

Joonas Suni

INSINÖÖRITYÖ

Kolmen anturamuottijärjestelmän vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

25.4.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Joonas Suni Kolmen muottijärjestelmän kustannus, aikataulu ja työ tekni- nen vertailu 32 sivua + 8 liitettä 25.4.2013
Tutkinto	Insinööri
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	DI, Timo Riikonen Työpäällikkö, Mikko Vaittinen
<p>Rakennuksien anturamuottijärjestelmien kustannukset vaihtelevat huomattavasti eri muottijärjestelmien välillä. Eri muottijärjestelmien toteutusaika työmaalla vaihtelee, mikä aiheuttaa kustannusvaikutuksia. Anturamuotin valinnassa huomioitavia asioita ovat muottirakenne, työtekniisyys, jäte, toteutusaika, kustannukset, toimitus- ja kuljetusasiat.</p> <p>Anturan valinnassa huomioitavia asioita tutkittiin kolmen anturamuottijärjestelmän välillä. Vertailtavat anturamuottijärjestelmät olivat HauConin metallimuotti-, Lammi-perustus- sekä perinteinen lautamuottijärjestelmä. Opinnäytetyön yhtenä tärkeimpänä tavoitteena oli muottijärjestelmien välinen kustannus- ja aikatauluvertailu. Muottijärjestelmien vertailussa sekä työn- ja materiaalihintojen välillä on suuria eroja. Opinnäytetyön perusteella sanonta: ”Mitä nopeampi, sitä kalliimpi” pitää paikkansa. Opinnäytetyössä pyrittiin löytämään muottijärjestelmistä havaitut tai jo olemassa olevat ongelmat ja löytämään näille ratkaisut.</p>	
Avainsanat	Antura, muottijärjestelmä

Author(s) Title	Joonas Suni The three-mold system cost, schedule and technical reference work
Number of Pages Date	32 pages + 8 appendices 25.4.2013
Degree	Engineer
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Production technology
Instructor(s)	Master of Science, Timo Riikonen Construction Manager, Mikko Vaittinen
<p>The costs change a lot, between different kind of building foundation-systems. Times are different to do foundationworks at the construction site between foundation-systems, which impact the costs. Things that you have to pay attention carefully choosing the foundation-systems are structure of the system, work technique, waste, duration, costs, delivering and transportation issues.</p> <p>I've been investigated things that have to take care of choosing the foundation-systems between three of those. Foundationsystems that i've compared in this thesis are HauCon's metalmould, Lammi-foundation and traditional boardmouldsystem. One of the most important thing in my thesis is compared costs and schedule between this foundationsystems. There is big different's in costs of work and material prices compared of this foundationsystems. I can say for my Thesis " When it's faster, it's more expensive" and that's true. In my Thesis i 'm trying to find the problems that consist or already have been identified in this three foundation systems and also find solutions for them.</p>	
Keywords	Sole, The mold system

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yleistä anturoista	2
2.1	Anturan toteutuksessa huomioitavia asioita	2
2.2	Eri antur tyyppien toimintaperiaatteita	5
2.2.1	Maanvarainen antura	5
2.2.2	Paaluantura	5
2.2.3	Kallioantura	5
2.2.4	Pilariantura	5
3	Lammi-tassumuottijärjestelmä	6
3.1	Muottirakenne	6
3.2	Toimitus	7
3.3	Kuljetuksen hintavertailu	7
3.4	Työtekniisyys	8
3.4.1	Juurivalukorotus	8
3.4.2	Varauksien toteutettavuus	9
3.4.3	Jäte	10
4	Metallimuottijärjestelmä	10
4.1	Muottirakenne	10
4.1.1	Recostal- perustusmuotti FS	11
4.1.2	Recostal- perustusmuotti Speed	11
4.1.3	Recostal- perustusmuotti ET	12
4.2	Toimitus ja kuljetus	13
4.2.1	Rahti	13
4.3	Työtekniisyys	14
4.3.1	Juurivalukorotus	15
4.3.2	Varauksien toteutettavuus	15
4.3.3	Jäte	16
5	Perinteinen lautamuottijärjestelmä	17
5.1	Muottirakenne	17
5.2	Toimitus	18
5.3	Kuljetus	18

5.4	Työtekniisyys	19
5.4.1	Juurivalukorotus	19
5.4.2	Varauksien toteutettavuus	20
5.4.3	Jäte	20
5.4.4	Muottipuutavaran uusinta käyttö	20
6	Maanmuodot	21
6.1	Anturajärjestelmien toleranssit	22
7	Muottijärjestelmien aika- ja kustannusvertailu	22
7.1	Aika	22
7.2	Kustannus	24
7.2.1	Työn hinta	24
7.2.2	Materiaalin hinta	25
8	Tulokset	26
8.1	Kustannuskaavio	26
8.1.1	Kustannuskaavion käyttö	27
8.2	Aikavertailu	28
9	Yhteenveto	29
9.1	Pohdinta	29
9.1.1	Muottirakenne	29
9.1.2	Toimitus	29
9.1.3	Kuljetus	29
9.1.4	Juurivalukorotus	30
9.1.5	Varauksien toteutettavuus	30
9.1.6	Jäte	30
9.1.7	Aika ja kustannus	31
9.2	Kehitysehdotuksia	31
	Lähteet	32
	Kuvalähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Metallimuottijärjestelmän kuvamuistio	
	Liite 2. Lautamuottijärjestelmän kuvamuistio	

KÄSITTEITÄ

1. ET:

Englanninkielinen lyhenne määritelmästä individual self-supporting foundations = Itse tukeutuva erillinen perustusmuotti.

2. FS:

Englanninkielinen lyhenne määritelmästä self-supporting strip foundation = Itse tukeutuva nauhamuotti.

3. Infrastrukturi:

Yhteiskunnan perusrakenne joka muodostuu palveluista ja rakenteista, jotka mahdollistavat yhteiskunnan toiminnan.

4. K-jako:

Asennettavan rakennusmateriaalin jakoväli.

5. Speed:

Englanninkielinen lyhenne määritelmästä edge formwork self-supporting = reuna muotti itse tukeutuva.

1 Johdanto

Työn tilaajayritys Skanska on yksi Suomen suurimmista asuntojen, toimisto- ja tuotantotilojen, infrastruktuurin rakentajia ja projektikehittäjiä. Skanska Oy:n toiminta kattaa rakennusten ja rakenteiden koko elinkaaren ja ulottuu kehittämisestä, suunnittelusta ja toteutuksesta käytönaikaiseen ylläpitoon. Skanska-konserni toimii kotimarkkina-alueiden lisäksi Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Latinalaisessa Amerikassa. Työ tehdään Skanska Talonrakennus Oy:n Asuntorakentamisen yksikölle.

Tilaajayrityksessä ilmeni tarve saada tietoa kahdesta heille uudesta perustusmuottijärjestelmästä. Suomenkielistä tietokantaa HauCon- metallimuottijärjestelmästä ei tällä hetkellä ole ja tieto yrityksessä on vain käyttökokemuksiin pohjautuvaa. Syy tälle on, että tuotteen toimitus- ja valmistusmaa on Saksa ja tuotetoimitusmaa ei ole luonut suomenkielistä aineistoa metallimuottijärjestelmästä. Työssä luodaan yritykselle teoriatietoa tästä uudesta metallimuottijärjestelmästä. Yrityksellä ei myöskään ole käyttökokemuksia Lammi-perustusjärjestelmästä, joten yritys halusi työn kautta pohjatietoa ennen suunniteltua käyttöön ottoa. Yrityksiä, joilla on käyttökokemuksia Lammi-perustusjärjestelmästä, ovat YIT, NCC sekä Rakennustoimisto Arka Oy. Jotta muottijärjestelmien vertailusta tulisi mahdollisimman havainnollistava, vertailuun otettiin mukaan perinteinen lautamuottijärjestelmä.

