



Metalliverkkolautan kehityspro- sessi Kansi areenalle

Patrik Kautto

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

KAUTTO, PATRIK;
Metalliverkkolautan kehitysprosessi Kansi areenalle

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2022

Tämä opinnäytetyö perustuu työtehtävään, jossa tarkoituksena oli kehittää alakatto metalliverkkolauttana Tampereen Kansi areenalle. Opinnäytetyö on tehty Inlook Oy:n toimeksiannosta. Yrityksellä ei ole tarjota valmista tuotetta, joka täyttäisi tälle alakattolautalle asetetut kriteerit ja vaatimukset. Työn tavoitteena on kehittää kustannustehokas tuote, joka soveltuu tähän kohteeseen ja käyttötarkoitukseen.

Tuotteistettu alakatto on osa kohteeseen tehtävistä välipohjien alapintojen ja -puolien verhouksista. Kyseisen tuotteen tarkoitus on olla visuaalinen kokonaisuus, jota käytetään areenan käytävillä ja auloissa. Kokonaisuudessaan metalliverkkolauttoja tullaan asentamaan neljäsataakaksikymmentäkolme kappaletta. Metalliverkkolautasta eli alakattolautasta halutaan kolme erilaista variaatiota asennettavaksi.

Perinteisestä alakatosta poiketen alakattolautat eivät muodosta kaikkea talotekniikkaa piilottavaa kokonaisuutta, vaan ne muodostavat kenttiä, jossa lautat ovat hajautetusti toisistaan irrallaan, mutta suurin piirtein samassa korossa lattiapintaan nähden. Näin ollen talotekniikka ja kantava rakenteellinen välipohja jäävät näkyviin, mutta visuaalisuus on silti hallittua ja tyylikästä.

Kohteen poikkeuksellisen luonteen takia aliurakkasopimuksen mukaisesti kehitettävästä tuotteesta täytyi tehdä yksi mallikappale ja asentaa se mallikatselusta varten. Mallikatselmus järjestettiin pääurakoitsijan ja kohteen arkkitehdin kanssa. Tämän tarkoituksena oli tuoda ilmi mahdolliset epäkohdat ja ongelmat ennen lopullisen tuotteen tuotantoa ja asennusta.

Opinnäytetyön lopputuloksena on Kansi Areenalle kehitetty tuote, joka on kustannustehokkuuden puolesta varsin onnistunut. Aikaiseksi saatiin valmis tuote, joka täytti sille asetetut vaatimukset, kriteerit sekä tavoitteet. Asennustyö saatiin päätökseen ennen koko kohteen valmistumista ja luovutusta tilaajalle.

Asiasanat: alakatto, metalliverkko, tuotekehitys, suunnittelutyö

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

KAUTTO, PATRIK:

Development Process of Wire Mesh Raft for Kansli Arena

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 5 pages
May 2022

This Bachelor's thesis was based on an assignment in which the purpose was to develop a suspended ceiling as a wire mesh raft for the Tampere Kansli arena. The thesis was commissioned by Inlook Oy. The company did not have to offer a finished product that meets the criteria and requirements set for this suspended ceiling raft. The aim of the work was to develop a cost-effective product that is suitable for this location and purpose of use.

The productized suspended ceiling is part of the cladding of the lower surfaces and the sides of the subfloors to be made at the site. The purpose of this product was to be a visual entity used in the corridors and lobbies of the arena. In total, four hundred and twenty-three wire mesh rafts were installed. It was desired to have three different variations of the wire mesh raft, i.e. the suspended ceiling raft to be installed.

Unlike a traditional suspended ceiling, suspended ceilings do not form a whole that hides the building maintenance technology, but they form fields where the rafts are distributed separately from each other, but at approximately the same level with respect to the floor surface. As a result, the building maintenance technology and load-bearing structural floor remain visible, but the visuals are still controlled and stylish.

Due to the exceptional nature of the project, the product to be developed under the subcontract had to be made into one sample and installed for model review. The model review was conducted with the main contractor and the site architect. The purpose of this was to identify possible drawbacks and problems before the final product was produced and installed.

The end result of the thesis was a product developed for Kansli Arena, which was quite successful in terms of cost efficiency. A finished product was made that met the requirements, criteria and objectives set for it. The installation work was completed before the entire project was completed and handed over to the customer.

Key words: suspended ceiling, wire mesh, product development, design work

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TUOTEKEHITYSPROSESSI	6
	2.1 Sisäkatto	7
	2.1.1 Alakatto	8
	2.1.2 Verkkoalakatto.....	9
3	SUUNNITTELU.....	10
	3.1 Lähtötiedot	10
	3.1.1 Määrä ja sijoittelu.....	13
	3.2 Mallikappale ja mallikatselmus.....	14
	3.2.1 Mallikatselmuksen palaute	16
	3.3 Metalliverkkolautan suunnittelu	16
	3.3.1 Kannatus	19
	3.3.2 Kuormat.....	21
4	LOPPUTULOS.....	22
	4.1 Huollettavuus	24
	4.2 Asennustyö	25
	4.2.1 Logistiikka.....	26
5	POHDINTA	28
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	30
	Liite 1. Performance in Lightning 764 LED-lineaari.....	30
	Liite 2. Alakattolautan alumiiniprofiilin poikkileikkaus. Purso Oy.	31
	Liite 3. Tuotantokuva metalliverkkolautasta	32
	Liite 4. Kehikon profiilien työstökuvat.....	33
	Liite 5. Vanerisapluuna	34

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö sai alkunsa tammikuussa 2021, kun Tampereen Kansi areenassa alkoi sisärakennusvaihe. Mukana ollut yritys ohjasti minua olemaan osallisena kantavan rakenteellisen välipohjien alapuolisten installaatioiden visuaalisuutta hallitusti peittävässä alakattojen suunnittelu- ja kehitystyössä. Yrityksellä ei ollut tarjota valmista tuotetta tai ratkaisua arkkitehdin määrittämään neliöalakattoon, joten sellainen oli kehitettävä. Päätimme esihenkilön kanssa, että minä otan vastuulleni hoitaa tämän metalliverkkolautan kehitysprosessin. Kokemusta alakattojen suunnittelusta ja asentamisesta yrityksestä löytyi jo monen vuoden ajalta.

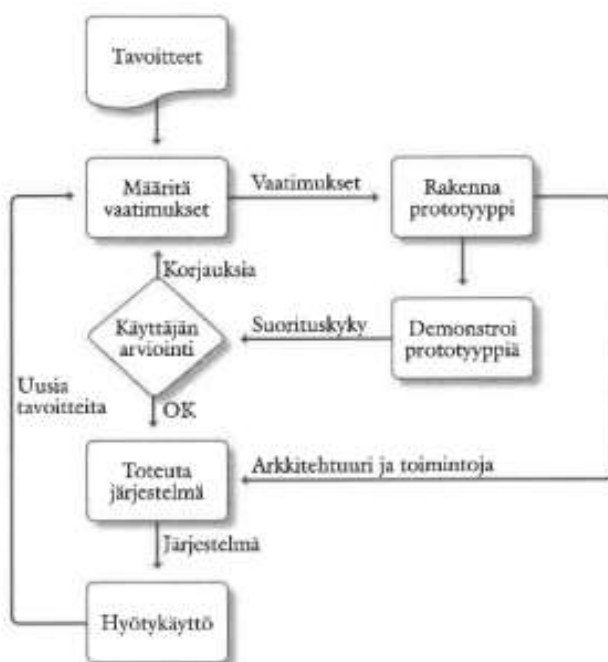
Kehitystyöhön sisältyi kehitettävän tuotteet budjetointi, tuotteeseen käytettävien osien hankinta ja kilpailutus, logistiikan järjestäminen, kokoonpanokuvien piirtäminen, sekä asennukseen tarvittavan asennusohjeen laatiminen. Metalliverkkolautat oli tilattu asennettuna, joten asennustyöhön liittyvät mahdolliset haasteet oli huomioitava jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Työn päätavoitteena oli saada kehitettyä ja suunniteltua tuote, joka täyttää sille vaaditut asetetut tavoitteet, on toteutuskelpoinen ja kokonaistaloudellinen.

Metalliverkkolautta eli alakattolautta voidaan jakaa neljään osaan tai komponenttiin, jotka yhdessä muodostavat toimivan kokonaisuuden. Lautan komponentit ovat sen alumiinirunko, metalliverkko, kantavasta rungosta lautan kannatteleva kiinnitys ja lauttaan kytkettävät kaksi LED-lineaaria. Kaikki nämä komponentit olivat ominaan entuudestaan minulle hyvin tuttuja. Tässä opinnäytetyössä niitä käytettiin ja yhdisteltiin tavalla, joka vaati soveltamista. Jokaiseen alakattolautaan on määritelty kytkettäväksi kaksi LED-lineaaria, jotka ovat osa kohteen valaistusteknillistä kokonaisuutta. Kohteen pääurakoitsija vastasi LED-lineaarien hankinnasta.

Kansi areena hankkeen pääurakoitsijana toimi SRV Rakennus Oy. Alakattojen arkkitehtisuunnittelusta kohteessa vastasi Aihio Arkkitehdin Oy. Lähtötiedot metalliverkkolautalle laati kohteen alakattosuunnittelusta vastaava arkkitehti.

2 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprosessi tässä opinnäytetyössä toteutettiin prototyypimallina (kuvio 1). Tässä mallissa prosessi alkaa tarveselvityksestä, jossa selvitetään tavoitteet ja vaatimukset. Näiden pohjalta tuotteesta tehdään asiakkaalle prototyyppi arviotavaksi. ”Asiakkaalta saadun palautteen perusteella prototyyppiä parannellaan. Näitä asiakkaan arviointivaiheita ja prototyypin paranteluvaiheita jatketaan, kunnes asiakas on tyytyväinen.” (Slotte, 2019, 14.) Lopullinen tuote tehdään asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaan.

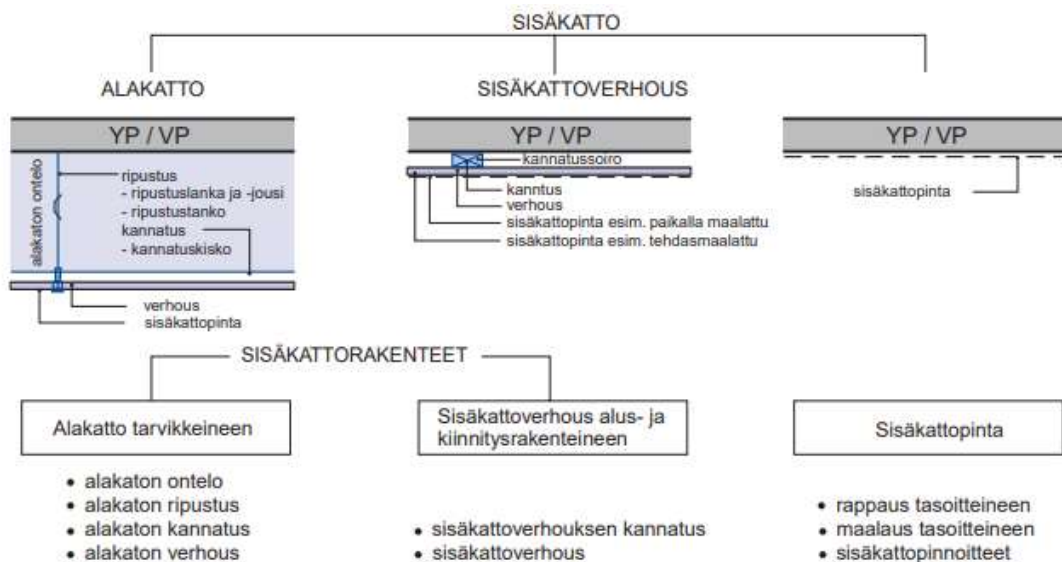


KUVIO 1. Prototyypimallinen kehitysprosessi kaavio (Slotte, 2019, 14.)

