

Elementtirakenteisen ja paikalla rakennetun vesikaton vertailu

Tiivistelmä

Tekijä Dufva, Manu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 23	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Elementtirakenteisen ja paikalla rakennetun vesikaton vertailu		
Tutkinto ja koulutusala Rakennusmestari (AMK), Rakennusalan työnjohdon koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Mika Rokala, Työpäällikkö, YIT Suomi Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tutkii elementtirakenteisen vesikaton ja ristikkorakenteisen vesikaton eroavuuksia kosteudenhallinnan, kustannusten ja aikataulutuksen suhteen. Rakennusosalalla tärkeässä roolissa oleva työturvallisuus huomioidaan.</p> <p>Kahdella vertailtavalla koulukohteella on ollut työnjohdollisesti merkittävässä rooleissa lähes kaikki samat henkilöt, joten haastateltavilla on paljon vertailukelpoista tietoa. Kosteudenhallinta on julkisilla rakennuksilla avainasemassa ja materiaalin kuivaketju rakentamisvaiheessa aiheuttaa erilaisia toimenpiteitä rakentamistavasta riippuen.</p> <p>Työmaan suunnitteluvaiheessa katsotaan paljon taloudellisia kustannuksia ja opinnäytetyössä pyritään saamaan kokonaisvaltaisempi kuva erilaisten vesikattorakenteiden haitoista ja hyödyistä, niin aikataulun, kosteudenhallinnan kuin kustannusten suhteen.</p>		
Asiasanat elementtirakenteinen, kosteudenhallinta, kustannus, aikataulu		

Abstract

Author Dufva, Manu	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 23	
Title of Publication Prefabricated and truss water roof comparison		
Degree and field of study Construction Site Manager (UAS)		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Mika Rokala, Production Manager, YIT Finland Ltd.		
Abstract <p>The thesis examines the differences between a prefabricated water roof and a truss water roof in terms of moisture management, costs, and scheduling. Occupational safety, which plays an important role in the construction industry, is being considered.</p> <p>The two comparable school sites have had almost all the same persons in the same roles in the management, so the interviewees have a lot of comparable information. Humidity management is key in public buildings and the dry chain of the material during the construction phase requires different measures depending on the construction method.</p> <p>A lot of costs are considered in the design phase of the site, and the aim of the thesis is to get a more comprehensive picture of the disadvantages and benefits of different water roof structures, in terms of schedule, humidity management and costs.</p>		
Keywords prefabricated, humidity management, costs, schedule		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Vesikatto ja yläpohja.....	2
3	Vesikattorakenteet.....	3
3.1	Elementtirakenteinen vesikatto.....	3
3.2	Paikalla rakennettu vesikatto.....	10
4	Haastattelu.....	14
4.1	Toteutus.....	14
4.2	Vastaukset.....	14
5	Vesikattorakenteiden vertailu.....	16
5.1	Aikataulu.....	16
5.2	Kustannukset.....	16
5.3	Kosteudenhallinta.....	18
5.4	Työturvallisuus.....	18
6	Yhteenveto ja pohdinta.....	21
	Lähteet.....	22

Liitteet

Liite 1. Kysely

1 Johdanto

Opinnäytetyössä vertaillaan kahta rakenteellisesti erilaista julkisen rakennuksen vesikattoa. Vesikatto toimii rakennuksen sisärakenteiden suojana niin vesi- ja lumisateelta kuin muiltakin ulkoapäin tulevilta säävaihteluilta. Vesikatto muodostuu katteesta, mahdollisesta aluskatteesta ja näitä kannattavista rakenteista. (Raksystems 2017.) Vertailua tehdään aikataulun, kustannusten, kosteudenhallinnan ja työturvallisuuden suhteen. Työn tarkoituksena on selvittää kokonaisuutta kannattavuuden kannalta, sillä rakenteet ja asennusmenetelmät poikkeavat huomattavasti toisistaan. Työn toimeksiantaja on YIT Suomi Oy:ssä työpäällikkönä toimiva Mika Rokala ja molemmat opinnäytetyön koulukohteet ovat olleet hänen työmaitaan.

YIT on suomalaisista yrityksistä suurin rakennusyhtiö ja hankekehittäjä, ja myös merkittävä toimija Pohjois-Euroopassa. Yritys on rakentanut jo 110 vuotta asiakkaille parempia elinympäristöjä, joihin kuuluvat asuinrakennukset, julkiset rakennukset sekä liikkumista parantava infrastruktuuri. Yrityksessä työskentelee yli 5500 työntekijää yhdeksässä maassa ja yrityksen liikevaihto oli vuonna 2021 2,7 miljardia euroa. (YIT 2022.)

Ensimmäinen työssä tarkasteltava kohde on rakenteilla oleva koulu- ja monitoimikeskus Turengissa. Rakentaminen aloitettiin kesällä 2021 kohde tulisi luovuttaa kesällä 2023. Rakennuksessa vesikatto pinta-alaa on noin 4200 m² ja se on jaettu neljään lohkokon. Työvaihe käynnistyi syksyllä 2021 ja valmistui alku vuodesta 2022. Vesikattorakenteet ovat elementtivalmisteisia, niin tukiseinien kuin kattoelementtien osalta.

Toinen kohde, Heinsuon Yhtenäiskoulu, sijaitsee Hollolassa ja on valmistunut vuonna 2017. Kattopinta-alaa on noin 4400 m² ja rakenteet ovat pitkästä tavarasta paikan päällä rakennetut puupukki rakenteet. Molempien kohteiden vesikattotyöt ajoittuivat talvirakentamisolosuhteiden aikaan.

Jokainen rakennettu vesikatto on työnä erilainen, joten opinnäytetyö rajataan yllä mainittuihin vesikattoihin. Tarkastelu alkaa höyrynsulkuna toimivan bitumikermin päältä ja päättyy katteena olevaan pohjahuopaan. Mahdolliset lisätyöt ja viivästyksistä aiheutuneet kustannusten nousut jätetään huomioimatta opinnäytetyössä.

2 Vesikatto ja yläpohja

Yläpohja ja vesikatto muodostavat yhdessä kokonaisuuden, vaikkei yläpohja olekaan aina vesikattoon liittyvä rakennusosa. Yläpohjan rakenteet ovat höyrynsulku, lämmöneriste ja kantava runkorakenne, tuulensuoja, tuuletustila sekä aluskate. Yläpohjan eristeeksi soveltuvat hyvin puhallettavat tai levymäiset mineraalivillat ja puukuitueristeet. Runkorakenteeseen soveltuvat massiivipalkit, liimapuupalkit, viilupuupalkit, kevennetyt uumapalkit ja kattoristikot. Yläpohjan ja vesikaton väli tulee olla riittävän tuulettuva. Yläpohjassa tuuletuksen tarve on riippuvainen tiiveydestä ja rakennettaessa on varauduttava siihen, että yläpohjaan muodostaa/kulkeutuu kosteutta. (Siikanen 2016, 267–272.)

Vesikatto itsessään toimii rakennuksen hattuna ja suojaa näin rakennusta sään rasituksilta sekä vaikuttaa arkkitehtuurisesti ulkonäköön. Vesikaton rakenteet ovat yleisesti katteen suoja, kate sekä katteen alusta. Vesikatot ryhmitellään kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa ryhmittelee katon vedenpitävyyden ja kaltevuuden suhteen seuraavasti:

- seisovaa vettä pitävä katto
- juoksevaa vettä pitävä katto

Toinen tapa ryhmittelee vesikaton ja yläpohjan toiminnallisuuden kannalta seuraavasti:

- kylmä katto
- lämmin katto

Nykyisin yleisimmät katemateriaalit ovat bitumi- ja huopakermi-, tiili-, pelti-, kivikuitu- ja erilaiset laattakatteen. Katteen alustan tukirakenne määrittyy katemateriaalista ja siihen kohdistuvista rasituksista ja kuormituksista sekä kattotuolien k-jaosta. Kosteusteknisesti materiaalin tulee olla jo rakennusvaiheessa sellaista, ettei kosteusvaihtelut aiheuta puumateriaalien turpoamista tai kutistumista. Asennettaessa katteen alustaa, tulee huomioida jo vähäinen kosteuseläminen. Näin ollen itse kate ei rasitu liikaa ja mahdollisesti vaurioidu. (Siikanen 2016, 273–275.)

