

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Blaž ČERNE

**NATEZNA TRDNOST PROSTIH FILMOV LESNIH
PREMAZOV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Blaž ČERNE

NATEZNA TRDNOST PROSTIH FILMOV LESNIH PREMAZOV

DIPLOMSKI DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

TENSILE STRENGTH OF FREE FILMS OF WOOD COATINGS

B. SC. THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Delo je bilo izvedeno na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Marka Petriča in za somentorja asist. dr. Matjaža Pavliča. Za recenzenta je bil imenovan prof. dr. Milan Šernek.

Mentor: prof. dr. Marko Petrič

Somentor: asist. dr. Matjaž Pavlič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 674.07
KG	zaščita lesa/lesni premazi/prosti filmi/natezna trdnost
AV	ČERNE, Blaž
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/PAVLIČ, Matjaž (somentor)/MILAN, Šernek (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	NATEZNA TRDNOST PROSTIH FILMOV LESNIH PREMAZOV
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 37 str., 1 pregl., 16 sl., 2 pril., 22 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Lesni premazi zaščitijo podlago pred zunanjimi dejavniki in ji hkrati dajo tudi lep estetski videz. Utrjeni filmi premazov morajo slediti dilatacijam in krčenju podlage, zato morajo biti dovolj prožni. Da bi ugotovili, kakšne so sposobnosti prilagajanja premazov na dimenzijske spremembe podlage, smo preskušali natezno trdnost prostih filmov lesnih premazov. Izbrali smo 10 različnih premaznih sredstev in 8 različnih podlag za nanos premaznih sredstev. Po končanem preskušanju nanosa premaznih sredstev na različne podlage so rezultati pokazali, da se filmi najbolje tvorijo na teflonskih in polipropilenskih ploščah, s katerih jih je tudi najlažje odstraniti. Zato smo z ročnim nanašalcem premaze nanесли na plošče iz teflona in polipropilena dolžine pribl. 500 mm skozi režo 240 µm. Tvorjene filme smo najprej odstranili s podlage in tako razrezali v preskušance. Nato smo ocenili njihovo prožnost. Meritve smo izvedli z napravo Zwick Roell Z005. Preskusili smo po 10 vzorcev vsakega premaza. Filme smo raztezali pri različnih hitrostih vse do pretrga premaza. Ugotovili smo, da so premazi za zunanjo uporabo bolj prožni, vendar mehkejši. Po drugi strani so premazi za notranjo uporabo trši in mnogo manj prožni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1

DC UDC 674.07

CX wood protection/coatings/free films/tensile strength

AU ČERNE, Blaž

AA PETRIČ, Marko (supervisor)/PAVLIČ, Matjaž (co-supervisor)/MILAN, Šernek (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2016

TY TENSILE STRENGTH OF FREE FILMS OF WOOD COATINGS

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO IX, 37 p., 1 tab., 16 fig., 2 ann., 22 ref.

LA sl

Al sl/en

AB Wood coatings protect the wooden substrate against external exposure factors as well as improve the aesthetic view of the object. Cured coating films need to be stretchable in order to follow substrate dilatations and shrinkage. To investigate the adaptation ability of coatings to dimensional changes of a substrate, we tested the tensile strength of free films of wood coatings. 10 different coatings and 8 different substrates for application of coating films were selected. Testing of the substrates for application and removal ability of free coating films resulted in selection of two suitable materials, teflon and polypropylene. We manually applied the coatings on 500 mm long teflon and polypropylene plates through the applicator slot of 240 µm. The films were firstly removed from the plates and then they were cut into the samples. Afterwards their elasticity was evaluated. The measurements were performed with a device Zwick Roell Z005, with 10 samples per each coating. The films were stretched by different speed until the breaking point. We have concluded that the coatings for outdoor use are more elastic than the coatings for internal use, however they are softer. On the other hand, the coatings for indoor applications are less flexible and harder.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ZAŠČITA LESA PRED VREMENSKIMI VPLIVI.....	2
2.2 KONSTRUKCIJSKA ZAŠČITA LESA.....	2
2.2.1 Kemična zaščita lesa.....	2
2.2.2 Površinska zaščita lesa	3
2.3 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA	3
2.4 POMEN POVRŠINSKE OBDELAVE	4
2.5 PREMAZNA SREDSTVA ZA ZAŠČITO LESA NA PROSTEM	5
2.5.1 Lak emajli	6
2.5.2 Laki	7
2.5.3 Lazure.....	7
2.5.4 Novejša razdelitev premaznih sredstev za uporabo na prostem.....	10
2.6 LASTNOSTI PREMAZOV	11
2.6.1 Debelina suhega premaznega filma	11
2.6.2 Oprijemnost oz. adhezija	12
2.6.3 Prožnost oz. elastičnost	12
2.6.4 Trdota premaznega sistema	12
2.6.5 Odpornost proti udarcem	12
2.6.6 Prepustnost premazov	13
2.6.7 Vpliv staranja na lastnosti premazov	13

2.7	TEMPERATURA STEKLASTEGA PREHODA	14
2.8	PROSTA POVRŠINSKA ENERGIJA	15
3	MATERIALI IN METODE	16
3.1	NANOS PREMAZOV IN TVORJENJE PROSTIH FILMOV	17
3.2	OPIS UPORABLJENIH PREMAZNIH SREDSTEV	17
3.2.1	Biotan - Akrilna lak lazura z UV zaščito.....	17
3.2.2	Beltop UV plus.....	18
3.2.3	Tessarol emajl.....	18
3.2.4	416262 Heliocel univerzalni lak 30.....	18
3.2.5	Aqua Nanolack NT 100.....	19
3.2.6	Končni lak UV 1178-0005, Salchi.....	19
3.3	METODE PRESKUŠANJA.....	19
3.3.1	Priprava vzorcev za določanje natezne trdnosti.....	19
3.3.2	Debeline filmov	21
3.3.3	Določanje natezne trdnosti	21
3.3.4	Tehnike mehanskega preskušanja	22
4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	25
4.1	USTREZNOST UPORABLJENIH PODLAG	25
4.2	DEBELINA FILMOV.....	31
4.3	REZULTATI NATEZNIH PRESKUSOV	31
4.4	SKLEPI	34
5	VIRI	35
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izmerjene debeline vzorcev	21
---	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz kontaktnega kota in intermolekularnih interakcij v kapljevini, trdni snovi in na stiku med kapljevino in podlago.....	15
Slika 2: Premazi na teflonski plošči	20
Slika 3: Naprava Zwick Roell Z005	22
Slika 4: Napetostna deformacijska krivulja.....	23
Slika 5: Značilne napetostno-deformacijske krivulje materialov z različnimi mehanskimi lastnostmi.....	24
Slika 6: Filmi na stekleni podlagi.....	26
Slika 7: Preskušanje podlage – lepilni trak s polietilenskim filmom	26
Slika 8: Preskušanje podlage – teflonski trak.....	27
Slika 9: Preskušanje podlage za pripravo prostih filmov premazov	28
Slika 10: Odstranjevanje suhih filmov z rezilom tapetniškega noža.....	29
Slika 11: Odstranjevanje Heliocel univerzalnega laka iz polipropilenske plošče.....	30
Slika 12: Raztezanje filma na trgalnem stroju Zwick Roell Z005	31
Slika 13: Maksimalni relativni linearni raztezki premazov ob pretrganju filma.....	32
Slika 14: Natezna trdnost prostih filmov premazov	32
Slika 15: Krivulje σ/ϵ za premaze, ki so namenjeni uporabi v interieru	33
Slika 16: Krivulje σ/ϵ za premaze, ki so namenjeni uporabi v eksterieru	34

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati preskušanj premazov na napravi Zwick Roell Z005

Priloga B: Izračun raztezkov - rezultati in izračuni posameznih premazov vseh vzorcev

1 UVOD

Površinska zaščita lesa s premazi je zelo pomembna za zagotavljanje trajnosti in uporabnosti lesnih izdelkov. Trajnost premaza, ki les ščiti pred vremenskimi vplivi, je odvisna od lastnosti in priprave lesa, od ustrezne izbire premaznega sredstva glede na namen uporabe izdelka, od načina in kvalitete nanašanja, od uporabe konstrukcijske zaščite in od vplivov okolja, v katerem se premazan izdelek nahaja.

Pri vseh utrjenih filmih premazov je pomembno, da zaščitijo podlago pred zunanjimi dejavniki in ji hkrati dajo tudi lep estetski videz. To je mogoče samo, če utrjeni filmi sledijo dilatacijam in krčenju podlage brez poškodb, kot sta npr. pokanje in luščenje. Da lahko sledijo gibanju podlage, morajo biti filmi premazov dovolj prožni. V literaturi se večina podatkov o prožnosti utrjenih lesnih premazov nanaša na utrjene premaze na lesnih podlagah oz. na sisteme substrat-premaz. Podatkov o prožnosti prostih utrjenih filmov (v obliki folij) pa je v literaturi le malo.

Za preskušanje utrjenih prostih filmov jih je po nanosu premazov in njihovi osušitvi treba odstraniti s podlage. Preskušanje različnih podlag je pokazalo, da so materiali z nizko površinsko energijo najboljši za pripravo nepoškodovanih utrjenih prostih filmov.

Različna premazna sredstva za notranjo in zunanjo uporabo bomo nanесли na več različnih podlag in jih kasneje skušali z njih odstraniti. Na ta način bomo pripravili proste filme utrjenih premazov in bomo ocenili njihovo prožnost. Obenem bomo proučili, kakšne so razlike v prožnosti premazov glede na njihovo namembnost ter vrsto uporabljenega veziva.

Predvidevamo, da priprava prostih filmov premazov ni enostavna. Prav tako pričakujemo, da je prožnost premazov za notranjo uporabo manjša od prožnosti premazov za zunanjo uporabo, na kar vpliva tudi vrsta veziva v premazu.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZAŠČITA LESA PRED VREMENSKIMI VPLIVI

Les, ki je izpostavljen zunanjim vplivom, je podvržen hitrejšemu propadanju kot les v suhih, zaprtih prostorih. Njegovo uporabnost lahko podaljšamo z različnimi metodami zaščite:

- konstrukcijska zaščita,
- kemična zaščita in
- površinska zaščita.

2.2 KONSTRUKCIJSKA ZAŠČITA LESA

Pod konstrukcijsko zaščito lesa štejemo rešitve, s katerimi preprečimo vlaženje lesa vgrajenega na prostem. Pri vgradnji lesa na prostem moramo vedno paziti na vlažnost lesa, ki naj bo čim bližje ravnovesni vlažnosti, ki ustreza klimatskim pogojem na mestu vgradnje. Ukrepi konstrukcijske zaščite po Gorenšek (2007) so:

- zagotovljen prost odtok vode,
- zatesnitev prečnih prereзов in ustrezne konstrukcijske rešitve na teh mestih,
- vgradnja oken in vrat čim globlje v fasado,
- strešni napušči naj bodo široki,
- celotna konstrukcija naj bo zasnovana tako, da ne prihaja do mehanskih poškodb, in
- preprečitev direktnega stika lesa s tlemi.

2.2.1 Kemična zaščita lesa

Pod kemično zaščito lesa štejemo postopke s katerimi umetno zaščitimo les pred vgradnjo in ga prepojimo s predpisano količino kemičnih snovi, katere les zaščitijo pred biotskimi in abiotskimi dejavniki razgradnje. S kemično zaščito les »zastrupimo«, tako da postane odporen proti lesnim škodljivcem, ki se z lesom hranijo ali ga uporabljajo kot prebivališče.

Les lahko s kemijskimi snovmi pred škodljivci zaščitimo pred napadom ali po napadu. Kemijsko zaščito pred napadom imenujemo preventivna kemična zaščita, vnos kemijskih snovi v les po napadu pa imenujemo represivna kemijska zaščita. Poznamo več različnih načinov vnosa kemijskih snovi v les. Poznamo postopke potapljanja, brizganja, premazovanja in kotelske postopke. Pred postopkom kemijske zaščite je potrebno preučiti sestavo in postopke obdelave in uporabe preparatov (Gorenšek, 2007).

2.2.2 Površinska zaščita lesa

Površinska zaščita ima poleg zaščitne vloge tudi dekorativno funkcijo. Po navadi jo uporabljamo po končani kemijski in konstrukcijski zaščiti. Premazi s časom delovanja zunanjih sil propadejo in če les predhodno ni bil kemijsko zaščiten, imajo škodljivci prosto pot do lesa. Zato je potrebno premaze redno obnavljati in s tem podaljšamo trajnost lesa (Gorenšek, 2007).

2.3 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA

V proizvodnem procesu obdelave lesa je površinska obdelava lesa zadnja faza, ki pa je zelo pomembna za uspešnost proizvodnega procesa.

Dekorativno obdelavo lesnih izdelkov najdemo že v zgodovini. Na Kitajskem in Japonskem so že v 6. stol. poznali postopek lakiranja površin z laki, pridobljenimi iz smole nekaterih azijskih dreves.

Hiter razvoj kemične industrije je pripomogel k razvoju sredstev za površinsko obdelavo lesa, prav tako pa so se razvili tudi postopki mehanske obdelave lesa. Razvoj novih materialov za končno obdelavo in pripravo površin je zahteval uvedbo novih tehnologij in posodobitev strojne opreme, katere vključujejo računalniško krmiljene in robotizirane linije za površinsko obdelavo lesa. Sodobna zaščitna sredstva in premazi za les in lesna tvoriva dosegajo želeno zaščito in dekorativno vlogo pri obdelavi lesa (Čermak, 2003).

