

Điporović-Momčilović M., Popović M., Gavrilović-Grmuša I., Miljković J. 2008. *Comparative analyses of water soaking and thickness swelling of particleboard versus different test methods*. Bulletin of the Faculty of Forestry 98: 65-74.

Миланка Ђипоровић-Момчиловић
Млађан Поповић
Ивана Гавриловић-Грмуша
Јован Миљковић

UDK: 674.8
Оригинални научни рад

УПОРЕДНА АНАЛИЗА УПИЈАЊА И ДЕБЉИНСКОГ БУБРЕЊА ИВЕРИЦЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД МЕТОДА ИСПИТИВАЊА

Извод: Плоча иверица има изражена хигроскопна својства, што је чини димензионално нестабилним материјалом у случајевима када је изложена води или у атмосфери са повећаним садржајем влаге. Постоји више стандардних метода испитивања дебљинског бубрења. Циљ овог рада је усмерен на њихово упоређење. У ту сврху упоређене су три различите методе за испитивање упијања воде и дебљинског бубрења: две које прописује национални стандард СРПС Д.Ц8.104 и метода према европском стандарду ЕН 317. Резултати испитивања за оба поменута својства указали су да не постоје значајне разлике између ЕН методе засноване на епруветама формата 50×50 mm и СРПС методе засноване на употреби епрувета 100×100 mm, сугеришући да се обе ове методе могу алтернативно користити. Са друге стране, резултати добијени СРПС методом уз употребу епрувета димензија 25×25 mm, знатно су се разликовали од предходних, односно испитивања по овој методи забележила су знатно ниже вредности дебљинског бубрења, без обзира на дебљину испитиване плоче.

Кључне речи: иверица, упијање воде, дебљин. бубрење, методе испитивања

др Миланка Ђипоровић-Момчиловић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

др Млађан Поповић, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

др Ивана Гавриловић-Грмуша, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

др Јован Миљковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

COMPARATIVE ANALYSES OF WATER SOAKING AND THICKNESS SWELLING OF PARTICLEBOARD VERSUS DIFFERENT TEST METHODS

Abstract: In regard to its hygroscopic properties, particleboard is dimensionally unstable material when exposed to water or in the atmosphere of high level of humidity. Since today several different standardized methods for determination of thickness swelling exist, the aim of this study was focused on comparison of different testing methods. In this aim, three different methods for determination of water soaking and thickness swelling were compared, two of which were defined by national standard SRPS D.C8.104 and one was defined by European standard EN 317. The results of testing of both properties have shown no significant difference between the EN method based on 50×50 mm test pieces and the SRPS method based on test pieces of 100×100 mm format, suggesting that these two methods can be used alternatively. On the other hand, the results obtained by the SRPS method utilizing the 25×25 mm test pieces, differed significantly from both previous methods. The results were lower for both water soaking and thickness swelling regardless of panel thickness.

Key words: particleboard, water soaking, thickness swelling, test methods

1. УВОД

Плоча иверице има изражена хигроскопна својства, што је чини димензионално нестабилним материјалом у случајевима када је изложена директном додиру са водом или у средини са повећаним садржајем влаге. Слично масивном дрвету, тако и код плоча иверица долази до бубрења при абсорпцији влаге, односно до утезања при њеној десорпцији. Међутим, код плоча иверица ове промене су знатно израженије (Mugon, 1977). Готова плоча иверица се након израде налази у сабијеном стању. При продирању влаге у дрвно ткиво тако сабијеног иверја долази до ослобађања генерисаних напона и до настанка повратно-опружног ефекта (spring-back). Бубрење се при томе претежно одвија у правцу пресовања плоче (Миљковић, 1991). Стога се код конвенционалних плоча иверица, односно у случају управно пресованих плоча, ове димензионалне промене осликавају највише у промени дебљине плоче, односно на својство дебљинског бубрења (Seifert, 1972).

