



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MÄRKÄTILAN SEINÄRAKENTEEN VALINTA

TEKIJÄ:

Jaakko Miettinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Jaakko Miettinen	
Työn nimi Märkätilan seinärakenteen valinta	
Päiväys	25.3.2021
Sivumäärä	25
Toimeksiantaja Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Oy. Työn tavoitteena oli selvittää, mikä märkätilan seinärakenne on tilaajalle sopivin vaihtoehto tuleviin työkohteisiin. Työ rajattiin kolmen seinärakenteen vertailuun. Vertailussa olivat rankarakenteinen seinä, KAHI-väliseinäpönttihakkoista muurattu seinärakenne sekä AKO-92 mm kevytsorabetonielementeistä valmistettu seinärakenne.</p> <p>Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin laatimalla eri seinärakenteille aikataulu. Aikataulujen pohjalta laadittiin jokaiselle työhön mukaan otetulle rakennetyypille tarjouspyyntöihin perustuva kustannuslaskelma Excel-taulukkolaskentasovelluksella. Märkätilojen seinien rakentamista varten laadittiin työtehtävälle työturvallisuuslomake sekä laadunhallintalomake tehtäväkohtaista perehdyttämistä varten. Osana laadukasta rakentamista laadittiin Suomen ympäristöministeriön Excel-pohjaisella sovelluksella seinärakenteille hiilijalanjäljen laskenta.</p> <p>Tuloksena saatiin työvaiheajalta nopeimmaksi vaihtoehdoksi AKO-92 mm elementeistä valmistettu seinärakenne. Toiseksi nopeimmaksi vaihtoehdoksi saatiin rankarakenteinen seinärakenne ja hitaimmaksi KAHI-väliseinäpönttihakkoista muurattu seinärakenne. Kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi tuli rankarakenteinen seinä. Toiseksi edullisimmaksi vaihtoehdoksi sijoittui AKO-92 mm elementeistä valmistettu seinärakenne. KAHI-väliseinäpönttihakkoista muurattu seinärakenne sijoittui kustannusvertailussa kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Ekologisin vaihtoehto on rankarakenteinen seinä. Kannattavin vaihtoehto tilaajalle on rangasta valmistettu seinärakenne. Mikäli tulee tarve kiristää työmaan aikataulua, kannattaa tilaajan tutkia AKO-92 mm elementeistä valmistettua seinärakennetta.</p>	
Avainsanat Märkätila, aikataulu, kustannuslaskenta, seinärakenne, uudisrakentaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Jaakko Miettinen	
Title of Thesis Choosing Building Material for a Sanitary Wall	
Date 25 March 2021	Pages 25
Client Organisation Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Ltd.	
<p>Abstract</p> <p>This final project was commissioned by Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Ltd. The aim of the project was to find out which material is the most suitable for sanitary walls in future building projects. The research focused on comparing three different wall structures: a framed partition wall, a wall built of KAHI- walling blocks and a wall built of AKO-92 mm lightweight aggregate concrete elements.</p> <p>First, the time required for building was calculated for each wall structure. Then, based on the schedules and invitations for bids, a cost calculation for each structure was made by using an Excel program. A quality control form and work safety form were made for building the sanitary wall. As a part of quality comparison, a carbon footprint calculation for each structure was conducted with Excel based program designed by the Finnish Ministry of Environment.</p> <p>The results indicate that the fastest option was the wall structure built from AKO-92 mm elements. The second fastest option was the framed partition wall. The sanitary wall built of KAHI- walling blocks turned out to be the slowest option. The framed partition wall proved to be the most inexpensive solution. The second was the structure built of the AKO-92 mm elements, followed by the wall built from the KAHI-walling blocks as the most expensive solution. The most ecological option was the framed partition wall. The most suitable option in the comparison proved to be the framed partition wall. If the client seeks to speed up the work schedule, using AKO-92 mm lightweight aggregate concrete elements would be recommended.</p>	
<p>Keywords Sanitary wall, cost accounting, construction site schedule, a carbon footprint</p>	

ESIPUHE

Tämä työ on tehty Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Oy:lle. Haluan kiittää työn tilaajan edustajaa Timo Piiraista työn valvonnasta sekä Rakennusbetoni- ja elementti Oy:n yhteyshenkilöä Jari Saloa. Haluan antaa erityiskiitoksen työn ohjauksesta Marjo Halttuselle.

Kuopiossa 15.3.2021

Jaakko Miettinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	MÄRKÄTILAT.....	8
2.1	KAHI-väliseinäpöntistä valmistettu märkätilan seinä	9
2.2	Rankarakenteinen märkätilan seinä	9
2.3	AKO-elementeistä valmistettu märkätilan seinä	10
3	MÄRKÄTILAN SEINÄRAKENTAMISEN AIKATAULU	12
3.1	Tiilimuuratun seinän rakennusaika	12
3.2	Rankarakenteisen seinän rakennusaika	12
3.3	AKO-elementtiseinän rakennusaika	14
3.4	Aikataulujen vertailu	14
4	KUSTANNUSLASKENTA	16
4.1	Tiilestä muuratun seinän kustannuslaskenta	16
4.2	Rankarakenteisen seinän kustannuslaskenta.....	16
4.3	AKO-elementtiseinän kustannuslaskenta.....	17
4.4	Tulosten vertailu	17
5	RAKENTAMISEN LAATU JA TYÖTURVALLISUUS.....	18
5.1	Rakentamisen laatu.....	18
5.2	Laadunhallintalomake.....	18
5.3	Ekologisuus osana laadukasta rakentamista.....	19
5.4	Turvallinen työympäristö	20
5.5	Työturvallisuus väliseinätyössä.....	20
6	POHDINTA.....	22
	LÄHTEET	24

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Asunto Oy Kuopion Pirtinkaari (Pavel Kasinski, www.savonasuntokuvaus.fi)	8
Kuva 2.	Yleisimpien kalkkihiekkaharkkotyyppien nimitykset, mitat, massa, menekki ja käyttökohteet. (RT 103283 Kalkkiahiekkatiilet ja -harkot 2020, 2).....	9
Kuva 3.	Teräsrankaseinä (RT 82-10903 Väliseinä rakenteita 2007, 23)	9
Kuva 4.	AKO-elementtejä (Rakennusbetoni ja -elementti Oy. AKO Wall työohjeet 2014, 3)	11
Kuva 5.	KAHI-väliseinäpöntistä muuratun seinärakenteen rakennusaika T3.....	12

Kuva 6. Rankarakenteisen seinän valmistus kohteessa Asunto Oy Kuopion Pirtinkaari (Miettinen 2021, CC BY-SA)	13
Kuva 7. Rankarakenteisten märkätilaseinien rakennusaika T3	14
Kuva 8. AKO-92 mm väliseinäelementeistä valmistetun seinän rakennusaika T3.....	14
Kuva 9. Tocoman aikataulu -sovelluksella laadittu janakaavio	15
Kuva 10. Märkätilan seinärakenteiden kustannusvertailu.....	17
Kuva 11. Laadunhallintalomake.....	18
Kuva 12. Hiilijalanjäljen vertailu	19
Kuva 13. Työturvallisuuslomake	20

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Oy:lle sopivin märkätilojen seinien rakennetyyppi tulevia työkohteita varten. Tarkoituksena opinnäytetyössä on saada aikaiseksi selkeä vertailu eri rakennetyyppien hyvistä ja huonoista asioista, minkä perusteella voidaan valita märkätilojen seinärakenne tuleviin kohteisiin. Työssä verrataan kolmea eri seinärakennetta: KAHI- väliseinäpöntistä muurattua seinärakennetta, kertopuurangasta valmistettua seinärakennetta ja AKO-92 mm väliseinäelementeistä valmistettua seinärakennetta.

