

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Aleš BOHTE

**KAKOVOST ZLEPLJENOSTI MED RAZLIČNIMI
MATERIALI PODA POČITNIŠKE PRIKOLICE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Aleš BOHTE

**KAKOVOST ZLEPLJENOSTI MED RAZLIČNIMI MATERIALI
PODA POČITNIŠKE PRIKOLICE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**BONDING QUALITY OF DIFFERENT MATERIALS USED FOR
CARAVAN FLOORING**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Izvedba meritev in testiranja preizkušancev je bila opravljena na Univerzi v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, v laboratorijih Katedre za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval izr. prof. dr. Milana ŠERNEKA in za recenzenta diplomske naloge doc. dr. Sergeja MEDVEDA.

Mentor: izr. prof. dr. Milan ŠERNEK

Recenzent: doc. dr. Sergej MEDVED

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Aleš BOHTE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 723.76:629.334.014.3
KG	lepljenje/kakovost zlepljenosti/poliuretansko lepilo/aluminijasta pločevina/ ekstrudirani polistiren
AV	BOHTE, Aleš
SA	ŠERNEK, Milan (mentor)/MEDVED, Sergej (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2010
IN	KAKOVOST ZLEPLJENOSTI MED RAZLIČNIMI MATERIALI PODA POČITNIŠKE PRIKOLICE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	X, 41 str., 4 pregl., 21 sl., 25 pril., 25 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Pri ogrevanju počitniških prikolic se v zadnjem času pogosteje uporablja toplovodno talno ogrevanje. Zaradi visoke cene aluminijaste pločevine, ki se vgrajuje v pod omenjenih izdelkov, smo raziskovali kakovost zlepljenosti med na novo uporabljeno pločevino in ostalimi materiali. Izdelali smo kompozit, ki je bil po strukturi enak podu počitniške prikolice. Sestavljen je bil iz 2 topolovih vezanih plošč, ekstrudiranega polistirena (Styrofoam® XPS), aluminijaste pločevine in poliuretanskega lepila (Icema® r 145/12) kot veznega člena. Preizkušance dimenzij 50 mm × 50 mm smo testirali na trgalnem stroju Zwick Z100 po standardu SIST EN 319:1996. Proučevali smo razslojno trdnost in delež loma po površini alu pločevine. Ugotovili smo, da je najprimerneje uporabiti neperforirano alu pločevino z nanesenim prajmerjem, pri čemer je ni treba dodatno navlaževati z vodno meglo. Nova uporabljena alu pločevina je cenovno ugodnejša od obstoječe.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 723.76:629.334.014.3
CX gluing/bonding quality/polyurethane adhesive/aluminium metal sheet/
extruded polystyrene
AU BOHTE, Aleš
AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/MEDVED, Sergej (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology
PY 2010
TI BONDING QUALITY OF DIFFERENT MATERIALS USED FOR CARAVAN
FLOORING
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO X, 41 p., 4 tab., 21 fig., 25 ann., 25 ref.
LA sl
AL sl/en
AB When heating the floors of caravans, it is customary to use the water heating system nowadays. Due to the high price of aluminium metal sheets, in-built in the produce mentioned, we researched the quality of gluing between the used metal sheet and the other material. A composite, which is similar to the floors of the caravans in its structure, has been made. It was composed of 2 poplar plywoods, extruded polystyrene (Styrofoam® XPS), aluminium metal sheet and polyurethane adhesive (Icema® r 145/12) as a bonding link. The test pieces of 50 mm × 50 mm were tested on the tearing machine Zwick Z100 according to standard SIST EN 319:1996. The bond strength and percentage of the split of aluminium sheet surface was thoroughly studied. It has been concluded that it is most appropriate to use the unperforated aluminium sheet with the applied primer, hereby it is not necessary to additionally moisten it with water mist. Such new aluminium sheet is more reasonably priced if compared to the existing one.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJ NALOGE.....	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 POČITNIŠKE PRIKOLICE	3
2.1.1 Produkti podjetja Adria Mobil d. o. o.....	4
2.1.2 Toplovodno talno ogrevanje	5
2.2 LEPILA IN LEPLJENJE	6
2.2.1 Poliuretanska lepila	9
2.2.2 Lepljenje lesa in kovin	10
2.3 TOPLOTNOIZOLACIJSKI MATERIALI	12
2.3.1 Ekstrudirani polistiren – XPS	13
2.4 ALUMINIJ IN ZLITINE	15
2.4.1 Aluminijske zlitine	15
3 MATERIAL IN METODE	17
3.1 MATERIAL	17
3.1.1 Uporabljen lepilo – Icema® r 145/12	19
3.1.2 Uporabljena drevesna vrsta topol	20
3.1.3 Uporabljen izolacijski material – Styrofoam®	21
3.1.4 Uporabljena alu pločevina.....	23

3.2	METODE.....	23
3.2.1	Priprava materiala in lepljenje preizkušancev	23
3.2.2	Ugotavljanje razslojne trdnosti	26
4	REZULTATI.....	27
4.1	REZULTATI MERJENJA RAZSLOJNE TRDNOSTI IN OCENA LOMA PO POVRŠINI ALU PLOČEVINE	27
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	34
5.1	RAZPRAVA	34
5.2	SKLEPI.....	36
6	POVZETEK	37
7	VIRI	39
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Tabelarični prikaz opravil pri lepljenju in za to potreben čas	25
Preglednica 2: Razslojna trdnost in delež loma po površini alu pločevine za način priprave NP_1	27
Preglednica 3: Razslojna trdnost in delež loma po površini alu pločevine za način priprave NP_2	29
Preglednica 4: Razslojna trdnost in delež loma po površini alu pločevine za način priprave NP_3	32

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Florisna razporeditev prostorov počitniške prikolice podnevi (levo) in ponoči (desno)	3
Slika 2: Adriina prikolica Alpina sezone 2011.....	4
Slika 3: Temperaturni profili sistemov ploskovnih ogrevanj: A) idealno, B) talno in C) stropno	5
Slika 4: Delitev lepil glede na surovinsko osnovo.....	7
Slika 5: Prisotnost dveh izocianatnih skupin.....	9
Slika 6: Tri najpomembnejše lastnosti ekstrudiranega polistirena	13
Slika 7: Proizvodnja linija izdelave XPS	14
Slika 8: Različni profilirani polproizvodi iz aluminija	16
Slika 9: Načini priprave alu pločevine (nanos vode) in vrsta alu pločevine	17
Slika 10: Sestava poda počitniške prikolice, ki vsebuje toplovodno talno ogrevanje.....	18
Slika 11: Kontejner lepila icema® r 145/12 z na pokrovu nameščenim silikagelom.....	19
Slika 12: Topolov les (levo) in celica na kateri se vidi prisotnost tenzijskega lesa pri topolu (desno)	21
Slika 13: Tipična struktura zaprtih celic pene Styrofoam XPS (levo) in plošči Styrofoam XPS (desno)	21
Slika 14: Uporabljena alu pločevina: a) perforirana, b) neperforirana, c) neperforirana z nanosenim prajmerjem in d) neperforirana brušena.....	23
Slika 15: Načrt krojenja elementa iz katerega smo izdelali preizkušance	24
Slika 16: Tehtanje količine nanosa lepila (levo) in stiskanje v hidravlični stiskalnici (desno).....	25
Slika 17: Preizkus razslojne trdnosti na trgalnem stroju Zwick Z100	26
Slika 18: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) po površini alu pločevine pri načinu priprave NP_1	28
Slika 19: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) po površini alu pločevine pri načinu priprave NP_2	30
Slika 20: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) po površini alu pločevine pri načinu priprave NP_3	33
Slika 21: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) perforirane alu pločevine (temno zelena) in alu pločevine z nanosenim prajmerjem (svetlo zelena) ob različnih načinih nanosa vode.....	35

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na perforirano alu pločevino (RD_1)
- Priloga B: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na perforirano alu pločevino (RD_1)
- Priloga C: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino (RD_2)
- Priloga D: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino (RD_2)
- Priloga E: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino z nanesenim prajmerjem (RD_3)
- Priloga F: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino z nanesenim prajmerjem (RD_3)
- Priloga G: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RD_4)
- Priloga H: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RD_4)
- Priloga I: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na perforirano alu pločevino (RU_1)
- Priloga J: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na perforirano alu pločevino (RU_1)
- Priloga K: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino (RU_2)
- Priloga L: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino (RU_2)
- Priloga M: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino z nanesenim prajmerjem (RU_3)
- Priloga N: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino z nanesenim prajmerjem (RU_3)
- Priloga O: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RU_4)
- Priloga P: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RU_4)
- Priloga Q: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) perforirane alu pločevine (Z_1)
- Priloga R: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) perforirane alu pločevine (Z_1)
- Priloga S: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine (Z_2)

Priloga T: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine (Z_2)

Priloga U: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine z nanesenim prajmerjem (Z_3)

Priloga V: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine z nanesenim prajmerjem (Z_3)

Priloga W: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine, ki je bila dodatno brušena (Z_4)

Priloga X: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine, ki je bila dodatno brušena (Z_4)

Priloga Z: Cenovni izračun

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V proizvodnji se tehnologi nenehno srečujemo s spremembami, ki jih narekujejo trg, želje kupcev, razvoj novih materialov, postopki izdelave in konkurenca. Vse se seveda začnejo ali morda celo končajo pri finančnem vložku. Le-ta je v večini primerov odločilni dejavnik, ali se bo določena sprememba vpeljala v proizvodnjo ali se bo vgradil nov material, se bo nabavil novi stroj ipd. Pogosto pa se izkaže, da bi se dalo marsikaj poenostaviti in hkrati tudi poceniti s preprostimi rešitvami.

Pri izdelavi podov počitniških prikolic, ki vsebujejo toplovodno talno ogrevanje, se uporabljajo cevi in aluminijasta pločevina proizvajalca Alde. Slednjo v podjetje dobimo v končni obliki, kar pomeni končnih dimenzij, perforirano po celotni površini in z izdelanim kanalom. Zaradi visoke cene omenjene pločevine in povečanega števila naročil tovrstnih podov smo se v podjetju odločili, da bomo uporabili cenejšo vrsto alu pločevine, ki se zaenkrat v večjem obsegu uporablja za vratca BPJ (blok plinske jeklenke), kjer ima funkcijo zmanjšanja gorljivosti v primeru požara. Nova pločevina, ki jo želimo uporabiti, ni perforirana, zato je na mestih njene vgradnje vprašljiva trdnost lepilnega spoja (alu pločevina – ekstrudirani polistiren in alu pločevina – topolova vezana plošča).

Lepilna površina predstavlja od 25 do 35 % celotne površine poda, kar bi v primeru slabega lepilnega spoja močno oslabilo trdnost samega elementa in povzročilo nezaželeno škripanje. Pri lepljenju uporabljamo poliuretansko (PUR) lepilo, ki ga je potrebno pred stiskanjem poškopiti z vodno meglo. Slednja je pri starem tehnološkem načinu, ko smo imeli perforirano alu pločevino, prišla skozi odprtine in tako omogočila oz. pospešila kemijsko reakcijo lepila, ki je potem tvorilo nekakšna sidra med ekstrudiranim polistirenom in lesom. Pri novem načinu pa to ne bo možno (pločevina ni perforirana), zato bo najverjetneje potrebno vsak vgradni element predhodno navlažiti (brizganje, potapljanje v vodi), kar pa posledično pomeni daljši čas od sestave poda do stiskanja.

1.2 CILJ NALOGE

Glavni cilj diplomske naloge je na osnovi proučevanja mehanskih lastnosti lepilnega spoja (trgalni test) ugotoviti, ali bo novo uporabljena pločevina prinesla zadovoljive rezultate in hkrati pocenila izdelavo poda počitniške prikolice. Predvidevamo, da bo potrebno na pločevino nanesti vodo, zato bomo poiskali najprimernejši in najhitrejši način navlaževanja pločevine (brizganje, potapljanje) in s tem ugotovili vpliv količine vode na trdnost lepilnega spoja.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predpostavljamo, da:

- bo trdnost lepilne vezi med topolovo vezano ploščo (lesom) – alu pločevino – ekstrudiranim polistirenom verjetno manjša, ker se ne bodo tvorila t.i. sidra (pločevina ne bo perforirana), vendar bo še vedno zadovoljiva glede na predpisano trdnost,
- bodo rezultati verjetno najslabši pri preizkušancih, kjer ne bomo nanесли vode na površino lepila ali pločevine,
- bo končna cena nove variante ugodnejša od obstoječe.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POČITNIŠKE PRIKOLICE

Počitniška prikolica je priklopno vozilo, namenjeno bivanju in potovanju. Bivanje je dovoljeno samo v stanju mirovanja. Sestavljena je iz podvozja in nadgradnje, ki jo tvorijo karoserija, oprema karoserije in bivalni deli s pohištvom in opremo. Podvozje je temelj prikolice, ki zagotavlja vožnjo in nosi nadgradnjo. Elementi podvozja so: naletna naprava, tretje kolo, ruda, okvir šasije, podporne nogice, prema s kolesi in prenosni mehanizem. Karoserija je ohišje prikolice in jo sestavljajo pod, stranske stene, čelna in zadnja stena ter streha.

Oprema karoserije vsebuje vhodna vrata, okna, strešna okna, zračnike, ranžirne ročaje, ohišje za plinske jeklenke, okrasne in komercialne nalepke in tablice, konstrukcijske in okrasne profile ter spojlerje. Bivalni del je notranjost prikolice, kamor so vgrajeni deli pohištva in funkcionalne opreme. Notranjo razporeditev določa razporeditev delov pohištva v bivalnem delu prikolice. Po navadi je prikazana v dveh položajih: podnevi in ponoči (Lukšič, 2005).



Slika 1: Tlorisna razporeditev prostorov počitniške prikolice podnevi (levo) in ponoči (desno) (Uradna spletna stran Adria Mobil, d. o. o., 2009)

Enota je razdeljena na posamezne prostore kot so: garderobne omare, kuhinja, toaletni prostor s kopalnico, spalnica ter U-grupa, ki se lahko spremeni v spalni del.

Prikolica ima vse, kar popotnik potrebuje za pripravo obroka: pečico, kuhalnik, hladilnik in mikrovalovno pečico. Za zahtevne avanturiste, ki si želijo počitnikovati v zimskem času pa je na voljo peč s plinskim ali električnim napajanjem. Ta je lahko samostojna ali v kombinaciji z razvodom toplega zraka, tople vode (toplovodno talno ogrevanje) ali električne grelnice folije.

2.1.1 Produkti podjetja Adria Mobil d. o. o.

Podjetje Adria Mobil d. o. o. ponuja produkte v petih različnih serijah, ki se razlikujejo tako po velikosti kot po opremljenosti. Opremo opredeljujeta kakovost materiala in obseg dodatne opreme. Vsebina izdelka določa ceno in s tem izbor kupcev, ki pripadajo različnim ciljnim skupinam.

Altea je prikolica, ki jo odlikujejo klasična zunanost, varnost in prostornost. Modeli so primerni za mlade, aktivne družine in omogočajo nočitev štirim do šestim osebam. Odločilni dejavnik, da se kupci odločijo za nakup, je njena enostavnost in preprostost.

Adora je elegantna, ima klasične linije v sozvočju z modernimi, poudarjenimi detajli. S svojim stilom in opremljenostjo malo koga pusti ravnodušnega.

Alpina je velika, prostorna in udobna prikolica, ki je bogato opremljena. Predstavlja razkošje. Primerna je za kampiste, ki so pripravljeni odšteti nekoliko več denarja. Z vgrajenim talnim gretjem omogoča bivanje tudi v zimskem času.

Adiva je prestižna prikolica z atraktivnim zunanjim izgledom, ki ga dajeta siva barva poliestra in drzna grafika.

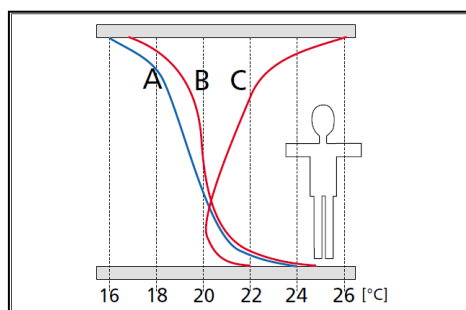
Action je praktična, elegantna in okretna prikolica. Namenjena je vsem, ki so mladi po duhu in spontani na potovanjih. Zaradi svoje majhnosti omogoča priključitev na avtomobil srednje moči.



Slika 2: Adriina prikolica Alpina sezone 2011 (Uradna spletna stran Adria Mobil, d. o. o., 2009)

2.1.2 Toplovodno talno ogrevanje

Talno ogrevanje je najstarejši poznani sistem centralnega ogrevanja prostorov. Tak način ogrevanja je pravzaprav znan že iz rimskih časov, ko je bil prenosnik toplote zrak oziroma dimni plini, ki so krožili po kanalih pod hišo. Toplovodno talno ogrevanje spada v tako imenovano skupino ploskovnih ogrevanj. Cevi so položene v tleh in toplota ogrete vode se prenaša od cevi na talno konstrukcijo in od tod na zrak v prostoru v obliki sevanja in konvekcije. Pri tleh so temperature najvišje in proti stropu padajo, temperaturni profil po višini prostora pa je najbližji idealnemu.



