

Oslobođanje formaldehida

u toku proizvodnje i uskladištenja ploča od usitnjenog drva

FORMALDEHYDE LIBERATION DURING THE MANUFACTURE AND STORAGE OF COMPOSITION MATERIALS

Mr **Jadranko Jahić**, dipl. inž.
Mašinski fakultet — Sarajevo

Prof. dr. **Vladimir Bruči**, dipl. inž.
Sumarski fakultet — Zagreb

UDK 630*824.8:630*862

Prispjelo: 3. veljače 1989.

Prihvaćeno: 6. svibnja 1989.

Prethodno priopćenje

Sažetak

U radu je opisana problematika oslobođenja formaldehida i mogućnosti njegova smanjenja. Koncentracije formaldehida u radnim i stambenim sredinama veće su od standardom dozvoljenih. Za potpunu stabilizaciju emisije formaldehida iz ploča iverica nije potrebno da one odleže duže od dva tjedna. Postoji znatna interakcija između proizvoda od drva koji sadrže formaldehid. Objašnjenja interakcija mogu se dovesti u vezu s procesima taloženja ili mehanizmom apsorpcije formaldehida i prigušenjem emisije na račun gradijenta parcijalnog pritiska formaldehida.

Ključne riječi: slobodni formaldehid — smanjenje emisije formaldehida — interakcija različitih proizvoda od drva.

Summary

The formaldehyde problems and regulations in wood-working industry are presented. Formaldehyde levels in the working environment and in the residential environment are higher than formaldehyde level regulated by standard. For full stabilization of formaldehyde emission isn't necessary aging longer than two weeks. There is significant interaction between formaldehyde-based wood products. Explanation for this interaction appears to be related to sink processes or absorption mechanism and emission suppression associated with formaldehyde partial pressure gradients.

Key words: free formaldehyde — reduced formaldehyde emission — formaldehyde source interaction.

1. UVOD

Urea-formaldehidne smole imaju sposobnost oslobođanja veće ili manje količine formaldehida koji potječe od slobodnog ili slabo vezanog formaldehida što ga sadrže smole, a važan je za otvrdnjavanje adheziva i stvaranja zadovoljavajuće slijepljenog spoja. Široka primjena proizvoda koji sadrže formaldehid pri opremanju i oblikovanju prostorija za stanovanje uzrokovala je pojavu tzv. »problema formaldehida«.

Formaldehid u dovoljno velikim koncentracijama može izazvati niz smetnji i poremećaja u ljudskom organizmu. Oni se manifestiraju prvenstveno u vidu iritiranja kože, očiju, grla i nosa. Ispitivanja provedena radi određivanja toksičnosti i kancerogenosti formaldehida na laboratorijskim životinjama pokazala su da se tokom 24-mjesečne izloženosti formaldehidu u približno jedne polovine zamoraca izloženih najvećim koncentracijama (15 ppm) razvio karcinom krljušne stanice nosne šupljine [2]. U miševa izloženih jednakim koncentracijama nisu zabilježeni slični efekti zbog refleksa usporenog dišanja.

Ocjena štetnosti formaldehida na ljudsko zdravlje povlači određeni rizik. Zbog toga je potrebno točno odrediti koje koncentracije formaldehida u zraku štetno djeluju na ljude. Dosađnja su istraživanja pokazala da koncentracije formaldehida niže od 0,1 ppm ne utječu štetno, odnosno da koncentracije više od tih štetno djeluju na ljudski organizam [9].

1.1. KONCENTRACIJE FORMALDEHIDA U RADNIM I STAMBENIM PROSTORIJAMA

Mnoge su zemlje usvojile standarde za zaštitu atmosfere u naseljenim mjestima, prema kojima maksimalno dopuštene koncentracije formaldehida (HCHO) variraju od 0,12 do 0,70 mg/m³. Vrijednosti predočene u tablici I. pripisuju se mjerenju provedenom u normalnim unutrašnjim uvjetima. Parametri za određivanje normalnih uvjeta neznatno se razlikuju u pojedinim zemljama i kreću se u ovim granicama:

— temperatura	20—24 °C
— relativna vlažnost	40—60%
— nominalni broj izmjena zraka u satu	0,5.

SADRŽAJ FORMALDEHDA U NORMALNIM UNUTRAŠNJIM UVJETIMA [10]
Tablica I.
FORMALDEHYDE CONTENT IN NORMAL INTERIOR CONDITIONS [10]
Table I.

Danska	0,15 mg/m ³ zraka*
Nizozemska	0,12 mg/m ³
Finska	0,30 mg/m ³
	0,15 mg/m ³ **
Švedska	0,40-0,70 ppm (gornja granica nije zabilježena u praksi)
SR Njemačka	0,10 ppm

* 1 ppm = 1,25 mg/m³

** Odnosi se na kuće izgrađene ili potpuno obnovljene poslije 1.1.1983. godine

KONCENTRACIJA FORMALDEHIDA U STAMBENIM I POSLOVNIM PROSTORIJAMA [5]
Tablica II.
FORMALDEHYDE CONCENTRATION IN RESIDENTIAL AND WORKING PREMISES [5]
Table II.

Tip prostorije	Temperatura (°C)	Broj uzoraka	Koncentracija HCHO (mg/m ³)	
			\bar{x}	σ_x
soba za spavanje (montažna kuća)	24	6	1,933	1,125
radna prostorija (administr. poslovi)	26	24	1,083	0,154
skladište robe (police od iverice)	30	2	2,600	-
prodavaonica namještaja	18	3	0,150	-

\bar{x} - srednje vrijednosti, σ_x - standardna devijacija

FORMALDEHID U RADNOJ ATMOSFERI PROIZVODNIH POGONA [5]
Tablica III.
FORMALDEHYDE IN WORKING PREMISES IN PLANTS [5]
Table III.

Radna prostorija	Temperatura (°C)	Broj uzoraka	Koncentracija HCHO (mg/m ³)	
			\bar{x}	σ_x
pogon za proizvodnju HCHO	30	7	4,871	1,68
odjeljenje za pripremu melamin-formaldehidne smole	24	8	7,112	3,06
prostor za impregniranje papira melamin folijama	28	6	1,924	0,29
prešanje i odlaganje iverice	26	18	4,132	0,74

PREGLED PLOČASTIH MATERIJALA UPOTRIJEBLJENIH ZA ISPITIVANJE [4]
Tablica IV.
REVIEW OF PANEL MATERIALS USED FOR TESTING [4]
Table IV.

proizvođač A:	2 ploče iverice s postepenim prijelazom strukture
proizvođač B:	2 troslojne ploče iverice
proizvođač C:	2 MDF-ploče
proizvođač D:	2 troslojne ploče iverice
proizvođač E:	2 ploče iverice s postepenim prijelazom strukture

U tablicama II. i III. dani su rezultati ispitivanja zagađenosti radnih, stambenih i poslovnih prostorija formaldehidom. Ispitivanja je proveo Savez za zaštitu i unapređivanje čovjekove sredine BiH.

Rezultati ispitivanja koncentracije HCHO u radnoj atmosferi proizvodnih pogona dokazuju da je prosječna zagađenost zraka u zoni kretanja radnika 2-7 puta veća od maksimalno dozvoljene koncentracije formaldehida po JUS Z.B1.001 (1 mg/m³).

U atmosferi stambenih ili neproizvodnih radnih ili pomoćnih prostorija koncentracije HCHO kretale su se od 0,15 do 2,60 mg/m³, što je 1,25-21,7 puta veće od graničnih vrijednosti zagađenosti za atmosferu naselja (0,12 mg/m³, »Sl. list SFRJ« br. 35/70).

2. ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE FORMALDEHIDA U PLOČAMA OD USITNJENOG DRVA RAZLIČITIH PROIZVOĐAČA

Ispitivanje je obavljeno na neoplemenjenim, industrijski izrađenim pločama od usitnjelog drva prikazanim u tablici IV. [4]. Ispitivane su po dvije ploče iz svake tvornice lijepljene ljepilom različitih proizvođača. U radu su primijenjene performatorska i difuzijska (WKI-24 i WKI-48) metoda.

EMISIJA FORMALDEHIDA IZ PLOČA PO PROIZVOĐAČIMA I METODAMA TE NJIHOVE VARIJACIJE UNUTAR I IZMEĐU PLOČA
Tablica V.
FORMALDEHYDE EMISSION PER MANUFACTURERS AND THEIR VARIATIONS INSIDE AND BETWEEN THE BOARDS
Table V.

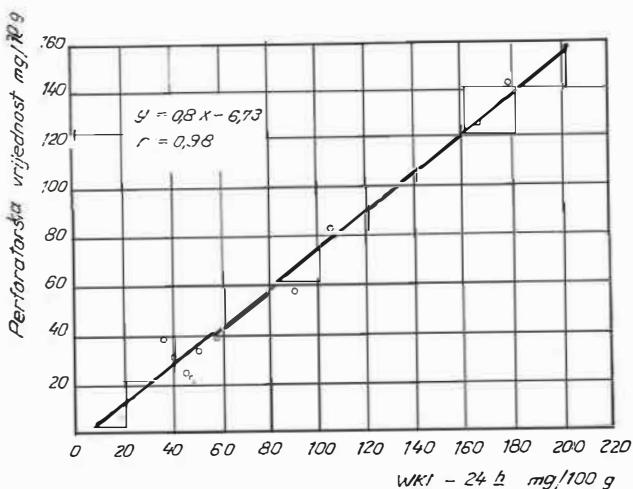
Proizvođač	Ljepilo	Perforator-vrijednost mg/100 g	WKI-24 vrijednost mg/100 g	WKI-48 vrijednost mg/100 g	Koeficijent varijacije (%)		
					Perforator metoda	WKI-24	WKI-48
A	I	38,35	35,82	67,19	12,88	16,24	17,23
	II	21,94	43,10	71,46	6,35	14,40	22,33
B	I	81,29	104,09	179,18	4,68	11,82	10,71
	II	58,82	90,68	149,56	5,34	11,23	8,33
C	I	140,90	176,46	244,61	4,36	11,87	4,33
	II	122,93	164,39	230,21	4,76	4,71	4,17
D	I	20,46	44,94	76,97	6,04	15,00	15,69
	II	32,06	47,95	73,70	4,53	13,23	11,60
E	I	39,86	55,72	87,14	1,65	4,92	3,18
	II	26,29	40,70	63,97	2,20	5,10	4,50
\bar{x}					5,28	10,85	10,22

U tablici V. dani su rezultati mjerenja emisije formaldehida za svih deset ploča te koeficijenti varijacije kao mjere varijabilnosti emisije formaldehida unutar i između ploča. Samo su tri ploče zadovoljile E2-klasu (10-30 mg/100 g), i to

za perforatorsku metodu, a sve su ostale bile E3-klasa (do 60 mg/100 g) i izvan nje. Usporedba srednjih vrijednosti koeficijenta varijacije navodi nas na zaključak da se vrijednosti dobivene metodom perforatora rasipaju mnogo manje od vrijednosti dobivenih po difuzijskoj metodi (WKI-24 i WKI-48).

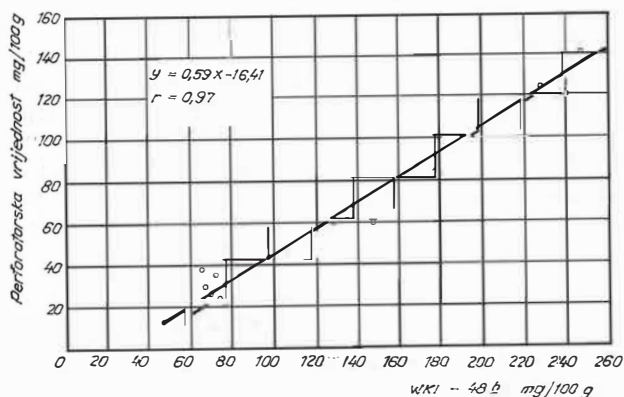
Na slikama 1. 2. prikazan je regresijski pravac između vrijednosti dobivenih metodom perforatora i metodom difuzije. Koeficijent korelacije u oba je slučaja bio vrlo visok, što upućuje na čvrstu vezu tih metoda.

Na slici 1. može se primjetiti da se dobra linearna ovisnost odnosi na emisiono područje iznad E3-klase. U tu smo svrhu ispitali korelacijsku povezanost samo za točke koje se nalaze unutar E3 i E2 klase (slika 3). Koeficijent korelacije u tom slučaju iznosi 0,23, što dokazuje slabu linearnu ovisnost tih metoda za spomenuto područje.



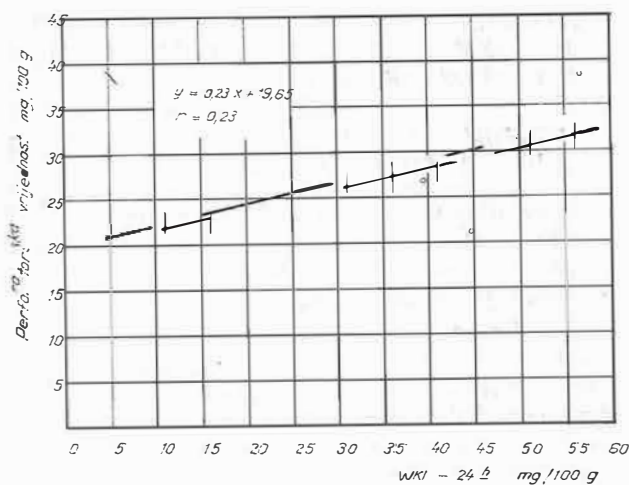
Slika 1. Odnos između emisije formaldehida po metodi perforatora i WKI-24 sata za industrijski izradene ploče od usitnjenog drva

Fig. 1. Relation between formaldehyde emission by the perforator test and 24-hour WKI test for commercially produced boards from wood chips



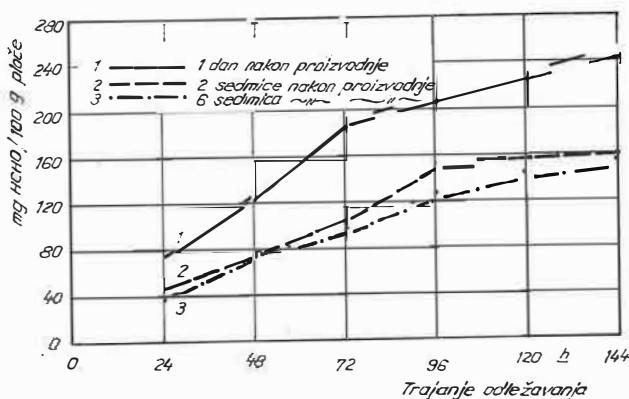
Slika 2. Odnos između emisije formaldehida po metodi perforatora i WKI-48 sati za industrijski izradene ploče od usitnjenog drva

Fig. 2. Relation between formaldehyde emission by the perforator test and 48-hour WKI test for commercially produced boards from wood chips



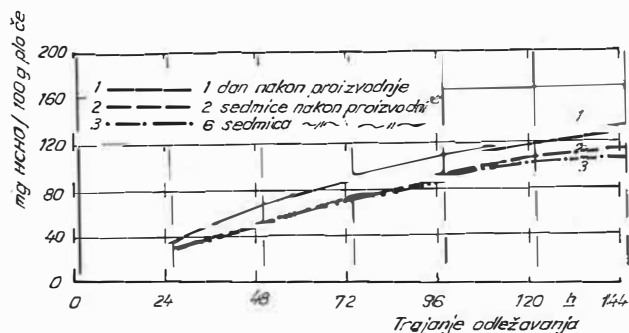
Slika 3. Odnos između emisije formaldehida po metodi perforatora i WKI-24 sata za emisiona područja E3 i E2 klase

Fig. 3. Relation between formaldehyde emission by the perforator test and 24-hour WKI test for areas of emission of classes E3 and E2



Slika 4. Utjecaj odležavanja na oslobađanje formaldehida iz ploča iverica lijepljenih UF-ljeplilom molarnog odnosa U/F = 1 : 1,55 [8]

Fig. 4. Effect of aging on release of formaldehyde from chipboards bonded by UF-resins with mole ratio U/F = 1 : 1,55 [8]



Slika 5. Utjecaj odležavanja na oslobađanje formaldehida iz ploča iverica lijepljenih UF-ljeplilom molarnog odnosa U/F = 1 : 1,27 [8]

Fig. 5. Effect of aging on release of formaldehyde from chipboards bonded by UF-resins with mole ratio U/F = 1 : 1,27 [8]

3. MOGUĆNOST SMANJENJA KONCENTRACIJE FORMALDEHIDA U RADNIM I STAMBE-NIM PROSTORIJAMA

3.1. OSLOBAĐANJE FORMALDEHIDA U TOKU ODLEŽAVANJA PLOČA IVERICA

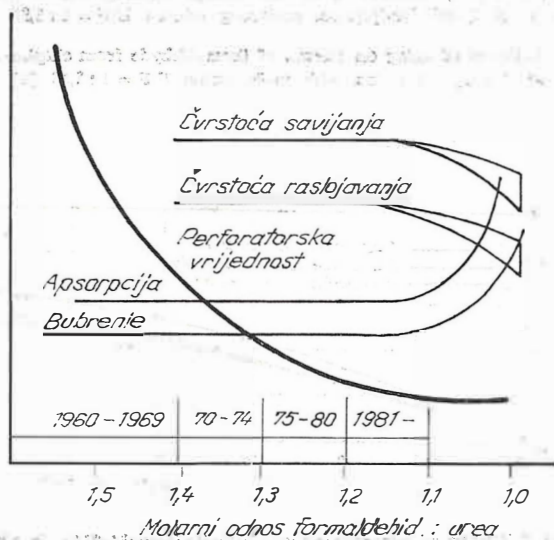
Oslobođanje formaldehida u toku odležavanja nije linearno. U prvim satima maksimalno se oslobađa formaldehid, a u kasnijim satima to se oslobođanje usporava [6].

Na slikama 4. i 5. prikazan je odnos vremena odležavanja i oslobođanja formaldehida pri različitim molarnim odnosima smole. Ispitivanje je obavljeno jedan dan, dva i šest tjedana nakon proizvodnje ploča iverica. Oslobođanje formaldehida jedan dan nakon proizvodnje pokazalo je očekivano najveće vrijednosti. Rezultati dobiveni dva i šest tjedana nakon proizvodnje nisu pokazali velika međusobna odstupanja, što znači da nije potrebno odležavanje ploča duže od dva tjedna da bi se postigla stabilizacija emisije formaldehida.

3.2. OSLOBAĐANJE FORMALDEHIDA U TOKU PROIZVODNJE PLOČA IVERICA

Molarni odnos formaldehida i uree najvažniji je parametar koji utječe na oslobođanje formaldehida u toku proizvodnje ploča iverica, kao i na naknadno oslobođanje formaldehida iz gotovih proizvoda. Sadržaj slobodnog formaldehida u ploči, izmjeren kao perforatorska vrijednost, neprekidno se smanjuje s molarnim odnosom do 1,1:1. Nažalost, uzrokuje smanjenje fizičko-mehaničkih svojstava ploča, što pokazuje i slika 6.

Proizvođači ljepila u svijetu već dulje proučavaju taj problem. Kao kompromisno rješenje za molarni odnos formaldehida i uree našli su vrijednost 1,2:1. Upotrebom obih smola može



Slika 6. Svojtva ploča iverica kao funkcija molarnog odnosa ne-modificiranih UF smola pri konstantnom doziranju smole [10]
Fig. 6. Chipboard properties as a function of mole ratio of unmodified UF resins at constant resins dosing [10]

se proizvesti ploča s vrlo malim sadržajem slobodnog formaldehida, što, normalno, zahtijeva bolju tehnološku disciplinu i veće doziranje smole i hidrofobnih sredstava.

METODA I MATERIJALI KOJI SMANJUJU EMISIJU FORMALDEHIDA U TOKU PROIZVODNJE PLOČA

Tablica VI.
METHOD AND MATERIALS WHICH REDUCE FORMALDEHYDE EMISSION DURING PRODUCTION OF BOARDS

Table VI.

Prije prešanja	Poslije prešanja
- UF-smole ekstremno malog molarnog odnosa	- tretiranje ploča hvatačima u čvrstom i tekućem stanju
- dodatak iverju lignoceluloze impregnirane hvatačima prije nanošenja ljepila	- tretiranje ploča hvatačima u plinovitom stanju
- prskanje iverja jednostavnim kemikalijama koje reagiraju s formaldehidom prije ili poslije nanošenja ljepila	- primjena pokrova
- prskanje iverja vodenim rastvorom hvatača i materijala koji sprečavaju njegovu reakciju sa smolom	- oblaganje ploča fizičkim barijerama (laminatima)
- kombiniranje različitih tipova smole	

Tablica VI. daje prikaz mogućnosti smanjenja ili eliminiranja emisije formaldehida u odnosu prema tehnološkoj operaciji prešanja.

Ne bi trebalo zanemariti ni tehnologe u tvornicama ploča iverica, koji mogu utjecati na neke tehnološke parametre radi smanjenja sadržaja slobodnog formaldehida u svojim proizvodima. Ti tehnološki parametri uključuju slijedeće [10]:

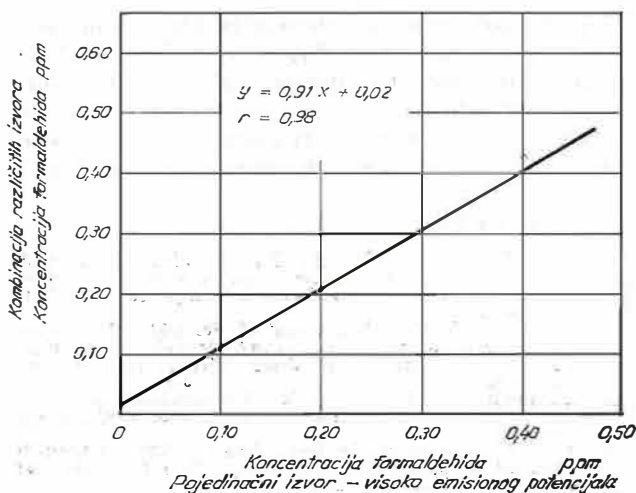
1. najmanji mogući sadržaj vode u iverju bez ljepila i u iverju oblijepljenom ljepilom,
2. najveću moguću temperaturu prešanja,
3. najdulje moguće vrijeme prešanja.

Nažalost, točke 1—3 imaju nedostatak — povećavaju troškove proizvodnje.

3.3. ZAOSTALI FORMALDEHID I UZROCI NJEGOVA ZAOSTAJANJA

Dvostruko opterećenje prostorija istim ili različitim proizvodima ne rezultira dvostrukim koncentracijama formaldehida u zraku prostorije. Primjećeno je da koncentracije formaldehida nisu aritmetički zbroj, nego ukupna koncentracija, za kombinaciju različitih proizvoda, odgovara pojedinačnoj koncentraciji formaldehida za proizvod većeg emisijskog potencijala.

Na slici 7. dana je regresijska analiza linearne veze između koncentracije formaldehida više različitih proizvoda od drva i koncentracije formaldehida proizvoda najvećeg emisionog potencijala. Sa slike je evidentna jaka korelacija ($r = 0,98$) između tih vrijednosti. Funkcija regresije može poslužiti kao osnova za predviđanje koncentracije formaldehida drvnih proizvoda kada se u nekoj prostoriji koriste kombinirani.