Metalliverkkolautan suunnittelutyö tehtiin noudattaen RT 14-11103 SisäRYL 2013 -kortin yleisiä laatuvaatimuksia sekä RT 84-10916 Alakatot ja sisäkattoverhoukset -kortin ohjeita. Koska kehiteltävä tuote luokitellaan sisäkattorakenteeksi, tuotteen suunnittelussa oli huomioitava SisäRYL 2013 RT-ohjekortin kohdan 1323 Sisäkattorakenteet asetetut rakenteelliset ja henkilöturvallisuuteen viittaavat vaatimukset. Mitään normeista poikkeavaa vaatimusta hygieenisyyden, huollettavuuden tai paloteknisten ominaisuuksien suhteen ei ollut tuotteelle asetettu arkkitehdin toimesta. Akustisia ominaisuuksia metalliverkkolautalle ei myöskään ollut asetettu.

2.1 Sisäkatto

Sisäkatto on rakennuksen ylä- tai välipohjaan kiinnitettävä näkyvä kattopinta. Sisäkatto voidaan toteuttaa joko suoraan kiinnittämällä kantavaan rakenteeseen tai alas laskettuna, jolloin alakatto ripustetaan kantavasta rakenteesta. Sisäkattorakenteita ovat kantavasta laatasta ripustetut alakatot tarvikkeineen, sisäkattoverhoukseksi asennettavat lämmön- ja ääneneristeet niihin kuuluvine alus- ja kiinnitysrakenteineen sekä sisäkattoverhoukset niihin kuuluvine alus- ja kiinnitysrakenteineen (RT 84-10916 2008, 2).



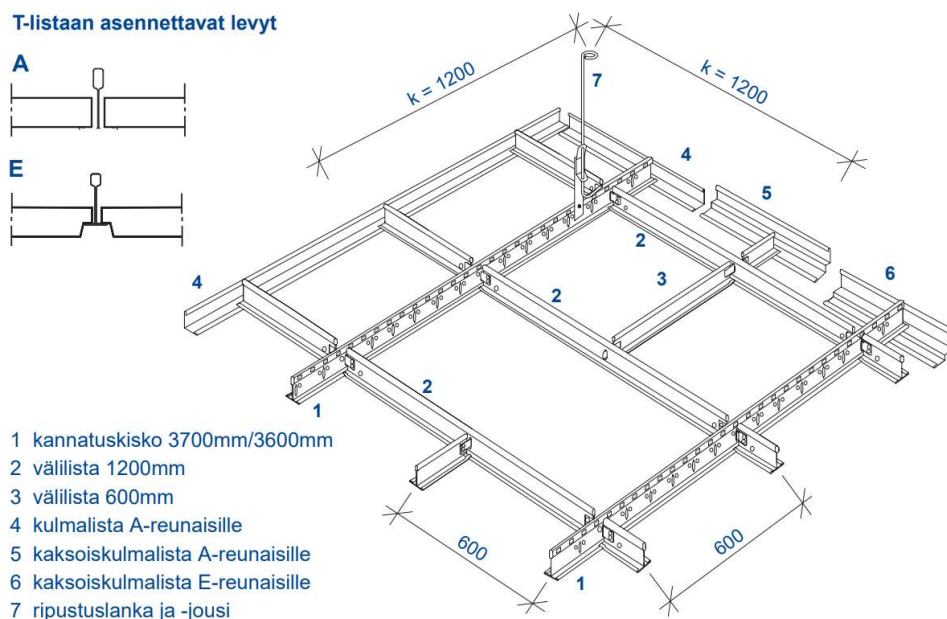
KUVIO 2. Sisäkaton alakäsitteet (RT 84-10916, ALAKATOT JA SISÄKATTOVERHOUKSET 2008, 2)

Sisäkaton tarkoitus on toimia pintarakenteena sisätilassa sekä kiinnitysalustana LVISA-installaatioille. RT-ohjekortin (2008) mukaan sisäkatolla voidaan lisäksi vaikuttaa tilan arkkitehtuuriin ja akustiikkaan. Sillä voidaan muuttaa valaistus- ja sisäilmaolosuhteita, ja sitä voidaan käyttää myös äänen- ja lämmöneristämiseen ja paloturvallisuuden parantamiseen. (RT 84-10916 2008, 1.)

2.1.1 Alakatto

Alakatto on kantavan rakenteellisen väli- tai yläpohjan alapuolelle ripustettu sisäkatto. Sen yläpuolelle jää alakaton ontelo. Yleisimpiä alakatto rakenteita ovat levy-, paneeli-, säle-, verhous ja verkkoalakatot. Pintatuotteet valitaan tilan käyttötarkoituksen mukaan.

T-lista järjestelmäkatto (kuvio 3) on yleisin rakenne alakattolevyjen kannatukseen. Järjestelmän runko muodostaa moduulikokoisen ruudukon levyille. Aukkojen sekä levyjen yleisin moduulikoko on 600x600 millimetriä tai 600x1200 millimetriä. Järjestelmäkattoon yleisemmin asennettavia levytyyppejä ovat kangaspäällysteiset villa-akustiikkalevyt. Yleisesti akustiikkalevyt muodostavat suurimman osan alakattopinnasta. Järjestelmäkattoon voidaan esimerkiksi asentaa moduulikokoon suunniteltuja valaisimia, ilmanvaihtopäätelaitteita tai alakattolevyyn kiinnitetty sprinkleri.



KUVIO 3. T-lista järjestelmäkatto (RT 84-10916, ALAKATOT JA SISÄKATTOVERHOUKSET 2008, 3)

T-lista järjestelmäkaton etuna verrattuna kiinteään alakattoon on sen helppo huollettavuus. Jokainen alakattolevy järjestelmäkatoissa, johon ei ole kytketty tekniikka on nostettavissa pois paikoiltaan. Umpinaisessa katoissa on oltava jokin tarkastusluukku, jos kattopinnan ja holvin väliin jäävään tilaan halutaan päästä käsiksi.

2.1.2 Verkkoalakatto

Verkkoalakatto toteutetaan yleisimmin t-lista järjestelmäkattona. Levyinä verkkoalakatossa voidaan käyttää hitsattua tai kudottua metallilankaverkkoa, verkkopaneelia, muoviverkkoa tai hiilikuituverkkoa. Verkkolevyjä käytetään useimmiten sisäkattoina julkisissa tiloissa, mutta ne soveltuvat myös ulkokäyttöön.

Vakiomittaiset verkkolevyt hitsataan 3 mm:n tai 5 mm:n teräslangasta. Levyjä voidaan valmistaa myös erikoismittaisina ja muilla lankavahvuuksilla (1213-INLOOK-Verkkokatot 2013, 3). Tavallisia pintakäsittelyjä metalliverkoille ovat poltomaalaus, sähkösinkitys, harjaus, kiillotus tai anodisointi. Kuvassa 1 näkyy t-lista järjestelmäkatto, jossa levyinä on käytetty hitsattua metallilankaverkkoa.



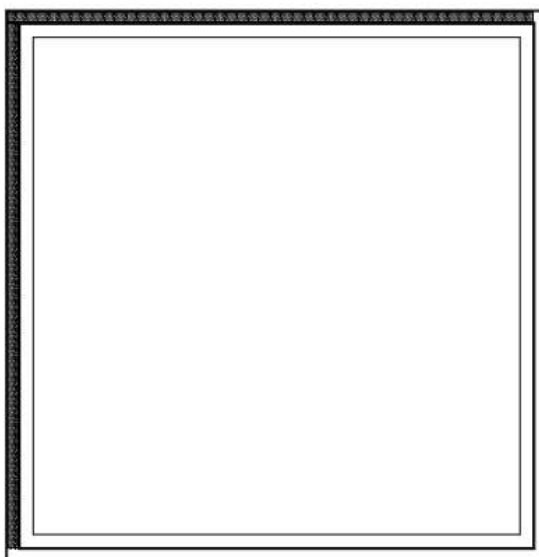
KUVA 1. Metalliverkkokatto (Merituuli, Inlook Group Oy 2017)

3 SUUNNITTELU

Alakattolautan suunnittelutyö sai alkunsa talvella 2021. Arkkitehdin määrittelemien lähtötietojen mukaan lähdin suunnittelemaan toteutuskelpoista tuotetta. Ennen tuotteet saavuttamista tuotantoon oli tehtävä yksi mallikappale mallikatselmusta varten. Mallikatselmus pidettiin 22.4.2021 Kansi Areenan työmaalla.