На вредности дебљинског бубрења утиче густина плоче. Плоча веће густине, када би довољно дуго била изложена дејству воде, више би бубрила од оне са мањом густином, јер се у јединици запремине налази више дрвног материјала који је потенцијални експандер (Roffael, Rauch, 1972), а у погледу брзине упијања воде и бубрења, више би упила влаге и брже би набубрила она плоча са мањом густином, јер има већу порозност.

Слојевитост плоче иверице има битан утицај на сорпцију воде како са аспекта њиховог учешћа у запремини плоче тако и са аспекта густине тих слојева. Густе спољни слојеви предсављају баријеру брзом продирању влаге и воде у плочу.

Уколико је њихово учешће веће ова баријера је све сигурнија али истовремено у коначном смислу они дају веће бубрење плоче. Повећање густине спољних слојева ограничено је чињеницом да се пропорционално мора смањивати густина средњег слоја ради задржавања исте средње густине плоче. То није повољно у погледу сорпције воде јер порознији средњи слој је тако приступачнији, брже упија воду и бубри.

Утицај величине иверја на бубрење проистиче из чињенице да је бубрење плоче мање уколико се састоји од тањег иверја, а истовремено плоча је хомогенија и чвршћа (Lehmann, 1974). Сем тога и врста дрвета и њихов распоред по слојевима, утиче на дебљинско бубрење иверице. Врсту дрвета, у свим разматрањима, треба повезати са повећањем густине плоче током врелог пресовања, тако да тек ова два ефекта суперпонирањем дају крајњи резултат. Знатно је повољније имати четинаре у спољњем слоју. Осим тога, треба имати у виду да са порастом садржаја коре, расте и бубрење. Када садржај коре порасте од 10-20% бубрење порасте просечно за 5-8% (Миљковић, 1991).

Плочу у набубрелом стању држи лепак и приликом ослобађања награђених напона долази до слабљења хемијских веза дрвета и лепка, тако да и механичка чврстоћа плоче нагло опада (Schneider, 1973). Због тога је код ових плоча веома важно спречити продирање воде у плочу или га успорити. Са тим у вези, парафинска емулзија иверици и другим композитним плочама од дрвета даје изврсна својства одбијања воде, као и добру почетну стабилност услед изненадног и краткотрајног квашења, што се често догађа у експлоатацији (Lehmann, 1974). Хидрофобност и одбијање воде нема практично никакво заштитно дејство на плочу која је дуготрајно изложена условима високе релативне влаге ваздуха или при дуготрајнијем потапању у воду. Оваква плоча, без обзира што је заштићена парафинском емулзијом, упијаће влагу и бубрити достижући равнотежно стање незаштићене плоче, али ће се цео процес одвијати спорије. Предност је у томе, што присуство парафина продужава време у коме се ослобађају награђени напони у плочи.

Димензионална стабилност иверице је у начелу добра и уколико су хидрофобна средства правилно припремљена и примењена. Интензитет бубрења зависи од количине додатог парафина, тако што са порастом количине парафина расте заштитни ефекат, а плоча постаје димензионално стабилнија, међутим треба пронаћи повољан однос цене плоче и квалитета.

Изражене димензионалне промене плоча иверица, а пре свега њено дебљинско бубрење, могу да представљају велики проблем при њиховој употреби у оним просторијама и срединама где је промена влажности велика и где постоји могућност директног додира са водом. Из тог разлога је веома важно изабрати што адекватнију методу за одређивање овог својства плоча иверица.

У овом раду је истраживано упијање воде и дебљинско бубрење плоча иверице различите дебљине истог порекла. Фокус рада је усмерен на упоређење резултата добијених различитим методама прописаним званичним стандардима.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Материјал

Испитивања упијања воде и дебљинског бубрења иверице обављена су на сировим плочама произведеним у фабрици „Иверица” - Бјеловар. Плоче су имале хоризонтални распоред иверја и по структури су биле трослојне, а намењене за употребу у ентеријеру (ТП-20). Испитиване плоче одабране су методом случајног избора, а њихове номиналне дебљине дате су у табели 1.