2.4 POMEN POVRŠINSKE OBDELAVE

Po končani mehanski obdelavi nadaljujemo s površinsko obdelavo izdelkov iz lesa in lesnih plošč. Ta obsega številne faze zahtevnega tehnološkega procesa in ima več funkcij; to so:

- dekorativna funkcija - doseže dekorativen videz izdelka, t.j. poudari naravne lepote lastnosti lesa, predvsem barvo, teksturo, sijaj, prijeten otip površine idr.,
- uporabna funkcija - izboljša fizikalne in mehanske lastnosti lesa in tako poveča odpornost proti vlagi in toploti, doseže primerno dimenzijsko stabilnost, poveča odpornost površine proti udarcem, praskam in obrabi,
- zaščitna funkcija - zaščiti les pred staranjem, vremenskimi in klimatskimi razmerami, ognjem, glivami in insekti, poveča odpornost proti kemijskim vplivom ter omogoči lažje čiščenje in vzdrževanje površin,
- ekonomska funkcija - izbere materiale in tehnologijo, ki, ob najnižjih proizvodnih stroških, povečajo tržno vrednost izdelka. Danes je površinska obdelava postala ne le tehnološki temveč tudi ekonomski izziv, saj se na vse bolj zahtevnih tržiščih pojavlja huda konkurenca. Sodobni trendi pohištvene industrije zahtevajo izvirnost izdelkov (majhne serije, prilagojene željam kupcev), uvajanje novih oblik in posebnih dekorativnih učinkov (visoke odpornostne lastnosti površine, zelo široka barvna paleta, mehak otip, posebni efekti). Uporabniki so tudi vse bolj okoljsko osveščeni in zahtevajo uporabo materialov in tehnologij, ki čim manj obremenjujejo okolje (Čermak, 2003).

Proizvajalci se vse pogosteje soočajo z vrsto različnih problemov, ki jih morajo hitro in učinkovito reševati (različne oblike površin, menjava posameznih vrst premaznih sredstev, stalno prilagajanje nanašalne in sušilne opreme idr.). Pri odločanju o izbiri ustreznega sistema površinske obdelave moramo:

- upoštevati lastnosti nosilnega materiala (les, lesne plošče, kovina idr.),
- upoštevati dejstvo, da je kakovost površinske obdelave neposredno odvisna od predhodne obdelave in priprave površine (skobljanje, brušenje, glajenje),

- poznati sestavo in lastnosti ter uporabo sredstev (sistemov) za površinsko obdelavo,
- obvladati nanašalne tehnike in nato v okviru lastnih tehnoloških ter ekonomskih zmožnosti, ob upoštevanju zahtev kupca, okoljevarstvenih predpisov in razvojnih trendov, izbrati optimalen sistem površinske obdelave.

Pri delu se moramo nenehno zavedati, da med nosilnim materialom, t.j. lesom in premaznim sredstvom, obstaja tesna medsebojna odvisnost (večinoma fizikalne in kemijske narave). Kakovostno bomo les obdelali le, če bomo poznali njegovo zgradbo, obnašanje pri uporabi, če bomo znali predvideti napake in poškodbe, ki se bodo pojavile pozneje, hkrati pa poznali tudi vse lastnosti premazov (kemijsko sestavo, pokrivnost ipd.). Naloga tehnologa je, da iz množice proizvodov izbere optimalno premazno sredstvo za posamezno vrsto lesa in lesnega tvoriva. Pri tem mora upoštevati njegovo kakovost in ceno, saj dekorativne, zaščitne in uporabne učinke obdelave želimo doseči z najmanjšo možno porabo materiala. Tehnološki proces površinske obdelave v grobem delimo na pripravljalna dela, ki jim sledijo faze nanašanja in sušenje izbranih premaznih sredstev ter morebitna dodatna obdelava že lakiranih površin. Vsaki fazi obdelave so prilagojena tudi vsa sodobna sredstva in materiali, zato pogosto govorimo o sistemu površinske obdelave (Čermak, 2003).

2.5 PREMAZNA SREDSTVA ZA ZAŠČITO LESA NA PROSTEM

V strokovnem gradivu najdemo različne razdelitve premazov za zaščito lesa pred vremenskimi pojavi. Tuja literatura tako za enaka premazna sredstva uporabljajo raznolike pojme, pogosto pa v slovenskem jeziku zanje nimamo neposrednega prevoda.

Pred abiotskim in biotskimi dejavniki razkroja lesa lahko površino lesa zaščitimo s premaznimi sredstvi, ki jim lahko dodamo fungicide in insekticide. Trg zajema široko ponudbo produktov kemijske industrije, bolj ali manj viskoznih ali pastoznih, brezbarvnih, transparentno obarvanih ali prekrivnih izdelkov.

Bulian in Graystone (2009) delita premaze za zaščito lesa v zunanji uporabi na:

- barve (paints),
- lake (varnishes),
- lazure (stains).

Na podlagi lahko ustvarimo moten oz. netransparenten film z barvnimi premazi. Le te se lahko uporablja na različnih podlagah, za nanos na les pa morajo imeti primerne lastnosti kot so npr. razteznost, adhezivnost ter permeabilnost. Te lastnosti pa so odvisne od načina končne uporabe.

Ker se ta klasifikacija delno pokriva s klasifikacijo, ki jo navaja Pečenko (1987), v nadaljevanju navajamo 4 tipe premaznih sredstev, ki so primerna za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi. Ta klasifikacija je nekoliko starejša, vendar pa pri nas najbolj uveljavljena in razumljena:

- sredstva za kemično zaščito lesa,
- lak emajli,
- lazure in
- laki.

2.5.1 Lak emajli

Lak emajli so (Feist, 1997) debeloslojna premazna zaščitna sredstva, ki popolnoma prekrijejo teksturo lesa in s tem tudi morebitne napake. Ker vsebujejo velike količine pigmentov, jih je na trgu možno dobiti v raznih barvnih odtenkih. Njihovi dobri lastnosti sta dobra vodoobojnost in nizka paroprepustnost, ki je obenem tudi njihova največja pomanjkljivost. Ko izdelke, premazane z lak emajli, izpostavimo vremenskimi vplivom, pride do erozije premaza in difuzije vlage skozi film v les. Prihaja do nabrekanja lesa in s tem do nastanka mikro razpok v filmu premaza. Vsa vlaga, ki se nabira v lesu, povzroča odstopanja in mehurjenje filma (Pečenko, 1987, cit. po Feist, 1997). Pred obnavljanjem je

potrebno predebele sloje lak emajla v celoti odstraniti s strganjem in segrevanjem (povzeto po Pečenko, 1987).

2.5.2 Laki

Premazom, ki tvorijo transparentne oz. pol-transparentne filme, strokovno pravimo laki. V slovenskem jeziku ne najdemo neposrednega prevoda za angleški izraz *varnish*.. Pod ta izraz spadajo premazi, ki se sušijo izključno s procesom oksidacije. Transparentne premaze, ki utrjujejo z izhlapevanjem topil, v slovenskem jeziku označujemo kot lake. V angleškem jeziku pa jih najdemo pod besedo *lacquers*. Lak emajli in laki so si med seboj zelo podobni in se uporabljajo, kadar želimo zadržati naravni izgled lesa. Laki ne vsebujejo pigmentov in zato niso odporni proti UV svetlobi, posledično jih ne uporabljamo za zaščito lesa v eksterierju. Pri uporabi v eksterierju je potrebno redno in dosledno vzdrževanje.

2.5.3 Lazure

Premazi oz. lazure so v angleškem jeziku znani kot *stains*. Ti premazi po navadi tvorijo zelo tanek film, ki ga zaradi globokega prodora v les skoraj ni mogoče izmeriti. Le ti premazi vsebujejo različna barvila, občasno pa tudi biocide in pigmente.

Lazure oz. premazi se uporabljajo za proizvode, ki so izpostavljeni zunanjim vremenskim vplivom kot na primer v proizvodnji stavbnega pohištva oz. največ pri proizvodnji oken in vrat. Uporabljajo se tudi zaščito lesnih konstrukcij, ograj ipd. (Vidergar, 2012).

Površine, premazane z lazurami, so lahko svetleče ali matirane. Na trgu dobimo lazure v različnih barvnih odtenkih, so pa za razliko od lak emajlov prozorne in ne zakrijejo teksture lesa in lesnih anomalij. Prednost lazur je, da jih je enostavno obnavljati, saj je običajno dovolj, da se postarana površina samo očisti ali opere, nato pa nanese en ali dva sloja iste lazure. Pomembna lastnost lazur je odbijanje tekoče vode, saj imajo izrazito vodoodbojno površino. Zato se najbolje obnesejo na vertikalnih površinah. Njihova značilnost je tudi permeabilnost, so torej dobro prepustne za vodno paro. Vlažnost lesa, premazanega z lazurami, veliko bolj niha kot pri neprepustnih ali malo prepustnih

premazih, vendar se vlaga v lesu ne akumulira. V zadnjih letih se je uporabnost lazur povečala zaradi enostavnega nanašanja in vzdrževanja.

Glede na vezivo in topilo ločimo več vrst lazur, in sicer:

- alkidne, ki so na osnovi organskih topil in
- akrilne, ki so na vodni osnovi.

Po Žepiču (1993) so sestavine alkidnih lazurnih premazov na osnovi organskih topil naslednje:

- Topilo: je hlapna komponenta premaza, ki zagotavlja ustrezno viskoznost in po nanosu izpari.
- Vezivo: povezuje vse nehlapne dodatke v film in uravnava želene lastnosti filma. Od vrste in deleža vezivnega sredstva so odvisne debelina filma, globina penetracije ter paroprepustnost premaza.
- Osnovni pigmenti: premazu dajo barvo in ščitijo les pred UV sevanjem.
- Sušila: pospešujejo oksidacijo in polimerizacijo alkidne smole.
- Snovi za dispergiranje: preprečujejo sedimentacijo pigmentov ter povečujejo stabilnost sistema.
- Matirna sredstva: uravnavajo sijaj.
- Hidrofobna sredstva: povečujejo vodoodbojnost utrjenega filma. To so različne voskaste emulzije.
- Biocidi: preprečujejo okužbo lesa z glivami modrivkami in plesnijo.

Vodne akrilne lazurne premaze so začeli praktično preizkušati v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja. Najprimernejše za uporabo so kopolimerne disperzije na osnovi estrov akrilne kisline brez mehčal.

Po Schmitz in Emmerich (povzeto po Gorenšek, 2007) so sestavine vodnih akrilnih lazurnih premazov sledeče:

- topilo: voda,
- vezivo: vodotopne akrilne disperzije,

- pigmenti: največkrat železovi oksidi,
- sredstva za matiranje,
- omakala,
- hidrofozna sredstva,
- regulator vrednosti pH – pufer,
- sredstva za zgoščevanje,
- konzervansi,
- sredstva proti penjenju in
- snovi za dispergiranje.

Pomembna delitev lazur je tudi delitev glede na debelino suhega filma. Nekatere lazure tvorijo na lesu zaprt, homogen sloj, druge pa v les penetrirajo. Tako Miller (1980) deli lazurne premaze na:

Impregnacijske lazure: prodirajo globoko v les in tudi po večkratnem nanosu tvorijo le do 10 µm debel film, ki ni popolnoma zaprt. Trajnost teh premazov je majhna, imajo pa visoko paroprepustnost. Poleg običajnih sestavin vsebujejo še sredstva, ki na površini preprečujejo rast plesni in ščitijo les pred glivami in insekti. Lahko služijo tudi kot temelj za nadaljnjo obdelavo.

Tankoslojne lazure: debelino suhega filma od 30 µm do 40 µm dosežemo po treh nanosih. Imajo manjšo paroprepustnost kot impregnacijske lazure. Trajnost teh premazov znaša od dveh do štirih let, po tem času je potrebna njihova obnova.

Debeloslojne lazure: trajnost teh premazov je od štirih do šest let, odvisno od pogojev, katerim so izpostavljeni. Debelina suhega filma po treh nanosih znaša od 60 µm do 75 µm. Premazi imajo zelo majhno paroprepustnost, zato moramo biti pred premazovanjem pozorni na vlažnost lesa, saj lahko visoka vlažnost povzroči mehurjenje in luščenje premaza.

Prekrivne lazure: popolnoma prekrijejo lesno teksturo in dajejo bolj svilnat videz. Z 1-kratnim nanosom dosežemo končno debelino suhega filma.

2.5.4 Novejša razdelitev premaznih sredstev za uporabo na prostem

Kot ugotavlja Pavlič (2010), proizvajalci pri poimenovanju premaznih sredstev vse pogosteje uporabljajo standard SIST EN 927-1:1997, ki premaze ali premazne sisteme za površinsko zaščito lesa v eksterieru razvršča po določenih lastnostih, in sicer glede na:

- kategorijo uporabe,
- videz,
- pogoje izpostavitve.

Znotraj posameznih kategorij uporabe, standard SIST EN 927-1:1997 loči:

- nestabilno področje (dilatacija podlage je dovoljena, npr. za zunanje fasadne prekrivajoče se lesene obloge, ograje, vrtno lope),
- srednje stabilno področje (dovoljena je majhna dilatacija podlage, npr. za zunanje fasadne lesene obloge na utor in pero, lesene hiše in lope, vrtno pohištvo ...),
- stabilno področje (dovoljena je le minimalna dilatacija podlage, npr. za stavbno pohištvo).