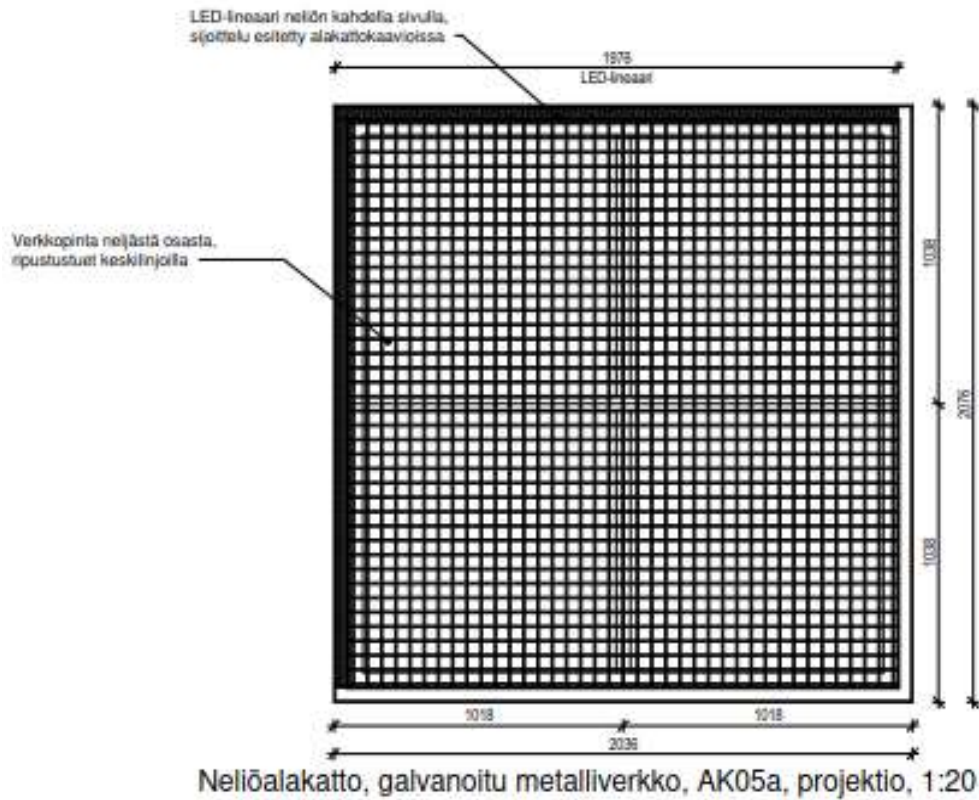
3.1 Lähtötiedot

Lähtötietoina tuotteen suunnitteluun on käytetty arkkitehdin piirtämiä alakattode-taljeja. Kuvioiden 4, 5 ja 6 selviää ajatus halutusta lopputuloksesta ja sen ulko-näöstä. Alakattolautasta halutaan suorakulmio, jonka ulommaiset mitat ovat vaa-kaan 2036 millimetriä ja pystyyn 2076 millimetriä. Rungon lautalle muodostavat U-profiilit ja L-profiilit, joiden materiaaliksi on määritelty galvanoitu teräs. Rungon tarkoitus on kannatella galvanoitua eli sähkösinkittyä metalliverkkoa, sekä mah-dollistaa kahden LED-lineaarien asennus lauttaan. Metalliverkolle on määritelty langan vahvuudeksi viisi millimetriä ja verkon silmäksi 50x50 millimetriä. Verkko on määritelty tehtäväksi neljästä osasta ja sen näkyvästä pinnasta on oltava avoinna vähintään 70 %. Kuviossa 6 on esitetty periaate verkon kiinnittämisestä alakattolautan runkoon kiinnitysheloin.

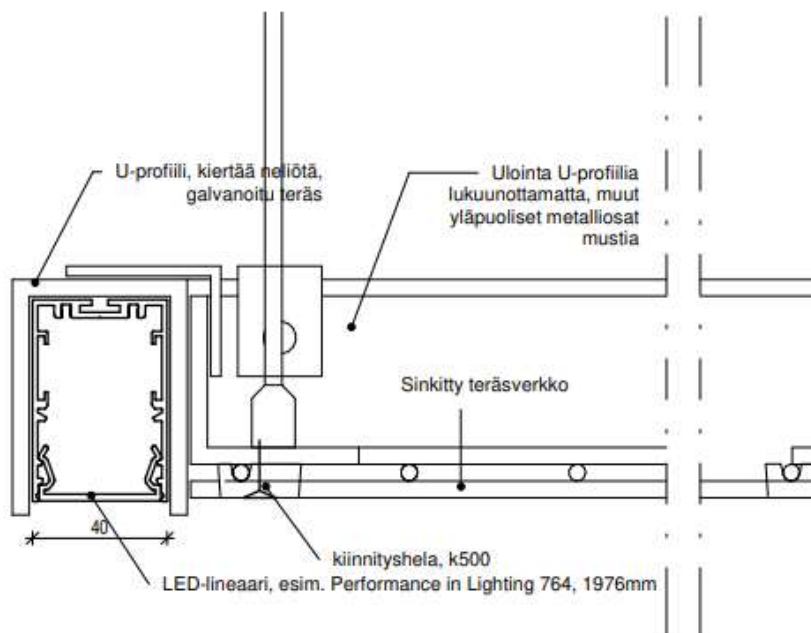


Neliöalakatto, pelkkä kehys, projektiio, 1:20

KUVIO 4. Alakattolautan kehys (Marika Rökman 2020, AIHIO ARKKITEHDIT)



KUVIO 5. Arkkitehdin alakattodetalji (Marika Rökman 2020, AIHIO ARKKITEHDIT)

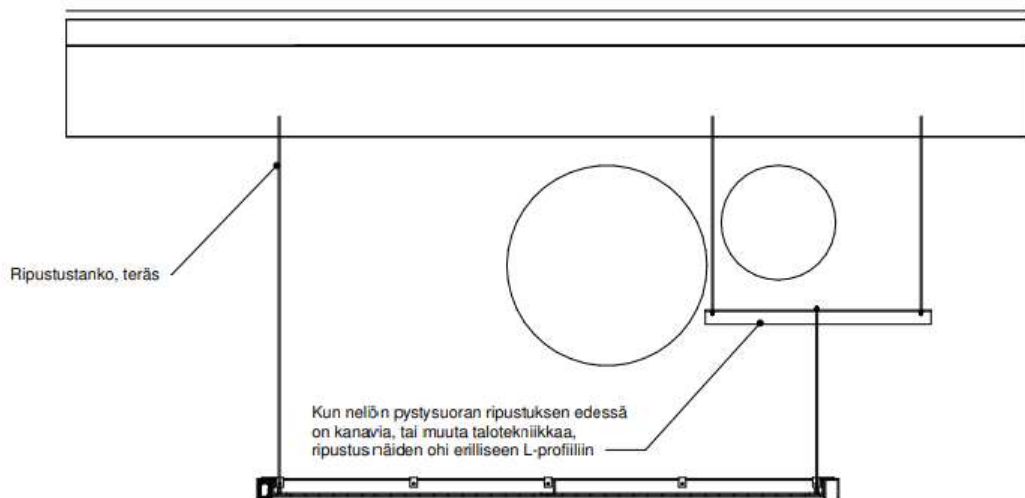


Neliöalakatton reunadetaljit, periaateleikkaus, 1:2

KUVIO 6. Arkkitehdin alakattodetalji lautan poikkileikkauksesta (Marika Rökman 2020, AIHIO ARKKITEHDIT)

Lautaan on määritelty kaksi LED-lineaaria, jotka tulevat ylhäältä katsottuna lautan yläosaan ja vasempaan sivuun. Vasemmassa yläkulmassa LED-lineaarit tulevat puskuun toisiinsa nähden. Valaisimen tyyppi on määritelty Performance in Lightning 764 (liite 1). LED-lineaarin poikkileikkauksen mitat määrittelevät lautan U-profiilin korkeuden ja leveyden kuvion 6 mukaisesti. Pääurakoitsijan vastaa LED-lineaarien hankinnasta.

Lautan kannatuksen arkkitehti on määritellyt tehtäväksi kierretangoin. Kannatus-ten määrää yhtä lauttaa kohden ei ole määritelty, eikä kierretangon halkaisijaa ole määritelty lähtötiedoissa. Kuviossa 7 on myös esitetty periaate L-profiilin käyttämisestä tilanteessa, jossa kierretankoa ei saada esteen takia kiinnitettyä suoraan alakattolautasta kantavaan runkoon. L-profiili roikotetaan kahdella kierretangolla esimerkiksi ilmastointikanavan alapuolelle, mistä voidaan roikottaa kierretanko alakattolautasta L-profiiliin.



Neliöalakatto, galvanoitu metalliverkko, AK05a, periaateleikkaus, 1:20

KUVIO 7. Arkkitehdin alakattodetalji lautan kannatuksesta kantavasta rakenteesta (Marika Rökman 2020, AIHIO ARKKITEHDIT)

Ääneneristystä, äänitasoa ja jälkikaiunta-aikaa koskevia ominaisuuksia eli akustisia ominaisuuksia metalliverkkolautalla ei ole. Alueilla joihin alakattolauttoja sijoitetaan, liimataan kantavan rakenteen alapohjaan akustoisia liimavillalevyjä.

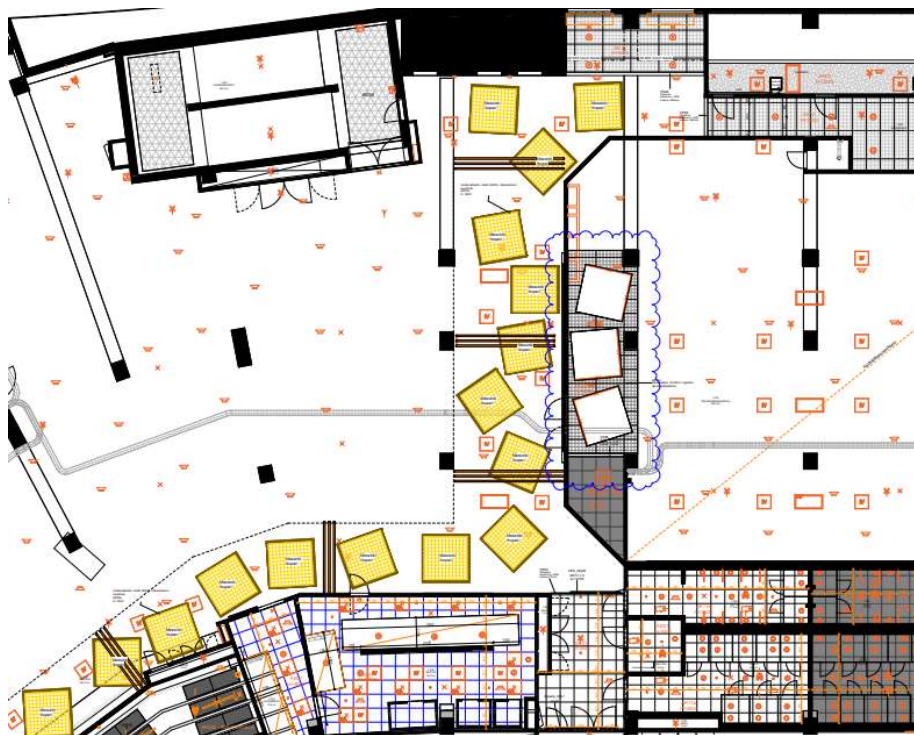
3.1.1 Määrä ja sijoittelu

Kansi areenalle haluttiin yhteensä 423 kappaletta alakattolauttoja. Kohteeseen määriteltiin kolme erilaista lauttaa. Ensimmäinen tyyppi tarkoittaa kehikkoa ja verkkoa, jotka ovat jauhemaalattu kromin sävyiseksi. Toisessa tyypissä värisävy on sama, mutta lautta asennetaan ilman metalliverkkoa. Kolmas tyyppi tarkoittaa kehikkoa ja verkkoa, jotka on maalattu kuparin sävyiseksi. Tarkemmat RAL-värisävyt ja kiiltoasteet tarkentuvat mallikatselmuksen jälkeen. Jokaisessa tyypissä itse lautan kehikko on rakenteeltaan samanlainen, ja jokaiseen asennetaan kaksi LED-lineaaria kuvion 4 esittämällä periaatteella. Taulukossa 1 on esitelty erityyppisten lauttojen sijoittelu kohteeseen kerroksittain.

