

Betonointivanereiden pinnoitteiden testaus

LAB-ammattikorkeakoulu
Puutekniikan Insinööri (AMK)
Kevät 2022
Lauri Häme

Tiivistelmä

| | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------|
| Tekijä(t) Häme, Lauri | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Valmistumisaika 2022 |
| | Sivumäärä 34 | |
| Työn nimi Betonointivanereiden pinnoitteiden testaus | | |
| Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Puutekniikka | | |
| Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja verrata erilaisten betonimuottiteollisuudessa käytettyjen vanerin pinnoitekalvojen kestävyyttä ja soveltuvuutta käyttökohteessa. Käytössä olevien pinnoitekalvojen lisäksi tutkittiin myös vaihtoehtoisia uusia pinnoitekalvoja. Pinnoitteet olivat kahdelta eri pinnoitevalmistajalta ja yhteensä niitä oli viisi.</p> <p>Opinnäytetyö koostuu aiheen teoreettisesta taustasta, testauksista, testituloksista ja tulosten analysoinnista. Tutkimuksessa suoritettiin kuusi toisistaan poikkeavaa betonointia simuloivaa testiä jokaiselle pinnoitteelle. Ennen testien aloittamista koekappaleet pinnoitettiin testattavilla pinnoitekalvoilla. Työn aikana kehitetään kaksi standardeja täydentävää testiä.</p> <p>Tulosten perusteella voitiin todeta pinnoitteiden vahvuudet ja heikkoudet lopputuloksissa. Testituloksissa oli suurta hajontaa eri testien välillä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksia on mahdollista hyödyntää teollisuudessa tuotekehityksen ja jatkotutkimusten avulla. Jatkotutkimuksen tekeminen voi olla myös uuden opinnäytetyön lähtökohtana.</p> | | |
| Asiasanat betonimuotti, vaneri, pinnoitekalvo, standardi, testaus | | |

Abstract

| | | |
|--|------------------------------------|-------------------|
| Author(s) Häme, Lauri | Type of Publication Thesis, UAS | Published 2022 |
| | Number of Pages 34 | |
| Title of Publication Concreting plywood coatings testing | | |
| Degree and field of study Engineer (UAS), Wood Technology | | |
| Abstract <p>The objective of the thesis was to determine and combine the differences and suitabilities of plywood coatings in concrete forming industry. The research covers both coatings which are already in use and optional new coatings. The coatings are from two different producers.</p> <p>The thesis consists of a subject theory, testing, test results and conclusion. The testing part includes six different tests that simulate concreting in their own ways. These tests were made to all five chosen coatings. One part of the work was to develop a new test to extend standard based tests. Test pieces were coated in the beginning of research work.</p> <p>The results of the study show each coatings strengths and weaknesses in end use. Based on the findings there were a lot of variation between coatings and tests.</p> <p>The results can be applied to industry product development and further research. Further research could be the starting point considering a new thesis.</p> | | |
| Keywords concrete, plywood, coating, standard, testing | | |

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto..... | 1 |
| 2 | Betonivalut käyttökohteena..... | 2 |
| 2.1 | Betoni..... | 2 |
| 2.2 | Betonimuottiteollisuus..... | 2 |
| 2.2.1 | Seinävalumuotit..... | 3 |
| 2.2.2 | Holvivalumuotit..... | 3 |
| 2.2.3 | Erikoisvalumuotit..... | 4 |
| 3 | Betonointivaneri..... | 6 |
| 3.1 | Vanerin ominaisuudet..... | 6 |
| 3.2 | Suomalaiset betonointivanerit..... | 7 |
| 3.3 | Pinnoitevalmistajat opinnäytetyössä..... | 8 |
| 4 | Testausmenetelmät..... | 9 |
| 4.1 | Standardien mukaiset testit..... | 9 |
| 4.1.1 | Taber Abraser, EN 438-2..... | 9 |
| 4.1.2 | Brinell-kovuus, EN 1534..... | 10 |
| 4.1.3 | Cobb-testi, EN 535..... | 12 |
| 4.1.4 | Naarmutustesti, EN 438-2..... | 13 |
| 4.2 | Sovelletut testit..... | 14 |
| 4.2.1 | Sovellettu kulutustesti..... | 14 |
| 4.2.2 | Naulaustesti..... | 16 |
| 5 | Koesuunnittelu..... | 17 |
| 5.1 | Pinnoitus..... | 17 |
| 5.2 | Testattavat kappaleet..... | 17 |
| 6 | Tulokset ja tulosten tarkastelu..... | 18 |
| 6.1 | Taber Abraser -testi..... | 18 |
| 6.2 | Brinell kovuus..... | 19 |
| 6.3 | Cobb-testi..... | 20 |
| 6.4 | Naarmutustesti..... | 22 |
| 6.5 | Sovellettu kulutustesti..... | 25 |
| 6.6 | Naulaustesti..... | 26 |
| 6.7 | Testitulosten yhteenveto ja vertailu..... | 29 |
| 7 | Kehitysehdotukset..... | 31 |
| 8 | Yhteenveto..... | 32 |
| | Lähteet..... | 33 |

Liitteet

Liite 1. Rondo-paikat

Liite 2. proTEG data sheet

Liite 3. smarTEG data sheet

Liite 4. rhinoTEG data sheet

Liite 5. ISOKON PP data sheet

Liite 6. Taber ja Brinell testikappale

Liite 7. Shimadzu-testilaite

Liite 8. Sovellettu kulutustesti kappaleet

Liite 9. Sovellettu kulutustesti testipää

Liite 10. Sovellettu kulutustesti mitat

1 Johdanto

Opinnäytetyö on tehty osana LAB-ammattikorkeakoulun kansainvälistä projektia. Tutkimus käsittelee erilaisten betonointivanerin pinnoitteiden teknistä testausta kuuden testin avulla. Työn tavoitteena on verrata eri pinnoitteiden teknisiä ominaisuuksia ja soveltuvuutta betonimuottiteollisuuden käyttöön. Pinnoitteet laitetaan testien tulosten perusteella järjestykseen parhaasta huonoimpaan. Teollisuuden käytössä olevien pinnoitteiden lisäksi työssä testataan myös vaihtoehtoisia uusia pinnoitekalvoja. Tarve pinnoitteiden tekniselle testaukselle syntyi osana tuotekehitystä.

Työn alussa perehdytään käyttökohteena betonointiin ja vanerisiin betonimuotteihin. Osana työtä kehitettiin kaksi sovellettua testausmenetelmää standardien mukaisten testien täydentämiseksi. Sovelletut testit kehitettiin toistettaviksi, jolloin samat testit on mahdollista suorittaa myös uusille pinnoitteille, ja tuloksista tulee näin vertailukelpoisia keskenään.

Standardeihin perehtyminen ja niiden noudattaminen ovat merkittävässä osassa tutkimuksen onnistumista. Työssä käytettyjä standardeja ovat EN 535, EN 1534 ja EN 438-2. Standardoiduista testeistä testikappaleille tehtiin Brinell-kovuuden määrittäminen, Taber Abraser -testi, Cobb-testi ja naarmutustesti. Työssä tehdyt testit toteutettiin viidelle betonointiin soveltuvalla pinnoitteella. Valitut pinnoitteet ovat proTEG 120 g/m² fenoli, proTEG 220 g/m² fenoli, smarTEG 125 g/m², rhinoTEG 384 g/m² ja 1,4 mm polypropeenipinnoite (PP).

Testien tulokset esitetään testikohtaisesti jokaisen pinnoitteen keskiarvona. Pinnoitteiden tuloksista lasketaan myös hajonta rinnakkaiskappaleiden tuloksista, jolloin voidaan saavuttaa luotettavia tuloksia. Tutkimustulosten luotettavuudessa on kuitenkin huomioitava erikseen visuaalinen fakta ja mittajaan arviot. Osassa testituloksista lopputulos on lähes yksinomaan mittajaan arviointia, jolloin tulokset voisivat hieman poiketa toisen mittajaan suorittamana. Testien tulosten vertailua on selvennetty työn loppupuolella tarkemmin.

Tutkimustulokset ovat tärkeä osa projektin suorittamista. Tutkimustuloksia on mahdollista hyödyntää betonointimuottiteollisuuden lisäksi pinnoitevalmistajien tuotekehityksen apuna. Opinnäytetyötä on mahdollista hyödyntää myös uusissa projekteissa suorittamalla aiheesta jatkotutkimuksia.

2 Betonivalut käyttökohteena

2.1 Betoni

Betoni koostuu kolmesta pääraaka-aineesta: sementistä, vedestä ja kiviaineksesta. Sideaineena toimii sementti, joka koostuu pääosin kalkkikivestä ja muista mineraaleista. Sen osuus betonin tilavuudesta on 8–16 %. Betonin runkoaineena toimii kiviaines, jota on tilavuudesta noin 70 %. Kiviaines sisältää erikokoisia jakeita, mursketta, luonnonsoraa ja -hiekkaa, mutta sen raaka-aineena voidaan käyttää myös murskattua kierrätettyä betonia. Kolmantena betonin raaka-aineena on tavallinen vesi. (Betoniteollisuus Ry 2021.)

2.2 Betonimuottiteollisuus

Betonointimuottien käyttö voidaan jakaa kahteen pääryhmään, seinävaluihin ja holvivaluihin eli horisontaalisiin valuihin. Betonivaluja voidaan tehdä irtolevyillä tai määrämittaan sahatuilla ja työstetyillä levyillä (muottijärjestelmät). Irtolevyjä käytetään pääosin vain holvivaluissa. Erilaisia muottijärjestelmiä käytetään niin seinä- kuin holvivaluissa. Muottijärjestelmässä levyt kiinnitetään metallisiin kehyksiin, joista voidaan rakentaa tarvittavan kokoinen muotti. Muottijärjestelmien etuna on se, että muotin purkaminen ja kokoaminen seuraavaa käyttökohdetta varten on helppoa. (Akkanen ym. 2017, 152–154.)

Betonimuottien vanerilevyjen käyttökertoihin vaikuttaa useat tekijät. Tärkeimpinä asioina on levyjen käsittely työmaalla, vaadittu valupinnan tulos ja muottien käsittely ja säilytys. Erilaisilla irrotusaineilla ja muottiöljyn käytöllä on myös vaikutusta käyttökertojen määrään. (WISA Plywood 2021.) Muottien käyttökertojen lisäämiseksi käytössä syntyneitä pinnoitteen vaurioita, kuten reikiä (kuva 13) ja naarmuja, korjataan Rondo-paikoilla. Kuvassa 1 näkyy esimerkki paikatusta vanerista. Kuvassa näkyvän oikeanpuoleisen paikan jatkoksi voisi lisätä Rondoplan-paikan, sillä pinnoite on selvästi rikki sen vierestä.



Kuva 1. Rondo-paikka (Herud-KG 2021)

Rondo-paikkauspaloja on pyöreiden Rondoplex-paikkojen lisäksi myös pitkiä Rondoplan-paikkoja (liite 1) pidempien naarmujen korjaamiseksi (Rondo 2021).

2.2.1 Seinävalumuotit

Seinävalut ovat nimensä mukaisesti pystysuoria valuja. Seinävaluissa ammattitaito ja tietämys ovat tärkeässä osassa. Seinävaluissa muotteihin kohdistuu suuri betonin muodostama hydrostaattinen paine, joka vaatii vanerilta erityistä lujuutta. Betonin aiheuttama paine kasvaa ylhäältä alaspäin, joten korkeammat seinät ovat vaativampia muotteille kuin matalat. Suuren paineenkeston vaatimuksen takia muottina käytetään useimmiten 18 mm tai 21 mm koivuvaneria. (Akkanen ym. 2017, 152–153.)

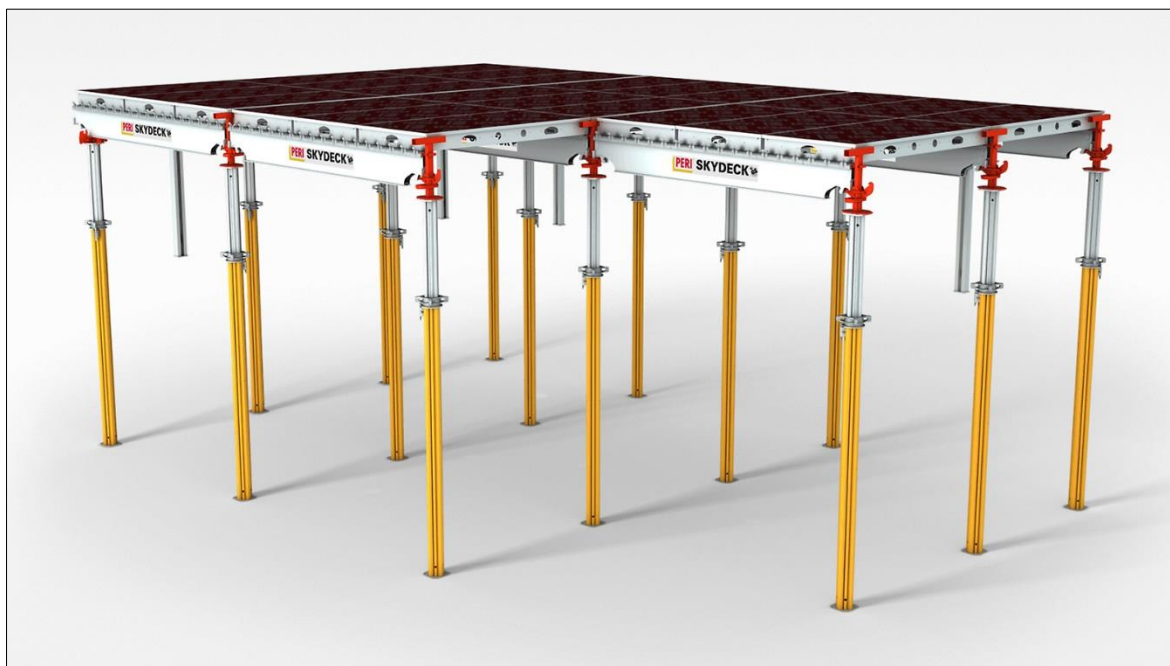
Vanerimuoteissa käytetään pinnoitteena vakiona tummanruskeaa 220 g/m² fenolifilmiä seinävalukäytössä. Vaneri on yleensä myös vakiorakenteista määrämittaan työstettyä ja valmiiksi reunasuojattua. Poikkeuksia kuitenkin on, kuten joissakin muottijärjestelmissä käytetään erikoisrakenteista vaneria normaalirakenteisen sijasta. Muottijärjestelmät ovat yleisiä seinävaluja tehdessä. (Akkanen ym. 2017, 153.)

2.2.2 Holvivalumuotit

Holvivalulla tarkoitetaan horisontaalista eli vaakavalua. Esimerkiksi lattiat ja välipohjat ovat holvivaluja. Seinävaluihin verrattuna holvivaluissa vaatimukset muotin kestävyydelle ovat pienemmät. Muotteihin kohdistuva hydrostaattinen paine aiheutuu betonikerroksen pak-

suudesta, joka on holvivaluissa vakio ja huomattavasti pienempi verrattuna seinävaluihin. Pienempien kestävyysvaatimusten takia holvivaluissa voidaan käyttää koivun lisäksi myös havu- ja sekavanereita. Vanerit ovat holvivaluissa useimmiten 18 ja 21 mm paksuja. (Akkanen ym. 2017, 153.)