Yhtiön käynnissä olevalla työmaalla Asunto Oy Kuopion Pirtinkaarella otettiin käyttöön ensimmäistä kertaa rankarakenteiset märkätilojen seinät. Aikaisemmissa uudisrakentamishankkeissa märkätilojen seinien rungot oli muurattu KAHI-tiilistä. Näin syntyi ajatus laatia opinnäytetyö märkätilojen seinärakenteen valinnasta, jotta saadaan selville, mitä materiaalia käyttämällä saadaan valittua kustannuksiltaan ja laadullisuudeltaan järkevin rakennetyyppi asuntojen märkätilojen seinälle. Yrityksiltä pyydetään tarjoukset rakennusmateriaaleista. Rakennusmateriaaleja verrataan ja tarkastellaan aikataulun, laadun ja kustannusten osalta. Lisäksi perehdytään väliseinäarakentamisen työturvallisuuteen. Lähdeaineistona käytetään Ratu-kortistoa sekä työturvallisuuslainsäädäntöä. Lisäksi lähteenä käytetään yritykseltä saatavaa materiaalia.

Opinnäytetyössä käytetään Asunto Oy Kuopion Pirtinkaaren kohdetta toimintaympäristönä. Aikataulut sekä kustannuslaskenta tehdään hankkeen tietoihin perustuen. Kohteeseen valmistuu 13 yksitaista rivitalohuoneistoa sekä autokatos. Asuinhuoneistot on jaettu kolmeen rakennukseen. Kohteessa on 1 026 huoneistoneliötä.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Oy. Sen toimiala on talonrakennus. Yritys on erikoistunut rivitalorakentamiseen. Yrityksen omistavat Timo Piirainen ja Risto Pitkänen, joista Piirainen toimii yrityksen toimitusjohtajana. Rakennusliikkeessä työskentelee kuusi työntekijää. Yritys aloitti toimintansa kommandiittiyhtiönä vuonna 1986. Yritysmuoto vaihtui osakeyhtiöksi vuonna 1994. Yrityksen toimipaikkakunta on Kuopio.

2 MÄRKÄTILAT

Märkätilalla tarkoitetaan tilaa, jonka lattia ja seinät joutuvat käyttökohteensa vuoksi alltiiksi vedelle. Märkätiloja ovat esimerkiksi pesuhuoneet. Tapauskohtaisesti myös wc-tilat, eteiset, keittiöt ja muut vastaavat vesipisteelliset tilat voivat kuulua märkätiloihin. Märkätilat voidaan rakentaa rankarakenteisena tai kivistä. (RT 84-11166 Märkätilojen rakenteet. Suunnitteluohje 2014, 1.)

Yleensä märkätilan tunnistaa rakennuksessa lattiakaivosta. Märkätilojen lattioiden täytyy olla kallistettu, jotta vesi pääsee poistumaan tilasta lattiakaivon kautta. Märkätilan lattia tulee olla vesieristetty erillisellä vesieristeellä, jos huoneen pintamateriaali ei toimi vesieristeenä. Mikäli seinämateriaali on alltiina roiskevedelle, myös seinäpinnat on vesieristettävä. Vesieristeen tarkoitus on ehkäistä kosteuden pääsyä rakenteisiin. Myös märkätilan katon materiaalia valittaessa on huomioitava, että katto joutuu alltiiksi roiskevedelle sekä hetkellisesti korkealle ilmankosteudelle. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta 728/2017, 28 §, 29 §.)

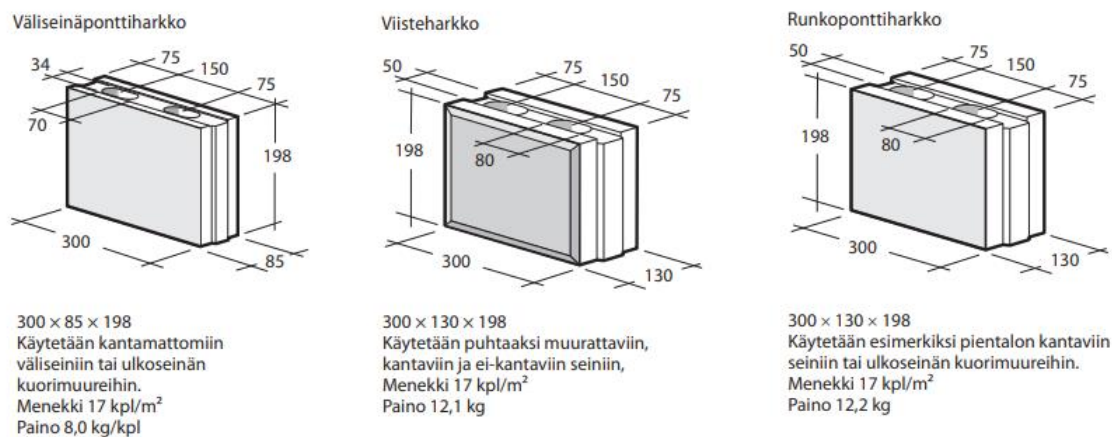
Opinnäytetyössä käytettävässä esimerkkikohteessa Asunto Oy Kuopion Pirtinkaariassa märkätilan seinät rakennettiin rankarakenteisena. Seinärakenteen runko valmistettiin kertopuurangasta. Märkätilan puoleiselle seinälle laitettiin GRI 13 erikoiskova kipsilevy. Kuivien tilojen puolelle asennettiin tavallinen GN 13 kipsilevy. Koska kohteessa on 13 asuntoa, myös opinnäytetyössä tehdyt laskelmat tehtiin kolmelletoista asunnolle (kuva 1).



Kuva 1. Asunto Oy Kuopion Pirtinkaari (Pavel Kasinski, www.savonasuntokuvaus.fi)

2.1 KAHI-väliseinäpontista valmistettu märkätilan seinä

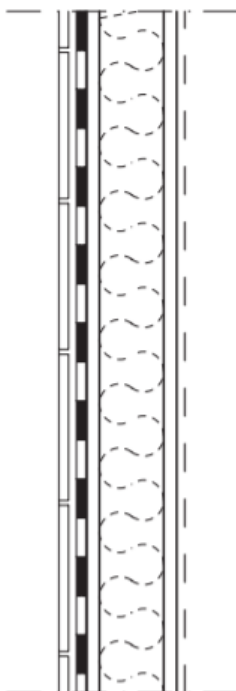
KAHI-väliseinäponttiharkon nimitys tulee harkon valmistusmateriaaleista. Näistä materiaaleista valmistettuja harkkoja kutsutaan myös kalkkihiekkaharkkoiksi. KAHI-väliseinäponttiharkot ovat valmistettu kalkin, kvartsipitoisen hiekan ja veden seoksesta. (RT 103283 Kalkkihiekkatiilet ja -harkot, 1.) Tässä opinnäytetyössä käytetään väliseinäponttiharkkoa 300 x 85 x 198 (kuva 2).