Из узорака (500×500 mm) свих плоча, за одређивање упијања воде и дебљинског бубрења изрезано је по 10 епрувета следећих димензија: 25×25 mm, 50×50 mm и 100×100 mm. Испитивања су рађена на климатизованим епруветама. Климатизација је обављена при условима релативне влаге ваздуха од 65±5% и температуре од 20°C±2%. Садржај влаге и густина плоча након климатизовања приказани су у табели 1, у којој се види да су ова својства, код свих плоча, била веома уједначена, што је био неопходан услов за даља поређења у раду.

Табела 1. Садржај влаге и густина коришћених плоча иверица
Table 1. Moisture content and density of used particleboard

Ознака узорка Sample code	Номинална дебљина Nominal thickness	Влага Moisture content	Запреминска маса Density
	mm	%	kg·m ⁻³
Плоча 1	10	6,07 ± 0,22	774,6
Плоча 2	16	6,63 ± 0,15	737,8
Плоча 3	18	6,42 ± 0,14	703,2
Плоча 4	22	6,32 ± 0,19	737,6
Плоча 5	28	6,48 ± 0,05	720,9

Одређивање упијања воде и дебљинског бубрења плоча

Испитивања упијања воде и дебљинског бубрења плоча иверица обављена су упоредо на основу метода прописаних националним стандардом SRPS D.C8.104 (1983) и међународним стандардом EN 317 (1993).

Стандард SRPS D.C8.104 дефинише две паралелне методе испитивања упијања воде и дебљинског бубрења плоче иверице, мерењем промене масе и дебљине пре и после потапања епрувета у воду на температури 20±1°C. Једна од метода се заснива на коришћењу епрувета димензија 25×25 mm, које се потапају у воду у трајању од 2^h, а друга се базира на епруветама формата 100×100 mm које се потапају у воду у трајању од 24^h. Као трећа метода испитивања усвојена је метода по европском стандарду EN 317, према којој се епрувете формата 50×50 mm потапају у воду (20±1°C) у трајању од 24^h.

Епрувете су постављане у држач тако да се међусобно не додирују и смештане су у термостатирано водено купатило у вертикални положај на дубину при којој је ниво воде изнад горње ивице епрувете износио око 25 mm. После потапања, епрувете су цеђене око 10 минута. Преостала вода је уклањана филтер папиром лаким притискивањем.

Пре и по истеклом времену потапања, маса епрувета је мерена на ваги са тачношћу од 0,01 g, а дебљина епрувета је мерена помоћу микрометра са тачношћу од 0,01 mm. Дебљина је мерена на средини епрувета формата 25×25 mm и 50×50 mm, а код епрувета 100×100 mm још и на сва четири угла на 5 mm од сваке ивице (изражена као њихова средња вредност).

Упијање воде и дебљинско бубрење рачунати су на основу следећих образаца:

$$U = \frac{m_v - m_k}{m_k} \cdot 100 [\%], \dots \dots \dots (1)$$

гдје је: U - релативно упијање воде (%), m_v - маса епрувете после потапања у воду или излагања влажном ваздуху (g) и m_k - маса епрувете после климатизације (g);

$$B_d = \frac{d_v - d_k}{d_k} \cdot 100 [\%], \dots \dots \dots (2)$$

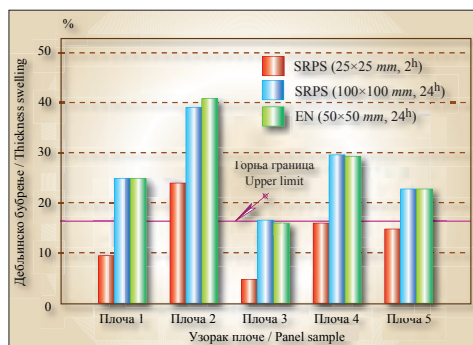
гдје су: B_d - релативно дебљинско бубрење, d_v - дебљина епрувете после потапања у воду или излагања влажном ваздуху (mm) и d_k - дебљина епрувете после климатизације (mm).

