

# **ERI MUOTTIMATERIAALIEN TOI- MIMINEN BETONIVALUJEN MUOTTIKÄYTÖSSÄ**

Sauli Mäkitalo

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka  
Tampereen ammattikorkeakoulu

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talorakennustekniikka

MÄKITALO, SAULI

Eri muottimateriaalien toimiminen betonivalujen muottikäytössä

Opinnäytetyö 49 sivua

Toukokuu 2013

---

Teräsbetoni on kantavien rakenteiden yleisin materiaali. Tästä syystä betonivalutyöt ovat tuttu näky rakennustyömailla. Valutyöt koostuvat muotituksesta, raudoituksesta, valusta, jälkihoidosta ja muottien purusta sekä muottikaluston huollosta. Valuissa käytettävät muottimateriaalit ovat joko kertakäyttöisiä tai useamman kerran käytettäviä. Yleisimmin käytetty muottipintamateriaali on puulevy ja erityisesti vaneri. Muottivanerien kestävyys on koetuksella rakennustyömaan muuttuvissa olosuhteissa ja purkuvaiheessa.

Opinnäytetyössä tutkittiin eri muottimateriaaleja betonivalukäytössä. Tavoitteena oli saada selville muottimateriaalien eroavaisuuksia ja heikkouksia mahdollista tuotekehitystä varten. Tutkittavina oli 6 eri vanerilevyä. Kokeet toteutettiin Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Muottivanerimateriaalien testaukseen ei ollut valmiita standardisoituja testausmenetelmiä, joten tarkoitukseen soveltuvat koejärjestelyt ja testausmenetelmät ideoitiin itse.

Työssä selvitettiin myös rakennusalan yrityksistä käytetyimpiä muottiöljyjä ja kokeimuksia muottivanereiden käytöstä betonivalutöissä. Varsinaisia kokeita muottivanereille tehtiin kolme erilaista. Ensiksi tutkittiin muottiöljyn toimintaa materiaalien pinnoilla ja toisessa kokeessa muottimateriaalien puhdasta tartuntaa betonipintaan tartuntavetokokeilla. Kolmannen kokeen tarkoitus oli selvittää materiaalien ominaisuuksia ja tartuntaa normaalissa valukäytössä. Kokeet toistettiin mahdollisuuksien mukaan useampaan kertaan, jotta tilastollinen käsittely olisi mahdollista.

---

Asiasanat: betonivalumuotti, paikallavalu, betonityöt, valumuottimateriaali

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering  
Option of Structural Engineering

MÄKITALO, SAULI:

Application of different moldmaking materials in concrete casting

Bachelor's thesis 49 pages

May 2013

---

Reinforced concrete is the most common material in load-bearing structures. Therefore concrete casting jobs are commonly seen at construction sites. The casting jobs consist of several stages, such as mold building, reinforcing, casting, aftercare, mold demolition and maintenance of moldmaking equipment. Moldmaking materials are either disposable or reusable multiple times. Wood boards, especially plywood are most commonly used. Durability of mold plywood is at risk in changing conditions at construction sites and in demolition phase.

This thesis work examines the usage of different moldmaking materials in casting works. The goal was to find out differences and weaknesses of moldmaking materials for possible research and development purposes. Six different plywood boards were examined. Tests were carried out in Tampere University of applied sciences laboratory. Standard test methods for testing of moldmaking plywood materials were not available. Therefore suitable test procedures and methods were composed.

This thesis work also examined the most common casting oils and experiences with the use of moldmaking plywood boards by construction companies. Three tests were carried out with moldmaking plywood boards. The first test examined the behavior of mold oils on material surfaces. The second test examined how moldmaking materials attach to concrete surface. The third test was carried out to examine material properties and adhesion in regular casting work. Tests were repeated many times, if possible, to allow statistical analysis.

---

Key words: concrete casting mold, on-site casting, concrete works, moldmaking materials

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	MUOTTITYÖ.....	6
	2.1 Muottityöt nykyisin.....	6
	2.2 Valumuottimateriaalit .....	7
	2.3 Muottimateriaalien jättämä valutulos.....	8
	2.4 Muottien ja muottipinnan käsittely .....	9
	2.5 Muottiöljyt.....	10
	2.6 Muottityön jälkihoito ja muottien purku .....	12
	2.7 Muottityön laatuvaatimukset.....	13
3	TYÖMAAKOKEMUKSIA MUOTTIMATERIAALEISTA .....	16
	3.1 Muottiöljyt.....	16
	3.2 Muottimateriaalin valintaan vaikuttavat tekijät .....	16
	3.3 Muottien käyttöikä .....	16
	3.4 Muottikaluston huoltotoimenpiteet .....	17
4	KOEMATERIAALIT .....	18
5	MUOTTIMATERIAALEILLE TEHDYT KOKEET .....	19
	5.1 Koemateriaalien vanhentaminen.....	19
	5.2 KOE 1. Muottiöljyn toiminta koemateriaaleissa.....	21
	5.2.1 Toteutus .....	22
	5.2.2 Tulokset .....	25
	5.2.3 Tulosten tarkastelu .....	26
	5.2.4 Havainnot .....	27
	5.2.5 Virhetarkastelu .....	29
	5.3 KOE 2. Tartuntakokeet tasolevyllä.....	29
	5.3.1 Toteutus .....	29
	5.3.2 Tulokset .....	34
	5.3.3 Tulosten tarkastelu .....	36
	5.3.4 Havainnot .....	37
	5.3.5 Virhetarkastelu .....	38
	5.4 KOE 3. Tartuntakokeet muottikalustossa .....	39
	5.4.1 Toteutus .....	39
	5.4.2 Tulokset .....	42
	5.4.3 Tulosten tarkastelu .....	44
	5.4.4 Havainnot .....	44
	5.4.5 Virhetarkastelu .....	46
	5.5 Yhteenveto kokeiden tuloksista ja havainnoista .....	46
6	LOPPUYHTEENVETO .....	48
	6.1 Mahdolliset jatkotutkimukset.....	48
	LÄHTEET .....	49

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada erilaisilla kokeilla selville eri muottimateriaalien eroavaisuuksia ja mahdollisia heikkouksia betonivalukäytössä sekä tutkia materiaalien toimintaa valutöissä. Työssä tarkasteltiin muottivanerien toimintaa eri muottiöljyillä ja vanerien käyttäytymistä betonivaluissa uutena sekä käytettynä. Tutkittavina oli 6 eri vanerilevyä. Kokeet toteutettiin Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriossa aikavälillä 1.6 – 28.7.2011. Koeolosuhteina olivat laboratorion sisätilat eli lämpötila n. +20°C ja ilmankosteus n. 60 %. Muottivanerimateriaalien testaukseen ei ollut valmiita standardisoituja testausmenetelmiä, joten tarkoitukseen soveltuvat koejärjestelyt ja testausmenetelmät ideoitiin itse. Työ tehtiin yritykselle, joten opinnäytetyönä julkaistava osa jäi hieman suppeaksi.

Aluksi työssä pureuduttiin hieman nykyisin käytettyihin betonivalumateriaaleihin, valuuissa huomioitaviin asioihin ja valupinnan laatuvaatimuksiin. Työssä selvitettiin myös rakennusalan yrityksistä käytetyimpiä muottiöljyjä ja kokemuksia muottivanereiden käytöstä betonivalutöissä. Varsinaisia kokeita muottivanereille tehtiin kolme erilaista. Ensiksi tutkittiin muottiöljyn toimintaa materiaalien pinnoilla. Öljyjen pienestä erosta johtuen alkutestauksen jälkeen valittiin kokeeseen keskimääräisiä ominaisuuksia vastaava tuote. Toisessa kokeessa materiaalien tartuntaa betonipintaan tutkittiin tartuntavetokokeilla sekä öljytyillä että öljyamättömillä pinnoilla. Viimeisen kokeen tarkoitus oli selvittää materiaalien ominaisuuksia ja tartuntaa normaalissa valukäytössä. Kaikki kokeet toteutettiin uudelle sekä kuluneelle pinnalle.

Kokeet toistettiin mahdollisuuksien mukaan useampaan kertaan, jotta tilastollinen käsittely olisi mahdollista. Kokeiden aikana ja jälkeen tehtiin havaintoja materiaaleissa ja materiaalien jättämissä pinnoissa ilmiöistä, poikkeamista ja ongelmista.

## 2 MUOTTITYÖ

### 2.1 Muottityöt nykyisin

Betonivalujen muottityöt tulevat jossain määrin vastaan lähes jokaisella rakennustyömaalla pienemmässä tai suuremmassa mittakaavassa. Elementtirakentaminenkaan ei ole kokonaan poistanut muottitöiden tarvetta ja paikalla valu on edelleen vallitseva rakentamismenetelmä esimerkiksi sillanrakentamisessa (Järvinen 2009, 38). Paikalla valuna tehdään yleisesti nykyään myös mm. väestönsuojia, rakennusten perustuksia, perusmuureja, seiniä ja holveja (Kuva 1).



Kuva 1. Muotittettua ja valmista perusmuuria.

Valutyöt vaativat aina erilaisia muottirakenteita, jotta betonimassa saadaan kovettumaan haluttuun muotoon. Valumuotit koostuvat usein kantavasta rungosta ja muotin pintarakenteesta. Tosin pienemmissä valuissa pintarakenne toimii samanaikaisesti kantavana runkona. Muottityö ja raudoitus vievät usein enemmän aikaa kuin itse valutyö. Muotituksen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon mm. valupinnan laatuvaatimukset ja muotikaluston purkumahdollisuus. Muotin on myös oltava niin luja ja hyvin tuettu, ettei se

tuoreen betonimassan aiheuttaman valupaineen takia muuta muotoaan. Betonimassan vaatima tiivistys kun kasvattaa muottiin kohdistuvaa painetta. Lisäksi muotin on oltava tiivis, jottei betonin sementtiliima puserru muotin saumoista ulos heikentäen rakenteen lujuutta ja betonipinnan ulkonäköä. Korkeissa pystymuoteissa myös tuulikuorma on mitoituksessa huomioonotettava seikka. Muottitekniikkaa on kehitetty ajan saatossa jatkuvasti ja erilaisia materiaaleja muottirakenteissa on kokeiltu kustannustehokkuuden parantamiseksi. Siitä huolimatta ovat lauta- ja levymuottirakenteet säilyttäneet kilpailukyönsä paikalla rakentamisessa. Suuri joustavuus ja soveltuvuus erilaisiin käyttötilanteisiin, helppo työstettävyys ja hyvä saatavuus, keveys sekä edullinen hinta ovat jatkuvan menestyksen selittäjä (RATU 06-3029, 1994). Lauta- ja levymuottirakenteet ovatkin edelleen yleinen näky rakennustyömailla.

Muotit voidaan jaotella eri tyyppeihin esimerkiksi pääasiallisen muottimateriaalin, muottiyksikön koon, käyttökertojen lukumäärän, rakennuskohteen, rakennusosan tai tukisuunnan mukaan. Muottityötä helpottavat erilaiset muottijärjestelmät. Nykyaikaisissa muottitekniikoissa, järjestelmämuoteissa tai muottitöissä yleensä käytetään pääsääntöisesti eri muottijärjestelmien vuokrattavia vakio-osia. Siinä on useita etuja: mm. mahdollisten käyttökertojen määrä työmaalla on moninkertainen, jolloin käytettävän kaluston kustannukset pienenevät. Samalla, järjestelmämuotteja käyttäen työskentely on paljon turvallisempaa. (Peri Suomi Oy, luettu 9.5.2013)

## **2.2 Valumuottimateriaalit**

Valumuottien pintamateriaalin valintaan vaikuttaa paljolti betonipinnan laatuvaatimukset. Nykyisin käytettäviä muottimateriaaleja ovat puu, puulevy, teräs, alumiini, muovi ja lasikuitu. Näiden lisäksi käytetään eräitä materiaaleja lähinnä kertakäyttömuottien aineksina siten, että muotti joko jää paikoilleen pysyvässä rakenteessa tai tuhoutuu purettaessa kokonaan. Tällaisia materiaaleja ovat betoni, poimulevy, teräsverkko, pahviputket, polyeteenikalvot tai muottikankaat. Niin kuin jo aikaisemmin todettiin, että lauta- ja levymuottirakenteet ovat edelleen suosiossa ja eniten käytetty muottipintamateriaali on puulevy ja erityisesti vaneri. Melko yleinen levykoko on  $1200 \times 1200 \text{ mm}^2$  ja vaneripaksuudet 12, 15, 18 ja 21mm. Vanerimuottilevyjä käytetään sekä muottijärjestelmissä että myös pienissä, paikalla kappaletavarasta rakennettavissa muoteissa. Valmiin betonipin-

nan sileyden aikaansaamiseksi ja muotin käyttökertojen lisäämiseksi ne useimmiten pinnoitetaan. Yleisimmät muottivanerit ovat filmipintainen sekavaneri ja koivuvaneri.

Eri vanereilla on eri lujuusominaisuudet. Lujuus kasvaa kuusivanerista (heikoin) koivuvaneriin (kestävin). Lujuus- ja jäykkyysoinaisuudet ovat myös erilaiset vanerin eri suunnissa ja niissä on rakenteesta johtuen huomattaviakin eroja. Irtotavarana filmipintainen sekavaneri kestää käytössä arviolta 4..8 kertaa ja suurissa muottiyksiköissä koivuvanerilla saavutetaan jopa 50...100 käyttökertaa. (Suomen betoniyhdistys, 212, Taulukko 1). Käyttökertojen lukumäärä riippuu tietysti käytön huolellisuudesta ja pinnalle asetetuista vaatimuksista. Puupohjaisten muottilevyjen pinta kun on herkkä kolhuille sekä erilaisille kiinnityksille ja varauksille.