Kuva 2. Yleisimpien kalkkihiekkaharkkotyppeiden nimitykset, mitat, massa, menekki ja käyttökohteet. (RT 103283 Kalkkihiekkatiilet ja -harkot 2020, 2)

2.2 Rankarakenteinen märkätilan seinä

Rankarakenteisen seinärakenteen runkona käytetään puu- tai teräsrunkaa. Runko jäykistetään käyttämällä levyjäykistystä esimerkiksi kartonkipintaisella kipsilevyllä. Kipsilevyn päällinen vedeneristetään vedeneristysten valmistajan ohjeiden mukaisesti. Seinä pinnoitetaan esimerkiksi laatoittamalla (kuva 3).



Kuva 3. Teräsrunkaseinä (RT 82-10903 Väliseinä rakenteita 2007, 23)

Kipsilevyt valmistetaan kalsinoidusta raakakipsistä, vedestä ja lisäaineista valmistetusta massasta. Jos kipsilevyä käytetään märkätilassa, sen tulee olla siihen suunniteltua erikoiskovaa kipsilevyä, joka on vahvistettu lasikuidulla valmistusvaiheessa. Tällä keinolla saadaan märkätilaan riittävän jäykkä rakenne vedeneristyksen kestävyuden turvaamiseksi. (RT-10633 Kartonkipintaiset kipsilevyt, 1.)

Esimerkkikohteessa Asunto Oy Kuopion Pirtinkaari käytettiin GRI 13 kipsilevyä. Se vastaa lujuudeltaan erikoiskovaa levyä. GRI 13 on suunniteltu märkätiloihin, joten levyn ydin on kyllästetty veden imeytymisen ehkäisemiseksi. (Saint-Gobain Finland Oy 2020.)

2.3 AKO-elementeistä valmistettu märkätilan seinä

AKO-elementit ovat kevytsorabetonista valmistettuja seinäelementtejä. Elementit ovat 600 mm leveitä ja seinän korkuisia. Elementeissä kulkee pystysuunnassa onteloita LVIS putkien kuljettamista varten. Elementit ovat pystysuunnassa pontattuja (kuva 4). AKO-elementtejä on useita eri paksuisia. Elementin paksuuden valintaan vaikuttaa käyttökohteen vaatimukset, esimerkiksi äänen eristävyys. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin AKO-92 mm väliseinäelementtiin, joka soveltuu ominaisuuksiltaan esimerkiksi asuinrakennusten väliseinäelementiksi. (RT-38768 Kevytsorabetoninen seinäelementti AKO, 1.)

Elementtien asennus tapahtuu erilaisten nostoapuvälineiden avulla. Kun elementit on saatu asennuspaikalle, seinän pystyttämiseen ei tarvita nosturia. Elementtien asennus tapahtuu erilaisten AKO-elementtejä varten kehitettyjen nostoapuvälineiden avulla. Elementit kiinnitetään toisiinsa AKO-liimalla. (AKO Wall työohjeet 2014, 6)

Tässä opinnäytetyössä AKO-elementtien asennuksessa käytetään tuotevalmistajan omaa asennusporukkaa. Aikataulujen laatiminen tapahtui asennusporukan työsaavutuksen pohjalta. Myös kustannuslaskenta tulee asennusporukan neliöhinnan pohjalta.



Kuva 4. AKO-elementtejä (Rakennusbetoni ja -elementti Oy. AKO Wall työohjeet 2014, 3)

3 MÄRKÄTILAN SEINÄRAKENTAMISEN AIKATAULU

Eri rakennetyyppien aikataulut on laskettu T3 työmenekkein. T3 menekkejä käytetään yleensä laadittaessa tehtäväsuunnittelua, työvaiheaikataulua tai viikkoaikatauluja. Yleisesti puhutaan tehollisesta työajasta, johon ei huomioida yli tunnin kestäviä taukoja tai keskeytyksiä. Kokonaisaika T4 saadaan lisäämällä T3 aikoihin työn keskeytykset ja työehtosopimuksen mukaiset tauot. (Rakennustöiden menekit 2020, 8.)

Märkätilojen seinäneliöt on laskettu kohteen rakennuspiirustuksista. Seinäneliöt toimivat tehtävässä työsuorituksen yksikkönä. Työmenekit, eli kuinka monta työntekijätuntia henkilöllä menee yhden seinäneliön rakentamiseen, on otettu Rakennustöiden menekit 2020 kirjasta aikataulujen laadintaa varten. Tehollisen työajan kesto saadaan laskentakaavalla:

$$\text{Suoritteen määrä} * \text{työmenekki} = \text{tehtävään käytettävät työtunnit}$$

3.1 Tiilimuuratun seinän rakennusaika

Tiilimuuratun seinän tehollinen työaika on laskettu 1 RAM työryhmällä. Oletetaan siis, että muurarilla ei ole rakennusapumiestä sekoittamassa laastia valmiiksi. Lähtökohtana muuraustyön aikataulun laatimiselle oli, että tiilet ovat valmiiksi jaettuna asuntoihin.

Koko kohde					
Nimike	Sijainti	määrä	yksikkö	tth/yks	Yhteensä
Mittaus		316	m2	0,06	18,9
Laastin valmistus		316	m2	0,47	148,4
Ohutsaumamuuraus		316	m2	0,25	79,0
Lopettavat työt		316	m2	0,06	18,9
					265,3 tth
					33,2 tv

Kuva 5. KAHI-väliseinäpontista muuratun seinärakenteen rakennusaika T3

Tuloksena KAHI-väliseinäpontista muuratulle seinälle rakennusaikatauluksi saatiin 33 työvuoroo (kuva 5). Tiilimuuratun seinän rakennusaika oli ajallisesti pisin vertailussa olleista seinärakenteista.

3.2 Rankarakenteisen seinän rakennusaika

Lähtökohtana rankarakenteisen seinän aikataulun laatimisessa oli, että runkomateriaalit sekä levyt ovat valmiiksi jaettuna asuntoihin. Näin lähtökohdat muuraamiselle ja rangasta rakennettavalle seinärakenteelle ovat samat, ja tuloksista saadaan mahdollisimmat vertailukelpoiset.



