

MILOŠ B. RAJKOVIĆ*, ČASLAV M. LAČNJEVAC*,
DRAGAN V. TOŠKOVIĆ**, DUŠAN D. STANOJEVIĆ**

Originalni naučni rad
UDC:691.31:692.25.033=861

Ispitivanje mogućnosti primene fosfogipsa za izradu pregradnog zida – elementa montažnog objekta

Fosfogips dobijen „dihidratnim postupkom” sadrži, osim nečistoća, i radionuklide koji ograničavaju njegovu primenu u građevinarstvu. Ispitivanja izvršena u radu ukazala su na složenost strukture i sastava fosfogipsa, dok su snimci na elektronskom mikroskopu pokazali različit kristalni sastav fosfogipsa u poređenju sa prirodnim gipsom. Usled prisustva velikog broja nečistoća koje svoje poreklo vode iz osnovne sirovine (fosfogipsa) i zbog hemijskog načina prerade, da bi se otpadni fosfogips upotrebio mora se dodatno prečišćavati i kalcinisati.

Predviđenim postupkom prečišćavanja sadržaj radionuklida ostaje približno isti, ali se po njegovim fizičko-hemijskim svojstvima približava prirodnom gipsu. Dužim sušenjem, na temperaturi od 105°C, dobija se stabilni oblik fosfogipsa, α-hemihidrat, koji je po svojim fizičko-hemijskim karakteristikama veoma sličan prirodnom gipsu. Pošto prisustvo nekih nečistoća nije ograničavajuće za dalju primenu, ovako prečišćen fosfogips, daljim usitnjavanjem čestica do veličine od cca. 100 μm, predstavlja adekvatnu zamenu za prirodni gips.

Kalcinisan i prečišćen fosfogips može se koristiti za izradu gipskartonskih ploča, koje se zatim mogu upotrebiti za izradu pregradnih zidova. Da bi se potpuno uklonila opasnost od eventualno prisutnih radionuklida, za izradu je bolje da se koristi mešavina prirodnog gipsa i fosfogipsa. Na taj način ostvarila bi se velika ušteda u materijalu i veliki ekonomski efekat.

Ključne reči: fosfogips, pregradni zid, radon, radioaktivnost

UVOD

U poređenju sa konvencionalnim (klasičnim) pregradnim zidovima (izgrađenim od cigle ili blokova), montažne konstrukcije pregradnog zida pružaju više pogodnosti i imaju prednost. Uz podjednaka zvučna, toplotna i protivpožarna svojstva, kao i znatno manju masu, moguća je montaža u raznim objektima, dok brza suva ugradnja skraćuje vreme izvođenja radova i smanjuje troškove, naročito kada se radi o proizvodnji velikih serija [1].

Šuplji međuprostor pregradne konstrukcije idealan je za brzo i racionalno postavljanje svih vrsta ventilacije, a suva i ravna površina zida može se odmah bojiti, oblagati tapetama ili pločicama.

Adresa autora: *Poljoprivredni fakultet, Zemun, Nemanjina 6, ** Tehnološki fakultet, Zvornik, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

Zavisno od vrste konstrukcije, pregradni zidovi imaju masu (površinsku težinu) od 25 do 50 kg/m² površine pregrade (za poređenje pregradni zid od autoklaviranog gasbetona ima masu 50-80 kg) [2,3], što značajno smanjuje opterećenje građevinskih elemenata zgrade. Najčešće se izvode sa podkonstrukcijom od metalnih profila, ali se mogu ugraditi i drvene gređice preseka 6x6 cm.

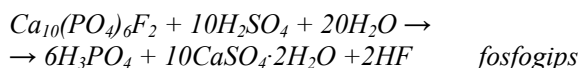
Pregradni zidovi mogu biti jednostruki ili dvostruki, a oblažu se sa jednim ili dva sloja ploče gipsa. Konstrukcija se lako prilagođava zahtevima statike i građevinske fizike, pa se najpogodnija svojstva postižu odgovarajućom kombinacijom podkonstrukcije, gipsne ploče i izolatora ugrađenog u šuplji međuprostor. Pritom se svi elementi lako prilagođavaju projektu zgrade i potrebama prostora, a u slučaju preuređenja, montažne pregrade se lako demontiraju.

