



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JANETTE SANTALA

Kuorilaattaelementtien reunamuot- timenetelmien kustannusvertailu

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN TUTKINTO-
OHJELMA
2022

Tekijä Santala, Janette	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 5/2022
	Sivumäärä 28	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Kuorilaattaelementtien reunamuottimenetelmien kustannusvertailu		
Tutkinto-ohjelma Tuotantopainotteiset opinnot		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Skanska Talonrakennus Oy, joka on Skanska Oy:n alaisuudessa toimiva yksikkö. Opinnäytetyön aihe syntyi toimeksiantajan tarpeesta, sillä kuorilaattakenttien pintavalujen muottitöistä ei ole käytettävissä kustannus ja työmenekkitietoja vapaan reunan muottitöiden osalta.</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajayritykselle menekki- sekä kustannuslaskelmia kuorilaattojen pintavalujen muottitöistä kolmella eri muottimenetelmällä. Aineistona käytettiin toimeksiantajayrityksen keräämää työaikakirjanpitoa, joka toimi pohjana työmenekkilaskelmille. Kustannuslaskennan materiaali- ja hintatiedot oli saatu myös toimeksiantajayritykseltä, minkä vuoksi euromääräisiä kustannustietoja ei tässä työssä esitelty.</p> <p>Opinnäytetyöstä selviää erilaisten menetelmien työmenekkitiedot sekä se, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet työmenekkeihin. Lopullisissa tuloksissa kuitenkin selvisi, ettei kustannuksia ja työmenekkejä voitu suoraan verrata toisiinsa. Tämä johtui siitä, että asennuspaikat ovat olleet erilaisia ja työmenekkeihin vaikuttaneita tekijöitä on runsaasti muitakin kuin muotin asennuskorkeus ja materiaali. Opinnäytetyö tuo kuitenkin esiin työmenekkiin ja muottimenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä sekä sen, millaisia suhteellisia kustannuseroja näiden menetelmien välillä on.</p>		
Avainsanat Kuorilaatta, kustannukset, työmenekki, muottityö		

Author Santala, Janette	Type of Publication Thesis AMK	Date 5/2022
	Number of pages 28	Language of publication: Finnish
Title of publication Cost comparison of different edge formwork methods used for casting thin-shell slab elements		
Degree programme Building production		
<p data-bbox="312 712 424 745">Abstract</p> <p data-bbox="312 786 1447 927">This thesis was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy, a unit operating under Skanska Oy. The thesis originated from the client’s need to obtain cost and labour input data on formwork used for casting the free edges of thin-shell slabs, which was not previously available to the client.</p> <p data-bbox="312 967 1447 1149">The aim of the thesis was to provide the client with cost and labour input calculations for three different formwork methods. The required labour input was calculated on the basis of a working hours record kept by the client. The material and price information used in the cost calculations was also obtained from the client. In this thesis, the cost data is not presented in euros, but in relation to the costs of other methods.</p> <p data-bbox="312 1189 1447 1478">The thesis examines the labour input associated with the three different formwork methods and the factors affecting the required input. However, the results showed that the costs and required labour input could not be directly compared between the different methods. This was due to the fact that the slab installations were carried out at different sites, and the costs were affected by several factors, such as the installation height and the mouldmaking material. However, the thesis provides useful information about the factors influencing the required labour input and the suitability of each formwork method, and demonstrates the relative cost differences between the different methods.</p>		
<p data-bbox="312 1854 443 1888">Keywords</p> Thin-shell slab, costs, labour input, formwork		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TOIMEKSIANTAJA	6
3 KUSTANNUSLASKENTA YLEISESTI.....	7
3.1 Rakennusurakoitsijan kustannuslaskenta	8
3.1.1 Määrälaskenta	9
3.1.2 Työmenekit	9
4 KUORILAATTAELEMENTIT	11
4.1 Tekniset ja rakenteelliset ominaisuudet	11
4.2 Käyttökohteet	12
5 KUORILAATTAKENTÄN PINTAVALUN MUOTTIMENETELMIÄ.....	13
5.1 Lauta-/levymuotti	13
5.2 Hitsattava teräsmuotti.....	14
5.3 Teräspalkkien kiinteä muottiosa	15
6 TYÖTURVALLISUUS VÄLIPOHJARAKENTEEN MUOTTITÖISSÄ.....	18
7 KUORILAATTOJEN PINTAVALUN MUOTTITÖIDEN MENEKKILASKENTA	20
7.1 Puumuotti	20
7.2 Hitsattava peltimuotti	21
7.3 Deltapalkin valmis peltimuotti.....	23
8 MUOTTIVAIHTOEHTOJEN KUSTANNUSLASKENTA	24
8.1 Puumuotti	24
8.2 Hitsattavat peltimuotit.....	25
8.3 Deltapalkin valmis peltimuotti.....	26
8.4 Kustannuslaskelmien tulokset.....	27
9 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa toimeksiantajayritykselle menekki- sekä kustannuslaskelmia kuorilaattojen pintavalujen muottitöistä kolmella eri menetelmällä. Tutkimuskysymyksenä toimii ”Millaisia ovat kuorilaattojen reunamuottitöiden menekit ja kustannukset?”

Tässä työssä vertaillaan puumuottityön kustannuksia Deltapalkkien valmiisiin muotti-reunuksiin sekä Deltapalkkeihin hitsattaviin peltimuotteihin. Opinnäytetyön aihe syntyi toimeksiantajayrityksen tarpeesta. Työ sisältää myös menekkimäärät eri muottityömenetelmissä. Aihetta rajattiin myös niin, että muottityö lasketaan ilman reunoihin tulevia mahdollisia paikallavalukaistoja, ja siinä huomioidaan ainoastaan kuorilaattojen vapaiden reunojen muottityöt. Pystyrakenteita päin valettaessa käytettäviä irrotuskais-toja tai tuketöitä ei näin ollen käsitellä tässä opinnäytetyössä. Työssä ei esitetä euro-määräisiä summia, vaan puumuottityön kustannuksia vertaillaan muihin vaihtoehtoihin suhdelukuina.

