

Toni Pöllänen

VESIKATON MODULOINTI



Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Kevät 2017



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä(t): Pöllänen Toni

Työn nimi: Vesikaton modulointi

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Asiasanat: Moduulirakentaminen, työturvallisuus, laatu, kustannukset, tuotantotehokkuus vesikatto, rakennustyömaa.

Tämä opinnäytetyö on tehty Lemminkäinen Talo Oy:lle. Työssä vertaillaan moduulirakentamisella toteutettua vesikattoa paikalla rakennettuun vesikattoon. Työssä on käytetty todellisia kohteita ja niissä toteutuneita tuloksia. Kohteet ovat Mannisenrinne 8 ja 6, jonka vesikatto on toteutettu moduulirakenteisena sekä Mannisenrinne 4, joka on toteutettu paikalla rakentaen. Katot ovat rakenteiltaan vertailukelpoiset kuten myös kattojen pinta-alat. Mannisenrinne 8 ja 6 tontit sijaitsivat vierekkäin jonka myötä moduulirakentaminen oli mahdollista kohteissa.

Työ sisältää osiot laadusta, työturvallisuudesta ja kustannuksista, jotka ovat suuressa roolissa ajatellen vesikattotyövaihetta. Nämä aihe-alueet on rajattu käsittelemään kyseiset asiat työpäällikkö Ville Niskakankaan ehdotuksesta. Kohteista saatuja tietoja tarkastellaan vaiheittain ja niitä kuvittavat valokuvat työmaaolosuhteista.

Työn tavoitteena on tuoda esille ne tekijät, joita aihepiirin laajuudessa on annettu tarkasteltavaksi, vertailemalla kahdella eri valmistustekniikalla toteutettua kohdetta. Työn tuloksena ovat vertailutulokset näistä kohteista. Tuloksien perusteella on mahdollista suunnitella tulevien kohteiden vesikattojen rakentamistapaa moduulirakentamisen näkökulmasta. Työtä olisi mahdollista hyödyntää asuinrakentamisen hankkeissa, kohteiden suunnitteluvaiheessa, kun asioita mietitään laadun, työturvallisuuden ja kustannusten kannalta. Tuloksien perusteella havaittiin, että moduulirakenteisena toteutettu vesikatto on kaikkien käsiteltyjen asioiden pohjalta tehokkaampi tapa toteuttaa vesikatto. Huomioiden kuitenkin rakennustekniikkaan ja työmaatekniikkaan liittyvät rajoitteet.

ABSTRACT

Author(s): Toni Pöllänen

Title of the Publication: Roof modulation

Degree Title: e.g. Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Keywords: Module construction, safety at work, quality, costs, production efficiency, roof, building site.

This thesis was commissioned by Lemminkäinen Talo Oy and includes a comparison of module construction roofs, as opposed to roofs built on site. Real developments and implemented results were used in the work. The projects included Mannisenrinne 6 and 8, where the roof was made using module construction, and Mannisenrinne 4 using on-site assembly. The roofs are comparable in structure, as well as roof area. Mannisenrinne 8 and 6 land plots were located side-by-side making module construction possible on the sites.

The work includes sections on quality, safety at work and costs, which play a major role thinking about roof construction. The themes were chosen suggested by job manager Ville Niskakangas. Destination information is dealt with by stages, and pictures were taken to illustrate the site conditions.

The aim of the work is bring up the factors affecting the construction of roofs in two different ways by comparing two destinations. By using the thesis result, it is possible to plan the roof construction method in future projects from the module construction point of view. This work can be used especially in residential construction projects, at the planning stage, when quality, safety at work and costs are considered. Based on the results, it was observed that based on all the issues discussed a modular roof is a more efficient way to implement a watertight roof. However, the constraints concerning building technology and site engineering must be taken into account.

ALKUSANAT

Rakentamisessa käytetään yhä enemmän niin tila kuin vesikattomoduuleja, joiden käyttö kasvaa näillä näkymin merkittävästi. Aihe, josta työ kertoo, liittyy oleellisesti käytännössä toteutettuihin projekteihin Jyväskylän Mannisenrinteellä.

Toivon, että tämä opinnäytetyö avaa mahdollisuuksia, joita voi hyödyntää rakentamalla vesikattomoduuleilla ja tästä työstä olisi apua tulevien urakkakohteiden suunnittelussa.

Tämän opinnäytetyön minulle mahdollisti Lemminkäinen Talo Oy. Kiitän tästä aiheesta ja opinnäytetyön ohjaamisesta kaikkia työssäni vaikuttaneita henkilöitä.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 LAATUA VESIKATON MODULOINTIA HYÖDYNTÄEN	2
2.1 Mistä laatu koostuu?	4
2.2 Laatuvaatimukset	5
2.3 Vesikattomodulien laatu	8
2.4 Laatu hankkeessa	11
2.5 Laatutekijät.....	13
2.6 Rakennusmateriaalien tuoma laatu osana moduuleiden rakentamista	16
3 TYÖTURVALLISUUS MODULOINNIN JA PAIKALLA RAKENNETUN VESIKATON KANNALTA TARKASTELTUNA	20
3.1 Työturvallisuuden huomiointi ja ohjaus.....	25
3.2 Työergonomia	27
4 KUSTANNUKSET	33
4.1 Muodostuneet kustannukset moduuli- ja paikalla rakentaen	35
4.2 Tulosten tarkastelu kustannusten osalta	39
4.3 Moduulirakentamisen ajalliset menekit laskennallisesti.....	43
4.4 Laskennallisten tulosten tarkastelu.....	45
5 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	49
LIITTEET	

KÄSITTEET

Ergonomia

Ergonomia on tekniikan ja toiminnan sovittamista ihmisille. Sen avulla parannetaan ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmien häiriötöntä ja tehokasta toimintaa.

ETA (European Technical Assessment)

Eurooppalainen tekninen arviointi. ETA voidaan myöntää rakennustuotteille, joille ei ole harmonisoitua tuotestandardia tai tuotestandardin testimenetelmät eivät sovellu tuotteelle. ETA on vapaaehtoinen, CE-merkintään johtava tekninen arviointi.

Hen (Harmonisoitu yhdenmukaistettu tuotestandardi)

Eurooppalaisen standardisointijärjestön CENin laatima CE-merkintään johtava tuotestandardi, jossa on julkaistu ilmoitus Euroopan komission virallisessa lehdessä. Standardissa esitetään tuoteryhmäkohteisesti tuotteilta.

KTA

Keskituntiansio, esimerkiksi on sovittu urakkasumma 6 500, € johon on käytetty 360 urakkatyötuntia. Saadaan laskemalla $6\,500\text{ €} / 360 = 18,05\text{ €}$, joka on urakan keskituntiansio.

Littera

Kustannusten lokerointi, littera voi olla numero tai kirjain, jonka mukaisesti kustannukset jaotellaan.

Moduuli

Tarkoittaa mittajärjestelyä, jonka mukaan rakennetaan tai tehdään haluttu lopputulos. Tarkoittaa myös rakentamisessa samaa kuin elementti.

Moduulirakentaminen

Rakennetaan mittamoduuleja tai valmiita moduuleita käyttäen haluttu lopputulos.

Pohjarahat

Urakasta lasketusta keskituntiansion ylittävä osuus verrattuna tavoitetuntihintaan ja siitä tuleva erotus kerrotaan tehdyillä tunneilla.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä ymmärretään hankkeen alulle laittajaa, joka on usein sama kuin rakennuttaja.

Rakennuttaja

Luonnollinen tai juridinen henkilö, jonka lukuun rakennustyö tehdään ja joka viime kädessä vastaanottaa työntuloksen. selvitettävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset ja CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot.

Ram

Rakennusammattimies.

Ratu

Ratu-kortisto sisältää hyvän rakentamistavan mukaiset, tutkimustietoihin perustuvat ja työmenetelmäkuvaukset, työmenekkitiedot, laadunvarmistuksen menettelyt ja rakennustöiden turvallisuusohjeet.

Riski

Riski tarkoittaa haitallisen tapahtuman todennäköisyyttä ja vakavuutta. Riskissä johon tavoittelemisen arvoiseen asiaan liittyy myös mahdollisuus negatiivisesta lopputuloksesta.

Suoritemäärä

Se työmäärä, joka käytetään työvaiheen suoritukseen, voi olla esimerkiksi m², kpl tai siirto.

Suoritustasoilmoitus

Suoritustasoilmoitus DoP on ilmoitetun laitoksen antama rakennustuoteasetuksen 305/2011 liitteen 3 mukainen määrämuotoinen todistus tuotteen CE-merkintäkelpoisuudesta. Valmistaja laatii suoritustasoilmoituksen niille tuotteille, joille sitä tuotestandardissa tai eurooppalaisessa teknisessä arvioinnissa ETA: ssa edellytetään.

Tilaaaja

Urakoitsijan sopimuskumppani, joka on tilannut urakkasuorituksen. Tilaajana voi toimia rakennuttaja tai urakoitsija.

TL3-lisäaikakerroin

Työvuoron lisäajat ovat vähintään tunnin pituisia keskeytyksiä, pieniä erillisiä työvaiheita tai koneiden laitteiden ja rikkoutumisia tai huoltoja, odotusaikoja, säähaittoja, tapaturmia tms. TL3-kerroin on 1,10-1,30 työlajista riippuen. Pakkaspäivät eivät kuulu työvaiheen lisäaikoihin.

Tth

Tehtävän työmenekki saadaan kertomalla yksikköä kohden laskettu työmenekki (tth/ m²) työn laajuudella (m²). Työmenekkiä tarkennetaan tarvittaessa mm. kohteen suoritemäärän, osakohteiden koon ja talviolosuhteiden kertoimen avulla.

Tth/ jm

Työntekijätuntia juoksumetriä kohti.

Tth/ katto-m²

Työntekijätuntia kattoneliötä kohti.

Tth/ kerta

Työntekijätuntia kertaa kohti.

Tth/ m²

Työntekijätuntia neliötä kohti.

Tth/ seinä-m²

Työntekijätuntia seinäneliötä kohti.

Tth/ siirto

Työntekijätuntia siirtoa kohti.

Tth/ talo

Työntekijätuntia taloa kohti.

Ulosmaksu

Työntekijälle maksettava korvaus tehdystä työstä, ei sisällä muita kuluja.

Uudiskohteen työmenekki T3

Tehollinen työaika eli työvuoroaika. Työvuoroajat ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestoisia häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheaikatauluja ja tehtäväsuunnitelmiä laadittaessa.

Valvoja

Rakennuttajan puolesta työsuoritusta valvova henkilö.

Yhteinen rakennustyömaa

Yhteisellä rakennustyömaalla työpaikkaa, jolla tehdään 1 §:ssä (johon uudisrakentaminen kuuluu) tarkoitettua työtä ja jolla samanaikaisesti tai peräkkäin toimii useampi kuin yksi työnantaja tai korvausta vastaan työskentelevä itsenäinen työsuorittaja.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty Jyväskylän Mannisenrinteellä toteutettuun rakennushankkeeseen liittyvää vesikattomoduulien rakentamista työmaaolosuhteissa. Työ on rajattu kohteen oleellisemmat asiat käsitteleväksi kokonaisuudeksi. Aiheet, joita työssä käsitellään, ovat laatu, työturvallisuus ja kustannukset. Rajaukset aihealueista tehtiin ajatellen tulevien kohteiden tarkastelua ja vertailua ajatellen, joista olisi myös hyötyä työn ja tulevien urakoiden suunnitteluun. Asioita, joita työssäni tulisi käydä lävitse, pohdittiin yhdessä Lemminkäinen Talo Oy:n työpäällikkö Ville Niskakankaan kanssa.

Työn aihepiirit käydään lävitse konkreettisesti rakennuskohteiden Mannisenrinne 8, 6 ja 4 mukaisesti. Kaikki nämä edellä mainitut ovat rakentamistavoiltaan vertailukelpoisia toisiinsa nähden, niiden vesikattorakenteiden yhteneväisyyden myötä. Edellä mainitut vesikattorakenteet on toteutettu Mannisenrinne 6:ssa ja 8:ssa moduulirakenteisena ja Mannisenrinne 4:ssä paikalla rakentaen. Tuloksia tarkastellaan näiden toteutustapojen erojen selvittämiseksi laadun, työturvallisuuden ja kustannusten näkökulmasta.

Työssä käytetyt tiedot on kerätty työmailta, joita on hankkeen myötä dokumentoitu erillisiin kansioihin myöhempää tarkastelua varten. Niistä on poimittu opinnäytetyöprojektin edetessä tarvittavilta osin tietoja laadun, työturvallisuuden ja kustannusten osalta. Osoiden teoriaa on otettu alan tietolähteistä, jotka vastaavat alan todellisia toimintatapoja.

2 LAATUA VESIKATON MODULOINTIA HYÖDYNTÄEN

Moduloinnin tärkeimpiä kulmakiviä laadullisesta näkökulmasta tarkasteltuna ovat mittatarkkuuden, kosteuden, työturvallisuuden ja tuotantoteknisten tekijöiden laadullinen parantaminen sekä kehittäminen hankkeessa.

Laatu käsitteenä avaa neljä peruselementtiä, jotka ovat:

- suunnittelun laatu,
- valmistuksen laatu,
- ympäristökeskeinen laatu sekä
- asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu. [1, s. 7.]

Suunnittelun laatu. Suunnittelun laadulla tarkoitetaan, kuinka rakennettavaksi tarkoitettu tuote tai rakennus soveltuu sen paikkaan, johon sen on tarkoitetaan kuuluvan. Suunnittelussa laatu on otettava huomioon suunniteltaessa kosteudenhallintaa, rakenteiden toimintaa ja detaljeja. Tarkoituksena on, että ne toimisivat kaikissa olosuhteissa paikkaan tulevan rasituksen sekä suunnitellun käyttöiän puitteissa. [1, s. 7.]

Laatu itsessään koetaan olevan tuotteen tai rakennuksen valmistamista kaikkien määräysten ja lakien mukaisesti, joka on taloudellinen sekä sopiva siihen tarkoitettuun käyttötarkoitukseen. Lopputuloksena voidaan kokea asiakkaan tyytyväisyys valmistetusta tuotteesta, jonka myötä laadun toteutuminen koetaan parhaiten.

Yhteistyö suunnittelijoiden kesken on tärkeä osa kohti laadukasta lopputulosta. Tilaajan ja urakoitsijan osallistuessa kohteen suunnitteluun voidaan rakennukseen tuleviin yksityiskohtiin vaikuttaa rakentamismääräykset ja lait huomioon ottaen.

Rakennuksen suunnittelusta ja rakentamisesta on määrätty maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 119 § seuraavasti:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaisesti. Hänellä tulee olla hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen ja sekä käytettävissään pätevä henkilöstö. [2.]

Valmistuksen laatu. *Valmistuksen laadulla* tarkoitetaan kohteen toteutukseen osallistuvan työmaahenkilöstön tuottamaa laatua, joka koostuu laadukkaista tarkoituksenmukaisista materiaaleista ja rakennuksista.

Valmistuksen laatuun vaikuttaa työmaahenkilöstön osaaminen ja asioiden soveltaminen käytännössä. Havainnoidaan ympärillä tapahtuvia asioita, kuten muuttuvia olosuhteita ja reagoidaan niihin. Valmistuksen laadun asettaminen hankkeen alkuvaiheessa korkealle tarkoittaa sitä, että kohteessa päästään korkean laadun omaavaan lopputulokseen.

Ympäristökeskeinen laatu. Ympäristökeskeisellä laadulla tarkoitetaan hankkeen ympärillä toimivien eri sidosryhmien asettamia tavoitteita yritykselle ja sen tuotteille. Näitä tekijöitä ovat mm: turvallisuus kohteen luovutuksen jälkeen sekä sen valmistuksen aikana, sisäilmastoluokitus ja kohteen muuntojoustavuus. [1, s. 7.]

Suhteellinen laatu. Asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu on hänen saamansa tuotteen suhde odotettuun laatuun. Suhteelliseen laatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska asiakas odottaa, että hänelle valmistettu tuote on maksamallaan korvauksella odotuksen mukainen. Laatua valvotaan työmaalla, jotta asiakkaan odottamaan suhteelliseen laatuun päästään lain ja määräysten mukaisesti. [1, s. 7.]

2.1 Mistä laatu koostuu?

Vesikaton moduloinnin kannalta laatu muodostuu onnistuneen suunnittelun lopputuloksesta, joka pohjautuu osaavaan henkilöstöön työnjohdon sekä työntekijöiden kautta.

Moduloinnin laatutekijöitä:

- laadukkaat materiaalit (suunnitelmia vastaavat),
- kosteuden hallinta ja suunnitelmat,
- työvaihesuunnitelmat, työturvallisuussuunnitelmat,
- ennakointi ja hyvä perehdyttäminen,
- ammattitaitoinen henkilöstö,
- laadunvarmistus ja laadunvalvonta.

Otteita rakennusurakan yleisistä sopimusehdoista YSE 1998:sta, jonka mukaan laadun periaatteita on noudatettava:

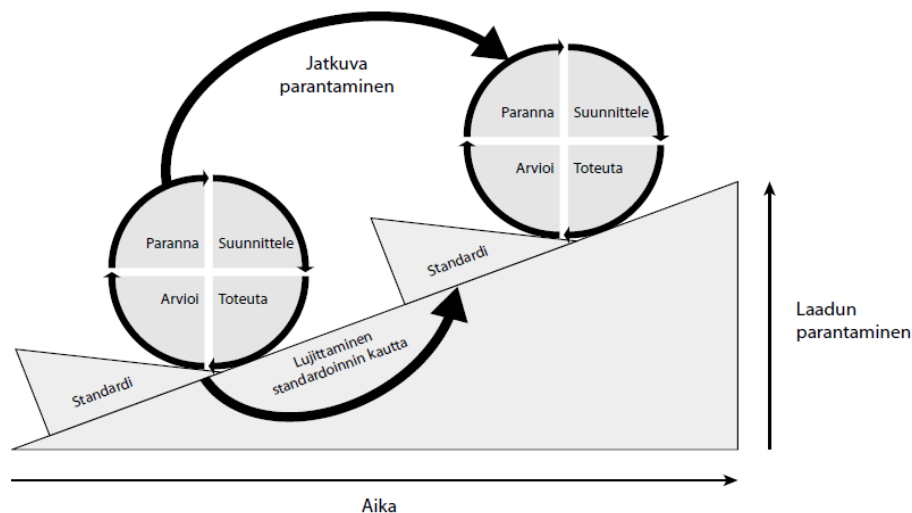
YSE98 9 § kohta 1. Tilaaja varmistaa omin laadunvarmistustoimenpitein hänelle kuuluvien 8§:n mukaisten sopimusvelvoitteidensa täyttämisen siten, että urakoitsijalla on niiden puolesta edellytykset täyttää suoritusvelvollisuutensa. [3, § 9.]

YSE 98 § 10 kohta 1. Urakoitsijan on noudatettava sopimusasiakirjoissa edellytettyä laadunvarmistusta. Urakoitsijan on viimeistään ennen työn aloitusta vaadittaessa kirjallisesti osoitettava, kuinka hän varmistaa suorituksensa laadun. Urakoitsijan on joka tapauksessa meneteltävä siten, että sopimuksen mukainen laatu saavutetaan. [3,§10.]

Urakoitsijan laadunvalvontaa käsitellään rakennustöiden yleisissä sopimusehdoissa §11 kohta 1. Urakoitsija tarkastaa itse suoritusvelvollisuuteensa kuuluvat työn laadun sekä korjaa mahdolliset puutteet ja virheet ennen tilaajalle tapahtuvaa luovutusta. [3, § 11.]

Laadun jatkuva kehittäminen on osa onnistunutta laatusuunnittelua ja lähtökohta rakennushankkeen pohjaksi, koska jokainen laadullisesti parannettu suoritus tai työ on kaikille hankkeen osapuolille eduksi. Tämä vaatii tietoa ja taitoa, miten asiat toteutetaan laadukkaasti oikein. Kuvassa 1 esitetään laadun jatkuvan parantamisen periaate, kuinka laadun parantaminen etenee ja mitä siinä on otettava huomioon.

Työmailla tapahtuva dokumentointi, kuten valokuvien ottaminen ja pöytäkirjat, ohjaavat tekemään laadukkaampaa työnjälkeä. Nämä varmistuskeinot toimivat myöhemmissä vaiheissa todisteina, mikäli näin joudutaan osoittamaan. Säännöllinen työsuoritusten dokumentointi katselmusten, valokuvien, pöytäkirjojen sekä eri tarkastusten muodossa on osa laadunhallintaprosessia.



Kuva 1. Laadun jatkuva parantaminen. [1, s. 9.]

2.2 Laatuvaatimukset

Suomen rakentamista ohjaavat keskeisimmät säädökset ovat maankäyttö ja rakennuslaki (132/1999 MRL), maankäyttö ja rakennusasetus (895/1999 MRA), rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, standardit sekä pätevyysvaatimukset. Lisäksi rakentamista koskevia säännöksiä on ympäristöministeriön asetuksissa, Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää velvoittavia määräyksiä ja suositusluontoisia ohjeita selostuksineen. [6, s. 3.]