Kao osnova pregradnih zidova je gipsano jezgro obostrano obloženo posebnim visokovrednim kartonom.

Gips se koristi:

- jer nema mirisa ni sastojaka štetnih po zdravlje, jer su važna svojstva dobijena pripremom i proizvodnjom kroz ekološki čiste postupke. Zahvaljujući poroznom gipsanom jezgru, pregradni zidovi regulišu vlažnost vazduha u prostoriji;
- negorivost gipsanih ploča zasniva se takođe na dobrim svojstvima gipsanog jezgra. Gips u sebi veže oko 22% kristalne vode, što kod ploča debljine 15 mm iznosi oko 3 dm³/m². U slučaju požara ta voda deluje samogasivo;
- građevinski materijali sa niskom provodljivošću toplote (npr. drvo, gips) stvaraju osećaj toplote i udobnosti. Zato su gipsane ploče važan faktor zdravog stanovanja.

Za izradu pregradnih ploča koristi se ili prirodni gips, koji se dobija „prljavom tehnologijom” – što sa aspekta zaštite životne sredine predstavlja ekološki problem (ISO standardi reda 14.000), ili hemijski gips – **fosfogips**, koji se dobija kao sporedni proizvod pri proizvodnji *green* fosforne kiseline dihidratnim, *tzv.* „mokrini postupkom”, kakav se jedino primenjuje u našoj zemlji [4]:



Uprkos velikoj sličnosti sa prirodnim gipsom, formule CaSO₄·2H₂O, ovaj nus-proizvod (otpadni, sekundarni proizvod) je balast i, s obzirom na prisutne nečistoće, vlagu i različit kristalni oblik, najviše se, posle separacije od kiseline, odlaze na deponije blizu fabrike za proizvodnju fosforne kiseline na kojima „stari” ili u prirodne vodotokove (reku ili more). Zbog ogromnih količina fosfogipsa, koji nastaje u odnosu 5:1 prema glavnom proizvodu (fosfornoj kiselini), deponije fosfogipsa zauzimaju veliku površinu i vremenom mogu da kontaminiraju okolinu, zemljište i vazduh [5].

S obzirom da deponije fosfogipsa predstavljaju ozbiljan ekološki problem a, sa druge strane, zbog svoje sličnosti sa prirodnim gipsom predstavlja *potencijalnu* sirovinu za primenu u građevinskoj industriji, cilj ovoga rada bio je da se ispita mogućnost primene fosfogipsa za izradu pregradnih zidova, što se u svetu već uveliko radi.

Najpoznatiji postupci su: Babcock-BSH process, Kossatz-Bison semidry process, Schenck process, Siempelkamp-Fermacell process, [6] Würtex process, [7] Bison-Werke process, [8] Rauma-Repola Onoda process, [9] i dr.

Primenom fosfogipsa (u velikim količinama) u građevinskoj industriji, između ostalog i za izradu

pregradnih zidova rešila bi se dva problema: *prvo*, smanjile bi se, ili čak i potpuno uklonile, deponije fosfogipsa pored fabrika za proizvodnju fosforne kiseline, što bi predstavljale veliki doprinos zaštiti životne sredine, i *drugo*, umesto kopanja prirodnog gipsa, što takođe predstavlja „prljavu tehnologiju” nudi se mogućnost upotrebe besplatnog supstituenta.

Cilj ovoga rada bio je da se izvrši analiza pregradnog zida izgrađenog od fosfogipsa umesto prirodnog gipsa i da se uporede svojstva tako napravljenih pregradnih zidova. Takođe, pošto fosfogips sadrži radionuklide koji svoje poreklo vode iz fosfata, cilj je bio da se izmeri radioaktivnost pregradnog zida izgrađenog od fosfogipsa i proveriti njegova ispravnost za ugradnju u stanove, zbog radona koji se oslobađa radioaktivnim raspadom urana.