Po videzu standard premaze ali premazne sisteme za površinsko zaščito lesa v eksterieru razvršča glede na njihovo:

- slojnost (minimalno slojen: debelina suhega filma manj kot 5 μm , tankoslojen: debelina suhega filma od 5 μm do 20 μm , srednjeslojen: debelina suhega filma je več kot 20 μm in manjša ali enaka 60 μm , debeloslojen: debelina suhega filma je večja kot 60 μm),
- prekrivnost ali pokrivnost, tudi kritnost (prekriven ali pokriven, poltransparenten, transparenten),
- sijaj (mat: sijaj nižji od 10, polmat: sijaj višji od 10 in nižji ali enak 35, pol sijajen: sijaj višji od 35 in nižji ali enak 60, sijajen: sijaj višji od 60 in nižji ali enak 80,

visoko sijajen: sijaj višji od 80). Višja številka v primeru merjenja sijaja pomeni višji sijaj.

Pogoje izpostavitve standard definira glede na vremenske pogoje in izvedbo konstrukcije in tako loči blage, srednje težke in težke pogoje izpostavitve. Tako lahko po standardu SIST EN 927-1:1997 glede na različno kombinacijo razvrstitve dobimo kar 540 različnih kategorij premazov ali premaznih sistemov za površinsko zaščito lesa v eksterieru (Vidergar, 2012).

2.6 LASTNOSTI PREMAZOV

Premazi na lesu so neprestano izpostavljeni spreminjajoči se klimi, ki se ji morajo s svojimi fizikalnimi lastnostmi stalno prilagajati. Najpomembnejše lastnosti suhih premaznih filmov so:

- debelina suhega premaznega filma,
- oprijemnost oz. adhezija,
- prožnost oz. elastičnost,
- trdota premaznega sistema,
- odpornost proti udarcem,
- prepustnost za vlago in vodo.

2.6.1 Debelina suhega premaznega filma

Kvaliteta premaznega filma je odvisna od enakomernosti nanosa po celotni površini podlage. Najboljše lastnosti ima optimalen predpisan nanos filma, v kolikor pa je nanos pretanek, je lahko zaščita neustrezna. Pri predebelem nanosu filma pa se poveča poraba materiala in poveča krhkost in luščenje filmov od podlage.

2.6.2 Oprijemnost oz. adhezija

Interakcije med podlago in premazom imenujemo oprijemnost oz. adhezija. To je fizikalno-kemični pojav medsebojnega oprijemanja različnih snovi. Adhezija se kaže v procesih lepljenja in površinski obdelavi izdelkov, ki odraža trdnost lepilnih spojev in oprijem premazov na površine. Najpomembnejše pri oprijemljivosti je razmerje med kohezijskimi silami (sile v notranjosti filmov) ter adhezijskimi silami (sile med filmom in podlago). Z večanjem debeline filma se povečuje razmerje med kohezijskimi in adhezijskimi silami v filmu in podlagi.

2.6.3 Prožnost oz. elastičnost

Les je material, ki ob spremembi vlage ali temperature spremni svoje dimenzije. Zato je prožnost premazov za les zelo pomembna. Premazi, ki sledijo tem dilatacijam podlage, so po navadi trajnejši in obstojnejši. Pri normalni vgradnji in uporabi lesenih izdelkov te dilatacije niso tako velike, vendar pa morajo vsi ti premazi za eksterier prenesti visoka nihanja v temperaturi.

2.6.4 Trdota premaznega sistema

Trdota je fizikalen pojav in označuje odpornost nekega telesa proti prodiranju drugega tršega telesa v njegovo maso. Trdota je ena najpomembnejših lastnosti lakov, saj določa njihovo odpornost proti obrabi in proti razenju.

2.6.5 Odpornost proti udarcem

Za premaze, ki se uporabljajo na izdelkih, ki so posebno izpostavljeni obremenjujočim dejavnikom (talna obloga, pult, ipd.), je odpornost proti udarcem še posebno pomembna. Pri teh izdelkih je potrebna posebna pozornost pri izbiri zaščitnega sredstva oz premaza.

2.6.6 Prepustnost premazov

Trajnost premaza, še posebej lesa pod njim, je močno odvisna od paroprepustnosti utrjenega premaznega filma, s katerim je les površinsko obdelan. Negativna posledica premajhne prepustnosti je nastanek razpok in luščenje. Dejavniki, ki vplivajo na prepustnost premaza:

- **Vezivo:** kemijska in fizikalna zgradba veziva imata zelo velik vpliv na prepustnost. Polimerni materiali z nizko prepustnostjo vsebujejo molekule brez hidrofilnih substituentov. Podobno velja za polimere, ki vsebujejo majhne hidrofobne substituentne. Razlogi za majhno prepustnost so tudi urejenost strukture in odsotnost bolj polarnih skupin. Veliko prepustnost pa imajo nezamreženi in manj zamreženi polimerni materiali, pri katerih je segmentna mobilnost velika.
- **Stopnja pigmentacije:** vpliv pigmentov v pigmentiranem premazu je dokaj zapleten. Povečanje deleža pigmentov lahko prepustnost povečuje, zmanjšuje ali pa ostane konstantna. Nad kritičnim deležem volumske koncentracije pigmentov se prepustnost za vlago poveča. Med delci pigmenta je prazen prostor in premaz postane porozen. Pomembna je tudi geometrija pigmentnih delcev, stopnja dispergiraniosti ter interakcije med vezivom, pigmentom in vodo.
- **Debelina filma:** tankoslojni premazi so precej bolj prepustni kot debeloslojni in prekrivni premazi.
- **Predhodna impregnacija:** impregnacija lesa lahko vpliva tudi na prepustnost premaza za vlago. Tako npr. zaščitna sredstva za les na osnovi bora vplivajo na sistem les-premaz tako, da povečajo njegovo prepustnost (Ostruh, 2001; Tominšek, 2001).

2.6.7 Vpliv staranja na lastnosti premazov

Staranje je proces med življenjsko dobo premaza in močno vpliva na lastnosti premaza. Številni raziskovalci pišejo o porastu stopnje zamreženja polimera zaradi staranja veziv premazov (Ljuljka, 1990).

Veliko avtorjev je zaznalo tudi začasno rast prepustnosti vlage po nekaj sto urah umetnega pospešenega staranja, kar pripisujejo učinku plastificiranja veziva zaradi absorbirane vode. Pomembnejši problem, povezan s kvaliteto eksteriernih premazov, je pojav razpok po določenem času zaradi slabše prožnosti premaza. Prepustnost premaza proti vodni pari narašča z naraščanjem stopnje pokanja premaza. Vplivi pokanja in luščenja lahko bistveno presegajo znižanje prepustnosti za vlago, ki so posledica sprememb v vezivu premaza.

2.7 TEMPERATURA STEKLASTEGA PREHODA

Velika večina veziv pri zaščiti površine lesa je polimernih in so kristalične ali amforne snovi. To je velikega pomena pri utrjevanju filma laka in nastalih napetosti v filmu, posledično pa le to vpliva na mehanske lastnosti filma. Temperatura steklastega prehoda (T_g) je točka, ki v praksi zavzema ozko področje, saj sprememba viskoznosti in drugih lastnosti ni skokovita. Prehod v steklasto stanje pri nižanju temperature je transformacija gibljive tekočine v negibljivo. Če tekočino hladimo, se njena viskoznost večja, energija termičnega gibanja pa se manjša, kar omogoča spremembo stanja v obliko, v kateri je gibljivost gradnikov zelo omejena. Lahko pa se tudi zgodi, da se viskoznost toliko poveča, da odgovarja viskoznosti trdne snovi. Snov prestopi v steklasto stanje, v katerem deli molekul nimajo več sposobnosti za gibanje, vendar še ne kristalizira. Temperatura pri kateri material doseže to viskoznost, je temperatura steklastega prehoda (Ljuljka, 1990).

V kolikor je T_g nižja od temperature, pri kateri premaz uporabljamo, je posledično premaz mehkejši, bolj prožen in lahko absorbira več vlage. Kadar pa je vrednost T_g nad temperaturo uporabe, je premaz bolj trd, obenem pa tudi bolj krhek, sposobnost absorpcije vlage pa je manjša (Zorll, 2000).

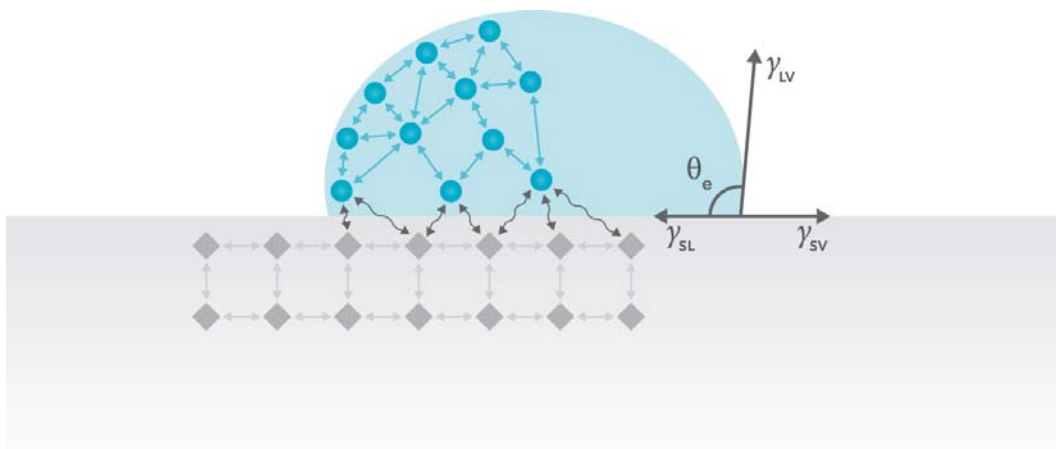
Če je vrednost T_g premaza pod temperaturo, pri kateri premaz uporabljamo, je premaz mehkejši, bolj prožen in ima povečano zmožnost absorpcije vlage (Zorll, 2000).

Temperatura steklastega prehoda premaza je odvisna od sestavin premaza in od načina utrjevanja. Običajno je ta temperatura med 10 °C in 125 °C. Ob izpostavljenosti zunanjim vremenskim vplivom in ob staranju alkidnih premazov prihaja do zamreženosti makromolekul, ob tem premaz izgublja prožnost in je vse bolj krhek. Vrednost temperature

steklastega prehoda pa mu naraste od 0 °C pa do 50 °C. Torej v zimskem času pri nizkih temperaturah premaz lahko popoka in se lušči od podlage zaradi gibanja lesa. Akrilni premazi pa s staranjem zmanjšajo zamreženost in temperaturo steklastega prehoda spremenijo od 5 °C do 10 °C, zato imajo boljše lastnosti pri nižjih temperaturah (Gorenšek, 2007, cit. po Jaić, 2000).

2.8 PROSTA POVRŠINSKA ENERGIJA

Omočljivost površine je pomembna v procesih, kot so lakiranje in tiskanje, ter se uporablja tudi v raziskavah biometričnih interakcij. Omočljivost površine proučujemo z merjenjem kontaktnih kotov znanih tekočin. Iz podatkov o kontaktnih kotih različnih tekočin nato lahko izračunamo prosto površinsko energijo po enem od modelov, ki so na voljo. Kontaktni kot tekočine na podlagi odraža intermolekularne interakcije med tekočino in površino (slika 1), prosta površinska energije trdne podlage pa karakteristično lastnost površine, katere vzroki so enaki kot pri površinski napetosti tekočine.



Slika 1: Prikaz kontaktnega kota in intermolekularnih interakcij v kapljevini, trdni snovi in na stiku med kapljevino in podlago (<http://www.biolinscientific.com/application/surface-free-energy-measurement/>).

3 MATERIALI IN METODE

Za predvidene rezultate smo potrebovali proste tvorjene filme brez podlage, kar je predstavljalo težavo, saj smo morali preprečiti preveliko adhezijo med utrjenim filmom in podlago.

Potek preskušanja smo razdelili na dva dela. V prvem delu smo preskušali različne materiale, na katerih smo tvorili filme, ki smo jih nato poskušali odstraniti s podlag brez poškodb. Preskusili smo naslednje materiale: ALU folija, papir za peko, polietilenska folija (PET), steklo, lepilni trak s polietilenskim filmom, teflonski trak, polipropilenska plošča in teflonska plošča. Za preskušanje na omenjenih materialih smo uporabili premaze s komercialnimi imeni Biotan, Beltop, Aqua Nanolack in Heliocel univerzalni lak.

V drugem delu smo proučili natezno trdnost prostih filmov in pri tem skušali optimirati parametre preskušanja.

Preskušali smo naslednje premaze:

1. Biotan - akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 - bor,
2. Biotan - akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 1 - brezbarvna,
3. Biotan - akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 99 - bela,
4. Beltop UV plus, niansa 2 - bor,
5. Beltop UV plus, niansa 1 - brezbarvna,
6. Beltop UV plus, niansa 99 - bela,
7. Tessarol emajl, niansa 1 - bela,
8. 416262 Heliocel univerzalni lak 30,
9. Aqua Nanolack NT 100 - lak za parket,
10. Končni lak UV 1178-0005.