Taulukko 1. Eri muottimateriaalien ominaisuuksia (Betoniteollisuus ry 2013, 4)

Muottivanerityyppi	Valutulos	Käyttökerrat (laatulokka B)
<b>Pinnoittamattomat</b>		
koivupintaiset	erittäin hyvä, huokoseton	hyvä tulos 1...2 kertaa/puoli tydyttävä tulos 2...3 kertaa/puoli
kuusipintaiset	tydyttävä, viulun syykuvio näkyy betonissa ja oksien pihka saattaa värjätä betonia	2...3 kertaa/puoli
<b>Pinnoitetut</b>		
kuusivaneri, filmipintainen	tydyttävä, viulun syykuvio saattaa näkyä betonissa, betonipinnassa pieniä huokosia	10 valukertaa
combivaneri, filmipintainen	hyvä, sileä pinta, jossa pieniä huokosia	15...40 valukertaa laadusta riippuen
koivuvaneri, filmipintainen	hyvä, sileä pinta, jossa pieniä huokosia	60...100 valukertaa laadusta riippuen
viirapintainen filmivaneri	hyvä, karkea mattapinta, josta ei erota pientä huokoisuutta	10...20 valukertaa

### 2.3 Muottimateriaalien jättämä valutulos

Valumuottimateriaalin tiiviys vaikuttaa myös huomattavasti betonipinna värisävyyn. Mitä tiiviimpi muottimateriaali on, sitä vaaleampi on sitä vasten valettu betonipinta.



Mitä enemmän muottimateriaali imee vettä, sitä tummempi betonipinnasta tulee, koska betonipinnan vesisementtisuhte pienenee ja väri tummuu. (Betoniteollisuus ry 2013, 4)

Vanerilla saadaan aikaiseksi tiivis ja sileä pinta. Eri vanerilaatujen imukyky vaihtelee, joten yhtenäisen pinnan saavuttamiseksi käytetään saman pintakäsittelyn omaavaa vaneria. Betonipinnan sileyden ja muotin käyttökertojen lisäämiseksi levyt yleensä pinnoitetaan. Imukykyinen sahatavara jättää taas tumman värin betonipintaan, koska materiaalin imemä vesi pienentää betonin vesi-sementti-suhdetta.

## **2.4 Muottien ja muottipinnan käsittely**

Riittävän laadukkaan valmiin betonipinnan aikaansaaminen edellyttää, että muotteja ja muottipintoja on huollettava työmaan aikana oikein. Parhaimmankaan muottimateriaalin pinta ei säily laadukkaana huoltamatta. Huoltovapaita muottipintoja ei ole olemassa. Muottipinnan huolto lisää kustannuksia, mutta ei koskaan niin paljon kuin betonipinnan korjaaminen ja muottipinnan uusiminen.

Muottipintojen huolto sisältää puhdistuksen ja öljyämisen. Muottien puhdistus tulee tehdä jokaisen valukerran jälkeen. Painevedellä ja harjaamalla tehty muottipinnan pesu auttaa vain välittömästi muotin purun jälkeen tehtynä. Puhdistus myöhemmin tehtynä vaatii hieman kovempia työkaluja ja muottien kulumisen ja rikkoutumisen riski kasvaa. Kovettuneen betonin irrottamiseen käytetään muotinpuhdistuspetkeleitä ja harjakoneita. (Suomen betoniyhdistys 2004, 214.)

Muottipintaa kuluttaa betonin ohella kaikki muottipintaan kiinnitettävät varaukset ja stopparit. Myös raudoitusteräksillä ja työterästen kiinnityksillä voidaan aiheuttaa tarpeetonta muotin kulumista. Muotin varomattomalla käsittelyllä aiheutetaan yleensä pahimmat vauriot sekä muottipinnoille että muottien runkorakenteille. Muottipinta voi helposti vaurioitua muottia irrottaessa esimerkiksi kangella. Muottien pudottelu tuhoaa ainakin muottilevyjen kulmat ja reunat. Muottikasettien välivarastointi maassa tai betoniholvilla muottipintansa varassa tuhoaa nopeasti vaneripinnan. Vaaka-asennossa makaavaan muottiin vesi ja jää pääsevät aiheuttamaan vahinkojaan ja turvottamaan vanereita. Lisäksi kosteuden kasvu heikentää merkittävästi vanerin lujuutta. Painuvalle alustalle varastoitu muotti voi vaurioitua myös runkorakenteensa osalta.

## 2.5 Muottiöljyt

Muottiöljyn pääasiallinen tehtävä on helpottaa betonin irrottamista muotista. Muottiöljyt myös suojaavat muotteja likaantumiselta ja ruostumiselta. Muottiöljyn kustannus elementtien valmistuksessa on melko pieni, mutta vaikutus lopputulokseen erittäin suuri. Tämän takia muottiöljyä käytetään jokaisella valukerralla. Määrällisesti sitä tulee käyttää kuitenkin mahdollisimman vähän. Väärällä muottiöljyn käytöllä valupinnat voidaan pilata. Yleisin virhe on liiallinen ruiskutus muottipinnoille, mikä aiheuttaa värieroja lopulliseen valupintaan. (Suomen betoniyhdistys 2004, 214.)

Muotiniirrotusaine tiivistää muottipinnan ja estää veden imeytymistä muottiin, jolloin betonipinnasta tulee vaaleampi. Käytettävän muotiniirrotusaineen valintaan vaikuttavat mm. yhteensopivuus ja käyttölämpötila. Irrotusaineen on oltava yhteensopiva muottipintamateriaalin ja käytettävän betoniseoksen kanssa (Taulukko 2 ja 3). Yhdenmukaisen pinnan saamiseksi on koko valun ajan käytettävä samaa muotiniirrotusainetta.

Muotiniirrotusaineet voidaan jakaa toimintatapansa mukaan fysikaalisesti (hydrofobisen kalvon muodostava) tai kemiallisesti (hydrofobisen kalvon lisäksi irrottavan saippuakeroksen muodostava) toimiviin aineisiin. Kemiallisesti toimivat aineet ovat tehokkaampia ja vaativat pienemmän ainemäärän. Fysikaalisesti toimivia aineita ovat lisäaineettomat mineraaliöljyt, kasviöljyt, diesel-öljyt, parafiinivahat ja silikoniöljyt. Kemiallisesti aktiivisen irrotusaineen rasvahapot reagoivat kemiallisesti betonin kanssa, ja muodostavat saippuaa, joka poistaa öljyä paremmin ilman betonin pinnalta. (Betoniteollisuus ry 2013, 14.)

Markkinoilla puhtaat mineraali/liuotinpohjaiset öljyt ovat olleet uranuurtajia ja eniten käytettyjä. Ympäristö- ja terveysarvot ovat nostaneet rinnalle kasvisöljypohjaisia muottiöljyjä sekä vesiohenteisia öljyemulsioita.

Taulukko 2. Muottipintamateriaalin ja muotiniirrotusaineen yhteensopivuus (Betoniteollisuus ry 2013)

Muottipintamateriaali	Soveltuvat muotiniirrotusaineet	Huomioitava käytössä
Sahatavara	Puhdas vesi Lisäaineilla täydennetyt mineraaliöljyt Kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet Vesiöljy-emulsiot Kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet	Sahatavara on kasteltava myös muotiniirrotusainetta käytettäessä. Syy- ja sahauskuviot näkyvät selvästi betonipinnassa. Vedenimukyyn vaihtelut saattavat aiheuttaa värieroja betonipintaan. Vedenimukykyisenä materiaalina sahatavara saattaa vähentää betonipintaan syntyviä ilmarakkuloita.
Pinnoittamaton vaneri ja puulevy	Samat kuin sahatavaralla	Syykuviot jäävät näkyviin betonipintaan. Ilmarakkuloita syntyy sahatavaraa enemmän.
Pinnoitettu vaneri ja puulevy	Lisäaineilla täydennetyt mineraaliöljyt Kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet Kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet	Vanerilevyjen reunojen suojaus ja tiivistys pidentää niiden käyttöikä. Ilmarakkuloiden suuri määrä vaarana pystyvaluisia.
Lasikuitu ja muovi	Kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet Vesiöljy-emulsiot Lisäaineilla täydennetyt mineraaliöljyt Kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet	Lasimaiset, täysin imemättömät pinnat jättävät betonipintaan aina eri kokoisia ilmarakkuloita. Muotiniirrotusaineen levitys on tehtävä erityisen huolellisesti; valuva aine on pyyhittävä pois eri muovimuottityypit saattavat vaatia erikoisirrotusaineiden käyttöä.
Teräs	Kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet Lisäaineilla täydennetyt mineraaliöljyt Vedettömät kasviöljyt	Vesiemulsiot eivät sovellu. Ruosteenestoaine on tarpeellinen. Osa kasviöljypohjaisista aineista muodostaa sitkeän kalvon teräs- muotin pintaan, jos aine pääsee kuivumaan. Muotiniirrotuskäsittely kuten lasikuitu- ja muovimuoteilla. Ilmarakkuloiden muodostuminen kuten lasikuitu- ja muovimuoteilla.

Taulukko 3. Muotiniirrotusaineen ominaisuuksia (Betoniteollisuus ry 2013)

Tyyppi ja koostumus	Ominaisuuksia	Levitys ja käytössä huomioitava
Puhdas mineraaliöljy (lisäaineettomat öljyt)	Ei suositella puhtasvalupinnoille Taipumus lisätä betonipinnan huokoisuutta	
Lisäaineilla täydennetty mineraaliöljy	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Yleismuotiniirrotusaine kaikentyyppisille muottipinnoille Suora sade aiheuttaa valumajälkiä öljypintaan	Ruiskutus sekä levitys pensselillä, sienellä tai telalla Ylimääräisen, valuvan aineen poisto rievulla
Mineraaliöljyjen vesiemulsiot/vesiöljy-emulsiot	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Teräspintoja lukuunottamatta soveltuu kaiken- tyyppisille muottipinnoille, etenkin imeville kuten puu Ei saa käyttää, jos vaarana jäätyminen	Sekoitettava huolellisesti ennen käyttöä; ei saa ohentaa vedellä Ruiskutus tai telaus Ylimääräisen, valuvan aineen poisto rievulla
Mineraaliöljyjen vesiemulsiot/löjyvesi-emulsiot	Ei suositella puhtasvalupinnoille Hidastaa betonipinnan sitoutumista Lisää betonipinnan pölyämistä	
Kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Hyvä tiivillä muottipinnalla Kestää sateen	Ruiskutus tai liina Levitettävä kuivalle muottipinnalle
Kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet - vesipohjaiset emulsiot - puhtaat tai muunnellut kasviöljyt (täysöljyt)	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Vaalea, tasavärinen betonipinta Käyttö edellyttää muottipintojen erittäin huolel- lista puhdistamista Käyttö kylmissä olosuhteissa tai voimakkaassa auringonpaisteessa saattaa aiheuttaa ongelmia	Ruiskutus tai käsin sienellä, telalla tai rievulla Täysöljyjen levittäminen saattaa olla vaikeaa
Pinnoitteet (maalit, lakat ja muut veden- pitävät pinnoitteet)	Vain muottipinnan esikäsitteilyyn Tiivistää muottipinnan imemättömäksi Käyttö ainoastaan yhdessä varsinaisen muotiniir- rotusaineen kanssa	Valmistajan ohjeiden mukaisesti
Muottivahat (liuotinpohjaiset vahat)	Vettäimevien muottipintojen esikäsitteilyyn	Valmistajan ohjeiden mukaisesti

## 2.6 Muottityön jälkihoito ja muottien purku

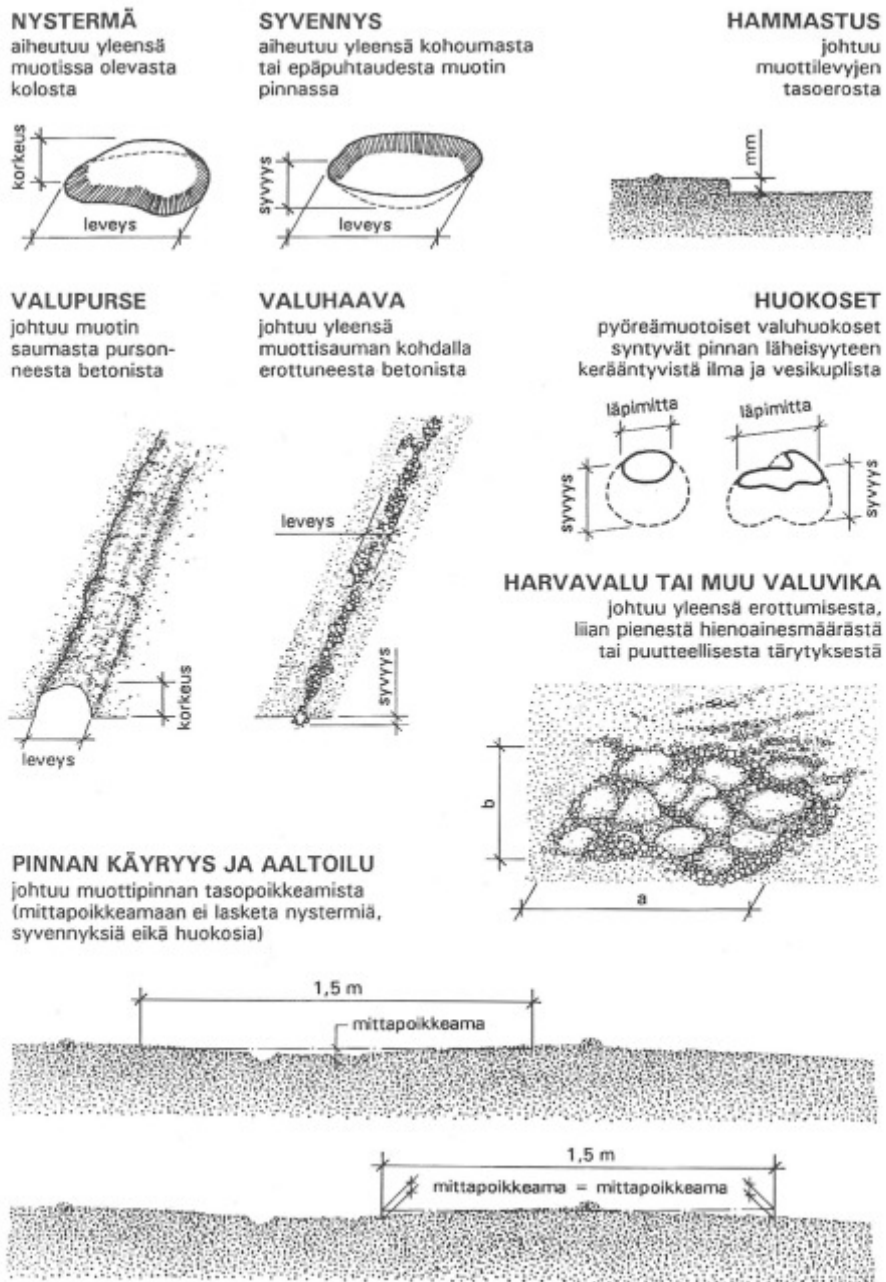
Jälkihoito on valetun rakenteen suojaamista säältä, haihtumiselta ja rakenteen pitämistä oikeassa lämpötilassa ja kosteudessa. Hyvä jälkihoito takaa lopullisen laadun. Tuoreen, muottia vasten valetun pinnan jälkihoitoa vedellä tulee välttää, koska betoniin imeytyvä vesi liuottaa betonista kalkkia, joka saostuu pintaan veden taas haihtuessa betonista. Betonipinnan kastelu tulee kysymykseen vasta seuraavana päivänä, kun betoni on jo osittain kovettunut. Kosteuden haihtumisen estämiseksi rakenteet suojataan tarvittaessa muovipeitteellä tai ruiskutettavilla jälkihoitoaineilla sekä jättämällä muotit paikoilleen riittävän pitkäksi aikaa. Talviaikaan valetun pinnan jälkihoidossa on erityisesti huoleh-

dittava, että vastavaletut rakenteet suojataan ja lämpöeristetään sekä tarvittaessa lämmitetään rakenteita. (Suomen betoniyhdistys 2004, 331–332.)