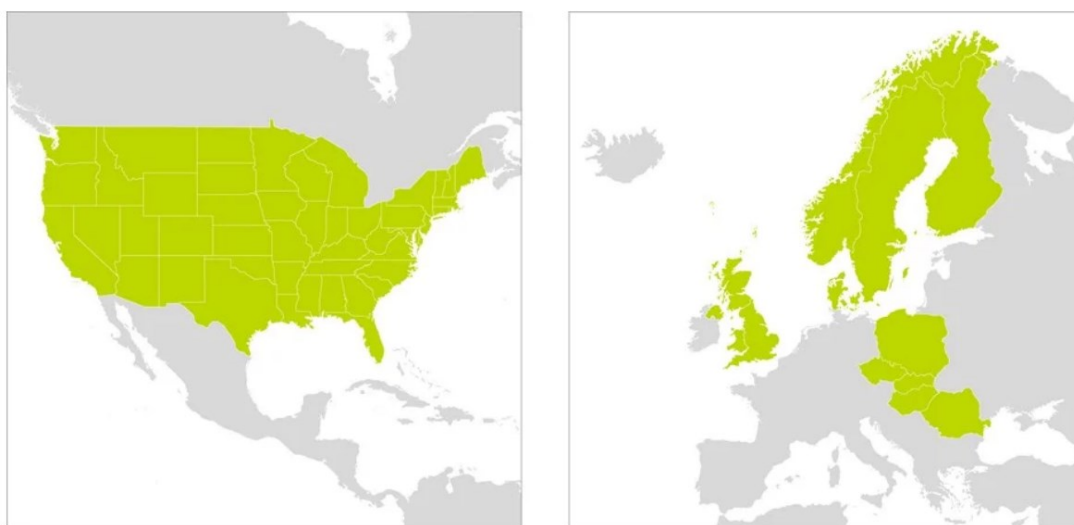
Työn tuloksien merkitys nousee esiin jo tarjousvaiheessa, kun valmiita menekkimääriä ei ole saatavilla kyseisestä työvaiheesta. Menekkimääriä on annettu RATU-ohjekortissa (Ratu 0390) ainoastaan neliömetriperusteisesti ja se sisältää käytännössä ainoastaan pystyrakennetta päin valettaessa tehtävät tuketyöt, varaukset sekä kuorilaattojen tuennan. Menekkimäärän puuttumisen takia hinnoittelussa onnistuminen on epävarmaa. Myös aikataulusuunnittelun kannalta on tärkeää tietää menekkieroja eri työmenetelmien välillä.

Tämä työ kehitti osaamistani menekki- sekä kustannuslaskennan osalta. Molempia taitoja tarvitaan työelämässä kustannuksia arvioitaessa, työmenetelmiä suunniteltaessa sekä hankintojen ja tarjouslaskennan näkökulmasta.

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Skanska Talonrakennus Oy. Skanska Talonrakennus Oy on Skanska Oy:n alaisuudessa toimiva yksikkö, joka tarjoaa rakentamispalveluita Suomessa. Skanska Oy:n toimialaan kuuluu talonrakentaminen, talotekniikka ja asuntoprojektikehitys. Talonrakennuksen lisäksi Skanska Oy:n palveluyksiköitä ovat Skanska Rakennuskone Oy, Skanska Infra Oy, Skanska Industrial Solutions Oy ja Skanska CDF Oy. (Skanska, 2019).

Skanska Oy on osa Skanska -konsernia, joka toimii Pohjoismaiden, Euroopan sekä Yhdysvaltojen valituilla markkina-alueilla (kuva 1). Vuoden 2020 lopulla Skanskan Suomen yksikössä työskenteli 2 177 henkilöä. Koko konsernin alaisuudessa on työntekijöitä noin 32 000. (Skanska, 2019).



Kuva 1. Skanska-konsernin toimialueet

3 KUSTANNUSLASKENTA YLEISESTI

Kustannuslaskenta on yrityksen johdon työväline liiketoiminnan päätöksenteon tueksi ja kannattavuuden varmistamiseksi. Kustannuslaskentajärjestelmän päätehtävänä on selvittää:

- mitä tuotteen valmistaminen tai palvelun tuottaminen kustantaa
- miten tuotannon volyymi vaikuttaa kustannuksiin
- kustannusten muutokset suunnitelmiin nähden sekä kustannuserot valmistusmenetelmien välillä

Kustannuksia voidaan tutkia yritystoiminnassa useasta eri näkökulmasta. Ne voidaan jaotella:

1) kustannuslajeittain:

- työkustannuksiin (palkat ja sekä niihin kohdistuvat muut kulut ja maksut)
- tarvike- ja ainekustannuksiin (sisältäen raaka-aineet, muut tuotantoon tarvittavat tarvikkeet ja muut hyödykkeet)
- pääomakustannukset (pääomaan kohdistuvat kulut, kuten korot)

2) välillisiin ja välittömiin kustannuksiin

- Välitön kustannus syntyy suoraan tuotteen valmistuksesta tai palvelun tuottamisesta
- Välillinen kustannus on useammalle kustannuskohteelle kohdistuva kustannus, joka jaotellaan erillisellä omakustannuslaskennalla eri kustannuskohteille

3) muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin

- Muuttuvat kustannukset muuttuvat tuotantovolyymin mukaan. Toisin sanoen ne ovat suoraan sidoksissa tuotannon määrään. Tällaisia ovat esimerkiksi raaka-aineet, valmistustyön palkat, pakkaukset ja kuljetukset

- Kiinteät kustannukset ovat kuluja, joiden määrä ei ole sidoksissa itse tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Nämä kustannukset syntyvä, vaikka tuotantoa ei olisi. Tällaisia ovat esimerkiksi, hallinnolliset kustannukset ja niihin kuuluvat palkat, vuokrat ja lämmityskustannukset. Kiinteiden kustannusten jakautuessa hyödykkeelle puhutaan yksikkökustannuksista, jotka pienenevät volyymin kasvaessa. (Kinkki & Isokangas, 2003 s.153–154, 157.)

3.1 Rakennusurakoitsijan kustannuslaskenta

Rakennusurakoitsijan näkökulmasta rakennushanke alkaa kustannuslaskennalla, kun tilaaja lähettää tarjouspyynnöt urakoitsijoille. Tarjouslaskentaa varten tehtävä kustannusarvio on pohjana hankkeesta annettavaan tarjoukseen. Tarjousvaiheen kustannusarvion perustana toimivat tilaajalta saatavat tekniset asiakirjat ja urakkaehdot. Tarjousvaiheessa tehtävän kustannuslaskennan perusteella saatu kustannusarvio toimii pohjatietona rakennushankkeen eri vaiheissa, kuten tuotannon tavoitearviolle. (Lindholm, 2009, s.21–22.)