Tavoitteena on tehdä kolmen anturamuottijärjestelmän välistä vertailua. Työssä tehdään kustannus- ja aikatauluvertailua. Työssä tutkitaan myös vertailtavien muottijärjestelmien etuja, haittoja, työtekniisiä asioita, jäteasioita, luodaan graafisia kustannusta ja aikaa havainnollistavia kuvaajia sekä lasketaan As Oy Helsingin Myllykallion talon 6/F anturat jälkilaskentana kolmelle eri muottijärjestelmälle

Työ rajataan anturan toteutukseen. Vertailtavat anturamuottijärjestelmät ovat nimeltään HauConin metallimuotti-, Lammi-perustus- sekä perinteinen lautamuottijärjestelmä.

2 Yleistä anturoista

Anturan tehtävänä on siirtää kuormia yläpuolisista rakenteista maahan tai paaluille. Antura pyritään tekemään suorakaiteen muotoiseksi anturan muotti- ja raudoitustyön nopeuttamiseksi. Antura voi olla raudoittamaton betoniantura tai raudoitettu teräsbe-
toniantura. Työssä käsitellään teräsbe-
tonianturoita.

2.1 Anturan toteutuksessa huomioitavia asioita

Anturoissa tulee ottaa huomioon myöhemmin tehtävä perusmuurityö. Perusmuuri voi olla muurattu harkosta, tehty elementeistä tai toteutettu paikanpäällä valaen. Näitä huomioitavia asioita ovat hakas- että tappitartuntalinjat, LVS-varaukset, vedenpoisto-
putket sekä mahdollinen bitumihuopakaista.

Paikan päällä toteutetussa perusmuurissa otetaan huomioon anturan ja ylemmän ra-
kenteen väliset hakasterästartunnat. Tartunnat asennetaan joko raudoitustyön tai beto-
nivalun yhteydessä. Hakastartuntoja asennetaan anturan yläpuolelle tulevalle perus-
muurin linjalle. Paikalla valetun perusmuurin lisäksi tyypillisiä paikanpäällä toteutettavia
betonirakenteita ovat mm. väestönsuojaseinät. Hakastartuntojen K-jako löytyy perus-
tusleikkauskuvista.



KUVA 1. Anturan hakastartunnat

Elementtiperusmuurissa otetaan huomioon teräksiset pystytartuntatapit. Terästappi-
tartuntoja käytetään juurivalun kanssa sitomaan betonielementti alapuoliseen anturara-

kenteeseen. Pystytappeja tulee laittaa elementtien pystysaumakohtiin sekä anturan reunalinjalle juurivalua varten. Näiden paikat löytyvät elementtitappitartunta-kuvista.



KUVA 2. Anturan tappitartunnat

Harkkomuurattavan sokkelin anturatyövaiheessa otetaan huomioon anturan ja sokkelin väliin asennettava bitumihuopakaista. Se on syytä asentaa huolellisesti. Tunnusomais- ta on, että harkkomuurattavissa rakenteissa LVS-varauksia ei asenneta anturoihin vaan harkkojen pysty- ja vaakauriin. Tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa muuta kuin anturavarauksiin. [3.]



KUVA 3. Bitumihuopakaista

Poikkeuksena harkkomuurattavasta sokkelista, anturarakenteisiin asennetaan aina taloteknisiä LVS-varauksia. Näiden korkeusasemat, paikat ja koot löytyvät anturava- rauskuvista. Perusmuurin toteutustavasta riippumatta anturarakenteeseen asennetaan myös vedenpoistoputkia. Vedenpoistoputken tiedot ja K-jako löytyvät perustusleikkaus- kuvista.



KUVA 4. Vedenpoistoputkia



KUVA 5. Sähkövarausputkia



KUVA 6. Vesiputkenvaraus

2.2 Eri anturatyyppeiden toimintaperiaatteita

2.2.1 Maanvarainen antura

Maanvarainen perustaminen voi tulla kyseeseen, kun maaperä on tarpeeksi kantavaa. Kantavia maaperiä ovat karkea tai hienojakoinen maa-aines. Keinona voidaan käyttää myös vahvistettua maaperää. Toteutusmuotona käytetään teräsbetonirakennetta siirtää yläpuoliset kuormat suoraan maaperään. [2, s.6.]

2.2.2 Paaluantura

Maanvaraisesta poiketen, paaluanturan alle lyödään tukipaalut perusmaahan asti. Paaluja voivat olla niin puu-, teräs- tai teräsbetonipaalut. Paaluja käytetään silloin, kun kantavuus maanpinnassa on heikko. Paalun pään tulee olla anturan sisäpuolella ottaen vastaan anturasta välittyvät kuormat ja siirtäen ne syvälle kantavaan maaperään.

Onkin huomioitava, että rauditus ei saa levätä paalun pään varassa, vaan paalunpään pitää olla betonille vapaa siirtääkseen kuormat maaperään. Anturahakaset tulevat tuplasti tiuhemmalla jaolla paalujen päiden kohdilla. [1, s.60- 61.]

2.2.3 Kallioantura

Kallion varaan rakennettava anturarakenne kiinnitetään kallioon. Se tapahtuu poraamalla 1,2–1,5 x tangon halkaisijan kokoinen reikä ja juottamalla tanko reikään kiinni injektoimalla. Tällä kalliotartunnalla estetään rakenteita liikkumasta sekä vaurioitumasta. [1, s.62.]

2.2.4 Pilariantura

Pilariantura ottaa vastaan pistemäisen yläpuolisen vähäisen kuormituksen. Antura voi toimia tasojen välisenä tartunta-alustana. Pilarianturan ei tarvitse olla keskeisesti yläpuoliseen pilarirakenteeseen.

3 Lammi-tassumuottijärjestelmä

3.1 Muottirakenne

Lammi-perustus on valmismuottijärjestelmä. Se on valmiiksi perusraudoitettu. Perusraudoitus tarkoittaa muotin pohjalla olevia 3 kpl 8 mm vaakaterästä. Muotin rakenne on PE-muovikalvo, jossa tukirakenteena on 6 mm teräskehikko. Teräskehikon K-jako on 200 mm. Muotti on suunniteltu rakennuksien tyypillisimpiin anturoihin. Näitä ovat 1-kerroksisten omakotitalojen anturat. Muottikehikot kootaan 5 m pitkistä elementeistä. Yksi elementti painaa noin 18-20 kg. [4.]



KUVA 7. Suora sivu



KUVA 8. Luiskan kohta

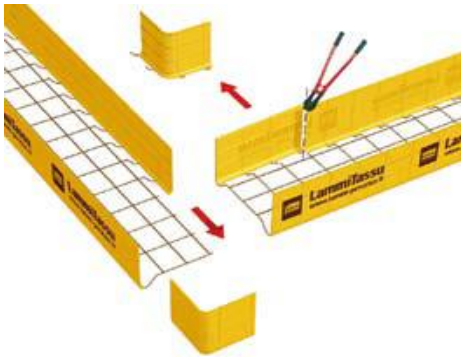
Vakiokokoisia pilarianturakehikoita on saatavilla 300 mm ja 500 mm korkuisena. Leveyttä näillä on 600 mm, 700 mm, 800 mm, 900 mm tai 1000 mm. Pilarianturoihin raudoitus lisätään aina työmaalla. Suorien sivujen vakiokokoisten muottikehikkojen maksimi-levyys on 1 metri. Korkeutta näillä 200, 300, 400 ja 500 mm. [4.]



KUVA 9. Pilariantura

Muotinelementtien asentamiseen ei tarvita ulkopuolista asennusryhmää. Toteutuksen voi suorittaa kuka tahansa valmistajan ohjeen mukaan. Tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa asennuksen toteutukseen. [4.] Lammi-perustus valmismuotin asentamisen

asennusvideo ja työohjeet löytyvät valmistajan kotisivuista osoitteesta www.lammi-perustus.fi.



KUVA 10. Kulmaliitos



KUVA 11. T-liitos

3.2 Toimitus

Edellä mainittujen vakio kokoisten muottien toimitusaika työmaalle on 3-5 arkipäivää. Mikäli halutaan mitoiltaan välikokoisia muotteja, on toimitusaika tällöin 3 viikkoa. Tarjouksen saa kummassakin tapauksessa 1-2 päivässä. [4.]

Taulukko 1. Toimitustaulukko 48 m² toimitukselle, joka pitää sisällään vertailukohteen 160 m anturaperustusta.

