

MINISTARSTVO ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

ISSN: 0042-8469

UDC: 623 + 355/359

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Zastupa direktora

Pukovnik  
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.

UREĐIVAČKI ODBOR

Pukovnik  
DANKO JOVANOVIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Odbora)

Profesor  
dr BRANKO KOVAČEVIĆ, dipl. inž.

Profesor  
dr SLOBODAN JARAMAZ, dipl. inž.

Profesor  
dr LAZAR PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
LJUBOMIR SAMARDŽIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr BRANISLAV JAKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr MILJKO ERIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik  
dr VASILJE MIŠKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr LJUBIŠA TANČIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr JUGOSLAV RADULOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr ZORAN FILIPOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr DRAGOSLAV UGARAK, dipl. inž.

Pukovnik  
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Odbora)

\* \* \*

Glavni i odgovorni urednik

Pukovnik  
sc **Stevan Josifović, dipl. inž.**  
(tel. 300-60-23)

Sekretar redakcije

**Zora Pavličević**  
(tel. 2641-795, vojni 23-497)

Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53

E-mail: vtg@viz.vj.yu

Pretplata tel.-fax: 3612-506, tekući račun:  
840-51845-846 RC SMO Topčider – za VIZ,  
poziv na broj 054/963

Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna  
štampanija – Beograd, Resavska 40b

## STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS MINISTARSTVA ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

# VOJNOTEHNIČKI

GLASNIK



Vojnotehnički glasnik je,  
povodom 50 godina rada,  
odlikovan Ordenom VJ  
trećeg stepena

# 4

GODINA LIV • OKTOBAR–DECEMBAR 2006.

*Čitaocima  
i saradnicima  
čestitamo  
novu  
2007.  
godinu*

*Redakcija*

**Dr Dragoslav Ugarak,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Tehnicki opitni centar,  
Beograd

## **ODREĐIVANJE VISINE DEJSTVA BLIZINSKIH UPALJACA POMOCU TELEVIZIJSKIH KAMERA I ANALIZA GREŠAKA MERENJA**

UDC: 623.454.25 : 621.397

### *Rezime:*

*U radu je opisan matematički model određivanja visine delovanja blizinskog upaljaca obradom video snimaka. Analizirani su izvori grešaka i doprinosi parametara koji uticu na veličinu grešaka. Odredene su vrednosti standardnog odstupanja, standardne greške i interval pouzdanosti.*

*Ključne reci: perspektivna projekcija sa video snimaka, visina delovanja blizinskog upaljaca, standardno odstupanje, standardna greška i interval pouzdanosti.*

---

### **ACTIVITY HEIGHT OF PROXIMITY FUZE EVALUATION USING TV CAMERAS AND MEASUREMENT ERRORS ANALYSIS**

#### *Summary:*

*This paper represents the mathematical model of determining the proximity fuze activity height by processing video shot. The errors' sources and contribution of effective parameters have been analysed. The values of standard deviation, standard error and reliability interval are defined.*

*Key words: perspective projection from video shot, proximity fuze activity height, standard deviation, standard error and reliability interval.*

---

### **Uvod**

Razvoj elektronske tehnologije sedamdesetih godina XX veka omogućio je izradu elektronskih upaljaca za razne projekte sa blizinskim dejstvom na principu Doplerovog efekta. Ovi upaljaci omogućavaju dejstvo projektila na visini od 10 do 30 m iznad tla, čime se efikasnost parcaadnog dejstva znatno povećava. U svetu su razvijeni blizinski upaljaci za projekte kalibra 35 mm do 155 mm. Kod nas je osamdesetih godina radeno na razvoju blizinskih upaljaca za artiljerijske projekte kalibra 105 mm, 120 mm, 122 mm, 130 mm i

152 mm i delimično je započeta proizvodnja za neke kalibre. Zbog raspada bivše Jugoslavije došlo je do prekida tek započete proizvodnje i razvoja blizinskih upaljaca. Nesporne prednosti blizinskih upaljaca nametnule su potrebu obnavljanja njihovog razvoja i proizvodnje. Paralelno sa nastavkom razvoja blizinskih upaljaca javlja se potreba za razvojem metoda i kriterijuma za ocenjivanje njihovog kvaliteta. U ovom radu prikazana je koncepcija metode za određivanje visine dejstva blizinskih upaljaca pomoću televizijskih kamera, kao najvažnijeg parametra za ocenu njihovog kvaliteta.

### Merenje visine dejstva blizinskog upaljaca

Metoda merenja visine dejstva blizinskih upaljaca zasniva se na principima perspektivne projektivne geometrije. Izvor informacija o objektima ili pojavama posmatranja je digitalna kamera koja formira sliku scene 2D postupkom perspektivne projekcije na žižnu ravan kamere. Osnovni zadatak perspektivne projektivne geometrije je inverzan problem, odnosno rekonstrukcija položaja i daljine objekta na osnovu analize i merenja snimaka. Rešenje tog problema zasniva se na uspostavljenoj korespondenciji između prostora 2D i 3D putem matematičkih relacija. Ti odnosi posmatraju se u koordinatnom sistemu vezanom za kameru, tako da se centar sistema  $O$  nalazi u centru objektiva (sociva) i naziva se tacka vizije.

Ocenjivanje funkcije i visine dejstva blizinskih upaljaca obavlja se ispitivanjem gadanjem iznad vodene površine sa amplitudom talasa do 0,2 m. Opseg padnih uglova za normalno funkcionisanje upaljaca treba da bude od  $20^\circ$  do  $65^\circ$ . Snimak dejstva blizinskog upaljaca iznad vodene površine uraden standardnom televizijskom kamerom prikazan je na slici 1.

Na slici se vidi sekvenca od nekoliko prvih uzastopnih snimaka dejstva projektila sa blizinskim upaljacem. Širenje produkata detonacije nastalih eksplozijom projektila traje 1,5 s, a cela pojava do smirivanja površine vode više sekundi, tako da ceo snimak eksplozije sadrži preko 50 kadrova.

Princip merenja visine dejstva blizinskog upaljaca prikazan je na slici 2. Iz slicnosti trouglova  $KEV$  i  $KE_1V_1$  dobija se jednačina za određivanje visine dejstva projektila sa blizinskim upaljacem:

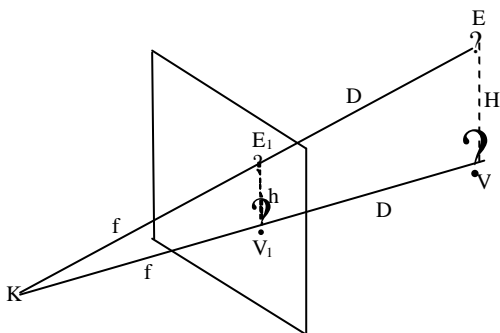
$$H = \frac{1}{f} hD \quad (1)$$



Sl. 1 – Snimak dejstva blizinskog upaljaca

pri čemu je:

$H$  (m) – visina dejstva projektila,  
 $f$  (piksel) – daljina do ravni slike (žižna daljina),  
 $h$  (piksel) – visina dejstva projektila na slici,  
 $D$  (m) – daljina dejstva projektila od kamere.



Sl. 2 – Perspektivna projekcija dejstva projektila

Da bi se odredila visina dejstva blizinskog upaljaca  $H$ , kao što se vidi iz jednacine (1), potrebno je znati žižnu daljinu, odnosno daljinu do ravni snimka  $f$ , zatim izmeriti daljinu pojave eksplozije od kamere  $D$  i visinu eksplozije iznad uzburkane površine vode  $h$  na snimku dejstva projektila.

Daljina dejstva projektila od kamere može da se izmeri laserskim daljinomerom koji se nalazi u blizini kamere, a dobija odraz od vodenih stubova nastalih nakon udara parcadi projektila u vodenu površinu.

Visina eksplozije projektila na slici 1 može se odrediti merenjem rastojanja vatrene kugle od vodene površine uzburkane parcadnim dejstvom projektila. Ova visina meri se obradom digitalizovanog snimka na racunaru, pomocu pomicne koncanice u pikselima, i to od korena vodenih stubova

do sredine vatrene kugle na prvom snimku na kojem se uocavaju obe poja ve.

### Odredivanje žižne daljine snimka

Daljina ravni slike, odnosno žižna daljina, prethodno je određena velicina, koja zavisi od optickog i elektronskog sistema kamere i predstavlja poznatu konstantu izraženu u milimetrima ili pikselima. Može se odrediti tako što se snimi neki reper poznate visine  $H_r$ , na poznatom rastojanju  $D_r$ , takvom da velicina lika repera  $h_r$  ispuni 90% kadra, a zatim se izmeri velicina lika repera u pikselima, obradom snimka na racunaru. Primenom jednacine (1) dobija se relacija za odredivanje žižne daljine:

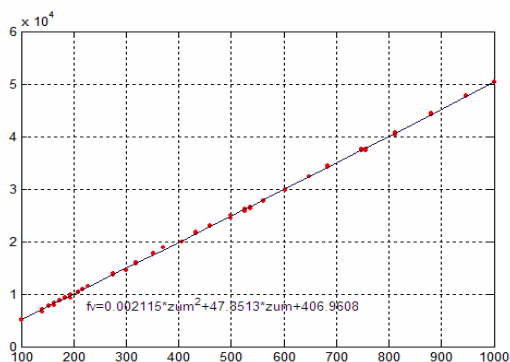
$$f = \frac{D_r}{H_r} h_r \quad (2)$$

Cesto se u ovim sistemima koriste objektivni sa promenljivim uvecanjem, takozvani zum objektivni, kod kojih velicina žižne daljine zavisi od velicine zuma. Velicina zuma registruje se u toku snimanja na svakom snimljenom kadru. Pomocu opisane metode može se snimanjem repera za razne vrednosti zuma odrediti za visnost  $f = f(\text{zum})$ .

Na primer, za potrebe odredivanja žižne daljine kamere u funkciji zuma izvršeno je snimanje vertikalnog repera visine 2 m na daljini od 526 m od kamere, pri raznim vrednostima zuma od 100 do 1000. Žižna daljina određena je prema relaciji (2), što je prikazano tackama na dijagramu na slici 3. Interpolacijom ovih podataka polinomom drugog stepena, metodom najmanjih kvadrata, dobija se

dovoljno tačna funkcionalna zavisnost žižne daljine od zuma kamere u obliku:

$$f = 0,002115 \cdot zum^2 + 47,8513 \cdot zum + 406,961 \quad (3)$$



Sl. 3 – Žižna daljina kamere u funkciji zuma

### Greške merenja visine dejstva blizinskog upaljaca

Smatrajuci da je žižna daljina kamere  $f$  dovoljno tačno određena, ona predstavlja konstantu za određenu vrednost zuma, korišćenu pri snimanju, i može se odrediti pomoću jednačine (3). Greška u određivanju žižne daljine predstavlja sistematsku grešku koja se može anulirati preciznim kalibrisanjem mernog sistema.

Merenje daljine  $D$  vrši se laserskim daljinomerom sa određenom rezolucijom, koja kod artiljerijskih laserskih daljinomera iznosi  $\Delta D = 5$  m. To predstavlja slučajnu grešku merenja daljine. Sistematska greška merenja daljine nastaje zato što se daljina meri na osnovu odraza od vodenog stuba sa oboda uzburkane vodene površine, koja je približno kružnog oblika. Ova greška može se eliminisati tako što se izmerena daljina uveća za poluprecnik uzburkane vodene površine,

koji se određuje po istom principu kao i visina dejstva projektila.

Tačnost merenja visine dejstva projektila sa televizijskih snimaka  $h$  zavisi od kvaliteta i rezolucije slike i preciznosti mernog sistema, što prouzrokuje slučajnu grešku  $\Delta h$ , koja utiče na tačnost određivanja visine dejstva blizinskog upaljaca  $H$ . Može se usvojiti da tačnost određivanja centra vatrene kugle i korena stubova vode iznosi  $\pm 1$  piksel, što znači da ukupna slučajna greška određivanja visine eksplozije na snimku iznosi do  $\Delta h = 4$  piksela.

Greška određivanja visine dejstva blizinskog upaljaca može se prikazati primenom konačno malih veličina u diferencijalnoj jednačini (1):

$$\Delta H = \frac{1}{f}(h\Delta D + D\Delta h) \quad (4)$$

Dominantan uticaj na veličinu greške  $\Delta H$ , pri istoj žižnoj daljini, ima drugi sabirak koji predstavlja proizvod daljine i greške merenja visine eksplozije na snimku:

$$h\Delta D \ll D\Delta h \quad (5)$$

Smanjivanje žižne daljine, koja se nalazi u imeniocu formule za određivanje greške merenja visine dejstva blizinskog upaljaca, znatno uvećava grešku merenja. Tako, na primer, ako se usvoji da je uobičajena daljina kamere  $D = 5000$  m, za zum koji iznosi 1000 i za zum koji je 500 dobijaju se sledeće približne vrednosti greške određivanja visine dejstva blizinskog upaljaca:

$$\begin{aligned} zum &= 1000 \\ \Delta H &\approx \frac{D\Delta h}{f} = \frac{5000 \cdot 4}{50000} = 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

zum = 500

$$\Delta \approx \frac{D \cdot h}{f} = \frac{5000 \cdot 4}{25000} = 0,8 \text{ m}$$

To znači da dejstvo projektila, radi određivanja visine delovanja blizinskog upaljača sa što manjom greškom, treba snimati sa većim zumom i na manjoj daljini od kamere.

### Primer određivanja visine dejstva blizinskog upaljača obradom video snimaka sa jedne kamere

U primeru prikazanom na slici 1 snimanje dejstva projektila izvršeno je digitalnom video kamerom sa zum objektivom, čija je vrednost iznosila 1000, a funkcionalna zavisnost žižne daljine od zuma data jednačinom (3). Merenjima izvršenim na računaru pomoću pomoćne končanice i laserskim daljinomerom u toku snimanja dobijene su sledeće vrednosti parametara:

- žižna daljina  $f = 50373$  piksela,
- visina dejstva na snimku  $h = 47$  piksela,
- daljina dejstva upaljača  $D = 5915$  m,
- širina uzburkane površine vode  $l = 392$  piksela.

Prvo je potrebno odrediti prečnik uzburkane vodene površine, koji prema jednačini (1) iznosi:

$$L = \frac{1}{f} l D = \frac{392 \cdot 5915}{50373} = 46 \text{ m} \quad (6)$$

Sada je potrebno izvršiti popravku daljine merenja, odnosno eliminisati si-

stematsku grešku merenja daljine, dodavanjem izmerenoj daljini pola prečnika uzburkane vodene površine:

$$D_k = D + \frac{L}{2} = 5915 + \frac{46}{2} = 5938 \text{ m} \quad (7)$$

Sada je, pomoću jednačine (1), moguće odrediti visinu dejstva blizinskog upaljača:

$$H = \frac{1}{f} h D = \frac{47 \cdot 5938}{50373} = 5,54 \text{ m} \quad (8)$$

Greška određivanja visine dejstva blizinskog upaljača određuje se prema jednačini (4):

$$\begin{aligned} \Delta H &= \frac{1}{f} (h \Delta D + D \Delta h) = \\ &= \frac{47 \cdot 5 + 5938 \cdot 4}{50373} = 0,48 \text{ m} \end{aligned} \quad (9)$$

Može se smatrati da se stvarna visina dejstva blizinskog upaljača nalazi u intervalu definisanom izrazom:

$$\Delta H_s = H \pm \Delta H = 5,54 \pm 0,48 \text{ m} \quad (10)$$

Za ovako dobijeni interval pouzdanosti ne zna se verovatnoća sa kojom se može tvrditi da se stvarna visina dejstva blizinskog upaljača nalazi u tom intervalu. Radi toga, da bi se povećala tačnost merenja i sa unapred utvrđenom verovatnoćom odredile granice intervala pouzdanosti visine delovanja blizinskog upaljača, snimanje je potrebno izvršiti sa više kamera.

**Određivanje visine dejstva blizinskog upaljaca obradom video snimaka sa više kamera**

Visina dejstva blizinskog upaljaca obično se određuje sa tri do pet kamera, sa približno istim vrednostima zuma i daljine do dejstva projektila. Pri tome se za svaku kameru odredi visina  $H_i$  i greška  $\Delta H_i$ , kao što je prikazano u prethodnom primeru.

Ako se tačnost merenja iskaže kao recipročna vrednost greške merenja:

$$g_i = \frac{1}{\Delta H_i} \quad (11)$$

može se zaključiti da je tačnost utoliko veća što je manja greška merenja.

Kada je tačnost merenja približno ista za sve kamere, visina dejstva blizinskog upaljaca određuje se kao aritmetička sredina svih izmerenih visina:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \quad (12)$$

Kada tačnost merenja nije približno ista za sve kamere, visina dejstva blizinskog upaljaca određuje se kao ponderisana sredina svih izmerenih visina:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n g_i H_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad (13)$$

Slučajna greška pojedinačnih merenja procenjuje se pomoću standardnog odstupanja, koje se određuje iz rezultata pojedinih merenja pomoću formule:

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H)^2}{n-1}} \quad (14)$$

Ocena o postojanju grubih grešaka daje se primenom kriterijuma Šovena (Chuvenneta). Po nje mu, ako je kolicnik apsolutne vrednosti odstupanja pojedinog merenja  $H_i$  od srednje vrednosti  $H$  svih merenja i standardnog odstupanja pojedinačnih merenja veći od neke vrednosti  $q$  (date u tabeli 1):

$$\frac{|H - H_i|}{S} > q \quad (15)$$

tada je rezultat merenja  $H_i$  sumnjiv i vrlo je verovatno da je nastao zbog neke grube greške. Takav rezultat treba eliminisati i obradu niza merenja vršiti bez tog merenja.

Tabela 1

n	2	3	4	5	6	7	8	9
q	1,15	1,38	1,54	1,65	1,73	1,80	1,86	1,91

Za ocenu tačnosti visine dejstva blizinskog upaljaca koristi se standardno odstupanje aritmetičke sredine, koje se naziva standardna greška i određuje se po formuli:

$$S_H = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

Na osnovu poznavanja standardne greške, ocenjivanje stvarne vrednosti tražene visine dejstva blizinskog upaljaca vrši se određivanjem intervala pouzdanosti. To je interval unutar kojeg se stvarna visina  $H_S$  nalazi sa unapred datom verovatnoćom  $a$ , koja se naziva koeficijent pouzdanosti:

$$P(H - \Delta \leq H_S \leq H + \Delta) = a \quad (17)$$



Pri normalnoj raspodeli velicina  $\bar{x}$  iznosi:

$$\text{za } a = 0,95; \bar{x} = 2S_H \text{ i}$$

$$\text{za } a = 0,997; \bar{x} = 3S_H.$$

To je poznato pravilo 2s i 3s. Međutim, ove granice intervala pouzdanosti koriste se kada je uzorak veliki  $n = 30$ .

Za manji uzorak, kao što je slučaj sa merenjem visine dejstva blizinskog upaljača, za određivanje granica intervala pouzdanosti koristi se Studentova raspodela sa stepenom slobode  $n-1$ . Granice intervala pouzdanosti u ovom slučaju određuju se pomoću izraza:

$$\bar{x} = t_{a,n} S_H \quad (18)$$

Koeficijent Studentove raspodele prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2

n	2	3	4	5	6
a = 0,95	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6
a = 0,99	63,7	9,9	5,8	4,6	4,0

### Primer određivanja visine dejstva blizinskog upaljača obradom video snimaka sa više kamera

U eksperimentu iz prethodnog primera, za određivanje visine dejstva blizinskog upaljača korišćene su tri televizijske kamere. Nakon obrade snimaka dobijeni su sledeći podaci za visinu dejstva blizinskog upaljača:

i	1	2	3
H <sub>i</sub>	5,33 m	5,54 m	5,79 m

Primenom prethodno datih formula dobijene su sledeće vrednosti za srednju

visinu, standardno odstupanje i standardnu grešku:

$$\begin{aligned} H_S &= 5,55 \text{ m} \\ S &= 0,23 \text{ m}, \\ S_H &= 0,13 \text{ m} \end{aligned} \quad (19)$$

Uočava se da su granice intervala pouzdanosti kod Studentove raspodele za mali broj merenja (3 do 5) znatno veće nego kod normalne raspodele. U ovom primeru, za  $n = 3$  i sa verovatnoćom od 0,99 granice intervala pouzdanosti iznose:

$$\bar{x} = t_{a,n} S_H = 9,9 \cdot 0,13 = 1,29 \text{ m} \quad (20)$$

Granice intervala pouzdanosti za normalnu raspodelu srednje vrednosti visine delovanja blizinskog upaljača sa verovatnoćom od 0,997 iznose:

$$\bar{x} = 3S_H = 0,39 \text{ m} \quad (21)$$

Pošto su u sprovedenim merenjima eliminisane grube i sistematske greške i procenjena je vrednost slučajne greške na približno 0,4 m, može se zaključiti da je za ocenu intervala pouzdanosti dovoljno pouzdano primeniti normalnu raspodelu sa pravilom 3s.

### Zaključak

U radu je pokazano da je moguće dovoljno tačno odrediti visinu delovanja blizinskog upaljača obradom video snimka uz primenu kvalitetne optike sa preciznim očitavanjem žižne daljine. Utvrđeni su poreklo i velicine grešaka merenja i date metode za eliminisanje sistematskih i grubih grešaka. Dokazano je da je greška određivanja visine obrnuto srazmerna

žičnoj daljini video sistema, a direktno srazmerna daljini. To znači da će greške određivanja visine biti manje sa povećanjem žične daljine video sistema i sa smanjivanjem daljine snimanja.

Primenom metoda za eliminisanje grubih i sistematskih grešaka dobijaju se ocene visine delovanja blizinskog upaljača u granicama intervala velicine procenjene slučajne greške mernog sistema. Upotrebom više kamera dobijaju se vrednosti za standardno odstupanje, standardnu grešku i interval pouzdanosti koji, usled eliminisanja grubih i slučajnih grešaka, odgovaraju normalnom zakonu ras-

podele srednje vrednosti visine delovanja blizinskog upaljača.

Primena metode za određivanje visine delovanja blizinskog upaljača obradom video snimaka ima veliki praktični značaj, jer se jednostavno i brzo dobijaju pouzdani podaci o merenoj veličini sa prihvatljivom i pouzdano ocenjenom greškom merenja.

*Literatura:*

- [1] Haralik, R. M.: Computer and Robot Vision, Volume I, II, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [2] Guter, R. S.; Ovcinski, B. V.: Elementi numeričke analize i matematičke obrade rezultata opita, Nauka, Moskva, 1970.
- [3] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1973.

**Dr Radun Jeremić,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojna akademija,  
Beograd

**mr Luka Grbović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Uprava za odbrambene tehnologije MO,  
Beograd

## ANALIZA METODOLOGIJE ZA ISPITIVANJE HEMIJSKE STABILNOSTI BARUTA I RAKETNIH GORIVA

UDC: 662.312.1 : 621.45.07-6

### *Rezime:*

*Kao i sve energetske supstance, baruti i raketna goriva su termodinamicki nestabilni, zbog cega, tokom skladištenja, dolazi do njihove hemijske dekompozicije (starenja). Proces starenja dovodi do promene njihovih funkcionalnih karakteristika, i do smanjenja sigurnosti u toku skladištenja zbog potencijalne opasnosti od samozapaljenja. U radu je objašnjen mehanizam dekompozicije nitroestara i fenomen hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva. Izvršena je komparativna analiza naše i NATO metodologije za kontrolu hemijske stabilnosti, a posebno su navedeni uoceni nedostaci u dosadašnjoj primeni standarda SNO 8069/91. Kao optimalno rešenje ovog problema predloženo je prihvatanje odgovarajucih STANAG standarda koji regulišu ovu problematiku.*

*Ključne reči: baruti, raketna goriva, hemijska stabilnost, standard.*

---

### THE ANALYSIS OF METHODOLOGY FOR INVESTIGATION OF CHEMICAL STABILITY OF PROPELLANTS

#### *Summary:*

*As the other energetic substances, propellants are thermodynamically unstable. Thereby, during storing, they undergo chemical decomposition process (aging). Aging process are cause changing their functional properties and decreasing safe during storage because of potential hazard from self ignition. The decomposition mechanism of nitro esters and chemical stability fenomen of propellants are shortly discussed in these papers. The compared analysis of domestic and NATO methodology for investigation of chemical stability is realized. The observed deficiencies in up to now application of standard SNO 8069/91 are specially mentioned. As optimal solution of this problem it is supposed to accept corresponding STANAG standards that regulate this problematic.*

*Key words: propellants, chemical stability, standard.*

---

### **Uvod**

Pogonske eksplozivne materije (baruti i raketna goriva), kao i ostale eksplozivne materije (EM), poseduju visoki sadržaj energije zbog cega se cesto nazivaju i energetski materijali.

Zbog povišenog sadržaja energije pogonske EM su više ili manje termodinamicki nestabilne, zbog cega su sklone laganoj termic koj dekompoziciji, cak i na

sobnoj temperaturi. Procesi hemijskog razlaganja odvijaju se prema razlicitim mehanizmima, kao što su monomolekularni raspad, uz formiranje slobodnih radikala, konsektivne reakcije između slobodnih radikala, oksidacioni i hidroliticki procesi, itd. Vecina ovih procesa su egzotermni i autokataliticki [1]. Kao takvi mogu uzrokovati dva glavna problema:

– nestabilnost baruta i raketnih goriva (RG),

– termalnu eksploziju, odnosno njihovo samozapaljenje u određenim kritičnim uslovima.

Posledica odigravanja ovih procesa je smanjenje veka upotrebe pogonskih EM. Pojam nestabilnost (starenje) baruta i RG podrazumeva pad njihovih funkcionalnih i bezbednosnih karakteristika tokom skla dištenja.

Samozapaljenje EM može da se dogodi u slučaju kada je brzina oslobađanja toplote usled egzotermnih reakcija hemijske dekompozicije, koje se odvijaju u pogonskim EM, veća od brzine razmene toplote sa okolinom.

Vek upotrebe obično se definiše kao interval u kojem se pogonske eksplozivne materije mogu skladištiti i primenjivati bez bilo kakve opasnosti. Da bi se on definisao moraju se poznavati vremena bezbednog skladištenja i vremena pouzdanog funkcionisanja.

Vreme bezbednog skladištenja ili hemijski vek upotrebe obuhvata period za koji se određena pogonska EM može bezbedno skladištiti bez ikakve opasnosti od samozapaljenja. Bezbedni vek je ograničen intenzitetom reakcija termičke dekompozicije (reakcijama starenja).

Vreme pouzdanog funkcionisanja (balistički vek) jeste period u kojem se pogonska EM može bezbedno primenjivati i u kojem funkcionalne karakteristike ostaju u zahtevanim granicama.

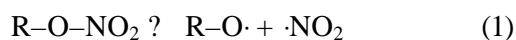
Glavni faktori koji ograničavaju vreme pouzdanog funkcionisanja su hemijsko starenje pogonskih EM (gubitak energije) i fizičko starenje usled odvijanja različitih fizičkih procesa (upijanje vlage, difuzija, fazne promene, itd.) što dovodi do pada mehaničkih karakteristika (posebno važno kod raketnih goriva).

Radi toga se stabilnost baruta i RG mora detaljno ispitati pre nego što se krene u njihovu proizvodnju, skladištenje i laboraciju u ubojna sredstva (UbS), a za tim, tokom skladištenja, mora se periodično kontrolisati da bi se izbegle neželjene posledice usled mogućeg samozapaljenja.

Sva ispitivanja moraju biti realizovana po strogo definisanoj proceduri koja se propisuje odgovarajućim standardima. U tom pogledu mi u poslednjih 15 godina zaostajemo u odnosu na svet. Poslednji važan standard koji je kod nas donešen je SNO 8069/91 koji reguliše ispitivanje hemijske stabilnosti baruta i RG [2], ali su tokom nje gove primene uoceni brojni nedostaci [3]. U isto vreme, u svetu, a pre svega u zemljama NATO i članicama Partnerstva za mir (NATO/PfP), intenzivno se radilo na usavršavanju metodologije kontrole hemijske stabilnosti baruta i RG. Kao rezultat tih istraživanja u poslednjih pet godina usvojeno je nekoliko standarda grupe STANAG (Standardisation Agreement NATO/PfP) i tehničkih publikacija kojima je regulisana ova problematika.

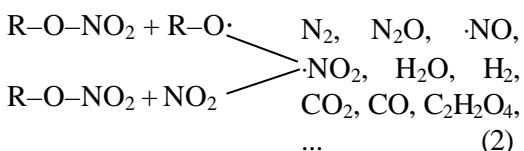
### Hemijsko starenje baruta i RG

Problem hemijske stabilnosti naročito je izražen kod pogonskih EM na bazi NC i NG. Hemijsko starenje pogonskih EM započinje kidanjem veze O–NO<sub>2</sub>, pri čemu se formira azotdioksid i odgovarajući alkoksil radikal [1]:

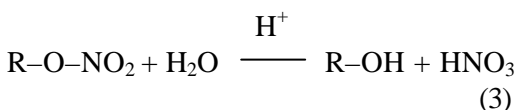


Alkoksil radikal, koji je vrlo reaktivan, stupa u konsekutivne reakcije sa najbližim molekulima nitratnih estara. U slučaju NC glavni radikal R–O· takode podleže unutrašnjim reakcijama stabilizacije

cepanjem na male stabilne molekule  $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $\cdot NO$ ,  $\cdot NO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ :



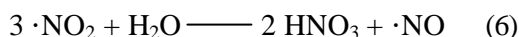
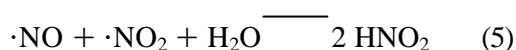
Druga glavna reakcija dekompozicije jeste hidroliza nitratnog estera i formiranje azotne kiseline usled prisustva vlage i zaostale kiseline (koja nije potpuno uklonjena pri sintezi nitratnog estera):



Dalje reakcije dekompozicije izražene su hidrolitičke reakcije, uzrokovane interakcijom između nitro grupa i  $N_2O_4$ . Pri tome najpre dolazi do konverzije nitro grupe u nitritnu grupu  $R-O-NO$  pracenom hidrolizom  $O-NO$  veze. Ova reakcija

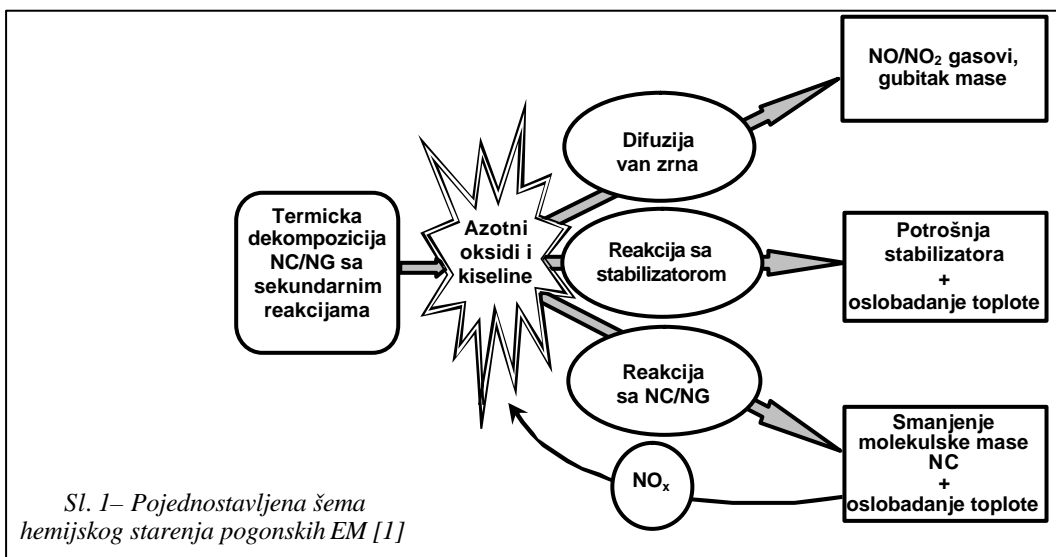
uocena je kod NG i ima znatno nižu energiju aktivacije od 71 kJ/mol u poređenju sa 100 kJ/mol kod nitratne grupe. Zato je ona dominantna reakcija dekompozicije pri nižim temperaturama.

Neki od reakcionih produkata reakcija (1) i (2) dalje se transformišu u prisustvu vlage i kiseonika:



Radikali i kiseline koje nastaju pri reakcijama opisanim relacijama (1 do 6) izrazito uticu na samoubrzavanje (autokatalizu) reakcija dekompozicije nitratnih estara (2) i (3).

Dok se primarne homolitičke reakcije ne mogu spreciti, konsektivne reakcije (2) i (3) mogu se znatno usporiti ve-



Sl. 1– Pojednostavljena šema hemijskog starenja pogonskih EM [1]

zivanjem ili eliminacijom kiselina, azotnih oksida i vode iz sistema. Ova cinjenica primenjuje se za stabilizaciju nitratnih estara. Najčešće korišćeni stabilizatori su difenilamin (DFA) i etilcentralit (centralit I). Vrlo reaktivni azotni oksidi reaguju sa stabilizatorima, što dovodi do njihove potrošnje i osobadanja toplote.

Pojednostavljene šema starenja pogonskih EM prikazana je na slici 1.

Sve metode za ispitivanje hemijske stabilnosti pogonskih EM se, u osnovi, zasnivaju na pracenju tri parametra: oslobadanju azotnih oksida, brzini razvijanja toplote i potrošnje stabilizatora.

### **Ispitivanje hemijske stabilnosti pogonskih EM u našoj zemlji**

Ispitivanje hemijske stabilnosti pogonskih EM u našoj zemlji regulisano je standardom SNO 8069/91 [2], koji je nastao kao rezultat istraživanja ove problematike u okviru zajedničkog projekta koji su realizovali Vojnotehnička akademija i Vojnotehnički institut u periodu od 1981. do 1990. godine.

Standard propisuje način prikupljanja uzorka za cuvanje u kolekcijama, obaveze nosioca razvoja, proizvodnje, kontrole, laboracije i skladištenja baruta i raketnih goriva, metodologiju ispitivanja sa kriterijumima, kao i opis konkretnih metoda ispitivanja. Pri tome, posebno je regulisano ispitivanje hemijske stabilnosti u toku razvoja i proizvodnje, a posebno u toku skladištenja.

Prema ovom standardu u toku razvoja, zavisno od vrste, baruta i RG se ispituju prema metodama: grejanja na 100°C; metilvioletnoj metodi na 134,5°C; metodi po Bergman-Junku na 132°C; metodi ubrzanog starenja i metodi merenja toplotne aktivnosti (mikrokolorimetrija).

Treba istaci da je metoda toplotne aktivnosti rezultat domaceg istraživanja i razvoja. Njen princip je u odredivanju kritičnog precnika ispitivanog baruta kod kojeg može doći do samozapaljenja u uslovima skladištenja.

Za prijem baruta i RG u serijskoj proizvodnji primenjuju se prve tri metode, a za pracenje hemijske stabilnosti tokom skladištenja metode na rednom broju 1 i 5, kao i metoda odredivanja sadržaja stabilizatora. Pri tome je regulisano da se prva kontrola vrši 10 godina nakon proizvodnje, a zatim na svakih 5 godina. Takođe, prema standardu u toku skladištenja ne prati se hemijska stabilnost baruta koji su laborisani u municiji kalibra do 30 mm.

Kriterijumi za ocenu hemijske stabilnosti prikazani su u tabelama 1 i 2.

Na osnovu iskustva u petnaestogodišnjoj primeni SNO 8069/91 uoceni su i nje govori brojni nedostaci, među kojima su najznacajniji:

- nesaglasnost rezultata između pojedinih metoda;
- slaba reproduktivnost rezultata koje daje metoda mikrokolorimetrije;
- nije regulisano ponavljanje ispitivanja sa uzorcima iz UbS, u slučaju kada se dobijaju sumnjivi rezultati sa uzorcima iz kolekcija;
- nije propisana interpretacija rezultata u slučaju kada su oni, za istu seriju baruta, različiti u različitim kolekcijama;
- nije propisan postupak ispitivanja kada se u barutu nalaze dva različita stabilizatora, od kojih jedan ima ulogu plastifikatora, ali evidentno povećava i hemijsku stabilnost baruta;
- način kategorizacije baruta i RG je diskutabilan, itd.