Muottien purkamisajankohtaan vaikuttaa ennen kaikkea muottien purkamislujuus. Purkamislujuudeksi sanotaan betonin lujuutta, kun se on kovettunut niin paljon, että rakenteet kestävät niille tulevat rasitukset. Purkamislujuuden arvon suuruus kantavissa rakenteissa on aina oltava vähintään 60 % nimellislujuudesta. Nimellislujuus on se betonin lujuusluokka, jonka mukaan rakenne on suunniteltu. Ei kantavien rakenteiden muotit, kuten seinien ja pilarien muotit sekä palkkien sivut voidaan purkaa, kun betoni on saavuttanut  $5 \text{ MN/m}^2$ :n keskimääräisen lujuuden. Muotit pitäisi pyrkiä purkamaan aina yli  $0^\circ\text{C}$  lämpötilassa, koska muotti ja muottia vasten oleva betonipinta rikkoutuu helposti purettaessa jäätynyttä muottia. (Suomen betoniyhdistys 2004, 347–348.)

## 2.7 Muottityön laatuvaatimukset

Betonipintojen luokka määrittelee valupinnoille asetetut vaatimukset. Se asettaa ehdot valittavalle muottiratkaisulle ja muottipintamateriaalille. Muottia vasten valetut betonipinnat jaetaan neljään luokkaan AA, A, B ja C. Luokka AA on ns. ”arkkitehtoninen” luokka, jota tulisi käyttää ainoastaan erikoiskohteissa. Luokka A koskee käsittelemättömäksi jätettäviä betonipintoja. Luokkaan B kuuluu yleensä verhottavat pinnat, joiden ulkonäölle ei aseteta suuria vaatimuksia. Tähän luokkaan kuuluu esimerkiksi kellarin sisäseinät ja maan peittoon jäävät ulkopuoliset pinnat sekä tasoitettavat pinnat. Heikoimpaan luokkaan eli C:hen kuuluu sitten kaikki näkymättömiin jätettävät pinnat. Kuvassa 2 on esitetty laatutekijät, joille on annettu betonipintaluokkoittaiset reunaehdot Taulukossa 4.



Kuva 2. Valmiin betonipinna laatutekijät (Betoniteollisuus ry 2013)

Taulukko 4. Betoniluokkakohtaiset laatureunaehdot (Betoniteollisuus ry 2013)

Laatutekijät		Vaatimukset			
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Nystermä					
-suurin korkeus	mm	1	3	6	6
-suurin leveys	mm	2	9	20	20
-suurin määrä	kpl/m <sup>2</sup>	10	20	40	40
Syvennys					
-suurin syvyys	mm	2	4	7	7
-suurin leveys	mm	4	9	15	15
-suurin määrä	kpl/m <sup>2</sup>	10	20	40	40
Hammastus	mm	0,5	2	5	5
Valupurse tai valuhaava muot- tisauman kohdalla					
-suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4	4
-suurin leveys	mm	2	3	6	6
-suurin määrä	% *	5	20	30	30
Vaakasuurassa valettujen pinto- jen huokokset, Ø ≥ 2mm				Ø ≥ 5mm	Ø ≥ 5mm
-suurin läpimitta ja syvyys	mm	5	8	10	10
-suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	20	40	80	160
Pystysuurassa valettujen pinto- jen huokokset, Ø ≥ 2mm				Ø ≥ 5mm	Ø ≥ 5mm
-suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	10	12	12
-suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	40	60	100	200
Vaakasuurassa valettujen pinto- jen valuvika (aina korjattava)					
-suurin koko	m <sup>2</sup>	ei sallita	0,1	0,3	0,6
-suurin määrä	kpl/100m <sup>2</sup>	ei sallita	1	2	4
Pystysuurassa valettujen pinto- jen valuvika (aina korjattava)					
-suurin koko	m <sup>2</sup>	ei sallita	0,2	0,3	0,6
-suurin määrä	kpl/100m <sup>2</sup>	ei sallita	2	2	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu					
-suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	2	5	8	8
Uran tai ulkoneman hammastus jatkokohdassa	mm	1	1	-	-
Uran tai ulkoneman kätymys ja aaltoilu					
-suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	1,5	2	-	-
Väri vaihtelu					
-harmaat pinnat	luokat	A	B	-	-
-valkobetonipinnat		AA	A	-	-
-muut väribetonipinnat		A	B	-	-

### **3 TYÖMAAKOKEMUKSIA MUOTTIMATERIAALEISTA**

Työn alussa oli hieman tarkoitus kartoittaa työmailla käytettäviä muottiöljyjä ja selvittää muottimateriaalin valintaan ja käyttöikään vaikuttavia tekijöitä. Muottimateriaaleista ja muottiöljyn käytöstä tehtiin kyselyhaastattelua suurimpiin rakennusliikkeisiin (YIT, Skanska ja Lemminkäinen), Parman elementtitehtaalle ja valumuotteja valmistavaan yritykseen (Peri Suomi Oy) sekä muutamiin muottiöljy-yrityksiin.

#### **3.1 Muottiöljyt**

Yrityksissä oli käytössä monen merkkisiä muottiöljyjä, mikä kertoo markkinoilla olevien muottiöljytuotteiden tasaisesta laadusta. Muottiöljyn hintaa ei koettu määräävänä tekijänä, koska öljyjen kustannukset ovat valutoissa hyvin pieniä. Lähes kaikilla nykyisin markkinoilla olevilla tuotteilla lopputulos on hyvä oikein käytettynä ja oikeissa olosuhteissa. Toiset öljyt ovat vain herkempiä käytössä aina ilmeneville olosuhteiden ja käytön vaihteluille. Parman elementtitehtaalla oli käytössä useampaa muottiöljyä, hieman työkohteesta riippuen. Öljyt hankitaan työmaalle pääasiallisesti samasta paikasta, mistä tulee muottimateriaalitkin. Muottiöljymerkeistä kyselyn perusteella nousivat esille Dokan ja Perin öljyt, Eko muottiöljy sekä Parman tehtailla käytetty Emulfix 38.

#### **3.2 Muottimateriaalin valintaan vaikuttavat tekijät**

Levymuottimateriaaleina valutoissa käytetään lähes ainoastaan filmipintaisia tuotteita. Tärkeänä ominaisuutena koettiin, että muottimateriaali ei ime kosteutta sisäänsä. Myös materiaalin pinnan kestävyydellä oli merkitystä, varsinkin useampia valutoita tehdessä. Pienempiin valukohteisiin ja kertavaluihin käytettävillä levyillä materiaaleilta vaadittavat ominaisuudet olivat vähäisempiä.

#### **3.3 Muottien käyttöikä**

Valumuottien käyttöikäen vaikuttaa paljon niiden oikeanlainen käsittely työmaalla. Muotit hajoavat pääasiassa purkamisen yhteydessä, mutta itse materiaalien pinta kestää



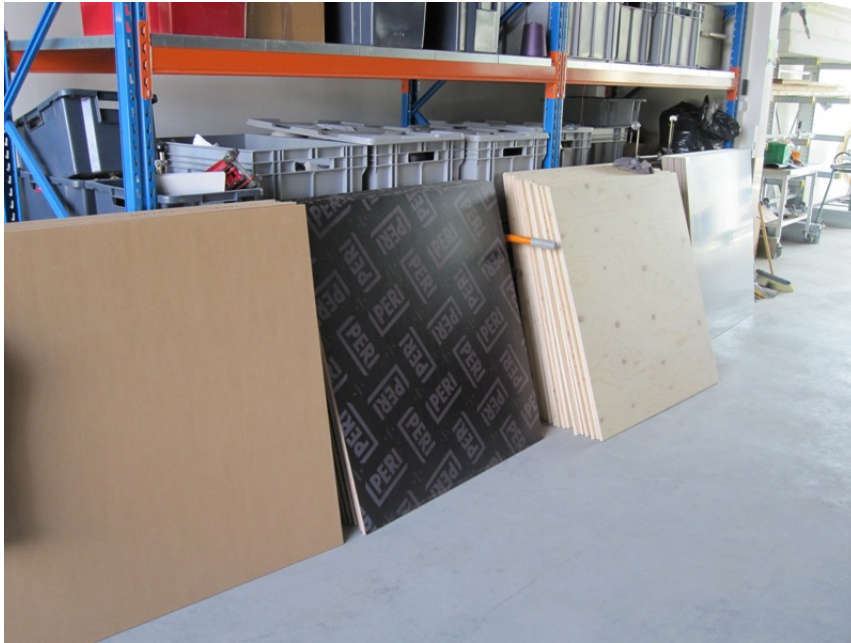
hyvin useita valukertoja. Muottipintoja joudutaan vaihtamaan myös niihin tehtyjen va-  
rauskolojen määrän takia tai muiden mekaanisten kiinnitysten vuoksi ennen kuin itse  
materiaalin pinta rikkoutuu käyttökelvottomaksi. Osalla muoteista niiden käyttöikä oli  
pidempi kuin tarve. Yritysten mukaan hyvin huollettuna ja käsiteltynä filmipintaisen  
levymateriaalin käyttöikä on 30–100 valukertaa.

### **3.4 Muottikaluston huoltotoimenpiteet**

Muottikaluston huoltotoimenpiteisiin kuului puhdistus betonijäämistä ja öljyäminen.  
Huolellinen kaluston jälkihoito antaa muoteille pidemmän käyttöiän. Muottiöljy suojaa  
muotteja mm. ruostumiselta ja likaantumiselta, vaikka sen pääasiallinen tehtävä on hel-  
pottaa betonin irtoamista. Rikkoutuneet ja loppuunkuluneet materiaalit vaihdetaan myös  
tarvittaessa uusiin.

#### 4 KOEMATERIAALIT

Tutkittavina oli 6 erilaista vanerilevyä (Kuva 3). Vanerit erosivat toisistaan materiaalityypin pinnoitteeltaan ja vahvuudeltaan. Päämateriaalina testattavissa materiaaleissa oli havupuu tai koivu.



Kuva 3. Koemateriaalit valmiina testaukseen.

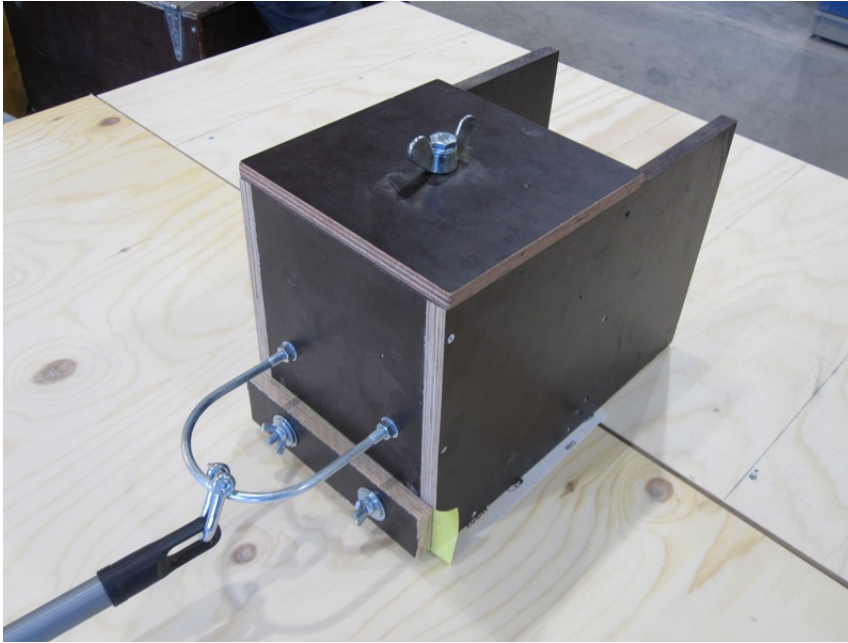
## 5 MUOTTIMATERIAALEILLE TEHDYT KOKEET

Kokeet toteutettiin Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Koeolosuhteina olivat laboratorion sisätilat eli lämpötila n. +20°C ja ilmankosteus n. 60 %. Muottivanerimateriaalien testaukseen ei ollut valmiita standardisoituja testausmenetelmiä, joten tarkoitukseen soveltuvat koejärjestelyt ja testausmenetelmät ideoitiin itse. Koemenetelmien tavoitteena oli koestaa koemateriaaleja siten, että kokeet vastaisivat mahdollisimman hyvin käytännön tilanteita työmaaolosuhteissa.