Hyväksytyin tarjouksen jälkeen urakoitsija siirtyy rakentamisen suunnitteluvaiheeseen, jossa se laatii hankkeelle tavoitearvion. Tavoitearvion avulla pyritään vaikuttamaan työ-, materiaali- ja kalustokustannuksiin. Tavoitearviota tehdessä, hanke jaotellaan erilaisiin osioihin ja tehtäviin, joita kutsutaan litteroiksi. Litteroiden avulla eri osa-alueiden kulut saadaan kohdistettua, kirjaamalla kunkin kohteen kulut omalle litteralleen. Näin voidaan seurata ja valvoa kustannuksia rakennusvaiheen aikana. (Talonrakennusteollisuus ry ym., 2018, s.13.)

Kustannusarvioita määritettäessä on tunnettava rakennusosittain rakentamiseen tarvittavat panokset, työmenekit ja hinnat. Lisäksi on huomioitava kustannusten kannalta merkittävät tekijät, kuten laadittu hankesuunnitelma ja suunnitteluratkaisut, olosuhteet, rakentamisen toteutus- ja suunnitteluratkaisut sekä suhdanne- ja hintatekijät. (Talonrakennusteollisuus ry ym., 2018, s.20, 24.)

3.1.1 Määrälaskenta

Normaalisti tilaaja toimittaa tarjouskilpailuun osallistuville urakoitsijoille kohteen pääpiirustukset, joiden pohjalta urakoitsijat laskevat määrät joko itse tai tilaavat määrälaskennan ulkopuoliselta laskentaan perehtyneeltä alihankkijalta. Tilaaja voi toimittaa urakoitsijoille myös valmiita määräluetteloita, jolloin urakoitsijoille jää ainoastaan määrien hinnoittelu. Riski hinnoittelun oikeellisuudesta kohdistuu usein kuitenkin urakoitsijalle, joten riskiarviot ja kustannuslaskenta on tärkeää tehdä huolellisesti. (Talonrakennusteollisuus ry ym., 2018, s.13; Lindholm, 2009, s.26.)

Määrälaskennassa tulee huomioida käytettävät materiaalmäärät kohteen valmiiksi saattamiseksi. Materiaalmäärien selvittämiseksi yrityksillä saattaa olla käytettävissä omaa dataa rakenneosien toteuttamiseen kuluneista materiaalmenekeistä jo valmistuneista kohteista. Mikäli yrityksellä ei ole omaa käytännössä kerättyä tietoa kyseisen työvaiheen menekeistä, voidaan määrälaskennan pohjana käyttää myös julkisia RT- ja Ratu-tiedostoja. Näitä tietoja käytettäessä tulee tuntea aineistossa käytetyt materiaalikäsitteet. (Talonrakennusteollisuus ry ym., 2018, s.66; Lindholm, 2009, s.27–28.)

Määrälaskennassa saatuihin tuloksiin tulee lisätä vielä ennen hinnoittelua mahdollisesti syntyvät materiaalihukat. Hukkaa syntyy eri syistä (esimerkiksi materiaalin paloittelusta johtuvat hukkapalat, huolimattomasta työskentelystä johtuva materiaalin rikkoutuminen, väärin mitatut kappaleet, materiaalin turmeltuminen varastoinnin tai siirtojen aikana). Hukan määrään voidaan kuitenkin vaikuttaa hyvällä rakenteiden ja työmenetelmien suunnittelulla, materiaalivalinnoilla, esivalmistuksella ja materiaalien suojauksella varastoinnin ja siirtojen aikana. (RATU 1191-S, s. 3–5.)

3.1.2 Työmenekit

Työmenekillä tarkoitetaan aikaa, jonka työntekijä tarvitsee suoriteyksikön valmiiksi saattamiseen. Kuten määrälaskennassa, myös menekkilaskennassa voidaan käyttää yrityksen omien kerättyjen työmenekkitietojen lisäksi julkisia RT- ja Ratu-tiedostoja. Julkisia tiedostoja käytettäessä on hyvin tärkeää tuntea menekeissä käytetyt erilaiset aikakäsitteet. Yleisesti kustannuslaskennassa käytetään T4-aikoja. T4-ajalla tarkoitetaan kokonaisaikaa, joka työvaiheeseen kuluu. T4-aika koostuu T3-ajan, joka on

työvuoroaika ja TL3-lisäkertoimen tulosta. T4-aika sisältää työn lisäksi myös kaikki tunnin mittaiset ja sitä pidemmät työvaiheeseen kohdistuvat tuotannon häiriöt. (Talonrakennusteollisuus ry ym., 2018, s.24, 66; Talonrakennusteollisuus ry ym., 2019, s.9–10.)

Rakennusosan työmenekkiä laskettaessa pitää huomioida eri työvaiheet rakennusosan valmiiksi saattamiseksi. Eri vaiheiden työmenekit lasketaan yhteen, jolloin saadaan laskettua rakennusosan kokonaistyömenekki. Eri vaiheiden menekit tulee olla samaa yksikköä, jotta ne voidaan laskea yhteen, esimerkiksi työntekijätuntia per neliometri (tth/m²). Rakennusosan valmiiksi saattamiseksi vaadittava työmenekki saadaan kertomalla kokonaistyömenekki rakennusosan laajuudella. Eli jos menekki on yksikköä työntekijätuntia per neliometri, kerrotaan se rakennusosan pinta-alalla (m²) ja saadaan vastaukseksi rakennusosan valmistamisen vaatimat työntekijätunnit. (Talonrakennusteollisuus ry ym., 2019, s.10.)

4 KUORILAATTAELEMENTIT

Kuorilaatta on umpinainen ohut laattaelementti, jota käytetään muottina paikallavalettavalle betonille. Kuorilaatat valmistetaan liukuvaluna. Niiden leveys on vakiokokoisena 1 200 millimetriä. Sitä voidaan valmistaa tarvittaessa myös kavennettuna. Vahvuudeltaan kuorilaatat ovat vakio mitoituksessa 100, 120 tai 150 millimetriä. Myös laatan vahvuutta voidaan muuttaa tarvittaessa kohteen vaatimusten mukaiseksi. Valmistajasta riippuen niitä voidaan valmistaa 80–160 millimetrin vahvaisina. Kuorilaatan päälle tuleva pintavalu on pääsääntöisesti 100–200 millimetriä. Kuorilaattojen jänneväli voi olla liukuvalumenetelmästä johtuen mitä vain, kuitenkin suurimmillaan 10 metriä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s.443–444, 464.)

