

Sorpcijska svojstva ploča iverica ciklički izlaganih nepovoljnom djelovanju vode i temperature

Žutić, Stipo

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:588757>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA**

STIPO ŽUTIĆ


**SORPCIJSKA SVOJSTVA PLOČA IVERICA CIKLIČKI IZLAGANIH
NEPOVOLJNOM DJELOVANJU VODE I TEMPERATURE**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2021.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

AUTOR:	Stipo Žutić 20.01.1999., Mostar BiH 0068234046
NASLOV:	Sorpcijska svojstva ploča iverica ciklički izlaganih nepovoljnom djelovanju vode i temperature
TITLE:	Sorption properties of particleboards cyclically exposed to adverse effects of water and temperature
PREDMET:	Ploče od usitnjenog drva
MENTOR:	Doc. dr. sc. Nikola Španić
IZRADU RADA JE POMOGAO:	-
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu – Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Zavod za tehnologije materijala
AKAD. GOD.:	2020./2021.
DATUM OBRANE:	24.09.2021.
RAD SADRŽI:	Stranica: 20 Slika: 16 Tablica: 7 Navoda literature: 8
SAŽETAK:	<p>Ploče iverice ograničene su otpornosti na vlagu, te su stoga ograničena i potencijalna mjesta njihove uporabe. Cikličko izlaganje ploča nepovoljnom djelovanju vode i niske/visoke temperature pritom predstavlja najekstremniji oblik njihova ispitivanja. Podaci dobiveni cikličkim izlaganjem u mnogim su slučajevima jedini mjerodavni za primjenu ploča, s izrazitim naglaskom na potencijalnu primjenu iverica u graditeljstvu. Pritom je naglasak stavljen na sorpcijska svojstva ploča i njihovu dimenzionalnu stabilnost. S obzirom na to da u literaturi postoji relativno malo podataka koji jasno govore o dimenzionalnoj stabilnosti ploča, ista se nastojala utvrditi u sklopu ovog završnog rada. Uzorci ploča iverica pritom su ispitani nakon cikličkog tretmana u skladu s odrednicama norme HRN EN 321:2008. Rezultati ispitivanja pokazali su da su sorpcijska svojstva izravno ovisno o ispitivanom tipu ploče, odnosno veličini sirovine iz koje su ploče izrađene i vrsti ljepila korištenom za njihovu izradu. Točnije, OSB ploče izrađene iz makro iverja primjenom poliuretanske smole.</p>

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 24.09.2021. godine

vlastoručni potpis

Stipo Žutić

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJ RADA	2
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	3
3.1. Opće informacije o pločama ivericama	3
3.2. Stanje OSB ploča nakon izlaganja cikličkim testovima	4
3.3. Ispitivanje mogućnosti korištenja testova ubrzanog starenja za procjenu stanja OSB ploča u uporabi	5
3.4. Ispitivanje ploča nakon blagog testa starenja	6
4. MATERIJALI I METODE RADA	9
4.1. Ispitivani materijal	9
4.2. Ciklički test	9
4.2.1. Utvrđivanje fizikalnih svojstava ploča	9
4.2.1.1. Određivanje dimenzija	10
4.2.1.2. Određivanje gustoće	10
4.2.1.3. Određivanje debljinskog bubrenja i upijanje vode	10
4.3. Mjerna oprema korištena u istraživanju	12
5. REZULTATI	14
5.1. Debljina	14
5.2. Gustoća	15
5.3. Debljinsko bubrenje	16
5.4. Apsolutno upijanje vode	17
5.5. Relativno upijanje vode	18
6. ZAKLJUČAK	19
7. LITERATURA	20

1. UVOD

Masivno drvo u današnje vrijeme mijenja se pločama na bazi drva. Prvobitno moramo sagledati doba u kojem živimo, tj „zeleno“ doba kada je trend koristiti prirodne, obnovljive materijale koji su ekološki prihvatljivi. Ploče od usitnjenog drva odgovaraju na većinu zahtjeva trendova i težnji zapada ka ekološkoj održivosti. Velika prednost ploča je ta da ih možemo dobivati od neupotrebljivih drvnih sortimenata, otpada u industrijskoj proizvodnji ili pak reciklažom.

Kao i svi materijali, ploče od usitnjenog drva ispituju se u skladu sa zahtjevima i uvjetima gdje i kako će se koristiti. Radi toga je bitno da zadovolje fizikalno-mehaničke zahtjeve, primjer kojih su otpornost na vlagu, vatru, dekorativne mogućnosti itd.

Klasični način ispitivanja su ciklički testovi, kojima izlažemo materijal različitim režimima kako bi simulirali uvjete gdje će se koristiti. Ovaj rad je upravo baziran na izlaganju tri tipa ploča različitim uvjetima. Eksperiment je proveden u razdoblju od tri tjedna cikličkog izlaganja uzoraka ploča djelovanju vode odnosno niske i visoke temperature. Jedan set ispitnih uzoraka ploča sastojao se pritom iz 10 uzoraka, tako da je svaki tjedan izlagano po 30 uzoraka, kako bi vidjeli razlike nakon više ciklusa izlaganja.

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada je istražiti i usporediti tri tipa ploča, ploče iverice tip P2, ploče iverice tipa P4 i OSB ploče. Točnije, ispitati njihova svojstva nakon cikličkog testa u skladu s normom HRN EN-321: 2008. Uzorci su ispitivani u tri ciklusa kako bi se moglo doći do točnih zaključaka i zapažanja. U radu je dat i osvrt na neka prethodna istraživanja, koja su rađena na istim materijalima i po sličnom principu, a s ciljem uporedbe rezultata drugih autora s eksperimentalno dobivenim podacima. Ciljevi rada realizirani su kroz slijedeće faze:

- uzorkovanje uzoraka ploča za sva tri tipa ploča; ploče iverice tipa P2, P4 i OSB ploča,
- krojenje uzoraka na dimenzije 50 × 50 mm,
- mjerenje mase i dimenzija uzoraka prije cikličkog testa,
- izlaganje uzoraka cikličkom tretmanu ubrzanog starenja,
- mjerenje mase i dimenzija nakon izlaganja uzoraka cikličkom tretmanu, te mjerenje promjena u debljini, gustoći i promjene debljinskog bubrenja, odnosno upijanja vode,
- obrada podataka dobivenih provedbom eksperimenta,
- donošenje zaključaka.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

3.1. Opće informacije o pločama ivericama

Za ovaj eksperiment, korištene su ploče od usitnjenog drva, tj dva tipa ploča iverica i OSB ploče. Stoga su u ovom kratkom uvodu navedeni osnovni pojmovi (informacije) upravo o tim vrstama ploča. U skupini ploča od usitnjenog drva, dvije su osnovne podvrste ploča, a to su vlaknatice i iverice. Ploče iverice su izrađene od iverja drva i/ili drugih lignoceluloznih sirovina. Ploče vlaknatice se pak proizvode međusobnim preplitanjem vlakanaca drva u formiranom tepihu, uz ili bez tlaka s dodatkom vezivnog materijala. Za proizvodnju ploča od usitnjenog drva najpovoljniji su drveni sortimenti u obliku metrice i višemetrice, a najpovoljnije vrste drva su četinjače. S obzirom da nisu korištene u eksperimentalnom dijelu rada, o pločama vlaknaticama u nastavku teksta neće biti govora.