Muotin korkeus	Paketissa	Toimituksessa	m
200 mm	14	24	240
300 mm	8	16	160
400 mm	6	12	120
500 mm	6	12	120

3.3 Kuljetuksen hintavertailu

Tuotetoimittaja hoitaa kuljetukset työmaalle sopimusautoilijalla. Sopimusautoilijan hinta 100–170 euroa, alv 0 euroa. Kuljetushinta tulee muottihinnan päälle. Kuljetuksen hinnan määrää postinumeroalueen mukainen hinnoitteluluokitus. Pääkaupunkiseutu on jaettu neljään hinnoitteluluokitukseen. Lammi-perustustehdas sijaitsee Vantaalla, josta halutessaan voi itse käydä hakemassa tilaamansa toimituksen. Tässä tilanteessa on

syitä vertailla tuotetoimittajan ja työmaan käyttämän kuljetusliikkeen hintoja. Vertailussa käytetään hiab-kuljetusajoneuvoa. [4.]

Tilajayrityksen vertailukohteena on Helsingin Myllypurossa Kuljetusliike Sandström veloittanut kuljetusnoudoistaan 58 euroa tunnilta. Lammi-perustuksen käyttämän sopimusautoilijan postinumerohinnoittelun mukainen toimitushinta on 92 euroa. Hinta ei ole aikasidonnainen ja se sisältää toimituksen purun työmaalla. Mikäli toimitus ja purku kestävät yli tunnin, on työmaan käyttämä kuljetuspalvelu kalliimpi kuin tuotetoimittajan sopimusautoilija. [4.]

Taulukko 2. Kustannustaulukko 48 m² kuljetukselle, joka pitää sisällään vertailukohteen 160 m anturaperustusta.

Muotin korkeus	Toimituserien määrä	Sandström	Lammi
		Hinta /h	Hinta
200 mm	1	58 €	92 €
300 mm	1	58 €	92 €
400 mm	2	116 €	184 €
500 mm	2	116 €	184 €

3.4 Työtekniisyys

3.4.1 Juurivalukorotus

Juurivalukorotus tarkoittaa, että anturan reunan korkeutta nostetaan päälle tulevan elementin tartuntavalun verran korkeammaksi. Vertailukohteessa reunavalukorotettu antura toteutettiin 300 mm korkuisena. Suunnitelmien mukaista anturan korkeutta oli 200 mm ja juurivalukorotusta 100 mm.

Lammi-perustus tuotevalikoimasta löytyy vakiokokoisena 300 mm korkuista anturaelementtiä. Mikäli anturan korkeudeksi olisi otettu jokin välikorkeus, kuten 350 mm, olisi toimitusajallisista syistä päädytty korkeuteen 400 mm. Tuotetoimittaja pystyy toimittamaan välimuoto korkuisia anturaelementtejä, mutta tällöin toimitusaika kasvaisi 3-5 arkipäivästä kolmeen viikkoon. Käyttökokemuksia edellä mainitusta juurivalukorotetun anturan valinnasta löytyy yrityksiltä kuten, YIT-, NCC- sekä Rakennus Arkta Oy. [4.]



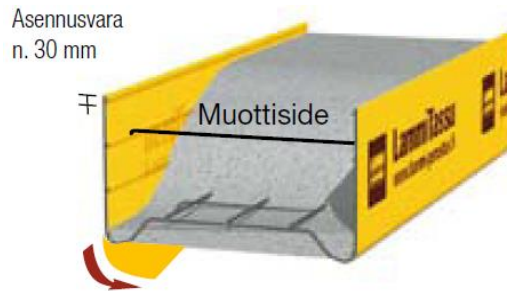
KUVA 12. Valettu Lammi-perustusantura

3.4.2 Varauksien toteutettavuus

Valitaan tutkittavaksi kaikista matalin 200 mm korkuinen anturaelementti. Kyseisessä anturaelementtikokoissa muottisidoksia ei tule. Työteräshehikon silmäkoko on K200, jolloin voidaan todeta kaikkein suurimman 110 mm sähkövarausputken mahtuvan ongelmitta anturaelementistä läpi. [4.]

Muottisidoksia tulee 300 mm ja tätä korkeampiin elementteihin. Muottisidoksen paikka on toiseksi ylin työterästyksen silmäväli. Tuotetoimittajan mukaan muottisidoksen ja alapinnan työterästen väliin mahtuu 110 mm sähkövarausputki. [4.]

Kummassakin tilanteessa on syytä varmistaa raudoituksen vaikutusta varauksien mahtumiseen. Koska anturaraudoitukset eroavat rautamäärältään rakennuskohtaisesti, tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa raudoituksen vaikutukseen varauksien mahtumisen osalta. [4.]



Kuva 13. Valukorkeuden ollessa > 200 mm tulee muottisidoksia käyttää

3.4.3 Jäte

Jälkilaskettavan talon anturaelementit tulevat kahdessa paketissa, jotka pitävät sisälleen 300 mm korkuisia elementtejä yhteensä 16 kappaletta. Paketissa elementit on sidottu terässpannoilla toisiinsa. Niput eivät sisällä pakkausmuovia, eivätkä puista aluslavaa. PE-muovijätettä syntyy työstäessä muotin liitoksia sekä varauspaikkojen leikkaamisesta. [4.]

Terässpannoista syntyvä jätevaikutus on vähäinen. Toisin kuin lautamuotissa, neljä teräsphantaa ei aiheuta merkittävää jätekustannusvaikutusta. Mikäli työmaalla ei ole metallijätelavaa, terässpannat sijoitetaan sekajätelavalle. PE- muovin osat laitetaan energiajätelavalle tai tämän puuttuessa sekajätteisiin. [4.]

Taulukko 3. Lammi- perustuksen jäte-erittelytaulukko

	Metallijäte	Sekajäte	Puujäte	Energiajäte
Terässpannat	x	x		
PE- muovi		x		x

4 Metallimuottijärjestelmä

4.1 Muottirakenne

Haucon-metallimuotti on saksalainen muottijärjestelmä, jolla on toimipiste myös Suomessa Espoossa. Toimipisteen nimi on HauCon Finland Oy. Tuotetoimittaja on perustusmuottijärjestelmätoimittaja. Tuotevalikoimasta löytyy kahdenlaista suoraa antura-

muottiprofiilia, Recostal perustusmuotti FS sekä perustusmuotti Speed. Pilarianturoille on oma profiilinsa Recostal perustusmuotti ET. [5.]

4.1.1 Recostal-perustusmuotti FS

FS-metalliprofiilissa muottisidoksia on neljä. Niitä ovat sisä-, ulko- ja päällyssidos sekä pystytuet. Ulkosidos kiertää yhtenäisesti ulkolaitoja pitkin anturan ali. Sisäsidos kiertää samaa rataa anturan sisäpinnalla jääden maanvaraisen suojabetonietäisyyden verran irti anturan maanpinnasta. Sisä- ja ulkosidoksen päät yhdistyvät onton putkimaisen pystytuen sisällä. Päällissidoksella, jossa on koukkumaiset päät, tuetaan muotin yläpinta yhdistämällä sidokset toisiinsa. Pelleissä on taitekohdat kulmien ja nurkkien taitoksiin. Pellit ruuvataan toimituksen mukana tulleilla peltiruuveilla. [5.]

Peltimuotti kootaan työmaalla 3 m pitkistä aaltomaisesta peltiprofiilista. Maksimi pellin korkeus on 1 m. Leveyden peltimuottiin määrää sidokset. Maksimi sidoksen leveys on 1,2 m. Muottipeltejä on mahdollista saada mittatilaustyönä. [5.]



KUVA 14. Recostal-perustusmuotti FS

4.1.2 Recostal-perustusmuotti Speed

Speed-peltiprofiili on L-kirjaimen muotoinen pelti. Sisäpinnan kulmassa on maanvaraisen suojabetonietäisyyden korkeinen koroke, jonka päälle tuleva rauditus lasketaan. Maata vasten pellin alapinnassa on 10 mm tartuntareivät harjaterästappeja varten. Tartuntareivät mitoitetaan ja lasketaan tehtaalla. Mitä korkeampi muotti, sitä tiheämpi on tartuntareikien K-jako, näillä tuetaan anturan alapinta vaakaliikkeistä. Muotissa ei ole

muita pysty- eikä sivuttaistukia. Raudoituksen omapaino pellin alapinnan koroketta vasten tukee myös muotin alapintaa. [5.]

