

**PASIVNI MJERAČI – PRAKTIČNE MOGUĆNOSTI IMISIJSKIH
MJERENJA**

**Markus Hangartner
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Schellenstrasse 44, Männedorf/ Zürich
Švicarska**

**Mario Zovko
IGH MOSTAR doo Mostar
Bišće polje bb, Mostar
Bosna i Hercegovina**

SAŽETAK

Različitim izvorima emisije smanjuje se kvaliteta ambijentalnog zraka. U cilju izrade mjera za poboljšanje kvalitete ambijentalnog zraka potrebno je poznavati stvarno stanje imisije širokih područja. Pasivni mjerači mogu biti važna dopuna postojećim mjernim stanicama i tako omogućiti dobijanje informacija koje se odnose na vrlo velike površine prostora.

Ključne riječi: *pasivni mjerači, imisija, zrak, monitoring, kartiranje*

1. UVOD

Zahtjevi za čistoćom zraka kao i ocjenjivanje kvalitete zraka u Europskoj uniji proizilaze iz direktive 96/62/EG koja obrađuje područje kvalitete zraka. Donošenjem nove Direktive 2008/50/EG, koja je stupila na snagu u lipnju 2008. godine, došlo je do sjedinjavanja dosadašnje direktive 96/62/EG kao i tri od četiri direktive koje su donešene na temelju direktive 96/62/EG i to direktiva 1999/30/EG, 2000/69/EG i 2002/3/EG dok je četvrta 2004/107/EG ostala važeća. Bitni zahtjevi važeće direktive su:

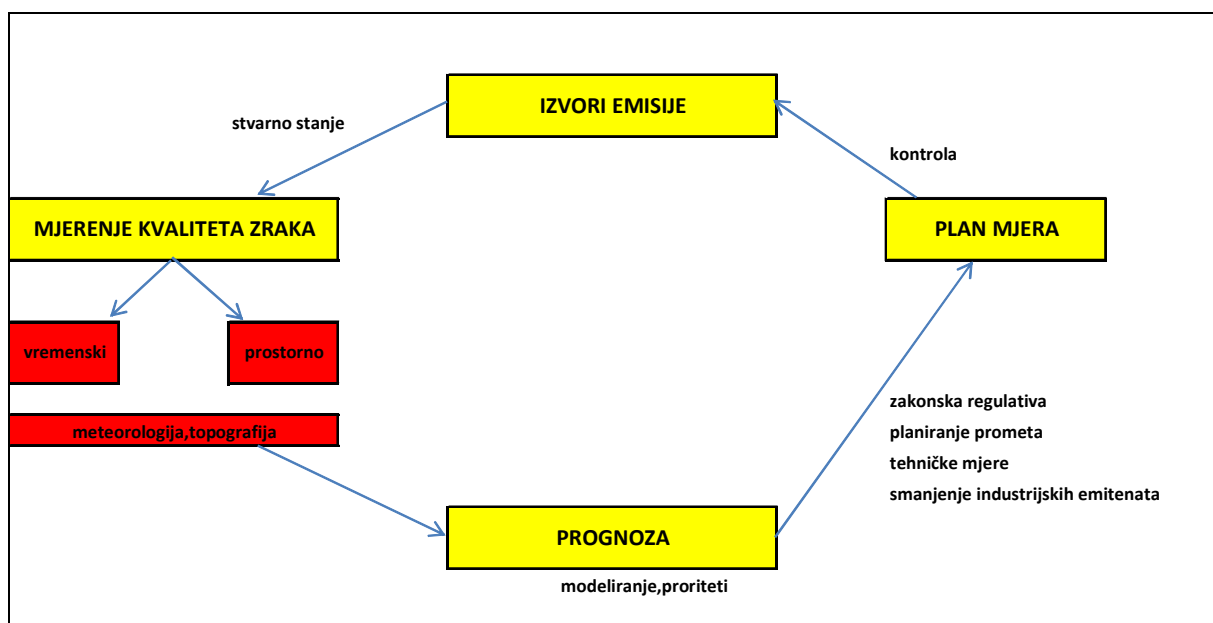
- točno propisivanje graničnih, alarmantnih, ciljnih i informacijskih vrijednosti
- propisima za ocjenjivanje kvalitete zraka određeno je korištenje zajedničkih jedinstvenih metoda
- propisana je obvezna dostupnost javnosti informacijama o kvalitetu zraka
- propisana je obveza za održanje dobre kvalitete zraka i za poboljšanje kvalitete zraka tamo gdje je ona loša

Za zaštitu stanovništva kao i ekosustava donešene su norme o kvalitetu zraka kojih se sve članice EU moraju pridržavati. U tablici 1. dan je izvod iz zahtjeva koje proizilaze iz nove direktive o zaštiti zraka.

