

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jaka SORŠAK

**SORPCIJSKE IN NABREKOVALNE ZNAČILNOSTI
IVERNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKA NALOGA

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jaka SORŠAK

SORPCIJSKE IN NABREKOVALNE ZNAČILNOSTI IVERNIH PLOŠČ

DIPLOMSKA NALOGA
Visokošolski strokovni študij

SORPTION AND SWELLING CHARACTERISTICS OF PARTICLE BOARDS

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva, na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa prof. dr. Željka Goriška.

Mentor: doc.dr. Sergej MEDVED

Recenzent: prof.dr. Željko GORIŠEK

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Jaka Soršak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 630*862.2
- KG iverne plošče/higroskopsnost/lepilo/nabrek
- AV SORŠAK, Jaka
- SA MEDVED, Sergej (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2007
- IN SORPCIJSKE IN NABREKOVALNE ZNAČILNOSTI IVERNIH PLOŠČ
- TD Diplomsko delo (visokošolski študij)
- OP VIII, 65 str., 17 pregl., 20 sl., 28 pril., 18 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Na ravnovesno vlažnost plošč vpliva več dejavnikov, med njimi tudi debelina in tip plošče oziroma vrsta lepila. Pri poizkusu smo imeli 4 različne tipe plošč; iz njih smo izžagali 24 vzorčkov dimenzij 50 mm X 50 mm. Te smo najprej navlaževali, in sicer v klimah z relativno zračno vlažnostjo 34 %, 65 %, 75 %, 90 % in 98 % do konstantne mase. Zatem smo postopek obrnili in jih pričeli sušiti. Imeli smo iste klime kot pri navlaževanju. Na koncu smo jih dali še v sušilnik s 103 ± 2 °C. Opazovali smo spremembe mase in nabreka. Najbolje so se obnesli vzorčki P5, zlepljeni z melamin-formaldehidnim lepilom. Tudi vzorčki OSB3, zlepljeni z izocianatnim lepilom, so se dobro obnesli do relativne zračne vlažnosti 90 %, nato pa se je nabrek močno povečal. Pri debelejših in tanjših vzorčkih P2, ki so bili zlepljeni z urea-formaldehidnim lepilom, so se bolje obnesli tanjši vzorčki.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630*862.2
- CX particle boards/hygroscopicity/resin/swelling
- AU SORŠAK, Jaka
- AA MEDVED, Sergej (supervisor)/GORIŠEK, Željko (co-supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2007
- TI SORPTION AND SWELLING CHARACTERISTICS OF PARTICLE BOARDS
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO VIII, 34 p., 17 tab., 20 fig., 28 ann., 18 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Various factors affect the equilibrium moisture content in particle boards; so as thickness of the board, type of the board, and type of the resin. 4 different types of particle boards were used for our experiment. They were cut into 24 samples; their size was 50 mm X 50 mm. First, samples were moistened in a climate with 34 %, 65 %, 75 %, 90 % and 98 % atmospheric humidity, maintaining the constant weight of the particles. After moistening, the boards were dried using the same climates as before, and then put into a dryer with 103 ± 2 °C. Changes of weight and swelling were observed. P5 samples glued by melamine-formaldehyde resin turned out to be the best. OSB3 samples glued by isosyanate resin turned out well up to 90 % humidity; then the swelling increased significantly. Among P2 samples glued by urea-formaldehyde resin the thinner samples turned out to be better from the thicker ones.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO PRILOG	VIII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJI NALOGE	2
2 PREGLED LITERATURE	3
3 MATERIALI IN METODE	6
3.1 MATERIALI.....	6
3.1.1 Iverna plošča	6
3.1.2 Uporabljeno lepilno sredstvo	6
3.2 METODA DELA	9
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	10
4.1 REZULTATI.....	10
4.2 RAZPRAVA.....	22
5 SKLEP	31
6 POVZETEK	32
7 VIRI	33
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri plošči OSB3.....	10
Preglednica 2: Povprečne debeline vseh vzorcev plošče OSB3	11
Preglednica 3: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri debelejši plošči P2.....	12
Preglednica 4: Povprečne debeline vseh vzorcev debelejšje plošče P2	13
Preglednica 5: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri tanjši plošči P2.....	14
Preglednica 6: Povprečne debeline vseh vzorcev tanjše plošče P2.....	15
Preglednica 7: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri plošči P5	16
Preglednica 8: Povprečne debeline vseh vzorcev plošče P5	17
Preglednica 9: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji plošče OSB3	18
Preglednica 10: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji plošče OSB3.....	19
Preglednica 11: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji debelejšje plošče P2.....	19
Preglednica 12: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji debelejšje plošče P2	19
Preglednica 13: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji tanjše plošče P2	20
Preglednica 14: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji tanjše plošče P2	20
Preglednica 15: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji plošče P5	20
Preglednica 16: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji plošče P5	21
Preglednica 17: Nabrek in masa plošč v %.....	22

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči OSB3	10
Slika 2: Povprečje debelin vseh vzorcev plošče OSB3.....	12
Slika 3: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri debelejši plošči P2 ..	13
Slika 4: Povprečje debelin vseh vzorcev debelejše plošče P2	14
Slika 5: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri tanjši plošči P2	15
Slika 6: Povprečje debelin vseh vzorcev tanjše plošče P2.....	16
Slika 7: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči P5.....	17
Slika 8: Povprečje debelin vseh vzorcev plošče P5	18
Slika 9: Primerjava mas pri adsorpciji plošč OSB3 in P5.....	22
Slika 10: Primerjava nabreka pri adsorpciji plošč OSB3 in P5	23
Slika 11: Primerjava mas pri desorpciji plošč OSB3 in P5.....	24
Slika 12: Primerjava skrčka pri desorpciji plošč OSB3 in P5.....	24
Slika 13: Primerjava mas pri adsorpciji debelejše in tanjše plošče P2	25
Slika 14: Primerjava nabreka pri adsorpciji debelejše in tanjše plošče P2	26
Slika 15: Primerjava mas pri desorpciji debelejše in tanjše plošče P2	27
Slika 16: Primerjava skrčka pri desorpciji debelejše in tanjše plošče P2	27
Slika 17: Primerjava mas pri adsorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2.....	28
Slika 18: Primerjava nabreka pri adsorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2.....	29
Slika 19: Primerjava mas pri desorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2.....	29
Slika 20: Primerjava skrčka pri desorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2.....	30

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3 – vzorec 1
- Priloga B: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3 – vzorec 2
- Priloga C: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3 – vzorec 3
- Priloga D: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3 – vzorec 4
- Priloga E: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3 – vzorec 5
- Priloga F: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3 – vzorec 6
- Priloga G: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3
- Priloga H: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 1
- Priloga I: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 2
- Priloga J: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 3
- Priloga K: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 4
- Priloga L: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 5
- Priloga M: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 6
- Priloga N: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2
- Priloga O: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 1
- Priloga P: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 2
- Priloga Q: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 3
- Priloga R: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 4
- Priloga S: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 5
- Priloga T: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 6
- Priloga U: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2
- Priloga V: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 - vzorec 1
- Priloga W: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 – vzorec 2
- Priloga X: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 – vzorec 3
- Priloga Y: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 – vzorec 4
- Priloga Z: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 – vzorec 5
- Priloga AA: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 – vzorec 6
- Priloga BB: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5

1 UVOD

Iverna plošča je vsestransko uporabno lesno tvorivo, predvsem zaradi njene ploskovitosti, dimenzijske stabilnosti in homogenosti. Izdelana je iz lignoceluloznih materialov (navadno je to les), v obliki majhnih koščkov ali delcev iz vlaken v kombinaciji s sintetičnimi ali drugimi polimernimi vezivi. Med seboj so povezani s pomočjo visoke temperature in visokega tlaka. Iverne plošče delimo glede na:

- strukturo po preseku tvoriva (enoslojne, večslojne, z enakomernim prehodom);
- gostoto (lahke, normalne, težke);
- odpornost proti zunanjim vplivom:
 - uporabne pri standardni klimi (npr.P2),
 - uporabne pri ekstremnih klimah (npr.P5),
 - uporabne pri ekstremnih klimah in odporne proti glivam in termitom,
 - odporne proti gorenju in širjenju plamena;
- orientiranost iverja:
 - vzporedno z površino plošče (v smeri proizvodnje, pravokotno na smer proizvodnje),
 - pravokotno na površino plošče (ekstrudirane),
- geometrija iverja:
 - iveri standardne iverne plošče,
- iveri tipa »standard« (OSB),
- iveri tipa »wafers« (OWB);
- velikosti iveri:
 - iverne plošče (širina iveri do 20mm, dolžina do 50mm),
 - OSB plošče (debelina do 2mm, dolžina do 100mm).

Mehanske in fizikalne lastnosti ivernih plošč so v veliki meri odvisne od uporabljene vrste lesa. V sloveniji za izdelavo plošč uporabljamo les iglavcev (99 % vseh iglavcev predstavlja smreka) in listavcev, tako trdih (bukev, hrast, gaber, akacija..) kot mehkih (topol, jelša, breza..). Velika prednost ivernih plošč je možnost uporabe manjvrednih

sortimentov (poškodovana oblovina, krajniki, veje, očelki, furnirski ostanki, žagovina, skobljanci) in ostalih lignoceluloznih materialov (trsi lana, sladkorni trsi, koruzna stebela, slama). S tem se je povečal izkoristek lesa kot surovine, močno pa se je poenostavil tudi tehnološki postopek izdelave lesnih izdelkov in polizdelkov. Kot vezivno sredstvo pri proizvodnji ivernih plošč največ uporabljamo urea-formaldehidno lepilo, ker je sorazmerno poceni. Za potrebe gradbeništva pa uporabljamo plošče izdelane s fenol-formaldehidnim, melamin-formaldehidnim ali izocianatnim lepilom. Faktor oblepljanja je običajno v zunanjem sloju 11,5 % v srednjem sloju pa 7,5 %.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Tako kot pri masivnem lesu je tudi pri ivernih ploščah higroskopičnost oziroma delovanje zaradi prisotnosti vlage pomembna lastnost, ki pa je pri ivernih ploščah odvisna od dejavnikov, kot so velikosti iveri, lesna vrsta iz katerih so iveri izdelane, debelina plošč, gostota plošč in tudi vrsta lepila. Pri diplomski nalogi smo imeli štiri različne plošče, ki so bile zlepljene z različnim lepilom namenjenim za različne uporabe, imele so različne debeline in velikosti iveri.

1.2 CILJI NALOGE

Namen naloge je ugotoviti, kako relativna zračna vlažnost, debelina in tip plošče oziroma vrsta lepila vplivajo na spremembe dimenzij in mas ivernih plošč.