Kuorilaattatasot on pääsääntöisesti tuettava työnaikaisilla tuilla, ellei sitä ole erikseen suunniteltu työnaikaisesti tukemattomaksi rakenteeksi. Laattojen asennuksen jälkeen tehtävä valu aiheuttaa merkittävän kuormituksen laatoille. Tuennan tarkoitus on estää laattojen kiertyminen, taipuminen, hammastus sekä varmistaa työn aikainen kantokyky. Lisäksi sillä voidaan pienentää lopullisia taipumia sekä lisätä laattojen halkeilukestävyyttä. Työnaikaisen tuen saa poistaa aikaisintaan, kun pintavalu on saavuttanut riittävän lujuuden, joka on yleensä noin 70 prosenttia suunnittelulujuudesta. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s.444, Parma Oy, 2012, s.14.)

4.1 Tekniset ja rakenteelliset ominaisuudet

Kuorilaatta toimii pääraudoituksen omaavana liittorakenteena lopullisessa rakenteessa. Ne valmistetaan normaalisti vähintään lujuusluokaltaan C40/50 betonimassasta, jossa jännepunosten vahvuus on joko 9,3 millimetriä tai 12,5 millimetriä. Jännepunosten lujuusluokka on joko St 1560/1760 tai St 1630/1860. Kuorilaatassa olevien ansaiden (kuvassa 2 näkyvät lenkit kuorilaatassa) teräslaatu on joko S235JR tai S355J0. Ne varmistavat työsauman toimivuuden pintavalun kanssa. Ansaita voidaan käyttää myös kuorilaattojen asennuksessa ja siirroissa laattojen nostamiseen. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s.443, 464.)



Kuva 2. Kuorilaatta ja siinä olevat ansaat (Janette Santala, 2021)

Kuorilaattojen palonkestävyys on pääsääntöisesti sama, kuin vastaavan vahvuisilla massiivibetonilaatoilla. Laatastojen palonkestävyyteen voidaan vaikuttaa laatan vahvuudella sekä lisä- ja tukiterästyksillä. Tyypillisesti kuorilaatat kuuluvat vähintään paloluokkaan REI60. Ääneneristävyydeltään kuorilaatta vastaa saman vahvuista paikallavalettua laattaa. (Parma Oy, 2012, s.5.)

4.2 Käyttökohteet

Kuorilaatat sopivat ala-, ylä-, sekä välipohjarakenteisiin. Niiden yleisimpiä käyttökohteita ovat pysäköintihallit, teollisuus- ja varastorakennukset sekä asuntorakentaminen. Kuorilaatta soveltuu hyvin parkkihalleihin, sillä siitä saadaan vesitiivis rakenne esijännitettyjen palkkien kanssa. Teollisuus- ja varastorakennuksiin kuorilaatta soveltuu puolestaan hyvän kuormituskestävyytensä vuoksi. Lisäksi sitä voidaan käyttää oikein suunniteltuna ilman tuentaa. Tällöin kuorilaatoilla pystytään toteuttamaan korkealle tulevia rakenteita, joita teollisuus ja varastorakennukset useasti vaativat. Asuntorakentamisessa kuorilaatat toimivat hyvänä välipohjarakenteena, sillä talotekniikka on helppoa asentaa laatan päälle tulevaan pintavaluun. Niitä käytetään yleisesti myös ulokeellisissa parvekerakenteissa. (Parma Oy, 2012, s.3.)

5 KUORILAATTAKENTÄN PINTAVALUN MUOTTIMENETELMIÄ

5.1 Lauta-/levymuotti

Lauta- ja levymuotilla tarkoitetaan puutavarasta sekä erilaisista vaneri- tai puulevyistä naulaamalla rakennettuja muottirakenteita, jossa tarvikkeita työstetään pystytyksen aikana. Tällaisten muottirakenteiden tuet voivat olla joko puuta tai terästä. Lauta-/levymuotit soveltuvat hyvän muunneltavuutensa vuoksi monenlaisiin rakenteisiin. Tällaiset muotit vaativat kuitenkin runsaasti työpanosta sekä ammattitaitoa. Niitä voidaan myös käyttää uudelleen, kuten muitakin muottivaihtoehtoja. Useasti kuitenkin muottia purettaessa puut antavat peräksi ja rikkoutuvat. Myös työlään puhdistuksen vuoksi niistä aiheutuu paljon materiaalihukkaa ja näin ollen myös jätettä sekä lisäkuluja. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s.234–235.)

Lauta-/levymuotin oma jäykkyys ei kuitenkaan ole riittävä pintavalun reunamuotissa, jotta se kestäisi pintavalun aiheuttaman valupaineen. Tämän vuoksi muotti vaatii lisäksi alapuolisen kannatuksen tuennalle (kuva 3).



Kuva 3. Puumuotti tuettuna Dokan holvituilla ja palkeilla (Janette Santala, 2021)

5.2 Hitsattava teräsmuotti

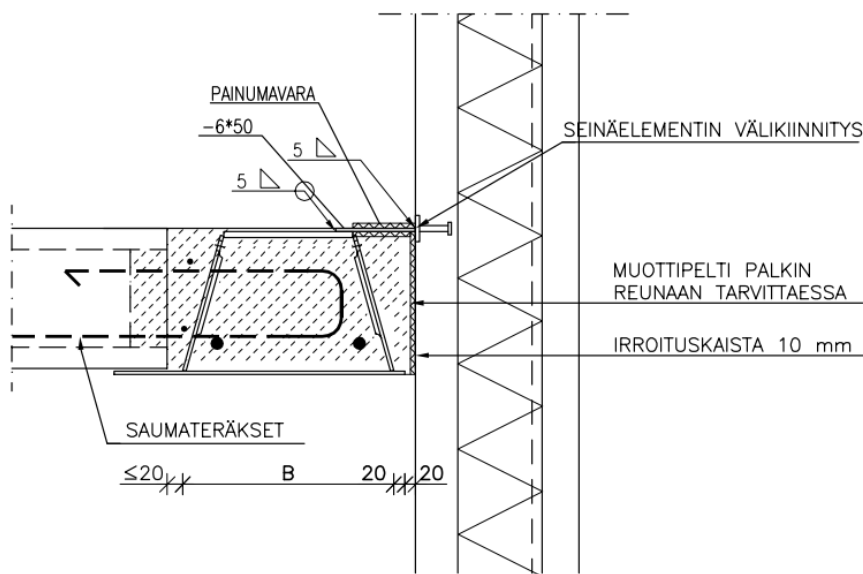
Teräsmuotti on tässä tapauksessa rakenteeseen jäävä muotti. Tyypillisesti rakenteeseen jäävillä muoteilla tarkoitetaan liittorakenteena toimivia vaakarakenteita eli kuorisekä liittotaattoja. Kuorilaattakenttää kannattelevaan teräsrakenteeseen palkkilinjaan (kuvat 4 ja 10) on mahdollista käyttää hitsattavaa teräsmuottia (kuva 6). Tällaisia palkkeja ovat esimerkiksi Peikko Finland Oy:n valmistamat Deltabeam-palkit (kuva 4) sekä konepajoilla tuotettavat WQ-palkit (kuva 10). Tällaista erillistä teräsmuottia voidaan käyttää vaakarakenteissa ilman alapuolista tuentaa, toisin kuin puurakenteista muottia. Tämän tyyppisiä muottiratkaisuja on joillain toimittajilla erillisenä tuotevalikoimassa (kuva 5). Niitä on kuitenkin mahdollista tilata myös konepajoilta ja teräsrakenteita toimittavilta alihankkijoilta piirustusten mukaan mitoitettuina. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, s.230.)