Zagađujuća materija	Zaštita ljudi			Zaštita ekosustava
	Godišnja vrijednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dnevna vrijednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kratkotrajna visoka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Godišnja vrijednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO ₂	40		200	30 (NO _x)
SO ₂		125	350	20
O ₃		120 (8h)	180/240	40
Benzol	5			
PM ₁₀	40	50		

Tablica 1: Granične vrijednosti u EU [5], (obilježene vrijednosti moguće je mjeriti pasivnim mjeracima)

Kako bi zadovoljili zahtjevi navedeni u direktivi potrebno je mjeriti trenutno stanje, označiti problematična područja i reducirati zagađenja donoseći planove odnosno mjere sanacije pogodjenih područja. Na slici 1. prikazan je ciklus aktivnosti koje imaju povratnu spregu i omogućuju ostvarivanje osnovnog cilja a to je zadržavanje visoke kvalitete zraka tamo gdje ona već postoji i rad na poboljšanju kvalitete zraka tamo gdje je to narušeno raznim emisijama zagađivača.



Slika 1: Način ostvarivanja tražene kvalitete zraka [4]

Izvori emisije uzrokuju zagađenje zraka odnosno smanjenje kvalitete zraka. Potrebno je vršiti kvalitetna mjerenja emisije i vremenski i prostorno uzimajući u obzir i razne druge faktore meteorološke, klimatološke, topografske. Na temelju dobivenih podataka može se napraviti prognoza o budućem stanju odnosno putem modeliranja rasprostranjenosti zagađenja odrediti prioriteti : tamo

gdje je loš kvalitet zraka, ograničiti to područje, naći uzroke onečišćenja i pripremiti plan mjera za saniranje tog stanja. U svemu tome treba se koristiti izmjenama zakona, novim tehničkim mjerama zaštite, mjerama prostornog i dugoročnog planiranja pa i kao krajnjom mjerom, smanjenjem industrijskih emitenata sa nekog jako ugroženog prostora. Nakon svega provedenog ostaje završni korak kojim završava odnosno počinje cijeli ciklus: ponovno mjerenje imisije odnosno kontrola efikasnosti provedenih mjera.

2. PASIVNI MJERAČI

Pasivni mjeraci [1] su u principu cjevčice koje bez ikakvog izvora energije preuzimaju štetne materije iz zraka sve do momenta kad je koncentracija tih materija u zraku jednaka koncentraciji u cjevčici. One se montiraju u zaštitna kućišta, pričvrste na određenu visinu i nakon određenog vremena skidaju i analiziraju u laboratoriju. Praksa je pokazala da se vrlo zgodno mogu pričvrstiti na rasvjetne stubove ili na stubove vertikalne prometne signalizacije. Montaža se obavlja na visini od 2,5 do 4 metra iznad površine tla kako bi se izbjegla slučajna oštećenja pasivnih mjeraca. Bitno je napomenuti da se učvršćivanje zaštitnih kućišta vrši plastičnim uzicama kako bi se izbjegao kontakt dva metalna dijela. Mjeraci su zanemarljivih dimenzija i ne predstavljaju bitno narušavanje prostora u smislu smanjivanja estetskih vrijednosti područja u kojem se mjerenje vrši.