Pätevyyksiä rakennus-, LVI- ja kiinteistöalalla toteaa ja ylläpitää FISE, josta on mahdollisuutta anoa ja tiedustella pätevyyttä tehtävään. [15.]

Laissa, määräyksissä ja asetuksissa on esitetty lisäksi tehtävään vaadittava pätevyysvaatimus, joka on täytettävä tehtävään soveltuvin ehdoin. Rakennuslupaa haettaessa on ilmoitettava vastaavan työnjohtajan soveltuvuus työhön. Pätevyyden tarkastaa kunnan rakennusviranomainen.

Työmaalla tapahtuvan rakennustoiminnan suorittamista valvovat fyysisesti työmaan työnjohtajat, rakennusvalvoja ja kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Vastaava työnjohtaja vastaa laadullisesti työmaan valmistuksen laadusta. Työnjohtajan tehtävät on määritelty tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa pääsuunnittelijan ja työnjohtajan tehtävistä, se löytyy Suomen rakentamismääräyskokoelmasta. Rakennusvalvoja toimii työmaavalvojana, joka on rakennuttajan neuvonantaja. Hänen tulee valvoa, että tehty työ vastaa rakennuttajan asettamia tavoitteita ja sopimuksen mukaisuutta.

Rakennustyön laatu koostuu monista tekijöistä, joita ovat ympäristö, ammattitaito ja taito osata kehittää toimintaa jatkuvasti, sekä laadunvarmistuksesta, joka on suoritettu kaikki määräykset ja lait huomioon ottaen.

Työmaavalvonnassa tärkein tehtävä on varmistaa tuotannon laadun sopimuksenmukainen valmistaminen, virheiden ja ongelmien ennaltaehkäiseminen sekä ajallisten ja taloudellisten tavoitteiden toteutuminen. Nämä kaikki toteutuvat, jos noudatetaan huolella lakeja, normeja, määräyksiä ja hyvän rakennustavan mukaista rakentamista. Toinen tärkeä asia, jota valvoja hoitaa, on antaa neuvoja ja ohjeita oman asiantuntemuksen myötä. [7.] Työmaavalvojan tehtäväluettelo löytyy RT-kortistosta kortista RT 16-10746.

Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen YSE 1998 62 § mukaisesti valvonnan vaikutus vastuuseen kuuluu seuraavasti:

1. Tilaajan taholta tapahtuva valvonta ei rajoita eikä vähennä urakoitsijan sopimuksen mukaista vastuuta.

2. Mikäli tilaaja ei kuitenkaan ole huomauttanut urakkasuorituksen vakavasta virheestä, joka on ollut niin ilmeinen, että tilaajan olisi tullut se kohtuuden mukaan havaita ja ilmoittaa siitä urakoitsijalla 61 § 5. momentissa sanotulla tavalla, tilaaja vastaa omaa tuottamustaan vastaavalta osin virheen aiheuttamista lisäkustannuksista ja vahingoista. Vastuu ei kuitenkaan siirry, jos virhe aiheutuu urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä, täyttämättä jääneestä suorituksesta tai on seurausta sovitun laadunvarmistuksen olennaisesta laiminlyönnistä. Todistamisvelvollisuus vastuun siirtymisestä tilaajalle on urakoitsijalla. [3.]

Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on yleisen edun kannalta valvoa rakennustoimintaa sekä osaltaan huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan, mitä laissa tai sen nojalla säädetään tai määrätään sekä on myös valvottava että rakentaminen on myönnetyn luvan mukaista. [6, s. 5.]

Rakennustyön viranomaisvalvonta alkaa luvanvaraisen rakennustyön aloittamisesta ja päättyy loppukatselmukseen. Valvonta kohdistuu viranomaisen päättämässä työvaiheissa ja laajuudessa rakentamisen hyvän lopputuloksen kannalta merkittäviin seikkoihin.

Rakennustyö on tehtävä siten, että se täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. [6, s. 5.]

Maankäyttö ja rakennuslain mukaan:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että rakenteet ovat lujia ja vakaita. Myös se, että ne soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät sen suunnitellun käyttöiän. Kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin taikka luotettaviin koetuloksiin tai muihin käytettävissä oleviin tietoihin. Rakennuksen rakentamisessa on

käytettävä rakenteiden lujuuden ja vakauden kannalta soveltuvia rakennustuotteita. [8]

2.3 Vesikattomoduurien laatu

Laatuvaatimukset on täytettävä ehdottomasti, koska on mahdollista, että yhdessä moduulissa tapahtuu ristimittojen osalta mittavirhe, kertautuu se moduuleiden määrällä asennusvaiheessa. Moduuleiden valmistusvaiheen mittatarkkuudet on esitetty taulukossa 1. Valmistustarkkuudelle on annettu luokat 1 ja 2, joista luokka 1 kuuluu elementeille, joita käytetään asuin-, liike-, toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosissa. Luokka 1 on yleisimmin käytetty mittatarkkuusluokka. [4, s. 239.]

Laadullisen onnistumisen edellytyksenä moduuleiden valmistusvaiheessa on mm:

- osaava henkilöstö työvaiheeseen mukaan lukien työnjohto,
- laadukkaat ja vaatimukset täyttävät materiaalit,
- moduulin valmistukseen käytettävän pohjan suoruus rakennusvaiheessa,
- kattoristikoiden k-jako suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti,
- mittatarkkuus ja huolellisuus,
- kiinnittimien oikea määrä ja laatu tarvittaviin paikkoihin,
- laatutarkastukset,
- dokumentointi: kamera, pöytäkirjat ja katselmukset,
- työturvallinen työskentely.

Ennen moduuleiden asentamista varmistetaan mittatarkkuudet jotta kaikki moduulit asettuvat omille paikoilleen ilman tarvittavia korjaustöitä. Asennustarkkuudet valmiita moduuleita varten on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 1. Runko RYL 2010 valmistustarkkuudet moduuleille. [4, s. 240.]

Taulukko 721:T2. Vaakarakenne-elementtien valmistustarkkuudet.

Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama	
	Luokka 1	Luokka 2
Pituus		
– pituus ≤ 6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– pituus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Leveys		
– leveys < 2,1 m	± 5 mm	± 7 mm
– leveys 2,1...6,0 m	± 2,5 ‰	± 3,5 ‰
– leveys > 6,0 m	± 15 mm	± 25 mm
Paksuus	± 5 mm	± 7 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero		
– elementin pituus ≤ 6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– elementin pituus > 6,0 m ja leveys < 2,0 m	± 15 mm	± 25 mm
– elementin pituus > 6,0 m ja leveys > 2,0 m	± 25 mm	± 35 mm
Suoruus ¹⁾		
– kaikki leveydet ja pituudet	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰

¹⁾ Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

Asennustarkkuudelle on annettu luokat 1, 2 ja 3, joista luokka 2 on soveltuvin tässä tapauksessa tarkasteltuna vesikattorakenteisiin liittyen. Luokkaa 2 käytetään asuin-, liike- ja toimisto tai vastaavien rakennusten rakennusosissa, luokka 2 on yleisimmin käytetty asennustarkkuusluokka. [4, s. 244.]

Taulukko 2. Runko Ryl 2010 valmiiden moduuleiden asennustarkkuudet ja luokat. [4, s. 244.]

Taulukko 721:T9. Vaakarakenne-elementtien asennustarkkuudet.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama, mm		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Elementin sivusijainti perussuorasta	± 5	± 8	± 12
Sauman hammastus elementin yläpinnassa ala- ja välipohjissa ¹⁾	3	5	8

¹⁾ Hammastus hiotaan/tasoitetaan ennen lattianpäällysteen asentamista. Jos rakenteen päälle valetaan pintalaatta, ei hammastusta tarvitse poistaa.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen asennustarkkuuksia.

Jos valmis työ ei täytä luokkien vaatimuksia, tulee kysymykseen työn korjaus siten, että se täyttää vähintään sen luokan, joka sallii suurimmat poikkeamat.

Laadullisen onnistumisen edellytyksenä moduuleiden asennusvaiheessa on mm:

- Osaava asennustyötä suorittava henkilöstö mukaan lukien työnjohto.
- Rauhallisuus ja huolellisuus nostotöissä.
- Asennustoleranssien noudattaminen vaatimusten mukaisesti.
- Moduuleiden asentaminen suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti.
- Työturvallinen työskentely kaikilla osa-alueilla, jotka liittyvät modulointi vaiheeseen alkaen jo moduulin kasausvaiheessa.
- Dokumentointi: kamera, pöytäkirjat.
- Laatutarkastukset.

Laadukkaampaan työnjälkeen päästään ennakoivalla suunnittelulla, joka ohjaa ja antaa työvaiheelle raamit sekä säännöt. Ennakoivan suunnittelun tarkoitus on ehkäistä mahdollisia ristiriitoja, laadullisesti heikentävien tekijöiden muodostumista ja niiden aiheuttamien ongelmien tuomia haittoja.

Tärkeimpiä suunnitelma-asiakirjoja, joita vesikattomoduloinnin työvaiheessa tarvitaan, on esitetty alla olevassa taulukossa numero 3.

Taulukko 3. Tärkeimmät suunnitelma-asiakirjat.

Työmaan laatusuunnitelma	Purku- ja suojaussuunnitelma
Työmaan aluesuunnitelma	Tulitöiden valvontasuunnitelma
Työmaapäiväkirja	Aloituspäivän muistio
Yleisaikataulu	Rakennepiirustukset
Hankinta- aikataulu	Nostosuunnitelma
Putoamissuojaussuunnitelma	Vastaanottopöytäkirja
Työselostus	Valmistajakohtaiset ohjeet
Kosteudenhallintasuunnitelma	Tehtäväsuunnitelma
Purku- suojaussuunnitelma	(asennussuunnitelma)

2.4 Laatu hankkeessa

Verrattaessa kohteiden vesikattotyövaiheen toteutustekniikan tuomia laadullisia näkökulmia saadaan avattua hieman enemmän, mitä eroja näillä tekniikoilla yli-päätänsä on. Laatuun liittyvät kriittiset asiat, jotka tulee huomioida Mannisenrinne 8- 6 ja 4 kohteissa on esitetty liitteessä 1. Taulukossa 4 on yleisiä ongelmia vesikattotyövaiheessa.

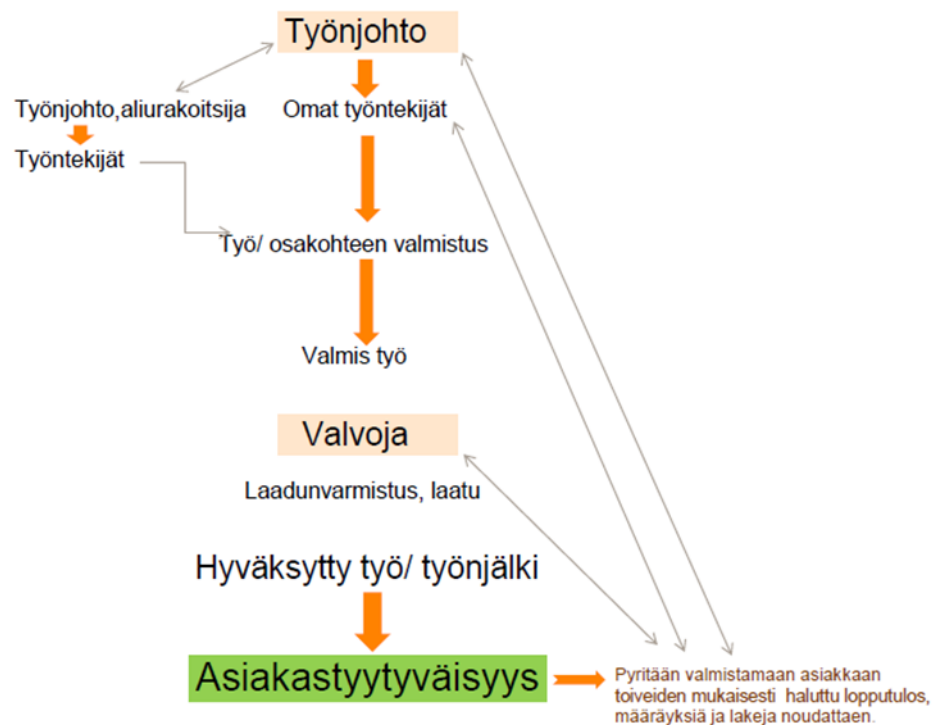
Taulukko 4. Yleisiä ongelmia vesikattotyövaiheessa. [1, s.199.]

Yleisiä ongelmia	Ongelmiin varautuminen
• alustan huono kunto	- ristimitaus - alustan korjaus - kosteudeneristys alustasta
• vaihtelevat sääolosuhteet	- sääsuojaus - sääennusteiden seuranta
• huonolaatuinen puutavara	- puutavaran vastaanottotarkastus - varastointi kosteudelta suojattuna irti alustasta, tuuletetussa tilassa
• turhat materiaalihukat	- määrämittainen puutavara - räystäsrakenteen huomioiminen
• jatkosten väärä sijainti	- jatkosten suunnittelu - määrämittainen puutavara
• mittatarkkuusvirheet	- alustan tarkastus - huolelliset mittaukset ja merkinnät - mittatarkat materiaalit
• tuuletusraon toimimattomuus	- suunnitellaan liittymädetaljen teko
• valmis rakenne vaurioituu	- sääsuojaukseen varautuminen - hyvä työnjärjestely
• turvallisuusriskit	- henkilökohtaiset suojaimet - turvalliset telineet ja kaiteet - turvavaljaat tarvittaessa

Suurimmat eroavaisuudet kohteiden laatuun liittyen tulevat kohteissa esiin työturvallisuuden toteutuksena modulointitekniikkaa käyttämällä. Laatu koostuu monista asioista, joista yksi alue voidaan työturvallisuus, sitä käsitellään tarkemmin luvussa 2.

Laatuun tarvitaan myös ohjausta joka antaa laatuun liittyvät ohjenuorat työn toteutukseen. Kuvassa 2 esitetään työmaaorganisaatiossa tapahtuvaa laatuajattelua.

Työmaan tuotannonohjaus/ laadunvarmistus



Kuva 2. Työmaan laatuajattelua.

Työmaan laatusuunnittelun tavoitteena on selkeyttää kaikille osapuolille jokaisen toimijan tehtävät ja vastuut. Tämä mahdollistaa kaikille selkeän ja tavoitteellisen työkentän, jonka myötä kaikilla on tarkoituksena saada valmistettua laadukas lopputulos.

Laatusuunnittelun myötä virheiden määrä vähenee ja työvaiheiden tehokkuus paranee, mikä tarkoittaa myös kustannusten laskemista. Tällä voidaan hakea tärkeää kilpailukykyä tarjousvaiheessa. On oleellista ymmärtää myös, kuinka tavoitelaatu saavutetaan ja mitkä ovat resurssit, jotta haluttuun tavoitteeseen päästään.

Laatua uhkaavat riskit tulee tunnistaa heti hankkeen suunnitteluvaiheessa. Riskien kartoitusta ja potentiaalisten ongelmien analyysia tulee hyödyntää myös moduloinnin kaltaista tekniikkaa käyttäen. Tällä ajattelutavalla pyritään ennakoimaan syntyvät todennäköiset ja olennaiset ongelmat sekä varautumaan niihin. Kyseisen hankkeen potentiaalisia ongelmia ja kriittisiä työvaiheita käydään tarkemmin liitteessä 2. [5, s. 6.]

2.5 Laatutekijät

Moduulien tuoma laadullinen hyöty koetaan hyödyksi myös rakentamistavan mittatarkkuuksien ja asennettavuuden vuoksi. Moduuleista saadaan mittatarkkoja, koska ne tehdään maassa tai hallissa tasaisella alustalla. Tämä mahdollistaa moduulin tarkastelun joka kulmasta tarkemmin, koska työskentely ja erityisesti mitaustyöskentely on helpompaa. Moduulia voidaan tarvittaessa korjata ja tehdä muutostöitä huomattavasti helpommin kuin katolla, sekä se vie huomattavasti vähemmän aikaa, mikä taas vaikuttaa kustannuksiin.

Tämä myös tarkoittaa sitä, että moduulia on helpompi tarkastella myös työnjohdon näkökulmasta, mikä mahdollistaa virheiden ennakoivan torjumisen. Runko RYL 2010 antaa tarkat laatuvaatimukset valmistettaville moduuleille. Vaatimukset ovat suhteessa rakennettavaan rakenteeseen joka edellyttää laadullista suoritumista prosessista. Jokainen osa rakenteesta voidaan työstää maan pinnalla, mikä vaikuttaa myös positiivisesti mittatarkkuuksiin rakenteessa, koska rakenteeseen pääsee helposti käsiksi maan pinnalla tapahtuvan työskentelyn myötä.

Rakennukselle saadaan valmista kattopinta-alaa valmiiksi suuremmissa lohkoissa, mistä on suuri hyöty. Työskentelyaika katolla lyhenee, jonka myötä kosteusrasitus pienenee, mikä vaikuttaa myös tuleviin työvaiheisiin laadullisesti ja ajallisesti.

Poikkeuksena voidaan ajatella olevan rakennuksen peittävä sääsuoja. Vesisaiteella tuleva kosteus aiheuttaa mahdollisesti rasitusta ympäröiville seinille, jos käytössä ovat pressut. Räystäät puolestaan ohjaavat kosteuden pois seiniltä.

Mannisenrinne 6:n vesikatto saatiin vesitiiviiksi viikossa (valmiiden elementtien asennus), kun taas Mannisenrinne 4 paikalla rakentaen kesti noin neljä viikkoa. Se kertoo paljon moduloinnin tuoman kosteudenhallinnan mahdollisuudesta rakennushankkeessa.

Laadullisesti ajatellen hankkeen rakennusaika lyheni noin kaksi viikkoa, mikä taas vaikutti lähinnä alapuolisten työvaiheiden suorittamiseen kosteussuojattuna. Se

myös vaikutti alapuolisten työvaiheiden aloitukseen, koska työvaiheita päästiin tekemään säältä suojattuna kaksi viikkoa etuajassa.

Rakennusvaiheessa tehdään tarkemittauksia, joiden myötä tiedetään rakennuksen asema alkuperäisen ja suunnitellun pisteen suhteen sivu- ja leveysuunnassa. Näitä mittauksia suoritettiin GPS-laitteella sekä käyttämällä normaalia mittaa. Tietojen perusteella maassa olevat moduulit tarkemmitataan, josta saadaan selville kuinka moduuli asettuu katolle. Niinpä ristimitat eivät voi poiketa suunnitellusta mitasta, mikä ohjaa itsessään valmistamaan moduulit todella mittatarkasti ja rakennuksen mukaisesti.

Laadullisesti prosessi on helpompi ohjata moduuleina, koska yksi moduuli on jo valmis rakenne sinällään ja laadullinen tarkastelu tapahtuu moduuleittain, mikä tuo mittatarkkuutta. Kun valmis moduuli on vaatimukset täyttävä, voidaan se asentaa tehdylle pohjalle moduulin mittojen mukaisesti. Kun tarkastelu tapahtuu moduuleittain, on laadunhallinnan ja varmistuksen myötä prosessin hallinta vähemmällä työn määrällä mahdollista. Paikalla rakentaen kokonaisuus on suurempi, jolloin tarvitaan enemmän työtä asian hoitamiseen ja täten suorittava työmäärä suurempi, mikä vaikuttaa kustannuksiin.

Paikalla rakennettaessa materiaalit, työpisteet, sahauspisteet, turvallisuus ja laatu vaativat suhteessa enemmän työtä, koska nämä asiat voivat sijaita toisistaan kauempana. Tällöin on suurempi mahdollisuus, että työn kokonaisvaltainen tarkistaminen jää puutteelliseksi. Työmaa-alueella moduulien ollessa maassa kuten kuvassa 3, nähdään samalla työskentely, materiaalit, työturvallisuus, laatu yhdellä katsauksella, joka helpottaa työnjohdon laadunhallintaprosessia ja ajankäyttöä sekä myös työn kokonaisvaltaista valvontaa tavoitteiden mukaisesti.

Eli kun lähes kaikki asiat voidaan havaita yhdessä työpisteessä työhön liittyvineen materiaaleineen ja työvälineineen kuvan 3 mukaisesti, on täten mahdollista puuttua nopeasti havaittuihin asioihin, koska kaikki sijaitsevat yhdessä paikassa.

Sijainti helpottaa kaikkia osapuolia, koska työmaalla työskentelevät pelti-maalauksija vedeneristysurakoitsija, jotka hyötyvät tästä.



