

# Muottiöljyn vaikutus betonointivaneriin

UPM Plywood

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Prosessi- ja materiaalitekniikka  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö AMK  
Kevät 2018  
Terhi Auerkari

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikka

AUERKARI, TERHI:

Muottiöljyn vaikutus  
betonointivaneriin  
UPM Plywood

Puutekniikan opinnäytetyö, 37 sivua, 1 liitesivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää muottiöljyn vaikutusta betonointivaneriin UPM Plywoodin toimeksiantamana. Vaneri on hyvin yleisesti käytetty muottimateriaali valuissa. Vanerin rakenteella, käytettävällä materiaalilla ja sen pinnoitteella pystytään vaikuttamaan pitkälle sen ominaisuuksiin ja valettavaan pintaan. Näin vaneri pystyy olemaan myös kustannustehokas, kun käyttökertoja voi kertyä useita kymmeniä samalle levyllä.

Työ jaetaan kahteen osaan, teoreettiseen ja kokeelliseen. Teoreettisessa osuudessa pyrittiin kartoittamaan teknistä tietämystä valussa esiintyvien kolmen tekijän, betonointivanerin, betonin ja muottiöljyn osalta. Kokeellisessa osuudessa suoritettiin koevalut seitsemälle eri levytyypille käyttäen kahta erilaista muottiöljyä. Tuloksiin haettiin vaihtelevuutta muottiöljyn levitysmäärällä.

Koetulokset avattiin levykohtaisesti. Osa tuloksista vastaavat käytännön tilanteessa vaadittavaa laatua, mutta oli myös tuloksia, jotka aiheuttaisivat reklamaatioita. Opinnäytetyön lopuksi on pyritty antamaan kehitysehdotuksia betonointivanerin tutkimiseen ja jatkotutkimusaiheita.

Asiasanat: vaneri, betoni, muottivalu, muottiöljy, pinnoite



## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	UPM-KYMMENE OYJ	2
3	BETONOINTIVANERI	3
3.1	Betonointivanerin ominaisuuksia	3
3.2	Käyttökohteet valuissa	4
3.3	Pinnoitteet	4
3.4	Muottiteollisuus	6
3.4.1	PERI Suomi Ltd Oy	7
3.4.2	Doka Finland Oy	9
4	BETONI	11
4.1	Betonin ominaisuuksia	11
4.2	Laadut ja lujuudet	12
4.3	Betoniin lisättäviä aineita	17
4.3.1	Seosaineet	17
4.3.2	Lisäaineet	18
4.4	Betonin vaikutus betonointivaneriin	20
5	MUOTTIÖLJYT	21
5.1	Käyttö	21
5.2	Muottiöljytyypit	22
5.3	Muottiöljyn vaikutus betonointivaneriin	23
6	KOESUUNNITTELU	25
7	BETONOINTIVANEREIDEN TESTAUS	27
7.1	Tulokset	28
7.2	Tuloksien tarkastelu	30
8	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	35
	LIITTEET	38

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii UPM Plywood Lahdessa. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää muottiöljyn vaikutusta betonointivaneriin. Työn tavoitteena on avata mahdollisia tekijöitä, jotka vaikuttavat valutapahtumassa erityisesti betonointivaneriin, mutta myös laajempaan kuvana, mikä voi aiheuttaa valun epäonnistumisia.

Opinnäytetyö jakautuu kahteen osaan. Teoreettisen osuuden pääpaino on enemmän betonissa ja muottiöljyissä. Luvussa kaksi tutustutaan toimeksiantajayritykseen. Luvuissa kolme, neljä ja viisi käydään läpi betonointivanerin, betoni ja muottiöljyn teknistä puolta sekä pohditaan betonin ja muottiöljyn vaikutuksia betonointivaneriin. Teoreettisen tiedon keruussa käytetään hyödyksi alan kirjallisuutta, verkkolähteitä sekä ammatinharjoittajien haastatteluita. Kokeellisessa osuudessa suoritetaan koevalut. Testauksissa haetaan vaihtelevuutta käytettävien muottiöljyjen tyypeillä sekä niiden levitysmäärällä.

Teoreettisen ja kokeellisen osuuden tiimoilta pyritään antamaan kehitysehdotuksia opinnäytetyössä tehtävään testaukseen sekä kehitysehdotuksia koskien betonointivanerin sekä muottiöljyn tutkimista.

## 2 UPM-KYMMENE OYJ

UPM-KYMMENE OYJ, tunnetummin UPM, on Suomen johtavia biometsteollisuuden yrityksiä, joka toimii globaalisti. UPM:n toiminta on laajasti kuudella eri liiketoiminta-alueella, jotka ovat UPM Biorefining, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Specialty Papers, UPM Paper ENA ja UPM Plywood. UPM:n vahvuuksia on jatkuva uudistuminen ja innovatiivisuus kaikilla toimialoilla. Tuotteet valmistetaan uusiutuvista ja kierrätettävistä raaka-aineista, mikä mahdollistaa valmistuksen myös tulevaisuudessa. (UPM 2018b, 4 - 5,12 - 13.)

### **UPM Plywood**

UPM Plywood valmistaa WISA®-tuotemerkin alla vanereita ja viiluja sekä Grada®-tuotemerkin alla lämpömuovattavaa puumateriaalia. Tällä hetkellä UPM:llä on yhteensä yhdeksän eri vaneritehdasta, joista kaksi on sijoitettuna Venäjälle ja Viroon. Tehtaat eroavat toisistaan hieman tuotantoprosessissa ja tehtaiden valmistavat tuotteet eroavat käyttökohteiltaan. Pääkäyttökohteina ovat rakentaminen ja ajoneuvojen lattiat, mutta tuotteita menee laajasti myös betonointiin, LNG-laivoihin, parketteihin ja sisustamiseen. (UPM 2018a.)

Yksi isoista tämän hetken tuotekehityksen saavutuksista vanerin tuotannossa on WISA BioBond -liimausteknologia. Siinä on korvattu perinteisesti vanerin limauksessa käytettävää fenoliliimaa noin puolet puusta saatavalla ligniinillä. Uusin teknologia ei vaikuta tuotteiden ominaisuuksiin, mutta se on huomattavasti ympäristöystävällisempi kuin tavallinen fenoliliimaus. (UPM 2017.)

### 3 BETONOINTIVANERI

#### 3.1 Betonointivanerin ominaisuuksia

Vaneria käytetään betonivaluissa niiden helppokäyttöisyyden ja liikuteltavuuden vuoksi. Betonointivanereiden haasteena on kosteudenkestävyys sekä betonin alkalisuuden sietokyky.

Betonointivanereiden reunat suojataan tehtaalla kosteuden kestävyyden vuoksi ja pinnoitteena käytetään sellaisia pinnoitteita, jotka kestävät betonin alkalisuutta. Valuissa voidaan käyttää irtolevyjä kuin myös määrämittaan sahattuja. (Varis 2017, 152.)

Koivuvaneri on lujuusluokituksiltaan korkein. Koivusta valmistettu pintaviilu on tasainen ja vaalea. Näin ollen koivuvanerin pinta on erinomainen pinnoitukseen ja betonoinnissa siitä saadaan tasainen jälki. Koivuvanerin kosteudenkestävyys on hyvä, mutta sitä saadaan parannettua oikein pinnoitettuna ja reunasuojattuna. Kuvassa 1 on UPM:n WISA®-Form Birch -koivuvaneri fenolipinnoitteella, mikä on hyvin yleinen vanerityyppi valuissa. (Varis 2017, 45.)



KUVA 1. WISA®-Form Birch -koivuvaneri valuihin (UPM 2018c)

Sekavanerissa on käytetty sekä havu- että koivuviiluja. Näin ollen sen kestävyysluokitus on koivuvanerin ja havuvanerin välillä. Pintaviilut ovat koivua, jolloin pintakestävyys on koivuvaneriin verrattavissa. Havuvaneri on pinnaltaan pehmeämpää kuin koivuvaneri, jolloin sen pinta on alttiimpi kolhuille. Havuviilussa pintakuvio on voimakkaammin esillä ja hieman koholla sekä viilut ovat oksaisia, jolloin pinnoitus ei ole yhtä tasainen kuin koivupinnalla. Havuvaneri on kuitenkin kevyttä ja pehmeää, jolloin sen liikuteltavuus ja työstettävyys on helpompaa. (Varis 2017, 45.)

### 3.2 Käyttökohteet valuissa

Koivuvaneri on yleisimmin käytetty vanerityyppi betonoinnissa, mutta myös seka- ja havuvaneria käytetään. Valuissa käytetty vaneri on yleensä 18 mm tai 21 mm, mutta erikoisemmissa, arkkitehtuurisissa kohteissa tästäkin poiketaan paljon. (Varis 2017, 152.)

Yleisesti seinä- ja pystyvaluissa käytetään koivuvaneria sen korkeampien lujuus- ja jäykkyysominaisuuksien vuoksi. Pystyvaluissa muodostuu huomattavasti korkeampi valupaine kuin vaakavaluissa, jolloin levyn taipuma täytyy minimoida mahdollisimman paljon. Samoja levyjä voidaan käyttää uudelleen valuissa ja koivuvanerille valmistajat lupaavat jopa 100 käyttökertaa. Holvivaluissa eli vaakavaluissa käytetään tyypillisemmin seka- tai havuvaneria, koska valuissa ei synny niin korkeaa valupainetta. Nämä eivät kuitenkaan ole kestävyydeltään lähellekään koivuvanerin tasoa, jolloin käyttökertoja on noin 10 - 15 kertaa. (Varis 2017, 152 - 153.)