S obzirom na to da ovi nedostaci znatno umanjuju pouzdanost dobijenih rezultata, neophodno je što pre pristupiti usavršavanju metodologije kontrole hemijske stabilnosti baruta i RG radi povećanja bezbednosti usklađivenih UbS.

Tabela 1  
Kriterijumi za ocenu hemijske stabilnosti jednobaznih baruta

DFA (%)	Aktivni stabilizator (%)	Termicka aktivnost Poređenje $D_c$ i $D$ (m)	100°C (dan)	Kategorija baruta
$\geq 0,5$	–	$D_c(60) > D$	$\geq 4$	50
$\geq 0,2$	$\geq 0,5$	$D_c(60) > D$	$< 4$	51
		$D_c(60) < D$		52
		$D_c(50) < D$		58
		$D_c(40) < D$		59
		$< 0,5$	$D_c(60) > D$	52
			$D_c(60) < D$	58
	$D_c(50) > D$		59	
$\leq 0,2$	$\geq 0,3$	$D_c(60) > D$	52	
		$D_c(60) < D$	58	
		$D_c(50) > D$	59	
	$< 0,3$	$D_c(60) > D$	58	
		$D_c(60) < D$	59	

Tabela 2  
Kriterijumi za ocenu hemijske stabilnosti dvobaznih i trobaznih baruta

Sadržaj stabilizatora (%)	Termicka aktivnost Poređenje $D_c$ i $D$ (m)	100°C (dan)	Kategorija baruta
$\geq$ (poc. – 50%)	$D_c(60) > D$	$\geq 4$ (2,5 za NGB)	50
$\geq$ (poc. – 70%)	$D_c(60) > D$	$< 4$ (2,5 za NGB)	51
	$D_c(60) > D$		52
	$D_c(60) > D$		58
	$D_c(60) > D$		59
$\geq$ (poc. – 80%)	$D_c(60) > D$		52
	$D_c(60) > D$		58
	$D_c(60) > D$		59

### Ispitivanje hemijske stabilnosti prema NATO metodologiji

U zemlja ma članicama NATO, kao i u onima koje su članice asocijacije Partnerstvo za mir (NATO/PfP), ispitivanje hemijske stabilnosti pogonskih EM regulisano je odgovarajućim STANAG standardima, čiji je pregled dat u tabeli 3.

Tabela 3  
Ispitivanja hemijske stabilnosti prema NATO standardima

Oznaka standarda	Naziv standarda
STANAG 4170	Principi i metodologija za karakterizaciju eksplozivnih materija za vojnu primenu
STANAG 4117	Eksplozivi, procedure za testove stabilnosti i zahtevi za pogonske EM stabilisane sa DFA i/ili EC
STANAG 4527	Eksplozivi, hemijska stabilnost, pogonske EM na bazi NC, postupak za hem. stab., procedure za procenu hemijskog veka i temperature zavisnosti brzine utroška stabilizatora
STANAG 4541	Eksplozivi, NC baruti koji sadrže i NG, stabilisani sa DFA, test stabilnosti i kriterijum
STANAG 4556	Eksplozivi, vakuum test stabilnosti
STANAG 4582	Eksplozivi, NC i NG baruti, test stabilnosti i zahtevi prema metodi HFC (heat flow calorimetry)

Pored ovih standarda, značajne su i sledeće tehnicke publikacije:

1. AOP-7 (Allied Ordnance Publication) – koja sadrži uputstvo o testovima i podacima koji se zahtevaju pri karakterizaciji eksplozivnih materija za vojnu primenu u NATO/PfP zemlja ma,

2. AOP 48 koja sadrži sve procedure za ispitivanje hemijske stabilnosti pogonskih EM, kao i zahteve za metodu utroška stabilizatora.

STANAG 4170 je osnovni standard koji propisuje sistem karakterizacije EM za vojnu primenu, odnosno za različite EM definiše parametre koji se moraju ispitati pre nego što se mogu primenjivati, kao i metode (odgovarajući STANAG) po kojima će se ti parametri određivati [4].

STANAG 4117 standardizuje ispitivanje hemijske stabilnosti pogonskih EM koje su stabilisane sa difenil aminom (DFA), etilcentralitom (EC) ili njihovom smešom [5]. Pošto je utvrđeno da se kod baruta koji su stabilisani smešom DFA i EC pri starenju najpre troši samo DFA, i procena hemijske stabilnosti je usklađena sa nje govom potrošnjom. Određivanje sadržaja EC predviđeno je samo kao dopunsko ispitivanje.

Prema ovom standardu, garancija da će ispitivana pogonska EM zadržati hemijsku stabilnost u uslovima skla dištenja najmanje 5 ili 10 godina dobija se ako su ispunjeni sledeci uslovi:

1. Jednobazni baruti stabilisani sa DFA ili smešom DFA i EC izlažu se ubrzanom starenju na 65,5°C, u trajanju od 60 ili 120 dana, nakon cega se određuje sadržaj stabilizatora.

Da bi barut u narednih 5 godina bio hemijski stabilan nakon 60 dana grejanja na 65,5°C, pad sadržaja DFA ne sme biti veci od 0,5%, a nje gova kolicina u barutu ne sme biti manja od 0,3%.

Barut će imati zadovoljavanje hemijsku stabilnost u narednih 10 godina ako za dovoljni je dan od sledećih uslova:

– pad sadržaja DFA nakon 60 dana grejanja na 65,5°C ne sme biti veci od 0,3%, a sadržaj DFA u barutu ne sme biti manji od 0,6%;

– pad sadržaja DFA nakon 120 dana grejanja na 65,5°C ne sme biti veci od 0,5%, a sadržaj DFA u barutu ne sme biti manji od 0,3%.

2. Baruti stabilisani sa EC izlažu se ubrzanom starenju na 65,5°C, u trajanju od 60 ili 120 dana, nakon cega se određuje sadržaj stabilizatora.

Da bi barut u narednih pet godina bio hemijski stabilan, nakon 60 dana grejanja na 65,5°C pad sadržaja EC ne sme biti veci od 1%, a sadržaj stabilizatora u barutu ne sme biti manji od 50% sadržaja stabilizatora pre grejanja, a ni u kom slučaju ne sme biti manji od 0,3%.

Barut će imati zadovoljavanje hemijsku stabilnost u narednih 10 godina ako za dovoljni je dan od sledećih uslova:

– pad sadržaja EC nakon 60 dana grejanja na 65,5°C ne sme biti veci od

1%, a sadržaj DFA u barutu ne sme biti manji od 75% sadržaja stabilizatora pre grejanja, a ni u kom slučaju ne sme biti manji od 0,7%;

– pad sadržaja EC nakon 120 dana grejanja na 65,5°C ne sme biti veci od 1%, a sadržaj DFA u barutu ne sme biti manji od 50% sadržaja stabilizatora pre grejanja, a ni u kom slučaju ne sme biti manji od 0,3%.

Treba naglasiti da se u sadržaj DFA uzima u obzir i 85% kolicine N-nitrozo difenilamina.

U standardu su opisane procedure za određivanje sadržaja stabilizatora po metodi HPLC, spektrofotometrije i potenciometrijske titracije.

STANAG 4527 definiše metodologiju prognoziranja hemijske stabilnosti i temperaturne zavisnosti potrošnje stabilizatora u pogonskim EM [6]. Radi toga se vrši ubrzano starenje pogonskih EM na najmanje tri temperature u intervalu od 40 do 80°C, pri čemu temperaturni interval ne sme biti manji od 10°C. Vreme starenja utvrđuje se tako da se obezbedi da pad stabilizatora bude najmanje 20% u odnosu na početni sadržaj, a najviše 80%.

Pad koncentracije stabilizatora sa vremenom analizira se u skladu sa mehanizmom reakcije nultog i prvog reda:

– nulti red

$$\frac{-dC}{dt} = kC_0 \quad (7)$$

gde je:

$k$  – konstanta brzine reakcije za datu temperaturu,

$C_0$  – početna koncentracija stabilizatora,

$C$  – koncentracija stabilizatora nakon određenog vremena  $t$ .



Integracijom izraza (7) dobija se:

$$\frac{C_0 - C}{C_0} = kt \quad (8)$$

Izraz (8) omogućuje da se odredi konstanta  $k$  za određenu temperaturu, ako se poznaje promena sadržaja stabilizatora sa vremenom.

– prvi red

$$\frac{-dC}{dt} = kC \quad (9)$$

Integracijom izraza (9) dobija se:

$$\ln \frac{C_0}{C} = kt \quad (10)$$

Analogno prethodnom slučaju konstanta  $k$  određuje se iz nagiba prave  $\ln(C_0/C) - t$ . Pri tome se prihvata da se reakcija odvija po onom mehanizmu koji bolje opisuje promenu sadržaja stabilizatora u barutu i po njemu se dalje vrši analiza.

Na osnovu određenih vrednosti konstanti na više temperatura (najmanje tri), pomocu Arenijusovog izraza, određuje se vrednost energije aktivacije,  $E$ :

$$k = Ae^{-\frac{E}{RT}} \quad (11)$$

odnosno:

$$\ln k = \ln A - \frac{E}{RT} \quad (12)$$

gde je:

$A$  – predeksponencijalni faktor (J/mol),  
 $R$  – univerzalna gasna konstanta (8,314 J/molK).

Na osnovu izracunatog vremena na  $t_{st}$ , koje je potrebno da sadržaj stabilizatora padne na definisanu vrednost na temperaturi starenja  $T_{st}$  (izraz 8 ili 10) racuna se vreme  $t_{sk}$ , za koje ce sadržaj stabilizatora pasti na tu vrednost na temperaturi skla dištenja,  $T_{sk}$ :

$$t_{sk} = t_{st} e^{\frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_{sk}} - \frac{1}{T_{st}} \right)} \quad (13)$$

Kao srednja temperatura skla dištenja uzima se 25°C.

STANAG 4541 propisuje proceduru ispitivanja hemijske stabilnosti pogonskih EM koje sadrže do 15% NG i stabilisane su sa DFA [7].

Prognoziranje hemijskog veka upotrebe vrši se prema STANAG 4527.

Za ovu vrstu baruta utvrđeno je da odstupaju od kriterijuma za desetogodišnju garanciju hemijske stabilnosti prema STANAG 4117. Medutim, u uslovima prirodnog starenja utvrđeno je da ostaju hemijski stabilni i više od 10 godina.

U skladu s tim, utvrđeni su i kriterijumi za pogonske EM koje sadrže do 15% NG i stabilisane sa DFA.

Pri skla dištenju na srednjoj temperaturi od 25°C baruti ce biti stabilni najmanje 10 godina, ako nakon 60 dana starenja na 60°C zadovolje sledece kriterijume:

– pad efektivnog stabilizatora ne sme biti veci od 50% u odnosu na pocetni sadržaj,

– kolicina efektivnog stabilizatora u barutu ne sme biti manja od 0,5%.

STANAG 4556 propisuje proceduru za ispitivanje termicke stabilnosti EM prema vakuum-testu stabilnosti koji se zasniva na merenju zapremine oslobodenih

gasova pri zagrevanju uzorka određeno vreme na povišenoj temperaturi [8]. Uslovi ispitivanja mogu biti različiti, što zavisi od vrste EM, a i od konkretnih zahteva. Uobičajeno je da temperatura ispitivanja jednobaznih baruta iznosi 100°C, a dvobaznih 90°C u trajanju od 40 sati. Pri tome, dozvoljena količina azotnih oksida definiše se posebno za svaku vrstu EM.

STANAG 4582 propisuje proceduru utvrđivanja hemijske stabilnosti pogonskih EM na osnovu metode merenja toplotnog fluksa – HFC (Heat Flow Calorimetry) na povišenim temperaturama za najmanje 10 godina na prosečnoj temperaturi skladištenja od 25°C [9].

Pogonske EM usklađene na 25°C moraju zadovoljiti sledeće kriterijume da bi zadržale hemijsku stabilnost minimalno 10 godina:

- maksimalni toplotni fluks, pri merenju na određenoj povišenoj temperaturi između vremena koje odgovara oslobodenoj toploti od 5 J/g i izračunatog vremena trajanja eksperimenta (jednacina 14) ne sme precizno vrednost toplotnog fluksa, utvrđenu na osnovu sledeće jednačine (15):

$$t_m = t_{25} e^{\frac{E_1}{RT_m} C} \quad (14)$$

$$P_g = P_{71} e^{\frac{E_1}{R} \left( \frac{1}{T_{71}} - \frac{1}{T_m} \right)} \quad (15)$$

gde je:

$t_m$  – trajanje testa (dan),

$t_{25}$  – vreme skladištenja na 25°C (3652,5 dana = 10 godina),

$E_1$  – energija aktivacije u gornjem temperaturnom intervalu (120 kJ/mol),

$R$  – gasna konstanta (0,008314 kJ/mol K),

$C$  – konstanta = 46,713,

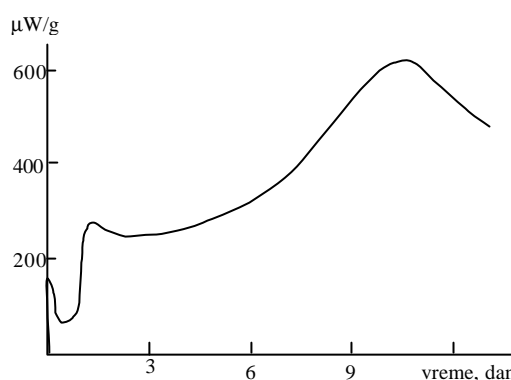
$T_m$  – temperatura eksperimenta (K),

$T_{71} = 344$  K (=71°C),

$P_{71}$  – granica toplotnog fluksa na 71°C (39  $\mu$ W/g),

$P_g$  – granica toplotnog fluksa pri  $T_m$  ( $\mu$ W/g),

Primer tipičnog dijagrama ispitivanja toplotnog fluksa prikazan je na slici 2.



Sl. 2 – Toplotni fluks dvobaznog baruta na 89°C (stabilisan sa DFA)

### Komparativna analiza

Vec na prvi pogled može se zaključiti da je naša zemlja u velikom zaostatku u pogledu uređenja, odnosno standardizacije problematike ispitivanja eksplozivnih materija. Pre svega, nedostaje osnovni standard, analogan STANAG 4170, koji bi propisao sve neophodne testove i metodologiju ispitivanja eksplozivnih materija pre nego što uđu u vojnu primenu, kao i odgovornu instituciju koja će da realizuje ta ispitivanja.

Što se tiče ispitivanja hemijske stabilnosti pogonskih EM, može se konstatovati da je SNO 8069/91, iako je donešen pre 15 godina, još uvek aktuelan i po svojoj suštini sličan NATO metodologiji. Međutim, budući da od nje govog dono-

šenja više ništa nije urađeno na usavršavanju metodologije i otklanjanju uocnih nedostataka, ako se analiziraju pojedine metode i kriterijumi uocice se i brojne razlike u odnosu na odgovarajuće STANAG standarde.

Pre svega, standard SNO predviđa posebne metode u toku razvoja pogonskih EM, a posebne za vreme skla dištenja, dok NATO standardi regulišu metodologiju ispitivanja od trenutka prijema EM za vojnu primenu. Pored toga, periodika ispitivanja se donekle razlikuje. U našoj zemlji prvo ispitivanje se obavlja nakon 10 godina od trenutka proizvodnje, a zatim svakih pet godina, dok se prema NATO standardima najčešće vrši svakih 10 godina, a u nekim slučajevima i na pet godina.

Razlika u metodologiji pracenja hemijske stabilnosti, od trenutka prijema, ogle da se u cinjenici da se kod nas za pracenje hemijske stabilnosti još uvek primenjuje metoda grejanja na 100°C, a nije predviđen vakuum test stabilnosti koji propisuje STANAG 4556. Međutim, s obzirom na to da su principi obe metode u osnovi slicni, može se zaključiti da ova razlika nije od bitnog značaja za pouzdanost utvrđivanja hemijske stabilnosti.

Značajna razlika je u primeni metode ubrzanog starenja, koja se kod nas primenjuje samo u fazi razvoja pogonskih EM, dok je prema NATO metodologiji ova metoda praktično osnova pracenja sadržaja stabilizatora tokom skla dištenja, na osnovu koje se daje garancija za hemijsku stabilnost za narednih 10 (ili 5) godina i predviđa vek upotrebe pogonskih EM. Na ovaj način dobija se mnogo pouzdanija slika o hemijskoj stabilnosti, jer se uzimaju u obzir parametri koji to-

kom skla dištenja dovode do promene stanja baruta (klimatski uslovi, stepen dekompozicije, autokataliticki procesi, itd.), a koji uticu i na promenu mehanizma potrošnje satabilizatora.

Naša najnovija istraživanja to su i potvrdila [10]. Naime, na osnovu rezultata ubrzanog starenja, po pravilu se dobija mnogo duži prognozirani vek trajanja baruta u odnosu na barut u realnim uslovima skla dištenja.

Bez obzira na to što su zasnovane na istoj teoriji (toplotna teorija eksplozije) postoje velike razlike i između naše i STANAG metode mikrokalorimetrije. Pre svega, razlikuju se principi merenja brzine razvijanja toplote kod naše metode i metode HFC koja je propisana standardom STANAG 4582. Dok metoda HFC meri toplotni fluks sa površine uzorka, naša metoda meri temperaturu u geometrijskom centru uzorka na osnovu koje se vrši preračunavanje na brzinu razvijanja toplote, što je cinu mnogo nepreciznijom. Pored toga, razliciti su i kriterijumi stabilnosti. Kod naše metode to je velicina kritičnog precnika, a kod STANAG metode velicina toplotnog fluksa.

Ipak, najveći nedostatak naše metode, koji je potvrđen u njenoj petnaestogodišnjoj primeni, jeste izrazito velika nereproduktivnost rezultata, što ozbiljno dovodi u pitanje opravdanost nje ne dalje primene.

Jedno rešenje je da se izvrši nje no usavršavanje, radi otklanjanja nedostataka, a drugo, koje je mnogo opravdanije, da se nabavi adekvatni uređaj HFC i ispitivanje vrši po standardu STANAG 4582.

Uzimajući u obzir tendenciju naše zemlje ka NATO integracijama, najbolje je da se odmah otpocne sa realizacijom neophodnih aktivnosti radi što hitnije pri-

mene NATO metodologije za procenje hemijske stabilnosti pogonskih EM. Bez primene NATO standarda nece se moci ni realizovati nikakav izvoz, kako eksplozivnih materija, tako i ubojnih sredstava u kojima su one la borisane. U tom smislu, potrebno je najpre zvanično odrediti odgovornu instituciju za to, izvršiti opremanje adekvatnom opremom i zapoceti primenu STANAG standarda. Naša prednost je u tome što imamo bogato iskustvo i znanja iz ove problematike, kao i izuzetno strucan kadar, što je garancija da ce se nova metodologija vrlo lako prihvatiti i primeniti.

### Zaključak

Zbog potencijalne opasnosti od samozapaljenja baruta i RG u usklađivenim UbS, u svetu a i kod nas, velika pažnja poklanja se kontroli njihove hemijske stabilnosti. Proces hemijske dekompozicije nitroestara, pre svega nitroceluloze, toliko je složen i zavisn od mnogih parametara da još uvek nije pouzdano utvrđen njen mehanizam. To nameće potrebu za stalnim istraživanjem ove problematike i usavršavanje metodologije za procenje hemijske stabilnosti.

Na osnovu petnaestogodišnjeg iskustva u primeni naše metodologije uoceni

su njeni brojni nedostaci u standardu SNO 8069/91, koji znatno umanjuju pouzdanost dobijenih rezultata, što nameće potrebu za njegovom korekcijom i dopunom, a sve radi povećanja bezbednosti usklađivenih UbS.

S obzirom na tendenciju naše zemlje ka NATO integracijama, najbolje rešenje je da se prihvati NATO metodologija za procenje hemijske stabilnosti pogonskih EM.

#### Literatura:

- [1] Folly, P.; Mäder, P.: Propellant Chemistry, *Chimia*, 6, Vol. 58, 2004.
- [2] SNO 8069/91 – Procenje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva, Biro SIM.
- [3] Grbovic, L.: Analiza rezultata određivanja sadržaja stabilizatora u prirodno starenim barutima, *VTG*, 2/2006.
- [4] STANAG 4170: Principles and methodology for the qualification of explosive materials for military use, NATO Military agency for standardization (MAS), Brussels, 2001.
- [5] STANAG 4117: Explosives, stability test procedures and requirements for propellants stabilized with DPA, EC (CI) or a mixture of both, NATO Military agency for standardization (MAS), Brussels, 1998.
- [6] STANAG 4527 – Explosive, chem. stab., NC based propellants, procedure for assessment of chemical life and temperature dependence of stabiliser consumption rates, NATO Military agency for standardization (MAS), Brussels, 2000.
- [7] STANAG 4541 – Explosives, NC based propellants containing NG and stabilised with DPA, stability test procedures and requirements, NATO Military agency for standardization (MAS), Brussels, 2003.
- [8] STANAG 4556 – Explosives: Vacuum stability Test, NATO Military agency for standardization (MAS), Brussels, 1999.
- [9] STANAG 4582 – Explosives, NC based propellants, stability test procedure and requirements using HFC, NATO Military agency for standardization (MAS), Brussels, 2004.
- [10] Grbovic, L.: Istraživanje hemijske stabilnosti malodimnih baruta, doktorska disertacija, VA, Beograd, 2006.

**Mr Miroslav Elezović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Tehnički opitni centar,  
Beograd,  
**dr Dragan Đorđević,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojna akademija,  
Beograd

## OTPORNOST ELEKTRONSKE OPREME NA TRANZIJENTNE POREMEĆAJE U MREŽI ZA NAPAJANJE

UDC: 621.316 : 621.38

### Rezime:

*Ispitivanje imunosti elektronske opreme na tranzijentne poremećaje u mreži napajanja obuhvata ispitivanje imunosti na elektrostatičko pražnjenje, bize tranzijente – rafale, naponske udare i propade, kratkotrajne prekide i varijacije napona napajanja. U ovom radu izvršena je teorijska analiza izvora, mehanizam nastajanja i posledica brzih tranzijenata – rafala, kao i eksperimentalna provera ispitivanja imunosti elektronske opreme na bize tranzijente – rafale.*

*Ključne reči: informaciona tehnologija, elektronska oprema, imunost, bizi tranzijent.*

---

### IMMUNITY ON TRANSIENT DISTURBANCES IN MAIN SUPPLY OF ELECTRONIC EQUIPMENTS

#### Summary:

*Testing immunity on transient disturbances in main supply of information electronic equipments includes Electrostatic discharge immunity test, Electrical fast transient/burst immunity test, Surge immunity test and Voltage dips, Short interruptions and Voltage variations immunity tests. In this paper we performed theoretical analysis of the source, appearance mechanism and consequence of electrical fast transient/burst, and experimental work for Electrical fast transient/burst immunity test of electronic equipments.*

*Key words: information technology, immunity, fast transient.*

---

### Uvod

Tranzijentni prenaponi u sistemima za napajanje nastaju usled dovođenja energije u sistem za napajanje. U principu, postoje dve vrste izvora: prirodni, kao što su atmosfersko i elektrostatičko pražnjenje, ili pojave koje uzrokuje čovek, kao što su komutacione pojave (prekidački tranzijenti) i naponska pražnjenja usled neispravnosti ili greške.

Linije za napajanje, za razliku od linija za prenos podataka, mogu generisati sopstvene tranzijente, koji se dodaju na ubačene tranzijente. Linije za prenos po-

dataka, međutim, samo su objekat na koji se ispoljava uticaji okoline.

Radni naponi i tolerancija prenapona komponenti za obradu signala u ovim sistemima za prenos podataka generalno su mnogo niži nego oni kod komponenti sistema za napajanje. Prema tome, šteta (ne računajući probleme prestanka rada) verovatnije će nastati na linijama za prenos podataka nego na komponentama sistema za napajanje, pri istoj izloženosti ubačenim tranzijentima.

Ove pojave uzrokuju kratkotrajne naponske impulse visoke amplitude (reda nanosekunde ili mikrosekunde), dovoljne da

poremete rad elektronskih kola, a u nekim slučajevima imaju dovoljno energije da oštete ili unište pojedine komponente kola.

U bilo kom okruženju elektronska oprema je podložna gubitku podataka, padu sistema, čak i oštećenjima i uništenju od strane naponskih tranzijenata, kao rezultat odsustva ili pogrešne upotrebe zaštitne opreme. Slično tome, programabilni logički kontroleri, poluprovodnički kontroleri motora, drajveri za promenu brzina i komponente za komunikaciju mogu biti oštećeni ovim tranzijentima.

Imunost (otpornost) opreme na neke izvore tranzijentnih pojava, koji su prisutni u elektromagnetskom okruženju elektronske opreme, nazivaju se elektromagnetska kompatibilnost (EMC). U ovom radu analiziran je način ispitivanja imunosti uređaja informacione tehnologije na brze tranzijente (rafale) u skladu sa standardom koji definiše IEC (EN) 6100-4-4 (Electrical fast transient/burst immunity test). Kod nas nije obavezna njegova primena, ali se očekuje ubrzana harmonizacija JUS standarda sa standardima EU, standardima EN.

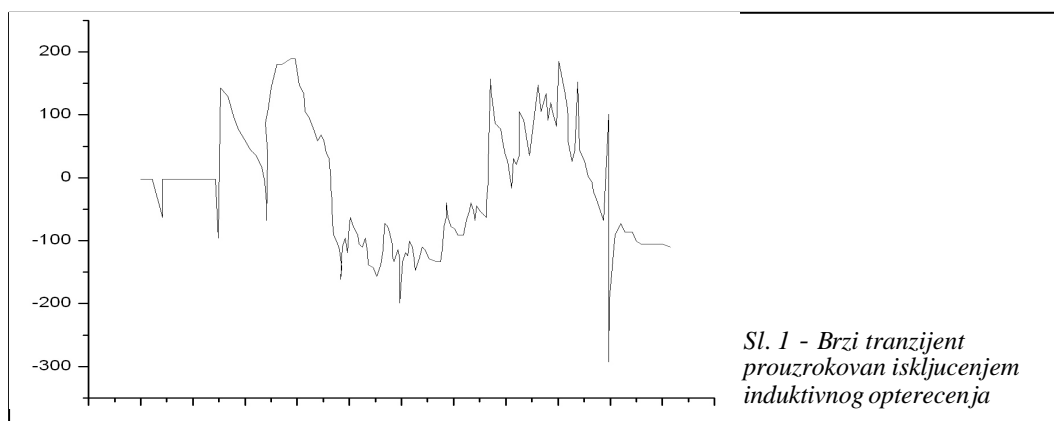
Šteta na uređajima može biti trenutna, kada tranzijentni napon izazove pre-

gorevanje poluprovodničkih komponenta zbog energije tranzijenta ili latentna, kada su izolacija ili komponente ozbiljno podvrgnute opterećenju jednog ili nekoliko tranzijenata, ali ne do tačke neposrednog otkaza. Kasnije, tranzijent ili drugi stres koji u normalnim uslovima ne bi prouzrokovao probleme deluje na oslabljenu izolaciju ili komponente, prouzrokujući neispravnost bez nekog vidljivog razloga.

### Brzi tranzijenti

Tranzijentni naponi, prouzrokovani u uređajima, potiču iz osnovne prirode naizmenične struje. Nagla promena jačine struje u električnom kolu generisaće tranzijentni napon zahvaljujući uskladištenoj energiji koja se nalazi u svim induktansama (L) i kapacitansama (C) u kolu. Veličina i trajanje tranzijenta zavisi od vrednosti L i C i primenjenog talasnog oblika.

Isključivanje induktivnih kola (preko releja i kontaktora) može generisati rafal visokofrekventnih impulsa, što se vidi na slici 1.



Jedan od glavnih uzroka oscilatornih tranzijenata je kapacitivno prekidanje, čiji je talasni oblik prikazan na slici 2. Tipični kapacitivno-prekidački tranzijent može da dostigne i do 134% nominalnog napona kondenzatora.

Ciklični motori, kao što su klimateri i liftovi, često prouzrokuju brze električne tranzijente, koji su sposobni da proizvedu pikove napona i do 1 kV. Rad ručnih zavarivača i startera motora može prouzrokovati tranzijente reda do 3 kV.

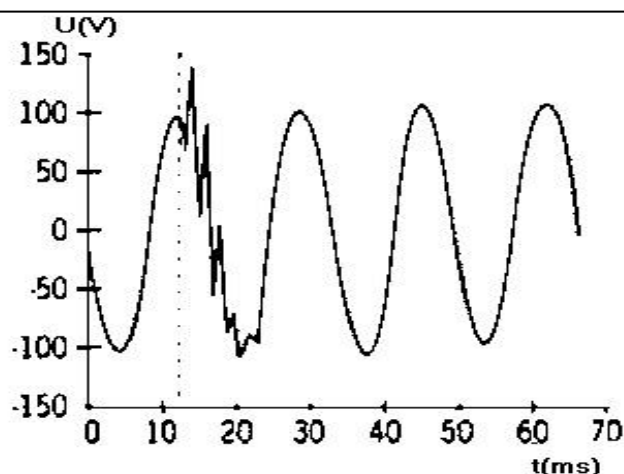
Uključivanje i isključivanje električnih startera motora ili upotreba lučnih zavariva-

ča i upaljača peći može indukovati ove impulse. Kada idu kroz provodnik u blizini provodnika signalnih ili data kola, unutar njih mogu se generisati indukovani naponi. Rezultat je pojava šuma i struja petlji.

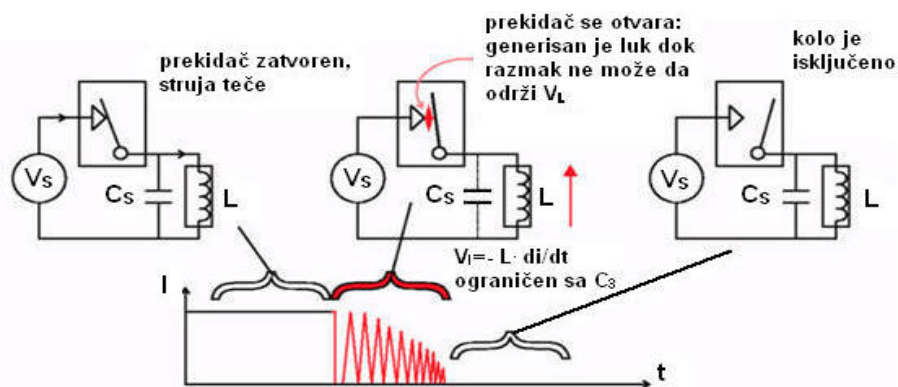
Brzi električni tranzijenti imaju vrlo malu energiju, ali mogu da ometaju rad kola IT uređaja.

### Generisanje brzih tranzijenata

Kada se isključi električno kolo kroz koje teče struja (slika 3) ona se trenutno prekine. U momentu prekidanja



Sl. 2 - Dijagram napona prouzrokovan isključenjem kapacitivnog opterećanja



Sl. 3 - Mehanizam generisanja tranzijentnih rafala

struje dolazi do promene struje  $di/dt$ . Sva električna kola imaju neku rasipnu induktivnost pridruženu ožičenju, a neki tipovi opterećenja, kao što su motori i solenoidi, imaju veću induktivnost.

Napon na induktivnosti  $L$ , nastao usled promene struje, određen je prema izrazu:

$$u = -L \cdot di/dt$$

Ako je  $di/dt$  beskonačno veliko, onda ta pojava uzrokuje beskonačno visoki napon. Naravno, to se ne dešava u praksi, pa je brzina porasta napona ograničena parazitnom i sopstvenom kapacitivnošću kola. Tada se na otvorenim kontaktima prekidača pojavljuje visoka trenutna vrednost napona, superponirana sa radnim naponom električnog kola. To izaziva proboj tankog vazdušnog razmaka između otvorenih kontakata prekidača i struja ponovo poteče, izazivajući naglo smanjenje vršnih vrednosti napona, tako da se prekine kratkotrajno varničenje. Ovaj ponovni prekid struje izaziva nove naponske impulse koji izazivaju sledeće varničenje. Proces se sam po sebi ponavlja sve dok se ne uspostavi dovoljno veliki razmak između kontakata da napon na njima ne izaziva proboj. Tada je električno kolo stvarno prekinuto. Vidljivi efekat je kratkotrajno varničenje između kontakata koje se, u stvari, sastoji od čitave serije mikrovarničenja, čija amplituda i brzina ponavljanja zavise od karakteristika prekidača i električnog kola (rafali).

Pri svakoj pojavi varničenja generišu se napon  $u(t)$  i struja  $i(t)$ , istovremeno duž ožičenja električnog kola.

Iako se ova pojava dešava u mrežnom kolu, rafali šuma javljaju se i na drugim tačkama vezanim sa distributivnom mrežom. Impulsi su veoma brzi (reda nanosekundi) i sprežu se i na druga ožičenja u blizini električnog kola. Amplitude napona, koji se javljaju na ovako spregnutim kolima, obično su reda nekoliko stotina volti, a povremeno i nekoliko hiljada volti.

#### *Karakteristike tranzijentnih rafala*

Pojava tranzijentnih rafala, sa gledišta ugrožene opreme koja nije povezana sa izvorom smetnji, obično je slučajna, mada se neki slučajevi automatskih prekidanja mogu pojaviti u pravilnim intervalima. Šum od elektromotora sa četkicama i od elektrolučnog zavarivanja su posebni slučajevi ovakvog mehanizma generisanja i obično imaju strogo periodičan karakter.

Amplituda tranzijentnih rafala naglo opada sa rastojanjem usled gubitaka na prenosnoj liniji, u zavisnosti od karakteristika ožičenja, tako da su značajni samo izvori smetnji udaljeni nekoliko metara od ugrožene opreme. Oblici tranzijentnih impulsa takođe su slučajni, mada su istraživanja pokazala da je frekvencija ponavljanja u opsegu od 100 kHz do 1 MHz, a brzina uspostavljanja naponskog impulsa ( $du/dt$  – stmina čela impulsa) približno je proporcionalna kvadratnom korenu amplitude.

#### *Uticaj na elektronsku opremu*

Retko se dešava, ali nije nemoguće, da tranzijenti preko induktivne sprege ostvare spregu sa ugroženom opremom u blizini. Međutim, tranzijenti uglavnom



prodiru u opremu preko kablovskih veza. Na signalnim ulazima (portovima) impulsi su najčešće nepromenljivi u zajedničkom modu, tj. na sve provodnike (ili na ekran-širm) pri istoj amplitudi u odnosu na spoljno uzemljenje.

Na mrežnom priključku (portu) tranzijenti se mogu pojaviti i/ili u zajedničkom modu i/ili u diferencijalnom modu između faza. Zajednički mod sprežanja uključuje i uzemljeni zaštitni provodnik.

Slabo filtriranje ili neadekvatni završeci ekrana (uzemljenog plašta) na svakoj unutrašnjoj vezi dopuštaju prolaz tranzijenata u elektronska kola, gde se oni pojavljuju na osetljivim čvorovima kao ometajući signali.

S obzirom na tendenciju da digitalna kola, pri normalnom radu, budu što osetljivija, svaki kratki impuls, kao i kod drugih vrsta tranzijenata, može se registrovati kao validni signal. U slučaju brzih tranzijenata postoji veća verovatnoća da se to desi, jer se jedan od mnoštva impulsa može podudariti sa kritičnom vremenskom bazom. Naravno, i analogna kola takođe mogu biti osetljiva na brze tranzijente. Tipičan slučaj je pojava zasićenja kod osetljivih pojačavača.

Kola brojača impulsa takođe su osetljiva ako se rafali impulsa maskiraju kao realni ulaz.