2 PREGLED LITERATURE

Po Klauditzu (1956) je možno razlikovati med ireverzibilnim in reverzibilnim lesnim nabrekom. Velikost nabreka pri ivernih ploščah pri potapljanju se v veliki meri odraža zaradi obratne napetosti lesa, ki hoče nazaj v svojo prvotno pozicijo, in ne toliko zaradi naravnega nabrekanja lesa.

Stegmann in Kratz (1967) sta raziskovala nabrek z urea-formaldehidnim lepilom lepljene iverne plošče različnih gostot ($0,45$ do $0,75$ g/cm^3) in z različnimi faktorjem oblepljanja ($7,4$ do $13,8$ %) pri potapljanju sta pri tem ugotovila, da tako gostota, kot vsebnost veziva vplivata na nabrek iverke v vodi, gostota surovega materiala celo več, kot vsebnost veziva. S povečevanjem gostote iverke se je povečal tudi nabrek, medtem ko je dodajanje gostote veziva povzročilo ravno obraten proces.

Hahn s sodelavci (1962) so ugotovili povečanje nabreka v povezavi z večanjem gostote lesa, ki so ga za 24 ur potopili v vodo.

Siefert (1972) je določil sorpcijske izoterme pri 25°C za navadne in zgoščene smrekove iverne plošče do $1,18$ g/cm^3 . Medtem, ko je v območju do 60 % relativne zračne vlažnosti sorpcijsko obnašanje obeh vzorcev skoraj sovpadalo (razlika vlažnosti je bila od 0,2 – 0,3 %), so se na področju nad 60 % povprečne vlažnosti vzorcev razlikovale do okoli 5 % lesne vlažnosti.

Halligan in Schniewind (1972) sta ugotovila, da je adsorpcija trislojne iverne plošče z gostoto lesnih delcev $0,8$ g/cm^3 in z 10 %-im vezivom že do 10 % relativne zračne vlažnosti naprej nižja kot pri plošči z gostoto $0,6$ g/cm^3 in s 6 %-im vezivom v zgornjem in spodnjem sloju in s 4 %-im v sredini. Čeprav direktne primerjave plošč, zaradi različne gostote, ni bilo možno izvesti, sta avtorja naredila sklep, da se z višanjem gostote iverke njihova ravnotežna vlažnost niža.

Gatchell s sodelavci (1966), kot tudi Halligan in Schneiwind (1972) so ugotovili, da se šele pri zračni vlažnosti nad 80 % kaže pomemben vpliv gostote na debelinski nabrek. Na tem področju se je nabrek zviševal premosorazmerno z višanjem gostote. Pri čemer pa Lehmann (1970) tudi pri 90 % zračne vlažnosti ni mogel ugotoviti nobenega odločilnega vpliva gostote lesenih delcev v iverki na njihov nabrek. Tudi Suchsland (1973) ni mogel vzpostaviti nobene konkretne povezave med gostoto iverke in njenim nabrekom, tako na vlažnem zraku, kot pod vodo. Možno je, da je do tako različnih rezultatov prišlo zaradi razlikovanja vzorcev ne samo po njihovi gostoti.

May (1978) omenja, da so mehansko-tehnološke lastnosti ivernih plošč odvisne tudi od njihove dimenzije in oblike lesenih delcev, kot tudi od tega, kako se jih v ploščo vgradi. Poleg tega pa na lastnosti iverke odločilno vpliva tudi razporeditev in količina veziva.

Lehmann (1974) sicer ni našel odločilnega vpliva debeline plošč na njihovo obnašanje v vlažnem okolju, kljub temu pa se je v tendenci izkazal manjši nabrek pri dolgih drobcih lesa, kot pri ploskih in širokih. To trditev sta že prej potrdila Heebink in Hann (1959) na ploščah iz smrekovega lesa in Braumbaugh (1960) na ploščah iz duglazije.

Schneider s sodelavci (1982) so ugotovili, da je ravnotežna vlažnost pri relativni zračni vlažnosti manjša pri ploščah z večjo količino veziva (zunanji sloj 14 %, srednji sloj 11 %), kot pri ploščah s samo 8 % (ZS) in 5 % (SS) vsebnostjo veziva. Ta ugotovitev se ujema s tem, da je v tem območju relativne zračne vlažnosti sečninsko-formaldehidna smola manj higroskopna kot les. Nasprotno temu, pa se vpliv karakteristik plošč (groba, gladka) ne da razbrati, čeprav se pri ploščah iz gladkih iveri kaže manjša vsebnost vlage kot pa pri tistih iz grobih iveri.

V povezavi z meritvami sorpcije na 12 vzorcih, se je v dveh testiranjih določil nabrek in adsorpcija. En vzorec so po dosegu adsorpcijskega ravnovesja spet posušili na 103°C na relativno zračno vlažnost 0 %. Po njem so ugotovili še preostali nabrek glede na prejšnje suho stanje.

Na splošno so ugotovili, da količina veziva, oblika iveri in gostota surove mase v veliko večji količini vplivajo na nabrek ivernih plošč kot pa na njihovo sorpcijsko obnašanje. S povečanjem količine veziva z 8 % (ZS) in s 5% (SS) na 14 % in 11 % sta se nabrek in

končni nabrek občutno zmanjšala, pri ploščah z gostoto okoli $0,8 \text{ g/cm}^3$ še toliko bolj kot pri tistih z gostoto $0,5 \text{ g/cm}^3$. Manj jasno je na nabrek plošč vplival tip plošč; vrednosti nabreka za gladke plošče so se izkazale za nekoliko manjše od tistih, iz grobih iveri. Pri enaki količini veziva in materiala iveri je povečanje surove gostote od $0,5 \text{ g/cm}^3$ na $0,8 \text{ g/cm}^3$ pripeljalo do povečanega in končnega nabreka na vlažnem zraku.

Medtem, ko nabrek pri adsorpciji teh plošč v območju nizke relativne vlažnosti (do 44 %) le malo odstopa, je v območju nad tem nabrek plošče z gostoto $1,04 \text{ g/cm}^3$ narastel.

V dodatnem poizkusu so raziskovali končen nabrek plošč po 20-ih dneh izpostavljanja v vakumu pri 20°C in 93 % relativni zračni vlažnosti. Pri plošči z gostoto $1,04 \text{ g/cm}^3$ in pri 21,8 % vlažnosti je znašal nabrek 11,3 % in je bil s tem trikrat tako velik kot pri plošči z gostoto $0,55 \text{ g/cm}^3$.

Omembe vredno je tudi to, da so bile razlike med nabrekom obeh plošč v območju velike relativne zračne vlažnosti veliko večje kot pri 24 urnem potapljanju ivernih plošč pod vodo.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Iverna plošča

Za preizkušanje smo uporabili surove iverne plošče tipa P2, P5 in OSB3. Iverne plošče tipa P2 se največ uporabljajo kot ploskovni elementi za pohištvo, vezivno sredstvo je bilo uporabljeno urea-formaldehidno (UF) lepilo. Iverne plošče tipa P5 in OSB3 pa se največ uporabljajo v spreminjajočih klimatskih pogojih (gradbeništvu). Pri iverni plošči tipa P5 je bilo uporabljeno melamin-formaldehidno (MF) lepilo, pri OSB3 pa izocionatno lepilo (PMDI).

3.1.2 Uporabljeno lepilno sredstvo

Lastnosti urea-formaldehidnih lepil (UF)

Urea-formaldehidne smole, kot tudi utrjevalci zanje, so na trgu v obliki disperzij ali praškov. Čas skladiščenja disperzij je okoli tri mesece, prahu pa eno leto pri temperaturi 18 °C.

Pri pripravi lepil in pri lepljenju se sprošča formaldehid, zato je potrebno zagotoviti ustrezna osebna zaščitna sredstva in odesesovanje oziroma prezračevanje delovnih prostorov.

UF lepila so razmeroma odporna proti vodi, ne pa proti vroči vodi in tropski klimi (visoka relativna zračna vlažnost).

Odpornost proti vlagi, odpornost proti vroči vodi in tropski klimi izboljšamo z dodajanjem bolj kvalitetnih smol.

Prednosti UF lepil so predvsem naslednje:

- Omogočajo lepljenje po hladnem, toplem ali vročem postopku.
- Ne povzročajo madežev na lesu, lepilni sloj pa je brezbarven.
- Pri lepljenju vnašamo v lepilni sloj razmeroma malo vode.

- So razmeroma poceni, lahko pa jih mešamo z drugimi lepili in jim dodajamo različne dodatke za prilagoditev lastnosti filma različnim zahtevam.
- So termoneplastna in odporna proti insektom, mikroorganizmom in organskim topilom.
- V prašnati obliki imajo dolgo življensko dobo, priprava in uporaba pa sta enostavni.
- Dajejo trdne lepilne spoje.

Med pomembnejše pomanjkljivosti UF lepil štejemo:

- Niso zadosti odporna proti vlagi, vroči vodi in tropski klimi.
- So občutljiva za hrapave in neravne spoje, trdnost lepljenja pa z debelino spoja upada.
- Po preboju lepila (utrjenega) ni mogoče odstraniti.
- So trda in obrablajo obdelovalne rezila in orodja.
- Sproščajo formaldehid in so v klasični mešanici zdravju škodljiva.
- Ni jih mogoče uporabiti za lepljenje lesa in kovin.
- Čas želiranja se z višanjem temperature močno znižuje, trdnost lepilnega spoja pa je v precejšni meri odvisna od dodatkov.
- Z vlaženjem lepilnega spoja trdnost pada.
- Trdnost lepljenja je višja pri trdih kot pri mehkih lesovih.

Lastnosti melemin-formaldehidnih lepil (MF)

Melamin-formaldehidna lepila imajo, v primerjavi z drugimi polikondenzacijskimi lepili, izrazite prednosti pa tudi pomanjkljivosti.

Prednosti MF lepil so:

- vsestranska uporabnost (montažna, konstrukcijska in vzdolžna lepljenja, spahovanje furnirja),
- velika vezilna hitrost omogoča strojno lepljenje furnirnih spahov,
- spoji so odporni proti vlagi in ostri klimi, vroči vodi, kemikalijam in organskim topilom,
- lepilni spoji so brezbarvni,
- možnost sprejemanja velikih količin polnilcev, kar poceni lepljenje,
- ekološko so razmeroma sprejemljiva.

Pomanjkljivosti MF lepil so naslednje:

- spoji so trdi in krhki ter topijo rezila (problem rešimo z dodatkom polnila),
- pogosti so preboji skozi furnir,
- kratka doba skladiščenja lepilne disperzije,
- visoka cena.

Lastnosti izocianatnih lepil (PMDI)

Lepila imajo več zelo dobrih skupnih lastnosti, vendar jih, zaradi visoke cene, v lesni industriji uporabljamo le za najbolj zahtevna lepljenja.

Prednosti PMDI lepil:

- spoji so odporni proti visoki vlažnosti, spreminjajoči klimi,
- ni sproščanja formaldehida,
- daljši časi skladiščenja,
- manjša poraba,
- hitro utrjevanje; utrjuje tudi pri višji vlažnosti.