### 3.3 Pinnoitteet

Pinnoitteella on suuri merkitys betonointivanerin kestävyysominaisuuksiin. Pinnoitteella voidaan vaikuttaa valujälkeen eli jos halutaan matta- tai kiiltäväpintaista jälkeä. Myöskin pinnoitteen avulla saadaan tasainen ja sileä lopputulos. (Varis 2017, 152)

Pinnoitteella tulee ole hyvä irrotusominaisuus. Irrottaessa käytetään kuitenkin apuna muottiöljyjä, jotka auttavat levyjä irtoamaan ja näin ollen



pidentämään levyjen käyttökertoja. Levyt puhdistetaan jokaisen valun jälkeen ja käsitellään muottiöljyllä ennen seuraavaa valua. (Varis 2017, 152.)

Yleisin käytetty pinnoite on tummanruskea fenolifilmi, jonka tyypillisimmät määrät ovat 120 g/m<sup>2</sup> ja 220 g/m<sup>2</sup>. Vaativammissa kohteissa suositaan myös kerta- ja kestumuovipinnoitteita. Havuvanereissa esiintyy yleisesti kuvan 2 kartonkimainen MDO (Medium Density Overlay) -pinnoite. MDO-pinnoite auttaa tasoittamaan havuvanerin karkeampaa pintaa, mutta sillä saadaan myös tehtyä valupinnasta mattainen. (Varis 2017, 152.)

Betonointivanereissa käytetään myös HDO (High Density Overlay) -pinnoitetta, jolla on MDO:n verrattuna korkeampi hartsipitoisuus. HDO:n ja MDO:n hartsipitoisuudet ovat kuitenkin melko alhaiset, joten ne tarvitsevat erillisen liimoituksen tarttuakseen vaneriin. (Varis 2017, 245.)



KUVA 2. MDO-pinnoite (UPM 2018d)

Pinnoittamaton vaneri ei kestä itsessään kovinkaan voimakkaita kemikaaleja ja alkaliset aineet, kuten betoni, pehmittävät pintaa. Valuissakin paljon käytetty fenolipinnoite sekä lasikuitupinnoite parantavat vanerin kemiallista kestävyttä. (Metsäteollisuus Ry 2005, 26.)

### 3.4 Muottiteollisuus

Muottiteollisuus ja sen käyttö on lisääntynyt viime vuosina Suomessa. Edelleen perinteisemmät sahatavarasta valmistetut muotit ovat käytössä, mutta muottijärjestelmät alkavat hiljalleen korvata sitäkin. Yksityiset kuluttajat suosivat vielä elementtirakentamisesta, mutta urakoitsijat ja isommat tilaajat pyrkivät yhä enemmän käyttämään valumuottijärjestelmiä. Isommissa kohteissa ja arkkitehtuurisissa muodoissa sen käyttö kuitenkin on jo yleistynyt. Muottitekniikan etuina on sen nopea kasaaminen pienemmistä paloista, jolloin melkein mikä tahansa arkkitehtuurinen muoto on toteutettavissa, kunhan se täyttää rakennusmääräykset. Kuvassa 3 on PERI:n DOMINO-seinämuottijärjestelmä, jossa käytetään vaneria. (Roihuvuo 2018.)



KUVA 3. Seinämuottijärjestelmä vanerilevyillä (PERI Suomi Ltd Oy 2018b)

Suomessa on käytössä myös muita muottitapoja kuin vanerilevyn kiinnitys teräksiseen muottijärjestelmään. Sahatavarasta tehdyt muotit ovat yleisiä. Niitä näkee paljon esimerkiksi siltojen rakentamisessa. Sahatavaran pinta imee vettä, joten valun pinnasta voi tulla kirjava. Siitä jää myös valujälkeen kuviointi puusta, joten täysin tasaista pintaa sahatavarella ei saavuteta. Puulevyjä käytetään valuisa pinnoittamattomina ja pinnoitettuina.

Pinnoittamaton ja öljytön levy imee vettä itseensä, mikä vähentää valupinnan huokoisuutta, mutta irrotus on hankalampaa. Teräksiset muotit ovat jykeviä, joten ne ovat yleisesti pitkäikäisiä. Kuitenkin niiden muovattavuus on pientä, joten käyttö on enimmäkseen samoissa, toistuvissa valuissa. Lasikuitua ja muovia esiintyy muottimateriaaleissa kuin myös levyjen pinnoitteissa. Teräksen tapaan lasikuitu ja muovi ovat tiivispintaisia, joten ne eivät ime vettä betonista ja vähennä pinnan huokoisuutta. Tästä johtuen valukerrosten täytyy olla matalia ja betoni täytyy huolella täryttää ilman poistamiseksi. Muottikankaita käytetään muottien päällä huokosettomien valujen saavuttamiseksi. Täryttäessä kankaan huokosverkosto poistaa ilmaa ja vettä betonin pinnasta. Muottikangas täytyy kuitenkin asettaa huolellisesti muotin päälle, koska rypyt ja muut virheet heijastuvat valupintaan. Kaikissa muottityypeissä suositellaan käytettävän irrotusaineita, jottei muottien tai valun pinta vaurioidu irrotustilanteessa. (Valmisbetoni 2018b.)

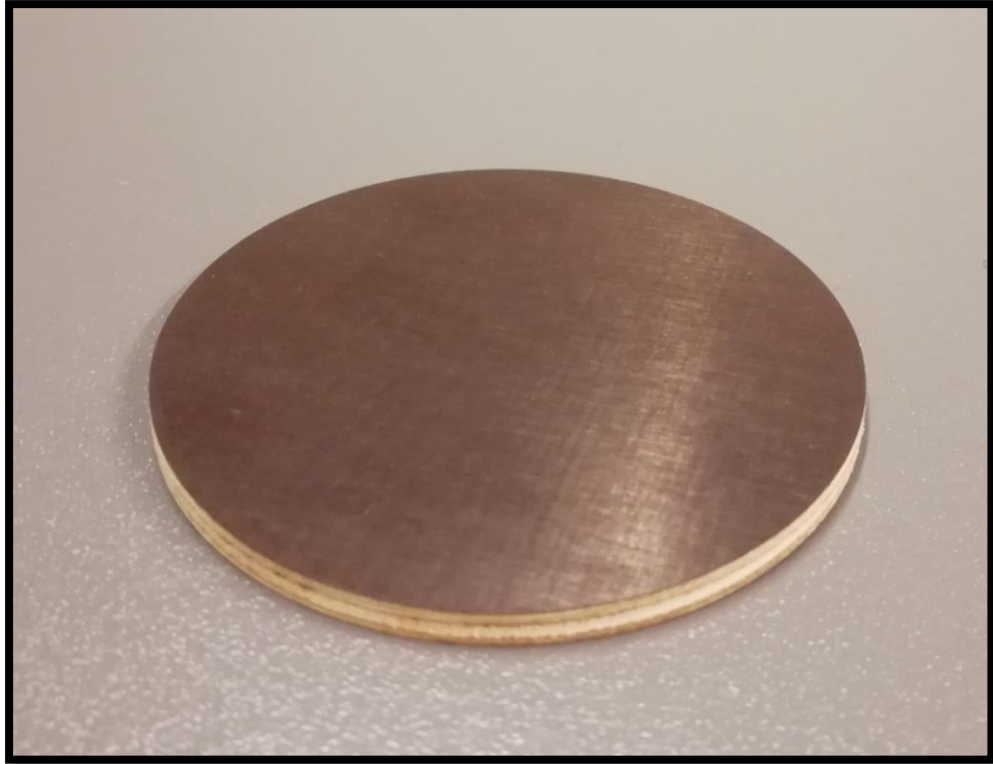
### 3.4.1 PERI Suomi Ltd Oy

PERI Suomi Ltd Oy on osa saksalaista PERI Group -konsernia. PERI Suomi on muottivuokrausyritys, joka tarjoaa myös suunnittelupalveluita ja valutarvikkeita. Muotteja on tavanomaisempia kertakasattavia, mutta myös liukuvia ja kiipeäviä muotteja riippuen työmaasta. Teräksisissä valumuoteissa käytetään eniten koivuvaneria, mutta myös 3-kerroslevyä. Uusimpana Peri on tuonut markkinoille DUO-muotit, jotka ovat kokonaan polymeerirakenteisia. DUO:n etuna on sen keveys ja nopea kiinnitys. Kuvassa 4 näkyy DUO-muotin kiinnitys DUO-liittimellä. (Rouhuvuo 2018.)



KUVA 4. DUO-muotin kiinnitys (PERI Suomi Ltd Oy 2018c)

PERI on myös kehittänyt talvivaluihin lämmitettävän muotin, joka lisätään valumuotin päälle. Betonointivaluissa pakkanen on haasteena betonin lujuuden kehityksen vuoksi, joten lämmitettävällä muotilla pystytään varmistamaan lujuudenkehitys myös pakkasilla. Työmailta palautuvat muottivanerit puhdistetaan huolellisesti, minkä jälkeen pinta tarkistetaan. Tarvittaessa vanerit paikataan kuvassa 5 näkyvällä pyöreällä 3 mm paksulla Rondo-vaneripaikalla. Keskimääräisesti yksi muottivaneri kestää 30 - 50 valukertaa. Kuitenkin tähän lukuun vaikuttaa vanerin käsittely työmailla. (Roihuvuo 2018.)