Holvivaluissa käytetyt levyt eroavat seinävaluissa käytettyihin vanereihin myös pinnoitteen osalta. Holvivaluissa pinnoite on useimmiten 220 g/m² sijasta ohuempi 120 g/m² fenolifilmi. Holvivaluissa tärkeänä osana on muottivanerien helppo käsiteltävyys kokoamisessa ja purkamisessa, sillä samoja vanerimuotteja saatetaan käyttää 10–15 kertaa samalla työmaalla. Holvivaluissa käytetään muottijärjestelmien lisäksi myös irtolevyjä muotteina. (ePuulevy a.) Kuvassa 2 on esimerkki holvimuottijärjestelmästä. Keveyden ja hyvän suunnittelun ansiosta suurin osa muottijärjestelmistä soveltuu käsiteltäviksi lihasvoimin. Kuvassa olevan SKYDECK-muottijärjestelmän elementit painavat 16 kg (PERI a.)



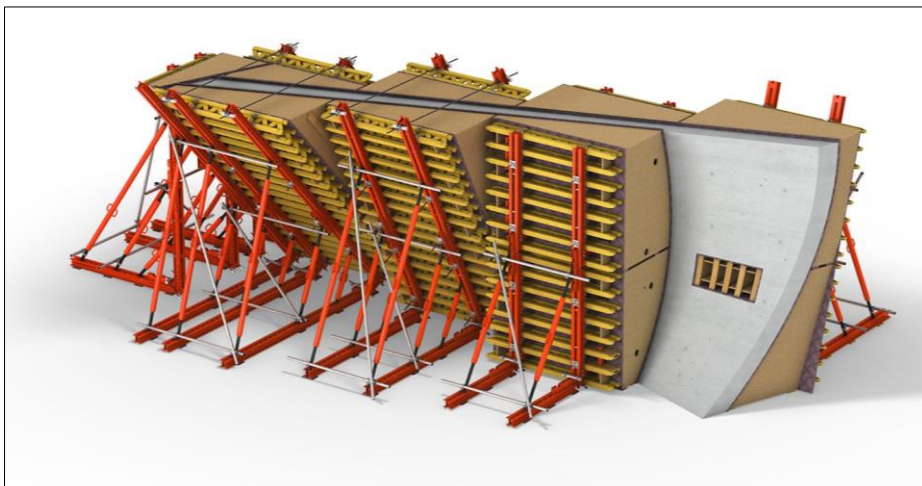
Kuva 2. Holvimuottijärjestelmä (PERI a)

2.2.3 Erikoisvalumuotit

Erikoismuotit voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan; itsekiipeäviin- ja erikoismuotteihin. Itsekiipeävät muotit ovat hyvä ratkaisu suurten yksittäisten rakenteiden valuissa.

Tällaisia kohteita ovat muun muassa korkeat tornitalot ja siltojen tukipilarit. Itsekiipeävät muotit liikkuvat nimensä mukaisesti ilman mekaanista nostoa esimerkiksi ilman nosturia.

Toinen erikoismuottien alaryhmä on ns. 3D-muotit, joita käytetään esimerkiksi kaarevien ja muiden epätavallisen muotoisten betonipintojen valamiseen. Kaarevissa muoteissa vaneria taivutetaan tarvittavaan muotoon levyn paksuus ja jäykkyys huomioon ottaen. Räätelöityjen muottien valmistus vaatii aikaa ja osaamista, jotta saadaan toteutettua haluttu lopputulos. Erikoismuottien käyttökerrat jäävät usein yhteen kertaan ainutlaatuisuutensa takia (kuva 3). Hyvällä suunnittelulla kustannuksia saadaan kuitenkin pienennettyä ja osaa muoteista hyödynnettyä uudestaan. (ePuulevy a.) Kuvan muotissa ruskeiden kaarevien osien käyttökerrat jäävät todennäköisesti yhteen kaarevan muodon takia.



Kuva 3. 3D-muottiyksikkö (PERI b)

3 Betonointivaneri

3.1 Vanerin ominaisuudet

Normaali Suomalainen vaneri valmistetaan ristiin syysuunnassa liimatuista viiluista. Sorvattujen viilujen paksuus riippuu käytettävästä puulajista. Suomessa vaneria valmistetaan pääosin koivusta ja kuusesta. Koivuvanerissa viilujen nimellispaksuus on 1,5 mm ja havuvanerissa 3 mm. Pääsääntöisesti viilukerrosten (ply) määrä levyssä on pariton. Vakiovanereita valmistetaan 4–50 mm paksuuksia, jossa ohuin on 4 mm 3-ply koivuvaneri. Vanereita valmistetaan karkeasti jaoteltuna viidellä eri rakenteella. Rakenteet ovat koivu-, havu-, combi-, combimirror ja twin-vanerit. (Akkanen ym. 2017, 43, 95, 152–153.) Kuvassa 4 havainnollistetaan yleisimmät vanerin rakenteet. Kuvassa pystyviivat ja vaakaviivat kuvaavat viilujen syysuuntia. Kuvassa vanerien viilumäärä (ply) on 5 ja vanerin paksuudet 6–15 mm.

| Rakennekuvaukset (— koivuviilu ** havuviilu) | |
|---|-------------|
| Koivuvaneri | — — |
| Combivaneri | — * — |
| Combimirror | ** ** |
| Twin | ** * ** |
| Havuvaneri | * ** * ** * |

Kuva 4. Vanerin rakennekuvaukset (ePuulevy b)

Nimiensä mukaisesti koivuvanerissa on vain koivuviiluja ja havuvanerissa ainoastaan havupuuta, mutta combi- ja twin-vanerit koostuvat sekä koivusta että havupuusta, yleensä kuusesta. Combi-rakenteisissa levyissä on aina koivupinnan alla toinen koivuviilu ja sitten vuorotellen havu ja koivu. Combimirror eli peilikuvarakenteisessa levyssä rakenne on toisinpäin, pinnassa koivua, mutta sen jälkeen vuorotellen havu- ja koivuviilut. Twin-rakenteella valmistetut levyt ovat ikään kuin havuvanereita pinnoitettuna koivuviiluilla. Va-

nerin lujuus/paino -suhde, iskunkestävyys ja mittapysyvyys ovat sen vahvuuksia muita materiaaleja vastaan (Akkanen ym. 2017, 152).

3.2 Suomalaiset betonointivanerit

Betonointi on yksi vanerin yleisistä käyttökohteista. Valuissa käytettävä vaneri on useimmiten pinnoitettua koivua tummanruskealla 120 g/m² tai 220 g/m² fenolifilmillä. Saatavana on myös paksumpia muovipohjaisia pinnoitteita. Suomessa on kolme suurta vanerin valmistajaa: Koskisen, Metsä Wood ja UPM. Akkanen ym. (2017, 152–153) korostavat, että pinnoitteella saadaan suojattua levyä betonin alkalilta ja lisättyä levyn käyttökertoja jopa sataan. Levyt myös reunasuojataan, jotta kosteus ei pääse rakenteeseen sitä kautta. Valumuoteissa käytettävä vaneri on pääosin joko 18 mm tai 21 mm.

Suomalaiset vanerin valmistajat lupaavat ja suosittelevat 20–100 valukertaa fenolifilmillä pinnoitetuille vanereille betonimuoteissa. Paksummalla pinnoitteella saadaan luonnollisesti parannettua kestävyyttä ja käyttökertoja. Näin ollen esimerkiksi WISA®-Form Elephant levyille UPM lupaa yli sata valukertaa oikein käytettynä. (WISA Plywood 2021.)

Koskisen

Koskisen tarjoaa betonointimuotteihin kahta eri vaneri vaihtoehtoa. Monikäyttöinen Koski-Form on Koskisen valmistama 120 g/m² tai 440 g/m² fenolifilmillä pinnoitettu koivuvaneri, joka sopii erinomaisesti valumuotteihin. Toinen vaihtoehto on polypropeenipinnoitettu Koivuvaneri KoskiForm Rock. (Koskisen 2021.)

Metsä Wood

Metsä Wood tarjoaa tuotevalikoimastaan betonimuotteihin sopivia vanereita. Yrityksen yleisin muottivaneri on Metsä Wood Form, joka on pitkälti samankaltainen kuin UPM:n ja Koskisen fenolifilmivanerit. Metsä Wood Formin pinnoitteen vahvuus on 120 g/m² standardi kokoisissa levyissä, mutta erityisesti suuremmissa L- ja XL-levyissä on aina paksumpi 220 g/m², 440 g/m² tai 450 g/m² pinnoite. Metsä Wood valmistaa myös erityisesti betonointiin soveltuvaa FormPLUS- levyjä, joissa 220 g/m² fenolifilmin alla on erityinen kosteuselämistä hillitsevä käsittely. FormPLUS soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa vaaditaan korkealuokkaista betonipintaa. (Metsä Wood, 2021)

UPM Plywood

UPM tarjoaa tuotevalikoimastaan betonointiin kolmea erilaista vanerituotetta WISA-tuotteista. Suosituin vaihtoehto on WISA-Form Birch, joka koostuu 120 g/m² tai 220 g/m² fenolifilmillä päällystetystä koivuvanerista. Toisena vaihtoehtona on WISA-Form Elephant, joka on myöskin koivuvaneria, mutta käyttöpinta on päällystetty 1,6 mm puumuovikomposiittipinnoitteella. Taustapuoli on 220 g/m² fenolifilmiä tai vaihtoehtoisesti myös puumuovikomposiittipinnoitettu. Muottivanereista halvin vaihtoehto on WISA-Oil, joka on öljyttyä 12 mm kuusivaneria. (WISA Plywood 2021.)

3.3 Pinnoitevalmistajat opinnäytetyössä

Surfactor

Surfactor on yksi maailman johtavista pinnoitekalvojen valmistajista, joka perustettiin 1938 Saksassa. Surfactor valmistaa pinnoitteita ja liimakalvoja erityisesti vaneri- ja puulevyille. Yrityksellä on tuotantoa Saksan lisäksi Suomessa ja Malesiassa. Suomen tehdas on Dynean entinen tehdas Kiteellä, jonka Surfactor osti 2012. Surfactor työllistää noin 220 henkilöä. Liikevaihto Surfactorilla on hieman yli 80 miljoonaa euroa vuosittain. (Sabbah 2021) Opinnäytetyössä testataan neljää erilaista Surfactorin pinnoitetta: proTEG 120 g/m², proTEG 220 g/m² fenolifilmit, smarTEG 125 g/m² ja rhinoTEG 384 g/m² (kuva 12). Tekstissä proTEG tuotenimen sijasta fenoli pinnoitteista käytetään nimiä fenoli 120 g/m² ja fenoli 220 g/m². Liitteissä 2–4 kerrotaan pinnoitteiden tarkemmat tekniset tiedot.

ISOKON

ISOKON on slovenialainen puristetun kestopuuvin valmistukseen erikoistunut yritys. Sillä on kokemusta yli 40 vuotta teknisten muovien valmistuksesta. ISOKON valmistaa ratkaisuja monille aloille, kuten elintarvike-, auto- ja konepajateollisuuteen. ISOKON on Isosport-yhtiön tytäryhtiö, joka on maailman johtavia muovikomposiittimateriaalien valmistaja hiihto- ja lumilautamarkkinoilla sekä erilaisten teknisten pinnoitteiden ja kestopuuvituotteiden valmistaja. (Isosport 2022; ISOKON 2022.) Opinnäytetyössä testataan ISOKONIN valmistamaa 1,4 mm paksua polypropeenipinnoitetta (kuva 12). PP-pinnoitteen tekniset tiedot on esitelty liitteessä 5.

4 Testausmenetelmät

4.1 Standardien mukaiset testit

Standardit ovat tärkeä osa tuotekehitystä ja -testausta. Standardien tärkeyden vuoksi työhön valittiin neljä työhön sopivaa standardoitua testiä toteutettavaksi. Jokainen testi suoritettiin loppuun samana päivänä, pois lukien veden imeytymiseen käytetty Cobb-testi, sillä yhden kappaleen testiin kuluu 7 vuorokautta.

4.1.1 Taber Abraser, EN 438-2

Kokeessa määritetään pinnoitteen kulutuksen kestävyys Taber Abraser -laitteella, jossa koekappale pyörii hankaavien rullien alla. Rullien kehä on pinnoitettu vaihdettavilla hiomapapereilla (S-42), jotka kuluttavat pinnoitetta. Testin tulos ilmoitetaan Taber-arvona (rounds), joka kertoo tarvittavan kierrosmäärän pinnoitteen puhkikumiseen asti. Testikappaleen pinta jaetaan neljään osaan liitteen 6 kuvan mukaisesti. Testi lopetetaan, kun pinnoite on kulunut puhki kolmesta neljänneksestä. (SFS-EN 438-2 2019, 18–23.) Kuvassa 5 on Taber Abraser -laite, jolla testi suoritetaan.



Kuva 5. Taber Abraser -laite

Kuvassa hiovat rullat on osoitettu punaisilla nuolilla selkeyden vuoksi. Hiomapaperit on vaihdettava 200 kierroksen välein, jotta saadaan luotettavia ja keskenään vertailukelpoisia tuloksia testistä. Saadut tulokset pyöristetään lähimpään sataan kierrokseen. Esimerkiksi testissä saatu tulos 240 pyöristetään alaspäin 200:aa (SFS-EN 438-2 2019, 18–23.)

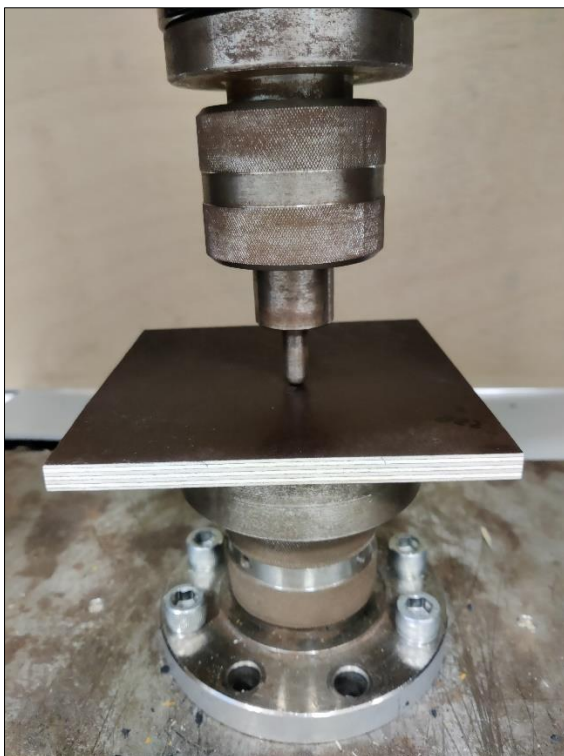
4.1.2 Brinell-kovuus, EN 1534

Brinell-kovuus testissä määritetään testikappaleiden pinnan kovuus painamalla 10 mm halkaisijaltaan olevaa kuulaa 1000 N:n voimalla pintaa vasten. Syntyneen painauman (liite 6) halkaisija mitataan, jolloin saadaan kaavalla 1 laskettua kovuus (N/mm^2) (SFS-EN 1534 2020.) Brinell-kovuus testin vaihtoehtoinen menetelmä on suorittaa Janka-kovuus testi.

$$HB = \frac{2F}{\pi \cdot D \cdot [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \quad (\text{kaava 1})$$

| | |
|-------|----------------------------------|
| HB | Brinell-kovuus N/mm ² |
| π | Pii- luku |
| F | Käytetty maksimi työntövoima N |
| D | Kuulan halkaisija mm |
| d | Painauksen halkaisija mm |

Kuvassa 6 esitetty Brinell-kovuus määrittämisen testitilanne. Kuvassa testikappale asetettu testiä varten koestus laitteeseen. Käytetty laite on Shimadzun yleistestilaite, jolla voidaan testipäätä vaihtamalla suorittaa niin veto- kuin puristus testejä. Esimerkki vastaavasta testilaitteesta löytyy liitteestä 7.