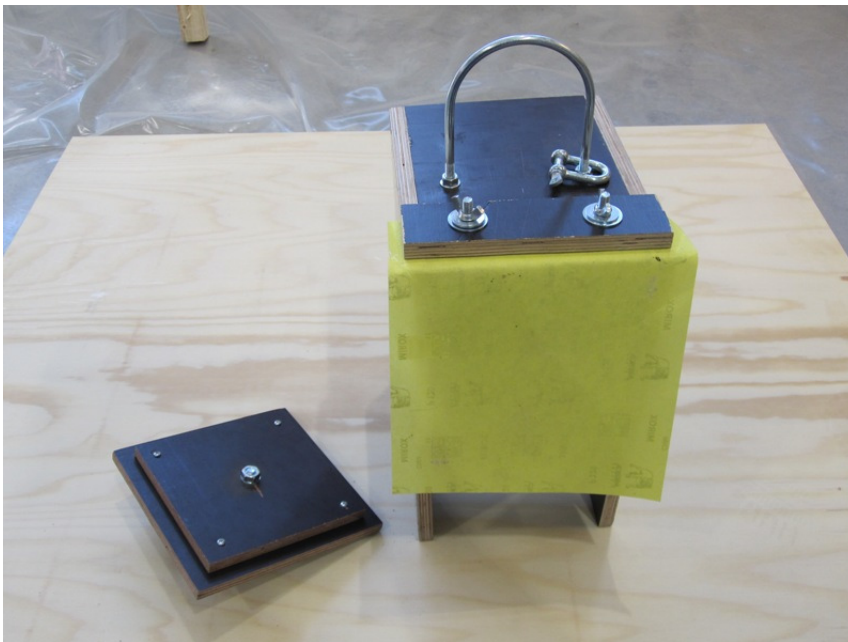
### 5.1 Koemateriaalien vanhentaminen

Normaalissa betonivalukäytössä muottimateriaalien pinta kuluu mm. pintoihin tarttuneita betonijäämiä poistettaessa. Betonijäämät poistetaan käyttäen esimerkiksi teräväreunaisia lastoja ja petkeleitä, jotka naarmuttavat materiaalin pintaa. Koemateriaalilevyt oli tarkoitus ”keinovanhentaa” siten, että vanhennus vastaisi mahdollisimman hyvin työmaaolosuhteissa tapahtuvaa levyjen normaalia kulumista. Vanhennustyön haasteena oli saada aikaan tasapuolinen kuluminen jokaiseen levypintaan.

Keinovanhentamista varten rakennettiin erillinen ”vanhennuskelkka” (ks. kuva 5 ja 6). Kelkka painoa pystyttiin säätämään muuttamalla kelkassa olevan hiekan määrää. Alustavien kokeiden mukaan sopivaksi painoksi määriteltiin 10 kg. Kelkan pohjan koko oli 200 x 200 mm<sup>2</sup>, joten se aiheutti 2,5 kPa:n paineen muottimateriaalin pintaan. Kelkan pohjassa käytettiin eri karkeusasteisia hiomapapereita (40, 60 ja 80) rikkomaan koemateriaalin pintaa.

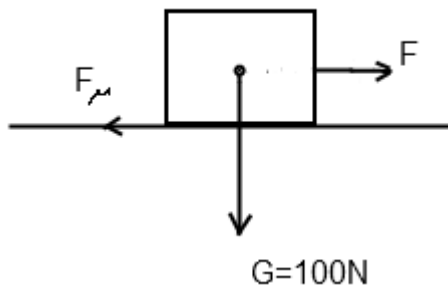
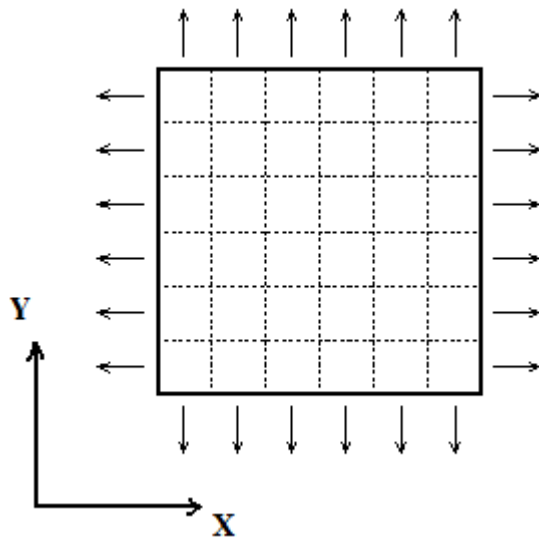


Kuva 5. Keinovanhennuskelkka



Kuva 6. Karhennuspaperi kiinnitetty kelkkaan.

Keinovanhennusmääräksi päätettiin 10 vetoa ristikkäisiin suuntiin (x ja y), siten että aina yksi veto kattoi koko levyn alueen. Vanhennusvetoja tuli tällöin 5 x-suuntaan ja 5 y-suuntaan (Kuva 4). Hiomapaperi vaihdettiin uuteen ja levyjen keinovanhennusjärjestystä muutettiin jokaisen keinovanhennuskerran alussa. Ensimmäisissä koevedoissa kelkka ei jättänyt tasaista vanhennusjälkeä, vaan kelkan reunoista jäi selvästi syvämpi vanhennusjälki. Pohjapaineen tasoittamiseksi kelkan pohjaan lisättiin solumuovikaista.



Kuva 4. Vanhennustyön toteutus

## 5.2 KOE 1. Muottiöljyn toiminta koemateriaaleissa

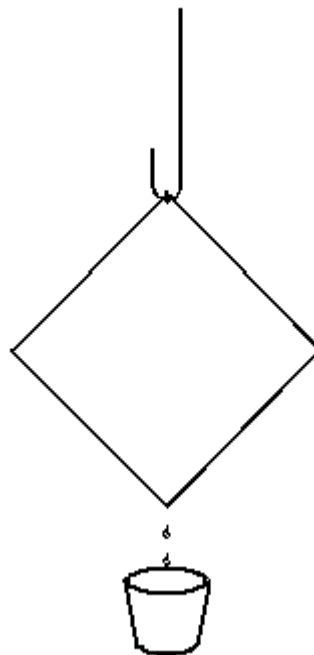
Vaikka muottiöljyn kustannus on pieni valutöissä, sen menekillä alkaa olla merkitystä useimpia valuja tehdessä. Ensimmäisessä koemateriaaleille tehdyssä kokeessa testattiin muottiöljyn toimintaa ja menekkiä eri materiaaleissa ja eriasteisilla kulutuspinnoilla. Kokeessa oli tarkoitus selvittää muottiöljyn imeytymistä 1200mm x 1200mm kokoisiin muottivanerilevyihin. Levyn koko valittiin melko suureksi, jotta imeytyneen öljymäärän erot tulisivat selkeämmin esille.

Öljyjen pienestä erosta johtuen alkutestauksen jälkeen valittiin kokeeseen keskimääräisiä ominaisuuksia vastaavan tuote. Kaikissa muottivanereille tehdyissä kokeissa käytet-

tiin Peri Bio Clean muottiöljyä. Öljy on sekä fysikaalisesti että kemiallisesti toimiva mineraaliöljypohjainen tuote.

### 5.2.1 Toteutus

Koe toteutettiin siten, että vanerit punnittiin ennen öljyämistä, jonka jälkeen niihin levitettiin Peri Bio Clean muottiöljyä. Muottiöljyn levitettiin tavallisella maalaustelalla. Öljytyt levyt nostettiin koetta varten valmistettuun telineeseen valumaan noin tunniksi (60-105min) (Kuva 7 ja 9). Tavoitteena oli saada suunnilleen sama valutusaika jokaista levyä kohti. Valumisen jälkeen levyt punnittiin uudelleen, jolloin saatiin selville levyihin imeytyneen/jääneen öljyn määrä. Punnituksessa käytettiin apuna kolmea vaakaa (Kuva 8), jonka päälle punnittava levy nostettiin valutusajan päätyttyä. Alun perin oli tarkoitus punnita levyt koukkuvaa'alla niiden ollessa valutuksessa, mutta tarkoitukseen sopivaa ja riittävän tarkkaa vaakaa ei ollut saatavilla. Koe toteutettiin kutakin koemateriaalilevyä kohti yhteensä 21 kertaa aina jokaisella kerralla keinovanhentaen levyjä. Levyt keinovanhennettiin kuten edellisessä kappaleessa on selostettu eli 10 vetoa ristikäisiin suuntiin (x ja y) ja käyttäen 40,60 ja 80 karkeusasteisia hiomapapereita. Keinovanhennuksen jättämä jälki vaneripintoihin näkyy hyvin kuvassa 11.

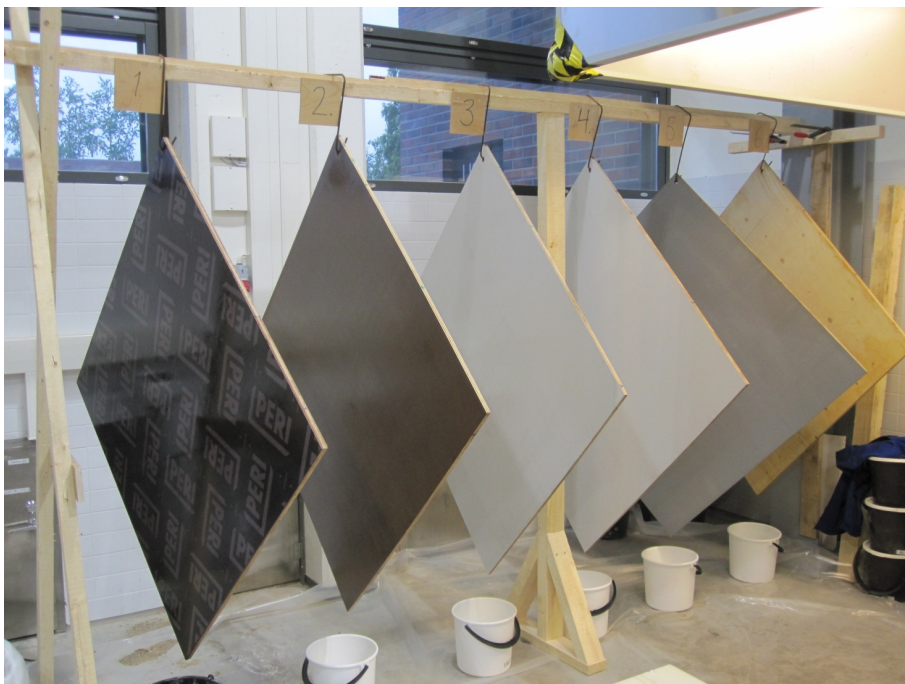


Kuva 7. Periaatekuva valutuskokeesta.



Kuva 8. Punnituspaikka valmiina valutuskoetta varten

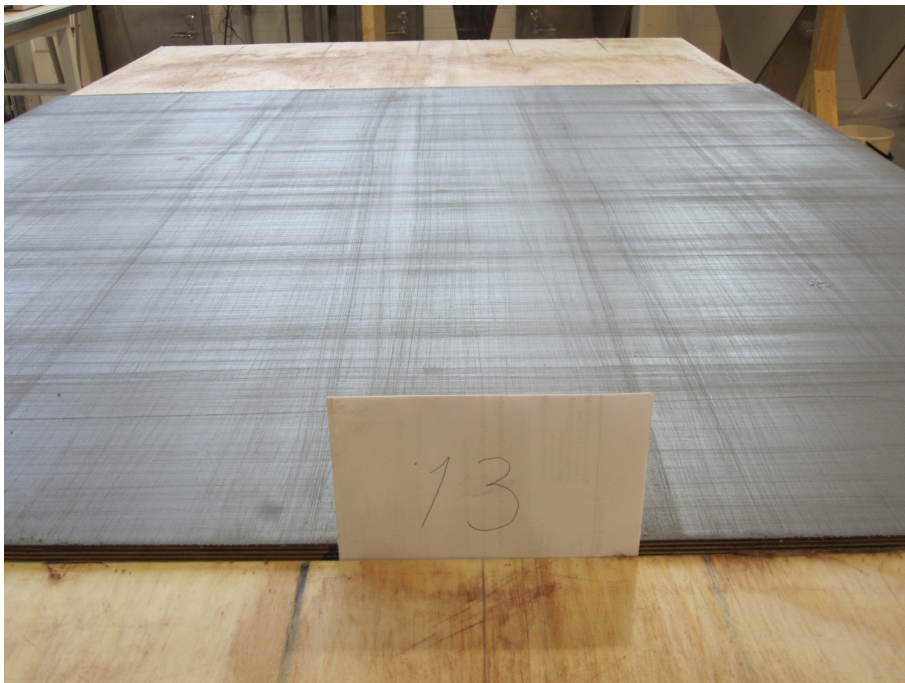
Alkuperäisenä tavoitteena oli vertailla eri öljyjen toimintaa muottipinnassa, mutta alustavien kokeiden perusteella yleisempien öljyjen toiminnassa, valumassa, tarttuvuudessa ja viskositeetissa (esim. Trennfit Super 8.0, Peri BL 8.0, Eko 10.0) ei havaittu käytännössä eroja, kun tarkasteluna on kesäaika tai elementtitehtaan sisätilat ja lämpötilana noin  $+20^{\circ}\text{C}$ . Mahdollisena lisätutkimusaiheena saattaisi olla öljyjen toiminta talvikelissä.



Kuva 9. Muottivanerit valutuksessa



Kuva 10. Muottimateriaalin ”keinovanhennus” 10 kg:n kelkalla.