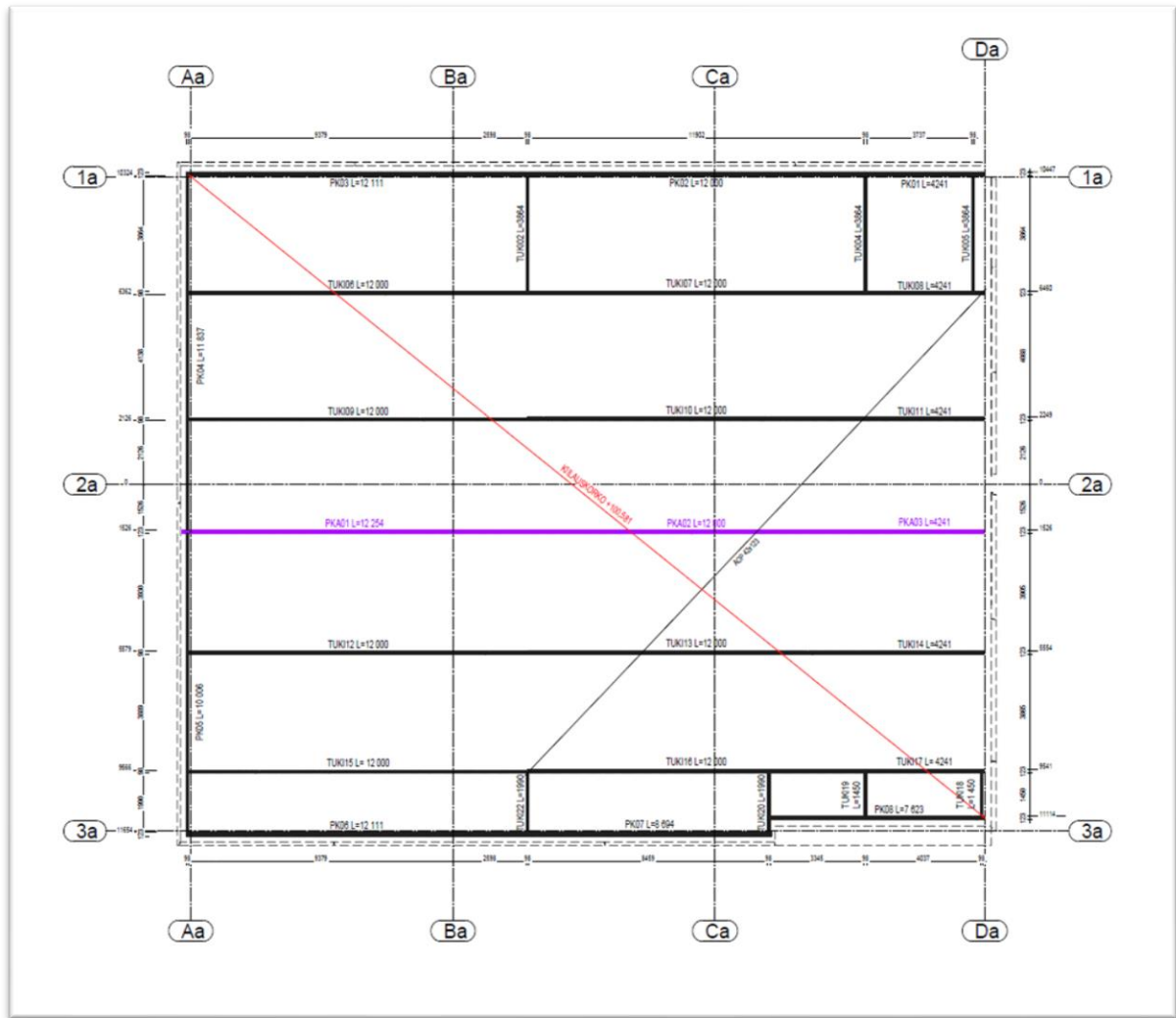
3 Vesikattorakenteet

3.1 Elementtirakenteinen vesikatto

Elementtirakenteisen vesikaton tarvittavat rakenneosat asennetaan valmiiksi tehdasolosuhteissa (Puuinfo 2021). Turengin koulu- ja monitoimikeskuksen vesikattorakenteet ovat pinta-alaltaan noin 4200 m² ja rakenteet on jaettu neljään osaan, A-, B-, C- ja D-lohkoon. Ne on valmistettu Lapwall Oy:n LEKO-kattoelementtijärjestelmällä.

Lapwall Oy:n tuotanto on sertifioidusti hiilinegatiivista ja se on saanut ensimmäisenä maailmassa tuotteilleen verifioidut ympäristöselosteet. Järjestelmässä tuki- ja palokatkoelementit asennetaan 4–6 metrin välein, joten IV-putkille sekä muulle tekniikalle jää yläpohjaan hyvin tilaa ja niiden huoltaminen myös helpottuu (Puuinfo 2021).

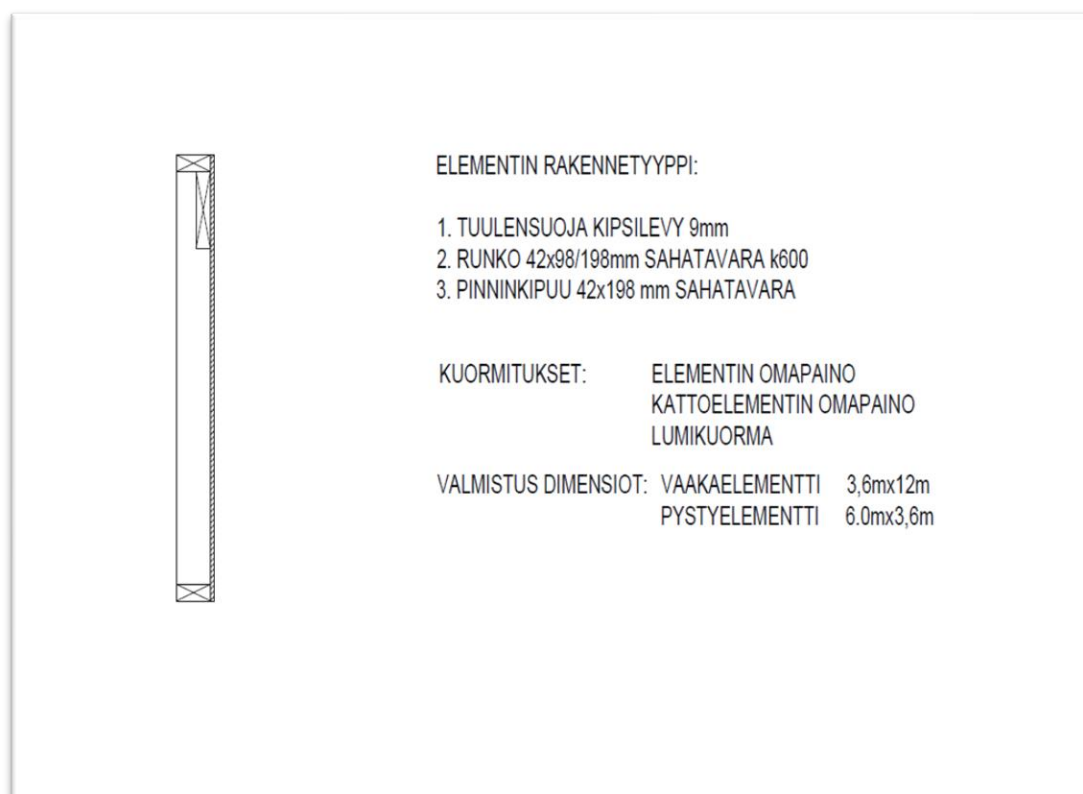
Tarkasteltavan kohteen rakenne alkaa yläpohjan höyrynsulkuna toimivan pohjahuovan päältä, johon kiinnitetään alaohjauspuut (Kuva 1.). Puiden sijainnit suunnitellaan, siten että niiden päälle asennettavat tukiseinät jakavat rakennusteknisesti oikein kattoelementtien kuorman. Höyrynsulun päälle mahdollisesti muodostunut jää tai lumi sulatetaan ja poistetaan ennen alaohjauspuiden asennusta. Näin estetään mahdollinen painuminen jään sulamisen jälkeen. Puut toimitetaan työmaalle erillisellä kuormalla, sillä ne voidaan asentaa etukäteen ja suojataan hyvin odottamaan tukiseinien asennusta.



Kuva 1. Alaohjauspuukaavio (Manu Dufva 2022)

Alaohjauspuut 42x127 mm asennetaan kiilojen ja muovisten elementtilappujen avulla mitattamiehen ennalta määrittämään korkoon ja sijaintiin (Kuva 1). Ne kiinnitetään M10x120 betoniruuveilla k1200 jaolla, käyttäen ilmavuutta parantavia elementtilappuja. Kaikki tuotteet ovat CE-merkittyjä ja hyväksytyjä.