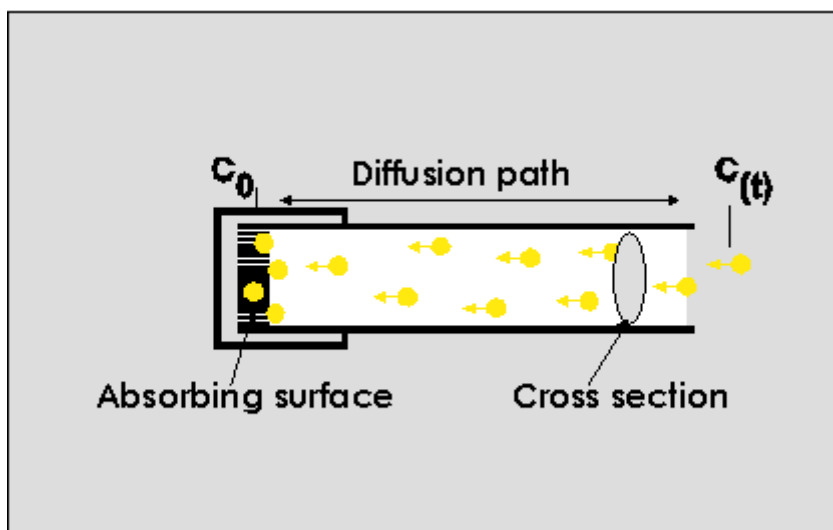


Slika 2: Pasivni mjeraci – različite izvedbe za različite namjene



Slika 3. Zaštitna kućišta u koja se montiraju mjerne cjevčice

Princip rada pasivnih mjerača temelji se na kretanju molekula prema apsorbirajućim površinama. Zbog razlike u koncentraciji dolazi (difuzija) do kretanja molekula iz okoliša u sam mjerac (cjevčica ili membrana) gdje je početna koncentracija zagađivača jednaka nuli. Nakon što prođe određeno vrijeme dolazi do izjednačavanja koncentracija između ambijentalnog zraka i apsorpcione površine na kojoj je u početku koncentracija zagađujuće materije bila jednaka nuli. Tako je moguće točno izmjeriti (nakon laboratorijske analitike) kolika je u mjernom periodu na mjernom mjestu bila koncentracija zagađivača.



Slika 4: Prinzip difuzijskog mjerenja [2]

Kao primjer proračuna dato je računanje koncentracije dušičnog dioksida u ambijentalnom zraku. Proračun okolišne koncentracije ciljnog zagađivača (spoja) vrši se prema slijedećem obrascu :

$$c = \frac{Q \cdot l}{D_{\text{NO}_2} \cdot A \cdot t} = \frac{Q}{SR \cdot t} \quad (1)$$

c	okolišna koncentracija NO ₂	[µg/m ³]
Q	količina apsorbiranog zagađivača	[µg]
D	koeficijent difuzije u zraku	[cm ² /min]
A	poprečni presjek	[cm ²]
l	put difuzije	[cm]
t	vrijeme ekspozicije	[min]

Protok kroz cjevčicu se u principu određuju velikim brojem laboratorijskih ispitivanja. To je specifična konstanta za svaki pojedini pasivni mjerac.

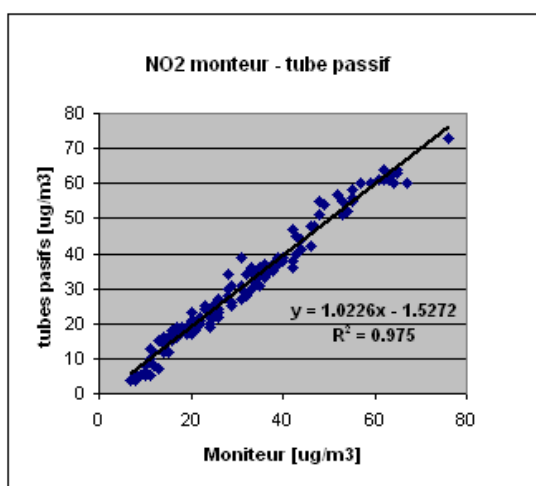
3. PRAKTIČNA UPORABA PASIVNIH MJERAČA

Za praktičnu uporabu se pasivni mjerači ispituju u laboratorijskim i slobodnim vanjskim uvjetima. Prema kojim kriterijima se ta ispitivanja vrše propisano je u EU normi 13728, list 2. Izmjerene vrijednosti su toliko točne koliko je točna analitika koja iza njih stoji. Preduvjet za pravilno odrađena analitička mjerenja eksponiranih pasivnih mjerača je akreditiranje ispitnog laboratorija prema ISO/IEC 17025.