Kuva 11. Keinovanhennettu muottilevyypinta (13. keinovanhennuskerta)

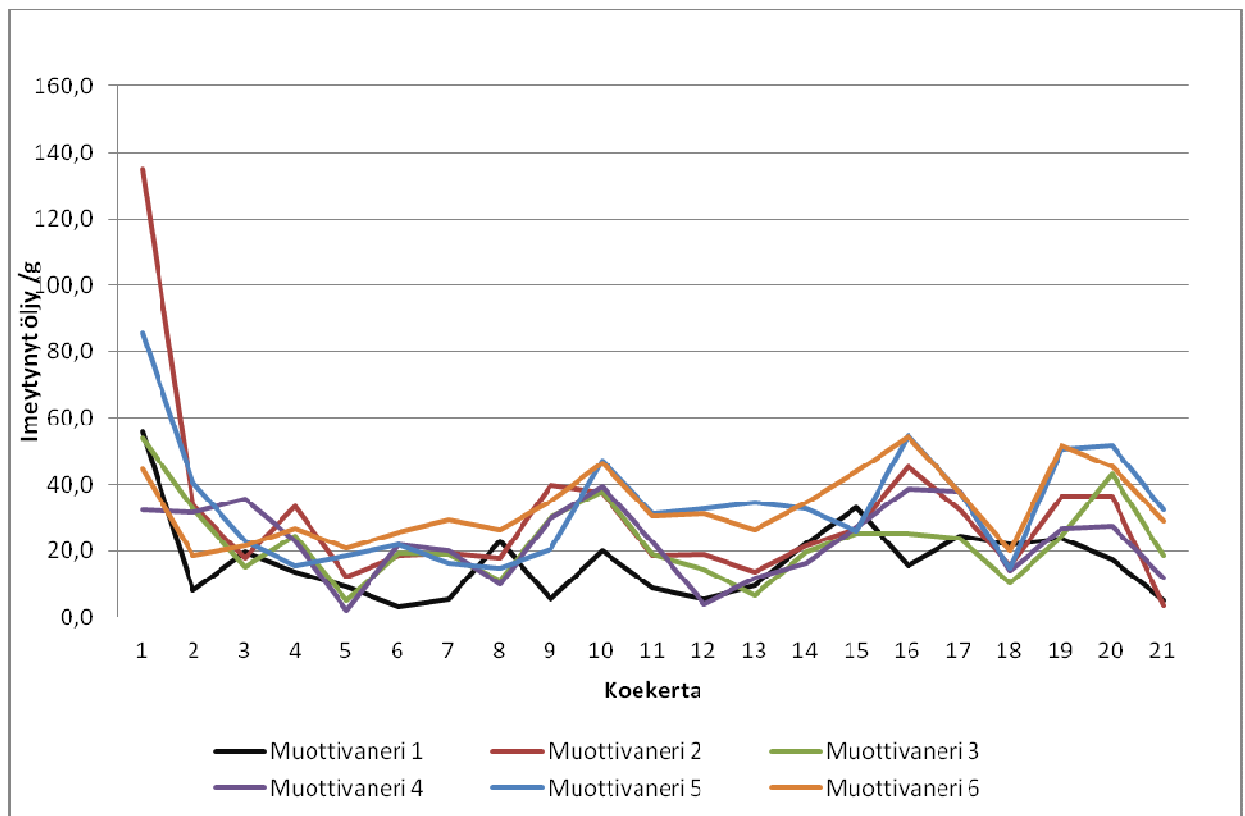


## 5.2.2 Tulokset

Taulukko 5. Valutuskokeen tulokset

### Muottivaneri

Koekerta nro	Hiomapap. karkeusaste	1	2	3	4	5	6	Valumisaika min
		Imeytynyt öljy (g)						
1	-	56,0	135,0	54,0	32,4	85,7	44,7	60
2	HM 120	8,0	33,7	32,6	31,6	40,7	18,4	61
3	HM 80	19,8	17,8	15,1	35,9	23,0	21,7	60
4	"	13,6	33,4	24,6	23,1	15,4	26,8	75
5	"	9,3	12,4	5,2	2,2	18,4	20,7	70
6	"	3,2	18,5	19,2	21,8	22,0	25,7	60
7	"	5,6	19,3	18,8	20,1	16,5	29,3	75
8	"	22,9	18,0	11,2	9,9	14,8	26,3	70
9	"	5,6	40,0	30,2	29,9	20,3	34,9	105
10	"	20,2	37,4	38,0	39,4	47,3	46,7	52
11	"	8,9	18,7	19,1	22,6	31,2	30,6	60
12	"	5,5	18,9	14,3	4,1	32,9	31,1	60
13	"	9,7	13,7	6,6	11,8	34,6	26,5	105
14	"	22,2	21,7	19,8	16,3	32,7	34,7	65
15	HM 60	33,0	26,9	25,3	27,0	26,2	44,0	45
16	"	15,7	45,5	25,1	38,7	54,8	54,5	70
17	"	24,7	32,2	23,7	37,8	37,7	37,4	60
18	"	21,9	15,5	10,5	14,1	14,8	20,1	70
19	"	23,8	36,3	24,6	26,7	50,8	51,9	50
20	HM 40	17,5	36,3	43,2	27,4	51,8	45,5	50
21	"	5,1	3,5	18,7	11,9	32,3	29,1	60
Keskiarvo		14,8	25,0	21,3	22,6	30,9	32,8	
Yhteensä		352,2	634,7	479,8	484,7	703,9	700,6	



Kaavio 1. Muottivanereihin imeytyneen/jääneen öljyn määrä n. tunnin valutuksen jälkeen.

### 5.2.3 Tulosten tarkastelu

Ensimmäisellä koekierroksella uusiin vielä keinovanhentamattomiin levyihin imeytyneen öljyn määrä oli lähes kaikilla materiaaleilla suurempi verrattuna seuraaviin kierroksiin. Pahvipintaiseen muottimateriaaliin imeytyi odotetusti selvästi eniten öljyä ensimmäisellä kierroksella. Öljyä pääsi valutuksessa imeytymään levyn varsinaisen muottipinnan lisäksi levyn päihin/reunoihin. Tämä mahdollisesti lisäsi öljyn imeytymistä paksummilla materiaaleilla.

Kokeen aikana yksi muottivaneri näytti erottuvan selvästi muista materiaaleista. 11 koekierroksella 21:stä siihen imeytyi vähiten öljyä. Mitään selvää nousevaa tai laskevaa trendiä ei tuloksissa havaittu keinovanhentamisesta huolimatta (ks. Kaavio 1).

Öljyn imeytymisellä on sekä hyvät että huonot puolensa. Vähän öljyä imevä muottimateriaalipinta luo paremmat olosuhteet betonivalun tartunnalle. Toisaalta hyvin imevät

pinnat vaativat enemmän öljyä, joka lisää luonnollisesti öljymenekkiä, mutta voi helpottaa muottien purkamista ja säilymistä.

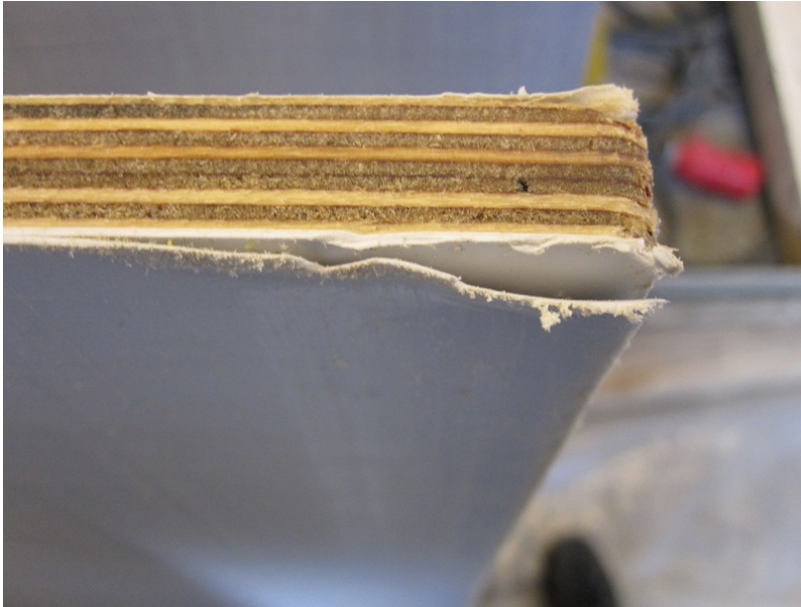
#### 5.2.4 Havainnot

Osa koemateriaaleista tuntui kestävän hyvin keinovanhennuskäsittelyä ja pinta kului tasaisesti. Muutamat materiaalit alkoivat kuitenkin jo melkein alussa ”oireilla” keinovanhennettaessa (Kuvat 13 ja 14). Ongelmana oli varsinkin muovimainen pinnoite, joka alkoi keinovanhennettaessa paikoin aueta reunoista. Muutoin muovipinta kesti hyvin vanhennuskäsittelyä levyn keskialueilla ja pinnoite tuntui kovalta.

Kokeessa pahvipintainen muottimateriaali vääntyi ”kieroon”. Tämä on selvästi huono ominaisuus valutöitä ajatellen. Vaneri kesti kuitenkin melko hyvin keinovanhennusta. Pinta kului vanhennettaessa tasaisesti, mutta varsinkin levyn reunoista pahvimainen pinnoite alkoi kulua loppuun (Kuva 12).



Kuva 12. Muottivaneri keinovanhennusten jälkeen



Kuva 13. Muottivanerin pinnan irtoamista keinovanhennusten jälkeen



Kuva 14. Muottivaneri keinovanhennusten jälkeen

### 5.2.5 Virhetarkastelu

Materiaaleihin imeytyneen öljyn määrässä oli yllättävän paljon vaihtelua. Tulosten vaihtelu näytti hieman johtuvan valutusajasta, mutta enemmän näytti olevan vaikutusta levyihin sivellyn öljyn määrällä. Levittäminen tapahtui telalla, joten oli haastavaa saada sama öljymäärä jokaisella koekierroksella ja jokaiseen levyyn.

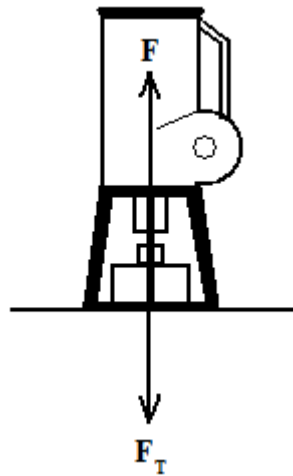
Levyjen punnituksessa käytettiin apuna kolmea herkkää digitaalivaakaa. Punnitus oli aina samanlainen toiminto, eli mahdollinen virhe lienee samansuuntainen.

Työmailla levyjen pinta rikkoutuu niitä puhdistettaessa metallilastoilla ja petkeleillä. Pinnan rikkoutuminen on paljolti kiinni puhdistajasta, käytettävästä puhdistusvälineestä ja siitä, kuinka lujasti valujäämät ovat tarttuneet kiinni. Levyihin tehty keinovanhennus vastaa keskimääräistä siistiä puhdistamista, mutta ei välttämättä isoja vaurioita karkeassa työskentelyssä. Vanhennus suoritettiin kokeessa tasapuolisesti jokaiselle levyille, joten suuria tuloksiin vaikuttavia virheitä ei tästä työvaiheesta syntynyt.

## 5.3 KOE 2. Tartuntakokeet tasolevyllä

### 5.3.1 Toteutus

Levyrakenteen käyttöön ja kulumiseen vaikuttaa merkittävästi betonivalun tartunta. Tartuntaa testattiin tasolevyjen päälle tehdyillä betonivaluilla. Koe toteutettiin öljytylle ja öljyämättömälle levyille sekä uudelle että keinovanhennetulle pinnalle. Keinovanhennus oli tehty levyn pintaan samoin kuten muottiöljykokeessa eli 10 ”kelkkavetoa” x ja y suuntaan. Hiomapaperi oli karkeusasteeltaan 40. Irtivedettävän betonivalukappaleen kooksi päätettiin valita kappale, jonka halkaisija on 75mm ja korkeus oli 30mm (Kuva 18). Isommalla kappaleella kuivuminen olisi saattanut aiheuttaa kappaleen reunojen käyrystymistä, jolla olisi ollut vaikutusta vetokokeen tuloksiin. Pienemmällä kappaleella tulokset olisivat taas olleet niin pieniä, että virhemarginaali olisi ollut suurempi.

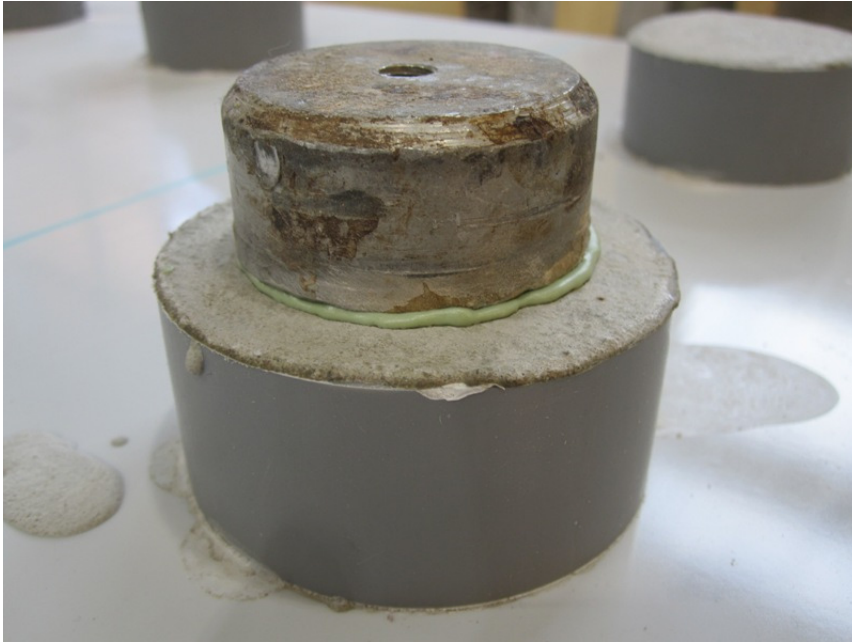


Kuva 15. Periaatekuva vetokokeesta



Kuva 16. Irtivedettävä ”valukakku”

Öllytyt tasolevyypinnat toteutettiin siten, että levyt ehtivät valua öljyämisen jälkeen noin kaksi tuntia pystyasennossa ennen valua. Näin yritettiin mahdollisimman hyvin jäljitellä todellista työmaatekniikkaa. Vetokokeet tasolevyille tehtiin kaksi sekä viisi vuorokautta valun jälkeen. Vetolaitteena käytettiin akkukäyttöistä ”Easy M” - tartuntavetolujuusmittalaitetta (Kuva 21). Vetolaitteen vetopää kiinnitettiin vedettävään betonikappaleeseen Plastic Padding –tasoitteella (Kuva 17).



Kuva 17. Vetopään kiinnitys koekappaleeseen

Tartuntavetokokeita tehtiin kutakin öljyämätöntä levyä kohden 12 kertaa (6 uuteen pintaan ja 6 keinovanhennettuun pintaan). Öljytylle tasolevyille valettiin myös 12 valukappaleita, mutta kuten jo alustavissa kokeissa selvisi, betonin tartunta öljytyyn pintaan jäi todella pieneksi. Suurin osa valukappaleista irtosi tasolevyä kallistamalla. Ainoastaan yhdellä muottipinnalla muutama valukappale jäi irtoamatta. Tämän takia öljytylle pinnalle valettujen kappaleiden irtoamisesta ei saatu vertailtavissa olevaa numeerista tietoa. Muottilevyn kallistuskoe on esitetty kuvissa 20 ja 21. Kuvasta näkee hyvin keinovanhennetun pinnan vaikutuksen betonin tarttuvuuteen.