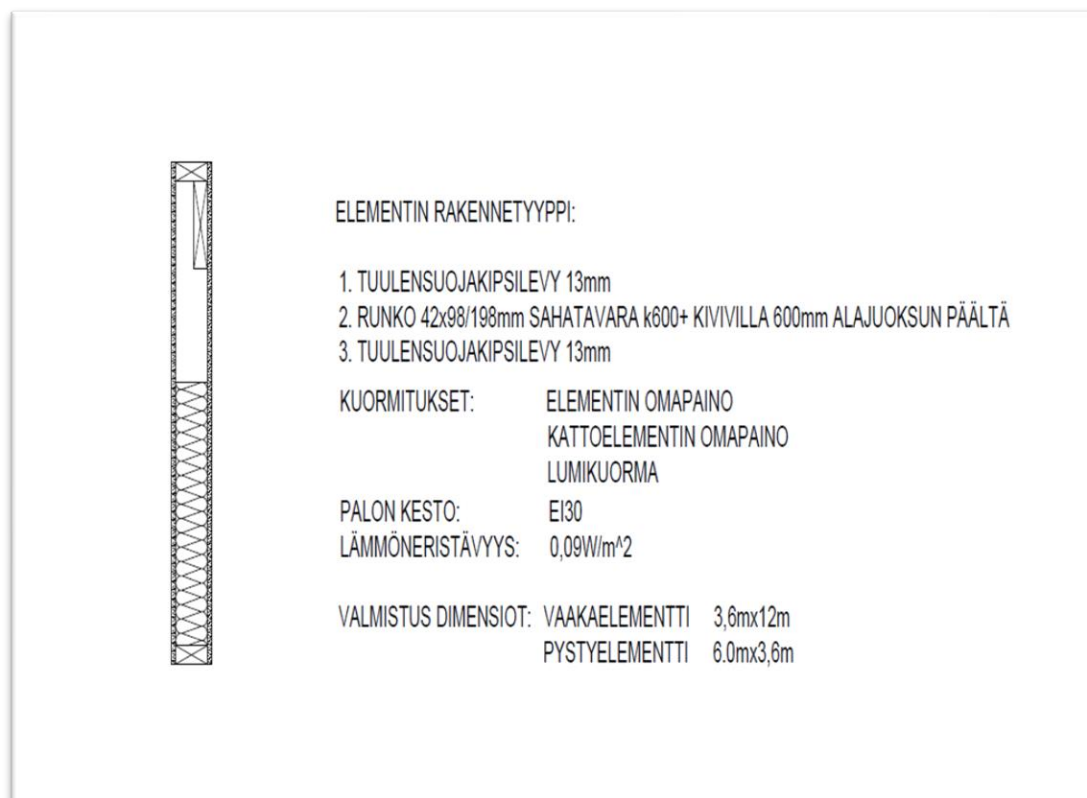
Vuonna 2013 voimaan tullut säädös vaatii CE-merkinnän kaikilta rakennustuotteilta, jotka jäävät rakennuksen kiinteäksi osaksi. CE-merkintä on kaksiosainen, tuotteessa on standardimukaiset tiedot yksinkertaisesti ja suoritustasoilmoituksessa tiedot ovat ilmoitettuna kattavammin. (Ratu TT 18.10.)



Kuva 2. Kantava tukiseinä (Lapwall-suunnittelijan käsikirja 2021)

Kohteessa on neljä erityyppistä tukiseinäelementtiä, niiden paloluokituksesta, kantokyvystä ja eristävydestä johtuen. Kantokykyyn vaikuttavat (Kuva 2.) elementin omapaino, kattoelementin paino, lumikuorma sekä mahdollinen hyötykuorma esimerkiksi aurinkopaneelit. Tukiseinät nostetaan alaohjauselementtien päälle, joiden asennustarkkuus vähentää huomattavasti tukiseinille tehtäviä jälkitöitä. Asennusryhmän koko kyseisessä kohteessa on autonosturikuljettaja ja kolme rakennusammattimiestä. Tukiseinät toimitetaan työmaalle huputettuna, kosteudelta suojassa ja asennetaan välittömästi kuorman saapessa. Kuormat saapuvat työmaalle täsmätoimituksena.

Täsmätoimituksessa materiaalit saapuvat työmaalle ennalta sovittuna ajankohtana. Ne ovat merkitty ja pakattu suunnitelmien mukaan esimerkiksi asennusjärjestyksen mukaan. Tehtaan pitää välittömästi saada tieto muutoksista, jotta niihin ehditään reagoimaan. Täsmätoimitus vaatii tarkkaa aikataulusuunnittelua. (Ratu S-1227, 4.)

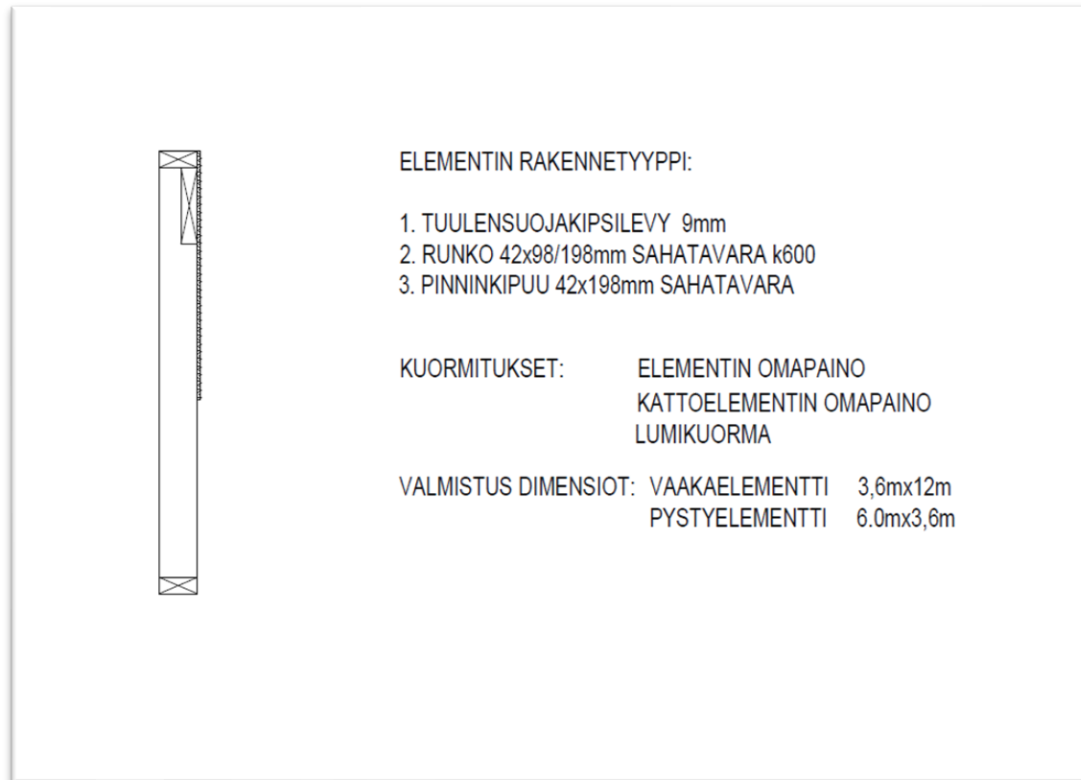


Kuva 3. Palokatkoseinä EI30 (Lapwall-suunnittelijan käsikirja 2021)

EI 30 (Kuva 3.) tarkoittaa rakennusosien palonkestävyyden luokittelua, jossa E tarkoittaa tiiveyttä, I tarkoittaa eristävyttä ja 30 palonkestävyyssaikaa minuutteina (Knauf Oy 2017).

Rakenteessa (Kuva 3.) on kaksi 13 mm tuulensuojakipsilevyä, jotka molemmat antavat 15 minuutin palonkestävyyssajan, joten näin ollen rakenteen palonkestävyyssaikea on 30 minuuttia. Tehtaalla valmistetut elementit vähentävät merkittävästi työmäärää yläpohjassa, sillä palokatkoseinien levyrakenteet ovat levytetty jo tehdasolosuhteissa. Levyjen käsittely ahtaassa yläpohjassa hidastaa työtahtia ja vaikeuttaa aikataulussa pysymistä. Talotekniikan varaukset tehdään työmaalla, mikä mahdollistaa esimerkiksi törmäystarkastelussa muutettua kanavavedot.

Talotekniikan keskinäiset törmäystarkastelut kanavien, putkistojen ja johtoteiden suhteen tehdään eri alojen suunnitteluohjelmissa, ohjelmien sallimissa rajoissa. Niissä huomioidaan risteäväisyydet ja reagoidaan niihin. Tarkastelu on syytä tehdä myös arkkitehti- ja rakennemallin kanssa. (RT 10-11071 2012, 9.)



Kuva 4. Ulkokierto seinä (Lapwall-suunnittelijan käsikirja 2021)

Ulkokierto seinärakenteen (Kuva 4.), kuten myös kantavan tukiseinän (Kuva 2.) rakenteissa käytetään 9 mm paksuista tuulensuojakipsilevyä, joka ei anna palonkestävyyssaikaa hyvän rakennustavan mukaan ja ne suunnitellaan yläpohjassa muualle kuin osastoille palokatkalueille.