Kuva 6. Rankarakenteisen seinän valmistus kohteessa Asunto Oy Kuopion Pirtinkaari (Miettinen 2021, CC BY-SA)

Märkätilaseinän runkomateriaalina käytettiin kertopuuta (kuva 6). Runko on äänieristyksen vuoksi märkätilassa villoitettava. Märkätilan puoleisissa seinissä käytetään GRI 13 levyä, joka on suunniteltu märkätiloihin. Rankarakenteista märkätilan seinää suositellaan käytettäväksi joko kaksinkertaista levytystä tai tiheämpää runkojakoa. (SisäRYL 2013 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt, taulukot 742:T17 ja 742:T18). Tässä kohteessa valittiin tiheämpi runkojako, eli k300.

Koko kohde					
Nimike	Sijainti	määrä	yksikkö	tth/yks	Yhteensä
Mittaus		316	m2	0,08	25,3
Seinärungot k300		316	m2	0,17	53,7
Eristevillan asennus		316	m2	0,04	12,6
Kaksipuoleinen levytys		144	m2	0,20	28,8
Yksipuoleinen levytys		172	m2	0,12	20,6
Lopettavat työt		316	m2	0,01	3,2
					144,2 tth
					18,0 tv

Kuva 7. Rankarakenteisten märkätilaseinien rakennusaika T3

Tuloksena saatiin kertopuurangasta valmistetun seinärakenteen tehtävän kestoksi 18 työvuorua (kuva 7). Se on 15 työvuorua vähemmän, mitä muuraamisessa kestää laskennallisesti.

3.3 AKO-elementtiseinän rakennusaika

AKO-elementtiseinän aikataulun laatiminen eroaa muiden aikataulujen laatimisesta siten, että työryhmän työsaavutukset on saatu AKO-elementtivalmistajalta suoraan. Siten aikataulullisesti ei jouduttu pohtimaan tehtävän työkestoa.

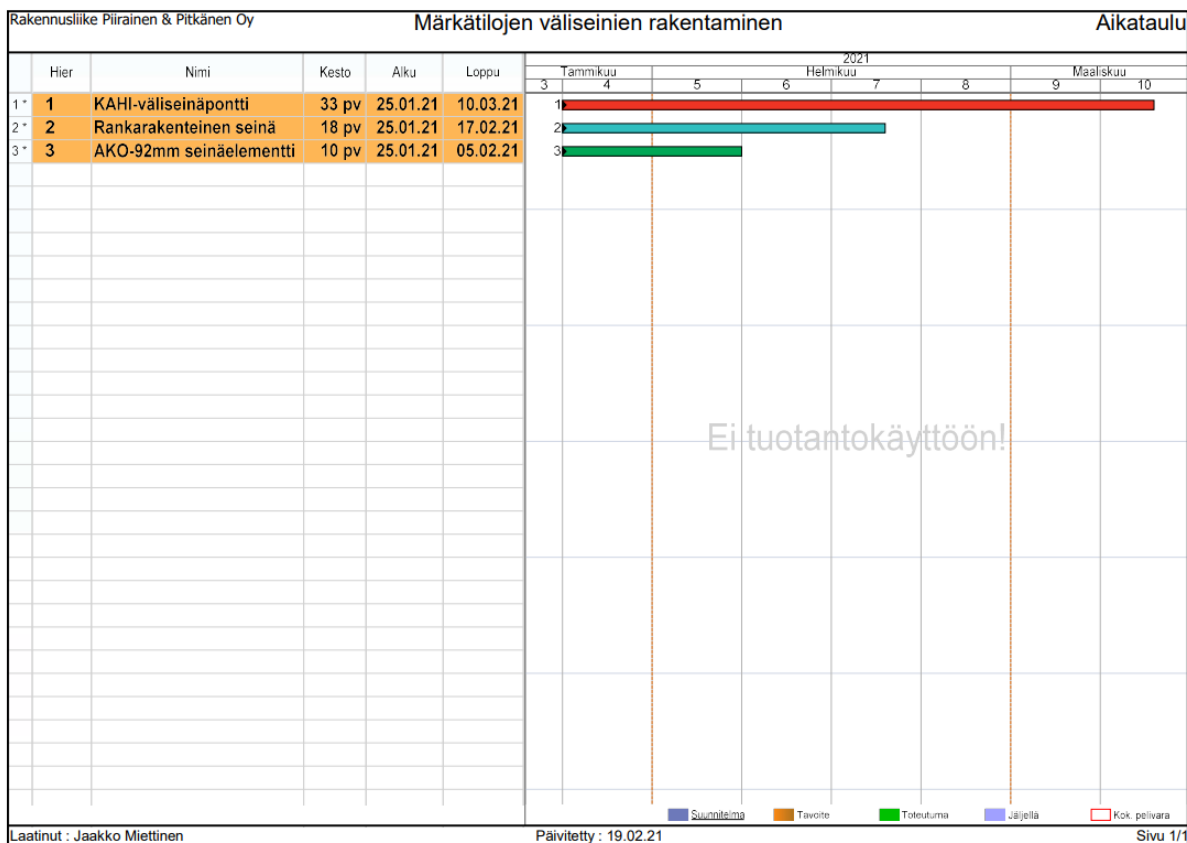
Koko kohde					
Nimike	Sijainti	määrä	yksikkö	tth/yks	Yhteensä
Mittaus		316	m2	0,08	25,3
AKO-elementtien asennus		316	m2	0,16	50,5
Työaika yhteensä					75,8 tth
					9,5 tv

Kuva 8. AKO-92 mm väliseinäelementeistä valmistetun seinän rakennusaika T3

Tuloksena AKO-elementtiseinän asentamiselle saatiin 10 työvuorua (kuva 8). Ainakin laskennallisesti, AKO-seinä on siis ylivoimaisesti nopein vaihtoehto märkätilan seinärakenteeksi. AKO-elementeistä valmistettu seinärakenne on 23 työvuorua nopeampi pystyttää kuin KAHI-väliseinäponteista muurattu seinä, ja kahdeksan työvuorua nopeampi pystyttää kuin rankarakenteinen seinä.

3.4 Aikataulujen vertailu

Laadin Tocoman aikataulu -sovelluksella havainnollistavan janakaavion aikataulujen vertailua varten (kuva 9). Koska saatavilla ei ollut yleisaikataulua, keskitytään vertailemaan vain työtehtävän kestoa, ei työtehtävien rytmittämistä yleisaikatauluun. Punainen jana kuvaa KAHI-väliseinäponteista muurattua seinärakennetta. Sininen väri kuvaa rankarakenteista seinää ja vihreä väri AKO 92 mm kevytso-rabonielementeistä valmistettua seinärakennetta.



Kuva 9. Tocoman aikataulu -sovelluksella laadittu janakaavio

AKO-elementeistä valmistettu seinärakenne on paitsi työvaiheajaltaan, myös yleisaikataulullisesti nopein vaihtoehto, koska asennus voidaan rytmittää alkamaan huomioimatta betonisen lattialaatan kuivumisaikaa. Näin ollen AKO-elementit voidaan asentaa esimerkiksi ensimmäiseen taloon heti vesikaton valmistuessa tai jopa ennen ulkoseinäelementtien asennusta.