TAULUKKO 1. Alakattolauttojen määrät areenan kerroksittain

	Kromilautta ja verkko	Negaatiolautta	Kuparilautta ja verkko
1. kerros	34	13	24
3. kerros	154	12	-
4. kerros	34	-	5
5. kerros	147	-	-
Yhteensä	369	25	29

Alakattolauttojen sijainnit oli merkattu alakattokaavioihin. Lautoja oli sijoitettu areenan sisäänkäynneille, auloihin ja käytäville. Lautat oli sijoitettu kuvissa vaakatasossa noin puolen metrin väleillä. Kuviossa 8 esitetty negaatiolauttojen ympärille tehtävä t-lista järjestelmäkatto, jossa levynä käytetään moduulikooltaan 600x1200 millimetriä hitsattua metallilankaverkkoa. Levyt on maalattu kromin sävyyn. Metalliverkkolautta kenttien asennuskorkeudet lattiaan nähden vaihtelivat välillä 2300–3000 millimetriä.



KUVIO 8. Ote ensimmäisen kerroksen alakattokaaviosta. Kuvassa negaatio- sekä kuparilautat merkittynä (Marika Rökman 2020, AIHIO ARKKITEHDIT)

3.2 Mallikappale ja mallikatselmus

Mallikappaleen kehikon profiilit teetettiin metallipajalla kantauttamalla kahden ja puolen millimetrin vahvuisesta alumiinista. Alakattolautan kehikko päätettiin tehdä alumiinista galvanoidun teräksen sijaan kustannustehokkuus syistä. Alumiini on myös galvanoitua terästä kevyempää, sekä sitä on helpompaa työstää. Profiilit jauhemaalattiin puolikiiltäväksi RAL-9006 sävyyn Linjateräs Oy:n pulverimaalauksessa. Maalauksen jälkeen profiilit olivat valmiina työstettäväksi. Profiileista kasattiin neliön muotoinen kehikko, jonka sivumitat olivat 2076 millimetriä pystyyn ja vaakaan. Tässä poikettiin arkkitehdin mitoista, jotta lautan sivuista saatiin saman mittaiset. Kehikon profiilien liitokset toisiinsa tehtiin profiilin päälle kiinnitettävillä liitoslevyillä ja ruuviliitoksilla (kuva 2).

Mallikappaleeseen asennettiin yksi ulkomitoiltaan 1958 x 1958 millimetrin metalliverkko (kuva 3). Verkon silmäkoko on 50 x 50 millimetriä ja langan vahvuus on viisi millimetriä. Arkkitehdin suunnitelmista poiketen verkko tehtiin yksiosaisena. Alakattolautta kannateltiin vaijeriripustuksella kantavasta rungosta.



KUVA 2. Mallikappaleen alumiiniprofilien liitos



KUVA 3. Valokuva asennetusta mallilautasta (Kaivola, SRV Oy)

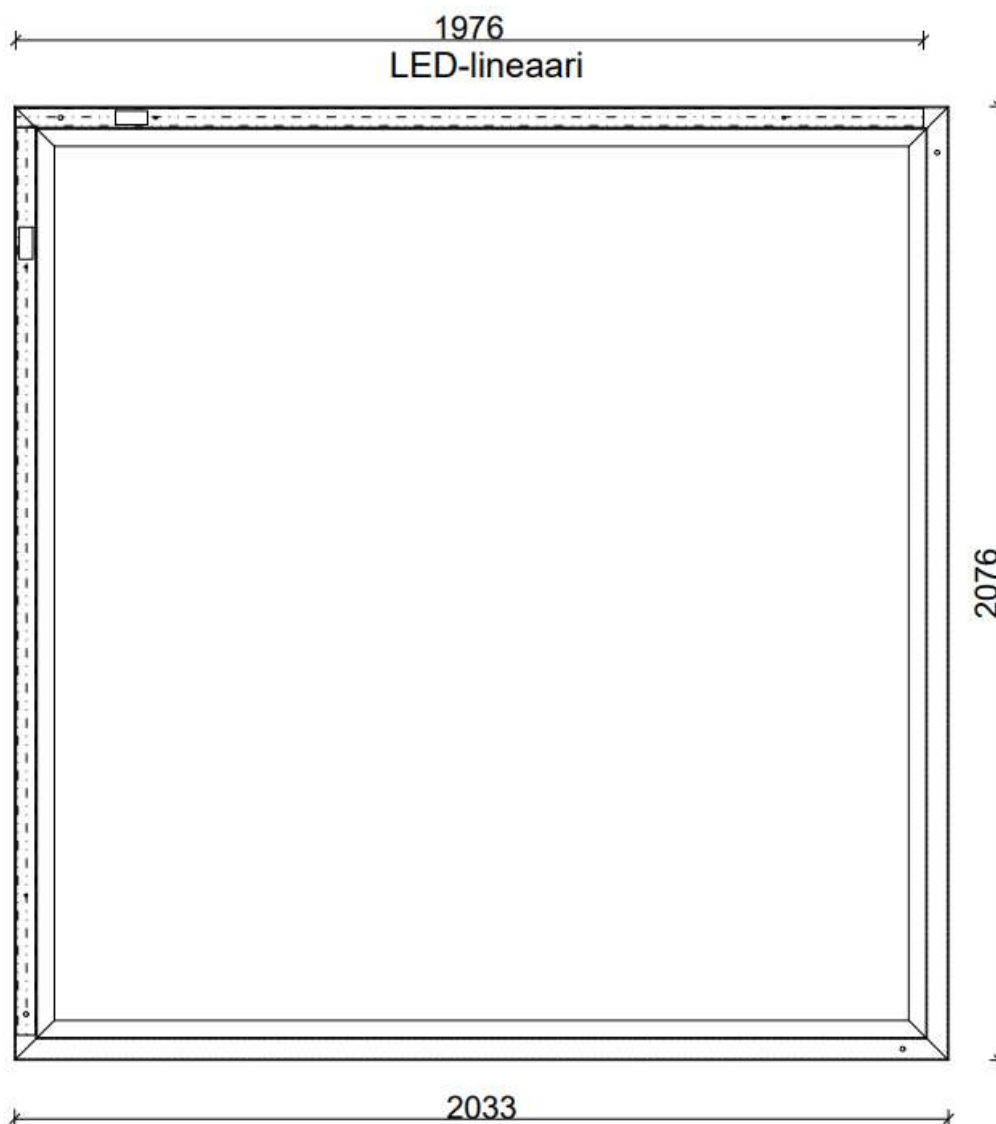
3.2.1 Mallikatselmuksen palaute

Mallikappaleen katselmus pidettiin 22.4.2021 Kansi areenan työmaalla. Katselmukseseen osallistui kohteen pääurakoitsijan edustajia, Kansi areenan tilaajan edustajia, alakattosuunnittelusta vastaavia arkkitehtejä sekä Inlook Oy:n edustajia. Katselmuksessa todettiin, että arkkitehti täsmentää alakattolautojen RAL-värisävyt. Lautan rungon geometriaan täytyi tehdä pieni muutos, jotta LED-lineaari sivujen auki jäävät päädyt olisivat yhdennäköisiä. Näin ollen kehikon ulkomitat muuttuivat mittoihin 2076 millimetriä pystyyn ja 2033 millimetriä vaakaan. Muut alakattolautan ominaisuudet ja detaljiikka hyväksyttiin mallikatselmuksessa. Myös vaijerikannatukselle kierretankojen sijaan saatiin hyväksyntä kaikilta mallikatselmukseseen osallistuneilta osapuolilta. Rakennesuunnittelijalta täytyi hakea hyväksyntä lopulliselle kannatus periaatteelle ennen loppujen alakattolautojen asennusta.

3.3 Metalliverkkolautan suunnittelu

Metalliverkkolautan kehikko päätettiin tehdä kahden ja puolen millimetrin vahvuisella pursotetulla alumiiniprofiililla (liite 2). Alumiiniprofiilit hankittiin Purso Oy:ltä. Profiilin poikkileikkauksen geometria mitoitettiin sen mukaan, että LED-lineaari saatiin asennettua profiilin sisälle. Asennusvarat sekä pursotustyön mittatoleranssit täytyi myös ottaa huomioon. LED-lineaarin poikkileikkauksen mitat olivat 40 millimetriä vaakaan ja 60 millimetriä pystyyn. Profiilin LED-kourun sisämitat olivat 44 millimetriä vaakaan ja 70 millimetriä pystyyn. Kehikon sisälle kääntyvä lipa kannattelee lauttaan asennettavaa metalliverkkoa. Lipan leveys oli 40 millimetriä. Profiilin taitoskohtiin tehtiin puolentoista millimetrin pyöristys. Kehikon ulkomitat määriteltiin mallikatselmuksessa mittoihin 2076 millimetriä pystyyn ja 2033 millimetriä vaakaan. Kehikosta ei tullut neliötä, vaan suorakulmio (Kuvio 9).

Pursotuksen jälkeen profiilien päädyt sahattiin 45° jiiiriin. Kehikon kulmat hitsattiin yhteen. Liitoskappaleet ja ruuviliitokset profiilien välillä osoittautuivat työlääksi mallikappaleen kokoonpanon yhteydessä. Hitsaamalla saatiin myös jäykkä ja siisti liitos aikaiseksi.