Peltimuotti kootaan L-kirjaimen muotoisista 2,25 m pitkistä peltielementeistä. Muottipellin maksimi leveys on 1 m ja korkeus 500 mm. Muottijärjestelmällä ei ole vakioidusti tuentaa kuin alapinnassa, mikä aiheuttaa ongelmia. Ongelman aiheuttaa jänneväli, jossa betonin suhteellisen suuri paine ohutta ja matalaa reunaa vasten vääntää muotin yläpintaa. Yläpinta vääntyi jo 600 mm leveässä muotissa. Mikäli leveyttä on enemmän kuin 600 mm, on syytä lisätä ylähelman tuentaa. Peltimuottijärjestelmän lisätuenta on lisätyötä, joka ei kuulu peltimuottiasentajille. Tällöin käytetään omia työntekijöitä. Ilman lisätuenta on syytä suorittaa betonityö kahdella valukierrolla. [5.]



KUVA 15. Speed-profiilin ylähelman lisätuenta tukimuurianturassa.



KUVA 16. Recostal-perustusmuotti Speed.

4.1.3 Recostal- perustusmuotti ET

Recostal- perustusmuotti ET on pilarianturamuotti. Toimituksessa sen yhden pilarianturan pellit tulevat suorana peltinä, jossa on valmiit taitoskohdat. Pellin pituus on tehty mittatilaustyönä, jossa pellin pituus riippuu pilarianturan neljän sivun pituuksista. Kiinnitys tapahtuu peltiruuveilla samaan tapaan kuin FS-profiilisessa järjestelmässä. ET-profiilissa ei ole tuentasidoksia, kuten FS-profiilissa. Se pysyy betonoitaessa omalla painolla paikoillaan. Maksimi ET-peltiprofiilin korkeus on 1 m. [5.]



KUVA 17. Recostal-perustusmuotti ET

4.2 Toimitus ja kuljetus

Haucon-metallimuotin toimitusaika on 7-10 arkipäivää. Toimittajalle tarvitsee tarjouksen tekoa varten lähettää pohjapiirustukset ja rakennedetaljikuvat. Tarjouksen saa tämän jälkeen 2-4 päivässä.

FS-peltiprofiilin kuljetustoimitus työmaalle tulee max. 1 m X 3 m kokoisessa paketissa. Paketti tulee puulavan päällä. Yhdessä lavatoimituksessa tulee kerralla 300–400 m² peltimuottia. Tuotetoimittaja on ilmoittanut kehittävänsä pakkausteknisiä keinoja, jolla saataisiin yhdellä toimituksella entistä enemmän neliöitä yhdessä toimituksessa. Keinot ovat kuljetuksenaikaisia pakkaussijoitteluja. ET-peltiprofiilit tulevat samassa paketissa. Speed-peltiprofiilin yhden paketin toimituskuljetuksessa tulee 252 m L-peltielementtiä. Paketti sisältää 2,25 m pituisia L-peltielementtejä 10 kpl. [5.]

4.2.1 Rahti

Haucon-tuotetoimittajan myyntihinta pitää sisällään rahdin. Rahdin osuus hinnasta on noin 15- 20 %. Syy tälle on, että Suomessa Haucon-tuotetoimittajalla ei ole varastoa. Varastot sijaitsevat mm. Ruotsissa ja Saksassa. Tilaustoimitukset tulevat Suomeen ulkomaisista varastoista. Haucon Finland Oy on saanut kilpailutettua toimituksiensa rahdin osuutta aika ajoin alemmaksi. [5.]

4.3 Työtekniisyys

Työtekniinen etu peltimuottijärjestelmässä on, että betonointityön jälkeen pelti tulee jäämään anturaan, eikä sitä tarvitse poistaa. Tällöin säästetään muotin purkutyön verran kustannuksissa ja aikataulussa. Kun muotin purkutyövaihe jää pois, päästään säästetyn ajan verran nopeammin suorittamaan anturan sisäpuoleisia kevythiekkatäytöjä. [5.]

Lisätyövaiheita verrattuna kahteen muuhun muottijärjestelmään syntyy päällissidoksesta sokkelilinjoja merkatessa. Päällissidos joudutaan poistamaan, jotta merkausvärilanka saadaan betonia vasten. Päällissidoksen poisto tapahtuu ”rälläköimällä” sidos irti muotin reunoja pitkin, jos pysty- ja ulkosidoksen ²⁾ päät on taitettu lukitussyistä. Mikäli sidoksen päät on lukitsematta ¹⁾, tapahtuu poisto käsin nostamalla sidos irti. Päällyssidoksien poistosta ei aiheudu merkittävää kustannus- tai aikatauluviivettä, mutta on työteknisesti huomioitava. [5.]



KUVA 18. ¹⁾ Menettely sidoksen päitä taittamatta.



KUVA 19. ²⁾ Menettely pysty- ja ulkosidoksen päät taitettuna.

4.3.1 Juurivalukorotus

Vertailukohteessa reunavalukorotettu antura toteutettiin 300 mm korkuisena. Suunnitelmien mukaista anturan korkeutta oli 200 mm ja juurivalukorotusta 100 mm. Hauconmetallimuottituotevalikoimasta löytyy 300 mm:n vakio korkuinen muotti. Mikäli juurivalukorotetun anturan korkeudeksi olisi otettu jokin välikorkeus, kuten esim. 350 mm, olisi sen toteutus ollut mahdollinen, koska tuotetoimittajalla on mahdollista toimittaa mittailaustyönä anturapelti korkeuksia. [5.]

4.3.2 Varauksien toteutettavuus

FS-profiilisessa metallimuotissa korkeus voi olla enemmän kuin 200 mm. Tämä mahdollistaa hakastetussa anturaraudoituksessa ³⁾ kaikkien edellä mainittujen taloteknisten putkivarauksien mahtumisen. Hakastetussa anturaraudoituksessa putkivarauksien mahtumisessa anturan raudoituksen läpi saattaa tulla ongelmia. Tällöin ei mahdu kuin kaikkein kapein 70 mm vedenpoistoputki anturaraudoituksen läpi. Tässä tilanteessa kaikki muut talotekniset putkivaraukset ⁴⁾ laitetaan sokkelin alapinnasta, ei anturasta läpi. [5.]



KUVA 20. ³⁾ FS-profiilisen metallimuotin talotekniset varaukset anturan läpi



KUVA 21. ⁴⁾ Speed-profiilisen metallimuotin talotekniset varaukset anturan päältä

4.3.3 Jäte

FS- ja ET-profiiliset metallimuotit tulevat kumpikin samassa paketissa, eivät erikseen. Eriksen omana pakettinaan tulevat Speed-profiiliset metallimuottitoimitukset. Kaikissa näissä toimituksissa tilaus tulee aluslavan päällä. Aluslavan lisäksi jätettä syntyy pakkausmuovista ja metalliruuvien pahvilaatikosta. Muotista syntyvää metallijätettä syntyy ylimääräisistä muottisidoksista, joita on aina ylimääräisiä. [5.]

Mikäli työmaalla ei ole energiajätelavaa, pakkausmuovi ja ruuvipahvilaatikko sijoitetaan sekajätteisiin. Puinen aluslava laitetaan puujätelavalle. Ylimääräiset metalliset sidokset sijoitetaan metallijätteisiin. [5.]

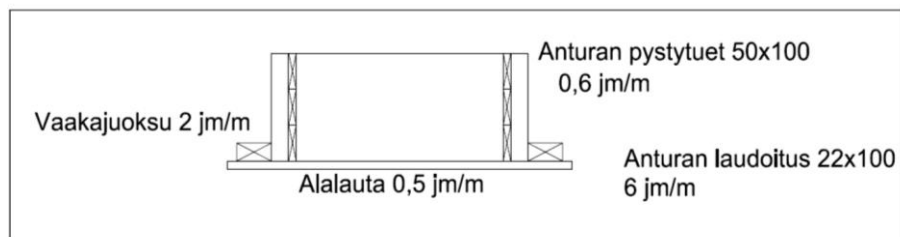
Taulukko 4. Haucon-metallimuottijärjestelmän jäte-erittelytaulukko.