Ploče iverice su, zbog iznimno širokog spekta sirovine iz koje se mogu proizvesti vrlo zastupljene i možemo ih naći gotovo svuda oko sebe. Njihova najveća prednost je ta što su jeftine (prvenstveno zbog niske cijene veziva za njihovu proizvodnju), a mogu se koristiti u interijeru, za graditeljstva i do određene mjere i u eksterijeru. Prema dimenzijama osnovne sirovine, ploče iverice se mogu podijeliti na ploče s mikroiverjem i ploče s makroiverjem. Ploče s mikroiverjem sastoje se od iverja različitih frakcija, čije su maksimalne dimenzije: duljina do 30 mm, širina do 10 mm i debljina do 0,5 mm. Ploče s makroiverjem sastoje se od iverja duljine 200 mm i više, širine do 100 mm i debljine do 0,8 mm (Jambreković, 2004). U ovoj grupi ploča razlikujemo:

- Waferboard (WB) - troslojna ploča iverica kod koje srednji sloj čini iverje od 36 mm duljine, širine i debljine od 0,6-0,8 mm.
- Oriented Waferboard (OWB) - srednjica ovih ploča je iz Wafer iverja, dok su vanjski slojevi izrađeni iz orijentiranog Strand iverja duljine 50-72 mm, širine 10-15 mm i debljine 0,4-0,6 mm.
- Oriented Strandboard (OSB) - načinjena od orijentiranog Strand iverja kod kojih je Strand iverje središnjeg sloja orijentirano u smjeru širine ploče, a ono vanjskih slojeva je usmjereno u smjeru dužine ploče.

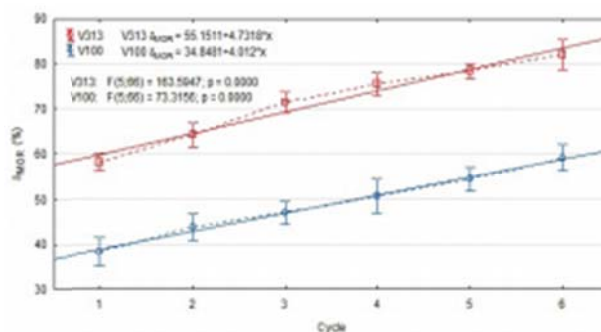


Slika 1. Sheme osnovnih vrsta ploča iverica (*Izvor: Jambreković, 2004*)

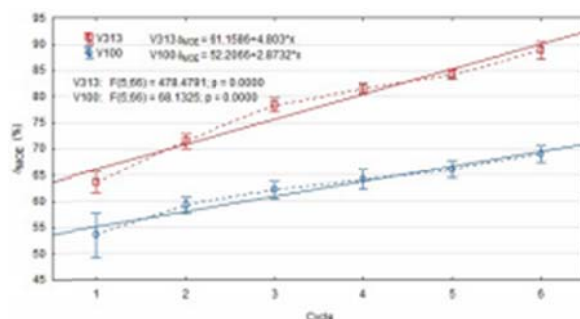
3.2. Stanje OSB ploča nakon izlaganja cikličkim testovima

Autori Mirski, Dziurka i Wieruszewski (2014) u svom su istraživanju ispitali otpornost OSB/3 ploča na cikličko izlaganje atmosferskim utjecajima simuliranim V313 i V100 testovima. Cilj njihova istraživanja bio je utvrditi opseg promjena mehaničkih svojstava nakon simulacije vanjskim uvjetima. Paralelno s izlaganjem cikličkim testovima dio uzoraka autori su izlagali i na otvorenom. Naime, većina testova ubrzanog starenja usko korelira s vijekom trajanja ispitivanog materijala, pri čemu najčešće jedan ciklus označava jednu godinu u uporabi. Ispitni uzorci bili su dimenzija 18 × 50 × 410 mm. Od dvaju spomenutih testova u uprabi je učestaliji V100 test, koji je brži i traje samo 21 sat dok V313 test može trajati i do 35 dana. Sam V100 test zasniva se na normi EN-1087 (1995) kod V100, dok se V313 test bazira na normi EN-321 (2002).

Rezultati oba testa ukazali su da se nakon svakog ciklusa oštećenje ploča povećavalo (sl. 2. i 3.) Također je utvrđeno da sa svakim ciklusom dolazilo i do promjena savojne čvrstoće, ali i da se te promjene u slučaju V313 testa nakon četvrtog tjedna izlaganja mogu zanemariti. Tijekom ispitivanja uočeno i je da su promjene vrijednosti savojne čvrstoće izraženije od onih koje su uočene kod testa V100.