KUVA 5. Rondo-vaneripaikka

### 3.4.2 Doka Finland Oy

Doka Finland Oy on osa itävaltalaista Doka Group -konsernia. Sen toimiala on muottivuokraus, suunnittelupalvelut sekä valuihin liittyvät oheistuotteet, kuten muottilevyt ja -öljyt. Noin 95 % yrityksen käyttämistä levyistä on 3-kerroslevyä, joten koivuvanerin käyttö on vähäistä. 3-kerroslevyjä ja koivuvaneria käytetään keskimäärin noin 20 valukertaa ennen sen vaihtamista. Holvimuoteissa käytetään 3-kerroslevyä ja koivuvaneria, joita ei paikata. Fenolipinnoitettua koivuvaneria käytetään myös lämmitettävissä seinämuoteissa, jossa se on kiinteänä muottijärjestelmässä. Seinämuoteissa on muuten pitkälti käytössä muovipinnoitettu vaneri, jota paikataan käyttöiän pidentämiseksi. Muovipinnoite on tyypiltään kestävä ja sille kertyy valukertoja huomattavasti enemmän kuin 3-kerroslevylle tai fenolipinnoitetulle koivuvanerille. Käyttökertoihin vaikuttaa vahvasti levyjen käsittely ja niiden huolto valujen välissä. Kuvassa 6 on Dokamatic-holvimuottijärjestelmä. (Mensonen 2018.)



KUVA 6. Dokan holvimuottijärjestelmä (Doka Finland Oy 2018.)

## 4 BETONI

### 4.1 Betonin ominaisuuksia

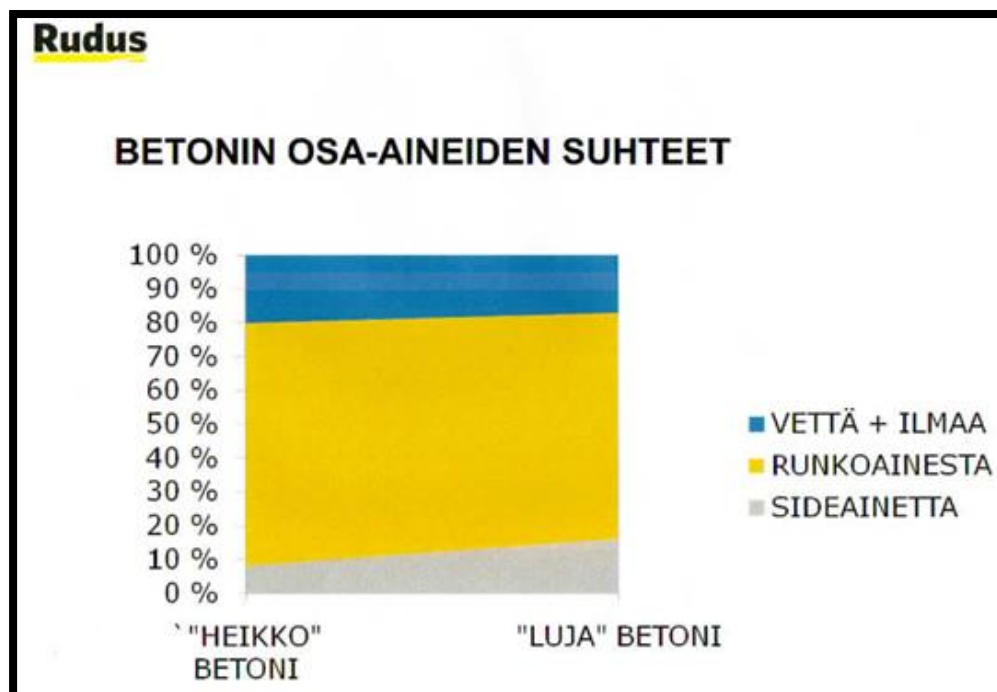
Betoni valitaan kohteen ja sen käyttötarkoituksen mukaan. Kohteelle annetaan lujuusluokka, jonka vaatimuksen betonin tulee täyttää. Kuitenkin ennen valua tulee huomioida sää- ja työskentelyolosuhteet ja muuttaa betonin laatua olosuhteisiin sopivammaksi kuitenkin huonontamatta lujuusluokkaa ja vaadittuja ominaisuuksia. (Sahlstedt, Koskenvesa, Lindberg, Kivimäki, Palolahti, Lahtinen 2013, 19.)

Betonia valmistettaessa peruslähtökohtana tarvitaan sementtiä, soraa sekä puhdasta vettä. Kuitenkin tähän betonimassaan lisätään erilaisia seos- ja lisäaineita, jotta tuotteesta saadaan soveltuva eri valukohteisiin. (Rudus Oy 2017.)

Runkoaineen eli sementin ja soran määrä on suurin betonin tilavuudesta (60–85%). Runkoaineet ovat merkittävässä roolissa betonin käytön kannalta. Ne vaikuttavat tuoreen betonimassan työstettävyyteen ja ominaisuuksiin sekä kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Runkoaineella on myös vaikutusta lopulliseen painoon. Käyttämällä esimerkiksi kevytsoraa saadaan rakenteiden painoa tiputettua hieman. Runkoaineissa tulee huomioida esimerkiksi sen puhtaus, rakeisuus, rakeiden koko ja muoto sekä tiheys. Lisäksi tulee huomioida kulutuksen kestävyyttä, lämpöominaisuuksia, huokoisuutta, veden imukykyä ja säilyvyyttä. (Leppänen 2018.)

Betonin valmistuksessa on tärkeää huomioida käyttötarkoitukseen vaadittava lujuus. Sementtikivi määrää betonin lujuuden, mutta erikoislujuutta vaativissa kohteissa myös kiviaineksen lujuudella on merkitystä. Mitä enemmän betonissa on mukana vettä sekä ilmaa, sitä alhaisempi on betonin lujuusluokitus. Kuviossa 1 on esitettyä eroja korkeamman ja matalamman lujuusluokan betonin välillä. Veden ja ilman sekä sideaineiden määrä vaikuttaa lujuteen enemmän kuin

runkoainesten määrä. Runkoaineet pysyvät melko samana lujuusluokasta riippuen. (Rudus Oy 2017.)



KUVIO 1. Eroja raaka-aineiden määrissä eri lujuusluokkien betonissa (Rudus Oy 2017)

#### 4.2 Laadut ja lujuudet

Betonit jaetaan valujäljen puolesta neljään eri laatuluokkaa: AA, A, B ja C. Muottimateriaalin pinnalla on merkittävä vaikutus valmiin valupinnan esteettisyyteen. AA-luokkaa ei käytetä kuin erikoiskohteissa. Tässä luokassa muottimateriaalipinta on melkein aina uutta ja puhdasta. AA-luokassa voidaan myös asettaa vaatimuksia esimerkiksi toteutustavasta, muottimateriaalista tai pintakuvioinnista. A-luokan vaatimukset täyttyvät puhtasvalupinnoilla. Puhdasvalupinta tarkoittaa, ettei sille tarvitse suorittaa jälkitöitä esimerkiksi paikkauksia tai piikkauksia. Muottimateriaalin täytyy olla hyvälaatuista ja tasasta, jotta valujälkikin on. A-luokkaa käytetään yleensä arkkitehtuurisissa kohteissa. B- ja C-luokkaan kuuluvat valupinnat, jotka eivät täytä puhtasvalupintojen



kriteerejä. B-luokkaan luokitellaan yleensä kuitenkin näkyviä pintoja kuten tasoitettavat väliseinät tai ulkoseinät. C-luokitusta käytetään enemmän perustuksissa ja ei-näkyvillä olevissa valuista. (Valmisbetoni 2018a.)

Betonin lujuusluokituksissa Suomessa on käytetty K-merkintää ja sitä käytetään edelleen. C-merkinnät ovat nykyään käytössä virallisesti ja ne ovat eurokoodijärjestelmän mukaiset. C-lujuusluokkamerkintä ilmoittaa 28 vuorokauden ikäisen betonin lieriö- ja kuutiopuristuslujuuden suhteena esimerkiksi C40/50, joka K-lujuusmerkintänä vastaa K50 lujuusluokkaa. (Sahlstedt ym. 2013, 6.)

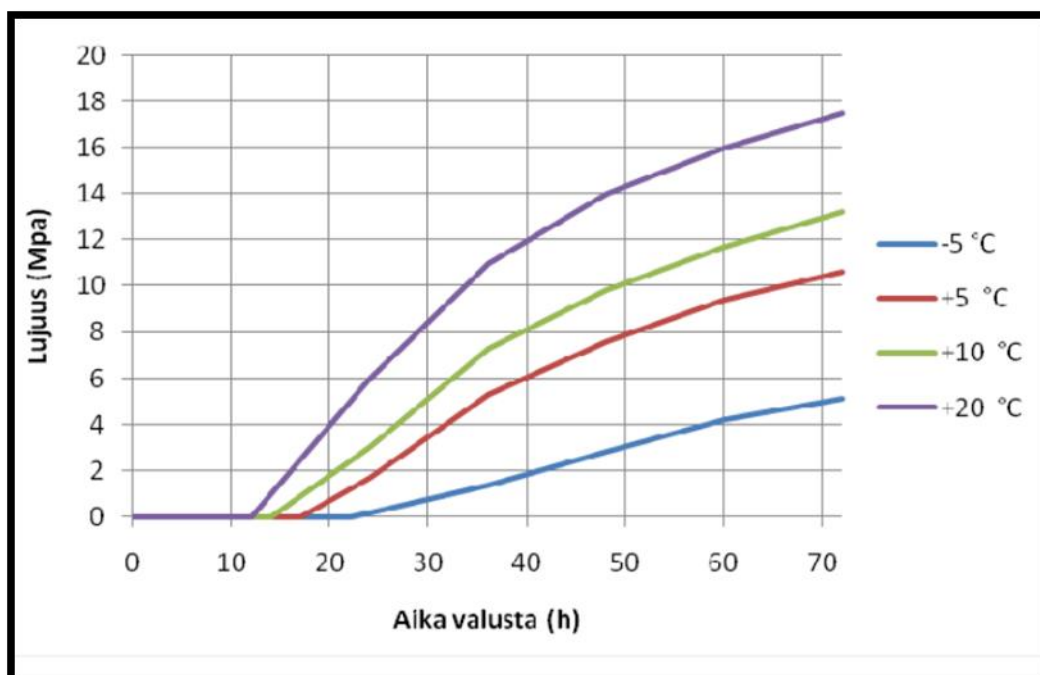
Taulukossa 1 on esitetty K- ja C-merkintöjen vastaavuudet.