Pomanjkljivosti PMDI lepil:

- draga,
- škodljiva zdravju (pri vdihavanju, stiku kožo),
- visokoreaktivna lepila – lahko se zlepi z grelno ploščo (potrebne posebne teflonske folije, uporaba ločilnih sredstev),
- posebni sistemi za doziranje in nanašanje,
- za utrjevanje potrebna temperatura in voda,
- zahtevno skladiščenje (vlaga).

3.2 METODA DELA

Za izvedbo naloge smo uporabili iverne plošče (P2 in P5) in OSB plošče (OSB3). Iz vsake plošče smo izžagali po šest vzorčkov, dimenzij 50mm x 50mm. Debelina pri plošči P2 je bila okrog 16 in 22mm, medtem ko pri plošči P5 in OSB3 okrog 18mm. Vsem vzorčkom smo izmerili vse tri dimenzije in maso. Širino in dolžino smo merili s klunastim merilom na 0,01 mm natančno, medtem ko smo debelino merili z mikrometrom na 0,001 mm natančno. Maso pa smo tehtali na tehtnici na 0,01 g natančno.

Za vzdrževanje klim smo uporabili nasičene raztopine naslednjih soli; za 34 % relativno zračno vlažnost smo uporabili magnezijev klorid, za 65 % relativno zračno vlažnost natrijev nitrit, za 75 % relativno zračno vlažnost natrijev klorid, za 90 % relativno zračno vlažnost cinkov sulfat. V zadnji klimi za 98 % relativno zračno vlažnostjo je bila destilirana voda. V vseh klimah pa je bila konstantna temperatura, in sicer $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Vzorčke smo dali kondicionirati, zato smo jih postavili v klimo s 65 % relativno zračno vlažnostjo. Vsem štiriindvajsetim vzorčkom smo izmerili vse tri dimenzije in maso.

Vzorčke smo najprej navlaževali do konstantne mase in sicer smo pričeli s klimo, ki je imela relativno zračno vlažnostjo 34 %, nato smo jih stehtali, jim izmerili dimenzije. Uravnovešanje smo ponovili v klimi z relativno zračno vlažnostjo 65 %, nato 75 %, 90 %, in na koncu smo jih dali še v klimo z relativno zračno vlažnostjo 98 %. Postopek smo ponovili z intervalnim sušenjem v obratni smeri tako imenovano desorpcijo. Na koncu pa smo vzorčke dali še v sušilnik in jih posušili na približno 0 % relativno zračno vlažnost.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

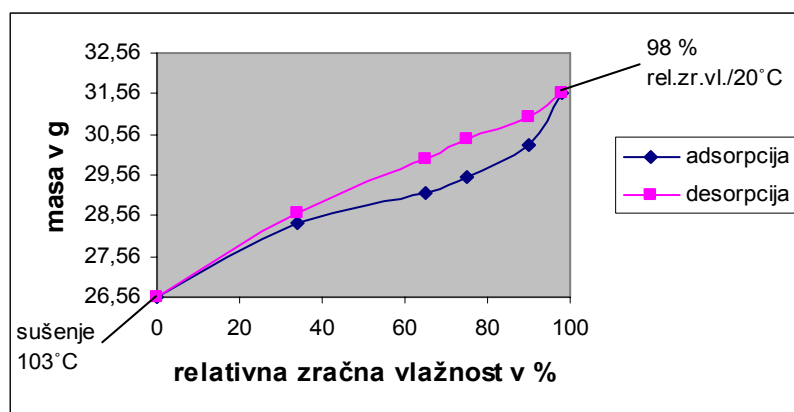
4.1 REZULTATI

V preglednici 1 so podane povprečne vrednosti mas pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3. Masa iz začetnih 26,56 g ($\varphi = 0\%$) naraste na 31,57 g ($\varphi = 98\%$).

Preglednica 1: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri plošči OSB3

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija masa [g]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija masa [g]
0	26,56	98	31,57
34	28,40	90	30,99
65	29,10	75	30,43
75	29,50	65	29,95
90	30,29	34	28,64
98	31,57	0	26,56

Na sliki 1 je prikazana odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči OSB3.



Slika 1: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči OSB3

Na sliki 1 pri plošči OSB3 lahko vidimo, da je masa pri nižjih relativnih zračnih vlažnostih izkazovala majhne razlike med adsorpcijo in desorpcijo, saj je bila ta razlika pri 34 %

relativni zračni vlažnosti 1 %. Do največje razlike med adsorpcijo in desorpcijo pride pri 75 % relativni zračni vlažnosti, ta razlika je 3,5 %.

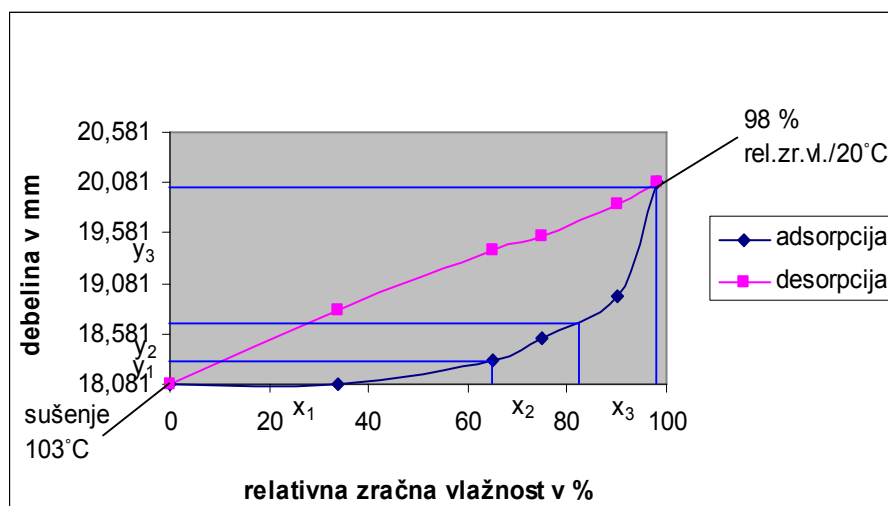
V preglednici 2 so podane povprečne vrednosti debelin pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3. Debelina iz začetnih 18,088 mm ($\varphi = 0\%$) naraste na 20,077 mm ($\varphi = 98\%$).

Preglednica 2: Povprečne debeline vseh vzorcev plošče OSB3

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija debelina [mm]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija debelina [mm]
0	18,088	98	20,077
34	18,081	90	19,869
65	18,318	75	19,550
75	18,540	65	19,414
90	18,959	34	18,820
98	20,077	0	18,088

V preglednici 2 lahko vidimo, da je pri navlaževanju debelina pri vseh vzorčkih manjša, kot pa pri sušenju. Debelina se pri sušenju nikoli ne vrne v stanje, ki ga je imelo pred navlaževanjem. Pri vzorčkih uravnovešenih na 34 % relativno zračno vlažnostjo je pri adsorpciji debelina manjša, kot pri vzorčkih z 0 % relativno zračno vlažnostjo, to je zaradi tega, ker smo pričeli poizkuse pri 34 % relativni zračni vlažnosti in ne pri 0 %. Verjetno je zaradi tega prišlo do takega odstopanja.

Na sliki 2 je prikazana odvisnost povprečne debeline vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči OSB3.



Slika 2: Povprečje debelin vseh vzorcev plošče OSB3

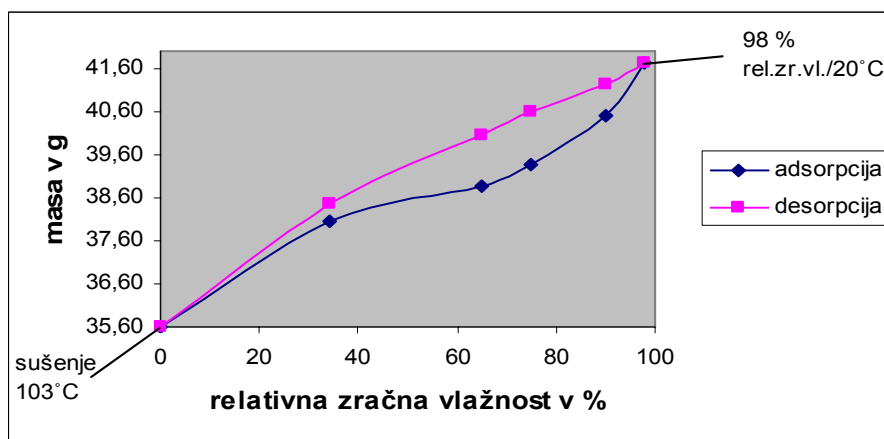
Na sliki 2 pri plošči OSB3 lahko vidimo, da se debelina pri adsorpciji do relativne zračne vlažnosti 35 % ne spremeni. Po tej vlažnosti pa nabrek začne počasi naraščati ampak je naraščanje do vlažnosti 83 % minimalno. Po tej vlažnosti pa je naraščanje nabreka veliko.

V preglednici 3 so podane povprečne vrednosti mase pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2. Masa iz začetnih 35,60 g ($\varphi = 0\%$) naraste na 41,73 g ($\varphi = 98\%$).

Preglednica 3: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri debelejši plošči P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija masa [g]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija masa [g]
0	35,60	98	41,73
34	38,05	90	41,23
65	38,85	75	40,60
75	39,39	65	40,06
90	40,49	34	38,44
98	41,73	0	35,60

Na sliki 3 je prikazana odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri debelejši plošči P2.



Slika 3: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri debelejši plošči P2

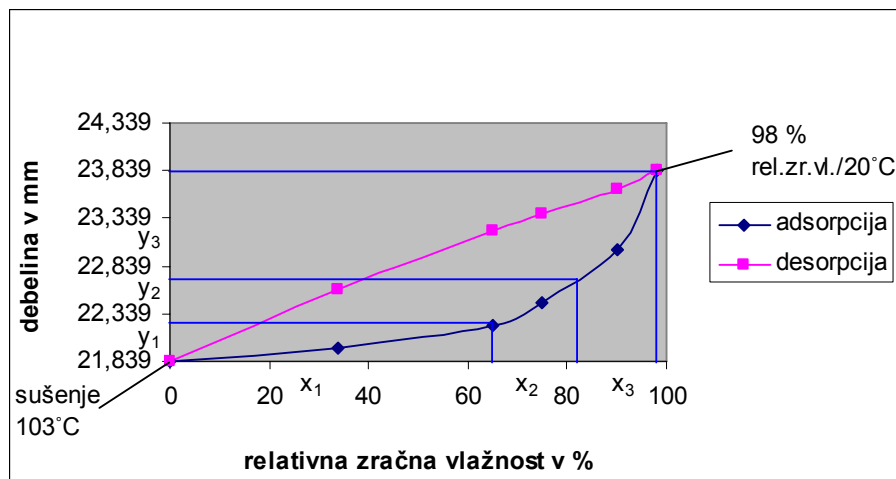
Na sliki 3 pri debelejši plošči P2 lahko vidimo, da je masa pri nižjih relativnih zračnih vlažnostih izkazovala majhne razlike med adsorpcijo in desorpcijo, saj je bila ta razlika pri 34 % relativni zračni vlažnosti 1,1 %. Do največje razlike med adsorpcijo in desorpcijo pride pri 65 % relativni zračni vlažnosti, ta razlika znaša 4,1 %.

