useammin, koska se olisi helpottanut suunnittelua ja parantanut aikataulussa pysymistä.

Projekti oli todella opettavainen kokemus. Olimme käytännössä itse projektin veto vastuussa, joka oli molemmille uutta. Projektin läpiviennistä opimme paljon ja jälki käteen ajateltuna monet asiat olisi voinut toteuttaa toisin. Aluksi toiminta oli outoa, koska kukaan ei sanonut mitä pitää tehdä ja missä järjestyksessä. Tästä syystä oppi- miskokemus oli suuri. Osan asioista oppi kantapäähän kautta, mutta suurin onnistumisen tunne tuli, kun projektin suunnitelmat tarkastuksen jälkeen hyväksyttiin ja ne olivat valmiita lähetettäväksi tilaajalle. Mielenkiinnolla jäämme odottamaan laajennuksen valmistumista.

LÄHTEET

A-Insinöörit Oy www-sivut. 2019. Viitattu 13.2.2019. <https://www.ains.fi/konserni/>

Areite Rakennus-Määrät Oy www-sivut. 2019. Viitattu 20.11.2019
<https://www.areite.fi/maalaskenta.html>

CENELEC www-sivut. 2019. Viitattu 31.10.2019 <https://www.cenelec.eu/standards-development/ourproducts/europeanstandards.html>

info-namibia www-sivut. 2019. Viitattu 15.2.2019 <https://www.info-namibia.com/info/namibia-weather>

Eurocode Service Oy www-sivut. 2019. Viitattu 7.9.2019 <https://eurocodeservice.com/>

ELCIN www-sivut. 2019. Viitattu 20.5.2019 <https://elcin.org.na/>

Elementtisuunnittelu www-sivut. 2019. Viitattu 7.11.2019 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>

Lehtinen J. 2019 Rakennusarkkitehti/Työnjohtaja. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 20.08.2019

Lähtenmäki M. 2009 Kuorien kalvoteoria. Luento materiaali arkisto TAMK. Viitattu 12.10.2019 https://mlahten.fi/arkistot/lujkk_pdf/kuoret.pdf

Onandjokwen sairaalan www-sivut. 2019. Viitattu 19.2.2019.
<http://www.onandjokwe.iway.na/whoweR.html>

Onandjokwe State Hospital. 2019. Wikipedia artikkeli. Viitattu 20.5.2019
https://en.wikipedia.org/wiki/Onandjokwe_State_Hospital

Peikko Finland Oy www-sivut. 2019. Viitattu 7.9.2019 <https://www.peikko.fi/>

Rak-Tek Solutions Oy www-sivut. 2019. Viitattu 12.10.2019 <http://www.rakteksolutions.fi/product/rfem>

RIL www-sivut. 2019. Viitattu 31.10.2019 <https://www.ril.fi/fi/ril.html>

Satelliittikuva lounaisesta Afrikasta. 2019. Viitattu 15.2.2019.
<https://www.google.com/maps/@-22.9980026,13.88493,2772154m/data=!3m1!1e3>

SFS www-sivut. 2019. Viitattu 20.5.2019. <https://www.sfs.fi/>

Symetri Addnode Group www-sivut. 2019. Viitattu 13.2.2019.
<https://www.symetri.fi/uutiset/mikae-bim/>

Suomen lähetysseuran www-sivut. 2019. Viitattu 13.2.2019. <https://felm.suomenlahetusseura.fi/onandjokwen-sairaala-namibiassa-vietti-100-vuotisjuhlia-24-9/>

Tekla Solutions Oy www-sivut. 2019. Viitattu 26.10.2019.

<https://www.tekla.com/fi/ratkaisut/rakennusliikkeet/määrälaskenta>

Tekla Structures www-sivut. 2019. Viitattu 3.11.2019 <https://www.tekla.com/fi>

Namibia 2011 Population & housing census main report 2011. Viitattu 19.2.2019

Namibia country profile. 2018. BBC News 8.5.2018. Viitattu 15.2.2019.

<https://www.bbc.com/news/world-africa-13890726>

Namibia weather www-sivut. 2019. Viitattu 15.2.2019. <http://weather.namhearch.com/wxrainsummary.php>

Namiweb www-sivut. 2019. Viitattu 27.08.2019. <https://www.namibweb.com/archit.htm>