Rakennuselementeissä yleisimmin käytetään C30-C50 -lujuusluokkien betonia. Lujemmissa betoneissa voidaan käyttää nopeampaa muottikiertoa. Betonin hinta on tällöin korkeampi, mutta työmaalla valu on nopeampaa, kun voidaan käyttää nopeampaa muottikiertoa. (Leppänen 2018.)

TAULUKKO 1. Lujuuksien vastaavuudet rakentamismääräyskokoelman B4 ja eurokoodijärjestelmän kesken (Sahlstedt ym. 2013, 6.)

RakMK B4	EN 206-1 ja EN 1992
K20	C16/20
K25	C20/25
K30	C25/30
K35	
	C30/37
K40	
K45	C35/45
K50	C40/50
K55	C45/55
K60	C50/60
	C55/67
K70	
	C60/75
K80	
	C70/85
K90	
	C85/95
K100	
	C90/105

Betonin lujuteen vaikuttavat valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden laatu ja määrät sekä runkoaineen raekoko- ja muoto. Hitaampi jähmettyminen luo betonille paremman lujouden. Betonin sitoutumisaika eli työstöaika on 2-4 h riippuen sementin kemiallisesta koostumuksesta ja sen hienoudesta. Sitoutuminen on kemiallinen reaktio, joten lämpötila vaikuttaa siihen paljon. 10 °C:n muutos puolittaa tai kaksinkertaistaa sitoutumisajan; näin ollen kylmä tuo lisää työstöaikaa, kun se hidastaa sitoutumisaikaa eli betonin lujoudenkehityksen alkua. (Rudus Oy 2017.) Kuviossa 2 on esitettyä 260 mm paksuisen välipohjan lujuuskehitys eri lämpötiloissa, kun betoni on K30-lujuusluokkaa (Rudus Oy 2018).



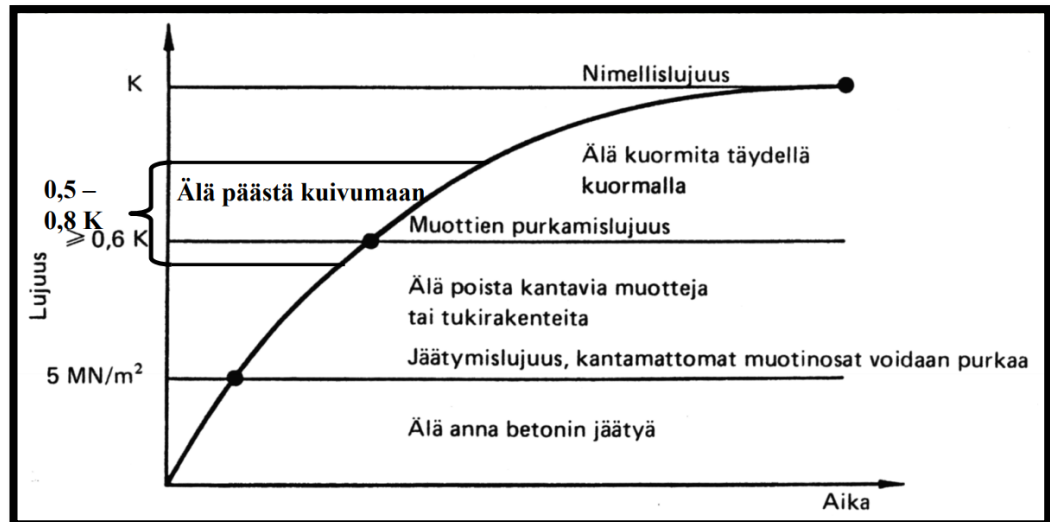
KUVIO 2. Betonin lujuuskehitys eri lämpötiloissa (Rudus Oy 2018)

Jotta betonissa voi tapahtua lujuuskehitystä, on lämpötilan pysyttävä nollan yläpuolella. Kuitenkin betonin lämpötilan on pysyttävä yli +5 °C:n, jotta sen lujuuskehitys on jatkuva ja nimellislujuus saavutetaan mahdollisimman nopeasti. Jäätäneellä betonilla voi esiintyä valelujuutta ja veden jäätyessä lujuuskehityksen alussa voi aiheuttaa sisäisiä vaurioita rakenteisiin. Jotta vältetään jäätymiseltä, valuissa käytetään lämmitettäviä muotteja tai lämpölankoja valujen ympärillä. (Sahlstedt ym. 2013, 14–15.)

Valuolosuhteet vaikuttavat betonointiin merkittävästi. Lämpötila on merkittävä tekijä, mutta myös ilman kosteuspitoisuus sekä tuuli vaikuttavat betonin pinnan laatuun. Ilman kosteuspitoisuus vaikuttaa merkittävästi veden haihtumiseen betonin pinnalta sekä haihtumisnopeuteen. Veden haihtuminen aiheuttaa plastista kutistumaa pintaan eli pinta halkeilee. Tuuli aiheuttaa myös betonin pinnan kuivumista ja sitä kautta halkeilua. Halkeilu on ongelmallisempaa ja merkittävämpää suurilla paljailla valupinnoilla, esimerkiksi lattiavaluissa. Suuret paljaat pinnat tulisi suojata hyvin tuulelta, sen vaikutuksen minimoimiseksi. (Rudus Oy 2018, 7.)

Betonin pinnan halkeilua voidaan estää varhaisjälkihoitoaineilla, jotka levitetään heti pinnan perusoikaisun jälkeen. Varhaisjälkihoitoa ei tarvitse suorittaa jokaisessa kohteessa. Varhaisjälkihoitoa tarvitaan silloin, kun valun pinta vaikuttaa kuivalta, valussa käytetään lämmintä betonimassaa tai olosuhteet, kuten tuuli tai ilman kosteuspitoisuus vaikuttavat valun pintaan. Varhaisjälkihoidon jälkeen suoritetaan varsinainen jälkihoito, jonka tarkoituksena on luoda betonille hyvät olosuhteet sitoutua ja kovettua. Jälkihoidolla estetään pinnan liiallinen ja liian aikainen kuivuminen. Hyvällä jälkihoidolla on vaikutusta betonin pinnan halkeiluun, lujuuteen, kulutuksen kestävyys, pölyävyyteen, tiiveyteen, alustaan tarttuvuuteen ja pinnoitettavuuteen. Jälkihoito voidaan tehdä sumuttamalla jälkihoitoainetta pinnalle, mikä muodostaa kalvon, joka ei läpäise kosteutta. Valupinta voidaan peittää muovikalvolla. Myös vettä voidaan sumuttaa pintaan, mutta tällöin betonilla pitää olla alhainen vesi-sideainesuhde. Vettä ei myöskään voida käyttää, jos on riski, että se jäätyy ja aiheuttaa halkeilua. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 11.)

Betonin lujuuden kehityksessä on kolme vaihetta, jotka ovat esitettyinä kuviossa 3. Valun jälkeen saavutetaan jäätymislujuus ensimmäisenä, jolloin betonin jäätymisestä ei seuraa vaurioita. Betonissa esiintyvä vesi on vaurioiden aiheuttajana jäätyessään. Muotit saadaan purkaa vasta kun betoni on saavuttanut muotin purkulujuuden. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että betonin lujuus tulee olla vähintään 60 % nimellislujuudesta. Kuitenkin jälkijännitetyissä rakenteissa lujuuden tulee olla 80 % nimellislujuudesta ja muotit saadaan purkaa vasta hyväksytyn jännitystyön jälkeen. Muottien purun jälkeen betonin lujuus jatkaa kehitystään nimellislujuuteen eli loppulujuuteen asti. Nimellislujuus määräytyy rakenteisiin vaaditun ja suunnitellun lujuusluokan mukaan. Vasta nimellislujuuden saavutettua rakenteita saa kuormittaa täydellä kuormalla ja käyttöönotto on hyväksyttävää. (Sahlstedt ym. 2013, 17–18.)



KUVIO 3. Betonin lujuuden kehityksen kolme vaihetta (Mannonen 2016, 64)

#### 4.3 Betoniin lisättäviä aineita

Betoniin lisätään erilaisia seos- ja lisäaineita sen ominaisuuksien parantamiseksi. Kuitenkaan kaikkia seosaineita ja lisäaineita ei voi käyttää keskenään, jolloin niillä on heikentävä vaikutus. Heikentävän vaikutuksen eliminoimiseksi aineita testataan ennen käyttöä ja eri valmistajien aineiden vahvuudet betonissa pitää todentaa testaamalla. (Leppänen, 2018.)

##### 4.3.1 Seosaineet

Seosaineet ovat muista teollisuuden aloista syntyviä sivutuotteita, joita voidaan hyödyntää betonin valmistuksessa kustannus- ja ympäristösyistä. Yleisesti betonin valmistuksessa käytetään viittä erilaista seosainetta valmistajasta ja vaadittavista betonin ominaisuuksista riippuen.

- Lentotuhkaa käytetään betonin valmistuksessa sementin korvaajana.
- Masuunikuonajauhe lisää sulfaatinkestävyyttä esimerkiksi jäteveden puhdistamoissa.

- Silika parantaa betonin tiiveyttä ja loppulujuutta. Lisäksi se parantaa betonin pumpattavuutta sekä koossapysyvyyttä esimerkiksi ruiskubetoneissa. Notkistimia suositellaan vahvasti käytettävän silikan kanssa.
- Masuunikuonaa käytetään granuloituna, pelletoituna tai ilmajähdytettyinä murskeena. Se korvaa runkoainetta tuoden lisäominaisuuksia.
- Ilmajähdytetty ferrokromikuona käytetään murskeena runkoaineessa.  
Masuunikuonaa sekä ferrokromikuonaa käytetään kuumuuden kestävyyttä ja/tai kulutuskestävyyttä vaativissa kohteissa. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 175-176; Rudus Oy 2017.)