V preglednici 4 so podane povprečne vrednosti debelin pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2. Debelina iz začetnih 21,839 mm ($\varphi = 0\%$) naraste na 23,836 mm ($\varphi = 98\%$).

Preglednica 4: Povprečne debeline vseh vzorcev debelejše plošče P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija debelina [mm]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija debelina [mm]
0	21,839	98	23,836
34	21,969	90	23,649
65	22,221	75	23,387
75	22,450	65	23,202
90	23,016	34	22,600
98	23,836	0	21,839

Na sliki 4 je prikazano povprečje debelin vseh vzorcev debelejšje plošče P2.



Slika 4: Povprečje debelin vseh vzorcev debelejšje plošče P2

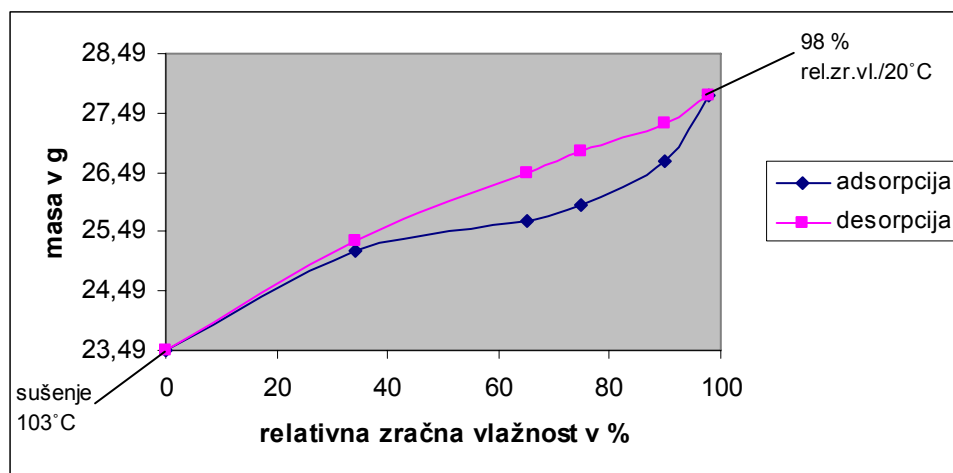
Na sliki 4 lahko vidimo, da debelejša plošča P2, prične nabrekati že takoj, ko jo izpostavimo vlažnosti. Do 65 % vlažnosti plošča nabrekne za 1,8 %, do 90 % vlažnosti pa še za 5,4 %. Pri 98 % vlažnosti je končni nabrek 9,1 %.

V preglednici 5 so podane povprečne vrednosti mas pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2. Masa iz začetnih 23,49 g ($\phi = 0$ %) naraste na 27,78 g ($\phi = 98$ %).

Preglednica 5: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri tanjši plošči P2

relativna zračna vlažnost ϕ [%]	adsorpcija masa g	relativna zračna vlažnost ϕ [%]	desorpcija masa [g]
0	23,49	98	27,78
34	25,16	90	27,33
65	25,67	75	26,83
75	25,93	65	26,46
90	26,68	34	25,34
98	27,78	0	23,49

Na sliki 5 je prikazana odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri tanjši plošči P2.



Slika 5: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri tanjši plošči P2

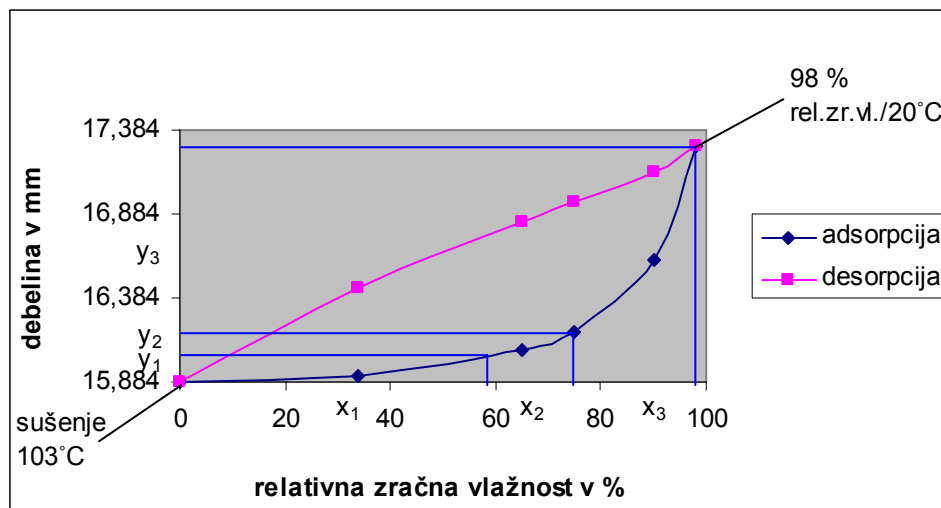
Na sliki 5 pri tanjši plošči P2 lahko vidimo, da je masa pri nižjih relativnih zračnih vlažnostih izkazovala majhne razlike med adsorpcijo in desorpcijo, saj je bila ta razlika pri 34 % relativni zračni vlažnosti 0,8 %. Tanjša plošča P2 bolje prenaša vlažne razmere, kot pa debelejša plošča P2. Pri obeh ploščah je bilo uporabljeno urea-formaldehidno lepilo. Do največje razlike med adsorpcijo in desorpcijo pride pri 75 % relativni zračni vlažnosti, ta razlika znaša 3,8 %.

V preglednici 6 so podane povprečne vrednosti debelin pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2. Debelina iz začetnih 15,884 mm ($\varphi = 0$ %) naraste na 17,289 mm ($\varphi = 98$ %).

Preglednica 6: Povprečne debeline vseh vzorcev tanjše plošče P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija debelina [mm]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija debelina [mm]
0	15,884	98	17,289
34	15,920	90	17,138
65	16,076	75	16,955
75	16,182	65	16,836
90	16,606	34	16,440
98	17,289	0	15,884

Na sliki 6 je prikazano povprečje debelin vseh vzorcev tanjše plošče P2.



Slika 6: Povprečje debelin vseh vzorcev tanjše plošče P2

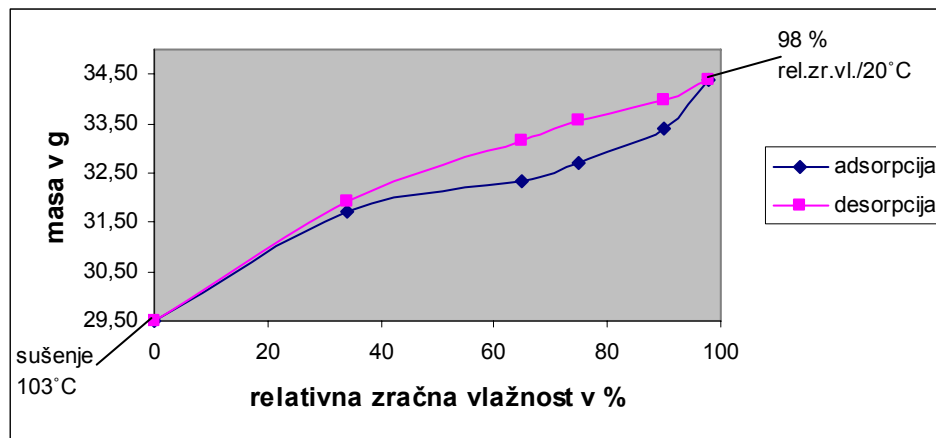
Na sliki 6 pri tanjši plošči P2 lahko vidimo, da plošča prične pozneje nabrekati, kot pa debelejša plošča P2. Do 75 % vlažnosti plošča nabrekne za 1,9 %. Po tej vlažnosti pa prične naraščati. Končen nabrek je 8,9 %. Desorpcija pa enakomerno pada.

V preglednici 7 so podane povprečne vrednosti mas pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5. Masa iz začetnih 29,50 g ($\varphi = 0$ %) naraste na 33,38 g ($\varphi = 98$ %).

Preglednica 7: Povprečne mase vzorcev pri adsorpcijskem in desorpcijskem eksperimentu pri plošči P5

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija masa [g]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija masa [g]
0	29,50	98	34,38
34	31,71	90	33,98
65	32,33	75	33,58
75	32,72	65	33,17
90	33,38	34	31,92
98	34,38	0	29,50

Na sliki 7 je prikazana odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči P5.



Slika 7: Odvisnost povprečne mase vseh vzorcev od relativne zračne vlažnosti pri plošči P5

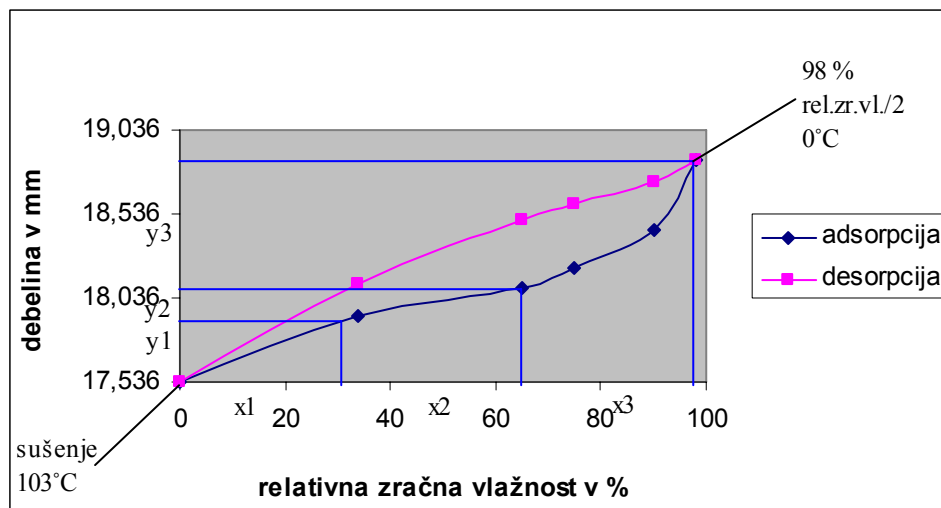
Na sliki 7 pri plošči P5 lahko vidimo, da je masa pri nižjih relativnih zračnih vlažnostih izkazovala najmanjše razlike med adsorpcijo in desorpcijo, saj je bila ta razlika pri 34 % relativni zračni vlažnosti 0,7 %. Do največje razlike med adsorpcijo in desorpcijo pride pri 75 % relativni zračni vlažnosti, ta razlika znaša 2,9 %.