	Metallijäte	Sekajäte	Puujäte	Energiajäte
Aluslava			x	
Pakkausmuovi		x		x
Pahvilaatikko		x		x
Sidokset	x			

5 Perinteinen lautamuottijärjestelmä

5.1 Muottirakenne

Antura-lautamuotin toteutuksessa kaikki vaiheet tapahtuvat työmaalla. Lautamuotin muottimateriaalina käytetään 2x4- tuumaista sahatavaraa, 22x100 mm lautaa tai vaneria. Sahatavara 2x4 on muotin alapinnan sidoksena. Lautamuotin muottipintana on lauta tai vaneri. Pysty- ja vaakasidoksina käytetään lautaa. Lautamuotilla voidaan toteuttaa anturoiden suorat sivut sekä pilarianturat.



KUVA 22. Anturan lautamuottirakenne.

Lautamuottijärjestelmässä ei ole olemassa suorakaiteen muotoiselle muotille ohjeellisia korkeus- tai leveys-suosituksia. Matalat suorakaiteen muotoiset muotit < 300 mm, kuten anturarakenteet, on perusteltua tehdä lautamuottijärjestelmällä. Tätä korkeammat > 300 mm muotit on syytä toteuttaa työajallisista, laudan menekillisistä ja työteknisistä syistä levymuottijärjestelmällä. Levymuottijärjestelmässä valupintaa vasten tulee levy. Lautajärjestelmän erona on, että lautamuottiin ei asenneta muotin sisäisiä tuentavälikkeitä. Levymuottijärjestelmällä voidaan toteuttaa suorakaiteen muotoiset korkeat ja laakeat muotitustyöt, kuten sokkeli, VSS-seinä- ja -holvimuotitus. Työmaalla paikalla tehdyt pyöreät muottipilarit ja kaarevat muottipinnat tehdään vastaavasti työteknisistä syistä lautamuottijärjestelmällä. Tässä opinnäytetyössä ei oteta muuhun kuin vertailtaviin anturanmuottijärjestelmiin kantaa.



KUVA 23. Lautamuottijärjestelmä



KUVA 24. Levymuottijärjestelmä

5.2 Toimitus

Vertailukohteessa käytettiin puutavaran toimituksissa Starkki-vähittäismyymälää. Tilattava tuote on heti toimitettavissa varastolta. Monen päivän toimitusaikojä puutavaralle ei myymälän mukaan tule, koska tilaus saadaan viimeistään toimitettua seuraavan aamun kuromassa. Vertailutyömaan lähin Starkki on Herttoniemessä ja parhaimmillaan tilaukset saadaan tunnin sisällä työmaalle.

Kuljetustoimituksessa lautanipun koko vakiopituuselle laudalle on 1 m x 1 m x 4 m. Nippu pitää sisällään 2 km lautaa. Isomman tuentaan käytettävän vakiopituisen sahatavaran, ns. koolingin, nipun koko on sama, mutta sisältää 1 km puutavaraa. Kuljetuskalustona on hiab-kuljetusajoneuvoa, johon mahtuu 4 kpl kyseisen kokoista puutavara nippuja. [9.]

5.3 Kuljetus

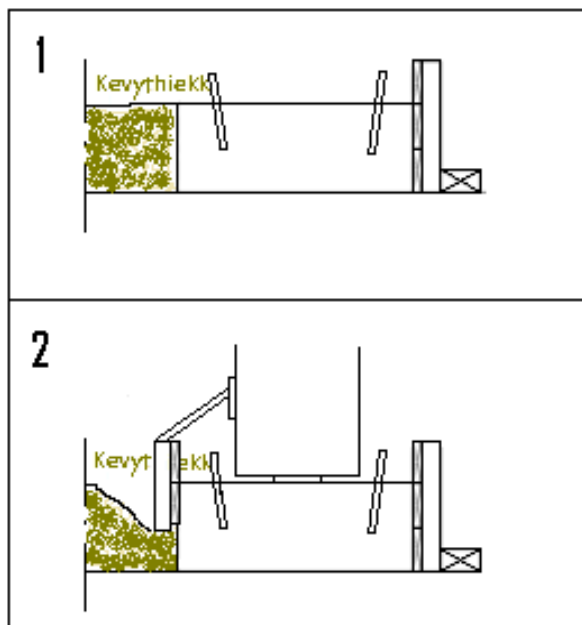
Kuljetustoimitus tulee myymälän hiab-sopimusautoilijan kautta. Kuljetuksen hinta määräytyy vuosisopimuksen mukaisen hinnoittelun mukaisesti. Starkissa on Skanskan kuljetuksille määritetty vuosisopimushinnaksi 62,6 € alv 0 %. Kuljetuksen hinta on kiinteä hinta, joka sisältää purkamisen. Purkamisen viivästymisestä veloitetaan jokaisesta alkavalta 15 min. 11,3 € lisähinta, ns. ventta-maksu. [9.]

5.4 Työtekniisyys

5.4.1 Juurivalukorotus

Jälkilaskettavassa vertailukohteessa anturan korkeus oli 200 mm, jonka päälle tuli 100 mm elementin reunan juurivalu. Lautamuotti-työssä juurivalukorotusta tehdessä maanrakennustäytöt tahdistavat muotin purkua. Valettu muotti pitää saada nopeasti purettua, jotta kevythiekkatäytöt saadaan aloitettua ajallaan. Kevythiekan tarkoitus on estää routiminen rakennuksen alla. Täyttöjen takia sisäpuoli tulee purkaa ensiksi pois, täyttöjen alta pois. Tämä tuo hidastetta sisäpuolen juurivalukorotuksen 1) toteuttamiselle. Sisäpuolen juurivalukorotus tehdään vasta kevythiekkatäytön jälkeen. Juurivalun verran korotettu anturamuotin ulkopuoli voidaan jättää purkamatta. Korotettua yläosan reunaa voidaan käyttää ulkopuolen juurivalutopparina. Vasta sokkielementin asentamisen jälkeen 2) voidaan siirtyä sisäpuolen juurivalutopparia tekemään. Reunatoppari tuetaan elementin ja anturan pinnoista kiinni. Myös ulkopuolisen reunatopparin valun aikainen tuenta on perusteltua tässä vaiheessa tarkistaa.

Lautamuotin juurivalukorotuksesta on tehty kaksivaiheinen kuvasarja. Kevythiekkatäyttö tahdistaa keskeisesti lautamuotin juurivalutopparin toteutusta. Kuvissa tahdistaja on selkeyden vuoksi merkitty eri värillä.



KUVA 25. Lautamuotin juurivalukorotus

5.4.2 Varauksien toteutettavuus

Perinteisen laitamuottijärjestelmän varaukset tehdään moottorisahaa apuna käyttäen. Moottorisahalla tehdään muotin molemmille puolille reiät varausputkia varten.

Lautamuotin varauksien toteutuksessa on varottava moottorisahan terän osumista anturan raudoitukseen ja muotissa oleviin nauloihin. Aiheutunut vahinko on vähäinen, mutta kiusallinen ja aiheuttanut monia riitatilanteita.

5.4.3 Jäte

Opinnäytetyössä lautamuotin jätevertailussa on tehty oletamus, että muotin puutavara käytetään vain kerran. Kolmesta vertailussa olleesta muottijärjestelmästä lautamuotista syntyy kaikkein eniten jätettä. Jätteen suuri määrä tulee puujätteestä. Puujätettä syntyy 0,6 m levyisestä anturassa muotin alajuoksuista 3,32 m/m² 2 x 4-tuumaista sahatavaraa ja muotin valupinnasta 9,96 m/m² lautta. Puutarvikenippu tulee työmaalle pakkausmuovissa suojattuna. Nippu tulee aluspuiden päällä. [9.]

Mikäli työmaalla ei ole energiajätelavaa, pakkausmuovi sijoitetaan sekajätteisiin. Pui-
nen aluslava laitetaan puujätelavalle muun puutavaran kanssa.

Taulukko 5. Lautamuottijärjestelmän jäte-erittelytaulukko.