#### 4.3.2 Lisäaineet

Lisäaineiden käyttö on yleistä ja lähes kaikissa betoneissa niitä esiintyy. Lisäaineita käytetään 0,01-3 % sementin painosta riippuen käytettävästä aineesta ja sen vahvuudesta. Lisäaineiden vahvuus poikkeaa valmistajien välillä ja testaamalla todennetaan sopiva sekoitusmäärä. Lisäaineilla pyritään vaikuttamaan eri osa-alueisiin, kuten työstettävyyteen, työmaatyöstöön, sekä lopputuotteeseen.

- Notkistimilla saadaan vähennettyä veden määrää 5-10 % ja betonin koossapysyvyys paranee. Myös betonin lujuus kasvaa, jos sideaineiden määrää ei muuteta. Tiheästi raudoitetut rakenteet ja/tai ahtaat muotit vaativat yleensä notkistimen käyttöä.
- Tehonotkistimilla saadaan vähennettyä veden määrää 10-30 %. Betonin koossapysyvyys paranee ja lujuus kasvaa erittäin paljon. Tehonotkistimilla saadaan muottipaineita sekä kutistumaa pienennettyä. Teollisuuslattiat ovat yksi käyttökohde tehonotkistimille.
- Nesteyttimillä tehdään betoni kirjaimellisesti nestemäiseksi. Se lisää betonimassan notkeutta kuitenkin vaikuttamatta veden määrään. Tämä nostattaa muottipaineita ja betonimassan erottumisriski

nousee. Nesteyttimiä käytetään myös valun nopeuttamiseen. Kohderyhmänä ovat tiheet raudoitukset ja vaikeat valukohteet.

- Huokostimet muodostavat betoniin sekoittaessa vaahtoa, joka puolestaan muodostaa ilmaa betoniin. Huokostimien käyttömäärä betonissa on minimaalinen (0,01 %) ja liiallinen määrä pudottaa lujuutta. Huokostimet parantavat koossapysyvyyttä, kovettuneet betonin pakkasen kestävyyttä ja vesitiiveyttä. Lisäksi se nopeuttaa betonin kuivumista.
- Kiihdyttimet kiihdyttävät betonin lujuudenkehitystä. Lisäaineella varhaislujuus kasvaa, mutta loppulujuus alenee. Tämä lyhentää betonin työstöaikaa ja esimerkiksi ruiskubetoneissa sitoutuminen alkaa välittömästi. Kiihdyttimien käyttö on kuitenkin nykyään kohtuu vähäistä.
- Hidastimet hidastavat sitoutumisen alkamista, jolloin varhaislujuus alenee, mutta loppulujuus kasvaa. Käyttö erityisesti silloin, kun halutaan pidentää työstöaikaa.
- Paisunta-aineet reagoivat betonimassan kanssa, joka saa betonimassan turpoamaan. Lisätään betoniin viime hetkellä ennen valun aloitusta, jotta vaikutus saadaan valussa. Yleisin käyttö injektiovaluissa.
- Uppobetoniin käytettävä lisäaine estää betonin huuhtoutumasta veden mukana. Korkean hintansa vuoksi käytetään yleensä pienemmissä kohteissa. Isommat kohteet valetaan Contractor-menetelmällä, jossa valu suoritetaan teräksisessä putkessa.
- Muovibetonin lisäaineet parantavat betonin tartuntaa alustaan, jolloin voidaan valaa ohuita kerroksia. Yleinen käyttökohte on korjausrakentamisessa. Betonimassan tiiveys kasvaa, mutta myös sitkeys, joka vaikuttaa negatiivisesti betonin työstettävyyteen.
- Pakkasbetonin lisäaineilla saadaan betonille lujuudenkehitystä -15 °C asti, mutta yli -10 °C jälkeen lujuudenkehitys on todella hidasta. Pakkasbetonin lisäaineita käytetään yleensä silloin kun valua ei pystytä suojaamaan tai lämmittämään, kuten saumausvalut pakkasella.

- Betoniin voidaan myös lisätä kuituja, joko teräksisiä tai muovisia. Ne parantavat vetolujuutta, mutta niillä voidaan myös korvata raudoitusta. Tällä hetkellä kuituja käytetään enemmän ruiskubetonissa ja lattiabetonissa, mutta tulevaisuudessa niitä voidaan laittaa myös kantaviin rakenteisiin. Kuidut voivat nousta pystyyn hiertäessä, jolloin ne täytyy saada pois pinnasta. Muovikuidut voidaan esimerkiksi polttaa, mutta teräskuidut vaativat enemmän työtä esimerkiksi yksitellen katkomalla. (Rudus Oy 2017.)

#### 4.4 Betonin vaikutus betonointivaneriin

Betoni vaikuttaa levyn pintaan vahvemmin, jos valussa ei käytetä muotiniirrotusainetta. Betonin alkalisuus on suuri rasitetekijä betonointivanerin pintaan. Yleisin vanereissa käytetty fenolipinnoite kestää alkalisuutta hyvin, mutta valukertojen lisääntyessä ja pinnoitteen kuluessa rasitus voimistuu. Siksi jokaisen valukerran jälkeen levyt tulisi puhdistaa huolella ja levittää muottiöljy ennen seuraavaa valua. Myös betonin kosteus on rasitetekijä muottilevyyn jolloin kosteus imeytyy levyyn ja turvottaa sen pintaa. Turvotus voi olla niin voimakasta, että se heijastuu valupintaan. Yleensä levyn pinnassa on rikko, jos se on päässyt turpoamaan paljon.

Levyjä voidaan paikata ennen seuraavaa valua, jotta levyn käyttöikä pitenee, mutta on mahdollista, että levy rikkoutuu valun aikana. Betonin tiivistämiseen käytettävä tärytin voi rikkoa levyn pinnan erityisesti ahtaamissa ja tiheämmin raudoitetuissa valuissa. Levyn pintaan vaikuttaa myös tuoreessa betonissa esiintyvä hydrostaattinen paine, joka on voimakkaampi pystyvaluissa kuin vaakavaluissa. Paine on kovin pystyvalujen alareunassa ja tästä syystä muottirakenteet tuetaan vahvemmin sen alareunasta kuin yläreunasta. Liian nopea muottikierto levyn vahvuuteen nähden aiheuttaa taipumaa levyyn eli levy pullistuu ulospäin.



## 5 MUOTTIÖLJYT

### 5.1 Käyttö

Muotinirrotusaineiden päätehtävä on estää muotin tarttuminen betoniin. Muottia irrottaessa betonin pinta sekä valumuotti säilyvät ehjinä. Muottiöljyjä suositellaan käytettävän aina valuissa, jotta valun pinnasta tulee toivottu ja muotit olisivat monikäyttöisiä. Oikea määrä muottiöljyä käytettynä sille sopivaan muottimateriaaliin vähentää betonipinnan huokoisuutta ja näin ollen luo siistin ja tasaisen valujäljen. Muottiöljy tiivistää valupintaa ja estää veden imeytymisen muottiin, jolloin saadaan vaaleampi betonipinta. Muottiöljyt myös täyttävät pienet naarmut muottilevyjen pinnassa, jotta betonin kosteus ei pääse imeytymään naarmuista levyyn. (Korpela, Palolahti & Mittaviiva Oy 2018, 13.)

Sopivan muottiöljyn valintaan vaikuttavat eniten yhteensopivuus muottimateriaalin kanssa ja käyttöolosuhteet. Pakkasella vesiohenteiset tuotteet voivat jäätyä aiheuttaen tuhoa betonissa tai muotissa. Pakkasilla käytettävät irrotusaineet ovat yleensä mineraaliöljypohjaisia. Muotinirrotusaine levitetään sille soveltuvalla tavalla. Nestemäiset aineet yleensä ruiskutetaan, koska näin saadaan tasainen kerros tuotetta tarvittavalle alueelle. Ylimääräiset nestemäiset irrotusaineet voidaan poistaa esimerkiksi lastaa tai riepua käyttäen. Kiinteämmät muotinirrotusaineet levitetään esimerkiksi sienen tai liinan avulla. Tärkeintä levityksessä on kuitenkin, että tuotetta on koko pinnalla eikä tyhjiä kohtia näy. Muotinirrotusaineita ei saa joutua raudoituksiin, jolloin betoni ei tartu niihin eli irrotusaineet levitetään muotteihin ennen niiden kasaamista. Kuvassa 7 on kuvattuna muottiöljyn levitys vanerin päälle ruiskua käyttäen. (Korpela ym. 2018, 14.)

Liiallinen muottiöljyn käyttö vaikuttaa enemmän betonin pintaan, kuin muottimateriaalin pintaan. Liiallinen muottiöljymäärä voi aiheuttaa betonin ja veden erottumista valupinnassa, jolloin betonin pinnasta ei tule tasaista ja kiinteää, vaan on pölyävä ja rakeinen. Jos valupinta epäonnistuu, se täytyy korjata esimerkiksi hiomalla, joilloin pinta ei täyty puhdasvalupinnan

kriteerejä. Liiallinen määrä muottiöljyä aiheuttaa myös huokoisuutta ja värjäytymistä betonin pinnassa. (Korpela ym. 2018, 14.)



KUVA 7. Muottiöljyn levitys ruiskulla (PERI Suomi Ltd Oy 2018a)

## 5.2 Muottiöljytyypit

Muottiöljyt jaetaan fysikaalisesti ja kemiallisesti toimiviin ryhmiin. Fysikaalisesti toimivaan muottiöljyryhmään kuuluvat lisäaineettomat mineraaliöljyt, kasviöljyt, dieselöljyt, parafiinivahat ja silikoniöljyt. Saatavilla on myös täysin kasviöljypohjaisia öljyjä ja emulsioita sekä kasviöljyjen ja muiden orgaanisten aineiden sekoituksia. Tämän ryhmän muottiöljyt asettuvat mekaanisesti levyn ja betonin väliin estäen niiden tarttumasta toisiinsa. (Korpela ym. 2018, 14.)