#### *Standardizacija pojave*

Standard IEC 61000-4-4 (i njegov EN ekvivalent) u principu je osnovni standard za ispitivanje imunosti na brze tranzijente. On primenjuje standardizovane oblike rafala preko definisane mre-

že za sprežanje („kuplovanje“) na mrežno napajanje ispitivane opreme i preko definisanog uređaja za kapacitivnu sprežu na bilo koje priključke ispitivane opreme za prenos signala. Koristi se isključivo konduktivno sprežanje i nema specifikacije za imunost na indukovane tranzijentne poremećaje.

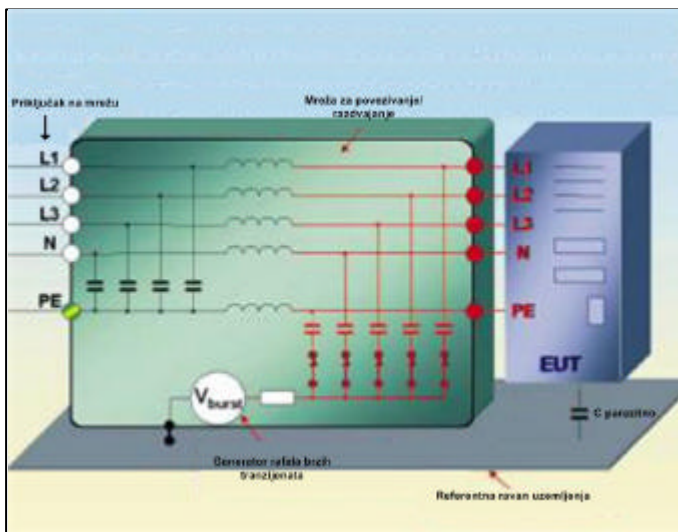
Izbor priključaka ispitivane opreme na koje će se primeniti rafali naponskih impulsa zavisi od zahteva (instrukcija) standarda za pojedinačni proizvod koji će se ispitivati, ali se u opštem slučaju primenjuju na AC i DC priključcima za napajanje, na priključcima za prenos signala i na priključcima za upravljanje (kontrolu) ukoliko mogu biti povezani kablovima dužim od 3 m.

Na slici 4 prikazan je primer primene ispitnih naponskih impulsa direktnim sprežanjem sa priključcima mrežnog napajanja ispitivane opreme.

Radi standardizovanja ispitivanja moraju se definisati oblik impulsa, amplituda, broj impulsa, njihova frekvencija i dužina „rafala“, kao i frekvencija ponavljanja.

Zahtevana unutrašnja impedansa generatora naponskih impulsa je  $50 \Omega$ , a oblik impulsa je kalibrisan za opterećenje od  $50 \Omega$ . Očekuje se i novi amandman standarda, gde bi se to definisalo i za impedansu od  $1000 \Omega$ .

Impedansa opterećenja predstavljena opremom koja se ispiti (EUT) nepoznata je i može se kretati od kratkog spoja do otvorenog kola, tako da je stvami ispitni napon između priključka ispitivane opreme i zemlje (uzemljene ploče) praktično nepredvidiv.



Sl. 4 - Primer ispitivanja direktnim sprezanjem ispitnog napona sa prikljucima napajanja ispitivane opreme

Novi amandman standarda treba da obezbedi da oblik rafala impulsa bude nepromenljiv za različite generatore i različitu opremu koja se ispituje.

Definicije oblika impulsa brzih tranzijenata prikazani su na slici 5.

#### *Primena brzih tranzijenata*

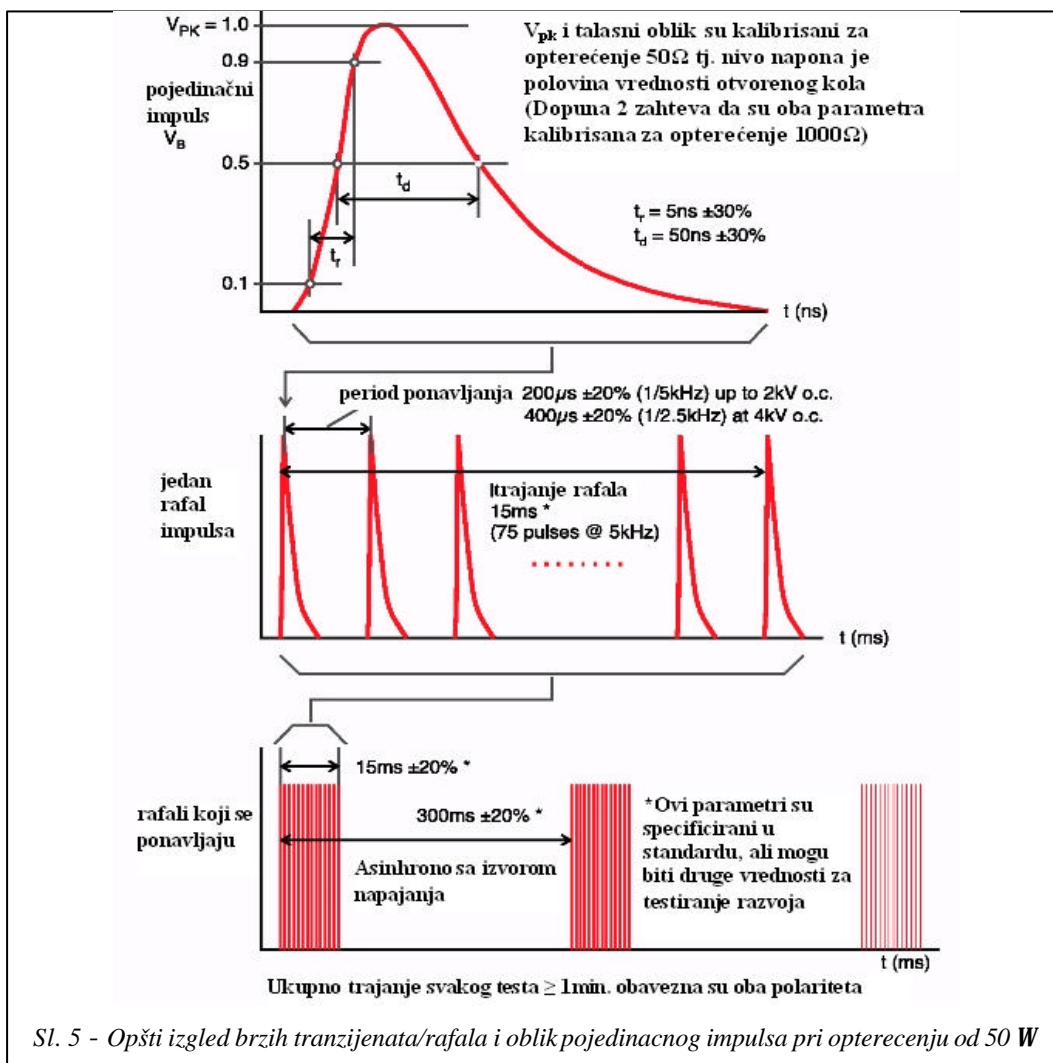
Brzi tranzijenti (rafali naponskih impulsa) primenjuju se na priključke (portove) napajanja ispitivane opreme preko sprežuje – rasprežuje mreže (coupling – decoupling network, CDN), a drugi portovi – priključci (signalni, telekomunikacioni i upravljački portovi) preko uređaja za kapacitivno sprezanje (capacitive coupling clamp). Za ispitni napon referentna je uzemljena tačka na ispitnom generatoru.

Osnovni standard ne definiše dovoljno jasno kako treba primeniti rafale impulsa na mrežno napajanje ispitivane opreme preko CDN, već prikazuje separatnu primenu na fazne provodnike, nulti i zaštitni provodnik (differential mode).

Neki standardi za pojedinačne proizvode, pozivajući se na osnovni standard, definišu ovo ispitivanje na „opšti način“ (common mode), tj. primenjuju rafale impulsa na sve tri linije simultano.

U praksi, izbor je stvar tumačenja standarda, a i jedno i drugo tumačenje moglo bi biti opravdano. Ako se ispitivanje koristi za proveru imunosti proizvoda u realnim uslovima, onda je najbolje primeniti diferencijalni način sprezanja (jedan po jedan – linija prema zemlji), a ako treba striktno poštovati standard pojedinačnog proizvoda onda i ograničeno tumačenje može biti razumno. Primena brzih tranzijenata preko uređaja za kapacitivno sprezanje vrši se isključivo na opšti način (common mode).

Pri ispitivanju imunosti na brze tranzijente treba voditi računa da se radi o visokim frekvencijama – spektar frekvencija do 100 MHz, pa je neophodna primena uzemljene referentne ploče (GRP). Ukoliko se ne bi koristilo referentno uzemljenje ne bi se mogla obezbediti ponovljivost ispitivanja i provera usaglašenosti.



Sl. 5 - Opšti izgled brzih tranzijenata/rafala i oblik pojedinačnog impulsa pri opterećenju od 50 W

Da bi se izbegle nepoželjne imedanse, neophodna su sledeća ograničenja:

- ispitivana oprema treba da bude 10 cm iznad uzemljene ploče (za stone uređaje 80 cm iznad poda);
- uzemljena ploča treba da je sa svih strana za najmanje 10 cm većih dimenzija od ispitivane opreme;
- ispitivana oprema i uređaj za kapacitivno sprezanje treba da je najmanje 0,5 m udaljen, od drugih provodnih

strukture, uključujući ispitni generator i zidove prostorije;

- dužina kabla između sprežnih uređaja (clamp i CDN) i ispitivane opreme mora biti 1 m ili manja (najbolje je koristiti standardizovani ispitni kabl od 1 m za svu ispitivanu opremu);
- ispitni generator mora biti povezan sa uzemljenom pločom (GRP) preko veze niske induktivnosti, što treba primeniti i za uređaj za kapacitivno sprezanje.

Ove zahteve treba ispuniti sve zajedno, jer u slučaju odstupanja javljaju se nepoželjne induktivnosti i kapacitivnosti u sprežnom kolu i mogu uzrokovati varijacije primenjenog ispitnog napona.

Neke od ovih zahteva standarda neće biti lako ispuniti i takvi slučajevi će zahtevati domišljatost i pažljivo sagledavanje.

Osnovni standard zahteva da se ispitivana oprema izlaže rafalima naponskih impulsa najmanje 1 minut za svaki polaritet, a neki standardi za pojedinačne proizvode, na primer, do 2 minuta.

Osnovno je da se ispitivana oprema izlaže rafalima naponskih impulsa dovoljno dugo da se istraži bilo koji slučaj osetljivosti ispitivane opreme na iste.

#### Rezultati ispitivanja

Ispitivanje imunosti elektronske opreme na brze tranzijente izvršeno je na printeru sa fiskalnom memorijom.

Ispitivanje je izvršeno u skladu sa standardom EN 61000-4-4, generatorom brzih tranzijenata amplitude 1 kV, nepre-

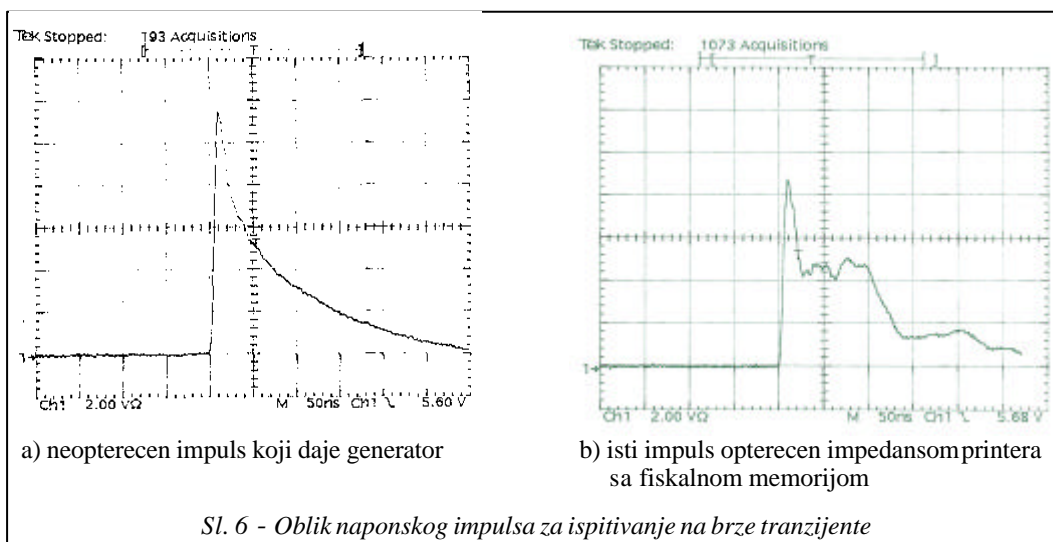
kidno 30 s sa frekvencijom ponavljanja impulsa 5 kHz. Izgled naponskih impulsa prikazan je na slici 6.

U toku ispitivanja nisu zapaženi negativni uticaji rafala brzih tranzijenata na rad printera. Radne funkcije printera ostale su nepromenjene, a nije zapažena ni promena u sadržaju fiskalne memorije printera.

#### Zaključak

Izvori tranzijentnih poremećaja (izuzev elektrostatičkih), obično nisu u blizini ugrožene računarske i elektronske opreme i njihova energija se najčešće prenosi u elektronska kola preko kablovskih veza. Stoga, ispitivanje imunosti obuhvata primenu višestrukih naponskih impulsa definisanog oblika i nivoa na svaki relevantni kablovski priključak, na specificiran i ponovljiv način.

U svetu je prisutan trend porasta zahteva za ispitivanje imunosti uređaja na uticaje tranzijentnih poremećaja u mreži za napajanje. Ova ispitivanja imaju primenu pri ispitivanju širokog spektra



proizvoda, kao što su uređaji informatičke tehnologije, telekomunikacioni uređaji, komercijalni i industrijski proizvodi, motorna vozila i njihove komponente.

S obzirom na to da se radi o veoma kompleksnoj oblasti, pre svega zbog pojava visokonaponskih impulsa ekstremno kratkog trajanja, uz veliku strminu čela i visoku frekvenciju ponavljanja, nejasnoće u zahtevima, nedovoljno iskustva u postavljanju ispitivanja, nedovoljno poznavanje pojava, ispitivane opreme i ispitne opreme može izazvati oštećenja i jedne i druge opreme, kao nemogućnost tumačenja rezultata ispitivanja i ocenjivanja.

Očigledno je da ova ispitivanja nisu rutinska, pa se u mnogim stručnim člancima iz ove oblasti i potencira stručnost i iskustvo ispitivača.

*Literatura:*

- [1] Schaffner, Transient Immunity Testing a handy guide Schaffner, [www.schaffner.com](http://www.schaffner.com)
- [2] IEC 61000-4-4 (2001), Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – IEC (EN) 61000-4-4 Electrical fast transient/burst immunity test, International Electrotechnical Commission.
- [3] John De Dad (2006), Looking For Sources of Transient Overvoltages, [www.ecmweb.com](http://www.ecmweb.com)
- [4] IEC 61000-4-4 (1997), Medunarodni elektrotehnicki rečnik – Poglavlje 161: Elektromagnetska kompatibilnost, JSZ.
- [5] Keith Armstrong, EMC Testing Part 3- Fast transient Burst, Surge, Electrostatic Discharge (<http://64.70.157.146/> archive).

Mr Aleksandar Bukvić,  
potpukovnik, dipl. inž.  
Vojnoizdavački zavod,  
Beograd

## INDIKATORSKI POKAZATELJI RADA DIZEL MOTORA SA DIZEL GORIVOM D-2, BIODIZELOM RME I NJIHOVIM MEŠAVINAMA

UDC: 621.436 : 665.75

### Rezime:

*S obzirom na to da su rezerve nafte, odnosno goriva mineralnog porekla ograničene, sve je aktuelniji trend istraživanja obnovljivih izvora goriva radi supstitucije konvencionalnih goriva. U poslednje vreme u svetu je aktuelna tendencija supstitucije mineralnih goriva za dizel motore gorivima na bazi biljnih kultura. Direktiva Evropske unije ukazuje na neopodnost supstitucije fosilnog dizel goriva sa 0,75% biogoriva godišnje. U ukupnoj potrošnji biogorivo treba da učestvuje sa 5,75% do 2010. godine, a do 2020. godine sa 20%. U radu su prikazane tehnologije dobijanja biodizela i rezultati ispitivanja dizel motora S-44 sa primenom dizel goriva D-2, biodizela RME i njihovih mešavina. Rezultati navode na konstataciju da je potrebno dalje poboljšavati kvalitet takvih goriva, a naročito njihovih fizičko-hemijskih karakteristika, u skladu sa predloženim standardom za biodizel.*

*Ključne reči: dizel motor, dizel gorivo, biodizel RME, mešavina goriva, supstitucija goriva.*

---

### PRESSURE ANALYSE INDICATORY DIAGRAMS OF DIESEL ENGINE WITH DIESEL FUEL D-2, BIODIESEL RME AND THEIR MIXTURE

#### Summary:

*In view of the fact that the reserves of petroleum, i. e. of fuels mineral origin are limited, the trend of research of renewable sources is more and more actual, with the aim to substitute conventional fuels. During the last years, the trend of substituting gasohol of mineral origin with the fuels deriving from vegetable culture is actual world-wide. EU directives are pointed out that is necessary to substitute fossil diesel with 0,75% of biofuel per year. In total consumption of fuels for transportation, to 2010 the biofuel should participate with 5,75% and with 20% to 2020. In this review are technology of biodiesel production and reaserch diesel-motor S-44 with use diesel D-2 fuel, biodiesel RME and their mixtures. The results of the researches suggest that further improvement of such fuels is necessary, and particularly of the physical and chemical characteristics, according to the proposed standard for biodiesel.*

*Key words: diesel-motor, diesel fuel, biodiesel RME, mixture fuels, substitute fuel.*

---

### Uvod

Više od jednog veka eksploatacija energenata raste ekspancijalno. Svet-ske rezerve nafte, januara 1992. godine, procenjene su na  $134,6 \cdot 10^9$  t [1]. Smatra se da će se ovim tempom nafta eksploatirati još 40 do 50 godina, pod pretpostavkom da se ne nađu nova nalazišta. Sve je

više onih koji uviđaju ovaj problem i hvataju se u koštac sa problemom supstitucije fosilnih goriva. Logično je da će se na ovom problemu raditi, pre nego što će se bitnije menjati konstrukcija postojećih motora. To je jedna od osnovnih pretpostavki uspešne zamene fosilnih goriva drugim vrstama goriva. Nova vrsta goriva morala bi da bude obnovljiva [2]. Sa-

gledavajući ovaj problem dosadašnja rešenja treba tražiti u uvođenju u širu upotrebu prirodnog zemnog gasa i nekonvencionalnih vrsta goriva na bazi biljnih ulja, a dugoročno na bazi vodonika.

Problem zagrevanja Zemlje uvodi i nove kriterijume za alternativna goriva.

Godišnje potrebe za dizel gorivom u Srbiji iznose oko 1 300 000 t a za dizel gorivom samo u poljoprivredi i šumarstvu oko 700 000 t. Sopstveni izvori nafte obezbeđuju oko 30% potreba ili oko 400 000 t po godini. Taj problem mogao bi se rešiti proizvodnjom biodizela od uljnih kultura sa 5 do 6% ukupnih oraničnih površina, a da se pri tome dobije 1000 l/ha biodizela.

Kada je reč o uvođenju biodizela u upotrebu, može se konstatovati da se u Evropi proizvode značajne količine [3]. Najveći napredak postigla je Francuska, što se odrazilo i na njen smanjen uvoz naftnih derivata. U svetu najveći napredak u tehnologiji proizvodnje i korišćenju biodizela postižu USA i Kanada.

Sadašnji kapaciteti u Srbiji omogućavaju proizvodnju oko 100 000 t biodizela godišnje. Tehnologija i oprema za proizvodnju je osvojena, a moguća proizvodnja zavisi od poštovanja predloženih standarda [3]. Potrošnja dizel goriva u Vojski Srbije je velika, a poznati uslovi koji su nastali u periodu 1992–1994. godine prouzrokovali su otežano izvršenje zadataka, pa je i borbeno gotovost bila umanjena.

### **Fizičko-hemijske karakteristike biodizela RME**

U biljkama uljanih kultura fotosintezom i ostalim neophodnim procesima sintetizuju se lipidi. U odnosu na vreme kada je nafta nastala, po najprihvatljivijim teo-

rijama, procesi biosinteze se nisu promenili. Naravno, razlika u godinama nastanka je ogromna. Kod biljnih kultura dovoljna je jedna godina da se sintetizuje ulje. Ovako nastalo ulje može se modifikovati u fabrikama, tako da se od triglicerida esterifikacijom dobiju metilestri masnih kiselina koji imaju slične osobine kao i određeni destilati nafte. Radi se o veoma sličnim jedinjenjima, pa je očigledna mogućnost da se primenjuje kao gorivo za motore sa unutrašnjim sagorevanjem.

Metilestri masnih kiselina od 14 do 18 ugljenikovih atoma imaju slične hemijske i fizičke osobine kao i odgovarajući parafini od 14 do 20 ugljenikovih atoma u lancu [4]. Biljna ulja su trigliceridi i imaju tri puta veću molekulsku masu od jednog molekula metilestra masnih kiselina. Naime, trigliceridi imaju visoku tačku ključanja i zato ne mogu da se koriste kao zamena gorivu za dizel motore.

Biljno ulje, kao najvažnija komponenta za proizvodnju biodizela, dobijeno je iz semena uljnih kultura jeftinom ratarskom tehnologijom. Obradena je uljana repica kao seme uljne kulture. Ulje uljane repice po kvalitetu je najpogodnije za biodizel gorivo, jer sadrži veoma dobar odnos pojedinih kiselina u svom sastavu, mada se biodizel u svetu dobija od skoro svih poznatih uljanih kultura. Druga biljna kultura od koje se najčešće dobija biodizel je palma (palmino ulje).

Naročito je važno da ulja sadrže manji procenat nižih masnih kiselina, jer njihovi metilestri lakše isparavaju na radnoj temperaturi motora. Zbog toga takvo biodizel gorivo ima povoljniju nisku temperaturu paljenja, što je povoljno za zimske uslove rada motora.

Kao i svaka industrijska reakcija i ova esterifikacija nije savršena, pa ne daje 100% prinosa. U konačnom proizvodu, pored metilestra, nalaze se svi učesnici reakcije koji na neki način narušavaju kvalitet stvorenog goriva. Tehnološki proces mora se strogo kontrolisati da bi se sačuvao kvalitet proizvoda. Konačni proizvod treba da ispunjava zahteve odgovarajućih standarda. Jedan takav standard prikazan je u tabeli 1.

*Tabela 1  
Karakteristike biodizel goriva od uljane repice koje odgovaraju standardu ÖNORM C 1190 (austrijski Institut za standardizaciju)*

R. br.	Parametar	Jedinica mere	Vrednost
1.	Potrošnja vazduha	mol/kg	427
2.	Kalorična vrednost	MJ/kg	37
3.	Cetanski broj		max. 48
4.	Tačka zamučivanja	°K	267,15
5.	Tačka začepljenja	°K	za leto 273,15, a za zimu 258,15
6.	Gustina na 288,15 °K	g/cm <sup>3</sup>	0,87–0,89
7.	Koeficijent promene gustine	g/cm <sup>3</sup> -K	0,833
8.	C	%	77,6
9.	H	%	12,1
10.	S	%	0,02
11.	O	%	10,4
12.	Entalpija isparavanja	kJ/mol	26
13.	Tačka isparavanja	°K	193–194
14.	Kinematska viskoznost na 293,15 °K	mm <sup>2</sup> /s	6,5–9,0
15.	Kinematska viskoznost na 373,15 °K	mm <sup>2</sup> /s	1,7–2,3
16.	Tačka stvaranja dima	°K	413,15
17.	Tačka očvršćavanja	°K	267,15
18.	Toksičnost	LD50	>2000
19.	Napon pare na 293,15 °K	kPa	<0,1
20.	Napon pare na 373,15 °K	kPa	5,3
21.	Isparljivost (TGA) na 473,15 °K	%	13
22.	Isparljivost (TGA) na 573,15 °K	%	100
23.	Sadržaj vode	%	<0,01

### **Matematički model za analizu snimljenog indikatorskog dijagrama dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem**

Indiciranje je snimanje promene pritiska u cilindru motora u zavisnosti od hoda klipa ili od ugla kolena kolenastog

vratila [5]. Matematički model je poslužio da se snimljeni tok parcijalnih pritiska obradi. Nakon toga, tim istim modelom vrši se obrada rezultata indiciranja.

Poznato je da su procesi u motoru nestacionarnog karaktera [6], čak i pri stacionarnim režimima rada. Veličine stanja u radnom prostoru su, takođe, nestacionarnog karaktera. Ove činjenice zahtevaju dosta skupu opremu pri merenju. Zbog toga veličinama koje se mere treba posvetiti posebnu pažnju. Pored toga, treba voditi računa i o značaju izmerenih veličina. Na primer, izmereni tok pritiska gasa na nekom mestu radnog prostora daje mogućnost da se odredi tok sagorevanja, tok sila na motornom mehanizmu, tok srednje temperature (po masi) gasa u cilindru, tok koeficijenta količine vazduha u cilindru, tok gubitka radne sposobnosti gasa u cilindru, itd.

U ciljeve analize snimljenog indikatorskog dijagrama spada određivanje toka sagorevanja i toka srednje temperature gasa (po masi), kao i specifičnog rada po ciklusu. Tok sagorevanja neophodno je poznavati, kako zbog analize ispitivanog motora, tako i zbog graničnog uslova za modeliranje stvarnog radnog ciklusa ispitivanog motora [6].

Pri obradi snimljenog indikatorskog dijagrama polazi se od osnovnih zakona (prvi zakon termodinamike, zakon o održanju mase, itd.). Pri tome je poznat tok pritiska, a traži se tok sagorevanja. Kao i u svakom istraživanju, i ovde su u početku usvajani prostiji modeli da bi vremenom bili sve složeniji i savšeniji. Prvo je uvedena pretpostavka da je gas idealan i da ima konstantne specifične toplotne i da nema gubitka mase kroz nezaptivena mesta.



Kompjuterski podržane metode uzimaju u obzir promenljivost eksponenta izentrope u funkciji temperature i trenutnog sastava gasa u cilindru, ali se prelaz toplote razmatra aproksimativno.

Disocijacija i realnost gasa u cilindru dugo se nije uzimala u razmatranje, a pretpostavljena je apsolutna zaptivenost cilindra. Promena mase gasa za vreme sagorevanja zanemarivala se ili je primenjavana Vibeovom funkcijom. Takvi metodi analize indikatorskog dijagrama nisu u potpunosti kompatibilni sa metodama savremenog matematičkog modeliranja radnih procesa (mada bi, u suštini, trebalo da budu inverzni u odnosu na metod modeliranja radnih procesa). Vidan napredak u tom pogledu, nesumnjivo, predstavlja metod Krigera i Bormana, koji je kompatibilan sa metodom matematičkog modeliranja radnog procesa, što je prikazano u [7]. Ovim metodom se egzaktno uzima u obzir promena mase gasa u cilindru za vreme sagorevanja, usled ubrizgavanja goriva i sagorevanja, i disocijacije gasa. Međutim, gubici usled nezaptivenosti cilindra i realnost gasa nisu uzeti u obzir [6]. Zbog zanemarivanja gubitaka usled nezaptivenosti cilindra metod je primenljiv samo za ispravan motor i normalne režime rada, dok se, na primer, „hladan start“ motora ovom metodom ne može istraživati. Metod koji je opisan u [8] u potpunosti je kompatibilan sa opisanim metodom modeliranja i uzima u obzir disocijaciju i nezaptivenost cilindra, tako da se, za razliku od metoda Krigera i Bormana, može primeniti na istraživanje hladnog starta i sl., kada je nezaptivenost cilindra znatna.

U ovom članku prikazan je metod obrade visokopritisnog dela ciklusa koji je u

potpunosti kompatibilan sa metodom modeliranja datim u [6], a obrađuje se dizel motor S-44 sa direktnim ubrizgavanjem.

Često se o kompatibilnosti metoda modeliranja sa obradom indikatorskog pritiska daju pogrešne ocene, polazeći od činjenice da su merenja nedovoljno tačna. Međutim, samo kompatibilni metodi mogu se pouzdano koristiti za međusobnu verifikaciju. Tako se modeliranjem može proizvesti deterministički tok pritiska, čijom se obradom mora dobiti identičan (do unapred zadatog malog odstupanja) tok sagorevanja, tok temperature gasa u cilindru, itd., koji su bili dobijeni odnosno zadati pri modeliranju. Uvođenjem stohastičkih poremećaja na modelirani deterministički signal moguće je modelirati proces merenja, a zatim primeniti metod obrade koji mora dati rezultate slične modeliranim, jer, inače, metod obrade nije pogodan za obradu merenih podataka.

Za izvođenje matematičkog modela za obradu snimljenog indikatorskog pritiska usvojiće se sledeće pretpostavke:

- promena stanja gasa je ravnotežna. Pritisak, temperatura i sastav gasa su u svakom trenutku isti na svim mestima cilindarskog prostora. Rad trenja se zanemaruje;

- realni tok stvaranja smeše i sagorevanja goriva zamenjuju se dovođenjem ekvivalentne (vremenski promenljive) mase goriva koja trenutno sagori i energije. Ubrizgana, a nesagorela masa goriva se zanemaruje;

- gubici mase kroz nezaptivena mesta postoje samo za vreme visokopritisnog dela ciklusa;

- kinetička energija gasa u cilindru se zanemaruje.

Za obradu snimljenog indikatorskog dijagrama uzeće se u obzir četvorotaktni dizel motor S-44 sa direktnim ubrizgavanjem, disocijacija i realnost gasa u cilindru (tj. zavisnost specifičnih toplota i gasne konstante od trenutnog pritiska, temperature i sastava), promenljivost mase usled dovođenja goriva i sagorevanja i nezaptivenosti cilindra, prelaz toplote, kontinualna promena sastava ravnotežnog gasa i realni tok otvaranja usisnog i izduvnog sklopa.

Za vreme procesa sabijanja stvarno ne postoji proces sagorevanja, ali će se analiza primeniti i na proces sabijanja, jer je na taj način omogućena i kontrola kvaliteta snimljenog indikatorskog dijagrama. Naime, za vreme procesa sabijanja trebalo bi da je količina energije dobijena sagorevanjem, odnosno masa koja je u tom periodu ubrizgana i sagorela, ravna nuli. Međutim, zbog greške merenja i eventualne obrade ovaj uslov nikad nije egzaktno ispunjen, pa će se definisati i odgovarajući kriterijumi ocene greške merenja.

#### **Analiza indikatorskog dijagrama dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem**

Pri analizi snimljenog indikatorskog dijagrama dizel motora pritisak u cilindru je zadat, tj. unosi se kao ulazni podatak sa datoteke koja sadrži podatke o indiciranom pritisku konkretnog dizel motora, prethodno obrađenom i pripremljenom za analizu.

Model za analizu sastavljen je od sistema običnih nelinearnih diferencijalnih jednačina. Da bi se navedeni sistem mogao rešiti neophodno je poznavati početne uslove, tj. stanje gasa na početku procesa sabijanja: pritisak, temperaturu i ko-

eficijent viška vazduha. Sistem se rešava primenom numeričkih metoda integracije. Za potrebe ovog rada primenjena je Ojlerova metoda prediktor-korektor sa iterativnom obradom podataka.

Ako su poznate vrednosti funkcija na početku  $j$ -tog koraka  $y_i(a_i) = y_{i,j}$  nalazi se rešenje na kraju koraka  $y_i(a_i + \Delta a) = y_{i,j}$  tako što se prvo nađe gruba vrednost rešenja po tzv. prediktor formuli:

$$y_{i,j+1} = y_{i,j} + \Delta a \times f_i(a_i, y_{1,j}, y_{2,j}, \dots, y_{N,j}) \quad (1)$$

Zatim se pronalazi precizno rešenje po tzv. korektor formuli:

$$y_{i,j+1}^{(K)} = y_{i,j} + \frac{\Delta a}{2} (f_i(a_j, y_{1,j}, y_{2,j}, \dots, y_{N,j}) + f_i(a_{j+1}, y_{1,j+1}^{(K-1)}, y_{2,j+1}^{(K-1)}, \dots, y_{N,j+1}^{(K-1)})) \quad (2)$$

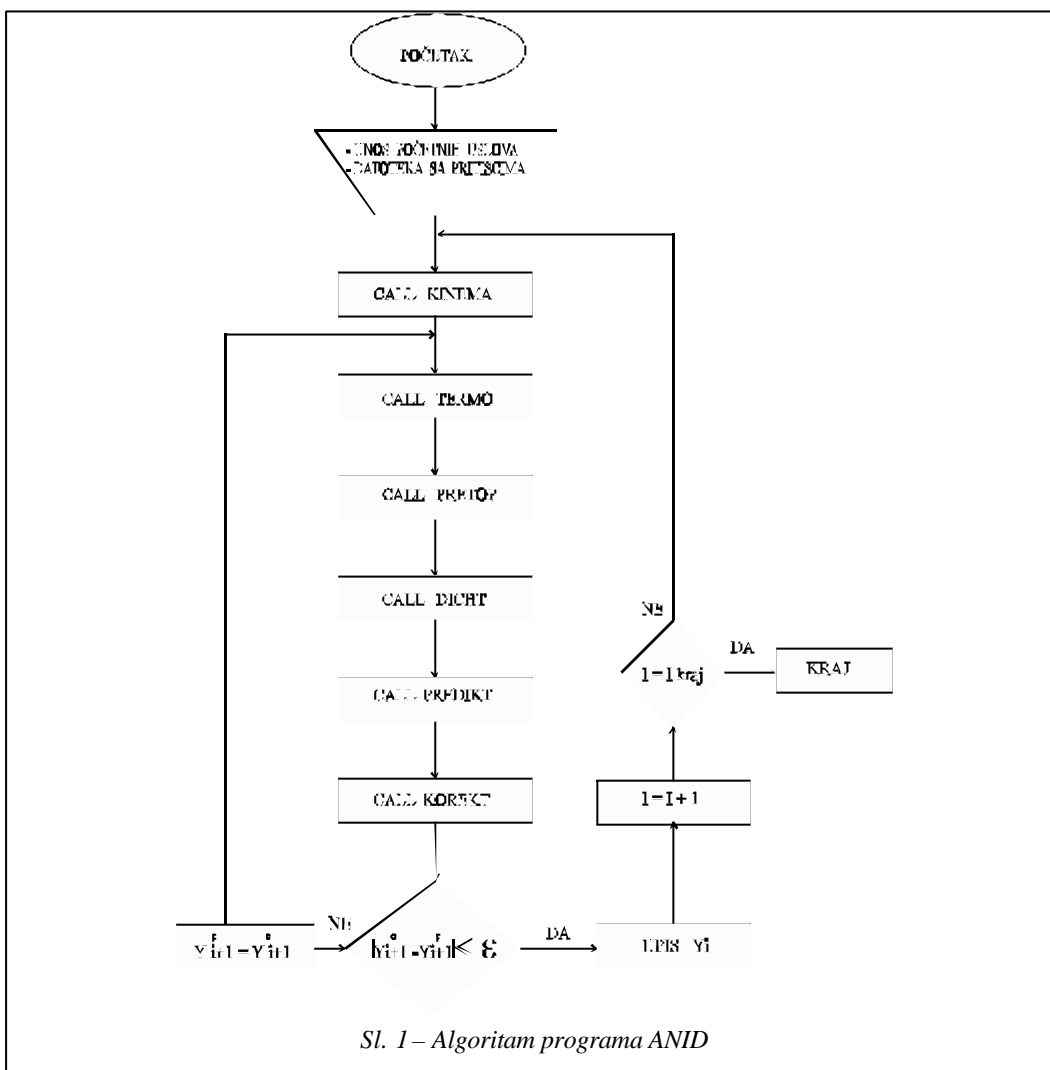
$K$  – broj iteracije.