Slika 7. Odnos između koncentracije formaldehida više različitih izvora i pojedinačnog izvora najvećeg emisijonog potencijala [3]

Fig. 7. Relation between formaldehyde concentration from more various sources and from an individual source of the highest emission potential [3]

Da bi se provjerila iznesena tvrdnja o koncentraciji formaldehida i dvostruko m opterećenju prostorija, promatrane su ploče iverice iz različitih proizvodnih pogona podijeljene u grupe A i B. Svaka od tih grupa imala je pet uzoraka ploča dimenzija $1,22 \times 1,22$ m koje su u komori davale ukupno opterećenje $0,49 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Zatim su te dvije grupe smještene u komoru sa sumarnim opterećenjem $0,98 \text{ m}^2/\text{m}^3$. U toku 24 sata određena je koncentracija formaldehida u zraku za kombinaciju A + B od $0,58 \text{ ppm}$. Iz komore su uklonjene ploče iz grupe A, da bi se u naredna 24 sata odredila koncentracija formaldehida samo za grupu B. Ona je iznosila $0,41 \text{ ppm}$. To je isto urađeno i sa pločama iz grupe A, a koncentracija je u tom slučaju iznosila $0,53 \text{ ppm}$. Drugi eksperiment napravljen je na isti način, samo je redosljed ispitivanja pojedinačnih grupa bio suprotan. U tablici VII. sumirani su rezultati tog eksperimenta.

DVOSTRUKO OPTEREĆENJE PLOČA IVERICA I KONCENTRACIJA FORMALDEHIDA U KOMORI [7]

Tablica VII.

DOUBLE LOAD OF CHIPBOARDS AND FORMALDEHYDE CONCENTRATION IN THE CHAMBER [7]

Table VII.

Test 1.			
	1.	2.	3.
	A + B	B	A
opterećenje (m^2/m^3)	0,98	0,49	0,49
HCHO (ppm)	0,58	0,41	0,53
Test 2.			
	1.	2.	3.
	A + B	A	B
opterećenje (m^2/m^3)	0,98	0,49	0,49
HCHO (ppm)	0,57	0,53	0,41

Za dvostruko opterećenje komore misu dobivene dvostruko veće koncentracije formaldehida, ali su se koncentracije formaldehida povećale između 9 i 14%, ovisno o tome koja je pojedinačna grupa ploča upotrijebljena kao bazna koncentracija.

U eksperimentu Newton, L. R. [7] upotrijebljeni su različiti pločasti materijali: ploče iverice s opterećenjem od $0,52 \text{ m}^2/\text{m}^3$, i furnirske ploče s opterećenjem od $1,05 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Iz tog se eksperimenta također može jasno vidjeti da pojedinačne koncentracije formaldehida nisu aritmetički zbroj kada se primjenjuju kombinirane. Koncentracija formaldehida za kombinirana opterećenja različitih proizvoda odgovara koncentraciji formaldehida pojedinačnog izvora većeg emisijskog potencijala. U tablici VIII. navedeni su rezultati tog testa.

KOMBINIRANO OPTEREĆENJE IVERICA I FURNIRSKIH PLOČA TE KONCENTRACIJA FORMALDEHIDA U KOMORI

Tablica VIII.

COMBINED LOAD OF CHIPBOARDS AND PLYWOOD PANELS AND FORMALDEHYD CONCENTRATION IN THE CHAMBER

Table VIII.

Ploče iverice (ppm HCHO)	Furnirske ploče (ppm HCHO)	Kombinacija (ppm HCHO)
0,19	0,70	0,69
0,32	0,54	0,66
0,23	0,31	0,36
0,19	0,13	0,20
0,08	0,29	0,29

Iz navedenih primjera očita je znatna interakcija između proizvoda od drva koji sadrže formaldehid. Objašnjenja te pojave dali su mnogi autori.

Godish i Kanyer predlažu mehanizam taloženja ili apsorpcije formaldehida te prigušenje emisije formaldehida smanjenjem gradijenta pritiska pare formaldehida [3].

Pozivajući se na Pickrellov rad, Godisch također predlaže mehanizam taloženja smatrajući da voda u niskoemisionim izvorima ima ulogu rezervoara za apsorpciju formaldehida [3].

Sundin smatra da proizvodi s niskim emisijnim potencijalom imaju ulogu medija apsorpcije uzrokujući smanjenje koncentracije za 34—72% [10].

Iz tih je primjera jasno da fenomen apsorpcije te vrste može pozitivno utjecati na koncentraciju formaldehida u stambenim sredinama.

4. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata vlastitih istraživanja i rezultata eksperimenata drugih autora, može se zaključiti:

1. Prosječna onečišćenost zraka u zoni kretanja radnika proizvodnih pogona koji rade s formaldehidom 2-7 puta je veća od maksimalno dozvoljene koncentracije formaldehida prema JUS-u Z.B1.001 (1 mg/m³). Koncentracija formaldehida u stambenim i radnim sredinama također je veća od granične vrijednosti zagađenosti za atmosferu naselja (0,12 mg/m³).

2. Koeficijent varijacije upotrijebljen kao mjera varijabilnosti emisije formaldehida unutar ispitanih ploča najmanji je za perforatorsku metodu, što upućuje na to, da se vrijednosti po perforatorskoj metodi rasipaju manje od difuzijskih vrijednosti, a istodobno i daju veću točnost.

3. Postoji jaka linearna veza perforatorske i difuzijske metode za emisiono područje iznad E3-klase. Unutar E3 i E2 klase spomenuta je veza slaba.

4. Za potpunu stabilizaciju emisije formaldehida iz ploča iverica nije potrebno da ploče odležavaju dulje od dva tjedna.

5. Molarni odnos uree i formaldehida najvažniji je parametar koji utječe na oslobođanje formaldehida iz gotovih ploča. Upotrebom smola molarnog odnosa 1:1,2 može se proizvesti ploča s vrlo malim sadržajem slobodnog formaldehida. Negativni utjecaji mogu biti poništeni boljom tehnološkom disciplinom, kao i većim doziranjem smole i hidrofobnih sredstava.

6. Postoji znatna interakcija elemenata koji otpuštaju formaldehid. Zaostajanje formaldehida može se objasniti fenomenom taloženja ili apsorpcije formaldehida koji potječe od izvora s niskim stupnjem emisije i prigušenjem emisije smanjenjem gradijenta pritiska pare formaldehida.

LITERATURA

- [1] Bruči, V., Komac, M., Tatalović, M., Jahić, J.: Razvoj proizvoda s obzirom na količinu formaldehida koji se naknadno oslobađa. *Drvna industrija*, 38 (1987), 5-6, str. 103-109.
- [2] Gibson, J. E.: Mechanisms of Formaldehyde Toxicity and Carcinogenicity in Laboratory Animals (1982). *Proc. Sixteenth Int. Particleboard Symp.* WSY T. Maloney, Ed., str. 63-70.
- [3] Godish, T., Kanyer, B.: Formaldehyde source interaction studies. *Forest Products Journal*, 35 (1985), 4, str. 13-17.
- [4] Jahić, J.: Problematika formaldehida u izradi i upotrebi ploča od usitnjenog drva sa područja SR BiH. Magistarski rad, Sumarski fakultet Zagreb (88).
- [5] Kuljak, S.: Formaldehid u stambenim i radnim sredinama. Zavod za zaštitu i unapređenje čovjekove sredine BiH, Sarajevo, (1984).
- [6] Lenić, J., Tišler, V.: Izlučivanje formaldehida iz iverica kao ekološki problem. *Drvna industrija*, 33 (1982), 5-6, str. 135-138.
- [7] Newton, L. R.: Formaldehyde Emission from Wood Products: Correlating Environmental Chamber Levels to Secondary Laboratory Tests. (1982) *Proc. Sixteenth Int. Particleboard Symp.* WSU T. Maloney, Ed., str. 45-61.
- [8] Roffaël, E.: Einfluss der Lagerung von harnstoffformaldehydharzgebundenen Spanplatten auf ihre Formaldehydabgabe. *Adhäsion*, 22 (1978) 6, str. 180-182.
- [9] Salah, E. O.: Slobodni formaldehid u proizvodnji pločastih materijala. *Drvna industrija*, 34 (1983), 11-12, str. 303-307.
- [10] Sundin, B.: Present Status of Formaldehyde Problems and Regulations (1982) *Proc. Sixteenth Int. Particleboard Symp.* WSU T. Maloney, Ed., str. 3-19.
- [11] Sundin, B.: Formaldehyde concerns in composite products. XVII IUFRO Svjetski kongres, Ljubljana, Jugoslavija, Septembar 11-12 (1986), str. 486-498.

Recenzent: mr. S. Petrović