Kemiallisesti toimivat muottiöljyt perustuvat siihen, että muottiöljyssä olevat rasvahapot reagoivat betonimassassa olevan veden kanssa muodostaen saippuakerroksen muotin ja betonin väliin. Tämä kemiallisesti muodostunut saippuakerros poistaa samalla myös betonin pinnalta ilmaa vähentäen huokoisuutta. Kemialliset muottiöljyt voivat olla osittain reaktiivisia tai kokonaan reaktiivisia. Puoli reaktiivisissa on mekaanisesti toimivien muottiöljyjen ominaisuuksia eli asettuu myös mekaanisesti levyn

ja betonin väliin. (Korpela ym. 2018, 14.) Taulukossa 2 on esiteltyä eri muotiniirrotusaineita sekä niiden ominaisuuksia.

TAULUKKO 2. Muottiöljyjen ominaisuuksia ja käyttöohjeita (Korpela ym. 2018, 13.)

Tyyppi ja koostumus	Ominaisuuksia	Levitys ja käytössä huomioitava
Puhdas mineraaliöljy (lisäaineettomat öljyt)	Ei suositella puhdasvalupinnoille Taipumus lisätä betonipinnan huokoisuutta	
Lisäaineilla täydennetty mineraaliöljy	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Yleismuotiniirrotusaine kaikentyyppisille muotipinnoille 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 kaikentyyppisille muotipinnoille, 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/öljyvesiemulsiot	Ei suositella puhdasvalupinnoille Hidastaa betonipinnan sitoutumista Lisää betonipinnan pölyämistä	
Kemiallisesti aktiiviset muotiniirrotusaineet	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Hyvä tiiviillä muotipinnalla Kestää sateen	Ruiskutus tai liina Levitettävä kuivalle muotipinnalle
Kasviöljypohjaiset muotiniirrotusaineet - vesipohjaiset emulsiot - puhtaat tai muunnellut kasviöljyt (täysöljyt)	Vähentää betonipinnan huokoisuutta Vaalea, tasavärinen betonipinta Käyttö edellyttää muotipintojen erittäin huolellista 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 vedenerpitävät pinnoitteet)	Vain muotipinnan esikäsitteilyyn Tiivistää muotipinnan imemättömäksi Käyttö ainoastaan yhdessä varsinaisen muotiniirrotusaineen kanssa	Valmistajan ohjeiden mukaisesti
Muottivahat (liuotinpohjaiset vahat)	Vettäimevien muotipintojen esikäsitteilyyn	Valmistajan ohjeiden mukaisesti

Kemiallisesti toimivat muottiöljyt soveltuvat monipuolisesti kaikkiin valutyyppeihin. Kemiallisesti toimivat muottiöljyt kuivuvat levyn pintaan luoden suojan levyllä ennen valua. Öljyn kuivuessa levyn pinnalle, on levyn käsiteltävyys turvallisempaa, koska pinnan liukkaus häviää. Näiden levitysmäärä on myös vähäisempi verrattuna tavanomaisempiin, mekaanisesti toimiviin muottiöljyihin. (Engineeringcivil.org 2018.)

### 5.3 Muottiöljyn vaikutus betonointivaneriin

Muottiöljyillä ei ole negatiivista vaikutusta betonointivaneriin, päinvastoin muottiöljyjen käyttöä suositellaan jokaisessa valussa. Muottiöljy helpottaa irrottamista ja valun jälkeistä puhdistusta, mutta myös suojaa levyn pintaa betonin kosteudelta ja alkalisuudelta. Kuitenkin öljyn täytyy olla pinnalle

sopiva eli sen täytyy soveltua imevälle tai ei-imevälle pinnalle sekä muottiöljyn levitys tulisi suorittaa huolella. Suurempi ongelma on imevillä pinnoilla, koska pinta imee myös betonista kosteuden, jolloin betoni jää pinnoitteeseen kiinni. Myöskin tällöin betonin kosteudella on suora yhteys muottilevyyn, eikä välissä ole mitään öljyä suojaamassa sitä. Öljyt vaihtelevat valmistajien mukaan erityisen paljon, joten jokaisen öljyn kohdalla on tarkistettava sen soveltuvuus valuun. Öljyn soveltuvuuden lisäksi täytyy kiinnittää huomiota öljyn käyttölämpötiloihin. Vesiliukoisia öljyjä ei saa käyttää, jos on mahdollisuus, että se jäätyy. Irrottaessa jäänyt muottiöljy voi vahingoittaa molempia, levyä ja betonin pintaa.

## 6 KOESUUNNITTELU

Kokeellisessa osuudesta suoritetaan koevalut. Valujen tarkoituksena on tutkia sekä levyn, että betonin pintaa. Kokeessa on seitsemän erityyppistä levyä testauksessa ja kolme eri muottiöljyä. Kokeessa käytetään samaa kuivabetonia kaikkiin valuihin ja koevaluja ei tärytetä. Valuissa haetaan eroja öljyn levitysmäärällä.

Testattavat vanerit ovat seuraavat:

- Levy A
- Levy B
- Levy C
- Levy D
- Levy E
- Levy F
- Levy G.

Testattavat muottiöljyt ovat seuraavat:

- Öljy A
- Öljy B
- Öljy C

Valut suoritetaan yhden kerran. Jokaisesta testattavasta levystä tulee seitsemän koelevyä, jolloin valuja on yhteensä 49.

1. Koelevy ilman mitään muottiöljyä
2. Öljy A valmistajan ohjeiden mukainen levitysmäärä
3. Öljy A liiallinen levitysmäärä
4. Öljy B valmistajan ohjeiden mukainen levitysmäärä
5. Öljy B liiallinen levitysmäärä
6. Öljy C valmistajan ohjeiden mukainen levitysmäärä
7. Öljy C liiallinen levitysmäärä

Kokeita varten valmistetaan valumuotit. Muottien sisämitat ovat 250x250x50 mm. Valun paksuus on noin 30 mm. Betonin annetaan kovettua yhden viikon ajan valun jälkeen.

Valuissa ei tehdä mitään kiinnityksiä esimerkiksi ruuveilla koelevyyn, vaan muottien päälle asetetaan painot. Näin koelevyihin ei tule reikiä tai muita jälkiä ja betonimassa pysyy valumuottien sisällä eli neste ei vuoda muottien alapuolelta.

Koetulosten arviointia varten tehdään asteikko 1-3, jossa 1 on huonoin ja 3 paras. Valuissa tarkastellaan levyn sekä betonin pintaa.

## 7 BETONOINTIVANEREIDEN TESTAUS

Koevalut on toteutettu UPM:n betonilaboratoriossa Niemenkadulla Lahdessa 26.4.2018.

Koevaluihin piti alkuperäisen koesuunnitelman mukaan käyttää kolmea eri muottiöljyä. Kuitenkaan kolmatta ei saatu toimitettua ennen testauksien käynnistymistä, joten koevalut on suoritettu käyttäen kahta muottiöljyä.

Muottiöljyjen valmistajan ilmoittamat levitysmäärät ovat Öljy A:lle 0,59 g-1,06 g ja Öljy B:lle 1,25 g koelevyn pinta-alaan nähden testauksissa. Muottiöljyjen valmistajan ohjeiden mukainen levitys tapahtuu ruiskua käyttäen tasaisen öljykerroksen saamiseksi, mutta koevalujen pinta-ala on pieni, joten levitys tapahtui pensselillä.

Valumuotteihin pyyhittiin paperilla ohut kerros muottiöljyä, jotta testien purku helpottuisi.

Öljyn levityksen jälkeen valut olivat vaakatasossa odottamassa betonia. Liiallinen määrä muottiöljyä aiheutti öljyn valumista koelevyissä. Liiallinen levitysmäärä ei toimisi pystyvaluissa, koska silloin levyjen alareuna lainehtisi muottiöljystä.

Ensimmäinen betonin sekoituserä jäi melko kuivaksi myllyn sisäseinämien imiessä vedet betonimassasta. Mylly olisi pitänyt kastella kunnolla ennen käyttöönottoa. Ensimmäisen erän betoni laitettiin öljyttömiin koelevyihin. Kuivasta koostumuksesta johtuen betoni piti tiivistää muottiin hyvin. Loput erät onnistuivat hyvin ja betoni otti muotonsa muoteissa ilman suurempia tiivistämisä. Betonimassan sekoittamisen jälkeen valut tehtiin satunnaisessa järjestyksessä, jolloin saatiin pientä hajontaa betonin sitoutumisaikaan ja öljyjen määriin.

Alun perin muottien päälle oli tarkoitus asettaa rimat, joiden päälle asetettaisiin paino. Betonimassa pysyi kuitenkin muoteissa ja ei valuttanut muottien alareunasta nestettä, joten valut jätettiin kuivumaan ilman painoja. Valujen väliin asetettujen rimojen avulla alemmat valut saavat ilmaa ja näin ollen betoni kuivuu nopeammin.

Betonilaboratoriossa on noin +20 °C, eikä merkittäviä olosuhdetekijöitä, jotka vaikuttaisivat koelevyjen tulokseen, joten olosuhdetekijät voidaan jättää huomioimatta.

### 7.1 Tulokset

Koevalujen arvioinnissa käytetään taulukon 3 mukaista numeraalista arviointia antamaan suuntaa levyn sekä betonin pinnan onnistumisesta. Koelevyt ja betonit on arvioitu erikseen.