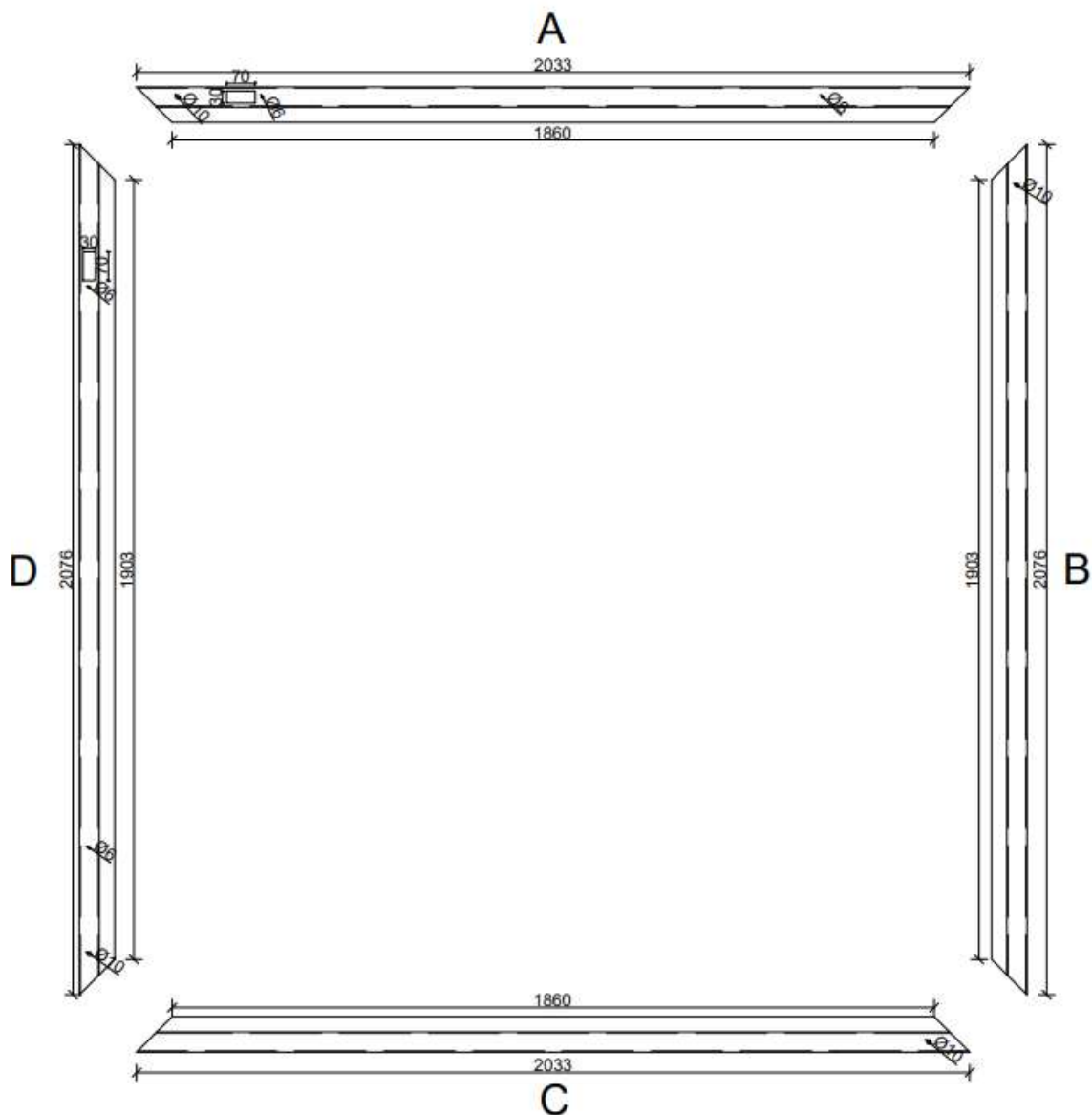


KUVIO 9. Lopulliset tuotantomitat kehiolle

Kuviossa 10 on kuvattu alakattolautan rungon osat ja niihin tarvittavat työstöt. Rei'itystyö ulkoistettiin Purso Oy:lle. Jokaiseen osaan tarvittiin yksi kymmenen millimetrin halkaisijalla oleva reikä alakattolautan kannatusta varten. A- ja D-profiileihin tarvittiin kuuden millimetrin halkaisijalla olevat pyöreät reiät LED-lineaarin kiinnitystä varten. Lisäksi näihin kahteen profiiliin tarvittiin 70x30 millimetrin suorakulmainen aukko LED-lineaarin virtajohdon liittimelle.

Asennustyön tehostamiseksi kaikki mahdolliset työstöt haluttiin tehdä ennen lautan toimitusta kohteeseen. Työstöjen tekeminen tuotantotiloissa työmaan sijaan on helpompaa ja aikaiseksi saadaan parempaa jälkeä. Tavoitteena oli mahdollisimman kevyt ja nopea asennustyö. Kaikki kehiön työstöt haluttiin tehdä ennen kehiön pulverimaalausta, jotta alakattolautoista tulisi mahdollisimman siistejä.

Osat, niiden tunnukset ja reikien koot



KUVIO 10. Kehikon kokoonpanokuva

Galvanoitu teräsverkko hyväksyttiin sellaisenaan mallikatselmuksessa. Niitä hankittiin 400 kappaletta pulverimaalattavaksi ja asennettavaksi. Kehikon ulkomittojen muutosten takia hankittavat metalliverkot tilattiin ulkomitta koossa 1958x1915 millimetriä. Verkon silmäkoko oli sama kuin malliverkossa, 50x50 millimetriä ja langan vahvuus oli viisi millimetriä. Asennusvaraa metalliverkolle jätettiin 20 millimetriä leveys- ja pystysuunnassa.

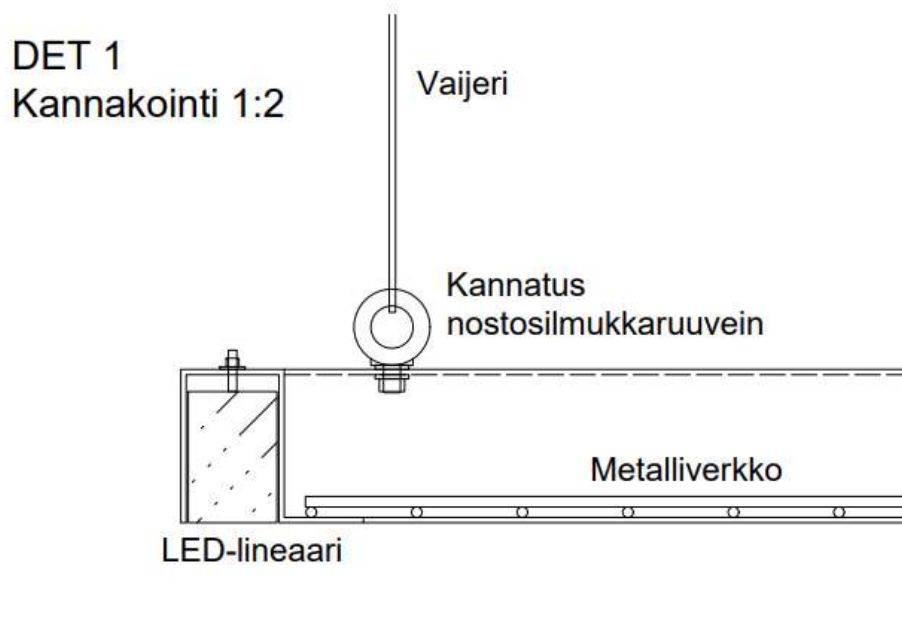
Arkkitehdin oli tarkoitus tarkentaa halutut RAL-värisävyt pian mallikatselmuksen jälkeen. Miellyttäviä värisävyjä ei RAL-värikartastosta löytynyt, ja vaihtoehtoisia ratkaisuja päädyttiin miettimään. Linjateräs Oy:n edustaja ehdotti arkkitehdille käytettäväksi Jotunin pulverimaaleja. Täten kromilautat ja negaatiolautat pulverimaalattiin kiiltävään Jotun Mirror Effect kromisävyyn ja kuparilautat puolikiiltävään Jotun Mirror Effect kuparisävyyn. Kehikot ja metalliverkot toimitettiin maalattavaksi omina toimituksinaan kesän 2021 aikana.

3.3.1 Kannatus

Alakattolautan kannatus rakennuksen kantavasta välipohjasta päätettiin tehdä neljästä pisteestä lautaa kohden. Näin kannatus tulee tasaiseksi, ja kaikki lautan nurkat ovat tasaisesti kannatettuja sekä lautan kuormat saadaan jaettua neljäksi pistekuormaksi. Kannatus suunniteltiin toteutettavaksi kolmen millimetrin vahvuisella teräsvaijerilla. Kannatuksen periaate piti hyväksyttää kohteen rakennesuunnittelijalla. Hyväksyntä vaijerikannatukselle saatiin ennen asennustyön alkamista.

Vaijerikannatus oli helpompi toteuttaa, kuin arkkitehdin esittämä kierretankokannatus. Teräsvaijeria käyttäessä kiinnityspisteiden kantavassa rungossa ja alakattolautassa ei tarvitse olla täysin samassa linjassa toisiinsa nähden. Vaijeria ei tarvitse roikottaa täysin kohtisuorassa, vaan tarpeen vaatiessa teräsvaijeri voi lähteä pienessä kulmassa kohti alakattolautan kiinnityspistettä. Tällä pystytään myös eliminoidaan tarve tehdä apukannatuksia alakattolautoille. Jokainen lautta voidaan kiinnittää suoraan neljästä kulmapisteestä kantavaan runkoon. Lisäksi teräsvaijerikannatuksen asennustyö on nopeampaa, kuin kierretankojen asennustyö, joten asennustyössä säästetään kustannuksissa.

Kantavaan rakenteeseen kiinnitettiin betoniankkuriruuvi, josta teräsvaijeri roikotettiin alas haluttuun korkoon. Alakattolautassa teräsvaijerin kiinnitys lauttaan toteutettiin pujottamalla vaijeri nostosilmukkaruuvien läpi alla olevan periaatteen mukaisesti (kuvio 11). Nostosilmukkaruuvien nimellishalkaisija on M8. Ruuvi kiristetään mutterilla profiilin alapuolelta. Ruuvikiinnityksen molemmilla puolilla käytettiin M8 aluslaattoja, jotta pintapainetta saatiin jaettua kehikon pinnalle tasaisemmin.



KUVIO 11. Detalji alakattolautan kannatuksen periaatteesta

Lisäksi alakattolautan metalliverkolle tehtiin yksi oma vaijerikiinnitys. Kiinnityspiste verkossa on lautan keskipisteen paikkeilla. Yksittäisen kiinnityspisteen tarkoitus on toimia hätäkannatuksena tilanteessa, jossa jokin rungon kiinnityksistä pettäisi, ja irrallinen metalliverkko saattaisi tällöin olla vaarassa pudota alas. Lisäksi metalliverkon kannatuspiste vähentää verkon taipumaa keskeltä ja antaa kokonaisuudelle ryhdikkäämmän ulkonäön.

Vaijerikannatuksessa vaijeri pujotettiin ylä- ja alapäässä silmukkaruuvin läpi. Jotta vaijeri saadaan kiristettyä, täytyi löytää tapa sitoa vaijerit toisiinsa tukevasti. Tähän kiinnitykseen löytyi Gripple Plus Medium -jatkoliitinkappale teräsvaijerille. Liittimen toiminta perustuu siihen että, vaijerin liikkuessa vastakkaiseen suuntaan liittimessä, hammastettu pyörä tarttuu vaijeriin ja lukitsee sen. Idea kyseisen tuotteen käyttöön saatiin haastattelemalla vastaavien installaatioiden toteuttanutta yritystä.

3.3.2 Kuormat

Yhden metalliverkkolautan todellinen massa on 39,5 kg. Tähän on laskettu mukaan kehikko, metalliverkko, LED-lineaarit ja kannatuksessa käytettävät ruuvit, mutterit ja muut osat. Yhden metalliverkkolautan kuormitus rakennuksen välipohjalle ilman varmuuskertoimia on 395,0 Newtonia eli 0,4 kN. Neliökuormaa yhden alakattolautan omasta painosta muodostuu 0,09 kN/m².