EKSPERIMENTALNI RAD

Sva ispitivanja rađena su sa fosfogipsom koji je dobijen pri proizvodnji fosforne kiseline u IHP Prahovo. Prečišćavanje fosfogipsa izvršeno je sledećim postupkom: [10-12] napravljen je vodeni rastvor sumporne kiseline, koncentracije 28%, koji je zagrejan do temperature od 90°C, u rastvor je dodat fosfogips i napravljena emulzija uz neprekidno mešanje. Po dodatku fosfogipsa, dodat je BaSO₄ uz neprestalno mešanje, sve dok temperatura nije dostigla 85°C. Zatim se smesa ostavila da se ohladi. Po hlađenju, smeša je procedena kroz Bihnerov levak, pri čemu se čvrsta faza odvojila od tečne. Izvršeno je mlevenje prečišćenog fosfogipsa u laboratorijskoj mešalici sa veličinom čestica od 100 µm do 200 µm, pri čemu veličina čestica od 200 µm nije prelazila 12%.

Gamaspektrometrijsko ispitivanje uzoraka fosfogipsa izvršeno je tako što su uzorci fosfogipsa homogenizovani i sušeni na 105°C u trajanju od 6 sata, stavljani u posudu (marineli) odgovarajuće geometrije i držani hermetički zatvoreni (30 dana) da se postigne radioaktivna ravnoteža. Zatim je izvršeno merenje na visokorezolucionom germanijumskom gama spektrometru visoke čistoće (*High Purity*), proizvodnja ORTEC, Nemačka [13].

Gamaspektrometrijska merenja vršena su na tri čista germanijumska detektora firme EG&G ORTEC, Nemačka, efikasnosti 25-30% i energetske rezolucije 1,75-1,95 keV. Detektori su bili povezani sa višekanalnim analizatorom istog proizvođača i sa odgovarajućom računarskom opremom. Energetska kalibracija, kao i kalibracija efikasnosti detektora obavljena je pomoću radioaktivnog standarda firme *Amershan*. Vreme merenja jednog

uzorka bilo je 60.000 sec do 100.000 sec, a osnovno zračenje je mereno 250.000 sec.

Merenje ukupne aktivnosti vršeno je na α - β antikoincidentnom proporcionalnom gasnom brojaču (COUNTMASTER) osnovnog zračenja 1 imp/min. Prečnik planšete bio je 2,3 cm. Efikasnost brojača iznosila je 24% i određena je pomoću standarda ^{90}Sr .

Radi ispitivanja sličnosti strukture fosfogipsa i prirodnog gipsa izvršeno je snimanje na skenirajućem elektronskom mikroskopu (Scanning Electron Microscopy) JSM-840A, JEOL, Japan. Rendgenska difrakciona (X-Ray diffraction) analiza urađena je na difraktometru za prah SIEMENS D-500 sa Ni-filtrovanim CuK_α zračenjem. Identifikacija prisutnih kristalnih faza izvršena je poređenjem položaja i intenziteta difrakcionih profila sa JS PDS podacima.

REZULTATI I DISKUSIJA

Izrada gipskartonskih ploča

Gipskartonske ploče koriste se za izradu pregradnih zidova, za oblaganje zidova i plafona i kao suvi malter.

Za izradu gipskartonskih ploča koriste se sledeći normativi, prikazani u tabeli 1.

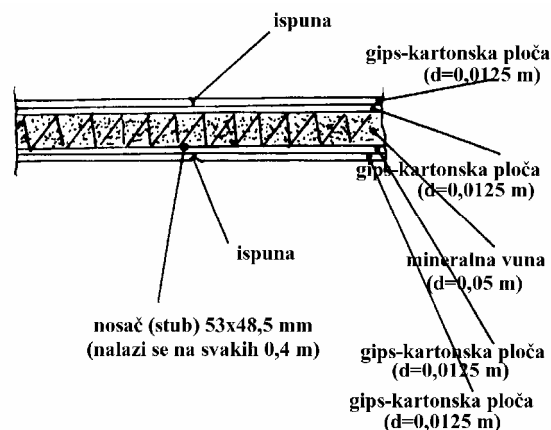
Sama konstrukcija pregradnog zida izgrađenog od gipskartonskih ploča punjenih fosfogipsom, prikazana je na slici 1 a izgled na slici 2.