4 KUSTANNUSLASKENTA

Työtehtävän kustannukset koostuvat tarvittavasta kalustosta, tehdystä työstä sekä rakennusmateriaalista. Työkustannukset lasketaan työmenekin ja käytetyn tuntihinnan mukaan. Kustannuksiin lisätään sosiaalikulut sekä tarvittaessa arvonlisävero. Materiaalikulut saadaan kokonaismateriaalimenekien ja yksikköhintojen tulona. Materiaalikuluihin eritellään arvonlisävero tarpeen mukaan. (Ratu S-1228 Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan, 14.)

Esimerkki työkustannusten muodostumisesta

$\text{Työntekijätunnit} * \text{työtunnin hinta} + \text{sosiaalikulut} + \text{ALV} = \text{kokonaistyökustannus}$

Kaikki kustannuslaskennassa käytetyt materiaalien hinnat ovat peräisin tarjouspyynnöistä. Tällä keinolla pyrittiin varmistamaan, että hintavertailusta tulee mahdollisimman tarkka. Tilaajana toimivan yrityksen kanssa sovittiin, että hintatiedot voidaan julkaista opinnäytetyössä. Työn hintana käytettiin yrityksen työntekijöiden keskiansiota. AKO-elementeistä valmistetun seinärakenteen kustannuslaskennassa käytettiin AKO-elementtien asentajien urakkahintaa, joka tulee heiltä saadusta tarjouspyynnöstä.

Rankarakenteisten levyseinien saumat joudutaan nauhoittamaan. KAHI-väliseinäpöntistä valmistettujen seinien pinnat täytyy tasoittaa pohjatasoiteella, kuten myös AKO-elementeistä valmistettujen seinien. Koska levyseinien saumojen nauhoittamisen ja pohjatasoittamisen välinen kustannusero on pieni, sitä ei otettu kustannuksien vertailuun mukaan. Näiden tasoitettujen välinen ero on kuitenkin laskettu tilaajalle.

4.1 Tiilestä muuratun seinän kustannuslaskenta

Tiilimuurauksen kustannuslaskennassa käytettiin Weberin KAHI-väliseinäpönttiä 300x85x198, joka on kantamattomiin seiniin tarkoitettu ohutsaumalaastilla muurattava harkko. Ohutsaumalaastia laskettiin menevän 0,1 kg jokaiselle harkolle, eli noin 1,7 kg neliölle (Saint-Gobain Finland Oy, 2020).

Muuraukselle laskettu työn hinta muodostuu laatimaani aikatauluun, jossa on laskettu muuraustyön kesto. Koska tilaajalla ei ole muuraria työntekijänä, muuraustyön tekijä on aliurakoitsija. Aliurakoitsijan työn hintana käytettiin edellisen työkohteen muurarin tuntityöansiota. Opinnäytetyön kustannuslaskelman mukaan muuraamalla valmistetut märkätilojen seinät ovat kalleimmat näistä vaihtoehdoista.

4.2 Rankarakenteisen seinän kustannuslaskenta

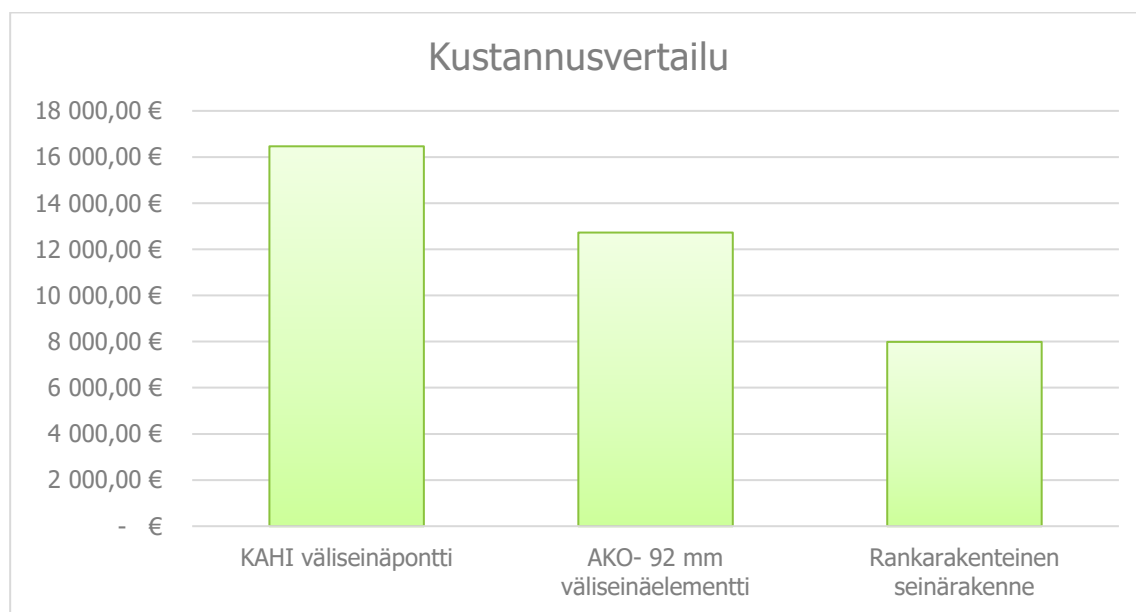
Seinien runkomateriaalina laskennassa käytettiin kertopuusta valmistettua väliseinätolppaa. Seinät on laskettu molemmiin puoliin levytettäväksi. Märkätilojen puoleiset seinät laskettiin GRI 13 kipsilevyllä, joka on suunniteltu märkätiloihin. Kuivien tilojen laskennassa käytettiin tavallista GN 13 kipsilevyä.

4.3 AKO-elementtiseinän kustannuslaskenta

AKO-elementtiseinien kustannuslaskenta perustui Rakennusbetoni- ja elementti Oy:lta saatuihin tarjouspyynnön hintoihin. Seinien elementtinä käytettiin AKO-92 mm väliseinäelementtiä. Laskennassa suunniteltiin, että seinäelementit asentaa tuotteen toimittajan oma asennusryhmä. LVIS-läpivientien paikkaus laskettiin tarjouspyynnössä olevan asennusneliökohtaisen hinnan mukaan.

4.4 Tulosten vertailu

Tulokseksi kustannuslaskennasta saatiin, että rankarakenteinen seinä on märkätilaan edullisin vaihtoehto. Toiseksi edullisin vaihtoehto on AKO-92 mm väliseinäelementeistä valmistettu seinärakenne. Laskentahinnaltaan kallein oli KAHI-väliseinäpontista muurattu seinärakenne (kuva 10).



Kuva 10. Märkätilan seinärakenteiden kustannusvertailu

Kustannuslaskentaa verratessa on hyvä muistaa, että laskennassa käytetyt hinnat olivat niin sanotusti päivän hintoja. Hintataso muuttuu maailman inflaation mukaan. Esimerkiksi tammikuussa Suomen inflaatio oli 1,0 prosenttia (Suomen virallinen tilasto (SVT)).