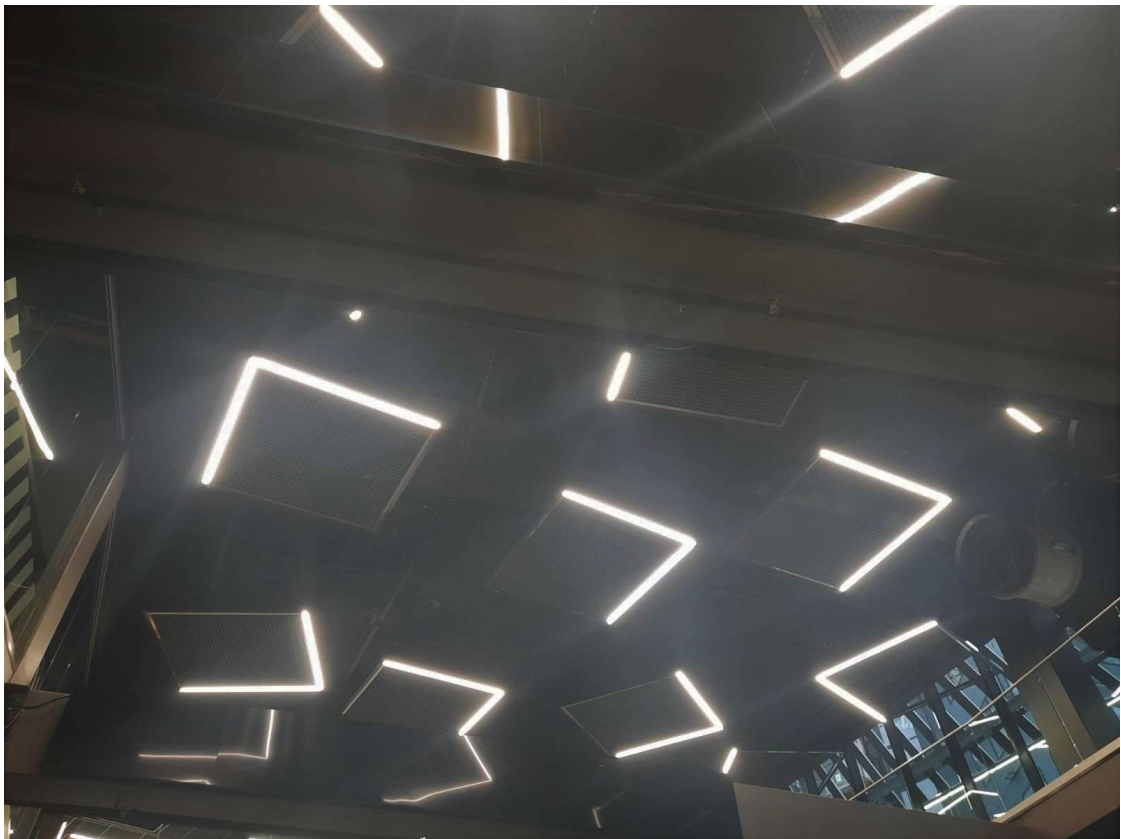
Jokainen alakattolautta kantellaan kantavaan rakenteeseen neljästä pisteestä. Alakattolautassa kiinnityspisteet on sijoitettu ulkonurkkiin toisiinsa nähden symmetrisesti. Yhden kannatusvaijerin tukireaktio lautan omasta painosta pysyvällä kuormitustapauksella on 0,13 kN. Mitoittava taivutusmomentti samassa tilanteessa on 0,07 kNm. Vaijerikannatuksessa käytettävien osien vetolujuuskapasiteetit ovat seuraavat: vaijeri 4,06 kN, betoniankkuriruuvi 1,80 kN, nostosilmukkaruuvien 1,40 kN ja Gripple Plus Medium jatkoliitinkappaleen 2,16 kN.

Tapaus, jossa 100 kg painoinen henkilö päätyy roikkumaan alakattolautan pitkältä sivulta saatiin seuraavat tulokset: tukireaktio yhdelle vaijeriripustukselle on 0,90 kN, mitoittava taivutusmomentti on 0,47 kNm. Lujuuslaskelmien mukaisesti kehikon alumiiniprofiili kestää tämän taivutusmomentin. Ilkivallalta pyrittiin välttämään nostamalla alakattolautan asennuskorkeutta niin ylös kuin pystyi.

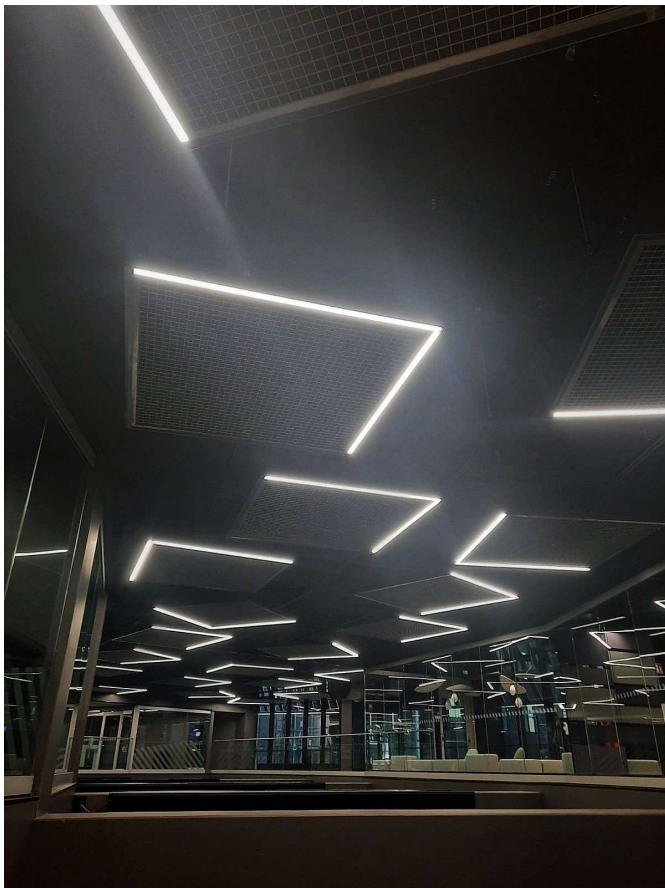
4 LOPPUTULOS

Prototyypimallinen kehitysprosessi oli toimiva prosessi metalliverkkolautan kehitykselle. Mallikappaleen tekeminen ja asennus antoivat tärkeää palautetta tuotteen tuotannollisiin puoliin. Lautan työstöt ja kasaaminen haluttiin tehdä niin pitkälle kuin mahdollista ennen toimitusta Kansia areenalle ja asennustyötä. Kohteen tilaajan, arkkitehdin ja pääurakoitsijan palaute mallikatselmuksen yhteydessä oli kaikin puolin positiivista, joten tuotteen kehitys oli menossa oikeaan suuntaan. Mallikatselmuksen palautteen pohjalta tehdyt muutokset olivat pieniä ja helppoja toteuttaa. Mallikatselmuksen jälkeen oli selvillä mitä lopulliselta tuotteelta haluttiin ja millainen sen tulisi olla.

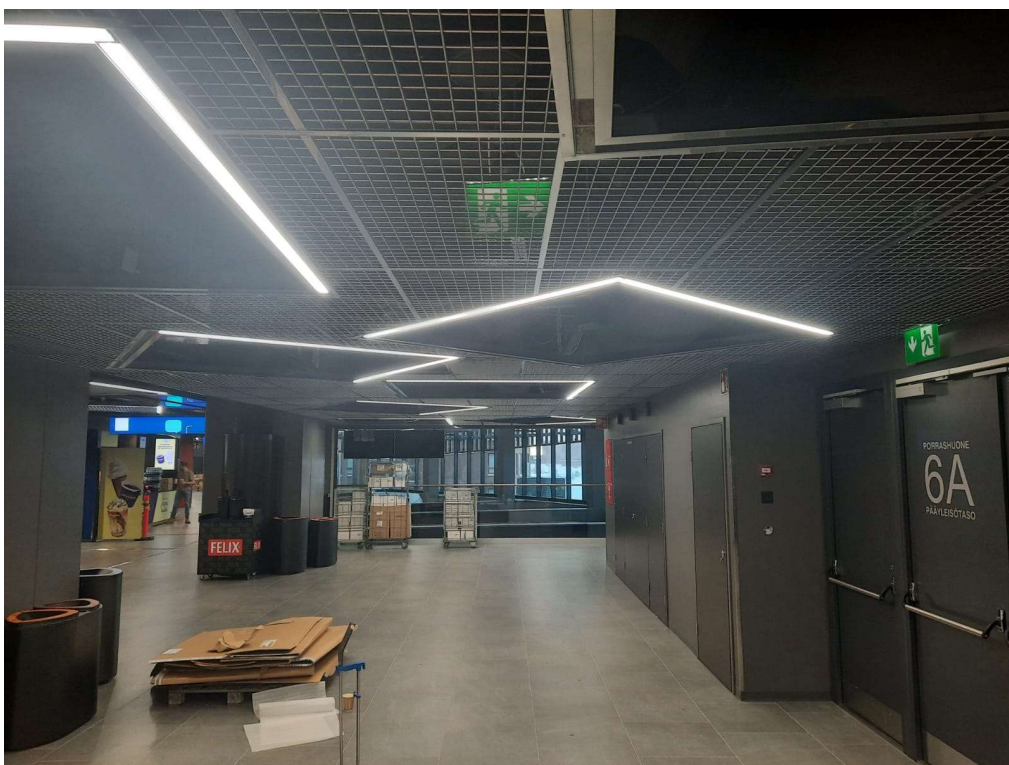
Kaikista kolmesta alakattolautan eri versiosta saatiin toteutettua visuaalisesti miellyttävät kokonaisuudet. Koska kaikki versiot olivat runkorakenteeltaan, tuotteen tuotantoon saamiseksi riitti yksi yhdet tuotanto- ja kokoonpanokuvat (liite 3; liite 4). Tuotantokuva piirrettiin AutoCAD 2019-piirto-ohjelmalla. Kuvissa 5, 6 ja 7 on esitelty kaikki kolme eri versiota alakattolautasta asennettuna.