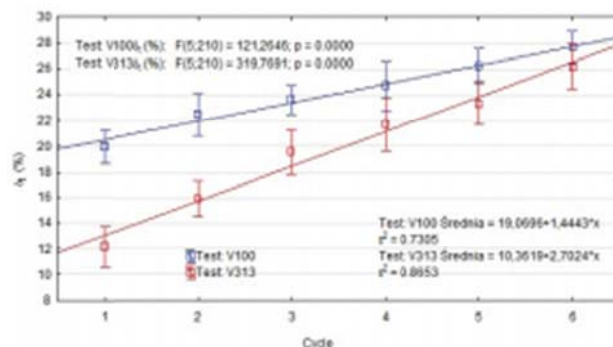


Slika 2. Relativne promjene savojne čvrstoće (MOR) OSB/3 ploča nakon izlaganja, ovisno o testu i broju ciklusa izlaganja (**Izvor:** Mirski, Dziurka i Wieruszewski, 2014)



Slika 3. Relativne promjene modula elastičnosti (MOE) OSB/3 ploča nakon izlaganja, ovisno o testu i broju ciklusa izlaganja (**Izvor:** Mirski, Dziurka i Wieruszewski, 2014)

Ispitivanje vlačne čvrstoće (IB) pokazalo je da je ista znatno veća kod testa V313, nego kod V100 (sl. 4.). Relativna promjena vrijednosti vlačne čvrstoće bila je oko 75% i 85% za V100 i V313 testove, pri čemu ldući ciklusi davali su identične rezultate. Što znači da u ovom slučaju s povećanjem broja ciklusa nije došlo do značajnije promjene rezultata. Promjene debljine ploča su ipak bile veće kod testa V100 nego kod testa V313. Točnije, dok su se na početku kod oba testa događale značajnije promjene, iste su se smanjivale u kasnijim ciklusima. No, pri ovim je testovima debljinsko bubrenje bivalo značajan problem, pa se nije uzimalo kao parametar za usporedbu.

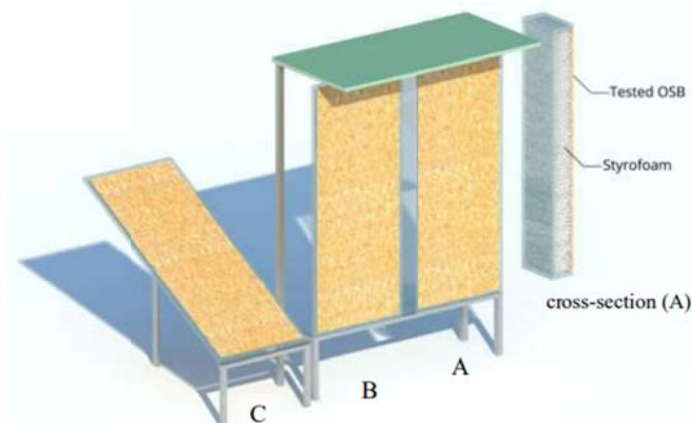


Slika 4. Relativne promjene debljine OSB/3 ploča nakon izlaganja, ovisno o testu i broju ciklusa izlaganja (Izvor: Mirski, Dziurka i Wieruszewski, 2014)

Na osnovi rezultata ispitivanja svojstava ploča izloženih u vanjskim uvjetima, autori su utvrdili korelaciju s testovima ubrzanog starenja, jer su kod tih ploča najveće promjene mehaničke zabilježene nakon prve godine izlaganja, a već kod treće i četvrte godine promjene su postale slične.

3.3. Ispitivanje mogućnosti korištenja testova ubrzanog starenja za procjenu stanja OSB ploča u uporabi

Autori Derkowski i sur., (2014) usporedili su rezultate ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava OSB/3 i OSB/4 ploča nakon ubrzanog starenja i s rezultatima ispitivanja ploča nakon izlaganja djelovanju vanjskih atmosferskih uvjeta. Naime, poznato je da proizvođači ploča najčešće koriste testove ubrzanog starenja da bi dokazali kvalitetu svojih ploča. Ploče korištene u ispitivanju bile su debljine 15 mm, i iskrojene su u grupe od po 15 uzoraka za ispitivanje debljinskog bubrenja i vlačne čvrstoće (dimenzije uzoraka bile su 50 × 50 mm) i 12 uzoraka dimenzija 350 × 50 mm za ispitivanje savojne čvrstoće i modula elastičnosti. Ubrzano starenje uzoraka provedeno je V313 testom. Uzorci izloženi vanjskim utjecajima podijeljeni su tako da su A i B uzorci postavljeni okomito, a C uzorak je postavljen pod kutom od 30° (sl. 5).



Slika 5. Eksperimentalni postav za izlaganje uzoraka vanjskim uvjetima
(Izvor: Derkowski i sur., 2014)

U tablici 1. navedeni su rezultati ispitivanja uspoređeni s vrijednostima navedenima u normi EN 300 (2006) koja definira minimalne vrijednosti savojne čvrstoće i modula elastičnosti, odnosno vlačne čvrstoće.

Tablica 1. Svojstva ispitivanih OSB ploča (Izvor: Derkowski i sur., 2014)

Svojstvo	Metoda ispitivanja	Jedinica	Brojčane vrijednosti			
			Vrsta ploče			
			OSB/4	OSB/3	2002. GODINA	2009. GODINA
ρ	EN 323	kg/m ²	670	-	635	625
TS	EN 317	%	8,7	15	8,8	9,7
MOR II	EN 310	N/mm ²	35,1	20	34,6	34,4
MOR \perp	EN 310	N/mm ²	23,1	10	23,7	24,4
MOE II	EN 310	N/mm ²	5950	3500	5840	5860
MOE \perp	EN 310	N/mm ²	3540	1400	3430	3510
IB	EN 319	N/mm ²	0,84	0,32	0,65	0,64
V 100	EN 1087-1	N/mm ²	0,15	0,13	0,18	0,12

Iz rezultata ispitivanja vidljivo je da su po izlaganju oba tipa ploča imale prihvatljive vrijednosti smanjenje savojne čvrstoće. Točnije, smanjenje vrijednosti iznosi 50% za OSB/4 i 60% za OSB/3, dok je ta vrijednost 53% za oba tipa ploča u ispitivanju vlačne čvrstoće okomito na površinu. Stoga autori zaključuju da oba tipa ploča ispunjavaju minimalne propisane uvjete po pitanju savojne čvrstoće i modula, ali i da istovremeno dolazi do neadekvatnog smanjenja vlačne čvrstoće. Slično kao i u ranije opisanom istraživanju i ovi su autori zabilježili da su promjene vrijednosti ispitivanih svojstava zanemarive naon četvrtog ciklusa izlaganja.