TAULUKKO 3. Koevalujen arviointi

Arviointi	
Numeraalinen arvio	Selitys
1	Tulokset epäonnistuneet
2	Tuloksissa pientä parannettavaa
3	Tulokset onnistuneet

Betonin pinta sai arvosanaksi 1, jos sen pinta on todella huokoinen. Ulkokäytössä huokosiin menee vettä ja jäätyessään pinta halkeilee. Huokokset myös heikentävät betonin lujuutta. Arvosana 2 annettiin, jos betonin pinnassa oli arvosanaan 1 verrattuna vähemmän huokoisuutta tai pinnassa oli selkeää laikikkuutta. Arvosana 3 annettiin, jos betonin pinta oli onnistunut. Siinä ei esiinny huokosia, pinta on tasainen ja yksivärinen.

Levyn pinnoissa 1 annettiin arvosanaksi, jos siihen jäi kiinni betonia tai sen pinta vaurioitui. Arvosana 2 annettiin, jos vanerin pinnassa oli huomautettavaa, mutta sitä pystytään edelleen käyttämään muottilevynä. Arvosana 3 annettiin, jos levyn pinnassa ei ollut mitään huomautettavaa ja liinalla pyyhkäisyn jälkeen sen pinta oli sileä ja kiiltävä.

Taulukoissa 4, 5 ja 6 on esitetty valutulokset. Taulukoissa 4 ja 5 punaisen viivan alapuolella olevissa tuloksissa on käytetty liiallista muottiöljymäärää.



TAULUKKO 4. Öljy A:n valutulokset

<b>Muottiöljy A</b>		
Koelevy	Betointivanerin pinta	Betonin pinta
Levy A	3	1
Levy B	3	2
Levy C	2	1
Levy D	2	3
Levy E	3	1
Levy F	2	2
Levy G	2	1
Levy A	3	1
Levy B	3	1
Levy C	2	1
Levy D	2	3
Levy E	3	1
Levy F	3	1
Levy G	2	1

TAULUKKO 5. Öljy B:n valutulokset

<b>Muottiöljy B</b>		
Koelevy	Betointivanerin pinta	Betonin pinta
Levy A	3	3
Levy B	3	3
Levy C	3	3
Levy D	3	3
Levy E	3	3
Levy F	3	3
Levy G	2	3
Levy A	3	3
Levy B	3	3
Levy C	3	3
Levy D	2	3
Levy E	3	3
Levy F	2	3
Levy G	2	3

## TAULUKKO 6. Muottiöljyttömien valujen tulokset

Muottiöljytön valu		
Koelevy	Betointivanerin pinta	Betonin pinta
Levy A	2	3
Levy B	2	2
Levy C	2	3
Levy D	1	1
Levy E	2	2
Levy F	2	2
Levy G	2	1

## 7.2 Tuloksien tarkastelu

Koevalut suoritettiin vain yhden kerran, joten otantojen määrää tulisi lisätä huomattavasti, jotta tuloksista saisi tilastollisia. Valutuloksien perusteella pystytään toteamaan, ettei valuja tulisi suorittaa ilman minkäänlaista muottiöljyä. Liitteessä 1 on UPM:n ohjeistus betonointivanerien käytöstä valuissa, joissa on myös selkeästi mainittuna muottiöljyjen käytöstä. Levyn pinnat mattaantuivat, niihin jää betonin jäämiä ja irrottaminen vaatii voiman käyttöä. Betonin jäämät ja liiallinen voiman käyttö levyä irrottaessa lyhentää vanerin käyttöikä ja aiheuttaa reklamaatioita. Öljyttömiin valuihin käytettiin ensimmäisen erän betoni, joka oli koostumukseltaan melko kuivaa. Valut olisivat tarranneet kiinni koelevyihin vielä enemmän jos betonimassa olisi ollut notkeampaa ja nestemäisempää.

Kahdesta kokeissa käytetystä muottiöljystä Öljy B toimi huomattavasti paremmin. Se poisti huokoisuuden betonin pinnasta ilman tärytystä, jättäen todella siistin ja tasaisen pinnan betoniin. Myös vanerin pinta säilyi hyvänä ja liinalla pyyhkimisen jälkeen pinnoite oli moitteettomassa kunnossa eli vaneria pystytään uudelleen käyttämään.

Öljy A aiheutti todella paljon huokoisuutta betonin pinnassa.

Levitysmäärällä ei ollut vaikutusta huokosten määrään, mutta betonin pintaa tarkastellessa muottiöljyttömissä valuissa saatiin huomattavasti

tiivimpää pintaa kuin Öljy A:lla. Öljy A vaatisi tärytyksen vähentämään huokoisuutta. Lisäksi valuja purkaessa betoni oli vielä hieman kosteaa, joten osan betonien laikkuudesta johtuu siitä. Se kuitenkin katoaa kuivuessaan ja näin ollen osasta tuloksista laikkuus tasoittuu tai häviää kokonaan.

Tuloksissa ei ollut eroja testaukseen valittujen öljyjen levitysmäärissä levyn pintaan, joten tuloksien purussa ei mainita erikseen levitysmäärää, jos siihen ei ole tarvetta. Pystyvaluissa ylimääräinen muottiöljy valuu pois, joten muottiöljyä on melkein mahdoton saada levitettyä liikaa. Vaakavaluissa liiallinen levitysmäärä tarkoittaisi sitä, että muottiöljy täytyisi melkein pä kaataa suoraa astiasta levyn pintaan niin, että levyn pinta lainehtisi öljyssä, jotta öljyn määrällä olisi vaikutusta.

### **Levy A**

Molemmat öljyt toimivat hyvin Levy A:n kanssa. Öljyttömässä valussa levyn pinta mattaantui, mutta siihen ei kuitenkaan jäänyt betonin jäämiä kiinni. Öljyttömässä valussa levyn pinnassa näkyi pientä epätasaisuutta, joka oli havaittavissa valoa vasten katsottaessa. Epätasaisuus voi johtua peruslevyissä esiintyvistä epätasaisuudesta, joka on kosteuden johdosta voimistunut ja näin ollen tullut hennosti näkyviin. Tällöin välissä ei ollut muottiöljyä suojaamassa levyä ja estämässä kosteuden pääsyä.

### **Levy B**

Levy B:ssä ei ollut huomautettavaa. Öljyjä käytettäessä levyn pinta pysyi hyvässä kunnossa ja liinalla pyyhkimisen jälkeen se oli uutta vastaavassa kunnossa. Öljyttömässä valussa levyn pinta hieman mattaantui, mutta levy irtosi betonista rikkomatta kummankaan pintaa.

### **Levy C**

Levy C:n valuissa näkyy selkeä ero pinnoitteen värin muuttumisessa valujen välillä. Tummuminen johtui pinnoitteen ohuudesta ja sen vaaleasta väristä, koska samanlaista värivaihtelua ei esiinny tummissa fenolipinnoitteissa. Pinnoite on tummunut sitä enemmän, mitä enemmän

kosteutta on päässyt siihen. Öljyttömässä valussa betonin pinta on hieman raidallinen, mutta muottiöljyjä käyttäessä heijastumista ei esiintynyt.

### **Levy D**

Levy D:n valujen irrottaminen oli hankalaa ja vaati voiman käyttöä. Kuitenkin valuissa, joissa käytettiin öljyjä, ei jäänyt betonin jäämiä levyn pintaan kiinni, vaan ainoastaan öljyttömässä valussa. Koevalujen pinta-ala oli kuitenkin kohtuullisen pieni ja betonit irrotettiin paukuttamalla levyjä lattiaa vasten. Suurissa valuissa, joissa käytetään huomattavasti isompia levyn pinta-aloja, levyjen paukuttaminen ei kuitenkaan ole mahdollista. Levyt joudutaan repimään irti valusta, jolloin betonista irtoaa paloja ja levy vaurioituu.

### **Levy E**

Levy E:n tulokset olivat Levy B:n kanssa samankaltaiset. Öljyjä käyttäessä levyissä ei ollut mitään huomautettavaa. Levyn pinnoitteen ominaisuuksien vuoksi, levyn kosteudensiedonkyky on parempi. Öljyttömässä valussa levy oli hieman mattaantunut ja betonin pinnassa oli kirjavuutta. Kirjavuutta voi aiheuttaa epätasainen kosteuden haihtuminen, kun kosteus ei pääse imeytymään levyyn.

### **Levy F**

Levy F:n tuloksissa esiintyi eniten vaihtelevuutta. Öljy A:n normaalissa levitysmäärässä levyyn sekä betonin pintaan ilmestyi valun aikana yksi iso laikku. Sama laikku on peilannut betonin ja levyn pintaan. Laikun alkuperäisenä aiheuttajana on todennäköisemmin betoni. Valun lopuksi ylijäämäbetoni tasattiin valumuotteihin, jolloin tässä valussa betonin sitoutuminen oli jo alkanut. Tuoretta betonia lisätessä se oli uponnut levyyn asti eikä jäänyt vain valun pintaan. Tuore betoni toi uuden alkalisen rasiitteen levyn pintaan, joka on valun jälkeen huomattavissa levyn pinnassa ja betonissa väri vaihtelevuutena. Laikku ei haalistunut tai hävinnyt levystä pyyhkimällä, joten lisävaluilla voisi selvittää, että onko kyseessä vain esteettinen vaihtelu vai onko siinä esimerkiksi pinnoite

kulunut niin, että se heijastuisi seuraavissakin valuissa. Öljy A:n liiallisessa levitysmäärässä ja Öljy B:n normaalissa levitysmäärässä levyissä ei ollut huomautettavaa. Öljy B:n liiallisessa levitysmäärässä levyn pintaan ilmestyi pieniä kuplia. Nämä kuplat olivat pienissä rykelmissä muutamassa eri kohdassa. Öljyttömässä valussa levyn pinta mattaantui ja siihen jäi kiinni betonin jäämiä tasaisesti ympäri levyä. Levy oli imenyt kosteutta itseensä, minkä seurauksena betonin pinta kuivui ja tarttui pinnoitteeseen lujasti kiinni murentuen irrottaessa eli levyn pintaan jäi pieniä betonin paloja.