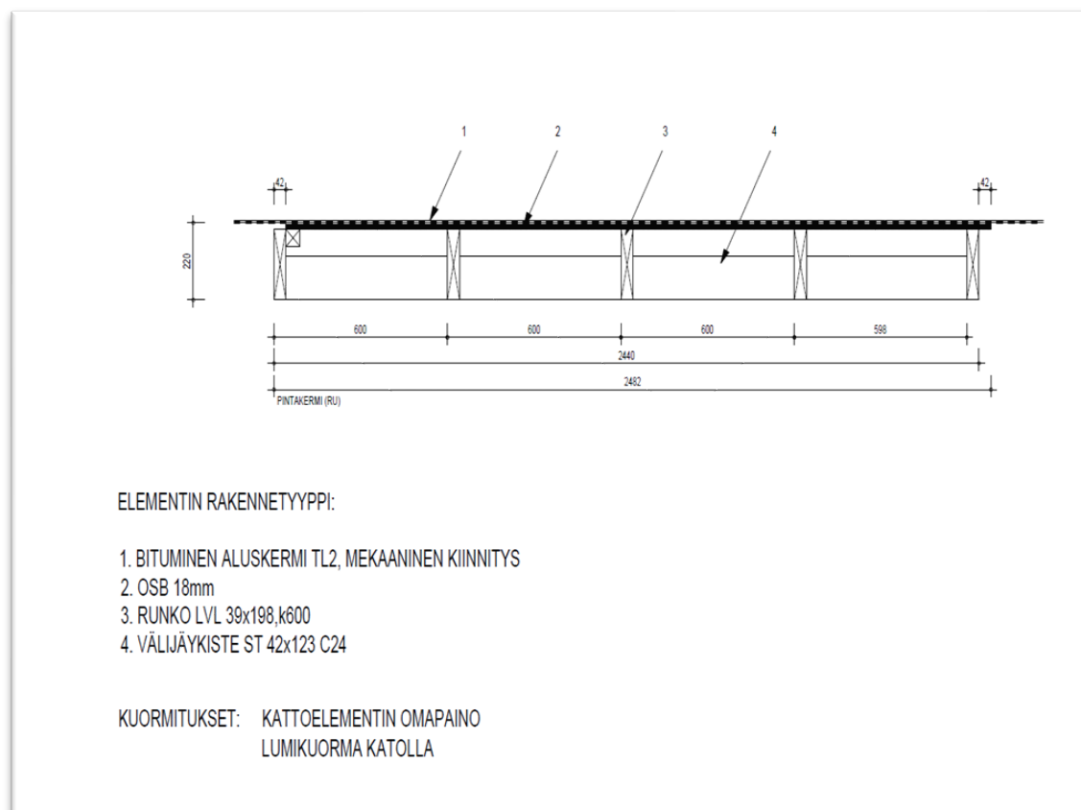
Rakennus tai siinä oleva tila on jaettava palo-osastoihin savun ja palon leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi sekä sammutus- ja pelastustoimien helpottamiseksi. Osastoivan rakenteen on materiaalin, varusteiden ja laitteiden osalta voitava estää palon leviäminen toiseen palo-osastoon määrätyn ajan. (Ympäristöministeriön asetus 848/2017, luku 3, § 14&16.)



Kuva 5. Kantava palokatkoseinä EI15 (Lapwall-suunnittelijan käsikirja 2021)

Rakenteessa (Kuva 5.) on yksi tuulensuojakipsilevy, joka antaa rakenteelle 15 minuutin palonkestävyysajan. Kohteessa kaikkien neljän elementin runkomateriaalit ja -vahvuudet ovat samanlaisia, mutta levytyksillä lisätään kantavuutta ja palonkestävyyttä.

Lapwall-suunnittelijan käsikirjassa (2021, 23) kerrotaan, että kattoelementtien asennuksessa kuljetustuet ja suojamuovit poistetaan asennustyön edetessä. Tehtaalla kiinnitetyt nostolenkit tulee jokainen kiinnittää nostoapuvälineen ketjuihin ja asennus aloitetaan yleensä rakennuksen toisesta päädyistä ja edetään räystäältä kohti katon harjaa. Ensimmäinen elementti asemoidaan huolellisesti rakennuksen seinälinjan kanssa ja asennuksessa sekä kiinnityksessä noudatetaan kohdekohtaisia asennusdetaljeita ja -kaavioita. Elementit kiinnitetään lopullisilla kiinnitysosilla, eikä väliaikaisia tukia ja kiinnitysosia tarvita. Rungon asennuksen yhteydessä mahdollisesti käytetyt väliaikaiset tuet poistetaan työn edetessä ja mahdolliset varausaukot suojataan tehtaalla väliaikaisella suojalla työturvallisuuden parantamiseksi.

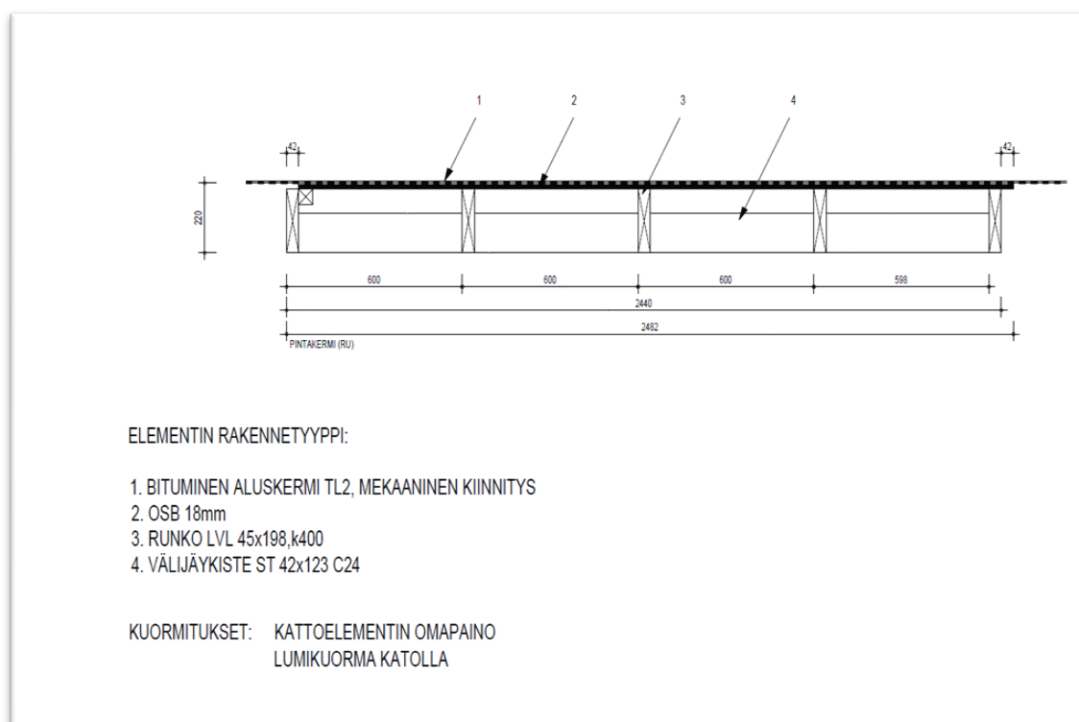


kuva 6. Kattoelementti yleensä (Lapwall-suunnittelijan käsikirja 2021)

Kattoelementin runkorakenteena (Kuva 6.) käytetään 39x198 mm LVL eli viilupuuta ja jäykisteenä 18 mm OSB-levyä. Välijäykiste on 42x123 mm mitallistettu puu. Jäykisteenä käytettävä OSB-levytys parantaa talvirakentamisen aikana asennettujen runko- ja kattoelementtien työnlaatua, sillä levytyksen vähäinen kosteuseläminen esim. estää katteen ylläsitoksen ja rikkoutumisen.

VLV eli viilupuuta on kaikessa uudis-, korjaus- ja teollisessa rakentamisessa käytetty materiaali, jossa 3 mm paksuiset kuusiviilut liimataan yhteen. Viilupuuta käytetään kantavissa palkeissa, ristikoissa, pilareissa, kehissä ja ikkuna- ja oviteollisuuden komponenteissa. (Puuinfo 2020.)

OSB on kolmikerroslevy, joka on liimattu ohuista puulastuista (0,7 mm) ja niitä sanotaan strandeiksi. Ne liimataan ristiin, muodostaen vaneria muistuttavan rakenteen, ja ristiin liimaus vähentää kosteuselämistä sekä antaa pinnalle hyvän taivutuslujuuden. (OSB 2022.)



kuva 7. Kattoelementti kinostuman alueella (Lapwall-suunnittelijan käsikirja 2021)

Mahdollisella lumen kinostumisen alueella kattoelementin (Kuva 7.) materiaalit vahvuuksi-
neen ovat samanlaiset kuin muilla kohteen kattoelementeillä. Ainoastaan k-jako tihenee
600 mm 400 mm mahdollistaen suuremman kuormankantokyvyn. Sekä OSB-levytys että
aluskermi limitetään suunnittelijan ohjeen mukaan ja eri materiaalien saumat suunnitellaan,
siten etteivät ne ole pystysuoruuteensa nähden samassa kohdassa.

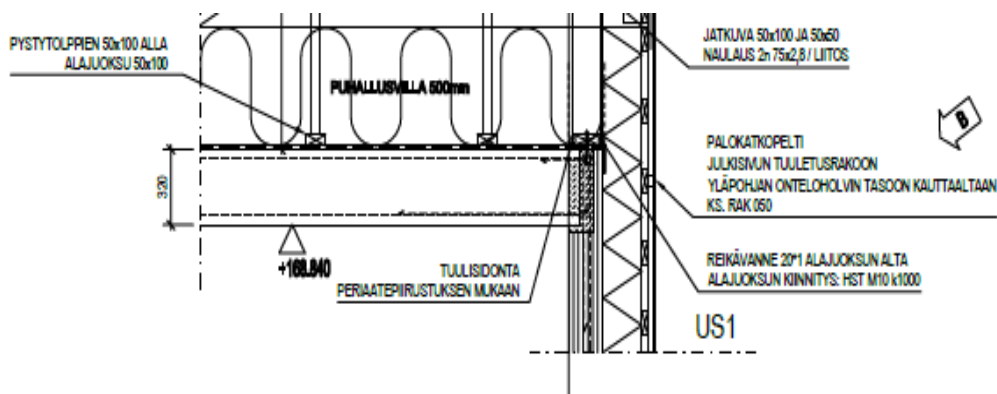
Elementtityövaiheen edetessä tarkkaillaan erityisesti sitä, että elementit ovat toisiinsa näh-
den suorassa, eikä saumoissa ole hammastuksia. Näin saadaan saumattua tiivis rakenne.
Saumausta tapahtuu, joko villakaistalla tai saumavaahdolla. Saumaustyön jälkeen vedene-
risteen lieve taitetaan toisen sauman päälle ja kiinnitetään mahdollisimman pian saumauk-
sen jälkeen. (Lapwall- suunnittelijan käsikirja 2021, 23.)