Za punjenje pregradnih zidova korišćen je, umesto prirodnog gipsa, hemijski gips-fosfogips koji je prethodno prečišćen predloženim postupkom, a dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima ispitivanja prirodnog gipsa i prikazani u tabeli 2.

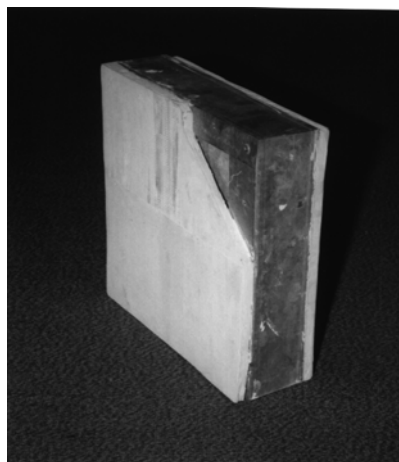
Tabela 1 - Gipskartonske ploče za zid i plafon punjene fosfogipsom

Standardna debljina (mm)	Standardna dužina (mm)	Standardna širina (mm)	Težina (kg/m^2)
Gipskartonske ploče			
12,5	2000–3000	1250	10,0
15,0	2000–3000	1250	12,0
Protivpožarne ploče			
12,5	2000–3000	1250	10,5
15,0	2000–3000	1250	13,0
Impregnirane gipskartonske ploče			
12,5	2000–3000	1250	10,0
15,0	2000–3000	1250	13,0

Impregnirane protivpožarne ploče			
12,5	2000–3000	1250	10,5
15,0	2000–3000	1250	13,0



Slika 1 - Shema izrade pregradnog zida



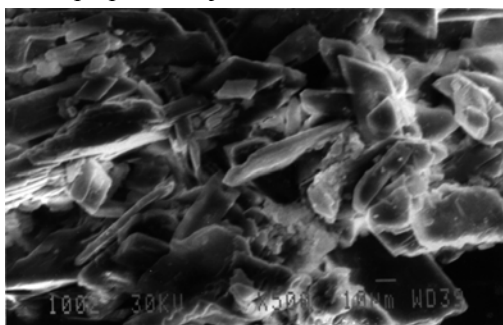
Slika 2 - Izgled pregradnog zida izgrađenog od gipskartonskih ploča punjenih fosfogipsom

Dobijeni rezultati, prikazani u tabeli 2, pokazali su da je prirodni gips u osnovi hemihidrat, $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, a fosfogips dihidrat, $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Zbog toga se i smatra [14] da se, radi dobijanja fosfogipsa veće čistoće, pređe na proces dobijanja α -hemihidrata, „hemihidratnim” postupkom umesto klasičnim „dihidratnim” postupkom, pa je i predloženi postupak koji zahteva duže žarenje. Ostali rezultati pokazuju da je sastav prečišćenog fosfogipsa veoma blizak prirodnom gipsu i da se u svojoj suštini radi o istoj supstanci. Veći sadržaj nekih supstanci, npr. P_2O_5 i Fe_2O_3 , kojih nema u prirodnom gipsu, može biti veoma pogodan radi primene fosfogipsa u poljoprivredi, npr. za melioraciju solonca.