Kuva 3. Työpisteen kokonaisvaltainen hallinta

Yhteenveto laadullisten tekijöiden näkökulmasta, joissa voidaan saavuttaa laadullisesti parempi lopputulos rakennettaessa vesikatto moduuleilla:

- Kosteuden hallitseminen helpottuu ja kosteusrasitus pienenee kohteessa asennusnopeuden vuoksi (saadaan aiemmin vesitiiviiksi 4 vko-> 1 vko).
- Työturvallisuustaso
- Laatuprosessin hallinta helpottuu työnjohdollisesta näkökulmasta.
- Tuotannon laatu ja mittatarkkuus

Yhtenä ongelmana moduuleina asennettavassa vesikatossa on ollut parvekekattojen liitoskohta moduuliin. Parvekekaton yläpaarre törmää moduulin kattoristikoon, joka tulee ontelolaataston päällä olevan alajuoksun päälle. Ratkaisuna tähän on suorittaa tarkemittaukset ennen parvekekattojen rakentamista, jonka perusteella voidaan tehdä tarvittavat muutokset parvekekaton kannattimien jakoihin, siten vältetään rakenteiden törmäys moduuliin. Oleellista on mitata moduulin kattoristikoiden jako juuri parvekkeiden kohdalla ja verrata sitä parvekekannattajien jakoihin. Tilanteesta löytyy havainnollistus liitteistä 5 ja 6.

Ongelmaksi on muodostunut myös moduulin asentaminen suoraan siten, että se on suorassa ulkoseinälinjan kanssa, jotta lämmöneristeen asennus olisi moitteetonta. Tähän ongelmaan auttavat ohjaavat kulmaraudat tai lankuista tehdyt ohjurit, jotka ohjaavat moduulia oikeaan paikkaan.

2.6 Rakennusmateriaalien tuoma laatu osana moduuleiden rakentamista

Maankäyttö ja rakennuslaki määrää § 152:ssa rakennustuotteiden ominaisuuksista:

Rakennustuotteen, joka on tarkoitettu käytettäväksi pysyvänä osana rakennuskohteessa, tulee olla turvallinen ja terveellinen sekä ominaisuuksiltaan sellainen, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää tässä laissa säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella kunnossapidolla taloudellisesti perustellun käyttöiän ajan. [10, § 152.]

Rakennusmateriaaleille on nykyään käytössä useita laadun osoittamista olevia tuotehyväksyntämerkintöjä, standardeja, joilla kuvataan tuotteen vaatimuksen mukainen täytyminen. Rakennustuotteiden CE-merkinnästä säädetään rakennustuoteasetuksessa 305/2011. Se on voimassa kokonaisuudessaan kaikissa EU-maissa 1.7.2013 alkaen ja se otetaan huomioon tuotehyväksyntälaissa.

Rakennustuoteasetuksen 305/2011 soveltamisalaan kuuluvat periaatteessa kaikki ne rakennustuotteet, jotka valmistetaan käytettäväksi pysyvinä osina rakennuskohdeissa. Kuvassa 5 esitetään CE-merkityn rakennustuotteen käyttö.

Rakennustuotteita ovat rakennusaineet ja-tarvikkeet, elementit, esivalmisteiset järjestelmät ja laitteistojen komponentit. [8.]

Rakennustuotteiden CE-merkinnän kuvan 4 esimerkin mukaisesti tavoitteena on poistaa toisistaan poikkeavien kansallisten tuotehyväksyntämenettelyjen muodostamat kaupan esteet. CE-merkintä rakennustuotteessa osoittaa tuotteen täyttävän rakennustuoteasetuksen 305/2011 (CPR) perustuvat vaatimukset ja olevan siten myyntikelpoinen Euroopan talousalueella. [8.]

CE- merkintä on pakollinen kaikissa Euroopan unionin jäsenmaissa harmonisoidun tuotestandardin omaaville rakennustuotteille ja standardin siirtymäaika on päättynyt. Siirtymäaika alkaa siitä, kun standardin hyväksymisestä ilmoitetaan Euroopan komission virallisessa lehdessä. [8.]

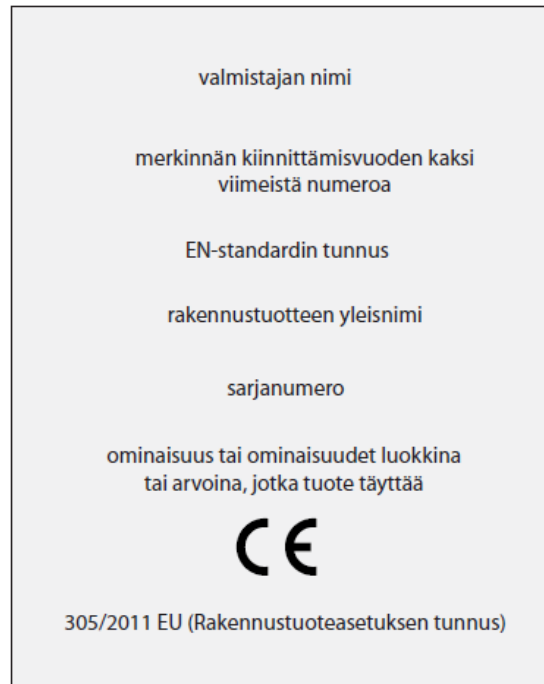
CE-merkintää ei kuitenkaan tarvita seuraavissa tapauksissa:

- Tuotteille jotka on valmistettu tilauksesta tiettyyn kohteeseen muuten kuin sarjatuotantona ja joiden kiinnittämisestä rakennuskohteeseen vastaa valmistaja. [8.]
- Tuotteille, jotka valmistetaan rakennuspaikalla ja joiden kiinnittämisestä rakennuskohteeseen vastaa valmistaja. Esimerkiksi betonielementti, jonka urakoitsija valaa työmaalla ja asentaa paikoilleen rakennukseen, ei tarvitse CE-merkintää, [8.]
- Kun rakennustuote valmistetaan suojeltuun rakennuskohteeseen siihen soveltuvasti perinteiseen tapaan. Esimerkiksi kaavassa suojeltuun rakennukseen tilaustyönä tehdyssä ikkunassa, jonka edellytetään olevan samanlainen kuin alkuperäinen ikkuna, ei tarvita CE-merkintää. [8.]

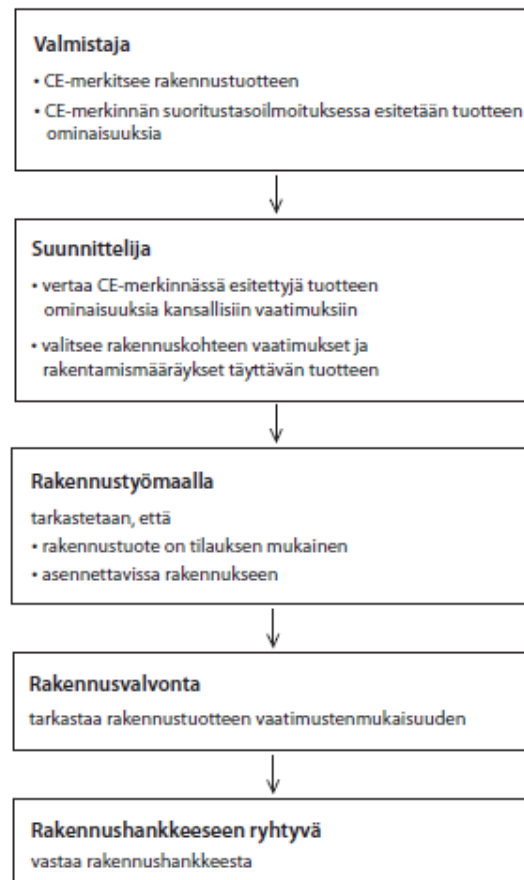
Täytyy muistaa että itse CE-merkintä ei ole suoraan valittava tuote kohteeseen ja rakenteeseen, koska itse tuotteen vaatimukset tilanteeseen valitsee suunnittelija. Suunnittelija osoittaa kohteen tekniset vaatimukset täyttävän tuotteen sekä lisäksi muut kohteen vaatimat ominaisuudet.

Muita tuotehyväksyntöjä ovat:

- Hen-standardeihin perustuva CE-merkintä,
- eurooppalaiseen tekniseen arviointiin (ETA) perustuva merkintä,
- kansalliset tuotehyväksynät. [8.]



Kuva 4. Esimerkki CE-merkinnästä, joka tulee tuotteen mukana. [8.]



Kuva 5. CE-merkityn rakennustuotteen käyttö. [8.]

Materiaalit on oltava kohteeseen soveltuvia ja niiden on täytettävä suunnittelun mukaisesti asetetut vaatimukset, jotka rakennesuunnittelija on määritellyt. Laatu on tärkeää erityisesti rakentamisen sektorilla, jotta asiakas saa halumalleen tuotteelleen arvostusta ja maksamalleen rahalleen vastinetta.

Jos asiakas ei ole tyytyväinen tuotteeseensa, on varmaa, jottei hän halua toimittaa työtarjoustaan uudestaan aiemmin hänelle suoritettuna epäonnistuneen urakan takia.

Jos laadullisia virheitä on tapahtunut, se aiheuttaa myös lisäkustannuksia, jotka koituvat virheen tekijälle, jos näin voidaan todistaa konkreettisesti. Kustannukset eivät siis siirry automaattisesti maksettavaksi pääurakoitsijalle, vaan lisäkustannuksien maksaminen koituu todistetusti niitä tehneelle taholle sopimusasiakirjojen mukaisessa laajuudessa.

Rakennustöiden yleisistä sopimusehdoista voidaan tarkastella §10 kohta 2, jossa mainitaan rakennustuotteista suraavasti:

Urakoitsijan edellytetään käyttävän rakennustuotteita, joiden takuu-aika vastaa vähintään urakoitsijan takuu-aikaa, ellei asiakirjoissa ole toisin määrätty. [3, §10.]

Takuuajasta ja laadusta on kerrottu kohdassa § 30:ntä seuraavasti:

Urakoitsija vastaa takuuajan jälkeen sellaisista virheistä, joiden tilaaja näyttää aiheutuneen urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä, täyttämättä jääneestä suorituksesta tai olevan seurausta sovitun laadunvarmistuksen olennaisesta laiminlyönnistä ja joita tilaajan ei ole kohtuuden mukaan voinut havaita vastaanottotarkastuksessa eikä takuuajana. Tästä vastuustaan urakoitsija on vapaa, kun kymmenen vuotta on kulunut rakennuskohteen vastaanottamisesta tai, mikäli vastaanottotarkastusta ei ole pidetty, siitä päivästä, jolloin rakennuskohde on otettu käyttöön. [3, § 30.]

3 TYÖTURVALLISUUS MODULOINNIN JA PAIKALLA RAKENNETUN VESIKATON KANNALTA TARKASTELTUNA

Oleellinen huomio käytettäessä moduuliperiaatteella rakennettavaa vesikattoa kääntyy työturvallisuuteen. Tarkemmin tarkasteltaessa kohteita Mannisenrinne 6-8 ja Mannisenrinne 4 työturvallisuuden näkökulmasta. Lähtökohta tarkastelulle on löytää puutteita ja riskitekijöitä työturvallisuuden suhteen. Tämän perusteella on mahdollisuudet toteuttaa tehokkaampaa työvaiheen työturvallisuutta, josta olisi hyötyä jokaiselle hankkeen parissa työskentelevälle.

Suomessa rakentamisen työturvallisuutta ohjaa lukuisa joukko erilaisia säännöksiä, määräyksiä, asetuksia ja lakeja. Kaikkein yleisin ja tunnetuin on talonrakennusalalla valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta (Vna/ 205/2009) ja työturvallisuuslaki 738/2002.

Lisäksi yritys voi toteuttaa omaa työturvallisuuspolitiikkaansa, mikä on yleensä lakeja tiukempaa ja ohjatumpaa. Yritykset kilpailevat nykyään työturvallisuudella, ja se on näkyvillä julkisuudessa entistä enemmän, mikä myös ohjaa rakennusyhtiöitä entistä turvallisempaan työskentelyyn työmaillaan. Rakennushankkeen kaikkia osapuolia koskee työturvallisuuslain 738/2002 velvoitteet riippumatta heidän asemastaan rakennustyömaalla.

Valtioneuvoston asetuksesta rakennustyön turvallisuudesta määrätään 3 §:ssä seuraavasti:

Rakennushankkeessa on rakennuttajan, suunnittelijan, työnantajan ja itsenäisen työnsuorittajan yhdessä ja osaltaan huolehdittava siitä, ettei työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville eikä muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. [9.]

Päätoteuttajan on huolehdittava perehdyttämällä ja opastamalla siitä, että kaikilla yhteisen rakennustyömaan työntekijöillä on riittävät taidot turvallisesta työskentelystä ja että he tuntevat kyseessä olevan rakennustyömaan vaara- ja haitatekijät sekä niiden poistamiseen tarvittavat toimenpiteet. [9.]

Muita työturvallisuuteen liittyviä säännöksiä:

- Valtioneuvoston asetustyövälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008).
- Valtioneuvoston päätös henkilösuojainten valinnasta ja käytöstä (1407/1993).
- Työministeriön päätös rakennustyömaiden henkilöstötiloista (977/1994).

Tarkempi listaus työturvallisuuteen viittaavista muista säännöksistä, ohjeista ja määräyksistä löytyy Ratu TT 3.4 kortista.

Rakennuttajan on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen vaativuutta vastaava turvallisuuskoordinaattori, jonka tulee hoitaa rakennuttajan asettamat työtehtävät VNa 205/2009 5§-9§ mukaisesti. [10.]

Työturvallisuuteen liittyviä suunnitelmia jotka liittyvät olennaisesti rakennushankkeeseen, ovat turvallisuussuuden yleissuunnitelma (kokonaiskuva, turvallisuus johtaminen), työmaa-alueen käytön suunnitelmat, turvallisuuteen liittyvät erityissuunnitelmat vaarallisista töistä ja työvaiheista (esim: putoamissuojaus, purkutyö, elementtiasennussuunnitelmat). Kaikessa tehtäväsuunnittelussa työn turvallinen toteutus on osana suunnitelmaa. [10.]

Suurimpia etuja kattotöiden moduloinnissa työturvallisuutta ajatellen ovat mm, että putoamissuojaimia ei tarvitse käyttää moduuleita rakennettaessa maan pinnalla ja korkealla työskentelyaika lyhenee huomattavasti ajatellen vesikattovaihetta. Kuvasta 6 nähdään, kuinka valmiiksi moduuli saadaan rakennettua, ennen sen nostamista katolle. Työvaiheen ajallisia kestoja voi päätellä liitteestä 1, jossa on mainittu maassa tehdyt työvaiheet ja ne verrattuna paikalla rakennettavaan vesikattoon. Päätyräystäiden tukipuut ja muut räystäsrakenteet voidaan valmistaa maassa valmiiksi ja täten ylimääräinen työskentely henkilönnostimessa jää pois.

Seuraavana on lueteltu työvaiheet, joissa putoamissuojausta ei tarvita, jos etäisyys maasta on alle 2 metriä:

- mittaukset (moduuli),
- kattotuolien jakaminen ja kulmarautojen asennus,
- vinotuenta,
- aluslaudoituksen/levytyksen asennus,
- aluskermin asennus, maalaus ja peltityöt,
- räystäsrakenne,
- vanereiden asennus,
- koolaus,
- pätyihin tulevat pystylankut.

Turha kulkeminen, mikä tapahtuu katolle ja mahdollisesti henkilönostimeen sekä telineelle, jää pois. Osaltaan se myös pienentää riskiä mahdolliseen tapaturman syntymiseen liikuttaessa työpisteeseen sekä itse työpisteessä. Taulukossa 5 on esitetty työpaikkatapaturmat vuodelta 2015.

Taulukko 5. Työpaikkatapaturmat talonrakennusammateissa vuonna 2015 työsuorituksen ja kehon osan mukaan. [11.]

TYÖSUORITUS	KEHON OSA									YHT
	Tuntematon	Pää	Niska ja kaula	Selkä	Vartalo ja sisäelimet	Yläraajat	Alaraajat	Koko keho ja useat alueet	Muut	
työsuorit. ei tietoa vahinkoselvityksessä	18	85	2	14	19	73	40	6	3	260
koneen käyttäminen	1	104	1	7	9	226	19	5	0	373
käsi- ja työkaluilla työskenteleminen	2	492	5	50	33	1133	195	19	0	1930
kulkun. tai siirto-, ohjaus tai matkustam.	1	4	10	3	5	9	13	2	0	48
esineiden käsitteleminen	4	328	12	72	37	1006	190	23	2	1674
taakan käsi- ja siirtämisen	0	38	20	440	61	428	211	14	3	1215
henkilön liikkuminen	7	191	21	196	146	509	1113	56	2	2242
paikallaan olo työpisteessä	1	83	3	15	14	75	58	6	2	256
muut luettelemattomat työsuoritukset	1	66	2	25	13	101	65	8	57	338
YHT	36	1391	77	823	336	3561	1904	140	69	8336

Yhteenveto asioista, joista on nähty olevan hyötyä käytettäessä vesikaton modulointitekniikkaa vesikattovaiheessa:

- Putoamissuojauksia ei tarvitse käyttää, kun suurin osa työvaiheista tehdään alle 2 metrin korkeudella eli maan pinnalla.
- Kulkeminen porraskäytävissä vähenee, koska katolla tapahtuvien työvaiheiden määrä vähenee.
- Työpisteen turvallisuusseuranta helpompaa, johtuen työpisteen ja käytettävien työkalujen sijainnista (sirkkelit jne).
- Työskentelyergonomia paranee oleellisesti.
- Teline- ja henkilönostintyöskentely jää pois vesikattovaiheen osalta.
- Vesikattokaiteet voidaan asentaa maassa pystyolppineen, mikä lisää merkittävästi työskentelyturvallisuutta verrattuna siihen, jos ne asennettaisiin katolla.
- Sääolosuhteisiin varautuminen ja sen vaatimien suojausten asentaminen on helpompaa sekä turvallisempaa.
- Jäteastioiden sijoittelu ja työpisteen siisteyden ylläpito onnistuu helpommin (hukkapalaset, joita tulee leikatessa ja muut roskat), kokonaisturvallisuus paranee.



Kuva 6. Vesikattomoduli valmiina katolle nostoa varten.

On otettava huomioon yleiset työturvallisuusriskit, jotka ovat voimassa myös moduuleita käytettäessä. Riskit pienenevät oleellisesti, jos työmaalla suoritettu perehdytys on selkeä ja se on helposti ymmärrettävissä kaikille työntekijöille kielestä tai kansallisuudesta huolimatta. Riski pienenee myös tekemällä huolellista työtä ja ottamalla kaikki muut työntekijät huomioon yhteisellä rakennustyömaalla. Liitteessä 4 on esitetty yleisiä työturvallisuusriskejä elementtirakentamisessa ja yleensä rakennustyömaalla.

Haasteeksi työturvallisuuden kannalta moduuleiden asennusvaiheessa on tullut putoamissuojauksen toteutus, koska itse putoamissuojausta on vaikea toteuttaa moduulin ollessa ilmassa. Valjaiden ankkuroimiseen ei löydy kunnollista paikkaa ontelolaataston päältä ja putoamissuojaus on täten puutteellinen. Ratkaisuksi ongelmaan voisi ehdottaa putoamissuojausvaijerin kiinnittämisen alajuoksun ja ontelolaataston väliin. Alajuoksu kiinnitettäisiin betoniruuveilla vankasti ontelolaattaan kiinni siten, että mahdollisuutta vaijerin irtoamiseen ei ole. Kiinnityspistettä jouduttaisiin vaihtamaan aina moduulin asettamisen jälkeen tarpeen mukaan.

Avustavia tekijöitä turvallisuuden ja asennustekniikan kannalta olisi myös narujen asentaminen moduulin joka kulmaan, jolla voitaisiin ohjata moduulia oikeaan kohtaan. Lisäksi moduulin asennuspaikan ulkokulmauksiin tulisi asentaa kulmaraudat alajuoksuun, mitkä ohjaisivat moduulin paikoilleen. Rajoituslankkujen, jotka rajoittavat moduulin liikettä sen asennusvaiheessa, olisi myös mahdollista käyttää helpottavana tekijänä asennusvaiheessa paikoilleen, jottei se pääse heilumaan rajattomasti sivu ja leveyssuunnassa.

3.1 Työturvallisuuden huomiointi ja ohjaus

Työturvallisuuden merkitys vesikattovaiheessa on rakennushanketta ajatellen suuri, koska riskitekijöitä vesikattotyöskentelyyn löytyy useita. Huomioitavia asioita on paljon ja on oleellista, että jokainen työntekijä mukaan lukien työnjohto sitoutuvat pitämään yhtä linjaa turvallisuussäännöissä. Pienillä lipsahduksilla voi olla draamattiset seuraukset ja on heti ensimmäisestä työpäivästä lähtien annettava selkeät linjat toteuttaa rakennustyömaan työturvallisuutta. Jos lipsahduksia tulee, on niihin reagoitava asianmukaisella vakavuudella, lain ja määräysten sekä yrityksen toimintatavan mukaisesti.

Työturvallisuutta ohjataan paljon myös tr-mittauksilla, jotka ohjaavat työmaan turvallisuustasoa oikeaan suuntaan. Havaitut virheet kirjataan ja asioiden korjaamiseksi nimetään vastuuhenkilö. Urakoitsijapalaverit ohjaavat taas omien työntekijöiden ja muiden työmaalla toimivien urakoitsijoiden työntekijöiden turvallisuustasoa omalta osaltaan. Tällöin on mahdollisuus reagoida havaittuihin virheisiin kertomalla muiden työmaalla toimivien urakoitsijoiden edustajille havaitut ongelmat ja antamalla ohjeet niiden hoitamiseen.