Kuva 4. Deltabeam D-tyyppi (Peikko Group [www-sivut](http://www-peikko.com), Tekninen käyttöohje)



Kuva 5. Reunamuotti (Weckmansteel www-sivut)



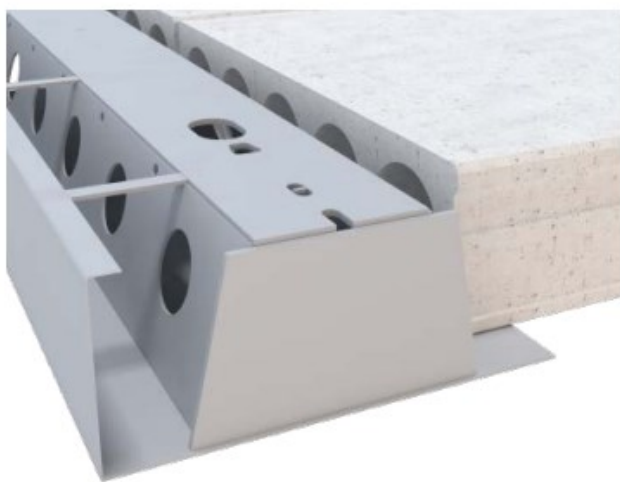
Kuva 6. Ontelolaatan liitos reunapalkkiin (Elementtisuunnittelun www-sivut, Runkorakenteiden vakioliitokset)

5.3 Teräspalkkien kiinteä muottiosa

Liittorakenteissa käytettäviä teräspalkkeja on mahdollista tilata myös valmiilla muottireunuksella. Eri valmistajilta löytyy erilaisia palkkivaihtoehtoja vakiomitoituksella, mutta valmistajat mitoittavat palkkeja myös kohteiden vaatimusten mukaisesti. Tällaisia palkkeja ovat esimerkiksi Peikko Finland Oy:n Deltabeam-palkit (kuvat 7 ja 8),

Anstarin A-Beam palkit (kuva 9) sekä konepajoilta ja teräs rakennevalmistajilta tilattavat WQ-palkit (kuva 10).

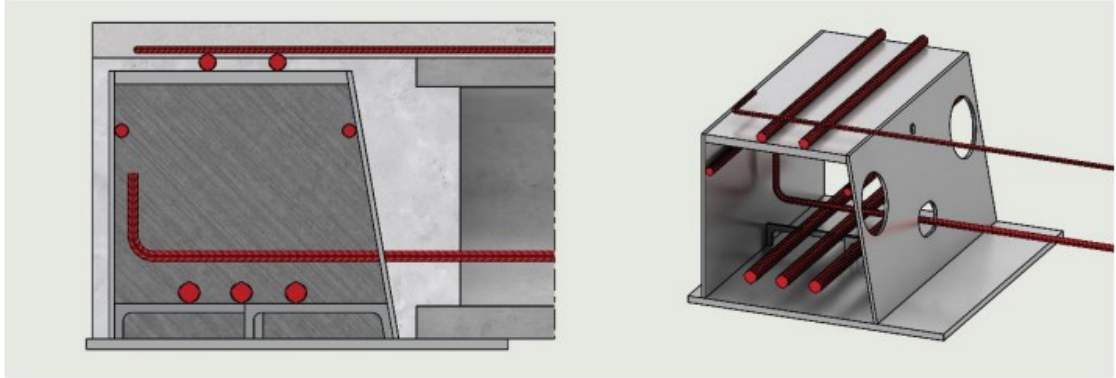
Valmiin valukotelon ansiosta säästetään työaika, kun ei tarvitse tehdä erillisiä muottitöitä. Tällöin muottipellitys on palkkireunalta valmis valutöitä varten heti palkkien ja kuorilaataston asennuksen jälkeen, tukkeiden tekoa lukuun ottamatta.



Kuva 7. Deltabeam valukotelolla (Peikko Group [www-sivut](#), Tekninen käyttöohje)



Kuva 8. Deltabeam DR-tyyppi (Peikko Group [www-sivut](#), Tekninen käyttöohje)



Kuva 9. Reunapalkin rakenne ontelolaatastossa (Anstar www-sivut, Suunnitteluohje)



Kuva 10. WQ-palkki valukotelolla. (Oy Labcor Ab www-sivut)

6 TYÖTURVALLISUUS VÄLIPOHJARAKENTEEN MUOTTITÖISSÄ

Kustannuksia laskettaessa on hyvä ottaa huomioon myös työturvallisuuteen kohdistuvat kulut. Työturvallisuutta koskevissa laeissa ja asetuksissa säädetään rakennuttajien ja urakoitsijoiden velvollisuuksia työturvallisuuden huomioimisesta rakennustyössä. Kuten kaikessa rakentamisessa, tulee myös kuorilaattojen muottitöissä huomioida työturvallisuus, muottia tehtäessä, että sen jälkeisissä työvaiheissa. Ennen työn aloittamista tehdään työn turvallisuussuunnitelma tai se tulee sisällyttää tehtäväsuunnitelmaan (Skanska, 2020, s.4). Siinä työnjohto sekä työryhmä voivat yhdessä miettiä työvaiheen vaaranpaikat ja miten mahdolliset riskit voidaan työskennellessä välttää.

Kun puhutaan kuorilaattojen muottitöistä, työskennellään usein yli kahden metrin korkeudessa, joten etenkin putoamissuojauksen käyttö on välttämätöntä. Muottityössä käytetään myös erilaisia nostimia, joissa putoamissuojauksen lisäksi tulee huomioida nostoalueen rajaus. Rajauksella vältetään ylimääräistä kulkua työskentelyalueen alapuolella. Näin voidaan vähentää nostimen siirroista syntyviä riskejä sekä tavaroiden putoamista ulkopuolisten henkilöiden päälle. Erityishuomioiden lisäksi pitää myös huolehtia, että perusasiat ovat kunnossa, kuten henkilökohtaiset suojavaatteet ja välineet, ergonomiset tavaroiden siirrot sekä turvalliset kulkureitit. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 2 luku 11§, 15§; Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 6 luku 28§.) Lisäksi tulitöitä tehtäessä huomioidaan hitsausmaskin ja muiden tulitöissä vaadittavien suojavaarusteiden käyttö ja että työpisteen läheisyydessä on riittävä määrä soveltuvia sammuttimia.