Iteracija se dalje nastavlja sve dok se ne dobije apsolutna vrednost razlike dve poslednje iteracije koja je manja od neke unapred zadate vrednosti  $e_i$ :

$$|y_{i,j+1}^{(K)} - y_{i,j+1}^{(K-1)}| < e_i \quad (3)$$

Glavni program za analizu indikatorskih pokazatelja rada dizel motora je ANID, a poziva, po potrebi, odgovarajuće potprograme i vrši upis izračunatih vrednosti. Potprogrami su:

- TERMO – potprogram za izračunavanje termodinamičkih osobina vazduha i produkata sagorevanja;
- PRETOP – potprogram za proračun prelaska toplote u cilindru motora;



– DIGHT – potprogram za izračunavanje gubitaka mase usled nehermetičnosti cilindra;

– KINEMA – potprogram za izračunavanje kretanja motornog mehanizma;

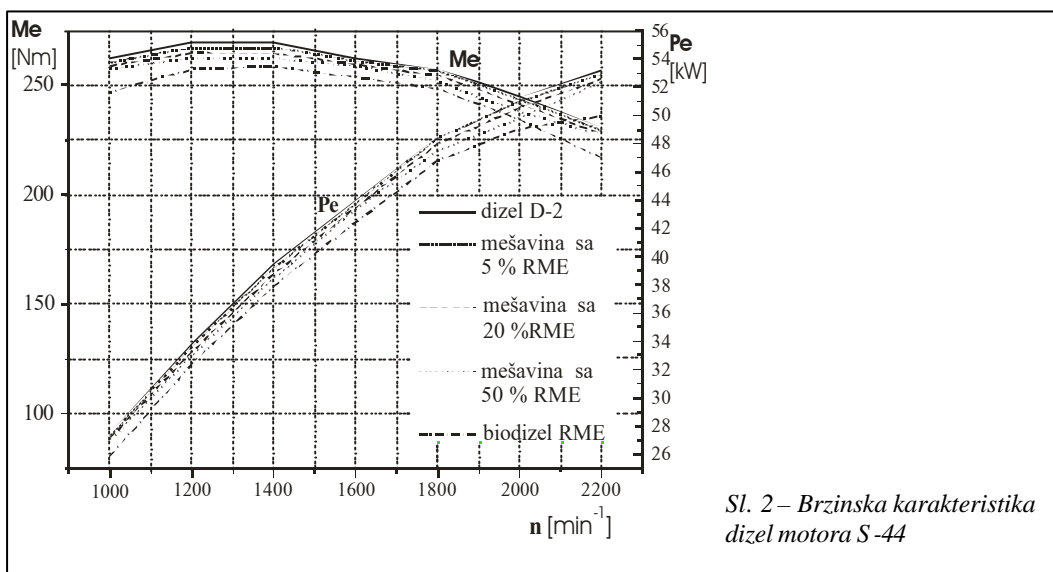
– DESNA – potprogram za izračunavanje desnih strana diferencijala jednačina;

– PREDIKT – potprogram za numeričku integraciju po prediktor formuli;

– KOREKT – potprogram za numeričku integraciju po korektor formuli.

### Rezultati analize indikatorskog dijagrama dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem

Prikazani rezultati analize visokopritisnog dela indikatorskog dijagrama odnose se na dizel motor S-44 sa direktnim ubrizgavanjem. Podaci koji se mogu dobiti analizom indikatorskog dijagrama raznovrsni su. Najčešći rezultati analize indikatorskog dijagrama su: određivanje



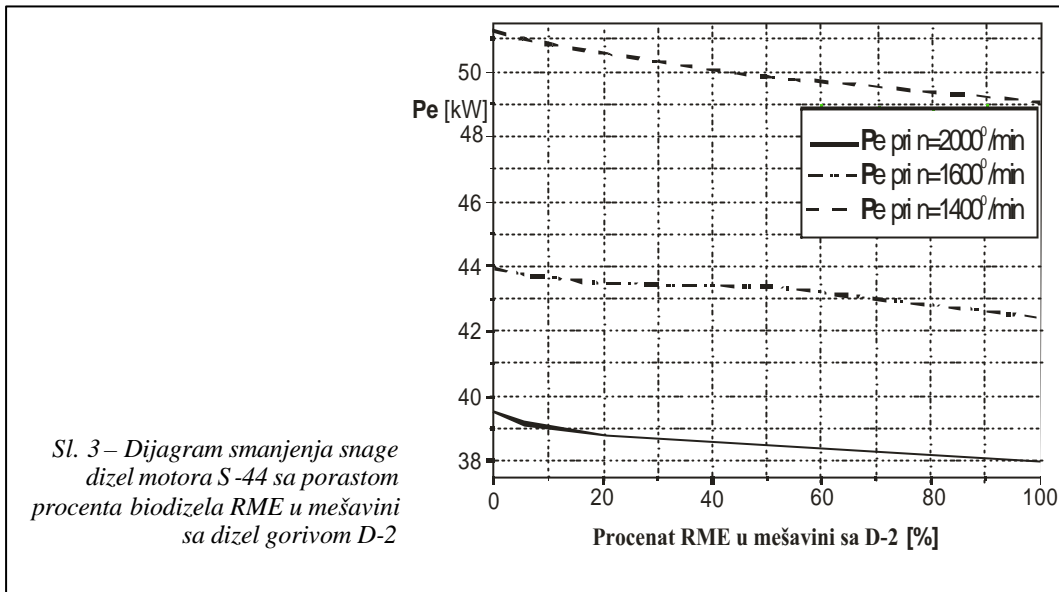
toka sagorevanja (diferencijalnog i integralnog), toka srednje temperature gasa (po masi), kao i specifičnog rada ciklusa. Pri tome je tok sagorevanja potrebno poznavati kako za analizu sagorevanja kod ispitivanog motora, tako i kao granični uslov za modeliranje stvarnog radnog ciklusa motora. Na dijagramima su prikazani dobijeni rezultati.

Toplotna moć biodizela RME je manja (36,9 MJ/kg) u odnosu na dizel gorivo D-2 (41,78 MJ/kg). U ispitivanju su korišćene i mešavine dizel goriva D-2 i biodizela RME u odnosima 95% dizel goriva D-2 i 5% biodizela RME, 80% dizel goriva D-2 i 20% biodizela RME i 50% dizel goriva D-2 i 50% biodizela RME.

Sa gorivima i njihovim mešavinama izvršeno je snimanje brzinske karakteristike. Brzinske karakteristike nisu potpune, jer pri snimanju nisu radili merači specifične potrošnje goriva (sepelari). I pored toga, može se uočiti da najveću snagu  $Pe$  i moment  $Me$  dizel motor S-44 postiže ko-

rišćenjem dizel goriva D-2. To se moglo i očekivati, jer ovo gorivo ima i najveću toplotnu moć. Biodizel RME ima nešto niži procenat ugljenika (77%) i vodonika (12,1) u odnosu na dizel gorivo D-2 (87% ugljenika i 13% vodonika) [4] i povećanu količinu kiseonika (10,4%) (nema ga u dizel gorivu D-2) i fosfora (nema ga u dizel gorivu D-2), a ne sadrži sumpor (u dizel gorivu D-2 sumpora može biti i do 5%). To mu je prednost po pitanjima korodivnog dejstva na delove motora i negativnog uticaja na životnu okolinu.

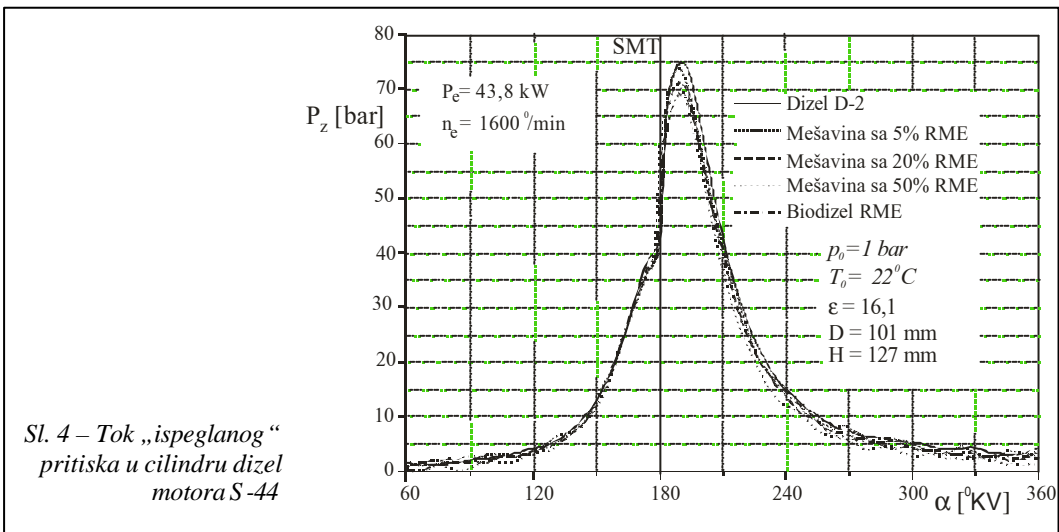
Na slici 2 vidi se da mešavina sa 95% dizel goriva D-2 i 5% biodizela RME daje slične rezultate kao i dizel gorivo D-2 kada je u pitanju snaga  $Pe$  i moment  $Me$ . Maksimalna snaga motora sa ovim gorivom je manja za 0,6%, dok je moment manji za 0,8%, što su vrednosti koje bitno ne utiču na eksploataciju motora. Razlika između rada motora sa dizel gorivom D-2 i biodizelom RME je nešto veća. Snaga je manja za 8,1%, a moment za 4,9%.

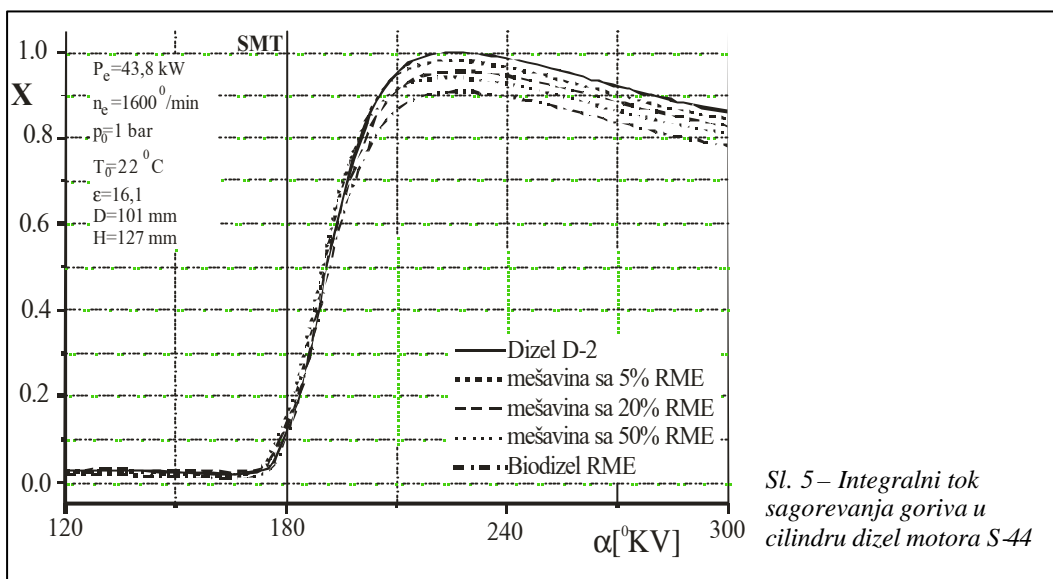


Dijagram na slici 3 prikazuje smanjenje snage motora  $P_e$  u odnosu na povećanje procenta biodizela RME u mešavini sa dizel gorivom D-2 na različitim brojevima obrtaja kolenastog vratila. Krive koje pokazuju smanjenje snage približno su linearne. Pri povećanju procenta biodizela RME u gorivu snaga motora opada: pri  $n = 2000^\circ/\text{min}$

snaga opadne za 2,2 kW, pri  $n = 1600^\circ/\text{min}$  za 1,55 kW, a pri  $n = 1400^\circ/\text{min}$  za 1,54 kW.

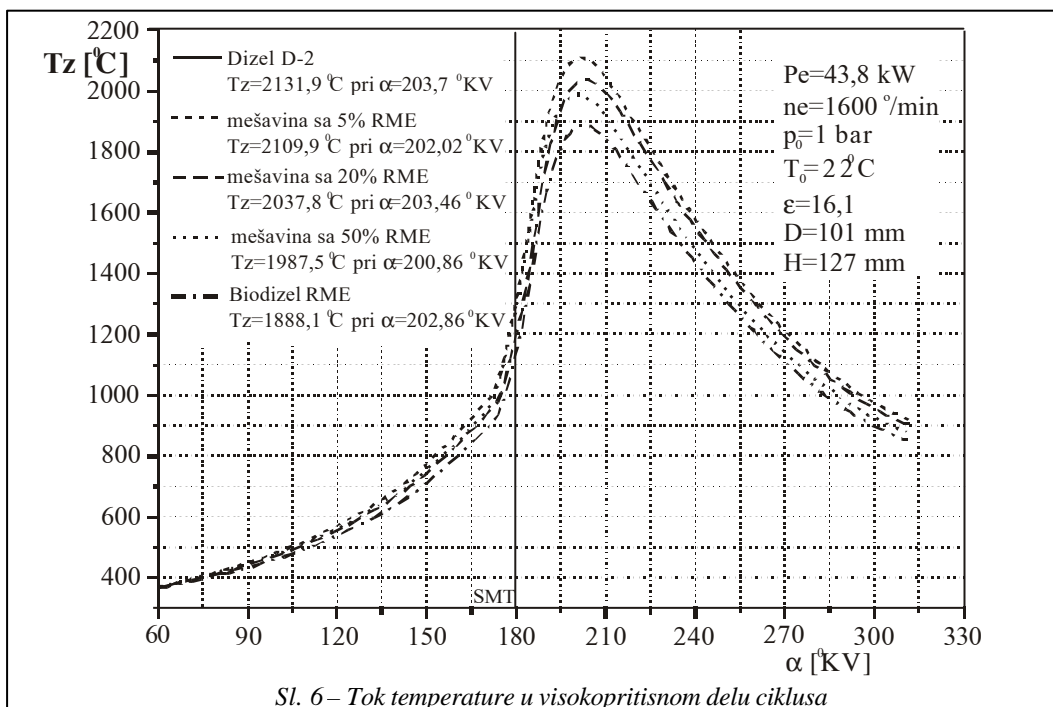
Da bi se započela analiza indikatorskog dijagrama potrebno je „ispeglati“ vrednosti pritiska dobijene merenjem. Na slici 4 prikazan je „ispeglan“ integralni tok pritiska za sve vrste goriva koje su korišćene.

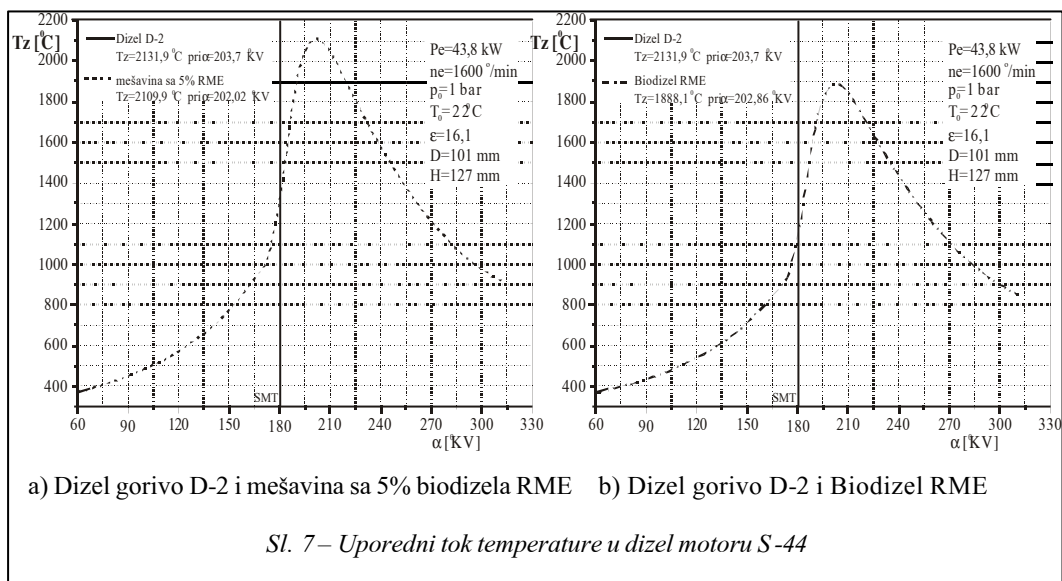




Integralni tok sagorevanja za analizirana goriva (slika 5) prikazuje tok do kraja sagorevanja. Primećuje se da je potpuno sagorelo dizel gorivo D-2, a ostale primenjene vrste goriva nisu u pot-

punosti sagorele. Sa najmanjim procentom sagorelog goriva od 92% prikazan je biodizel RME, dok je dizel D-2 sagoreo u cilindru sa 99,9%. Ostale mešavine goriva sagorevale su: mešavina u kojoj je





5% biodizela RME sa 98,1%, mešavina sa 20% biodizela RME 95,6%, a mešavina sa 50% biodizela RME 94,2%. Može se konstatovati da bi procenat sagorelog goriva bio veći da je za sve vrste analiziranih goriva korigovan regulator količine goriva na pumpi visokog pritiska, u zavisnosti od energetske vrednosti goriva.

Slike 6 i 7 prikazuju tok temperature gasa u cilindru dizel motora S-44 za analizirana goriva.

Najvišu temperaturu u cilindru dizel motora razvilo je dizel gorivo D-2 od 2131,9°C, dok najnižu razvijenu temperaturu daje biodizel RME od 1888,1°C. Ostala primenjena goriva razvijaju sledeće temperature: mešavina u kojoj je 5% biodizela RME – 2109°C, mešavina sa 20% biodizela RME – 2037,8°C, a mešavina sa 50% biodizela RME – 1987,5°C. Očekivalo se da će dizel gorivo D-2 razviti najvišu temperaturu, jer ima i najvišu toplotnu moć. Biodizel RME je razvio najnižu temperaturu, jer ima i najnižu donju toplotnu moć. Što se tiče mešavine sa 5% biodizela

RME, ona daje nešto manju temperaturu gasa u cilindru od temperature koju je sagorevajući razvilo dizel gorivo D-2.

### Zaključak

Fizičko-hemijske karakteristike biodizela RME prikazuju ovo gorivo sa nižim procentom ugljenika i vodonika u odnosu na dizel gorivo D-2 i povećanom količinom kiseonika i fosfora (nema ih u dizel gorivu D-2). U biodizelu RME nema sumpora, a u dizel gorivu D-2 može ga biti i do 5%. Prednost biodizela RME je što nema korodivno dejstvo na delove motora i ne utiče negativno na živi svet. Gustina i kinematska viskoznost biodizela RME je veća od istih karakteristika dizel goriva D-2, što otežava upotrebu ovog goriva u zimskim uslovima eksploatacije.

Najveću snagu  $Pe$  i moment  $Me$  dizel motor S-44 postiže korišćenjem dizel goriva D-2, jer ono ima i najveću toplotnu moć (veću od biodizela RME za 4,88 MJ/kg ili 11,6% po [9] i [7]). Mešavina sa

95% dizel goriva D-2 i 5% biodizela RME daje rezultate koji mogu zadovoljiti uslove eksploatacije dizel motora S-44. Čist biodizel RME u dizel motoru ne može da se primeni, jer je snaga  $Pe$  manja za 8,1% i moment za 4,9% u odnosu na rad motora sa dizel gorivom D-2. To se vidi pri padu snage motora pri povećanju procenta biodizela RME u mešavini sa dizel gorivom D-2. Ovaj pad snage je skoro linearan na svim merenim brojevima.

Tokovi dobijenih temperatura u cilindru dizel motora S-44 prikazuju da je najvišu temperaturu razvilo dizel gorivo D-2, a najnižu biodizel RME. Uvođenjem ove vrste goriva, bilo da se radi o mešavini ili čistom gorivu, neće dodatno termički opterećivati delove motora.

Tokovi sagorevanja kod primenjenih goriva su slični, ali procenat nesagorelog goriva raste sa porastom procenta biodizela RME u mešavini. Kako se nije ispitivao „životni vek motora“ upotrebom biodizela RME, ne može se sa sigurnošću govoriti o problemima koji bi nastali zbog nepotpunog sagorevanja smeše u cilindru, količinama stvorene smole, koksovanja brizgaljki i drugih štetnih pojava.

Uticaj biodizela RME i mešavina na gumene delove i boje nije se ispitivao, što može direktno da utiče na opravdanost primene. Verovatno bi ispitivanja bila povoljnija da je „Prva iskra“ Namenska a. d. imala aditive za poboljšanje karakteristika biodizel RME (u radu je korišćen biodizel RME čija je čistoća  $\geq 98\%$  metil estra, što zahtevaju uvoznici iz Evropske unije).

#### Literatura:

- [1] Bakić, M. i dr.: Korišćenje sirovih biljnih ulja kao goriva u poljoprivredi, Biodizel, monografija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1995.
- [2] Furman, T. i dr.: Tečna fosilna goriva i alternativa, Biodizel, monografija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1995.
- [3] Nikolić, R. i dr.: Proizvodnja i potrošnja goriva za dizel motore, Biodizel, monografija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1995.
- [4] Živković, M.: Motori sa unutrašnjim sagorevanjem, I deo, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
- [5] Živković, M. i Trifunović, R.: Ispitivanje motora sa unutrašnjim sagorevanjem, Mašinski fakultet, Beograd, 1987.
- [6] Jankov, R.: Matematičko modeliranje strujno-termodinamičkih procesa i pogonskih karakteristika dizel motora, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
- [7] McAulay K. J., Wu Tang, Schen Simon K., Boman G. L., Myers P. S., Uyehara O. A.: Development and evaluation of the simulation of the compression-ignition engine, SAE Preprints, s. a. Nr. 650451.
- [8] Jankov, R.: Opšti metod proračuna i analize stvarnog radnog ciklusa motora SUS sa konstantnim pritiscima u usisnom i izduvnom kolektoru pomoću digitalnog računara, Tehnika-Mašinstvo, 1979.
- [9] Verešbaranji, I.: Fizičke i hemijske karakteristike metilestra biljnih ulja kao goriva za dizel motore, Biodizel, monografija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1995.



**Milan Lazarević,**  
pukovnik  
**Jovan Bajcetic,**  
potporučnik, dipl. inž.  
Vojna akademija – Odsjek logistike,  
Beograd

## POREĐENJE KARAKTERISTIKA I MOGUCNOSTI BUDUĆEG SERVISIA U MIKROTALASNOM PODRUCJU I MOBILNIH SISTEMA TREĆE GENERACIJE

UDC: 621.396.21 : 621.3.0 14.2

*Rezime:*

*Znacaj i izuzetno brz razvoj telekomunikacija nameće neprekidno izučavanje i primenu novih servisa i novih postupaka integracije i komutacije u njemu. Od komercijalnih radio-servisa koji su trenutno dostupni u našoj zemlji, najveći deo je iz sistema javne mobilne telefonije. U radu je prikazana organizacija i način funkcionisanja mobilnog komutacionog sistema i njegovo mesto i značaj u sistemu veze Srbije. Detaljno je obraden WiMAX (World Interoperability for Microwave Access) servis mobilne telefonije i analizirane njegove prednosti i nedostaci u odnosu na mobilni servis 3G (treće generacije). Predložena je implementacija WiMAX-a u savremen sistem telekomunikacija.*

*Ključne reči: mobilni komutacioni sistemi, WiMAX servis mobilne telefonije, mobilni servis 3G, implementacija WiMAX-a u sistem telekomunikacija.*

---

### THE COMPARISON OF CHARACTERISTICS AND OPPORTUNITIES OF FUTURE SERVICE IN MICROWAVE BAND AND MOBILE SYSTEMS THIRD GENERATION

*Summary:*

*The importance and very quick development of telecommunications ask for endless research and applying new services and new methods of integration and switching in it. Among commercial radio services that are at the moment accessible in our state, the most significant part is from public mobile telephony system. In this work we presented organization and way of functioning of mobile switching system and their place and importance in Serbian system of communications. WiMAX service of mobile telephony is processed in details and advantages and disadvantages versus 3G mobile service are analyzed. The suggestion of implementation of WiMAX in modern system of telecommunications is given.*

*Key words: mobile switching systems, WiMAX service of mobile telephony, 3G mobile service, implementation of WiMAX in system of telecommunications.*

---

#### Uvod

Sistem veza jedan je od servisa za zadovoljavanje potreba iz oblasti nauke, kulture, obrazovanja, zdravstva i svih drugih oblasti života. Putem satelita i internet mreže sve navedene potrebe mogu se ostvarivati ulaskom u međunarodni sistem veza. Sve brži protok podataka omogućuje prenos informacija u realnom vremenu [1].

Manje razvijene zemlje su u ogromnom zaostatku u pogledu opštedostupnih komunikacionih sistema, pogotovo onih u okvirima prenosa informacija radio-putem. Razvoj savremene tehnologije uvek je bilo teško pratiti. Svako uvođenje nove tehnologije u komercijalnu upotrebu zahteva, pored skupe opreme, i veoma skupu licencu za korišćenje. Od komercijalnih radio-servisa koji su trenutno dostupni u našoj

zemlji najveći deo proizilazi iz sistema javne mobilne telefonije. Pored ovakvog tipa ostvarivanja bežičnih komunikacija, u budućnosti se otvara mogućnost za neki drugi tip ostvarivanja radio-veza koji može pružiti veću finansijsku dobit i prednost u vidu kvaliteta servisa koji pruža. Taj potencijalni sistem je mobilni WiMAX, budući servis u mikrotalasnom području.

Dok se mobilni WiMAX standard razvijao, proizvođači su uveliko unapređivali opremu proizvedenu na osnovu standarda 802.16e. Mobilni WiMAX već je postao dostupan za komercijalnu upotrebu u nekoliko zemalja zapadne Evrope. Postavlja se pitanje da li će u odnosu na 3G mobilnu telefoniju ovaj tip prenosa signala biti u prednosti ili ne. Odgovor na ovo pitanje dobije se uporednom analizom jednog i drugog bežičnog sistema. U ovom radu predstavice se karakteristike jednog i drugog sistema radi njihovog upoređenja. Veći deo rada posvećen je mobilnom WiMAX sistemskom profilu, čije su osnovne karakteristike u ovdašnjim krugovima manje poznate.

Pretpostavka je da će se u okviru dugoročnog plana telekomunikacionih usluga u Srbiji, pored trenutno aktuelnih pilot-programa 3G mobilne telefonije, šira javnost vrlo brzo upoznati sa mogućnostima mobilnog WiMAX-a. Na taj način biće premošćen jaz između sadašnje, donekle zaostale tehnologije u sistemu javne mobilne telefonije i najmodemijih komercijalnih radio-sistema.

### **Sistem javne mobilne telefonije**

Sistem javne mobilne telefonije deo je telekomunikacionog sistema koji, u poređenju sa fiksnim sistemom, ima brzu

i jednostavnu instalaciju, a ulaganja su postepena i relativno mala. Savremene javne mobilne telekomunikacije omogućavaju ne samo mobilnost korisnika, već i veliki broj usluga i korišćenje raznih servisa. Mobilni sistemi ubrzavaju izgradnju telefonskog sistema u nerazvijenim zemljama i dopunjavaju razvoj postojeće fiksne telefonske mreže.

Zacetak digitalne mobilne telefonije na prostorima Srbije vezuje se za uvođenje globalnog sistema za mobilne komunikacije – GSM (Global System for Mobile Communications). Digitalna javna mobilna telefonska mreža GSM 900 u Srbiji je puštena u rad 1996. godine. Usluge mobilnih telekomunikacija u svetu i Srbiji danas predstavljaju osnovne personalne telekomunikacione usluge [1].

Razvijenost globalne mobilne mreže ogleda se u činjenici da postoji 296 GSM mreža u 114 zemalja u svetu sa oko 138 miliona korisnika. GSM trenutno zauzima 49% svetskog tržišta, a u Nemačkoj je najveći broj korisnika ovog sistema. „TIM“ (Italija) je najveća GSM mreža, sa oko 15 miliona korisnika. Pored GSM mobilnih sistema, neke evropske zemlje podigle su svoje sisteme na nivo treće generacije mobilne telefonije. I u Srbiji su sada omogućeni protoci podataka koji omogućavaju sigurnu vezu putem interneta, uz pomoć opšteg radio-servisa baziranog na paketskoj komutaciji GPRS-a (General Packet Radio Service).

### **Karakteristike mobilnog globalnog sistema (GSM)**

*Globalni sistem mobilne komunikacije* ima radio-kanal širine 200 kHz sa osam vremenskih slotova od 0,577 ms, ukupno 125 dupleksnih radio-kanala.

Frekvencijski opseg na kojem se ostvaruje veza u mobilnoj telefoniji je od 890 do 960 MHz, i to:

– uzlazne veze (uplink), mobilna → bazna stanica, 890 do 915 MHz,

– silazne veze (downlink), bazna → mobilna stanica, 935 do 960 MHz.

Velicina celija, odnosno prostor u kojem se omogućuje veza u okviru jedne bazne stanice, kreće se od maksimalno 35 km do minimalno 1 km u prečniku. Tipične vrednosti su oko 10 km u ruralnoj sredini, odnosno 3 do 5 km u urbanoj sredini.

Sistem ima visoku opštu imunost na smetnje. Karakteriše ga brzo preuzimanje mobilne stanice koja se kreće iz jedne u drugu celiju, odnosno prelazi na lokaciju druge bazne stanice (handover). Posедуje veliki broj različitih korisničkih radio-servisa i usluga: za prenos govora, za prenos podataka i dodatne informacione servise. Ima dobru frekventnu rasprostranjenost, što omogućava da dve celije mogu koristiti istu grupu frekvencija ukoliko između njih postoji dovoljna udaljenost (frequency reuse). Omogućava prelazak mobilne stanice iz jedne nacionalne mobilne mreže u drugu nacionalnu mobilnu mrežu – roaming (Roaming). To se, pre svega, odnosi na sve širu dostupnost mobilnih usluga uopšte – na velikom delu teritorije, u svako vreme i skoro u svim uslovima. Rasprostranjene su, pre svega, govorne interaktivne međukorisničke usluge, ali sve više i druge usluge koje omogućavaju pristup internet sadržajima velikim brzinama.

*Mobilna stanica (MS)* jeste element mobilnog sistema preko kojeg korisnik pristupa mreži. Sastoji se od mobilne opreme – aparata (Mobile Equipment) i SIM kartice (Subscriber Identity Module). Svaka MS ima svoj broj identifikacije [1]. Nova

generacija mobilnih uređaja i sistem 3G (treća generacija mobilne telefonije) omogućavaju bežični pristup internetu brzinama koje dozvoljavaju simultani prenos pokretne slike, glasa i podataka.

*Bazna stanica RBS* (Radio Base Station) ključni je element globalnog mobilnog sistema. To je jedinstveni naziv za lokaciju na kojoj se nalaze primopredajni radio-uređaji i odgovarajuća telekomunikaciona oprema, koja služi za povezivanje bazne stanice sa ostalim delovima javne mobilne telekomunikacione mreže. Njihov domet kreće se od tridesetak kilometara u ruralnom do nekoliko kilometara u gradskom području.

*Kontrolor baznih stanica, BSC* (Base Station Control) zasebni je element koji kontroliše više baznih stanica (RBS). On vrši administraciju celije i njenih radio-kanala tako što neprestano sakuplja podatke o statistici broja poziva i uspešnosti prebacivanja poziva u drugi radio-kanal RBS.

*Komutacioni sistem* (Switching System) omogućava prenos poziva, podataka, govora, paketski prenos, kontrolu saobraćaja, analizu brojeva, tarifiranje, statistiku pozivanja i uključivanje u globalnu mrežu (internet). Pored mobilne i bazne stanice mobilni komutacioni sistemi imaju sledeće elemente:

– komutacioni centar mobilnih servisa, MSC (Mobile Switched Centre), koji obavlja celu komutaciju, signalizaciju i funkcije obrade za mobilne stanice;

– sistem za registrovanje i servisiranje na određenoj lokaciji, VLR (Visitor Location Register);

– centar koji obavlja funkcije sigurnosti, AUC (Authentication Centre);

– centar za bazu podataka zadužen za proveru ispravnosti MS-a ( Equipment Identity Register);

– deo sistema za komutaciju podataka u okviru GSM-a, GIWU (GSM Interworking Unit).

U Srbiji je krajem 2005. godine oko 3,6 miliona ljudi koristilo usluge mobilnih telekomunikacija, što znaci da je mobilna telefonija dostigla nivo od oko 46% korisnika (u odnosu na nominalan broj stanovnika od 7,5 miliona). S obzirom na to da je u razvijenim zemljama zapadne Evrope zastupljenost mobilne telefonije premašila brojku od 50% (Nemacka 71,6%, Austrija 84,0%, Italija 92,1%), a takode i u zemljama kao što su Hrvatska 54,2%, Madarska 74,1%, Ceška 87,1%, Slovenija 87,2%, jasno je da na prostoru Srbije treba ocekivati povecanje broja korisnika mobilnih telekomunikacija [1].

Sem osnovnog servisa, u mobilnoj telefoniji Srbije postoje i drugi servisi: servis za mobilnu komutaciju putem poruka, SMS (Switched Messaging Service); virtualna privatna mreža, VPN (Virtual Private Network); servis multimedijalnih poruka, MMS (Multimedia Messaging Service); protokol bežicnih aplikacija, WAP (Wireless Application Protocol); Internet; Roaming; Voice Mail. Postojeci operatori mobilne telefonije istovremeno obezbeđuju širokopojasni pristup internetu korišćenjem tehnologija za opšti radio-servis baziran na paketskoj komutaciji, GPRS (General Packet Radio Service) i poboljšani protok podataka za GSM evoluciju, EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) koji se u našoj zemlji vrlo sporo uvodi u korišćenje.

U celom svetu od skoro je pocelo svestrano uvođenje 3G mobilnih sistema kao

naslednika EDGE tehnologije. On je pokazao veliku komercijalnu upotrebljivost na osnovu široke palete servisa koje korisnici eksploatišu isključivo na osnovu višestrukog pristupa kodnom raspodelom kanala, CDMA (Code Division Multiple Access).

Dve su osnovne varijante CDMA koje se danas koriste. To su višestruki pristup širokopojasnom kodnom raspodelom kanala, WCDMA (Wide Code Division Multiple Access) na bazi dupleks frekvencijske raspodele kanala (FDD Frequency Division Duplex) sa širinom kanala od 5 MHz i CDMA2000, na istoj bazi, sa kanalima širine 1,25 MHz. Da bi se povecao kapacitet downlinka 3G sistema, ugraden je dodatak u vidu pristupa paketima podataka downlinkom velike brzine (HSDPA-High Speed Downlink Data Packet Access) za WCDMA. Kasnije poboljšanje pristupom paketima podataka uplinkom velike brzine (HSUPA – High-Speed Uplink Data Packet Access) povecava kvalitet uplinka. Iste promene i poboljšanja ucinjena su za CDMA2000, gde novi standard EVDO (EVDO-EVolution Data Optimized) donosi znacajan napredak saobraćaju. Novi sistem 3G takode koristi poboljšanje WCDMA vezano za MIMO (Multiple Input Multiple Output) sa HSDPA.

### **Mobilni sistem WiMAX**

Mobilni WiMAX (World Interoperability for Microwave Access) predstavlja prilicno dobro rešenje za mobilne i fiksne ucesnike na širokom prostoru i vezom putem radio-talasa i sa veoma fleksibilnom arhitekturom. Mobilni sistem WiMAX koristi višestruki pristup frekvencijskoj ras-

podeli kanala pomoću ortogonalnih nosilaca, OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), radi poboljšanja pojava koje karakteriše višestruko prostiranje talasa u uslovima bez postojanja optičke vidljivosti. Višestruki pristup skalabilnoj frekvencijskoj raspodeli kanala pomoću ortogonalnih nosilaca SOFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access) uveden je u standard IEEE 802.16e radi podešavanja širine kanala od 1,25 MHz do 20 MHz.