Добијени резултати су статистички обрађени коришћењем ANOVA анализе у оквиру програма за унакрсна табеларна израчунавања, на основу које је утврђено да се резултати густине, садржаја воде, дебљинског бубрења и упијања налазе у оквиру интервала поверења од 95%, за сваку испитану дебљину плоче.

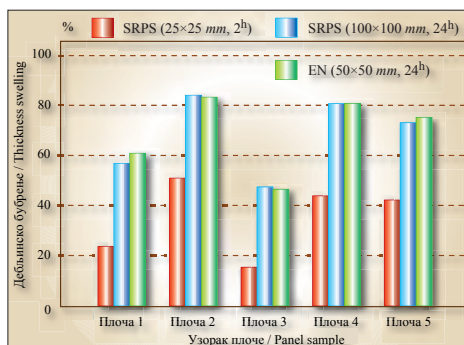
3. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Резултати мерења упијања воде и дебљинског бубрења за све коришћене методе илустровани су на сликама 1 и 2, на којима се јасно види да вредности ових својстава варирају у односу на испитивану плочу, као и то да дебљина плоче није имала утицај на поменута својства. Ово је вероватно последица различитог учешћа слојева, величине честица, додатка везива и низа других технолошких параметара који нису били предмет ових истраживања.

Такође, може се уочити да резултати упијања воде и дебљинског бубрења варирају у односу на методу испитивања. Вредности ових својстава су за 1,6 до 3,4 пута ниже код епрувета 25×25 mm (СРПС) које се потапају у води током 2^h, у односу на резултате добијене на епруветама 100×100 mm (СРПС) и 50×50 mm (ЕН) које су потапане током 24^h. Овакав однос се примећује код свих плоча. Мање бубрење је више узроковано краћим временом потапања, него величином епрувете, што



Слика 1. Утицај методе испитивања на дебљинско бубрење плоча иверица
Figure 1. The influence of test method on thickness swelling of particleboards



Слика 2. Утицај коришћене методе испитивања на упијање воде плоча
Figure 2. The influence of used test method on water soaking of particleboards

доказују резултати приказани на слици 6, на којој се уочава да епрувете из плоче 3 достижу вредност упијања и бубрења друге две методе тек за 14^h.

Интересантно је приметити (слика 1 и 2) да су вредности резултата упијања воде и дебљинског бубрења добијени методама 100×100 mm (СРПС) и 50×50 mm (ЕН) стистички исти на нивоу поверења од 95%, што указује да се ове две методе могу равноправно користити у циљу процене отпорности плоча на влагу.

Осим тога, на сликама 1 и 2 може се уочити да је плоча 3 показала драстично мање упијање воде и дебљинско бубрење код свих коришћених метода испитивања. Ово је вероватно настало услед додатка парафина као хидрофобног средства које смањује упијање воде и дебљинско бубрење иверја и тиме побољшава димензионалну стабилност плоче иверице. Због тога су у овом случају све три методе показале вредности унутар дозвољених граница за дебљинско бубрење плоче од 16% (СРПС Д.Ц.5.032).

Са обзиром на оцену отпорности на влагу, метода заснована на димензијама епрувета од 25×25 mm (СРПС) и времену потапања од 2^h, показала је вредности које су биле унутар дозвољене границе стандарда (16%) осим за епрувете из плоче 2. Са друге стране, вредности дебљинског бубрења добијене методама 50×50 mm (ЕН) или 100×100 mm (СРПС) при потапању од 24^h биле су изнад дозвољене границе стандарда. Ово указује на значај избора методе испитивања и њену улогу у процени отпорности на влагу плоча иверица.

Надаље, поређењем резултата упијања воде и дебљинског бубрења (слике 1, 2 и 3), може се уочити да је упијање воде далеко веће. То је и очекивано услед порозне структуре плоче у чијим шупљинама се може складиштити далеко више воде која неће сразмерно изазвати повећање дебљине плоче. Међутим, за дату плочу, однос упијања воде и дебљинског бубрења је веома сличан код свих метода испитивања, ипак тај однос је варирао у зависности од узорка плоче (табела 2).