Ylätasanteilla työskennellessä joudutaan usein suorittamaan myös erilaisia tarvikkeiden nostoja. Tässä tulee ottaa huomioon nostopaikkojen rajaus, sekä tilanteeseen sopivat ja ehjät nostoapuvälineet. Nostoja suorittavan työryhmän tulee huolehtia, että alue on rajattu niin, ettei kenelläkään ole mahdollisuutta kulkea nostettavan taakan alle.

Muottityön valmistuttua seuraavat työryhmät tulevat työskentelemään kuorilaattakentän päällä, joten muottityön yhteydessä tulee tehdä putoamissuojaus valmiiksi.

Käytännössä tällä tarkoitetaan kaiteiden rakentamista muottireunukseen. Kaiteet voidaan muotin mukaan rakentaa joko täysin tai osittain puutavarasta tai valmiilla kaide-veivitolpilla ja kaide-elementeillä (kuva 11). Kaiteita rakentaessa tulee myös huomioida tulevien työvaiheiden aiheuttama työskentelytason nousu. Rakennettavat kaiteet tulee asettaa heti riittävälle korkeudelle, niin että ne täyttävät putoamissuojausta koskevat säädökset myös raudoituksen ja pintavalun jälkeen. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 6 luku 28§.)



Kuva 11. Putoamissuojaus kaide-elementeistä sekä veivitolpilla ja puutavaralla toteutettuna (Janette Santala, 2021)

7 KUORILAATTOJEN PINTAVALUN MUOTTITÖIDEN MENEK- KILASKENTA

Työmenekkimäärät pohjautuvat työnaikaiseen työaikakirjanpitoon. Työmenekit on laskettu kahden ammattirakennusmiehen työryhmän mukaan. Kirjanpidosta on eritelty pois kuorilaatan tuentaan ja tuentakaluston purkuun kohdistuva työaika. Työmenekit eri tuentakorkeuksista selviävät taulukosta 1. Työmenekkiin vaikuttavat tiedot on avattu jäljempänä erikseen kullekin muottityypille ja tasolle.

Työmenekit

Työryhmä 2RAM

Menetelmä	Väli­pohjan tuennan korkeus [m]	Muotin määrä [m]	tth/m
Puumuotti	5,1	51,2	2,3
	8,55	50	3,7
Hitsattava peltimuotti	5,1	24,85	1,4
	8,55	42	0,9
Deltapalkin valmismuotti	4,9	42	0,5

Taulukko 1. Työmenekit

7.1 Puumuotti

Puumuotin menekit on laskettu kahdessa eri tasossa tehdyissä muottitöissä. Toisessa laskelmassa on laskettu 5,1 metrin korkeuteen tehty muottityö ja toisessa 8,55 metriin tehty muotti. Puumuottiin kiinnitetyt turvakaidetolpat on tässä laskettu käyttäen 50x100 puutavaraa, jolloin myös sen työstämiseen käytetty aika huomioidaan työajassa. Lisäksi lopettavissa töissä on huomioitu valun pohjan siivous puupurusta ja muotti- ja tuentatarvikkeiden kasaus pois vientiä varten.

5,1 metrin korkeuteen tehdyssä muottityössä muotin tuki on laskettu käyttäen Dokan 550-holvitukia. Muotti on tehty Dokan muottilevyistä sekä 50x100 puutavarasta. Tuennan pystytys sekä muotin teko on laskettu tehtäväksi käyttäen apuna mastonostinta.

Tiedot pohjautuvat toimeksiantajalta saatujen toteutuneen työn tuntikirjanpitoon, jossa työskentely on tapahtunut valetun pohjalaatan päältä.

Vertailtavana muotinrakennuskorkeutena on 8,55 metrin korkeuteen rakennettu puumuotti. Tässä työskentelyalustana on ollut maatayttö. Työskentelyalustan ja muotin rakennuskorkeuden vuoksi työskentelyssä on jouduttu käyttämään apulaitteena nivelpuominostinta. Tuenta on tehty Dokalta vuokratuilla tukitorneilla. Muotin tukemiseen on tässä korossa käytetty Dokan H20-palkkeja. Työaikalaskennassa on huomioitu siis myös tukitornien rakennus ja purku, muottitöiden ja kaiteiden rakennuksen ja purun lisäksi.

7.2 Hitsattava peltimuotti

Myös hitsattava peltimuotti on laskettu vertailun vuoksi kahdessa eri korkeudessa. Tunnen korvikkeena peltimuotissa on ollut jäykistävä hitsauskiinnitys, joka on tehty lattaterästä käyttäen (kuva 12). Samoin kuin puu-/levymuotissa, toinen muotti on hitsattu 5,1 metrin korkeuteen ja toinen 8,55 metrin korkeuteen. Korkeuseron lisäksi näissä vertailtavissa työmenekeissä eroina on ollut toteuttava työryhmä, muotin jatkuvuus sekä työsaavutusmäärät. Molemmat muotit on toteutettu kahdella rakennusammattimiehellä, mutta työryhmissä on ollut eri tekijät vertailtavissa korkeuksissa. Kuorilaatan kaidetolpat ovat tässä muottimenetelmässä olleet vuokratut holvireunakaiteet. Ne on asennettu muottireunaan niin, että niitä on korotettu 50x50 puutavaralla, jotta ne eivät jäisi valuun (kuva 12). Ne on lisäksi kiinnitetty myös reikänauhalla muottiin, jotta ne eivät pääse kiepsahtamaan.



Kuva 12. Peltimuotin kaide ja jäykistävien lattaterästen hitsaukset (Janette Santala, 2021)

Alemman tason peltimuotin työsaavutusmäärä oli 24,85 metriä. Työmenekkiin on työaikakirjanpidosta laskettu muottipeltien nostoon ja siirtoon käytetty aika, muottipeltien paikoilleen mitoitus ja hitsaus sekä kaiteiden rakennus ja purku. Tässä tasossa hitsatut peltimuotit ovat tulleet pilarien välissä oleviin Deltapalkkeihin. Muottipeltejä on työn aikana jouduttu myös lyhentämään kulmahiomakoneella, sillä muottipellit eivät ole olleet heti oikean mittaisia.