Vertaillen Mannisenrinne 8-6 ja 4 Mannisenrinne 4 rakennushankkeita eroavaisuuksia tulee myös työmaa-alueen tasolla, mikä asettaa omia haasteita myös aluesuunnittelulle, koska Mannisenrinne 4 kohteen tontti ei ole kovin suuri. Mannisenrinne 8-6 hankkeessa tontilla oli tilaa käyttää hyödyksi hieman väljempää asemointia eri tarvikkeille, materiaaleille ja roska-astioille. Mannisenrinne 4 koh-

teessa tonttitilaa ei ollut käytettävissä samalla tavalla, mikä ei mahdollistanut moduuleiden valmistamista paikan päällä. Niinpä myös työturvallisuuteen liittyvät eroavaisuudet tulevat ilmi juuri modulointia ajatellen. Väljemmällä tontilla on tehokkaampaa toteuttaa turvallisempaa työskentelyä. Tilaa itse työpisteen ympärille jää enemmän ja ympärillä tapahtuvien asioiden havainnointi on selkeämpää, ja tontilla olevien materiaalien löytäminen on myös helppoa.

Suunnitelmien merkitys molemmissa hankkeissa on edellytys toimivalle työturvallisuudelle, koska juuri suunnittelussa otetaan huomioon kohteen vaatimat työturvallisuusjärjestelyt.

Hankeen turvallisuussuunnittelussa mukana ovat myös suunnittelijat, jotka ottavat omalta osaltaan suunnittelussa ratkaisuisa huomioon työn vaatimat turvallisuusasiat. On tärkeää, että kaikki osapuolet tekevät yhteistyötä kohteen turvallisuussuunnittelussa, koska näin ollen saadaan aikaan mahdollisimman laajat ja kattavat turvallisuussuunnitelmat, joilla voidaan vastata työmaan turvallisuustarpeeseen sekä sen ohjaukseen. Rakennustyömaan turvallisuusjohtaminen on seuraava askel suunnittelun jälkeen, jonka mukaan lähdetään viemään suunniteltuja päätöksiä.

Viikkopalavereiden merkitys kerran viikossa työntekijöiden kesken, antaa molemmille osapuolille todella tärkeää tietoa siitä, mitä itse tekijät ovat mieltä työmaan turvallisuudesta ja muista työmaata koskevista asioista. Ilmi tulleet asiat käydään läpi ja niiden korjaamiseksi tehdään päätös sekä nimetään vastuuhenkilö korjaamaan puute kuntoon, jottei siitä aiheudu myöhemmin mahdollista tapaturmaa. Myös tr-mittausten käsittelyllä voidaan vaikuttaa työmaan turvallisuustasoon, koska ilmi tulleilla havainnoilla pyritään välttämään näiden virheiden uudelleen syntyminen.

Työturvallisuuden johtaminen ja suunnittelu ovat ennakoivia työturvallisuustöitä, joilla pyritään ehkäisemään syntyviä tapaturmia sekä pitämään rakennustyömaan turvallisuustaso mahdollisimman korkealla. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) kertoo, kuinka rakennustyön työturvallisuuden suunnittelua, valmistelua ja johtamista toteutetaan ja kuinka vastuut jakautuvat eri tahoille.

Laadittaessa tuotannosuunnittelua kuuluu suunnittelutyöhön ottaa huomioon työturvallisuus ja turvallinen työympäristö. Moni syntynyt tapaturma on osaksi suunnittelematonta kokonaisuutta eli syy on monesti suunnittelematomuuden puute, puutteellinen ohjeistus, asian ymmärtämättömyys tai turvallisuusasioiden noudattaminen jättäminen.

3.2 Työergonomia

Moduulirakenteisella vesikatolla työskenneltäessä voitaisiin parantaa työergonomiaa, mikä lisää työturvallisuutta sekä rakennustyön tuottavuutta.

Ergonomiasta ja fyysisistä kuormitustekijöistä kerrotaan tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa, jossa myös niiden oikeaoppinen suunnittelu käydään läpi:

Vna 205/2009 § 69 luku 13: työt tulee suunnitella siten, että käsien tehtävien nostojen ja siirtojen vaarat tunnistetaan ja poistetaan. Materiaalien siirtovälineiden käyttö on suunniteltava 10 ja 11§:ssä tarkoitetuissa suunnitelmissa (rakennustöiden turvallisuussuunnittelu ja rakennustyömaan -alueen käytön suunnittelu).

Työmenetelmät, rakennusmateriaalit tulee valita siten, että nostojen ja huonojen työasentojen aiheuttamia vaaroja ja haittoja ehkäistään. Raskaat vaakasiirrot tulee tehdä sopivan kuljetusvälineen avulla. Työskentelyalue tulee pitää hyvässä järjestyksessä, jotta kuljetusvälineitä voidaan käyttää. Pystysirroissa tulee käyttää nostojen ja siirtojen keventämiseen siirtolaitteita ja apuvälineitä. Työntekijän käyttöön on annettava mekaanisia laitteita, jotta työntekijän ei tarvitse kantaa tai kannatella korkealle asennettavia materiaaleja.

Työvälinettä käytettäessä on otettava huomioon sitä käyttävän työntekijän työolosuhteet ja työasento sekä ergonomisten toimenpiteiden toteutus. Työnantajan on valittava työntekijän käyttöön rakennustyön työolosuhteisiin turvalliset sekä ergonomisesti tarkoituksenmukaiset työvälineet.

Tarvittaessa työnantajan tulee käyttää ergonomisten riskien ja kuormituksen arviointiin ja vähentämiseen työterveyshuollon asiantuntijoita siten kuin siitä erikseen säädetään. [9, § 69.]

Moduulirakenteisella vesikatolla voidaan vähentää yleisiä työergonomiaa heikentäviä tekijöitä joita ovat:

- huonot työasennot,
- sahauspisteet,
- fyysinen kuormittuminen,
- tapaturmariskit,
- henkinen kuormittuminen,
- työvälineiden käyttäminen huonoissa työskentely asennoissa,
- raskaiden taakkojen kantaminen.

Työasennot maan pinnalla työskennellessä ovat luonnollisempia sekä vähemmän kuormittavia, koska työssä on mahdollista käyttää vapaata tilaa hyödyksi oman tarpeen mukaisesti sekä työasentojen helpottamiseksi soveltuvia apuvälineitä kuten työpukkeja. Sahauspisteet ovat vakaalla ja turvallisella alustalla, mikä lisää itessään koneen käyttöturvallisuutta. Lisäksi sen mahdollinen korkeusasemointi on mahdollista mukauttaa sopivalle työskentelykorkeudelle.

Fyysinen kuormittuminen vähenee työpisteiden ja materiaalien ollessa lähellä toisiaan sekä kaikkien materiaalien ollessa samalla korkeustasolla. Tämä ei pelkästään vähennä runkotyövaiheen tekijöiden, vaan se vähentää myös pelti-, maalaus- ja aluskateurakoitsijan työntekijöiden kuormittumista työvaiheessa. Kuvassa 7 aluskatteen asentaja asentaa moduulin päälle aluskermiä ilman kerroksien kautta tapahtuvaa nousua katolle mahdollisten tarvittavien työvälineiden ja materiaalien kanssa.

Siispä tällä saadaan laaja vaikutus kaikille modulointiprosessissa työskenteleville henkilöille. Fyysinen kuormittavuus pienenee, sillä vesikatolle tapahtuva kulkeminen vähenee, mikä vähentää yleistä rasittumista työpäivän aikana.

Mahdollisten pressujen asentaminen sääsuojaksi tapahtuu helposti, koska pressut voidaan sijoittaa moduulin viereen, josta niiden laittaminen tapahtuu nopeasti sekä turvallisesti.



Kuva 7. Aluskatteen asentaja asentaa kermiä moduuliin.

Mainitut tekijät, jotka edesauttavat jaksamista työssä ja vapaa-ajan ulkopuolella, vähentävät myös turhia poissaoloja sekä lääkärissä käyntejä. Edellä mainittujen tekijöiden myötä tuotantotehokkuus tehostuu ja myös aikataulussa pysyminen helpottuu. Nämä asiat vaikuttavat myös siihen, että työntekijän eläköitymistä ennenaikaisesti voidaan ehkäistä näiden kuormitusta keventävien asioiden myötä, joita tekstissä on kerrottu.

Henkinen kuormittuminen vähenee, koska fyysinen kuormittuminen ja tapaturmariskit vähenevät. Kun työntekijät kokevat, että heidän kuormittavuuttaan vähennetään ja työympäristöstä huolehditaan, työviihtyvyys sekä motivaatio paranevat ja tuotantoketjun työsaavutus kohoaa. [12, s. 25.]

Työvälineitä voidaan käyttää monipuolisemmin ja työvälineiden johtoja voidaan riipustaa, joten ne eivät aiheuta kompastumisriskiä. Työvälineitä voidaan käyttää luonnollisemmissa asennoissa, jolloin ylävartalon kuormittuminen vähentyy. Ku-

vassa 8 nähdään, kuinka työskentely räystäillä onnistuu luonnollisessa asennossa ja työvälineiden käyttö on monipuolisempaa kohteeseen kulkemisen ja ulottuvuuden vuoksi.



Kuva 8. Työskentelyä räystäillä maan pinnalla.

Mahdollisten raskaiden taakkojen kantaminen vähenee, kun kaikki tarvittavat materiaalit tuodaan valmistuspaikan viereen. Kuljetuksiin voidaan käyttää apuna erilaisia kärryjä ja jopa ajoneuvoja, joilla työntekijöiden fyysistä kantamista vähennetään työpisteeseen.

Rakennusalalla erityisesti käsin tehtävät nostot ja siirrot aiheuttavat liikunta- ja tukielimistön ongelmia. Kaikki raskaampien materiaalien siirto ja kuljetus tulee tehdä avustavia välineitä käyttäen, jotta välttyttäisiin liikunta- ja tukielinten ongelmilta. Nostojen lisäksi hankalia työasentoja ovat työskentely kädet koholla, kannattelu, kumarat ja kiertyneet työasennot. [12, s. 26.]

Kaikkia näitä edellä mainittuja vaaratekijöitä voidaan vähentää ja keventää käyttäessä moduulirakenteista vesikattoa.

Kaikista ergonomiia parantavista keinoista muodostuu yhteisvaikutuksesta tekijöiden summa, mikä vaikuttaa myös tuotantovaiheen nopeutumiseen. Työliikkeet

muuttuvat oikeaoppisemmiksi, mikä lisää työn sujuvuutta ja se myös tarkoittaa sitä, että työsaavutus paranee, koska työntekijä käyttää varsinaiseen työhönsä suuremman osan työajasta. (lepotaukojen määrä ja kesto vähenee). [12, s. 25.]

Kuvasta 9 voi nähdä, kuinka paikalla rakennettavan vesikattotyön työskentely työpisteessä on erilaista, verrattuna moduuleina rakennettavaan vesikattoon, kuva 10. Kuvista käyvät monet tekijät ilmi, joista on edellä mainittu ergonomiaan liittyen.



Kuva 9. Paikalla rakennettavan vesikaton rakentamista.

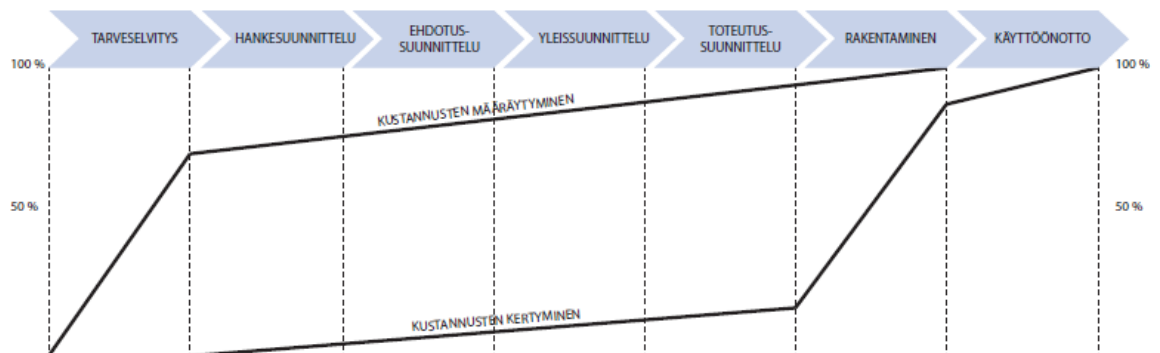


Kuva 10. Moduulin valmistus maan pinnalla.

4 KUSTANNUKSET

Rakennushankkeen kustannukset muodostuvat pääosin jo hankkeen suunnittelu- vaiheessa ja itse rakentamisvaiheessa niihin on vaikea vaikuttaa niin, että ne aiheuttaisivat kokonaiskustannuksiin merkittävää eroa. Rakennushankkeen kustannukset seuraavat rakennuttajan mukaan määriteltyjen ehtojen laajuudessa, koska työn tilaaja asettaa raamit mitä rakennetaan ja missä määrin. Rakennuttaja kilpailuttaa yleensä kohteensa rakennustyöt tarvittavineen materiaaleineen ja aliurakoitsijoineen. Kilpailutuksella voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä rakennuttajan näkökulmasta. Rakennuttaja voi toimia myös itse oman ammattitaitonsa myötä tilaajana.

Erityisen tärkeää kustannusten määräytymiselle on asettaa ennen rakentamista kustannustavoite. Kustannustavoitteen raameissa on pysyttävä tai rakennuttajan kanssa sovitusti joko puoleen tai toiseen muutetaan kustannustavoitetta. Kuvassa 11 on esitetty ohjeellisesti, kuinka rakennushankkeen kustannukset määräytyvät yleensä hankkeen edetessä ja kuinka pieni mahdollisuus on vaikuttaa kustannuksiin hankkeen ollessa jo rakentamisvaiheessa. [13, s. 1.]



Kuva 11. Kustannusten muodostuminen. [13, s. 1.]

Itse rakennushankkeessa urakoitsija valvoo urakkasuorituksista tulleiden kustannusten muodostumista ja kerää niiden tiedot, jotta toteutuneita kustannustietoja voidaan verrata tavoitearvioon. Tarvittaessa urakoitsija tekee niistä havaitsemiensa päättelyiden perusteella muutoksen, jolla voidaan tai mahdollistetaan kustannusten oikeamuotoinen toteutuminen. [13, s. 4.]

Rakennustöiden yleisten sopimusehtojen mukaan urakoitsijan suoritusvelvollisuu-
teen kuuluu:

luku 1, § 1. Pääsuoritusvelvollisuus. Urakoitsija on velvollinen sovittua urakkahin-
taa tai muuta maksuperustetta vastaan tekemään kaikki urakkasopimuksen ja
siinä noudatettaviksi määrättyjen sopimusasiakirjojen edellyttämät työt ja toimen-
piteet sekä hankinnat aikaansaadakseen näissä asiakirjoissa määritetyn työntu-
loksen ja luovuttamaan sen sopimusasiakirjojen mukaisesti tehtynä valmiina tilaa-
jalle.

Urakkaan kuuluvat kaikki suoritukset, joita sovitun työntuloksen aikaansaamisemi-
nen edellyttää tehtäväksi. Urakoitsija ei tämän mukaan ole velvollinen toteutta-
maan tilaajan vaatimuksia, jotka eivät perustu sopimusasiakirjoissa ilmeneviin
määräyksiin ja joita ei ole urakkahinnassa voinut rakennusalalla yleisesti nouda-
tettavan käytännön perusteella ottaa huomioon.

Urakoitsijan tulee suorittaa sopimuksenmukainen tehtävänsä ammattitaidolla,
noudattaen voimassa olevia rakentamista koskevia säädöksiä ja hyvää rakenta-
mistapaa. [3, § 1.]

Luku 5, § 39. Maksuvelvollisuus. Urakkahinta on urakkasopimuksessa sovittu ura-
koitsijalle maksettava vastike. Urakkahinnassa on eroteltava arvonlisäveroton
hinta ja arvonlisävero. [3, § 39.]

Tämä tekstin on tarkoitus kertoa, kuinka urakka on suoritettava ja niistä syntyvien
kustannusten maksaminen muodostuu rakennuttajalle. Jonka raameissa urakka-
sopimuksen mukaisesti korvausvelvollisuus tulee maksaa suorittamastaan työstä
urakoitsijalle.

Rakennuksen hinnan muodostavat materiaalit, työt ja niihin liittyvät muut kulut ku-
ten sosiaalikulut, tilaratkaisut, aikataulu, urakkamuoto ja vuodenaika milloin raken-
netaan. Kaikki alkaa tarpeesta rakentaa, jonka myötä tapahtuu tilojen suunnittelu
mikä on tullut päätöksien lopputuloksena.

4.1 Muodostuneet kustannukset moduuli- ja paikalla rakentaen

Kohteet ja niiden tiedot sijaitsevat taulukossa 6 joista seuraavaksi esitettyjä kustannuksia on syntynyt, ovat vertailukelpoisia kohteen vesikaton pinta-alan, rakennetyyppien ja muiden tekijöiden myötä kuten ympäristöolosuhteet ja tuotannonohjaus. Kaikissa tapauksissa sääolosuhteet olivat talviset (tammi-maaliskuu), asennusryhmä ammattitaitoinen ja kokenut, jolla kokemusta laajasti eri rakentamista-voilla toteutetuista kohteista.

Taulukko 6. Kohdetiedot.

Kohteen nimi	Mannisenrinne 8	Mannisenrinne 6	Mannisenrinne 4
Tontin pinta-ala (m ²)	2134	2241	2518
Katon pinta-ala (m ²)	517,5	517,5	511
Moduuleiden pinta-ala (m ²)	449,4	449,4	449,4
Parvekekattojen pinta-ala (m ²)	68,1	68,1	52,3
Kerroksien lukumäärä (kpl)	5	5	5
Nostotyökone (tyyppi)	Torninosturi ja nosturiauto	Torninosturi ja nosturiauto	Nosturiauto
Rakennustyyppi	Kerrostalo	Kerrostalo	Kerrostalo
Runko	Betonirakenteinen, ontelot ja seinät	Betonirakenteinen, ontelot ja seinät	Betonirakenteinen, ontelot ja seinät
Yläpohja	Puuristikot, kumibitumikermi	Puuristikot, kumibitumikermi	Puuristikot, kumibitumikermi
Yläpohjan rakennustapa	Moduuleissa	Moduuleissa	Paikalla rakentaen
Työryhmän koko	3 ram	3 ram	4 ram

Toteutuneet kustannukset jotka ovat syntyneet kohteista, perustuvat kerättyihin tietoihin Mannisenrinne 8 ja 6 kohteista sekä Mannisenrinne 4 vuosina 2015-2017. Mannisenrinne 6 ja Mannisenrinne 4 kohteista ei ollut saatavilla niin tarkkoja tietoja mitä Mannisenrinne 8 kohteesta oli. Vertaillen kohteita Mannisenrinne 4 ja Mannisenrinne 8 saadaan paras käsitys minkälaisia eroja sekä tekijöitä voidaan poimia lasketuista arvoista, koska kohteiden vesikattourakan sisältö on samanlainen. On myös muistettava että esitetyissä luvuissa ja laskelmissa ei ole mukana materiaaleja, nostotyöhön käytettyjä nostureja sekä muita laskelmissa ja urakasisällöissä mainitsemattomia töitä.

Taulukko 7. Kustannusvertailu Mannisenrinne 8 ja Mannisenrinne 4 (kustannukset ei sis. sosiaalikustannuksia)

Vertailut:	Urakkatunnit	Tuntityö	Tunnit yht.	Urakkahinta €	Pohjarahat €	Tuntitöiden osuus		Kustannukset yht. €
						urakkatunneista %	KTA/ €	
Mannisenrinne 8	349	15	364	9500	2628,31	4,3	27,22	16380
Mannisenrinne 4	450	41	491	10288	1405,35	9,1	22,86	11693,4
Ero:	101	26	127	788	1222,96	4,8	4,36	4686,6

Työsaavutukset:		
kokonaistyö	€/ m ²	m ² / h
Mannisenrinne 8	31,65	1,42
Mannisenrinne 4	23,81	1,04

Urakkatunneista taulukossa 7 voidaan päätellä, että tuotantonopeus on ollut korkeampi Mannisenrinne 8:ssa. Myös toteutuneet tuntityömäärät kertovat työssä olleen vähemmän poikkeavia tai hitaita työvaiheita, minkä vuoksi niitä on muodostunut vähemmän.

Urakkahinta on ollut ennakkoon hieman yläkanttiin arvioitu tai työn tehokkuus on ollut hyvä, jos vertaa tehtyjä urakkatunteja 349 h ja keskituntiansiota 27,22 € (ulosmaksu) on se suhteessa paljon sovittuun urakkasummaan 9 500 €. Kokonaiskustannuksista nähdään moduuleissa rakennetun olleen kalliimpi rakentaa. Tähän on vaikuttanut muiden työhön liittyvien työvaiheiden kustannuksien muodostuminen jotka on mainittu liitteessä 8.