KUVA 4. Alakattolauttoja asennettuna areenan pääsisäänkäynnin läheisyydessä (Laakso 2021)



KUVA 5. Alakattolautojen sijoittelua (Laakso 2021)



KUVA 6. Negaatiolautta ja metalliverkkoalakatto asennettuna areenan käytävälle (Laakso 2021)



KUVA 7. Kuparilauttoja asennettuna ensimmäisen kerroksen tapahtumaravintolan edustalle (Laakso 2021)

4.1 Huollettavuus

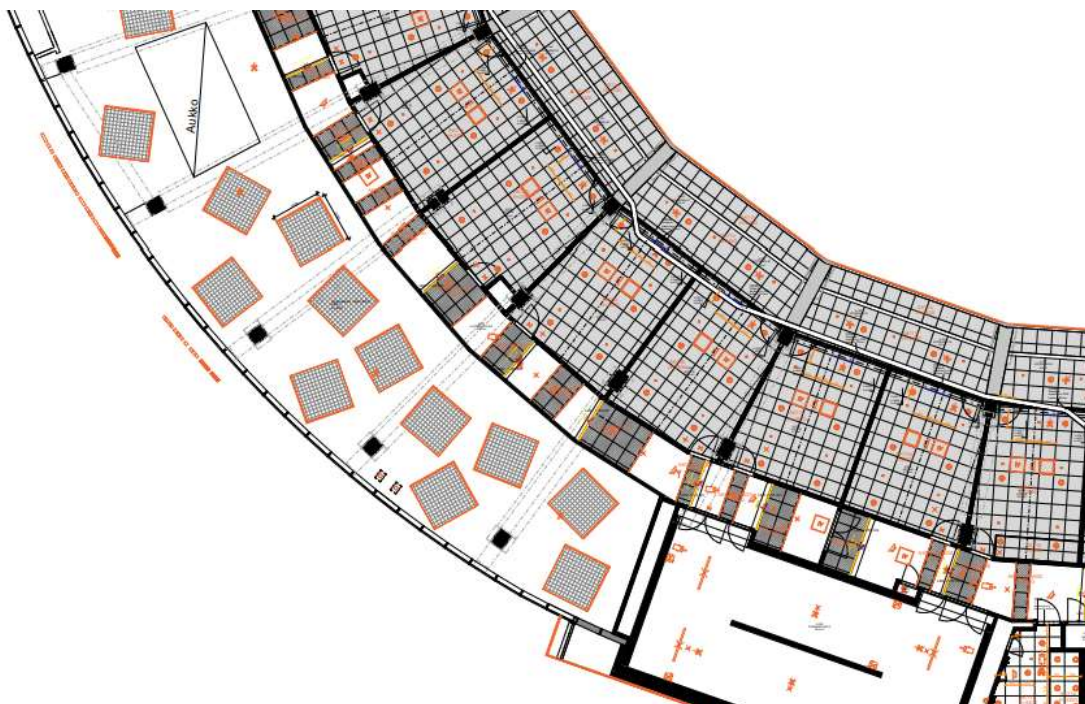
Metalliverkkolautan huollettavuudelle ei ollut asetettu normeista poikkeavaa ohjeistusta arkkitehdin toimesta. Tuote suunniteltiin niin, että LED-lineaarin irrottaminen paikalleen asennetusta alakattolautasta on mahdollista. Valaisimen irrottaminen vaatii virtajohdon kytkennän sekä kahden mutterin avaamisen. Myös alakattolautan metalliverkko on nostettavissa pois lautasta lautan ollessa roikotettuna. Lian ja pölyn puhdistaminen lautasta tapahtuu mekaanisella poistolla. Lautan kehikon puhdistaminen ei vaadi mitään kemikaaleja, liuottimia tai erikoisia puhdistusaineita. Metalliverkon puhdistaminen voidaan tehdä verkon ollessa paikallaan kehikossa. Verkko puhdistetaan saippuavedellä mekaanisesti.

4.2 Asennustyö

Metalliverkkolautojen asennus aloitettiin elokuussa 2021. Asennustyö tehtiin kahdella kierrolla. Ensimmäisellä kierrolla tehtiin vaijeriripustuksen ankkurointi kantavaan runkoon. Toisella kierrolla alakattolautat asennettiin paikoilleen. Jokainen lautta vaatii viisi kiinnityspistettä vaijerikannatukselle holviin. Kiinnityspaikkojen löytämiseksi teetätettiin vanerisapluuna (liite 5), joka jäljitteli alakattolautan ulommasia mittoja. Sapluunaa liikutettiin lattialla ja alakattolautojen kiinnityspisteet haettiin pohjakuvien mukaan. Tämä helpotti kiinnityspisteiden poraamisen holviin. Vaijerikannatusten asennus sujui moitteettomasti. Paikoitellen välipohjaan oli asennettu akustoivia liimavillalevyjä, jotka olivat kohdassa, johon oli tarkoitus porata vaijeria kannatteleva betoniankkuriruuvi. Näissä paikoissa oli porattava betoniankkuriruuvit liimavillalevyjen läpi.

Työmaalla asennustyön yhteydessä tehtävät työt alakattolauttaan haluttiin saada mahdollisimman vähäisiksi. Minkäänlaisia porauksia lauttaan ei haluttu tehdä, koska poraustyöstä tuleva alumiinipöly ja silppu naarmuttaisivat todennäköisesti lautan maalipintaa. Asennustyön yhdessä tehtävät työt olivat nostosilmukkaruuvien kiinnitys alakattolautan kehikkoon, LED-lineaarin kiinnitys kehikkoon sekä verkon nostaminen paikoilleen. Näiden vaiheiden jälkeen alakattolautta oli valmiina nostettavaksi haluttuun koroon ja kiinnitettäväksi ennalta asennettuihin kannatusvaijereihin. Metalliverkko voitiin haluttaessa nostaa paikoilleen sen jälkeen, kun alakattolautta oli kiinnitetty kannatusvaijereihin.

Alakattolautojen sijoittelu alakattokaavioiden suunnitelmien mukaan täsmällisesti oli haastavaa. Lauttojen sijainnit toisiinsa nähden olivat satunnaiset, eivätkä etäisyydet yhden lautan reunasta tai kulmasta toiseen olleet säännöllisiä. Asennuksessa täytyi huomioida LED-lineaari sivujen sijoittuminen alakattokaavioiden suunnitelmien mukaisesti (kuvio 12). Korkeussuunnassa alakattolautat asennettiin kentittäin suurin piirtein samaan korkoon. Suurin osa käytäville asennettavista alakattolautoista korkomitta lattiapinnasta alakattolautan alaosaan on 2 600 millimetriä. Sisäänkäynneille ja korkeisiin tiloihin sijoitetut alakattolautat asennettiin yli 5000 millimetrin korkeuteen lattiapinnasta. Alakattolautojen nosto- ja asennustyö tehtiin käyttäen saksilavanostimia ja kuukulkijoita.



KUVIO 12. Kuvankaappaus neljännen kerroksen alakattokaaviosta. Alakattoleijojen sijoittelu esitetty kaaviossa (Marika Rökman 2020, AIHIO ARKKITEHDIT)

Asennustyö vaati vähintään kaksi henkilöä alakattolauttaa kohden, jotta lautta saatiin nostettua paikoilleen. Asennustyön tekijöiltä saatu palaute metalliverkkolautojen asennustyöstä oli enimmäkseen positiivista. Työn vaiheet oli ennalta ajateltu ja mahdolliset ongelmat ratkaistu. Asennusjälki oli moitteetonta, ja yksikään alakattolautta ei vahingoittunut käyttökelvottomaksi asennusvaiheessa.

4.2.1 Logistiikka

Lautojen kehiöt toimitettiin Purso Oy:n tehtaalta maalausta varten Linjateräs Oy:lle. Ensimmäiset kolme toimitusta sisälsivät sata kappaletta kehiökoja toimitusta kohden, ja neljäs toimitus sisälsi loput satakaksikymmentäkolme kappaletta kehiökoja. Toimitukset tapahtuivat kahden viikon porrastuksella. Ensimmäinen erä kehiökoja toimitettiin heinäkuussa 2021 maalaukseen. Linjateräksestä maalatut kehiöt saatiin työmaalle toimitettua tarpeen mukaisesti. Kaksikymmentä kehiökoja saatiin pakattua päällekkäin yhdelle eurolavalle toimitusta varten. Kehiökojen ulkoreunat suojattiin pahvisella kulmasuojalla ja koko lavallinen käärittiin muovisella kiristekalvolla, jotta kehiöt eivät joutuisi kosketukseen veden kanssa kuljetusten ja purkujen aikana. Päällekkäin pakattujen kehiökojen väleihin laitettiin pakkauslevyä, jotta kehiöt eivät vaurioituisi kuljetuksen aikana.

Alakattolauttojen metalliverkot toimitettiin yhdessä erässä heinäkuun aikana Saksasta Suomeen. Verkkojen toimittaja hoiti ulkomaan rahdit. Suomessa verkot toimitettiin Linjateräs Oy:lle maalattavaksi. Pulverimaalauksen jälkeen verkot pakattiin kahdenkymmenen kappaleen eriin eurolavoille. Kohteeseen täytyi pystyä toimittaa täsmällisiä määriä asennettavaa tavaraa, joten oli helpointa pakata kehikkoja ja verkkoja sama määrä yhtä lavaa kohden.

Kansi areenalla pääurakoitsijan vastuulla oli tavaran vastaanottaminen sekä tavaran kerroksiin nostaminen. Vaakasiirrot työmaalla kuuluivat Inlook Oy:lle. Kehikkojen ja metalliverkkojen ensimmäinen toimitus työmaalle tapahtui elokuun 2021 loppupuolella. Työmaalle toimitettiin tavaraa vain silloin, kun asennuksia pääsi tekemään. Tavaran välivarastointiin maalaamossa.

5 POHDINTA

Tuotekehitysprosessin lopputulos oli onnistunut. Aikaiseksi saatiin valmis tuote, joka täytti sille asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Metalliverkkolautat saatiin asennettua paikoilleen ajallaan, ennen kohteen valmistumista ja käyttöönottoa. Arkkitehdin visio visuaalisesti kokonaisuudesta täyttyi, koska mielestäni asennetut alakattolautat muodostavat hienon kokonaisuuden. Alakattolautan kaikki kolme eri variaatiota eroavat visuaalisesti toisistaan ja niille suunnitellun sijoittelun mukaisesti ne luovat arkkitehtonista ilmettä kohteella. Alakattolautta on suunniteltu ja luotu Kansi areenalle, joten kyseistä tuotetta ei toistaiseksi löydy muualta.

Todiste alakattolautan kestävydestä on se, että Kansi arena on ollut yleisölle avoin jo puoli vuotta ja tänä aikana areenalla on vietetty esimerkiksi jääkiekon miesten maailmanmestaruuskisat sekä Tapparän SM-liigan mestaruusottelut. Tiedossa ei ole, että ovatko alakattolautat altistuneet ikkivallalle edellä mainituissa tapahtumissa, mutta todennäköisyys sille on riittävän suuri, jotta voidaan todeta rakennetekniikan olevan kelvollista.

Alakattolautalle asetettu budjetti saatiin alitettua. Suurin säästökohde alkuperäiseen budjettiin verrattuna oli asennustyön kustannukset. Taloudellinen loppuselvitys ja kustannuslaskelmat ovat Inlook Oy:n omaisuutta, ja ne jätetään julkaisematta tässä yhteydessä.

Jatkotutkimuksena metalliverkkolautta voitaisiin kehittää kokonaisuudeksi, jota voitaisiin tarjota näyttävänä alakattoratkaisuna ja tuotteena. Alakattolautassa käytettävien komponenttien vaihtoehtoisia ratkaisuja voitaisiin tutkia. Tarpeiden ja vaatimusten mukaisesti metalliverkon sijaan alakattolautassa voitaisiin käyttää esimerkiksi metalliritilää, akustiikkalevyä tai metallisälettä. Alakattolautta voitaisiin myös mallintaa BIM-objektiksi.

Haluttaessa tuotetta voisi jatkojalostaa laajempaan käyttöön. Alakattolautta on muuntojoustava, joten lautan mittoja ja muotoa on mahdollista muuttaa haluamaan suuntaan. Alakattolautasta olisi mahdollista valmistaa esimerkiksi kolmion tai oktagonin muotoinen lautta. Väriin puolesta kaikki värit, jotka sopivat lautassa käytettäville materiaaleille ovat mahdollista saada tuotteessa käytettäväksi.