Tabela 2 - Hemijski i mineraloški sastav prirodnog gipsa i fosfogipsa

Hemijski sastav (u %)	Prirodni gips	Fosfogips
CaSO ₄ ·2H ₂ O	–	11,54
CaSO ₄ ·1/2H ₂ O	81,34	77,26
CaSO ₄ , anhidrid	6,16	–
Vezana voda, H ₂ O	5,38	7,21
CaSO ₄ , ukupni	82,12	81,59
	Vi{ak:	
Slobodni CaO	0,70	0,29
SO ₃	–	–
Zbir:	88,20	89,09
	Primese:	
Slobodna voda, na 45°C	1,30	1,03
Gubitak žarenjem	0,98	0,60
SiO ₂ +nerastvorni ostatak	4,15	4,55
MgCO ₃	–	–
Na ₂ O	–	–
K ₂ O	–	–
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	0,06	0,17
MgO	–	–
CaCO ₃	5,09	4,48
P ₂ O ₅	–	0,09
Zbir:	11,58	10,92
Ukupno:	99,78	100,01

Snimak fosfogipsa urađen na elektronskom mikroskopu prikazan je na slici 3.



Slika 3 - Snimak kristalne strukture fosfogipsa dobijen na elektronskom mikroskopu (x1000)

Snimak fosfogipsa urađen na elektronskom mikroskopu pokazuje da je, nakon mlevenja fosfo-

gipsa, i dalje dominantna kristalna faza, usled prisustva različitih proizvoda nastalih tokom same proizvodnje, npr. P₂O₅ sinkrist. Fosfogips ima izrazitu kristalnu strukturu, pretežno rombičnog i heksagonalnog oblika, koja ukazuje na njegov složeniji sastav od prirodnog gipsa, što je u skladu sa literaturnim podacima [15].

Sva složenost fosfogipsa vodi poreklo u kristalnoj strukturi, koja konsekvantno utiče i na njegovo hemijsko ponašanje.

Rendgenskom difrakcionom analizom identifikovane su sledeće kristalne faze: prirodni gips: CaSO₄·1/2H₂O (33-310), fosfogips: CaSO₄·2H₂O (33-311); CaSO₄·1/2H₂O (33-310) spektri se poklapaju, CaHPO₄ (9-80) ili CaHPO₄·2H₂O (9-77) spektri se poklapaju.

Pošto prirodni gip ne sadrži radionuklide, izvršena je gamaspektroskopijska analiza fosfogipsa čiji su rezultati prikazani u tabeli 3.

Tablica 3 - Gamaspektroskopijska analiza fosfogipsa

Radio-nuklidi	Aktivnost (Bq/kg)	Granice za enterijer	Granice za eksterijer	Granice za puteve
²²⁶ Ra	439	MDG = 200	MDG = 400	MDG = 700
²³² Th	8,7	MDG = 300	MDG = 300	MDG = 500
⁴⁰ K	8,7	MDG = 3000	MDG = 5000	MDG = 8000
Radio-nuklidi veštač. porekla	< 1,0	MDG = 4000	MDG = 4000	MDG = 2000
Indeks za enterijer	2,23	MDG ≤ 1	–	–
Indeks za eksterijer	1,13	–	MDG ≤ 1	–
Indeks za puteve	0,64	–	–	MDG ≤ 1

MDG – Maksimalno dozvoljena granica radioaktivne kontaminacije građevinskog materijala [13]

a takođe i dalji način izračunavanja indeksa dozvoljenog prisustva radionuklida za enterijer, eksterijer i za puteve [16].

Index za enterijer:

$$\frac{{}^{226}\text{Ra (Bq/kg)}}{200} + \frac{{}^{232}\text{Th (Bq/kg)}}{300} + \frac{{}^{40}\text{K (Bq/kg)}}{3000} + \frac{V_{\text{enterijer (Bq/kg)}}}{4000} \leq I$$

Index za eksterijer:

$$\frac{{}^{226}\text{Ra (Bq/kg)}}{400} + \frac{{}^{232}\text{Th (Bq/kg)}}{300} + \frac{{}^{40}\text{K (Bq/kg)}}{5000} + \frac{V_{\text{eksterijer (Bq/kg)}}}{4000} \leq I$$