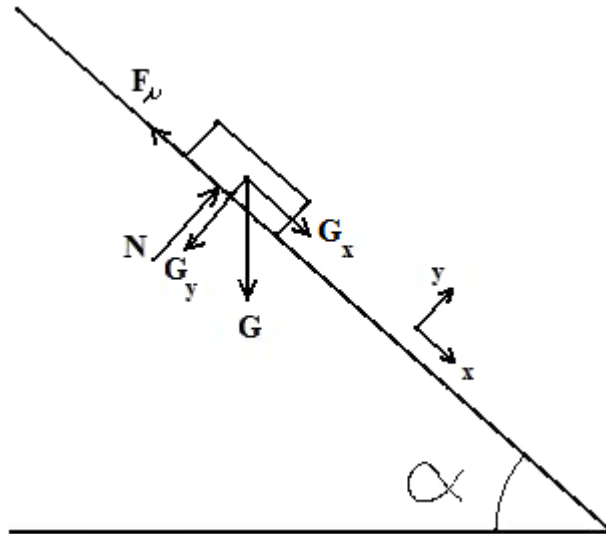


Kuva 18. Betonivalukappaleet muottilevypinnoilla



Kuva 19. Easy M – tartuntavetolujuusmittalaite





Kuva 20. Öljytyn levyn kallistuskoee



Kuva 21. Öljytyn levyn (muottilevy 5) kallistuskoee

### 5.3.2 Tulokset

#### Öljytty tasolevypinta

Öljytystä tasolevypinnasta valukappaleet irtosivat kaikista materiaaleista levyä kallistamalla noin 45–75 asteen kulmaan. Kappaleet irtosivat alkuoletuksen mukaan uudesta pinnasta pienemmällä kallistuskulmalla kuin keinovanhennetusta. Levyn ja valukappaleen välinen lepokitkakerroin oli näin ollen

$$F_{\mu} = \mu N$$

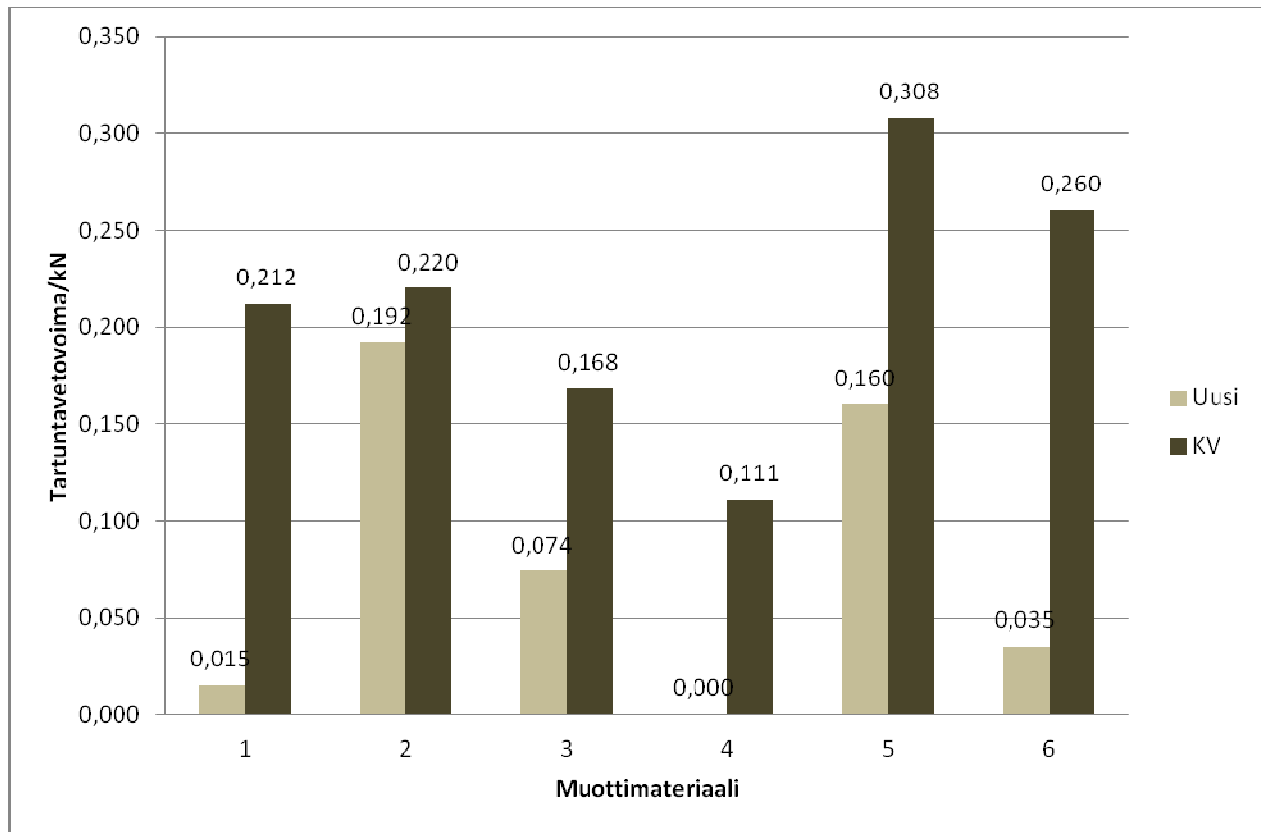
$$\mu = \frac{F_{\mu}}{N} = \frac{mg \sin \alpha}{mg \cos \alpha} = \tan \alpha = 1 \dots 3,7$$

#### Öllyämätön tasolevypinta

”-” tuloksissa tarkoittaa, että kappaleet olivat niin heikosti kiinni materiaalipinnassa, että ne lähtivät vähän liikauttamalla irti.

Taulukko 6. Tartuntavetokokeen tulokset öljyämättömällä tasolevypinnalla 2 vrk:n kuluttua valusta

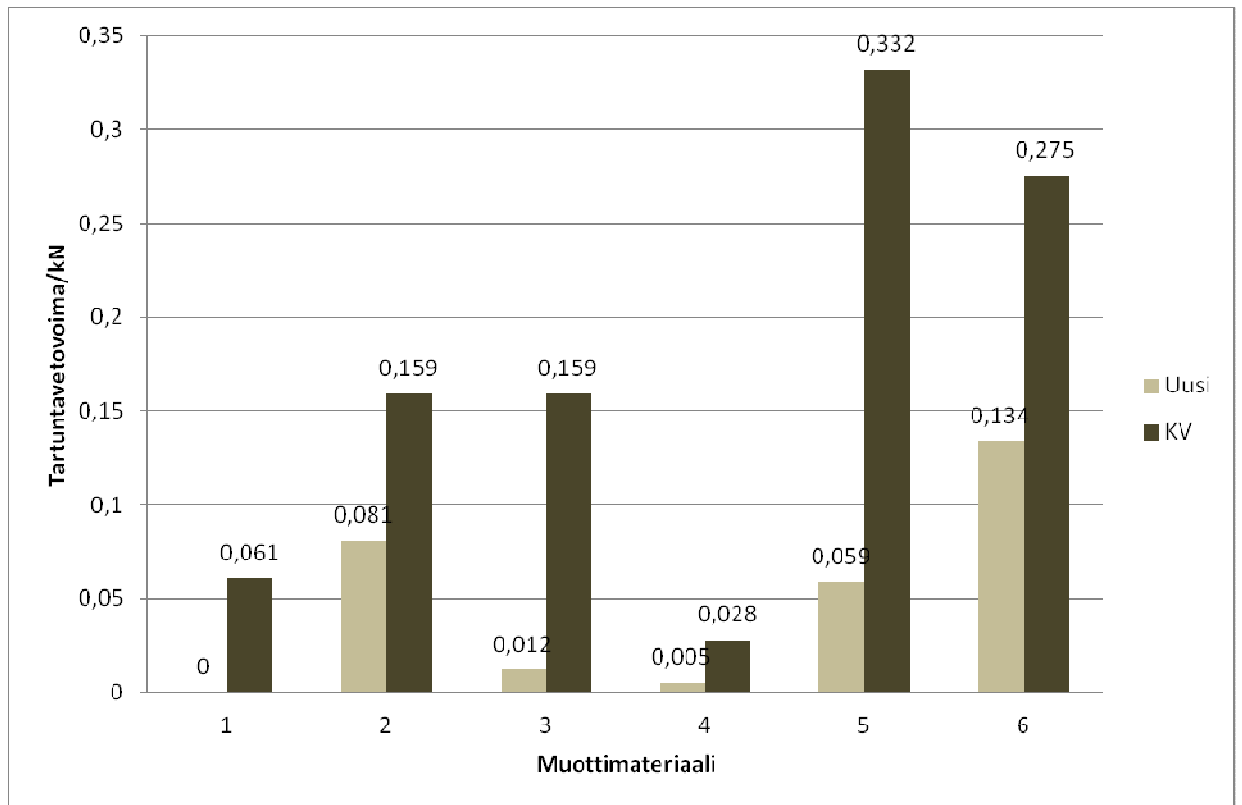
Tuote	Tartuntavetovoima	Tuote	Tartuntavetovoima
nro	kN	nro	kN
1	0,015	1KV	0,212
2	0,192	2KV	0,220
3	0,074	3KV	0,170
4	-	4KV	0,111
5	0,160	5KV	0,308
6	0,035	6KV	0,260



Kaavio 2. Tartuntavetovoimat 2 vrk:n kuluttua kappaleiden valamisesta. KV = keino-vanhennettu pinta.

Taulukko 7. Tartuntavetokokeen tulokset öljymättömällä tasolevyypinnalla 5 vrk:n kuluttua valusta

Tuote nro	Tartuntavetovoima kN	Tuote nro	Tartuntavetovoima kN
1	-	1KV	0,061
2	0,081	2KV	0,160
3	0,012	3KV	0,160
4	-	4KV	0,028
5	0,060	5KV	0,332
6	0,134	6KV	0,275



Kaavio 3. Tartuntavetovoimat 5 vrk:n kuluttua kappaleiden valamisesta. KV = keino-  
vanhennettu pinta

### 5.3.3 Tulosten tarkastelu

Yhdessä muottivaneri levyssä oli selvästi pienin tartuntavetovoima sekä uutena että keino-  
vanhennettuna. Keinovanhennus näytti keskimäärin kaksinkertaistavan vetovoiman  
suuruuden kaikilla öljyämättömillä materiaalipinnoilla. Uudessa keinovanhentamatto-  
massa pinnassa kappaleiden tartunta oli suurimmalla osalla levyistä todella pieni. Tu-  
loksista selviää, että tarvittava vetovoima pääasiassa pieneni kun betonin annettiin kui-  
vua pidempään. Ilmiö johtuu mahdollisesti betonin kuivumiskutistumisesta.

Muottiöljyn hyvät ominaisuudet tulivat selkeästi esille öljytylle pinnalle tehdyssä ko-  
keessa. Pienen valukappaleen tartunta öljytyyn pintaan on lähes olematon. Ainostaan  
yhdessä muottimateriaalin keino- vanhennettuun osaan viisi kuudesta valukappaleesta jäi  
kiinni siten, että ne eivät lähteneet irti levyä kääntämällä. Syynä näkee selvästi kuvasta  
22 ja aikaisemmin tehdyn muottiöljykokeen tuloksista. Materiaalit olivat valutuksessa  
öljyämisen jälkeen pystyasennossa ennen kappaleiden valua. Kyseisen pinta on senkal-  
tainen, että siitä valuu ylimääräiset öljyt nopeasti pois. Kuvassa keino- vanhennettun osan

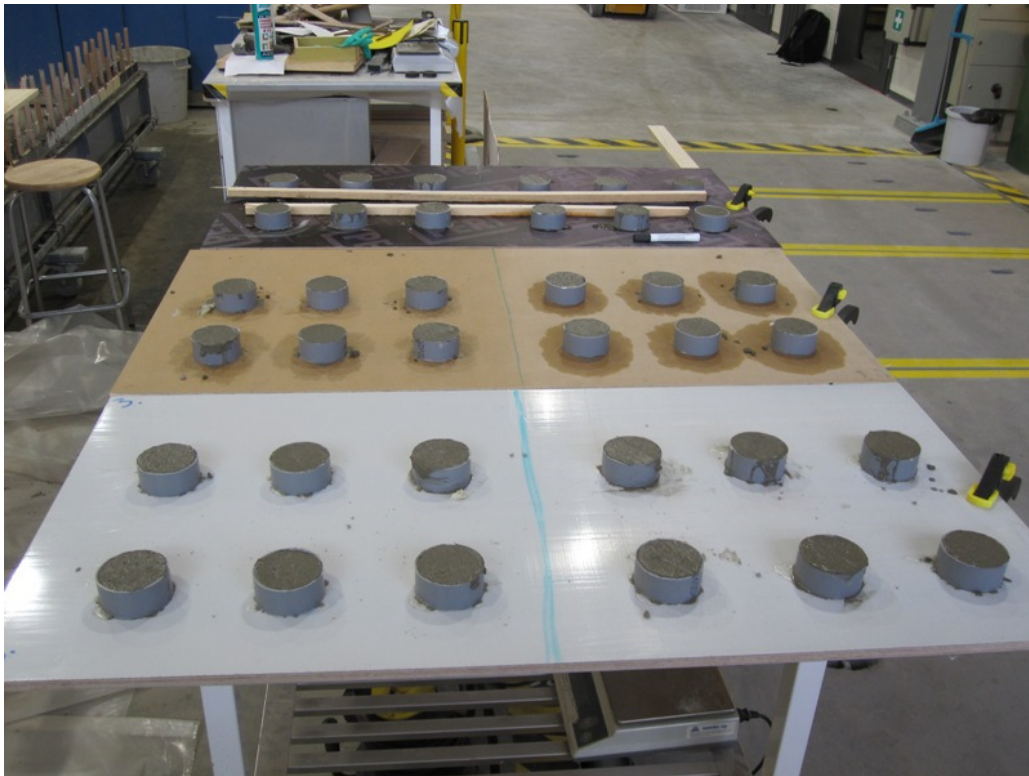
öljypinta näyttää selvästi vähäisemmältä ja kuivemmalta kuin keinovanhentamattomas-  
sa osassa, joten valutuksessa ylimääräiset öljyt ovat valuneet levyn alareunaan uuden  
keinovanhentamattoman pinnan alueelle.