Rakennusmateriaalin valinta vaikuttaa myös rakennushankkeen aliurakoinnin määrään. Jos kohteessa valitaan märkätilojen seinämateriaaliksi KAHI-väliseinäpöntti, joudutaan palkkaamaan yrityksen muurari tai ottamaan muuraustyö aliurakointina. Samoin, jos märkätilan seinämateriaali tulee AKO-92 mm väliseinäelementistä, seinäelementtien asennuksen suorittaa aliurakoitsija. Tilaajayrityksen rakennusmiehet voivat rakentaa rankarakenteisen märkätilan seinän, jolloin aliurakointia ei tarvita. Näin ollen työstä aiheutuvat kustannukset maksetaan yrityksen työntekijöille.

5 RAKENTAMISEN LAATU JA TYÖTURVALLISUUS

5.1 Rakentamisen laatu

Laadukas rakentaminen on yksi rakennusalan laajimmista käsitteistä. Rakentamisessa laatukäsitys jaetaan yleisesti suunnittelun, tuotannon, asiakkaan ja ympäristön laatuun. Laadukas suunnittelu tarkoittaa yksinkertaisuudessa sitä, että suunnitelmat ovat tilaajan eli asiakkaan toiveiden mukaiset ja täyttävät viranomaisten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. Tuotannon laatuun kuuluu suunnitelmien toteuttaminen aikataulussa, kustannustehokkaasti, turvallisesti ja laatutavoitteiden mukaisesti. Ympäristökeskeinen laatu tarkoittaa toimia, joilla täytetään yhteiskunnan ja toimintaympäristön vaatimukset. (Ratu KI-6029 Rakennustöiden laatu 2017, 7.)

5.2 Laadunhallintalomake

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin rakennustuotannon laatuun. Opinnäytetyöhön laadittiin märkätilojen laadunvarmistuslomake, joka käydään läpi työtehtävään perehdyttäessä yhdessä työntekijän tai aliurakoitsijan kanssa. Lomake toimii myös työmaamestarin laadunvarmistuslomakkeena työtehtävää valvoessa.

Märkätilan laatuvaatimukset			
Alusta			
	Alustan kuivuus		
	Lattian tasaisuusvaatimukset		
Olosuhteet			
	Ilmankosteus		
	Työtehtävälle vaadittu lämpötila		
Tasoitettavien alustoiden tasaisuusvaatimukset		Luokka 1	Luokka 2
	Muurattu pinta käyryystasaisuus	+/- 4mm	+/-6mm
	Rakennuslevyn pinnan käyryyspoikkeama / 1000mm	+/- 3 mm	+/-4mm
	AKO-seinä		
		Kaltevuus +/-4mm	
		Tasaisuus +/-4mm / m2	
Laatoitettavan alustan sallitut tasaisuuspoikkeamat	Mittauspituus	Luokka 1	Luokka 2
	Seinä 2000mm	+/- 3 mm	+/- 4 mm
	Lattia 2000mm	+/- 3 mm	+/- 4 mm
Valmiin laatoituksen sallitut tasaisuuspoikkeamat			
	Seinä 2000mm	+/- 2 mm	+/- 3 mm
	Lattia 2000mm	+/- 2 mm	+/- 3 mm
		<i>Luokka 1 vaativa</i>	
		Luokka 2 tavanomainen (asuin-, liike-, toimisto- ja vastaavat rakennukset)	
Toiminnalliset vaatimukset (Täytetään työmaalla)			
	Työtehtävän aikataulu		
	Mestän riittävyys		
	Materiaalin varastointi		
	Materiaalien siirrot		
	Jätteiden lajittelu		

Kuva 11. Laadunhallintalomake

Laadunhallintalomakkeessa käytiin läpi alustan ja olosuhteiden vaatimukset ennen väliseinätyön aloittamista. Työtehtävän laadunhallinnan helpottamiseksi kerättiin sisätöiden RYL2013 pohjalta eri rakennusmateriaaleille laadunvarmistukseksi sallitut tasaisuuspoikkeamat. Lomakkeen lopuksi käydään läpi työtehtävän toiminnalliset vaatimukset, joihin kuuluvat muun muassa ohjeet työn aikataulusta, materiaalien varastoinnista sekä jätteiden lajittelusta (kuva 11).

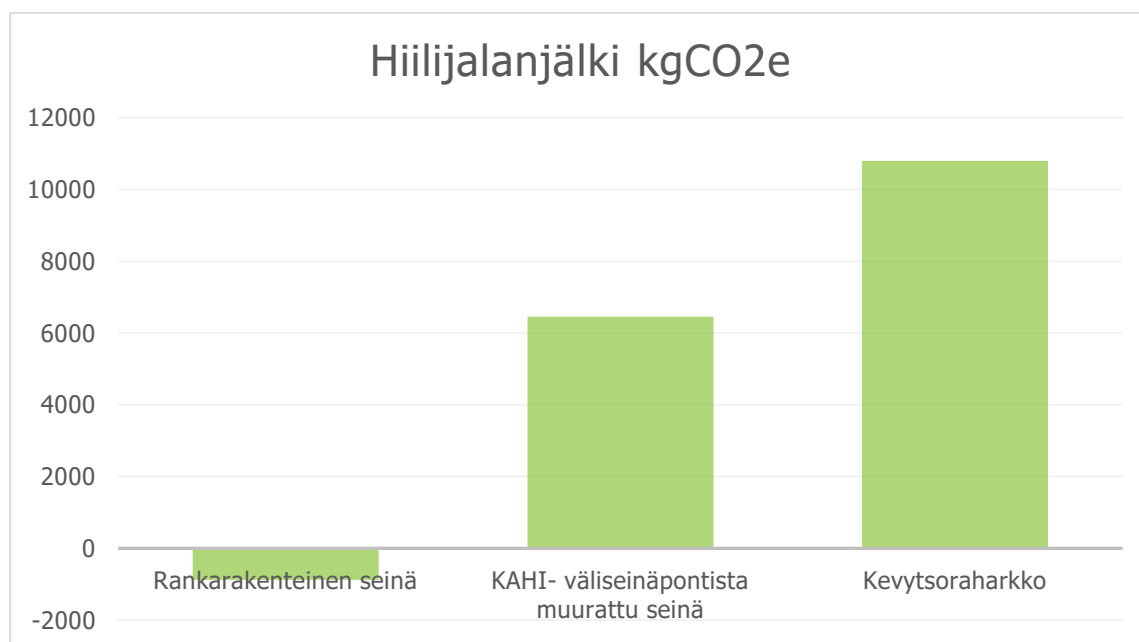
5.3 Ekologisuus osana laadukasta rakentamista

Sanna Marinin hallitus on asettanut tavoitteekseen hallitusohjelmassa, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Osana hallitusohjelmaa on myös maankäyttö- ja rakennuslain uudistus. Lakia valmistelee ympäristöministeriö. Uuden maankäyttö- ja rakennuslain päätavoitteita ovat hiilineutraali yhteiskunta, luonnon monimuotoisuuden edistäminen sekä rakentamisen laadun parantaminen. Tavoite on saada uuden lain hallituksen esitys valmiiksi vuoden 2021 loppuun mennessä. (Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon.)