UNAM 2013. University of Namibia Annual Report 2013. Viitattu 20.5.2019

http://www.unam.edu.na/sites/default/files/newsletter/annual_report-2013.pdf

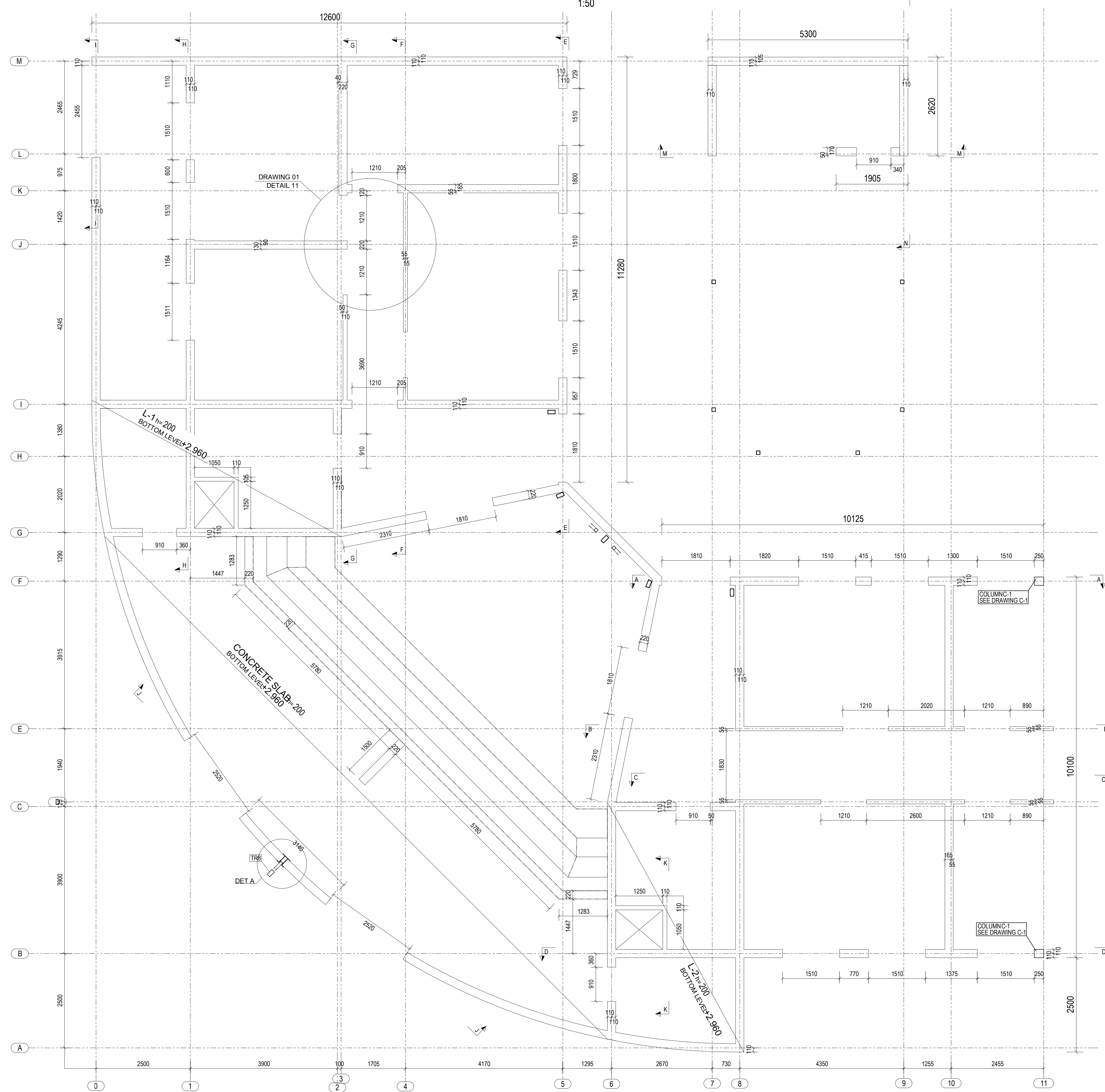
UNAM www-sivut. 2019. Viitattu 20.5.2019 <http://www.unam.edu.na/about-unam>

Wikipedia FEM www-sivut. 2019. Viitattu 31.10.2019 https://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method

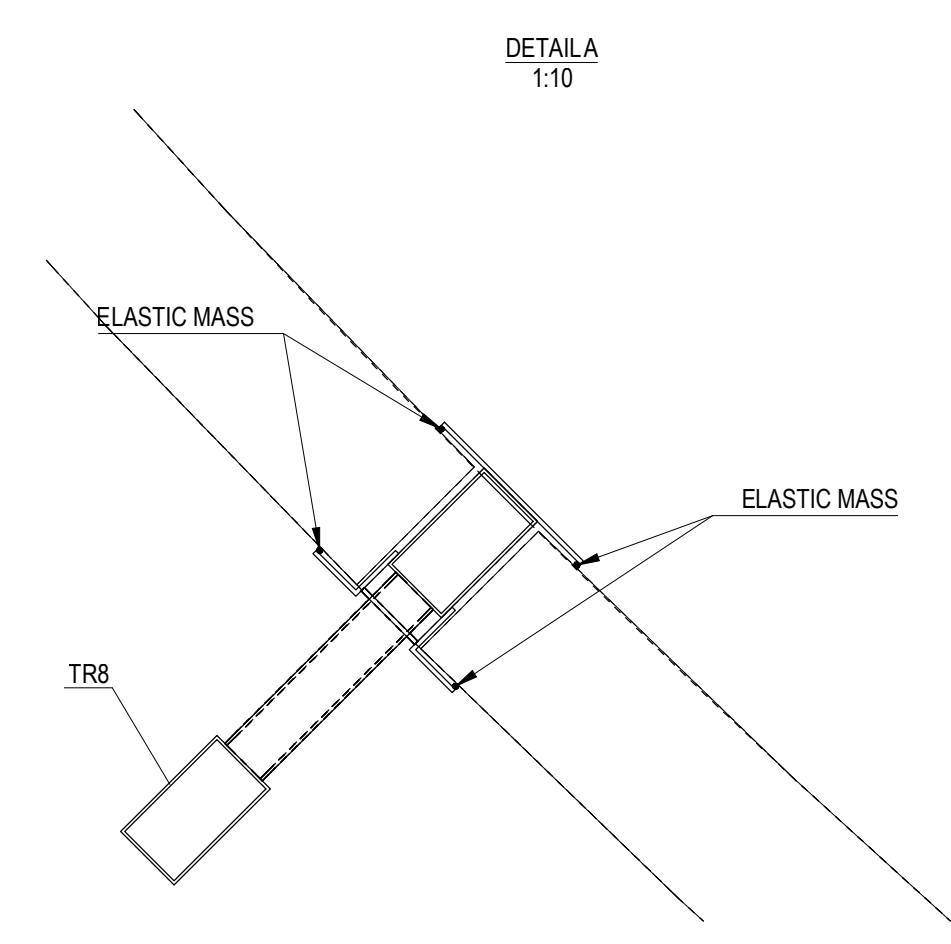
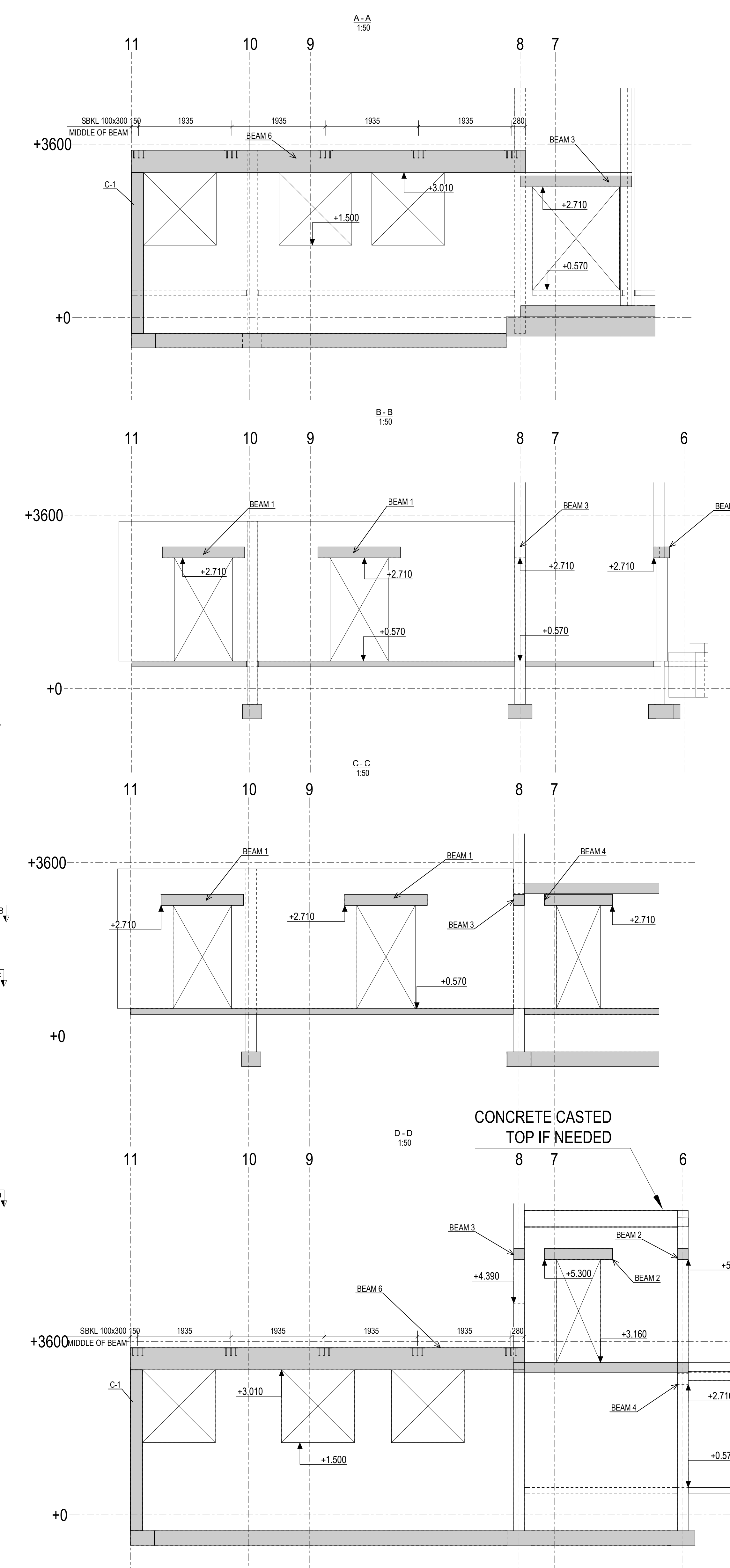
LIITTEET