3.4. Ispitivanje ploča nakon blagog testa starenja

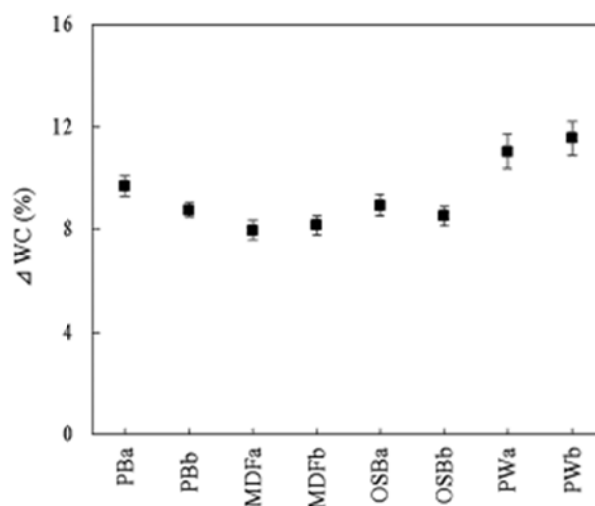
Ovo istraživanje proveli su autori Saad i sur. (2016) i u istom su ispitane furnirske ploče (PW), OSB, ploče iverice (PB), i MDF ploče. Svaki tip ploče imao je

dvije varijacije, a razlike su bile u tipu ljepila, debljini i vrsti drva. Dimenzije uzoraka bile su 50 × 250 mm, a prvotno su kondicionirani na 40 °C u trajanju od 48 sati. Nakon toga su mjerene dimenzije uzoraka i dinamička čvrstoća na savijanje. Test se izvodio tako da se na jednu stranu uzorka postavio mikroskop, dok se na drugoj strani udaralo čekić. Na osnovi podataka o brzini prolaza zvuka, korištenjem Fourierove transformacije izračunata je konstanta elastičnosti (E_d). Za test ubrzanog starenja korištena je blaža varijanta testa. Test mokro-suho imao je dvije faze, kao što je u nazivu očito. Mokro stanje je opisano izlaganju uvjetima 40 °C i 90% relativnoj vlazi zraka u trajanju od 21 sat. Dok suho stanje opisuje izlaganje na 40 °C u trajanju od 48 sati bez kontrole vlažnosti.

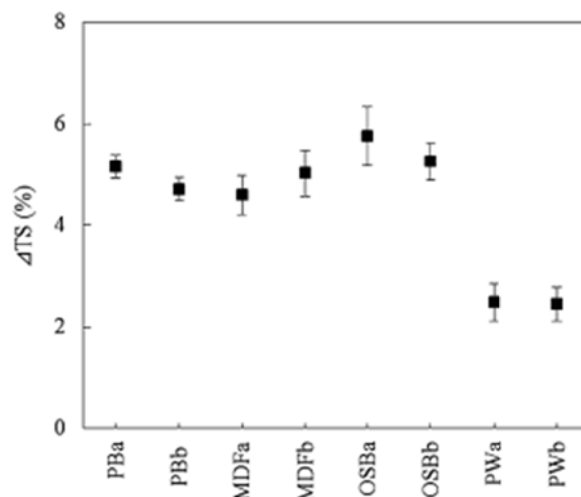
U tablici 2. navedeni su podaci o ispitivanim svojstvima ploča prije izlaganja, a na slikama 6. i 7. rezultati promjena mase i debljine (bubrenje) nakon izlaganja, ovisno o tipu ploče.

Tablica 2. Svojstva ispitivanih ploča prije izlaganja (Izvor: Saad i sur., 2016)

Vrsta ploče	Kratica	Ljepilo	Debljina (mm)	Gustoća (g/cm ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Furnirska ploča	PWa	PF	12,2	0,6	49,3 ± 13,4	6,55 ± 0,84
	PWb	PF	8,8	0,58	71,8 ± 13,1	8,78 ± 1,16
OSB	OSBa	PF	12,4	0,63	37,7 ± 8,9	4,90 ± 0,69
	OSBb	PF	11,8	0,65	36,0 ± 6,9	4,68 ± 0,62
Iverica	PBa	PF	12,2	0,74	21,6 ± 3,5	3,44 ± 0,46
	PBb	MDI	12,1	0,77	29,7 ± 2,4	3,97 ± 0,19
MDF	MDFa	MUF	12,2	0,75	44,9 ± 3,0	4,07 ± 0,22
	MDFb	MDI	9,1	0,71	33,8 ± 1,4	3,10 ± 0,15



Slika 6. Odnosi promjena mase pojedinih tipova ploča nakon 80 ciklusa izlaganja (Izvor: Saad i sur., 2016)



Slika 7. Odnosi promjena debljinskog bubrenja pojedinih tipova ploča nakon 80 ciklusa izlaganja (Izvor: Saad i sur., 2016)

Rezultati testiranja mokro-suho dali su promjene od 8-11,5 % u slučaju promjena mase ($\Delta W C$; sl. 6), odnosno 2,5-6% kod debljinskog bubrenja ($\Delta T S$; sl. 7.). Iz prikazanog na slikama 6. i 7. jasno je vidljivo da je pri ciklusu mokro-suho došlo ireverzibilnih promjena dimenzija uzoraka (trajnog debljinskog bubrenja). Vrijednosti elasticiteta uzoraka (određeno preko vrijednosti E_d), drastično su smanjene u prvih nekoliko ciklusa, i dalje kontinuirano padaju do zadnjeg (80) ciklusa izlaganja. Na osnovi ovakvih rezultata autori su zaključili da su primijenjene metode adekvatne za ispitivanje svojstava ploča u uvjetima sličnima onima u kojima se ploče mogu naći za vrijeme svog roka uporabe.

4. MATERIJALI I METODE RADA

4.1. Ispitivani materijal

Istraživanje je provedeno na troslojnim OSB pločama tip OSB/3, odnosno pločama ivericama tip P2 (pločama za namještaj i uporabu u interijeru) i tip P4 (nosivim pločama za uporabu u interijeru). OSB/3 u ovom su radu odabrane kao predstavnik građevinskih ploča koje u uporabi često dolaze u kratkotrajni kontakt s vodom. Ploče iverice tip P4 ploče predstavljaju grupu građevinskih ploča za uporabu u interijeru, a koje u pravilu ne dolaze u kontakt s vodom, već eventualno bivaju korištene u uvjetima diferencijalne klime. Ploče iverice tip P2 predstavljaju najčešće korišteni tip ploča od usitnjenog drva i rezultati ispitivanja njihovih svojstava korišteni su kao svojevrsne referentne vrijednosti. Debljina ploča određenih za provedbu eksperimentalnog dijela ovog rada bila je 25 mm. Uzorkovanje i krojenje uzoraka svih tipova ploča obavljeno je u skladu s odrednicama HRN EN normi.