Kuva 22. Betonivalukappaleet öljytyllä muottipinnalla (materiaali 1)

#### 5.3.4 Havainnot

Pahvimaisen muottimateriaalin pintakalvo rikkoutui keinovanhennettaessa ja muuttui melko kapillaariseksi. Keinovanhennetun ja uuden pinnan eron huomaa selvästi kuvasta 23.



Kuva 23. betonivalut muottilevypinnoilla

### 5.3.5 Virhetarkastelu

Öllytyssä tasolevykokeessa levyt valutettiin pystyasennossa, jolloin levyn yläosan öljymäärä jäi vähäisemmäksi verrattuna alaosaan. Tämä vaikutti varmasti hieman tuloksiin. Tosin öljytyistä levyistä ei varsinaisesti saatu mitään numeerista tulostietoa.

Öllyämättömillä tasolevypinnoilla vetokoetta hankaloitti laitteen kiinnitys valukappaleisiin. Tartunnat olivat varsinkin keinovanhentamattomassa pinnassa hyvin pieniä, joten vetolaitteen asennus valukappaleisiin häiriövoimia aiheuttamatta oli haastavaa. Varsin pienestä kiinnitysasteesta johtuen osa kappaleista irtosikin laitteen asennusvaiheessa. Vetolaitteen vetopää liimattiin valukappaleeseen mahdollisimman suoraan silmämääräisesti tarkastellen, joten hieman vinoon liimatut vetopäät voivat vaikuttaa tuloksiin, mutta vain hieman johtuen vetopään nivelrakenteesta.

Valukappaleen tartuntavetolujuuteen vaikuttaa valukappaleen tartuntapinta-ala. Betoni tiivistettiin valupintoihin mahdollisimman huolellisesti lastaa apuna käyttäen, mutta kuten kuvista näkyi, ettei jokainen valukappale ole tiivistynyt yhtä hyvin. Tällä on varmasti jotain merkitystä tuloksiin.

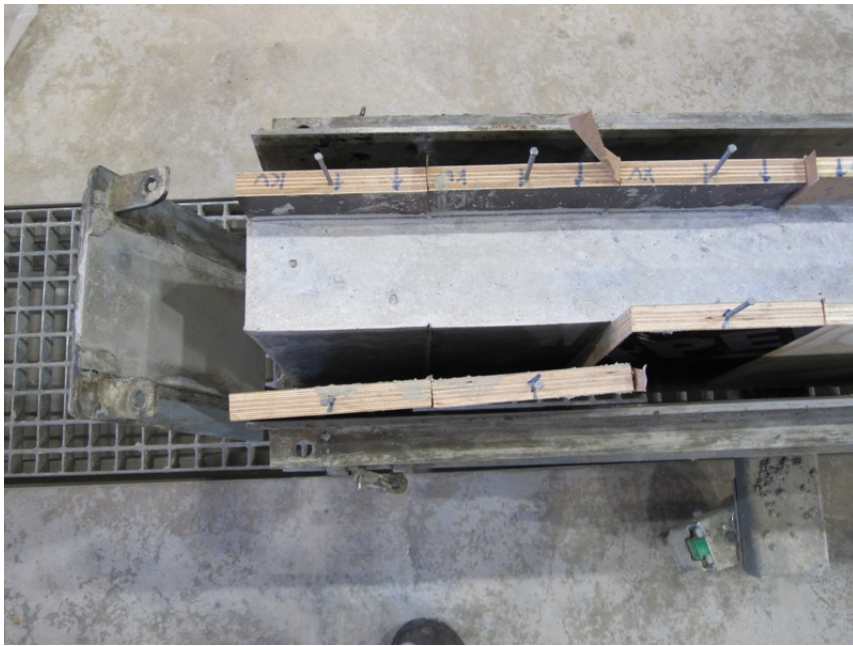
## 5.4 KOE 3. Tartuntakokeet muottikalustossa

Tartuntavetokokeet muottikalustossa eroavat edellisestä kokeesta siten, että irtivetokokeiden tuloksissa on mukana vaikuttamassa valupaine. Tuore betonimassa aiheuttaa muottirakenteeseen valupaineen, jota betonimassa pumppaus ja tärytys entisestään lisäävät. Valupaine on kuorma, joka vaikuttaa kohtisuoraan muottipintaa vasten.

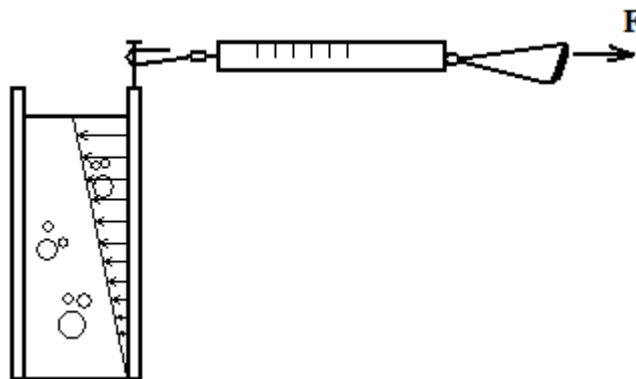
### 5.4.1 Toteutus

Tartuntavetokoe tehtiin 150x250x2500mm kokoisessa palkkimuotissa. Vedettävät muottimateriaalikappaleet olivat kooltaan 130x300mm (Kuva 26). Tartuntavetokoe suoritettiin Kinetic jousivaa'alla (Kuva 27). Tarvittaessa, jos jousivaa'an asteikko ei riittänyt, käytettiin Angler merkkistä digitaalivaakaa. Toiseen palkkiin muottimateriaalipinnoille siveltiin Peri Bio Clean muottiöljyä ja toinen valettiin ilman öljyä. Betoni tiivistettiin hyvin muottiin sauvatärytintä apuna käyttäen. Betonina käytettiin, samoin kuin tartuntavetokokeessakin, S100 kuivabetonia. Vetokokeet suoritettiin noin kahden vuorokauden kuluttua valusta.

Palkkimuottiin sijoitettiin kutakin muottimateriaalia yhteensä 6 kpl, joista 3 kpl oli keinovalvontajäseniä ja toiset kolme uusia. Ensimmäiset valumuottikokeissa ongelmaksi muodostui sementtiliiman pääsy muottimateriaalikappaleiden väliin ja kappaleiden turpoaminen (ks. kuva 24). Välissä ollut pahvisoiro oli riittämätön kompensoimaan levyjen turpoamista. Näin ollen kappaleet eivät irronneet odotetusti. Vanerikappaleet olivat ensimmäisessä kokeessa toisistaan irti ohuilla ”pahvisoiroilla”. Toistettaessa palkkikoe, kappaleet erotettiin toisistaan ikkunatiivistenauhalla ja toisessa palkissa teipatuilla hie-man vahvemmillä ”joustosoiroilla”.

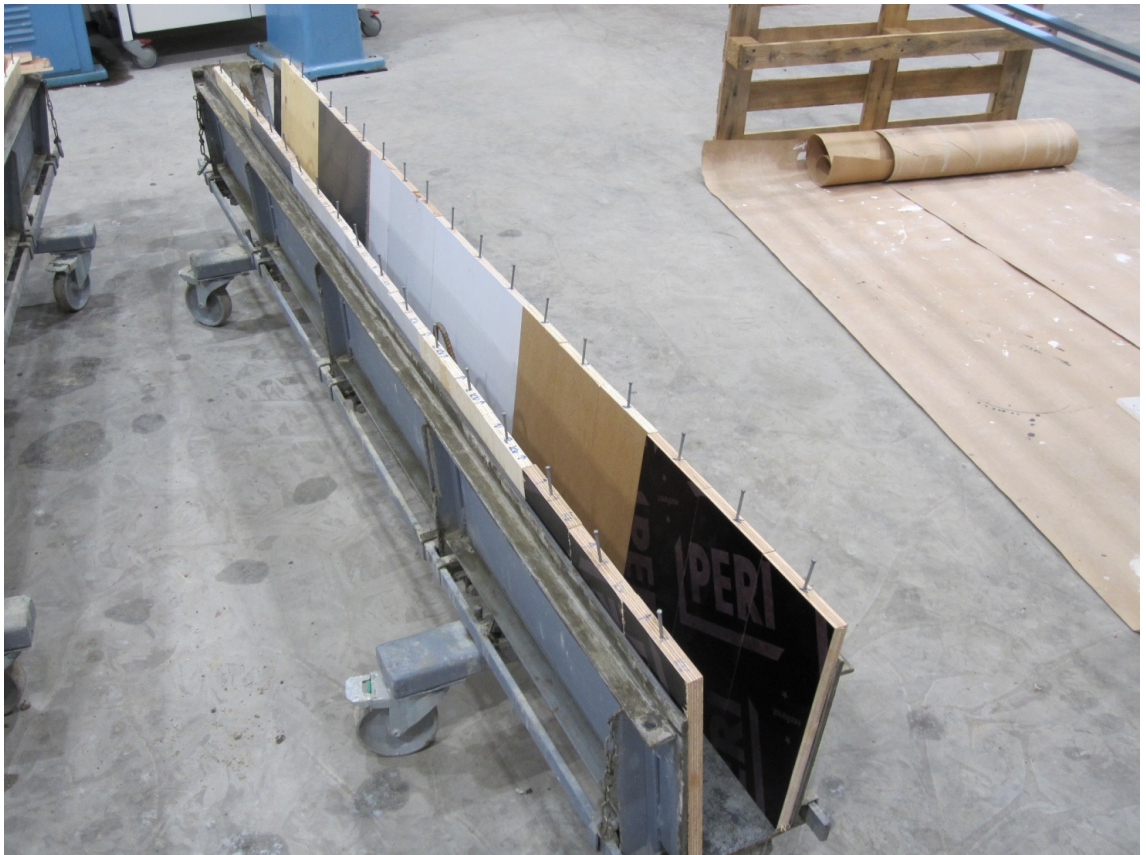


Kuva 24. Koekappaleiden välissä oleva ”joustosoiro” ei toimi halutulla tavalla



Kuva 25. Palkkikokeen periaatekuva





Kuva 26. Palkin valmistelu valua varten

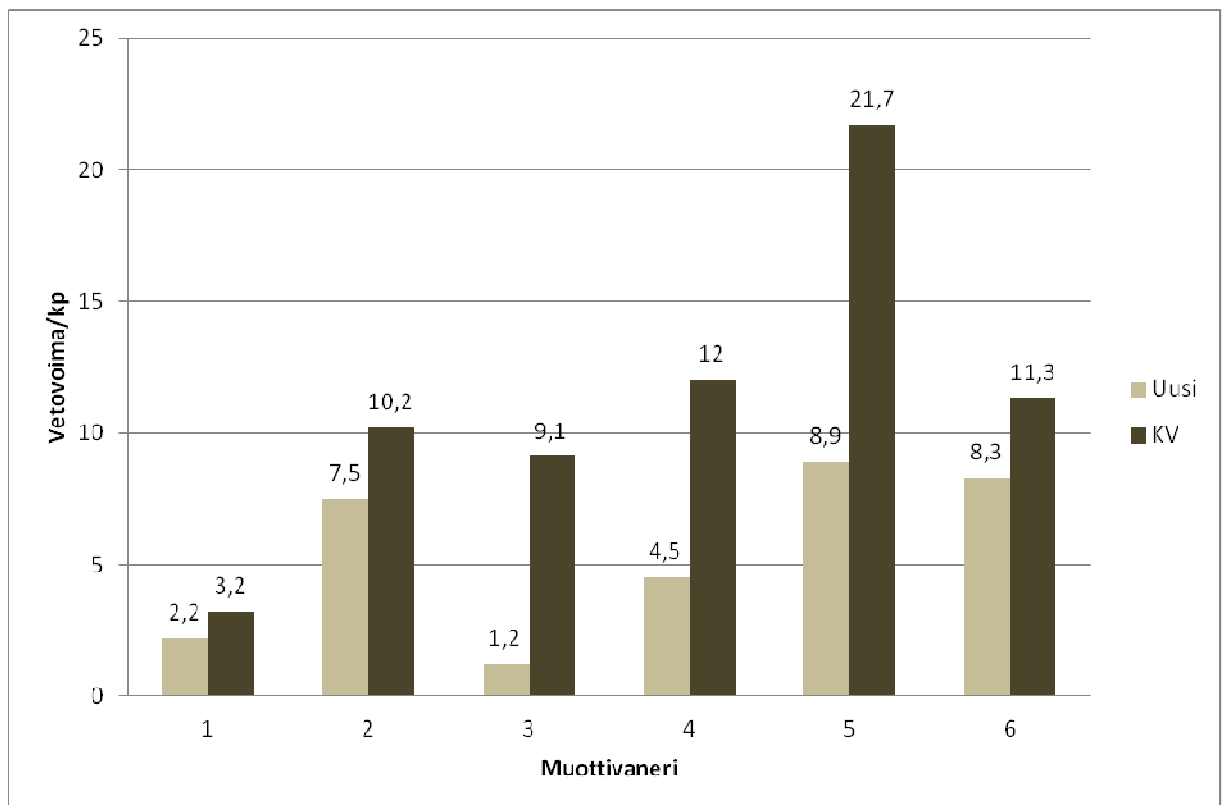


Kuva 27. Tartuntavetokoe jousivaa'alla

### 5.4.2 Tulokset

Taulukko 8. Tartuntavetokokeen tulokset muottikalustossa öljyamättömälle palkille.