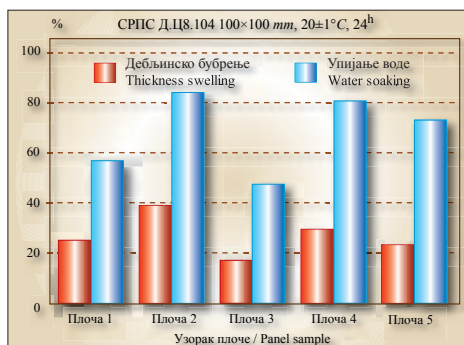
Однос упијања воде (U) и дебљинског бубрења (B_d) за све испитиване плоче приказан је у табели 2. Може се приметити да је фактор U/B_d мањи код плоча 1 и 2 у односу на плоче 3, 4 и 5, које су уједно и плоче већих дебљина. Ова појава се може објаснити тиме што се са повећањем дебљине плоче повећава учешће средњег слоја, који је порознији и подложен складиштењу веће количине воде, која не утиче на сразмерно увећање дебљинског бубрења. Осим тога, иверје у средњој зони плоче је мање сабијено у току процеса пресовања у односу на иверје спољнег слоја, те се код њега смањује и допринос неповратног бубрења (изазваног повратно-опружним ефектом) укупном бубрењу плоче.

Следећа два дијаграма (слике 4 и 5) представљају корелационе криве између појединих метода за испитивање дебљинског бубрења и упијања воде. Дијаграмом на слици 4 посебно су упоређене вредности за дебљинско бубрење, а посебно за упијање воде добијене методама СРПС ($100 \times 100 \text{ mm}$) и ЕН ($50 \times 50 \text{ mm}$). Може се закључити да постоји јака корелација између ових метода како за дебљинско бубрење ($R^2=0,99$), тако и за упијање воде ($R^2=0,98$). Имајући у виду изражену пропорционалност корелационе криве (слика 4), може се закључити да између резултата ових метода нема разлике.

Табела 2. Однос упијања воде и дебљинског бубрења (фактор U/B_d)

Table 2. Relationship between water soaking and thickness swelling (U/B_d factor)

Узорак плоче Panel sample	Метода испитивања / Test method		
	СРПС Д.Ц8.104		ЕН 317
	25×25 mm	100×100 mm	50×50 mm
Плоча 1	2,5	2,3	2,5
Плоча 2	2,1	2,2	2,1
Плоча 3	3,0	2,9	2,9
Плоча 4	2,8	2,8	2,8
Плоча 5	3,2	3,2	3,3

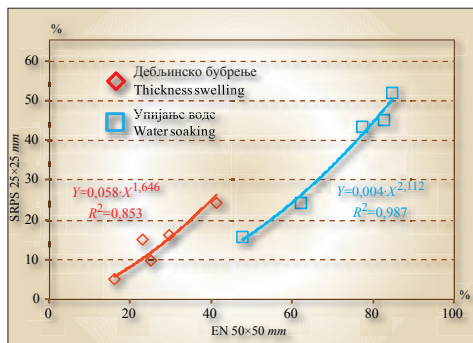


Слика 3. Резултати испитивања упијања воде и дебљинског бубрења на епруветама $100 \times 100 \text{ mm}$

Figure 3. Results of water soaking and thickness swelling tests on $100 \times 100 \text{ mm}$ test pieces

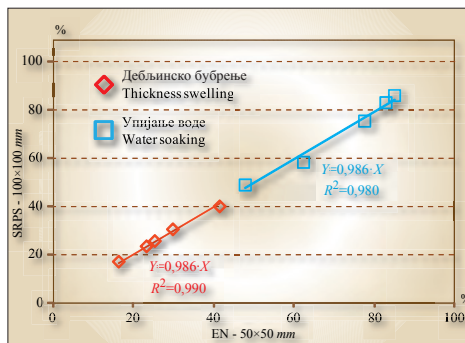
На дијаграму на слици 5 на којој су приказане корелационе криве за резултате упијања воде и дебљинско бубрење добијени методама СРПС ($25 \times 25 \text{ mm}$) и ЕН ($50 \times 50 \text{ mm}$), може да се види да се ове методе драстично разликују, јер корелациона крива није линеарно пропорционална.