3.2 Paikalla rakennettu vesikatto

Paikalla rakennetun puurungon työvaiheet ovat ala- ja yläsidepuun asennus, runkotolppien
pystytys, rungon jäykistäminen, yläpohjapalkkien asennus, eristepohjan asennus ja koro-
kekoolaus (Ratu 0146, 1).

Vertailtava paikalla rakennettu vesikatto on Hollolan Heinsuon Yhtenäiskoulun katto. Vesi-
katon rakenneliöitä on noin 4400 m². Rakenne alkaa myös höyrynsulkuna toimivan

pohjahuovan päältä, johon kiinnitetään suoraan alajuoksupuua (Kuva 8.). Nopeampi, mutta epätasaisempi alajuoksupuua aiheuttaa runkotolppien asennuksessa enemmän yksittäistä mitoittamista ja kiinnitettynä suoraan pohjahuopaan se myös lisää kosteusriskiä.



Kuva 8. Alajuoksupuun sijoittuminen (Manu Dufva 2022)

Runkotolpat reivataan sivuttaisen nurjahtamisen estämiseksi jatkuvalla pystyvinoreivauksilla ja ne muodostavat x-kirjaimen tolppien välille. Runkotolppien vahvuus vaihtelee välillä 50x100 mm, 100x100 mm ja 50x200 mm korkeudesta johtuen. Kantavina palkkeina toimivat 50x150 mm kattovasat (Kuva 9.) kiinnitetään runkotolppiin 900 mm k-jaolla, jonka päälle tulee 23 mm raakaponttilaudoitus.



Kuva 9. Kattovasat (Manu Dufva 2022)

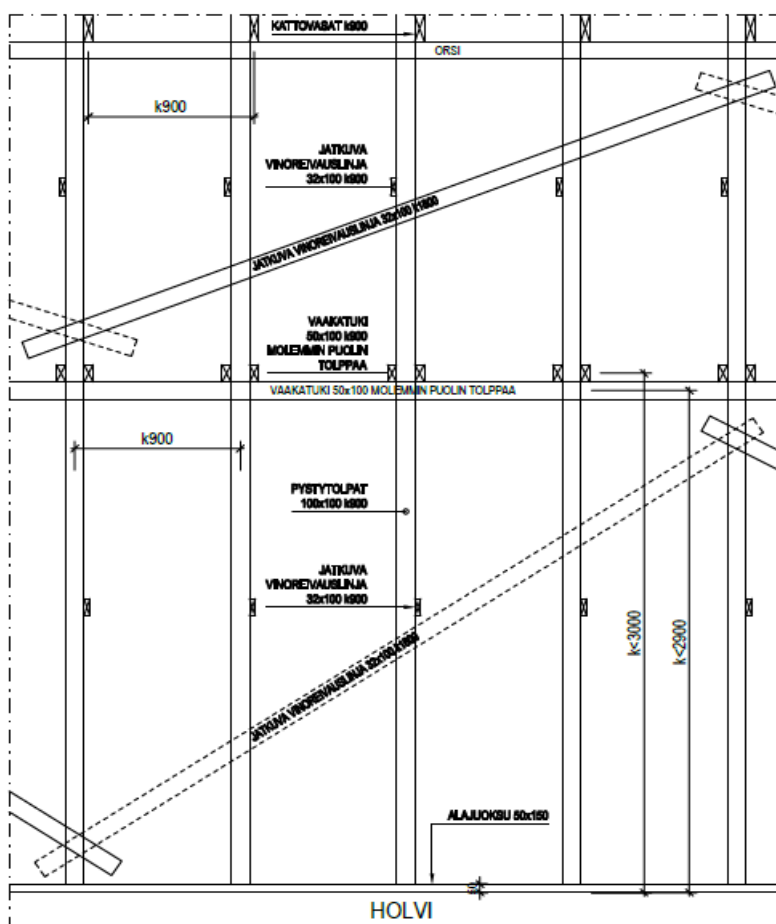
Rakenteen kestävyyttä parannetaan reikävanteella (Kuva 9.), joka kiinnitetään jokaiseen kattovasaan pystytolpan kohdalla. Tämä pidentää työmaalla tehtävää asennusaikaa, mutta antaa mahdollisuuden ennakoita ja puuttua mahdollisiin ongelmakohtiin.

Viistosti vesikatteen suuntaiset kantavat palkkirakenteet mahdollistavat viistot sisäkatot ympäriin kerrokseen, muodostamalla sisäkaton primäärirungon. Yläpohjan jäykistyksen

kannalta, se on myös hyvä ratkaisu, sillä jäykistyslevyt voidaan asentaa tukevasti suoraan kannakepalkkeihin. (Tolppanen ym. 2013, 66.)

Tämän jälkeen katon vedeneristys aloitetaan hitsaamalla bitumikermi kiinni laudoitukseen ja saadaan katteesta vesitiivis. Kohteen kaikki jäävät tuotteet ovat CE-merkittyjä, kuten elementtirakenteisen vesikaton.

PYSTYTOLPPIEN NURJAHDUSTUENNAN PERIAATEPIIRUSTUS ORSILINJOILLA
KORKEA OSA MODULIT 7-10 / L-S, 1:25



Kuva 10. Pystytolppien nurjahdustuenta (Manu Dufva 2022)

Kuten kuvasta 10 näkee, kohteen vesikaton pystytolppien k-jako on 900 mm, joka aiheuttaa lisäsuunnittelua mm. IV-kanaville. Suurehkon koulurakennuksen IV-kanavat ovat kokoluokaltaan niin isoja, että pystytolppia joudutaan katkomaan ja vinoreivalinjoja muuttamaan. IV-kanavien ja muun talotekniikan huoltoreitit ahtaassa yläpohjassa tulee suunnitella huolella. Muutokset suunnitelmiin lisäävät työvaiheen työaika. Rakentamisvaiheessa

suunnittelija suunnittelee rakenteisiin muutokset ja toimittaa niistä tarvittavat muutosdokumentit viranomaisille ja päivittää ne tietomalliin (RT 103087.)

Työvaiheen edetessä nostetaan tarvittava materiaali yläpohjaan odottamaan omaa työvaihetta, esim. talotekniikkavarusteet, joita on vaikea haalata yläpohjaan katteen kiinnityksen jälkeen. Nostot suunnitellaan, siten etteivät ne häiritse muita työvaiheita. Suunnitelmissa mainitaan, että raakaponttilaudoitusta ei voi asentaa sateella ja väliaikaista sääsuojaa joudutaan siirtelemään työtehtävän tarpeen mukaan. Tämä aiheuttaa lisää nostoja ja vie työaikaa vesikaton rakenteen asennukselta. Myös IV-kanavien eristys vaatii sääsuojan, joten työvaiheita tehdään päällekkäin suojan alla. Tämä vaatii hyvää suunnittelua eri työvaiheiden suhteen.

4 Haastattelu

4.1 Toteutus

Haastattelu toteutettiin sähköpostikyselyinä (LIITE 1). Haastattelun ja kyselyn tarkoituksena on selvittää, mitä ihminen ajattelee ja miksi hän toimii kuten toimii (Tuomi & Sarajärvi 2018). Tuomen ja Sarajärven (2018) mukaan Eskola on vuonna 1957 määritellyt kyselyn menettelytavaksi, jossa tiedonantajat täyttävät kyselyn itse kotonaan tai valvotussa ryhmätilanteessa. Tämän kyselyn vastaajat täyttivät itsenäisesti valitsemassaan paikassa.

Sähköpostikyselyssä haastateltaville lähetetään kysymykset. Haastattelun onnistumisen kannalta on suositeltua, että haastateltavat tietävät aiheen etukäteen. (Tuomi & Sarajärvi 2018.) Haastateltavien kanssa oli keskusteltu aiheesta sekä kasvotusten että puhelimitse etukäteen.

Sähköpostikysely sisälsi avoimia kysymyksiä. Kyselyn tarkoituksena oli saada uutta näkökulmaa haastatteluun vastaavilta henkilöiltä elementtirakenteisen vesikaton ja paikalla rakennetun puupukki vesikaton eroista. Tutkielman aiheena on sekä Turengin koulu- ja monitoimikeskuksen että Hollolan Heinsuon yhtenäiskoulun vesikatto, joten haastateltavat valikoituivat henkilöistä, jotka kuuluvat olennaisesti kyseisiin työmaihin.

Kysely lähetettiin sähköpostitse 3.5.2022 kuudelle rakennustyömaan työnjohto-, suunnittelu- ja valvontatehtävissä työskentelevälle henkilölle. Vastausaikaa annettiin viikko. Vastauksia saatiin viikon kuluessa neljä. Kyselystä muistutettiin puhelimitse, jonka jälkeen vastauksia saatiin yksi lisää.

4.2 Vastaukset

Kyselyn vastausten perusteella vertaillen vesikattoja ilmeni, että molemmissa vaihtoehdoissa on omat hyvät puolensa ja paremmuus on lähes aina kohderiippuvainen. Rakennesuunnittelun kannalta kilpailutus eri toteutusmuotojen suhteen kannattaisi toteuttaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, sillä suunnittelun rajanveto toimittajan ja rakennesuunnittelun suhteen on häilyvä. Toimittajan ollessa mukana suunnittelun aloituspalaverissa, ylimääräisiltä detaljeilta vältytään.

