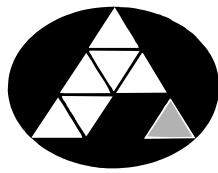


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Jalmari Myllärinen

RAKENUSMATERIAALIEN HUKKA PERUSTUS- JA RUNKOTYÖSSÄ JA
HUKAN VÄHENTÄMISKEINOJA

Opinnäytetyö
Syksy 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Syksy 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Jalmari Myllärinen

Nimeke
Rakennusmateriaalien hukka perustus- ja runkotyössä ja hukan vähentämiskeinoja.

Toimeksiantaja
Suomen Talouudistus Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää rakennuksilla syntyvien materiaalihukkien määrää perustus- ja runkotyössä ja selvittää niiden vähentämiskeinoja.

Työssä tutkimusmenetelmänä käytettiin määrien laskemista piirustuksista ja havainnointiin ja seurattiin määriä. Työssä verrattiin teoreettista hukkaa ja todellista hukkaa. Teoreettinen hukka selvitettiin piirustuksista ja todellisen hukan määrä selvitettiin työmaalla.

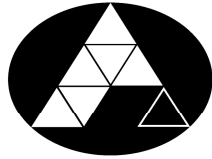
Työn tarkoituksena oli selvittää materiaalihukan määrä ja herättää miettimään ja pohtimaan, kuinka paljon todellisuudessa rakennusmateriaalia menee hukkaan ja jätteenkäsittelylaitokselle.

Työn tuloksena havaitaan, että suunnittelulla ja hyvin tehdyllä työllä voidaan säästää suuriakin summia. Kyseisessä kohteessa ei päästy rahallisesti mahdolloman suuriin säästöihin, sillä kohde oli melko pieni. Suuremmilla työmailla korostuu erityisesti hyvä suunnittelu ja laadukkaasti tehty työ.

Kieli
suomi

Sivuja 35
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat
Materiaalihukka, materiaalisisä, jätteet, kustannukset, elinkaari



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Autumn 2011
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author

Jalmari Myllärinen

Title

Construction material losses and decreasing methods for decreasing material losses in foundation work and framework stage.

Commissioned by

Suomen talouudistus OY

Abstract

The purpose of this thesis is to find out an amount of material losses in constructions during foundation and framework stages. The task related to this thesis is to determine methods to decrease material losses.

The research method involved counting amounts of materials from blueprints and analyzing amounts of materials used on a construction site. The thesis was completed by comparing theoretical material loss and actual material loss. Theoretical material loss was counted from blueprints and actual material loss was analyzed on construction site.

The purpose was to find out of this thesis was to find out the amount of material losses outline and how much actually useful material is wasted.

As a result of this thesis, it was discovered that with good planning and well done work it is possible to reduce building costs. In this case the construction site was quite small and therefore the savings in building costs were also low. In bigger projects good planning and work of good quality can reduce costs more.

Language
Finnish

Pages 35
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords

Material losses, material surplus, wastes, building costs, lifespan

SISÄLTÖ

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
1.1	Tutkimuksen tausta	5
1.2	Työn tavoite ja rajaus	6
2	Kohdetiedot.....	7
2.1	Kohteen mitat ja tekniset tiedot	8
2.1.1	Pinta-alat ja tilavuus	8
2.1.2	Rakenteet	9
2.2	Viranomaismääräykset	10
3	Hukka.....	12
3.1	Materiaalimenekkiä käsitteet	12
3.2	Materiaalilisten ja -hukkiä muodostumisen syyt	14
3.2.1	Menetelmällisät	14
3.2.2	Työvaihelisät	15
3.2.3	Työmaällisät	16
3.3	Materiaalikohtaiset materiaalilisät ja ó hukat	17
3.3.1	Betoni.....	17
3.3.2	Harkot ja laasti	17
3.3.3	Betoniteräksät.....	19
3.3.4	Perustusten ja maanvaraisen alapohjan eristäminen	19
3.3.5	Puutavara	20
3.3.6	Rakennuslevyt	21
4	Materiaalihukan vähentämiskeinoja.....	23
4.1	Suunnittelu	23
4.2	Määrälaskenta ja hankinta	24
4.3	Väliavarastointi, siirrot ja materiaalien suojaus työmaalla	24
4.4	Työn suunnittelu	25
4.5	Kahdeksan vinkkiä materiaalihukan vähentämiseen rakentajalle.....	26
5	Tutkimusmenetelmät	28
6	Tulokset	29
6.1	Betonin hukka	29
6.2	Harkkojen hukka	29
6.3	Laastin hukka	29
6.4	Teräksen hukka	30
6.5	Perustusten- ja maanvaraisen alapohjan eristeiden määrät ja hukat	31
6.5.1	Perustusten ulkopuolinen eristäminen	31
6.5.2	Perustusten sisäpuolen ja alapohjan eristäminen	31
6.6	Puutavaran hukka.....	32
6.7	Tuulensuojalevyjen hukka.....	33
7	Pohdinta	34
	Lähteet.....	36
	Liitteet	37

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Idean tähän työhön antoi rakennusliike Suomen Talouudistus Oy. Olin yhteydessä kyseisen rakennusliikkeen toimitusjohtajaan Markku Heikkilään, joka hetken pohdittuaan antoi aiheeksi selvittää rakennusmateriaalien hukkaa perustus- ja runkotyössä ja hukan vähentämiskeinoja. Aiheeseen oli helppo tarttua, sillä olen ollut pidempään kyseisen rakennusliikkeen palveluksessa. Rakennusliike oli juuri aloittamassa paritalon rakentamista. Pääsin seuraamaan läheltä kyseistä kohdetta. En kuitenkaan ole ollut jokaista työvaihetta tekemässä, joten olen rajannut opinnäytetyöni perustus- ja runkotyöhön.

Jätteiden kierrättämiseen ja lajitteluun on viime vuosina kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Rakennusalan vuosittainen jätemäärä on 7 - 10 miljoonaa tonnia, josta rakennus- ja purkujätettä on noin 1 - 2 miljoonaa tonnia. Valtioneuvoston päätös rakennusjätteestä (295/1997) asettaa tavoitteita jätemäärän seurannan sekä hyödyntämisen suhteen. (Perälä & Nippala 1998.) Myös EU asettaa velvoitteita jätemäärien seurannalle ja jätteen kierrätykselle (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY).

Työssä tutkittiin rakennusmateriaalien hukkaa perustus- ja runkotyössä. Tarkoituksena oli tutkia, mitä materiaaleja jäi työmaalla yli ja mihin niitä voitiin hyödyntää. Työssä selvitettiin, minkä verran työmaalla tuli hukkaa eri työvaiheissa, eli kuinka paljon perustustyössä meni terästä, betonia, harkkoja, laastia ja eristelevyjä. Runkotyössä taas seurattiin puumateriaalin ja tuulensuojalevyn määriä ja hukkaa. Lähtökohtaisesti materiaalit yritetään käyttää mahdollisimman tarkasti ja järkevästi. Esimerkiksi runkovaiheesta ylijäävälle materiaalille yritetään löytää käyttötarkoitus. Puumateriaalille yritetään saada mahdollisimman pitkä öelinkaariö, aina väliaikaistuennoista muottitavaraksi ja maakiiloiksi. Maakiiloja voidaan käyttää esim. valumuottien tukemiseen.

Rakennustyömailla syntyy erilaisia jätteitä, jotka jätteen tuottajan on lainsäädännön mukaan asianmukaisesti hävitettävä tai kierrätettävä. Jätteen käsittelyssä tärkeää on tun-

tea tuottamansa jäte. Jätteet pyritään hyödyntämään ja lajittelemaan mahdollisuuksien mukaan joko työmaalla tai jatkokäsittelyssä. (Jätelaki 1072/1993.)

öMateriaalihukka on rakentamisen ajoituksesta, puutteellisista ja virheellisistä suunnitelmista, suunnitelmista poikkeamisesta, suunnitellun materiaalikäytön ja materiaali-standardien yhteensopimattomuudesta, virheellisestä työsuorituksesta, huonosta ja puutteellisesta työsuunnittelusta, huolimattomasta työmaajärjestyksestä ja poikkeuksellisista sääolosuhteista johtuva materiaalien käyttökelvottomaksi muuttuminen.ö (Ratu-kortti 1191-S.)

Ylä-Savon Jätehuolto Oy:n tekemän rakennusjätteen lajitteluoppaassa (2011) kerrotaan seuraavaa: öSyntynyt jäte on aina tuhlettua raaka-ainetta. Tilauksen oikea ajoitus, huolellinen varastointi, mittatilaustöiden käyttö sekä käyttökelpoisten materiaalien ja tavaroitten hyödyntäminen vähentävät jätemääriä.ö

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon työmaalla syntyy materiaalihukkaa ja miten ja missä se muodostuu. Rakennusmateriaalit ovat kalliita ja sen vuoksi pitäisi jätteiden määrää vähentää ja kustannukset saada mahdollisimman pieniksi. Materiaali tulee käyttää hyödyksi mahdollisimman hyvin ja tarkkaan. Hyvällä suunnittelulla saadaan tuntuviakin säästöjä aikaan.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin 2-kerroksisen paritalon perustus- ja runkovaiheessa syntyviä materiaalihukkaa ja sitä, miten niiden määrää voitaisiin vähentää. Perustusvaiheessa tutkittiin anturabetonin, harkkojen, terästen ja eristeiden (EPS-eriste) määriä sekä niiden hukkaa. Runkovaiheessa tutkittiin puutavaran määrää aina alaohjauspuusta ja runkotolpista tuuletuskoolaukseen asti. Runkotyöt rajoittuvat tässä tutkimuksessa ulko-vaippaan, koska ei ollut mahdollisuutta olla seuraamassa ja selvittämässä esimerkiksi välipohjan materiaalmääriä.