Työn saavutuksista puhuttaessa moduuleissa rakennettu on kalliimpi rakentaa mutta työn tehokkuudelta se on 0,38 m² tehokkaampi valmistaa ajatellen valmistettua kattoalaa (517,5 m²). Neliöhinta €/ m² on ollut korkeampi (31,65 €), mikä pohjautuu pääosin urakkasummaan ja pohjarahoihin. Kustannuksia on mahdollista saada alhaisemmiksi molemmista moduloinneilla toteutetuista kohteista keretyneistä tunneista ja menekeistä joista voi optimoida niistä sopivat urakkasummat kohteeseen.

Esimerkiksi 511 m² katto, joka on ollut Mannisenrinne 4 kohteessa, voidaan tehdä noin 360 tunnissa nykyisen 491 tunnin sijaan. Täytyy muistaa että Mannisenrinne 4 kohteessa ei ollut mahdollisuutta toteuttaa tätä modulointitekniikkaa tilan puutteen vuoksi. Urakkasummaa olisi myös mahdollista tarkentaa kun tällaisia kohteita

tulee eteen. Se tarkoittaa myös sitä, että urakkasummassa ja mahdollisissa pohjarahjoissa on mahdollisuus päästä alhaisempiin kustannuksiin.

On huomioitava myös, että Mannisenrinne 4 kohteessa työryhmässä oli 4 rakennusammattimiestä ja Mannisenrinne 8 puolestaan 3 rakennusammattimiestä joka osaltaan vaikuttaa myös tuntien kertymiseen työn osalta. Tuntien määrästä voidaan päätellä moduuleilla rakennetun olevan taloudellisempi valmistaa.

On otettava huomioon, että tämä tarkastelu on voimassa vain näille kohteille, koska kattojen rakenteet ja muut tekijät, kuten henkilöstö, rakennuksen tyyppi sekä malli, mahdollistivat sen. Tämä antaa kuvaa myös mahdollisesta tehokkuudesta käytettäessä moduuleja rakentaessa.

Taulukko 8. Mannisenrinne 6 kustannustiedot.

Mannisenrinne 6			
Työryhmä	3 ram		
Työvaihe:	Urakkatunnit	Tuntityö	Yhteensä
Moduulien ja parvekekattojen valmistus	200	16	216
Urakkahinta €	6 200 €		
KTA/€	31,00 €		
Pohjarahat €	2 376,00 €		
Kokonaiskustannus €	8 576 €		

Työsaavutukset: valmistus	m ² /h	€/m ²	€/h
	2,395	16,572	45

Taulukoita 8 ja 9 verrattaessa työn saavutus on parantunut hieman verrattuna (0,09 m²/h) Mannisenrinne 6 kohteeseen valmistettuihin moduuleihin ja parvekekattoihin. Tähän tuottavampana tekijänä vaikuttaa se, että mitään pohjatöitä ei tarvinnut tehdä sekä kokemus jo aiemmin vastaavasta moduulin valmistuksesta henkilöillä, jotka tekivät molemmat moduulit Mannisenrinne 8 ja 6 kohteisiin. Nähdään myös että neliöhinta on laskenut (16,57 €/m²), joka kertoo työn tehokkuudesta sekä kokonaishinnasta 8 576 €.

Taulukko 9. Mannisenrinne 8 moduuleiden ja parvekekattojen työsaavutukset

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² /h	€/m ²	€/h
	2,31	19,47	45

Työn tehokkuudesta kertoo työhön käytetty aika 216 h ja urakkasumma 6 200 € josta keskituntiansio muodostui 31 €/h (ulosmaksu). Urakkasummaa olisi mahdollista saada pienemmäksi täten huomattavan keskituntiansion, joka on jo varsin kova verraten 20 € normaaliin ulosmaksuansioon urakkaryhmässä.

Taulukko 10. Työsaavutukset Mannisenrinne 8.

Työsaavutukset:			
asennus	m ² /h	€/m ²	€/h
	14,375	3,13	45

Työsaavutuksessa moduulien asennus ja parvekekattojen asennus.

Huomattavaa on myös asennusnopeus (36t 517,5 m²-> 14,37 m²/h) taulukko 10, jolla saavutetaan suhteessa paikalla rakennettavaan vesikattoon todella suuri etu tuotantotehokkuuden lisäksi kosteudenhallinnan, turvallisuuden ja laadun kannalta jotka ovat merkittäviä tekijöitä hankkeen kokonaisvaltaisen onnistumisen kannalta.

Mannisenrinne 4 kohteessa olevasta työn saavutuksesta 1,04 m²/h täytyy muistaa se eroavaisuus, että paikalla rakennettu ja valmiina elementteinä nostetut kattomodulit tuovat selkeän poikkeavuuden asennusnopeudessa joka on ymmärrettävää, mutta ero on selkeä jos tavoitellaan jo yllä mainittuja asioita.

Kustannusten tavoitteesta, Mannisenrinne 8 kohteessa töiden tavoite kustannukset olivat töiden osalta 21 519 € (alkaen suunnittelupalaverista päättyen yläpohjan siltöjen tekoon, mukaan lukien sosiaalikulut). Toteutuneet kustannukset olivat taas 17 380 € joka oli tavoitteesta 4 139 €. Täten kohteessa saavutettiin myös 19,23 % säästö nopeuden ja moduulitekniikan myötä, joka antaa myös suuntaa moduulirakentamisen tuomista taloudellisista hyödyistä.

Paikalla rakennetussa vesikatossa säästöjen kerryttäminen kohdistuu lähinnä materiaaleista saataviin säästöihin hankintatoimen puolesta. Itse työmaalla työmaateknikassa ja urakkahinnoissa ei päästä tuotantotehokkuudessa moduuleilla saavutettaviin tehokkuuslukuihin, johtuen moduulien valmistustavasta ja asentamisesta sekä siihen kohdistuvista työvaiheista joista säästöjä voidaan saavuttaa.

Säästöä saataisiin vielä tuotantotehokkuuden myötä, jos urakkaryhmä olisi valmistanut juuri vastaavanlaisia moduuleita aiemmin mikä vaikuttaa työn tehokkuuteen työsaavutuksien osalta nostavasti. Juuri moduuleiden valmistuksia varten täytyisi siis nimetä tietty urakkaryhmä, joka valmistaa kyseisiä moduuleita kohteisiin. Jos kohteita rakennettaisiin moduuleilla enemmän, menekkitiedot olisi syytä dokumentoida, jotta tulevien kohteiden vertailu olisi täten vielä laajempaa, hyödyt moduulien käytöstä tiedettäisiin jo ennakkoon.

4.2 Tulosten tarkastelu kustannusten osalta

Syntyneet kustannukset ja työsaavutusten luvut kertovat siitä, että mahdollisuudet kustannusten ja tuotantotehokkuuden osalta ovat todellisia ajatellen kohteita joihin tämän kaltainen moduulirakentaminen soveltuu. Mahdollisuudet molempien mainittujen asioiden kehittämiseen ovat olemassa ja näitä kehitysideoita löytyy osiosta jossa käydään läpi paikalla ja moduuleissa rakennetun vesikaton työergonomiaa ja siihen liittyvää työtehokkuutta.

Yhteenveto havaituista tekijöistä ja kustannuksista kohteissa:

- Moduulitekniikalla rakennettu katto on ollut tuotannollisesti tehokkaampi rakentaa (1,42 m²/ h) kuin paikalla rakennettu (1,04 m²/ h) 36,53 %.
- Mannisenrinne 4:ään katto olisi siis saatu teoreettisesti tehtyä noin 360 tunnissa teholla 1,42 m²/ h joka saavutettiin Mannisenrinne 8 kohteessa.
- Moduuleiden tuotantotehokkuus parantuu nimeämällä moduuleiden valmistukseen tietty ryhmä, joka valmistaa vesikattomoduuleja kohteissa joissa niitä käytettäisiin.

- Urakkasummia ja pohjarahoja on mahdollista optimoida, mikä tarkoittaa sitä että kustannukset pienenevät siltä osin.
- Mannisenrinne 6 kohteessa vesikattomoduuleja tehtiin samaan aikaan maassa kun runkoa kasattiin, tila mahdollisti moduloinnin (johtuen tonttien sijainnista vierekkäin).
- Modulointi parantaa tuotantotehokkuutta, joka taas vaikuttaa siihen että seuraavia työvaiheita päästään tekemään aiemmin (3 viikkoa) kuin paikalla rakennettu.
- Tuotantotehokkuus vaikuttaa myös aikatauluun sekä laatuun (kosteuden hallinta, aiemmin säältä suojaan), vaikuttaa myös työturvallisuuteen koska tehokkuuden myötä asioita ei tarvitse tehdä niin kiireellä (aikataulu).
- Osb-levyn käyttö nopeuttaa vesikattotyövaihetta merkittävästi aiemman (raakapontin) sijaan, sivulla 47 laskennallinen havainnollistus työn menekeistä.
- Valmis vesikattomoduuli kattaa monta työvaihetta kerralla kun sen asentaa katolle: kattoristikot, kulmaraudat, räystäät, pellitykset, koolauksen, levytyksen (julkisivu ja aluskatteen alle), aluskatteen.
- Asennustehokkuus (14,37 m²/ h) mikä tuo myös tuotantotehokkuuden lisäksi, työturvallisuuden, laadun sekä kosteudenhallinnan kannalta merkittäviä etuja paikalla rakennettuun vesikattoon nähden, joita on käyty lävitse kappaleissa työturvallisuus ja laatu.
- On huomioitava että Mannisenrinne 8 ja 6 kohteessa oli käytössä torninosturi ja tarvittaessa autonosturi. Mannisenrinne 4 kohteessa autonosturi tarvittaessa vesikattotyövaiheen ajan.
- 3 rakennusammattimiestä on sopiva määrä urakkaryhmään, toteuttamaan moduuleilla rakennettaessa tämän laajuista kohdetta.

Lukujen ja arvojen todellisuutta saataisiin vielä tarkemmaksi, jos vertailtavia kohteita olisi enemmän ja kustannus sekä työmenekkejä olisi mahdollista tarkastella todellisesti kohteiden välillä. Mitä enemmän tarkasteltavia kohteita olisi sitä todellisempi kohteiden työsaavutus ja kustannustietous on. Tietojen pohjalta on mahdollista tehdä tulevia hankkeita ajatellen päätöksiä siitä, kummalla tavalla on kannattavaa valmistaa vesikatto. Nyt saadut tulokset antavat viitteitä miten yllämainittujen asioiden muodostuminen tapahtuu eri tekniikoilla rakennettaessa.

Mahdollisia riskejä tämän kaltaisiin moduulirakentamisen hankkeisiin on, joita ei pidä unohtaa. Niitä ovat esimerkiksi sääolosuhteet, tuotantotekniset riskit (ammattitaito, ohjaus, aikataulu), työturvallisuusriskit ja kustannusperäiset riskit joista viimeksi mainittu on oleellinen suunniteltaessa juuri moduulirakentamisella toteutettavaa vesikattoa.

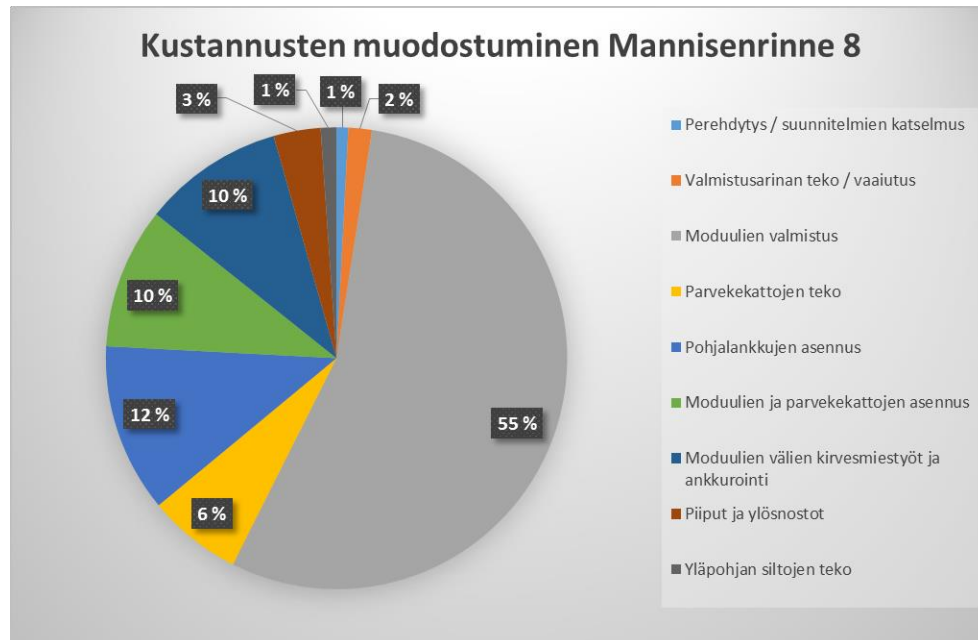
Jos mahdollisia riskejä ei tunnisteta, on mahdollista että kustannukset venyvät ja venyvät. Tärkeää on osata kartoittaa ennen vesikattorakentamisen urakkasopimuksen laatimista, hankkeen vaatimat ja sen tuomat haasteet jotka voivat tuoda haasteita kustannustenhallintaan.

Mahdollisia riskitekijöitä kustannusten osalta moduulirakentamisen näkökulmasta:

- Sääolosuhteet ja niiden muutokset, tarkoittaa myös niiltä suojautumista sekä suhde aikataulujen venymiseen sääolosuhteiden myötä.
- Kokematon työryhmä sekä työnjohto moduulin valmistus ja asennusvaiheessa.
- Ennakkosuunnittelun puute (työmaatekniikka).
- Aikataulujen epätodenmukaisuus.
- Budjetin ylittyminen suunnitellusta määrästä (työ ja materiaalit).

Kuvasta 12 voidaan nähdä, kuinka kustannukset muodostuivat Mannisenrinne 8 kohteessa moduuleja käyttäen. Suurimman osuuden muodostaa luonnollisesti itse moduulien valmistus, joista on mahdollista saada supistettua urakkahintaa viilaa-

malla kokonaisuus pienemmäksi. Toinen huomio liittyy mahdollisuuteen vesikattomuuleiden alihankintaan elementtitehtaalta, jolloin kustannusten supistamiseen tarjousvaiheessa on mahdollista. Myös ajallinen säästö joka vaikuttaa täten laskevasti kustannuksiin ajatellen hanketta kokonaisuutena.



Kuva 12. Kustannusten muodostuminen Mannisenrinne 8

On myös muistettava, että Mannisenrinne 8 ja 6 kohteissa ollut torninosturin etu, joka on mahdollistanut tehokkaan työskentelyn työmaalla vesikattotyövaiheessa. Tämä on tuonut myös taloudellista etua, koska muiden työvaiheiden ohella on voitu valmistaa moduuleja torninosturia apuna käyttäen. Taas Mannisenrinne 4 kohteessa autonosturi on kutsuttu paikalle tarvittaessa. Autonosturi oli käytössä kohteessa neljä viikkoa tuntihinnalla 80 €/h josta muodostui summaksi 13 000 € (sis. alv.). Tämä on jo huomattava summa ajatellen vesikattotyövaihetta kokonaisuutena, koska itse littera puutyöt, runko ja puurakenteet toteutui kohteessa 40 379 € (sis. alv.). Tämä ei itsestään kuitenkaan ole totuus autonosturin käytöstä, koska joka tapauksessa kustannuksia muodostuu myös torninosturin käytöstä.

4.3 Moduulirakentamisen ajalliset menekit laskennallisesti

Laskennallisten tulosten (liite13) huomiointi hankkeen kustannuksia ajatellen on hyvä ottaa tarkasteluun, että saadaan selvyttä kuinka paljon mahdollisia kustannuksia syntyy rakennustyöstä. On myös muistettava että työtä suorittava ryhmä saa suorittamastaan työstä sovitun korvauksen. Kustannusten optimointia voidaan hakea menekkitietojen pohjalta laskennallisesti, jotta saadaan mahdollisimman tarkka arvio työhön kuluviin tunneista. Kun tiedetään työhön kuluva aika tarpeeksi tarkasti, se helpottaa ja tarkentaa kustannusarvioiden laatimista sekä työurakoitten tarjoamista. Näiden tietojen pohjalta saadaan kustannuksista ylimääräinen osuus pois, jonka urakoitsija maksaa ylimääräisenä menoeränä.

Laskelman tavoitteena on havainnollistaa, kuinka realistinen tulos saadaan teoreettisesti laskemalla moduulirakenteisen vesikaton menekit. Täten saatuja tuloksia verrataan käytännössä saavutettuihin työmenekkeihin Mannisenrinne 8:ssä. Tuloksesta voidaan täten päätellä, onko laskentatapa menekkeineen soveltuva moduulirakentamisella toteutettuun vesikattoon työmaaolosuhteissa. Lisäksi tavoitteena on saada tulos, jonka mukaisesti tulevien kohteiden vesikaton rakentamisen menekkejä moduuleita käyttäen saadaan selville. Menekkien pohjalta on täten mahdollista optimoida urakkasummaa, sekä kustannusten muodostumista ennen moduulirakentamisen urakkasopimusta laadittaessa.

Teoreettiset arvot on otettu laskelmaan rakennustöiden menekit 2015 teoksesta, johon arvot on taas poimittu Ratu-tiedostoista. Menekkituloksia on poimittu jo 1970-luvulta alkaen, joista laskelmien menekkiluvut työvaiheisiin on saanut arvonsa. Arvot ovat peräisin täten siis useiden käytännössä eri rakennuskohteiden saavutetuista työvaiheista. [14, s.16.]

Taulukko 11. Työmenekkien koostuminen. [14, s. 8.]

Perusaika T1	Menetelmän lisäaika TL1	Työvuoron lisäaika TL2 Alle 1,0 tunnin keskeytykset	Pelivarat TL3-aika
Menetelmäaika T2			
Tehollinen aika (työvuoroaika) T3		Pienet erilliset työvaiheet (T3p) ja työehtosopi- muksen mu- kaiset tauot	
Kokonaisaika (työnvaiheaika) T4			

Taulukosta 11 nähdään kuinka saadaan aikaan työvaiheen kokonaistyömenekki eli kokonaisaika T4. Kokonaisaika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. Kokonaisajat saadaan kertomalla työvuoroajat TL3-kertoimella. TL3-kerroin on ilmoitettu laskelmassa olevan työvaiheen kohdalla. [14, s. 8.]

Laskennoissa käytetään määriä, jotka kohteissa Mannisenrinne 8 ja 6 on toteutunut (työn laajuus). Laskennallista lopputulosta verrataan lopuksi toteutuneeseen tulokseen Mannisenrinne 8 kohteessa.

Lähtötiedot:

- Rakennusajankohta helmi-maaliskuu (talviolosuhteet).
- Moduulien valmistus työmaaolosuhteissa maan pinnalla.
- Laskelma vain juuri Mannisenrinne 8 kohteeseen liittyen.
- Menekkiarvot Rakennustöiden menekit 2015 teoksesta.
- Osa arvoista arvioitu tilanteeseen liittyen, koska vastaavia arvoja ei löytynyt.
- Laskelma ei sisällä parvekekattojen valmistusta ja asennusta ja töitä joita ei ole mainittu.

- Torninosturin osuutta ei huomioitu laskelmissa.
- Urakkaryhmä erittäin kokenut.

Laskentakaava jota menekkien laskemisessa on käytetty:

menekki * määrä= tulos-> tulos kerrotaan:

- Suoritusmääräkertoimella (riippuen määrästä), ei kerrota jos suoritusmäärä ei täytä taulukon mukaista määrää tehdystä työstä.
- Talviolosuuhdekertoimella, kerroin vaihtelee pakkasmäärän mukaisesti.
- Lisäaikakertoimella TL-3, kerroin on 1,10-1,30 riippuen työvaiheesta.

4.4 Laskennallisten tulosten tarkastelu

Tuloksista voidaan päätellä, että laskennallinen tulos (valmistus ja asennus) 291,4 tth osoittautui hyvin lähelle toteutunutta työmenekkiä 288 tth. Tulos viittaa myös siihen, että laskennassa käytetty laskentatapa on käytännöllinen ajateltaessa vastaavanlaisia kohteita. Tätä tapaa voitaisiin hyödyntää laskettaessa tulevia työura-koita sekä suunniteltaessa tulevia työvaiheita.

Tällä tavalla on täten mahdollista optimoida hankkeen kustannuksia, laskettaessa juuri vesikattotyövaihetta, jos kyseessä on moduulirakenteinen vesikatto. Laskennalla on täten mahdollista saavuttaa taloudellista etua, koska laskemalla rakennustöiden menekit 2015 arvojen mukaisesti työmenekit osoittautuivat riittävän lähelle ajatellen kustannuksien muodostumista.

Täytyy muistaa että laskennoissa on käytetty suoritusmäärä, olosuhde ja lisäaikakertoimia jotka vaikuttavat myös teoreettisten tulosten muodostumiseen, niinpä arvoja on puntaroitava lähdeittäessä laskemaan moduulirakentamisella toteutettua vesikattoa työmaaolosuhteissa.