Rakennusliike Piirainen & Pitkänen Oy on panostanut ekologiseen rakentamiseen. Esimerkkikohteena käytettävässä Asunto Oy Kuopion Pirtinkaassa pääasiallinen rakennusmateriaali on puu. Kohteen julkisivut, kattorakenteet, huoneistojen väliset seinät sekä valtaosa väliseinistä on rakennettu puusta. Siksi myös hiilijalanjälki tulee huomioida oikeaa rakennetta valitessa.

Rakentamisessa hankkeen ekologisuusmittari on hiilijalanjäljen laskenta. Vähähiilisellä rakennuksella on suuri hiilikädenjälki ja pieni hiilijalanjälki. Hiilikädenjälki tarkoittaa rakentamisesta syntyviä ilmastovaikutusten hyötyjä. Rakentamisesta syntyviä ilmastovaikutuksen hyötyjä ovat esimerkiksi rakennuksen hiilinielut sekä rakennusmateriaalien uudelleenkäytön tai kierrätyksen mukana syntyvät hyödyt. Hiilijalanjälki muodostuu rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisen aiheuttamista päästöistä. (Ympäristöministeriö, Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä, 5.)

Tein eri märkätilan seinärakenteista hiilijalanjäljen laskennan ympäristöministeriön laatimalla Excel-pohjaisella laskentasovelluksella. Laskentaohjelma on vuonna 2019 testaukseen otettu hiilijalanjäljen arviointityökalu. Työkalu on tarkoitettu käytettäväksi koko hankkeen hiilijalanjäljen laskentaan, joten yksittäiset materiaalilaskennat eivät muodosta kokonaisvaltaista kuvaa rakennushankkeesta. Laskennan perusteella voitiin laatia vertailu.



Kuva 12. Hiilijalanjäljen vertailu

Ympäristöministeriö ei ole määrittänyt laskentasovellukseen AKO-kevytsorabetonista valmistetuille elementeille hiilijalanjäljelle laskennallista arvoa. Koska laskennallista arvoa ei ollut, laskin kevytsoraharkon päästötiedoilla seinälle hiilijalanjäljen.

Hiilijalanjäljeltään parhaiten laskennassa erottui rankarakenteinen seinä. Sen hiilikädenjälki on niin suuri, että se kumoo hiilijalanjäljen. Hiilijalanjäljeltään toiseksi ekologisin vaihtoehto on KAHI-väliseinäpöntistä muurattu seinärakenne. Suurin hiilijalanjälki laskennassa tuli kevytsoraharkon arvoilla lasketulle materiaalille (kuva 12).

5.4 Turvallinen työympäristö

Työnantaja on velvollinen huolehtimaan työntekijöiden terveydestä ja turvallisuudesta työmaalla. Työnantajan tulee varautua ja pyrkiä estämään vaara- ja riskitilanteet työmaalla. Työympäristöä on valvottava jatkuvasti työturvallisuuden ylläpitämiseksi. Työntekijä tulee aina perehdyttää työtehtävään ja kertoa työtehtävään liittyvistä riskitekijöistä. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 8 §, 14 §.)

Työtehtäviin, joihin liittyy erityisiä riskejä tai vaaratilanteita, tulee valmistautua laatimalla työtehtävän toteuttamiselle erillinen suunnitelma. Tällaisia työtehtäviä ovat esimerkiksi elementtien asennus, jota varten tulee laatia elementtiasennussuunnitelma. Suunnitelma on laadittava aina ennen vaarallisen työtehtävän aloittamista. (Ratu TT 18.1 Rakennustyön turvallisuusjohtamisen hyviä käytäntöjä, 14.)

5.5 Työturvallisuus väliseinätyössä

Koska työtehtävään ei liity erikseen vaaraa aiheuttavia toimenpiteitä, märkätilan seiniä rakentaessa työturvallisuus keskittyy henkilökohtaisiin suojarusteisiin ja turvallisiin työmenetelmiin. Työntekijällä tulee olla käytössä turvajalkineet, käsineet sekä silmä-, kuulo- ja hengityssuojaimet. Työnjohtajan tulee perehdyttää henkilö työtehtävään ja varmistaa samalla, että häneltä löytyy voimassa oleva työturvallisuuskortti. (Ratu S-1228 Rakentamisen tehtäväsuunnittelu, 26.)

Tehtäväsuunnittelun työturvallisuus		Vastuuhenkilö
Työvaihe	Väliseinien rakentaminen	
Työntekijät	Työntekijällä on kypärä sekä muut henkilökohtaiset suojarusteet . Käytettäessä sirkkeliä on oltava silmä- ja kuulosuojaimet Laastin valmistuksessa tulee käyttää hengityssuojainta Väliseinäelementtien asennuksessa on huomioitava työergonomia Työntekijällä on oltava voimassa oleva työturvallisuuskortti. Työntekijä on perehdytetty työkohteeseen.	
Työtehtävässä käytettävät telineet & työtasot	Telineet ja työtasot tarkastetaan ennen töiden aloittamista. Tiilleille tulee olla erillinen taso tai niiden paino on huomioitava mitoittaessa telineitä Työympäristön tulee olla puhdas tasojen turvallista sijoittamista varten.	
Työkoneiden turvallinen käyttö	Runkonaulainta käytettäessä tulee pitää silmä- sekä kuulosuojaimia Laastin valmistuksessa tulee käyttää hengityssuojainta	
Ensiapuvalmius ja sammutuskalusto	Työmaalla on ensiapukalusto, jonka sijainti on esitetty aluesuunnitelmassa. Perehdytyksessä on käyty läpi, miten toimia onnettomuuden sattuessa. Työmaalla oleva sammutuskalusto on esitetty aluesuunnitelmassa ja sijainti käyty läpi perehdytystilaisuudessa	
Ensiapuun perehtynyt henkilö	Nimi:	

Kuva 13. Työturvallisuuslomake

Opinnäytetyössä laadittiin työturvallisuuslomake läpikäytäväksi samalla, kun työntekijä tai aliurakoitsija perehdytetään työtehtävään. Lomake on suunniteltu väliseinien rakentamista varten. Lomakkeessa käydään läpi työntekijöiden työturvallisuusvaatimukset, työtehtävässä käytettävien telineiden työturvallisuus, työkoneiden turvallinen käyttäminen sekä työmaan ensiapuvalmius (kuva 13).

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mikä märkätilan seinärakenteen vaihtoehto on tilaajalle sopivin. Tavoite oli myös selvittää tehtävän kesto sekä kustannuslaskenta jokaiselle rakennetyypille. Opinnäytetyötä laatiessa tuli myös huomioida työturvallisuus ja rakentamisen laatu työtehtävässä.