Kuva 6. Brinell-kovuus testi

4.1.3 Cobb-testi, EN 535

Pinnoitteiden vedenläpäisyn arvo voidaan määrittää Cobb-testillä. Testin tavoitteena on määrittää veden imeytymä (vesiabsorptio) pinnoitteen läpi testikappaleeseen. Testikappaleet punnitaan ennen testiä, jotta saadaan kaavassa 2 tarvittava alkumassa.

$$A = (m_2 - m_1) * F \quad \text{(kaava 2)}$$

| | |
|----------------|--|
| A | veden imeytymä g/m ² |
| m ₂ | kappaleen loppumassa (g) |
| m ₁ | kappaleen alkumassa (g) |
| F | 10 000/testipinta-ala (yleensä 100 cm ²) |

Kappaleiden annetaan olla vedelle altistettuna laitteessa 7 vuorokauden ajan, jonka jälkeen voidaan mitata loppumassa. (SFS-EN 535 2014.) Kuvassa 7 on havainnollistettu testauksessa käytetty laite, jossa sylinterissä testin ajan vettä.

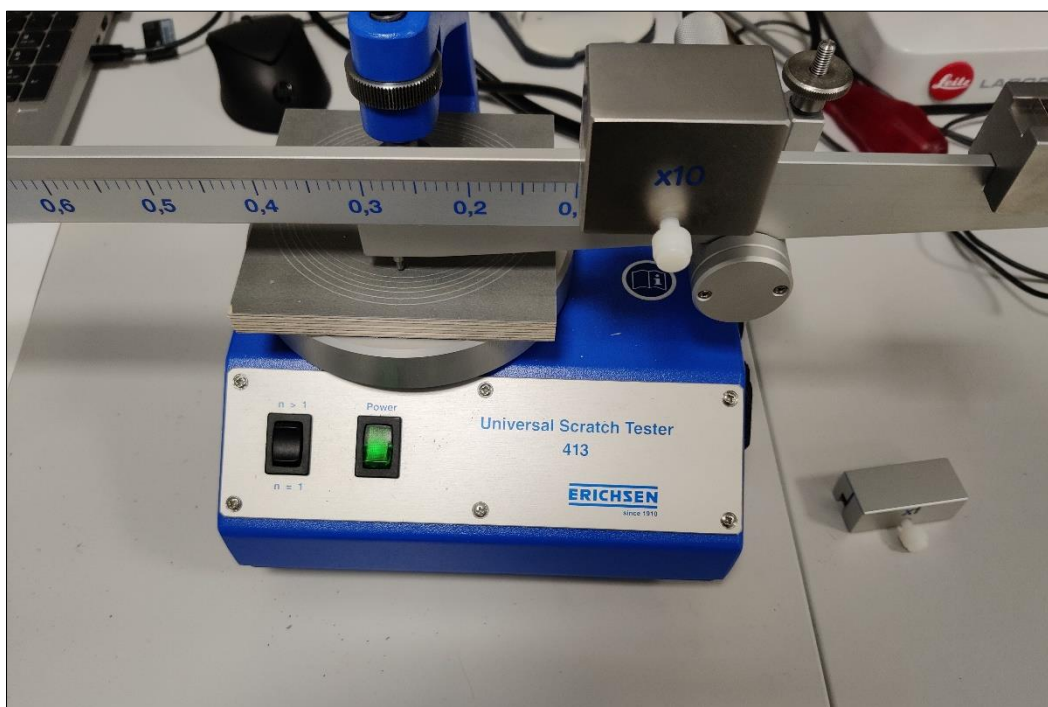


Kuva 7. Cobb-testi

Kuvassa fenolipinnoitettu vaneri Cobb-testissä. Levyn ja vettä sisältävän sylinterin välissä tiiviste, jotta vesi pysyy sylinterissä.

4.1.4 Naarmutustesti, EN 438-2

Kokeessa suoritetaan pinnoitteen naarmutuksenkestävyyden määrittäminen testauslaitteella standardin mukaisesti. Kokeessa kappale asetetaan testauslaitteeseen, joka pyörittää kappaletta naarmuttaen pinnoitetta kierroksen kerrallaan. Kappaleen pintaan kohdistuvaa painetta nostetaan asteittain; 1 N, 2 N, 4 N ja 6 N, jolloin voidaan määrittää naarmutuksenkestön arvosana perustuen käytettyyn Newton määrään. Testin tavoitteena on määrittää voima, joka tarvitaan pinnoitteen puhkikumiseen naarmuttamalla. (SFS-EN 438-2 2019, 60–66.) Kuvassa 8 näkyy testauksessa käytetty laite ja testikappale.



Kuva 8. Naarmutustestilaite

Naarmutus ”renkaita” tehdään kaikilla neljällä Newton määrällä kaksi vierekkäin, jolloin tuloksesta saadaan luotettavampi. Tulosten arvioinnissa käytetään metyleenisiniä, jolloin voidaan varmistua läpikuluneiden naarmutus ”renkaiden” määrästä. Metyleenisiniä sivelään testatulle pinnalle, jolloin sininen väri imeytyy ainoastaan läpikuluneisiin naarmuihin. Kuvasta 12 näkyy naarmutustestin koekappaleita metyleenisinillä käsiteltynä. Kappaleessa 5.4 käsitellään tarkemmin testin tuloksia ja niiden määrittämistä.

4.2 Sovelletut testit

Sovelletut testit eivät ole standardeissa määriteltyjä testejä, vaan ne on kehitetty täydentämään jo olemassa olevia testausmenetelmiä. Testit on kuitenkin suunniteltu mahdollisesti toistettaviksi tulevaisuudessa. Sovelletut testit simuloivat erityisesti työssä käsiteltävää betonointimuotti käyttökohdetta ja sen ominaispiirteitä.

4.2.1 Sovellettu kulutustesti

Sovellettu kulutustesti kehitettiin pinnoitteiden kulutuksenkestävyyden määrittämistä varten. Testiä voidaan verrata Tarber Arbraser -testiin, mutta eroavaisuuksia löytyy. Testin

periaatteena on rasittaa pinnoitetta, kunnes se kuluu puhki. Testattava alue jaetaan neljään osaan (liite 8). Testiä jatketaan, kunnes kolmessa neljänneksessä pinnoite on kulunut puhki. Sovelletussa kulutustestissä sovelletaan valmiita standardien mukaisia testejä työhön sopivaksi. Kuvassa 9 esitetään testauksessa käytetty laite ja koekappale.

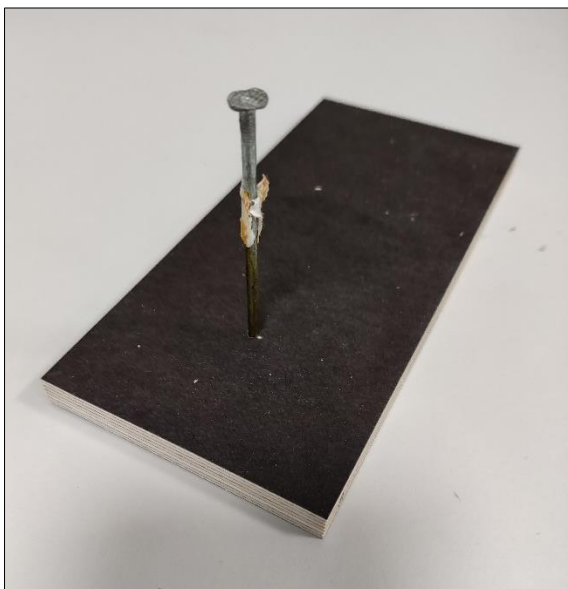


Kuva 9. Sovellettu kulutustestilaite

Kuvassa keskellä testattava kappale, jota hiova testipää kuluttaa tekemällä edestakaista liikettä kappaleen pintaan. Testin tulokset ilmoitetaan kierroksina, jossa yksi edestakainen liike on yksi kierros. Kappaleen pintaan kohdistuu noin 6 Newtonin paine testin aikana. Kuvan vasemmassa laidassa testauksessa käytetty testipää (liite 9), joka vaihdetaan jokaisen kappaleen välissä uuteen tulosten vertailukelpoisuuden takaamiseksi. Liitteessä 10 esitetään tarkemmin testin tarvittavat mitat.

4.2.2 Naulaustesti

Naulaustestillä simuloidaan ja testataan pinnoitteiden kestävyttä naulauksen ja naulan pois vetämisen osalta. Erityisesti holvivaluissa muotteihin joudutaan kiinnittämään betoni-laatan sisällä kulkevia johtoja ja putkia yms. nauloilla, jotta ne pysyvät halutussa korkeudessa, eikä nouse valun pintaan. Edellä kuvailtua rasiitusta varten lyötiin testikappaleisiin naula ja vedettiin pois, jotta saatiin simuloitua ja testattua naulan aiheuttamat vaikutukset pinnoitteeseen. Testin tuloksia arvioidaan visuaalisin keinoin. Kuvassa 10 havainnollistetaan naulauksen testikappale.



Kuva 10. Naulaustestikappale

Kuvassa naula lyötynä vaneriin, jonka jälkeen se vedetään irti vasaralla. Testissä käytettiin 75x2,9 mm kuumasinkittyjä kampanauloja. Valukäytössä naulaamisesta syntyvät reiät paikataan Rondo-paikoilla valupinnan puolelta, mutta ulkopinta jätetään usein korjaamatta.

5 Koesuunnittelu

5.1 Pinnoitus

Testattavat kappaleet valmistettiin käyttämällä tehdasvalmisteista 9 mm koivuvaneria. Pinnoitettavat levyt täytyi sahat pienemmiksi paloiksi, sillä pinnoitukseen tarvittavaan kuumapuristimeen mahtui maksimissaan 650x650 mm kokoinen levy. Näin ollen suuret levyt sahattiin 600x600 mm² palasiksi, jotka pinnoitettiin työhön hankituilla pinnoitteilla. Testattavia pinnoitteita työssä oli viisi erilaista. Käytetyt pinnoitteet olivat edellä mainittujen Surfactorin ja ISOKONin tuotteita. Kuumapuristukset suoritettiin LAB-ammattikorkeakoulun kuumapuristimella pinnoitusohjeita noudattaen.

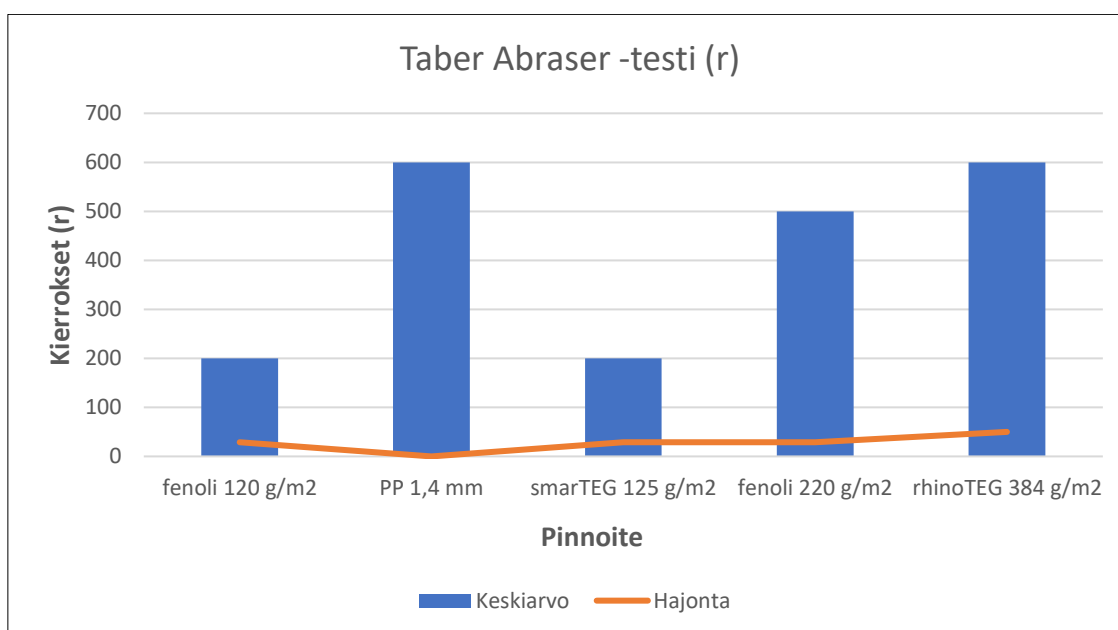
5.2 Testattavat kappaleet

Testattavia rinnakkaiskappaleita vanereista tehtiin kolme jokaisella pinnoitteella, jolloin 600x600 mm pinnoitettuja vanerilevyjä oli 15. Testeihin käytettävät tarvittavan kokoiset rinnakkaiskappaleet sahattiin kaikista viidestätoista levystä saman periaatteen mukaan, jolloin kappaleet pysyvät järjestyksessä. Testit suoritettiin LAB-ammattikorkeakoulun tiloissa pois lukien Cobb-testit. Kaikkia testejä varten tarvittiin 15 testikappaletta, jolloin testikappaleita kertyi 75, kun Taber- ja Brinell-testit tehtiin samoille koekappaleille (liite 6).

6 Tulokset ja tulosten tarkastelu

6.1 Taber Abraser -testi

Taber-testi perustuu standardiin EN 438-2. Tuloksissa pinnoitteiden saavuttamat arvot ovat kolme rinnakkaiskappaleen keskiarvot. Tulokset on pyöristetty lähimpään täyteen sataan, kuten standardissa ohjeistetaan. Palkit kuvastavat Taber-tulosta ja viiva hajontaa pinnoitteen tulosten sisällä.



Kuvio 1. Taber Abraser -tulokset

Taber-testin tuloksista ilmenee suuria eroja pinnoitteiden välillä. Tulosten perusteella kestävimät pinnoitteet ovat PP ja rhinoTEG. Kulutustestin tulosten lähtöoletuksena voidaan pitää paksumpien pinnoitteiden kestävämmän paremmin kulutusta kuin ohuet pinnoitekalvot. Tulosten perusteella oletamus pitää paikkansa, kuten 120 g/m² ja 220 g/m² fenolipinnoitteiden tulokset vahvistavat väittämän. Testin ongelmana on kuitenkin PP pinnoitteen paksaus verrattuna muihin testin pinnoitteisiin. PP-kalvo on liian paksu kulutettavaksi puhki työhön käytettävissä oleviin resursseihin pohjautuen. PP-pinnoitteen Taber-testi lopetettiin kesken 600 kierroksen jälkeen vertailuarvoksi rhinoTEGille, joka saavutti saman tuloksen. Laskennallisesti sen Taber-arvo olisi 15 000–20 000 kierrosta (rounds), pohjautuen taulukon 1. arvoihin.