V preglednici 8 so podane povprečne vrednosti debelin pri adsorpciji in desorpciji dosežene pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5. Debelina iz začetnih 17,536 mm ($\varphi = 0\%$) naraste na 18,852 mm ($\varphi = 98\%$). Opazimo da se tukaj debelina najmanj spremeni.

Preglednica 8: Povprečne debeline vseh vzorcev plošče P5

relativna zračna vlažnost φ [%]	adsorpcija debelina [mm]	relativna zračna vlažnost φ [%]	desorpcija debelina [mm]
0	17,536	98	18,852
34	17,929	90	18,723
65	18,090	75	18,597
75	18,214	65	18,495
90	18,441	34	18,114
98	18,852	0	17,536

Na sliki 8 je prikazano povprečje debelin vseh vzorcev plošče P5.



Slika 8: Povprečje debelin vseh vzorcev plošče P5

Na sliki 8 pri plošči P5 lahko vidimo, da se debelina prične takoj spreminjati, in sicer se do 34 % relativne zračne vlažnosti nabrek poveča za 2,2 %. Do 65 % relativne zračne vlažnosti se nabrek poveča še za 1 %. Končen nabrek pa znaša 7,5 %. Pri desorpciji pa je padanje enakomerno.

V preglednici 9 so odstotki mas pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3. Masa naraste za 18,9 %.

Preglednica 9: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji plošče OSB3

relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri adsorpciji [%], OSB3 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri desorpciji [%], OSB3 plošča
0	0	98	18,9
34	6,8	90	16,7
65	9,6	75	14,6
75	11,1	65	12,8
90	14,0	34	7,8
98	18,9	0	0

V preglednici 10 so odstotki nabreka pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči OSB3. Nabrek se spremeni za 11 %.

Preglednica 10: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji plošče OSB3

relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri adsorpciji [%], OSB3 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri desorpciji [%], OSB3 plošča
0	0	98	11,0
34	0	90	9,9
65	1,3	75	8,1
75	2,5	65	7,3
90	4,8	34	4,1
98	11,0	0	0

V preglednici 11 so odstotki mas pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2. Masa naraste za 17,2 %.

Preglednica 11: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji debelejše plošče P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri adsorpciji [%], debelejša P2 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri desorpciji [%], debelejša P2 plošča
0	0	98	17,2
34	6,9	90	15,8
65	8,4	75	14,0
75	10,7	65	12,5
90	13,7	34	8,0
98	17,2	0	0

V preglednici 12 so odstotki nabreka pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2. Nabrek se spremeni za 9,1 %.

Preglednica 12: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji debelejše plošče P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri adsorpciji [%], debelejša P2 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri desorpciji [%], debelejša P2 plošča
0	0	98	9,1
34	0,6	90	8,3
65	1,8	75	7,1
75	2,8	65	6,2
90	5,4	34	3,5
98	9,1	0	0

V preglednici 13 so odstotki mas pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2. Masa naraste za 18,3 %.

Preglednica 13: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji tanjše plošče P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri adsorpciji [%], tanjša P2 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri desorpciji [%], tanjša P2 plošča
0	0	98	18,3
34	7,1	90	16,4
65	9,3	75	14,2
75	10,4	65	12,6
90	13,6	34	7,9
98	18,3	0	0

V preglednici 14 so odstotki nabreka pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2. Nabrek se spremeni za 8,9 %.

Preglednica 14: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji tanjše plošče P2

relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri adsorpciji [%], tanjša P2 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri desorpciji [%], tanjša P2 plošča
0	0	98	8,9
34	0,2	90	7,9
65	1,5	75	6,7
75	1,9	65	6,0
90	4,6	34	3,5
98	8,9	0	0

V preglednici 15 so odstotki mas pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5. Masa naraste za 16,5 %.

Preglednica 15: Odstotek mas pri adsorpciji in desorpciji plošče P5

relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri adsorpciji [%], P5 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	masa pri desorpciji [%], P5 plošča
0	0	98	16,5
34	7,5	90	15,2
65	9,6	75	13,8
75	10,9	65	12,4
90	13,2	34	8,2
98	16,5	0	0

V preglednici 16 so odstotki nabreka pri adsorpciji in desorpciji pri različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5. Nabrek se spremeni za 7,5 %

Preglednica 16: Odstotek nabreka pri adsorpciji in desorpciji plošče P5

relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri adsorpciji [%], P5 plošča	relativna zračna vlažnost φ [%]	nabrek pri desorpciji [%], P5 plošča
0	0	98	7,5
34	2,2	90	6,8
65	3,2	75	6,1
75	3,9	65	5,5
90	5,2	34	3,3
98	7,5	0	0

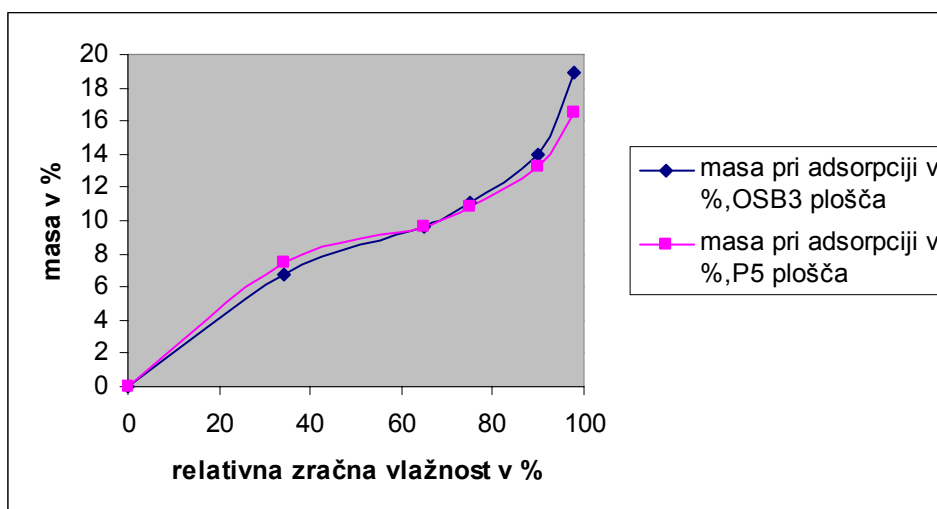
4.2 RAZPRAVA

V preglednici 17 je prikazan nabrek in sprememba mase, glede na tip plošče.

Preglednica 17: Nabrek in masa plošč v %

TIP PLOŠČE	sprememba debeline [mm]	nabrek [%]	sprememba mase [g]	masa [%]
plošča OSB3	1,989	11,0	5,01	18,9
debelejša plošča P2	1,997	9,1	6,13	17,2
tanjša plošča P2	1,405	8,9	4,29	18,3
plošča P5	1,316	7,5	4,88	16,5

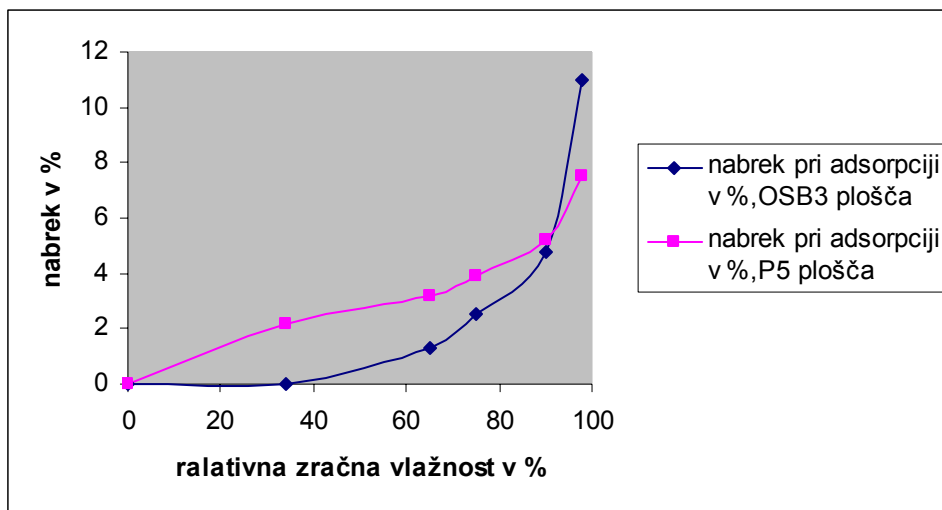
Na sliki 9 je prikazana primerjava naraščanja mase pri adsorpciji pri plošči OSB3 in plošči P5. Pri plošči OSB3 je bilo uporabljeno izocianatno lepilo, pri plošči P5 pa melamin-formaldehidno.



Slika 9: Primerjava mas pri adsorpciji plošč OSB3 in P5

Na sliki 9 lahko vidimo, da je naraščanje mase, do vlažnosti 75 %, večje pri plošči P5, po tej vlažnosti pa je naraščanje mase večje pri OSB3 plošči. Tudi končna masa je večja pri OSB3 plošči.

Na sliki 10 je prikazana primerjava nabreka pri adsorpciji pri plošči OSB3 in plošči P5.

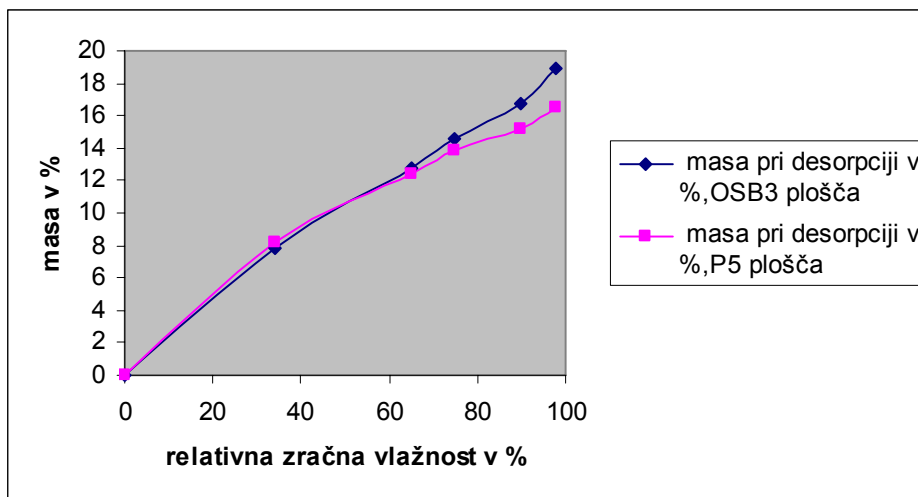


Slika 10: Primerjava nabreka pri adsorpciji plošč OSB3 in P5

Na sliki 10 je vidno, da plošča P5 prične takoj nabrekati, medtem ko ima OSB3 plošča dobro propustnost vode. Nabrekli delci najprej zapolnijo prazen prostor, šele nato začne plošča spreminjati svoje dimenzije. Do 90 % relativne zračne vlažnosti je nabrek manjši pri OSB3 plošči kot pri plošči P5, nato pa močno naraste. To je posledica zapolnjenih prostorov.