Työmaan toimihenkilöiden puolelta kantaa otettiin kosteudenhallintaan ja aikataulutukseen ja näiden kannalta pyrittiin tarkastelemaan asiaa kokonaisuutena. Myös suunnittelualojen yhteensovituksen tärkeys nousi esiin, sekä aikainen vesikattorakenteen valinta. Työturvallisuutta pitäisi pyrkiä valvomaan paremmin ja aikataulullisesti nopeampi elementtirakenne aiheuttaa tässä ongelmia. Toisaalta paikalla rakennetun puupukkirakenteen työvaiheen

aikana nostojen turvallinen suunnittelu on haastavaa monien muiden työvaiheiden ollen samaan aikaan käynnissä. Vesikatolla työskentely aiheuttaa putoamisriskin ja nopeampi työvaihe pienentää kyseistä riskiä.

Kosteudenhallinnan osalta elementtirakenne mahdollistaa nopeamman vedenpitävän kateen rakennukselle, mutta ilman sääsuojaa tehty asennus vaatii tarkkaa valvontaa niin sääsuojattujen toimitusten osalta kuin elementtiasennuksen suhteen. Monet kunnat vaativat paikalla rakennettuun pukkikattoon erillisrunkoisen sääsuojan. Hollolan kunta ei sitä vaatinut, ja työ tehtiin osittain huputettuna. Nopeampi vedenpitävyys vesikatteella mahdollistaa aikaisemman sisätyövaiheen, eikä suuria kuivatustöitä tarvita.

Kustannusten osalta paikalla rakennettu pukkikatto on edullisempi, mutta aikataulusta tulevat säästöt tekevät elementtirakenteisen vesikaton hyvin kilpailukykyiseksi. Suunnittelua, niin työmaan, työvaiheen, aikataulun kuin rakenteiden osalta tulisi ottaa enemmän huomioon jo hankintavaiheessa.

5 Vesikattorakenteiden vertailu

5.1 Aikataulu

Elementtirakenteisen vesikaton työvaiheet valmistuvat lohkoittain, joita on kohteessa neljä. Tehtäväsuunnitelman mukaan A- ja B-lohkon asennukselle varataan kummallekin viikko aikaa ja C- ja D-lohkoille, jotka ovat hieman arkkitehtuurisesti monimutkaisempia, varataan aikaa kaksi viikkoa kummallekin. Yhteensä työntekijätunteja tulee kaavan mukaan 6 (viikkoa) $\times 6$ (työpäivät viikossa) $\times 8$ (työtunnit päivässä) $\times 4$ (asennusryhmän koko) = 1152 tth (työntekijätuntia).

Elementtivalmisteinen yläpohjan runko ja vesikattorakenteet ovat nopeita ja säävalmiita. Elementteihin voidaan asentaa valmiiksi aluskatemateriaali, eristeet, ilman- ja höyrynsulku sekä sisäpuoliset pintaverhoukset. (Tolppanen ym. 2013, 69.)

Puupukki rakenteen tehtäväsuunnitelman mukaan työvaiheelle lasketaan 60 työvuoroa. Asennusryhmän ollessa 5-6 asentajaa saadaan kaavaksi 60 (työpäivät) $\times 8$ (tunnit) $\times 5,5$ (keskimääräinen asennusryhmän koko) = 2640 tth. Näin ollen voidaan todeta, että paikalla rakennettuun puupukki rakenteeseen menee noin 2,3 kertaa enemmän aikaa kuin elementtirakenteiseen vesikattoon.

Tehtäväsuunnittelu kohdistuu tiettyyn työtehtävään ja se tarkastelee aikataulu- ja kustannustavoitteita sekä laatuvaatimuksia, resurssien suunnittelua, riskien tunnistamista ja turvallisuuden varmistamista. Eniten hyötyä tehtäväsuunnitelmasta on, jos se laaditaan ennen hankintoja, työkauppojen solmimisia ja aliurakkaneuvotteluja. Viimeistään se laaditaan ennen tehtävän aloitusta. (Ratu S-1228 2010, 1.)

5.2 Kustannukset

Rakennusalalla kustannukset nousevat aina esiin puhuttaessa erilaisista rakennustavoista ja tekniikoista. Kilpailutusvaiheessa usein urakoitsijalle taloudellisesti kannattavampi tarjous hyväksytään, mutta jos ei työmaan puolelta huolehdita huolellisesta suunnittelusta ja taustatyöstä voivat taloudelliset kustannukset kokonaisuuden kannalta tulla kalliimmiksi.

Rakennushankkeen kustannushallinta (2018, 8) toteaa rakennushankkeen olevan monivuotinen projekti, jonka aikana ohjataan suunnittelua ja hankintoja sekä määrittellään tilaajan tarpeita. Näiden perusteella rakennetaan suunnitelmien mukainen rakennus. Kustannukset toteutuvat pääosin vasta rakentamisvaiheessa, mutta niille annetaan puitteet jo tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa. Projektin alussa kustannusten lähtötiedot ovat suuntaa antavia ja ne tarkentuvat koko ajan projektin suunnittelun edetessä. Tämän vuoksi

projektin laskentaa ja kustannusten hallintaa tulee tehdä monipuolisesti eri näkökulmia käyttäen koko projektin ajan.

Kustannus vertailu		
	Turenki	Heinsuo
Tukiseinät		
Materiaali	460 000 €	120 598 €
Työ		112 555 €
Katteenalusta		
Materiaali		54 002 €
Työ		75 866 €
Palokatkoseinät		15 000 €
Bitumikermi		22 926 €
Nostot	25 000 €	10 000 €
Mittaus	5 000 €	5 000 €
Yhteensä	490000 €	415947 €
Hinta/m²	117 €	95 €

Kuva 11. Kustannus vertailu (Manu Dufva 2022)

Kustannus vertailun (Kuva 11.) hinnat ovat työmaiden kustannus- ja tavoitearvioista ja materiaalien hinnannousu huomioidaan. Turenkin koulun vesikatto on kokonaisuurakka, joten tiettyjä materiaaleja ja työkustannuksia ei ole eroteltu. Vertailun perusteella elementtirakenne on noin 74 000 euroa kalliimpi ja kerroin pinta-ala eron suhteen on 0,95, joten suhteutettu summa on noin 94 000 euroa.

5.3 Kosteudenhallinta

Kosteudenhallinta on todella tärkeässä roolissa nykypäivän rakentamisessa ja rakennuskohteisiin valitaan rakennuttajan toimesta kosteudenhallintakoordinaattori. Pienemmissä kohteissa vastaava työnjohtaja voi toimia koordinaattorina, mutta isommissa hankkeissa valitaan rakennuskohteesta riippumaton henkilö.

Ratu S-1236 (2021, 16) mukaan kaikki materiaalit suojataan kosteudelta, jotta säästyään turhalta materiaalihukalta, energian kulutukselta, kuivatuksen tarpeelta ja aikatauluviiveeltä. Sääsuojat valitaan aina kohdekohtaisesti ja suunnittelu sidotaan eri materiaalien kosteusalttiudelle. Suojana voi olla joko rakennuksen oma runko sekä vaippa, erillisrunkoinen sääsuoja tai osittain huputettu alue. Teknisesti kosteudelle alttiit työvaiheet on aina hyvä tehdä sääsuojan alla.

Elementtirakenteinen vesikatto tehdään kokonaan ilman sääsuojaa, käyttäen hyödyksi juuri omaa runkoa ja vaippaa. Elementit suojataan tehtaalla ja ne puretaan aina vain sen elementin kohdalta, jota ollaan asentamassa. Runkoelementeissä vain nostopisteet ovat noston ajan ilman suojaa, ja kattoelementtien pinnalle on jo tehtaalla asennettu pohjahuopa. Kuljetuksesta aiheutuva kosteusriski on minimoitu ja asennusvaiheessa saumakohtien bitumisauma hitsataan välittömästi, kun kattoelementti on paikoillaan.

Paikalleen rakennetussa vesikatossa materiaalit nostettiin yläpohjaan suojattuna ja ne pidetään koko ajan suojattuna ennen asennusta. Heinsuon koululla käytetään apuna mastolavaa ja ylimääräistä tukiseinää, joiden päälle nostetaan siirrettävä sääsuoja. Lavoja siirtämällä, saadaan osittain huputettu alue, sitä vaativalle työvaiheelle. Tehtäväsuunnitelman ja kosteudenhallintasuunnitelman mukaan raakaponttilaudoitusta ei saa tehdä vesi- tai lumisateella, sillä katteen alustana se on OSB-levytystä kosteusalttiimpi.

Kohteen vastaava työnjohtaja laatii kosteudenhallintasuunnitelman, jossa ilmenee, miten tavoitteet kosteudenhallinnalle saavutetaan. Suunnitelma, josta ilmenee sääsuojaussuunnitelma, kuivumiseen liittyvä aikataulu, kuivumisaika-arviot, työmaaolosuhteiden hallinta, kosteusteknisesti kriittiset rakenteet ja varastot, hyväksytetään tilaajalla. (Ratu S-1236 2021, 12.)