Slika 3: Temperaturni profili sistemov ploskovnih ogrevanj: A) idealno, B) talno in C) stropno (Talno in stensko ogrevanje, 2010)

Nizkotemperaturno ogrevanje z uporabo relativno velike površine tal ima več prednosti:

Večje udobje in prijetnejši občutek pri kontaktu s tlemi. Pretežni del toplote tal se prenaša na zrak s sevanjem, tako ne prihaja do močnejšega kroženja zraka, kar bi povzročalo neprijeten vlek ob tleh. Izboljšana je tudi higiena, saj je onemogočeno dvigovanje prahu, pršic in drugih delcev, ki povzročajo alergije. Talno ogrevanje omogoča, da imamo v prostorih za nekaj stopinj nižjo temperaturo kot pri klasičnem ogrevalnem sistemu. Zaradi dvigovanja toplote od tal proti stropu dobimo prijetno in enakomerno porazdelitev temperature po višini, zato nižje sobne temperature ne občutimo kot prenizke. Vzrok so naše noge, ki so v tem primeru na toplem. Zaradi nižje sobne temperature je tako prihranek energije najmanj 15 %. Boljši je tudi izkoristek prostora, saj so grelna telesa skrita v tleh (Talno ogrevanje, 2006).

2.2 LEPILA IN LEPLJENJE

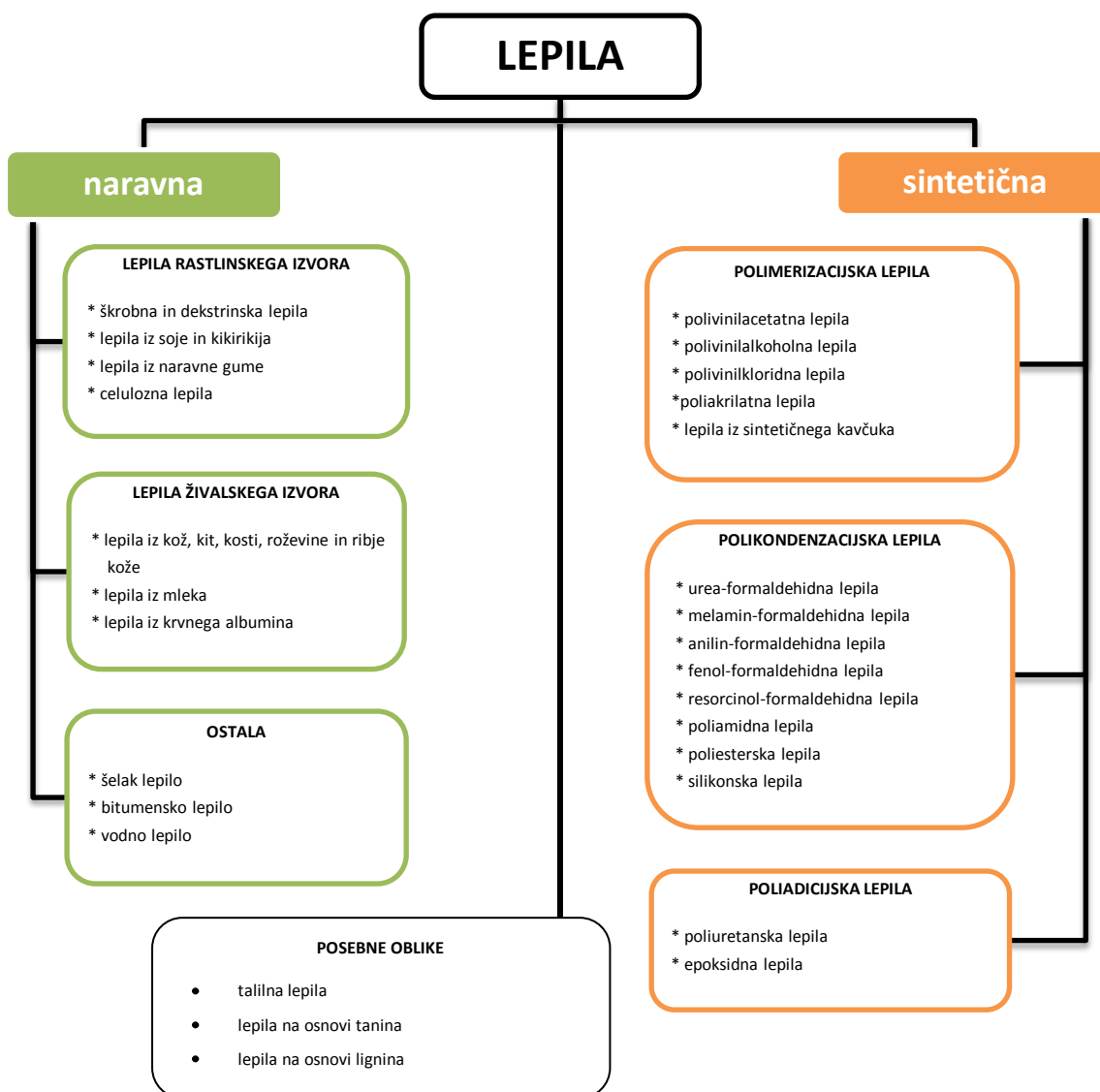
Lepljenje je v lesni industriji zelo pomemben tehnološki postopek: je interdisciplinarne narave in zajema predvsem kemijo, fiziko, lesno anatomijo in tehnologijo (Resnik, 1989). Če želimo izdelati kompozit skorajda ne gre brez uporabe lepila. Od izbire le-tega pa so največkrat odvisne lastnosti novo izdelanega lepljenca. Te so boljše in slabše, seveda odvisne tudi od številnih drugih dejavnikov in parametrov, ki jih moramo pri samem lepljenju upoštevati. Vsi skupaj tvorijo tako imenovano enačbo lastnosti lepljenega izdelka. Ti dejavniki pa so: sestava lepila, lastnosti lesa, priprava lesa, aplikacija lepila, geometrija lesa in uporaba lepljenega izdelka (Marra, 1992).

Lepila, ki se uporabljajo v lesni industriji, morajo imeti predvsem naslednje lastnosti:

- ustrezno vezivno trdnost,
- za različne vezave različne hitrosti vezanja,
- da so kemijsko čim bolj nevtralna in da ne povzročajo sprememb barve na lesu,
- da so po utrjevanju dovolj elastična, da se lahko prilagajajo delovanju lesa,
- da čim manj obrabljajo obdelovalno orodje,
- da imajo čim daljši čas mešanice,
- da so čim bolj enostavna za uporabo, ekonomična in da jim je mogoče dodajati različne primesi za pocenitev, proti prebijanju, za obarvanje idr.,
- da imajo čim daljšo dobo skladiščenja,
- da so zdravju neškodljiva, tako med lepljenjem kot tudi pri uporabi lepljencev (formaldehid, fenol itd.),
- da v posameznem primeru izpolnjuje posamezne zahteve, kot so: odpornost proti vlagi in vodi, toploti, mrazu, staranju ter odpornost proti določenim kemikalijam idr.,
- da imajo glede na področje uporabe različne odprte in zaprte vmesne čase,
- da so enostavna za pripravo in uporabo (Resnik, 1989).

V osnovi lepila delimo na naravna in sintetična. Prva lepila so bila seveda naravna, izdelana oz. bolje rečeno kar uporabljena ilovica in blato, nato lepila iz smol in voskov, pozneje iz krvi, jajc in mleka ter kož in kosti (Resnik, 1989). Prvo sintetično lepilo pa so

uporabili leta 1910, s katerim so lepili zgornje in spodnje dele čevljev (Mervič, 1962). Tako je bilo nitrocelulozno lepilo nekakšen mejnik v večini večjih proizvodnj, kot so lesna, papirna, usnjarska, kovinska in industrija vozil, saj so imela sintetična lepila dosti boljše lastnosti kot predhodna.



Slika 4: Delitev lepil glede na surovinsko osnovo

Sintetična lepila so boljša od naravnih, ker:

1. omogočajo mnogo hitrejšo proizvodnjo kot naravna lepila,
2. je uporaba na enoto površine (m^2) precej manjša,
3. imajo s sintetičnimi lepili zlepljeni deli precej višjo trdnost,
4. sintetična lepila omogočajo hitrejšo nadaljnjo obdelavo zlepljenih delov,
5. je odpornost proti vlagi in vodi, soncu, zmrzovanju itn. pri večini sintetičnih lepil mnogo večja,
6. so sintetična lepila odporna tudi proti bakterijam, glivam in insektom (Mervič, 1962).

Utrjevanje lepil lahko poteka fizikalno in/ali kemijsko. Pri prvih pride do izhajanja topil ali ohlajanja taline, pri kemijskih pa do poteka različnih kemijskih reakcij, ki privedejo do zamreženja. Tako pri lepilih poznamo tri osnovne reakcijske skupine:

- polimerizacijska lepila (PVA – polivinil-acetatno lepilo ...),
- polikondenzacijska lepila (MF – melamin-formaldehidno lepilo, FF – fenol-formaldehidno lepilo, UF – urea-formaldehidno lepilo ...),
- poliadicijska lepila (PUR – poliuretanska lepila ...).

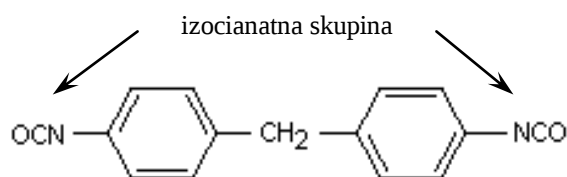
Polimerizacijska lepila lepijo samo fizikalno, polikondenzacijska in poliadicijska lepila pa poleg tega še kemijsko. Zato so polimerizacijska lepila pod vplivom temperature podvržena spremembam agregatnega stanja in jih označujemo kot termoplastična ali plastomerna, ostale pa duroplastična ali duromerna, ker se pod vplivom toplote ne spreminjajo več.

Torej lepila po načinu vezanja oziroma po lastnostih lepilnega filma delimo na:

- plastomerna (termoplastična) in
- duromerna (duroplastična).

2.2.1 Poliuretanska lepila

Poliuretanska lepila so produkti poliadiacijske reakcije. Osnove poliadiacijskih reakcij segajo že v leto 1848, ko je Wurtz odkril, da se monoizocianati dodajajo na spojine, ki vsebujejo hidroksilno- ali amino-skupino. Tako se poliadiacija bistveno razlikuje od polimerizacije in polikondenzacije, saj se tu male molekule vežejo v večje in velike, ne da bi izstopala enostavna snov (voda, formaldehid), kot je zaslediti pri polikondenzaciji. Med polimerizacijo in poliadiacijo pa je razlika v tem, da se pri polimerizaciji med seboj spajajo molekule preko ogljikovih atomov, pri poliadiaciji pa preko heteroatomov (kisikovih, dušikovih). Poliuretani so proizvodi, ki se pridobivajo kot rezultat sopolimerizacije izocianata s polihidroksilom, ki se nahaja v sklopih z najmanj dvema hidroksilnima skupinama v molekuli (Backović, 1996).



Slika 5: Prisotnost dveh izocianatnih skupin

Izocianatna skupina $N=C=O$ se lahko združuje s premikajočim atomom vodika hidroksilne skupine v molekuli brez stranskih produktov. Namesto večatomskih alkoholov se lahko koristijo tudi polistireni, ki imajo na kraju molekule hidroksilne skupine. Surovina za pridobivanje poliuretanskih lepil je najpogostejše heksametilenizocianat in butandiol.

Poliuretanska lepila se lahko dobijo neposredno z reakcijo diizocianata in alkohola, pri tem pa sodeluje monoklorbenzol, ki ima funkcijo topila. Poliuretani so prisotni tudi v proizvodnji elastičnih gobastih materialov, sintetičnih kavčukov, materialov površinske obdelave, sintetičnih vlaknih itd.

Poliuretanska lepila se v prvi vrsti uporabljajo za lepljenje kovin z nekovinskimi materiali, lepljenje tekstila, stekla, lesa, lahko pa tudi dveh istovrstnih materialov. Pridobljeni lepilni spoji imajo tudi v težkih klimatskih razmerah visoko čvrstost in obstojnost.

Zahteve pri lepljenju so sledeče: potrebni nanosi od 200 g/m^2 do 250 g/m^2 , tlaki stiskanja od 3 barov do 8 barov, čas stiskanja od 30 minut do 8 ur in vlažnost lesa med 8 % in 12 % (Mervič, 1962).

2.2.2 Lepljenje lesa in kovin

Pri lepljenju lesa in kovin se srečamo s povsem drugačnim načinom izgradnje trdnosti lepilnega spoja kot v primeru lepljenja lesa. Pri slednjem gre za mehansko in fizikalno adhezijo, ki jo tvorita les in lepilo. Večina lepil za les vsebuje vodo kot disperzijsko sredstvo. Ker sta tako les kot voda polarni snovi, nastane na lesni površini pri lepljenju s takimi lepili zelo dobra adhezija. Pri kovinah pa je situacija drugačna, saj so neporozne in nepolarne. Na njihovih površinah se pri uporabi običajnih lesnih lepil adhezija pojavlja v mnogo manjši meri, kar povzroči zelo nezadovoljive vezi. Raziskovalci (Mervič, 1962) so odkrili, da je mogoče izboljšati lepljenje na dva načina, pri čemer površini lepljenca spremenimo predznak polarnosti, in sicer:

1. s kemijskimi in mehanskimi pripomočki je moč pretvoriti nepolarno površino kovine v polarno (luženje s kislino, pri aluminiju tudi eloksiranje) in
2. z močnim segrevanjem površine lesa, le-ta izgubi polarni karakter (ni primerno pri uporabi običajnih lesnih lepil, saj ne dajejo zanesljivih vezi).

Poleg omakalnosti je pomembna lastnost vezi med lesom in kovino ta, da se lepilo pri prehodu iz tekočega v trdno stanje čim manj ali sploh ne krči. Vez mora biti torej elastična. Če so lepilni filmi zelo elastični, izravnavajo pri krčenju nastale napetosti, ki se pojavijo bodisi zaradi raztezanja lesa (vlažnost), bodisi kovine (temperatura).

Začetki lepljenja obravnavanih materialov segajo v leto 1931. Po letu 1940 pa so razvili dve novi vrsti za spajanje kovin med seboj in z drugimi snovmi. Prva so bila s sintetičnim kavčukom ali termoplastičnimi umetnimi smolami kombinirana fenolno smolna lepila, druga skupina pa etoksilinske smole.

Ker so lepila za spajanje kovin in lesa kemijsko zelo različna, jih razvrščamo glede na njihovo vezilno temperaturo in način uporabe v lepila za:

- direktno vezanje pri visokih temperaturah,
- dvostopenjsko vezanje z uporabo primarnega in sekundarnega veziva in
- direktno vezanje pri sobni temperaturi.

Površina lesa mora biti enaka kot za lepljenje lesa med seboj, torej gladka, čista, brez maščob idr. Vlaga lesa se mora gibati med 5 – 15 %, pri čemer je najbolj zaželeno, da znaša toliko, kolikor bo na mestu vgraditve. S tem preprečimo spremembe dimenzij in posledično nepojavljane oz. vsaj zmanjšanje napetosti v lepilnem spoju.

Površine kovin je potrebno zelo skrbno očistiti, predvsem je potrebno odstraniti maščobo in voske ter jih pripraviti za lepljenje. Površino kovin lahko:

- izperemo z organskimi topili kot so: benzol, bencin, aceton, tetraklormetan, trikloretilen,
- izperemo z razredčenim natrijevim lugom ali z drugimi alkalnimi raztopinami npr. milnico,
- mehansko očistimo z jekleno ali aluminijevo volno, brusnim papirjem, žičnimi krtačami ali peskanjem in
- pripravimo na elektrolitski način ali z luženjem v alkalnih oz. kislih kopelih.

Po opravljeni predpripravi površine kovine je potrebno čim prej lepiti, da površina ponovno ne oksidira.

Lepilo nanašamo z običajnimi pripomočki ročno ali strojno. Debelina nanosa je odvisna od različnih dejavnikov, pri čemer izkušnje kažejo, da je najprimernejša debelina med 0,05 mm in 0,13 mm.

Vmesni časi stiskanja so splošno daljši kot pri medsebojnem lepljenju lesa, ker mora izhlapeti precej več topila. Temperatura stiskanja pa je odvisna od vrste lepila, kar pogojuje tudi njihov način uporabe (od sobne temperature do 158 °C pri direktnem visokotemperaturnem načinu) (Mervič, 1962). Pri izbiri tlaka stiskanja vzamemo za

izhodišče lastnosti lepila in lesa. Na splošno velja, da za lepljenje mehkih vrst lesa uporabljamo tlake od 7 do 12 barov, za trde vrste lesa pa tlake od 15 do 20 barov (Šega, 2003).