4.2. Ciklički test

Ciklički test izlaganja uzoraka s ciljem određivanja njihove otpornosti na nepovoljni utjecaj djelovanja vode i povišene/snižene temperature proveden je u skladu s odrednicama norme HRN EN 321: 2008. Proces izlaganja uzoraka sastojao se iz:

- uranjanja uzoraka u vodu temperature 20 ± 2 °C, u trajanju 72 ± 1 h,
- smrzavanja uzorka na temperaturi između -12 i -20 °C u trajanju $24 \pm 0,25$ h,
- sušenja uzorka na temperaturi 70 ± 1 °C u trajanju 72 ± 1 h.

Pri uranjanju uzorci su morali biti odvojeni jedan od drugoga najmanje 15 mm i potpuno potopljeni u vodu. Po isteku navedenog vremena uzorci ploča izvađeni su iz vode i s njihove površine se nakon cijeđenja viška vode papirnatim ručnikom obrisala preostala voda. Potom su uzorci smješteni u zamrzivač na način da su postavljeni vertikalno i dovoljno odvojeni jedni od drugih. Tretman uzoraka niskom temperaturom trajao je 24 sata nakon čega su uzorci odmah prebačeni u sušionik gdje su također posloženi vertikalno i dovoljno odvojeni jedni od drugih. Po isteku vremena sušenja, suhi uzorci prebačeni su u eksikator na 4 sata, prije njihova ispitivanja. Tako pripremljeni uzorci bili su spremni za mjerenje dimenzija i određivanje njihovih svojstava. Jedan ciklus izlaganja trajao je 168 sati (1 tjedan) i ukupno je (uz kondicioniranje) ponavljan tri puta.

4.2.1. Utvrđivanje fizikalnih svojstava ploča

Po izlaganju uzoraka cikličkom testu kroz 1-3 tjedna utvrđena su njihova fizikalna svojstva. Fizikalna svojstva koja su pritom ispitana bila su gustoća,

apsolutno upijanje vode, relativno upijanje vode te debljinsko bubrenje. Ispitivanja su provedena prema odrednicama sljedećih normi:

- dimenzije – HRN EN 324-1:1993 Ploče na osnovi drva – Određivanje dimenzija ploča-1. dio: određivanje debljine, širine i duljine,
- gustoća – HRN EN 323:1997 Ploče na osnovi drva – Određivanje gustoće,
- debljinsko bubrenje – HRN EN 317:2000 Ploče iverice i vlaknatice – Određivanje debljinskog bubrenja nakon potapanja u vodu,
- apsolutno i relativno upijanje vode – ispitivanje izvršeno paralelno s ispitivanjem debljinskog bubrenja; prema HRN EN 317:2000.

4.2.1.1. *Određivanje dimenzija*

Prilikom određivanja dimenzija, potrebno je odrediti debljinu, duljinu i širinu. Za mjerenje debljine koristio se digitalni mikrometar. Mjerenje debljine izvršeno je umetanjem uzorka i laganim pritezanjem ploha mjernog instrumenta, najprije pomoću kraja vijka za grubo okretanje, a zatim finim pritezanjem čekrkom. Za mjerenje duljine i širine koristilo se pomično mjerilo. Mjerenje duljine pomičnim mjerilom izvršeno je pomicanjem i laganim stezanjem ploha mjernog instrumenta na mjerni uzorak. Na ljestvici tijela očitao se puni milimetar, dok se na skali noniusa očitavane desetinke milimetra. Uz mjerenje dimenzija prije izlaganja, dimenzije su se također mjerile i nakon svakog individualnog tjedna (ciklusa) izlaganja ploča.

4.2.1.2. *Određivanje gustoće*

Gustoća je određena prije i poslije izlaganja uzoraka ploča. Uzorci za ispitivanje bili su dimenzija 50 × 50 mm, kojima su određene dimenzije i masa. Masa uzoraka određena je vaganjem na preciznoj vagi s točnošću od 0,01 g. Gustoća je izražena kao omjer mase i volumena ploče, prema formuli:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots(1)$$

gdje je:

ρ – gustoća ispitnog uzorka, g/cm³

m_u – masa ispitnog uzorka, g

V – volumen ispitnog uzorka, cm

4.2.1.3. *Ispitivanje debljinskog bubrenja i upijanja vode*

Debljinsko bubrenje i upijanje vode utvrđeni su s ciljem dobivanja spoznaja o ponašanju ploča pri promjenama vlage zraka ili direktnog kontakta s vodom, u realnim uvjetima uporabe. Određivanje debljinskog bubrenja izvršeno je na 30

uzoraka ploča (ukupno 90 uzoraka, po 30 za svaku ploču i po 10 za svaki ciklus izlaganja) dimenzija 50 × 50 mm nakon cikličkog izlaganja.

Debljinsko bubrenje (Q_x) utvrđeno je kao razlika debljine ispitnog uzorka nakon klimatizacije (prije tretmana) i njegove debljine nakon svakog ciklusa izlaganja. Izražena je s točnošću od 0,1 mm, a izračunato je prema formuli:

$$Q_x = \frac{d_u - d_0}{d_0} \times 100 \quad \dots(2)$$

gdje je:

Q_x – debljinsko bubrenje nakon x (1,2 ili 3) tretmana izlaganja, %

d_0 – debljina ispitnog uzorka prije tretmana, mm

d_u – debljina klimatiziranog nakon tretmana, mm

Kao što je ranije navedeno, paralelno s utvrđivanjem debljinskog bubrenja utvrđeno je i apsolutno i relativno upijanje vode. Apsolutno upijanje vode (U_a) izračunato je kao odnos mase ispitnog uzorka nakon tretmana i mase klimatiziranog uzorka prije tretmana. Rezultat je izražen s točnošću od 0,1 g, a izračunat je prema formuli:

$$U_a = m_v - m_u \quad \dots(3)$$

gdje je:

U_a – apsolutno upijanje vode, g

m_v – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja, g

m_u – masa ispitnog uzorka prije izlaganja, g

Relativno upijanje vode (U_r) odnos je apsolutnog upijanja vode i mase ispitnog uzorka prije tretmana, a izračunato je prema formuli:

$$U_r = \frac{m_v - m_u}{m_u} \times 100 \quad \dots(4)$$

gdje je:

U_r – relativno upijanje vode, %

m_v – masa ispitnog uzorka nakon izlaganja, g

m_u – masa ispitnog uzorka prije izlaganja, g

4.3. Mjerna oprema korištena u istraživanju

Uzorci ploča potapali su se u vodu u metalnom kavezu koji je spriječio njihovo isplivavanje, uz istovremeno osiguranje međusobnog razmaka između uzoraka. Pritom se metalni kavez s uzorcima potopio u vodu u plastičnoj posudi (sl. 8.).