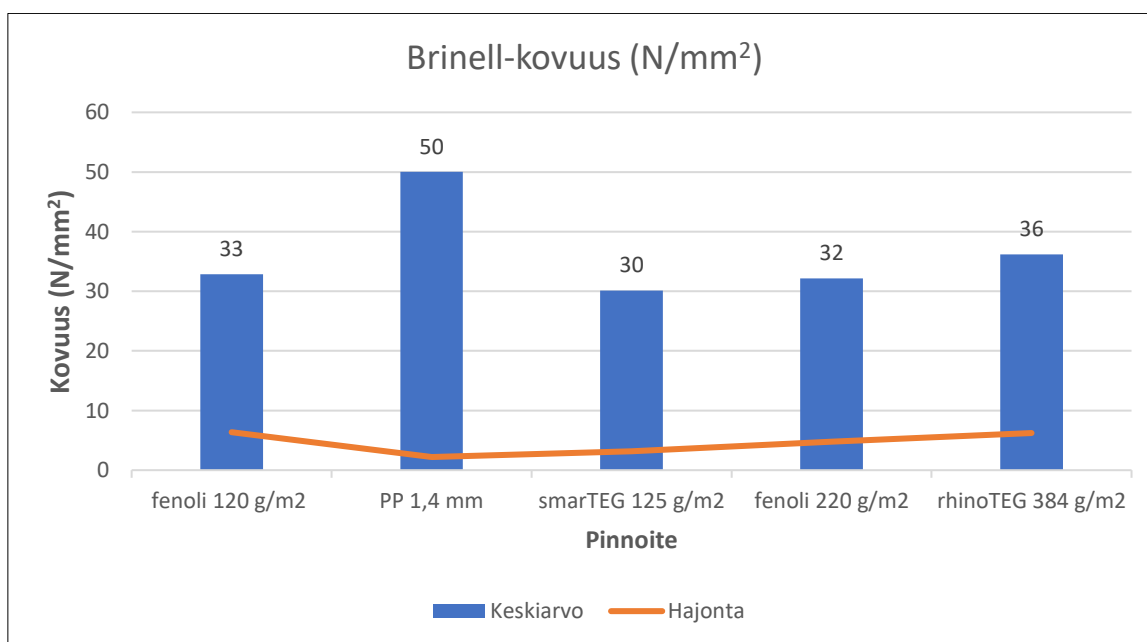
| Pinnoitteen paksuushäviö (mm) | |
|-------------------------------|------|
| PP 1. | 0,05 |
| PP 2. | 0,05 |
| PP 3. | 0,04 |

Taulukko 1. Pinnoitteen kuluminen

Taulukossa 1 on mittaustulokset kuinka paljon PP pinnoite kului 600 Taber-kierroksen aikana. Testissä saadut tulokset eroavat hieman teollisuudessa tehdyistä testituloksista. Metsä Wood lupaa fenolipinnoitteille 300 ja 700 Taber-arvot (rounds), kun saavutetut vastaavat tulokset ovat 200 ja 500 (rounds). Ero tuloksissa selittyy suurelta osin suuremmalla testi otoksella, sekä mahdollisilla virheillä työn pinnoituksissa. Tasatuloksen 120 g/m² fenolin kanssa saavutti smarTEG, joka lähes saman paksuinen 125 g/m².

6.2 Brinell kovuus

Brinell-kovuus testi perustuu standardiin EN 1534. Testin tulokset on esitetty kuviossa 2. Tuloksia voidaan verrata massiivikoivun kovuuteen, joka on noin 22 N/mm².



Kuvio 2. Brinell-kovuus tulokset

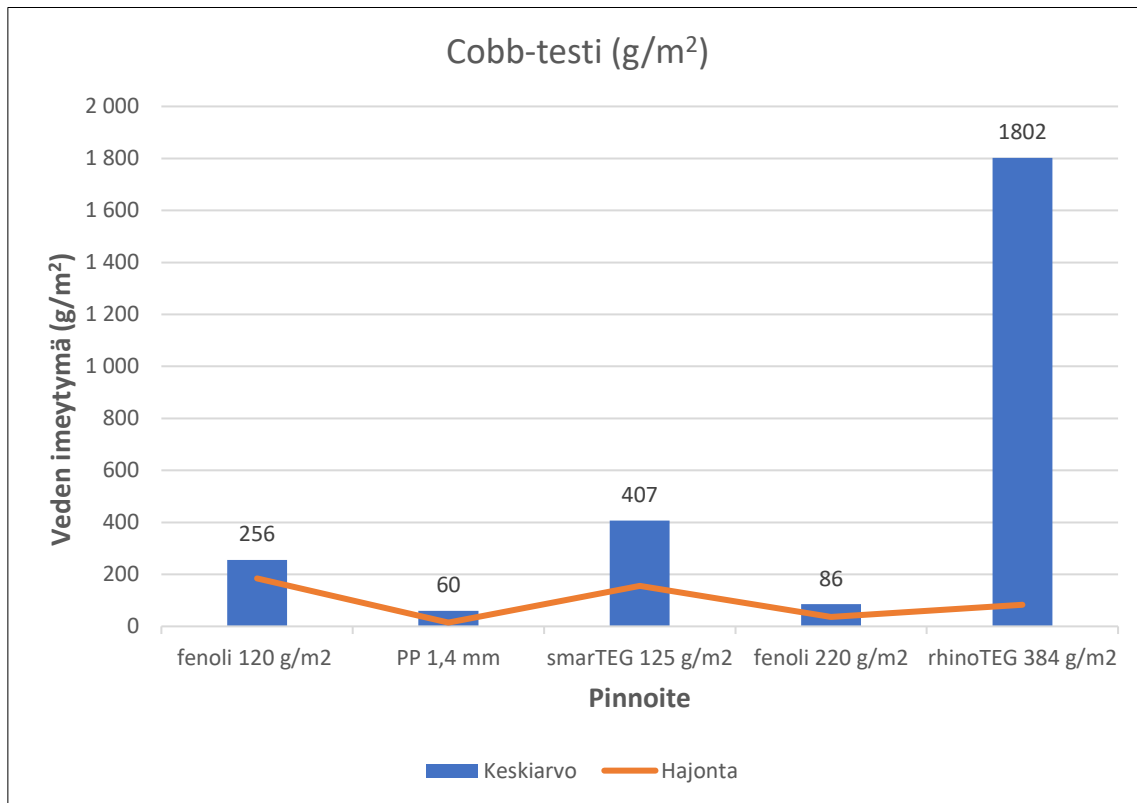
Testin tulosten perusteella ISOKONin PP-pinnoite on kaikista kovin arvolla 50 N/mm². RhinoTEG on selvästi jäljessä huonompi tulosten perusteella. Seuraavat sijoitukset ovat pienillä eroilla 30–32 N/mm². Mitatuissa tuloksissa on hieman hajontaa rinnakkaiskappaleiden välillä. Osa hajonnasta selittyy käytetyllä painauman halkaisijan mittaustavalla, sillä mittaukset suoritettiin työntömitalla. Liitteessä 6 kuva testikappaleesta, josta testin periaate selkeytyy.

Ennako-odotusten perusteella Brinell-testissä parhaiten pärjäisi paksuimmat pinnoitteet. PP pinnoite paksuimpana oli kuitenkin suuri arvoitus, sillä sen tulosta on kaikista vaikein ennakoida. Sen tulos voi olla mikä tahansa parhaimman ja huonoimman väliltä. Brinell-kovuudessa PP:n vahvuudeksi osoittautui sen noin kymmenkertainen paksuus muihin pinnoitteisiin verrattuna. PP-pinnoite tuntuu ja vaikuttaa pehmeältä, mutta testissä mahdollisen pehmeiden ja joustavuuden ansiosta sen tulos on ylivoimainen. Yksi selitys hyvälle tulokselle on pinnoitteen joustavuus, jonka ansiosta pinnoitteeseen syntyvä painauma palautuu hieman ennen mittauksia, jolloin tulos paranee.

Tulosten perusteella 120 g/m² fenoli pinnoite olisi parempi kuin toinen testissä ollut paksumpi 220 g/m². Tulokseen on suhtauduttava pienellä varauksella, sillä paksumman pinnoitteen pitäisi olla myöskin kovempi. Samoin smarTEG on hieman paksumpi kuin ohuempi fenolifilmi-pinnoite, mutta Brinell-kovuudessa tulokset osoittavat smarTEGin olevan huonoin. Edellä mainittuja 120 g/m² fenolia ja smarTEGiä ei voi kuitenkaan suoraan verrata keskenään paksuuden perusteella, sillä kyse on kuitenkin rakenteeltaan erilaisista pinnoitteista.

6.3 Cobb-testi

Cobb-testi perustuu standardiin EN 535. Testin tulokset on esitetty kuviossa 3. Cobb-testin tulokset ilmoittavat imeytyneen veden määrän (g/m²), jolloin suurin tulos on huonoin. Esimerkiksi tulos 300 g/m² on huonompi kuin 200 g/m². Pinnoitteiden tulokset ilmoitetaan keskiarvona ja niistä on laskettu hajonta.



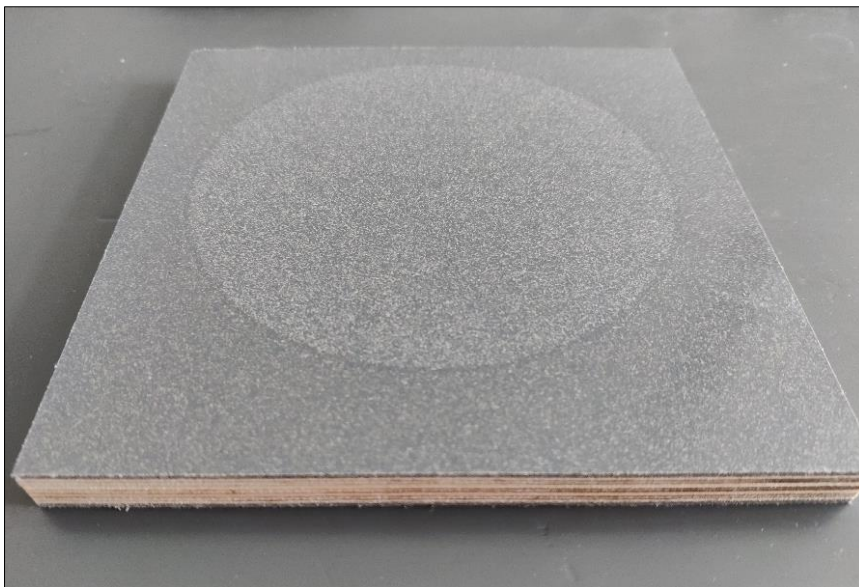
Kuvio 3. Cobb-testitulokset

Cobb-testissä saavutettiin suuri hajonta pinnoitteiden välillä. Vanerin pinnoitteen kosteuden kestävyys on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista vanerisessa betonimuotissa. Tämän takia Cobb-testin tulokset ovat merkittävässä osassa vertaillen eri pinnoitteiden soveltuvuutta betonimuotti käytössä.

Tuloksissa esiintyvä hajonta on osan pinnoitteista kohdalla erityisen suurta. Hajonnalle osasyynä on koekappaleiden valmistuksessa tapahtuneet epäonnistumiset. Pinnoitteiden kuumapuristuksessa pienikin virhe aiheuttaa vaihtelua lopputulokseen. Teollisuusympäristössä suoritetuissa testeissä olosuhteet ovat myös stabiilimmat. Erityisen suurta hajonta on smarTEGin ja fenoli 120 g/m² kohdalla.

RhinoTEG menestyi hyvin Brinell-kovuus - ja Taber-testeissä, mutta Cobb-testin tulos on sen osalta todella huono muihin pinnoitteisiin verrattuna. Sen tulos on noin 1800 g/m², kun seuraavaksi suurin tulos on smarTEGin noin 400 g/m². Ennen testien suorittamista oli tiedossa, että paksut pinnoitteet ovat useimmiten paremmin kosteudenkestäviä kuin ohuemmat pinnoitteet. Saavutetut tulokset vahvistavat väittämän fenolifilmien osalta.

Testissä suurin mielenkiinto kohdistui PP-pinnoitteen tuloksiin. Pinnoitteen vedenkestävyydestä ei ollut mitään ennakkotietoa. Saavutettujen tulosten perusteella sen kosteudenkestävyys ominaisuudet ovat parhaat testatuista pinnoitteista. Cobb-testin tuloksia tulkitessa on kuitenkin merkityksellistä huomioida mahdolliset tapahtuvat muutokset testikappaleissa testien aikana. PP-pinnoite on ainoa pinnoitteista, jossa oli havaittavissa visuaalisia muutoksia testin jälkeen. Kuvassa 11 on PP-pinnoitettu testikappale Cobb-testin jälkeen.

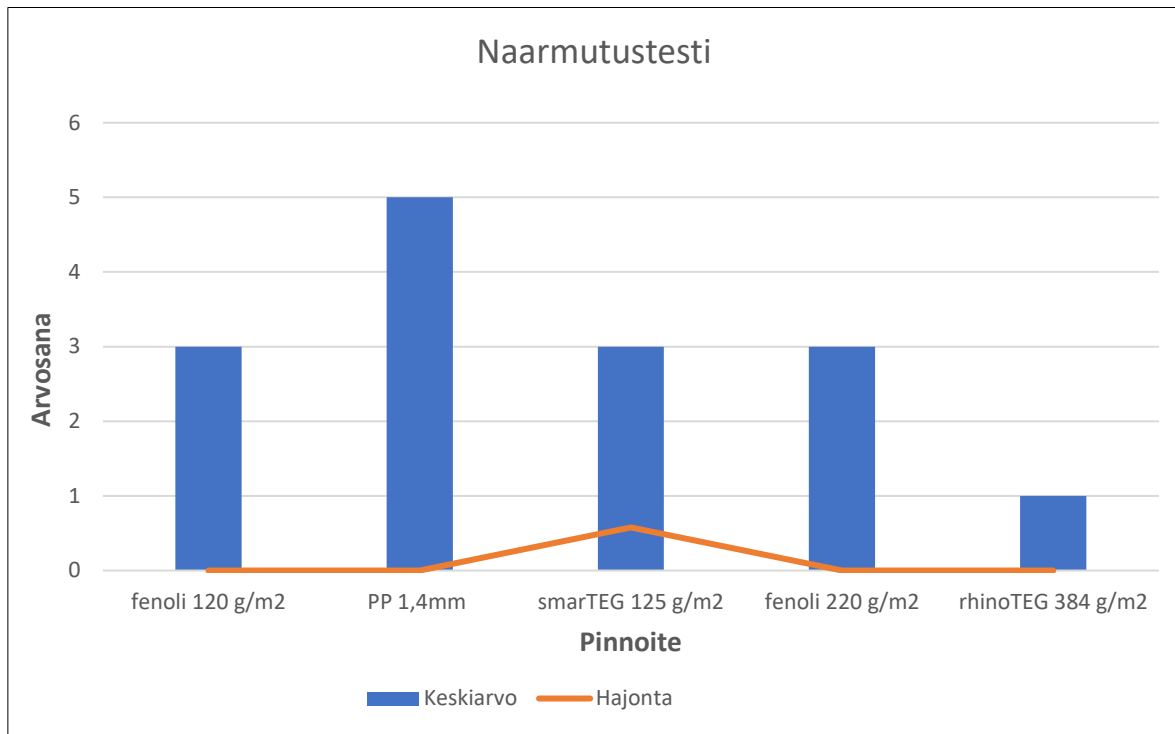


Kuva 11. PP testikappale Cobb-testin jälkeen

Kuvasta on selvästi havaittavissa pyöreää testialue keskellä kappaletta. Pyöreä testialue on selvästi karhea verrattuna muuten sileään pintaan. Syy muutokseen on todennäköisesti PP-pinnoitteen sisältämä puukuitu, joka on turvonnut vedenimeytymisen vaikutuksesta.