2.3 TOPLOTNOIZOLACIJSKI MATERIALI

Med toplotnoizolacijske materiale štejemo tiste materiale, ki imajo toplotno prevodnost manjšo od 0,10 W/mK. Toplotna prevodnost je značilnost materiala in pove koliko toplote preide v eni sekundi skozi 1 m² materiala debeline 1 m, če je razlika temperature zraka na eni in drugi strani 1 K. Čim nižja je toplotna prevodnost materiala, tem boljši toplotni izolator je. Za večino toplotnoizolacijskih materialov je značilna njihova nizka gostota, saj je toplotna izolativnost materiala odvisna predvsem od njegove poroznosti, to se pravi od količine zraka, zaprtega v materialu. Tržišče nudi veliko toplotnoizolacijskih materialov, ki se razlikujejo po strukturi, kemični sestavi in drugih lastnostih (Kralj, 2009). Po kemični sestavi jih delimo na:

ANORGANSKE MATERIALE:

- materiali iz mineralnih vlaken: steklena vlakna, kamena vlakna,
- penjeni materiali: penjeno steklo, perlit, vermikulit;

ORGANSKE MATERIALE:

- materiali iz rastlinskih vlaken: kokosova vlakna, izolacijske plošče iz lesne volne
- penjeni materiali: penjeni polistiren, ekstrudirani polistiren, penjeni poliuretan, penjeni fenol-formaldehid itd.,
- pluta,
- prosojne toplotne izolacije.

2.3.1 Ekstrudirani polistiren – XPS

Plošče iz ekstrudiranega polistirena so izdelane iz granul polistirena, vendar po drugačnem postopku, kot je poznan pri izdelavi ekspandiranega polistirena (stiropor). XPS je iz zelo majhnih, popolnoma zaprtih celic, zato ima tudi bistveno boljše lastnosti kot njegov predhodnik: ima veliko tlačno trdnost in praktično ne vpije vode. Njegova gostota znaša med 25 kg/m^3 in 45 kg/m^3 . Zaradi finejše celične strukture ima boljšo (nižjo) toplotno prevodnost, od $0,030 \text{ W/mK}$ do $0,035 \text{ W/mK}$. Njegova slabost je le ta, da je nekoliko dražji, vendar se odlično obnese na mestih, kjer je v neposrednem stiku z vodo (toplotna zaščita kletnih sten, obrnjena ravna streha) ali izpostavljen velikim tlačnim (tla skladišč, trgovin, industrijskih hal) in nateznim obremenitvam (Kralj, 2009).



Slika 6: Tri najpomembnejše lastnosti ekstrudiranega polistirena (Toplotne izolacije iz ekstrudiranega polistirena URSA XPS, 2009)

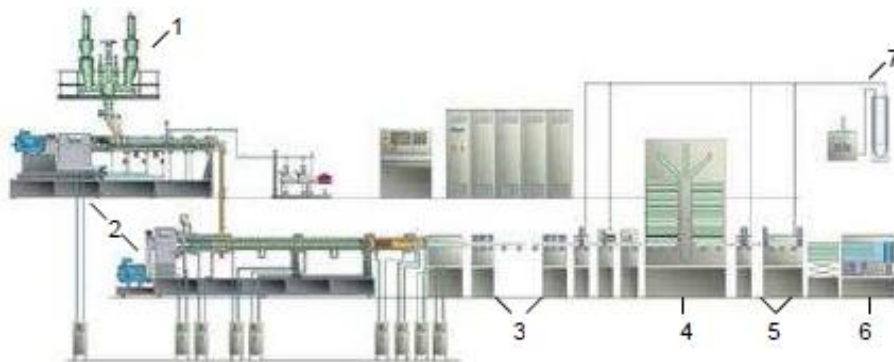
Ekstrudirani polistiren je za zdravje neškodljiv in pri delu z njim ni potrebna nobena zaščita. Poudariti pa je potrebno, da je gorljiv, zato mora biti vgrajen tako, da je zavarovan pred mogočim ognem (Troha, 2008). Ekstrudirani polistiren je v primerjavi z navadnim, tj. belim ekspandiranim polistirenom obarvan v značilni barvi proizvajalca.

Tehnično fizikalne karakteristike toplotnoizolacijskega materiala iz ekstrudiranega polistirena so odvisne predvsem od vrste penilca ter od velikosti, oblike in orientacije celic. Sama gostota ima v tem primeru zanemarljiv vpliv.

Za izdelavo XPS so potrebni ogljikov dioksid, etanol, različna penila in dodatki proti gorenju. Sestavine zmešajo in jih v posebnem valju (ekstruder) pri visoki temperaturi in tlaku raztalijo. Ekstruder s polžnim vijakom je v osnovi sestavljen iz vsipnega lijaka, polža in iz glave (izstopne šobe). Polžni vijak potiska material proti glavi ekstrudorja. Ta predstavlja kalup, skozi katerega izstopa neskončen trak, ki se v nadaljnjih postopkih oblikuje v želeno obliko – plošče različnih širin in debelin ter različnih oblik stranskih robov in oblike površine. Kalup za ekstrudiranje mora talino oblikovati v polproizvod zahtevanega preseka, homogene celične strukture in zahtevanega stanja površine. Še posebno pomembna zahteva pri izdelavi je, da se v izdelku ne smejo pojavljati t.i. »mrtvi koti« (Troha, 2008).

Tehnološki proces izdelave XPS je sestavljen iz številnih operacij:

- skladiščenje trdnih in tekočih (delno lahko vnetljivih) komponent – tudi pod visokim tlakom,
- doziranje trdnih in tekočih komponent,
- mešanje in segrevanje pod visokim tlakom ter termično oblikovanje z ekstruzijo,
- hlajenje, mehansko oblikovanje z rezanjem, površinsko segrevanje izdelkov,
- embaliranje v termoskrčljivo folijo,
- skladiščenje na odprti ali le nadkriti deponiji in
- zbiranje odrezkov, drobljenje in vračanje v proces (Troha, 2008).



1 – avtomatiziran dozirni sistem; 2 – (dvodelni) ekstruder; 3 – valjčne proge;
4 – »Paternoster«; 5 – vzdolžno in prečno oblikovanje robov ter obdelava površine;
6 – avtomatizirana pakirna linija; 7 – silos (povratno povezan s sistemom reciklaže)

Slika 7: Proizvodnja linija izdelave XPS (Krauss Maffei Berstorff, 2010)

2.4 ALUMINIJ IN ZLITINE

Aluminij (srebrnomodrikaste bele barve), ki ima kemični simbol Al, je izmed vseh kovin v zemlji skoraj najbolj razširjen, saj ga je v njej kar za 7,5 %. Spada med lahke kovine, njegove zlitine pa imenujemo lahke zlitine. Kristalizira v ploskovno centrirani kubični mreži, zato tvorita ploskev in smer sistem premikanja dislokacij (Vodopivec, 2002). Elastični modul aluminija je $E = 70 \text{ GPa}$ in je trikrat manjši od elastičnega modula α -železa. Gostota aluminija je $2,7 \text{ g/cm}^3$ in je 2,9-krat manjša od gostote α -železa. Tali se pri 931 K (658 °C). Aluminij je dober prevodnik toplote in elektrike (2/3 prevodnosti bakra), kar ne velja za njegove legirne elemente, saj mu povečujejo električno upornost. Aluminij ni magneten, je pa obstojen v organskih kislinah. Odporen je proti koroziji, saj zelo hitro nastane plast Al_2O_3 , ki je malo permeabilna (prevodna) za difuzijo. Lahko ga lakiramo ali emajliramo (Čermelj in sod., 1983).

2.4.1 Aluminijeve zlitine

Aluminij proizvodimo različno čist. Njegova čistoča znaša od 98 % do 99,9 %. Najpogostejši primesi sta Fe – železo in Si – silicij. Če dodajamo raztaljenemu aluminiju druge snovi, dobimo zlitine z zelo različnimi lastnostmi. Najpogostejše zlitine so:

- Al-Mn (za pokrivanje streh in se dobro varijo),
- Al-Mg (kemično zelo obstojne),
- Al-Mg-Mn (odporne proti morski vodi),
- Al-Mg-Si (dobra električna prevodnost),
- Al-Cu-Si-Mn (visoka trdnost, kovna zlitina),
- Al-Zn-Mg (uporabna za gradnjo raznih vozil),
- Al-Zn-Mg-Cu (visoka trdnost, se ne varijo) (Bezjak, 1993).

Mehanske lastnosti zlitin so odvisne od mehanizma utrditve in na splošno velja, da se pri večanju trdnosti zmanjšujeta plastičnost in žilavost. Kaljene aluminijeve zlitine, ki vsebujejo elemente bakra, silicija in mangana dosegajo natezno trdnost nekaterih konstrukcijskih jekel.

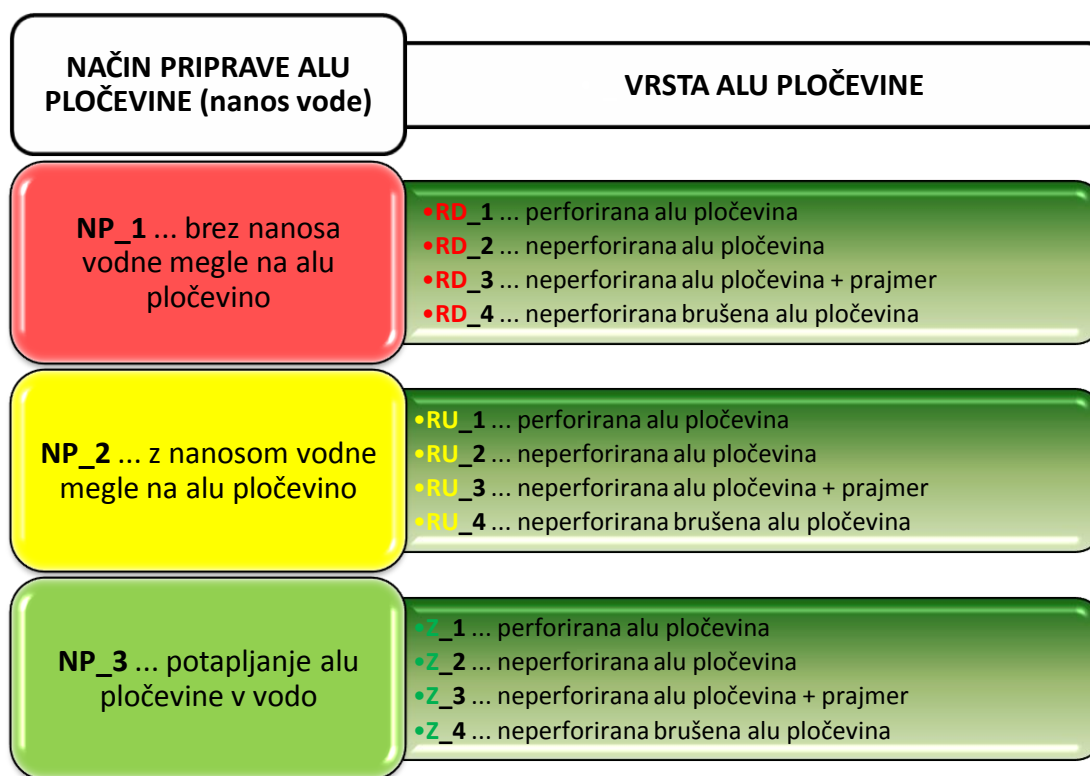
Aluminij je v tehniki zelo uporaben, zlasti v obliki zlitin. V gradbeništvu ga uporabljamo za strešne kritine in fasade, okenske okvire, vrata, stopniščne ograje in tudi za opremo lokalov. S pridom se uporablja v letalski in avtomobilski industriji in v industriji železniških vagonov. V ladjedelništvu ga uporabimo za ladijske nadgradnje in tudi za trupe čolnov. V velikih količinah pa se ga uporablja za embalažne izdelke (folije, pločevinke, tube itd.) za gospodinjске in številne druge predmete, ki nas spremljajo na vsakem koraku. Uporablja se za električne vodnike, plašče kablov, kondenzatorje, žice idr. (Bezjak, 1993).



Slika 8: Različni profilirani polproizvodi iz aluminija (Prodajni program Pako d. o. o., 2010)

3 MATERIAL IN METODE

V raziskavi za diplomsko nalogo smo proučevali kakovost zlepljenosti med različnimi materiali poda počitniške prikolice. Uporabili smo različne materiale (topolovo vezano ploščo, ekstrudirani polistiren in štiri vrste aluminijaste pločevine), ki smo jih zlepili s poliuretanskim lepilom v lepljence velikosti 860 mm × 200 mm. Iz teh smo nato izdelali manjše preizkušance dimenzij 50 mm × 50 mm, ki smo jih razslojili na testirnem stroju in jim določili delež loma po površini alu pločevine.

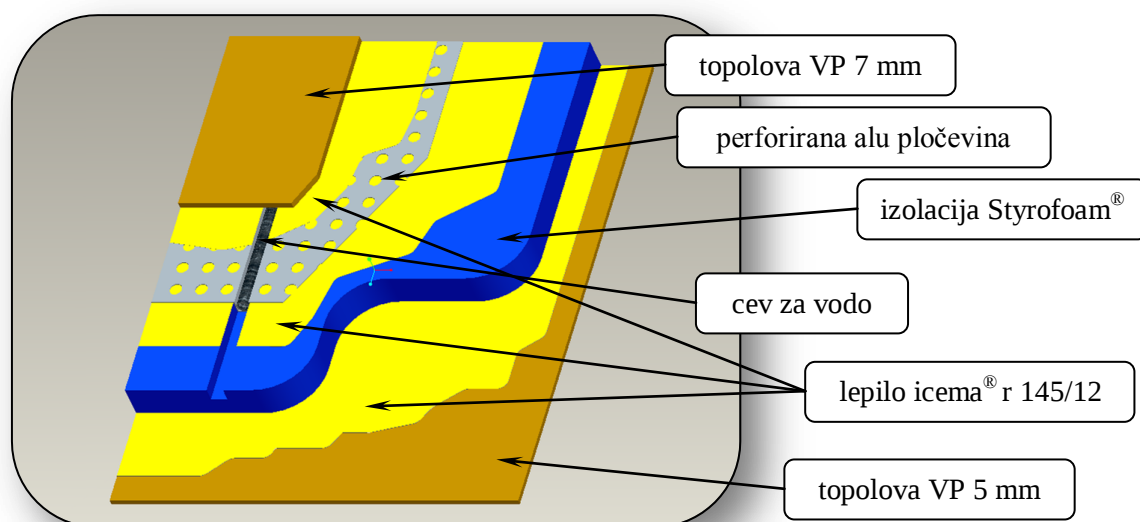


Slika 9: Načini priprave alu pločevine (nanos vode) in vrsta alu pločevine

3.1 MATERIAL

Pod počitniške prikolice lahko obravnavamo kot kompozit, saj je sestavljen iz štirih osnovnih materialov, ki jih med seboj povezuje poliuretansko lepilo (PUR). Ogrodje poda predstavljajo masivne smrekove letve različnih dimenzij, ki potekajo vzdolžno in prečno, gledano na smer vožnje. Na spodnji strani je uporabljena topolova vezana plošča (4 mm ali

5 mm), ki je zaščitena s črnim vodo odbojnim premazom in tako zmanjša vpijanje vlage. Zgornja stran je ravno tako obložena s topolovo vezano ploščo (6 mm ali 7 mm), s to razliko, da ni impregnirana. Sredinski del tvori ekspanzirani polistiren (stiropor) ali v primeru toplovodnega talnega ogrevanja ekstrudirani polistiren (Adria Mobil, d. o. o. uporablja Styrofoam®). Po kanalih Styrofoam® je speljana aluminijasta cev preseka Ø12 mm, obdana s PVC materialom, po kateri kroži topla voda (50 °C – 70 °C). Za prenos toplote po večji površini poda pa služijo aluminijaste pločevine širine 315 mm ter dolžine od 330 mm do 1000 mm. Izdelan imajo kanal v katerega se vstavi prej omenjena cev. Po kondicioniranju (cca. 18 do 24 ur) se na zgornjo stran poda nalepi še PVC talna obloga, najpogosteje v imitaciji parketa. Pri slednjem se uporabi polivinil-acetatno lepilo.