Slika 8. Kavez s uzorcima i posuda za uranjanje

Za tretman uzoraka suhim zrakom (sušenje) korišten je laboratorijski sušionik proizvođača Instrumentalia (sl. 9). Za tretman uzoraka niskom temperaturom (smrzavanje) korišten je zamrzivač s mogućnošću postizanja temperature između -12 i -20 °C u roku jednog sata nakon umetanja uzoraka i održavanja te temperature.



Slika 9. Laboratorijski sušionik s uzorcima (u metalnim posudama) postavljenim na gornju policu

Debljina uzoraka mjerena je digitalnim mikrometrima (sl. 10) s pomakom mjernih površina po načelu vijka, mjernog područja od 0-25 i 25-50 mm, točnosti mjerenja na dvije decimale.



Slika 10. Digitalni mikrometar

Duljina i širina uzoraka mjerena je digitalnim pomičnim mjerilom mjernog područja od 0-150 mm (sl. 11).



Slika 11. Digitalno pomično mjerilo

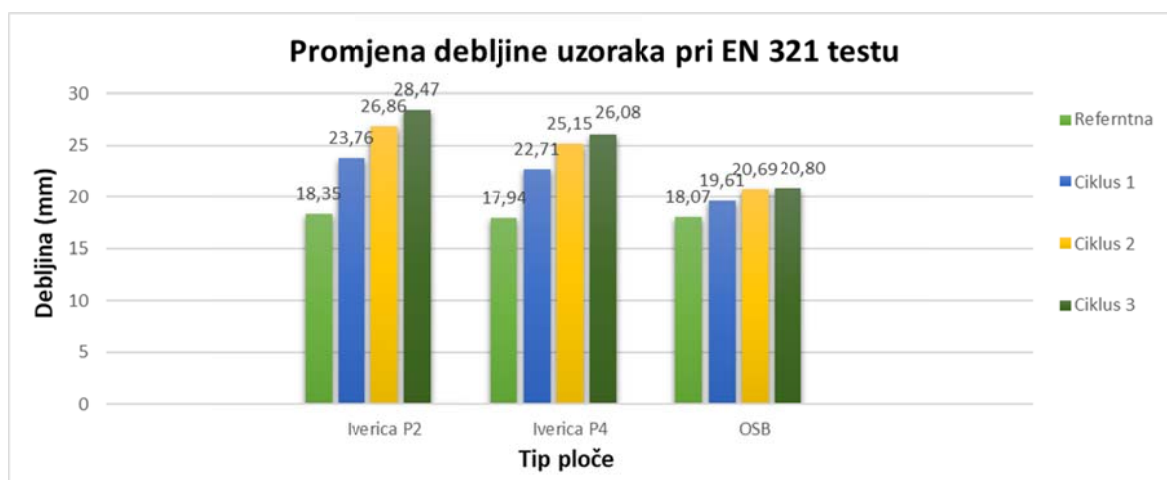
Masa uzoraka mjerena je tehničkom vagom s mogućnošću mjerenja na dvije decimalne

5. REZULTATI

5.1. Debljina

Tablica 3. Debljine referentnih i ispitnih uzoraka

Vrsta ploče (mm)	Ciklus				Debljina (mm)
	Ref.	1	2	3	
Iverica P2	18,35	23,76	26,86	28,47	
Iverica P4	17,94	22,71	25,15	26,08	
OSB	18,07	19,61	20,69	20,80	



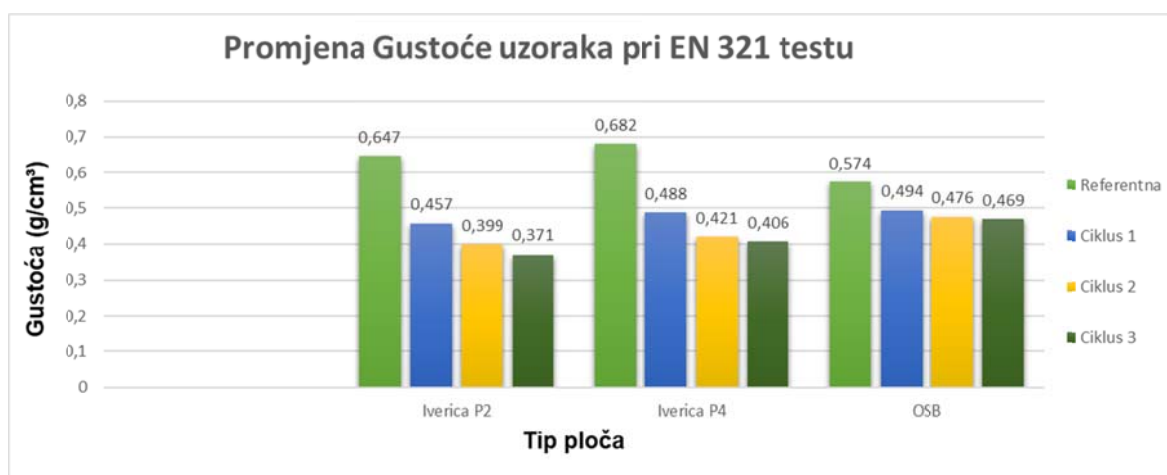
Slika 12. Grafički prikaz promjena debljine uzoraka tijekom EN 321 testa

Nakon tri ciklusa ispitivanja uočavamo promjene u debljini. Najveće promjene su vidljive kod iverica tipa P2 gdje je razlika između referentne debljine i konačne debljine iznosi 10,12 mm. Iverica tipa P4 ima manju razliku u između početne i konačne debljine, koja iznosi 8,98 mm. OSB ploče su pretrpjele najmanju promjenu u debljini, a ona iznosi samo 2,73 mm. Ovi rezultati sugeriraju da je cikličkom djelovanju vode i povišene/snižene temperature najotpornija OSB ploča. Ovi rezultati ne trebaju čuditi, jer je ovaj tip ploča izrađen primjenom poliuretanskog ljepila koje je vodootporno. Uz to OSB ploče zaštićene su i slojem parafina pri njihovoj izradi, koji dodatno sprječava prodor vode u strukturu ploča.