Standard IEEE 802.16e definiše sve ono što je potrebno da zadovolji mobilni WiMAX sistem kako bi bio funkcionalan na multinacionalnom nivou gde je potrebno usaglasiti i najsitnije detalje pri ostvarivanju ovakvog komercijalnog i svima dostupnog bežičnog sistema.

Da bi sistemski profil bio u potpunosti funkcionalan, mora biti sertifikovan i interoperabilan (standardizovan). Mobilni sistemski profili omogućavaju mobilnim sistemima da budu fleksibilni po pitanju infrastrukture koja bi se koristila i koja bi uključivala raznovrsne tipove terminala i baznih međusobno interoperabilnih stanica. Neki elementi profila vezani za bazne stanice bili bi opcioni da bi omogućili dodatnu fleksibilnost po pitanju zahteva, kao što su kapacitet, konfiguracija ili prostorna pokrivenost.

Prvi set mobilnog WiMAX standarda definiše širine kanala od 5,7 MHz, 8,75 MHz i 10 MHz na frekvencijama od 2,3 GHz, 2,5 GHz i 3,5 GHz. Mobilni WiMAX sistemi nude rešenja vezana za tehnologiju radio-pristupa i mrežne arhitekture, uvažavajući fleksibilnost u organizaciji mreže i ponudi servisa. Neke od istaknutih mogućnosti mobilnog WiMAX-a su:

– *veliki protoci*: uvođenje tehnologije MIMO antenskih sistema sa fleksibilnim upravljanjem spektralnim resursima koristeći SOFDMA, kao i unapređen sistem kodovanja koji omogućava najviši downlink (DL) protok od 63 Mb/s, a uplink (UL) protok od 28 Mb/s po sektoru za kanal od 10 MHz;

– *kvalitet servisa (QoS)*: najbitnija stavka IEEE 802.16, kontrola pristupa medijumu, MAC (Media Access Control) arhitekture je QoS (Quality of Service). QoS definiše servisne protoke koji mapiraju diferencijalni servis (DiffServ – Differentiated Services) kodovne tace ili MPLS (Multi Protocol Label Switching) labela koje omogućavaju IP (Internet Protokol) baziranu vezu s kraja na kraj. Još jedna pogodnost je potkanalizacija i MAP (Media Access Protokol) bazirana šema signalizacije koja omogućava fleksibilan raspored prostornih, vremenskih i frekvencijskih resursa na krajnjim interfejsima na bazi sistema „ram po ram“;

– *skalabilnost*: uprkos velikom napretku globalne ekonomije, spektralni resursi širom sveta su i dalje ostali na istom nivou. Da bi se postigla harmonizacija korisničkih zahteva iskorišćavanja elektromagnetnog spektra na duži period, mobilni WiMAX koristi kanale od 1,25 MHz do 20 MHz. To omogućava bolje osmišljavanje strategije uvođenja ovog bežičnog sistema budućim provajderima, imajući u vidu geografski položaj i kontradiktorne zahteve u pogledu pristupa internetu iz ruralnih sredina, nasuprot velikom opterećenju u urbanim sredinama;

– *bezbednost*: mogućnosti zaštite koje sadrži mobilni WiMAX najbolje su

u klasi i sadrže EAP (Extensible Authentication Protocol) baziranu autentifikaciju, AES-CCM (Advanced Encryption Standard – Counter with Cipher-block chaining Message authentication code) baziranu autentifikovanu enkripciju i CMAC (block Cipher-based Message Authentication Code) i HMAC (keyed Hash Message Authentication Code) bazirane šeme zaštite kontrolnih poruka. Da bi se ove aplikacije mogle koristiti, potrebni su: pretplatnički identifikacioni modul, SIM/USIM (Subscriber Identity Module/Username SIM) kartice, „pametne“ kartice, digitalni sertifikati i username/password način pristupa baziran na EAP (Ehtensible Authentication Protocol) metodama za autentifikovan pristup;

– *mobilnost*: mobilni WiMAX omogućava optimiziran handover (prelaz iz celije u celiju bez prekida veze) koji ne traje duže od 50 ms. Zahvaljujući ovakvom tipu handovera moguć je prenos glasa uz pomoć IP protokola, VoIP (Voice over IP) bez degradacije kvaliteta. Fleksibilna šema korišćenja ključa omogućava zaštitu i tokom handovera [2].

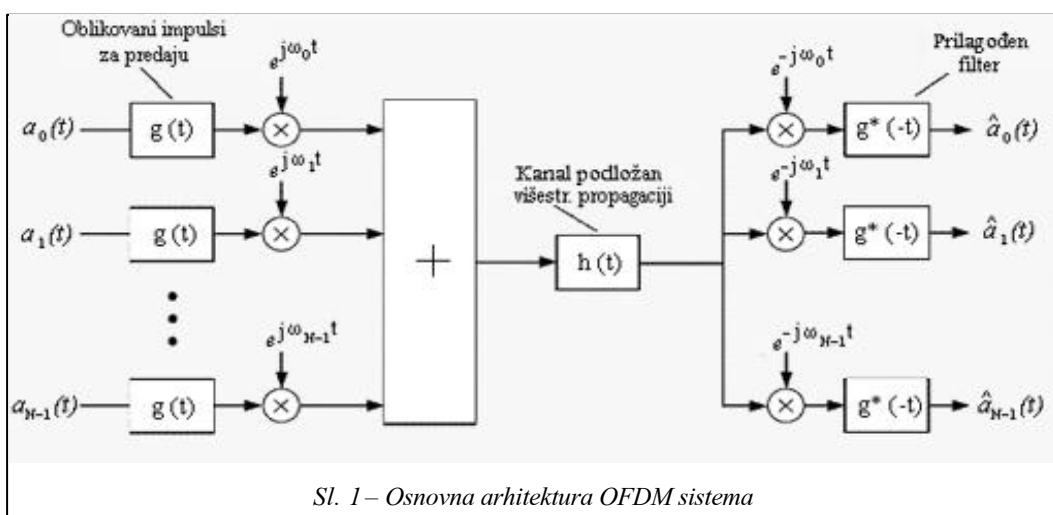
## Opis fizickog sloja

### Osnove OFDM tehnike multipleksiranja

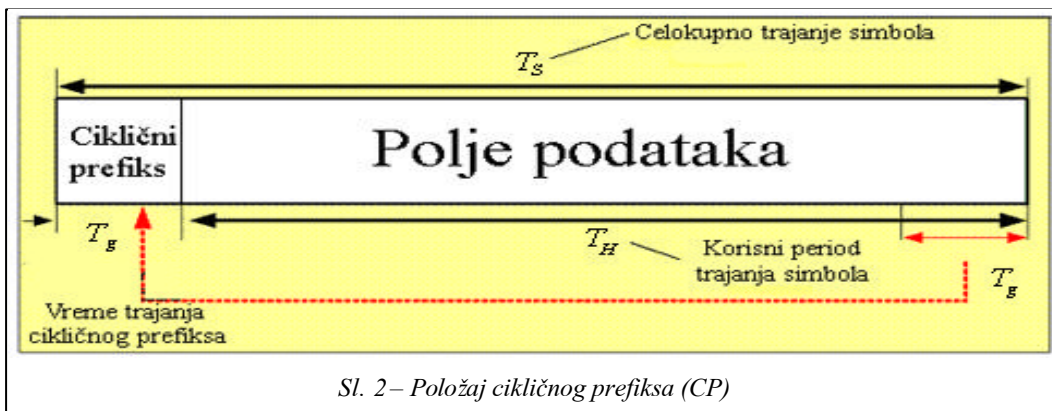
OFDM je tehnika multipleksiranja koja deli opseg od interesa na mnogo nosilaca (slika 1). Po OFDM tehnici, ulazni tok podataka podeljen je na nekoliko paralelnih tokova čiji je protok redukovan i svaki od njih se na poseban način moduliše i emituje po posebnom ortogonalnom nosiocu.

Povećanje trajanja simbola povećava otpornost OFDM na smetnje i kašnjenje. Šta više, uvođenje cikličnog prefiksa, CP (Cyclic Prefix), u potpunosti može eliminisati pojavu intersimbolske interferencije sve dok je njegovo trajanje duže od trajanja vremena između pristizanja dva ista simbola usled višestruke propagacije (delay spread). Ciklični prefiks je obično ponovljen poslednji deo bloka podataka (slika 2) koji je pridružen sledećem bloku podataka.

Ciklični prefiks onemogućava interblok interferenciju, daje utisak da su kanali cirkularni i dozvoljava izjednačavanje u frekvencijskom domenu radi manje složenosti



Sl. 1 – Osnovna arhitektura OFDM sistema



upotrebe frekvencija od interesa. Osnovna mana CP-a je smanjenost spektralne efikasnosti usled dodatka informacije. Bez obzira na ovu manu, uticaj CP-a je slican roll-off faktoru B u sistemima sa kosinusnim filterima i jednim nosiocem. Pošto OFDM ima oštar, skoro vertikalalan spektar, ostatak slobodnog podrucja može se iskoristiti za prenos podataka koji se koriste radi poboljšanja efikasnosti ciklicnog prefiksa.

Da bi se prevazišlo višestruko prostiranje, kod OFDM tehnike koristi se interleaving („ucešljavanje“) i kodiranje. Modulacija se realizuje pomocu inverzne Furijeove transformacije na osnovu velikog broja potkanala koje koristi (2048). Resursi se eksploatišu kroz vreme u po-

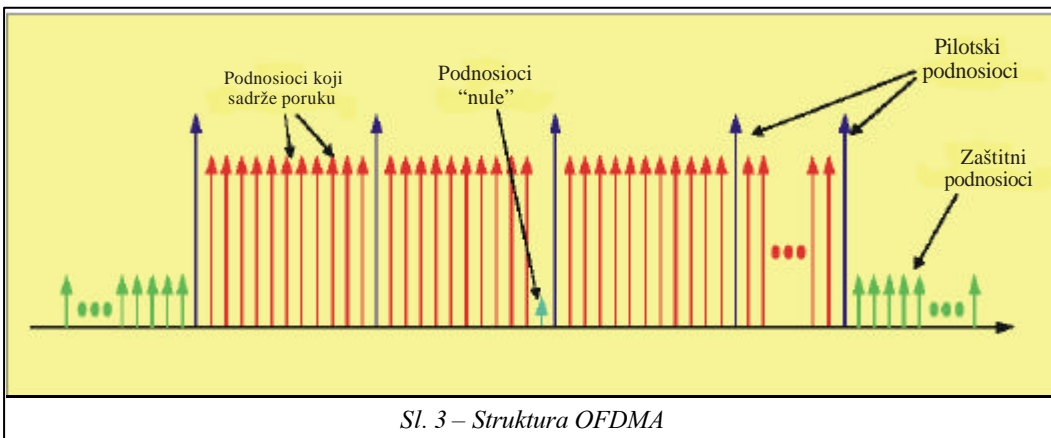
gledu OFDM simbola i kroz frekvenciju u pogledu podnosilaca. Oni se mogu podeliti po podopsezima da bi mogli biti dodeljeni razlicitim korisnicima.

OFDMA je tehnika multipleksiranja (višestrukog pristupa) koja obezbeduje operaciju slaganja više tokova podataka (streams) za više korisnika u istom trenutku za downlink i uplink.

### Struktura OFDMA i potkanalizacija

Struktura OFDMA sastoji se iz tri tipa podnosilaca, kao što je prikazano na slici 3:

- podnosioci koji nose informaciju;
- pilotski podnosioci za procenu stanja trase i sinhronizaciju;



– podnosioci „nule“ koji služe za razdvajanje grupa informacionih kanala.

Aktivni podnosioci (informacioni i pilotski) grupisani su u potkanale. Fizicki sloj WiMAX OFDMA podržava potkanalizaciju i u uplinku i u downlinku [3].

Minimalna resursna jedinica potkanalizacije je jedan slot koji se sastoji od 48 informacionih podnosilaca. Postoje dva nacina grupisanja podnosilaca u potkanale – diverziti i granicna metoda.

*Diverziti metoda* raspoređuje podnosiocce po potkanalima pseudoslucajno. Na taj nacin stvaraju se frekvencijski diverziti i ujednacavanje intercelijske interferencije. Diverziti permutacija sastoji se od DL FUSC (Fully Used Sub-Carrier – u potpunosti iskorišćen podnosilac), DL PUSC (Partially Used Sub-Carrier – delimično iskorišćen podnosilac) i UL PUSC, ali sadrži i dodatne permutacije. Kod DL PUSC za svaki par OFDM simbola, raspoloživi i korisni podnosioci grupisani su u klaster, koji sadrže 14 granicnih podnosilaca po simbolu. Imaju razlicit razmeštaj pilota i informacionih nosilaca u svakom od klastera određenih na osnovu parnih i neparnih simbola.

Da bi se formirale grupe klastera koriste se šeme gde je svaka od grupa sacinjena od klastera raspoređenih u okviru opsega podnosilaca. Potkanal u grupi sadrži dva klastera, sacinjena od 48 informacionih podnosilaca i 8 pilotskih podnosilaca. Informacioni podnosioci svake grupe dalje su permutovani tako da stvaraju potkanale u okviru grupe. Informacioni podnosioci u klasteru podeljeni su na više potkanala.

Analogno strukturi downlink klastera, definisana je struktura za UL PUSC. Raspoloživi opseg je raspodeljen na šest opsega izabranih iz citavog spektra na osnovu šeme rearanžiranja i permutacije koji cine slot.

Slot sadrži 48 informacionih podnosilaca i 24 pilota u 3 OFDM simbola [4].

*Granicna permutacija* grupiše podnosiocce u blokove i na taj nacin stvara potkanale. Granicna šema permutovanja takode ukljucuje DL i UL adaptivnu modulaciju i kodiranje, AMC (Adaptive Modulation and Coding) i ima istu strukturu. Blok se sastoji od 9 kontinualnih podnosilaca po simbolu (8 informacionih i 1 pilot). Slot kod AMC definisan je kao skup blokova istog tipa ( $N \times M = 6$ ) gde je N broj granicnih blokova, a M je broj granicnih simbola. Dozvoljene kombinacije su: 6 blokova i 1 simbol, 3 bloka i 2 simbola, 2 bloka i 3 simbola i 1 blok i 6 simbola. AMC dozvoljava diverziti ostvaren zahvaljujuci velikom broju raspoloživih kanala (Multi-user Diversity) birajuci kanal sa najboljim trenutnim karakteristikama.

Može se zakljuciti da su se diverziti permutacije pokazale boljima u slucaju mobilnih aplikacija, dok je granicna metoda permutacije bolja za upotrebu kod fiksne i sporopokretljive opreme [2].

Projekat IEEE 802.16e-2005 MAN (Metropolitan Area Network) OFDMA baziran je na koncepciji skalabilne OFDMA (SOFDMA), koja podržava širok spektar frekvencija, fleksibilnost adresiranja ucesnika i potrebe za razlicitim frekventnim podrucjima u elektromagnetnom spektru (EMS). Skalabilnost je postignuta podešavanjem velicine brze Furijeove transformacije, FFT (Fast Fourier Transform) razlicitim opsezima kanala radi svodenja na isti frekventni razmak između nosilaca od 10,94 kHz. Pošto su širina kanala nosioca i trajanje simbola isti, uticaj na više nivoe ovako skaliranog opsega je manji. Parametri SOFDMA prikazani su u tabeli. Opsezi bitni za dva inicijalna profila su 5 i 10 MHz.



Parametri SOFDMA

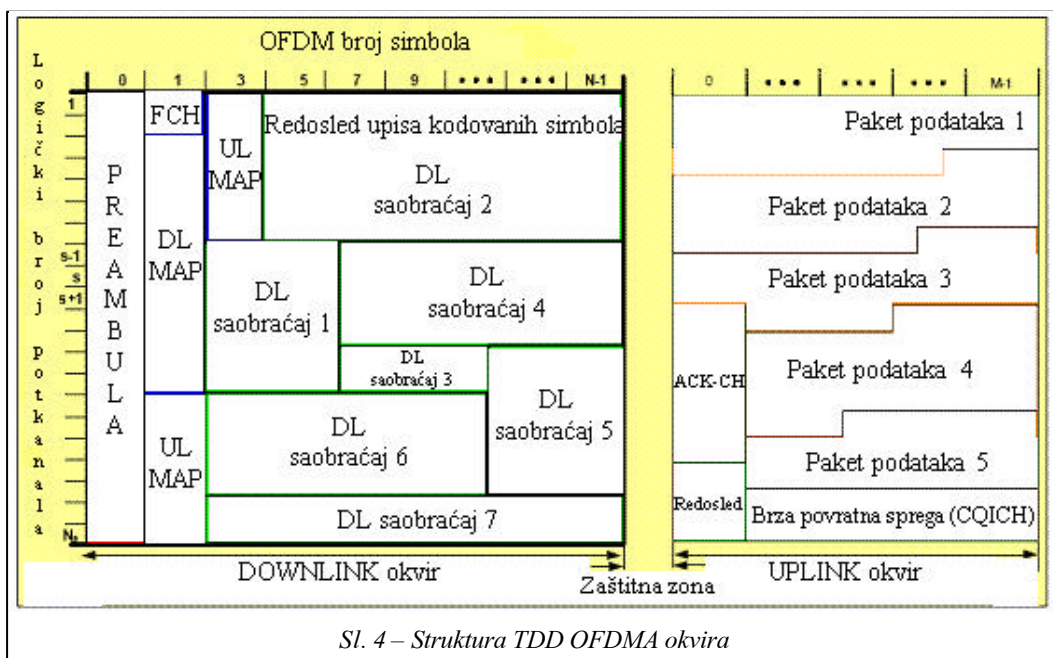
Parametri	Vrednosti			
Kanalaska širina (MHz)	1,25	5	10	20
Frekvencija semplovanja (Fp u MHz)	1,4	5,6	11,2	22,4
Velicina FFT-a	128	512	1024	2048
Broj potkanala	2	8	16	32
Razmak između nosilaca	10,94 kHz			
Vreme trajanja simbola sa informacijom	91,4 ms			
Vreme razdvajanja	11,4 ms			
Trajanje OFDMA simbola	102,9 ms			
Broj OFDMA simbola (u frejmu od 5 ms)	48			

Struktura vremenskog multipleksa

Fizicki sloj 802.16e standarda podržava TDD (Time Division Duplex), pun ili poludupleks FDD (Frequency Division Duplex). U kategoriji mobilnog WiMAX-a uzima se TDD kao jedino rešenje. Opciono ce FDD biti uveden za kori-

snike u ciji zemljama regulativama nije obuhvacen TDD ili je korišćenje FDD-a prihvatljivije. Jedna od najbitnijih pretpostavki korišćenja TDD-a je opšta sinhronizacija sistema, ali, i pored takvih zahteva, TDD je pokazao preimucstvo nad FDD-om zbog sledećih osobina:

- TDD dozvoljava asimetričnost protoka uplink/downlink, dok FDD ima fiksni i u principu jednak protok po uplinku i downlinku;
- TDD obezbeđuje recipročnost kanala radi adaptiranja na trenutne uslove propagacije, što omogućuje MIMO i ostale tehnologije antenskih sistema;
- za razliku od FDD-a, kojem su potrebna dva kanala, TDD-u je potreban jedan kanal za downlink i uplink, što izuzetno olakšava adaptaciju na zahteve iskorisćenosti EMS-a;
- primopredajnici koji podržavaju TDD umnogome su jednostavnije konstrukcije od onih koji koriste FDD.



Sl. 4 – Struktura TDD OFDMA okvira

Slika 4 ilustruje strukturu TDD rama. Svaki ram je podeljen na DL i UL podramove razdvojene razmacima predaja/prijem i prijem/predaja koji sprecajaju medusobnu koliziju. Kontrolne informacije su deo rama koji obezbeduje optimalne uslove za opšte izvršavanje operacija. Cine ih:

- preambula, koja predstavlja prvi OFDM simbol rama i omogucava sinhronizaciju;

- zaglavlje za kontrolu rama (Frame Control Header – FCH), koje prati preambulu i nosi informaciju o dužini u protokolu za pristup medijumu, MAP (Media Access Protocol) poruke, šemi kodiranja i mogucnostima korišćenja nosilaca;

- DL-MAP i UL-MAP koji sadrže informaciju o dodeli nosilaca i drugim kontrolnim informacijama u DL i UL podramu, respektivno;

- UL ranging kanal koji je dodeljen mobilnoj stanici radi provere frekvencije, napajanja i potreba za opsegom;

- UL CQICH (Channel Quality Identification Control Header) kanal koji se dodeljuje mobilnoj stanici radi povratne informacije baznoj stanici o stanju kanala;

- UL ACK (Acknowledge), koji služi mobilnoj stanici za potvrdu primljene informacije.

#### *Ostale opcije i mogucnosti fizickog sloja*

Adaptivna modulacija i kodiranje, AMC (Adaptive Modulation and Coding), hibridni automatski zahtev za potvrdom prijema, HARQ (Hybrid Automatics Request) i brz izveštaj o stanju kanala (CQICH) neke su od mogucnosti mobilnog WiMAX-a, posebno važne za mobilne aplikacije.

HARQ je osmišljen tako da koristi „Stop and Wait“ (zastani i pricekaj) protokol koji omogucava brzo ispravljanje paketskih grešaka i održavanje veze na ivici celije.

Saobracaj DL može koristiti kvadraturnu modulaciju sa faznim pomakom, QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), kvadraturnu amplitudnu modulaciju 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) i 64QAM, dok je kod UL-a 64QAM opciona vrsta modulacije.

Konvolucionni kod (CC) i konvolucionni turbo kod (CTC) sa svojim mogucnostima promenljive kodne brzine takode su ukljuceni u mobilni WiMAX. Na osnovu plana bazne stanice (scheduler) za svakog korisnika posebno se sacinjava profil paketskog prenosa na osnovu velicine *buffer* memorije, uslova propagacije, vrste prijemnika, itd. Indikator kvaliteta kanala, CQI (Channel Quality Identification) koristi se radi planiranja ostvarivanja konekcije sa svakim korisnikom pojedinačno na osnovu informacije dobijene o stanju korisnickog kanala. Mogucnost programiranja retransmisije medu baznim stanicama omogucava da se plan raspodelje resursa na baznoj stanici rastereti. AMC podržava adaptaciju kanala i pri brzinama od 120 km/h, što predstavlja dodatnu opciju.

#### **Opis sloja za kontrolu pristupa medijumu MAC (Media Access Control)**

Standard 802.16 razvijen je kao polazna osnova za omogucavanje širokopoljnih servisa, kao što su prenos glasa, podataka i pokretne slike. Sloj MAC ba-

ziran je na specifikaciji usluga prenosa podataka preko kabla, DOCSIS (Data-over-Cable Service Interface Specifications) standardu i dozvoljava paketski prenos podataka sa veoma velikim protokom. Istovremeno je omogućen prenos pokretne slike i govora osetljivog na kašnjenje po istom kanalu.

Resursi koje MAC plan raspodele dodeli terminalu mogu varirati od jednog vremenskog slota do citavog frejma, omogućavajući korisnicima veoma velik i dinamičan opseg protoka, u zavisnosti od potreba terminala u određenom trenutku. S obzirom na to da se informacija o zahtevanim resursima nalazi na početku svakog frejma (rama), plan raspodele može uspešno promeniti dodelu resursa na „frame-by-frame“ (frejm po frejm) bazi, da bi adaptirao saobraćaj kako ne bi došlo do zagušenja.

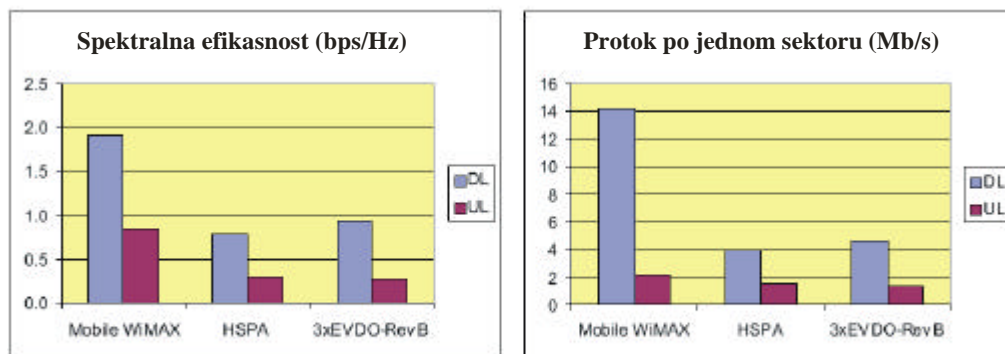
#### *Kvalitet servisa (QoS)*

Pošto kanali mobilnog WiMAX-a imaju velike brzine protoka, simetričan downlink/uplink kapacitet i fleksibilan mehanizam dodele resursa korisnicima, sa sigurnošću se može tvrditi da se QoS

uslovi mogu ispuniti u širokoj oblasti servisa i aplikacija.

Kod mobilnog WiMAX-a QoS je izveden kroz sam tok servisa. To je neupucen tok paketa podržanih pojedinim QoS parametrima. Pre odlucivanja za konkretan tip servisa, bazna stanica i korisnički terminal, uz pomoc svojih MAC slojeva, ostvaruju neupucen logicki link – konekciju. Zatim se, uz pomoc bazne stanice, uspostavlja paketski prenos u vidu toka servisa koji biva dostavljen korisniku preko konekcije. Parametri QoS, vezani za tok podataka, definišu pravila transmisije i plana raspodele interfejsa za radio-vezu. Usmereni na konekciju oni upravljaju ovim interfejsom. Pošto radio-interfejs po svojim opštim karakteristikama predstavlja usko grlo, QoS parametri konekcije uspešno omogućavaju kontrolu kvaliteta veze s kraja na kraj. Parametri toka servisa se u toku veze uspešno mogu adaptirati na dinamicne promene zahvaljujuci MAC porukama. QoS baziran na toku servisa kontroliše kvalitet uplink-a i downlink-a respektivno.

Da bi se uspešno uporedile tri tehnologije kao što su mobilni WiMAX, GSM povecanog kapaciteta sa novim standardi-



Sl. 5 – Poređenje spektralne efikasnosti i protoka po jednom sektoru HSPA, EVDO-Rev B i mobilnog WiMAX-a pod istim uslovima saobraćaja

ma i GSM sa pristupom paketima velike brzine HSPA, izvršeno je poređenje propusne moci i spektralne efikasnosti na osnovu uobicajenog seta parametara.

Slika 5 pokazuje da mobilni WiMAX ima određene prednosti nad 3G mobilnim sistemima u pogledu spektralne efikasnosti i propusne moci, kako u DL-u, tako i u UL-u [2]. Spektralna efikasnost za jedan telefonski kanal opsega 3 kHz kod WiMAX iznosi 5,7 kb/s (3000 Hz x 1,9 bps/Hz), dok kod 3 x EVDO-Rev B iznosi 2,7 kb/s (3000 Hz x 0,9 kps/Hz).

### Zaključak

Za razliku od 3G sistema baziranih na CDMA, koji su namenjeni isključivo za prenos govora, mobilni WiMAX omogućava prenos široke palete ostalih širokopojasnih servisa, kao što su podaci, pokretna slika i dr. Visoki protoci omogućavaju bolje multipleksiranje i manje kašnjenje, što je neophodno radi kvalitetnog prenosa govora (VoIP). Ovakvim karakteristikama mobilni WiMAX pruža isti kvalitet usluga kao i kablovski ili DSL (Digital Subscriber line) pristup, tako da omogućava servis, kao što je real-time interaktivno delovanje, što je vrlo bitno sa aspekta komandovanja u kriznim situacijama.

Fizicki sloj mobilnog WiMAX sistema baziran je na OFDMA tehnologiji. Ovakav način ostvarivanja modulacije i multipleksiranja, pored male složenosti, omogućava i:

- otpornost na višestruko prostiranje i interferenciju;
- skalabilan opseg kanala;
- ortogonalan višestruki pristup u uplinku;

- podržavanje spektralno vrlo efikasnog TDD;
- plansko raspoređivanje frekvencija u upotrebi;
- dobar kvalitet servisa (QoS);
- naprednu tehnologiju izrade antenskih sistema.

Da bi sistem veza mogao da funkcioniše u vanrednim prilikama i u ratu, moraju im se obezbediti neophodni i realni uslovi u okruženju i unutar sistema. Osnovni uslov je pravilno određen i definisan cilj koji se želi postići funkcionisanjem tog sistema. Složeni sistemi, kakav je sistem veza, imaju kompleksne ciljeve. Sistem mora imati punu potvrdu okruženja o neophodnosti postojanja i uspešnog funkcionisanja. U protivnom, ne bi opstao.

Bitan uslov je da sistem veza svojom organizacijom i funkcionisanjem zadovolji princip prilagodljivosti sa drugim sistemima koji izvršavaju slične funkcije. Kompatibilnost sistema obezbeđuje njihovo međusobno povezivanje, otklanjanje pojedinačnih propusta i dopunjavanje funkcija.

Na osnovu dosadašnje analize dva vrlo slična sistema dolazi se do zaključka da je neophodno da se Srbija, kao zemlja u tranziciji, opredeli za najkvalitetniji i najjeftiniji način modernizacije svog sistema veza. U pogledu samih karakteristika, mobilni sistem 3G, koji je hipotetički kod nas već zaživeo, pruža veoma kvalitetne servise koji bi se mogli uspešno eksploatirati kako u redovnim, tako i u vanrednim situacijama. Nasuprot nedovršene celokupne infrastrukture ovog sistema u zemlji, kao rešenje nameće se uvođenje mobilnog sistema WiMAX koji bi rešio problem dostizanja potrebnog nivoa bežičnog ostvarivanja vrlo sigurnih veza, na širokim prostranstvima, gde nije potrebna ka-

blovska infrastruktura. Sagledavši sve aspekte samih karakteristika oba sistema, može se zaključiti da WiMAX pruža bolje mogućnosti. Zato bi bilo potrebno da mobilni WiMAX, kao zajedničko rešenje za mobilne i fiksne ucesnike, na širokom prostoru putem radio-talasa i sa veoma fleksibilnom arhitekturom, pruži potreban značaj sistemu veza.

*Literatura:*

- [1] Lazarevic, M.: Organizacija sistema veza u državnoj zajednici Srbija i Crna Gora, Vojna akademija, Beograd, 2006.
- [2] Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, WiMAX Forum, 2006.
- [3] Yagoobi, H.: Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 Wireless MAN, Intel Technology Journal, Vol 08, 2004.
- [4] Stojanovic, M.; Lazovic, S.: Implementacija kvaliteta servisa u multiservisnim IP mrežama, Zbornik radova PosTel 2004, Beograd, 2004.
- [5] WiMAX Forum, Applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX networks final, 2005. [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)

**Dobrivoje Vulicevic,**  
poručnik, dipl. inž.  
Vojna akademija – Odsek logistike,  
Beograd  
**mr Dušan Bobić,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Uprava za školstvo – Sektor za ljudske  
resurse MO,  
Beograd

## SOFTVERSKO REŠENJE ZA PLANIRANJE NASTAVNOG PROCESA U VISOKOŠKOLSKIM USTANOVAMA

UDC: 004.4 : 378.1

### Rezime:

*Planiranje nastavnog procesa u visokoškolskim ustanovama je veoma složen proces. U osnovi, planiranje nastavnog procesa za jednu školsku godinu obuhvata izradu rasporeda časova i planiranje ispitnih rokova. U radu je predstavljen informacioni sistem za automatizaciju planiranja rasporeda časova i ispitnih rokova koji obuhvata dva softverska rešenja. Softverska rešenja omogućavaju unos i cuvanje svih relevantnih podataka o predmetima, ispitima, nastavnicima, nastavnim grupama, specijalnostima, terminima ispita (datumima), brojom stanju grupa, prostorijama (ucionice, laboratorije) i brzu izradu potrebnih izveštaja prema korisnicima. Softverska rešenja obuhvataju bazu podataka projektovanu na platformi „Microsoft SQL Server 2000“ i korisnicki interfejs projektovan alatom „Microsoft Access 2000“.*

*Ključne reči: raspored časova, plan ispita, informacioni sistem, softver.*

---

## SOFTWARE SOLUTION FOR PLANNING TIME TABLES AND EXAM TERMS IN THE HIGH EDUCATIONAL INSTITUTIONS

### Summary:

*Planning time tables and exam terms in the high educational institutions is very complex and tiresome process. This paper presents information system for automatization of planning time tables and exam terms. Software provides input and saving of all relevant data concerning subjects, teachers, exams, terms (dates), specialities, student groups and quick presentation of different report types about time tables and exam terms. The software solution involves data base designed on „Microsoft SQL Server 2000“ platform and user interface coded using „Microsoft Access 2000“.*

*Key words: time table, exam term, information system, software.*

---

### Uvod

Jedan od bitnih zadataka koje realizuje nastavno odeljenje visokoškolske ustanove jeste planiranje i izrada rasporeda časova i izrada plana ispita. Struktura vojne visokoškolske ustanove, kao što je Vojna akademija, veoma je složena i predstavlja skup fakulteta različitih usmerenja. Školovanje traje četiri ili pet godina, a da bi student uspešno završio školovanje treba da položi prosečno 52

ispita. Semestralno za jednu nastavnu grupu planira se od sedam do devet predmeta. Pojedine predmete sluša više nastavnih grupa istovremeno. Prema Nastavnom planu i programu ukupan broj predmeta za pojedine specijalnosti premašuje 500 (za ukupno vreme školovanja). U jednom semestru planiranje nastavnog procesa, kroz izradu rasporeda časova i planiranje ispitnih rokova, obuhvata u proseku više od 100 različitih predmeta. Planom je potrebno predvideti

termine realizacije predmeta, termine polaganja ispita (pismeni i usmeni deo), nastavnu grupu (smer, godinu školovanja, klasu i specijalnost), predmet, nastavnika, prostoriju za realizaciju nastave i ispita i brojno stanje slušalaca, odnosno broj prijavljenih kandidata za ispit.

Dosadašnje rešenje planiranja nastavnog procesa zasnivalo se na izradi rasporeda časova i plana ispita, popunjavanjem obrazaca izrađenih u programu Microsoft Word. Ovakav pristup imao je niz nedostataka zbog izuzetno teškog generisanja odgovarajućih izveštaja, velikog angažovanja planskog organa, nemogućnosti automatske validacije unetih podataka i velike mogućnosti nastanka greške.

U radu je predstavljeno softversko rešenje za planiranje i izradu rasporeda časova i ispitnih rokova. Softver omogućuje, nakon unosa relevantnih podataka, lako i brzo kreiranje izveštaja prema korisnicima, praćenje realizacije nastave i ispita, ažuriranje podataka, automatsku proveru podataka otkrivanjem eventualnih grešaka nastalih u planiranju i jednostavno kreiranje podloge za izradu rasporeda i plana ispita u narednom semestru ili školskoj godini.

### **Analiza problema**

Izrada rasporeda časova i plana ispita popunjavanjem obrazaca izrađenih u programu Microsoft Word zahteva neprekidan unos svakog pojedinačnog podatka i stalnu proveru podataka iz nastavne dokumentacije i evidencije studentske službe. Značajnu poteškocu predstavljaju i naknadne izmene rasporeda časova i plana ispita, što je posledica dodatnih zahteva učesnika u realizaciji nastave i ispita.