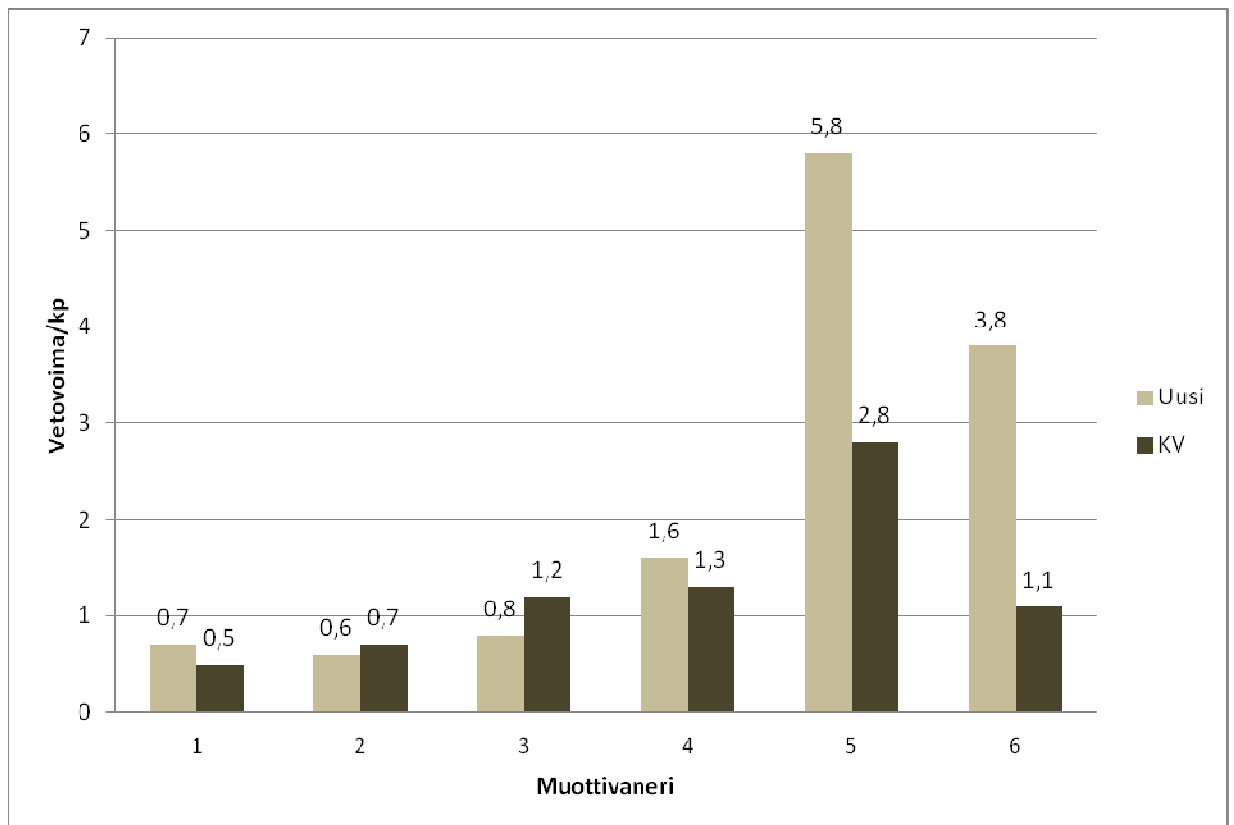
Tuote	Tartuntavetovoima	Tuote	Tartuntavetovoima
nro	kp	nro	kp
1	2,2	1KV	3,2
2	7,5	2KV	10,2
3	1,2	3KV	9,1
4	4,5	4KV	> 12
5	8,9	5KV	21,7
6	8,3	6KV	11,3



Kaavio 4. Öljyamättömien pintojen irrotusvetovoimat palkkikoeksessa. KV = keinovanhennettu pinta.

Taulukko 9. Tartuntavetokokeen tulokset muottikalustossa öljytylle palkille (muottiöljynä Peri Bio Clean).

Tuote	Tartuntavetovoima	Tuote	Tartuntavetovoima
nro	kg	nro	kg
1	<0,7	1KV	0,5
2	0,6	2KV	0,7
3	0,8	3KV	1,2
4	1,6	4KV	1,3
5	5,8	5KV	2,8
6	3,8	6KV	1,1



Kaavio 5. Öljytyjen pintojen irrotusvetovoimat palkkikokeessa. KV = keinovanhennettu pinta.

### 5.4.3 Tulosten tarkastelu

Tuloksista käy ilmi sama asia kuin tartuntavetokokeestakin, eli muottiöljy pienentää huomattavasti muottimateriaaliin tartuntaa betoniin ja toisaalta kuluneeseen öljyämättömään materiaaliin betonin tartunta on selkeästi kovempi. Yllätyksellisiä tuloksia tuli sen sijaan öljytyjen muottivanereiden irtivetokokeessa. Neljällä muottivanerilla irtivetoimat olivat keinovanhennetulla pinnalla pienemmät kuin uudella pinnalla. Keinovanhennetun materiaalin heikomman tartunnan voi aiheuttaa se, että rikkoutuneeseen pintaan jää muottiöljyä enemmän kuin uuteen sileään pintaan. Yleensä ottaen keinovanhennuksella ei näyttänyt olevan muissakaan öljytyissä vanereissa ainakaan kovin paljon tartuntavoimaa lisäävää vaikutusta.

Mahdollisissa jatkotutkimuksissa olisi hyvä selvittää, tarttuuko todella keinovanhennettu ja öljyty materiaali betoniin heikommin kuin uusi. Jotain suuntaa tästä saataisiin varmasti kokeen toistomäärien lisäämisellä. Myös materiaalien pintaan tarttuneen betonin määrän selvittäminen antaisi tarkemmin tietoa kuin pelkistä kuvista selviää.

### 5.4.4 Havainnot

Muottimateriaalien pinta kului pääasiassa tasaisesti keinovanhennettaessa, niin kuin jo muottiöljykokeessa todettiin. Tämä näkyi materiaalien jättämissä valupinnoissa. Valupinnat olivat tasaiset eikä niissä näkynyt paljon keinovanhennuksen aiheuttamia viiruja.

Muutama muottivanereista naarmuuntui keinovanhennettaessa. Naarmut näkyivät valupinnassa selvästi tarkemmin tarkasteltuna (ks. Kuva 28).



Kuva 28. Betonipinta keinovanhennetusta muottimateriaalista 5.

Yhdestä muottimateriaalista jäi keinovanhentamattomana puun syyt valupintaan (Kuva 29). Keinovanhennettuna syyt olivat tasoittuneet, joten niiden aiheuttamia jälkiä ei ollut niin selkeä havaita verrattuna uuteen pintaan. Tämän muottivanerin jättämä valupinta on omalla tavallaan elävämmän näköinen ja soveltuu varmasti paremmin joihinkin valukohteisiin kuin aivan tasainen valupinta.



Kuva 29. Betonipinta keinovanhentamattomasta muottimateriaalista 6.

### 5.4.5 Virhetarkastelu

Palkkikokeessa suurimpana ongelmana oli keksiä sopiva aine/kappale muottivanerikapaleiden väliin, joka estäisi betonin kulkeutumisen kappaleiden väliin ja joka ei muodostaisi liian kovaa liitosta viereisiin kappaleisiin. Ikkunatiivistenauha ja teipattu paksumpi ”pahvisoiro” tuntui toimivan kyseisessä kohdassa melko hyvin. Aivan kitkatonta liitosta ei näillä keinoilla kuitenkaan saatu aikaan, joten sillä on varmasti vaikutus veto-voiman suuruuteen.

Palkkien muottien tartuntakokeessa jousivaaka oli käytännöllinen ja riittävän tarkka mittalaite. Manuaalinen vetorasitus onnistuttiin toteuttamaan varsin tasaisesti ja voima asteikon 200g (2 N) tulostarkkuus koettiin riittäväksi useita toistoja sisältäneeseen testiin. Tarvittaessa käytettiin 25 kg:n digitaalivaaka, kun jousivaa’an asteikko ei riittänyt.

Palkkimuotin avaaminen vaati ajoittain hieman ”kolistelua” varsinkin palkin päissä. Avaaminen on saattanut irrottaa hieman ainakin palkin päissä olevia muottivanereita. Tosin öljyamättömässä palkissa aivan reunimmaisina kummassakin päässä oli puiset täytekappaleet toisin kuin öljytyssä palkissa. Useampia toistoja tehdessä tämän virheen vaikutus olisi saatu minimoitua vaihdeltaessa materiaalien järjestystä palkissa.

### 5.5 Yhteenveto kokeiden tuloksista ja havainnoista

Aivan ehdottomaan paremmuusjärjestykseen ei tuotteita voida ainakaan numeeristen tulosten perusteella asettaa. Toki suuntaa antavia tuloksia herkkienkin kokeiden perusteella saatiin ja muutamien materiaalien heikkoudet tulivat näkyville kokeita toistettaessa. Kaikki materiaalit toimivat varmasti ainakin kohtalaisesti pienemmässä muottikäytössä, hivenen valukohteesta ja keliolosuhteesta riippuen. Tärkeänä asiana nousi esiin pintojen jälkihoito ja muottiöljyn käyttö valukertojen välillä. Varsinkin öljyämällä näytti olevan tärkeä merkitys muottien purkamista ja näin ollen myös uudelleenkäyttöä ajatellen. Tulosten perusteella tartunnat öljytyllä pinnalla olivat huomattavasti pienempiä kuin öljyamättömällä pinnalla.

Yleisesti materiaalin hyvä työstettävyyys on myös yksi osatekijä, jota käyttäjät arvostavat. Kokeita tehdessä huomio kiinnittyi erityisesti muovipintaisiin materiaaleihin. Kova

muovipinnoitepintainen vaneri oli hieman työläämpää leikata ohuen filmipinnoitteen omaava vaneri.

Muottimateriaalin vahvuudella on kestävyuden kannalta oleellinen merkitys. Ohuimmat materiaalit menettivät helposti muotokielensä, mikä ilmeni jopa kahden suuntaisena kaareutumisenä. Tämä vaiva näytti korostuvan pahvipintaisella muottimateriaalilla. Materiaalin paksuus tosin on suoraan verrannollinen jäyhyyteen ja painoon ja suoruuteen sekä myös kustannustekijöihin. Pahvipintaisen materiaalin pinnalle oli myös ominaista muuttua kapillaariseksi keinovanhennettaessa.

Osalla muottivanereista pinnoitteen kiinnityksessä oli parantamisen varaa. Vanerit eivät kestä yleensä useampaa purkukertaa työmaaolosuhteissa, koska pinnoitetta pystyi repimään joiltain kohdin jopa käsin irti. Keinovanhennusta näiden vanerien pinnat kestivät muuten hyvin, mutta pinnoite irtoili reuna-alueilta. Osan vanereiden pinta kului melko karheaksi keinovanhennettaessa. Tämä näkyi vanerin jättämässä betonivalupinnassa.

Muottiöljyn osalta tehtiin kyselyhaastattelua suurimpiin rakennusliikkeisiin. Yrityksiin ja työmaille soitettujen puheluiden perusteella oltiin kaiken kaikkiaan tyytyväisiä markkinoilla oleviin tuotteisiin sekä muottimateriaaleihin ja öljyihin. Ongelmaksi ei koettu muottiöljyä, öljyämistä, eikä juurikaan muottipinnan kestävyyttä. Samoilla muottipinnoilla pystytään nykyisin tekemään jopa kymmeniä valuja ja käytyjen keskustelujen mukaan muotti ”vanheni” tai jouduttiin vaihtamaan siihen tehtyjen varauskokojen määrän takia tai muiden mekaanisten kiinnitysten vuoksi ennen kuin sen pinta rikkoutui käyttökelvottomaksi.

## 6 LOPPUYHTEENVETO

Muotituksen tarve on edelleen yleistä rakennustyömailla, joten muottimateriaalien ja muottijärjestelmien kehittäminen kustannustehokkaammiksi ja kestävimmiksi on järkevää. Erityisesti kehitystyö koskee muottijärjestelmiä, joissa muottipinnan kestävyuden lisääminen on selvää kustannussäästöä.

Muottiöljyn tarpeellisuus ja toimiminen muottipinnassa nähtiin selvästi tehdyissä kokeissa, joten ilman muottien öljyämistä betonivaluja ei kannata tehdä. Öljyn muutkin hyvät ominaisuudet mm. muottipinnan säilyttäjänä ja metalliosien ruostumisen estäjänä tulivat esille. Ilman öljyämistä toimiva puupohjainen muottimateriaali on hankala toteuttaa ja sellaisen kehittäminen voi olla tarpeetonkin öljyamisestä aiheutuvan pienen kustannuksen takia.

Muottimateriaalien tartunnan testaus osoittautui mielenkiintoiseksi, mutta samalla haasteelliseksi tehtäväksi. Niin kuin jo johdannossa todettiin, että koejärjestely jouduttiin ideoimaan itse, koska kirjallisuustutkimus ei kertonut suoraan tarkoitukseen sopivista kokeista. Tavoitteenahan oli saada esiin eri materiaalien ominaisuuseroja ja mahdollisimman selkeästi. Materiaalit testattiin itseideoitujen testausmenetelmien mukaan, joita kehitettiin käytännön sovellutuksiin.

### 6.1 Mahdolliset jatkotutkimukset

Muottiöljyn toiminnan testaus rajoittui työssä vain kesäolosuhteisiin ja laboratorion sisätiloihin. Mahdollisina jatkotutkimuksissa olisi hyvä selvittää muottiöljyjen toiminta materiaalipinnoilla talviolosuhteissa. Muita selvitettäviä asioita voisivat olla levyjen työstettävyys ja kosteuden sietokyky. Työmaalla kun muotit altistuvat suurelle kosteusrasitukselle. Tartuntavetokokeiden tekeminen öljytylle tasolevypinnalle oli haasteellista hyvin pienen valutartunnan takia. Öljytty muottipinta vastaa kuitenkin todellista tilannetta valutöissä, joten sen tarkempi tutkiminen olisi tarpeellista. Mahdollisesti kallistuskokeen kehittäminen standardisoiduksi testiksi voisi antaa lisäinformaatiota öljytyn muottipinnan tartunnasta betoniin. Samoin testien siirtäminen kentälle ja toteutus täysimittakaavaisina olisi selvä jatkotutkimus tarve



**LÄHTEET**

Betoniteollisuus ry. Puhdasvaluohje. Luettu 18.4.2013  
[www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas\\_betoni\\_netti.pdf](http://www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas_betoni_netti.pdf)

Järvinen, Vesa 2009. RTEK-3610 Sillanrakennuksen perusteet.

Peri Suomi Oy. Muottijärjestelmät. Luettu 9.5.2013  
[http://www.perisuomi.fi/tietotaito/puhdasvalubetoni\\_2010/muottijarjestelmat.cfm](http://www.perisuomi.fi/tietotaito/puhdasvalubetoni_2010/muottijarjestelmat.cfm)

RATU 06-3029. Lauta- ja levymuottirakenteiden suunnitteluohje 1994. Rakennustieto Oy

RATU 21-0270. Levymuottityö 2005. Rakennustieto Oy

Suomen betonitieto Oy 1998. Paikallavaletut betonipinnat, suunnittelu ja toteutus.

Suomen Betoniyhdistys 2004. Betonitekniikan oppikirja BY 201.

Suomen Betoniyhdistys 2013. Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet