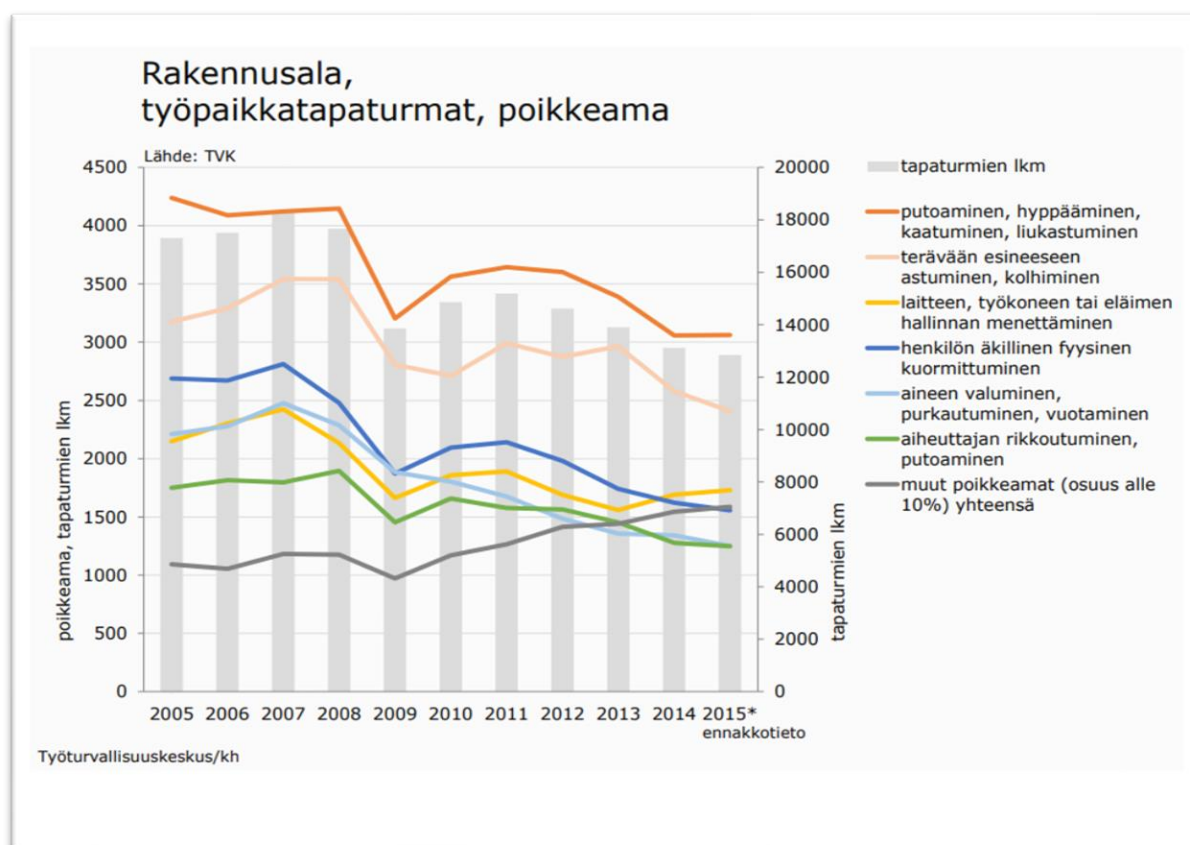
5.4 Työturvallisuus

Nykypäivänä työturvallisuutta ei pitäisi pystyä vertailemaan, vaan jokaisen työmaan jokaisen työvaiheen tavoite on nolla tapaturmaa. Työturvallisuuden tärkeät avaimet ovat ennakointi ja suunnittelu. Työvaihekohtaisessa tehtäväsuunnitelmassa tehdään potentiaalisten ongelmien analyysi (POA). Siinä perehdytään, että mikä on ongelma, mitä siitä seuraa,

miten siihen varaudutaan ja miten se torjutaan. Analyysi käydään läpi yhdessä asennusryhmän kanssa ja heiltä saadaan asennuksen näkökulmasta lisää mahdollisia ongelmia. Tämä mahdollistaa työturvallisuuden kannalta enemmän ennakkointia, kun kaikki ongelmat ovat selvillä. Vertailun kohteena olevissa vesikattotöissä, tehtäväsuunnittelun laadintaa ja sen läpikäymiseen osallistuu pääurakoitsijan työpäällikkö, vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri, työvaihetta valvova työnjohtaja pääurakoitsijan puolelta sekä vesikattourakoitsijan työpäällikkö.

Tehtäväsuunnitelmassa analysoidaan tarkemmin aiemmin tunnistettuja tehtäväkohtaisia riskejä. Tehtäväkohtainen riskianalyysi voidaan alistaa aliurakoitsijana olevan erikoisurakoitsijan tehtäväksi, mutta paras lopputulos saavutetaan, kun päätoteuttaja ja tehtävää suorittava urakoitsija työntekijöineen tekee sen yhteistyössä. Suunnitelman pitää sisältää toimenpiteet vaarojen poistamiseksi tai riskien pienentämiseksi hyväksyttävälle tasolle. (Ratu KI-6034 2019, 27.)

Rakennusalan työtaturmat ovat johtavassa asemassa toimialoittain niiden määrien suhteen ja suurin osa tapaturmista liittyy putoamiseen (Työturvallisuuskeskus 2022 a).



Kuva 12. Työpaikkatapaturmat, rakennusala 2005–2015 (Työturvallisuuskeskus 2022b)

Vesikaton rakentamisessa työskennellään korkealla nostaten putoamisriskiä (Kuva 12.) ja kaikenlainen valmisosa rakentaminen edesauttaa työturvallisuutta. Vesikaton rakentamisessa yläpohjaan tulevat IV-kanavat vievät paljon tilaa ja myös tahdistavat muita työvaiheita. Elementtirakentamisessa tukiseinien jopa kuuden metrin välit mahdollistavat materiaalien varastoinnista ja jälkiasennuksia vesikaton jälkeen. Näin ollen asennuksia ei tarvitse tehdä mahdollisten nostojen alapuolella, taakan putoamisen riskialueella.

Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyönturvallisuudessa määrätään 10 §:ssä seuraavaa:

Pää toteuttajan on tehtävä ennen rakennustöiden aloittamista kirjallisesti työturvallisuutta koskevat suunnitelmat, joiden mukaan työt, työvaiheet ja niiden ajoitus järjestetään mahdollisimman turvallisiksi ja ettei niistä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville ja muille työn vaikutuspiirissä oleville. Tällöin pää toteuttajan on riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työmaan yleisistä työtehtävistä, työolosuhteista ja työympäristöstä aiheutuvat rakennustyön vaara- ja haittatekijät. Vaara- ja haittatekijät on poistettava asianmukaisesti sekä milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työmaalla työskenteleville ja muille työn vaikutuspiirissä olevien turvallisuudelle ja terveydelle.

Paikalla rakennetun vesikaton työvaiheen aikana tapahtui yksi tapaturma, joka johti muutamien päivien poissaoloon. Huolimaton aukkosuojaus ja huolimaton työskentely olivat tapahtuma-aikana syyt ja huolimaton valvonta oli syynä ennen tapahtumaa. Riskitekijä poistettiin tapahtuneen jälkeen.

Elementtirakenteisen vesikaton työvaiheen aikana ei sattunut yhtään tapaturmaa, vaikkakin valvontaa olisi pitänyt lisätä. Työmaan runkovaiheen aikataulu oli betonielementtitehtaan tuotannon takia muutaman viikon myöhässä ja vesikaton aikataululla pyrittiin saamaan aikataulua kiinni. Tästä syystä pääurakoitsijan puolelta valvontaan olisi pitänyt saada lisää resursseja.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla kahta erilaista vesikattorakennetta aikataulun, kustannusten, kosteudenhallinnan ja työturvallisuuden kannalta. Vertailussa oli elementtirakenteinen vesikatto Turengin koulutyömaalla sekä paikalla rakennettu puupukkirakenne Heinsuon koululla Hollolassa. Tietoa kerättiin eri kirjallisuuslähteistä sekä kohteiden avainasemassa oleville henkilöille lähetettiin sähköpostikysely. Kyseisiä henkilöitä olivat rakenne-suunnittelijat, työmaan toimihenkilöt sekä kosteudenhallintakoordinaattori.

Aikataulun suhteen, huomioiden pelkkä työmaalla tapahtuva asennustyö, paikalla rakennettu puupukkirakenne on huomattavasti hitaampi. Elementtirakentaminen poistaa paljon työvaiheita, nopeuttaa asennusta ja mahdollistaa seuraavien työvaiheiden aikaisemman aloituksen. Vertailua vaikeutti elementtirakenteessa oleva kokonaisurakka ja ulkomaalainen asennusryhmä, sillä työvuoro ei aina ollut kahdeksaa tuntia. Tarkastelun perusteella paikalla rakennettuun vesikattoon menee noin 2,3 kertaa enemmän aikaa.

Kustannus vertailu oli osittain haastavaa, sillä paikalla rakennettu puupukkirakenne valmistui yli viisi vuotta sitten ja materiaalien hinnannousu on ollut tänä aikana suurta. Opinnäytetyössä tämä pyrittiin huomioimaan. Vertailtaessa pelkkää vesikattorakennetta ja sen asennusta, elementtirakenteinen vesikatto on taloudellisesti kalliimpi vaihtoehto. Prosentuaalisesti vertailtuna elementtirakenne on noin 19 % kalliimpi.