Mielestäni aikataulun laatimisessa ja kustannuslaskennassa onnistuttiin hyvin. Työturvallisuudessa ei eri seinärakenteita rakentaessa ole suuria eroja, joten mielestäniärkevin vaihtoehto oli laatia työtehtävään perehdyttävä lomake. Rakentamisen laatu saatiin huomioitua hyvin laadunhallintalomakkeella sekä eri seinärakenteiden hiilijalanjäljen laskennalla. Hiilijalanjäljen laskentaa olisi voinut parantaa määrittämällä AKO-seinäelementeille hiilijalanjälki, mutta se ei ollut mahdollista olemassa olevien lähtötietojen perusteella.

Mielestäni tilaaja voi pitää opinnäytetyötä luotettavana, koska kaikki työhön kerätty hintatieto on peräisin työkohteen oikeisiin määriin pohjautuvista tarjouspyynnöistä. Tästä syystä pidän kustannuslaskentaa parhaiten onnistuneena osana opinnäytetyötä. Kustannuslaskenta oli myös työläin vaihe opinnäytetyössä.

Esimerkkikohteeseen Asunto Oy Kuopion Pirtinkaari märkätilan seinien rakennetyypiksi valitsisin rankarakenteisen seinän. Rankarakenteinen seinä erottui selkeästi kustannuksiltaan sekä ekologisuutensa vuoksi myös laadullisesti parhaaksi vaihtoehdoksi. Vaikka työvaihe aika ei ole hitain, todellisudessa työmaan yleisaikataulun kesto tarkastellessa rankarakenteisen seinän valmistaminen tulee viemään eniten aikaa, koska yrityksen omat työntekijät rakentavat seinät aliurakoitsijan sijaan. Rankarakenteisen seinän huonoin puoli on kalustevahvikkeiden asennus. Koska seinä on valmistettu puusta ja GRI 13 kipsilevyistä, kalusteiden kohdalle tulee muistaa laittaa kalustevahvikkeet kalusteiden kiinnitystä varten. KAHI-väliseinäpöntistä muuratuissa tai AKO-92 mm elementeistä rakennetuissa seinissä ei tarvitse asentaa kalustevahvikkeita.

AKO-92 mm väliseinäelementeistä valmistettu seinärakenne on hyvä vaihtoehto, jos työmaan yleisaikataulua halutaan kiristää. AKO-elementit erottuvat joukosta työvaiheajan nopeudellaan. Märkätilojen väliseinäelementit voidaan pystyttää, ainakin teoriassa, jo ennen ulkoseinäelementtien asennusta. Tämä helpottaa työmaan muiden tehtävien rytmittämistä ja nopeuttaa yleisaikataulua, koska omat työntekijät voivat keskittyä muihin tehtäviin.

KAHI-väliseinäpönteistä muurattu seinärakenne erottui kustannuslaskennassa kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Se sijoittui myös työvaiheen aikataulussa hitaimmaksi vaihtoehdoksi. Yleisaikataulua tarkastellessa kuitenkin KAHI-väliseinäpönteistä muurattu seinärakenne nopeuttaa hieman työmaan yleisaikataulua, koska muuraamisen tulee suorittamaan aliurakoitsija. Myöskään laadullisesti tiilistä muurattu seinärakenne ei erotu edukseen ekologisuudellaan.

Märkätilan seinärakennetta suunnitellessa seuraaviin työkohteisiin on mahdollista aiheesta tehdä lisätutkimuksia. Jos hankkeessa halutaan panostaa ekologisuuteen, AKO-92 mm väliseinäelementtien hiilijalanjälki kannattaa selvittää. Hiilijalanjäljen selvittämisessä on tehtävä yhteistyötä Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n kanssa.

Myös rankarakenteisessa seinärakenteessa voi tehdä jatkotutkimuksen, voisiko kustannuksissa saada lisää säästöä tehtyä käyttämällä pintarakenteena jotain muuta materiaalia kuin GRI 13 erikoiskovaa kipsilevyä. Esimerkiksi Finnfoam Oy on kehittänyt Tulppa- tuotenimellä olevan märkätilalevyn, jonka pinta on valmiiksi vedeneristetty. Koska vedeneriste on melko kallis rakennusmateriaali, voisi tällaista valmiiksi vesieristettyä levyä käyttämällä saada tehtyä kustannussäästöjä työkohteessa.

LÄHTEET

- Rakennusbetoni- ja Elementti Oy. AKO Wall työohjeet 2014. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2014. <https://www.rakennusbetoni.fi/application/files/3715/1669/8841/AKO-tyoohje-2014.pdf>. Viitattu 21.3.2020.
- Ratu KI-6035 Rakennustöiden menekit 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/rakennustoiden-menekit-2020/2741399?gclid=Cj0KCQjA-aGCBhCwARIsAHDl5x9ybtbqWJVfmm7mgek7z8xCvZIsWKBXT5_wgS-FrVjsr4IjrgV1Zku4aAqzYEALw_wcB. Viitattu 2.2.2021.
- Ratu KI-6029 Rakennustöiden laatu RTL 2017. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6029>. Viitattu 4.2.2021.
- Ratu S-1228 Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1228>. Viitattu 10.2.2021.
- Ratu TT 18.1 Rakennustyön turvallisuusjohtamisen HYVIÄ KÄYTÄNTÖJÄ. Helsinki: Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. Viitattu 25.2.2021.
- RT 103283 Kalkkihiiekkatiilet ja -harkot. Ohjekortti 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/rt-103283-kalkkihiiekkatiilet-ja-harkot/2757662>. Viitattu 20.3.2021.
- RT-38768 Kevytsorabetoninen seinäelementti AKO. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy. Huhtikuu 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2038768>. Viitattu 21.3.2021.
- RT 84-11166 Märkätilojen rakenteet. Suunnitteluohje 2014. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2084-11166>. Viitattu 10.3.2021.
- Saint-Gobain Finland Oy 2020. Gyproc GRI 13 Robust. Verkkojulkaisu. <https://www.gyproc.fi/tuotteet/kipsilevyt-ja-muut-levyt/sis%C3%A4sein%C3%A4levyt/kylpp%C3%A4rim%C3%A4rk%C3%A4tilalevy/gyproc-gri-13-robust>. Viitattu 20.3.2021
- Saint-Gobain Finland Oy 2020. Weber Kahi väliseinäpöntti. Verkkojulkaisu. <https://www.fi.weber/kahi-tiilet-ja-harkot/kahi-harkot/kahi-valiseinapontti-300x85x198>. Viitattu 4.2.2020.
- SisäRYL 2013 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. Viitattu 10.2.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Kuluttajahintaindeksi [verkkojulkaisu]. ISSN=1796–3524. Tammikuu 2021. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 1.3.2021]
- Työturvallisuuslaki 738/2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Viitattu 23.2.2021.
- Ympäristöministeriö. Rakennuksen vähähiilisyys arviointimenetelmä. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2019. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>. Viitattu 17.2.2021.

Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon. Maankäyttö- ja rakennuslaki uudistuu. Tietoa lakiuudistuksesta. Verkojulkaisu. <https://mrluudistus.fi/tietoa-lakiuudistuksesta/>. Viitattu 31.3.2021.