5.2. Gustoća

Tablica 4. Gustoće referentnih i ispitnih uzoraka

Vrsta ploče (mm)	Ciklus				Gustoća (g/cm ³)
	Ref.	1	2	3	
Iverica P2	0,647	0,457	0,399	0,371	
Iverica P4	0,682	0,488	0,421	0,406	
OSB	0,574	0,494	0,476	0,469	



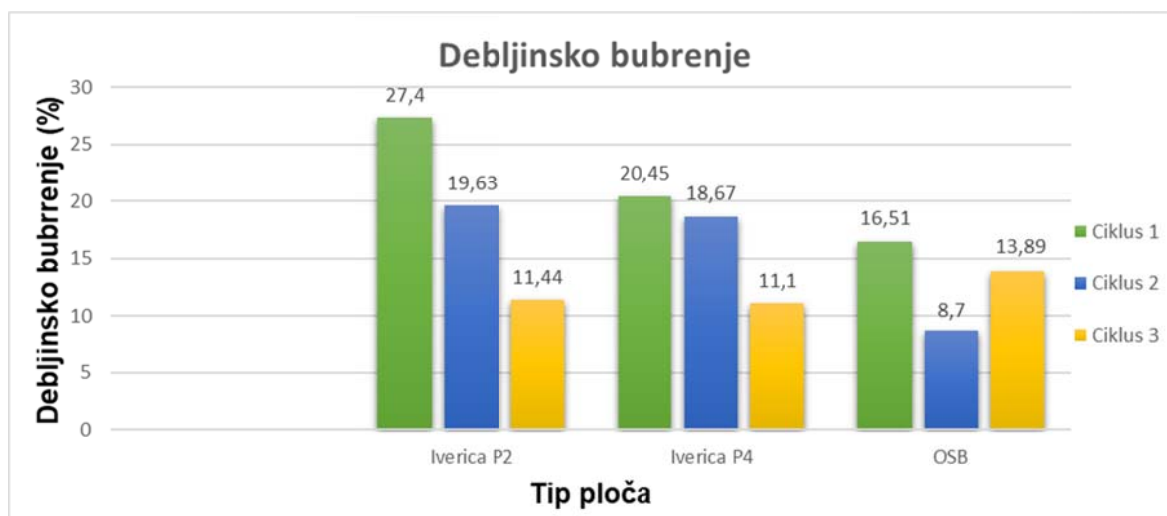
Slika 13. Grafički prikaz promjena gustoće uzoraka tijekom EN 321 testa

Kroz sva tri ciklusa i kod sva tri tipa ploča došlo je do smanjenja gustoće uzoraka. Najznačajniju promjenu vidimo nakon prvog ciklusa, gdje je u sva tri slučaja gustoća najdrastičnije pala. Razlika između početne i konačne gustoće ploče iverice tipa P2 je 0,276 g/cm³. Ploča iverica tipa P4 doživjela je pad gustoće za 0,276 g/cm³, kao i tip P2. Kod OSB ploča pad u gustoći je najmanji, te iznosi 0,105 g/cm³. Navedeni rezultati dodatni su dokaz utjecaja vrste osnovne sirovine na svojstva ploča, koje dodatno naglašava dimenzija iverja.

5.3. Debljinsko bubrenje

Tablica 5. Debljinsko bubrenje ispitnih uzoraka

Vrsta ploče (mm)	Ciklus			Bubrenje (%)
	1	2	3	
Iverica P2	27,4	19,63	11,44	
Iverica P4	20,45	18,67	11,1	
OSB	16,51	8,7	13,89	



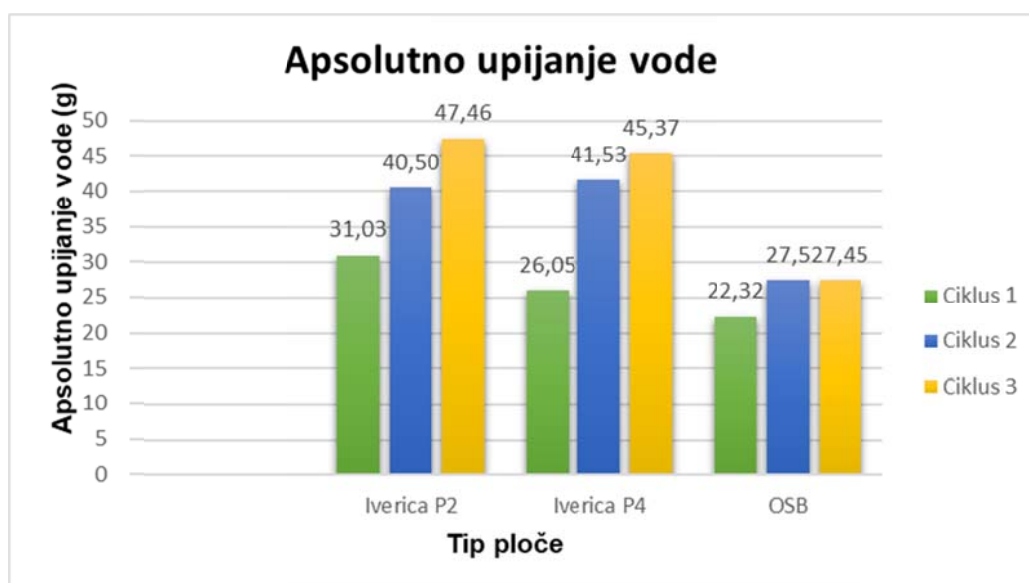
Slika 14. Grafički prikaz debljinskog bubrenja uzoraka tijekom EN 321 testa

Debljinsko bubrenje kod sva tri tipa ploča bilo je najintenzivnije u prvom ciklusu, kod oba tipa ploče iverice u trećem ciklusu bubrenje je značajno opalo, a kod OSB ploča u trećem ciklusu dolazi do porasta u postotku debljinskog bubrenja. Mahom su ovakvi rezultati posljedica načina izračuna debljinskog bubrenja, točnije korištenja debljine uzoraka nakon pojedinog ciklusa kao ulazne vrijednosti debljine za naredni ciklus.