2 Kohdetiedot

Tutkittava kohde on 2-kerroksinen paritalo (kuva 1). Rakennus on puurunkoinen ja ulkoverhoukseen tulee vaakapanelointi. Perustuksen rakenteena on käytetty maanvaraista perustusta (kuva 2). Lattia pinta-alaa on 107,5 m². Kokonaislattiapinta-ala rakennuksella 215 m². Pohja pinta-ala on 128 m².

Asunnot ovat kaksikerroksisia perheasuntoja ja niiden pohjarakenne tulee olemaan samanlainen molemmissa asunnoissa. Alakerrassa on keittiö, ruokailuhuone, olohuone, kodinhoitohuone, pesuhuone, sauna, erillinen wc ja tekninen tila portaiden alla. Yläkerrassa on kolme makuuhuonetta, aula, vaatehuone ja kylpyhuone.



Kuva 1. Tutkittava kohde on 2-kerroksinen paritalo.



Kuva 2. Rakennuksen perustukset ja alapohja.

2.1 Kohteen mitat ja tekniset tiedot

2.1.1 Pinta-alat ja tilavuus

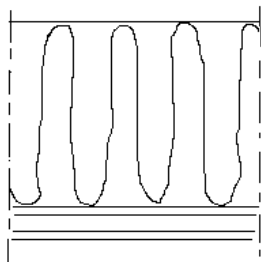
Rakennuksen pinta-alat ja tilavuudet asuntoa kohden ovat

- alapohja 56 m²
- yläpohja 64 m²
- ulkoseinät 108 m²
- ikkunat 13,3 m²
- ulko-ovet 4,00 m²
- rakennusala/talo 128 m²
- kerrosala/talo 256 m²
- tilavuus/talo 805 m³

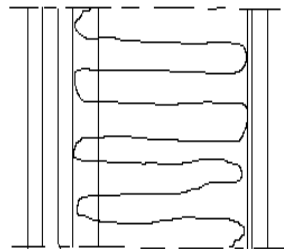
2.1.2 Rakenteet

Tässä luvussa on esitetty kohteen rakenneratkaisut. Rakenteet on kuvattu leikkauskuvoin ja niissä näkyvät eri materiaalit.

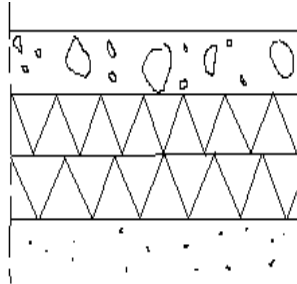
- yläpohja 0,08 W/m²K
- villa 500 mm (Sellu)
- muovi 0,20 mm
- rimoitus 48 mm*48 mm
- gyproc-kipsilevy 13 mm



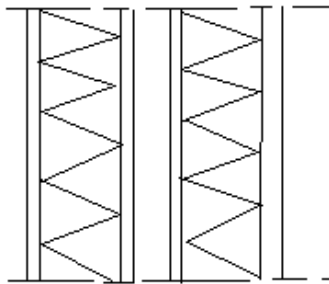
- Ulkoseinä 0,16 W/m²K
- Ulkovuori
- Naulausjuoksut 22 mm
- Tuulensuojalevy 12 mm
- Villa 48 mm+198 mm (Sellu)
- Runko 48 mm*48 mm k.600 + 48 mm*198 mm k.600
- Muovi 0,20 mm
- EK- kipsilevy 13 mm



- Alapohja 0,14 W/m²K
- Lattiapinnoite
- Betoni 100 mm
- 2*solumuovi 100 mm
- Maa- ja kiviaines



- huoneistojen välinen seinä 66 dB
- EK- kipsilevy 13 mm
- runko 98 mm*48 mm k.600, villa
- kipsilevy 13 mm
- ilmaväli 25 mm
- kipsilevy 13 mm
- runko 98 mm*48 mm+Villa
- EK- kipsilevy 13 mm



2.2 Viranomaismääräykset

Valtioneuvoston päätöksen mukaan annetun jätelain (1072/1993, 5 §, 18 §) nojalla rakennusjätteitä koskevan lain tarkoituksena on vähentää ensisijaisesti rakennusjätteen määrää ja haitallisuutta ja toissijaisesti lisätä sen hyödyntämistä:

Päätöteuttajan on yhteistyössä suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja rakentamisen muiden osapuolten kanssa suunniteltava ja toteutettava rakentaminen jätelain (1072/1993, 4 §) mukaisesti erityisesti siten, että

- 1) rakennusjätettä syntyy mahdollisimman vähän ja että käyttökelpoiset esineet ja aineet otetaan talteen ja käytetään mahdollisuuksien mukaan uudelleen;
- 2) rakennusaineita käytetään säästeliäästi ja niiden käyttöä korvataan mahdollisuuksien mukaan rakentamiseen soveltuvalla jätteellä; sekä
- 3) syntyvistä rakennusjätteistä ei aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle eikä merkityksellistä haittaa tai vaikeutta jätehuollon järjestämiselle.

Rakennusjätteitä koskeva valtioneuvoston päätös (295/1997) tuli voimaan vuonna 1997. Sen tavoitteena on vähentää rakennusjätteiden määrää ja haitallisuutta sekä lisätä rakennusjätteiden hyödyntämistä mahdollisimman tehokkaasti. Valtioneuvoston päätöksen tavoitteena oli saada rakennusjätteen hyödyntämisprosentti vuoteen 2000 mennessä keskimäärin 50 %:iin.

Rakennusjätteen haltijan on huolehdittava siitä, että rakennusjäte hyödynnetään, jos se on teknisesti mahdollista eikä siitä aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon (Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä 295/1997).

3 Hukka

3.1 Materiaalimenekkiä käsitteet

Tässä luvussa esitetään materiaalimenekkiä käsitteet (taulukko 1). Luvussa selvitetään, mistä eri asioista materiaalilisät ja -hukat muodostuvat.

Taulukko 1. Materiaalimenekkiä käsitteet Ratun mukaan (Ratu-kortti 1191-S).

Teoreettinen menekki M2	Menetelmällisä ML2	Työnvaihelisä ML3	Työmaalisä ML4
Menetelmämenekki M3			
Työnvaihemenekki M4			
Työmaamenekki M5			

Suunnittelun vaikutus materiaalihukan syntymiseen

Työmaan ja tuotannosuunnittelun vaikutus materiaalihukan syntymiseen

Teoreettinen menekki:

Teoreettinen menekki käsittää kaikki lopullisiin piirustuksiin merkityt materiaali-menekit laskettuna Talo 90 -määrälaskentaohjeen mukaan (Ratu-kortti 1191-S).

Rakenteessa olevat ylipituudet:

Rakenteessa olevat ylipituudet tarkoittavat materiaalimäärää, joka ylittää teoreettisen materiaalimäärän, esim. limitykset (Ratu-kortti 1191-S).

Menetelmällisä:

Menetelmällisä on menetelmämenekin ja teoreettisen menekin erotus. Menetelmällisä syntyy valitun työmenetelmän perusteella, eikä siihen voida juurikaan enää vaikuttaa työmaan toimenpiteillä. (Ratu-kortti 1191-S.)

Menetelmämenekki:

Menetelmämenekki on materiaalin valmismitat, rakenteiden mitat ja työmenetelmä huomioon ottaen määritelty tavoitteellinen materiaalimenekki (Ratu-kortti 1191-S).

Työvaihelisä:

Työvaihelisä on työvaihemenekin ja menetelmämenekin erotus ja syntyy varsinaisen työsuorituksen yhteydessä virheellisten toimenpiteiden seurauksena. Työvaihelisään kuuluu mm. työn aikana rikkoutunut materiaali ja hukkapalat. (Ratu-kortti 1191-S.)

Työvaihemenekki:

Työvaihemenekki on työvaiheessa käytetyn materiaalin kokonaismenekki työ kertaalleen tehtynä. Työvaihemenekkiin kuuluvat käytettävien materiaalien mittojen epästandardisuudesta, sopimattomista valmistusmenetelmistä, käytetyistä työmenetelmistä ja virheellisestä työsuorituksista johtuvat materiaalihukat. Sen sijaan se ei sisällä uudelleenteosta aiheutuvia menekkilisiä. (Ratu-kortti 1191-S.)

Työmaalisä:

Työmaalisä on työmaamenekin ja työvaihemenekin erotus ja se syntyy virheellisistä tai puutteellisista materiaalin hankinnasta, varastoinnista tai siirrosta. Työmaalisään kuuluvat mm. varastoinnissa turmeltunut materiaali, ehjä ylijäänyt materiaali ja muuhun käyttöön kulunut materiaali. (Ratu-kortti 1191-S.)