Tvorjene utrjene filme smo nato odstranili s podlage, jih razrezali v preskušance in jih nato preskusili z napravo Zwick Roell Z005. Rezultate smo vnesli v preglednice in izračunali natezno trdnost premazov.

3.1 NANOS PREMAZOV IN TVORJENJE PROSTIH FILMOV

Kot že omenjeno, smo za izvedbo raziskave morali poiskati ustrezno podlago za nanos in nato odstranitev tvorjenih filmov premazov, kar pa je bil precejšen izziv. Preskusili smo več različnih podlag, ki so pokazale presenetljive rezultate, saj so podlage, za katere smo predpostavili, da bo z njih odstranjevanje potekalo najbolj enostavno, pokazale ravno nasprotno. Premaze, ki so navedeni v prejšnjem poglavju in natančneje opisani v nadaljevanju, smo na podlage nanесли po naslednjem postopku:

Na teflonsko ploščo dimenzije 600 mm × 600 mm in polipropilensko ploščo dimenzije 600 mm × 800 mm smo z ročnim nanašalcem skozi režo 240 µm nanašali predhodno pripravljene in premešane premaze pri temperaturi 20 °C. Za vsak premaz smo naredili po 2 premazna filma po vsej dolžini nanašalne podlage 600 mm in širini 50 mm. Filme smo nato sušili 14 dni na 20 °C in relativni zračni vlažnosti 60 %. Izjema je bil končni lak UV 1178-0005, ki smo ga utrdili po nanosu z dvema prehodom skozi laboratorijski UV utrjevalec, ga nato takoj odstranili s podlage in naknadno še izmenično na vsaki strani premaza utrdili z dvojnim prehodom skozi laboratorijski UV utrjevalec.

3.2 OPIS UPORABLJENIH PREMAZNIH SREDSTEV

3.2.1 Biotan - Akrilna lak lazura z UV zaščito

- **Niansa:** brezbarvna (1), bela (99), bor (2)
 - **Opis:** je debeloslojna lazura in zagotavlja odlično zaščito pred soncem in vremenskimi vplivi. Primerna je za končno, dolgotrajnejšo zaščito. UV absorberji na prostem ščitijo premaz pred delovanjem UV žarkov, v notranjih prostorih pa preprečujejo temnenje lesa. Vsebuje voske, ki preprečujejo prodiranje vode v les.
 - **Področja uporabe:** primeren je za vse vrste lesa zunaj in znotraj stavb, še posebej za dimenzijsko stabilen les, kot so okna in vrata.
 - **Sestava:** akrilne smole, UV absorberji, aditivi in voda
- (Slovenijales trgovina, 2016)

3.2.2 Beltop UV plus

- **Niansa:** bor (2), bela (99), brezbarvni (1)
- **Opis:** je zelo obstojna debeloslojna lazura, ki vsebuje UV absorberje ter lovilce prostih radikalov. Namenjena je zaščiti lesa v najzahtevnejših vremenskih pogojih.
- **Področja uporabe:** primeren je za vse vrste lesa zunaj in znotraj stavb, še posebej za dimenzijsko stabilen les, kot so okna in vrata.
- **Sestava:** alkidne smole, UV filtri, svetlobno in vremensko obstojni pigmenti, UV absorberji, lovilci prostih radikalov, voski in nearomatska topila.

(Belinka, 2016)

3.2.3 Tessarol emajl

- **Niansa:** bela (1)
- **Opis:** Tessarol emajl je pokrivna barva za barvanje lesenih in kovinskih podlag v notranjih prostorih in na prostem.
- **Področja uporabe:** za kakovostno zaščito in dekoracijo kovinskih in tudi lesenih površin, kot so okna, vrata, okovje, lesene obloge, ograje, konstrukcije, preprosto pohištvo v notranjih prostorih in na prostem.
- **Sestava:** alkidno vezivo, topilo, pigment, antikorozijski pigment.

(Helios Tessarol varnostni list, 2014)

3.2.4 416262 Heliocel univerzalni lak 30

- **Niansa:** brezbarvni premaz
- **Opis:** enokomponentno premazno sredstvo.
- **Področja uporabe:** namenjen je za temeljni in končni nanos pri površinski obdelavi masivnega ali furniranega pohištva in drugih lesenih elementov, ki niso izpostavljeni vremenskim vplivom in vodi.
- **Sestava:** nitroceluloza, alkidne smole, organska topila.

(Helios d.o.o. 2014b. Tessarol - varnostni list)

3.2.5 Aqua Nanolack NT 100

- **Niansa:** brezbarvni
 - **Opis:** dvokomponentni lak za parket na vodni osnovi. Izdelan je po nano tehnologiji, namenjen zelo visokim obremenitvam in naj bi izkazoval ekstremno visoko odpornost proti razenju in obrabi. Dosega odlično kemijsko odpornost in se zelo enostavno čisti.
 - **Področja uporabe:** samo za notranjo uporabo, za lakiranje močno obremenjenih lesenih tal in parketa.
 - **Način uporabe:** razmerje mešanja obeh komponent mora biti 10:1.
 - **Sestava:** organska topila in veziva.
- (Murexin, 2014)

3.2.6 Končni lak UV 1178-0005, Salchi

- **Niansa:** brezbarvni
- **Opis:** brezbarvni akrilni UV utrjujoči lak.
- **Področja uporabe:** za individualno izdelavo sobnega in pisarniškega pohištva najvišje kakovosti s površinsko obdelavo na visoki sijaj.
- **Sestava:** vsebuje akrilni ester polietertpoliolne smole in še: 1-metoksi-2-propanol, n-butil acetat, ksilen, benzofenon, toluen, izobutil acetat, 2,2-bis(akrilmetil)butil acetat.

3.3 METODE PRESKUŠANJA

3.3.1 Priprava vzorcev za določanje natezne trdnosti

Na osnovi rezultatov poskusov iz prvega dela naloge smo se odločili, da bomo proste filme pripravili na teflonskih in/ali polipropilenskih ploščah, odvisno od vrste laka. Teflonske plošče (slika 2) so bile velike 600 mm × 600 mm, polipropilenske pa 800 mm × 600 mm. Nato smo tekoče premaze na plošče nanесли z ročnim nanašalcem skozi režo 240 μm.

Dolžina tekočega filma je bila približno 600 mm, širina pa 50 mm. Nazivna debelina mokrega filma je znašala 240 μm, kakršna je bila debelina reže na nanašalcu. Za vsak

premaz smo nanесли po dve sledi dolžine 600 mm in širine 50 mm, saj smo za nadaljnje preskušanje potrebovali po 10 prostih filmov vsakega premaza.

Sušenje filmov je potekalo 14 dni na zraku v laboratoriju pri temperaturi 14 dni na 20 °C in 60 % relativni zračni vlažnosti.



Slika 2: Premazi na teflonski plošči.

Odstranjevanje tvorjenih in osušenih filmov smo izvedli 14 dni po nanašanju. Za pomoč pri odstranjevanju smo uporabili strgalo in rezilo tapetniškega noža (slika 10). Dobljene proste filme smo zlagali na papir za peko in s tem preprečili njihovo sprijemanje.

Pred nadaljnjim preskušanjem smo morali filme razrezati na preskušance enake velikosti. Pri tem smo pazili, da ni prišlo do poškodb filmov. Filme smo razrezali v preskušance velikosti 70 mm × 10 mm. Razrez smo izvedli s tapetniškim nožem s pomočjo pritisne letve. Za vsako vrsto premaza smo izdelali po 10 preskušancev.

3.3.2 Debeline filmov

Vsakemu preskušancu smo izmerili debelino s pomočjo mikrometra (preglednica 1).

Preglednica 1: Izmerjene debeline vzorcev.

VZOREC	POVPREČNA DEBELINA VZORCA
BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 - Bor	50 μm
BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 1 - brezbarvna	60 μm
BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 99 - bela	50 μm
Beltop UV plus, niansa 2 - bor	70 μm
Beltop UV plus, niansa 1 - brezbarvna	70 μm
Beltop UV plus, niansa 99 - bela	60 μm
TESSAROL emajl, niansa 1 - bela	60 μm
Aqua Nanolack NT 100 - lak za parket	50 μm
Lak končni UV 1178-0005.	170 μm

3.3.3 Določanje natezne trdnosti

Določanje natezne trdnosti poteka na napravah, ki s konstantno hitrostjo pomika enosmerno povečujejo silo, s katero obremenjujejo preskušanece do točke porušitve. Preskušancu pred vpetjem v napravo določimo površino preseka, saj jo potrebujemo za nadaljnje izračune (Skupek, 2013). Merimo čas trajanja preskusa ter odčitamo največjo silo pred porušitvijo. Meritve smo izvedli z napravo Zwick Roell Z005 (slika 3).



Slika 3: Naprava Zwick Roell Z005.

Natezne trdnosti premazov Biotan, Beltop in 416262 Heliocel univerzalni, smo določali pri hitrosti raztezanja 15 mm/min. Vzorca Aqua Nanolack NT 100 in Končni lak UV 1178-0005 smo preskušali s hitrostjo raztezanja 3 mm/min. Pred vpetjem smo na vsakem vzorcu izmerili debelino filma. Vzorce dimenzij 70 mm × 10 mm smo z lepilnim trakom na vsak konec vpeli med dva lista furnirja. Širina lepljenega spoja je bila 10 mm na vsaki strani, torej je ostalo 50 mm prostega vzorca. Vse skupaj smo vpeli v vpenjalne čeljusti naprave in začeli s preskušanjem.

3.3.4 Tehnike mehanskega preskušanja

Napetostno-deformacijsko preskušanje natezne napetosti je zelo priljubljeno in pogosto uporabljeno mehansko preskušanje polimernih filmov. Preskus natezne napetosti je praktičen in analiziranje je relativno enostavno. Preskus natezne napetosti nam pokaže ne samo elastičnosti in trdnosti filma ampak tudi žilavost filmov.

Ocene mehanskih lastnosti prostih filmov lahko nakazujejo temeljne lastnosti utrjenih premazov na realnih podlagah.

Vzorec filma se pod določeno obremenitvijo razteza, kar definiramo kot deformacijo. To lahko izračunamo tako, da deformacijo filma delimo s prvotnimi dimenzijami vzorca. Deformacija je običajno izražena v odstotkih kot raztezek in je zapisana kot:

$$s = \frac{\Delta l \text{ (mm)}}{l \text{ (mm)}} \times 100 \text{ (\%)}$$

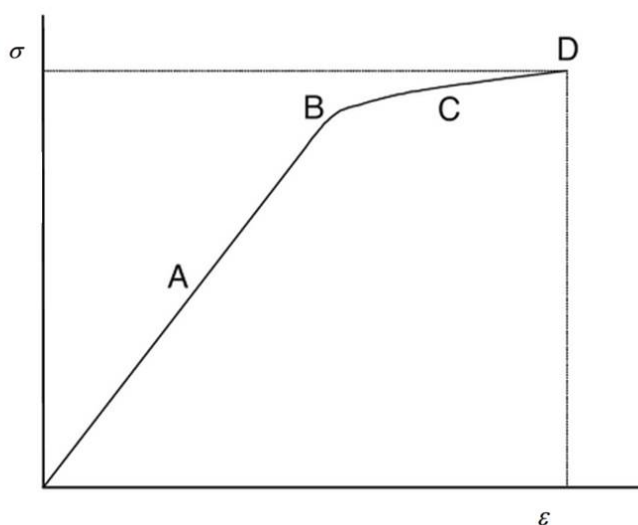
□ - relativni linearni raztezek pri maksimalni sili

Δl - dolžina filma pri maksimalni sili (med raztezanjem)

l - začetna dolžina filma pred testiranjem

Relativni linearni raztezek filma se na splošno povečuje s povečanjem deleža mehčala v premazu.

Na sliki 4 je prikazana napetostna deformacijska krivulja prostega filma. A predstavlja območje elastične deformacije, kjer je napetost sorazmerna z deformacijo, B predstavlja mejo plastičnosti, C je območje plastične deformacije, kjer se polimerne verige orientirajo, in D je točka preloma, kjer se film pretrga (Felton in sod. 2008).



σ - napetost

ε - specifična deformacija

A - elastična deformacija

B - meja plastičnosti

C - plastična deformacija

D - porušitev

Slika 4: Napetostno deformacijska krivulja.

Natezna trdnost je maksimalna napetost v trenutku, ko se film pretrga (točka D na sliki 4). Natezno trdnost lahko izračunamo:

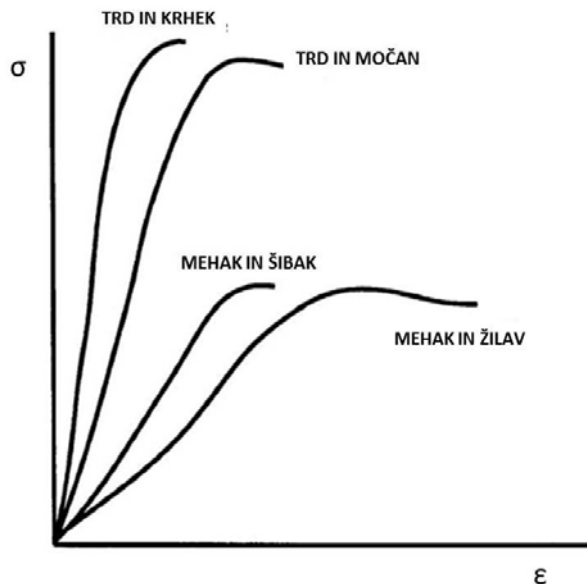
$$\sigma = \frac{F(N)}{A(\text{š x d})(\text{m}^2)} (\text{MPa})$$

σ - napetost (Pa)

F - maksimalna sila pri raztezanju (N)

A - presek preskušanca (prostega filma) (m^2)

Vsi polimeri se ne obnašajo na enak način. Glede na mehanski odziv polimera lahko napetostno deformacijsko krivuljo opredelimo z elastičnostjo, natezno trdnostjo in z raztežkom filma na točki porušitve/preloma. Nekaj primerov je predstavljenih na sliki 5. Trdi in krhki filmi kažejo visoko natezno trdnost in Youngov modul elastičnosti z majhnim raztežkom. V nasprotju s tem pa bo imel mehak in močan film nizko natezno trdnost, obenem pa večji raztezek in večjo žilavost (Felton in sod., 2008).