Dosadašnji način rada zahtevao je prekrajanje i ponovno uskladjivanje termina (vodeci računa da ne dođe do preklapanja, odnosno istovremenog planiranja dva predmeta u istoj prostoriji ili istovremeno planiranje jednog nastavnika u različitim grupama, kao i planiranja dva ispita istog datuma, itd.), uz višednevni rad referenata u nastavnom odeljenju. Pošto se svi navedeni problemi nisu mogli uspešno rešiti modifikovanjem postojećeg rešenja, odlučeno je da se pristupi projektovanju informacionog sistema koji će omogućiti izradu rasporeda časova i plana ispita, tako što će se kroz izradu baze podataka automatizovati sledeći procesi:

- unošenje podataka o predmetima (predavanja, vežbe, fond) po smerovima i specijalnostima (NPP) i unošenje podataka o nastavnicima (organizaciona jedinica, predmet), uz maksimalno smanjenje mogućnosti nastanka greške, kao posledice ljudskog faktora;

- unošenje podataka o smerovima, nastavnim grupama, specijalnostima, brojnom stanju, prostorijama i dr.;

- unošenje podataka o terminima realizacije predmeta;

- unošenje podataka o terminima održavanja ispita;

- izrada, ažuriranje i štampanje svih potrebnih izveštaja prema korisnicima (za smer, nastavnu grupu, nastavnika, podanika, terminima itd.);

- kreiranje polazne osnove rasporeda časova i plana ispita za naredni semestar (zimski ili letnji) ili školsku godinu, na osnovu podataka iz prethodnog (bez termina za plan ispita);

- automatska provera ispravnosti unetih podataka (o preklapanju prostorija, predmeta, nastavnika i dr.).

Informacioni sistem zamišljen je tako da radi u mrežnom okruženju i da podržava više razlicitih nivoa prava pristupa podacima.

Nakon definisanja prava pristupa pristupilo se izradi modela podataka. U ovoj fazi narocito je trebalo obratiti pažnju na univerzalnost modela i mogućnosti nje govog proširenja. Informacioni sistem za planiranje rasporeda casova i izradu plana ispita automatizuje samo deo poslova nastavnog organa.

### **Model podataka i predložena arhitektura sistema**

Za izradu modela podataka softverskih rešenja korišćen je CASE alat ERwin zbog svoje rasprostranjenosti i mogućnosti automatskog generisanja baze podataka iz projektovanog modela. Logicki model podataka za softver raspored casova prikazan je na slici 1.

Model podataka sacinjen je tako da omogućava maksimalnu efikasnost pri generisanju svih potrebnih izveštaja vezanih za raspored casova. Kljucnu tabelu u ovom modelu (slika 1) predstavlja tabela *StavkaRasporeda* koja sadrži sve relevantne podatke bitne za jedan cas (predmet koji se sluša, obrazovni profil koji ga sluša, nastavnik koji predaje, termin i prostorija).

Logicki model podataka za softver plan ispita prikazan je na slici 2.

Kljucnu tabelu u modelu podataka za softver plan ispita (slika 2) predstavlja tabela *Ispit* koja sadrži sve relevantne podatke bitne za planiranje ispita u određenom ispitnom roku (predmet koji se pola-

že, nastavne grupe koje polažu, predmetni nastavnik, datumi polaganja ispita, itd.).

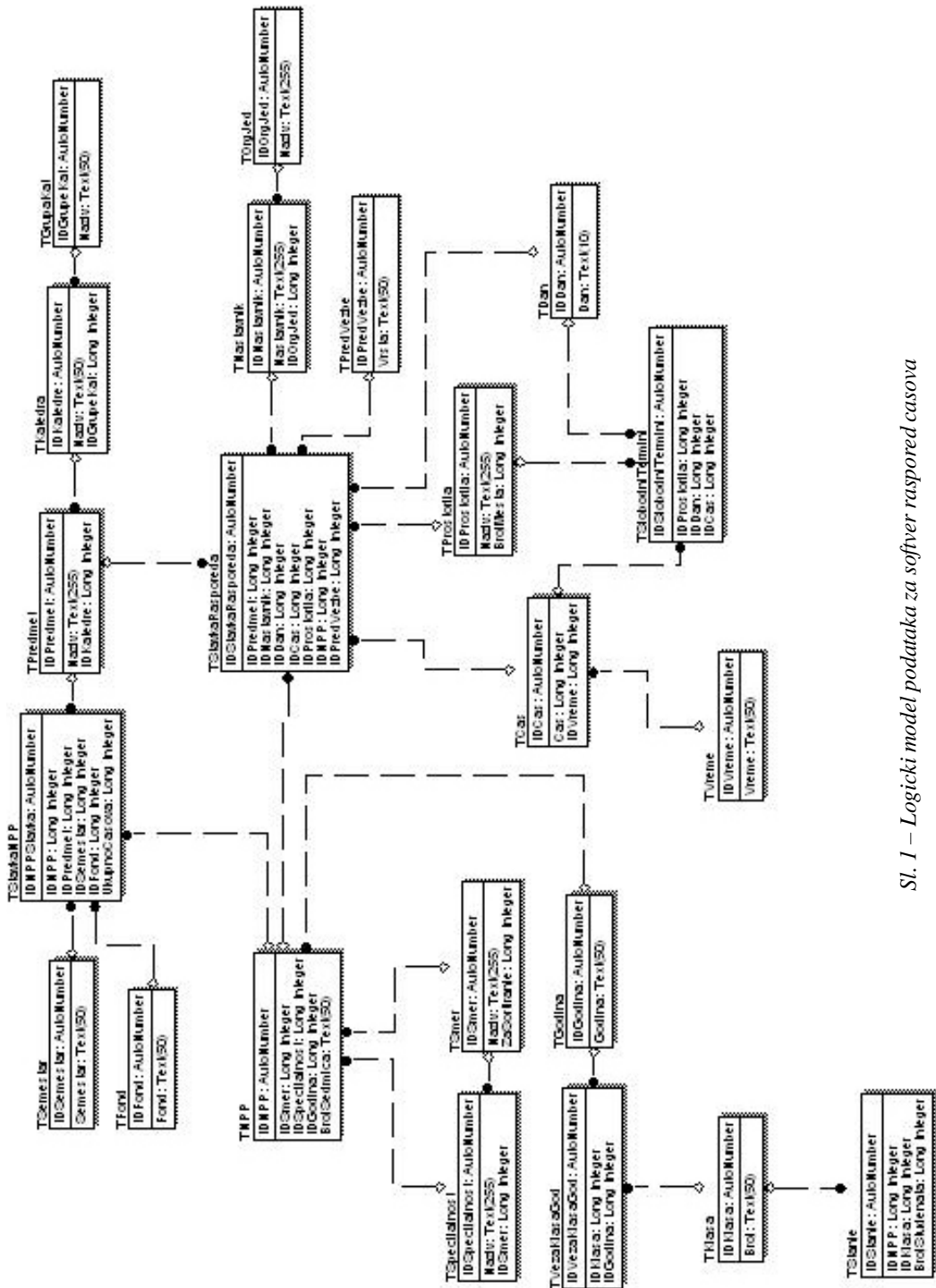
Svi ovi atributi se kao strani ključevi prenose iz ostalih tabela, takozvanih šifarnika. Na taj način obezbedeno je da se generisanje jednog termina za predavanje ili ispit vrši samo izborom željenih podataka iz liste ponudjenih, čime je maksimalno smanjena mogućnost nastanka greške usled pogrešnog unosa.

Problem koji se ja vio pri izradi modela podataka kod oba softvera je suviše struke međusobne zavisnosti koje postoje između nastavnih grupa razlicitih smerova, godina školovanja i specijalnosti. Nakon detaljne analize zahteva buducih korisnika informacionog sistema i tendencija razvoja školstva, usvojena je organizacija modela podataka prikazana na slikama 1 i 2. Pojedini smerovi ne moraju imati na školovanju sve postojeće specijalnosti, a neki, u zavisnosti od svoje organizacijsko-formacijske strukture, ne moraju imati ni citavu godinu školovanja (kla su studenata).

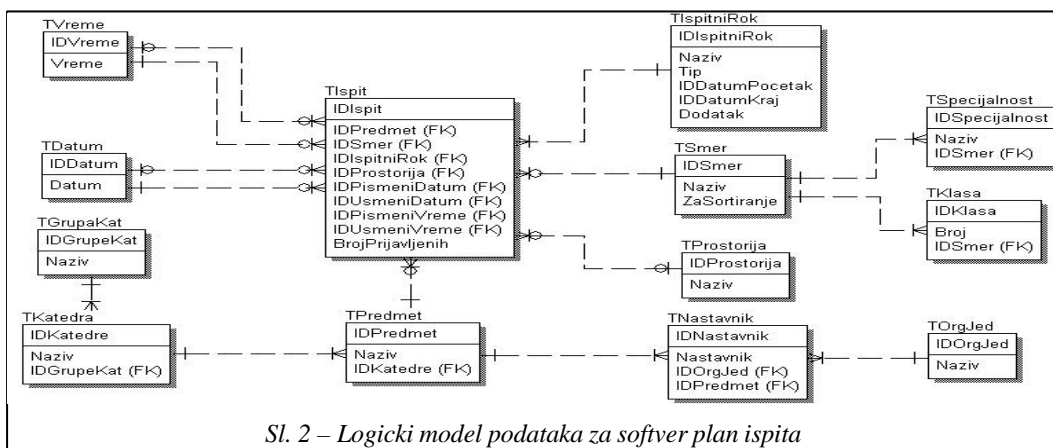
Tabele *Katedra* i *OrgJed* (slike 1 i 2) uvedene su da bi se omogućilo grupisanje nastavnika koji izvode nastavu u dve grupe: nastavnici sa katedri visokoškolske ustanove koja je nosilac realizacije nastave i ispita i spoljni saradnici koji se angažuju preko drugih visokoškolskih ustanova (fakulteta Beogradskog univerziteta, Ministarstva odbrane ili iz jedinica Vojske Srbije).

Na taj način omogućeno je la ko i selektivno generisanje izveštaja o nastavnim obavezama u predstojećem semestru i njihovo bla govremeno dostavljanje svakoj pojedinačnoj organizacionoj jedinici nastavnici realizuju nastavu i ispite.





Sl. 1 – Logički model podataka za softver raspored casovna



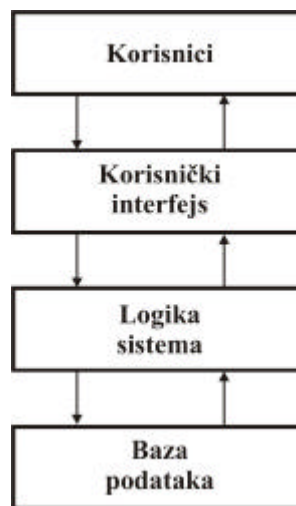
Sl. 2 – Logicki model podataka za softver plan ispita

Za implementaciju informatickog rešenja oba softvera izabrana je troslojna arhitektura sistema, prikazana na slici 3.

Nakon izrade modela podataka pristupilo se generisanju baze podataka u kojoj ce se pohranjivati svi buduci podaci. Kao sistem za upravljanje bazom podataka (server baze podataka) izabran je Microsoft SQL Server 2000. Razlozi za ovakav izbor bili su višestruki. SQL Server je alat koji je najrasprostranjeniji u Vojski Srbije, a izucava se i u okviru kursa na redovnim studijama na smeru službe informatike. S obzirom na to da se jedne školske godine planira nastava za jednu grupu specijalnosti, dok se naredne javlja potreba planiranja nastave za neke druge specijalnosti, odnosno da jedna školska godina ima šest redovnih i tri vanredna ispitna roka, kolicina podataka koja se javlja može da prevaziđe mogućnosti nekih skromnijih alata, kao što je Microsoft Access. Na kraju, generisanje baze podataka je izuzetno efikasno realizovano, zbog mogućnosti automatskog kreiranja tabela u SQL Serveru iz modela podataka sacinjelog u Erwinu.

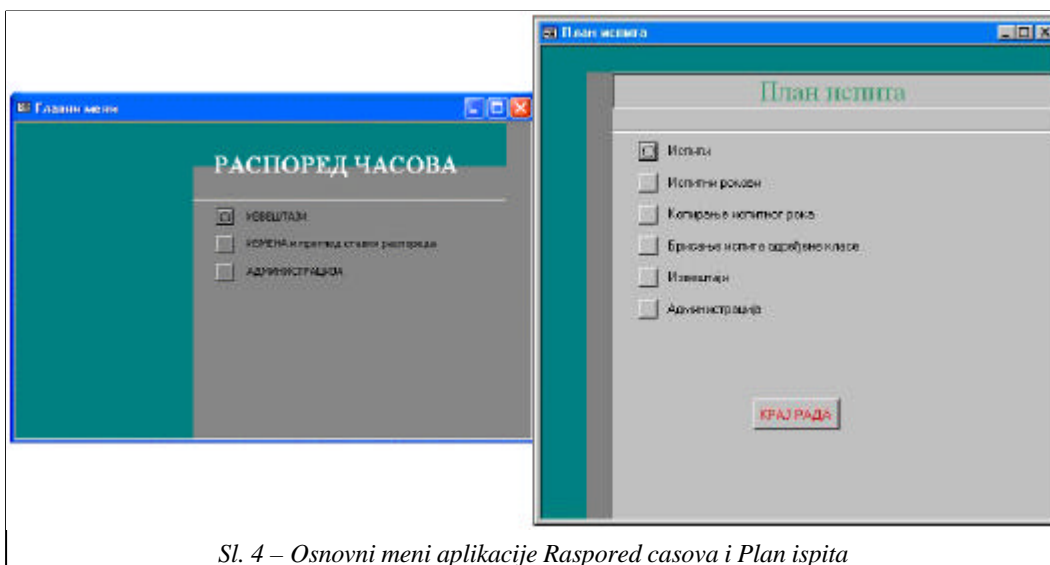
Pošto je generisana baza podataka, za izradu korisnickog interfejsa izabran je Microsoft Access 2000 i pristupilo se izradi Data Projecta<sup>1</sup>, koji ce se koristiti za manipulaciju podacima, kao i za prikazivanje izveštaja. Odmah nakon završetka ove faze projekta poceo je unos test-podataka i popunjavanje šifarnika.

Implementacija logike sistema vecim delom je realizovana na samom ser-



Sl. 3 – Troslojna arhitektura sistema

<sup>1</sup> Projekat napravljen u Microsoft Acces-u koji manipuliše vec postojećim podacima generisanim u nekom drugom SUBP.



Sl. 4 – Osnovni meni aplikacije Raspored casova i Plan ispita

veru baze podataka, izradom usklađivanih procedura i funkcija, a manji deo je implementiran VBA<sup>2</sup> kodom ugrađenim u korisnicki interfejs. Korisnik aplikacija serveru baze podataka šalje zahtev za određenim podacima, server vrši obradu podataka iz baze i korisniku šalje rezultate te obrade. Na ovaj način optimizovan je i ubrzan rad celog sistema kroz bitno smanjenje količine podataka koji se prenose kroz mrežu.

### Prikaz implementiranih rešenja

Pri pokretanju aplikacija vrši se prijavljivanje korisnika za rad, pri čemu mu se dodeljuje jedan od četiri definisana nivoa prava pristupa podacima. Nakon uspešnog prijavljivanja pojavljuje se osnovna forma aplikacije sa spiskom dostupnih akcija koje korisnik može da izvrši i podmenija kojima se može pristupiti u skladu sa definisanim pravima pristupa.

<sup>2</sup> Visual Basic for Applications – programski jezik koji se koristi u alatima paketa Microsoft Office.

Korisnici interfejs softverskih rešenja (slika 4) veoma je jednostavan i intuitivan, pa njegova upotreba ne zahteva posebnu obuku korisnika.

Ključne stavke menija rasporeda casova su *izveštaji i izmena i pregled stavki rasporeda* preko kojih se direktno pristupa rasporedu za određeni obrazovni profil, odnosno formi za ažuriranje, pregled i unošenje podataka relevantnih za raspored određenog profila.

Pristup formi za inicijalno pravljenje rasporeda smešten je u *administraciji*, dok je pristup formi za izmenu i pregled stavljen na glavni meni. Takođe, na glavni meni je stavljen pristup rasporedima, jer se tako na najbrži način kontrolišu izmene koje su obavljene preko pomenute forme.

Inicijalna izrada jedne stavke rasporeda casova vrši se izborom opcije *administracija* (slika 4), a zatim *unos stavki rasporeda*. Tada se otvori forma *Unos Stavki* (slika 6) preko koje se vrši unošenje svih relevantnih podataka izborom

neke od ponuđenih vrednosti iz padajućih lista (smer, klasa, specijalnost, nastavnik, prostorija, predmet, čas, tip casa i dan). Mogućnost pogrešnog unosa podataka maksimalno je smanjena upotrebom padajućih lista. Podaci kojima se popunjava svaka od ovih lista direktno zavise od svih prethodno unetih podataka na formi. U listi *Nastavnik* nalazice se samo oni nastavnici koji realizuju izabrani predmet.

Izgled gotovog rasporeda za jednu nastavnu grupu prikazan je na slici 7. U datom prikazu jednoznacno je dat termin (dan, čas), naziv predmeta, nastavnik, mesto izvođenja i tip casa. U slučaju da se neki predmet izvodi u neparnoj ili parnoj sedmici semestra, internim dogovorom takav predmet je označen jednom (neparna sedmica) ili sa dve (parna sedmica) zvezdice.

Ključne stavke menija Plana ispita su *Ispiti* i *Ispitni rokovi* preko kojih se direktno pristupa formama za unošenje, pregle-

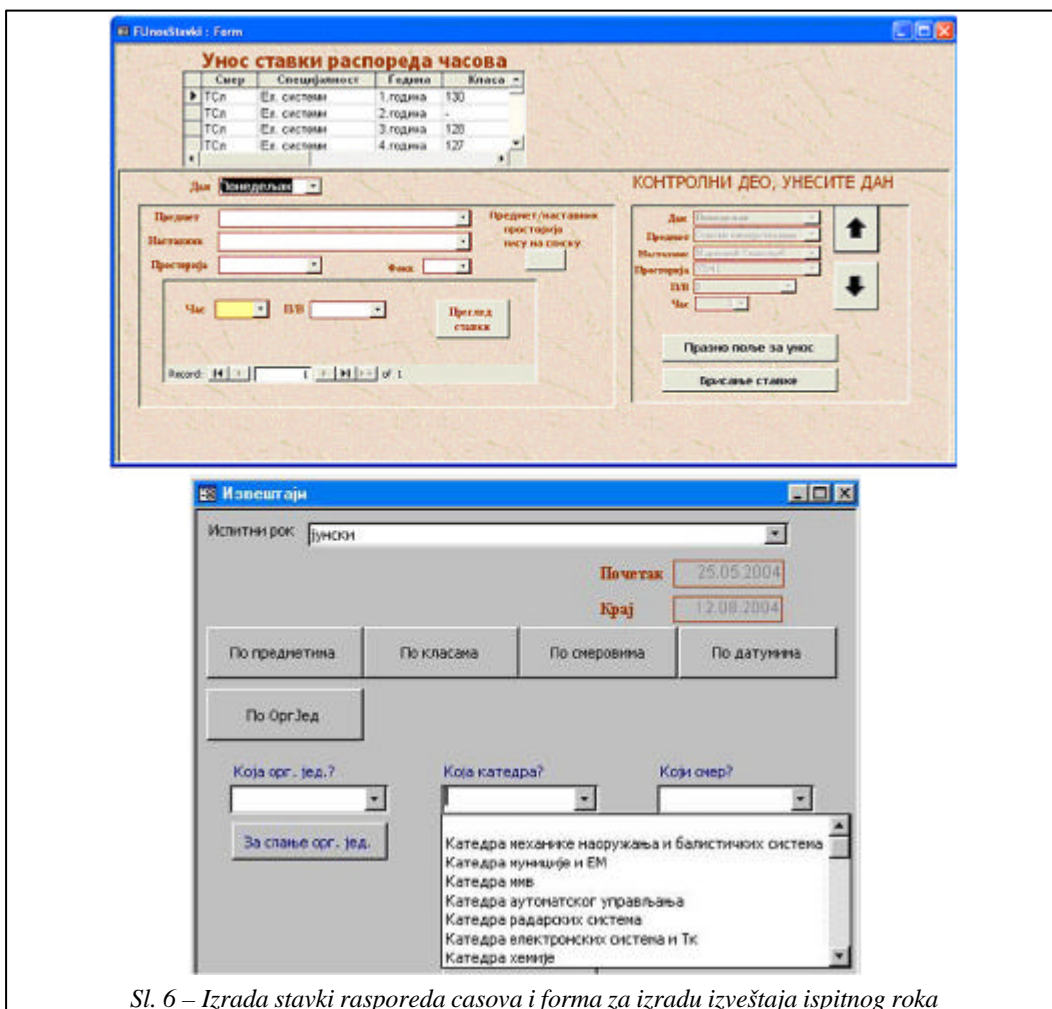
danje i ažuriranje podataka relevantnih za planiranje ispitnog roka. Unos jednog termina za polaganje ispita vrši se izborom željenog ispitnog roka i predmeta za koji se polaže ispit. Zatim se vrši unošenje svih ostalih bitnih podataka izborom neke od ponuđenih vrednosti iz padajućih lista (smer, klasa, specijalnost, nastavnik, prostorija i datumi pismenog i usmenog dela ispita) za svaku od nastavnih grupa koja treba da polaže izabrani ispit. Mogućnost pogrešnog unosa podataka maksimalno je smanjena upotrebom padajućih lista. Podaci kojima se popunjava svaka od ovih lista direktno zavise od svih prethodno unetih podataka na formi. Ako se izabere vazduhoplovnotehnički smer, za izbor klase biće ponudene samo one klase koje taj smer trenutno ima na školovanju i samo specijalnosti koje postoje za izabrani smer i nje govnu klasu. U listi *Nastavnik* nalazice se samo oni nastavnici koji realizuju izabrani predmet. Slika 5 prikazuje formu za unos podataka o ispitu.

Sl. 5 – Forma za unos podataka o ispitu sa terminima

Stavka *Kopiranje ispitnog roka* u glavnom meniju Plana ispita (slika 4) realizovana je da bi se dala podloga za pripremu i izradu novog ispitnog roka. Izvršavanjem ove akcije vrši se kopiranje svih ispita iz nekog već postojećeg ispitnog roka u novi ispitni rok, koji se planira, bez termina ispita. Na ovaj način, uz minimalne izmene, dobija se gotov obrazac Plana ispitnog roka.

Podmeni *Izveštaji* Plana ispita (slika 4) sadrži kontrole za generisanje i štampanje svih potrebnih izveštaja o ispitnom roku. Željeni podaci dobijaju se jednostavnim iz-

borom neke od ponuđenih vrednosti iz padajucih lista. Omogućeno je generisanje i štampanje kompletnih izveštaja za željeni ispitni rok (smerove, specijalnosti i klase) po nekom od kriterijuma (po predmetima, smerovima, klasama, datumima, itd.), kao i izrada parcijalnih izveštaja koji se dostavljaju određenoj organizacionoj jedinici (katedrama, fakultetima – spoljnim saradnicima, licima po ugovoru o delu i dr.). Postoji i mogućnost spajanja više ispitnih rokova u jedan izveštaj. Za takvim izveštajem može se ukazati realna potreba zbog specifičnosti



Sl. 6 – Izrada stavki rasporeda casova i forma za izradu izveštaja ispitnog roka



u gantogramu aktivnosti pojedinih godina školovanja i smerova (ispitni rokovi završne godine školovanja i ostalih godina). Forma za izbor kriterijuma na osnovu kojih se vrši generisanje iz veštaja prikazana je na sl. 6.

Dnevna realizacija ispita u vojnim visokoškolskim ustanovama prati se putem službe dežurstva. Svaka nastavna grupa, u okviru redovnog dnevnog izveštavanja, dostavlja dežurnom organu podatke o ispitima realizovanim tog dana. Dežurna služba vrši

evidenciju realizovanih ispita na vec pripremljenom obrascu (izvod iz pla na polaganja za određeni datum) i dostavlja izveštaj nastavnom organu. Izvršavanjem stavke *Spisak ispita po datumu za DOF-a* iz menija izveštaja automatski se dobija obrazac pregleda polaganja ispita za željeni datum. Ovaj obrazac sadrži spisak svih ispita koji treba da budu realizovani određenog datuma, grupisanih po nastavnim grupama. Izgled obrasca prikazan je na slici 7.

СМЕР: ТСп		Специјалност: Мотори и м/в		Година: 4. година		Класа: 127	
Понедељак		Уторак		Среда			
1 08:30-10:00	Теорија крстала м/в гук. Поповић др Зоран 05027 П	Експериментална пракса гук. Поповић др Милеј 05234 П	Теорија крстала м/в кап. Мурашић др Слава 05027 В			Хидроаеронаутика гук. Марковић 05024	
2 08:30-10:00	Теорија крстала м/в гук. Поповић др Зоран 05027 П	Експериментална пракса гук. Поповић др Милеј 05234 П	Теорија крстала м/в кап. Мурашић др Слава 05027 В			Хидроаеронаутика гук. Марковић 05024	
3 10:30-11:05	Теорија крстала м/в гук. Поповић др Зоран 05027 П	Експериментална пракса гук. Поповић др Милеј 05234 В	Теорија крстала м/в кап. Мурашић др Слава 05027 В			Технологија Живиховић I УЗ/19	
4 11:10-11:55	Теорија крстала м/в гук. Поповић др Зоран 05027 П					Технологија Живиховић I УЗ/19	
5 12:10-13:40	Мотори СУС гук. Грађан др З. З. 05010 В	Физичка култура група наставака војне В	Технологија машинског Ташевић др Љубодраг УЗ/19 П			Питање и одговор Вурић 05019	
6 12:10-13:40	Мотори СУС гук. Грађан др З. З. 05010 В	Физичка култура група наставака војне В	Технологија машинског Ташевић др Љубодраг УЗ/19 П			Питање и одговор Вурић 05019	
7	Мотори СУС гук. Грађан др З. З.		Технологија машинског Ташевић др Љубодраг			Питање и одговор Вурић	

ПРЕГЛЕД ПОЛАГАЊА ИСПИТНОГ РОКА ШКОЛСКЕ 2004/2005. ГОДИНЕ							08.04.2005			
класа / специј.	ПРЕДМЕТ	Пријављено	Положено	Положено	Структура позитивних оцена					Није полагало
					6	7	8	9	10	
<b>ТЕХНИЧКА СЛУЖБА</b>										
1	125	Мерења на моторима и м/в Мотори и м/в	9							05026
2	128	Механика 4 Напредна	6							05009
3	129	Механика 1 Мотори и м/в	4							05148
<b>ВАЗДУХОПЛОВНОТЕХНИЧКА СЛУЖБА</b>										
1	126	Поузданост и ефикасност Возач	9							УЗ/26
<b>С.П. СЛУЖБЕ</b>										
1	129	Војна топографија Информатика	12							УЗ/42

**НАПОМЕНА:** Овај план служи за извештавање о одржаним испитима.

**ДЕЖУРНИ**

Sl. 7 – Prikaz dela rasporeda casova i pregled polaganja ispita za određeni datum

Aplikacija rasporeda casova na jednostavan način prikazuje greške koje se mogu javiti pri planiranju rasporeda. Jedna od najčešćih može da bude da se u istom terminu isplaniraju predavanja ili vežbe dva različita predmeta (slika 8). U

tom slučaju, kao što je to prikazano na slici, jednostavno treba obrisati jedan od predmeta (u ovom slučaju mehaniku 5, sredi 2. cas).

Vec je objašnjeno koliko je sam proces planiranja ispitnog roka složen i

Уторак		Среда		Четвртак	
Механика флуида Црнојевић др Цветко 05.04.7 П	Механика флуида Петров У9/19 В	Контролно др. Пуцара Милош У9/А3 П	Механика флуида Петров У9/19 В	Контролно др. Пуцара Милош У9/А3 П	
Механика флуида Црнојевић др Цветко 05.04.7 П	Механика 5 Обрадовић др Александар 05.00.7 П Механика флуида Петров У9/19 В	Контролно др. Пуцара Милош У9/А3 П	Механика 5 Обрадовић др Александар 05.04.7 П		
Контролно Мех.флуидс+ У9/А3 В	Механика 5 Обрадовић др Александар 05.04.7 П		Механика 5 Обрадовић др Александар 05.04.7 П		
Контролно Мех.флуидс+ У9/А3 В	Механика 5 Обрадовић др Александар 05.04.7 П				

Извод из Плана полагања испита студената у јануарско-фебруарском испитном року у периоду од 24.01.2005 до 18.02.2005

Назив предмета	Наставник	Почетак	Крај	Ученик	Време	Смер	Класа	Специјалне	Прој.	Просторија
<b>МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ</b>										
<i>Аеродинамика</i>	<i>Петров др Славо</i>									11
1		02.02.2005	08.15	09.02.2005	08.15	ВТСа	125	Вид. и мотори	11	066/001
<i>Електротехника</i>	<i>Камов др Драган</i>									10
1				17.02.2005	08.15	ВТСа	126	Вид. и мотори	10	У9/26
<i>Машински материјали</i>	<i>Милошевић др Анђелка</i>									30
1				17.02.2005	08.15	МТСа	127	Бродови	11	У9/19
2				17.02.2005	08.15	ТСа	127	Мотори и в/м	11	У9/19
3				17.02.2005	08.15	ТСа	129	УС	8	У9/19
<i>Мерења на моторима и в/м</i>	<i>Петров др Милош</i>									7
1				16.01.2005	08.15	ТСа	125	Мотори и в/м	7	05/026
<i>Механика 5</i>	<i>Обрадовић др Александар</i>									11
1		05.02.2005	08.15	05.02.2005	08.15	ТСа	127	Мотори и в/м	11	05/047
<i>Механика лета</i>	<i>Рашић др Бошко</i>									11
1		07.02.2005	08.15	11.02.2005	08.15	ВТСа	125	Вид. и мотори	11	066/001
<i>Механика флуида</i>	<i>Црнојевић др Цветко</i>									28
1		31.01.2005	08.15	02.02.2005	08.15	ТСа	126	Плове и шпал	0	05/047
2		31.01.2005	08.15	02.02.2005	08.15	МТСа	127	Бродови	11	05/019
3		31.01.2005	08.15	02.02.2005	08.15	ТСа	127	Мотори и в/м	11	У9/19
<i>Отпорност материјала</i>	<i>Милошевић др Милош</i>									22
1		07.02.2005	08.15	11.02.2005	08.15	МТСа	127	Бродови	11	У9/19
2		07.02.2005	08.15	11.02.2005	08.15	ТСа	127	Мотори и в/м	11	У9/19
<i>Поузданост и ефикасност</i>	<i>Ивановић др Горан</i>									10
1				01.02.2005	08.15	ВТСа	126	Вид. и мотори	10	У9/18
<i>Техноло. зрачење летел.</i>	<i>Рашић др Бошко</i>									10

Страна 1 од 2

Sl. 8 – Nepravilno planiran 2. cas sredom i izvod iz plana polaganja ispita

dinamican. I pored višestrukih koordinacija i provera termina za realizaciju ispita, što obavlja referent u nastavnom organu, vrlo lako mogu nastati greške u samom planiranju. Posle dice tih grešaka su da određena nastavna grupa može imati planiran pismeni i usmeni deo ispita istog dana ili da jedna nastavna grupa ima dva različita ispita u jednom danu, pa čak i u isto vreme. Aplikacija mora da obezbedi otkrivanje takvih grešaka i omogući njihovo ispravljanje. Za rešenje tog problema postojale su dve mogućnosti. Prva je da aplikacija već pri izradi plana ispitnog roka onemogući unos termina za ispite koji bi narušavali konzistentnost podataka, a druga da se nakon izrade celokupnog plana, putem provere svih podataka i generisanja izveštaja, planeri upozore na kritične termine, koje zatim oni sami preplaniraju. Odlučeno je da se implementira druga mogućnost zbog veće fleksibilnosti u radu.

Po završetku izrade plana ispitnog roka izvodi iz plana šalju se svim organizacionim jedinicama, čiji pripadnici imaju ispitne obaveze u predstojećem ispitnom roku. Primer izvoda prikazan je na slici 8.

Da bi se izbegle greške pri izradi izvoda iz plana ispita, za svakog nastavnika koji se nalazi u bazi podataka mora biti definisana organizaciona jedinica kojoj pripada. Aplikacija ima mogućnost provere navedenih podataka i generisanja izveštaja sa spiskom eventualnih nastavnika za koje nisu definisane organizacione jedinice kojima pripadaju.

Sve navedene provere realizovane su u meniju izveštaja kroz stavku *Provere podataka*.

## Zaključak

U radu su predstavljena softverska rešenja za podršku planiranju nastave u visokoškolskim obrazovnim ustanovama. Rešenje je realizovano radi automatizacije u izradi plana, kreiranju izveštaja prema korisnicima (smerovima, nastavnim grupama, studentima, nastavnicima, fakultetima – spoljnim saradnicima, itd.) i automatskoj proveru ispravnosti unetih podataka. Konceptija rešenja omogucava rad u mrežnom okruženju i unos i čuvanje podataka rasporeda časova i plana ispita za sve obrazovne profile na jednom mestu.

Za implementaciju rešenja odabrane su Microsoftove tehnologije kao najrasprostranjenije i opšte prihvacene u Vojsci Srbije. Kao sistem za upravljanje bazom podataka iskorišćen je Microsoft SQL Server 2000, a za izradu korisničkog interfejsa Microsoft Access 2000. Ovakvo opredeljenje omogucava upotrebu aplikacija u svim organizacionim celinama Vojne akademije i ustanovama koje se bave visokoškolskim obrazovanjem, bez ili uz vrlo male izmene postojeće hardverske i softverske infrastrukture. Bitan opredeljujući faktor jeste i navika i iskustvo budućih korisnika u radu sa Microsoftovim tehnologijama.

Vreme potrebno za izradu rasporeda časova i plana ispita bitno je skraćeno, a kvalitet izradenih izveštaja poboljšan je automatskim otkrivanjem i lakim ispravljanjem uocenih grešaka u planiranju. Pracenje i realizacija nastave unapredeni su jednostavnom izradom izveštaja koji se blagovremeno dostavljaju svim učesnicima u procesu školovanja, kao i fakultetima Beogradskog univerziteta.



Uz stalnu saradnju sa korisnicima proces unapredenja funkcionalnosti i korisnickog interfejsa realizuje se neprekidno.

Zahvaljujuci univerzalno projektovanom modelu podataka, implementirana rešenja se, uz minimalne izmene, mogu primeniti u bilo kojoj visokoškolskoj ustanovi unutar i van Vojske Srbije.

*Literatura:*

- [1] Gun derloy, M.: SQL Server 2000, Mikro knjiga, Beograd, 2001.
- [2] Grupa autora: Maj stor za Access 2002 VBA, Kompjuter biblioteka, Cacak, 2001.
- [3] Tot, I.: Access 2000 – Skripta, Beograd, 2001.
- [4] Sceppa, D.: Programming ADO, Microsoft Press, Redmond, 2000.
- [5] Nastavni planovi i programi Odseka logistike, Vojna akademija, Beograd, 1997.

**Mr Dejan Vuletic,**  
kapetan I klase,  
Institut za strategijska istraživanja  
Beograd

## STANDARDI ZA UPRAVLJANJE SIGURNOSTU PODATAKA

UDC: 006.4 : 004.6

### Rezime:

*U radu su analizirani osnovni pojmovi vezani za upravljanje sigurnošću podataka. Ukazano je na potrebu i značaj standardizacije u oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija, naročito prema standardima Međunarodne organizacije za standardizaciju (International Standardization Organization – ISO). U završnom delu rada prikazane su proaktivne i reaktivne aktivnosti u upravljanju sigurnošću podataka.*

*Ključne reci: podaci, standardi, upravljanje sigurnošću podataka.*

---

## STANDARDS FOR MANAGEMENT DATA SECURITY

### Summary:

*In this article basic notions of management data security are analyzed. We indicated demand and importance of standardization in information-communication technology domain, especially according to International Standardization Organization. In the final part of the article we illustrated both proactive and reactive activities in management data security.*

*Key words: data, standards, management data security.*

---

### Uvod

Standardi za upravljanje sigurnošću podataka se, prema nameni, mogu podeliti na: standarde za sigurnost proizvoda, standarde za sigurnost procesa i standarde sigurnosti sistema [4].

Standardi koji osiguravaju sigurnost proizvoda definišu pravila pod kojima se može izdati sertifikat koji daje punu garanciju da je neki proizvod ili usluga sigurna. Nakon dve decenije razvoja i zajedničkih napora, pre svega Japana, SAD, Kanade, Evropske unije i međunarodne zajednice, usvojen je standard ISO/IEC 15408 (Security Evaluation Criteria).

U području standarda za sigurnost procesa najznačajniji je ISO/IEC (TR)

13335-x Uputstva za upravljanje sigurnošću informacione tehnologije (Guidelines for the Management of IT Security – GMITS). Taj standard se sastoji od niza tehničkih izveštaja koji služe kao uputstvo za implementaciju sistema upravljanja sigurnošću podataka resursa i sprovođenje postupka samoocenjivanja.

### Standardi ISO/IEC

Međunarodna organizacija za standardizaciju (International Standardization Organization – ISO) i međunarodna elektrotehnička komisija (International Electrotechnical Commission – IEC) konstituisale su združeni tehnički komitet (Joint Technical Committee – JTC),

ciji je zadatak donošenje standarda iz oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija. Britanski institut za standarde pripremio je, a ISO i IEC su usvojili međunarodni standard ISO/IEC 17799 čija je najnovija verzija objavljena 2005. godine. Očekuje se da će navedeni standard 2007. godine zameniti standard ISO 27002 [3], a predstavljaće skup pravila namenjenih obezbeđenju visokog nivoa upravljanja sigurnošću podataka (informacija).

Pored standarda ISO/IEC 17799, odnosno ISO 27002, objavljene su ili su u razvoju sledeći, sa aspekta upravljanja sigurnošću, značajni standardi:

– ISO 27001 – Information Security Management System (ISMS) requirements.

Ovaj standard objavljen je u oktobru 2005. godine, a zasnovan je na britanskom standardu BS 7799-2. Definiše zahteve koje mora da ispuni sistem za upravljanje sigurnošću podataka, da bi akreditovana organizacija mogla da ga sertifikuje [2];

– ISO 27004 – Information Security Management Metrics and Measurement.

Ovaj standard je još uvek u razvoju i očekuje se da će biti objavljen 2007. godine. Treba da pomogne organizacijama u merenju i izveštavanju o efikasnosti njihovih sistema za upravljanje sigurnošću podataka obuhvaćenih postupcima upravljanja sigurnošću (definisanih u ISO 27001) i kontrolama (obuhvaćenih u ISO 27002);

– ISO 27005 – Information Security Risk Management.

Očekuje se da će biti objavljen 2008. ili 2009. godine. Zasniće se na britanskom standardu BS 7799-3, koji je objavljen u martu 2006. godine. Ovaj

standard će obuhvatati procenu rizika, sprovođenje odgovarajućih kontrola, nadgledanje i ponovnu procenu rizika u toku rada ili periodično, održavanje i stalno unapređenje sistema kontrole i drugo.

Model sistema upravljanja sigurnošću podataka, koji podržava standard ISO/IEC 17799 primenljiv je za organizacije svih tipova i velicina, a može se prilagoditi različitim geografskim, kulturnim i socijalnim uslovima. Ovaj standard za dovoljava potrebe različitih organizacija širom sveta, osiguravajući im zajednički okvir za bavljenje pitanjima u vezi sa sigurnošću podataka [4].

Standard ISO/IEC 17799 bavi se problematikom definisanja politike sigurnosti i primene opšte dobre prakse upravljanja sigurnošću podataka. Termin „politika računarske sigurnosti“ definiše se kao direktiva rukovodstva da se formira plan zaštite podataka, utvrde ciljevi i odrede odgovornosti [8]. Taj standard pruža dragocenu pomoć kao pregled visokog nivoa koji menadžmentu kompanije omogućava da sagleda i razume problematiku upravljanja sigurnošću podataka u sopstvenoj organizaciji [4].

Upravljanje sigurnošću podataka u računarskim sistemima može se, uslovno, podeliti na dva dela – proaktivno i reaktivno delovanje.

Proaktivnim delovanjem se, preventivno, omogućava, otežava ili sprečava neovlašćenim licima da dođu do sadržine podataka ili dokumenata.

Reaktivnim delovanjem obezbeđuje se da sistem povрати osnovne servise (određene nivoje integriteta, poverljivosti, performansi i drugih kvalitativnih svojstava).

## Proaktivno delovanje

Najbolji metod eliminisanja ili ublažavanja rizika jeste proaktivno delovanje koje se obezbeduje višestrukim sferama.

Model ešelonirane višeslojne zaštite podataka realizuje se modelom zaštitnih prstenova (sfera) koji cine:

- sfera fizic ke zaštite (onemogućava fizic ki pristup napadaca);
- tehnic ka sfera (sistemi za detekciju i sprecavanje napada i dr.);
- kadrovska sfera (pravilan izbor kadrova i obezbedenje optimalnih uslova rada);
- organizaciona sfera (mere i aktivnosti, nadležnosti i obaveze korisnika i izvršilaca, kao i pristup resursima),
- normativna sfera (zakoni, uputstva, planovi i druge regulative koje obavezuju i propisuju izvršenje neke radnje i nacin izvršenja te radnje).

Standard ISO 17799 reguliše, sa aspekta proaktivnog delovanja, značajne mere [1].

U delu „Kontrolisanje pristupa mreži“ navodi se da treba kontrolisati pristup internim i eksternim mrežnim uslugama (servisima).

Delovi „Politika korišćenja mrežnih usluga (servisa)“ i „Ogranicenje pristupa informacijama“ upozoravaju da korisnicima treba obezbediti direktan pristup samo onim uslugama za koje imaju odobrenje za korišćenje. To kontrolisanje je posebno važno kod mrežnog povezivanja sa osetljivim ili kritičnim poslovnim aplikacijama ili sa korisnicima na mestima velikog rizika, npr. javnim ili spoljnim područjima koja su izvan kontrole i upravljanja sigurnošću u organizaciji.

Deo „Politika u pogledu elektronske pošte“ reguliše da organizacije treba da projektuju ja snu politiku u pogledu elektronske pošte (zaštitu od sadržaja pridodatih elektronskoj pošti, uputstva kada ne treba koristiti elektronsku poštu i sl.).

Deo „Nadgle danje pristupa i korišćenja sistema“ ukazuje na to da sisteme treba nadgle dati, kako bi se otkrila odstupanja od politike kontrole pristupa i zapisali uočljivi događaji, da bi se obezbedili dokazi za slucajeve incidenata u pogledu sigurnosti.

Deo „Kriptografske kontrole“ realizuje se s ciljem da se zaštiti poverljivost, verodostojnost ili celovitost informacija. Kriptografske sisteme i postupke treba primenjivati radi zaštite podataka za koje se smatra da su u opasnosti i kojima druge kontrole ne pružaju dovoljnu zaštitu.

Deo „Samozastita zapisa u organizaciji“ ukazuje na to da važne zapise u nekoj organizaciji treba zaštititi od gubljenja, uništenja i falsifikovanja. Vremenski period i sadržaj podataka koji se cuvaju mogu biti predviđeni regulativom. Zapise treba razvrstati u kategorije tipova zapisa, npr. zapise u bazama podataka, zapisnike o transakcijama, zapise o proverama i operativnim procedurama, svaki sa detaljima o periodu cuvanja i tipu medijuma na kojima se oni cuvaju. Sistem za skladištenje podataka treba odabrati tako da se potrebni podaci mogu pretraživati na nacin koji je zakonski i sudski prihvatljiv, npr. da se svi potrebni zapisi mogu izvuci u prihvatljivom roku i formatu. Sistemi za skladištenje i rad sa podacima treba da osiguraju ja snu identifikaciju zapisa i njihov statutarni ili regulativni period cuvanja. Sistem mora do-

zvoljati odgovarajuće uništavanje zapisa po isteku tog perioda ako organizaciji više nisu potrebni.

Da bi se ispunile ove obaveze, unutar organizacije treba preduzeti sledeće korake:

- izdati uputstvo o cuvanju, skladištenju, postupanju i odbacivanju zapisa i informacija;

- izraditi nacrt – termin plana za cuvanje, kojim se identifikuju najvažniji tipovi zapisa i period u kojem ih treba sacuvati;

- održavati inventarski popis izvora ključnih informacija;

- uvesti odgovarajuće kontrole radi zaštite najvažnijih zapisa i informacija od gubljenja, uništenja i falsifikovanja.

U novije vreme posebno znacajan segment zaštite podataka predstavlja određena hardverska i softverska rešenja za detekciju i sprečavanje napada. Proizvodaci racunarske opreme sve više ističu mere sigurnosti. Tako je Bil Gejts istakao da će prioritet u razvoju Microsoft proizvoda ubuduće imati zaštita [7].

### **Reaktivno delovanje**

Kada pored proaktivnog delovanja dođe do incidenta, organizacije moraju biti spremne da se suprotstave brzo i efikasno, da bi se minimizirao negativan uticaj i prikupili neophodni podaci koji bi doveli do pocinoca kriminalne radnje.

Ne ulazeći u uzroke incidenta, nakon njega sledećih šest koraka znatno će pomoći da se upravlja brzo i efikasno [6]:

- zaštita života i bezbednosti ljudi;
- lokalizovanje oštećenja;
- procena oštećenja;
- utvrđivanje uzroka oštećenja;

- oporavak oštećenja, i

- razmatranje reakcije (odgovora) i ažuriranje politike.

Mnoge kompanije, organizacije i vladine agencije imaju implementirane kapacitete za odgovore na incident (incident management), fokusirajući se, pre svega, na sledeće aspekte [5]:

- efikasan odgovor (obuhvata: pripremu, identifikovanje, zadržavanje, eliminisanje, oporavak i procenje);

- centralizaciju (za izveštavanje, suptavljanje incidentu i sl.),

- poboljšanje svih korisnika.

Kada se napad desi, ili sistem bude kompromitovan, veoma je važno prikupiti podatke (dokaze) o tome šta se desilo. U određenim granicama racunari i ostali mrežni uredaji (npr. sistemi za detekciju upada) sposobni su da zabeleže aktivnosti koje su se dogodile u njihovim granicama ili prošli kroz njih. Ta evidencija je neophodan element procesuiranja odgovornih lica.

Zavisno od procenjenih rizika, nužno je da svaka organizacija sacini „plan upravljanja kontinuitetom poslovanja“. Upravljanje kontinuitetom poslovanja treba da obuhvati kontrole za identifikovanje i smanjivanje rizika, za ogranicavanje posledica incidenata i da osigura da se važne operacije pravovremeno ponovo zapocnu. Postupak upravljanja kontinuitetom poslovanja treba uvesti kako bi se smanjile posledice štetnih događaja na prihvatljiv nivo kombinovanjem kontrola za prevenciju i za oporavak. Usled različitih promena rizika, loših procena ili drugih faktora, planove za kontinuitet poslovanja treba održavati kroz redovno preispitivanje i ažuriranje, kako bi se osigurala njihova

efikasnost. Kada je sacinjen takav plan, od strategijskog znacaja, neophodno ga je primenjivati u praksi [1].

### Zakljucak

Baze podataka veoma su ranjive i izložene ozbiljnim potencijalnim opasnostima. Apsolutna sigurnost podataka nije moguća. U skladu sa potencijalnim opasnostima moguće je jedino upravljati sigurnošću podataka, a rizike svoditi na minimum.

Upravljanje sigurnošću podataka otežavaju stalne promene rizika s obzirom na to da se nijedan incident ne može predstaviti kao tipican. To je konstantan proces koji zahteva saradnju svakog dela i clana organizacije.

Sve je veći broj organizacija u kojima, pored vodećeg službenika bezbednosti (Chief Security Officer – CSO), postoji, kao zasebna funkcija, vodeći službenik informacione bezbednosti (Chief Information Security Officer – CISO). Vodeći službenik informacione bezbednosti pripada top-menadžmentu organizacije i bavi se razradom i realizacijom politike bezbednosti. Pored vodećeg slu-

žbenika informacione bezbednosti, sve je češća i funkcija menadžera službe IB (Business Information Security Officer – BISO), koji se bavi praktičnom realizacijom politike bezbednosti na nivou neke organizacione celine (npr. plansko-ekonomskog, marketinga ili odeljenja IT).

Upravljanje sigurnošću podataka prerasta u zasebnu delatnost sa široko razgranatom lepezom profesija i sa sve većim brojem ljudi koji će profesionalno raditi na tim pitanjima.

#### Literatura:

- [1] ISO/IEC 17799 Information technology – Code of practice for information security management, 2005.
- [2] ISO 27001 – Information Security Management System (ISMS) requirements, <http://www.iso27001/security.com/html/iso27001.html>
- [3] ISO 27002, <http://www.iso27001/security.com/html/iso27002.html>
- [4] Kukrika, M.: Upravljanje sigurnošću informacija, INFOhomePress, Beograd, 2002.
- [5] Schweitzer, D.: Incident Response: Computer Forensics Toolkit, Wiley Publishing, Indianapolis, 2003.
- [6] Security Risk Management Guide, Microsoft Corporation, 2004 (ažurirana marta 2006), <http://www.microsoft.com/technet/security/topics/complianceandpolicies/secrisk/>
- [7] Shinder, D.: Scene of the Cybercrime: Computer Forensics Handbook, Syngress Publishing, Inc., Rockland (USA), 2002.
- [8] Swanson, M.; Guttman, B.: Generally Accepted Principles and Practices for Securing Information Technology Systems, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 1996.

Dr Gordana Radivojevic,  
dipl. in ž.  
Institut „Mihajlo Pupin“,  
Beograd

## HEURISTICKI ALGORITAM ZA PROJEKTOVANJE RUTA VOZILA U TRANSPORTNOM SISTEMU „NAZOVI VOŽNJU“

UDC: 519.857 : 656.022.1/5

### Rezime:

Transportni sistem „Nazovi vožnju“ (Dial-a-Ride) oblik je prevoza u kojem prevoznik poseduje vozni park i realizuje prevoz na relacijama i u vreme kako to zahtevaju korisnici. Osnovni problem organizatora prevoza je definisanje ruta i reda vožnje saobraćajnih sredstava, tako da se realizuje skup zahteva za prevoz. U radu je opisan heuristički algoritam za projektovanje ruta i redova vožnje saobraćajnih sredstava za statički slučaj transportnog sistema „Nazovi vožnju“. Razvijeni heuristički algoritam ima mogućnost primene u konkretnim uslovima.

Ključne reci: heuristički algoritam, projektovanje ruta vozila, dinamičko programiranje.

---

## HEURISTIC ALGORITHM FOR STATIC DIAL-A-RIDE PROBLEM

### Summary:

Dial-a-Ride system is a way of transport in which a transporter owns a fleet and realizes transport when and where customers ask for it. Different versions of this type of transportation are present in every day practice. The main problem here is route design and scheduling to realize the set of transport requests. In this paper it is described a heuristic algorithm for route design and scheduling for the static Dial-a-Ride problem. The developed algorithm can be applied in real situations.

Key words: heuristic algorithm, vehicle route design, dynamic programming.

---

### Uvod

Različite varijante ovog transportnog sistema „Nazovi vožnju“ (Dial-a-Ride) postoje u svakodnevnoj praksi: prevoz starih i bolesnih lica, prevoz u oblastima sa malom gustinom naseljenosti, gde ne postoji javni gradski prevoz, različiti oblici prevoza u gradskim komunalnim službama, prevoz zaposlenih u velikim poslovnim sistemima, i dr. Pri rešavanju problema projektovanja ruta i redova vožnje mogu se definisati statički i dinamički slučaj. Stički slučaj podrazumeva da su skup zahteva za prevozom

i podaci o saobraćajnim sredstvima unapred poznati. Tada se rute red vožnje projektuju za neki buduci period sa poznatim parametrima transportnog procesa. Dinamički slučaj podrazumeva rešavanje problema projektovanja ruta i reda vožnje saobraćajnih sredstava u realnom vremenu.

Postupak projektovanja ruta i reda vožnje predstavlja kombinatorni zadatak, jer iz skupa različitih kombinacija opsluge zahteva treba izabrati onu kombinaciju koja u najvećoj meri odgovara postavljanim ciljevima [6, 5]. Prevoznik najčešće želi da svojim prevoznim kapacite-

tima realizuje što veći broj zahteva, odnosno, da ostvari što veći prihod. Projektovanje ruta i reda vožnje saobraćajnih sredstava podrazumeva raspoređivanje skupa zahteva za prevoz na skup raspoloživih vozila iz voznog parka, i definisanje tačnih vremenskih momenata početka i završetka svakog zahteva.

Problemi projektovanja ruta i reda vožnje mogu se rešavati primenom optimizacionih tehnika ili heurističkih algoritama. Optimizacione tehnike, koje se najčešće koriste, je su dinamičko programiranje i metoda grananja i ograničavanja. Primena optimizacionih metoda omogućava dobijanje najboljeg rešenja, sa aspekta definisanih kriterijuma. U praksi je primena optimizacionih metoda ograničena dimenzijama problema koji se rešava. Sa njihovim porastom (broja čvorova transportne mreže i broja zahteva za prevoz), znatno se povećava vreme rada računara, pa primena ovih metoda nije uvek moguća. Zato se veliki broj problema u oblasti projektovanja ruta i redova vožnje rešava primenom različitih heurističkih algoritama [4, 3]. Heuristički algoritmi mogu se primeniti za rešavanje problema velikih dimenzija i veoma brzo se izvršavaju. Dobijena rešenja nisu optimalna, ali su veoma bliska optimalnim. U praksi ne postoji pravilo o primeni ovih metoda. Primena heurističkih algoritama ili optimizacionih metoda zavisi od konkretnog problema koji se rešava.

Cilj ovoga rada je rešavanje problema projektovanja ruta i redova vožnje za statički slučaj sistema Dial-a-Ride. U radu je prikazan heuristički algoritam za projektovanje ruta i reda vožnje, koji se u jednom koraku zasniva na primeni metode dinamičkog programiranja.

## Opis problema

Transportni sistem „Nazovi vožnju“ (Dial-a-ride) je oblik prevoza u kome prevozičar poseduje vozni park, kojim obavlja prevoz putnika na određenom području – transportnoj mreži. Prevoz se realizuje na relacijama i u vreme kako to zahtevaju putnici. Osnovni cilj prevozičara je opsluživanje skupa zahteva za prevozom u određenom periodu. Projektovanje ruta i redova vožnje podrazumeva raspoređivanje vozila iz voznog parka na skup zahteva za prevozom.

Različite varijante transportnog sistema „Nazovi vožnju“ moguće je klasifikovati prema osnovnim karakteristikama transportnog sistema [1]: broj vozila u voznom parku, kapacitet vozila, struktura voznog parka, broj depoa na transportnoj mreži, vremenske karakteristike zahteva za prevoz, kriterijumi projektovanja ruta, ograničenja u sistemu, statička i dinamička varijanta problema i dr. Način rešavanja problema projektovanja ruta i reda vožnje zavisi od navedenih karakteristika sistema.

U ovom radu posmatra se statički slučaj transportnog sistema „Nazovi vožnju“. Prevozičar – organizator prevoza svojim voznim parkom obavlja prevoz na teritoriji grada. Zahtevi za prevoz evidentiraju se telefonom u dispečerskom centru prevozičara, a prikupljaju se dan ranije. Na kraju radnog dana projektuju se rute i red vožnje vozila za sledeći dan. Pri tome se uzimaju u obzir svi evidentirani zahtevi za prevoz i sva raspoloživa vozila iz voznog parka.

Zahtevi za prevoz realizuju se na određenoj transportnoj mreži. Transportna mreža je gradsko područje, koje se sastoji od



skupa cvorova – gradskih raskrsnica, i skupa ulica, koje povezuju te cvorove. Osnovne karakteristike transportne mreže su:

$M$  – broj cvorova na mreži,

$X_p, Y_p$  – koordinate cvora  $p$  na mreži,

$D_{pq}$  – rastojanje između cvorova  $p$  i  $q$ ,

$TT_{pq}$  – vreme putovanja između cvorova  $p$  i  $q$ .

Prevoznik poseduje homogen vozni park, koji se sastoji od  $N$  vozila. Kapacitet vozila je jedan putnik. Na transportnoj mreži postoji jedan depo, lociran u cvoru  $D$ . Dozvoljeno radno vreme vozila je  $R$  i projektovane rute vozila moraju zadovoljavati ograničenje radnog vremena. Vozila su na početku radnog dana u depou, odatle odlaze na realizaciju svojih ruta, a na kraju rada ponovo se vraćaju u depo. Jedno vozilo u toku dana realizuje više zahteva za prevoz, iz depoa odlazi do mesta početka prvog zahteva, opslužuje ga na zadatoj relaciji, zatim odlazi do mesta početka sledećeg zahteva, opslužuje ga, itd. Posle opsluge poslednjeg zahteva na svojoj ruti vozilo se vraća u depo.

Pod zahtevom za prevoz podrazumeva se prevoz jednog putnika na određenoj relaciji  $i$  u određeno vreme. Korisnik prijavljuje prevoziocu zahtev za prevoz  $(i)$  i nje govne osnovne karakteristike:

$i^+$  – cvor početka opsluge zahteva  $(i)$ ,

$\bar{i}$  – cvor završetka opsluge zahteva  $(i)$ ,

$DPT_i$  – vreme početka opsluge zahteva  $(i)$ .

Zahtev za prevoz opisan je željenim vremenom početka opsluge. Vreme  $DPT_i$  predstavlja vremenski momenat kada mora početi prevoz putnika na željenoj relaciji. Na osnovu najkraćeg vremena putovanja na mreži, za svaki zahtev  $(i)$  izračunava se vreme trajanja opsluge  $DDT_i$ , tj. vreme direktnog putovanja na relaciji od

$i^+$  do  $\bar{i}$ . Vremenski momenat završetka opsluge je  $DDT_i$ , a određuje se kao:

$$DDT_i = DPT_i + DTT_i \quad (1)$$

Vremenski momenti početka i završetka svakog zahteva ne mogu se menjati u odnosu na zadate vrednosti. Postupak projektovanja ruta i reda vožnje treba da obezbedi raspodelu skupa zahteva na skup raspoloživih vozila i za svako vozilo definisanje redosleda opsluge dodeljenih zahteva.

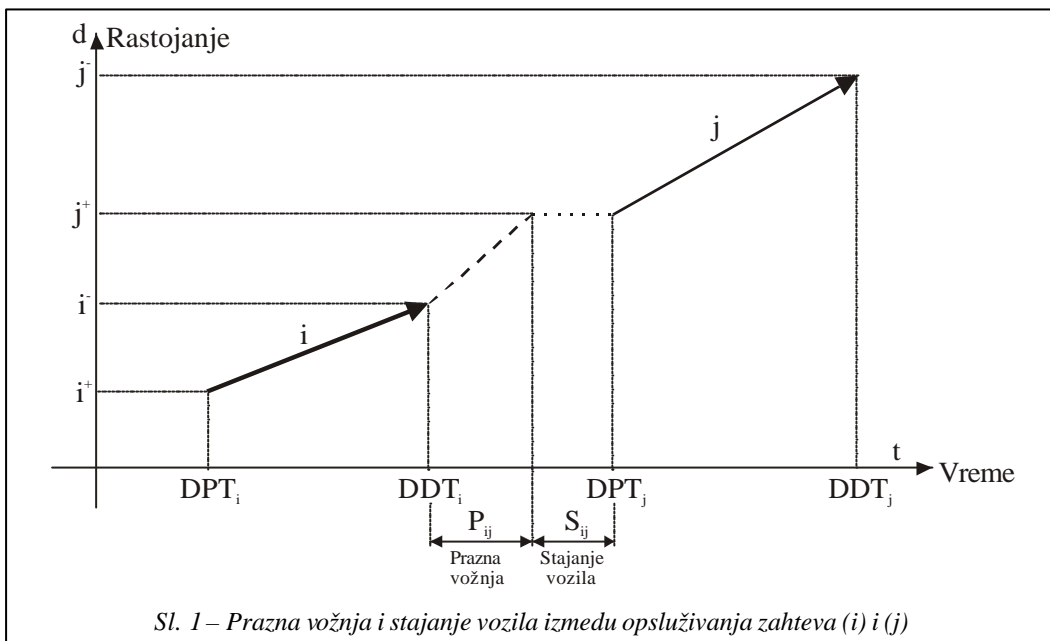
U ovom radu određeni su kriterijumi projektovanja ruta i reda vožnje [10]: vreme trajanja praznih vožnji, vreme cekanja vozila na početak realizacije sledećeg zahteva na ruti.

Pod praznom vožnjom podrazumeva se vreme potrebno da vozilo dođe od mesta završetka prethodnog zahteva do mesta početka sledećeg zahteva na ruti. Stajanje – cekanje vozila je period kada vozilo stoji u mestu početka zahteva, čekajući momenat početka nje govne realizacije.

Povezivanjem zahteva  $(i)$  i  $(j)$  u rutu jednog vozila ostvaruju se uštede u ukupnom predenom putu  $i$  u predenom putu bez putnika (prazne vožnje). Da bi se zahtevi mogli realizovati istim vozilom potrebno je da bude ispunjen uslov:

$$DPT_j \geq DDT_i + TT_{i-j^+} \quad (2)$$

gde je  $TT_{i-j^+}$  vreme putovanja od završetka zahteva  $(i)$  do početka zahteva  $(j)$ . Zahtevi  $(i)$  i  $(j)$  mogu se spojiti u jednu rutu ako je vremenski moguće da vozilo posle realizacije zahteva  $(i)$  dođe od cvora  $\bar{i}$  do cvora  $j^+$  pre datog vremena početka realizacije zahteva  $(j)$  –  $DPT_j$ . Spajanjem zahteva u jednu rutu ostvaruju se uštede u predenom putu, jer se vozilo ne vraća u depo posle realizacije svakog zahteva.



Kada se istim vozilom realizuje više zahteva korisnika za prevozom, dolazi do praznih vožnji i stajanja – cekanja vozila na pocetak realizacije sledeceg zahteva na ruti. Na slici 1 prikazani su prazna vožnja i stajanje vozila između zahteva (i) i (j).

Funkcija cilja pri projektovanju ruta i reda vožnje vozila je ukupno vreme trajanja praznih vožnji i stajanja vozila. Prema slici 1, vreme trajanja prazne vožnje ( $P_{ij}$ ) pri realizaciji zahteva (i) i (j) je:

$$P_{ij} = TT_{i+j} \quad (3)$$

a vreme stajanja  $S_{ij}$  je:

$$S_{ij} = DPT_j - DDT_i - TT_{i+j} \quad (4)$$

Ukupno vreme trajanja prazne vožnje i stajanja vozila pri realizaciji zahteva (i) i (j) je:

$$P_{ij} + S_{ij} = DPT_j - DDT_i \quad (5)$$

U ovom radu se, pri projektovanju ruta i reda vožnje, teži minimiziranju ukupnog vremena trajanja praznih vožnji i stajanja vozila, a funkcija cilja je:

$$F = \sum_{i=1}^Z \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^Z (DPT_j - DDT_i) \quad (6)$$

$$DPT_j \geq DDT_i + TT_{ij}$$

### Heuristicki algoritam

Algoritam za rešavanje problema projektovanja ruta zasniva se na primeni optimizacione metode dinamicog programiranja. Algoritam se sastoji od sledećih koraka [10]:

- korak 1: priprema podataka iz skupa ulaznih velicina,
- korak 2: primena dinamicog programiranja i generisanje skupa ruta,

– korak 3: analiza karakteristika dobijenih ruta vozila.

*Korak 1: priprema podataka iz skupa ulaznih velicina*

Ulazne velicine obuhvataju podatke o transportnoj mreži, podatke o voznom parku i podatke o zahtevima za prevoz. Pre primene postupka projektovanja ruta i reda vožnje neophodno je ažurirati podatke o svim raspoloživim vozilima i o skupu evidentiranih zahteva za prevozom.

*Korak 2: primena dinamičkog programiranja i generisanje skupa ruta*

Ruta vozila se projektuje radi primene dinamičkog programiranja. Pri dodeljivanju zahteva vozilu vodi se racuna o uslovima spajanja dva zahteva u jednu rutu i o ograničenju radnog vremena vozila. Od skupa od  $Z$  evidentiranih zahteva za prevoz formira se mreža za primenu dinamičkog programiranja. Primer ovako definisane mreže prikazan je na slici 2.

Osnovne karakteristike mreže za primenu dinamičkog programiranja su:

– cvorovi mreže su zahtevi za prevoz, koje treba obaviti;

– cvorovi na mreži grupisani su u etape, gde svaka etapa predstavlja redni broj zahteva na ruti jednog vozila;

– mreža se sastoji od  $(Z + 1)$  etape, gde je  $Z$  broj evidentiranih zahteva za prevoz;

– u nultoj etapi nalazi se cvor  $D$ , koji predstavlja depo voznog parka, od kojeg se polazi u postupku projektovanja ruta;

– u prvoj i svakoj sledećoj etapi nalaze se svi cvorovi – zahtevi za prevoz.

Grane na mreži povezuju cvorove u dve susedne etape. Između bilo koja dva cvora  $(i)$  i  $(j)$ , koji pripadaju susednim etapama  $(z-1)$  i  $(z)$  i zadovoljavaju uslov  $i \neq j$ , uvek postoji grana koja ih spaja. Na mreži mogu postojati „prave grane“ i „veštacke grane“. „Prava grana“ spaja cvor  $(i)$  u etapi  $(z-1)$  i cvor  $(j)$  u etapi  $(z)$ , ako je moguće istim vozilom realizovati zahtev  $(i)$ , pa zahtev  $(j)$ , tj. ako je ispunjen uslov:

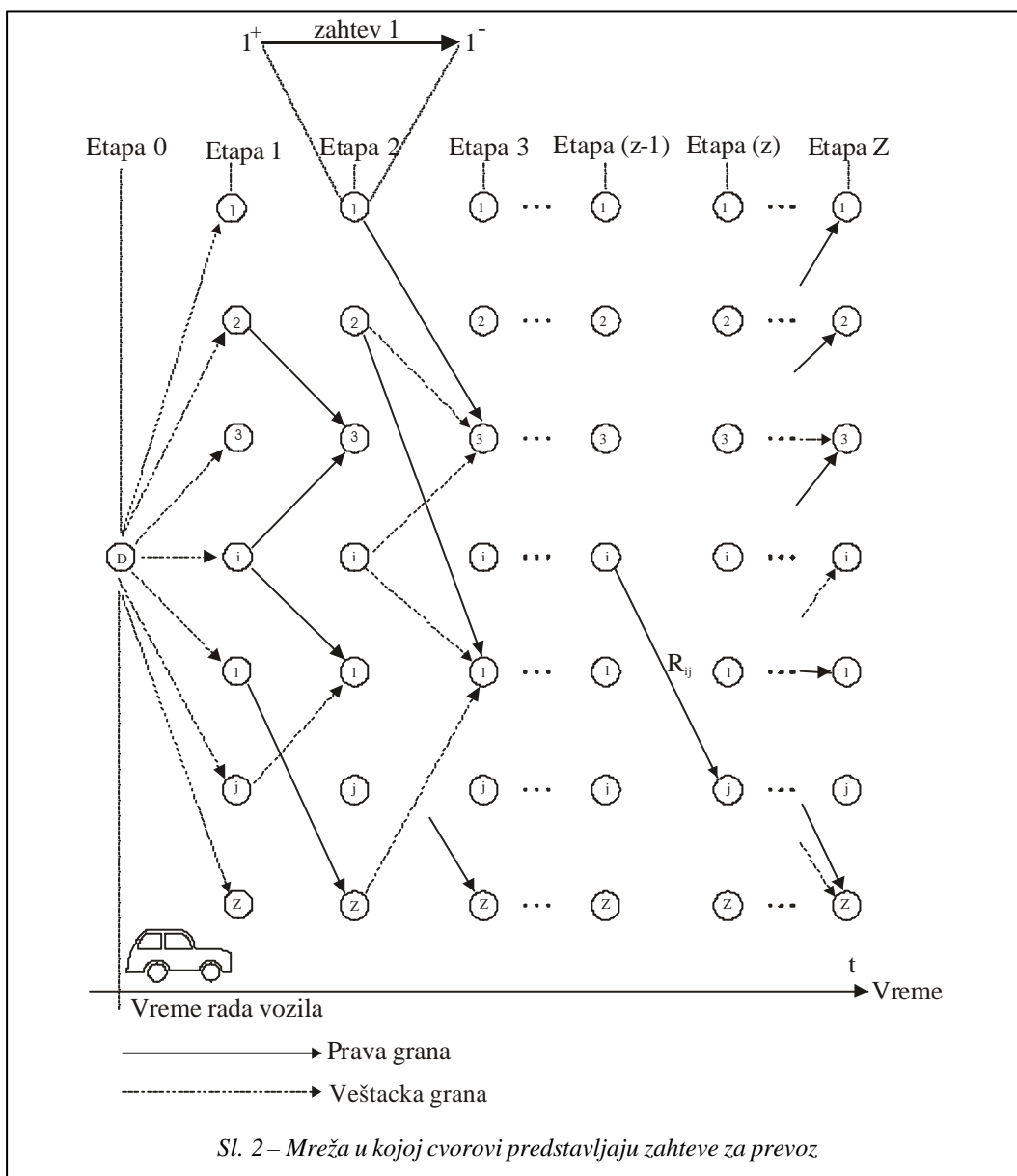
$$DPT_j \geq DDT_i + TT_{i,j} \quad (7)$$

Dužina „prave grane“ jednaka je zbiru vremena trajanja prazne vožnje između zahteva  $(i)$  i  $(j)$ , vremena stajanja vozila do početka zahteva  $(j)$  i vremena trajanja realizacije zahteva  $(j)$ . Dužina „prave grane“ je  $R_{ij}$  i određuje se kao:

$$R_{ij} = DPT_j - DDT_i + DTT_j \quad (8)$$

Ako zahtevi  $(i)$  i  $(j)$  ne zadovoljavaju uslov (7), tj. ako se zahtev  $(j)$  ne može realizovati istim vozilom posle zahteva  $(i)$ , tada između cvora  $(i)$  u etapi  $(z-1)$  i cvora  $(j)$  u etapi  $(z)$  postoji „veštacka grana“. Postojanje „veštacke grane“ između cvorova  $(i)$  i  $(j)$ , znači da je  $(i)$  poslednji zahtev na ruti jednog vozila, a da se za realizaciju zahteva  $(j)$  uvodi novo vozilo iz depoa. Dužina „veštacke grane“ predstavlja zbir vremena trajanja vožnje od depoa do mesta početka zahteva  $(j)$  i vremena trajanja realizacije zahteva  $(j)$ . Dužina „veštacke grane“ između cvorova  $(i)$  i  $(j)$  je  $R_{ij}$  i izracunava se kao:

$$R_{ij} = Q + TT_{Dj} + DTT_j \quad (9)$$



Konstanta  $Q$  ima veoma veliku vrednost (1,000.000) i oznacava angažovanje novog vozila iz depoa. Kada u poslednjoj etapi projektovanja ruta na mreži dinamicnog programiranja dobije vrednost funkcije cilja, tada cifra na poziciji miliona oznacava broj vozila neophodnih

za realizaciju svih zahteva. Grane koje spajaju cvor  $D$  u nultoj etapi i sve cvorove u prvoj etapi su „veštacke grane“, jer se u prvom koraku za svaki zahtev angažuje vozilo iz depoa. Na svakoj sledecoj etapi definisanje grana izmedu bilo koja dva cvora radi se prema uslovu (7).

Na ovako definisanoj mreži potrebno je pronaći puteve najmanje ukupne dužine, koji prolaze kroz sve cvorove mreže. Relacije dinamičkog programiranja su:

$$F_0(0) = 0 \quad (10)$$

$$F_z(j) = \min_{\text{Dopustive grane } (i,j)} \{F_{z-1}(i) + R_{ij}\} \quad z = 1, 2, \dots, Z \quad (11)$$

gde je:

$z$  – etapa,

$j$  – cvor u ( $z$ )-oj etapi,

$i$  – cvor u ( $z-1$ )-oj etapi,

$F_z(j)$  – dužina najkraceg puta do cvora ( $j$ ) u ( $z$ )-oj etapi,

$F_{z-1}(i)$  – dužina najkraceg puta do cvora ( $i$ ), u ( $z-1$ )-oj etapi,

$R_{ij}$  – dužina grane između cvora ( $i$ ) u ( $z-1$ )-oj etapi i cvora ( $j$ ) u ( $z$ )-toj etapi.