6.4 Naarmutustesti

Naarmutustesti on viimeinen standardiin perustuva testi. Naarmutustesti on osa laajaa standardia EN 438-2. Testissä saavutetut tulokset on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Naarmutustesti tulokset

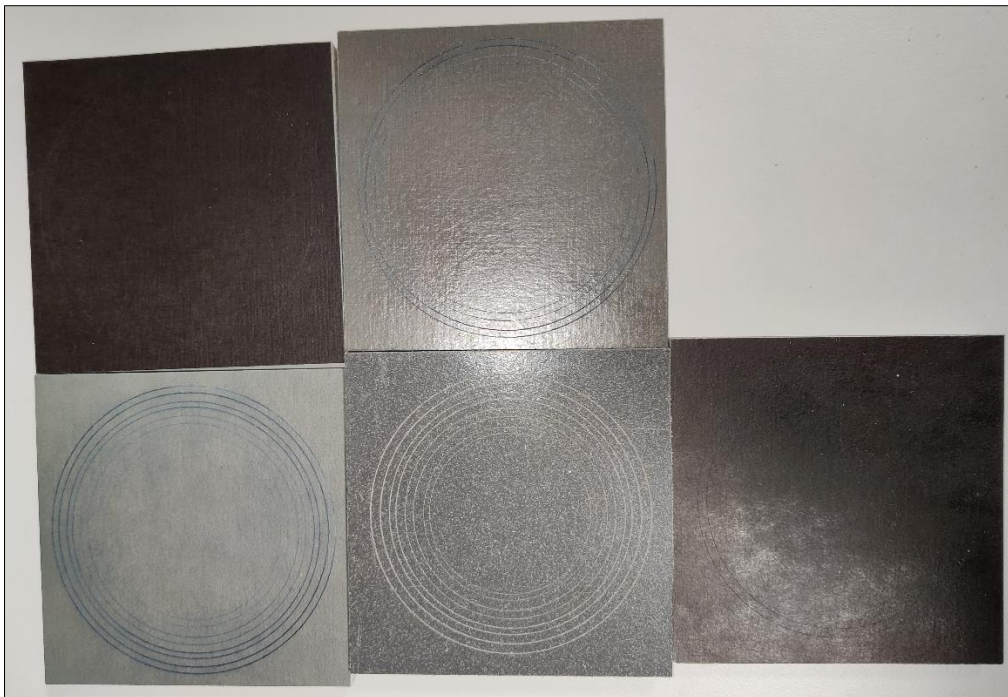
Naarmutustestin tuloksista ilmenee suuria eroavaisuuksia pinnoitteiden kestävyden osalta. Arvosanat perustuvat taulukon 2 ohjeisiin. Arvosana-asteikko toimii kuin tähdet, 5 on paras arvosana ja 1 on huonoin. Tuloksissa hajonta voidaan jättää huomioimatta, sillä ainoastaan smarTEGin tuloksissa on pientä hajontaa.

Testin tuloksissa kolme pinnoitetta saavutti tasapelin arvosanalla 3, mutta ero kahden muun, kestävimmän ja huonoimman pinnoitteen välillä on suuri. Naarmutustestin tuloksista ei voi kuitenkaan tehdä suuria johtopäätöksiä PP:n osalta. Pinnoite on paljon paksumpi kuin muut neljä pinnoitetta, jolloin tulos ei ole täysin vertailukelpoinen. Testin tavoitteena on mitata tarvittava voima naarmun läpäisemiseksi pinnoitteen, mutta PP:n osalta testiä ei voitu suorittaa loppuun asti.

Ennako-oletusten perusteella paksumpien pinnoitteiden tulisi kestää naarmutusta paremmin kuin ohuempat pinnoitteet. Kaikkien pinnoitteiden kohdalla odotukset eivät täyttyneet, sillä rhinoTEG on toiseksi paksuin pinnoitteista, mutta tulos on kaikista heikoin. Tulosten arvosteluasteikon suppeuden vuoksi muiden ohuempien pinnoitteiden tulosten välillä ei ole eroa. Näin ollen lopulliset tulokset kumoavat täysin ennako-oletuksen tulosjärjestyksestä. Kuvassa 12 havainnollistetaan testikappaleihin syntyvät naarmut.

| Arvosana asteikko | $\geq 90\%$ jatkuva, molemmat renkaat erottuvat selvästi |
|-------------------|--|
| Arvosana 5 | > 6 N |
| Arvosana 4 | 6 N |
| Arvosana 3 | 4 N |
| Arvosana 2 | 2 N |
| Arvosana 1 | 1 N |

Taulukko 2. Naarmutustestin tulosten arviointi (mukailtu SFS-EN 438-2 2018, 66)

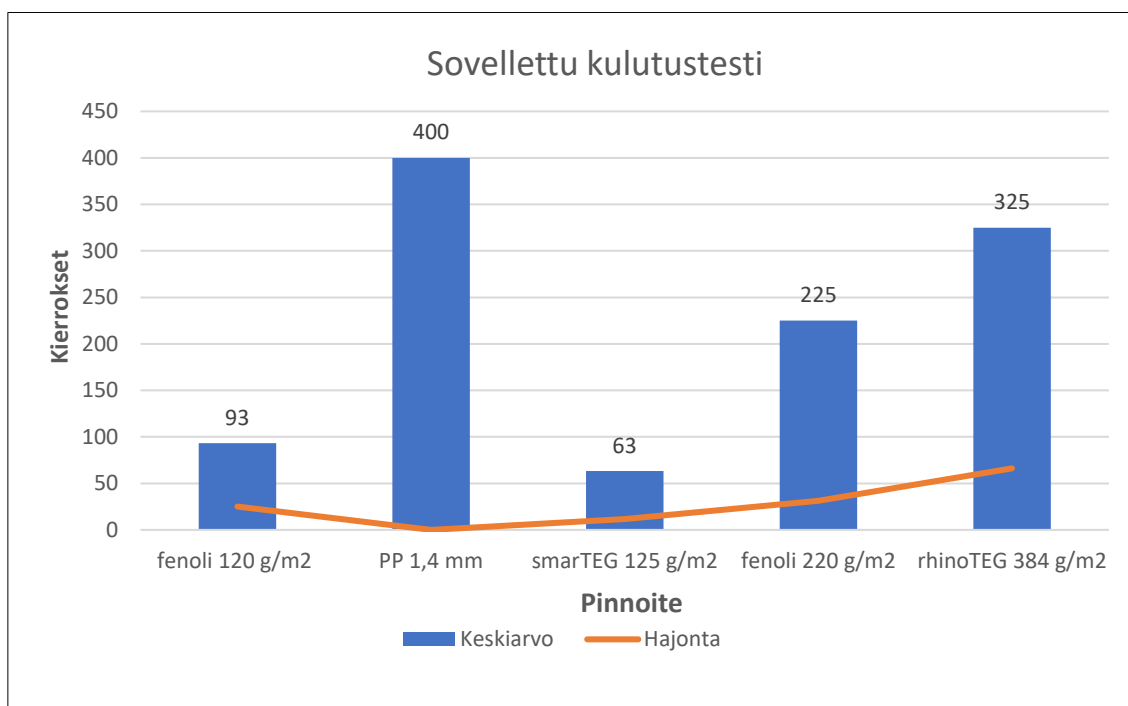


Kuva 12. Naarmutuskappaleita

Arvosanan 3 saaneet testikappaleet ovat kuvassa ruskeat fenolifilmi-pinnoitteet ja kiiltävän harmaa smarTEG ylärivissä. Selkeimmät siniset renkaat näkyvät alemmassa rivissä olevassa rhinoTEG-pinnoitteessa. Tumman harmaassa PP-pinnoitteessa kuvan keskellä naarmut näkyvät vaaleina renkaina.

6.5 Sovellettu kulutustesti

Sovellettu kulutustesti ei pohjaudu suoraan mihinkään standardiin, vaan testimenetelmät ovat sovellettuja olemassa olevien standardien pohjalta. Kuviossa 5 on esitetty testissä saavutetut tulokset pinnoitteiden keskiarvoina ja hajontana. Tuloksia ei ole pyöristetty, kuten Taber Abraser -testissä.



Kuvio 5. Sovellettu kulutustesti tulokset

Tuloksista voidaan huomata jälleen suuria eroja pinnoitteiden kulutuskestävyyden välillä. Sovelletun kulutustestin tulokset ovat lähes suoraan verrannollisia vastaavan Taber Abraser -testin tuloksiin (kuvio 1). Sovelletun testin tulokset korostavat enemmän pinnoitteiden välisiä kestävyyseroja kuin Taber-tulokset.

Sovelletun kulutustestin tulokset vahvistavat PP-pinnoitteen asemaa kestävimänä pinnoitteena. PP:n testitulos on kuitenkin Taber-testin kaltaisesti lopetettu kesken ennen pinnoitteen puhkikumista. Päätös perustuu tälläkin kertaa resurssien ja ajan rajallisuuteen. Karkean arvion mukaan PP:n tulos voisi olla 10 000–13 000 kierrosta. Liitteen 8 kuvassa havainnollistetaan testikappaleet testin jälkeen.

Lopuissa neljässä pinnoitteessa tulokset ovat odotusten mukaiset Taber-testin tuloksien mukaisesti. RhinoTEG on tuloksella 325 selvästi parempi kuin seuraavaksi paras fenoli 220 g/m². Tulosten perusteella sovellettu kulutustesti on selvästi tehokkaampi ja nopeampi kuin Taber Abraser -testi. Sovelletussa testissä huonoimpien tulokset ovat alle sata, mutta Taber-testissä samoille pinnoitteille tarvittiin noin 200 kierrosta pinnoitteen puhkukulumiseen. Syynä suureen eroon tuloksissa testien välillä on hiovan testipään karkeus.

6.6 Naulaustesti

Naulaustesti on työn toinen sovellettu testi. Se on myös ainoa testeistä, jossa ei käytetä mitään testauslaitetta. Testissä käytetyt naulat ovat 2,9 mm paksuja. Testin tulokset esitetään kuvissa 13–17. Kuvissa vasemmalla on levyn käyttöpinta, josta naula lyödään ja oikealla levyn taustapuoli, josta naula tulee läpi.



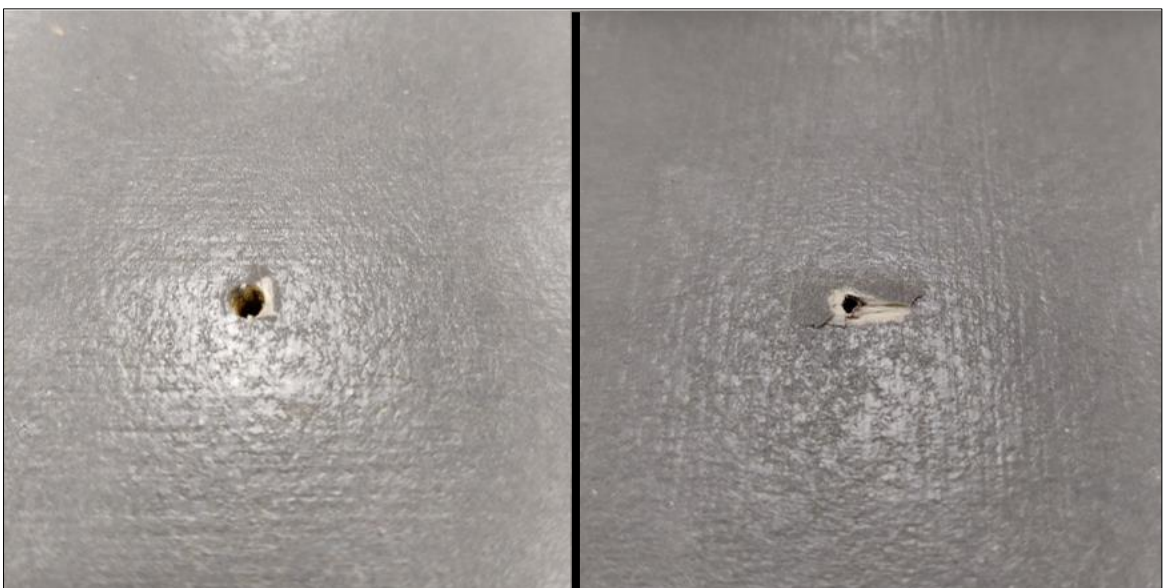
Kuva 13. Fenoli 120 g/m² naulaustesti

Kuvien perusteella levyn etupuolella vauriot pinnoitteessa ja vanerissa ovat pienet. Naulanreiän ympäriltä on lähtenyt vain pieni pala fenolifilmiä. Levyn taustapuolella naulaus on aiheuttanut suuremman vahingon. Reiän ympäriltä pinnoite on irronnut enimmillään noin 1 cm etäisyydeltä. Taustapuolella fenolifilmin alla olevasta pintaviilusta on myös hieman kärsinyt pinnoitteen irrotessa naulauksessa.



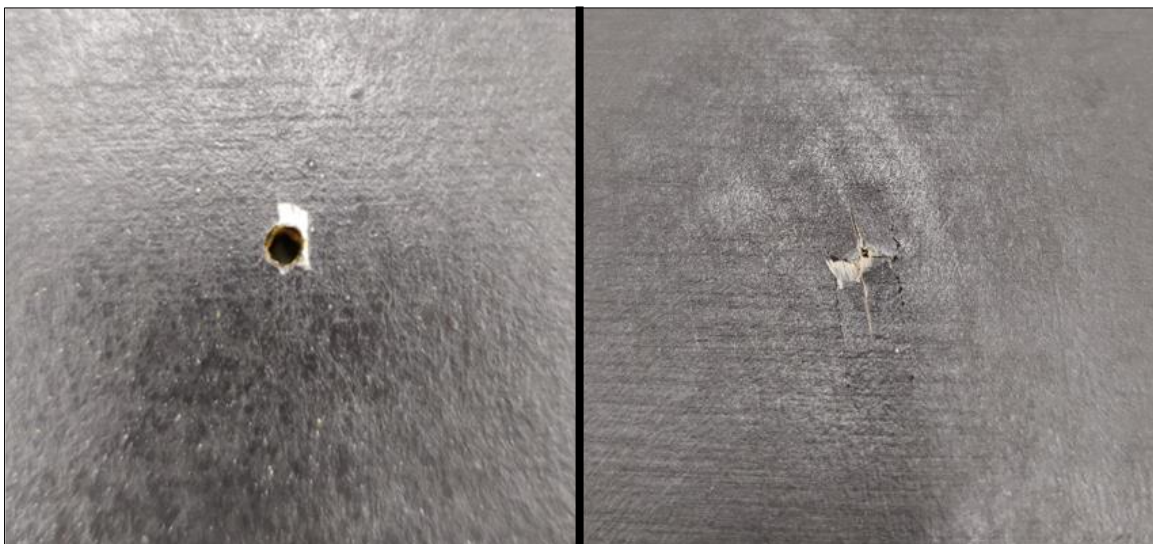
Kuva 14. PP-pinnoite

PP-pinnoitteen naulaustesti tuloksista havaitaan helposti pinnoitteen paksuuden edut. Vanerin käyttöpinnassa naulan reikä on siisti ja pyöreä. Pinnoitteessa ei ole havaittavissa mitään vauriota. Levyn taustapuolella pinnoite on ikään kuin muodostanut kohouman reiän ympärille. Pinnoitteen paksuuden ansiosta naulauksesta syntyneet vauriot ovat ainoastaan pinnoitteessa.