Slika 10: Sestava poda počitniške prikolice, ki vsebuje toplovodno talno ogrevanje

3.1.1 Uporabljen lepilo – Icema® r 145/12

Icema® r 145/12 je enokomponentno PU lepilo brez vsebnosti topil, ki veže različne materiale ob prisotnosti vlage. Uporabljamo ga za montažna lepljenja najrazličnejših vrst materialov. Lepilo se zelo dobro oprijema na kovine, kot so pocinkano železo, plemenita jekla, grundirana jekla, aluminij, barvne kovine in na plastične materiale: DKS, GF-poliestri, tudi PVC, ABS, na materiale iz lesa in materiale na bazi cementa. Zaradi številnih različnih materialov ter zaradi možnosti velikih razlik v adhezijskih lastnostih je pred uporabo lepila v proizvodnji priporočljiv preizkus oprijema. Tehnični podatki lepila so: gostota ($1,09 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$), odprti čas (pri 20 °C in 50 % relativne vlage) z nanosom vodne megle 7 minut, brez nanosa vodne megle 15 minut, lepilo je rumeno opalne barve, poraba je $100 \text{ g/m}^2 - 200 \text{ g/m}^2$ (odvisno od namena uporabe). Za čiščenje orodja se uporablja ISA-razredčilo tip I, sicer se lepilo uporablja brez razredčila, delavna temperatura pa mora biti najmanj +10 °C. Skladišči se do 6 mesecev pri temperaturi od +5 °C do +25 °C v zaprti embalaži. Odprto embalažo je potrebno zrakotesno zapreti, zaščititi pred vplivom vlage (silikagel) in v čim hitrejšem možnem času porabiti. Icema® r 145/12 reagira pod vplivom vlage v trden trajno elastičen film. Za reakcijo običajno zadostuje že vlaga, ki se nahaja v zraku ali v porah lepljencev. V normalnih razmerah vlago vseeno dodajamo v obliki vodne megle. Povišana vlažnost in povišana temperatura pospešita reakcijo utrjevanja lepila, vplivata na skladiščenje in na t.i. odprti čas ter čas utrjevanja lepila.



Slika 11: Kontejner lepila icema® r 145/12 z na pokrovu nameščenim silikagelom

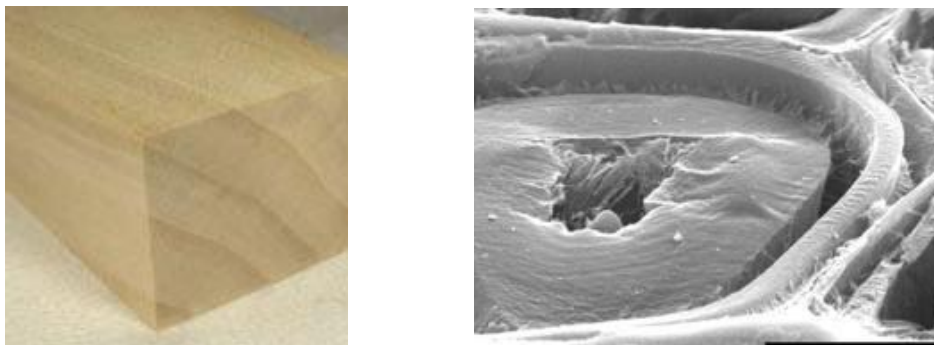
Ob reakciji in utrjevanju nastaja ogljikov dioksid, zato se lepilo v odvisnosti od debeline nanosa, distance spojin delov (prostora med lepljenci), temperature ter tlaka bolj ali manj močno zapeni in tako zapolni reže. Ta lastnost je za večino primerov dobrodošla in predstavlja prednost tega lepila. Pri medsebojnih lepljenjih poroznih materialov, prodira na spojnem mestu nastalo spenjeno lepilo neodvisno od viskoznosti v notranjost lepljencev. V določenih primerih, kadar je takšen način spajanja moteč, lepila ne moremo uporabiti. Pri lepljenju gostejših materialov npr. alu-pločevine s polistirensko trdo peno ali PUR trdo peno, obstaja zato nevarnost mehurjenja spojenih materialov zaradi penjenja lepila, ki v takem primeru ne more prosto ekspandirati. V takih slučajih si lahko pomagamo z izdelavo t.i. odzračevalnih kanalov, ki jih zažagamo v peno 1 do 2 mm globoko. Časi stiskanja so odvisni od temperature in vlažnosti. V kolikor lepilni film ovlažimo, veljajo naslednji orientacijski časi stiskanja: pri +20 °C cca. 30 minut, pri +40 °C cca. 12 minut, pri +60 °C cca. 5 minut. V tem času je običajno dosežena takšna trdnost spojin delov, da omogoča nadaljnjo obdelavo. Končna trdnost je dosežena šele v nekaj dneh (HB Fuller, 1995).

3.1.2 Uporabljena drevesna vrsta topol

Topol (*Populus alba*) je hitrorastoča drevesna vrsta, ki doseže višino do 30 m, njen prsni premer pa na dobrih tleh tudi do 50 centimetrov (Pipa, 1997).

Kot že samo ime pove, je les belkastosiv, lahko tudi rdečkast do rjavkast. Spada med raztreseno porozne listavce, ki imajo jedrovino obarvano temneje. Branike so izrazite in široke z ozkim področjem temnejšega kasnega lesa. Pri razžagovanju najdemo v širokih branikah vlaknasto površino, kar je dokaz prisotnosti reakcijskega lesa (tenzijski les). Je med redkejšimi domačimi lesnimi vrstami in je ena izmed vrst lesa, ki imajo najnižjo gostoto pri nas (gostota $\rho_0 = 370...410...520 \text{ kg/m}^3$). Les nima dekorativnega videza, zato ga uporabljajo za dele pohištva, ki niso vidni, manj obremenjene notranje konstrukcije ali pri elementih, ki morajo biti predvsem lahki. Slednjo lastnost izkoriščajo v industriji športnih letal, uporablja pa se tudi za struženje, papir in celulozo. Topolov les je homogen in se malo krči, je mehek in ni odporen na insekte ter glive. Stabilnost lesa je dobra. Obrabna trdnost je visoka. Dobro se obdeluje, pri čemer pa morajo biti rezila ostra. Pri

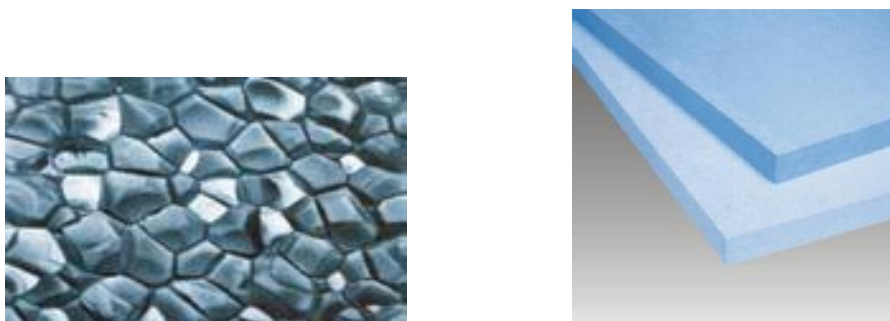
lepljenju in luženju ne povzroča večjih težav, med tem ko je njegova slabost v tem, da je pri sušenju nagnjen k pokanju (Čufar, 2001).



Slika 12: Topolov les (levo) in celica na kateri se vidi prisotnost tenzijskega lesa pri topolu (desno) (Oxford Journals, 2010)

3.1.3 Uporabljen izolacijski material – Styrofoam®

Ekstrudirana polistirenska pena Styrofoam® je eden najučinkovitejših izdelkov za toplotno izolacijo. Styrofoam® XPS proizvajajo z nepretrganim postopkom ekstrudiranja: v ekstruderju se stopijo polistirenske granule brez penilca, nato pa se v ekstruder pod visokim tlakom brizga penilec, ki se raztopi v polistirenski talini. Penilec s talino zapusti ekstruder skozi režo matrice, nato pa se razširi in povzroči penjenje polistirena v obliki plošče s homogeno strukturo in strukturo zaprtih celic.



Slika 13: Tipična struktura zaprtih celic pene Styrofoam XPS (levo) in plošči Styrofoam XPS (desno) (Uporaba ekstrudirane polistirenske pene Styrofoam v toplotnoizolacijskih sistemih fasad, 2010)

Različice v reži matrice omogočajo, da se debelina plošče giblje od 20 do 200 mm. Ko plošča pride iz hladilnega območja, se robovi obrežejo. Gladka koža pene, ki je posledica

postopka ekstrudiranja, ostane na ploščah, iz določenih vrst plošč pa se jo mehansko odstrani (s skobljanjem), in sicer za boljšo moč lepljenja v kombinaciji z materiali kot so beton, malta ali v našem primeru les in aluminijasta pločevina. Ekstrudirana polistirenska pena Styrofoam® ne vsebuje kapilar, kar je posebej pomembno pri zunanjih zidnih površinah, ki so blizu tal. Tako skozi peno pod ometom tekoča voda ne more prehajati.

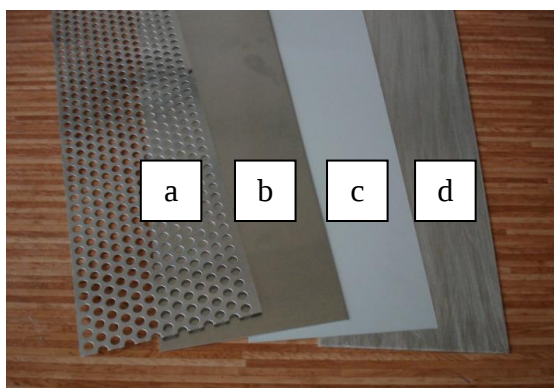
Homogena struktura Styrofoam® XPS zagotavlja večjo natezno trdnost pravokotno na površino plošče, kot velja za druge izolacijske proizvode uporabljene v sistemih toplotnoizolacijskih fasad. Poleg tega Styrofoam® kaže visoko odpornost proti silam, ki so posledica mehanskih pritrditev. Zaradi robustnosti je Styrofoam® idealen za uporabo v težkih pogojih na delovišču. Ekstrudiran polistiren je termoplastična snov, kot je ekspandirani polistiren, zato pri temperaturnih spremembah kaže podobno dimenzijsko stabilnost. Styrofoam® je visokoelastičen: zaradi enakomerne strukture in prožnosti lahko brez težav absorbira celo upogibno napetost. Na testiranju je Styrofoam® XPS dosegel odlične rezultate. Tako je pri pogoju, da je absorpcija vode pri delnem potopu po 24-ih urah nižja od 1 kg/m^3 , njegova vrednost zgolj malo nad nič. Natezna trdnost je minimalno zahtevano vrednost presegla štiri do petkrat (400 kPa do 500 kPa), med tem ko je strižna trdnost tudi do dvanajstkrat višja (200 kPa do 250 kPa), kar zagotavlja precejšnjo mehansko varnost. Poleg tega, da se Styrofoam® odlično obnese pri zelo nizkih temperaturah, pa ga s pridom uporabljajo tudi v deželah s toplim podnebjem. Ob predvideni zunanji temperaturi 35°C in 65-odstotni relativni vlažnosti zunanjega zraka na celotnem preseku zidu ni nikakršne kondenzacije (Uporaba ekstrudirane ... , 2010).

Glavne prednosti Styrofoam® XPS so:

- visoka odpornost proti absorpciji vode,
- struktura zaprtih celic v celotni peni, ni kapilar, med celicami ni praznin,
- visoka strižna trdnost, da lahko vzdrži težo sistema,
- visoka natezna trdnost,
- visoka odpornost pred udarci in
- ustrezna učinkovitost prenosa pare, zaradi katere v zmernih toplih podnebjih ni nevarnosti kondenzacije.

3.1.4 Uporabljena alu pločevina

Aluminij je material, ki ima zelo dobro toplotno prevodnost. V ta namen so tudi uporabljene alu plošče pri podu počitniške prikolice. V raziskavi smo se usmerili v njihovo obliko oz. površinsko strukturo. Pod prvo smatramo, da je pločevina cela ali perforirana, pod drugo pa, da je njena površina brušena ali z nanesenim prajmerjem.



Slika 14: Uporabljena alu pločevina: a) perforirana, b) neperforirana, c) neperforirana z nanesenim prajmerjem in d) neperforirana brušena

3.2 METODE

3.2.1 Priprava materiala in lepljenje preizkušancev

Preizkušance smo izdelali v podjetju Adria Mobil d. o. o., kjer smo dobili tudi vse potrebne materiale in delovno orodje. Za diplomsko nalogo smo uporabili isto sestavo kompozita, kot je ta pri vgrajenem podu počitniške prikolice, le da preizkušanci niso vsebovali cevke (v njej kroži topla voda) in PVC talne obloge. Prva nima takšnega vpliva na trdnost, gledano kot celota, druga pa ni predmet obravnave in s tem povezanimi iskanimi rezultati.

Najprej smo pripravili posamezne materiale z nadmerami, pri čemer smo upoštevali, da bomo kasneje iz enega zlepljenega elementa dobili 24 preizkušancev. Prvotne dimenzije materialov so bile pri topolovi VP 860 mm × 200 mm, pri XPS 840 mm × 180 mm in pri alu pločevini 800 mm × 150 mm. Tako je nadmera lepljencev po dolžini na vsaki strani znašala 100 mm ter po širini 50 mm. Le-to smo nato odrezali in na ta način odstranili

površino, ki ima zaradi večje vezave vlage iz okolice drugačne lastnosti zlepljenja, kot pa kompozit v sredini.



Slika 15: Načrt krojenja elementa iz katerega smo izdelali preizkušance

Aluminijasta pločevina je zahtevala nekaj dodatne obdelave. Pri prvih treh smo površino razmastili z 96 % alkoholom, zadnjo pa smo predhodno brusili z brusnim papirjem granulacije 80 in nato očistili z omenjenim sredstvom. Pred samim pričetkom lepljenja smo na topolove VP napisali posamezne pripadajoče oznake, saj je kasnejše ločevanje oz. razlikovanje med posameznimi variantami skorajda nemogoče. Pri tem smo uporabili tri barve, ki predstavljajo:

- RDEČA – brez nanosa vodne megle na alu pločevino,
- RUMENA – nanos vodne megle na alu pločevino in
- ZELENA – potapljanje alu pločevine v vodo.

Obenem je imel vsak kos tudi oznako, sestavljeno iz dveh števil, pri čemer prvo predstavlja vrsto alu pločevine, drugo pa zaporedno številko preizkušanca iz posamezne variante (npr.: 1_1, perforirana pločevina_zap. št. 1). Vrste pločevin si sledijo: 1 – perforirana alu pločevina; 2 – neperforirana alu pločevina; 3 – neperforirana alu pločevina z nanesenim prajmerjem in 4 – neperforirana brušena alu pločevina.

Lepilo smo nanašali ročno z valjčkom, zato smo se pred pričetkom lepljenja prepričali o količini nanosa lepila na površino. Po navodilih proizvajalca lepila (HB Fuller, 1995) naj bi ta znašala med 100 g/m² in 200 g/m². Naš nanos je bil v povprečju 175,6 g/m², kar zadosti temu pogoju. Parametri na hidravlični stiskalnici so bili sledeči: temperatura zgornje in spodnje plošče 55 °C, tlak stiskanja 7 barov in čas stiskanja 420 s.

Preglednica 1: Tabelarni prikaz opravil pri lepljenju in za to potreben čas

OPRAVILO	ČAS [s]
polaganje Styrofoama®	40
nanos lepila na zgornjo stran Styrofoama®	
NP_1 - /; NP_2 - nanos vodne megle; NP_3 – potapljanje alu pločevine v vodo	
polaganje alu pločevine	
čakanje	60
nanos lepila na alu pločevino, oz. pri NP_3 na topolovo 7 mm VP	90
nanos vodne megle	
polaganje topolove 7 mm VP	30
čakanje + obračanje elementov	70
nanos lepila na spodnjo stran Styrofoama®	70
nanos vodne megle	
polaganje topolove 5 mm VP	40
stiskanje v hidravlični stiskalnici	420



Slika 16: Tehtanje količine nanosa lepila (levo) in stiskanje v hidravlični stiskalnici (desno)

Tako smo dobili dvanajst različnih variant za proučevanje zlepljenja lesa z aluminijem in ekstrudiranim polistirenom ter aluminija z ekstrudiranim polistirenom. Pred preizkusom smo na spodnji in zgornji strani preizkušancem dodali še dve vezani plošči, med sabo zamaknjeni pod kotom 90°, ki sta nam omogočili vpetje v trgalne čeljusti.