Liite 1 (16 sivua)	01 Drawing details
Liite 2	02 Foundations
Liite 3	03 Foundation bolt chart
Liite 4	04.1 Lower floor slabs (Main building)
Liite 5	04.2 Lower floor slabs (Outdoor kitchen)
Liite 6	05 Auditorium Stairs and slabs
Liite 7	06.1 Lower floor walls and openings (page 1) (julkinen)
Liite 8	06.2 Lower floor walls and openings (page 2)
Liite 9	07 Upper floor walls and openings
Liite 10	08 Outdoor kitchen concrete cast reinforcement drawing
Liite 11	09 Teaching facilities end wall & reinforcement drawing
Liite 12	10 3D View of the buildings frame structures (julkinen)
Liite 13 (10 sivua)	20 Truss column
Liite 14 (14 sivua)	21 Roof truss installation drawing
Liite 15 (21 sivua)	22 Pitched roof installation drawing
Liite 16 (19 sivua)	23 Outdoor kitchen installation drawing
Liite 17	Column C-1
Liite 18	Slab L-1
Liite 19	Slab L-2
Liite 20 (2 sivua)	Material list (concrete)
Liite 21	Material list (reinforcement)
Liite 22 (5 sivua)	Material list (steel profile)
Liite 23	Ruokakatoksen primääripalkin laskenta

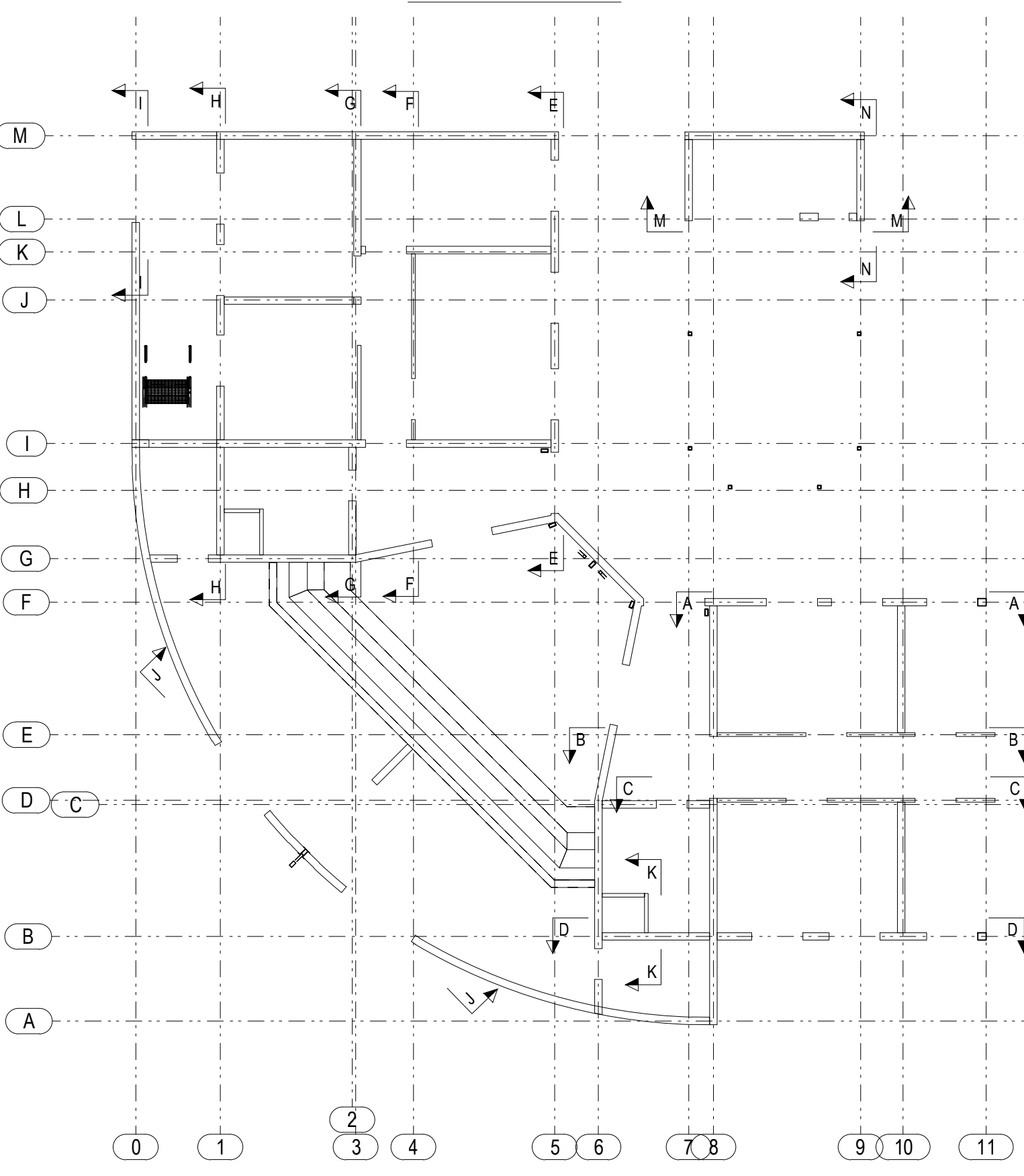
Liitteet sisältävät salassa pidettävää materiaalia. Tästä johtuen niitä ei esitetä yleiseen jakoon tulevassa opinnäytetyön versiossa.