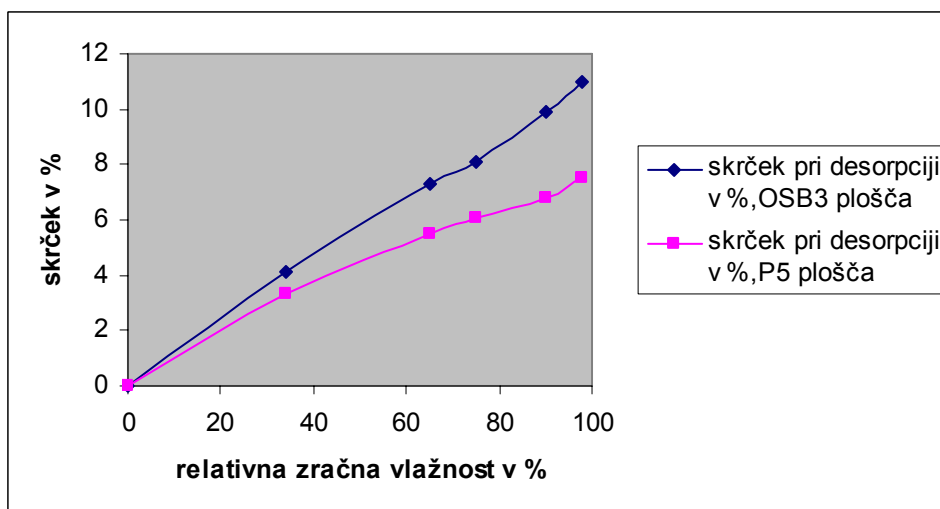
Plošča OSB3 ima prostorninsko maso 609 kg/m^3 . Po celotnem preseku ima približno enako velike delce, debeline 2 mm in dolžine do 100 mm. Delci so iglavci, medtem ko pri plošči P5 imamo tudi listavce, razmerje med listavci in iglavci je približno 25 % - 75 %. Na zunanem sloju so delci manjši, zato je površina bolj zaprta. Plošča P5 ima prostorninsko maso 702 kg/m^3 . Večja prostorninska masa pomeni bolj zaprto površino in manj praznih prostorov. Pri OSB3 plošči zaradi velikih delcev površina ni tako zaprta. Manjša prostorninska masa pomeni večjo poroznost površine, zaradi tega tudi večjo propustnost vode.

Na sliki 11 je prikazana primerjava mase pri desorpciji pri plošči OSB3 in plošči P5.



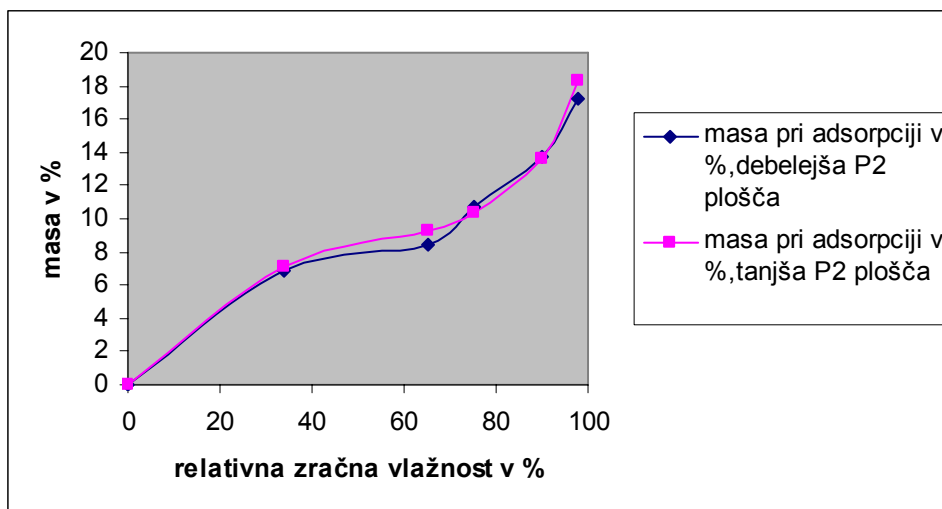
Slika 11: Primerjava mas pri desorpciji plošč OSB3 in P5

Na sliki 12 je primerjava skrčka pri desorpciji pri plošči OSB3 in plošči P5.



Slika 12: Primerjava skrčka pri desorpciji plošč OSB3 in P5

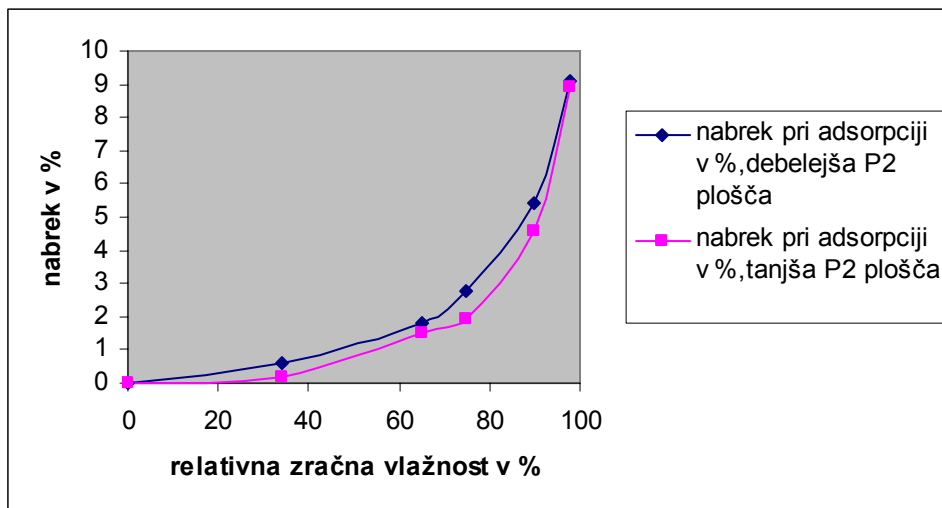
Na sliki 13 je prikazna primerjava mase pri adsorpciji med debelejšo in tanjšo ploščo P2.



Slika 13: Primerjava mas pri adsorpciji debelejše in tanjše plošče P2

Na sliki 13 je vidno, da je naraščanje mase pri debelejši in tanjši plošči P2 skoraj identično. Masa je med relativno zračno vlažnostjo 40 % in 65 % večja pri tanjši plošči P2, to je zaradi tega, ker sprejme tanjša plošča P2 več vode od debelejše plošče P2, zaradi manjše prostorninske mase.

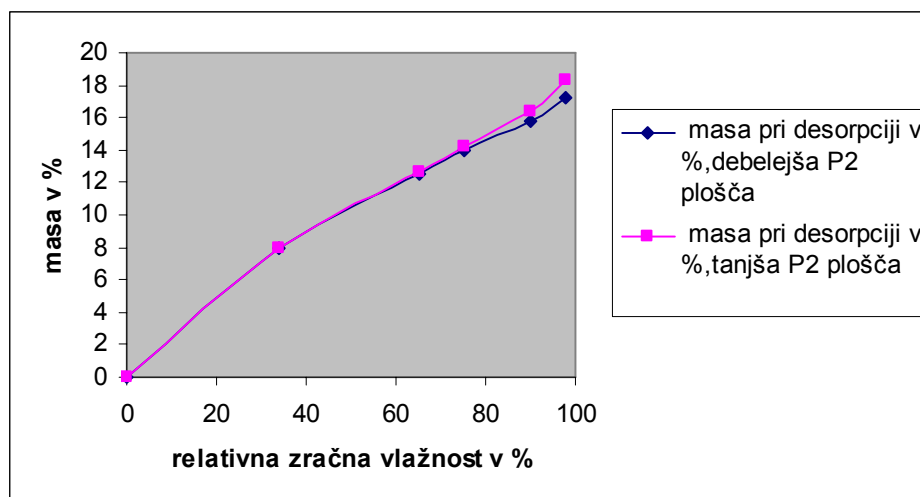
Na sliki 14 je prikazana primerjava nabreka pri adsorpciji pri debelejši in tanjši plošči P2. Pri obeh ploščah je bilo uporabljeno urea-formaldehidno lepilo.



Slika 14: Primerjava nabreka pri adsorpciji debelejše in tanjše plošče P2

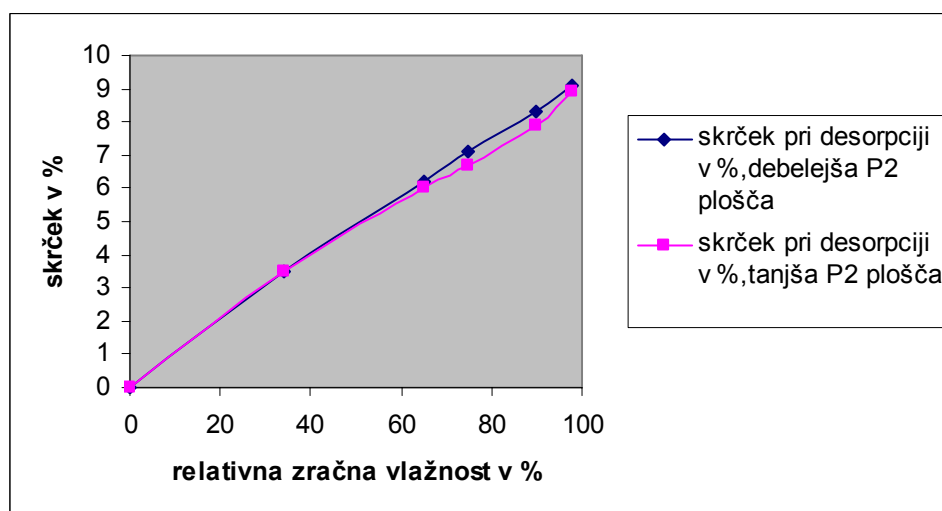
Na sliki 14 je vidno, da je pri debelejši plošči debelinski nabrek večji, končen nabrek pa je skoraj enak kot pri tanjši plošči. Prostorninska masa pri debelejši plošči P2 je 677 kg/m^3 , pri tanjši pa 618 kg/m^3 . Tukaj se bolje obnese plošča z manjšo prostorninsko maso, saj ima več praznih prostorov in nabrekli delci najprej zapolnijo te prostore, šele nato vpliva na debelino.

Na sliki 15 je primerjava mase pri desorpciji pri debelejši in tanjši plošči P2. Padanje mase je identično pri obeh ploščah.