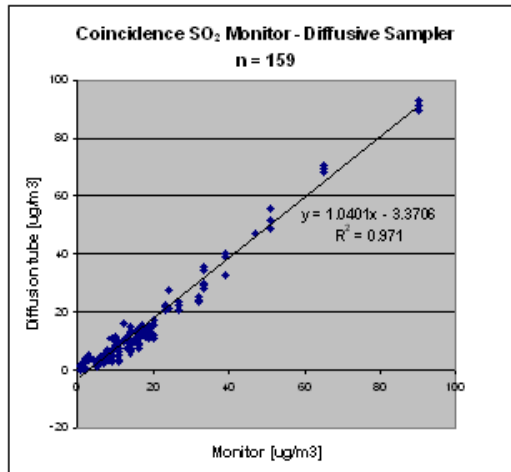
Pasivni mjerači	Protok (ml/min)	Mjerno područje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vrijeme ekspozicije (dan)	Preciznost mjerenja ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Skladištenje prije korištenja (mjesec)	Skladištenje do analize (mjesec)
Dušični dioksid	0,8536	1-150	28	0,2	12	6
Sumpor dioksid	11,9	1-150	28	0,2	12	6
Ozon	-	3-240	7	3	6	4
Benzol	6,4	3	28	0,2	12	6
Amonijak	31,5	-	28	0,2	4	2
Sumporovodik	10,9	0,2	28	0,02	6	3

Tablica 2. Podaci o pojedinačnim pasivnim mjeračima [4]

Odlučujuća su poređenja sa neovisnim mjernim metodama pri vanjskim uvjetima mjerenja. Pri tome na mjerenje utiču promjenjivi klimatski faktori. Na slikama 5. i 6. Prikazan je uporedni odnos mjerenja NO_2 i SO_2 rađen u Francuskoj [3]. Rezultati mjerenja dobiveni pasivnim mjeračima su kao što se i sa slike vidi jako bliski mjerenjima koja su vršena na stalnoj mjestnoj stanici.



Slika 5: Usporedba preciznosti mjerenja pasivnih mjerača za mjerenje dušičnog dioksida i stalnih mjernih stanica u Francuskoj [3]



Slika 6: Usporedba preciznosti mjerenja pasivnih mjerača za mjerenje sumpor dioksida i stalnih mjernih stanica u Francuskoj [3]

U većini europskih zemalja postoje mjerna mjesta na kojima se kontinuirano mjeri zagađenost zraka raznim tvarima. Ta mjerenja su jako precizna i njima se može kontrolirati jesu li prekoračene propisane granične vrijednosti pojedinih zagađivača. Naravno da se mora imati na umu kako mjerne stanice pokrivaju manji broj mjesta odnosno samo ona na kojima su instalirane. Pasivni mjerači mogu biti važna dopuna postojećim mjernim stanicama i tako omogućiti dobijanje informacija o imisiji vrlo velikih područja. Pri tome se mora biti svjestan nešto manje preciznosti ovih mjerača u odnosu na fiksno postavljene mjerne stanice. Međutim na gradskim područjima gdje su uslijed zagađenja izmjerene vrijednosti daleko iznad dopuštenih granica ili u seoskim područjima gdje su granične vrijednosti daleko ispod dozvoljenih, nešto niža preciznost mjerenja u odnosu na konvencionalne mjerne stanice sa kontinuiranim radom se može sa punim pravom tolerirati.

Pasivni mjerači su svoju svrhu i korisnost kao važan instrument u cilju zaštite zraka od zagađenja dokazali na raznim poljima. Već su se uspješno koristili i koriste za :

- imisijska mjerenja, na primjer NO_2
- kontroliranje uspješnosti mjera poduzetih zbog očuvanja kvalitete zraka
- monitoring uslijed izgradnje novih prometnica
- određivanje problematičnih područja i utjecaja razlike u nadmorskoj visini
- pomoć pri određivanju položaja fiksnih mjernih stanica
- praćenje višegodišnjih trendova
- praćenje dugotrajnog utjecaja na vegetaciju
- ocjenjivanje točnosti modela rasprostiranja zagađivača
- osobna ekspozicija pri unutarnjem i vanjskom zraku