FOR BEAM REINFORCES SEE DRAWING 01 DETAIL 10

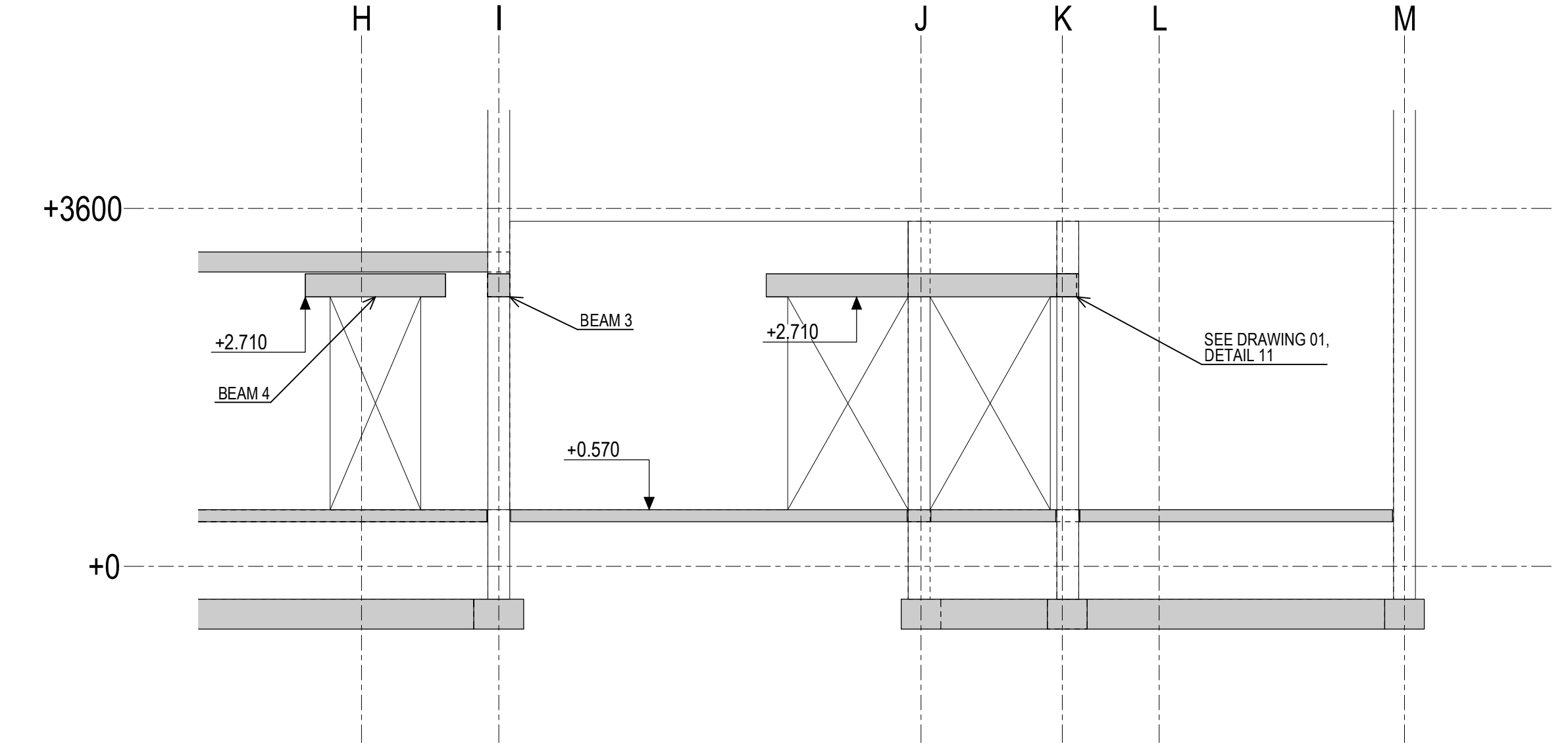