3.2.2 Ugotavljanje razslojne trdnosti

Testiranje preizkušancev smo izvedli na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete. Vzorce smo testirali po preteku 72-ih ur od lepljenja po standardu SIST EN 319:1996, s pomočjo trgalnega stroja Zwick Z100. Omenjeni standard je primarno namenjen za iverne in vlaknene plošče. Njegove osnovne zahteve so: velikost preizkušancev 50 mm × 50 mm, čas do loma 60 ± 30 sekund in minimalno število 8 preizkušancev na skupino. V našem primeru smo jih uporabili 10, pri katerih smo nato dodatno ocenjevali lom po površini alu pločevine, česar standard v osnovi ne predvideva. Vsakemu preizkušancu smo s kljunastim merilom pred vpetjem v stroj izmerili dolžino in širino na dve decimalki natančno, ter jih vpisali v računalniški program. Na podlagi dimenzij in meritev sile loma smo po enačbi (1) dobili rezultat razslojne trdnosti:

$$f_{t\perp} = \frac{F_{max}}{a \cdot b} \quad \dots (1)$$

F_{max} ... maksimalna sila [N]

a ... širina preizkušanca [mm]

b ... dolžina preizkušanca [mm]

$f_{t\perp}$... razslojna trdnost pravokotno na površino preizkušanca [N/mm²]



Slika 17: Preizkus razslojne trdnosti na trgalnem stroju Zwick Z100

4 REZULTATI

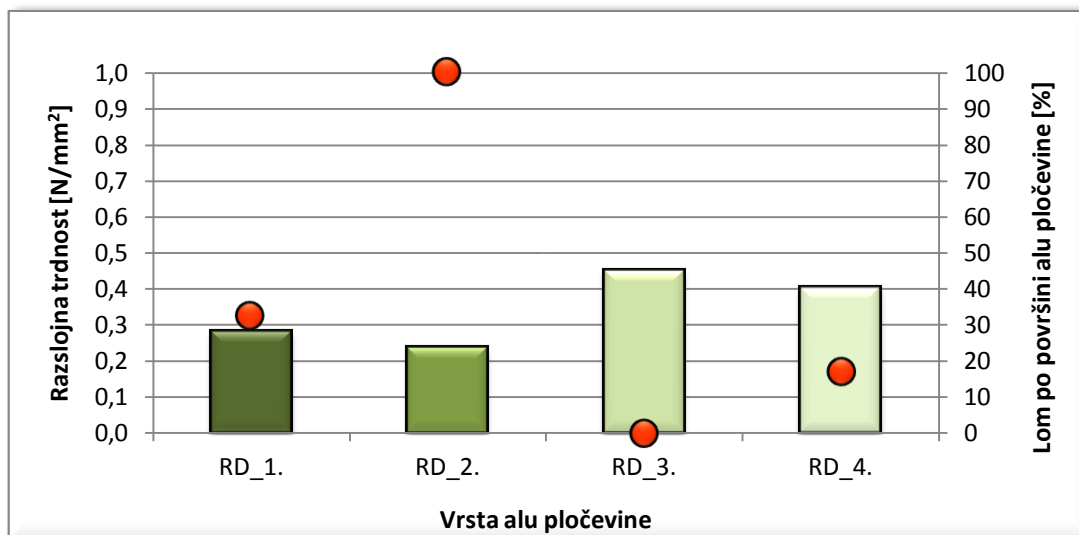
4.1 REZULTATI MERJENJA RAZSLOJNE TRDNOSTI IN OCENA LOMA PO POVRŠINI ALU PLOČEVINE

V preglednici 2 so prikazane razslojne trdnosti in odstotek loma po površini alu pločevine z osnovno statistiko pri različnih vrstah pločevin v primeru, ko nismo nanašali vodne megle na alu pločevino.

Preglednica 2: Razslojna trdnost in delež loma po površini alu pločevine za način priprave NP_1

NAČIN PRIPRAVE NP_1 - brez nanosa vodne megle na alu pločevino	perforirana alu pločevina (RD_1)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,28	32
		najmanjša vrednost	0,24	20
		največja vrednost	0,31	45
		standardni odklon	0,02	9
		koeficient variacije [%]	8	28
	neperforirana alu pločevina (RD_2)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,24	100
		najmanjša vrednost	0,20	100
		največja vrednost	0,32	100
		standardni odklon	87,48	0,04
		koeficient variacije [%]	15	0
	neperforirana alu pločevina + prajmer (RD_3)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,45	0
		najmanjša vrednost	0,39	0
		največja vrednost	0,51	0
		standardni odklon	0,04	0
		koeficient variacije [%]	10	0
	neperforirana brušena alu pločevina (RD_4)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,41	17
		najmanjša vrednost	0,33	0
		največja vrednost	0,46	50
		standardni odklon	0,05	20
		koeficient variacije [%]	12	118

Na sliki 17 so prikazani rezultati meritev razslojne trdnosti in delež loma po površini alu pločevine v odvisnosti od načina nanosa vode, vrste pločevine in obdelave le-te.



Slika 18: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) po površini alu pločevine pri načinu priprave NP_1

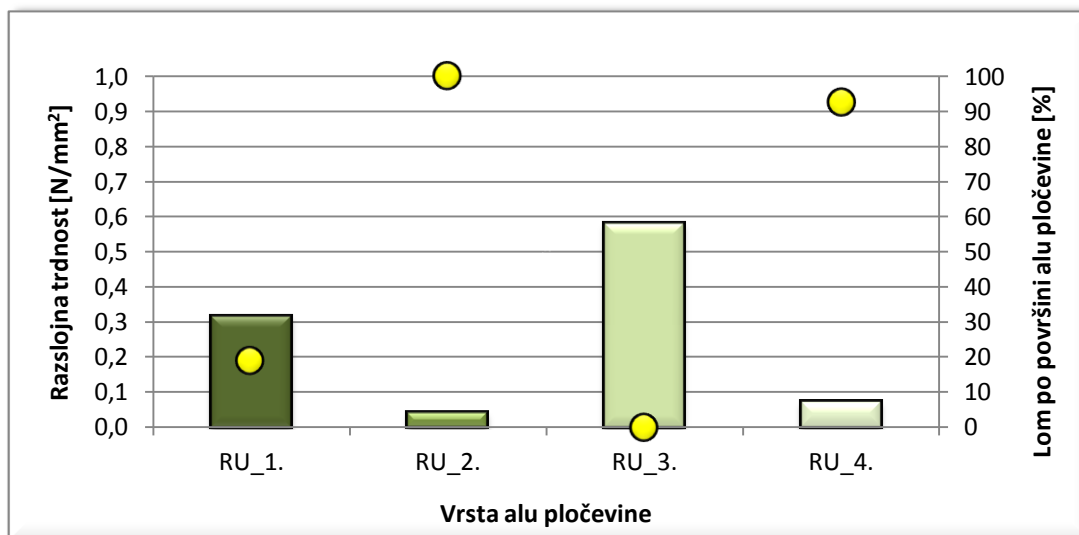
Pri načinu priprave NP_1 po prvem nanosu lepila na Styrofoam[®] nismo dodali vodne megle pri nobeni od štirih variant. Iz grafa lahko razberemo, da je bila pri alu pločevini z nanesenim prajmerjem (RD_3) dosežena najvišja razslojna trdnost, in sicer 0,45 N/mm². Sledijo ji neperforirana brušena alu pločevina (RD_4) z vrednostjo 0,41 N/mm², perforirana alu pločevina (RD_1) z razslojno trdnostjo 0,28 N/mm² in na koncu še neperforirana alu pločevina (RD_2), kjer je vrednost razslojne trdnosti 0,24 N/mm². Koeficienti variacije se gibljejo med 8 % in 15 %, kar pomeni, da so podatki dokaj enotni. Imamo kompozit, pri katerem ni lepilo nikoli popustilo po površini alu pločevine (RD_3) in na drugi strani kompozit, ki se je vedno razslojil po omenjeni površini (RD_4). Naslednji, ki se najbolj približajo idealnemu lomu so preizkušanci RD_4, saj je njihov lom po ocenjevanju površini 17 %. Obstoječa pločevina, ki ima 1/3 loma po alu površini, se tako tudi po tem ocenjevanju uvrsti na tretje mesto. Kot smo videli kasneje, se je ta skupina preizkušancev (brez nanosa vode) kot celota izkazala za najboljšo, kar pa seveda ne podaja pravilne oz. iskane rešitve, saj za nas pride v veljavo najboljša posamezna varianta in ne celota.

V preglednici 3 so prikazane razslojne trdnosti in odstotek loma po površini alu pločevine z osnovno statistiko pri različnih vrstah pločevin v primeru, ko smo nanašali vodno meglo na alu pločevino.

Preglednica 3: Razslojna trdnost in delež loma po površini alu pločevine za način priprave NP_2

NAČIN PRIPRAVE NP_2 - z nanosom vodne megle na alu pločevino	perforirana alu pločevina (RU_1)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,32	19
		najmanjša vrednost	0,28	0
		največja vrednost	0,37	40
		standardni odklon	0,04	13
		koeficient variacije [%]	11	69
	neperforirana alu pločevina (RU_2)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,04	100
		najmanjša vrednost	0,00	100
		največja vrednost	0,12	100
		standardni odklon	122,91	0,05
		koeficient variacije [%]	118	0
	neperforirana alu pločevina + prajmer (RU_3)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,58	0
		najmanjša vrednost	0,48	0
		največja vrednost	0,69	0
		standardni odklon	0,08	0
		koeficient variacije [%]	15	0
	neperforirana brušena alu pločevina (RU_4)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,07	92
		najmanjša vrednost	0,04	80
		največja vrednost	0,10	100
		standardni odklon	0,02	8,25
		koeficient variacije [%]	31	9

Na sliki 18 so prikazani rezultati meritev razslojne trdnosti in delež loma po površini alu pločevine v odvisnosti od načina nanosa vode, vrste pločevine in obdelave le-te.



Slika 19: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) po površini alu pločevine pri načinu priprave NP_2

Pri načinu priprave NP_2 smo vodo nanašali v obliki vodne megle in sicer na vse tri lepilne površine. Tudi v tem primeru se z $0,58 \text{ N/mm}^2$ najbolj izkaže alu pločevina z nanosenim prajmerjem (RD_3). S kar 45 % slabšim rezultatom ($0,32 \text{ N/mm}^2$) ji na drugem mestu sledi pločevina, ki se sedaj uporablja v proizvodnji (RU_1). Ostali dve pločevini imata bistveno slabša rezultata. Tako na primer pri alu pločevini, ki ima brušeno površino (RU_4), razslojna trdnost znaša $0,07 \text{ N/mm}^2$, med tem ko pri neperforirani alu pločevini (RU_2) znaša zgolj $0,04 \text{ N/mm}^2$. Pri RU_2 je opaziti tudi velik koeficient variacije, skoraj 120 odstoten. Od prvotnih 24-ih preizkušancev jih je bilo moč testirati zgolj 5, saj so se ostali razplastili že med razžagovanjem. Tukaj je potrebno poudariti tudi to, da je v večini primerov pri omenjenih dveh skupinah prišlo do loma med 30-imi sekundami od pričetka delovanja sile. Enako kot pri razslojni trdnosti, se preizkušanci razvrstijo na lestvici, kjer ocenjujemo lom po površini alu pločevine. Pri perforirani pločevini se odstotek loma glede na prejšnji način zmanjša za 40 %, kar pomeni 40 % boljši rezultat, oz. 19 % lom po površini alu pločevine. Pri vseh pločevinah gre za korelacijo med obema postavkama, torej manjša površina loma po površini alu pločevine, višja dosežena razslojna trdnost in obratno. To velja tudi za neperforirano brušeno pločevino (RU_4), ko jo primerjamo z

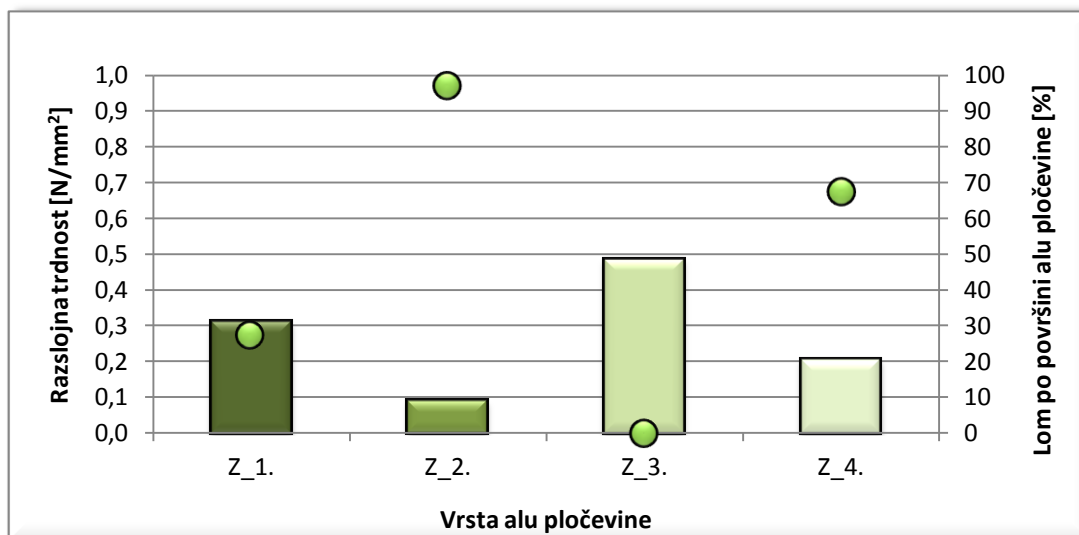
neperforirano pločevino (RU_2). V številkah to pomeni 92,5 % in $0,07 \text{ N/mm}^2$ proti 100 % in $0,04 \text{ N/mm}^2$.

V preglednici 4 so prikazane razslojne trdnosti in odstotek loma po površini alu pločevine z osnovno statistiko pri različnih vrstah pločevin v primeru, ko smo alu pločevino potapljali v vodo.

Preglednica 4: Razslojna trdnost in delež loma po površini alu pločevine za način priprave NP_3

NAČIN PRIPRAVE NP_3 - potapljanje alu pločevine v vodo	perforirana alu pločevina (Z_1)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,31	28
		najmanjša vrednost	0,26	5
		največja vrednost	0,35	50
		standardni odklon	0,03	13
		koeficient variacije [%]	9	47
	neperforirana alu pločevina (Z_2)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,09	97
		najmanjša vrednost	0,03	85
		največja vrednost	0,14	100
		standardni odklon	108,27	0,04
		koeficient variacije [%]	47	7
	neperforirana alu pločevina + prajmer (Z_3)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,49	0
		najmanjša vrednost	0,44	0
		največja vrednost	0,54	0
		standardni odklon	0,03	0
		koeficient variacije [%]	7	0
	neperforirana brušena alu pločevina (Z_4)	statistični parametri	razslojna trdnost [N/mm ²]	lom po površini alu pločevine [%]
		srednja vrednost	0,21	68
		najmanjša vrednost	0,05	0
		največja vrednost	0,46	100
		standardni odklon	0,13	31
		koeficient variacije [%]	63	46

Na sliki 19 so prikazani rezultati meritev razslojne trdnosti in delež loma po površini alu pločevine v odvisnosti od načina nanosa vode, vrste pločevine in obdelave le-te.



Slika 20: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogi) po površini alu pločevine pri načinu priprave NP_3

Pri načinu priprave NP_3 smo alu pločevine potopili v kad z vodo. Po merilu kakovosti zlepljenosti dobljeni rezultati izkazujejo, da se v večini primerov preizkušanci uvrščajo v sredo med predhodna načina testiranja. Izjemi sta ponovno dve skrajnosti, ki sta dejansko v vseh treh načinih priprave enaki. To je 0 % lom po alu površini pri alu pločevinah z nanesenim prajmerjem in 100 % lom pri neperforiranih alu pločevinah. Test je pokazal, da je pri tem načinu najprimerneje uporabiti pločevino Z_3, ki doseže vrednost 0,49 N/mm². Najslabšo razslojno trdnost (0,09 N/mm²) pa bi dosegli, če bi uporabili pločevino Z_2. Za povprečno se izkaže Z_4, pri kateri se rezultat glede na način NP_2 izboljša za trikratno vrednost na 0,21 N/mm². Tudi lom se bistveno izboljša ter tako ostane pod mejo 68 %. Dokaj solidno se izkaže pločevina Z_1, pri kateri trdnost doseže vrednost 0,31 N/mm², delež loma pa 27,5 odstotkov. Koeficienta variacij pločevine Z_1 in Z_3 sta si dokaj podobna (9 % in 7 %), ravno tako pločevini Z_2 in Z_4, pri čemer pa imata bistveno višji vrednosti (47 % in 46 %). Dobro ju orišeta grafa (priloga T in priloga X), na katerih se vidi neenakomeren potek krivulj. Raznolikost jasno prikažejo tudi dobljeni časi, ki so bili potrebni, da je prišlo do porušitve elementov. V večini primerov so ti krajši od 30-ih sekund, ki jih narekuje standard.