Index za puteve:

$$\frac{{}^{226}\text{Ra (Bq/kg)}}{700} + \frac{{}^{232}\text{Th (Bq/kg)}}{500} + \frac{{}^{40}\text{K (Bq/kg)}}{8000} + \frac{V_{\text{za puteve (Bq/kg)}}}{2000} \leq I$$

Ispitivanja su potvrdila prisustvo radionuklida ${}^{226}\text{Ra}$, ${}^{232}\text{Th}$ i ${}^{40}\text{K}$ u količinama koje su veće za odgovarajuće MDG vrednosti radioaktivne kontaminacije građevinskog materijala. Dobijeni rezultati su pokazali da je upotreba fosfogipsa *zabranjena* za unutrašnju gradnju (enterijer), dok je na samoj granici upotrebe za oblaganje spoljašnjih zidova.

Opasnost od primene fosfogipsa umesto gipsa leži u činjenici da se tokom radioaktivnog raspada ${}^{226}\text{Ra}$ oslobađa radon. Radon koji nastaje posledica je činjenice da fosfogips sadrži praktično sav radijum i ostale potomke radioaktivnog niza urana koji se u početku nalaze u fosfatima. Uran u fosfatima se nalazi u ravnoteži sa radijumom. Količina radijuma može se izračunati prema jednačini:

$$\frac{N_U}{t_{1/2,U}} = \frac{N_{\text{Ra}}}{t_{1/2,\text{Ra}}}$$

gde je: N-broj atoma koji podleže radioaktivnom raspadu, $t_{1/2}$ – vreme poluraspada. Oko 85-90% radijuma i 10% urana prema bilansu radijuma pri proizvodnji fosforne kiseline u IHP Prahovo prelazi u fosfogips [17-19]. Oko 10-15% radijuma nedostaje u bilansu. Mada je koncentracija radijuma u fosfogipsu veoma niska ($15,7 \cdot 10^{-3}$ mg Ra/tona), on predstavlja opasnost jer su gips i cement, ako se istom dodaje, u obliku finog praha

koji se može osloboditi kao fina prašina u atmosferu pri pakovanju i čuvanju.

Takođe, ako se fosfogips koristi kao građevinski materijal ili pri proizvodnji cementa, doprineće povećanju radioaktivnosti u okolini. Naročito je opasno ukoliko bi se fosfogips koristio kao građevinski materijal koji se ugrađuje u stanove. Radon koji nastaje raspadanjem radijuma i čije je vreme poluraspada 3,8 dana, nagomilava se u atmosferi zatvorenih prostorija (naročito ako su prostorije zbog uštede u grejanju izolovane). Radon je α -emiter i izaziva znatno veća oštećenja živog tkiva kada se udiše i radioaktivni proizvodi njegovog raspada deponuju se u plućima. *Zbog toga se i smatra da je osnovni uzrok opasnosti od radona α -zračenje.* U stanju radioaktivne ravnoteže, 1 g Ra odgovara $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq Rn. To je količina radona u kojoj se dešava $3,7 \cdot 10^{10}$ raspada/sekundi, zauzima zapremina od $0,66 \text{ mm}^3$ i masa 6,5 mkg. U poređenju sa drugim radioaktivnim gasovima, radon ima značajno veliko vreme poluraspada. Raspadajući se, radon u početku daje niz tvrdih radioaktivnih čestica koje ispuštaju α -, β -čestice i γ -kvant. Radijaciona opasnost pri kontaktu čovekovog organizma sa radonom povezana je sa njegovim radioaktivnim potomcima, naročito kratkoživećih izotopa od RaA do RaC¹. Značajnu toksikološku vrednost ima njegov radioaktivni potomak ${}^{210}\text{Po}$ [20]. *Utvrđeno je da postoji linearna veza između izlaganja radonu i leukemije, raka pluća, bubrega i kože* [21,22].

Međutim, prečišćeni fosfogips u smesi sa prirodnim gipsom, može se bez ograničenja upotrebiti u građevinskoj industriji. Kada je reč o putevima, za solidifikaciju terena, melioraciju soloneca, fosfogips može da se upotrebi bez opasnosti od dodatne kontaminacije i bez opasnosti po okolinu.