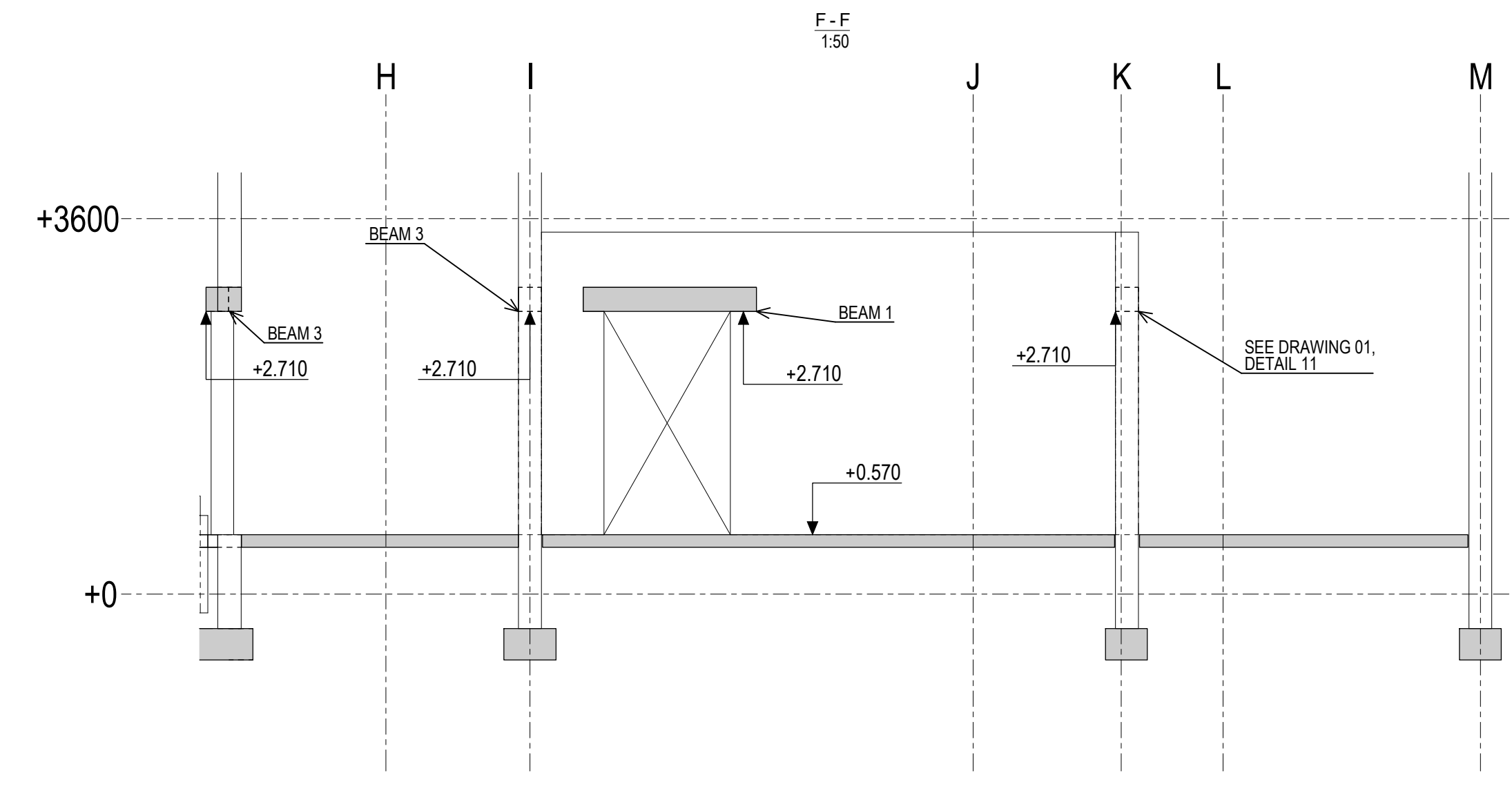
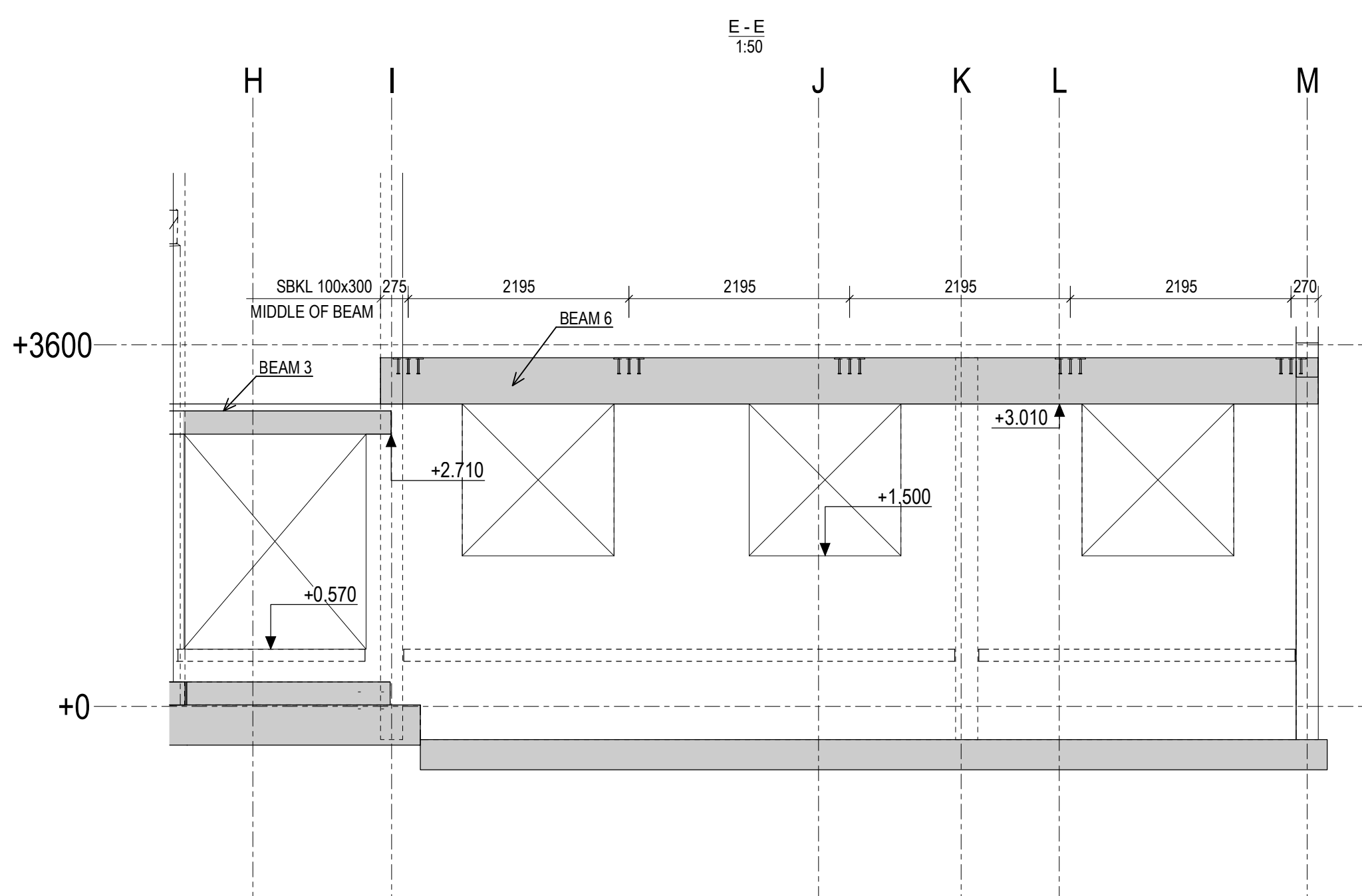