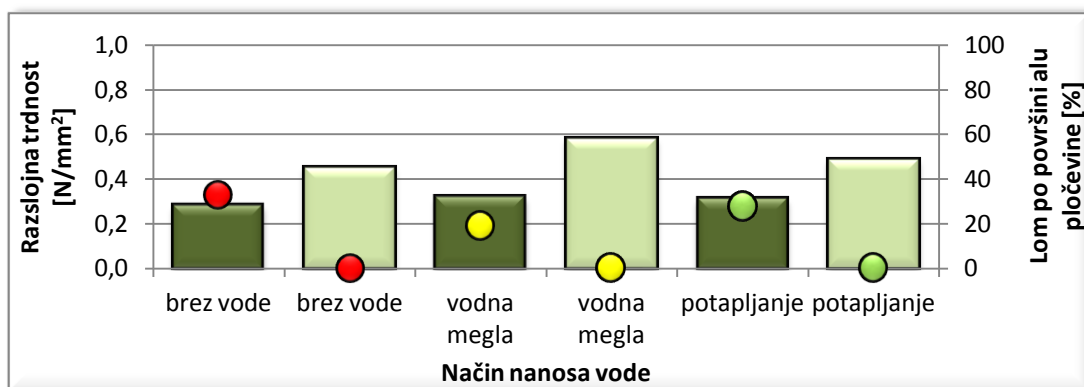
5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

S preizkušanjem razslojne trdnosti smo proučevali kakovost zlepljenosti med različnimi materiali, ki se uporabljajo za izdelavo poda počitniške prikolice. Ugotovili smo, da je potrebno za visoke adhezijske sile in dobro obstojnost proti staranju vso površino alu pločevin predhodno očistiti s krpo, ki jo pomočimo v 98 % alkohol. Alu pločevina je namreč umazana, kar se pokaže pri čiščenju, saj so bile povsem bele krpe na koncu zelo umazane od maščob in prašnatih delcev. Prav tako pomembno je, da so površine hrapave, saj s povečano hrapavostjo povečamo delujočo aktivno površino. Že med samo pripravo preizkušancev se je izkazalo, da imamo pri skupini z neobdelano alu pločevino (RU_2) zelo slab lepilni spoj. Od štiriindvajsetih pridobljenih kosov se jih je med razžagovanjem razslojilo kar devetnajst. Vzrok za takojšnjo razplastitev lahko v večji meri pripišemo površini pločevine, ki ni porozna oz. groba in tako lepilu onemogoči oprijem. Dodatni negativni učinek je prispevala voda v obliki vodne megle, ki je pospešila kemijsko reakcijo in posledično prehitro utrditev. Povsem gladek lom po spodnji strani alu površine je nastal tudi pri ostalih dveh skupinah Z_2 (slika 19) in RD_2 (slika 17), s tem da smo potrebovali za porušitev strukture pri prvi v povprečju $0,09 \text{ N/mm}^2$ in pri drugi $0,24 \text{ N/mm}^2$. Tako lahko vidimo, da ima tudi način nanosa vode na površino, ko gledamo znotraj skupin z enako uporabljeno pločevino, pomembno vlogo. Opazili smo, da se pri nanosu s šobo voda po celotni površini razporedi v drobnih kapljicah, med tem ko pri potapljanju dobimo večje kaplje, ki bodisi spolzijo iz alu površine ali pa se mestoma združijo v večje skupine. Na teh območjih se opazi, kako zaradi prisotnosti vode popusti lepilni film, tako na strani alu pločevine kot tudi na strani ekstrudiranega polistirena. Ostala lepilna površina, ki ni prišla v direkten stik s kapljami vode je dejansko absorbirala samo manjšo količino vlage in zato dosegla višjo trdnost. Neperforirana oz. neobdelana alu pločevina in enaka dodatno brušena pločevina dosežeta boljše rezultate razslojne trdnosti v primeru, ko jima ne dodamo vode, med tem ko je pri perforirani in alu pločevini z nanesenim prajmerjem situacija ravno obratna. Torej dodatno navlaževanje z vodno meglo izboljša razslojno trdnost.

Potapljanje pločevine v vodo zagotovi solidno razslojno trdnost, vendar pa ima eno bistveno slabost. Lepila ni moč nanašati na alu pločevino, ki je predhodno navlažena. Voda onemogoči oprijem nanašalnega valja z lepilom na podlago. Da smo se pri testiranju izognili tej nevšečnosti, smo lepilo nanесли na vezano ploščo, česar pa ne moremo narediti pri redni proizvodnji. Potrebovali bi dodatne površine ob sestavljalni mizi, za nameček pa je manipulacija vezanih plošč z nanesenim lepilom bistveno težavnejša.

Pri izdelavi preizkušancev se najbolje izkaže neperforirana alu pločevina z nanesenim prajmerjem, ki je izmed dvanajstih testiranih različic v vseh pogledih na vrhu. Ima bistveno boljše lastnosti kot do sedaj uporabljena alu pločevina (slika 20). Kot smo že predhodno omenili, so tudi tu znotraj enakih pločevin razlike, katerih vzrok je način nanosa vode. Največjo razslojno trdnost poda bomo dosegli, če bomo na vse tri površine lepila nanесли vodo v obliki vodne megle (NP_2). Ker potrebujemo pri tem načinu dodatni čas za brizganje in nam ponuja prvi način (NP_1) povsem zadovoljive rezultate, je sprejemljivejše izbrati slednjega. Torej brez nanosa vodne megle. Rezultat je kar za 61 % boljši kot pri perforirani alu pločevini, ki je bila do sedaj vgrajena v pod prikolicе in na katero ravno tako niso nanašali vode. Pomemben podatek je tudi ta, da pri alu pločevinah z nanesenim prajmerjem nikoli ne pride do loma po površini pločevine. Vedno je popustilo lepilo v stiku z izolacijskim materialom ali izolacijski material znotraj svoje strukture. Tako ocenjujemo, da z istim izolacijskim materialom in morda drugo uporabljeno (boljšo) vrsto alu pločevine ni moč doseči višje trdnosti, kot smo jo dobili pri preizkušancih z nanesenim prajmerjem na površini kovine in dodatnim navlaževanjem z vodno meglo.



Slika 21: Razslojna trdnost (stolpci) in delež loma (krogci) perforirane alu pločevine (temno zelena) in alu pločevine z nanesenim prajmerjem (svetlo zelena) ob različnih načinih nanosa vode

5.2 SKLEPI

Z opravljeno raziskavo smo ugotovili, da je kakovost zlepljenosti med posameznimi uporabljenimi vrstami aluminijastih pločevin, kakor tudi med načini oblik nanosa vode na površino, zelo različna. Tako je denimo potapljanje pločevine v vodo pred lepljenjem povsem neuporabno, saj ne dopušča nanosa lepila z valčkom na površino, na kateri je že predhodno voda. V nekaterih primerih se izkaže, da je bolje, če na površino ne nanašamo nikakršne dodatne vlage. To se je pokazalo predvsem pri neperforirani in neperforirani brušeni alu pločevini. V nasprotju je perforirano in alu pločevino z nanesenim prajmerjem zaželeno poškopiti z vodno meglo, saj ta pospeši kemijsko reakcijo PUR lepila in lepilo bolje utrdi. Razslojna trdnost je v teh primerih za 12 % do 28 % boljša, kot če bi izpustili brizganje z vodno meglo.

Za doseganje kvalitetnih lepilnih spojev je neizogibno potrebno površino alu pločevin dobro razmastiti in odstraniti nečistoče. Pri tem lahko uporabimo milnico ali kot v našem primeru 96 % alkohol. Boljše rezultate bomo dosegli tudi v primeru, če bo površina pločevine groba. To dosežemo z brušenjem, pri čemer se lahko poslužimo brusnih papirjev, jeklene volne ali žičnih krtač. Obstoječa varianta (pločevina, ki se sedaj uporablja) po lastnostih ni presegla vseh ostalih preizkušenih pločevin. S tem ovržemo naše predvidevanje, da je za trdnost bistvenega pomena perforirana površina alu pločevine, ki omogoča tvorjenje t.i. sider oz. povezav med topolovo vezano ploščo in Styrofoamom® (ekstrudiranim polistirenom).

Na podlagi teh ugotovitev predlagamo, da se za nadaljnjo uporabo izbere neperforirano alu pločevino z nanesenim prajmerjem. Pri tehnološkem postopku ni potrebno dodajati vlage v obliki vodne megle, saj za zadovoljive rezultate lepljenja zadostuje že vlaga iz okolice. V kolikor se odločimo za nanos vodne megle, dosežemo višjo razslojno trdnost, vendar se čas za izdelavo podaljša, kar pa ni zaželeno.

Nova uporabljena alu pločevina z nanesenim prajmerjem je po izračunu cenovno ugodnejša in tako tudi v tem pogledu sprejemljivejša od alu pločevine, ki se je uporabljala sedaj.

6 POVZETEK

V zadnjih nekaj letih se pri ogrevanju stanovanjskih prostorov čedalje pogosteje uporablja talno ogrevanje. Trend se je razširil tudi na bivalne enote za prosti čas, kamor spadajo tudi počitniške prikolic. Zaradi večanja števila produktov in visoke cene materiala, ki se vgrajuje v pod omenjenih izdelkov, smo si za diplomsko nalogo zadali cilj poiskati novo ugodnejšo rešitev aluminijaste pločevine, ki se uporablja v podih prikolic kot prenosnik toplote. Ta naj bi imela enake ali boljše mehanske lastnosti zlepljenja z ostalimi materiali (razslojno trdnost) in bila cenovno ugodnejša.

Za izhodišče smo izbrali štiri različno obdelane aluminijaste pločevine, izmed katerih se je ena v rednih serijah uporabljala do sedaj. Te smo kombinirali s tremi različnimi oblikami nanosa vode na površino alu pločevine. Preizkušance smo izdelali v podjetju Adria Mobil d. o. o., kjer smo dobili tudi ves potreben material. Slednjega smo vzeli iz redne proizvodnje, tako da izkazuje enake lastnosti, kot se pojavljajo pri končnih produktih. Preizkušanci so imeli enako sestavo, kot jo zasledimo pri vgrajenih podih, in sicer topolovo vezano ploščo (7 mm), izolacijski material iz ekstrudiranega polistirena (40 mm), alu pločevino (0,5 mm), topolovo vezano ploščo (5 mm) in poliuretansko (PUR) lepilo, ki predstavlja vezni člen. Da bi lahko napovedali obnašanje zlepljenosti novih alu pločevin z ostalimi materiali, smo izdelali dvanajst različnih skupinam oz. 288 vzorčnih kosov od katerih smo jih 144 mehansko razslojili. Dobljenim preizkušancem smo na spodnji in zgornji strani dodali še dve vezani plošči, ki sta nam omogočili vpetje preizkušancev v trgalni stroj Zwick Z100, s katerim smo ugotavljali razslojno trdnost. Zatem smo s pomočjo mreže, narisane na prozorno folijo, ocenili delež loma po površini alu pločevine.

Ugotovili smo, da je za doseganje visoke razslojne trdnosti potrebno površino alu pločevine dobro očistiti. Boljše rezultate dobimo tudi v primeru, ko je površina dodatno obdelana z brušenjem ali krtačenjem, saj se tako poveča aktivna površina lepljenja. Pri kompozitih, ki vsebujejo neperforirano ali neperforirano brušeno alu pločevino, predstavlja najšibkejši člen ravno adhezija med PUR lepilom in kovinsko površino. Ta je bila nekoliko boljša v primeru grobe površine in nedodajanja dodatne vlage. Poleg naštetega smo

proučevali tudi način nanosa vode na površino. Pri prvem je šlo za brizganje vodne megle s pomočjo šobe (NP_2), med tem ko smo pri drugem načinu pločevine potapljali v vodo (NP_3). Slednji se je izkazal za hitrejšega, vendar je prinesel slabše rezultate in kar je bistveno, onemogočil nanašanje PUR lepila na vlažno površino. Na podlagi te ugotovitve smo ga ocenili kot neuporabnega za našo proizvodnjo. Samo dodajanje vode, ne glede na način nanosa, je pokazalo, da se je trdnost v nekaterih primerih povečala (RU_1 in RU_3), v drugih pa zmanjšala (RU_2 in RU_4), kar je odvisno od vrste uporabljene pločevine. Opazili smo, da je presežek vode povzročil prehitel potek reakcije utrjevanja PUR lepila, ki privede do zamreženja znotraj lepila, ne zagotovi pa želene adhezije med lepljenimi materiali. Ugotovili smo, da je bila najvišja trdnost dosežena pri neperforirani alu pločevini z nanosenim prajmerjem ($0,50 \text{ N/mm}^2$), nato ji je sledila do sedaj uporabljena perforirana alu pločevina ($0,30 \text{ N/mm}^2$), z nekoliko slabšim rezultatom ($0,23 \text{ N/mm}^2$) neperforirana brušena alu pločevina in na koncu še neperforirana alu pločevina ($0,12 \text{ N/mm}^2$). V enakem zaporedju so se razvrstili preizkušanci po ocenjevanju loma po površini alu pločevine. Tako smo dobili dve skrajni obliki, pri čemer z odličnimi 0 % loma po površini alu pločevine predstavlja alu pločevina z nanosenim prajmerjem ter na drugi strani s 100 % lomom po površini alu pločevine predstavlja neperforirana (neobdelana) alu pločevina. Ostali dve alu pločevini sta se uvrstili vmes, s tem da je imala neperforirana brušena pločevina slabši rezultat. Pri perforirani pločevini smo mnenja, da so ključnega pomena pri doseganju trdnosti prav izdelane odprtine, skozi katere lepilo poveže med seboj topolovo vezano ploščo in ekstrudirani polistiren. Na kovinski površini namreč nismo zaznali ostankov lepilnega filma, kar bi pomenilo, da tudi ta prispeva k doseženemu rezultatu. Odločilno vlogo pri tretji vrsti pločevine pa prispeva nanosen prajmer, ki tvori dobre adhezijske sile s poliuretanskim lepilom.

Na podlagi teh ugotovitev smo se odločili, da pri izdelavi podov počitniških prikolic v nadaljnje uporabljamo neperforirano alu pločevino z nanosenim prajmerjem brez dodajanja vlage. Za zadovoljive rezultate zadostuje že vlaga iz okolice.

Na novo izbrana pločevina se tako ne samo približa, ampak močno preseže predhodno pločevino v obeh poglavitnih zahtevah, torej se bolj kakovostno lepi z ostalimi materiali in je cenovno sprejemljivejša.

7 VIRI

Backović M. 1996. Lijepljenje u tehnologijama prerade drveta. Sarajevo, Bosna Public: 396 str.

Bezjak J. 1993. Preiskava materiala. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 136 str.

Čermelj S., Sovič B., Strnad J., Kladnik R., Vizjak-Pavšič M. 1983. Enciklopedija tehnike. Ljubljana, Cankarjeva založba: 755 str.

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

HB Fuller Austria. 1995. Tehnični list Icema[®] r 145/12. Wels, Podjetje HB Fuller Austria

Kariž M., Šega B. 2008. Gradivo in navodila za vaje pri predmetu Furnir in lepljen les. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 76 str.

Kralj D. 2009. Predelava izolativnih materialov. Maribor, Založba Pivec: 216 str.

Krauss Maffei Berstorff. 2010.

http://www.berstorff.de/servlet/control/wtk_page/PublicSite@de/wtk_invoker/PublicViewLoader/wtk_doc_id/64578/wtk_c_my_ADDITIONAL_PARAM/WWW_ARTICLE_VIEW/wtk_status/8612679 (4. julij 2010)

Lukšič S. 2005. Moja zgodba je Adria. Novo mesto, Adria Mobil d. o. o.: 200 str.

Marra A.A. 1992. Technology of wood bonding, Principles in practice. New York, Van Nostrand Reinhold: 454 str.

Mervič B. 1962. Sintetična lepila in njihova uporaba. Ljubljana, Tehniška šola KRML: 287 str.

Oxford Journals. 2010.

<http://aob.oxfordjournals.org/populus.wood> (14. maj 2010)

Pipa R. 1997. Anatomija in tehnologija lesa. Ljubljana, Lesarska založba: 136 str.

Prodajni program Pako d. o. o. 2010.

http://www.pako.si/sl/program.asp?id_strani=588 (25. maj 2010)

Resnik J. 1989. Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 103 str.

Vodopivec F. 2002. Kovine in zlitine . Ljubljana, Inštitut za kovinske materiale in tehnologijo: 474 str.

SIST EN 319 – Iverne in vlaknene plošče – Določanje razplastne trdnosti pravokotno na površino plošče. 1996.

Šega B. 2003. Osnove lepljenja lesa. Študijsko gradivo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 62 str.

Šernek M. 2007. Furnir in lepljen les. Študijsko gradivo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Talno in stensko ogrevanje. 2010. Bodi PROFI forum (17. marec 2010)

<http://forum.bodiprofi.si/viewtopic.php?f=2&t=94> (18. maj 2010)

Talno ogrevanje. 2006. Termo shop d. o. o.

<http://www.termoshop.si/index.php?x=talno> (18. maj 2010)

Toplotne izolacije iz ekstrudiranega polistirena URSA XPS. 2009. PeG podatkovniki

<http://www.peg-online.net/ursa-pip-pip-t-podne-izolacijske-plosce-1> (14. maj 2010)

Troha B. 2008. Izboljšava tehnološkega procesa izdelave ekstrudiranega polistirena. Diplomsko delo. Kranj, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede: 77 str.

Uporaba ekstrudirane polistirenske pene Styrofoam v toplotnoizolacijskih sistemih fasad. 2010. Ravago d. o. o.

[http://www.ravago.si/docs/clanek Styrofoam uporaba ekstrudirane polistirenske pene .pdf](http://www.ravago.si/docs/clanek_Styrofoam_uporaba_ekstrudirane_polistirenske_pene.pdf) (14. maj 2010)

Uradna spletna stran Adria Mobil, d. o. o. Novo mesto. 2009.

<http://www.adria-mobil.com/default.cfm?t=SL&d=SL&j=Sl&kat=03&remember=0> (3. julij 2010)

ZAHVALA

Najprej bi se rad zahvalil staršema, ki sta mi študij omogočila, in sestri Andreji, ki je z mano preživela dobršen del študijskega življenja. Ravno tako se zahvaljujem vsem sostanovalkam Anji, Jasmini, Jožici, Maji in Mateji. Zaradi njih bo ostalo obdobje študija še v lepšem spominu.