### **Levy G**

Levy G:n kaikkiin valuihin muodostui pieniä kuplia. Näitä oli tasaisesti ympäri levyä toisin kuin Levy F:ssä, jossa kuplia oli vähän muutamassa rykelmässä. Öljyttömässä valussa levyn pinta oli lisäksi hieman mattaantunut. Kuplien syy voi löytyä pinnoitteen paksuudesta ja pinnoitusprosessista..

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää muottiöljyn vaikutusta betonoinnissa ja erityisesti betonointivanerin pintaan UPM Plywoodin toimeksiannosta. Teoreettisessa osuudessa paneuduttiin betonin ja muottiöljyn ominaisuuksiin.

Kokeellisessa osuudessa testattiin kahden eri muottiöljyn vaikutusta levyn pintaan. Testauksessa käytettyjen öljyillä tai niiden levitysmäärillä ei ollut vaikutusta betonointivanerin pintaan, mutta betonin pintaan Öljy B oli parempi. Tämän kaltaisia öljyjä voisi suositella käytettävän valuissa, jotta saavutetaan mahdollisimman puhdas valujälki ja vanerille maksimaalinen määrä käyttökertoja. Tuloksien vertailussa selkeästi huonoimmat koetulokset tulivat öljyttömissä valuissa, mutta vanereita ei edes suositella käytettäväksi ilman minkäänlaista muotiniirrotusainetta. Muottiöljyjä valitessa tärkeää olisi valita oikeanlainen muottiöljy pinnoitteeseen nähden. Imevät muottimateriaalit vaativat niille kohdistetun öljyn, jotta irrottaminen on helpompaa ja samalla sekä levyn että betonin pinta säilyvät ehjinä. Oikeanlainen öljy sekä betonointivanerin huolto ja varastointi vaikuttavat paljon levyn käyttöikään.

Vaneri on erinomainen materiaali käytettäväksi valuissa sen kustannustehokkuuden ja monipuolisuuden vuoksi. Eri pinnoitteilla ja vanerin rakenteilla pystytään räätälöimään levy tarpeita vastaavaksi.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

Merikallio, T., Niemi S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Lahti: Esa Print Oy.

Metsäteollisuus Ry 2005. Vanerikäsikirja. Lahti: Kirjapaino Markprint Oy.

Rudus Oy 2017. Mitä betoni on? -koulutusmateriaali. Lahti.

Sahlstedt, S., Koskenvesa, A., Lindberg, R., Kivimäki, C., Palolahti, T. & Lahtinen, M. 2013. Talvibetonointi. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Suomen Betoniyhdistys Ry 2011. Betoninormit 2012 by50. Lahti: Esa Print Oy.

Varis, R. 2017. Puulevyteollisuus. Porvoo: Kirjakaari Oy.

### Elektroniset lähteet

Doka Finland Oy 2018. Dokamatic-holvimuottijärjestelmä [viitattu 8.5.201]. Saatavissa: [https://www.doka.com/fi/system-groups/doka-floor-systems/tableforms/dokamatic-table/Dokamatic\\_poeytae](https://www.doka.com/fi/system-groups/doka-floor-systems/tableforms/dokamatic-table/Dokamatic_poeytae)

Engineeringcivil.org 2018. Concrete Formwork (Shuttering) Releasing Agents | Type | Functions [viitattu 12.5.2018]. Saatavissa: <https://engineeringcivil.org/articles/concrete/concrete-formwork-shuttering-releasing-agents-type-functions/>

Korpela, J. Palolahti, T. & Mittaviiva Oy 2018. Puhdasvaluohje [viitattu 2.5.2018]. Saatavissa pdf-tiedostona (linkkiä ei saatavilla).

Mannonen, R. 2016. Mitä betoni on? [viitattu 5.5.2018]. Saatavissa: <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonin-perusteet.pdf>

PERI Suomi Ltd Oy 2018a. Betonimuottioljy [viitattu 8.5.2018]. Saatavissa: <https://www.perisuomi.fi/tuoteet/muotit/betonimuottioljy.html>

PERI Suomi Ltd Oy 2018b. DOMINO-järjestelmämuotti [viitattu 2.5.2018].  
Saatavissa: <https://www.perisuomi.fi/tuoteet/muotit/seinamuotit/domino-panel-formwork.html>

PERI Suomi Ltd Oy 2018c. DUO-liitin [viitattu 2.5.2018]. Saatavissa:  
<https://duo.perisuomi.fi/>

Rudus Oy 2018. Betonin valinta rakenteisiin – olosuhdehallinta [viitattu 11.4.2018]. Saatavissa pdf-tiedostona (linkkiä ei saatavilla).

UPM 2017. WISA® Newsletter [viitattu 8.5.2018]. Saatavissa:  
<https://www.anpdm.com/newsletter/4494222/424A514B764444514171>

UPM 2018a. UPM Plywood [viitattu 8.5.2018]. Saatavissa:  
<http://www.wisaplywood.com/fi/Pages/default.aspx>

UPM 2018b UPM Vuosikertomus 2017 [viitattu 8.5.2018]. Saatavissa:  
<https://cld.bz/bookdata/wQ22UMi/basic-html/page-12-13.html#>

UPM 2018c. WISA®-Form Birch [viitattu 2.5.2018]. Saatavissa:  
<http://www.wisaplywood.com/Products/product-catalogue/wisa-form-birch/Pages/default.aspx>

UPM 2018d. WISA®-Form MDO [viitattu 12.5.2018]. Saatavissa:  
<http://www.wisaplywood.com/Products/product-catalogue/wisa-form-mdo/Pages/default.aspx>

Valmisbetoni 2018a. Laatuluokat [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa:  
<http://www.valmisbetoni.fi/suunnittelu/puhdasvalupinnat/laatuluokat>

Valmisbetoni 2018b. Muottien pintamateriaalit [viitattu 2.5.2018].  
Saatavissa:  
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/muotit/Muottien%20pintamateriaalit>

### Suulliset lähteet

Mensonen, R. 2018. Tekninen päällikkö. Doka Finland Oy. Haastattelu 8.5.2018.



Roihuvuo, I. 2018. Aluejohtaja. Peri Suomi Ltd Oy. Haastattelu 5.2.2018.

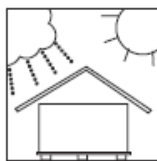
Leppänen, M. 2018. Tuote- ja laatupäällikkö. Rudus Oy. Haastattelu 14.2.2018.

# LIITTEET

## LIITE 1. Betonointivanerien käytön ohjeistus.

### WISA® GUIDE TO GOOD SITE PRACTICE

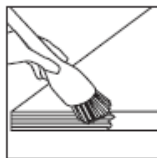
#### QUICK GUIDE



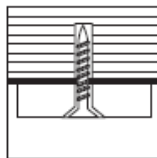
Protect the panels



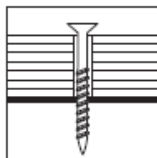
Do not move the pallet after removing the strapping



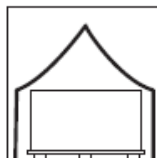
Protect the edges and holes



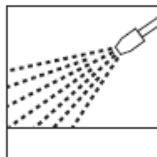
Back face fastening (recommended)



Front face fastening



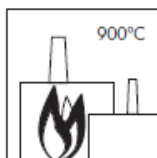
Protect the panels after use from direct sunlight



Oil the panels



Use appropriate tools to clean the panels



Panels can be utilized as a bio energy production



All WISA plywood packaging material is recyclable

[www.wisaplywood.com](http://www.wisaplywood.com)

Careful site handling and cleaning between castings prolongs the service life of the plywood and gives better results to the surface quality of the concrete.

#### Before use

- Protect the panels from contact with water and direct sunlight by storing in a building or by covering with a suitable waterproof cover.
- Store panels flat on level ground, well clear of mud or standing water, and away from any risk of contact with vehicles or machinery.
- Avoid storing in very hot and dry places which may lead to panel distortion.
- If the panels are to be stored on site for more than a few days, the outer packing and strapping should be removed.
- CAUTION: Once the strapping has been removed the boards should not be moved further on site using mechanical handling equipment, as overlaid panels are extremely slippery.

#### Form preparation

- Coated WISA-Form plywoods are delivered with all 4 edges protected with edge paint to help reduce moisture penetration. If panels are cut or drilled all cut edges and holes must be painted immediately with a suitable acrylic based paint.
- To give the best results we recommend that the plywood should be fastened from the formwork support members into the back of the panel.
- Formwork panels should be oiled before each and every use regardless of the storage conditions or interval between pours.
- The selection of the most suitable type of release agent for the type of overlay (e.g. phenol film or MDO) will ensure cleaner striking of the forms and more reuses. The quality of the release agent may also affect the quality or appearance of the concrete finish. Please follow the instructions of the release agent supplier regarding application rate.

#### After Use

- Clean the plywood panel carefully, dry and re-oil immediately. Any forms not cleaned immediately after use are likely to be damaged when attempts are made to remove fully cured concrete from the forming face (panel surface).
- Take care not to damage the panel surface when cleaning the form of residues of concrete. We recommend plastic or nylon tools when cleaning, metal brushes and high-pressure washers should not be used.
- Store the forms with the face away from the sun as exposure can lead to rapid loss of moisture from the face veneer and damage to the overlay.
- Repair small scratches with a suitable mastic.
- Fill deeper scratches, nail or screw holes with mastic or epoxy filler. Wooden insert systems are available for larger repairs.
- At the end of their useful life WISA-Form panels can be chipped and utilized as a bio energy production for a power plant.