Työmaamenekki eli kokonaismenekki:

Työmaamenekillä tarkoitetaan kokonaismateriaalimäärää, joka työmaalla on käytetty. Kun työmaalle tuodusta materiaalmäärästä vähennetään käyttämätön, jäljellejäänyt materiaalmäärä, jää erotukseksi työmaamenekki (Ratu-kortti 1191-S).

Kokonaislisä:

Kokonaislisällä tarkoitetaan materiaalien todellisen ja teoreettisen menekin erotusta, johon sisältyvät ne materiaalien lisämenekit, jotka syntyvät materiaalien työmaalle tuomisen ja käyttämättömien, jäljellejääneiden käyttökelpoisten materiaalien poisviemisen välillä. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalilisä:

Materiaalilisä on käytettävästä työmenetelmästä, työvaiheesta sekä rakennuskohteen ajoituksesta, laajuudesta, työmaan aluesuunnitelmasta ja työn tekemisestä eli kokonaisuudessaan työmaasta johtuva lisä (Ratu-kortti 1191-S).

Materiaalihukka:

Materiaalihukka on rakentamisen ajoituksesta, puutteellisista ja virheellisistä suunnitelmista, suunnitelmista poikkeamisesta, suunnitellun materiaalikäytön ja materiaali-standardien yhteensopimattomuudesta, virheellisestä työsuorituksesta, huonosta ja puutteellisesta työsuunnittelusta, huolimattomasta työmaa järjestyksestä ja poikkeuksellisista sääolosuhteista johtuva materiaalien käyttökelvottomaksi muuttuminen. Materiaalihukkaa sisältyy kaikkiin materiaaliin. Työmaatoimilla voidaan vaikuttaa koko työmaalisään ja pääosaan työvaihelisästä ja vähäiseen osaan menetelmälisästä. Suunnitteluratkaisuilla vaikutetaan ennen kaikkea menetelmälisään. (Ratu-kortti 1191-S.)

3.2 Materiaalilisien ja -hukkien muodostumisen syyt**3.2.1 Menetelmälisät**

Menetelmälisän suuruuteen vaikuttaa valitun työmenetelmän soveltuvuus kyseisen materiaalin käsittelyyn. Menetelmälisä syntyy valitun työmenetelmän perusteella. Sitä ei täysin pystytä poistamaan työmaan hyvällä työnsuunnittelulla. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalia joudutaan tarpeen mukaan limittämään riittävän lujuuden saavuttamiseksi. Puutavara limitetään, jotta liitos saadaan tehtyä jäykäksi. Betoniteräkset limitetään, jotta teräs toimii suunnitellusti rakenteellisena osana. (Ratu-kortti 1191-S.)

Ylimääräistä materiaalia joudutaan asentamaan rakenteeseen sen mukaisesti, mitä menetelmää käytetään. Asennuksessa otetaan huomioon käytettävän menetelmän vaatimukset. Työmenetelmä sisältää työnosia, joiden materiaalisältöä ei ole riittävän tarkasti yksilöity, mutta jotka otetaan huomioon laskelmissa lisien avulla. Esim. valuja tehtäessä tarvitaan aputeräksiä. Betoniterästen asennuksessa toimivat teräkset kiinnitetään muotteihin asennusterästen avulla. Suuret betonirakenteet joudutaan valmistusteknisistä

syistä johtuen valamaan useammassa työosassa. Tällöin tehdään työsaumoja, joihin asennetaan työsaumateräksiä sekä muottilaudoitus, jotka eivät kuulu teoreettiseen mekaniikkiin. (Ratu-kortti 1191-S.)

Tilamitoituksessa käytetään 1 M -moduulia ja sen kerrannaisia, joissa mitoitus tehdään 100mm:n välein. Rakenteellisista syistä johtuen joudutaan käyttämään myös epämoduulisia mittoja. Hukkapalojen syntyminen johtuu liian väljistä valmistus- ja asennustoleransseista. Hukkapalat syntyvät, kun materiaalit paloitellaan rakenteiden mittoihin eikä syntyneitä hukkapaloja pystytä hyödyntämään. Esim. rakennuslevyistä joudutaan leikkaamaan koko levyn mittainen kapea soiro, jos tilamitoitus on epäonnistunut. Tällaisille ylijääneille hukkapaloille ei yleensä löydy toisaalla uutta käyttöä. (Ratu-kortti 1191-S.)

3.2.2 Työvaihelisät

Työvaihelisät syntyvät työmaalla virheellisten työsuoritusten seurauksena. Työvaihelisien vähentämiseen ja poistamiseen voidaan vaikuttaa hyvällä työnsuunnittelulla ja materiaalien oikealla käytöllä. (Ratu-kortti 1191-S.)

Rakenteeseen asennetaan turhaan pidempiä materiaaleja kuin olisi tarpeen, kuten suunnitelmia pidemmät raudotteet tai puutavaran limitykset. Ylimääräinen materiaali jää rakenteeseen, kun materiaaleja ei ole lajiteltu koon mukaan ja rakenteeseen joudutaan asentamaan tarpeettoman suuri kappale. Myös materiaalin katkaisun laiminlyönnin vuoksi ylimääräistä materiaalia jää rakenteeseen. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalilisää syntyy myös silloin, kun tehtyjen rakenteiden mitat tai materiaalivahvuudet ovat suuremmat kuin suunnitelmissa. Esim. perustusten anturoiden tai maanvaraisten laattojen betonoinnissa syntyy suunnitelmia vahvempia rakenteita maapohjan epätasaisuuksien vuoksi. (Ratu-kortti 1191-S.)

Ylimääräisellä materiaalilla tarkoitetaan asennettua suunnitelmiin kuulumatonta materiaalia. Esimerkiksi täyttöön tarkoitettua kevytsoraa kuluu maapohjan epätasaisuuksien täyttämiseen. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalin paloittelusta syntyneet suuret hukkapalat tulisi hyödyntää. Materiaalihukkaa syntyy, kun materiaalien käyttö on huonosti suunniteltu ja sitä käytetään virheellisesti, tuhlailevasti ja huolimattomasti. Esimerkiksi, jos levyjen jakoa ei ole suunniteltu, syntyy suuria hukkapaloja, joille ei löydy käyttökohteita. (Ratu-kortti 1191-S.)

3.2.3 Työmaalisät

Työmaalisät syntyvät ylimääräisen materiaalin tilaamisesta ja materiaalin huolimattomasta käsittelystä ja varastoinnista. Hukkaa syntyy, jos materiaali on varastoitu huolimattomasti työmaalla, siirroissa, käytössä muihin kohteisiin ja materiaalin hävitessä. (Ratu-kortti 1191-S.)

Työmaalisään vaikuttaa myös työmaalle tilattu liika materiaali, jolle ei löydy tarkoituksenmukaista käyttöä. Materiaalia ei pystytä myöskään hyödyntämään taloudellisesti muilla työmailla, jolloin materiaalista syntyy jätettä. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalia turmeltuu työmaalla väärän tilausajankohdan ja puutteellisen varastoinnin vuoksi. Materiaalin turmeltuminen johtuu kostumisesta tai kastumisesta ja sen seurauksena tapahtuvasta värjäytymisestä, homehtumisesta tai ruostumisesta. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalin siirrot, varastointi ja muu käsittely aiheuttavat materiaalien kolhiintumista, katkeilua ja vääntymistä. Materiaaleja siirretään ja varastoidaan useita kertoja työkohteessa ennen lopullista kiinnittämistä suunniteltuun kohteeseen. Useampaan kertaan käytetään lähinnä puutavaraa ja levyjä. Materiaali turmeltuu esim. muottien ja telien purkamisessa. Materiaalia joudutaan joskus myös jättämään valmiiseen rakenteeseen, koska sitä ei pystytä purkamaan. (Ratu-kortti 1191-S.)

Työmaalisää syntyy, jos materiaalia häviää tai sitä käytetään eri tarkoitukseen kuin on tilattu, esim. valmiiden rakenteiden suojaamiseen, väliaikaisten vesijohtojen lämmöneristämiseen ja telieisiin (Ratu-kortti 1191-S.)

3.3 Materiaalikohtaiset materiaalilisät ja ó hukat

Seuraavaksi käsitellään materiaalikohtaiset materiaalilisät ja -hukat. Jokainen materiaali käsitellään erikseen ja selvitetään taustoja hukan muodostumiseen kyseiselle materiaalille.

3.3.1 Betoni

Materiaalilisien määrään vaikuttaa muun muassa tehtyjen valujen keskikoko ja mahdollisuus hyödyntää ylijäänyt betoni. Materiaalilisät on laskettu teoreettista materiaali-menekkiä kohden. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalihukkaan voidaan vaikuttaa laskemalla massan tarve tarkkaan ja ottamalla betonia sopivissa erissä. Liian suurissa erissä tilaaminen voi aiheuttaa sen, että betonimassa alkaa kuivua liian aikaisin, joka aiheuttaa betonin ominaisuuksien heikentymisen. (Ratu-kortti 1191-S.)

Betonin materiaalihukkaa voi aiheuttaa muotin pettäminen sekä muotin ylivalunut betonimassa. Muotit on tuettava kunnolla, etteivät ne pääse pettämään. Jos valu tulee olemaan korkea ja paksu, on se suoritettava useammassa kerroksessa (enintään 200-300mm kerralla). (Ratu-kortti 1191-S.)

3.3.2 Harkot ja laasti

Tässä luvussa on esitetty taulukossa harkkojen ja laastin teoreettisia menekkejä. Alla olevassa taulukossa (taulukko 2) on esitetty, miten lasketaan harkkojen ja laastin teoreettiset määrät. Seuraavissa luvuissa on perehdytty tarkemmin, mistä ja miten hukkaa muodostuu kyseisellä materiaalilla ja tarkemmin selvitetty taulukon käyttöä.

Taulukko 2. Harkkojen ja laastin määrät ovat teoreettisia menekkejä. Taulukosta voidaan laskea materiaalin tarkat määrät. Taulukkoarvoon pitää sitten lisätä materiaalisat. (Ratu-kortti 42-0290.)

	kpl/muuraus- m ²	laasti, kg/harkko	laasti, kg/muuraus-m ²
kevytsora- ja betoni- harkot			
yksiuraiset	8,33	3,6	30
kaksiuraiset	8,33	3,6	60
eristeharkot	8,33	6	50
kevytbetoniharkot			
leveys 100mm	8,33	0,72	6
leveys 200mm	8,33	1,14	9,5
leveys 375mm	8,33	1,68	14

Harkot

Kevytsoraharkon menekin laskeminen on helppoa ja se voidaan tehdä hyvinkin tarkasti. Suunnittelija laskee ja määrittää harkkokerrosten määrän. Tämän jälkeen lasketaan piirustuksista talon ulkomittojen avulla ja harkkokerrosten määrän avulla sokkelin pinta-ala. Harkkoja lasketaan menevän 8,33kpl/muuraus-m² (teoreettinen määrä) (Ratu-kortti 42-0290). Kuitenkin on otettava huomioon hukka, jota työmaalla tapahtuu. Harkkoja voi särkyä kuljetuksen aikana tai työmaalla siirrettäessä. Myös hukkaa syntyy muurattaessa, harkkoja on välillä pilkottava pienemmiksi ja harkkoja voi särkyä. Teoreettinen menekki on siis helppo laskea, mutta työvaihelisä on myös siis otettava huomioon. Yleensä se on 41 8 %. (Ratu-kortti 42-0290.)

Laasti

Ylijääneen laastimateriaalin osuus on pienin silloin, kun tehdään laajoja kokonaisuuksia. Käytettävät materiaalityypit sekä alustan tasaisuus vaikuttavat poikkeamiin teoreettisista määristä. Jäljelle jäänyttä kuivalaastia ei voi käyttää myöhemmin, mutta märkälaastia voidaan käyttää. Materiaalihukkaa aiheuttaa laastin turmeltuminen varastoinnissa, ylimääräinen valmistettu laasti, liian suuret laastivahvuudet, laastin pursuaminen ulos saumoista ja valmiin työn turmeltuminen. (Ratu-kortti 1191-S.) Teoreettisen menekin laskeminen on helppoa ja melko tarkkaa. Laastin menekin laskeminen tapahtuu yllä olevan taulukon mukaan, eli tässä kohteessa 60 kg/muuraus-m² (taulukko 2). Laastin materiaalisat on 51 10 %. (Ratu-kortti 42-0290.)

Kuivalaastin turmeltuminen varastoinnissa voidaan estää siten, että tilataan laasti vasta laastien käytön ajankohtana. Jos laasti voidaan tilata mahdollisimman myöhään, jää kostumisen mahdollisuus vähäiseksi. Laastisäkit on varastoitava mahdollisimman hyvin, että ne eivät pääse kastumaan. Säkit säilytetään kuormalavojen päällä ja suojataan hyvin. Kuivalaasti kannattaa hankkia käyttötarpeen mukaan sopivan kokoisissa pakkauksissa; avatulle pakkaukselle ei useimmiten löydy enää käyttökohdetta. (Ratu-kortti 1191-S.)

3.3.3 Betoniteräket

Terästen määrän vaihtelu aiheutuu raudoitusten tuentatavoista. Valmiiden elementtien ja verkkojen tuentaan käytetään vähemmän asennusterästä, kuin yksittäisten tankojen asentamisessa. Muut materiaalisat johtuvat terästen katkaisusta jääneistä hukkapaloista ja käyttökelvottomiksi turmeltuneista terästangoista. Materiaalihukkien määrään voidaan vaikuttaa materiaalien hankinnassa ja varastoinnissa, työn suunnittelussa ja materiaalin käytössä. Materiaalin hankintaan ja varastointiin sisältyvät betoniterästen katkaisusta jääneet hukkapalat, terästen turmeltuminen kuljetuksen ja varastoinnin aikana ja talvella lumen alle jääneet tai muuten peittyneet teräket. Työn suunnittelu sisältää terästen ylipituudet, asennusterästen määrä ja katkaisusta jääneet hukkapalat. Materiaalin käyttö taas sisältää ylimääräiset katkaisut ja taivutetut teräket ja liian paksut tankokoot. Estääksemme teräksen hukan syntymisen kannattaa varastoida teräket hyvin säältä ja liikenteen rasitukselta. (Ratu-kortti 1191-S.)

3.3.4 Perustusten ja maanvaraisen alapohjan eristäminen

Eristelevyät turmeltuvat helposti ja niitä on käsiteltävä huolellisesti ja varoen. Eristeiden turmeltumista voi syntyä kuljetusten ja siirtojen aikana. Eristeitä ei kannata hankkia liian aikaisin työmaalle, jotta ei jouduta turhaan välivarastoimaan. Määrälaskenta kannattaa tehdä huolella ja mahdollisimman tarkasti. Ylimääräisiä eristelevyjä on vaikea säilyttää, niin että ne säilyisivät ehjinä. (Ratu-kortti 1191-S.) Hukkaa syntyy myös asennusvaiheessa, kun niitä joudutaan paloitlemaan ja tekemään esim. sadevesiputkille läpivientejä.

3.3.5 Puutavara

Puutavarasta tulevaa hukkaa aiheuttaa puutavaran turmeltuminen varastoinnin aikana. Puutavara kannattaa tilata työmaalle vasta käytön ajankohtana ja varastoida aluspuiden päälle. Puutavara kannattaa suojata sateelta, lumelta, jäältä, tuulelta, pakkaselta ja liialta auringonvalolta ulkotiloissa sääsuojilla tai suojapeitteistä tehdyllä katoksella. Varastoinnissa on tärkeää huolehtia tuulettumisesta, sillä tuulettamisella voidaan välttää sinistymisen ja muut ulkonäköä heikentävät vaikutukset. On huolehdittava, ettei puutavaralla ole liian tiivistä suojausta ja puutavaranippuihin asetetaan välirimoja ilman kierron varmistamiseksi. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalihukkaa voidaan vähentää määrämittaisten tuotteiden ja esivalmistettujen tuotteiden käytöllä. Materiaalien käyttö kannattaa suunnitella tarkasti ja hukkapalat hyödyntää mahdollisuuksien mukaan joko samassa kohteessa tai toisella työmaalla. Hukkapalojen syntymisen vähentämiseksi käytetään tasamittaista ja sekapituista puutavaraa kummallekin mitalle ominaiseen kohteeseen. Jos kohteessa tarvitaan paljon eripituista puutavaraa, tulee sekapituisten puutavaran käyttö usein edullisemmaksi. Rakenteissa, joissa on yhtä pituutta paljon, kannattaa tilata työmaalle määrämittaista tavaraa, jolloin materiaalihukka vähenee. Puutavaran katkaisu suunnitellaan siten, että ensin katkaistaan pisimmät rakenteet ja etsitään pätkille soveltuvia kohteita. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalien käyttöä muuhun kuin aiottuun tarkoitukseen kannattaa välttää. Tästä johtuen voidaan joutua silloin tällöin hankkimaan uutta materiaalia, jos hyvää materiaalia on käytetty kohteisiin, joihin olisi kelvannut huonompikin tai kertaalleen käytetty materiaali. Huonompi materiaali ja hukkapalat kannattaa säästää ja lajitella, sillä niitä voi hyödyntää vaikka kaidemateriaalina tai muottipuutavarana seuraavalla työmaalla. Eräs tärkeä asia on myös se, että valitaan materiaaliksi sopivan vahvuista materiaalia ja välteään ylivahvuuksia. Ylipituuksia välttämällä saadaan säästöä. Puutavaran limitykset kannattaa tehdä suunnitelmien mukaan. (Ratu-kortti 1191-S.)

3.3.6 Rakennuslevyt

Suurimmat erot materiaalilisien suuruudessa syntyvät standardimittaisen ja rakennekorkeuden mukaan tilattujen levyjen käytössä tai levytettävillä pinnoilla olevien aukkojen määrästä. Myös työmaavarastointi aiheuttaa materiaalilisiä levyjen turmeltuessa. (Ratukortti 1191-S.)

Materiaalihukan määrään vaikuttaa moni asia. Hukkapalojen syntymistä välttääkseen, kannattaa työmaalle tilata määrämittäisiä levyjä rakennekorkeuden mukaan. Toisena merkittävä asia on rakennuslevyjen turmeltuminen varastoinnin aikana. Vältetään levyjen varastointia työmaalla ja varsinkin kulkureittien varrella, koska ne kolhiintuvat helposti. Suositeltavaa on tilata levyt työkohteeseen vasta asennuksen alkaessa, sillä eritoten kipsilevyt ovat arkoja sateen ja kosteuden vaikutuksille. Välivarastointiin joutuvat levyt on suojattava huolellisesti ja mielellään sisätiloihin siirrettynä. Siirtoja tehdessä on pyrittävä siihen, ettei niitä tarvitsisi siirrellä myöhemmin. Nostoissa ja siirroissa kannattaa käyttää nostoapuvälineitä, jotka eivät rasita levyjen reunoja. Rakennuslevyt on aina nostettava aluspuiden päälle tasaiselle pinnalle. Levyjä siirreltäessä on erityisesti varottava levyjen kulmien kolhiintumista. (Ratukortti 1191-S.)

Levytystyön suunnitteluun kannattaa käyttää aikaa. On tärkeää noudattaa laadittuja levyjakojä ja leikkaussuunnitelmia. Koolaukset tehdään levyjen mittojen mukaan, jotta voidaan käyttää mahdollisimman paljon kokonaisia levyjä. Levyjen käyttö suunnitellaan siten, että pinta levytetään kokonaisilla levyillä, tämän jälkeen suurimmilla mahdollisilla täysleveillä levyillä. Arvioidaan, asennetaanko levyt vaak- vai pystyasennossa. Ylijäämäpalat käytetään ensin ja tarvittaessa leikataan kokonaisista levyistä tarvittavat palat. (Ratukortti 1191-S.)

Levytystyön järjestystä kannattaa miettiä ja suunnitella. Viimeisenä on järkevää levyttää kulkureittien varrelta. Tällä estetään valmiin pinnan kolhiintuminen. Valmis pinta kannattaa suojata huolellisesti rakentamisen ajaksi. (Ratukortti 1191-S.)

Materiaalin järkevällä käytöllä ja työjärjestyksellä voi vaikuttaa hukan määrään. Ylläpidetään hyvää järjestystä leikkauspaikalla ja lajitellaan hukkapalat kokonsa mukaan, jotta hukkapalat tulee tehokkaasti käytettyä. Leikkaus kannattaa suorittaa tarkoitukseen sopi-

valla työpöydällä ja leikkaukseen sopivilla välineillä. Leikkaus ja mittaus kannattaa tehdä huolella. Tällöin säästytään mittausvirheiltä ja huolellisella leikkauksella säästytään levyjen turmeltumiselta. Kipsilevyjätteet vietään pois työmaalta siisteyden säilyttämiseksi. Muille turmeltuneille levyille voi löytyä toisarvoista käyttöä. (Ratu-kortti 1191-S.)

4 Materiaalihukan vähentämiskeinoja

Kaikki työmaalle tuodut rakennustarvikkeet on rahalla maksettu - nekin, jotka kuljetetaan jätelavalla jäteasemalle. Hankitusta materiaalista menee työmaalla hukkaan tavallisesti 8ó15 %. Paljonko se on euroina? 5000p? 10000p? Eli ylimääräisestä materiaalista joutuu huonoimmassa tapauksessa maksamaan kahteen kertaan. Voit vaikuttaa rakennustyömaallasi syntyvän jätteen- ja hukan määrään monin helpoin tavoin (Nordström & Lindberg. 2010.)

4.1 Suunnittelu

Rakennettaessa työjärjestys kannattaa suunnitella huolella. Oikeaan aikaan toimitetut tavarat ja hyvin suunniteltu rakentamisen aikataulu vähentävät kustannuksia huomattavasti. (Hurme. 2007, 18.) Varsinkin Suomen olosuhteissa tavaroiden kastumisriski on suuri erityisesti runkovaiheessa ennen kuin vesikatto on suojana. Rakenteet kannattaa suunnitella sellaisiksi, että niitä tehdessä päästään mahdollisimman nopeasti vesikattovaiheeseen. Suurissa rakennuksissa kannattaa rakentaa lohkoittain, esim. rakentamalla porraskäytävä huoneistoinen mahdollistaa rakennuksen nopean sulkemisen. Tällöin kosteusvaurioiden syntyminen asennettuihin materiaaleihin vähenee. (Ratu-kortti 1191-S.; Lappalainen. 2010.)

Työmaakohteen rakennustarvikkeita suunniteltaessa valitaan sellaisia materiaaleja, jotka soveltuvat mahdollisimman hyvin kyseiseen kohteeseen ja rakenteisiin. Näin vältetään rakenteiden hankalasta yhteensovittamisesta syntyvä materiaalihukka. Kun tilojen ja rakenteiden suunnittelussa käytetään moduulimittoja, voidaan käyttää vakiokokoisia rakennusmateriaaleja, esimerkiksi vakiokokoisia levyjä ja lautoja. (Ratu-kortti 1191-S.)

Suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon myös vallitsevat olosuhteet työmaalla. Pyritään valitsemaan sellaisia materiaaleja, jotka kestävät työmaalla vallitsevat olosuhteet vaurioitumatta, ilman, että täytyy tehdä monimutkaisia suojaustoimenpiteitä. Jos materiaaleilta vaaditaan pitkäaikaista säänkestoa, valitaan säänkestäviä materiaaleja. (Ratu-kortti 1191-S.)

4.2 Määrälaskenta ja hankinta

Teoreettiset materiaalimenekit lasketaan piirustuksista tarkasti. Kun tilataan materiaalit, otetaan huomioon materiaalilisät. Näin vältetään ylimääräisen materiaalin tilaamiselta. Kun työmaalle tilataan määrämittaista materiaalia ja esivalmistettuja rakenneosia, niin ei synny turhia hukkapaloja. Ylijääneelle materiaalille kannattaa etsiä toisarvoinen käyttötarkoitus. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalitulaukset kannattaa tehdä niin, että materiaali tulee työmaalle juuri ennen asennusta. Näin saadaan mahdollisimman lyhyt varastointiaika ja materiaalit säilyvät hyvinä. Samalla suunnitelmien muutoksiin kyetään reagoimaan paremmin kuin tilaamalla koko kohteen materiaalit yhdellä kertaa. Lopullisen menekin arvioiminen helpottuu, kun loput tilaukset tehdään käyttäen tehtävässä kohteessa jo syntyneitä menekki- ja materiaalilisätietoja. Pitkäaikaiseen työmaavarastointiin joutuva materiaali tilataan hyvin suojattuna. (Ratu-kortti 1191-S.)

4.3 Välivarastointi, siirrot ja materiaalien suojaus työmaalla

Materiaalien hankkiminen työmaalle ja varastointi suunnitellaan siten, että materiaalit ovat työmaalla mahdollisimman vähän aikaa. Työmaan tilankäyttö otetaan huomioon tilausten ajoituksessa. Väljälle työmaalle voidaan materiaalit välivarastoida helpommin, jolloin myös esim. työmaaliikenteen aiheuttama materiaalien vaurioituminen vähenee. Materiaali toimitetaan suoraan työkohteeseen. Näin vähennetään materiaalien varastoinnin ja siirtojen aiheuttamaa materiaalihukkaa. (Ratu-kortti 1191-S; Koski, Lehtinen, Perälä & Kiviniemi. 1998, 31.)

Materiaalien siirrot suunnitellaan etukäteen tilausten saapumisen yhteyteen. Puretaan saapuvat materiaalit suoraan niiden käyttökohteen viereen ja pyritään vähentämään materiaalin siirtoja työmaalla. Materiaaleja ei kannata siirrellä turhaan työkohteessa ennen lopullista asentamista. Materiaalit siirretään kokonaisina kuljetuspaketteina. Väärin tehdyt nosto- ja siirtotyöt rikkovat ja kolhivat materiaaleja ja ovat myös usein työturvallisuusriski. Materiaalin käsittelyyn tulee käyttää aina siihen soveltuvia koneita ja kalus-

toa, jotta siirtojen aiheuttama materiaalien vaurioituminen voidaan poistaa. (Ratu-kortti 1191-S.; Koski ym. 1998, 31.)

Varastointi suunnitellaan hyvin ja hankitaan tarvittavat tilapäiset varastosuojat. Herkemät, sään vaikutuksille alttiit materiaalit suojataan vesisateelta, maan kosteudelta, lumelta, jäältä ja auringonvalolta. Jos esim. eristeet, levyt ja veden kanssa reagoivat materiaalit, kuten kuivalaastit, pääsevät kostumaan, niiden ominaisuudet heikkenevät tai ne muuttuvat kokonaan käyttökelvottomiksi. Materiaalit varastoidaan aina aluspuiden tai kuormalavojen päälle niin, ettei maan kosteus pääse vaikuttamaan materiaaleihin. (Ratu-kortti 1191-S.; Koski ym. 1998, 31)

Materiaalien valmistajien varastointiohjeet selvitetään ja niitä noudatetaan. Tavaroiden toimittajia reklamoidaan väärin suojattuina toimitetuista materiaaleista. Materiaalin sallitut varastointiajat ja suojausohjeet selviävät ohjeista. Materiaalit varastoidaan sellaiseen paikkaan, jossa muu työmaan toiminta tai liikenne ei aiheuta materiaalien vaurioitumista. (Ratu-kortti 1191-S.)

Tarvittaessa suojataan myös jo asennetut materiaalit sään vaikutuksilta. Veden pääsy estetään asennettuihin materiaaleihin. Työmaalle hankitaan riittävästi suojia ja peitteitä, jotka saadaan tarvittaessa nopeasti käyttöön. Työmaalla oleva ja sinne tuleva materiaali pitää suojata huolella ja varastoidaan paikkaan, jossa ne eivät pääse vaurioitumaan. Levy- ja puutavaraniput on hyvä suojata kosteutta kestäviksi esim. muovihupuilla jo tehtaalla. (Ratu-kortti 1191-S.)

Varkaudet ehkäistään varastoimalla materiaalit lukittaviin säilytystiloihin ja käyttämällä vartiointipalveluja. (Ratu-kortti 1191-S.)

4.4 Työn suunnittelu

Menetelmävalinnassa otetaan käytettävien materiaalien ominaisuudet huomioon ja valitaan sellaiset työmenetelmät, joissa materiaalihukka on pieni. Käytetään kyseisen materiaalin työstämiseen tarkoitettuja koneita. Jos havaitaan puutteita käytetyissä menetelmissä, kehitetään vaihtoehtoisia menetelmiä, joilla materiaalihukan syntymistä voidaan vähentää. (Ratu-kortti 1191-S.)

Materiaalien käyttö suunnitellaan kohteessa mahdollisimman tarkasti ja hyödynnetään hukkapalat joko samassa kohteessa tai siirretään materiaali käyttöön toiselle työmaalle. Lisäksi huolehditaan työntekijöiden koulutuksesta ja ohjataan työntekijöitä oikeisiin työtapoihin, jolloin virheelliset työtavat jäisivät vähäisiksi. (Ratu-kortti 1191-S.)

Hukkapalat lajitellaan uudelleen hyödynnettäviin materiaaleihin ja jätteisiin. Uudelleen käyttöön palautetaan ylimääräinen kokonainen materiaali sekä hukkapalat, joille löytyy vielä taloudellisesti kannattavia käyttökohteita. Uudelleenkäytettävät materiaalit lajitellaan erilleen kierrätettävistä, kaatopaikka- ja ongelmajätteistä. Materiaalit palautetaan työmaan käyttöön tai siirretään toiselle työmaalle. Myös useampaan kertaan käytettävien materiaalien, kuten muottipuutavaran taloudellinen uudelleenkäyttö arvioidaan. (Ratu-kortti 1191-S.)

4.5 Kahdeksan vinkkiä materiaalihukan vähentämiseen rakentajalle

Raaseporin kaupungin edustaja Börje Lindberg ja Novia ammattikorkeakoulun edustaja Piia Nordström ovat tehneet öJätteen vähentämävinkkejä rakentajalle ö listan. Lista löytyy Raaseporin kaupungin internet sivuilta. Tähän olen tehnyt yhteenvedon keinoista, joilla voi vaikuttaa materiaalihukan ja jätteen syntymiseen. Olen ottanut kyseisestä listasta kohdat, jotka näin tarpeelliseksi tähän työhön.

1. Lasketaan tilattavat materiaalmäärät tarkoin ja osta vasta sitten. Jos määrien arvioiminen on hankalaa, osta ensin pienempi erä ja päättelee menekin perusteella lopullinen tarve. Pyritään sopimaan ylimääräisten erien palautuksesta. Selvitetään tarkoin myös toimitusehdot, jotta saat tavaran työmaalle oikea-aikaisesti.
2. Tilataan materiaalit määrämittaisina ja mahdollisimman pitkälle esivalmistettuina. Levyt ja eristeet hankitaan sopivan levyisinä, puutavaran pituus tarpeen mukaan.
3. Suunnitellaan rakennus vastaamaan muuttuviakin tarpeita ja minimoidaan hukkaneliöt sekä liiallinen monimuotoisuus. Jos rakennetaan asuntoa itselle, pohditaan mitkä ovat

tarpeet nyt ja 25 vuoden kuluttua. Pyritään suosimaan kierrätyskelpoisia rakennusmateriaaleja.

4. Ollaan varmoja urakoitsijan ammattitaidosta. Työtavat ja osaaminen vaikuttavat materiaalihukan syntyyn.

5. Suunnitellaan työmaalle jätehuolto. Selvitetään jätehuoltomääräykset. Selvitetään, mitkä materiaalit kannattaa lajitella.

6. Sovitaan urakoitsijan kanssa jätehuollon pelisäännöistä. Edellytetään lajittelua. Lajittelemalla rakennusjätteen säästät luontoa ja omaa lompakkoa! Siisteys on työmaalla myös turvallisuuskysymys.

7. Suunnitellaan rakennustarvikkeiden säilytys ja sääsuojaus työmaalla, jotta tarvikkeet eivät rikkoudu tai kastu. Näin kohentuu myös rakennuksesi laatu. Harkitaan esimerkiksi autotallin rakentamista ensimmäisenä ó voidaan käyttää sitä työmaan varastona. Myös tietyt jätelajit kannattaa suojata vedeltä, sillä ne kastuessaan painavat jäteaseman vaaalla enemmän.

8. Pyritään hyödyntämään öjätteitä jo työmaalla. Pakkausmuovit ja ó pahvit voidaan käyttää työmaan suojauksissa.

5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä on käytetty empiiristä tutkimusta. Talon piirustuksista laskin teoreettiset määrät ja menekit. Työmaalla ollessani seurasin ja laskin todellista menekkiä ja hukan määrää. Joidenkin materiaalien menekkiä seurasin työvaihetta tehdessäni ja joissain materiaaleissa laskin hukkamäärän ns. jälkikäteen.

Perustukset

Anturabetonin hukan määritin siten, että sain työantajalta anturan tilavuuden ja tilatun betonin määrän sain rahtikirjasta. Niiden erotuksesta muodostui kyseinen hukkamäärä. Sokkeliharkkojen määrän laskin muuraustyön jälkeen, mikä oli harkkojen lopullinen määrä eli todellinen määrä. Tämän jälkeen laskin ylimääräiset harkot ja lopuksi arvion harkkopalojen määrän. Hukka oli helppo laskea ja lopputulos hyvinkin tarkka. Teräksen ja laastin hukan arvioin työvaiheen jälkeen. Kun kaikki teräkset oli asennettu, laskin jäljelle jääneet teräkset ja sen lisäksi arvion kuinka paljon oli asennettu ylivahvuutta. Laastin määrän arvioin myös lopuksi. Arvion, että kuinka paljon jäi laastia säkkiin ja kuinka paljon oli valmista laastia mennyt hukkaan.

Eristeet

Eristeiden hukan selvitin siten, että laskin ensin teoreettisen määrän rakennuksen piirustuksista. Asennuksen aikana syntyneet hukkapalat keräsin talteen. Kun eristeet oli asennettu, arvion hukkapalojen määrän ja laskin ylimääräiset täydet levyt.

Runko

Runkotyövaiheessa laskin runkotolppien määrän ja pituuden rakennekuvista. Runkotolppia sahatessa keräsin hukkapalat yhteen kasaan. Siitä käytettiin hyödyksi lankunpätkiä, mikäli oli mahdollista. Käyttökelvottomat lankunpätkät kasattiin eri kasaan ja siitä oli sitten helppo arvioida hukkapalojen määrä. Ylivahvuudet rungossa tarkistin rungonpystytyksen jälkeen, kun kiersin rakennuksen läpi ja tarkistin, missä ja minkä verran niitä oli. Tuulensuojalevyjen hukan arvioin hukkapaloista ja laskin ehjien ja kokonaisten levyjen määrän.

6 Tulokset

6.1 Betonin hukka

Kohdetalossa anturan tilavuus on 4 m^3 . Anturan koko on 500×200 . Työmaalle tilattiin $4,5 \text{ m}^3$ betonimassaa ja siitä 4 m^3 meni anturaan. Massan määrä laskettiin ja tilattiin vain anturoihin. Loppu massa valettiin autokatoksen lattiaan. Tässä tutkimuksessa ei ole otettu huomioon autokatoksen lattiaa. Ylijäämä betoni tuli hyötykäyttöön eikä hukkaa tullut. Autokatoksen lattia valettiin myöhemmin loppuun. Anturasta jäänyt hukka on 11 %.

6.2 Harkkojen hukka

Tälle työmaalle oli tilattu 325 harkkoa. Teoreettinen määrä oli 318 kpl. Muurauksen jälkeen ehjiä harkkoja jäi yli 4 kappaletta ja muutama harkko hajosi käyttö kelvottomiksi. Hukkaa oli siis 7 harkkoa. Hukka on siis 2 %.

6.3 Laastin hukka

Työmaalle tilattiin 2 kpl 1000 kg:n laastisäkkiä. Teoreettinen menekki oli 1670 kg. Muurauksen jälkeen jäljelle jäi noin 300 kg. Huonon säilytyksen ansiosta noin 50 kg kostui ja meni hukkaan, mutta loput noin 250 kg säilöttiin hyvin työmaalla ja käytettiin myöhemmin autokatoksessa.