Hvala lepa mentorju izr. prof. dr. Milanu Šerneku, ki je prisluhnil moji želji in mi dajal napotke pri izpeljavi in oblikovanju naloge. Recenzentu doc. dr. Sergeju Medvedu se zahvaljujem, za strokovni pregled diplomske naloge. Oba sta svoje delo v zelo kratkem času opravila profesionalno, kar mi veliko pomeni.

Hvala vsem profesorjem in asistentom, ki so svoje znanje podelili tudi meni, še posebej Mirku Karižu za pomoč pri izvedbi laboratorijskih testov.

Petri Kmet se zahvaljujem, da si je vzela čas in v najkrajšem možnem času lektorirala delo.

Vsem sodelavcem iz podjetja Adria Mobil d. o. o. se zahvaljujem za vso pomoč, nasvete, informacije in izkušnje pridobljene ob delu v podjetju.

Marku Filipiču in Francu Kalčiču se iskreno zahvaljujem za prijeten začetek, prijaznost in vpeljava v delo, ki ga opravljam.

Še posebej bi se rad zahvalil gospe Branki Dajčman, ki se je ves čas izobraževanja zanimala za moje rezultate in me podpirala na poti. Hvala za skrb.

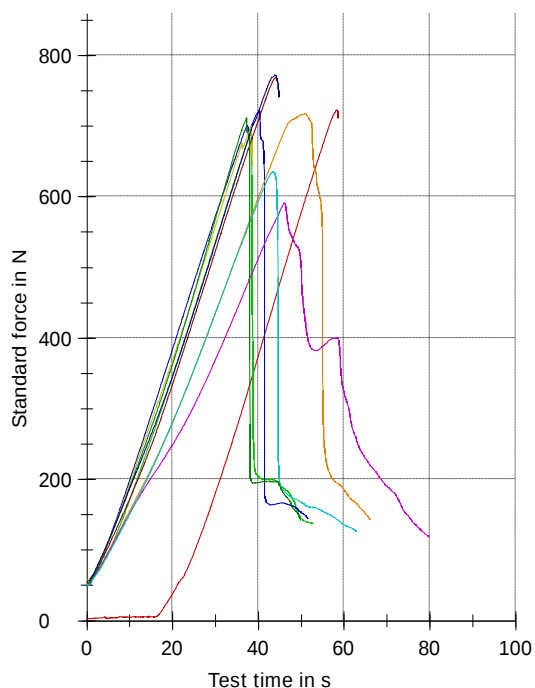
Življenju bi nekaj manjkalo, če ne bi imel ob sebi prijateljev in sošolcev. Hvala za sodelovanje, potrpežljivost in zaupanje vame.

PRILOGE

Priloga A: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na perforirano alu pločevino (RD_1)

NAČIN PRIPRAVE – brez nanosa vodne megle na alu pločevino (NP_1)					
perforirana alu pločevina (RD_1)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	49,94	49,98	723	0,29	45
2	50,14	49,90	687	0,27	30
3	50,20	49,97	723	0,29	20
4	50,06	49,95	718	0,29	40
5	50,18	49,94	591	0,24	25
6	50,07	49,97	635	0,25	45
7	50,16	49,90	700	0,28	35
8	50,30	49,82	770	0,31	20
9	50,40	50,00	712	0,28	35
10	50,34	49,99	773	0,31	30
statistični rezultati					
srednja vrednost			703,20	0,28	32,50
minimalna vrednost			591,00	0,24	20,00
maksimalna vrednost			773,00	0,31	45,00
vzorčni standardni odklon			55,71	0,02	9,20
KV [%]			7,92	8,12	28,32

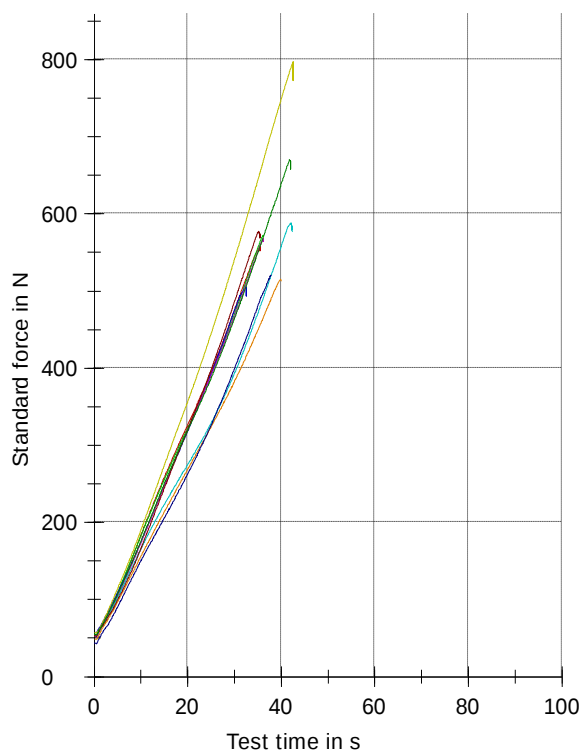
Priloga B: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na perforirano alu pločevino (RD_1)



Priloga C: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino (RD_2)

NAČIN PRIPRAVE – brez nanosa vodne megle na alu pločevino (NP_1)					
alu pločevina brez perforacije (RU_2)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,37	50,00	558	0,22	100
2	49,95	50,58	572	0,23	100
3	50,23	49,96	507	0,2	100
4	50,10	49,98	515	0,21	100
5	50,27	49,96	568	0,23	100
6	50,32	50,01	588	0,23	100
7	50,12	50,04	798	0,32	100
8	49,87	50,77	577	0,23	100
9	50,48	50,05	670	0,27	100
10	50,53	50,06	521	0,21	100
statistični rezultati					
srednja vrednost			587,40	0,24	100,00
minimalna vrednost			507,00	0,20	100,00
maksimalna vrednost			798,00	0,32	100,00
vzorčni standardni odklon			87,48	0,04	0,00
KV [%]			14,89	15,04	0,00

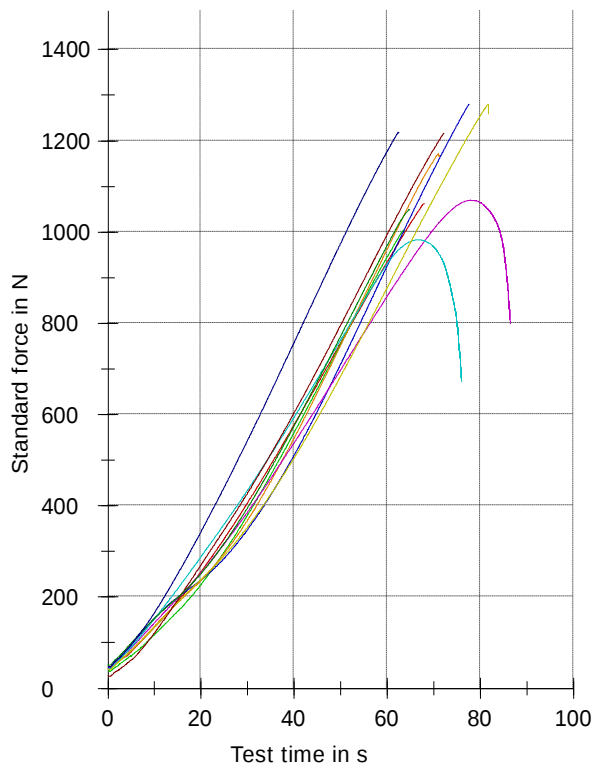
Priloga D: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino (RD_2)



Priloga E: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino z nanosenim prajmerjem (RD_3)

NAČIN PRIPRAVE – brez nanosa vodne megle na alu pločevino (NP_1)					
alu pločevina brez perforacije + prajmer (RD_3)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	49,99	50,12	1060	0,42	0
2	50,24	50,26	1000	0,4	0
3	50,47	49,98	1280	0,51	0
4	50,60	50,17	1170	0,46	0
5	50,17	50,07	1070	0,43	0
6	50,21	50,04	983	0,39	0
7	50,21	50,01	1280	0,51	0
8	50,22	50,07	1220	0,48	0
9	50,18	50,29	1050	0,42	0
10	50,17	50,23	1220	0,48	0
statistični rezultati					
srednja vrednost			1133,30	0,45	0,00
minimalna vrednost			983,00	0,39	0,00
maksimalna vrednost			1280,00	0,51	0,00
vzorčni standardni odklon			113,58	0,04	0,00
KV [%]			10,02	9,77	0,00

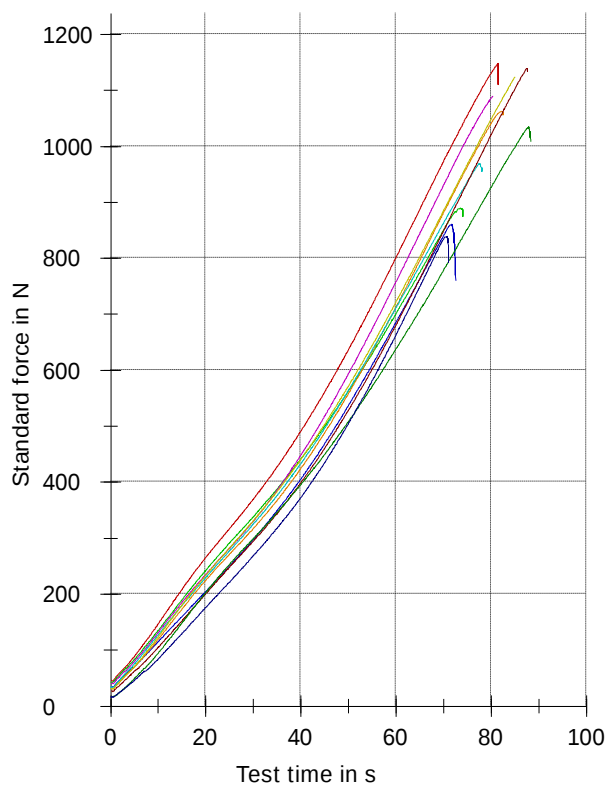
Priloga F: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino z nanosenim prajmerjem (RD_3)



Priloga G: Rezultati testiranja preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RD_4)

NAČIN PRIPRAVE – brez nanosa vodne megle na alu pločevino (NP_1)					
alu pločevina brez perforacije + brušena (RD_4)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,17	49,90	1150	0,46	0
2	50,32	50,06	890	0,35	50
3	50,18	49,97	860	0,34	20
4	50,11	49,52	1060	0,43	50
5	50,11	49,52	1090	0,44	0
6	50,22	49,84	970	0,39	10
7	50,05	49,95	1120	0,45	0
8	50,18	49,90	1140	0,45	0
9	50,09	50,08	1030	0,41	10
10	50,19	49,95	839	0,33	30
statistični rezultati					
srednja vrednost			1014,90	0,41	17,00
minimalna vrednost			839,00	0,33	0,00
maksimalna vrednost			1150,00	0,46	50,00
vzorčni standardni odklon			118,04	0,05	20,03
KV [%]			11,63	12,22	117,81

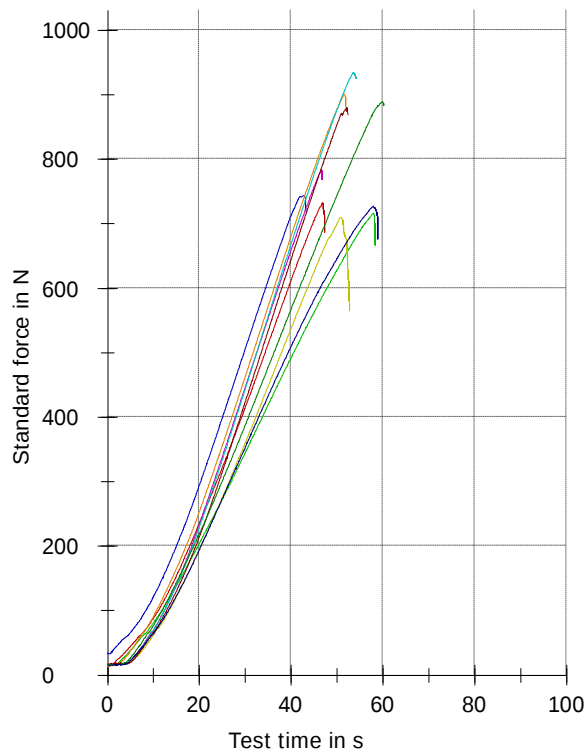
Priloga H: Sila razslojne trdnosti preizkušancev brez nanosa vodne megle (NP_1) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RD_4)



Priloga I: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na perforirano alu pločevino (RU_1)

NAČIN PRIPRAVE – z nanosom vodne megle na alu pločevino (NP_2)					
perforirana alu pločevina (RU_1)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,30	50,13	733	0,29	30
2	50,54	50,27	716	0,28	40
3	50,21	50,23	744	0,29	20
4	50,20	50,03	901	0,36	15
5	50,26	50,07	783	0,31	5
6	50,30	50,17	935	0,37	10
7	50,22	49,98	710	0,28	30
8	50,30	50,25	880	0,35	10
9	50,36	50,25	889	0,35	0
10	50,23	50,10	727	0,29	30
statistični rezultati					
srednja vrednost			801,80	0,32	19,00
minimalna vrednost			710,00	0,28	0,00
maksimalna vrednost			935,00	0,37	40,00
vzorčni standardni odklon			88,89	0,04	13,08
KV [%]			11,09	11,43	68,85

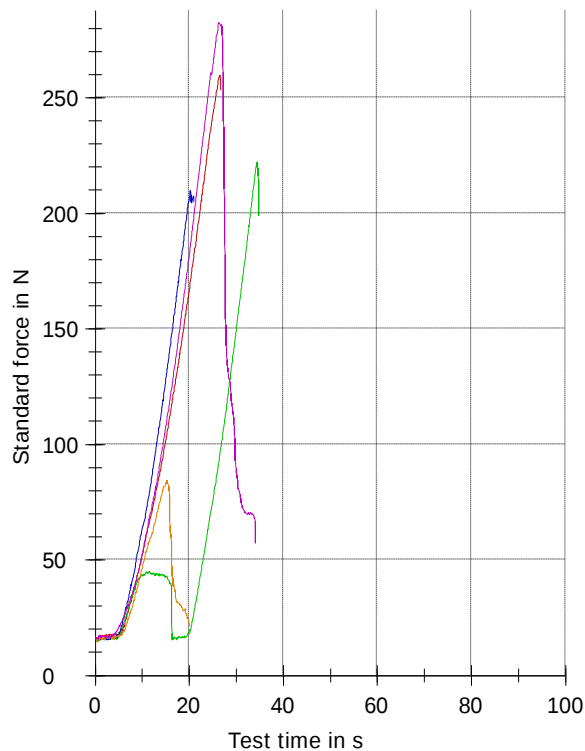
Priloga J: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na perforirano alu pločevino (RU_1)



Priloga K: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino (RU_2)

NAČIN PRIPRAVE – z nanosom vodne megle na alu pločevino (NP_2)					
alu pločevina brez perforacije (RU_2)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,21	50,09	260	0,1	100
2	50,22	50,09	222	0,09	100
3	50,32	50,23	210	0,08	100
4	48,57	50,19	84,3	0,03	100
5	50,28	48,52	283	0,12	100
6	50,37	50,18	0	0	100
7	50,22	49,82	0	0	100
8	50,28	50,03	0	0	100
9	50,26	50,11	0	0	100
10	50,14	50,00	0	0	100
statistični rezultati					
srednja vrednost			105,93	0,04	100,00
minimalna vrednost			0,00	0,00	100,00
maksimalna vrednost			283,00	0,12	100,00
vzorčni standardni odklon			122,91	0,05	0,00
KV [%]			116,03	118,14	0,00

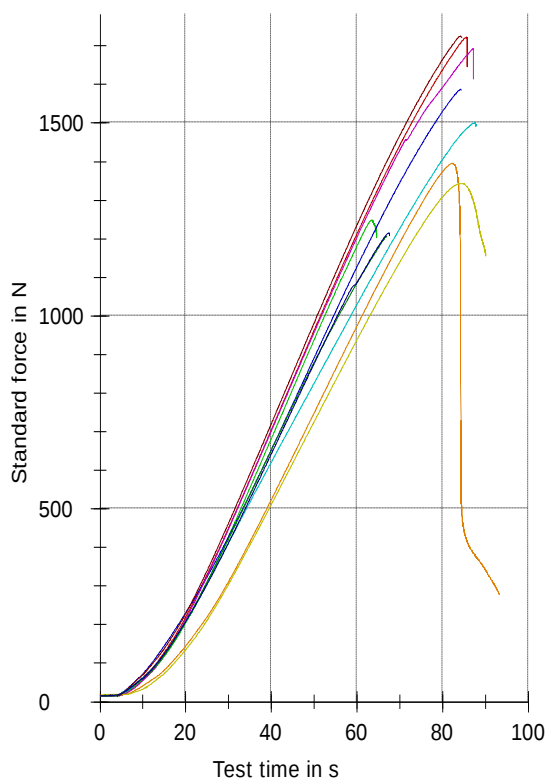
Priloga L: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino (RU_2)