Yhteenveto laskentatuloksesta moduulirakentamiseen vedoten:

- Tulos osoittautuu tämän kaltaisessa kohteessa käytännölliseksi, eli laskentatapa on riittävän tarkka (288 tth/ 291,4 tth).
- Mahdollisuus optimoida kustannusten muodostumista (työurakat ja arviot).
- Urakoiden tarjoamisvaiheessa tiedetään tarkasti työmenekki-> kustannukset.
- Tiedetään työntekijämäärä työmenekkien perusteella työvaiheeseen.
- Helpottaa aikataulujen laadintaa (tarkkuus).
- Työvaiheiden välinen suunnittelu helpottuu ajallisten menekkien tarkkuudesta johtuen.
- Katealusta huomattavasti tehokkaampi valmistaa laskennallisesti levyttäen (0,06 tth/ m²) kuin mitä umpilaudoituksella (0,18 tth/ m²).

On muistettava että laajempi otanta kohteista joissa olisi käytetty samaa laskentatapaa sekä rakennustapaa, antaisi tarkemman sekä luotettavamman tuloksen lähdeittäessä laatimaan kustannusarviota sekä aikatauluja.

Laskentaa olisi tarkasteltu laajemmin, jos vastaavanlaisia kohteita olisi rakennettu joista vertailu on tietojen pohjalta mahdollista. Lisäksi on muistettava että jokainen rakennuskohde on yksilö, joka vaikuttaa täten myös laskentaan ja laskentatulokseen. Tämä tulos on siis vain tämän kohteen ja täten tulos itsessään ei ole suhteessa toiseen kohteeseen, ilman laskennallista tarkastelua sekä vertailua koska rakenteet ja työskentelytavat voivat poiketa merkittävästi.

Kohdat joissa on käytetty kokemusperäistä arviota menekistä, on aina pohdittava erikseen ja täten itse työvaiheeseen vaikuttavat tekijät voivat poiketa huomattavasti kohteen vaativuus sekä olosuhteet huomioon ottaen.

5 YHTEENVETO

Kokonaisuutena tämä työ avaa aiheiden laatu, työturvallisuus ja kustannus käsitteet rakennuskohteiden Mannisenrinne 8, 6 ja 4 osalta. Työ pohjautuu kerättyihin tietoihin jotka ovat todellisia lukuun ottamatta laskemiani työsaavutuksia sekä ne-liöhintoja vertailuineen. Tehdessäni tätä opinnäytetyötä moni huomaamaton yksityiskohta tuli esiin, jotka tulisi ottaa huomioon erityisesti moduulitekniikalla rakennettaessa. Erityisesti vertailut paikalla rakentaen ja moduuleissa rakentaen avasivat vielä enemmän, mitä eroja näillä tekniikoilla on ja mitä asioita niissä täytyy ottaa huomioon.

Työn tuloksista olisi saanut vielä luotettavamman, jos käytössäni olisi ollut laajemmat tiedot useammasta kohteesta jotka olisivat olleet vertailtavissa työssä käsiteltäviin kohteisiin nähden. Näinpä laajuus vertailun osalta on suppea ajatellen tuloksien uskottavuutta, mutta mielestäni vertailu suoritettiin työn laajuus ja rajaus huomioon ottaen suunnitelmien mukaisesti.

Mahdollisuudet moduulirakentamisessa ovat todellisia ja niinpä uskon että juuri moduulirakentaminen tulee olemaan tulevaisuutta rakennusosalalla sen laadun, työturvallisuuden, kustannusten ja tuotantotekniikan tuoman hyödyn ansiosta. Miksikä kerrostalokohteisiin voitaisi toimittaa vesikattomoduleita ontelolaattatoimintumaisesti toimituserittäin työmaalle, joka mahdollistaa työmaalla tapahtuvan vesikattotyövaiheen osalta työvaiheiden vähenemistä merkittävästi työmaaolosuhteissa (vaikutus aikatauluun ja työntekijä resursseihin).

Mielestäni asetetut tavoitteet saavutettiin jotka asetettiin ennen opinnäytetyön aloittamista, koska jokaisesta osiosta saatiin selville mitkä tekijät vaikuttavat lopputulokseen ja missä voidaan kehittää toimintaa.

Teoriaosuudet on koottu omien kokemusten, Lemminkäinen Talo Oy:n työntekijöiden ja alan kirjallisuudesta lakien ja määräyksien mukailmana, jotta asiakokonaisuus säilyy lukijalle faktapohjaisena.

Lopuksi voi todeta että moduulirakentaminen tulee yleistymään rakennusalalla sen tekniikan tuomien hyötyjen myötä, kunnes moduulirakentamisen hyödyt tulevat jokaisen tietoisuuteen mitä hyötyjä sillä voidaan saavuttaa.

LÄHTEET

- [1] Rakennustieto Oy. Rakentamisen laatu 2017,11. Uudistettu painos. Rakennustieto Oy 2016.
- [2] Finlex lainsäädäntö, 5.2.1999/132. Maankäyttö ja rakennuslaki. Haettu 22.2.2017 sivustolta Finlex, internet osoite:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- [3] Rakennustieto Oy. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998, Rakennustieto Oy 1998.
- [4] Rakennustieto Oy. (2010). Runko RYL 2010, rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Haettu 22.2.2017 sivustolta Rakennustieto internetosoite:
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/106032.html.stx>
- [5] Rakennustieto Oy. Ratu, Työmaan laatusuunnitelma, suunnitteluohje 1180-s, Rakennustieto Oy 6/1997.
- [6] Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta YM5/601/2015, Helsinki 12.3.2015.
- [7] Junnonen Juha-Matti, Aalto-yliopisto, Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät, Rakentajain kalenteri 2012. Haettu osoitteesta:
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120302.pdf>
- [8] Rakennustieto Oy. Rakennustuotteiden CE-merkintä ja muut tuotehyväksyntämenettelyt, RT 20-11125, Rakennustieto Oy 6/2013.
- [9] Finlex lainsäädäntö, 205/2009 26.3.2009, Valtioneuvostonasetus rakennustyön työturvallisuudesta. Haettu 6.3.2017 sivustolta Finlex internet osoite:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Pidp4085200>

- [10] Rakennustieto Oy. RT 10-10982, Rakennuttajan työturvallisuusvelvoitteet rakennushankkeessa. Haettu 6.3.2017 sivustolta Rakennustieto internetosoite: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/104524.html.stx>
- [11] Tapaturmavakuutuskeskus. Työtapaturmat, työtapaturmat 2005-2015. Haettu 6.3.2017 sivustolta tapaturmavakuutuskeskus internetosoite: <http://www.tvk.fi/fi/Tilastot-/Tilastojulkaisut/>
- [12] Rakennustieto Oy. Ratu KL-6018 Rakennustöiden turvallisuusohjeet Raturva 2, 2. Tarkistettu painos. Rakennustieto Oy 2010.
- [13] Rakennustieto Oy. RT 10-11226, Talonrakennushankkeen kulku, kustannusten muodostuminen ja ohjaus, Rakennustieto Oy 6/ 2016.
- [14] Rakennustieto Oy. Rakennustöiden menekit 2015, Rakennustieto Oy 2014.
- [15] FISE Oy. Tietoa FISEstä. Haettu 7.4.2017 sivustolta Fise internetosoite: <http://fise.fi/tietoa-fisesta/>

LIITTEET

Liite 1. Laadullisten tekijöiden huomiointi

Liite 2. Potentiaaliset ongelmat

Liite 3. Työvaiheiden luokittelu

Liite 4. Yleiset työturvallisuusriskit

Liite 5. Havaittuja ongelmia käytettäessä moduuleita

Liite 6. Vesikatonrakenteet Mannisenrinne 8 ja 6

Liite.7 Vesikatonrakenteet Mannisenrinne 4

Liite 8. Kustannukset ja kustannusten muodostuminen

Liite 9. Vesikatonpuutyöt urakan sisältö Mannisenrinne 8

Liite 10. Vesikatonpuutyöt urakan sisältö Mannisenrinne 6

Liite 11. Vesikatonpuutyöt urakan sisältö Mannisenrinne 4

Liite 12. Vesikattoelementit Mannisenrinne 8 ja 6

Liite 13 Laskennalliset tulokset moduulivaiheen rakentamisesta

Huom! Rakennus tuotteiden pakollinen CE-merkintä. Jos tuotteen ominaisuuksia ei ole ilmoitettu CE-merkinnällä, voidaan ominaisuudet osoittaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B5 mukaisella menettelyllä.				
Vesikaton rakentamistapa	Mannisenrinne 6 Moduuleissa		Mannisenrinne 4 Paikan päällä vesikatolla	Huomioitavat kohdat jossa täytyy kiinnittää huomiota laatuun
Aluesuunnitelma				Ennen rakentamista huomioitava alueella riittävä tila, mahdollisten moduuleiden valmistukseen ja säilytyksineen. Nostotöiden tarvitsema tila huomioitava myös aluesuunnitelmaa laadittaessa.
Vesikattotyöt / ajankohta	Moduulien rakennus voidaan aloittaa jo maarakennustöiden alettua, vko 7-10. Vesikatto asennus vko 18-20. Vesikate vko 20-21		Arvioitu kesto 17 pv (itse vesikattotyö), vko 4-8. Itse vesikattotyövaihetta voidaan vasta alkaa työstämään kohteen ollessa ylimmässä tasossaan	Sääolosuhteet, aikataulutuksen oikeellisuus
Alajuoksujen pohjamateriaali (koskee moduleita)				Pohja oltava riittävän kantavaa maa-ainesta kuten mursketta ja soraa (painumatonta)
Alusta johon rakenne rakennetaan/ kasataan	Moduuleissa		Katolla	Huomioitava alajuoksujen tasaisuus ja painumattomuus jonka päälle rakenne rakennetaan. Tarvitavat mittamerkinnt
Vinositeet/ tuennat	Moduuleihin maassa		Katolla	Vinositeiden ja tukien sijainti, dimensio, määrä ja niiden kiinnikkeet.
Työturvallisuus, kaiteet/ putoamissuojaus	Moduuleihin asennettu jo valmiiksi kaiteet ja pystyjokat		Joudutaan tekemään katolla	Huomioitava pystyjokkien kiinnitys ja pituus sekä eheys. Vaaka johteiden limitykset sekä eheys koko matkalla. Kiinnittyvyys kiinnitettävään rakenteeseen
Nostotyöt/ kantava rakenne	Moduuli kerrallaan		Kattoristikko kerrallaan	Nostotöissä rakenteiden stabiileetin säilyvyys nostotyövaiheen ajan (nostopisteet/ voimien jakautuminen pisteihin), rakenteen eheys asennettaessa paikoilleen. Nostotöiden aikaan vallitseva sääolosuhde. Nostotyövälineen soveltuvuus ja sen tarvitsemat tarkastukset suoritettu. Moduuleissa nostettaessa täytyy huomioida nostopalkkien koko ja sijainti
Alajuoksujen pohjamateriaali (koskee moduleita)	Katolla		Katolla	Alajuoksujen suoruus, liittimien jako ja laatu.
Kulmaraudat	Moduuleihin maassa		Katolla	Kiinnittimien ja kulmarautojen laatu sekä määrä.
Tuuletusraot	Moduuleihin maassa		Katolla	Tuuletusrakojen eheys, sijainti ja leveys
Koolaukset	Moduuleihin maassa		Katolla	Jako, sijainti, materiaali sekä dimensio, kiinnittimet ja niiden laatu
Tuulensuojalevyt ja vanerit	Moduuleihin maassa		Katolla	Materiaalin kosteuspitoisuus, laatu, kiinnittimet, materiaalin eheys, kiinnitys kohdat
Aluslauditus/Levytyt	Moduuleihin maassa		Katolla	Materiaalin kosteuspitoisuus, laatu, kiinnittimet, materiaalin eheys, kiinnitys kohdat. Limittymiset viereisiin moduleihin ja tuoleihin
Höyrynsulkukermi	Katolla		Katolla	Alustan puhtaus ja kosteuspitoisuus, kiinnittyvyys alustaan, limitykset, läpiviennit, eheys kauttaaltaan, alustan tasaisuus.
Aluskate	Moduuleihin maassa		Katolla	Eheys kauttaaltaan, kiinnittyvyys alustaan, alustan puhtaus sekä kosteuspitoisuus, limitykset, läpiviennit
Katemateriaali	Katolla		Katolla	Alustan puhtaus ja kosteuspitoisuus, kiinnittyvyys alustaan, limitykset, läpiviennit, eheys kauttaaltaan
Hyönteisverkot	Moduuleihin maassa		Katolla	Sijainti ja laatu
Muiden rakenteiden liittymät				Parvekekattojen liittymät kattorakenteisiin ja niiden tiivistykset sekä ankuroinnit

Määrittely	Potentiaalinen Ongelma	Seuraus	Ehkäisy	Ratkaisu	Hälytyn	Vastuu
Määrittely 8-6 <i>Kriittinen Työvaihe:</i> Sääolosuhteet						
	Vesivade, lumisade, tuuli, auringonpaiste	Alkuvaihe venyy, töitä ei voida tehdä	Seurataan sääolosuhteita emusteista	Suoritetaan työvaihe soveltuvana ajankohtana	Säätila, emustukset	
Materiaalien toimitus viivästys		Työvaiheiden alkuvaihe venyy	Tarkistetaan aikataulu ja varmistetaan materiaalin viimeinen toimituspäivämäärä työmaalle	Hankitaan kiinnittimiä ja osatetaan ne ennen työvaihetta suorittavalle osastolle	Tilauksen ajallinen varmistaminen	
Kiinnittimet	Rakennepöytä ei pysy kasassa	Rakennepöytä ei kestä	Asennetaan kiinnittimiä ja osatetaan ne ennen työvaihetta suorittavalle osastolle	Hankitaan oikeanlaisia kiinnittimiä	Kohteen tarkastus materiaaleineen	
Alajoukusten pinnan korko virheellinen (moduulien rakentaminen)	Kattoristikoiden välitilaa heittää yli sallitun mitan	Alusautotusta ei voida asentaa epätasaisuuden takia	Asennetaan kiinnittimiä ja osatetaan ne ennen työvaihetta suorittavalle osastolle	Hankitaan oikeanlaisia kiinnittimiä	Mittauksien tarkastus	
Kattoristikoiden asennus moduulin, k-jako	Jako ei ole oikea tai mittatarkkuus heittää	Moduulia asennettaessa katolle, moduli ei asetu paikoilleen esim. iv-kanavan myötä	Mittauksien tarkastus suunnitelma-asiakirjoista	Tarkistetaan voiko kanavia siirtää, kattoristikko jaon korjaaminen oikeaksi. Selvitetään rakennesuunnittelijalta voiko mahdollisia loiveuksia tehdä ja mitä toimenpiteitä se edellyttää rakentamiseen	Mittauksien tarkastus	
Virtuenta	Rakennepöytä ei pysy kasassa	Rakennepöytä ei kestä	Tarkastukset ennen ja jälkeen tuetutyön	Ennen nostotyötä vahvistetaan tarvittavilla osien rakennetta	Tarkastus	
Kattoristikot ovat väärän mitaisia	Moduuli ei asetu tarkoitettuun paikkaan	Elementti jää asentamatta ja työ keskeytyy	Ennakoiivat tarkastukset ja varmistukset	Kattoristikot on vaihdettava oikeanlaisiin	Mittauksien tarkastus	
Aluskatteen asemusluosta on liian kostea	Ongelmia alusruoan asemuksessa	Aluskermi jää irti alusta	Aluskermi jää irti alusta	Alustan on annettava kuivua tai se on kuivettava lämpöpuhallimella huputettuna	Säätila	
Nostotyövaihe	Nosturin nostokapasiteetti ei riitä	Elementti jää nostamatta ja työ keskeytyy	Mitoitetaan nosturin nostokapasiteetti riittäväksi rakentamisaikajälkeen, huomioon otetaan ulottumat jos kyseessä toiminosturi. Lasketaan moduulien tarkat painot.	Tilataan paikalle nosturivälikomponentit riittävää nostokapasiteettiä	Nostokapasiteettien tarkastaminen	
Nostotyövaihe	Moduuli menettää stabiiliteetin nostovaiheessa	Elementti sortuu tai rikkoutuu nostettaessa	Varmistetaan rakennesuunnittelijalta soveltuva materiaali ja laatu dimensioineen sekä sijainti miten nostetaan, millä materiaalilla	Korjataan mahdollinen vaurioitunut osa rakenteesta ja vahvistetaan sitä rakennesuunnittelijalta saaduilla ohjeilla	Tarkastus ennen varsinaista nostotyötä	
Työturvallisuus	Putoamisvaara, työ keskeytyy	Putoamisvaara, työ keskeytyy	Hankitaan riittävä määrä putoamisvaarajälkeä ja pidetään siitä näkyvillä tiettyssä paikassa tarkastettuna	Putoamisvaarajälkeä hankkiminen	Vaaratilanteet	
Höyrynsulkukermin asennus	Asennettava alusta liian epätasainen ja likainen	Höyrynsulkuu menee rikki tai höyrynsulkuhuopa ei kiinnity alusta	Työpöydän tarkastus	Puhdistetaan ja oikaistaan alusta	Työpöydän tarkastus	
Alajoukset (asennusalusta)	Moduuli ei asetu lankkujen päälle	Moduulia ei voida asentaa ja työ keskeytyy	Alustan tarkastus	Vaihdetaan lankku suoriksi tai pohjia oikaistaan suoraksi	Alustan vastaanotto	
Yläpohja	Yläpohjaan jää orgaanista materiaalia tai kosteutta	Yläpohjaan jää orgaanista materiaalia tai aiheutuu kosteus ja mikrobivaurio	Tilan tarkastus ja dokumentointi	Puhdistetaan tila ja poistetaan mahdollinen vaurioitunut materiaali	Alustan vastaanotto	
Vesikatte	Vesikate ei kiinnity alusta	Työ keskeytyy	Alustan tarkastus	Suojataan vesikate jottei se kastu	Säätila	
Läpiviennit	Läpiviennit vuotaa	Kosteus tulee yläpohjaan josta se kastelee mahdolliseen eristykseen	Tarkistetaan läpiviennin tiiveys ja käytetään suunniteltuja tarvikkeita	Läpiviennit täyttyy korjata kosteutta piitäväksi	Tarkastus ennen varsinaisen vesikatteen asentamista	

Moduleissa rakentaen	Laadunvarmistus	Maassa tapahtuvat työvaiheet	Laadunvarmistus	Paikalla rakentaen	Laadunvarmistus
Katolla tapahtuvat työvaiheet	Laadunvarmistus	Maassa tapahtuvat työvaiheet	Laadunvarmistus	Katolla tapahtuvat työvaiheet	Laadunvarmistus
Mittaustyöt	Katolla	Mittaustyöt	Maassa	Mittaustyöt	Katolla
Aluslankkujen asennus	Katolla	Kattotuolien jakaminen	Maassa	Aluslankkujen asennus	Katolla
Vätilojen kirvesmiestyöt	Katolla	Kulmarautojen asennus	Maassa	Vätilojen kirvesmiestyöt	Katolla
Kattosillat (osa voitaisiin tehdä maassa)	Katolla	Vinotuenta	Maassa	Kattosillat	Katolla
Aluskermin asennus liitoskohtiin ja varsinaisen päällimmäisen kermikerroksen asennus läpivienteineen	Katolla	Aluslaudoituksen/ levytyksen asennus	Maassa	Aluskermin asennus liitoskohtiin ja varsinaisen päällimmäisen kermikerroksen asennus läpivienteineen	Katolla
Moduleiden asennus	Katolla	Aluskermin asennus	Maassa	Moduleiden asennus	Katolla
Parvekekattojen asennus	Katolla	Räystäsrakenne : Räystäslaudat, poikaset, maalaus, hyönteisverkot, tukilankut/ laudat kattotuolien väliin	Maassa	Parvekekattojen asennus	Katolla
Materiaalit työvaiheisiin	Katolla ja maassa	Vanereiden asentaminen	Maassa	Materiaalit työvaiheisiin	Katolla
		Koolaus	Maassa	Kattotuolien jakaminen	Katolla
		Päätyihin tulevat pystylankut	Maassa	Kulmarautojen asennus	Katolla
		Parvekekatot kokonaisuutena	Maassa	Vinotuenta	Katolla
		Materiaalit työvaiheisiin	Maassa	Aluslaudoituksen/ levytyksen asennus	Katolla
		Työturvallisuus tekijöiden huomiointi (putoamissuojaimet)		Aluskermin asennus	Katolla
				Räystäsrakenne :	
				Räystäslaudat, poikaset, maalaus, hyönteisverkot, tukilankut/ laudat kattotuolien väliin	
				Vanereiden asentaminen	Katolla
				Koolaus	Katolla
				Päätyihin tulevat pystylankut	Katolla
				Parvekekatot kokonaisuutena	Maassa
				Materiaalit työvaiheisiin	Katolla ja maassa
				Työturvallisuus tekijöiden huomiointi (putoamissuojaimet)	Katolla

YLEISET TYÖTURVALLISUUSRISKIT

Työnosa	Riskitekijä	Seuraus	Varautuminen
Kaikki työvaiheet	Pöly, roskat	Silmätapaturmat	Käytetään kevyitä suojalaseja tai kasvosii-riä aina työmaalla.
	Huono ergonomia	Työntekijän nivelten yllirasittuminen	Työasennot pyritään pitämään mahdollisimman vähän selkää, polvia ja ranteita rasittavana.
	Työkoneet	Sormien leikkautuminen, nirhaumat, haavat	Huolehditaan nostinten, porakoneiden, ym. työkoneiden käytössä turvallista työmenetelmistä. Käytetään suojakäsineitä.
	Tulityöt	Tulipalo	Tulityölle hankitaan tulityölupa ja noudetaan sen asettamia vaatimuksia. Osastoidaan rakennus mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Suunnitellaan työmaan palontorjunta sekä varaudutaan onnettomuustilanteisiin. Työmaalla tulee olla riittävä määrä alkusammutuskalustoa.
	Työnteko työtelineiltä	Putoamisvaara, putoavien esineiden alle jääminen	Huolehditaan kaiteiden, nousuteiden ja tasojen kiinnityksestä ja kunnosta. Telineillä ei säilytetä työvälineitä tai materiaaleja. Käytetään suojakypärää.
	Lämpötila	Paleltumat, putoamisvaara	Kylmällä ilmalla huomioidaan myös vähäisen tuulen vaikutus ja pukeudutaan säätilaa vastaavalla tavalla. Voimakas tuuli ja tuulenpuuskat vaarantavat nostot.
	Melu	Kuulon heikkeneminen, tinnitus	Käytetään kuulonsuojaimia.
Elementtien nostot	Nostokaluston epä-kuntoisuus	Elementin putoamisen aiheuttamat vahingot	Varmistetaan, että nosturille on tehty käyttöönottotarkastus ja autonosturille vastaanottotarkastus. Varmistetaan nostoraksojen, varmuusketjujen, puomien kiinnitysten ja nostoelimiä kunto.
	Nostopuuvälineiden kiinnitys ja irrotus	Putoamisvaara	Huolehditaan joko rakenteellisesta tai henkilökohtaisesta putoamissuojauksesta elementtiasennuksessa kun työskentelykorkeus ylittää kaksi metriä.
	Tuulinen sää	Elementin tönäisystä aiheutuvat ruhjevammat, kaatumisen, putoaminen	Tarkkaillaan tuulen nopeutta työmaalla. Liian kovan tai puuskittaisen tuulen aikana ei työskennellä. Vältetään elementin välittömässä läheisyydessä työskentelyä ja käytetään käsittelyyn työvälineitä kuten asennuskankea tai asennusköyttä.