	Metallijäte	Sekajäte	Puujäte	Energiajäte
Aluspuut			x	
Pakkausmuovi		x		x
Puutavara			x	

5.4.4 Muottipuutavaran uusiokäyttö

Puretun muottipuutavaran uusiokäytössä on ongelmana lautapintaan jäänyt betoni ja puutavaraan jääneet naulat. Uusiokäytössä puretun laudan pintaan jäänyt betoni tylsytävät moottorisahan terän muutamassa päivässä käyttökelvottomaksi ja naulaan

osuessaan hajottaa terän välittömästi. Puutavaraan jääneet naulat ovat myös työturvallisuusriski.

On syytä selventää jo kertaalleen käytetyn puutavan käytössä työryhmälle, kenelle vaihtoterien osto kuuluu. Tämä on yleinen riitelyn aihe jo kertaalleen käytetyn puutavan käytössä.

Käytetyn muotin pintaan jääneen betonin puhdistus sisällytetään monesti muotipurkutyöhön. Riitelyn aihetta on ollut, kuka puhdistaa puutavaran betonista. Sopimuksissa on perusteltua ottaa kantaa; pitääkö purkutyö sisällään myös puutavaran puhdistuksen? Tämä selkeyttää jo olleita ristiriitatilanteita.

6 Maanmuodot

Kantavalla rakennuspohjalla on rakennuksen perustamistapa, lattiatasot ja alapohjarakenne valittavissa melko vapaasti toiminnallisista ja taloudellisista lähtökohdista. Valittuihin ratkaisuihin vaikuttavat yläpuoliset rakenteiden ratkaisut ja routasuojauksen tarve. Kalliolle perustettaessa rakennuksen korkeustasoa ja perustamistapaa suunniteltaessa olisi varsinkin pienissä kohteissa kustannussyistä syytä välttää louhintaa. Kalliolle perustettaessa ei pientalossa yleensä tarvita erillisiä anturoita, vaan toteutus voidaan suoraan tehdä luonnolliselle tai louhitulle kallionpinnalle. Jos kallionpinta on vino ($>15^\circ$), on perusteltua käyttää terästartuntoja tai kalliopinta tasataan perustusten alta louhimalla. [8.] Kallioperustuksen pohjan louhintatoleranssit ovat $-400\dots +50$ mm. [6.] Anturoiden kohdalla louhintavajausta ei kuitenkaan sallita, jolloin toleranssin teoreettinen poikkeama $0\dots +400$ mm ja tarkkuuslouhinnassa $0\dots +200$ mm [7].

Maanvaraiset anturat määritetään pohjatutkimusten perusteella. Pohjarakennusohjeiden mukaan perustamis-syvyyden pitää olla vähintään 300 mm. [8.] Maanvaraisen perustuksen alla täyttömateriaalina käytetään soraa, mursketta tai louhetta. Täytteen yläpinnan sallittu epätasaisuus on $-100\dots +50$ mm, ellei suunnitelmassa ole muuta sanottu [6].

6.1 Anturajärjestelmien toleranssit

Taulukko 6. Maanpinnan tasaisuus toleranssit 0-tasosta alaspäin.

	Toleranssi	
¹⁾ Lammi-perustus	-30 mm	1) [4.]
²⁾ Lautamuotti	-20 mm	2) [8.]
³⁾ Haucon- metallimuotti	-5 mm	3) [5.]

7 Muottijärjestelmien aika- ja kustannusvertailu

Vertailtavien muottijärjestelmien välillä mitoituksen, raudoituksen ja betonin kustannukset ovat samoja. Kustannuseroa syntyy anturan muottityön toteutuksesta, joten vertailaan jälkilaskettavan rakennuksen anturamuottityöstä syntynyttä kustannusta ja kulunutta aikaa.

7.1 Aika

Rakennuksessa oli anturametrejä 160 ja antura toteutettiin 300 mm korkuisena. Alustana oli tasainen sepelitäyte. Varauksia tehtiin yhteensä neljä, kaksi sähkö- että kaukolämpövarasta. Muotin purkutyötä ei Lammi- eikä Haucon-perustuksissa synny. Vertailussa käytettävä työajan menekki on peräisin joko tuotetoimittajilta tai RATU-kortistosta. Haucon-tuotetoimittajalta saatu menekki oli 0,2–0,1 tth/m², josta päätettiin ottaa vertailuun arvo 0,15 tth/m². Vertailussa tehdään olettaus, että raudoitus ei estä varauksien asennusta.

Taulukko 7. Lammi-Perustus

		Määrä	Yksikkö	Menekki	Tunti
RAM	Muotitus	48	m ²	0,12	5,76
RAM	Varaukset	4	kpl	0,15	0,6

Työryhmä	Tunti
2 RAM	2,88
RAM	0,6

Kokonaiskesto 3,48

Taulukko 8. Haucon-metallimuotti

		Määrä	Yksikkö	Menekki	Tunti
RAM	Muotitus	48	m2	0,15	7,2
RAM	Varaukset	4	kpl	0,15	0,6

Työryhmä	Tunti
2 RAM	3,6
RAM	0,6

Kokonaiskesto 4,2

Taulukko 9. Lautamuotti

		Määrä	Yksikkö	Menekki	Tunti
RAM	Muotitus	48	m2	0,6	28,8
RAM	Varaukset	4	kpl	0,15	0,6
RM	Purku	48	kpl	0,2	9,6

Työryhmä	Tunti
2 RAM	14,4
RAM	0,6
2 RM	9,6

Kokonaiskesto 24,6

7.2 Kustannus

Lammi-perustus- ja lautamuottityössä työnhinta koostuu tuntihinnoittelun mukaisesta hinnoittelusta. Toteutus tapahtuu omilla työntekijöillä, ei ulkopuolisella asennusryhmällä. Tilaajayritykseltä saatu oman työntekijän hinta tunnilta rakennusammattimiehelle on 40 € ja rakennusmiehelle 32 €. Haucon- metallimuotissa vastaavasti on kiinteä €/m² mukainen hinnoittelu ja työn toteuttaa tuotetoimittajan kautta tuleva ulkopuolinen asennusryhmä. Haucon- tuotetoimittajalta saatiin työnhinnaksi 28- 30 €/m². Vertailuun valittiin keskihinta 29 €/m².

Jälkilaskettavaan kohteeseen menee 16 kpl suoraa Lammi-perustusantura- ja 6 kpl pilarianturaelementtiä. Suorissa anturaelementeissä hinta on tarkka tuotetoimittajalta saatu yksikköhinta, kun taas pilariantura-elementtien eri kokojen välillä on vain muutamien eurojen hintaero, joten parhaiten pilarianturaelementtien hintaa kuvaa keskihinta, joka on 20 €/kpl. [4.]

Haucon- metallianturapeltiä tulee kahdenlaista, suorille anturamuotti- että pilarianturamuottipinnoille, kummallekin omansa. Suorille anturan sivuille tulee Recostal-perustusmuotti FS ja pilarianturoille Recostal-perustusmuotti ET. Kummankin hinnat on otettu jälkilaskettavan kohteen tarjouspyynnöstä, josta saatiin m² hinnaksi Recostal-perustusmuotille FS:älle 21,2 € ja Recostal-perustusmuotille ET:lle 15,64 €. [5.]

Lautamuotissa käytettävien materiaalien hinnat ovat Starkin vähittäismyyntihintoja. Opinnäytetyössä on käytetty vähittäismyyntihintaa, koska yksittäinen kuluttaja ei saa Starkilta yrityshintoja selville. Lautamuotissa on otettu lisäksi myös muottiöljyn hinta mukaan, koska muottiöljy on lautamuotituksessa kustannuserä, jota ei kahdessa muussa vertailtavassa muottijärjestelmässä ole, joten on perusteltua ottaa myös tämä mukaan hintaan. [9.]