ZAKLJUČAK

Fosfogips dobijen „dihidratnim postupkom“ sadrži, osim nečistoća, i radionuklide koji ograničavaju njegovu primenu u građevinarstvu.

Ispitivanja izvršena u radu ukazala su na složenost strukture i sastava fosfogipsa, dok su snimci na elektronskom mikroskopu pokazali različit kristalni sastav fosfogipsa u poređenju sa prirodnim gipsom. Usled prisustva velikog broja nečistoća koje svoje poreklo vode iz osnovne sirovine (fosfogipsa) i zbog hemijskog načina prerade, da bi se otpadni fosfogips upotrebio mora se dodatno prečišćavati i kalcinisati.

Predviđenim postupkom prečišćavanja sadržaj radionuklida ostaje približno isti, ali se po njegovim fizičko-hemijskim svojstvima približava prirodnom gipsu. Dužim sušenjem, na temperaturi od 105°C, dobija se stabilni oblik fosfogipsa, α -hemihidrat, koji je po svojim fizičko-hemijskim karakteristikama veoma sličan prirodnom gipsu. Pošto prisustvo nekih nečistoća nije ograničavajuće za dalju primenu, ovako prečišćen fosfogips, daljim usitnjavanjem čestica do veličine od *cca.* 100 μm , predstavlja adekvatnu zamenu za prirodni gips.

Kalcinirani i prečišćeni fosfogips može se koristiti za izradu gipskartonskih ploča, koje se zatim mogu upotrebiti za izradu pregradnih zidova. Da bi se potpuno uklonila opasnost od eventualno prisutnih radionuklida, za izradu je bolje da se koristi mešavina prirodnog gipsa i fosfogipsa. Na taj način ostvarila bi se velika ušteda u materijalu i veliki ekonomski efekat.

Acknowledgements

Ovaj rad je rađen u okviru projekta osnovnih istraživanja broj ON142039. Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije za učešće u finansiranju ovoga rada.

LITERATURA

- [1] D.Marinković, *ZRG – Završni radovi u građevinarstvu*, **18**(3-4) (1989) 37.
- [2] B.Katić, *ZRG – Završni radovi u građevinarstvu*, **18**(3-4) (1989) 40.
- [3] Savezni zavod za standardizaciju, Beograd: „Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje, proizvodnju i izvođenje konstrukcije od prefabrikovanih elemenata od nearmiranog i armiranog čelijskog betona”, Službeni list SFRJ, br. **14/89**
- [4] M.B.Rajković, V.Hadžić, I.Molnar, *Otpadni fosfogips iz hemijske industrije. Pojam, primena, perspektiva, (monografija)*, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 1995.
- [5] M.B.Rajković, G.T.Vladislavljević, *Ecologica*, **21**(1) (1999) 9.
- [6] H.Sattler, K.Lempfer, Gypsum-bonded particleboards and fiberboards, in the book: „Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders”, Ed. A.A.Moslemi and M.P.Hamel, Fores Products Research Society, USA, 1989, pp. 19-25.
- [7] R.Miller, The Würtex system for gypsum fiberboard, in the book: „Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders”, Ed. A.A.Moslemi and M.P.Hamel, Fores Products Research Society, USA, 1989, pp. 103-106.
- [8] H.Schwartz, Experience in the manufacture of gypsum-bonded boards, in the book: „Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders”, Ed. A.A.Moslemi and M.P.Hamel, Fores Products Research Society, USA, 1989, pp. 108-109.
- [9] J.Konkola, Rauma-Repola Onoda gypsum flakeboards technology, in the book: „Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders”, Ed. A.A.Moslemi and M.P.Hamel, Fores Products Research Society, USA, 1989, 107.
- [10] M. B. Rajkovic, D.Simovic, G.T.Vladislavljevic, Experiences in the Chemical Gypsum – Phosphogypsum Preparation from the Triad Synthesis Structure Properties Viewpoint, in the Book: *Advanced Science and Technology of Sintering*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1999, pp.323-328.
- [11] Palmer et al., Process for reducing radioactive contamination in phosphogypsum, U.S.Patent, Ser.No., 330,550, filed Dec.14, 1981.
- [12] P.H.Lange, Jr., Process for reducing radioactive contamination in waste product gypsum, U.S. Patent, Ser.No., 4,146,568, filed Mat.27, 1979.
- [13] Službeni list SRJ od 19. februara 1999.god., broj 9 (VIII), „Pravilnik o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i načinima sprovođenja dekontaminacije”, član 21, 22, 23, 24.
- [14] M.Allen, *Phosphorus&Potassium*, **78** (1975) 42.
- [15] M.B.Raikovich, K.Karlikovich-Raich, I.Chirich, *Russian Journal of Applied Chemistry*, **67**(3) (1994) 454.
- [16] M.B.Rajković, I. Petrović, G.Pantelić, G. Vladislavljević, M. Todorović, *Ispitivanje fizičko-hemijskih svojstava fosfogipsa radi primene kao građevinskog materijala*, Naučni skup „Trijada sinteza-struktura-svojstva-osnova tehnologije novih materijala”, Beograd, 16.-18. 11. 1999., Sekcija III: Svojstva, Zbornik abstrakata, s. 75-77.
- [17] M.B.Rajković, K.Karliković-Rajić, Prilog proučavanju doprinosa otpadnog fosfogipsa iz industrije kontaminaciji životne sredine sa aspekta radioaktivnosti, II simpozijum „Hemija i zaštita životne sredine”, V.Banja, 1993, VI-3,