YLEISET TYÖTURVALLISUUSRISKIT

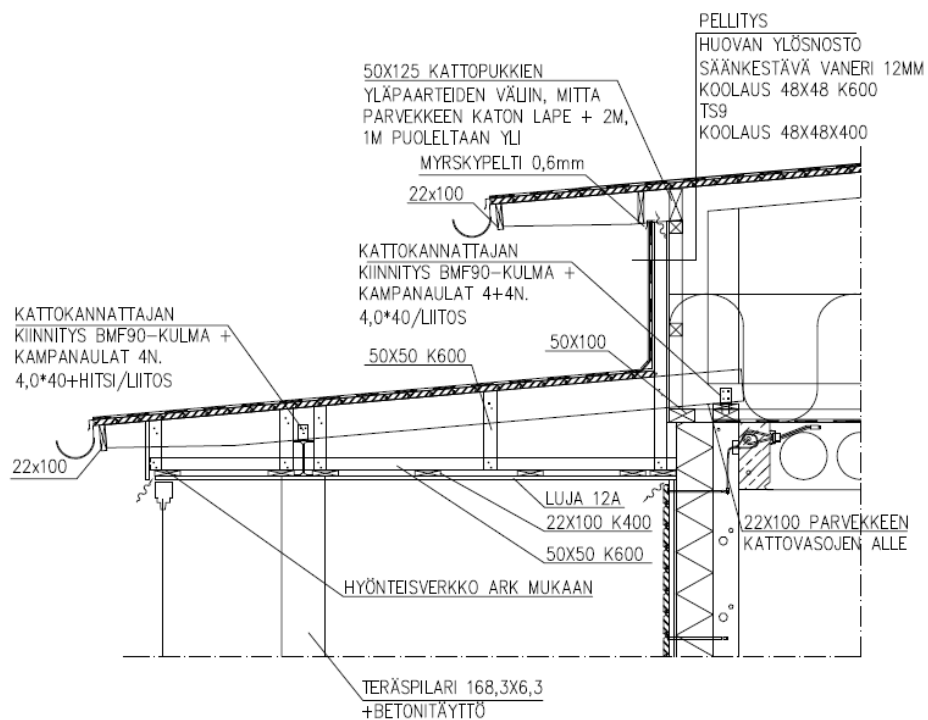
Työnosa	Riskitekijä	Seuraus	Varautuminen
	Rikkinäiset elementit	Putoavan elementin alle jääminen	Varmistetaan elementtien kunnosta ja suunnitelmien mukaisuudesta ennen nostoja. Nostolenkkien, nostoelimiä ja kiinnityspisteiden tulee olla moitteettomia. Vältetään liikkumista nostettavan elementin läheisyydessä. Elementin nostopisteiden ja elementin päätyjen läheisyydessä sekä alapuolella ei saa olla noston aikana.
Elementtien asennus	Elementin asemointi	Jalkojen ja sormien murskautuminen	Käytetään elementin asemointiin vain työvälineitä kuten asennuskankea tai vastaavaa.
	Elementin siirtämisen paikoilleen	Työskennellään vielä ilmassa olevan elementin alla	Vältetään elementin välittömässä läheisyydessä työskentelyä ja käytetään käsittelyyn työvälineitä kuten asennuskankea tai asennusköyttä
	Elementtien tuenta	Putoavan elementin alle jääminen	Elementtien työnaikaiset tuennat valmistetaan ennen asennuksen aloittamista. Asennussuunnitelman tuentaohjetta noudetaan ja varmistetaan ettei tukien nurjahdusta tai kiepsahdusta pääse tapahtumaan.

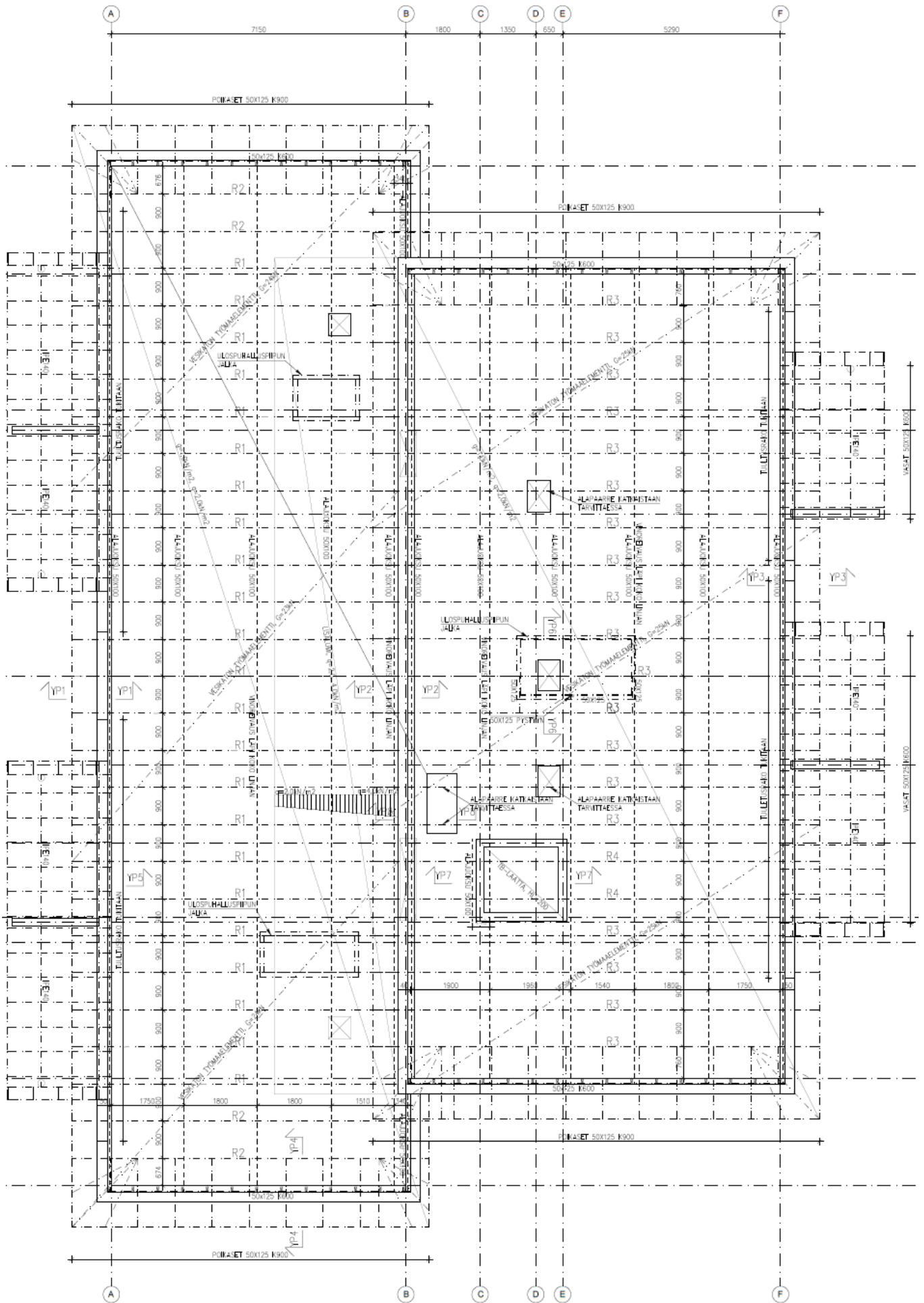


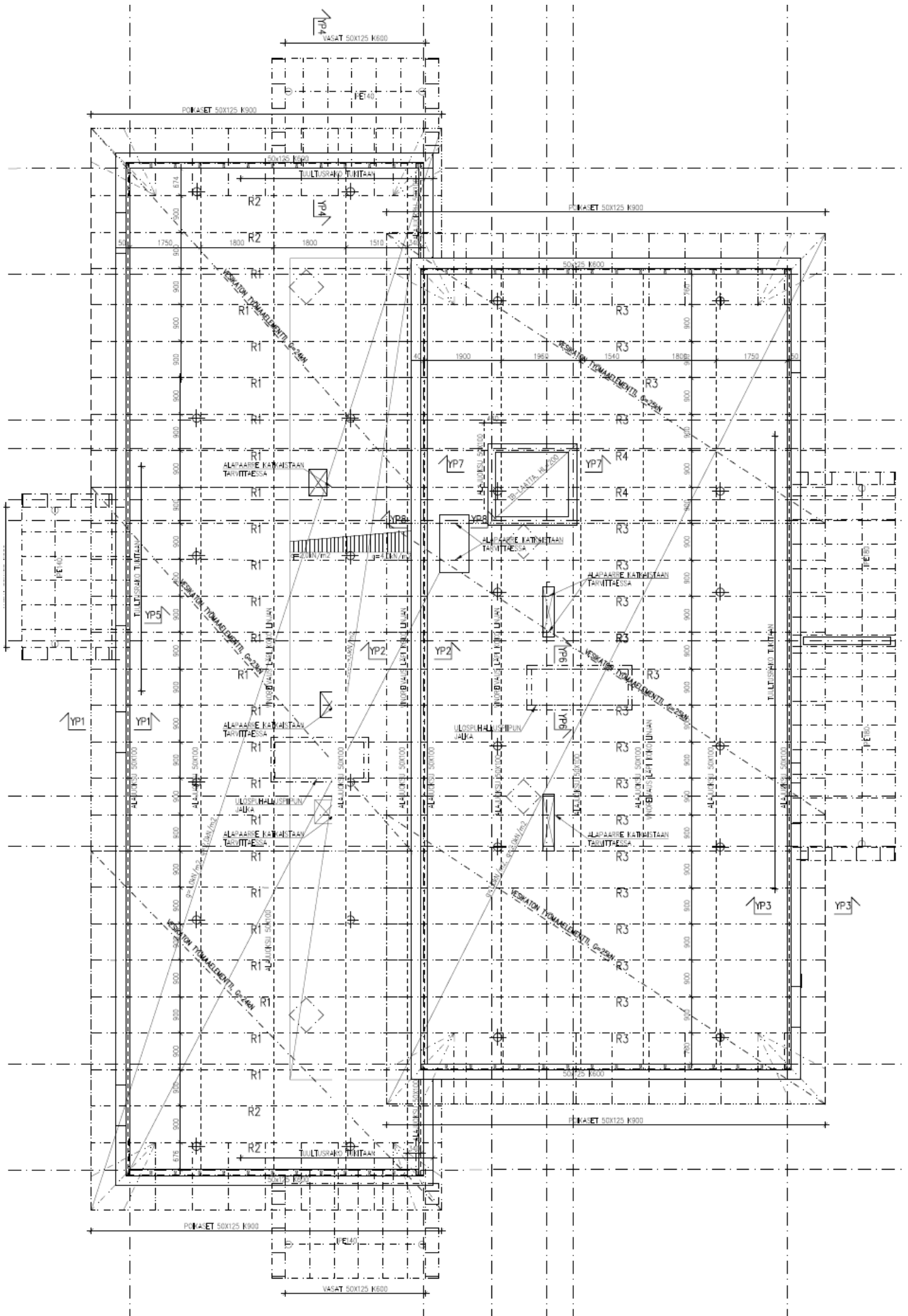
Rakennuskohde/Käyttökohde
AS OY JYVÄSKYLÄN MANNISENRINNE 6

Sisältö
VESIKATON LEIKKAUS YP5–YP5

MITTAKAAVA 1:20







Kohde: Mannisenrinne 6					
	Littera	Budjetoitu €	Toteutunut €	Tilanne lopussa €	
	Puutyöt, runko ja				
	376106 kattorakenteet	36268	36593	-325	
	376506 Kattoristikot	8880	3058	5822	
	832006 Ajoneuvonosturit	3300	1680	1620	(EI KÄYTETTY JATKUVASTI)
	833006 Torninosturi	48365	44555	3810	(EI KÄYTETTY JATKUVASTI)
Kohde: Mannisenrinne 8					
	Littera	Budjetoitu €	Toteutunut €	Tilanne lopussa €	
	Puutyöt, runko ja				
	376108 kattorakenteet	36235	35085	1151	
	376108 Kattoristikot	8880	3162	5718	
	832008 Ajoneuvonosturit	8800	3678	5122	(EI KÄYTETTY JATKUVASTI)
	833008 Torninosturi	48365	37442	10922	(EI KÄYTETTY JATKUVASTI)
Kohde: Mannisenrinne 4					
	Littera	Budjetoitu €	Toteutunut €	Tilanne lopussa €	
	Puutyöt, runko ja				
	37610 kattorakenteet	31983	40379	-8396	
	87650 Kattoristikot	3910	3600	310	
	Ajoneuvonosturi on ollut 4 viikkoa joka päivä paikalla, kustannukset yht 13000 €				

Mannisenrinne 8					
Työvaihe:	Työryhmä	Tunnit	€/h (sis. Sos kulut)	Tunnit yhteensä	Kustannukset/ €
Suunnittelupalaveri rakennesuunnittelijan kanssa	1	5	55	5	275
Elementtien valmistukseen varatun pohjan oikaisu		4	50		1000
Perehdytys / suunnitelmien katselmus	3	1	45	3	135
Valmistusarinan teko / vaaiutus	3	2	45	6	270
Moduulien valmistus	3	71	45	200	9000
Parvekekattojen teko	1	24	45	24	1080
Pohjalankkujen asennus	1	23	45	23	1935
Moduulien ja parvekekattojen asennus	3	12	45	36	1620
Moduulien välien kirvesmiestyöt ja ankkurointi	3	12	45	36	1620
Piiput ja ylösnostot	3	4	45	12	540
Yläpohjan siltojen teko	1	4	45	4	180
Kaikki yhteensä				349	17655

HUOM!
Kustannukset eivät sisällä
nostotyökaluston kuluja.

Kokonaistyösaavutus	€/m ²	m ² /h	KTA/€
	31,65	1,42	27,22

Kokonaistyösaavutukseen laskettu työt perehdytyksestä

Urakkasumma €	9 500 €
Urakkatunnit	349
Tuntityö	15
Pohjarahat €	2 628,30 €

Pohjarahat:
7,22 € x urakkatunnit
Jokaiselle tekijälle tehtyjen
tuntien mukaisesti.
20 € tavoite tuntihinta
20 €- KTA=7,22 €

Tuntitöiden osuus
urakkatunneista 4,3 %

Mannisenrinne 8 moduulit

Valmistusaika moduuleittain	1- lohko	2-lohko	3-lohko	4-lohko	5- lohko	6-lohko	Parvekekatot	Kaikki yht.
Työryhmä	3 ram	3ram	2 ram	3ram	3ram	3ram		1
Tunnit		10	11	13	12,5	12	12,5	24
Tunnit yhteensä		30	33	26	37,5	36	37,5	24
€/ h (sis. Sos. kulut)		45	45	45	45	45	45	45
Kustannus €		1350	1485	1170	1687,5	1620	1687,5	1080
								10080

Työsaavutukset:			
asennus	m ² / h	€/ m ²	€/ h
	14,375	3,13	45

Työsaavutuksessa moduulien asennus ja parvekekattojen asennus.

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² / h	€/ m ²	€/ h
	2,31	19,47	45

Työsaavutuksenn laskettu moduulien ja parvekekattojen valmistus.

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² / h	€/ m ²	€/ h
	2,58	17,39	45

Työsaavutukseen laskettu vain moduulien valmistus.

Mannisenrinne 6			
Työryhmä	3 ram		
Työvaihe:	Urakkatunnit	Tuntityö	Yhteensä
Moduulien ja parvekekattojen valmistus	200	16	216
Urakkahinta €	6 200 €		
KTA/€	31,00 €		
Pohjarahat €	2 376,00 €		
Kokonaiskustannus €	8 576 €		

Pohjarahat:
11 € x urakkatunnit
Jokaiselle tekijälle tehtyjen tuntien mukaisesti.
20 € tavoite tuntihinta
20 €- KTA=11 €

Tuntitöiden osuus urakkatunneista 8,0 %

Työsaavutukset: valmistus	m ² /h	€/m ²	€/h
	2,395	16,572	45

Mannisenrinne 4			
Työryhmä	4 ram		
Työvaihe:	Urakkatunnit	Tuntityö	Yhteensä
Vesikattourakka	450	41	491
Urakkahinta €	10288		
KTA/ €	22,86		
Pohjarahat €	1405,35		
Kokonaiskustannus €	11693,4		

Pohjarahat:
2,86 x urakkatunnit
Jokaiselle tekijälle tehtyjen tuntien mukaisesti.
20 € tavoite tuntihinta
20 €- KTA= 2,86

Tuntitöiden osuus urakkatunneista 9,1 %

HUOM!
Urakkaan ei sisälly nostotyövälineistä syntyneet kustannukset.

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² /h	€/m ²	€/h
	1,04	23,88	45

Vertailut:	Urakkatunnit	Tuntityö	Tunnit yht.	Urakkahinta €	Pohjarahat €	Tuntitöiden osuus		Kustannukset yht. €
						urakkatunneista %	KTA/ €	
Mannisenrinne 8	349	15	364	9500	2628,31	4,3	27,22	16380
Mannisenrinne 4	450	41	491	10288	1405,35	9,1	22,86	11693,4
Ero:	101	26	127	788	1222,96	4,8	4,36	4686,6

Työsaavutukset:		
kokonaistyö	€/ m ²	m ² / h
Mannisenrinne 8	31,65	1,42
Mannisenrinne 4	23,81	1,04

Mannisenrinne 8

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² / h	€/ m ²	€/ h
	2,58	17,39	45

Työsaavutukseen laskettu vain moduulien valmistus.

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² / h	€/ m ²	€/ h
	2,31	19,47	45

Työsaavutukset laskettu moduulien ja parvekekattojen valmistus.

Mannisenrinne 6

Työsaavutukset:			
valmistus	m ² / h	€/ m ²	€/ h
	2,395	16,572	45

Työsaavutukseen laskettu vain moduulien valmistus.

Työsaavutukset laskettu moduulien ja parvekekattojen valmistus.