Пошто је метода заснована на коришћењу епрувета $25 \times 25 \text{ mm}$ забележила најниже вредности упијања



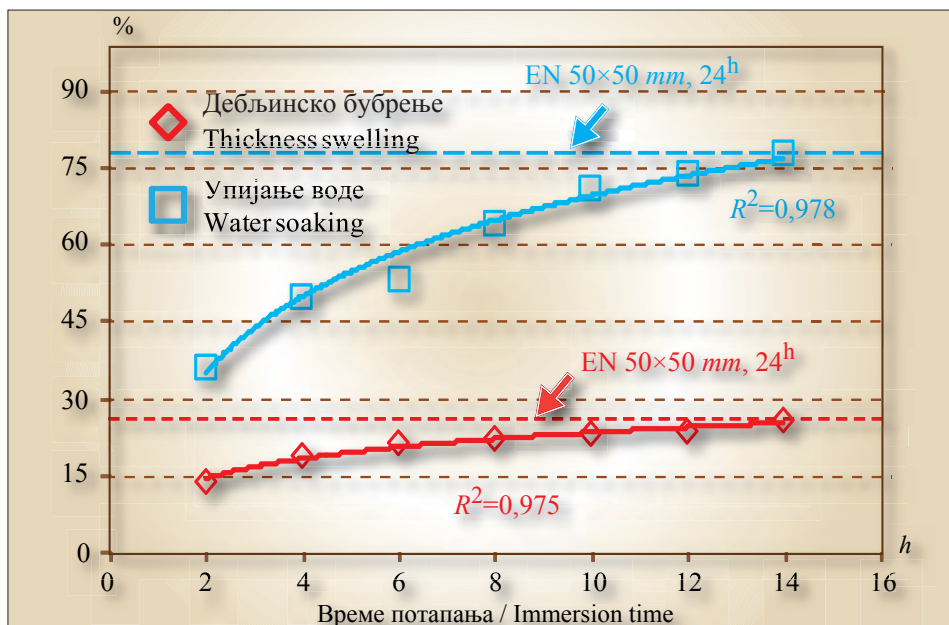
Слика 4. Корелациона веза резултата дебљинског бубрења и упијања воде добијених према методама СРПС Д.Ц8.104 (100×100 mm) и ЕН 317 (50×50 mm)

Figure 4. Correlation between thickness swelling and water soaking determined by SRPS D.C8.104 (100×100 mm) and EN 317 (50×50 mm) methods



Слика 5. Корелациона веза резултата дебљинског бубрења и упијања воде добијених према методама СРПС Д.Ц8.104 (25×25 mm) и ЕН 317 (50×50 mm)

Figure 5. Correlation between thickness swelling and water soaking determined by SRPS D.C8.104 (25×25 mm) and EN 317 (50×50 mm) methods



Слика 6. Утицај времена потапања епрувета 25×25 mm на дебљинско бубрење и упијање воде плоче иверице (d=18 mm)

Figure 6. The influence of immersion time of 25×25 mm specimens on water soaking and thickness swelling of particleboards (d=18 mm)

воде и дебљинског бубрења, било је интересантно сагледати за које продужено време потапања ће вредности испитивања по овој методи достићи вредности добијене неком од друге две методе. На дијаграму на слици 6 приказана је крива која представља резултате упијања воде и дебљинског бубрења плоче дебљине 18 mm у односу на трајање потапања епрувета 25×25 mm (СРПС стандард). Утврђено је да је потребно време од 14^h да би поменуте епрувете достигле вредности резултата испитивања на епруветама 50×50 mm (ЕН стандард) из исте плоче. Такође, на истом дијаграму се може уочити да је бубрење најинтензивније у прва два часа потапања у воду (око 50% укупног бубрења), а да се потом успорава.