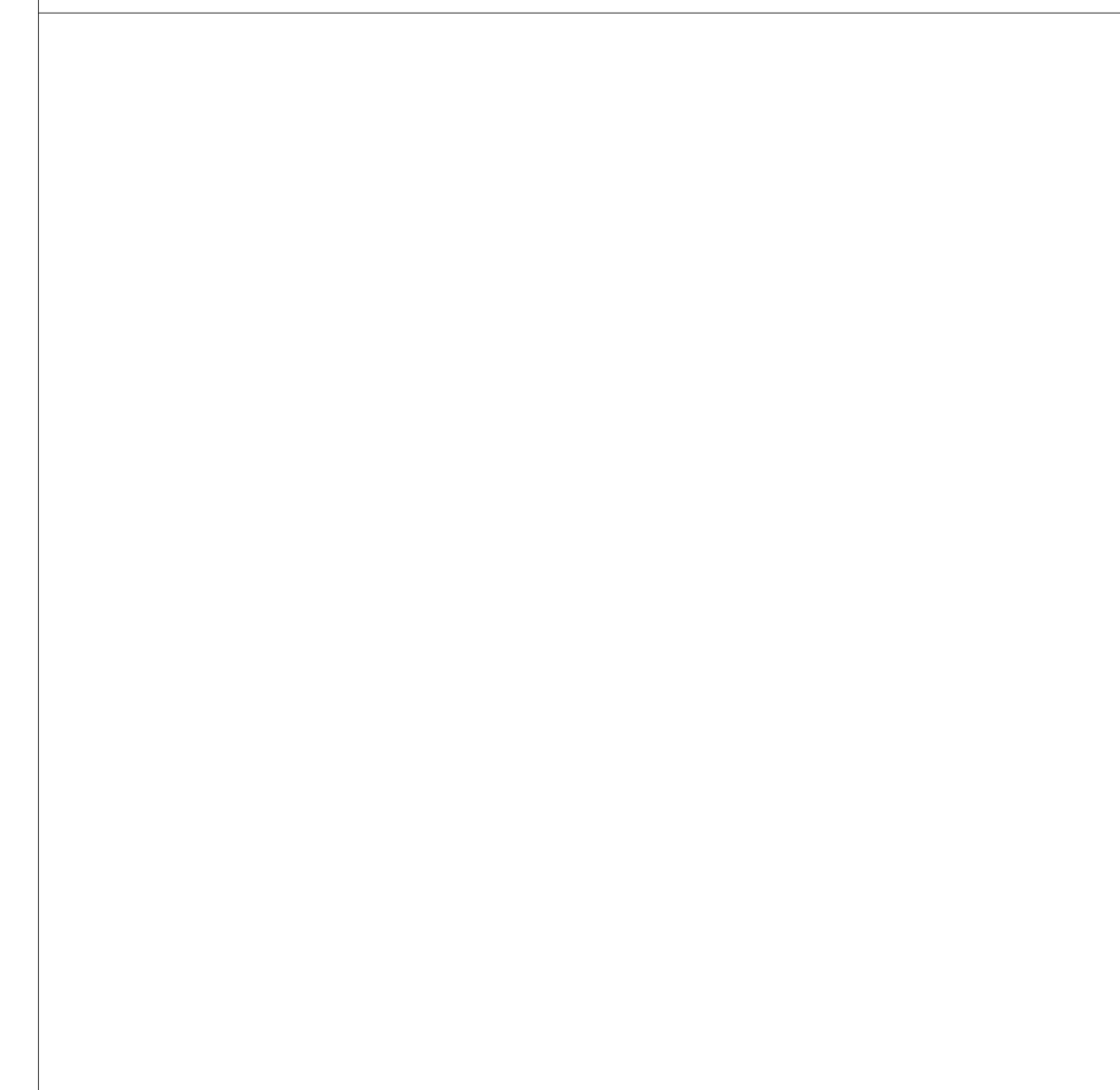
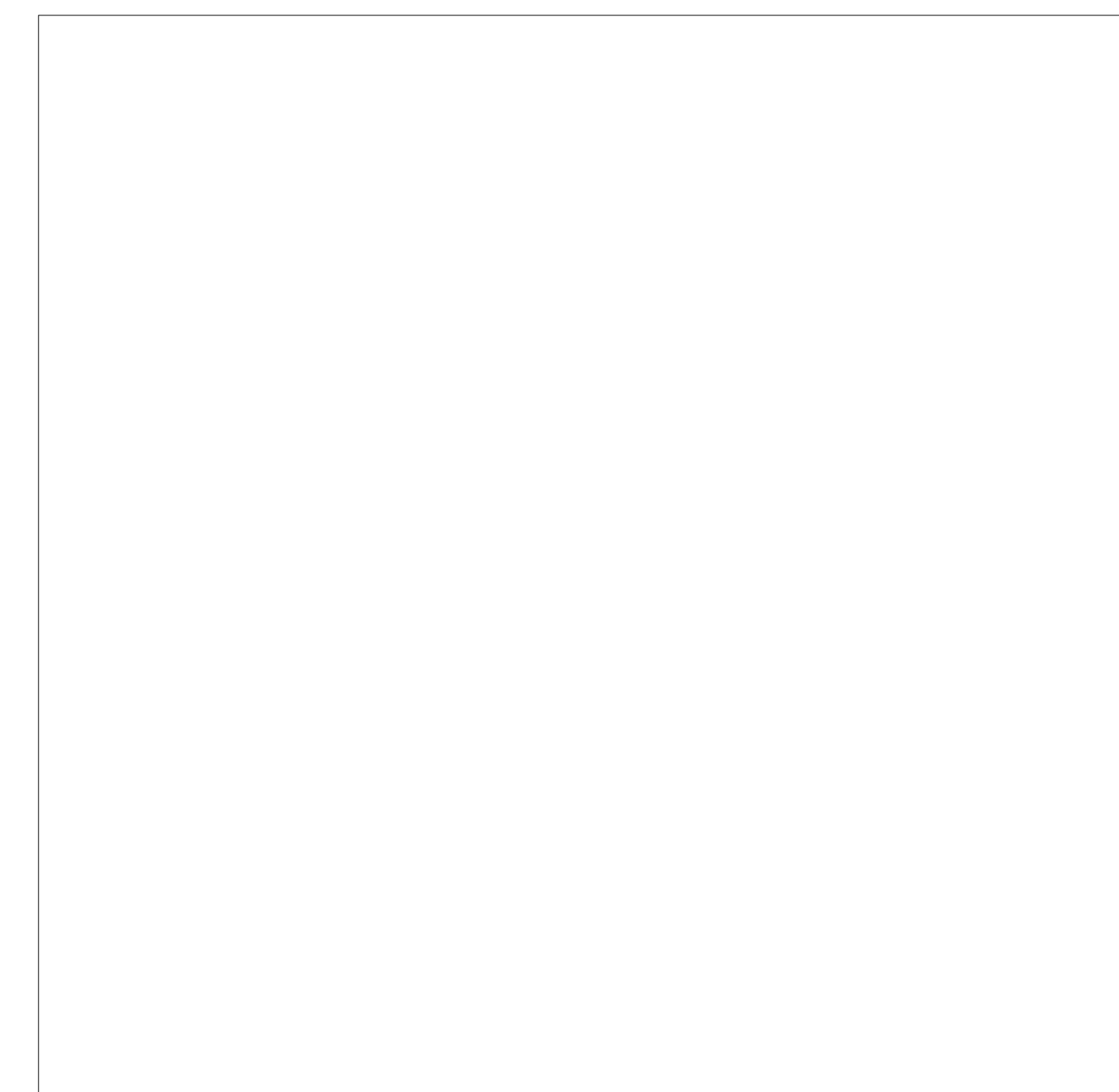