Työsaavutukset:			
valmistus:	m ² / h	€/ m ²	€/ h
Mannisenrinne 8	2,31	19,47	45
Mannisenrinne 6	2,395	16,572	45

Ero: 0,085 2,08 0

Vesikaton puutyöt urakan sisältö

As Oy Mannisenrinne 8

Urakkaan sisältyy:

- työntekijät osallistuvat aloituspalaveriin ja työnturvallisuussuunnitelman laatimiseen
- vesikattoelementin työkentän perustaminen
- puumateriaalin vastaanotto ja purkaminen
- mittaukset
- vesikattoelementtien valmistus suunnitelmien mukaan (rak, ark-kuvat)
- vesikattoelementtien välisiirto varastoalueelle (1 kpl nostoja / elementti)
- suojakaiteiden asennus maassa ja vesikatolla
- vesikattoelementtien asennus (torni nosto) ja kiinnitys rakennesuunnittelijan mukaan
- jälkityöt (kaikki kirvesmietyöt vesikatolla), reivaukset, kattosiltojen teko elpoille jne.
- töiden jälkien siivous, jätteiden lajittelu (puu, kipsi ja metalli)
- bitumimiehen kanssa yhteistyö (tippapelti ja pohjakermin asennus maassa)
- työkalukorvauksen sisältämät työkalut
- tr-mittauksessa työkohteessa havaittujen puutteiden korjaus välittömästi
- parvekekattojen kirvesmiestyöt (lukuun ottamatta Luja-levyn asennusta pohjaan ja otsiin)
- viikkopalaveri 1krt/vko (30min)
- keskeneräisyyden suojaus tilaajan pressuilla
- **putoamissuojavälineiden käyttö (valjaat, kela jne.)**

Urakkaan ei sisällä:

- talvityöt, lumen ja jään poistot elementtien pinnoilta
- parveke IPE-palkkien asennusta
- parvekkeiden Luja-levyasennusta
- holvin alajuoksun asennus korkoon

Työnsisältö

- vesikatto tehdään urakkahinnalla 9 500,00€
- työnvastaanotto suoritetaan vesikaton valmistuttua, jolloin tarkastetaan työn vaatimat edellytykset ja virheet kirjataan ylös ja ne korjataan välittömästi. Työ hyväksytään työnjohtajan kanssa
- työryhmän jäsenen poissaollessa, esim. sairastuminen työnantajalla on oikeus käyttää ulkopuolista kirvesmiestä urakkaryhmän työssä (sovitaan erikseen)
- jos urakassa käytetään siihen kuulumatonta työvoimaa, kompensoidaan käytetty aika kuulumattomilla tunneilla sopimuksen mukaan
- ulosmaksu 20€/h
- pohjarahat maksetaan kahden viikon sisällä, kun työ on luovutettu ja hyväksytty
- **työntekijät sitoutuvat käyttämään putoamissuojavälineitä, valjaat ja tarrain**
- **nostovaaralliset alueet tulee rajata ja estettä ulkopuolisten pääsy vaara-alueelle ennen töiden aloittamista**

Yleistä:

- aikataulu ko. työvaiheelle suunnitellaan työryhmän kanssa, jolloin he sitoutuvat pysymään siinä
- **laatuvaatimukset käydään läpi tehtäväsuunnitelmassa ja allekirjoittamalla työryhmä sitoutuu noudattamaan niitä**
- työryhmä osallistuu työnjohtajan kanssa tehtävään laatu tarkastukseen
- tarvittavat korjaukset kirjataan paperille ja korjaukset sisältyy urakkaan

Vesikaton puutyöt urakan sisältö

As Oy Mannisenrinne 6

Urakkaan sisältyy:

- työntekijät osallistuvat aloituspalaveriin ja työnturvallisuussuunnitelman laatimiseen
- vesikattoelementin työkentän perustaminen
- puumateriaalin vastaanotto ja purkaminen
- mittaukset
- vesikattoelementtien valmistus suunnitelmien mukaan (rak, ark-kuvat)
- vesikattoelementtien välisiirto varastoalueelle (1 kpl nostoja / elementti)
- suojakaiteiden varten poikosten reijitys
- töiden jälkien siivous, jätteiden lajittelu (puu, kipsi ja metalli)
- bitumimiehen kanssa yhteistyö (tippapelti ja pohjakermin asennus maassa)
- työkalukorvauksen sisältämät työkalut
- tr-mittauksessa työkohteessa havaittujen puutteiden korjaus välittömästi
- parvekekattojen kirvesmiestyöt (lukuun ottamatta Luja-levyn asennusta pohjaan ja otsiin)
- viikkopalaveri 1krt/vko (30min)
- keskeneräisentyön suojaus tilaajan pressuilla
- **putoamissuojavälineiden käyttö (valjaat, kela jne.)**

Urakkaan ei sisällä:

- talvityöt, lumen ja jään poistot elementtien pinnoilta
- parveke IPE-palkkien asennusta
- parvekkeiden Luja-levyasennusta
- holvin alajuoksun asennus korkoon

Työnsisältö

- vesikatto tehdään urakkahinnalla 6 200,00€
- työnvastaanotto suoritetaan vesikaton valmistuttua, jolloin tarkastetaan työn vaatimat edellytykset ja virheet kirjataan ylös ja ne korjataan välittömästi. Työ hyväksytään työnjohtajan kanssa
- työryhmän jäsenen poissaollessa, esim. sairastuminen työnantajalla on oikeus käyttää ulkopuolista kirvesmiestä urakkaryhmän työssä (sovitaan erikseen)
- jos urakassa käytetään siihen kuulumatonta työvoimaa, kompensoidaan käytetty aika kuulumattomilla tunneilla sopimuksen mukaan
- ulosmaksu 20€/h
- pohjarahat maksetaan kahden viikon sisällä, kun työ on luovutettu ja hyväksytty
- **työntekijät sitoutuvat käyttämään putoamissuojavälineitä, valjaat ja tarrain**
- **nostovaaralliset alueet tulee rajata ja estettä ulkopuolisten pääsy vaara-alueelle ennen töiden aloittamista**

Yleistä:

- aikataulu ko. työvaiheelle suunnitellaan työryhmän kanssa, jolloin he sitoutuvat pysymään siinä
- **laatuvaatimukset käydään läpi tehtäväsuunnitelmassa ja allekirjoittamalla työryhmä sitoutuu noudattamaan niitä**
- työryhmä osallistuu työnjohtajan kanssa tehtävään laatu tarkastukseen
- tarvittavat korjaukset kirjataan paperille ja korjaukset sisältyy urakkaan

Vesikaton puutyöt urakan sisältö

As Oy Mannisenrinne 4

Urakkaan sisältyy:

- työntekijät osallistuvat aloituspalaveriin ja työnturvallisuussuunnitelman laatimiseen
- vesikaton rakentaminen paikan päällä suunnitelmien mukaan (rak- ja ark-kuvat)
- Pohjajuoksujen asennus
- puumateriaalin vastaanotto ja purkaminen
- mittaukset
- parvekekattoihin liittyvät seinällenostot
- kattoluukuille tarvittavat puurakenteiset tikasnout
- suojakaiteiden asennus
- jälkityöt (kaikki kirvesmietyöt vesikatolla), reivaukset, kattosiltöjen teko elpoille jne.
- töiden jälkien siivous, jätteiden lajittelu (puu, kipsi ja metalli)
- bitumimiehen ja peltimiehen kanssa yhteistyö (tippapelti ja pohjakermi)
- työkalukorvauksen sisältämät työkalut
- tr-mittauksessa työkohteessa havaittujen puutteiden korjaus välittömästi
- viikkopalaveri 1krt/vko (30min)
- keskeneräisen työn suojaus tilaajan pressuilla
- Työturvallisuuteen liittyvät toimenpiteet (esim. alapuolisen alueen rajaus)
- **putoamissuojavälineiden käyttö (valjaat, kela jne.)**

Urakkaan ei sisällä:

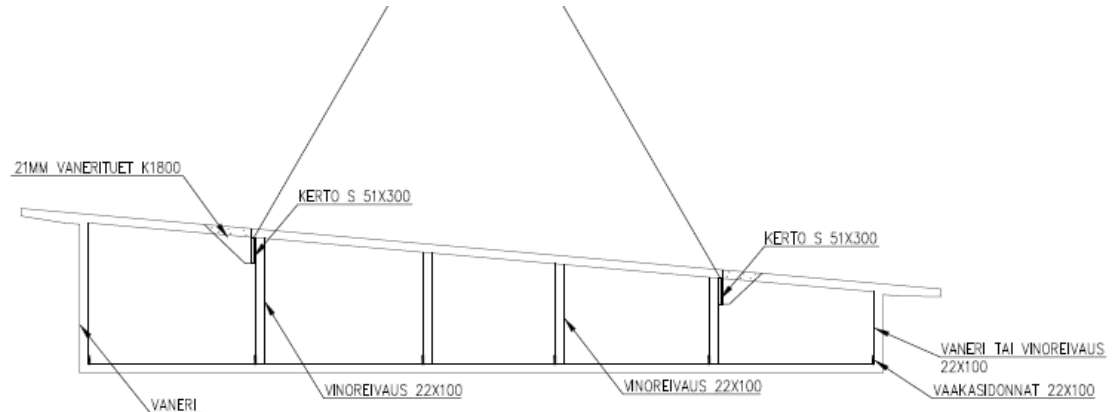
- talvityöt, lumen ja jään poistot elementtien pinnoilta
- parveke IPE-palkkien asennusta
- parvekekattojen asennusta (tehdään tuntityönä)
- parvekkeiden Luja-levyasennusta

Työnsisältö

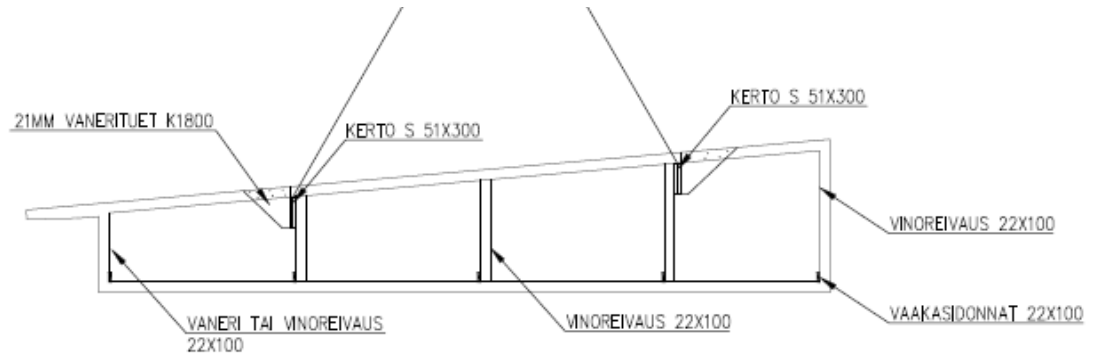
- vesikatto tehdään urakkahinnalla 10288€
- työnvastaanotto suoritetaan vesikaton valmistuttua, jolloin tarkastetaan työn vaatimat edellytykset ja virheet kirjataan ylös ja ne korjataan välittömästi. Työ hyväksytään työnjohtajan kanssa
- työryhmän jäsenen poissaollessa, esim. sairastuminen työnantajalla on oikeus käyttää ulkopuolista kirvesmiestä urakkaryhmän työssä (sovitaan erikseen)
- jos urakassa käytetään siihen kuulumatonta työvoimaa, kompensoidaan käytetty aika kuulumattomilla tunneilla sopimuksen mukaan
- ulosmaksu 20€/h
- pohjarahat maksetaan kahden viikon sisällä, kun työ on luovutettu ja hyväksytty
- **työntekijät sitoutuvat käyttämään putoamissuojavälineitä, valjaat ja tarrain**
- **nostovaaralliset alueet tulee rajata ja estettävä ulkopuolisten pääsy vaara-alueelle ennen töiden aloittamista**

Yleistä:

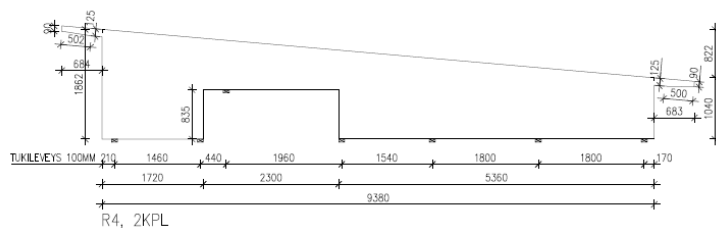
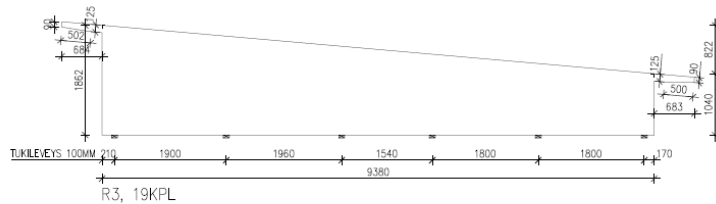
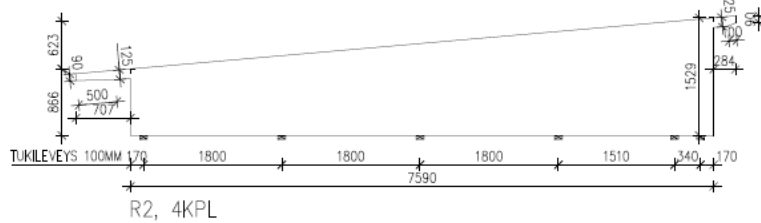
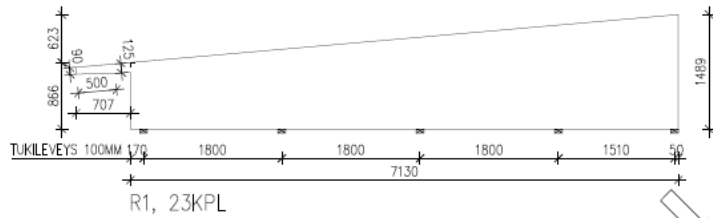
- aikataulu ko. työvaiheelle suunnitellaan työryhmän kanssa, jolloin he sitoutuvat pysymään siinä
- **laatuvaatimukset käydään läpi tehtäväsuunnitelmassa ja allekirjoittamalla työryhmä sitoutuu noudattamaan niitä**
- työryhmä osallistuu työnjohtajan kanssa tehtävään laatutarkastukseen
- tarvittavat korjaukset kirjataan paperille ja korjaukset sisältyy urakkaan



5. KRS. KATTOELEMENTIT



4. KRS. KATTOELEMENTIT



Lähde: Rakennustöiden menekit 2015,
Rakennustieto Oy
Uudiskohteen työmenekki T3

Työvaihe	Työlaji ja kertoimet	Yksikkö	Laskelma	Menekki
<u>Puurunkorakentaminen</u>				
Siirrot:				
	nosturin valmistelu	16,00 tth/ kerta		16 tth
	nosturi, nosto 1...4. krs, kattotuolien siirto			
	moduulin valmistus pohjalle	0,20 tth/ siirto	0,2 tth/ siirto * 48 siirtoa	9,6 tth
	pohjan rakentaminen moduulin valmistukseen: hyönteisverkon asennus	arvioitu laskennallinen arvioitu laskennallinen		4 tth 8 tth
	talviolosuhteet -12,5 C° kerroin (1,08) lisaäkkkerroin TL3 (arvioitu) 1,10		1,08 * 37,6 tth 1,10 * 40,6 tth	40,6 tth 44,6 tth
<u>Yläpohja, päädyrunnot</u>				
	paikalla rakennettu puurunkoinen seinä, työvaiheittain			
	aloittavat työt:			
	mittaus:			
	tavarän vastaanotto ja välivarastointi	0,01 tth/ seinä- m² 0,08 tth/ jm	0,01 tth/ m² * 46m² 0,08 tth/ jm * 33,2 jm	0,46 tth 2,7 tth
	seinät ja ulkoverhous seinät	0,05 tth/ seinä- m² 0,01 tth/ seinä- m²	0,05 tth/ seinä- m² * 46 m² 0,01 tth/ seinä- m² * 46 m²	2,3 tth 0,46 tth
	siirrot:			
	materiaalisirrot:			
	lopettavat työt:			
	runkotolpat k600	0,14 tth/ seinä- m²	0,14 tth/ m² * 46 m²	6,44 tth
	suoritemäärä lähellä 50 m² -> puurunkotyön			
	suoritemääräkerroin 1,10		1,10 * 12,4 tth	13,6 tth
	talviolosuhteet-12,5 C° kerroin 1,08		1,08 * 13,6 tth	14,7 tth
	TL3- lisaäkkkerroin 1,10		1,10 * 14,7 tth	16,2 tth
<u>Ulkopuolinen puuverhous</u>				
	koolaus	0,04 tth/ seinä- m²	0,04 tth/ m² * 108,3 m²	4,3 tth
	tavarän vastaanotto ja välivarastointi	0,01 tth/ seinä- m²	0,01 tth/ seinä/ m² * 108,3 m²	1,083 tth
	materiaalisirrot	0,05 tth/ seinä- m²	0,05 tth/ seinä- m² * 108,3 m²	5,4 tth
	lopettavat työt	0,01 tth/ seinä- m²	0,01 tth/ seinä- m² * 108,3 m²	1,083 tth

Räystäärakenne lopettavat työt:	vesikattorakenteet	0,40 tthv/jm 0,01 tthv/m ² * katto- m ²	0,40 tthv/jm * 90 jm 0,01 tthv/m ² * 517,5 m ²	36 tth 5,175 tth
	kaikki yhteensä= puurunkoköyön suoritemääräkerroin 1,05suoritemäärä 108,3 m ² talviolosuhteet -12,5 C° Kerroin 1,08 TL3- lisäaikakerroin (1,10)	suoritemääräkerroin 1,05	1,05 * 53,04 tth 1,08 * 55,7 tth 1,10 * 50,2 tth	55,7 tth 60,2 tth 66,2 tth
Alasidepuun asennus ja kiinnitys.	(ontelolaataston päälle asennettava alajuuksu) talviolosuhteet -12,5 C° kerroin 1,08 TL3- lisäaikakerroin 1,10	0,08 tthv/jm	0,08 tthv/jm * 277,6 jm 1,08 * 22,2 tth 1,10 * 24 tth	22,20 tth 24 tth 26,4 tth
Puiset kattorisikot	elementin pituus 9 500 mm	0,40 tthv/kpl	0,40 tthv/kpl * 48 kpl	19,2 tth
	->Suoritemäärällä ei vaikutusta talviolosuhteet -12,5 C° kerroin 1,08 TL3- lisäaikakerroin (1,10)		1,08 * 19,2 tth 1,10 * 20,7 tth	20,7 tth 22,7 tth
Levyrakentaminen: levytyt, kaerialusta	tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,01 tthv/m ²	0,01 tthv/m ² * 449,4 m ²	4,5 tth
aloittavat työt	käsinsiirrot, matka 20...50 m, kuviteltuja siirtoja 20	0,08 tthv/siirto	20 * 0,08 tthv/siirto	1,6 tth
siirrot:	nosturi 1. ... 4. krs, kuviteltuja siirtoja 10	0,20 tthv/siirto	10 * 0,2 tthv/siirto	2 tth
lopettavat työt	suojaus ja siivous	0,01 tthv/m ²	0,01 tthv/m ² * 449,4 m ²	4,5 tth
rakennuslevyalusta, suoritemäärällä ei vaikutusta,		0,06 tthv/m ²	0,06 tthv/m ² * 449,4m ²	27 tth
	talviolosuhteet -12,5 C° kerroin 1,08 TL3- lisäaikakerroin 1,10		1,08 * 39,6 tth 42,8 tth * 1,10	42,8 tth 47,1 tth
Levyrakentaminen: levytyt, rappausalusta, pohjavanerointi	tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,01 tthv/m ²	0,01 tthv/m ² * 108,3 m ²	1,08 tth
aloittavat työt	käsinsiirrot, matka 20...50 m, kuviteltuja käsisiirtoja	0,08 tthv/siirto	0,08 tthv/siirto * 15 siirtoa	1,2 tth
Siirrot:	työvaiheeseen liityen 15kpl			

lopettavat työt							
ulkopuolinen levyty:							
	suojiaus ja siivous rakennuslevyalusta	0,01 tthv/m ² 0,06 tthv/ m ²	0,01 tthv/ m ² 108,3 m ² 0,06 tthv/ m ² * 108,3 m ²	1,083 tth 6,5 tth			
	-> Suoritemäärä hieman yli 100 m ² suoritusmääräkerroin 1,10 taivolosuhteet -12,5 C° kerroin 1,08 TL3- lisäaikaeroin 1,10			13,1 tth 20 tth <u>22 tth</u>			
	Yhteensä moduulien valmistus Toteutunut Manniserinne 8			<u>245,2 tth</u> 252 tth 6,8tth			
			Erotus				
<hr/>							
<u>Työneikit moduulit, asennuksen osuus</u>							
	tavarain vastaanotto ja välivarastointi, (siirto väliaikaiseen varastointi tilaan) alustan tai koron mittaus (kyseessä useita kohtia joista mitataan korkoja) nosturin valmistelu nosturi, nosto 1. ... 4. krs	4,00 tthv/ kuorma 1,00 tthv/ talo 16,00 tthv/ kerta 0,20 tthv/siirto		4 tth 4 tth 16,00 tth 1,2tth			
	asennus ja kiinnitys kulmakiinnikkeillä	1,20 tthv/ kpl	1,20 tthv/ kpl * 6 kpl	7,2 tth			
			1,20 * 32,4 tth 1,08 * 38,9 tth 1,10 * 42 tth	38,9 tth 42 tth <u>46,2 tth</u>			
	Yhteensä moduulien asennus Toteutunut Manniserinne 8			<u>46,2 tth</u> 36 tth 10,2tth			
	Kaikki työt yhteensä (valmistus ja asennus) Toteutunut Manniserinne 8			<u>291,4 tth</u> 288tth			
			Erotus				
			245,2 + 46,2 tth				