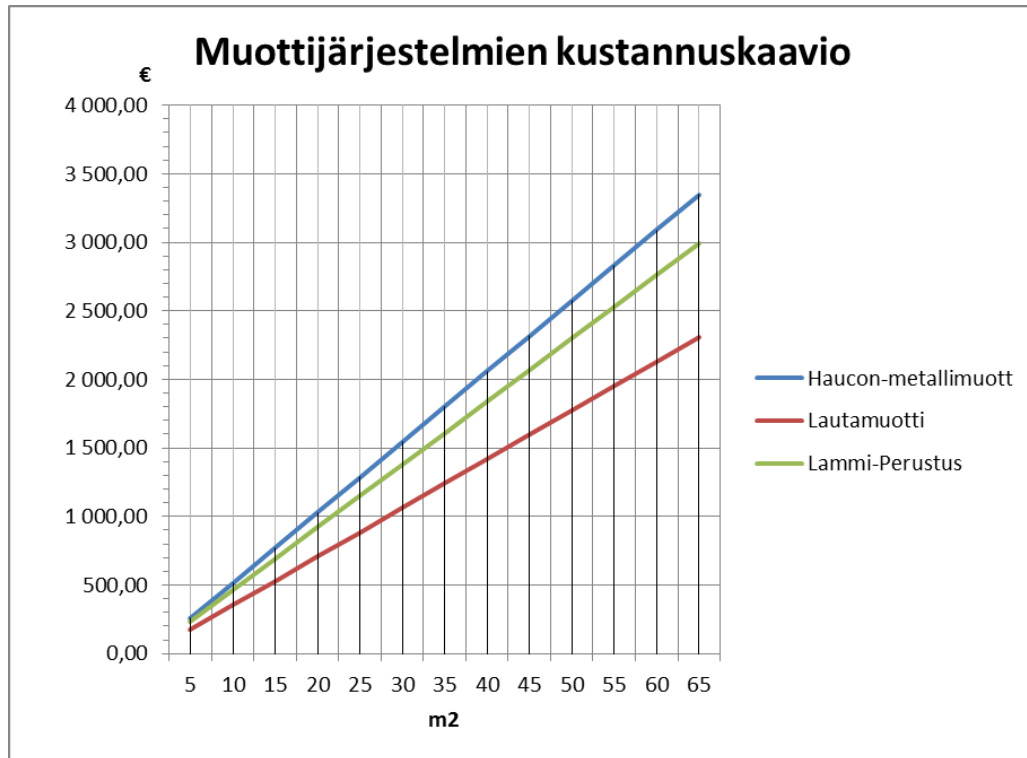
7.2.1 Työnhinta

Taulukko 10. Muottijärjestelmien työhinnat

	RAM	RM	Muottityö	Varaukset	Muottityö	Varaukset	
	€/h	€/h	h	h	€	€	yht.€
Lammi-perustus	40	32	5,76	0,6	230,4	19,2	249,6
Lautamuotti	40	32	28,8	0,6	1152	19,2	1171,2

8 Tulokset

8.1 Kustannuskaavio



KUVA 26. Kustannuskaavio

Taulukko 14. Kustannuskaavion lähtötiedot

	Työaika + materiaalit	€/m ²
Lammi-Perustus	2 209,60 €	46,03 €
Lautamuotti	1 702,60 €	35,47 €
Haucon-metallimuotti	2 472,16 €	51,50 €

8.1.1 Kustannuskaavion käyttö

Taulukko 15. Muottijärjestelmien hinnat

m2	Haucon- metallimuotti	Lautamuotti	Lammi-Perustus
5	257,50	177,35	230,15
10	515,00	354,70	460,30
15	772,50	532,05	690,45
20	1 030,00	709,40	920,60
25	1 287,50	886,75	1 150,75
30	1 545,00	1 064,10	1 380,90
35	1 802,50	1 241,45	1 611,05
40	2 060,00	1 418,80	1 841,20
45	2 317,50	1 596,15	2 071,35
50	2 575,00	1 773,50	2 301,50
55	2 832,50	1 950,85	2 531,65
60	3 090,00	2 128,20	2 761,80
65	3 347,50	2 305,55	2 991,95
70	3 605,00	2 482,90	3 222,10
75	3 862,50	2 660,25	3 452,25

Kustannuskaavio on tehty taulukon perusteella, jossa hinnat ovat 5 neliön välein 5:stä 75:een. Taulukosta voidaan ottaa haluttu neliön kymmenys, jonka perusteella saadaan hinta valitun neliömäärän vaakasarakkeista. Vaakasarakkeissa on kaikki kolme vertailussa olleet muottijärjestelmät.

Taulukko 16. Muottijärjestelmien hinnat

m2	Haucon- metallimuotti	Lautamuotti	Lammi-Perustus
200	10 300,00	7 094,00	9 206,00

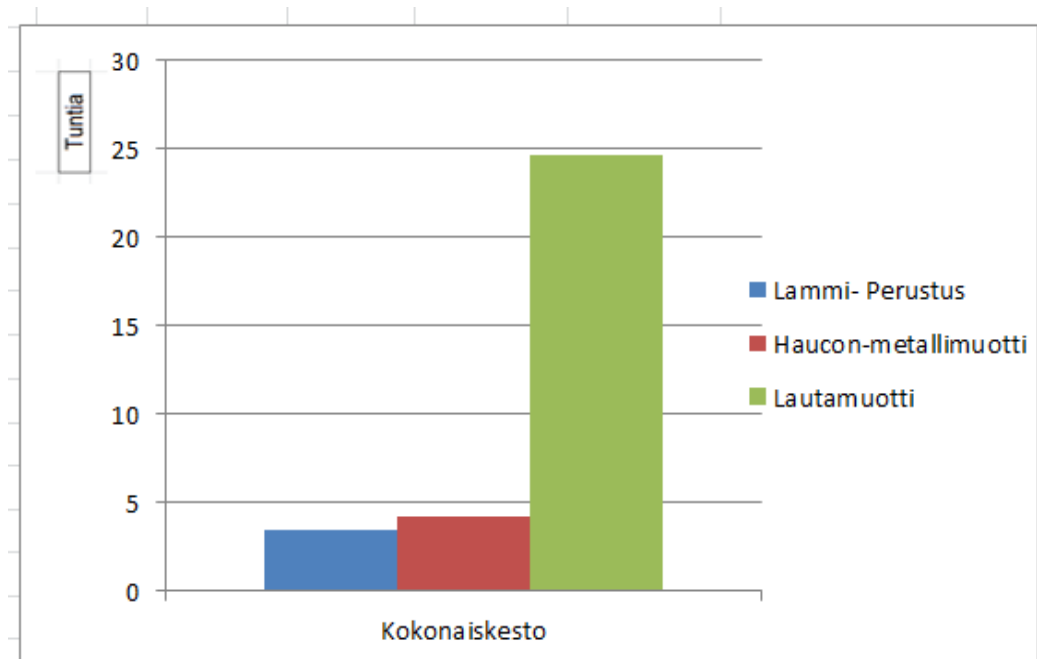
Kymmenyksien perusteella saadaan selville pilkkua siirtämällä sadansien neliöiden hinnat.

Taulukko 17. Muottijärjestelmien hinnat

m2	Haucon- metallimuotti	Lautamuotti	Lammi-Perustus
235	12 102,50	8 335,45	10 817,05

Sadansia ja kymmenyksiä yhdistelemällä saadaan 5 neliön tarkkuudella esim. koko kohteen anturatoteutuksen hinta kolmelle muottijärjestelmälle vertailtavaksi.

8.2 Aikavertailu



KUVA 27. Toteutuksen kokonaisaikavertailu

9 Yhteenveto

9.1 Pohdinta

9.1.1 Muottirakenne

Lammi-perustus- ja Haucon-toimittajat ovat molemmat suorakaiteen muotoisten anturamuottien tuotetoimittajia. Kummallakin muottijärjestelmällä voidaan tehdä 1 m levyinen ja 0,5 m korkuinen antura. Molemmat tulevat toimituksessa työmaalle kasattavina valmiselementteinä, toinen kehikkona ja toinen suorakaiteen muotoisina metallipelteinä. Elementtien pituudet Lammi-perustuksessa on 5 m ja Haucon- FS 3 m ja -speed 2,25 m. Lautamuotissa vakiokokoinen puutavara tulee 4 m pituisena puutavarana. Asennustyössä Lammi-perustuksessa on, että lautamuotissa voidaan tehdä työ omilla työntekijöillä, kun taas Haucon-tuotteilla asennusryhmä tulee tuotetoimittajan toimesta.

9.1.2 Toimitus

Lautamuotin toimituksissa puutavara on heti toimitettavissa, toisin kuten Lammi-perustuksessa, jossa toimitusaika työmaalle on 3-5 arkipäivää ja Haucon-tuotteissa peräti 7-10 arkipäivää. Tarjouksen saa Lammin-perustustoimittajalta tuplasti nopeammin, kuin Haucon-toimittajalta.