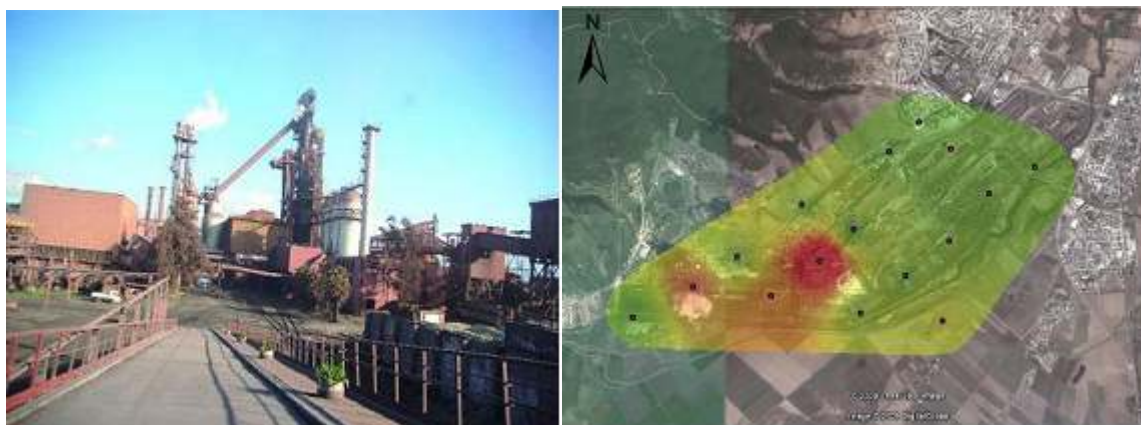
3.1. Primjeri korištenja

Industrija je pored cestovnog prometa najvažniji emitent zagađenja zraka. U principu ta zagađenja možemo opisati kao „plinoviti“ otpad kojeg prije ispuštanja u atmosferu treba filtriranjem odvojiti i

nakon toga u ovisnosti o kojoj vrsti materije se radi postupiti prema odgovarajućim propisima koji određuju postupanje prema različitim vrstama otpada.

3.1.1. Prvi primjer : Čeličana

U priloženom primjeru radi se o čeličani koja ispušta velike količine sumpornog dioksida i benzola u okoliš. Za vrijeme jedne godine vršena su mjerenja pasivnim mjeracima unutar i izvan područja tvorničkog kruga . Na temelju tih mjerenja urađeno je i kartografsko predstavljanje rasprostiranja i koncentracije zagađujućih materija.

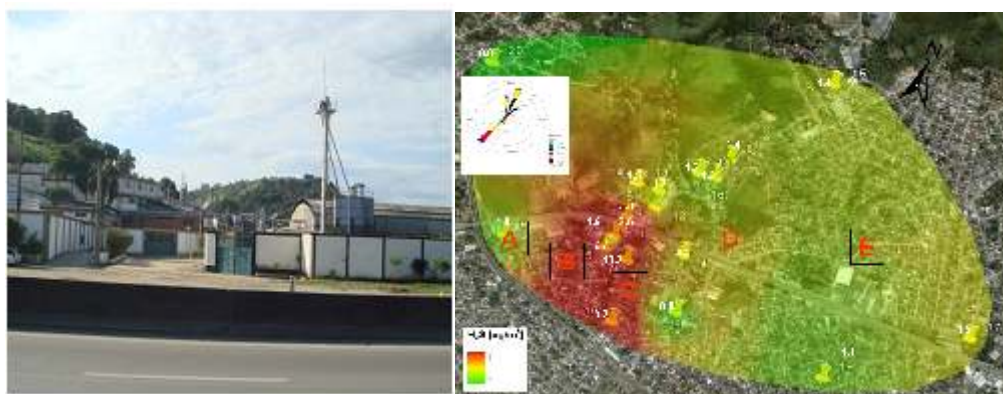


Slika 7: Čeličana i kartografsko prikazivanje rasprostiranja sumpor dioksida

Uz pomoć softverskog paketa ArcGIS urađena je vizualizacija rezultata. Time je omogućeno određivanje kritičnih zona unutar i izvan tvorničkog kruga. Nakon toga se može kreniti sa donošenjem plana mjera za podizanje kvalitete zraka na opisanom području.