Kuva 15. smarTEG

Naulaustestissä smarTEG-pinnoite kesti hyvin naulauksen etupuolelta tarkasteltuna. Pinnoitteesta puuttuu vain pieni palanen reiän vierestä. Muuten pinnoite näyttää ehjältä. Testikappaleen taustapuolelta tarkisteltaessa vauriot ovat suuremmat. Vauriota levyn pinnassa on noin 1x2 cm alueella reiän ympärillä. Sekä pinnoite, että pintaviilu ovat kärsineet.



Kuva 16. Fenoli 220 g/m² naulaustulos

Kuvassa vasemmalla fenolifilmi kuvattuna etupuolelta, joka tulee betonivalua vasten. Oikeanpuoleisessa kuvassa levy kuvattuna taustapuolelta. Etupuolelta pinnoite on säilynyt kohtuullisen hyvin. Reiän ympärillä on havaittavissa ainoastaan pieniä lohkeamia pinnoitteesta. Taustapuolelta havaitaan suuremmat vauriot levyn pinnassa. Reiän ympärillä pinnoite ja vanerin pintaviilu ovat repeytyneet noin 1 cm halkaisijalta.



Kuva 17. rhinoTEG

Viimeisenä tarkisteltavana pinnoitteena on rhinoTEG, joka selviytyi muista testeistä vaihtelevin tuloksin. Naulauksesta syntynyttä reikää tarkasteltaessa etupuolelta havaitaan levyn kestäneen hyvin naulauksen. Pinnoitteessa on havaittavissa ainoastaan pieniä lohkeamia reiän ympärillä. Levyn taustapuolta tarkasteltuna tulos ei yllätä. rhinoTEGin taustapuolelta pinnoitteesta on lohjennut noin 1x2 cm kokoinen pala. Kuvasta huomataan, että vanerin pintaviilu on kuitenkin säilynyt ehjänä levyn taustapuolella. Syynä pinnoitteen irtoamiseen vanerista on suurella todennäköisyydellä jokin kuumapuristuksessa tapahtunut virhe, jolloin pinnoite ei ole tarttunut vaneriin kunnolla. Taulukossa 3 kaikkien testien tulokset pisteytettynä.

6.7 Testitulosten yhteenveto ja vertailu

Testitulosten arviointi ja vertailu perustuu osittain mittaajan omaan arvioon tuloksista ja osittain mitattuihin tuloksiin. Pisteytys perustuu suurelta osin mittaajan omaan arvioon esimerkiksi Taber- ja naarmutustesteissä. Cobb-testi ja Brinell-kovuus testien pisteytys pohjautuu suoraan testien mittaustuloksiin. Naulaustestin tulokset jätettiin pisteyttämättä, koska tuloksia tarkasteltiin vain visuaalisesti. Tulokset on pisteytetty yhdestä viiteen huonoimmasta parhaimpaan (taulukko 3).

| Tulosten pisteytys | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | fenoli 120 g/m ² | PP 1,4 mm | smarTEG 125 g/m ² | fenoli 220 g/m ² | rhinoTEG 384 g/m ² |
| Taber | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 |
| Brinell | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 |
| Cobb | 3 | 5 | 2 | 4 | 1 |
| Naarmutus | 3 | 0 | 3 | 3 | 1 |
| Sovellettu | 2 | 5 | 1 | 3 | 4 |
| Yht. | 13 | 20 | 10 | 16 | 14 |

Taulukko 3. Testitulosten pisteytys

Pisteytyksessä PP-pinnoitteen sarakkeessa kolme huomionarvoista tulosta on merkitty punaisella värillä. Kaikissa kolmessa tuloksessa tulos on tulkinnanvarainen, jolloin pisteytys on suurelta osin mittajaan harkinnan varassa. Taber Abraser -testissä ja Sovelletussa kulutustestissä PP-pinnoitetta ei testattu loppuun asti. Naarmutustestin pisteytyksen hylätty tulos 0 pistettä perustuu testin soveltumattomuuteen kyseiselle pinnoitteelle. Naarmutustestistä ei voitu saavuttaa standardin mukaista haluttua lopputulosta.

7 Kehitysehdotukset

Opinnäytetyön aikana syntyi useita jatkotutkimus- ja kehitysehdotuksia. Ensimmäisenä jatkotutkimuksen kohteena voisi olla yhden tai useamman uuden testin kehittäminen paksujen pinnoitteiden, kuten PP 1,4 mm, testausta varten. Työssä saavutetut tulokset tämän pinnoitteen osalta eivät ole kaikilta osin vertailukelpoisia muiden pinnoitteiden tulosten kanssa. Osa työssä tehdyistä testeistä ei näin ollen ole soveltuvia paksujen pinnoitteiden testaukseen. Uusi testi voisi olla esimerkiksi pidennetty Cobb-testi 14 vuorokauden testausajalla.

Toisena jatkotutkimuksen kohteena voisivat olla erilaiset kerrosrakenteiset pinnoitukset. Työssä käytetyn PP-pinnoitteen ja vanerin välissä käytettiin 220 g/m² fenolifilmiä liimakalvona. Vastaavalla tavalla pinnoituksen voisi suorittaa rakenteella: vaneri - 220 fenoli - rhinoTEG. Edellä kuvatulla rakenteella voitaisiin luoda uusi kestävämpi rakenne. Toinen mahdollinen uusi pinnoiterakenne voisi olla smarTEG pinnassa rhinoTEGin tilalla. Erilaisilla kerrosrakenteisilla pinnoituksilla voidaan yhdistää kahden pinnoitteen hyvät ominaisuudet yhdeksi vahvaksi pinnoitevaihtoehdoksi betonimuottiteollisuuden käyttöön.

Erilaisten testin suorittamiseen kuluu paljon aikaa. Testien tuloksissa on havaittavissa suurtakin hajontaa, joten suurempi testikappaleotanta voisi olla hyvin perusteltua jatkotutkimuksissa. Tulosten pisteytystaulukosta (taulukko 3) havaitaan suuria eroja pinnoitteiden välillä. Suuremmalla otannalla voitaisiin saavuttaa luotettavampia tuloksia hyödynnettäväksi tuotekehityksessä ja tutkimuksellisissa töissä.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata ja selvittää erilaisten vanerimuottien pinnoitekalvojen soveltuvuutta ja kestävyyttä betonointimuottiteollisuuden käytössä. Työ aloitettiin perehtymällä käyttökohteeseen tarkemmin. Betonointi käyttökohteena on moniosainen pala-peli, jossa on paljon lopputulokseen vaikuttavia osia. Betonoinnin osa-alueita ovat esimerkiksi erilaiset valutyypit (seinä-, holvi- ja muut valut), muottijärjestelmät, muottilevyt ja pinnoitteet.

Pinnoitteiden soveltuvuuden tutkimista ja vertailua suoritettiin kuudella betonointia simuloivalla testillä laboratorio-olosuhteissa. Testien suorittamisessa perehtyminen standardeihin ja niiden noudattaminen ovat merkittävässä osassa tutkimuksen onnistumista. Opinnäytetyössä kehitettiin uusi testausmenetelmä täydentämään olemassa olevia standardoituja testejä. Testin lähtökohtana oli saavuttaa tuloksia nopeammin ja tehokkaammin kuin valmiit testausmenetelmät. Työssä onnistuttiin, sillä testi oli nopeampi toteuttaa kuin Taber Abraser -testi ja tuloksissa havaittiin suurempaa hajontaa pinnoitteiden kesken.

Tutkimus aloitettiin pinnoittamalla 600x600 mm² vanerilevyjä työhön valikoituneilla pinnoitteilla, joista lopulliset testikappaleet valmistettiin. Jokaista testiä varten valmistettiin kolme rinnakkaiskappaletta jokaisesta pinnoitteesta, jolloin kaikissa testeissä oli 15 testikappaletta. Erilaisia testikappaleita kertyi näin ollen yhteensä 75, kun Brinell-kovuus testit tehtiin samalle testikappaleelle kuin Taber Abraser -testit (liite 6).

Testien tuloksista ilmenee suuriakin eroavaisuuksia pinnoitteiden kesken. Parhaimmat tulokset Brinell-, Cobb- ja naulaustesteistä saavutti ISOKONin 1,4 mm PP-pinnoite. Lopuissa kolmessa testissä pinnoite on sopimaton kyseiselle testille, jolloin testiä voitu suorittaa loppuun asti. Pinnoitteista rhinoTEG pärjäsikin hyvin neljässä testissä, mutta naarmutus- ja Cobb-testeissä tulos oli kaikista heikoin.

Kun kaikkien testien tulokset pisteytettiin parhaimmasta huonoimpaan pistein 5–1, kärkipaikan saavutti 220 g/m² fenolifilmi. Fenoli 220 g/m² suoriutui kaikista testeistä tasaisen vahvasti, jolloin sen kokonaisuus on testitulosten perusteella kaikista paras. Pisteytyksen perusteella toiselle sijalle ylsi vaihtelevista tuloksista huolimatta rhinoTEG ennen ohuempaa fenoli 120 g/m² pinnoitetta. Huonoimman kokonaistuloksen testeistä sai smarTEG. Ainoa testi, jossa smarTEG pärjäsikin hyvin, oli naarmutustesti. Testitulosten pisteytystaulukon (taulukko 3) tulokset pohjautuvat pitkälti mittaajan arvioon testien tuloksista. Ainoat testit, joissa tulokset ovat suoraan mittaustuloksiin perustuvia, ovat Brinell-kovuus ja Cobb-testi.

Lähteet

Akkanen, I., Jännes, T., Kekki, M., Kiiski, T., Kortelainen, V., Lind-Kohvakka, S., Liski, K., Mäkinen, T., Pajuluoma, H., Rainio, J., Räsänen, T., Silvennoinen, I., Tarvainen, I., Torniainen, P., Tynkkynen, T., Varis, R. (toim.). 2017. Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry.

Betoniteollisuus Ry, 2021. Tietoa betonista. Viitattu 29.10.2021. Saatavissa:

<https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/>

ePuulevy a. Vaneriteollisuus/Käyttökohteet/Rakentaminen. Viitattu 27.1.2022. Saatavissa:

<https://www.puulevyteollisuuskirja.fi/vaneriteollisuus/kayttokohteet/rakentaminen/>

ePuulevy b. Vaneriteollisuus/ Vanerituotteet. Viitattu 15.11.2021. Saatavissa:

<https://www.puulevyteollisuuskirja.fi/vaneriteollisuus/vanerituotteet/vakiovanerit/>

Herud-KG. 2021. Rondobox. Viitattu 22.11.2021. Saatavissa: [https://www.herud-](https://www.herud-kg.de/en/products/rondobox/)

[kg.de/en/products/rondobox/](https://www.herud-kg.de/en/products/rondobox/)

ISOKON. 2022. Company. Viitattu 10.1.2022. Saatavissa:

<http://www.isokon.si/en/company>

ISKOKON. PP Technical data sheet

Isosport. 2022. Unternehmen. Viitattu 10.1.2022. Saatavissa:

<https://www.isosport.com/en/unternehmen>

Koskisen. 2021. Tuotteet/ Vaneri/ Rakennuksiin. Viitattu 1.11.2021. Saatavissa:

<https://koskisen.fi/tuotteet/vaneri/rakennuksiin/>

Metsä Wood. 2021. Vaneri betonimuotteihin. Viitattu 1.11.2021. Saatavissa:

<https://www.metsawood.com/fi/tuotteet/vanerit/vanerin->

[kayttokohteet/Pages/Betonimuottiteollisuus.aspx](https://www.metsawood.com/fi/tuotteet/vanerit/vanerin-kayttokohteet/Pages/Betonimuottiteollisuus.aspx)

Metsä Wood. 2022. Metsä Wood Plywood for concrete formwork. Viitattu 26.1.2022.

Saatavissa:

<https://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Concrete-Formwork-English.pdf>

PERI a. Tuotteet/Muotit /SKYDECK-holvimuottijärjestelmä. Viitattu 28.12.2021.

Saatavissa: <https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/holvimuotit/skydeck-slab-formwork.html>

PERI b. Tuotteet/Muotit/3D-muottiyksiköt. Viitattu 27.1.2022. Saatavissa:

<https://www.peri.fi/tuotteet/muotit/3d-muottiyksikot.html>

Sabbah. J. 2021. Overlaying of wood-based panels. Vierailijaluento koululla. Viitattu

18.1.2022. Saatavissa: [Overlaying of wood-based panels \(Surfactor, Jonathan Sabbah\) - YouTube](#)

SFS-EN 438-2. 2019. High-pressure decorative laminates (HPL). Sheets based on thermosetting resins (usually called laminates). Part 2: Determination of properties.

Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa: <https://online-sfs-fi.ezproxy.cc.lut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/4/733728.html.stx>

SFS-EN 535. 2014. Paper and board - Determination of water absorptiveness - Cobb method. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa: <https://online-sfs-fi.ezproxy.cc.lut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/5/245446.html.stx>

SFS-EN 535. 2014. Paper and board - Determination of water absorptiveness - Cobb method. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa: <https://online-sfs-fi.ezproxy.cc.lut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/5/245446.html.stx>

SFS-EN 1534. 2020. Wood flooring and parquet. Determination of resistance to

indentation. Test method. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa: <https://online-sfs-fi.ezproxy.cc.lut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/849201.html.stx>

Shimadzu. News/2019/ Shimadzu's New AGX-V Series Autograph Universal Testing

Machines Achieve World's Highest Performance Levels. Viitattu: 21.2.2022. Saatavissa: <https://www.shimadzu.com/news/tmki8ete08o73kaq.html>

Surfactor proTEG. SURFACTOR® proTEG phenol Surface Films

Surfactor rhinoTEG. SURFACTOR® rhinoTEG® CF grey surface films Data sheet

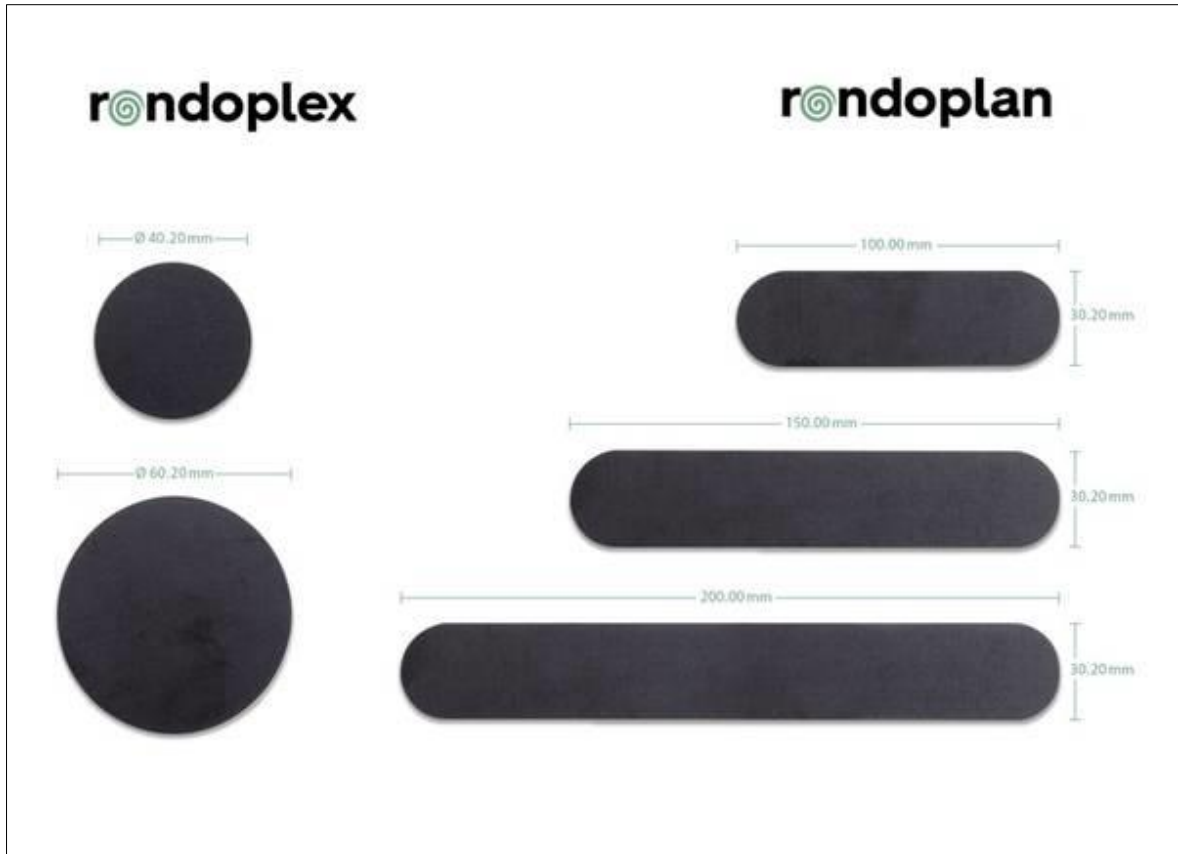
Surfactor smarTEG. SURFACTOR® smarTEG -Surface Film for Plywood-

WISA Plywood. 2021. Brochures. Viitattu 1.11.2021. Saatavissa:

<https://www.wisaplywood.com/downloads/brochures/?tag=234829&tag=233900>

Litteet

Liite 1. Rondo-paikat



Lähde: Herud-KG 2021

Liite 2. proTEG data sheet



proTEG E issue 18-05.docx

Page 1 (3)

SURFACTOR® proTEG Phenol Surface Films

GENERAL INFORMATION

SURFACTOR® proTEG films are phenolic resin based films used for the production of high quality concrete shuttering boards especially based on plywood and for panels used in the transport industry. The filmfaced boards are highly resistant to mechanical attack, water penetration, all common release agents, diluted acids, alkalis, solvents, concrete and form oils. Filmfaced panels are suitable for heavy-duty packing and in construction of vehicles.

The "WM" articles are especially designed for pressing with wire mesh, either plastic or metal, for non-slip surfaces.

TECHNICAL DATA

| Product | | Film weight (g/m ²) | Color | Pressing time (min) (130-135 °C) |
|---------------|------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| New | Old | | | |
| proTEG 303 | TPS 303 | 120 | red | 6-8 |
| proTEG 351 | TPS 351 | 125 | black brown, covering | 6-8 |
| proTEG 352 | TPS 352 | 125 | black, covering | 6-8 |
| proTEG 353 | TPS 353 | 120 | light brown, transparent | 6-8 |
| proTEG 355 | TPS 355 | 120 | black | 6-8 |
| proTEG 356 | TPS 356 | 120 | green, transparent | 6-8 |
| proTEG 358 | TPS 358 | 120 | brown, covering | 6-8 |
| proTEG 358 WM | TPS 358 WM | 120 | brown, covering | 6-8 |
| proTEG 384 | TPS 384 | 120 | dark brown, covering | 6-8 |
| proTEG 385 | TPS 385 | 120 | red brown, covering | 6-8 |
| proTEG 387 | TPS 387 | 125 | red brown, covering | 6-8 |
| proTEG 412 | TPS 412 | 120 | black brown | 6-8 |
| proTEG 426 | TPS 426 | 110 | red brown, covering | 6-8 |
| proTEG 453 | TPS 453 | 125 | light brown, transparent | 6-8 |
| proTEG 457 | TPS 457 | 120 | red brown, covering | 6-8 |
| proTEG 458 | TPS 458 | 125 | black, covering | 6-8 |
| proTEG 461 | TPS 461 | 105 | brown | 6-8 |
| proTEG 462 | TPS 462 | 125 | deep black | 6-8 |
| proTEG 550 | TPS 550 | 165 | red brown, transparent | 6-8 |
| proTEG 551 | TPS 551 | 165 | black brown, covering | 6-8 |
| proTEG 558 | TPS 558 | 165 | brown, covering | 6-8 |
| proTEG 615 | TPS 615 | 165 | black brown | 6-8 |
| proTEG 619 | TPS 619 | 175 | black brown | 6-8 |
| proTEG 658 | TPS 658 | 155 | brown, covering | 6-8 |
| proTEG 659 | TPS 659 | 175 | brown, covering | 6-8 |

surfactor Germany GmbH
Graf-Beust-Allee 17
45141 Essen
Germany

Phone: +49 201 310601
Fax: +49 201 3106114

surfactor Finland Oy
Teollisuustie 20 B
82420 Puhos
Finland

Phone: +358 207342201
Fax: +358 207342200

surfactor Americas LLC
3507 Northpark Drive
98531 Centralia, Washington
United States of America

Phone: +1 360 8270994



proTEG E issue 18-05.docx

Page 2 (3)

| | | | | |
|---------------|------------|-----|-----------------------|-----|
| proTEG 751 | TPS 751 | 210 | black brown, covering | 6-8 |
| proTEG 758 | TPS 758 | 200 | brown, covering | 6-8 |
| proTEG 758 WM | TPS 758 WM | 200 | brown, covering | 6-8 |
| proTEG 785 | TPS 785 | 210 | red brown, covering | 6-8 |
| proTEG 862 | TPS 862 | 225 | depp black | 6-8 |

The quality ProTEG WR 422 is additionally wear resistance

| | | | | |
|---------------|---------|-----|-----------------------|-----|
| proTEG WR 422 | TPS 422 | 125 | black brown, covering | 6-8 |
|---------------|---------|-----|-----------------------|-----|

All technical designation to the mentioned product are to be understood as indicative values . The actual values may differ, which is without influence to the functionality of the product.

Standard widths: 95,127, 130 and 156 cm. Other widths on request.

There may be color variations, especially in light colored films, if different pressing times and temperatures are used. Exposure to light will also give a darkening of the colour.

STORAGE LIFE

12 months, stored in original unopened packaging! We recommend storage conditions from 18°C to 25°C and 40% to 65% relative humidity. We point out that dissenting conditions may lead to declining technical properties.

After the guarantee time has expired the films can normally furthermore be used but specific testing's are recommended to make sure that the usage is sufficient.

PROCESSING

SURFACTOR® proTEG films are normally pressed onto finished plywood. However, plywood production and film-facing can also be carried out in one step.

Stainless steel press plates are recommended, but chromed steel and aluminum plates can also be used.

The fast-curing films should not be pressed with aluminum plates. Prior to the first pressing, the press plates should be carefully cleaned and treated with a suitable release agent. A short critical resting time helps to avoid precondensation of the films.

Pressing conditions

Suitable pressure is related to the type of wood used. Softwoods require pressures of 1.3-1.8 N/mm² while hard woods need a higher pressure. Filmfacing pressure should be about 10 % higher than panel manufacturing.

Only selected veneers should be used. The face and second veneers should be flawless, the face veneers not exceeding 1,5 mm in thickness. Avoid overlapping, poorly jointed veneers in the whole build-up, as they may mark the surface and lead to cracking. Roughly peeled veneers may cause defects in the surface due to unequal pressure.



proTEG E issue 18-05.docx

Page 3 (3)

Plywood moisture content should be constant and homogenous. An optimum value is 8 ± 2 %.

For one-step pressing, the veneer moisture should not exceed 6 %.
Panel build-up, film-facing and pressing technique should be carefully checked. Subsequent alterations to the method of manufacture require thorough testing.

Pressing temperature and pressing time also depend on the produced board thickness. For boards less than 6 mm, the pressing time should be reduced by 10 %. For boards thicker than 22 mm, the pressing time should be increased by 15 %.

The fast-curing films are specially designed for processing in short-cycle presses. With fast curing films pressing times of 30 seconds can be achieved with temperatures of 165-170 °C on the film surface.

The above recommendations should be optimized to meet your specific pressing conditions. We strongly recommend that the curing degree of the film-faced surface is regularly checked.

ENVIRONMENTAL COMPATIBILITY

Processing recommendations

We recommend taking guideline measurements of volatile (basically formaldehyde) during processing. These measurements should be repeated in adequate intervals. If effective ventilation (suction extractor) is available, no exceeding of tolerance values is to be expected.

Product behavior

With optimal processing according to the recommended pressing conditions, all films of SURFACTOR® remain within all relevant environmental limits.

Disposal hints

An environmentally compatible disposal is the thermal incineration in suitable residue incineration plants. For incineration or dumping in landfills, the corresponding legislation of each specific country has to be observed.

Further information can be taken from our Safety Data Sheets.

TECHNICAL SERVICE

Customers and prospective customers are welcome to call on the services of our staff regarding technical questions related to SURFACTOR®.

The information contained in this leaflet, although based on extensive tests, is intended as a guideline only and comes without warranty. Adaptations should be made according to type of application, specific needs and conditions.
All information included into this data sheet is confidential and proprietary information of SURFACTOR® Germany GmbH

Liite 3. smarTEG data sheet



smarTEG preliminary E issue 21-03.docx

Page 1 (3)

SURFACTOR® smarTEG - Surface Film for plywood –

GENERAL INFORMATION

SURFACTOR® smarTEG is a surface film for film-facing of hardwood plywood, preferable birch plywood. The main purpose is concrete shuttering but smarTEG can also be used for transportation applications. Boards film-faced with SURFACTOR® smarTEG have a (compared to standard phenolic overlays) much improved resistance to high-alkaline substances like concrete.

The typical water penetration rate is reduced to about 50% of standard shuttering surfaces (at same basis weight). The film-faced boards are resistant against mechanical attack, commercial grade of release oils, diluted acids and solvents.

UV-exposure as it occurs during standard concrete shuttering operation does not harm the surface nor does it initialize a major color change. Discoloration risk of concrete surfaces is minimized as well.

SURFACTOR® smarTEG is based on a modified phenolic resin system with improved crack resistance and much reduced formaldehyde emission during pressing (<50% compared to standard phenolic overlays).

Please note that smarTEG is a technical product having a bigger colour variation from one production batch to the next compared to the decorative product range produced by surfactor.

TECHNICAL DATA

| Product | Film weight (g/m ²) | Colour |
|-------------|---------------------------------|--------|
| smarTEG 401 | 125 | Grey |
| smarTEG 601 | 185 | Grey |
| smarTEG 801 | 240 | Grey |

All technical designation to the mentioned product are to be understood as indicative values. The actual values may differ, which is without influence to the functionality of the product.

Format of delivery

The smarTEG products can be delivered in rolls and sheets.
Standard widths 950, 1270, 1300 and 1560 mm. Other widths on request.

surfactor Germany GmbH
Graf-Baust-Allee 17
45141 Essen
Germany

Phone: +49 201 310601
Fax: +49 201 3106114

surfactor Finland Oy
Teollisuustie 20 B
82420 Puhos
Finland

Phone: +358 207342201

surfactor Americas LLC
1420 Marvin Road NE
Suite C #230
Lacey, WA 98516
USA

Phone: +1 360-485-2909



smarTEG preliminary E issue 21-03.docx

Page 2 (3)

STORAGE LIFE

9 months, stored in original unopened packaging. We recommend storage conditions from 18°C to 25°C and 40% to 65% relative humidity. Within period of storage time, glue line properties will slowly decline. After the guarantee time has expired the films can normally furthermore be used but specific testing's are recommended to make sure that the usage is sufficient.

PROCESSING

SURFACTOR® smarTEG can be processed in both single- and multi opening presses. Press plates of chromed stainless steel are recommended however press plates based on aluminum (AlMgSi) can also be used. After curing, the laminated surface reflects the structure of the press cauls. Short resting and closing times should be achieved, so that the films are exposed to temperature influence without pressure only for a short while, thus avoiding pre-condensation.

For production of anti-slip surfaces normally wire mesh of metal or plastics are used. An external release agent is normally not necessary.

The resulting quality of the surface depends especially on the wood species and the quality of the veneers.

Pressing conditions

Plywood: Suitable pressure is related to the type of wood used. Laminating pressure should be up to 10 % higher than panel manufacturing.

Only selected veneers should be used. The face and second veneers should be flawless, the face veneers not exceeding 1,5 mm in thickness. Avoid overlapping, poorly jointed veneers in the whole build-up, as they may mark the surface and lead to cracking. To minimize this risk, place the paper fibers and the face veneer at right angles to each other. Roughly peeled veneers may cause defects in the surface due to unequal pressure.

Plywood moisture content should be constant and homogenous. The optimum value is 8 ± 2 %. For one-step pressing, the veneer moisture should not exceed 6 %.

Panel build-up, lamination and pressing technique should be carefully checked. Subsequent alterations to the method of manufacture require thorough testing.

Pressing temperature and pressing time also depend on the produced board thickness. For boards less than 6 mm, reduce the pressing time by some 10 %. For boards thicker than 22 mm, increase the pressing time by some 15 %.

| Press typ | Film temperature (°C) | Pressing time |
|----------------|-----------------------|---------------|
| Multi opening | 130-135 | 6-8 min. |
| Single opening | 140-155 | 180-240 sec. |

The above recommendations should be optimized to meet your specific pressing conditions. We recommend to check the curing degree of the laminated surface regularly.



smarTEG preliminary E issue 21-03.docx

Page 3 (3)

ENVIRONMENTAL COMPATIBILITY

Processing recommendations

We recommend taking guideline measurements of volatile (basically formaldehyde) during processing. These measurements should be repeated in adequate intervals. If effective ventilation (suction extractor) is available, no exceeding of tolerance values is to be expected.