LÄHTEET

Gripple Medium Plus. Gripple Ltd. Hakupäivä 6.5.2022
<https://www.gripple.com/products/agriculture/gripple-plus/>

Kalle Kaivola, 2021. Malliasennuskatselmuksen pöytäkirja. Julkaisematon. SRV Oy

Keijo Laakso, 2021. Valokuvat. Inlook Oy.

Maalausprosessin vaiheet. Linjateräs Oy. Hakupäivä 12.11.2021
<https://linjateras.fi/maalausprosessi-ja-materiaalit/>

Merituuli 01. Kuvapankki, sisäkatot. Inlook Group Oy. Hakupäivä 25.10.2021
https://www.inlook.fi/sisakatot/kuvapankki?gfid_299=360&gpid_299=1697#gallery_299

Metallikatot, verkkokatot. Inlook Group Oy. Hakupäivä 26.10.2021
https://www.inlook.fi/files/68/Metallikatot_-_Verkkokatot.pdf

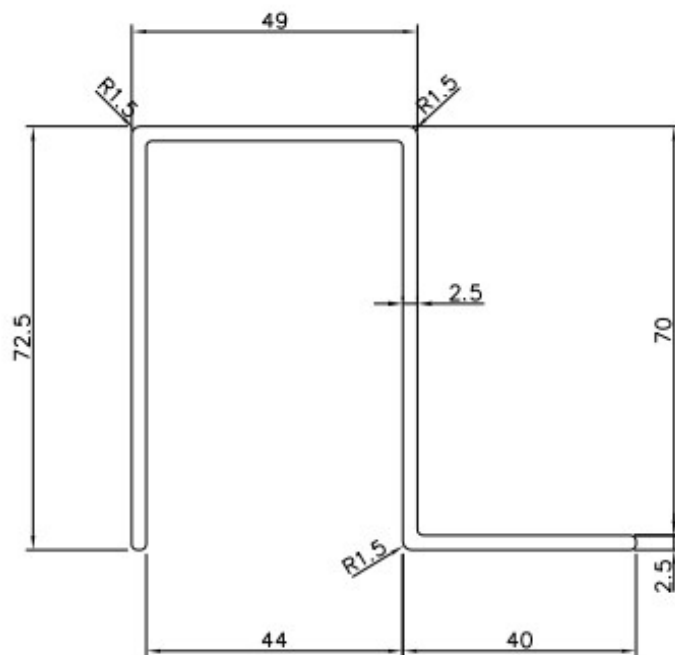
RT 14-11103. 2013. SisäRYL 2013 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 27.5.2021. Saatavilla:
<https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2014-11103>

RT 84-10916. 2008. Alakatot ja sisäkattoverhoukset. Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 22.5.2021. Saatavilla:
https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2084-10916?external_system=Juha&page=1


Rökman, M. 2020 Alakattokaaviot. Julkaisematon. Aihio Arkkitehdit Oy.

Slotte, A. 2019. Tuotekehitysprosessin määrittäminen. Tuotantotalouden koulutusohjelma. Centria ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

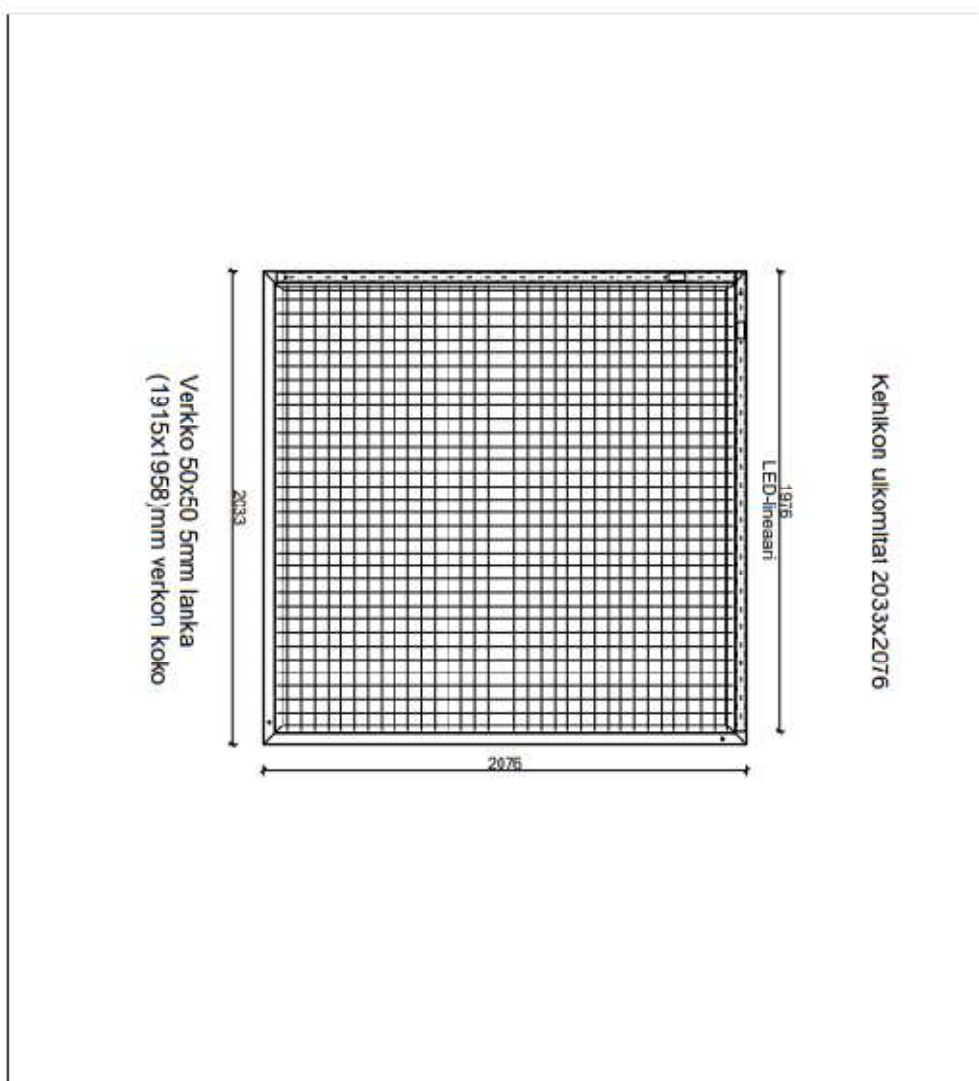
Liite 2. Alakattolautan alumiiniprofiilin poikkileikkaus. Purso Oy.



I _x	40.56 cm ⁴
W _x	10.88 cm ³
I _y	36.91 cm ⁴
W _y	6.73 cm ³

f FULL RAD		• R0.3 + R1.0		Primary surface -----		Not visible surface	
		Secondary surface -----		Identification area -----			
A	Ref.	Visib. surf. YES	Net. P.m. 0	MN	Customer nr: 16916	Drawn	110521MM6
ø.c.a.s.	112	Kg/m 1.526	Gen. thickn. 2.5	Gen. Rad. 1	 37200 SIURO FINLAND TEL INT+358-03-3404111 FAX INT+358-03-3404310 www.purso.fi	Insp.	
P.m.	453	Alloy AW-6063 T5	Straightn. EN 12020-2	Acc.			
S.a.	565	Toler. EN 755-9	Flatness EN 12020-2	T -no.		TR3854	
Surf.gateg.	N	Anod. YES	Identif. YES	Torsion EN 12020-2		No.	0

Liite 3. Tuotantokuva metalliverkkolautasta

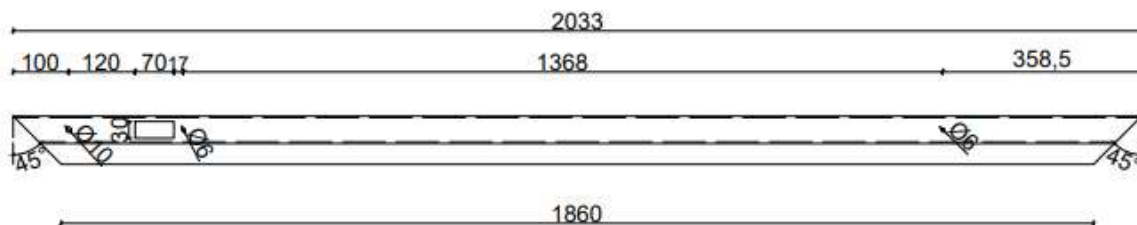


Yhtiön nimi	Konttori	Yhteyshenkilö	Yhteystiedot
LIJDSRAKENNUS			
Kansli Asema		Matti Aho	1 : 20
25.4.2021, Paitk Kaarto			

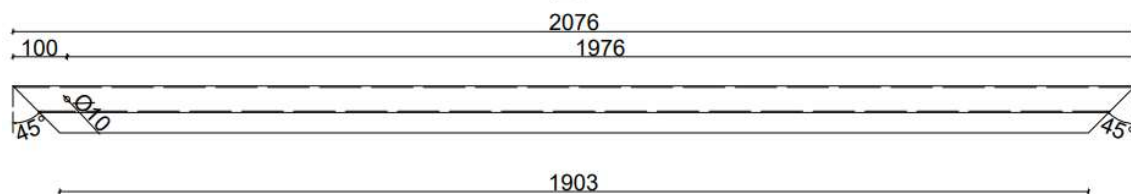
Liite 4. Kehikon profiilien työstökuvat

Reikien sijainnit ylhäältä katsottuna

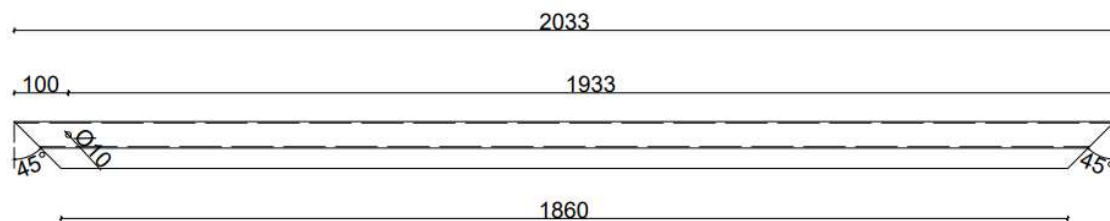
A



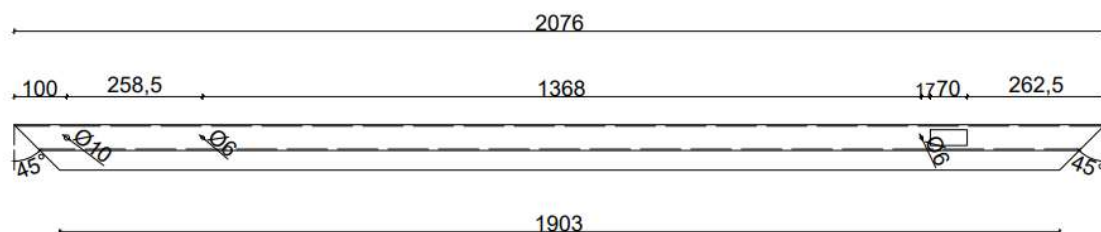
B



C



D



Reiät tulevat keskelle profiilin yläosaa