Ylemmän tasanteen peltimuotin työsaavutus oli 42 metriä. Tässä korkeudessa Deltapalkit on kiinnitetty pilarien päälle, jolloin muottipeltien paikoilleen mitoituksessa ei ole tarvinnut asettaa niitä pilarilinjojen väliin, vaan muottia on voitu jatkaa yhtenäisenä. Samoin kuin alemmalle tasolle hitsatussa muotissa, on työmenekkiin laskettu mukaan muottipeltien nostoon ja siirtoon käytetty aika, muottipeltien paikoilleen mitoitus ja hitsaus sekä kaiteiden rakennus ja purku.

7.3 Deltapalkin valmis peltimuotti

Deltapalkin valmiin muotin työmenekkiä laskettaessa on huomioitu ainoastaan liitoskohtien tuketyöt sekä niiden purku. Tukkeet on toteutettu 22x100 puutavaralla. Työaikakirjanpito pohjautui 4,9 metrin korkeudessa tehtyyn työhön. Tässä Deltapalkit ovat kiinnitetty pilarien päihin ja palkkien tukeväli on kuusimetriä. Työsaavutus on ollut 42 metriä. Työmenekissä on huomioitu tukkeiden teon lisäksi kaiteiden asennus ja tarvikkeiden siirrot ja nostot. Kuten hitsatuissa peltimuoteissa, myös tässä muottimenetelmässä kaidetolpat ovat olleet vuokrattuja holvireunakaidetolppia. Ne on asennettu muottireunaan niin, että niitä on korotettu 50x50 puutavaralla, jotta ne eivät jäisi valuun.

8 MUOTTIVAIHTOEHTOJEN KUSTANNUSLASKENTA

Kaikissa muotimenetelmissä työn osuuden kustannukset perustuvat työmenekkilaskelmissa saatuihin arvoihin, jotka on laskettu käytössä olevan työaikakirjanpidon pohjalta. Työkustannus muottimetriä kohti saadaan kertomalla rakennusammattimiehen tuntiveloitus tai tuntipalkka sivutyökuluineen, käytetyllä työajalla muottimetriä kohti.

8.1 Puumuotti

Materiaalimenekkejä laskettaessa suurin hukka kohdistuu puumuottiin. Muotin tuentapuista ja muottilevyistä syntyvä jätteen määrä on prosentuaalisesti kohtalaisen korkea. Muottia purettaessa puu- ja levyosat murtuvat helposti, eikä niitä voida siksi käyttää uudelleen. Lisäksi työläs puhdistus sekä pätkittyjen muottipuiden ja levyjen uudelleen käyttö ei ole taloudellisesta näkökulmasta välttämättä kannattavaa. Laskennallisesti olen käyttänyt hukkaprosenttina 20 prosenttia ja olen laskenut sekä levy että puumateriaaleille tulevan kaksi käyttökertaa. Tällöin ainoastaan puolet niiden hankintakulusta kohdistuu kyseiselle laskentayksikölle. Osa muottitavarasta todennäköisesti kiertää kuitenkin useammassa kuin kahdessa muotissa, mutta myös hukan määrä on todellisuudessa jonkin verran suurempi. Muottiosan puu- ja levymateriaalien lisäksi materiaalikustannuksiin on laskettu kiinnikkeet, sisältäen käytettävät naulat ja naulapyssyn kaasun, sekä putoamissuojauksen materiaalikustannukset. Kustannuslaskelmassa putoamissuojaus on laskettu tehtäväksi kokonaisuudessaan puutavarasta.

Kustannukset sisältävät myös erinäisistä kalustojen vuokrista syntyneet kustannukset. Muotin alapuolinen tuenta 5,1 metriin tehdyssä muotissa on toteutettu vuokratuilla Doka-holvituilla ja -palkeilla. Laskennassa käytettiin kaluston vuokrahintana yhden kuukauden vuokrauksesta aiheutuvia kustannuksia. Todellisuudessa vuokra-ajoissa on varmasti eroja toteutuksen ja työkohteen mukaan. Yksi kuukausi on varmasti riittävä vuokrausaika yhden noin 50 metrin muottireunan toteuttamiseen kahden rakennusammattimiehen työryhmälle. Vuokra-ajassa on huomioitu kaluston siirrot, muotin teko, kuorilaattojen tuenta, raudoitus- ja valutyöt sekä halutun lujuuden saavuttaminen ja tuennan purkamisen. Muita vuokrakuluja puumuottia tehdessä syntyy erilaisten nostinten kätöstä. Tuntikirjanpidon mukaisten tietojen pohjalta on laskettu kuluihin myös

muottimetrien rakentamiseen ja purkuun kohdistunut nostimen vuokratu. Ylemmän, 8,55 metrin korkeuteen rakennetun muotin kustannuksiin on lisäksi laskettu autonosturin käytöstä aiheutuneet kustannukset. Autonosturin avulla ylemmälle tasanteelle on nostettu tuennassa käytettyjä palkkeja, muottilevyä sekä puutavaraa muotin ja kaiteiden tekoon. Lisäksi sitä käytettiin apuna tukitornien (kuva 13) pystytyksessä.



Kuva 13. Tukitornit ja muotin alapuolinen tuenta (Janette Santala, 2021)

8.2 Hitsattavat peltimuotit

Hitsattavista peltimuoteista ei käytännössä synny juurikaan hukkaa. Muotimateriaalia oli tilattu suoraan tarvittava määrä. Alempaan tasoon hitsatussa muotissa kuitenkin muottiosien sovittaminen pilarijaon väliin aiheutti jonkin verran työmenekkiin lisätunteja. Tämä johtui siitä, että muottilevyjä jouduttiin jonkin verran pätkimään, kun muottitavara ei sopinut pilarivälityksiin sellaisenaan. Ylemmän tason muottityössä taas

peltimuottia on pystytty työstämään yhtäjaksoisesti, kun muottireuna tuli pilarilinjan päälle. Muottimateriaalin lisäksi kustannuksissa on huomioitu kiinnitykseen kohdistuvat kustannukset, eli lattaraudat ja hitsauspuikot. Myös muottiin asennettu putoamissuojaukseen kohdistuvat vuokrat ja materiaalikustannukset on laskettu mukaan kustannuksiin. Muita huomioituja kustannuksia ovat nostinten käytöstä sekä autonosturin käytöstä syntyneet kustannukset. Nostimen laskennallinen kulu perustuu työaikakirjanpitoon, josta selviää nostimen tarve muottityössä ja kaiteiden asennuksessa. Autonosturia on puolestaan käytetty muottipeltien ja kaidemateriaalien nostossa.