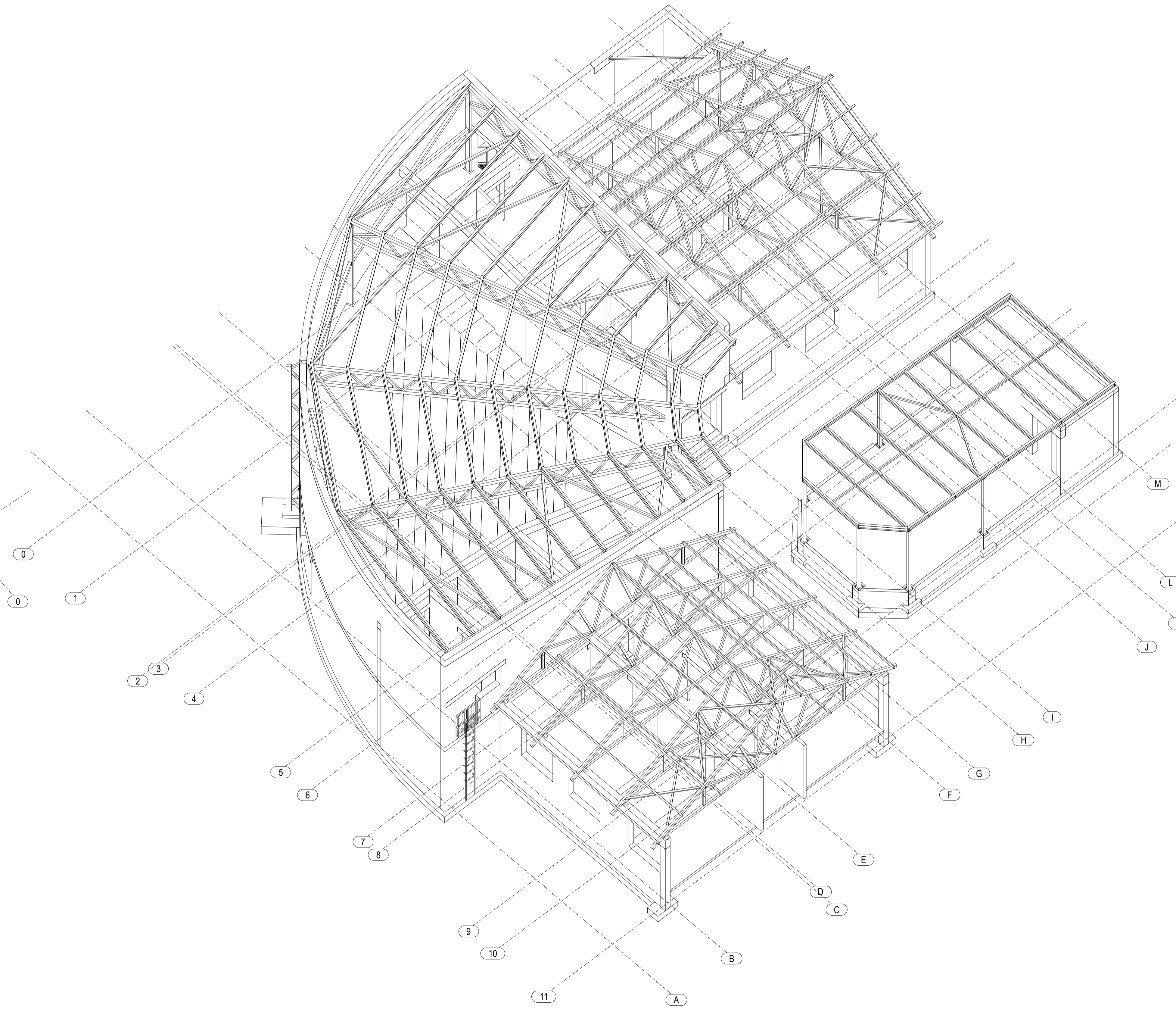
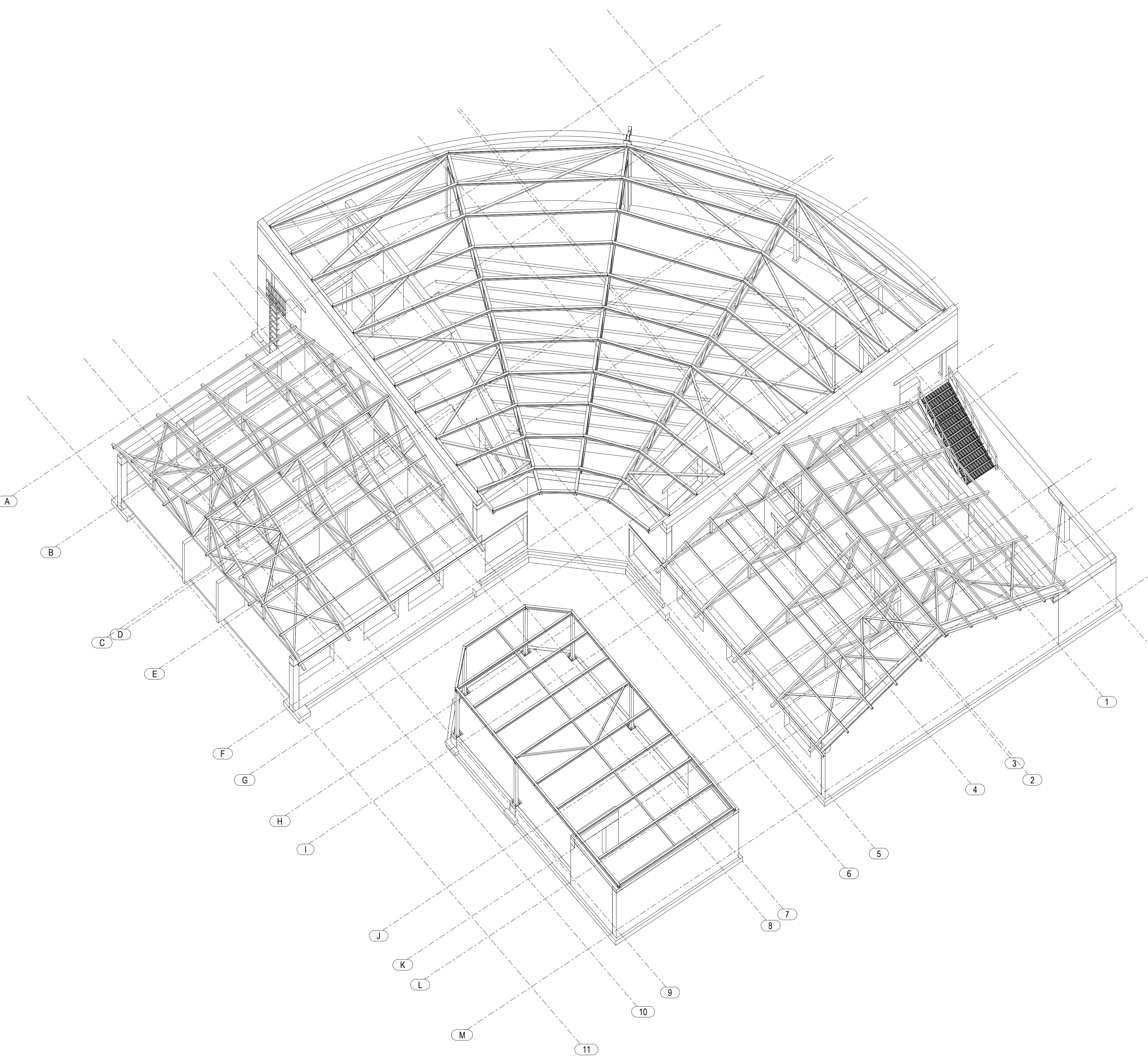
CROSS-SECTIONS