Slika 5: Značilne napetostno-deformacijske krivulje materialov z različnimi mehanskimi lastnostmi (Felton in sod., 2008).

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 USTREZNOST UPORABLJENIH PODLAG

Podlage, med katerimi smo iskali najbolj primerne, so bile steklo, papir za peko, aluminijasta folija, lepilni trak s polietilenskim filmom, teflonski trak, polipropilenska plošča, teflonska plošča ter polietilenska (PET) folija.

Ugotovili smo naslednje:

Podlaga 1: ALU folija

- nanos je težaven, saj se ob nanašanju premaza z nanašalcem folija trga,
- utrjenih filmov nismo mogli odstraniti, ker so bili močno zlepljeni s folijo.

Podlaga 2: Papir za peko

- takoj po nanosu se je papir zgubal,
- filme smo odstranili zadovoljivo, vendar je bila težava v zgubanosti podlage,
- filmi niso imeli enakomerne debeline, dobljeni vzorci so bili premajhni za nadaljnja preskušanja.

Podlaga 3: polietilenska (PET) folija (polietilen)

- nanos je enostaven,
- po utrjevanju so bili filmi trdi in krhki ter popolnoma sprijeti s podlago,
- filmov ni bilo mogoče odstraniti, delno smo bili uspešni le pri filmu vodnega laka Aqua Nanolack NT 100 – lak za parket.

Podlaga 4: Steklo (slika 6)

- enostaven in lep nanos,
- utrjenih filmov ni bilo možno odstraniti, filmi so trdi in krhki.



Slika 6: Filmi na stekleni podlagi.

Podlaga 5: Lepilni trak s polietilenskim filmom (slika 7)

- nanos je enostaven,
- utrjen film je bil popolnoma sprijet z podlago, odstranjevanje je bilo nemogoče.



Slika 7: Preskušanje podlage – lepilni trak s polietilenskim filmom

Podlaga 6: Teflonski trak

- stekleno ploščo smo povili s teflonskim trakom in ustvarili ploskev iz teflona, na katero smo nanесли premaze. Nanos so ovirali prekrivni spoji med pasovi trakov, vendar bi bila končna velikost filma med spoji trakov dovolj velika za nadaljnje preskušanje. Aqua Nanolack NT100 – lak za parket je bilo na površino nemogoče nanesti,
- odstranjevanje ni bilo mogoče, saj so se premazi sprijeli s površino traku.

Slika 8 prikazuje preskušanje podlage, ustvarjene s pomočjo teflonskega traku. Pod številko 1 je označen 416262 Heliocel univerzalni lak 30. Pod številko 2 je označen Biotan - akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 – bor. Pod številko 3 je označen Aqua Nanolack NT100 –lak za parket.

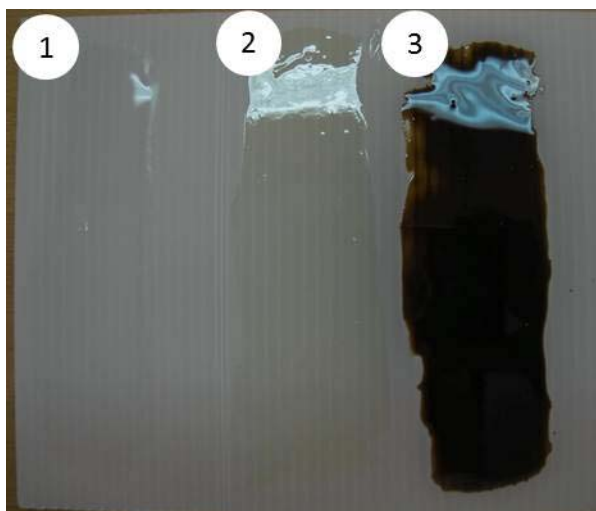


Slika 8: Preskušanje podlage – teflonski trak

Podlaga 7: Polipropilenska plošča

- kakovost nanosa je bila odvisna od vrste premaza, premaz Aqua Nanolack NT100 – lak za parket se nanaša lepo brez prelivanja v luže, premaz 416262 Heliocel univerzalni lak 30 in Biotan - akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 – bor se takoj po nanosu pričneta krčiti.
- odstranjevanje utrjenih filmov je bilo različno od vrste premaza: Aqua Nanolack NT100 –lak za parket se odstranjuje lepo brez trganja. 416262 Heliocel univerzalni lak 30 je trd in krhek, zato ni primeren za nadaljnja testiranja.

Slika 9 prikazuje preskušanje polipropilenske plošče za podlago, in sicer s premazi, kot označeno: 1 - Aqua Nanolack NT100 – lak za parket, 2 - 416262 Heliocel univerzalni lak 30 in 3 - Biotan - akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 – bor.



Slika 9: Preskušanje podlage za pripravo prostih filmov premazov.

Podlaga 8: Teflonska plošča

- nanos premazov Biotana, Beltopa in Tessarola je bil enostaven, pri premazih Aqua Nanolack NT100 – lak za parket, 416262 Heliocel univerzalni lak 30 in končni lak UV 1178-0005 se je premaz skrčil v med seboj nepovezana področja, kar je bilo za izdelavo vzorcev in nadaljnja preskušanja nemogoče.
- premaz Aqua Nanolack NT100 – lak za parket po utrditvi odstopi sam od sebe in se zvije v zvitke kar je bilo za izdelavo vzorcev in nadaljnja preskušanja nemogoče. Preostale premaze smo odstranili brez težav.

Sklenemo lahko, da se filmi najboljše tvorijo in odstranjujejo s teflonskih in polipropilenskih plošč, kar je za posamezne premaze opisano v nadaljevanju.

Premaz lak lazura Biotan smo na teflonske plošče nanесли tekoče, enakomerno in brez prekinjanja. Po nekaj minutah so se na robovih filma pojavile »zareze« v dolžini približno 3 mm do 5 mm. Film se je med utrjevanjem krčil. Zlahka smo ga odstranili z rezilom tapetniškega noža (Slika 10). Dobili smo primerne in nepoškodovane preskušance za nadaljnje eksperimente.



Slika 10: Odstranjevanje suhih filmov z rezilom tapetniškega noža.

Nanos premazov Belinka na teflonske plošče je bil prav tako neproblematičen. Po nekaj minutah so se na robovih pojavile »zareze«, enake kot pri lazurah Biotan, vendar v daljših razdaljah. Tudi tu ni bilo težav z odstranjevanjem s tapetniškim nožem, priprava ustreznih preskušancev z razrezom pa je bila zaradi lepljivosti filmov težavna, zato je bil postopek razreza dolgotrajen.

Pri nanosu emajla Helios na teflonske plošče se je tvoril enoten moker film, ki smo ga po utrditvi zlahka odstranili in nato pripravili preskušance, vendar pri razrezu z enakimi težavami, kot je opisano pri premazih iz podjetja Belinka.

Nanos univerzalnega laka Heliocel (Slika 11) na teflonske plošče je bil težaven, saj se je lak združeval v med seboj nepovezana področja, iz katerih ni bilo mogoče izdelati preskusnih vzorcev. Po drugi strani pa nanos tega laka na polipropilenske plošče ni povzročal težav. Tvoril se je enoten film brez napak, vendar pa je bil film trd in krhek in zato neprimeren za nadaljnja preskušanja. Premaz Heliocel je bil neprimeren za nadaljnja preskušanja, saj nismo mogli tvoriti vzorcev za preskušanja.



Slika 11: Odstranjevanje Heliocel univerzalnega laka iz polipropilenske plošče.

Nanos Aqua Nanolack NT 100 na teflonske plošče je bil enakomeren, vendar se je po nekaj minutah utrjevanja skrčil v majhna nepovezana področja, iz katerih ni bilo mogoče izdelati ustreznih preskusnih vzorcev. Nanos na polipropilenske plošče je bil enakomeren in enostaven. Tvoril se je enoten film. Tudi odstranjevanje s polipropilenskih plošč je bilo zelo enostavno in dobili smo primeren film za nadaljnja preskušanja.

Vzorci Aqua Nanolack NT 100 in UV končnega premaza so se pri razrezu trgali in pokali. Postopek je zahteval veliko mero vztrajnosti in potrpežljivosti.

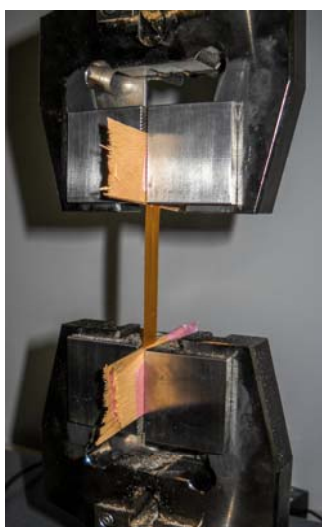
Nanos končnega laka UV 1178-0005 na teflonsko ploščo je bil težaven, saj se je tvoril neenoten film. Film se je skrčil v nepovezane »madeže«, iz katerih ni bilo mogoče izdelati preskusnih vzorcev. Nanos na polipropilensko ploščo je bil enakomeren. Tvoril se je enoten film. Film smo v tem primeru utrdili z UV svetlobo. V laboratorijskem UV utrjevalniku, smo ga po dveh prehodih s pomočjo strgala odstranili iz podlage in nato še dodatno utrdili z 2-kratnim prehodom na vsaki strani filma skozi UV laboratorijski utrjevalnik. Pri razrezu filma se je film trgal in pokal. Pomagali smo si s pritisko letvijo.

4.2 DEBELINA FILMOV

V preglednici 1 so v poglavju Materiali in metode (3.3.1) prikazane povprečne debeline filmov premazov, iz katerih lahko razberemo, da je imel v povprečju vodni lak Aqua Nanolack NT 100 (preglednica 1) najtanjši film, verjetno zaradi najmanjšega deleža suhe snovi. UV končni premaz je tvoril najdebelejši film. Debelina lazurnih premazov pa se gibala med 50 μm do 70 μm .

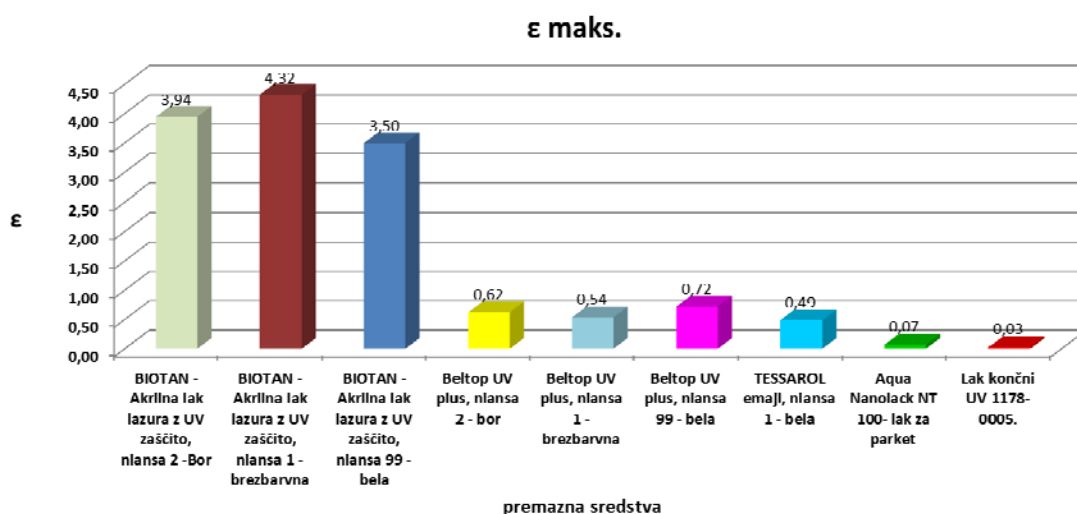
4.3 REZULTATI NATEZNIH PRESKUSOV

Osnovni podatki nateznih preskusov so časi in sile, s katerimi je med preskusom obremenjen film premaza (slika 12). Na osnovi teh podatkov smo pripravili krivulje napetost/deformacija in izračunali natezne trdnosti ter relativne linearne raztezke ob pretrgu.