9.1.3 Kuljetus

Yhden kuljetustoimituksen neliömääriä vertaillessa Haucon-tuotetoimittajalla on suurin neliö määrä yhtä toimitus erää kohti, peräti 300–400 m². Lammin- perustuksessa toimituserien määrä kaksinkertaistuu siirryttäessä yli 300 mm korkuisiin elementteihin, kun taas Haucon-tuotteissa muotin korkeudella ei ole toimituskertoja lisäävää vaikutusta. Puutavaran ja Lammi-perustuksen toimitukset tapahtuvat työmaalle hiab- kuljetusajoneuvolla, kun taas Haucon-toimitus tulee umpiperälava kuljetuksena. Kaikista kallein kuljetushinta on Haucon-toimittajalla, peräti 15- 20 % hinnasta. Syy tälle on, että Suo-

messa Haucon-tuotetoimittajalla ei ole varastoa ja toimitukset tulevat ulkomaisista varastoista.

9.1.4 Juurivalukorotus

Kaikki vertailussa olleet anturamuotti-järjestelmät pystytään toteuttamaan juurivalukorotuksella. Mikäli juurivalukorotetun anturan korkeudeksi olisi otettu jokin välikorkeus, kuten esim. 350 mm, olisi sen toteutus ollut mahdollista Haucon-metallilla ja lautamuotilla. Lammi-perustuksessa olisi välikorkuinen juurivalukorotus toteutettu seuraavalla 400 mm vakikorkeudella.

9.1.5 Varauksien toteutettavuus

Kaikissa muottijärjestelmissä on syytä varmistaa raudoituksen vaikutus varauksien mahtumiseen. Hakastetussa anturaraudoituksessa putkivarauksien mahtuminen anturan raudoituksen läpi saattaa aiheuttaa ongelmia. Tällöin ei mahdu kuin kaikkein kaptein 70 mm vedenpoistoputki anturasta läpi. Tässä tilanteessa kaikki muut talotekniset putkivaraukset laitetaan sokkelin alapinnasta, ei anturasta läpi.

9.1.6 Jäte

Kaikkein vähiten jätettä syntyy Lammi-perustuksesta, vaivaisten teräspantojen verran. Eniten jätettä syntyy lautamuotin puutavarajätteestä. Pakkausmuovia syntyy Haucon-metalli- ja lautamuotin pakkausmuoveista sekä Lammi-perustuksen PE-muoviosista. Metallijätettä syntyy Lammi-perustuksesta sekä Haucon-metallimuotista. Kuljetuksen aluslavoista syntyy jätettä kaikista muista, paitsi Lammi-perustuksesta.

9.1.7 Aika ja kustannus

Aikataulu-vertailussa kolmen muottijärjestelmän välillä osoitettiin, että työajallisesti Lammi-perustus on nopein. Hitaimmaksi työajaltaan on vertailuissa osoittautunut perinteinen lautamuotti. Työhinnaltaan lautamuotti on kallein, mutta materiaaliltaan halvin. Haucon-metallimuotti on vastaavasti työhinnaltaan kallein, mutta materiaalihinnaltaan toiseksi kallein. Lammi-perustus on työhinnaltaan halvin, mutta materiaaliltaan kallein.

9.2 Kehitysehdotuksia

Haucon-tuotteiden asennuksen jalkauttaminen toteutettavaksi omille työntekijöille. Työmaan käyttämä kuljetusliike velottaa vähemmän kuljetuksissaan kuin Starkin ja Lammi-perustuksen sopimusautoilijat, joten on perusteltua suorittaa kuljetukset noutona. Opinnäytetyössä esitelty anturan lautamuotin juurivalukorotus on perusteltua jalkauttaa työmaalla. Kyseisellä tavalla säästetään muotinpurkutyö vaiheissa. Jälkilasketavassa kohteessa ei anturatoteutus vaiheessa heti ollut energijätteelle lavaa käytössä. Energijäte sijoitettiin sekajätteisiin. Olisi tärkeitä saada energijätteelle oma lava jo perustustöiden alkuvaiheessa työmaalle.

Lähteet

- 1 Raudoitustyöt By 206, RAKENTAJAIN KUSTANNUS Oy
- 2 Lähde Joni, Maanvaraisten anturoiden suunnittelu Eurokoodin mukaan, opinnäytetyö
- 3 Betonikeskus, <http://www.harkkokivitalo.fi>, luettu 18.12.2012
- 4 Lammi-perustus tuotetoimittaja, puhelin soitto
- 5 HauCon Finland Oy tuotetoimittaja, puhelin soitto
- 6 Tietohallinto, maa- ja pohjarakenteet, <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl22001.pdf>, luettu 20.2.2013
- 7 Tampereen ammattikorkeakoulu, https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13306/Borg_Vesa.pdf?sequence=2, luettu 1.3.2013
- 8 RunkoRYL, RT 81–10486 PIENTALON PERUSTAMISTAVAN VALINTA
- 9 Starkki- vähittäismyymälä

Kuvalähteet

KUVA 1. Myllykallion talon 1 anturoiden ja 2-3 välisen tukimuurianturan kuvamuistio, Joonas Suni 8.8.2012

KUVA 2. Myllykallion talon 1 anturoiden ja 2-3 välisen tukimuurianturan kuvamuistio, Joonas Suni 8.8.2012

KUVA 3. <http://www.kiinnikekolmio.fi>

KUVA 4-6. Myllykallion talon 1 anturoiden ja 2-3 välisen tukimuurianturan kuvamuistio, Joonas Suni 8.8.2012

KUVA 7.-11. ja 13.

http://www.lammi-perustus.fi/files/attachments/esitteet/tyoohje_lammitassu.pdf

KUVA 12.

http://www.lammi-perustus.fi/files/attachments/esitteet/lammitassu_valmisanturamuotti.pdf

KUVA 14., 17. ja 19. Skanska kohdetiedosto: \Videot ja valokuvat\Kuvat Myllykallio\Talo 2B\Perustukset

KUVA 15. Skanska kohdetiedosto: \Videot ja valokuvat\Kuvat Myllykallio\Talo 3C\Perustukset

KUVA 16. Skanska kohdetiedosto: \Videot ja valokuvat\Kuvat Myllypoika\Talo 6\Perustuksia

KUVA 18. ja 20. Skanska kohdetiedosto: \Videot ja valokuvat\Kuvat Myllykallio\Talo 6F\Perustuksia

KUVA 21. Skanska kohdetiedosto: \Videot ja valokuvat\Kuvat Myllypoika\Talo 8\Paikallavalusokkeli

KUVA22.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45887/Honkanen_Sami.pdf?sequence=1

KUVA 23 ja 24. <http://www.kivitalo.fi/>

KUVA 25-27. Joonas Suni

Rakennuspiirustus
Rakennukset 1...19
Perustukset

Muistio

Laatija
Joonas Suni

Päiväys

10.9.2012

Myllypoika talojen 5 ja 6 anturoiden kuvamuistio



RAK P-100-1-19

Talon 5. Vedenpoisto- ja sähkövarausputkistot.



RAK P-100-1-19

Talon 5. Lyhytsivu raudoitettu.



Rakennukset 1...10, Elementtitartunnat RAK P-100-1-19
Talon 5 Sivut valettu ja elementtitapit asennettu.



RAK P-100-1-19
Talon 6. Luiskankohdalla anturan liittymä kohta.



RAK P-100-1-19

Talon 6. Nurkan raudoitus.



RAK P-100-1-19

Talon 6. Neljän sivun liittymä kohta.

Rakennuspiirustus
Rakennukset 1...19
Perustukset

Muistio

Laatija
Joonas Suni

Päiväys

8.8.2012

Mylykallion talon 1 anturoiden kuvamuistio



RAK K-100-1-19

Valetun antura suorat tartuntalinjat.



RAK K-100-1-19

Valetun anturan hakastartunnat.



RAK K-100-1-19

Elementtien juurivalu tartuntaraudat.



RAK K-100-1-19

Vedenpoistoputkia.



RAK K-100-1-19

Sähkövarausputkia



RAK K-100-1-19

Vesiputkenvaraus