GENERAL NOTES

- FIGURED DIMENSIONS TO BE TAKEN IN PREFERENCE TO SCALING OF DRAWINGS.
- ALL DIMENSIONS, LEVELS AND OTHER RELEVANT DETAILS TO BE CHECKED ON SITE PRIOR TO CONSTRUCTION.
- MANUFACTURERS OF PREFABRICATED COMPONENTS TO VERIFY DIMENSIONS ON SITE WITH CONTRACTOR PRIOR TO MANUFACTURE.
- ALL WORKMANSHIP AND MATERIALS SHALL COMPLY WITH THE RELEVANT CODE OF PRACTICE AND RELATED DOCUMENTS.
- ELEVATION LEVEL +0.000 IS CURRENT GROUND LEVEL.
- SURFACE THREATMENT TO SLABS (AS GUIDED BY J. LEHTINEN)
- THERE SHALL BE 10mm GAP BETWEEN SLABS AND MASONRY WALLS TO GIVE THEM SPACE TO MOVE. GAP SHALL BE FILLED WITH SILICONE MASTIC OR SOMETHING SIMILAR.
- ANCHORING REBARS SHALL BE ADDED TO CONNECT MASONRY WALL AND CONCRETE BEAMS. REBARS T8 L500 INSERTED EVERY THIRD BRICK SEAM. SEE DRAWING 01 DETAIL 1
- ANCHORING REBARS FOR BEAM 6 WHERE REBARS T8 L500 INSERTED EVERY SECOND SEAM AND ADDITIONAL REBARS ON BOTH SIDE OF OPENINGS.
- THERE MUST BE BRICKFORCE FROM FOUNDATION LEVEL TO TOP LEVEL EVERY 3RD COURSE AND OVER DOOR OPENINGS 2 EXTRA BRICKFORCES.
- WALLS AND OPENINGS ARE PLACED ACCORDING TO ARCHITECT'S PRELIMINARY PLANS. CORRECT POSITIONS MUST BE ENSURED WITH ARCHITECT.





REV. MARK	INITIALS	REVISION	DATE

COUNTRY NAMIBIA	REGION OSHIKOTO	TOWN ONDANGWA	AUTHORIZATION NUMBER
JOB TITLE ONANDJOKWE HOSPITAL RENOVATION			DRAWING NAME TEACHING AND RESEARCH CENTER
DATE 03.05.2019			DESIGNED BY Mikko Nokelainen and Eetu Reiman
DRAWN BY MiNok			CHECKED BY JaKau
DESIGNED BY Mikko Nokelainen and Eetu Reiman			DRAWING NUMBER 10
DESIGNED BY Mikko Nokelainen and Eetu Reiman			REVISION Jarmo Lehtinen

CONTENT OF THE DRAWING
3D View of the building frame structures 1:75