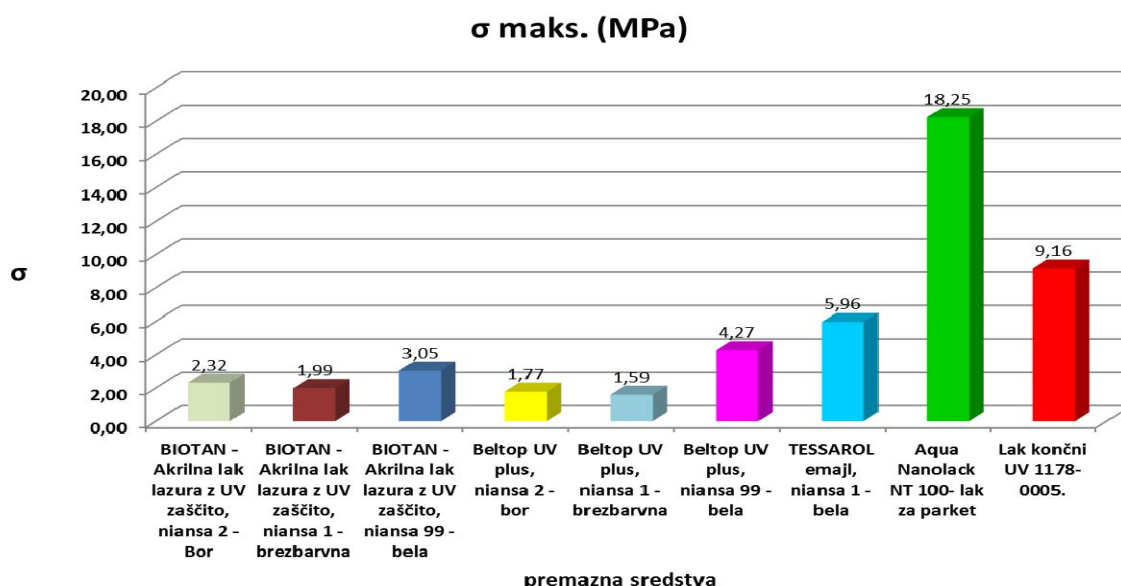
Slika 12: Raztezanje filma na trgalnem stroju Zwick Roell Z005.

Na sliki 13 so prikazani maksimalni relativni linearni raztezki pri maksimalni sili, to je ob pretrganju filma. Vidimo lahko razlike med premazi za eksterier in interier, prav tako pa je velika razlika med premazi Biotan in Belinka Beltop, ki so namenjeni za eksterier. Vzroki za tako razliko med tema dvema premazoma so verjetno v sestavi. Biotan je premaz na osnovi vode, medtem ko je Belinka Beltop na osnovi organskih topil. Znano je, da so premazi na vodni osnovi prožnejši od premazov na organskih osnovah.



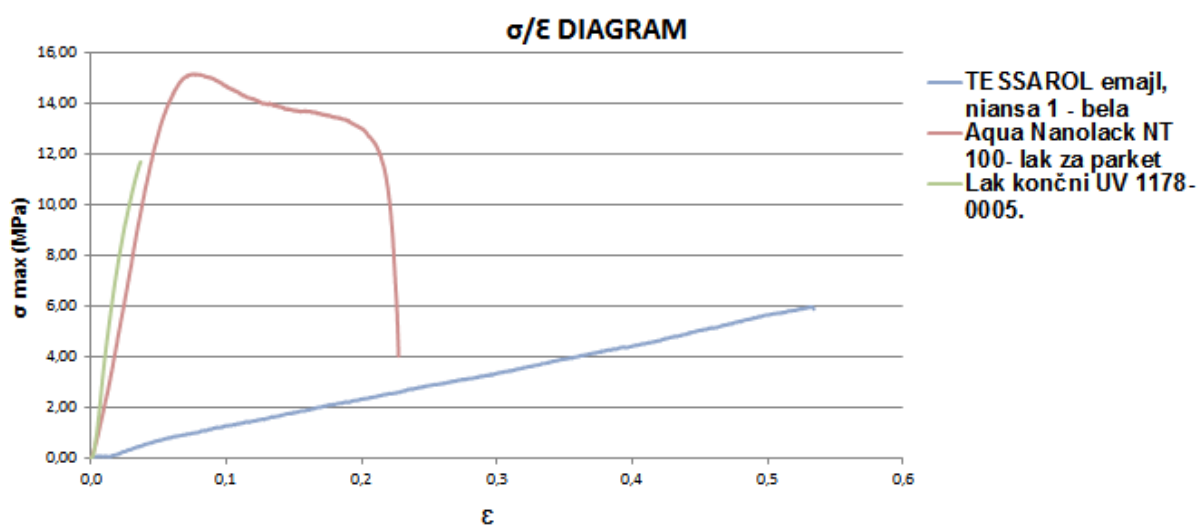
Slika 13: Maksimalni relativni linearni raztezki premazov ob pretrganju filma.

Iz slike 14 je razvidno, da najvišjo vrednost natezne trdnosti izkazuje lak Aqua Nanolack NT 100. To je bilo pričakovano, saj premaz vsebuje nano delce. Razlika med vzorci Biotan in Beltop je minimalna kljub različnim topilom. Zanimivo pa je, da ima prav premaz bele barve pri obeh proizvajalcih najvišje vrednosti. To je verjetno zaradi vpliva pigmentov v premazih. Končni lak UV 1178-0005 Salchi je namenjen uporabi v interieru in tudi izkazuje visoko vrednost natezne trdnosti. Na splošno lahko ugotovimo, da imajo premazi za interier večje vrednosti natezne trdnosti od premazov za eksterier.



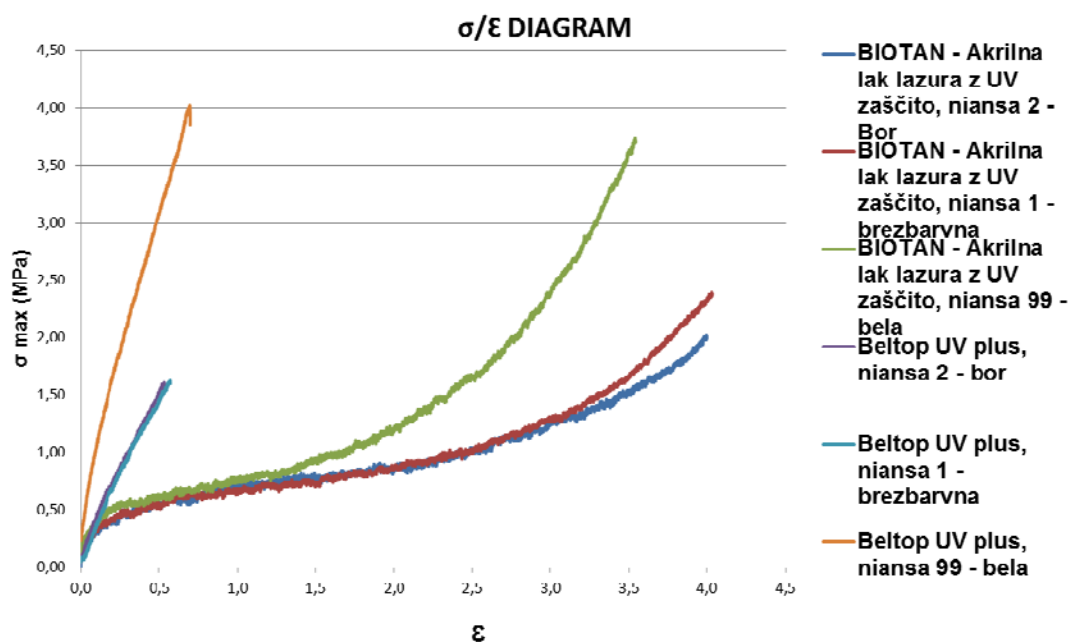
Slika 14: Natezna trdnost prostih filmov premazov.

Na sliki 15 z grafi σ/ϵ vidimo, da se vsi trije premazi, ki so namenjeni uporabi v notranjih prostorih, po mehanskih lastnostih med seboj kar precej razlikujejo. Premaza končni lak UV in Tessarol emajl vse do pretrga izkazujeta samo elastično deformacijo, vendar je UV lak bistveno bolj tog. To je najverjetneje posledica zamreženja, do katerega pride med UV utrjevanjem. Po drugi strani pa je značilnost premaza Aqua Nanolack NT 100 zelo velika plastična deformacija, preden pride do pretrganja.



Slika 15: Krivulje σ/ϵ za premaze, ki so namenjeni uporabi v interieru.

Slika 16 prikazuje, kako se natezna napetost povečuje z naraščanjem relativnega raztezka, kar velja za vse preskusne premaze za eksterier. Tudi tu je vidna razlika med premazi Belinka in premazi Biotan premazi.

Slika 16: Krivulje σ/ϵ za premaze, ki so namenjeni uporabi v eksterieru.

4.4 SKLEPI

Za pripravo prostih filmov premazov za določanje njihove natezne trdnosti sta se kot najboljši podlagi izkazala polipropilenska in teflonska plošča, odvisno od vrste testiranega premaza.

Kljub nanosu enakih debelin mokrih filmov so se pokazale razlike v debelini suhih filmov, kar kaže na različne deleže hlapnih snovi v testiranih premazih.

Vsi proizvajalci stremijo k temu, da bi naredili prožen, a hkrati tudi trden premaz. Vendar se je pri premazih za interier izkazalo, da je njihova natezna trdnost dokaj velika, prožnost pa dokaj slaba. Lahko rečemo, da so bili testirani premazi za interier togi. Pri premazih za eksterier pa je ravno obratno. Pri nateznih preskusih so izkazali visoke vrednosti relativnih linearnih raztezkov, a nižje vrednosti natezne trdnosti. Za najbolj raztezen premazni sistem se je izkazala Biotan akrilna lak lazura na vodni osnovi.

5 VIRI

Belinka, 2016. Beltop uv plus. Tehnična informacija

<http://www.belinka.com/sl/izdelki/beltop-uv-plus/> (dec. 2016)

Bulian F., Graystone J. 2009. Wood Coatings: Theory and Practice. Amsterdam, Elsevier B.V.: 320 str.

Biolinscientific. 2016. Contact Angle Measurement

<http://www.biolinscientific.com/application/surface-free-energy-measurement>

(17. jan. 2016)

Čermak M. 2003 Lepila in materiali za površinsko obdelavo in zaščito lesa. Ljubljana, Lesarska založba

<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/ucbeniki/lepilainmaterializapovrsinskoobdelavo.pdf>

(21. feb. 2014)

Feist WC. 1997. The challenges of Selecting Finishes for Exterior Wood. Forest Product Journal, 47, 5: 16-20

Felton A.L., McGinity J.W. 2008. Aqueous Polymeric Coatings for Pharmaceutical Dosage Forms. Third Edition, CRC Press: 512 str.

https://books.google.si/books?id=39n5iz5YwVEC&dq=film+coat*+mechanical+properties+pigments&lr=&hl=sl&source=gbs_navlinks_s

(17. jan. 2016)

Gorenšek M. 2007. Lastnosti prostih utrjenih filmov premazov za les. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 44 str.

Helios d.o.o. 2014b. Tessarol - varnostni list.

http://www.soncne-barve.si/hazox4/0-TESEM3_SLOVE.pdf (21. feb. 2014)

Jaić M. 2000. Površinska obrada drveta. Beograd, Zavod za grafičku tehniko, Tehnološko – metalurškog fakulteta: 400 str.

Ljuljka B. 1990. Površinska obrada drva. Zagreb, Sveučelišna naklada: 226 str.

Miller ER. 1980. Exterior Wood Stains. Document 3135, IRG / WP: 5 str.

Murexin. 2014. Aqua Nanolak NT 100.

http://www.murexin.si/front_content.php?idcat=699 (21.apr.2014)

Ostruh K. 2001. Prepustnost sistema impregniran les – premaz za vodno paro. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 50 str.

Pavlič M. 2010. Površinska obdelava lesa v eksterieru.

http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/LG-2010-4_Pavlic_Matjaz.pdf (21. feb. 2014)

Pečenko G. 1987. Lazurni premazi za les. Les, 39, 11/12: 335-337

SIST EN 927-1. Barve in laki – Premazi in premazni sistemi za zunanjo zaščito lesa – 1. del: Razvrstitev in izbor – Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 1: Classification and selection. 1997: 10 str.

Skupek A. 2013. Naprava za zajemanje in obdelavo podatkov natezne trdnosti z uporabo mikrokrmilnika. Maribor, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. http://aig.si/13/clanki/studentska_sekcija/S7_Skupek.pdf (7.avg.2014)

Slovenijales trgovina. 2016. Opis izdelka.

<http://www.slovenijales-trgovina.si/sl/Mizarstvo+in+Hobby+/Barve+lepila+in+pribor/Barve+laki+in+premazi/i/d/1144/izdelek/Biotan+-+akrilna+lak+lazura>

Tominšek D. 2001. Prepustnost lazur na ipregniranem lesu za vodno paro. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 36 str.

Vidergar M. 2012. Razvoj metode za določanje odpornosti proti udarcu pri premazih za zaščito lesa v zunanji uporabi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 39 str.

Zorll U. 2000. European Coatings Handbook. Hannover, Vincentz Verlag: 432 str.

Žepič R. 1993. Korelacije med akrilnimi in alkidnimi premaznimi sredstvi z ozirom na umetno pospešeno staranje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 84 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marku Petriču in somentorju asist. dr. Matjažu Pavliču za pomoč pri nastajanju in oblikovanju diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi za pomoč pri eksperimentalnem delu naloge in pomoč pri iskanju gradiva.