Hukkaa syntyi kuitenkin ylimääräisestä valmistetusta laastista, varastoinnissa turmeltu-
neesta laastista sekä laastin pursuamisesta ulos saumoista. Saumoista ulos pursunneen laastin osuus oli pieni, sillä edellisen harkon asennuksen jälkeen ylitullut laasti kerättiin talteen ja käytettiin heti seuraavassa harkossa. Hukkaan mennyt laasti oli muutamia litroja. Ylimääräistä valmistettua laastia syntyi vain muutamia kymmeniä litroja. Muurauksessa tehtiin aina isompia kokonaisuuksia kerrallaan ja kaikki valmistettu laasti käytettiin ennen kuin lopetettiin työpäivä. Laastia jäi hukkaan ainoastaan silloin, kun sokke-

lien muuraus loppui ja sokkeli valmistui. Lopuksi ylimääräistä muurauslaastia jäi n. 10 litraa. Hukkaa muodostui siis n. 100 kg. Hukka on noin 6 %.

6.4 Teräksen hukka

Perustusvaiheessa työmaalle tilattiin 20 kappaletta 12 mm:n tankoja, 62 kappaletta 8 mm tankoja sekä 6 kappaletta 10 mm:n kierretankoja. 12 mm:n tankoista kaikki 20 kappaletta meni anturaan. Anturaan olisi riittänyt 50 ó 60 senttimetrin limitykset, mutta josain kohdin limitys oli hieman suurempi. Tämä aiheutti pientä hukkaa, vaikkakin hyvin vähäistä. Jos olisi laittanut teräkset juuri 50 senttimetrin limityksillä, olisi jäänyt vajaa 4 metrin terästanko ylimääräiseksi.

Sokkeliin kului 60 kappaletta 8 mm:n tankoa. Sokkeliin muurattiin neljä harkkokerrosta ja teräksiä tuli siis kolmeen kerrokseen. Tankoja meni 20 tankoa jokaista harkkokierrosta kohden. Sokkelissa limitykset olivat hieman tarvetta suuremmat, joten hukkaa muodostui vajaa neljä metriä jokaista kerrosta kohden. Yhteensä hukkaa muodostui 10-12 metriä eli noin 2 täyttä tankoa. Sokkelimuurauksen jälkeen jäi kaksi tankoa yli ja niitä käytettiin myöhemmin. Niistä tehtiin tukia vesiputkille valunaikana. Valun kuivumisen jälkeen ylimääräiset leikattiin pois ja niistä tuli hukkapätkiä, jotka menivät jätteeksi.

Tartuntateräksenä käytettiin 10 mm paksua ja 2 metriä pitkiä kierretankoja. Työmaalle tilattiin 6 tankoa, joista sai 7 kappaletta 28 cm pitkiä pätkiä eli tartuntateräksiä syntyi 42 kpl. Tartuntateräket tulivat kaikki käyttöön, eikä hukkaa näin syntynyt.

Seuraava taulukko esittää, kuinka paljon on teoreettinen määrä ja kuinka paljon on ollut todellinen määrä.

Taulukko 3. Harjaterästen ja kierretankojen menekki ja hukka.

Teräs	Kokonaismenekki (m)	Todellinen menekki (m)	Hukka (m)	hukka (%)
Harjateräs 12mm	120	116	4	3
Harjateräs 10mm	372	360	10 - 12	3
Kierretanko 10mm	12	12	0	0

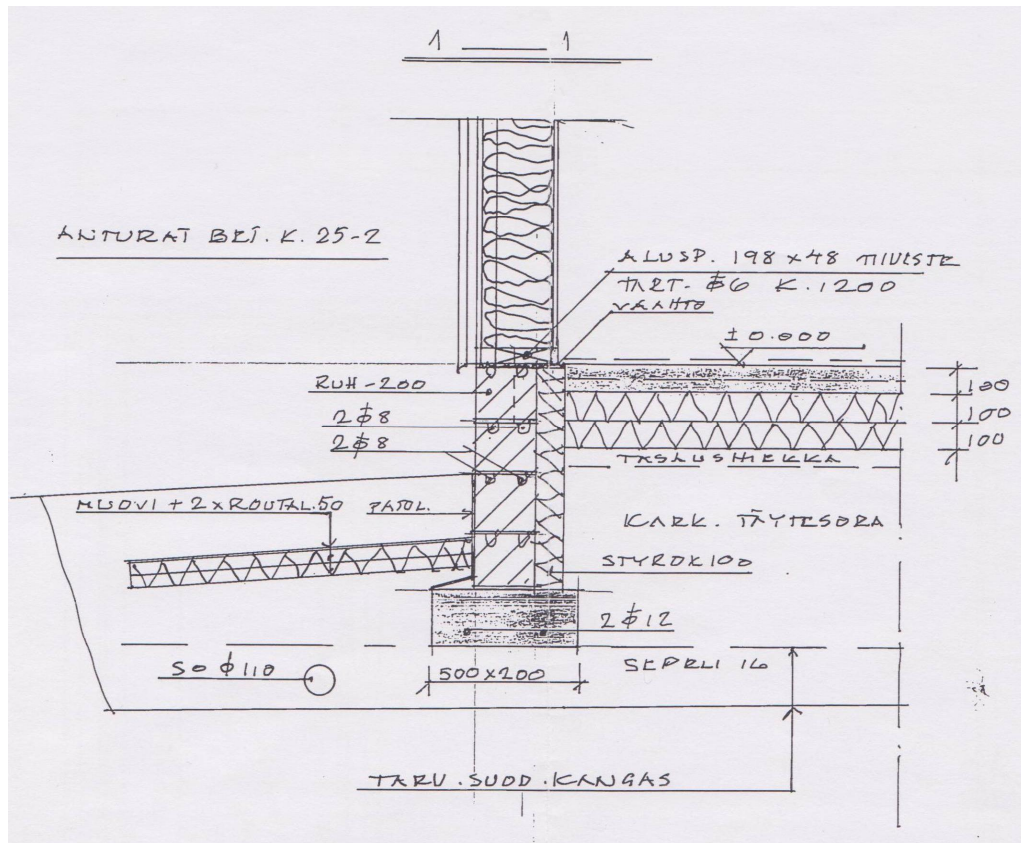
6.5 Perustusten- ja maanvaraisen alapohjan eristeiden määrät ja hukat

6.5.1 Perustusten ulkopuolinen eristäminen

Eristäminen tapahtui routaeristeellä. Eristeeksi tuli 2*Thermisol Routa 50 mm. Teoreettinen määrä oli 90 m². Routaeristettä noudettiin työmaalle 8 pakettia eli 80 levyä. Eristämiseen kului 76 levyä. Neljä levyä jäi yli, mutta ne käytettiin perustusten sisäpuolen eristämiseen. Hukkaa ei syntynyt juurikaan, ainoastaan sadevesiputkille tehtyjen läpivientien kohdalla. Hukkapaloja syntyi puolen neliön verran.

6.5.2 Perustusten sisäpuolen ja alapohjan eristäminen

Perustusten ja alapohjan (kuva 3) eristämisessä käytettiin ylijääneitä Thermisol Routaeristeitä 4 kpl. Muuten lattia eristettiin Thermisol Lattia 100 mm levyillä. Sokkelin sisäpintaan asennettiin 100 mm ja lattiaan 2*100 mm lattiaeriste. Eristettävän alapohjan pinta-ala on 117 m² eli lähes koko lattiapinta-alan verran, pois lukien kantavan väliseinän kohdalle asennettu 2*Styrofoam 50 mm. Alapohjan teoreettinen menekki oli 234 m² ja sokkelin sisäpinnan teoreettinen menekki on 35 m². Kokonaismenekki oli 270 m². Alapohjaan ja sokkelin sisäpuolen eristämiseen kului 225 levyä. Lattiaeristettä haettiin yhteensä 46 pakettia eli 276m². Ylimääräisiä levyjä jäi 2 kappaletta. Hukkapaloja syntyi yhteensä noin 3 m² sen jälkeen, kun maanvaraisen alapohjan eristelevyt oli asennettu. Hukkapaloja syntyi, kun levyjä piti leikellä. Hukka muodostui levyn paloista, joita ei voinut hyödyntää ja kun lattiakaivojen läpivientejä tehdessä syntyi pieniä paloja. Lattiaeristeen hukka on 1 %. Kantavan väliseinän kohdalle laitettiin 50 mm Styrofoam-levy. Vaakaan asennettiin kaksi kerrosta 50 mm levyä ja pystyyn puoliksi kavennettu levy. Styrofoamia tilattiin työmaalle 1 paketti (10 kpl). Todellinen menekki oli yhteensä 8,5 levyä.



Kuva 3. Kohteen leikkauskuva perustuksista ja alapohjasta.

6.6 Puutavaran hukka

Runkomateriaalina käytettiin 198*48 hienosahattua lankkua. Kyseistä tavaraa käytettiin runkotolpissa ja yläjuoksussa. Lankku oli 5400 mm pitkää ja tolpan pituus tuli olemaan 5300 mm. Jokaisesta täydestä tolpasti jouduttiin lyhentämään 100 mm ja siitä syntyi hukkaa (7,6 jm). Runkoon käytettiin paljon erimittaisia lankkuja ja lankunpätkiä. Työmaalla sahattiin ensin pidemmät tolpat ja lopuksi hyötykäytettiin mahdollisuuksien mukaan lankunpätkiä. Yläjuoksussa käytettiin samaa materiaalia. Yläjuoksuun käytettiin 48 jm lankkua. Siihen jouduttiin käyttämään 9 lankkua. Hukkaa muodostui 600 mm. Rungon pystytyksessä hukkaa syntyi yhteensä 24 jm.