Slika 15: Primerjava mas pri desorpciji debelejše in tanjše plošče P2

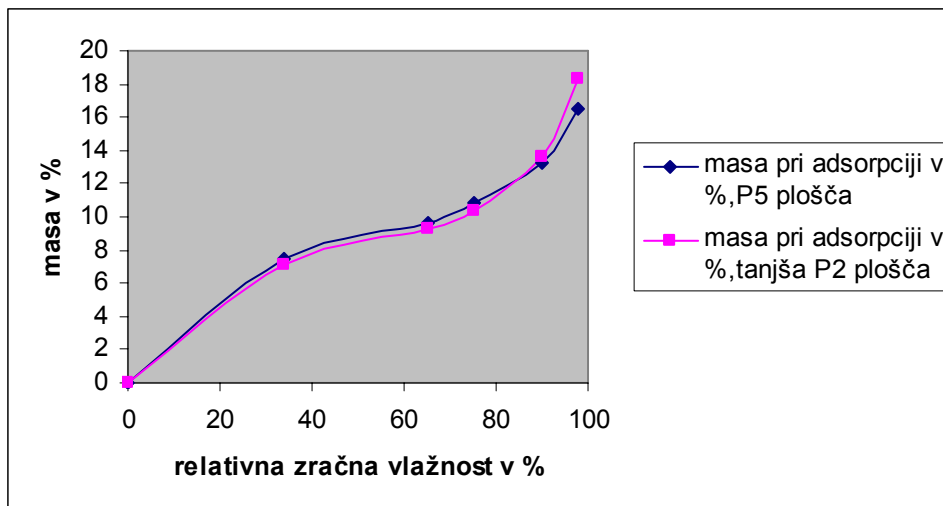
Na sliki 16 je prikazana primerjava skrčka pri desorpciji pri debelejši in tanjši plošči P2. Zelo majhna razlika nastopi samo med 65 % relativno zračno vlažnostjo in 98 % relativno zračno vlažnostjo.



Slika 16: Primerjava skrčka pri desorpciji debelejše in tanjše plošče P2

Na sliki 16 je vidna zelo majhna razlika samo med 65 % relativno zračno vlažnostjo in 98 % relativno zračno vlažnostjo.

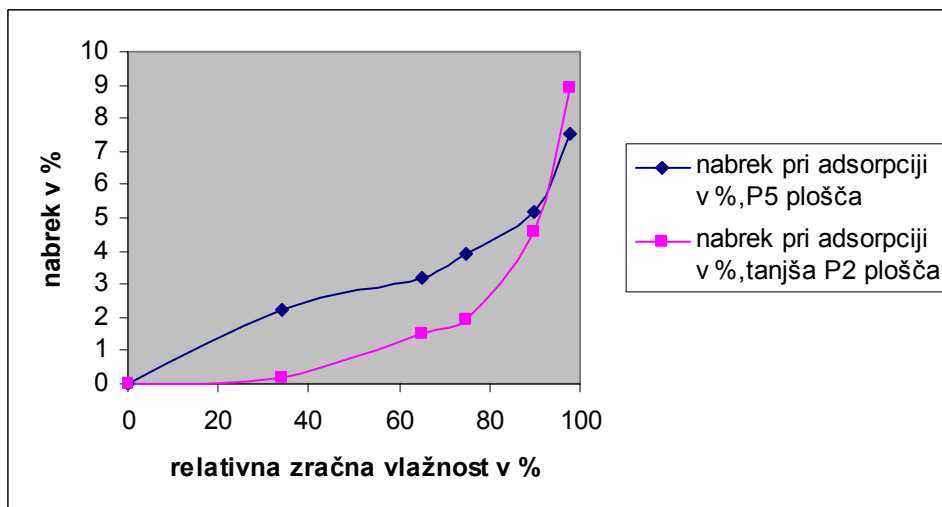
Na sliki 17 je prikazana primerjava mase pri adsorpciji pri plošči P5 in tanjši plošči P2. Plošči sta bili zlepljeni z različnimi lepili.



Slika 17: Primerjava mas pri adsorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2

Na sliki 17 je vidno, da masa narašča skoraj identično do relativne zračne vlažnosti 90 %. Po tej vlažnosti plošča P2 prične spreminjati svoje lastnosti, zato tudi pridobi na masi.

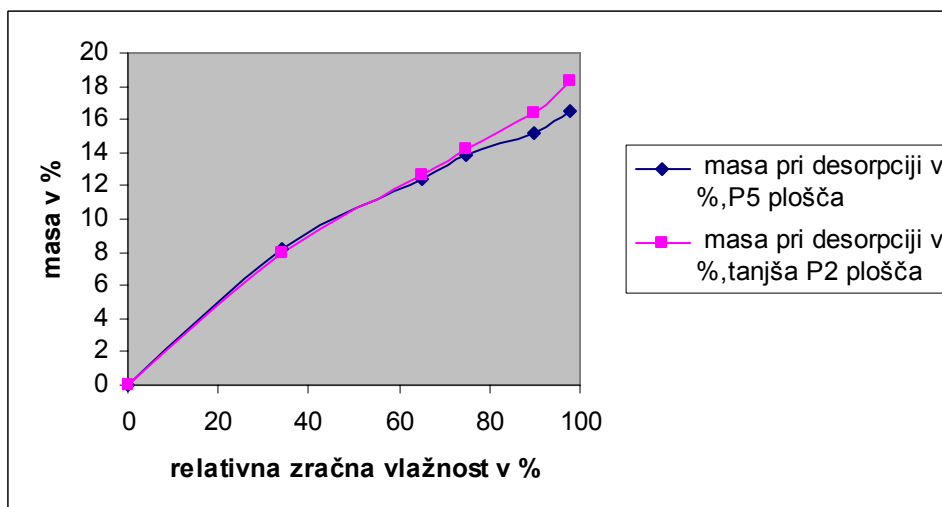
Na sliki 18 je prikazana primerjava nabreka pri plošči P5 in tanjši plošči P2.



Slika 18: Primerjava nabreka pri adsorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2

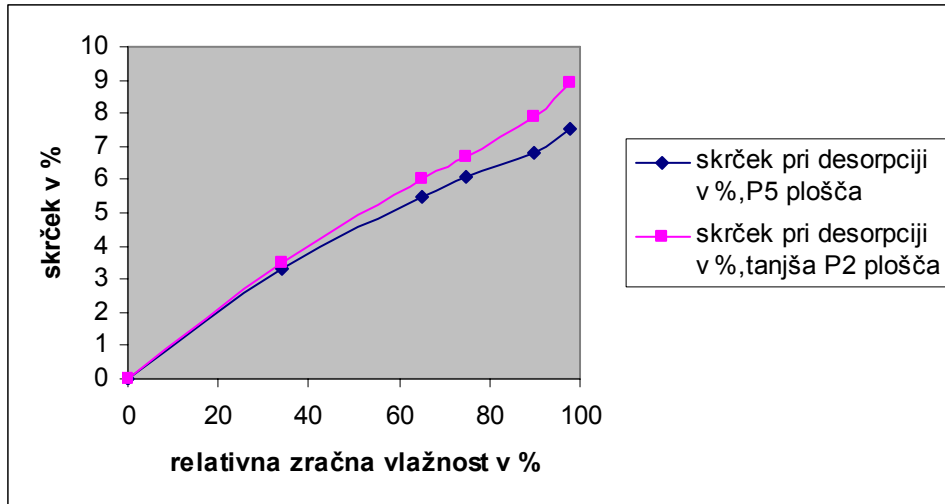
Na sliki 18 je vidno, da plošča P5 prične takoj nabrekati, medtem ko se nabrek pri plošči P2 prične pri 35 % relativni zračni vlažnosti. Tanjša plošča P2 ima nižjo prostorninsko maso, kot plošča P5. Plošča P5 ima bolj zaprto površino in prične takoj nabrekati, medtem ko plošča P2 ima porozno površino in je tudi propustnost vode boljša, zato voda najprej zapolni prazne prostore, šele nato prične plošča nabrekati. Ko pa so ti prostori zapolnjeni se nabrek močno poveča to se prične pri 75 % relativni zračni vlažnosti.

Na sliki 19 je primerjava mase pri desorpciji pri plošči P5 in tanjši plošči P2. Padanje je enakomerno.



Slika 19: Primerjava mas pri desorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2

Na sliki 20 je primerjava skrčka pri desorpciji pri plošči P5 in tanjši plošči P2. Padanje je enakomerno pri obeh ploščah.



Slika 20: Primerjava skrčka pri desorpciji plošče P5 in tanjše plošče P2

5 SKLEP

Iz dobljenih rezultatov in razprave lahko ugotovimo sledeče:

- Relativna zračna vlažnost zelo vpliva na spremembe ivernih plošč, saj se z večanjem relativne zračne vlažnosti spreminjajo dimenzije in masa.
- Vrsta plošče vpliva na spremembo mase pri povišani vlažnosti. Masa se pri plošči (P5) z visoko prostorninsko maso (702 kg/m^3), najmanj spremeni.
- Vrsta plošče tudi vpliva na spremembo debeline pri povišani vlažnosti. Debelina se je pri plošči P5 in tanjši plošči P2 manj spremenila, kot pa pri OSB3 plošči in debelejši plošči P2.
- Odstopanje med desorpcijo in adsorpcijo pri različni relativni zračni vlažnosti. Pri relativni zračni vlažnosti 34 % je bilo odstopanje mase pri debelejši plošči P2 1,1 %, pri plošči OSB3 1 %, pri tanjši plošči P2 0,8 % in pri plošči P5 0,7 %.
- Tip lepila tudi vpliva na spremembo mase. Pri plošči P5, kjer je bilo uporabljeno melamin-formaldehidno lepilo se je masa najmanj spremenila za (16,5 %). Nato pri debelejši plošči P2, kjer je bilo uporabljeno urea-formaldehidno lepilo za (17,2 %) sledi tanjša plošča P2 za (18,3 %). Največ pa se je spremenila masa pri plošči OSB3 za (18,9 %). Tukaj je bilo uporabljeno izocianatno lepilo.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi nas je zanimalo kako relativna zračna vlažnost, debelina in tip plošče oziroma vrsta lepila vplivajo na spremembe dimenzij in mas, zaradi tega smo vzorce izpostavljali različnim klimatskim pogojem.

Imeli smo štiri različne tipe plošč katere smo najprej navlaževali. Vzorce smo najprej kondicionirali v klimi s 65 % relativno zračno vlažnostjo. Vsem štiriindvajsetim vzorčkom dimenzij 50 mm X 50 mm, smo izmerili dimenzije in maso. Vzorce smo postavili v prvo klimo z relativno zračno vlažnostjo 34 % do konstantne mase, nato v klimo s 65 % relativno zračno vlažnostjo, 75 %, 90 %, in na koncu še v klimo z 98 % relativno zračno vlažnostjo. Postopek smo obrnili in pričeli smo s sušenjem. Imeli smo iste klime, kot pri navlaževanju. Na koncu pa smo vzorce dali še v sušilnik s $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ in jih posušili na približno 0 % relativno zračno vlažnost.