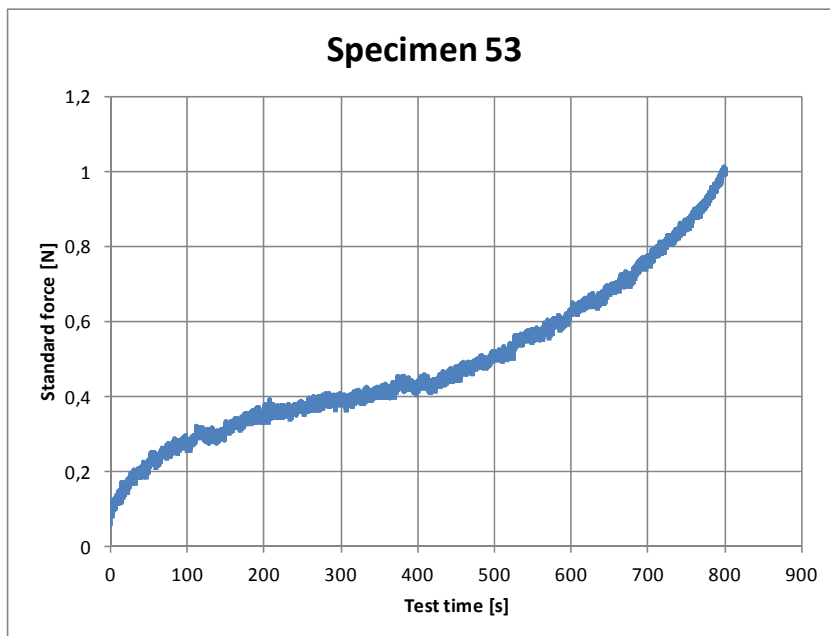
Zahvaljujem se tudi prof. dr. Milanu Šerneku za recenzijo.

Zahvala gre tudi družini za podporo in strpnost med pisanjem diplomske naloge.

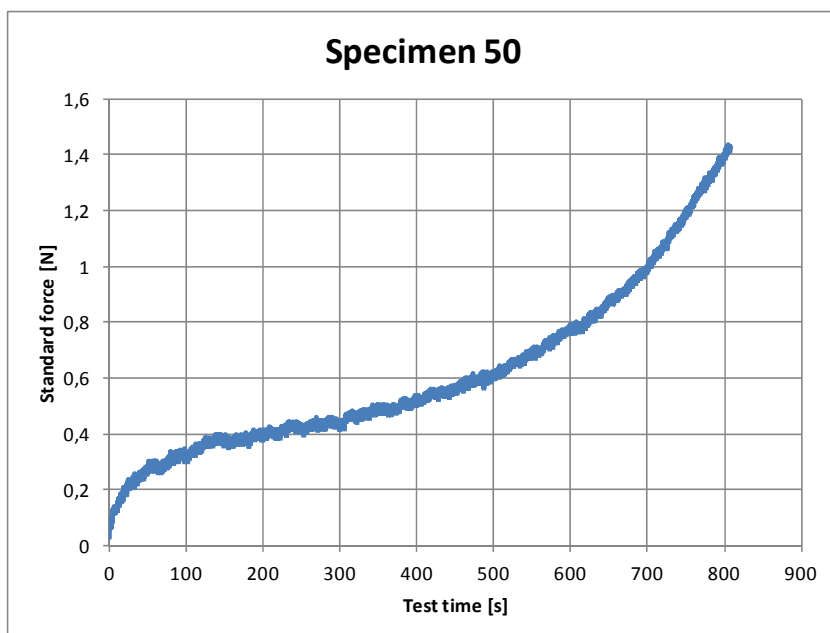
PRILOGE

Priloga A: Rezultati preskušanj premazov na napravi ZwickRoell Z005

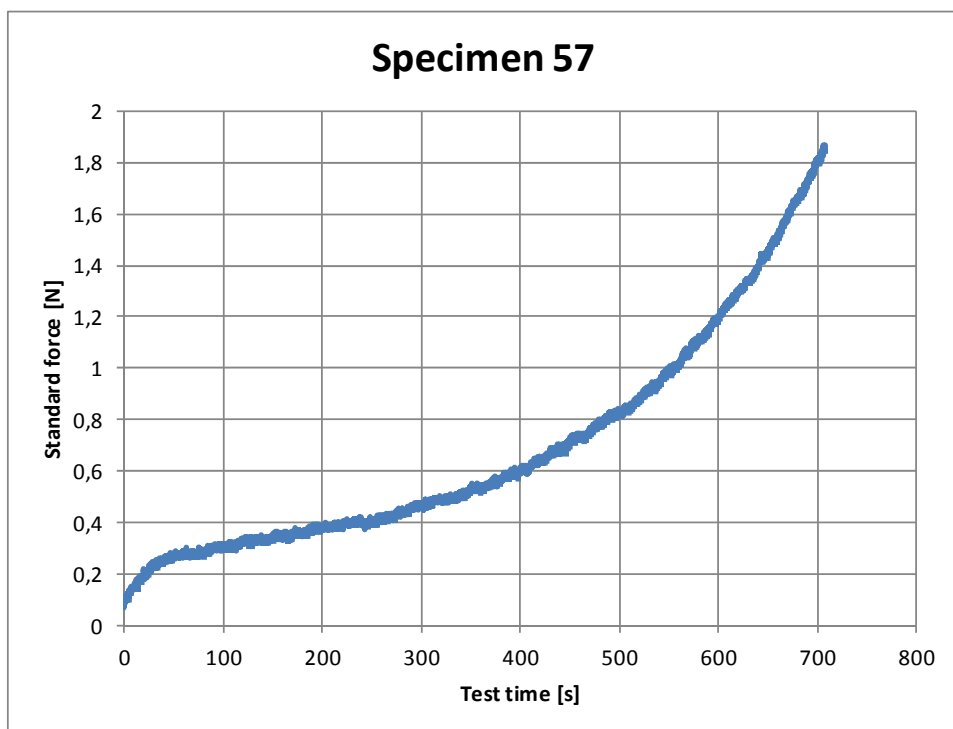
BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 -Bor



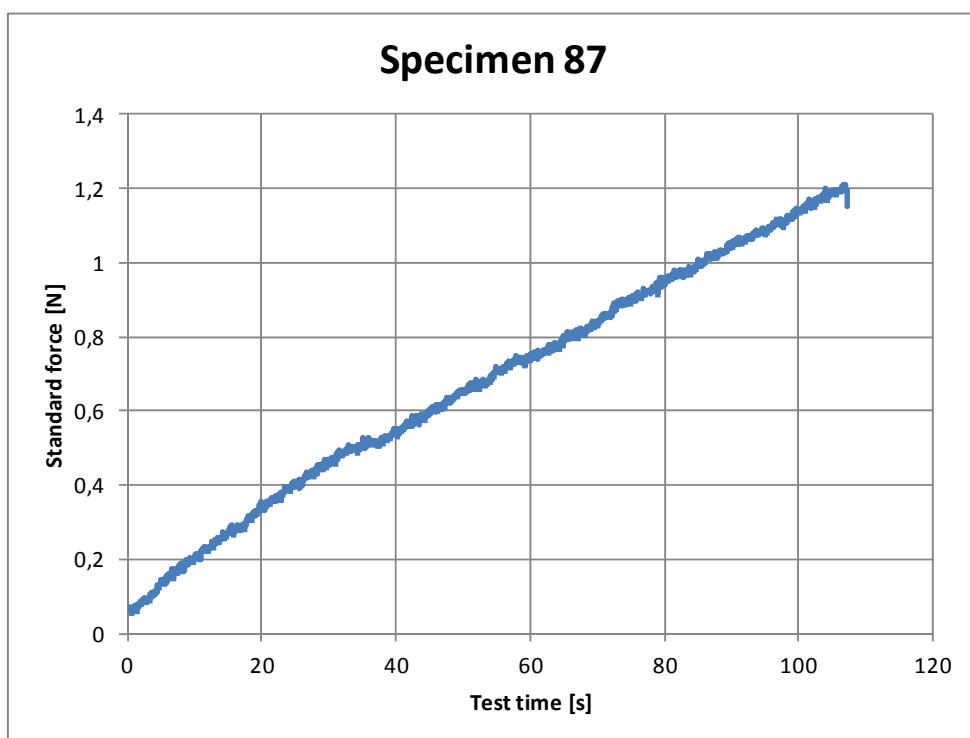
BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 1 - brezbarvna



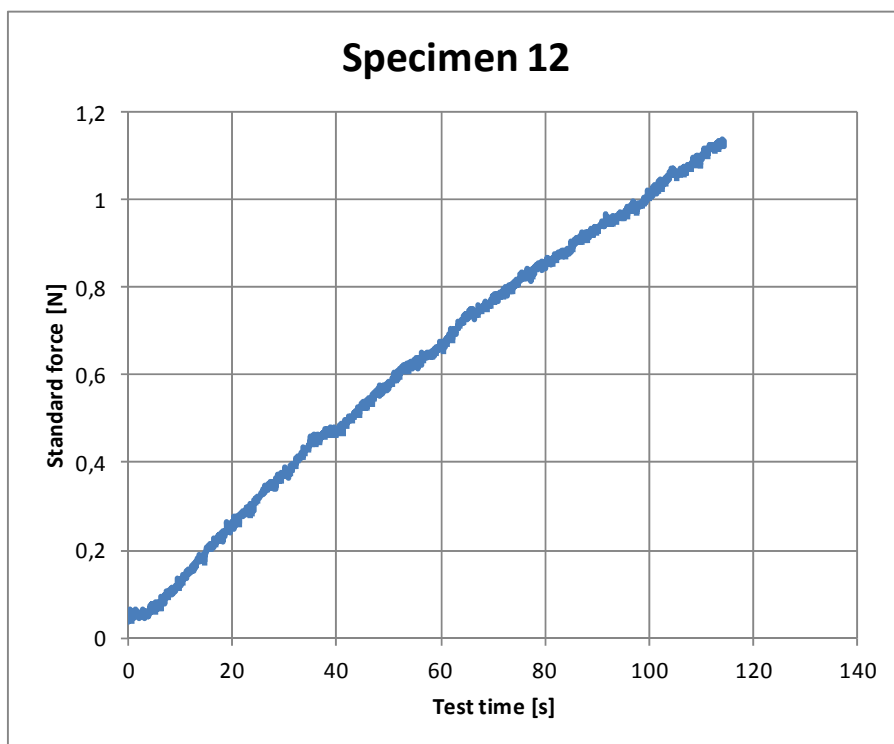
BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 99 - bela



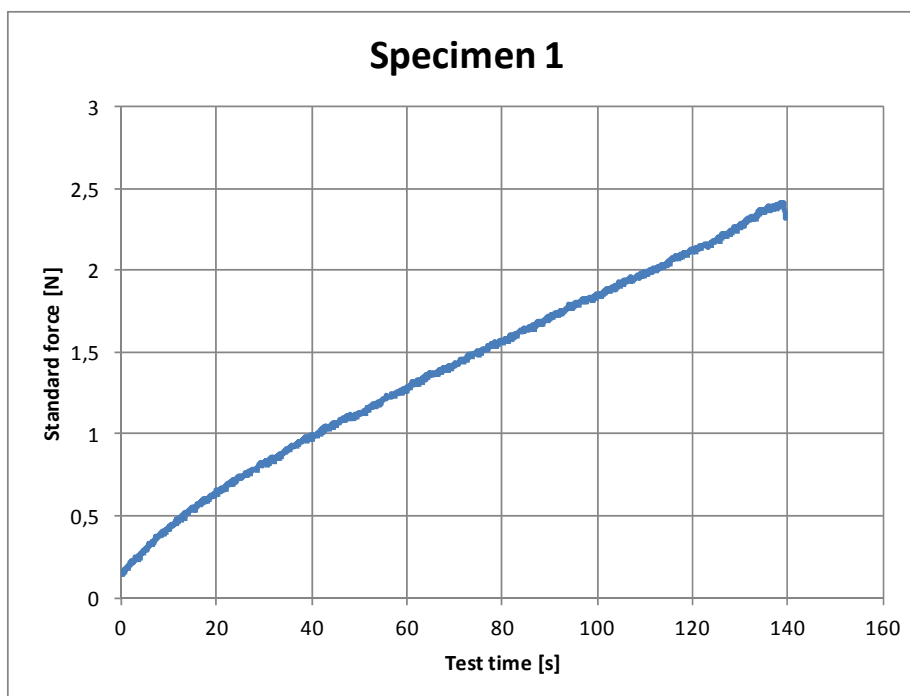
Beltop UV plus, niansa 2 - bor,



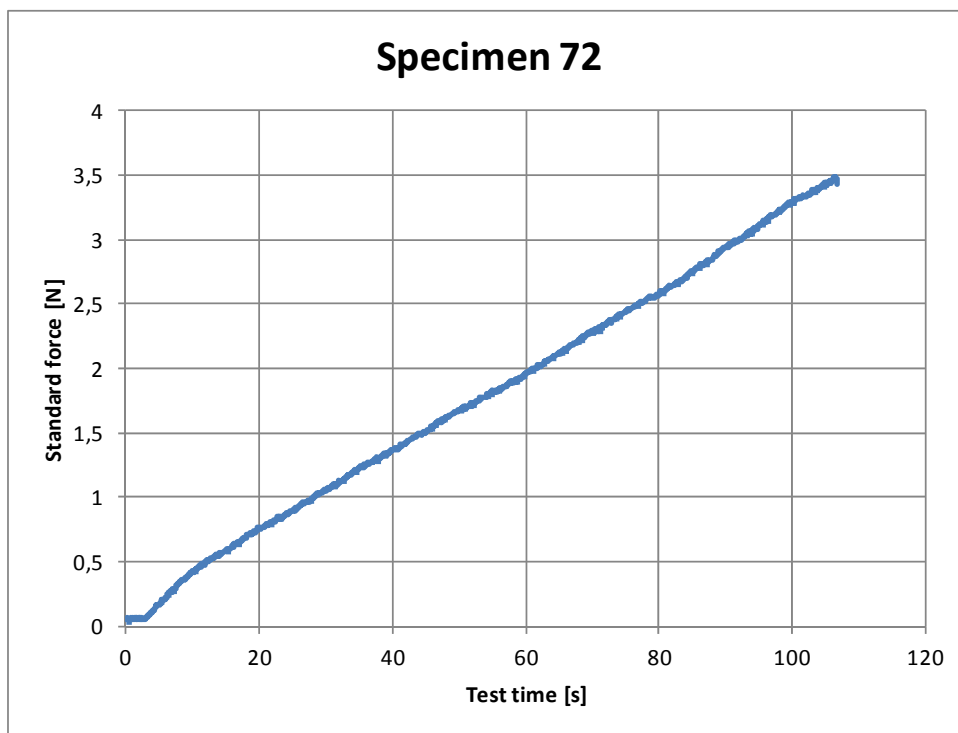
5. Beltop UV plus, niansa 1 - brezbarvna