8.3 Deltapalkin valmis peltimuotti

Deltapalkin valmiissa muottireunassa (kuva 14) muottimateriaalista ei synny lainkaan hukkaa. Tukelaudoitus tosin käytetään vain kertaalleen, mutta sillä ei ole kustannusten kannalta oikeastaan minkäänlaista merkitystä vähäisen menekin vuoksi. Tässä menetelmässä ei käytännössä synny varsinaisesta muottityöstä ollenkaan kuluja, koska se sisältyy jo elementtiasennukseen. Elementtiasennuksen hintaan muottireunus ei myöskään vaikuta, vaan kustannus on sama muottireunalla sekä ilman sitä. Tukelaudoituksella tässä menetelmässä tarkoitetaan Deltapalkkien liitoskohtien tukintaa, joka on tehty 22x100 puutavaralla. Esimerkkilaskelmissa tällaiset tukkeet tulivat 6 metrin jaolla, joten työaika sekä materiaalimenekki ovat hyvin pienet. Vuokrauskustannuksia syntyi tuketyössä sekä kaiteiden asennuksessa käytetystä nostimesta että kaidetolppien vuokrista. Myös tässä menetelmässä kustannukset sisältävät muottiin asennettavan putoamissuojauksen.



Kuva 14. Deltapalkin valmis peltimuotti (Peikko Group [www-sivut](http://www-peikko.com), Tekninen käyttö-ohje)

8.4 Kustannuslaskelmien tulokset

Kustannuslaskelmien perusteella edullisin muottivaihtoehto on Deltapalkin oma kiinteä reunamuotti (taulukko 2). Seuraavana tulee hitsattava peltimuotti ja kallein vaihtoehto on puu-/levymuotti. Peltimuotin kiinnityksen kustannuksissakin oli jonkin verran vaihtelua riippuen siitä, millaiseen paikkaan muottia asennettiin. Puumuotissa suurimmat erot johtuivat tuentakorkeuden muutoksesta johtuvasta tuennasta ja sen pystytykseen kuluva työajasta. Taulukon 2 tulokset on ilmoitettu suhdelukuina, niin että korkeimmat kustannukset on ilmoitettu suhdeluvulla 100. Muiden menetelmien kustannusluvut on laskettu suhteellisena osuutena vertailuluvusta.

Muottimenetelmä	Välipohjan tuennan korkeus [m]	Kustannukset suhteutettuna /metri
Puumuotti	5,10	63,7
	8,55	100,0
Hitsattava peltimuotti	5,10	60,6
	8,55	51,4
Deltapalkin muottireuna	4,90	26,4

Taulukko 2. Muottimenetelmien kustannukset suhdelukuina

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajalle menekki- ja kustannustietoa eri menetelmillä tehtävistä muottitöistä. Tältä osin opinnäytetyö antaa varmasti hyödyllistä tietoa toimeksiantajalle tulevaisuutta varten. Toki etenkin työmenekkimäärissä voi olla tuleviin kohteisiin nähden jonkin verran eroja, sillä käytettävissä ollut työaikakirjanpito on tällaisten määrien laskentaan hyvin suppea. Laskelmilla pystytään kuitenkin osoittamaan muottimenetelmien suhteelliset erot työmenekkeissä ja kustannuksissa, vaikka saadut tulokset eivät olisikaan suoraan käyttökelpoisia tulevaisuudessa laskennan kannalta.

Muottimenetelmien kustannukset eivät ole näillä tiedoilla suoranaisesti vertailukelpoisia, johtuen esimerkiksi erilaisista asennuspaikoista. Toisaalta opinnäytetyön tuloksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää tarjouslaskennassa ja aikataulusuunnittelussa, sillä niiden avulla voidaan tarkastella, miten erilaiset tuentakorkeudet ja asennuspaikat vaikuttavat työaikaan ja työstettävyyteen. Työaikakirjanpidon kohteissa esimerkiksi peltimuotti on ollut käyttökohteissaan ainoa vaihtoehto, koska alapuolista tuentaa ei ole ollut mahdollista toteuttaa, eikä Deltapalkissa ole ollut valmista muottireunaa. Toisaalta kuorilaatan reunaan tulevaa muottia ei voida toteuttaa muulla kuin puu-/levy-muotilla. Tällaisetkin seikat on hyvä huomioida jo tarjouslaskenta ja yleisaikataulu-vaiheessa, sillä erot näiden kahden menetelmän välillä olivat merkittävät sekä kustannusten, että työmenekkien kannalta.

Opinnäytetyön tekeminen opetti minulle rakennushankkeen moninaisten laskentavaiheiden eroja. En ole koskaan itse vielä osallistunut rakennushankkeeseen alkumetreiltä asti, joten tiedot hankkeen sisältämisistä vaiheista ovat olleet hyvin pintapuolisia. Uskon, että tämän työn tekemiseksi hankkimani tiedot auttavat minua tulevaisuudessa hahmottamaan paremmin hankkeen kulkua urakoitsijan näkökulmasta. Lisäksi opinnäytetyötä tehdessäni opin, miten erilaiset työmenetelmät vaikuttavat kustannuksiin ja näin ollen myös hankkeen kannattavuuteen.

LÄHTEET

Kinkki, S. & Isokangas, J. (2003). Yrityksen perustoiminnot. WSOY.

M. Lindholm. (2009). Kustannushallinta rakennushankkeessa. Suomen Rakennusmedia Oy.

Parma Oy. (20.2.2022). Kuorilaataston suunnitteluohje. www.parma.fi

RATU 1191-S. (2000). Rakennustyön materiaalisat ja hukat. Rakennustieto Oy. <https://kortistot.rakennustieto.fi>

Skanska. (2019). Skanska lyhyesti. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>

Skanska. 2020. Korkealla työskentely ja putoamissuojaus. <https://www.skanska.fi/4adb2c/siteassets/tietoa-skanskasta/yhteistyokumppaneille/sopimusasiakirjat-ja-ohjeistukset/korkealla-tyoskentely-ja-putoamissuojaus.pdf>

Suomen Betoniyhdistys ry. (2018). By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018 (7. painos). BY-koulutus Oy

Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS sr, Mittaviiva Oy. (2018). Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto Oy. <https://kortistot.rakennustieto.fi>

Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS sr, Mittaviiva Oy. (2019). Rakennustöiden menekit 2020. Rakennustieto Oy. <https://kortistot.rakennustieto.fi>

Työturvallisuuslaki 738/2002. Haettu 30.3.2022 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Haettu 30.3.2022 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>