Product behavior

With optimal processing according to the recommended pressing conditions, all films of SURFACTOR® remain within all relevant environmental limits.

Disposal hints

An environmentally compatible disposal is the thermal incineration in suitable residue incineration plants. For incineration or dumping in landfills, the corresponding legislation of each specific country has to be observed.

Further information can be taken from our Technical safety instructions.

TECHNICAL SERVICE

Customers and prospective customers are welcome to call on the services of our staff regarding technical questions related to SURFACTOR®.

The information contained in this leaflet, although based on extensive tests, is intended as a guideline only and comes without warranty. Adaptations should be made according to type of application, specific needs and conditions.
All information included into this data sheet is confidential and proprietary information of SURFACTOR® Germany GmbH

Liite 4. rhinoTEG data sheet



rhinoTEG CF 207 E issue 18-06 .docx

Page 1 (2)

SURFACTOR® rhinoTEG® CF grey surface films Data Sheet

GENERAL INFORMATION

rhinoTEG® CF is designed to be used as a concrete form overlay and is based on Kraft paper impregnated with solvent free resins of thermosetting characteristics. It has a matte, fully cured top side and a unique high performance self-bonding glue line on the reverse side.

rhinoTEG® CF is designed for soft wood veneers like Pine, Spruce, Douglas fir or equivalent hard wood veneers. It also has high masking properties to cover natural wood grain and surface repairs. Other unique features include high crack resistance and very low permeability of moisture. The surface keeps original colour after contact to concrete.

rhinoTEG® CF can be laminated in either 1 step (in plywood press) or 2 step (calibrated and sanded) processes.

When treated with an appropriate branded release agent prior to concrete forming it gives a smooth matte finish. The number of pours may vary due to on site handling, panel maintenance, vertical or horizontal use, concrete mix, alkalinity, pour rate, form release agent and other factors.

TECHNICAL DATA

| Product | Film Weight (g/m ²) | Colour |
|------------------|---------------------------------|--------|
| Rhino TEG CF 207 | 384 | Grey |

All technical designation to the mentioned product are to be understood as indicative values . The actual values may differ, which is without influence to the functionality of the product.

rhinoTEG® CF 207 overlays are available in standard widths of 1.270 or 2540 mm. Other width up to 2800 mm we produce on request.

STORAGE LIFE

9 months, stored in original unopened packaging. We recommend storage conditions from 18°C to 25°C and 40% to 65% relative humidity. Within period of storage time, glue line properties will slowly decline. After the guarantee time has expired the films can normally furthermore be used but specific testing's are recommended to make sure that the usage is sufficient.

PROCESSING

Pressure for lamination depends on the wood species. The pressure can be limited by the quality of face veneers also. We recommend for lamination about 10 % higher pressure compared to manufacturing of the plywood panels and compression of panels not higher than 3 % after lamination. Related to soft wood species pressure of 1, 2 N/mm² (175 psi) enable good results. Press time depend on temperature applied direct to the overlay. Following parameter show approved standards.

surfactor Germany GmbH
Graf-Beust-Allee 17
45141 Essen
Germany

Phone: +49 201 310601
Fax: +49 201 3106114

surfactor Finland Oy
Teollisuustie 20 B
82420 Puhos
Finland

Phone: +358 207342201
Fax: +358 207342200

surfactor Americas LLC
3507 Northpark Drive
98531 Centralia, Washington
United States of America

Phone: +1 360 8270994



rhinoTEG CF 207 E issue 18-06 .docx

Page 2 (2)

Multi-daylight presses: 1 step

Pressure as per plywood manufacturing, but not below 0,8 N/mm² (115 psi)
 Temperature not below 120°C. For press time see following recommendations.

Multi-daylight presses: 2 step

Pressing temperature on the film surface 130 - 135 °C
 Pressing time..... > 6 minutes

Single daylight presses short-cycle:

Temperature on the film surface 140-155 °C
 Pressing time..... > 150 seconds

Conditions for single opening presses have to be verified separately. Optimum pressing needs specific verification for each case by plant scale testing.
 We strongly recommend testing of bond and curing grade.

ENVIRONMENTAL COMPATIBILITY

We make use of sustainable resources for base paper.
 Purchased base paper is classified FSC controlled wood or mixed credit on request. For impregnation we use no organic solvents.

Processing recommendations

We recommend taking guideline measurements of volatile (basically formaldehyde) during processing. These measurements should be repeated in adequate intervals. If effective ventilation (suction extractor) is available, no exceeding of tolerance values is to be expected.

Product behaviour

With optimal processing according to the recommended pressing conditions, all films of SURFACTOR® remain within relevant environmental limits.

Disposal hints

An environmentally compatible disposal is the thermal incineration in suitable residue incineration plants. For incineration or dumping in landfills, the corresponding legislation of each specific country has to be observed. Further information can be taken from our Safety Data Sheets and our technologists.

TECHNICAL SERVICE

Customers and prospective customers are welcome to call on the services of our staff regarding technical questions related to SURFACTOR®.

The information contained in this leaflet, although based on extensive tests, is intended as a guideline only and comes without warranty. Adaptations should be made according to type of application, specific needs and conditions.
 All information included into this data sheet is confidential and proprietary information of SURFACTOR® Germany GmbH

Lähde: Surfactor rhinoTEG



Technical data sheet

ISOFORM LIP JD 1F50M_S R7012

Key benefits
 Wood Plastic Composite
 100 % Recycable
 One side coated with special fleece

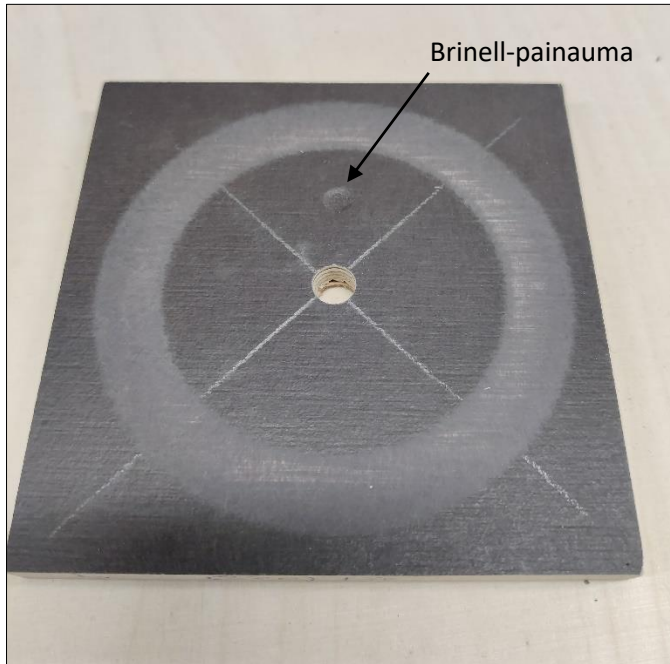
General application
 Building Industry
 Contact layer on formwork boards

| | Test method | Unit | Value |
|--|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| General properties | | | |
| Density | DIN 53479 | g/cm ³ | 1,06 |
| Filler content | | % | 40 |
| Mechanical Properties | | | |
| Tensile modulus | ISO 527 | MPa | 2800 |
| Tensile strength | ISO 527 | MPa | 20 |
| Elongation at break | ISO 527 | % | - |
| Flexural modulus | ISO 178 | MPa | 2500 |
| Charpy notched impact strength at 23°C | ISO 179 | kJ/m ² | - |
| Charpy unnotched impact strength at 23°C | ISO 179 | kJ/m ² | n.b. |
| Hardness | ISO 868 | Shore D | 70 |
| Thermal properties | | | |
| Melting temperature | ISO 3146 | °C | 163 |
| Vicat softening temperature - A50 | ISO 306/A50 | °C | - |
| Vicat softening temperature - B50 | ISO 306/B50 | °C | - |
| Heat deflection temperature B (0.45 MPa) | ISO 75B | °C | - |
| Heat deflection temperature A (1.80 MPa) | ISO 75A | °C | - |
| Service temperature (intermittent) | | °C | 150 |
| Service temperature (long term) | | °C | from 0 to 100 |
| Other properties | | | |
| Surface resistivity | LabeOHM | Ω | >10E14 |
| Water absorption | 24h/RT | % | <1,8 |
| Flammability | | | - |
| Mould shrinkage | Compared to a reference form | % | Longitudinal: Transverse: |

The information data contained herein is believed to be reliable to the best of our knowledge but no representations, guarantees or warranties of any kind are made as to its accuracy, suitability for particular applications or the results to be obtained therefrom, and it is the end user responsibility to make its own determination of the product suitability for the intended applications.



Liite 6. Taber ja Brinell testikappale



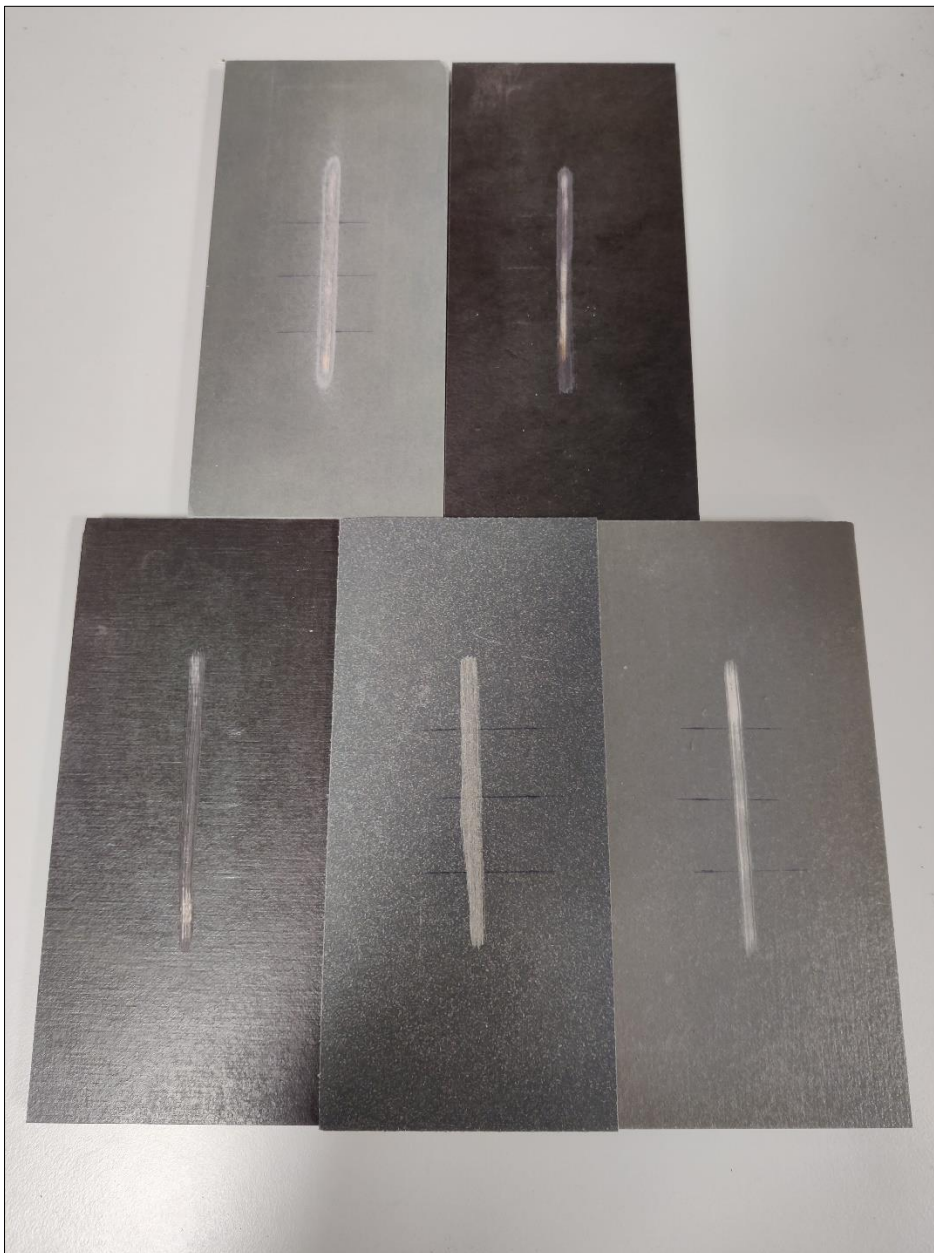
Kuvassa testikappaletta on hyödynnetty sekä Brinell, että Taber testeihin. Pieni jälki lähes keskellä kappaletta on Brinell-kovuuden määrittämisessä syntyvä painauma. Vaalea rengasmainen kulutusjälki on Taber Abraser -testissä syntyvä hioutunut alue.

Liite 7. Shimadzu-testauslaite



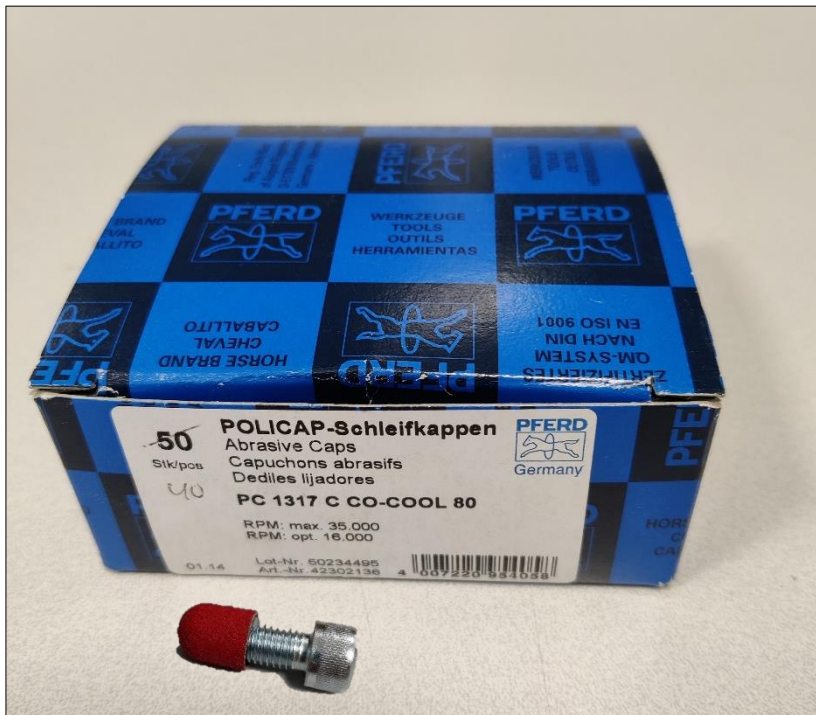
Lähde: Shimadzu

Liite 8. Sovellettu kulutustesti kappaleet



Kuvassa PP-pinnoitteesta havaittavissa parhaiten testialueen jako neljään osaan.

Liite 9. Sovelletun kulutustestin testipää



Liite 10. Sovellettu kulutustesti mitat

| Sovellettu kulutustesti mitat | | | |
|--------------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| | Testikappale | | Testipää |
| Pituus (cm) | 16,8 | Kok. pituus n. (mm) | 42,5 |
| Leveys (cm) | 7,8 | Pultti pituus kok. (mm) | 40 |
| Kulutus jälki (cm) | 8 | Pultti Ø (mm) | 10 |
| | | Pultti kanta Ø (mm) | 16 |