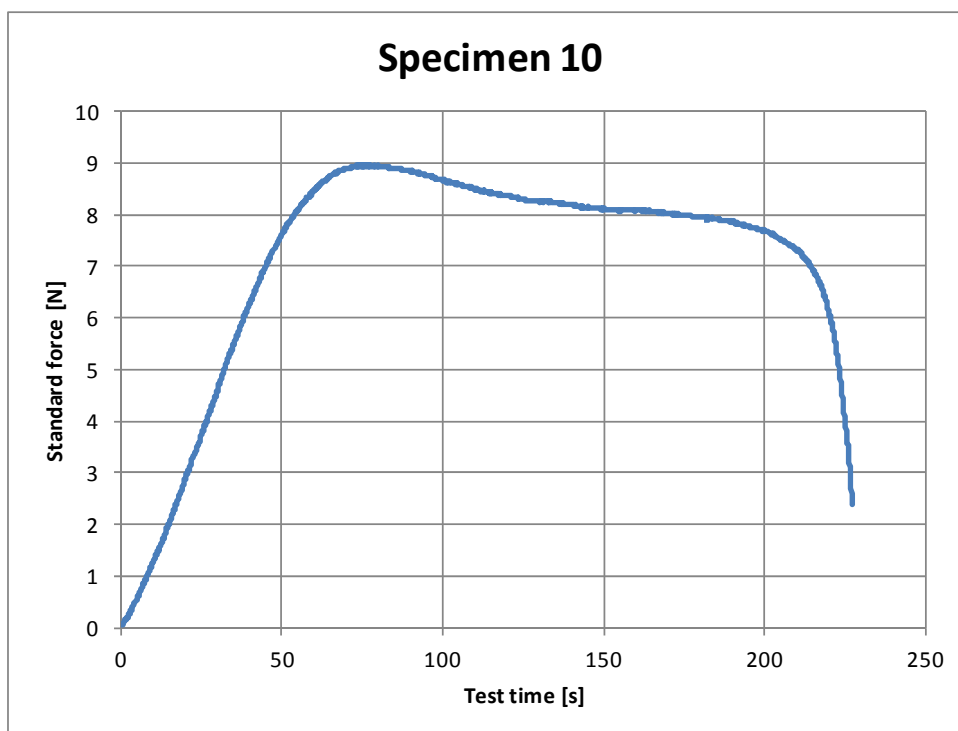
Beltop UV plus, niansa 99 - bela



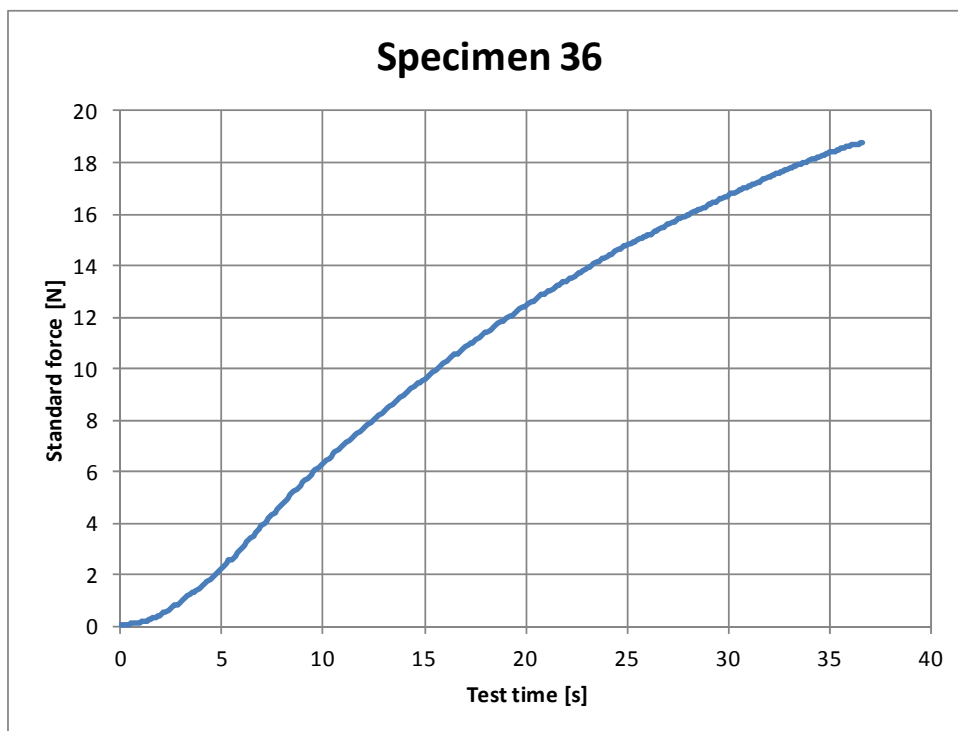
TESSAROL emajl, niansa 1 - bela



Aqua Nanolack NT 100 - lak za parket



Lak končni UV 1178-0005



Priloga B: Izračun raztezkov - rezultati in izračuni posameznih premazov vseh vzorcev

BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 2 -Bor					
vzorec:	pomik (15mm/min 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 51	0,25	206,4	50	4,13	3,3240
Specimen 52	0,25	195,8	50	3,92	2,2226
Specimen 53	0,25	199,9	50	4,00	2,0210
Specimen 54	0,25	173,6	50	3,47	1,1088
Specimen 55	0,25	198,5	50	3,97	2,6530
Specimen 56	0,25	202,1	50	4,04	2,0365
Specimen 57	0,25	187,0	50	3,74	2,1508
Specimen 58	0,25	194,2	50	3,88	2,1895
Specimen 59	0,25	205,2	50	4,10	2,8593
Specimen 60	0,25	209,1	50	4,18	2,6022
Povprečje:		197,2		3,94	2,3168

BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 1 - brezbarvna					
vzorec:	pomik (15mm/min 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 38	0,25	229,0	50	4,58	1,90
Specimen 41	0,25	212,1	50	4,24	1,64
Specimen 42	0,25	230,2	50	4,60	1,56
Specimen 43	0,25	215,5	50	4,31	1,17
Specimen 44	0,25	235,6	50	4,71	2,13
Specimen 46	0,25	210,4	50	4,21	2,61
Specimen 47	0,25	225,8	50	4,52	2,68
Specimen 48	0,25	193,8	50	3,88	1,82
Specimen 49	0,25	205,5	50	4,11	2,03
Specimen 50	0,25	201,5	50	4,03	2,39
Povprečje:		215,9		4,32	1,99

BIOTAN - Akrilna lak lazura z UV zaščito, niansa 99 - bela					
vzorec:	pomik (15mm/min. 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 52	0,25	164,7	50	3,29	2,70
Specimen 53	0,25	219,1	50	4,38	4,13
Specimen 54	0,25	172,6	50	3,45	2,45
Specimen 55	0,25	179,7	50	3,59	2,28
Specimen 56	0,25	190,5	50	3,81	3,53
Specimen 57	0,25	176,9	50	3,54	3,74
Specimen 58	0,25	151,3	50	3,03	2,64
Specimen 59	0,25	174,0	50	3,48	3,30
Specimen 61	0,25	192,6	50	3,85	4,19
Specimen 62	0,25	127,2	50	2,54	1,51
Povprečje		174,8		3,50	3,05

Beltop UV plus, niansa 2 - bor					
vzorec:	pomik (15mm/min. 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 75	0,25	32,2	50	0,64	1,77
Specimen 76	0,25	29,3	50	0,59	1,37
Specimen 77	0,25	36,1	50	0,72	1,82
Specimen 82	0,25	33,5	50	0,67	2,01
Specimen 83	0,25	26,8	50	0,54	1,79
Specimen 84	0,25	26,1	50	0,52	1,51
Specimen 85	0,25	36,4	50	0,73	2,32
Specimen 86	0,25	41,3	50	0,83	2,32
Specimen 87	0,25	26,6	50	0,53	1,61
Specimen 88	0,25	22,7	50	0,45	1,20
Povprečje:		31,1		0,62	1,77

Beltop UV plus, niansa 1 - brezbarvna					
vzorec:	pomik (15mm/min- 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ε maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 12	0,25	28,5	50	0,57	1,63
Specimen 13	0,25	27,8	50	0,56	1,51
Specimen 14	0,25	24,3	50	0,49	1,61
Specimen 15	0,25	23,9	50	0,48	1,31
Specimen 16	0,25	16,7	50	0,33	1,01
Specimen 17	0,25	28,3	50	0,57	1,89
Specimen 18	0,25	26,9	50	0,54	1,66
Specimen 19	0,25	34,6	50	0,69	2,12
Specimen 20	0,25	32,4	50	0,65	1,76
Specimen 21	0,25	24,1	50	0,48	1,42
Povprečje:		26,8		0,54	1,59

Beltop UV plus, niansa 99 - bela					
vzorec:	pomik (15mm/min- 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ε maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 1	0,25	34,7	50	0,69	4,03
Specimen 2	0,25	41,6	50	0,83	4,51
Specimen 3	0,25	31,6	50	0,63	3,47
Specimen 4	0,25	41,4	50	0,83	4,50
Specimen 5	0,25	43,1	50	0,86	4,93
Specimen 6	0,25	28,9	50	0,58	3,49
Specimen 7	0,25	38,9	50	0,78	4,37
Specimen 8	0,25	41,0	50	0,82	4,69
Specimen 9	0,25	29,0	50	0,58	4,29
Specimen 10	0,25	29,9	50	0,60	4,45
Povprečje:		36,0		0,72	4,27

TESSAROL emajl, niansa 1 - bela					
vzorec:	pomik (15mm/min- 0,25mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 63	0,25	27,9	50	0,56	7,93
Specimen 65	0,25	27,7	50	0,55	6,89
Specimen 66	0,25	23,1	50	0,46	6,63
Specimen 67	0,25	27,1	50	0,54	6,39
Specimen 68	0,25	30,3	50	0,61	6,80
Specimen 69	0,25	16,9	50	0,34	4,78
Specimen 70	0,25	21,8	50	0,44	5,04
Specimen 71	0,25	14,4	50	0,29	3,85
Specimen 72	0,25	26,6	50	0,53	6,01
Specimen 73	0,25	26,8	50	0,54	5,28
Povprečje:		24,3		0,49	5,96

Aqua Nanolack NT 100- lak za parket					
vzorec:	pomik (3mm/min- 0,05mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 10	0,05	3,7	50	0,07	15,18
Specimen 11	0,05	4,2	50	0,08	18,06
Specimen 12	0,05	3,2	50	0,06	19,45
Specimen 13	0,05	3,0	50	0,06	18,47
Specimen 14	0,05	3,1	50	0,06	18,87
Specimen 15	0,05	3,4	50	0,07	17,54
Specimen 16	0,05	3,8	50	0,08	18,93
Specimen 18	0,05	3,6	50	0,07	19,09
Specimen 19	0,05	3,4	50	0,07	19,64
Specimen 20	0,05	3,3	50	0,07	17,22
Povprečje:		3,5		0,07	18,25

Lak končni UV 1178-0005.					
vzorec:	pomik (3mm/min- 0,05mm/s)	dolžina raztezka (mm)	začetna dolžina	ϵ maks.	σ maks. (MPa)
Specimen 23	0,05	1,7	50	0,03	8,66
Specimen 24	0,05	1,0	50	0,02	8,93
Specimen 25	0,05	1,3	50	0,03	8,05
Specimen 26	0,05	1,6	50	0,03	8,87
Specimen 27	0,05	1,5	50	0,03	6,77
Specimen 32	0,05	1,0	50	0,02	7,30
Specimen 33	0,05	2,0	50	0,04	12,69
Specimen 35	0,05	1,5	50	0,03	10,21
Specimen 36	0,05	1,8	50	0,04	11,72
Specimen 37	0,05	1,3	50	0,03	8,41
povprečje:		1,5		0,03	9,16