3.1.2. Drugi primjer : Rafinerija

Mjerenje imisije sumporvodika okolo prostora rafinerije.



Slika 7: Rafinerija i kartografsko prikazivanje rasprostiranja sumpor dioksida

4. ZAKLJUČAK

Postojeći Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta zraka br.12/05 koji je na snazi u Federaciji BiH (donešen 2005. godine) gotovo u potpunosti „pokriva“ zahtjeve najnovije direktive EU 2008/50/EG, koja je stupila na snagu u lipnju 2008! (vidi članove 9., 12., 15. i 16. navedenog Pravilnika). [5] To je još jedan dokaz u prilog svrsishodnosti i dalekovidnosti zakonodavca pri donošenju seta okolišnih Zakona 2003. godine i na temelju njih ostalih podzakonskih akata koji tretiraju područje zaštite okoliša u ovom slučaju zaštite zraka.

Na žalost, stacionarne mjerne stanice za kontinuirano mjerenje zagađenosti zraka postoje samo u nekoliko gradova na području cijele Bosne i Hercegovine. Nabavka i održavanje tih stanica je jako skupa pa je malo vjerovatno da će se u tom pogledu u idućih par godina nešto bitnije promijeniti.

Mogući pomoć rješavanju ovog problema pružaju nam pasivni mjerači. Njihovim pravovremenim korištenjem osobito pri planiranju novih postrojenja koja su dužna imati okolišnu dozvolu (monitoring nultog stanja) kao i kod već postojećih postrojenja (čeličana, željezara, rafinerija, autocesta, monitoring pri eksploataciji postrojenja, analize zagađenja u gradovima) moguće je znatno jeftinije napraviti i kartirati zagađenja zraka. Nakon toga na temelju tih podataka moguće je izraditi prognozu zagađenja odnosno planove mjera za smanjenje zagađenja te postupkom kontrolnih mjerenja provjeriti postignute učinke.

I za kraj navedimo samo najbitnije prednosti pasivnih mjerača :

1. za njihov rad nije potreban priključak na električnu mrežu ili bilo kakav akumulator
2. pri osnovnom rukovanju nije potrebna visokoobrazovana radna snaga (postavljanje, skidanje, slanje na analizu)
3. mala veličina mjerača – mogu sa slati poštom u ovlaštene analitički laboratorij
4. istovremeno se na velikim površinama mogu vršiti mjerenja zagađenja zraka

Ove prednosti pasivnih mjerača kao relativno novog načina mjerenja zagađenja zraka već su uočene u mnogim europskim zemljama. Tako se u Njemačkoj, Austriji i Švicarskoj za mjerenje imisije u blizini čeličana, autocesta, u gradovima, zaštićenim područjima (na primjer Tirol) već godina koriste pasivni mjerači od strane državne uprave kao kontrola (razvijene) mreže mjernih stanica koje kontinuirano rade ali i ako dopuna pri mjerenju imisije koja je u praksi pokazala jako dobre rezultate.

Literatura

- [1] EN 13528-2:Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Part 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren. 2002
- [2] Review of the application of diffusive samplers for the measurement of nitrogen dioxide in ambient air in the European Union. Edited by T. Hafkenschied in collaboration with: A. Fromage-Marriette, E. Goelen, M. Hangartner, U. Pfeffer, H. Plaisance, F. de Santis, K. Saunders, W. Swaans, S. Tang, J. Targa and M. Gerboles. Report EUR 23793 EN-2009
- [3] Rapport d’Etudes E02_04: Quelque remarque sur la Norme NF/ISO 13752 : AirNormand 2002
- [4] Maia, L. and Hangartner, M.:H₂S Measurement in the Vicinity of a Re-refining Oil Lubricant Processing Plant in Brasil. Conference Proceedings: Measuring Air Pollutants by Diffusive Sampling and Other Low Cost Monitoring Techniques, 15th - 17th September 2009 Krakow, Poland
- [5] Direktiva 2008/50/EG
- [6] Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta zraka , Službene novine Federacije BiH , broj : 12/05