Kot smo lahko sklepali se na najboljše obnesla plošča P5, ki je bila zlepljena z melamin-formaldehidnim lepilom, še bolje se je obnesla plošča OSB3, ki je bila zlepljena z izocianatnim lepilom, ampak samo do relativne zračne vlažnosti 90 %, nato pa se je nabrek močno povečal. Pri debelejši in tanjši plošči P2, ki je bila zlepljena z urea-formaldehidnim lepilom, se je malo bolje obnesla tanjša P2 plošča.

Ugotovimo da na spremembe dimenzij in mas pri ivernih ploščah vplivajo tako tip lepila, kot debelina plošče, gostota plošče in geometrije iverja.

7 VIRI

Brumbaugh J.I. 1960. Effect of flake dimensions on properties of particleboard. *Forest Prod. J.*, 10, 5: 243-246

Gatchell C.J., Heebing B.G., Hefly F.V. 1966. Influence of component variables on properties of particleboard for exterior use. *Forest Prod. J.*, 16, 4: 46-59

Gorišek Ž., Geršak M., Čop T., Velušček V., Mrak C. 1994. Sušenje lesa. Ljubljana, Lesarska založba: 235 str.

Haligan A. F. 1970. A review of Thickness Swelling in Particleboard. *Wood Science and Technology*, 4, 4,: 301-312

Halligan A.F., Schniewind A.P. 1972. Effect of moisture on physical and creep properties of particleboard. *Forest Prod. J.*, 22, 4: 41-48

Hann R.A., Black J.M., Blomquist R.F. 1962. How durable is particleboard? *Forest Prod. J.*, 12, 12: 577-584

Heebink B.G., Hann R.A. 1959. How wax and particle shape affect stability and strength of oak particleboards. *Forest Prod. J.*, 9, 7: 197-203

IRLE M. 2000. An investigation of the influence of wood density on the rheological behaviour and dimensional stability of hot-pressed particles. 12str (neobjavljeno)

Klauditz W. 1956. Zehn Jahre Tätigkeit und Forschung 1946-1956. Verein für technische Holzfragen e. V. Braunschweig, Institut für Holzforschung an der Technischen Hochschule Braunschweig

Lehmann W.F. 1974. Properties of structural particleboards. *Forest Prod. J.*, 24, 1: 19-26

May H.-A. 1978. Zur Optimierung der Herstellungsbedingungen phenolharzverleimter Spanplatten. Teil 1: Untersuchung einiger, die Beleimungsgüte beeinflussender Faktoren. Holz Roh-Werkstoff, 36: 441-449

Medved S., Pirkmaier S. 2000. Praktikum za preskušanje lesnih tvoriv iz dezintegriranega lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 71 str.

Medved S. Gospodarska zbornica slovenije:

<http://www.gzs.si/DRNivo3.asp?IDpm=5902&ID=7633>

Pirkmaier S. 1996. Vlakinjska in iverna lesna tvoriva. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

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

Schneider A., Roffael E., May H. A. 1982. Untersuchungen über den Einfluß von Rohdichte, Bindemittelaufwand und Spänebeschaffenheit auf das Sorptionsverhalten und die Dickenquellung von Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 40, 9 : 339-344

Seifert J., 1972. Zur Sorption und Quellung von Holz und Holzwerkstoffen – Erste Mitteilung: Einflüsse auf das Sorptionsverhalten der Holzwerkstoffe. Holz Roh-Werkstoff 30:99-111

Stegmann G., Kratz W. 1967. Kennzeichnung der Verleimungsgüte von Spanplatten mit verschiedenen Bindemittelgehalten und Rohdichten durch Quellungsdruck-Messungen. 1. Ein Beitrag zur Charakterisierung der Quellungsdrücken mit Hilfe einer neuen Meßmethodik. Adhäsion, 11: 11-18

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomske naloge se za pomoč pri zasnovi in izdelavi zahvaljujem mentorju doc. dr. Sergeju MEDVEDU, za recenzijo in dodatne nasvete v zvezi z nalogo pa prof. dr. Željku GORIŠKU. Za pomoč se zahvaljujem tudi tehničnemu sodelavcu na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva Janezu RENKU, ki mi je posojal merilne naprave in sodelavcu na Katedri za tehnologijo lesa Alešu STRAŽETU, ki mi je pomagal pri pripravi klime.

Iskrena hvala tudi vsem ostalim, ki so mi bili v oporo in so mi kakorkoli pomagali v času študija.

PRILOGE

Priloga A: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči

OSB3 – vzorec 1

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	25,82	98	30,71
34	27,70	90	30,22
65	28,38	75	29,63
75	28,75	65	29,19
90	29,54	34	27,90
98	30,71	0	25,82

Priloga B: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči

OSB3 – vzorec 2

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	26,63	98	31,61
34	28,41	90	31,09
65	29,16	75	30,53
75	29,62	65	30,08
90	30,43	34	28,76
98	31,61	0	26,63

Priloga C: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči

OSB3 – vzorec 3

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	24,87	98	29,58
34	26,66	90	28,87
65	27,31	75	28,51
75	27,64	65	28,09
90	28,40	34	26,85
98	29,58	0	24,87

Priloga D: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči

OSB3 – vzorec 4

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	26,33	98	31,38
34	28,18	90	30,82
65	28,86	75	30,20
75	29,29	65	29,76
90	30,08	34	28,44
98	31,38	0	26,33

Priloga E: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči

OSB3 – vzorec 5

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	28,11	98	33,34
34	30,00	90	32,76
65	30,73	75	32,15
75	31,15	65	31,69
90	31,94	34	30,12
98	33,34	0	28,11

Priloga F: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči

OSB3 – vzorec 6

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	27,58	98	32,82
34	29,45	90	32,19
65	30,17	75	31,55
75	30,55	65	30,87
90	31,38	34	29,78
98	32,82	0	27,58

Priloga G: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni

vlažnosti pri plošči OSB3

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	26,56	98	31,57
34	28,40	90	30,99
65	29,10	75	30,43
75	29,50	65	29,95
90	30,29	34	28,64
98	31,57	0	26,56

Priloga H: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 1

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	35,06	98	41,15
34	37,44	90	40,65
65	38,25	75	40,01
75	38,80	65	39,46
90	39,88	34	37,85
98	41,15	0	35,06

Priloga I: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 2

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	34,98	98	40,87
34	37,36	90	40,43
65	38,13	75	39,83
75	38,67	65	39,31
90	39,75	34	37,74
98	40,87	0	34,98

Priloga J: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 3

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	35,36	98	41,29
34	37,81	90	40,84
65	38,56	75	40,25
75	39,07	65	39,75
90	40,13	34	38,18
98	41,29	0	35,36

Priloga K: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 4

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	35,25	98	41,30
34	37,68	90	40,82
65	38,49	75	40,21
75	39,01	65	39,66
90	40,11	34	38,07
98	41,30	0	35,25

Priloga L: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 5

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	37,08	98	43,60
34	39,63	90	43,04
65	40,51	75	42,36
75	41,07	65	41,79
90	42,23	34	40,07
98	43,60	0	37,08

Priloga M: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2 – vzorec 6

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	35,89	98	42,20
34	38,37	90	41,63
65	39,16	75	40,96
75	39,70	65	40,41
90	40,82	34	38,76
98	42,20	0	35,89

Priloga N: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri debelejši plošči P2

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	35,60	98	41,73
34	38,05	90	41,23
65	38,85	75	40,60
75	39,39	65	40,06
90	40,49	34	38,44
98	41,73	0	35,60

Priloga O: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 1

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	23,30	98	27,53
34	24,95	90	27,08
65	25,44	75	26,60
75	25,72	65	26,22
90	26,48	34	25,13
98	27,53	0	23,30

Priloga P: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 2

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	23,53	98	27,68
34	25,20	90	27,29
65	25,71	75	26,85
75	25,97	65	26,47
90	26,71	34	25,37
98	27,68	0	23,53

Priloga Q: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 3

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	23,80	98	27,97
34	25,50	90	27,62
65	26,02	75	27,15
75	26,26	65	26,78
90	27,00	34	25,66
98	27,97	0	23,80

Priloga R: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 4

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	23,17	98	27,61
34	24,83	90	27,07
65	25,35	75	26,52
75	25,59	65	26,14
90	26,33	34	25,01
98	27,61	0	23,17

Priloga S: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 5

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	24,10	98	28,56
34	25,81	90	28,07
65	26,33	75	27,55
75	26,60	65	27,16
90	27,36	34	26,00
98	28,56	0	24,10

Priloga T: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2 – vzorec 6

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	23,05	98	27,31
34	24,68	90	26,84
65	25,20	75	26,34
75	25,44	65	25,97
90	26,20	34	24,87
98	27,31	0	23,05

Priloga U: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri tanjši plošči P2

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	23,49	98	27,78
34	25,16	90	27,33
65	25,67	75	26,83
75	25,93	65	26,46
90	26,68	34	25,34
98	27,78	0	23,49

Priloga V: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 -
vzorec 1

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	28,62	98	33,32
34	30,78	90	32,99
65	31,38	75	32,58
75	31,77	65	32,19
90	32,54	34	30,96
98	33,32	0	28,62

Priloga W: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5
– vzorec 2

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	28,39	98	33,02
34	30,55	90	32,70
65	31,14	75	32,32
75	31,50	65	31,92
90	32,21	34	30,72
98	33,02	0	28,39

Priloga X: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 –
vzorec 3

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	28,72	98	33,52
34	30,90	90	33,14
65	31,49	75	32,73
75	31,89	65	32,32
90	32,57	34	31,09
98	33,52	0	28,72

Priloga Y: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 –
vzorec 4

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	30,61	98	35,63
34	32,90	90	35,23
65	33,52	75	34,83
75	33,93	65	34,40
90	34,56	34	33,12
98	35,63	0	30,61

Priloga Z: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5 –
vzorec 5

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	30,89	98	35,97
34	33,17	90	35,54
65	33,82	75	35,13
75	34,21	65	34,71
90	34,83	34	33,41
98	35,97	0	30,89

Priloga AA: Masa adsorpcije in desorpcije v različni relativni zračni vlažnosti pri plošči P5
– vzorec 6

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	29,75	98	34,81
34	31,98	90	34,30
65	32,62	75	33,89
75	33,01	65	33,48
90	33,59	34	32,20
98	34,81	0	29,75

Priloga BB: Povprečje vseh vzorcev mase adsorpcije in desorpcije v različni relativni
zračni vlažnosti pri plošči P5

relativna zračna vlažnost [φ] v %	adsorpcija	relativna zračna vlažnost [φ] v %	desorpcija
0	29,50	98	34,38
34	31,71	90	33,98
65	32,33	75	33,58
75	32,72	65	33,17
90	33,38	34	31,92
98	34,38	0	29,50