Kosteudenhallinnan suhteen elementtirakentaminen on parempi vaihtoehto, kunhan valvonta toteutetaan suunnitelmien mukaan, eikä turvauduta asennuksen nopeuteen. Talvirakentamisen aikana ilman sääsuojaa toteutettu asennus vaatisi pohjahuovan päälle välittömästi pintahuovan, mikä ei kyseisessä tapauksessa onnistunut runsaslumisen talven vuoksi, ja tästä syystä pohjahuopaa jouduttiin paikkailemaan useaan otteeseen. Osittainen sääsuoja paikalla rakennetussa vesikatossa mahdollisti kosteuden kannalta turvallisen asennuksen, mutta vaati paljon enemmän työvaiheita. Myös seuraavat työvaiheet oli mahdollista aloittaa aiemmin elementtirakenteisessa rakenteessa, säästäten aikataulua.

Kaiken kaikkiaan jokainen vesikatto on asennuksineen yksilö ja eri rakenteet sopivat eri kohteisiin. Yksiselkoista vastausta, kumpi rakenteista olisi parempi, on mahdotonta antaa. Suunnittelun ja ennakkoinnin lisäyksellä, epäilen että elementtirakenteiset vesikatot tulevat lisäämään suosiotaan tulevaisuudessa.

Lähteet

Knauf 2017. Yleistä tulipalosta. Viitattu 21.5.2022. Saatavissa <https://knauf.fi/suunnittelijoille/paloasiat/yleistae-tulipalosta>

Lapwall-suunnittelijan käsikirja. 2021. Viitattu 5.5.2022. Saatavissa <https://lapwall.fi/wp-content/uploads/2021/11/LapWall-suunnittelijan-kasikirja-11-2021.pdf>

Manu Dufva. 2022. Saatu työmaiden projektipankeista.

OSB 2022. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa <https://www.osb.fi/>

Puuinfo 2020. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/viilupuu-lv/>

Puuinfo 2021. Viitattu 5.5.2022. Saatavissa <https://puuinfo.fi/tuotteet/elementit-rakennusosat/lapwall-leko-kattoelementit/>

Raksystems 2017. Raksystems.fi. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa <https://raksystems.fi/sa-nasto/vesikatto/>

Ratu KI-6033. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto.

Ratu KI-6034. 2019. Rakennushankkeen työturvallisuus. Rakennustieto.

Ratu S-1227. 2010. Työmaan toimitusten ja suunnittelun ohjaus. Rakennustieto.

Ratu S-1228. 2010. Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Rakennustieto.

Ratu S-1236. 2021. Olosuhteidenhallinta rakentamisessa. Rakennustieto.

Ratu TT 18.10. 2013. Rakennustuotteiden CE-merkintä. Rakennustieto.

Ratu 0416. 2014. Puurunkorakentaminen, paikalla rakennettu puurunko. Rakennustieto.

RT 103087 Rakennesuunnittelijan tehtäväluettelo. Rakennustieto Oy.

RT 10-11071. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. Rakennustieto.

Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T. & Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy.

Tuomi, J., 1956- kirjoittaja & Sarajärvi, A., 1948- kirjoittaja. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. E-kirja. Helsinki: Tammi.

Työturvallisuuskeskus 2022a. Viitattu 9.5.2022. Saatavissa

https://ttk.fi/tyoturvaluus_ja_tyosuojelu/toimialakohtaista_tietoa/rakennusala#375338ca

Työturvallisuuskeskus 2022b. Viitattu 9.5.2022 Saatavissa

https://ttk.fi/tyoturvaluus_ja_tyosuojelu/toimialakohtaista_tietoa/rakennusala/tyotapaturmat_rakennusalalla#375338ca

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. Finlex. Viitattu 9.5.2022.

Saatavissa

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=rakennusty%C3%B6n%20turvaluus>

YIT 2022. Tietoa YIT:stä. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa

<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta>

Ympäristöministeriön asetus 848. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten

paloturvallisuudesta. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidm45949345780416>

Liite 1. Kysely

Vesikattojen vertailu

Kysely

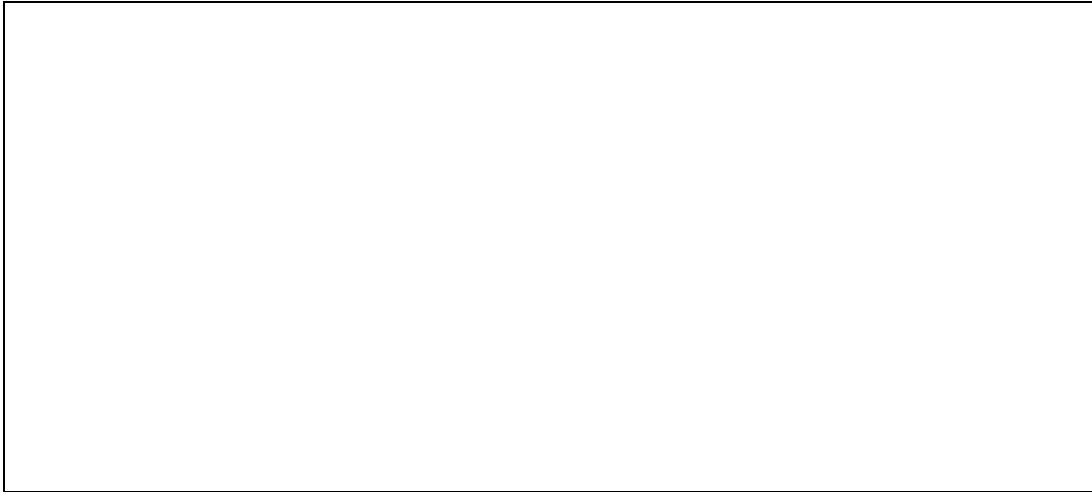
Manu Dufva

Opinnäytetyö

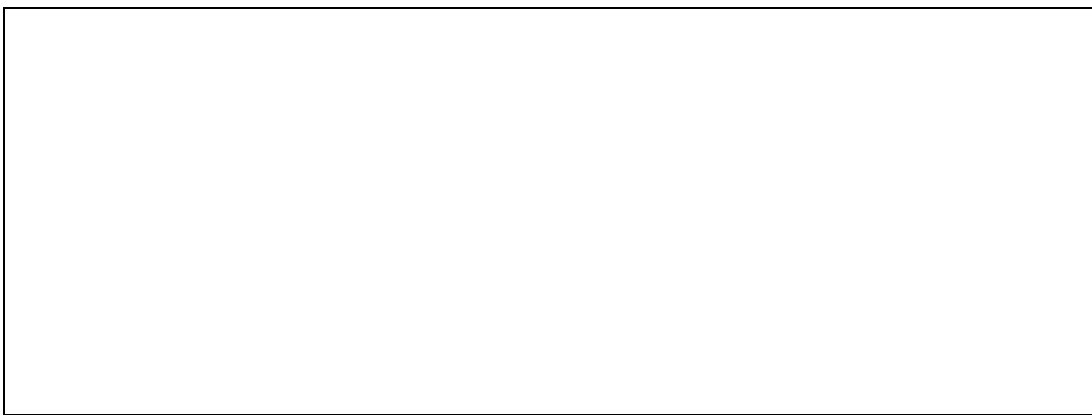
1. Mikä on työnkuvanne liittyen Turengin koulu- ja monitoimikeskukseen?

2. Miten elementtirakenteinen vesikatto poikkeaa verrattaessa perinteisempään ristikkorakenteiseen vesikattoon aikataulun ja kustannusten suhteen?

3. Entä suunnittelun?



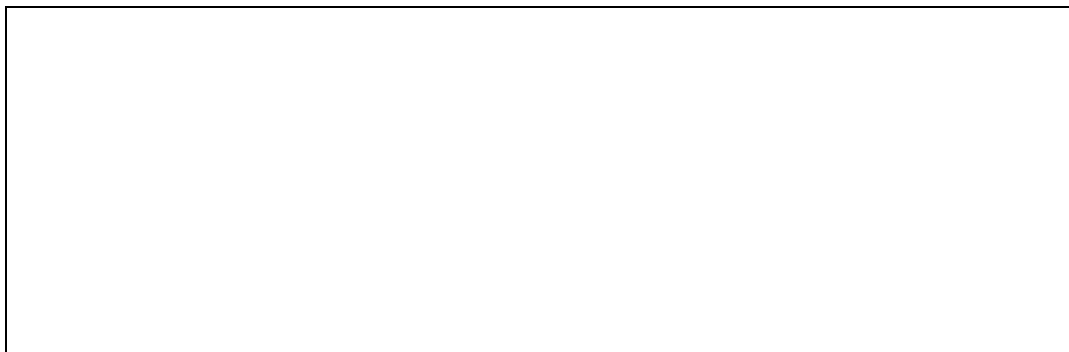
4. Ja kosteudenhallinnan?



5. Kumpaa rakennetta suosittelisit käytettävän tulevaisuudessa enemmän? Perustele vastaus.



6. Onko kyseisten rakenteiden rakentamisessa tullut merkittäviä huomioita työturvallisuuden suhteen?



Kysely lähetetty 3.5.2022, vastausaikaa 9.5.2022 asti.

Kiitos vastauksista ja mielenkiinnosta aihetta kohtaan,

Manu Dufva