- 551.
- [18] M.B.Rajković, Analiziranje mogućnosti utilizacije fosfogipsa nus – proizvoda pri produkciji fosforne kiseline u IHP Prahovo, IHP Prahovo, 1982.
- [19] A.Kukoč, R. Stevanović, Đ.Čokeša, M. Marković, Raspodela urana i ^{226}Ra pri proizvodnji fosforne kiseline dihidratnim postupkom, II simpozijum „Hemija i zaštita životne sredine“, V.Banja, 1993, VI-19, 583.
- [20] В.Ф.Журвалев, Токсикология радиоактивных веществ, Энергоатомиздат, Москва, 1990.
- [21] J.Dillon, R.Watson, C.Tosunogly, Chemistry and the Environment, The Royal Society of Chemistry, London, 1993.
- [22] В.С.Кульнева, О радиотоксикологическом действии радона. Материалы по токсикологии радиоактивных веществ, Под.ред. А. А. Летавеша и Э. Б.Курляндской, М.Недгия, 1957.

SUMMARY

THE POSSIBILITY OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION AS THE ELEMENT OF PREFABRICATED BUILDING

Phosphogypsum which is produced by „dihydrating procedure” contains not only uncleanesses but radionuclides, too which limit its construction use.

Performed testings point to the structure complexity and phosphogypsum composition while the electron microscope's pictures showed a different crystal phosphogypsum composition comparing to the natural gypsum. In order to use the waste material of phosphogypsum it must be refined and calcined because of a great number of uncleanesses, the source of raw-material and because of a chemical way of producing.

By expecting procedure of refinery the radionuclides content stays approximately the same, but it approaches to the natural gypsum because of its physico-chemical characteristics. A stable shape of phosphogypsum α -hemihydrate is got by a longer drying on the temperature of 105°C and it is very similar to the natural gypsum because of its physico-chemical characteristics. As the presence of some uncleanesses isn't limited for the further use, the phosphogypsum refined in this way, by further particles reducing to the size of ca. $100\ \mu\text{m}$, shows as adequate substitute for the natural gypsum.

The calcined and refined phosphogypsum can be used for partition walls producing. To avoid the danger of possible radionuclides presence it is better to use the mixture of natural gypsum and phosphogypsum for this production. A great saving of materials and economic effect can be carried out in this way.

Key words: *phosphogypsum, gypsum fiberboards, radon, radioactivity*