Runkoon asennettiin sekä pysty- että vaakakoolaus. Vaakakoolaukseen käytettiin 48*48*6000 rimaa. Vaakakoolaus on 600 mm jaolla. Koolaus tehtiin seinä kerrallaan ja pyrittiin mahdollisimman hyvin hyödyntämään rimanpätkät. Teoreettinen menekki oli 434 jm. Kokonaismenekki oli yhteensä 456 jm. Hukkaa muodostui 22 jm.

Pystykoolaus (tuuletuskoolaus) tehtiin 22*100*4800 laudasta. Tuuletuskoolaukseen kuului yhteensä 62 lautaa. Teoreettinen menekki oli 281 jm. Kokonaismenekki oli 295 jm. Työmaalle oli tilattu 300 jm lautaa. Hukkaa muodostui 19 jm.

Taulukossa 4 on esitetty puumateriaalin menekit ja hukat. Taulukosta näkee teoreettisen menekin, kokonaismenekin, hukan määrän metreinä ja hukan määrän prosenteissa.

Taulukko 4. Puumateriaalien määrät ja hukat.

Materiaali	Teoreettinen menekki (m)	Kokonaismenekki (m)	Hukka (m)	Hukka (%)
198*48*5400	538	562	24	4,3
50*50*6000 (vaakakoolaus)	434,2	456	21,8	4,8
22*100*4800 (pystykoolaus)	281	295	19	6,4

6.7 Tuulensuojalevyjen hukka

Kyseisessä kohteessa levytettävää seinäpinta-alaa on 172,5 m²(Teoreettinen määrä). Työmaalle tilattiin 60 tuulensuojalevyä. Materiaalilisä oli 10 %. Asentamisen jälkeen ehjiä levyjä jäi käyttämättä 3 täyttä levyä. Täydet levyt varastoitiin huolella ja käytettiin autokatoksessa. Kuljetuksen aikana oli vaurioitunut päällimmäinen levy ja hukkapaloja syntyi n. 5 m². Kokonaishukka oli siis 5,5 levyä. Hukka on 9 %.

7 Pohdinta

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni olen huomannut rakentamisessa jätteiden ja materiaalihukan aiheuttama kustannuksen vaikutuksen. Liitteeseen 1 olen koonnut kaikkien materiaalien hukat ja niiden rahalliset arvot taulukoituna. Hyvällä suunnittelulla voidaan saada suuriakin säästöjä. Tässä kohteessa materiaalit noudettiin pienemmissä erissä, ja sen vuoksi määrälaskenta oli tarkempaa ja helpompaa ja hukkaa syntyi vähän. Kokonaan hukkaa on mahdotonta saada pois, mutta sen minimoimiseen voi vaikuttaa ja siihen on hyvä keskittyä.

Uudisrakentamisessa syntyy luonnollisesti vähemmän jätettä ja hukkaa, koska vanhoja rakenteita ei ole purettavana. Kaiken materiaalin voi tilata tarkkaan työmaalle ja hukat voidaan pitää minimissään tehokkaalla määrälaskennalla. Eri rakennusmenetelmien valinnalla on myös tekemistä rakennusjätteiden syntyyn. Puujätettä syntyy paljon esimerkiksi paikalla valuissa, kun taas valmiit elementit vähentävät muotituksen tarvetta.

Tutkittavaa kohdetta rakentaessa asennusporukka tiesi, että tutkin kyseisen kohteen materiaalihukkaa. Tietoisesti ei ainakaan pyritty vaikuttamaan tutkimustulokseen, vaan pyrimme pitämään työtavat normaaleina ja tehtiin työ niin kuin oli totuttu. Tutkittavassa kohteessa hukka vaihtelee 1 %:n ja 9 %:n välillä. Hukat ovat pääasiassa Ratun (1191-S, 42-0290) tasolla. Joidenkin materiaalien kohdalla hukka oli hieman pienempi, kuin Ratun antamat arvot. Kyseisessä kohteessa materiaalin kuljetus ja hankinta tapahtuu usein omana rahtina. Esimerkiksi routa- ja lattiaeristeet noudettiin työmaalle omalla peräkärjellä ja sitä haettiin pienemmissä erissä. Kun materiaali noudetaan pienissä erissä, voidaan arvioida ja laskea tarkemmin menekkiä.

Opinnäytetyöni tavoitteena olleet, syntyvien materiaalihukkien määrät ja niiden vähentämiskeinot, onnistuin selvittämään hyvin. Löysin eri materiaalit ja työvaiheet, joissa syntyi eniten materiaalihukkaa. Levytystyössä havaitsin syntyvän eniten hukkaa ja routa- ja lattiaeristyksessä vähiten. Paremmalla suunnittelulla olisi päästy hieman parempaan lopputulokseen. Tulensuojalevyjä asentaessa olisi kannattanut suunnitella paremmin talonpäädyn öyläkolmion levytys. Rakennuksen päädyn öyläkolmion levyttämisessä syntyi hukkaa liikaa, sillä jouduttiin leikkaamaan vinoja paloja ja levyistä ei voinut hyödyntää niin hyvin. Kokonaan hukkaa on mahdoton saada pois levytystyössä, jos le-

vytettävän seinän muoto aiheuttaa vaikeuksia. Kohde oli harjakattoinen sekä ikkuna- ja oviaukkoja oli melko paljon. Aukkojen takia levyjä jouduttiin leikkelemään enemmän, eikä kaikkia pienimpiä paloja voinut hyödyntää. Myös ylivahvuuteen on hyvä kiinnittää enemmän huomiota. Ylivahvuus käsittää tässä työssä asennetut liian suuret limitykset runkotyössä sekä rakenneteräksiä asennettaessa sokkeliin.

Työ pohjautuu työmaalla hankittuihin tuloksiin. Hankin osan tiedoista ollessani työmaalla töissä ja osan tiedoista sain työnantajalta. Rakenteisiin, joihin keskityin, sain tarkat ja luotettavat tiedot, jonka perusteella työtä voidaan pitää luotettavana. Lähteet on poimittu eri tekijöiltä ja olen pyrkinyt löytämään alkuperäisen lähteen. Lähteitä oli melko vaikea löytää ja tulin siihen johtopäätökseen, että asiaa ei ole kovin paljon tutkittu. Rakennuskustannusten nousun sekä ympäristön kuormittavuuden vähentämiseksi aiheutta olisi tärkeä tutkia lisää, jotta saataisiin erityyppisistä rakenteista ja rakennustekniikoista johtuva hukan määrä vähenemään ja materiaali kiertämään.

Lähteet

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:fi:HTML>
L. 9.10.2011

Hurme, P. 2007. Hukkamateriaalien ja jätteiden käytön tehokkuus rakentamisessa. Tutkintotyö. Tampereen Amk Rakennustekniikan koulutusohjelma.

Jätelaki 1072/1993

Koski, Lehtinen, Perälä. & Kiviniemi. 1998. Talonrakennustyömaan jätehuollon kehittäminen. Espoo.

Lappalainen. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja.

Nordström & Lindberg. 2010

<http://www.raasepori.fi/firstpage/2095-minimera-byggavfallet>. 15.11.2011.

Perälä. & Nippala. 1998. Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö. Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1998, Espoo.

Ratu-kortti 42-0290. Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät.

Ratu-kortti 1191-S. Suunnitteluohje. Rakennustyön materiaalisat ja -hukat, 2000.

Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (295/1997).

Ylä-Savon Jätehuolto Oy. Opas rakennusjätteiden lajittelusta 2011.pdf.
www.ylasavonjatehuolto.fi. 15.11.2011

Liitteet

Liite 1. Materiaalien määrät, hukat ja hukkien rahalliset arvot.

Materiaali	Teoreettinen määrä	Todellinen määrä	Kokonaishukka	Hukka (%)	Hukan määrä (Ö)
Betoni	4 m ³	4,5 m ³	0,5 m ²	11	80
Harkot	318 kpl	325 kpl	7 kpl	2	16
Laasti	1670 kg	1700 kg	130 kg	6	13
Teräkset					
Harjateräs 12mm	116 m	120 m	4 m	3	4
Harjateräs 10mm	372 m	360 m	10 - 12 m	3	9
Kierretanko 10mm	12 m	12 m	0 m	0	0
Eristeet					
Thermisol Routa 50mm	90 m ²	91,2 m ²	0 m ²	0	0
Thermisol Lattia 100mm	269 m ²	270 m ²	5,5 m ²	1	45
Styrofoam 50mm	8,5 kpl	10 kpl	1,5 kpl(2,2m ²)	15	13
Puutavara					
198'48'5400 (Hienosahattu)	538 m	562 m	24 m	4,3	13
50*50*6000 (vaakakoolaus)	434,2 m	456 m	21,8 m	4,8	4
22*100*4800 (pystykoolaus)	281 m	295 m	19 m	6,4	12
Tuulensuojalevy	172,5 m ²	54,5 levyä (177 m ²)	5,5 levyä (17,5 m ²)	9	70
					Yht. 279