5.4. Apsolutno upijanje vode

Tablica 6. Apsolutno upijanje vode ispitnih uzoraka

Vrsta ploče (mm)	Ciklus			Aps. upij. (g)
	1	2	3	
Iverica P2	31,03	40,50	47,46	
Iverica P4	26,05	41,53	45,37	
OSB	22,32	27,5	27,45	



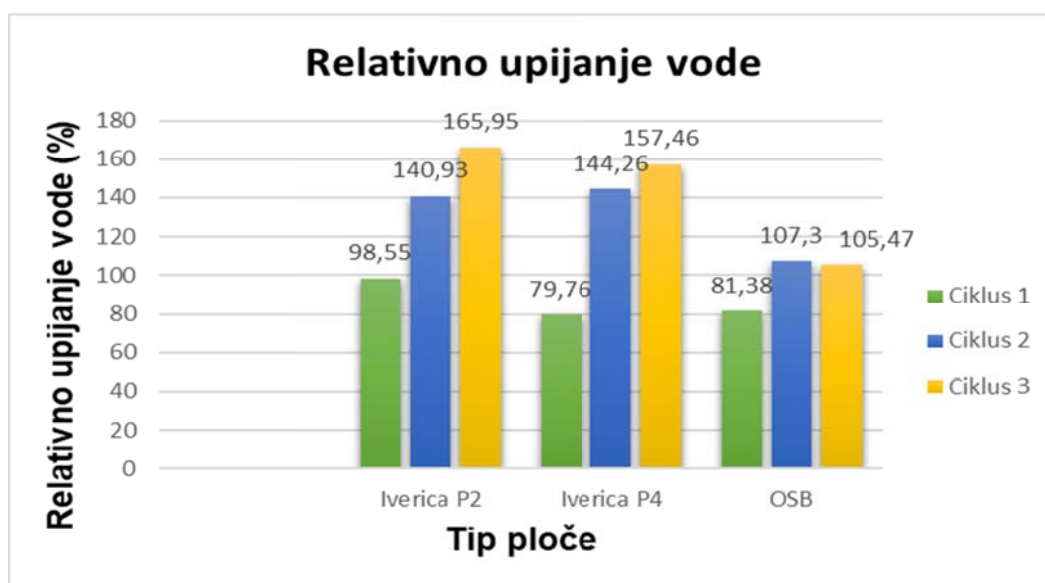
Slika 14. Grafički prikaz apsolutnog upijanja vode uzoraka tijekom EN 321 testa

Apsolutno upijanje vode prikazuje nam razliku između masa prije i poslije tretmana. Najveća razlika je poslije prvog ciklusa, kod sva tri ispitana uzorka. Dok kod oba tipa ploča iverica vrijednosti nastavljaju rasti i u trećem ciklusu, kod OSB ploča apsolutno upijanje u trećem ciklusu se značajno ne razlikuje od drugog ciklusa. Ovi podaci su svakako zanimljivi jer pokazuju da se promjene vrijednosti apsolutnog upijanja vode ploča iverica, neovisno o njihovom tipu, kroz cikluse mijenja po istom pravilu, ali i da su vrijednosti dosta podjednake. Navedeno pokazuje da sorpcijska svojstva ploča ovise o njihovoj strukturi, no da je ta sorpcija relativno slična i naoko nema nikakve razlike između ploča tip P2 i P4. Stoga se postavlja pitanje prikladnosti ispitane ploče P4 za predviđenu primjenu i opravdavaju li dobiveni rezultati značajnu razliku u njihovoj cijeni proizvodnje i koštanja gotovog proizvoda.

5.5. Relativno upijanje vode

Tablica 7. Apsolutno upijanje vode ispitnih uzoraka

Vrsta ploče (mm)	Ciklus			Rel. upij. (%)
	1	2	3	
Iverica P2	98,55	140,93	165,95	
Iverica P4	79,76	144,26	157,46	
OSB	81,38	107,3	105,47	



Slika 15. Grafički prikaz relativnog upijanja vode uzoraka tijekom EN 321 testa

Rezultati relativnog upijanje vode (U_r) pokazuju da uzorci iverice najveće vrijednosti upijanja vode imaju u zadnjem ciklusu, dok OSB ploče imaju slične vrijednosti kod trećeg i četvrtog ciklusa. Točnije, kod ploča iverica dolazi do kontinuiranog rasta vrijednosti relativnog upijanja vode, dok kod OSB ploča upijanje raste kroz dva ciklusa, uz gotovo retardaciju vrijednosti u posljednjem ciklusu izlaganja. Ovi podaci su vrlo zanimljivi, no svakako bi trebalo provjeriti kreće li se sorpcija po istoj krivulji i za ostale tipove ploča od usitnjenog drva, odnosno za ispitivane ploče u drugim debljinskim razredima.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovi provedenog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

- promjena debljine nakon tri ciklusa izlaganja uzoraka cikličkom testu najizraženija je kod ploče iverice tipa P2, a najmanje kod OSB ploča,
- promjene gustoće također slijede ranije opisanu tendenciju ovisno o tipu ploče; najveće kod ploče iverice tip P2, a najmanje kod OSB ploča,
- debljinsko bubrenje i upijanje vode, kao najveći problem ispitivanih materijala je najveće kod iverice tipa P2, a najmanje kod OSB ploča,
- ciklički test upućuje na značaj primjene smola veće vodootpornosti i boljih adhezijsko-kohezijskih svojstava, poput poliuretanske smole korištene za proizvodnju OSB ploča,
- rezultati upijanja vode sugeriraju vrlo malu razliku između ploča iverica tip P2 i P4, zbog čega se postavlja pitanje prikladnosti potonje navedenih ploča za primjenu u uvjetima povećanog opterećenja.

7. LITERATURA

1. Derkowski, A., Mirski, R., Dziurka, D., Popyk, W., 2014: Possibility of Using Accelerated Aging Tests to Assess the Performance of OSBs Exposed to Environmental Conditions. *Bioresources*, 9(2): 3536-3549.
2. Jambrečković, V., 2002: Drvne ploče i emisija formaldehida. Šumarski fakultet, Zagreb.
3. Mirski, R., Dziurka, D., Wieruszewski, M., 2014: Properties of OSB boards after a few cycles of aging tests. *Wood reserach*, 60(4): 633-644.
4. Saad, S., Kobori, H., Kojima, Y., Suzuki, S., 2016: Performance evaluation of wood-based panels under a mild accelerated aging treatment. *Journal of Wood Science*, 62: 324-331.
5. *** HRN EN 317:2000 Ploče iverice i vlaknatice – Određivanje debljinskog bubrenja nakon potapanja u vodu,
6. *** HRN EN 321:2008 Ploče na osnovi drva – Otpornost na vlagu u uvjetima cikličkog ispitivanja.
7. *** HRN EN 324-1:1993 Ploče na osnovi drva – Određivanje dimenzija ploča-1. dio: određivanje debljine, širine i duljine,
8. *** HRN EN 323:1997 Ploče na osnovi drva – Određivanje gustoće,