Priloga M: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino z nanosenim prajmerjem (RU_3)

NAČIN PRIPRAVE – z nanosom vodne megle na alu pločevino (NP_2)					
alu pločevina brez perforacije + prajmer (RU_3)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,17	50,07	1720	0,69	0
2	50,32	49,95	1250	0,5	0
3	50,18	50,12	1590	0,63	0
4	50,34	50,17	1400	0,55	0
5	50,28	50,25	1690	0,67	0
6	50,35	50,28	1500	0,59	0
7	50,31	50,09	1340	0,53	0
8	50,14	50,06	1730	0,69	0
9	50,23	50,07	1210	0,48	0
10	50,44	50,32	1220	0,48	0
statistični rezultati					
srednja vrednost			1465,00	0,58	0,00
minimalna vrednost			1210,00	0,48	0,00
maksimalna vrednost			1730,00	0,69	0,00
vzorčni standardni odklon			209,19	0,08	0,00
KV [%]			14,28	14,59	0,00

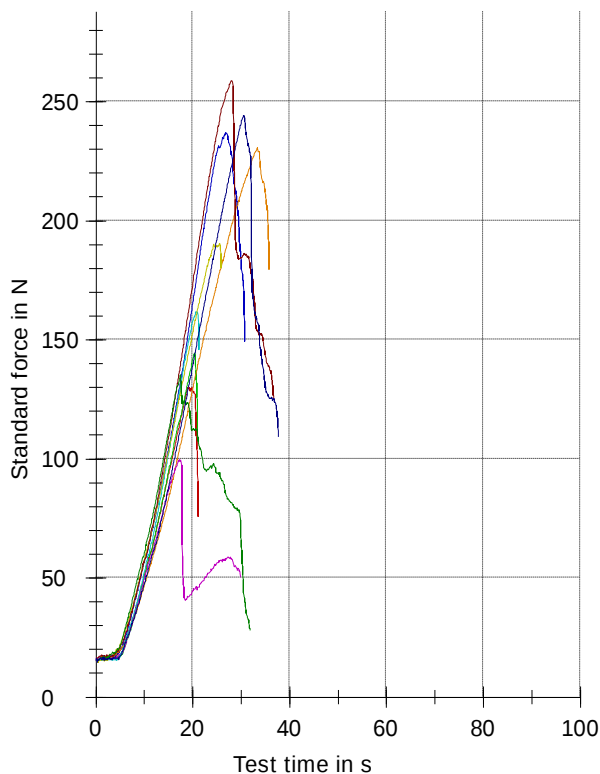
Priloga N: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino z nanosenim prajmerjem (RU_3)



Priloga O: Rezultati testiranja preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RU_4)

NAČIN PRIPRAVE – z nanosom vodne megle na alu pločevino (NP_2)					
alu pločevina brez perforacije + brušena (RU_4)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,20	50,13	130	0,05	100
2	50,21	50,13	144	0,06	100
3	50,34	50,24	237	0,09	95
4	50,37	50,25	231	0,09	85
5	50,24	50,16	99,6	0,04	100
6	50,21	50,28	162	0,06	80
7	50,40	50,24	191	0,08	95
8	50,33	50,23	259	0,1	80
9	50,42	50,13	135	0,05	90
10	50,39	50,31	244	0,1	100
statistični rezultati					
srednja vrednost			183,26	0,07	92,50
minimalna vrednost			99,60	0,04	80,00
maksimalna vrednost			259,00	0,10	100,00
vzorčni standardni odklon			56,58	0,02	8,25
KV [%]			30,87	31,26	8,92

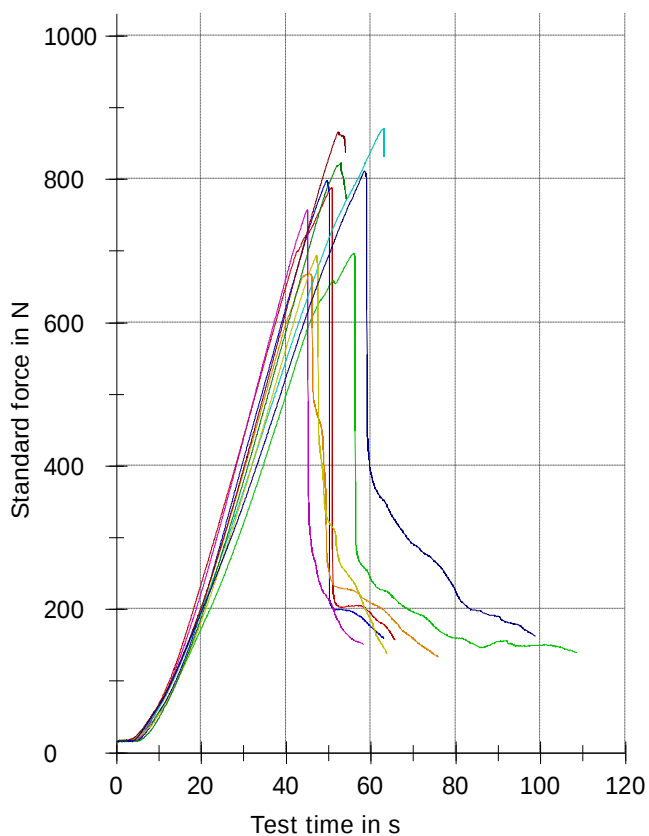
Priloga P: Sila razslojne trdnosti preizkušancev z nanosom vodne megle (NP_2) na neperforirano alu pločevino, ki je bila dodatno brušena (RU_4)



Priloga Q: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) perforirane alu pločevine (Z_1)

NAČIN PRIPRAVE – potapljanje alu pločevine (NP_3)					
perforirana alu pločevina (Z_1)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,30	50,18	788	0,31	30
2	50,29	50,15	697	0,28	30
3	50,33	50,09	798	0,32	50
4	50,34	50,19	669	0,26	35
5	50,30	50,19	757	0,3	20
6	50,11	50,03	871	0,35	5
7	50,29	50,05	695	0,28	35
8	50,26	50,08	866	0,34	30
9	50,26	50,13	823	0,33	30
10	50,43	50,28	812	0,32	10
statistični rezultati					
srednja vrednost			777,60	0,31	27,50
minimalna vrednost			669,00	0,26	5,00
maksimalna vrednost			871,00	0,35	50,00
vzorčni standardni odklon			71,37	0,03	12,96
KV [%]			9,18	9,34	47,14

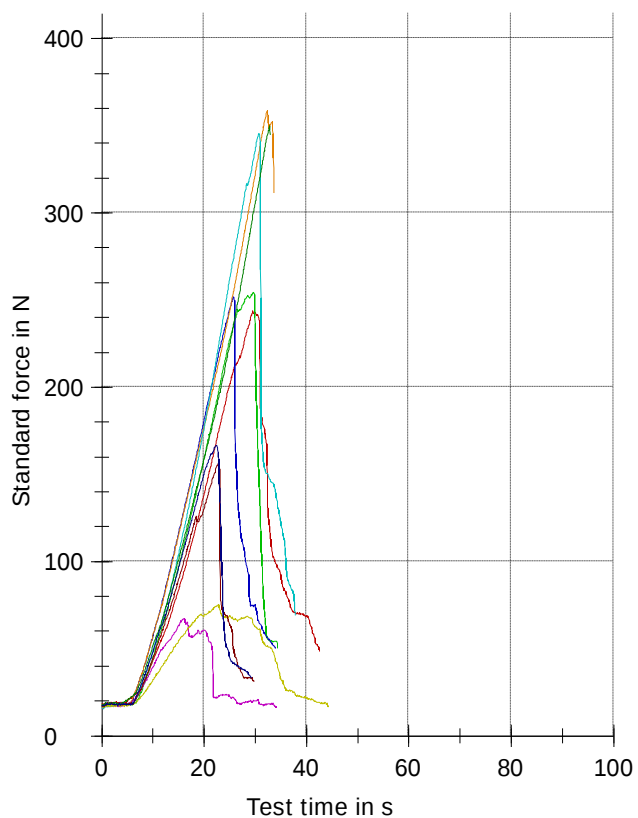
Priloga R: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) perforirane alu pločevine (Z_1)



Priloga S: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine (Z_2)

NAČIN PRIPRAVE – potapljanje alu pločevine (NP_3)					
alu pločevina brez perforacije (Z_2)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,38	50,01	244	0,1	100
2	50,15	50,02	255	0,1	85
3	50,42	50,32	252	0,1	100
4	50,21	50,00	359	0,14	100
5	50,57	50,30	67,6	0,03	100
6	50,10	50,09	346	0,14	100
7	50,08	50,10	75,2	0,03	100
8	50,35	50,10	156	0,06	100
9	50,34	50,03	350	0,14	100
10	50,27	50,01	167	0,07	85
statistični rezultati					
srednja vrednost			227,18	0,09	97,00
minimalna vrednost			67,60	0,03	85,00
maksimalna vrednost			359,00	0,14	100,00
vzorčni standardni odklon			108,27	0,04	6,32
KV [%]			47,66	46,75	6,52

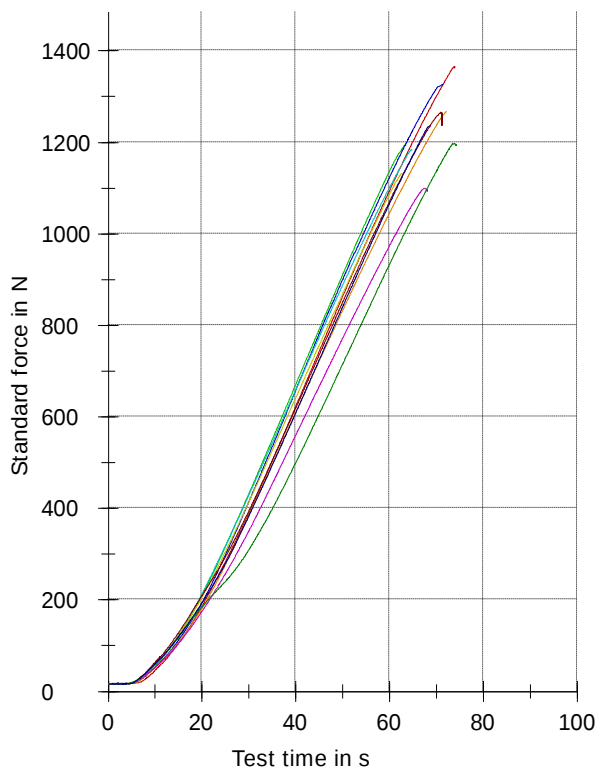
Priloga T: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine (Z_2)



Priloga U: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine z nanesenim prajmerjem (Z_3)

NAČIN PRIPRAVE – potapljanje alu pločevine (NP_3)					
alu pločevina brez perforacije + prajmer (Z_3)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,23	50,17	1370	0,54	0
2	50,41	50,19	1190	0,47	0
3	50,23	50,26	1330	0,53	0
4	50,26	50,05	1270	0,5	0
5	50,30	50,02	1100	0,44	0
6	50,32	50,10	1180	0,47	0
7	50,35	50,22	1130	0,45	0
8	50,23	50,17	1270	0,5	0
9	50,30	50,19	1200	0,47	0
10	50,25	50,20	1240	0,49	0
statistični rezultati					
srednja vrednost			1228,00	0,49	0,00
minimalna vrednost			1100,00	0,44	0,00
maksimalna vrednost			1370,00	0,54	0,00
vzorčni standardni odklon			84,83	0,03	0,00
KV [%]			6,91	6,66	0,00

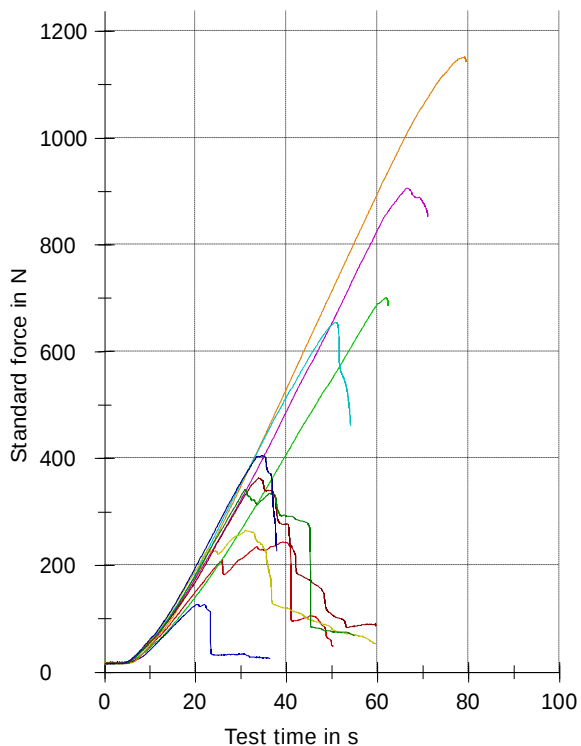
Priloga V: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine z nanesenim prajmerjem (Z_3)



Priloga W: Rezultati testiranja preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine, ki je bila dodatno brušena (Z_4)

NAČIN PRIPRAVE – potapljanje alu pločevine (NP_3)					
alu pločevina brez perforacije + brušena (Z_4)					
št. vzorca	meritve		rezultati Zwick Z100		
	a [mm]	b [mm]	F (lo max) [N]	f (lo t) [N/mm ²]	lom po alu površini [%]
1	50,36	50,12	244	0,1	100
2	50,33	50,26	701	0,28	65
3	50,30	50,30	127	0,05	100
4	50,27	50,20	1150	0,46	0
5	50,38	50,28	906	0,36	50
6	50,30	50,22	656	0,26	40
7	50,42	50,10	265	0,11	85
8	50,26	50,24	363	0,14	65
9	50,33	50,15	342	0,14	85
10	50,40	50,26	405	0,16	85
statistični rezultati					
srednja vrednost			515,90	0,21	67,50
minimalna vrednost			127,00	0,05	0,00
maksimalna vrednost			1150,00	0,46	100,00
vzorčni standardni odklon			326,97	0,13	31,02
KV [%]			63,38	63,14	45,96

Priloga X: Sila razslojne trdnosti preizkušancev s potapljanjem (NP_3) neperforirane alu pločevine, ki je bila dodatno brušena (Z_4)



Priloga Z: Cenovni izračun

Izračun cene garnitur alu pločevin za toplovodno talno ogrevanje sezone 2011 (stara alu pločevina)								
produkt		prikolica ALPINA						
komercialni naziv		743 UK	563 UL	613 PC	663 PT	663 UK	743 UP	
interni naziv		480	481	483	484	486	487	
dimenzija alu pločevine								
širina [mm]	x dolžina [mm]	število elementov [kos]						cena [€/kos]
178	x 330	8	1	0	1	2	2	1,13
178	x 500	4	5	1	2	2	3	1,69
178	x 700	0	0	4	2	1	0	2,37
178	x 1000	1	0	0	2	1	1	3,38
312	x 330	5	8	7	10	9	7	1,49
312	x 500	5	3	9	7	3	2	2,24
312	x 700	0	3	2	5	0	4	3,14
312	x 1000	7	4	4	4	10	10	4,48
cena garniture [€]		114,50	55,53	64,27	79,52	78,32	87,11	
letna količina produkta (sezona 2011)		13	36	30	52	8	32	
cena garniture/leto [€]		1.488,51	1.999,03	1.928,10	4.135,01	626,55	2.787,46	

skupna cena garnitur za sezono 2011 12.964,65 €

Izračun cene garnitur alu pločevin za toplovodno talno ogrevanje sezone 2011 (NOVA alu pločevina)								
produkt			prikolica ALPINA					
komercialni naziv			743 UK	563 UL	613 PC	663 PT	663 UK	743 UP
interni naziv			480	481	483	484	486	487
dimenzija alu pločevine								
širina [mm]	x	dolžina [mm]	število elementov [kos]					
178	x	330	8	1	0	1	2	2
178	x	500	4	5	1	2	2	3
178	x	700	0	0	4	2	1	0
178	x	1000	1	0	0	2	1	1
312	x	330	5	8	7	10	9	7
312	x	500	5	3	9	7	3	2
312	x	700	0	3	2	5	0	4
312	x	1000	7	4	4	4	10	10
kvadratura garniture [m ²]			4,48	3,70	4,40	5,30	5,11	5,59
teža alu pločevine [kg/m ²]			0,83					
cena alu pločevine [€/kg]			6,03					
cena garniture [€]			24,44	20,51	24,01	28,54	27,59	29,97
letna količina produkta (sezona 2011)			13	36	30	52	8	32
cena garniture/leto [€]			317,66	738,40	720,18	1.484,27	220,71	959,08

skupna cena garnitur za sezono 2011 4.440,32 €
+ izdelava kline in prizme za krivljenje profila dolžine 1 m 890,00 €

NOVA končna skupna cena garnitur za sezono 2011 5.330,32 €

izboljšanje 59%

Opomba: v ceno posamezne garniture všteto delo (2 €/garnituro)