Резултати упијања воде и дебљинског бубрења плоча иверица варирају у односу на методу испитивања, што указује на значај избора методе испитивања и њену улогу у процени отпорности плоче на влагу. Поређења добијених резултата упијања воде и бубрења у овом раду показују да метода испитивања плоча иверица заснована на епруветама 25×25 mm (СРПС) које се потапају у воду (20±1°C) током 2^h, даје значајно мање вредности у односу на методе код којих се користе епрувете 100×100 mm (СРПС) и 50×50 mm (ЕН) и код којих је време потапања 24^h.

Метода по стандарду СРПС (100×100 mm) и ЕН метода (50×50 mm) за испитивање упијања воде и бубрења при потапању у воду (20±1°C) током 24^h међусобно су компатибилне, јер су добијени резултати били ститистички исти на нивоу поверења од 95%. Због тога се може сматрати да се ове две методе могу равноправно користити у циљу процене отпорности плоча на влагу.

Напомена: Део овог рада је финансирало Министарство за науку и технолошки развој у оквиру пројекта „Дрвна биомаса као ресурс одрживог развоја Србије” 20070-ТП.

ЛИТЕРАТУРА

- Kollmann F.P., Kuenzi E.W., Stamm A. (1975): *Principles of Wood Science and Technology*, Vol II, Wood based materials - chapter 5, Springer Verlag, New York (464-536)
- Lehmann W.F. (1974): *Properties of structural particleboard*, Forest Products Journal 24(1) (19-26)
- Миљковић П.Ј. (1991): *Композициони материјали од усипњеног дрвета - иверице*, Научна књига, Београд (98-102, 208-212)
- Myron W.K. (1977): *Critical Literature Review of Relationships Between Processing Parameters and Physical Properties of Particleboard*, Forest Products Laboratory, Madison (46-57)
- Roffael E., Rauch W. (1972): *Influence of density on the swelling behavior of phenolic-resin-bonded particleboards*, Holz Roh-Werkst. 30(5) (178-181)
- Schneider A. (1973): *The sorption - behavior of phenolic bonded and urea bonded particleboards*, Holz Roh-Werkst. 31 (11) (425-429)
- Seifert J. (1972): *On the sorption and swelling of wood and wood based materials. 1. Influences on the sorption of wood based materials*, Holz Roh-Werkst. 30(3) (99-111)

Milanka Điporović-Momčilović
Mladan Popović
Ivana Gavrilović-Grmuša
Jovan Miljković

COMPARATIVE ANALYSES OF WATER SOAKING AND THICKNESS SWELLING OF PARTICLEBOARD VERSUS DIFFERENT TEST METHODS

Summary

In regard to its hygroscopic properties, particleboard is dimensionally unstable material when exposed to water or in the atmosphere of high level of humidity. Since today several different standardized methods for determination of thickness swelling exist, the aim of this study was focused on comparison of different testing methods. For this purpose, two national methods defined in SRPS D.C8.104 and the method defined in European standard EN 317 were chosen.

The results of water soaking and thickness swelling of particleboards vary in regard to test methods used. This indicates the importance of selection of test method and its significance in estimation of particleboard water resistance.

Comparison of results obtained by water soaking and thickness swelling tests in this study, shows that the method based on 25×25 mm (SRPS) specimens and 2^h immersion in water produced significantly lower values than the methods based on 100×100 mm (SRPS) and 50×50 mm (EN) specimens and 24^h immersion in water (20±1°C).

Our national method for water soaking and thickness swelling test based on 100×100 mm (SRPS) is compatible with EN method based on 50×50 mm (EN) specimens, during 24^h immersion in water (20±1°C), because the results of these properties showed no statistically significant differences ($\alpha=0,5$).