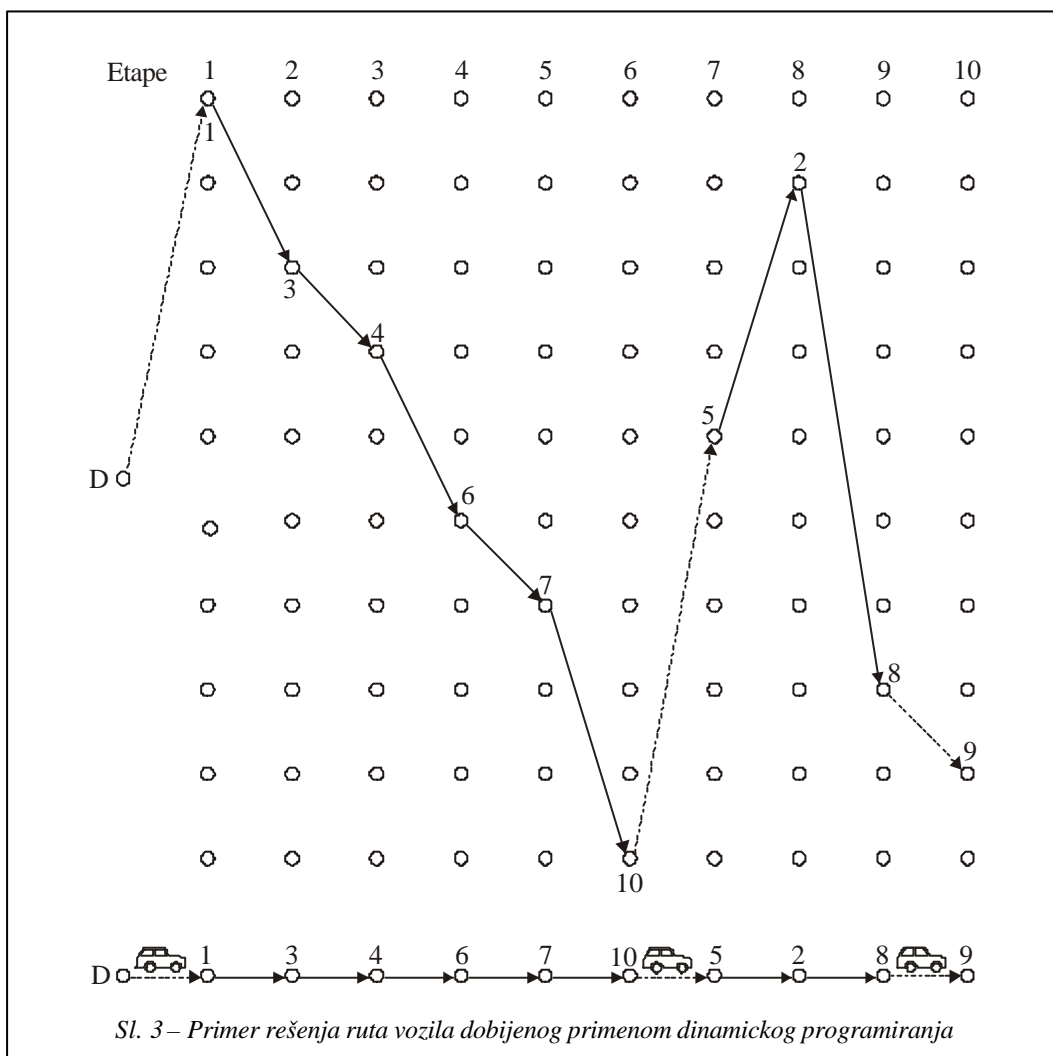
Relacije dinamičkog programiranja omogućavaju određivanje najkraceg puta od početnog cvora do nekog cvora u ( $z$ )-toj etapi. Pronađeni najkraci put do cvora ( $j$ ) u ( $z$ )-toj etapi može da sadrži prave grane i veštacke grane. Postojanje veštacke grane na najkracem putu ukazuje na angažovanje novog vozila kojim se realizuje zahtev. Pri uključivanju cvora ( $j$ ) u najkraci put potrebno je proveriti ograničenja u pogledu dozvoljenog radnog vremena vozila  $R$ . Ako ova ograničenja nisu zadovoljena, umesto „prave grane“ uvodi se „veštacka grana“ do cvora ( $j$ ), tj. novo vozilo iz depoa za realizaciju zahteva ( $j$ ). Pri uključivanju cvora ( $j$ ) u najkraci put potrebno je proveriti da li je on u nekoj prethodnoj etapi bio uključen. Nije dan cvor se ne može dva puta uključiti u najkraci put. Vrednost funkcije cilja  $F_z(j)$  predstavlja ukupno vreme

trajanja realizacije svih zahteva, zajedno sa zahtevom ( $j$ ) na ( $z$ )-toj etapi. Postupak dinamičkog programiranja se za vršava kada su svi cvorovi uključeni u najkraci put.

Kao izlazni rezultat dinamičkog programiranja dobija se jedna velika ruta za koju je vrednost definisane funkcije cilja minimalna. Na slici 3 prikazan je jedan primer rešenja dobijenog primenom izloženog postupka projektovanja ruta vozila. Dobijeno rešenje predstavlja skup ruta, kojima se realizuje skup od 10 evidentiranih zahteva za prevoz.

### *Korak 3: analiza karakteristika dobijenih ruta vozila*

Primenom dinamičkog programiranja dobija se rešenje – jedna velika ruta, koja predstavlja skup pojedinačnih ruta vozila. Na mestima postojanja „veštackih grana“ velika ruta se deli na deonice. Jedna deonica predstavlja rutu jednog vozila sa skupom dodeljenih zahteva, koje to vozilo realizuje. Rešenje obuhvata skup ruta vozila kojima se realizuju svi evidentirani zahtevi. U ovom koraku predviđeno je da dispecer proveriti projektovane rute svih vozila i na osnovu svog znanja, iskustva i intuicije unese eventualne korekcije. Korekcije dispecera mogu biti promene termina nekih zahteva za prevoz, koje u znatnoj meri mogu da poboljšaju kvalitet dobijenih rešenja. Posle ovih korekcija ide se ponovo na korak 1 algoritma. Postupak korekcija i projektovanja ruta može da se izrađuje iz više iteracija. Na kraju se dobija konacan skup ruta i red vožnje vozila za sve evidentirane zahteve za prevoz. Za rute vozila definisani su različiti pokazatelji, koji omogućavaju kompletnu analizu rada voznog parka.



Sl. 3 – Primer rešenja ruta vozila dobijenog primenom dinamičkog programiranja

### Numericki primeri

Prema opisanom heurističkom algoritmu razvijen je softverski paket, koji omogućava njegovo testiranje u konkretnim uslovima rada [10]. Transportna mreža je definisana na slučajnan način i sastoji se od 13 čvorova. Maksimalno rastojanje na mreži iznosi 16,7 km. Vozni park prevozioca je homogen i sastoji se od 20 vozila. Dozvoljeno radno vreme

vozila je 8 časova, a prosečna brzina vozila na mreži 40 km/h. Testiranje je urađeno za različite skupove zahteva za prevoz: 80, 100 i 120 zahteva u toku dana.

U tabeli 1 prikazan je skup dobijenih ruta vozila za 80 zahteva za prevoz. U tabeli je za svako angažovano vozilo dat skup zahteva, koje vozilo realizuje u toku dana. Ovde su prikazane rute dobijene jednim prolaskom kroz algoritam, bez dodatnih korekcija dispečera.

Tabela 1  
Projektovane rute vozila

Vozilo	Zahtevi za prevoz
1	16 17 23 25 34 35 36 38 39 42 43 45 47 50 51 57
2	3 6 8 9 12 13 15 18 24 27 33 37
3	2 1 4 7 11 10 14 22 28 30
4	20 26 40 44 49 52 58 63 66
5	41 46 54 55 62 70 76 77
6	48 56 59 67 74 78
7	53 60 61 68 71 79
8	65 69 72 80
9	5 19 29
10	31 64 73
11	21
12	75
13	32

Na osnovu projektovanih ruta dobijaju se pokazatelji rada voznog parka, prikazani u tabeli 2.

– u razlicitim primerima (80, 100 i 120 zahteva) predeni put sa putnicima je 50% do 51%, a predeni put bez putnika 49% do 50% ukupnog predenog puta;

– ucešce predenog puta bez putnika je veliko, jer se svi zahtevi za prevoz realizuju na direktnim relacijama od izvora do cilja kretanja (kapacitet vozila je jedan putnik);

– vreme rada vozila obuhvata: vreme vožnji sa putnicima (26% do 32%), vreme vožnji bez putnika (24% do 26%) i vreme cekanja vozila (42% do 50%);

Pokazatelji rada voznog parka

Tabela 2

Vozilo	Broj zahteva	Ukupan put (km)	„Pun put“ (%)	„Prazan put“ (%)	Ukupno vreme (min)	„Pune vožnje“ (%)	„Prazne vožnje“ (%)	Vreme cekanja (%)
1	16	207.74	55	45	472.47	36	29	35
2	12	211.08	47	53	488.48	30	34	36
3	10	122.77	64	36	437.93	26	15	59
4	9	150.59	56	44	487.84	25	20	55
5	8	179.74	50	50	388.24	34	34	32
6	6	97.76	63	37	251.92	36	21	43
7	6	100.83	48	52	256.23	28	30	42
8	4	74.73	48	52	208.74	25	27	48
9	3	67.34	50	50	357.18	14	14	72
10	3	59.62	51	49	488.75	9	8	83
11	1	24.00	33	67	36.00	34	66	0
12	1	14.00	50	50	21.00	50	50	0
13	1	27.54	33	67	41.30	33	67	0

Analiza dobijenih pokazatelja za primere sa 80, 100 i 120 zahteva za prevoz ukazuje na sledece [10]:

– primenom razvijenog heuristickog algoritma dobija se skup ruta vozila, koji obezbeduje realizaciju svih evidentiranih zahteva za prevoz;

– dobijene rute vozila su najbolje sa aspekta definisane funkcije cilja: minimizacija trajanja praznih vožnji i cekanja vozila, uz poštovanje svih prisutnih ogranicenja;

– zahtevi za prevoz realizuju se u momentima koje zadaju korisnici, tako da ne postoji kašnjenje zahteva vec cekanje vozila na pocetak realizacije zahteva. Cekanje je zastupljeno u svim primerima sa ucešcem od 42% do 50%.

Razvijeni heuristicki algoritam i softverski paket obezbeduju primenu u konkretnim uslovima. Dobijeni skup ruta je najbolji sa aspekta definisane funkcije cilja. Nedostatak razvijenog algoritma su ogranicene dimenzije problema koji se resava (najviše 125 zahteva za prevoz).

## Zaključak

U radu je opisan heuristički algoritam za projektovanje ruta vozila u transportnom sistemu „Nazovi vožnju“ (Dial-a-Ride), koji ima veliku primenu u praksi. U razvijenim zemljama Evrope i Amerike postoje prevoznici koji prevoze različite kategorije putnika po principima Dial-a-Ride. Prevoz robe i putnika u različitim poslovnim sistemima pripada ovoj grupi prevoza.

Opisani heuristički algoritam se, u jednom koraku, zasniva na metodi dinamičko programiranje, što, sa jedne strane, doprinosi kvalitetu dobijenih rešenja. Realizovanja testiranja na velikom broju primera ukazuju na dobijanje kvalitetnih rešenja u konkretnoj primeni. Sa druge strane, osnovni nedostatak razvijenog algoritma je su ograničene dimenzije problema, koji se rešava, što je upravo posledica primene optimizacione metode. Ovako definisan heuristički algoritam predstavlja dobru osnovu za razvoj sistema za podršku odlucivanju, jer dozvoljava da dispeceri koriguju dobijena rešenja, kao i za projektovanje ruta vozila

kroz više iteracija. Uz dodatne modifikacije (kapacitet vozila  $>1$ , postojanje vremenskih intervala, dodatna ograničenja u sistemu, i dr.) predloženi algoritam se može primeniti i za rešavanje sličnih klasa rutin-problema.

## Literatura:

- [1] Bodin, L.; Golden, B.: Classification in vehicle routing and scheduling, *Networks*, 11, 97–108 (1981).
- [2] Desrosiers, J.; Dumas, Y.; Soumis, F.: A Dynamic Programming Solution of the Large-Scale Single-Vehicle Dial-a-ride Problem with Time Windows, *The American Journal of Mathematical and Management Science*, 6, 301–325 (1986).
- [3] Laporte, G.; Louveaux, F.; Mercure, H.: The Vehicle routing Problem with Stochastic Travel Times, *Transportation Science*, 26, 161–170 (1992).
- [4] Lenstra, J.; Rinnooy kan, A.: Complexity of vehicle routing and scheduling problems, *Networks*, 11, 221–227 (1981).
- [5] Magnanti, T.: Combinatorial Optimization and Vehicle Fleet Planning: Perspectives and Prospects, *Networks*, 11, 179–214 (1981).
- [6] Muller-Merbach, H.: Heuristic Procedures for solving Combinatorial Optimization Problems in Transportation, *Transportation Research*, 8, 377–378 (1976).
- [7] Psaraftis, H.: A dynamic programming solution to the single vehicle many-to-many immediate request dial-a-ride problem, *Transportation Science*, 2, 130–154 (1980).
- [8] Psaraftis, H.: Scheduling Large-Scale Advance-request Dial-a-ride Systems, *American Journal of Mathematical and Management Science*, 6, 327–367 (1986).
- [9] Radivojevic, G.: Multidisciplinarni pristup optimizaciji upravljanja autobuskim vozim parkovima, Centar za multidisciplinarnu studiju, Magistarski rad, Beograd (1992).
- [10] Radivojevic, G.: Fazi sistemi za projektovanje ruta saobraćajnih sredstava, Saobraćajni fakultet, Doktorska disertacija, Beograd (2002).



Dr Radomir S. Gordic,  
dipl. inž.

## VREME REAGOVANJA VOJNIKA VOZACA

UDC: 656.13.052-051 : 355.11

### Rezime:

*Bezbednost vojnog saobraćaja i upravljanje kretanjem zavise od vremena reagovanja vojnika vozaca. Vojnici vozaci su selekcionirana grupa vozaca, pa se smatra da je njihovo vreme reagovanja krace od vremena reagovanja generalne populacije vozaca i od normativnog vremena reagovanja, koje se koristi u analizama. Zbog toga je izvršeno merenje vremena reagovanja vojnika vozaca kocenjem, s ciljem da se sagleda njegov uticaj na bezbednost saobraćaja i na upravljanje saobraćajnim tokovima, kao i da se strucna javnost upozna sa dobijenim rezultatima. U radu su prikazani rezultati merenja vremena reagovanja vojnika vozaca kocenjem, za slucajno odabranu grupu, u realnim uslovima.*

*Ključne reci: vreme reagovanja, bezbednost saobraćaja, vojnici vozaci, uporedni uzorak.*

---

## REACTING TIME OF MILITARY SOLDERS

### Summary:

*Safety in military traffic and its management depends on the reaction time of military drivers. Military drivers are a selected group of soldiers, so it is considered that their reaction time is shorter than the reaction time of general drivers population and it is also shorter than the normative reaction time, which is used in the analyses. Therefore, the stopping time of military drivers was tested, in order to see the influence on traffic safety and management of traffic courses, and to interest the professionals in the given results. In the essay results of stopping time in the real conditions for a random chosen group of military drivers are shown.*

*Key words: reaction time, traffic safety, military drivers, comparative sample.*

---

### Uvod

Vreme reagovanja je najznacajnja subjektivna karakteristika vozaca od koje znatno zavisi bezbednost i efikasnost saobraćaja. To je individualna karakteristika, koja zavisi od subjektivnih osobina vozaca i velikog broja objektivnih okolnosti. Kod razlicitih vozaca ovo vreme je razlicito, a kod istog vozaca se menja, zavisno od njegovog psihofizickog stanja i objektivnih okolnosti.

Vojnici vozaci su selekcionirana grupa generalne populacije vozaca. Na osnovu

atributa kojim su selekcionirani, smatra se da je njihovo vreme reagovanja manje od normativnog vremena i od vremena reagovanja generalne populacije vozaca, do kojeg se došlo u prethodnim istraživanjima [1]. Zbog toga je izvršeno merenje vremena reagovanja vojnika vozaca kocenjem<sup>1</sup> s ciljem da se odrede njegovi statisticki parametri, sagleda njegov uticaj na bezbednost saobraćaja i upravljanje kretanjem i da se strucna javnost animira dobijenim rezultatima.

<sup>1</sup> Ovo je tipični i najčešći oblik reagovanja, jer prema [2] na iznenadnu opasnost 80% vozaca reaguje samo kocenjem, 18% uz kocenje reaguje i na neki drugi način, a 2% uopšte ne reaguje.

U ovom radu prikazani su rezultati merenja vremena reagovanja vozaca kocenjem, za slucajno odabranu grupu vojnika vozaca u realnim uslovima.

### Vreme reagovanja vozaca i sistema „vozac-vozilo“

Ukupno vreme koje obuhvata sve procese od momenta kada vozac uoci opasnost (cuje ili vidi) do momenta kada reaguje (prenese nogu na pedalu kocnice i aktivira je ili dejstvuje na upravljac) predstavlja vreme reagovanja vozaca.

U nemogucnosti da se odredi realno vreme reagovanja vozaca, u praksi se koristi prosečno – normativno vreme reagovanja, koje se najcesce ne poklapa sa stvarnim vremenom reakcije. Od realne procene vremena reagovanja vozaca zavisi mogucnost upravljanja vozilom i izbegavanja SbN. U slucaju pogresne procene vremena reagovanja izvode se pogresni zakljucci i donose pogresne odluke, koje se negativno odrazavaju na upravljanje i bezbednost saobracaja, pa to moze imati ozbiljne posledice.

Vreme reagovanja kocenjem obuhvata vreme reagovanja sistema „vozac-vozilo“ (v-v), jer se vreme kocenja sastoji od vremena reagovanja vozaca i vremena reagovanja vozila. Reagovanje sistema v-v je kompleksan proces slozenih psihomotomih aktivnosti za koje je potrebno odredeno vreme, pa se reagovanje vozaca na bilo koju opasnost ne moze izvesti momentalno.

Vreme reagovanja  $t_r$  sistema v-v moze se analiticki izraziti obrascem:

$$t_r = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \text{ [s]}, \quad (1)$$

gde je:

$t_1$  – vreme reagovanja (vreme sopstvene reakcije) vozaca [s],

$t_2$  – vreme zakašnjenja rada (vreme odziva) mehanizma za kocenje [s],

$t_3$  – vreme porasta usporenja (vreme porasta pritiska) do punog kocenja [s].

Da bi se objasnilo reagovanje vozaca vršeni su brojni eksperimenti, koji nemaju prakticni znacaj, jer su izvedeni laboratorijski, u uslovima koji ne odgovaraju onima u saobracaju.

Pojavom auto-trenažera i filmskim simuliranjem saobracajnih situacija utvrđeno je, i u sudskoj praksi prihvaceno, da se za vreme reagovanja vozaca usvoji prosečno vreme  $t_1 = 0,8$  s.

U nekim izvorima [2] navodi se da se za prosečno (normativno) vreme reagovanja vozaca uzima  $t_1 = 0,6$  s (SR Nemacka i Austrija). Kao vreme aktiviranja sistema za kocenje, u toku kojeg pritisak naraste do maksimuma ( $t_2 + 0,5 t_3$ ), u [2] se preporucuje za:

- putnicka vozila ..... 0,2–0,3 s,
- teretna vozila i autobuse 0,3–0,4 s,
- vozila sa prikolicom i tegljace 0,5–1,0 s,
- motocikle (sa rucnom kocnicom) 0,1–0,2 s, i
- motocikle (sa nožnom kocnicom) 0,2–0,6 s.

Prema tome, vreme reagovanja sistema v-v iznosi za:

- putnicka vozila ..... 0,8 s,
- teretna vozila i autobuse ..... 1,0 s,
- vozila sa prikolicom i tegljace 1,2 s i
- motocikle ..... 0,7–0,8 s.

U praksi se cesto koriste izrazi „psihicka sekunda“, kao sinonim za vreme reagovanja vozaca, i „psihotehnicka sekunda“, što podrazumeva vreme reagovanja sistema v-v ( $t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3$ ) i za to se uzima 1,0 s.

Prema [3] normativno vreme reagovanja vozača za normalne uslove u saobraćaju iznosi 0,8, a za složene i najsloženije uslove 1,0–1,5 s. Normativno vreme reagovanja odnosi se na fiktivnog, prosečno obucenog, psihofizički zdravog i sposobnog vozača, koji osmatra situaciju na putu, prati i predviđa razvoj događaja, da bi u slučaju opasnosti mogao da reaguje. Iz ovih izvora [3, 2] vidi se da je normativno vreme reagovanja vozača–sistema  $v-v^2$  različito. Dakle, to je predmet konvencije, a ne preciznog definisanja i razgraničenja ovih pojmova.

### **Merenje realnog vremena reagovanja vojnika vozača**

Da bi odredili vreme reagovanja vozača–sistema  $v-v^2$  izveden je eksperiment u realnim uslovima [4] sa 39 slučajno odabranih vojnika vozača.

Za merenje vremena reagovanja vozača, prema definisanim uslovima, razvijen je poseban sistem (merni uređaj<sup>3</sup>), koji se sastoji od modula za merenje vremenskog intervala sa rezolucijom od 1 ms i sistema za akviziciju i prikazivanje podataka [5] (sl. 1).

#### *Uslovi koje treba da zadovolji merni uređaj*

Za merenje vremena reagovanja vozača angažovana su dva vozila TAM-5000. To su vojna vozila, sa specifičnim rešenjem svetlosne signalizacije i hidro-

pneumatskim sistemom kocenja. Radi navedenih specifičnosti i opštih tehničkih zahteva, merni uređaj treba da bude [4]:

- prenosan, pogodnih (malih) dimenzija, jednostavan i lak za priključivanje;
- otporan na vibracije, visoke temperature i pogodan za rad na terenu;
- otporan na varnicenje na kontaktima i na radio-smetnje elektro uređaja na vozilu;
- otporan na uticaj radio-signala i drugih izvora zračenja iz okoline;
- zaštićen u slučaju pogrešnog priključivanja na elektro instalaciju vozila.

Pored toga, treba da omogući vizuelnu kontrolu merenja po fazama i kontrolu ispravnosti uređaja.

Tehnički uslovi obezbeđeni su konstrukcijom, izborom i ugradnjom hardverskih komponenti. Ove karakteristike su konstantne, jer se naknadno ne mogu menjati [5].

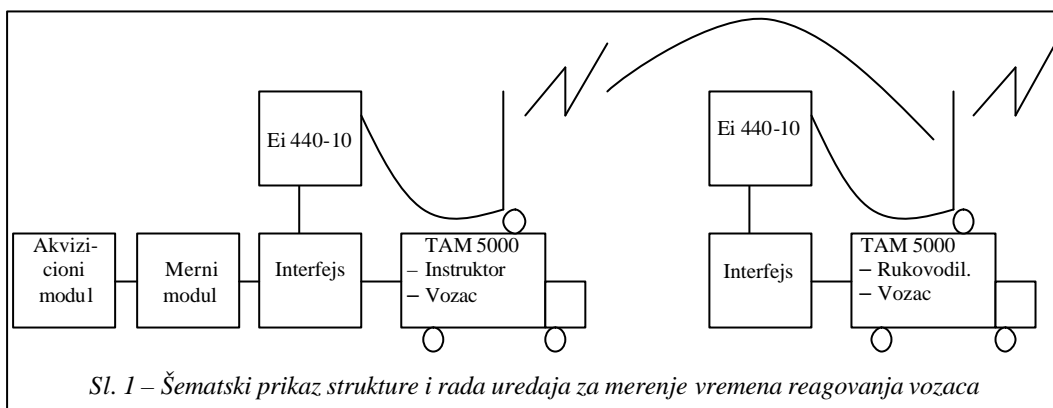
Algoritam i softver za merenje vremena reagovanja morao je da ispunjava neke specifične uslove [5], kao što su:

- rad (merenje) u realnom vremenu;
- prepoznavanje i selekcija vremena reagovanja na osnovu redosleda kocenja vozila;
- pouzdanost pri merenju i veliki broj autonomnih merenja;
- čuvanje i zaštita podataka bez napajanja i pražnjenja na nadređeni sistem;
- mogućnost identifikacije vozača i raspoznavanje podataka svakog vozača, i
- transparentno i jednostavno prikazivanje podataka.

Za razliku od hardverskih, softverske karakteristike uređaja, pored laboratorijskog ispitivanja, proveravane su, i u izvesnom smislu dogradivane i prilagođavane nameni, i u radu.

<sup>2</sup> Pod pojmom „reagovanje vozača“ u ovom radu podrazumeva se „reagovanje sistema  $v-v^2$ “.

<sup>3</sup> Uređaj za merenje vremena reagovanja razvio je i konstruisao Siniša Durutović u privatnoj uslužnoj radnji „DigiSoft“ Kraljevo [www.DigiSoft.co.yu](http://www.DigiSoft.co.yu).



Sva izmerena vremena manja od 0,4 s smatrana su nevažecim<sup>4</sup> i nisu slata sistemu za akviziciju podataka. Merni modul morao je da uzme u obzir samo ispravan sled događaja pri kocenju. Pritiskanje kocnice prvog vozila, koje vrši vozac, pa zatim pritiskanje kocnice drugog vozila koje obavlja vozac kome se meri vreme reagovanja jedini su ispravni sled događaja. Višestruko pritiskanje pedale za vreme kocenja jednog vozaca i razna druga neregularna stanja merni modul je trebalo da prepozna i da sistemu za akviziciju pošalje samo ispravna vremena reagovanja vozaca. Takode, novo merenje nije smelo poceti sve dok oba vozaca nisu otpustila pedalu kocnice. Merni modul trebalo je da obezbedi svetlosnu indikaciju za: aktiviranje kocnice u prvom vozilu, aktiviranje kocnice na drugom vozilu, pocetak i završetak procesa merenja. Ovakva signalizacija trebalo je da omogući vizuelnu kontrolu ispravnosti celog procesa u toku merenja vremena reagovanja. To se u praksi pokazalo korisnim, radi provere ispravnosti komunikacionog kanala i pojedinih komponenti mernog uređaja.

<sup>4</sup> Vremena manja od ovog su zanemarena, jer se smatra da je to minimalna vrednost koja se u praksi ostvaruje.

Vozila na kojima su vršena merenja poseduju hidro-pneumatski sistem kocenja, pa je na pedali kocnice bila potrebna veca sila od uobicajene da bi se aktivirala svetlosna signalizacija. Na to je, pri merenju, instruktor ukazivao vozacu drugog vozila, prateci svetlosnu signalizaciju na prvom vozilu i na mernom modulu. Specificka konstrukcija signalizacije na vojnim vozilima objedinjava stop-svetla i pokazivace pravca (migavce). Pri ukljucivanju pokazivaca pravca blokira se stop-svetlo, pa ga pri merenju merni modul nije mogao prepoznati. Zbog toga se u toku merenja nisu smeli koristiti pokazivaci pravca.

Merna oprema radila je u veoma teškim terenskim uslovima, izložena visokim temperaturama i vibracijama. Kvar na komunikacionom kanalu mogao je lako da se uoci prestankom prenosa signalizacije. Eventualni kvarovi, u toku rada, brzo i lako su dijagnostikovani, bez posebnog alata i merne opreme.

#### *Princip rada uređaja za merenje vremena reagovanja sistema*

Kada vozac u prvom vozilu pritisne pedalu kocnice poraste pritisak u sistemu za kocenje i aktivira se stop-svetlo. Inter-

fejs u prvom vozilu (sl. 1) generiše signal od 1700 Hz, koji se govornim kanalom, od stanice u prvom vozilu prenosi do stanice u drugom vozilu. Interfejs u drugom vozilu (sl. 1) ima zadatak da taj analogni signal od 1700 Hz pretvori u pogodan diskretni signal, koji prihvata merni modul. Kada merni modul prihvati diskretni signal tada otpocinje merenje vremena reagovanja.

Kada vozac u drugom vozilu uoci stop-svetlo prvog vozila i aktivira kocnicu, aktiviraju se stop-svetla drugog vozila i preko interfejsa u drugom vozilu (sl. 1) signal se direktno prenosi mernom modulu. Kada merni modul primi taj signal prekida se merenje vremena.

Izmereno vreme se od memog modula, posredstvom RS232 interfejsa, prosledjuje akvizicionom modulu (sl. 1), koji pamti podatke, formira bazu podataka i na displeju prikazuje tekuće (zadnje) vreme reagovanja sa pripadajucim atributima: ID kandidata, datum merenja, vreme merenja i vreme reagovanja, npr. (30.25.07.2002 10:26:08 2.986).

#### *Organizacija i realizacija merenja vremena reagovanja sistema*

Merenje vremena reagovanja sistema v-v izvedeno je u realnim uslovima. Za merenje je formiran reprezentativni uzorak od 39 slucajno odabranih vojnika vozaca. Merenje je organizovao i rukovodio eksperimentom „rukovodilac merenja“, koji se u toku rada nalazio u prvom – vodecem vozilu. Pre pocetka merenja on je definisao uslove rada, formirao reprezentativni uzorak, definisao softverske i tehnicke zahteve rada uredaja za merenje vremena reagovanja. U toku merenja ru-

kovodilac je kontrolisao uslove rada, postavljao zahteve vozacu vodeceg vozila i režirao situacije za reagovanje vozaca kome se meri vreme reagovanja.

U realizaciji eksperimenta rukovodiocu merenja pomagao je „instruktor merenja“, koji se nalazio u drugom vozilu sa vozacem kome se meri vreme reagovanja. U probnoj fazi eksperimenta on je imao zadatak da izvrši proveru i verifikaciju softvera, uoci i otkrije njegove nedostatke, da ga koriguje i prilagodi nameni.<sup>5</sup> U toku merenja vremena reagovanja instruktor je, preko alfanumericke tastature terminala na akvizicionom modulu, unosio ID brojeve vozaca, davao im instrukcije i pratio njihov rad, vizuelno kontrolisao zapis na displeju, a preko indikatorskih lampica rad komunikacionog kanala i ispravnost uredaja.

Pri formiranju reprezentativnog uzorka vozacima su dodeljeni ID brojevi, koje je trebalo da pamte, i da ih pri ulasku u vozilo saopšte instruktoru. U toku merenja vremena reagovanja vozaci su imali zadatak da vozilom upravljaju zadatom brzinom, a vozac drugog vozila trebalo je da sledi prvo, na zadatom rastojanju, koje je on odredivao po slobodnoj proceni. Kada vozac u prvom vozilu pritisne pedal kocnice i aktivira stop-svetla, vozac u drugom vozilu imao je zadatak da prikoci, radi održavanja odstojanja. Sistem za merenje vremena reagovanja imao je zadatak da izmeri vremenski interval od ukljucivanja stop-svetla na prvom vozilu do aktiviranja kocionog sistema na drugom vozilu.

<sup>5</sup> Instruktor merenja bio je konstruktor uredaja za merenje vremena reagovanja vozaca. Pre pocetka merenja on je kreirao softver i laboratorijski ispitao uredaj.

Prema [3], zbog velikog broja relevantnih faktora, interval reagovanja vozača kocenjem dosta je širok i iznosi 0,4 do 1,5 s. Radi provere, gde se u ovom intervalu nalaze pojedini vozači reprezentativnog uzorka mereno je vreme reagovanja za unapred određene uslove<sup>6</sup> (tab. 2, kolone 2–6), koji su tokom eksperimenta kontrolisani [5].

Vreme je registrovano digitalnim elektronskim tajmerom, sa tačnošću od  $\pm 1$  milisekundi, koji je uključen i isključen automatski, radio-signalom. Za razliku od ranijih merenja, koja su vršena automatizovano, uz posredovanje čoveka između mernog i komandnog uređaja, ovde je jedini zadatak čoveka u ulozi vozača–ispitanika bio da pritiskom pedale kočnice preko stop-svetla isključi časovnik, koji je, pri nailasku na prepreku uključio vozač vodećeg vozila – „lidera“, kako ga naziva Lobanov [1]. Vreme reagovanja vozača registrovano je automatski u mikroprocesoru, kao interval između uključivanja stop-svetala na prvom i drugom vozilu, a kasnije je radi obrade preneto na računar.

Uslovi pod kojima su izvedena merenja [5]:

- dan, vreme promenljivo, bez padavina;
- kolovoz asfaltni za dvosmerni saobraćaj, širine 7 m, dobrog kvaliteta;
- intenzitet saobraćaja mali 300–400 voz./h;
- starost vozača od 20 do 27,5 godina, sa nominalnim vozačkim stažom od 0,75 do 8 godina [9] (str. 119, tab. 4.4, kolone 3 i 4);

<sup>6</sup> Uslovi se odnose na brzinu i odstojanje između vozila u toku kretanja i vreme vožnje – opterećenje (vreme vožnje [h] / brzina [km/h] / odstojanje [m]).

– vozači su proizvoljno procenili rastojanje do vodećeg vozila;

– broj merenja za pojedine uslove je različit, jer je reagovanje vozača zavisilo od uslova i situacije u saobraćaju.

### **Analiza realnog vremena reagovanja vojnika vozača**

Najpotpunija analiza vremena reagovanja vozača prikazana je u [1]. Parametri raspodele i intervali poverenja vremena reagovanja, u zavisnosti od vremena vožnje (opterećenja), do kojih je došao prof. Lobanov, prikazani su u tab. 1. On je vreme reagovanja istraživao na vozačima, od 18 do 67 godina starosti, sa stažom upravljanja od 1 do 43 godine, pri čemu je izvršeno 2132 merenja vremena reagovanja, od čega je u 965 merenja signal bio očekivan, a u 1167 neočekivan.<sup>7</sup> U [1] je utvrđeno da vreme reagovanja raste sa povećanjem brzine i odstojanja između vozila, a da opada sa povećanjem vremena vožnje od 0 do 8 h, a nakon toga raste (tab. 1). Pored toga, u [1] se ističe da se vreme reagovanja povećava sa povećanjem intenziteta saobraćaja, a da zavisi od starosti i staža upravljanja vozilom, jer mladi vozači brže reaguju, a stariji brže odlučuju.

Pojedinacna vremena reagovanja vojnika vozača nalaze se u širokom dijapazonu. Broj merenja pojedinih kandidata je različit, jer zavisi od okolnosti, uslova i ograničenja u kojim je realizovan. Radi toga je potrebno da se podaci statistički obrade, logički analiziraju i uporede sa rezultatima prikazanim u [1].

<sup>7</sup> Izvor [1], str. 167.

*Tabela 1*  
*Parametri normalne raspodele i intervali poverenja*  
*vremena reagovanja vozaca prema [1] za intenzitet*  
*saobracaja 100 do 300 voz./h*

Dužina vremena vožnje (opterećenje vozaca) (h)	Matematičko očekivanje vremena reagovanja vozaca (s)	Standardna devijacija	Intervali poverenja za $t_r$	
			Verovat - noca 95%	Verovat - noca 99%
0	1,39	0,173	1,39 ± 0,35	1,39 ± 0,52
2	1,31	0,161	1,31 ± 0,32	1,31 ± 0,48
4	1,21	0,135	1,21 ± 0,27	1,21 ± 0,41
6	1,20	0,153	1,20 ± 0,31	1,20 ± 0,46
8	1,29	0,210	1,29 ± 0,42	1,29 ± 0,63
10	1,44	0,250	1,44 ± 0,50	1,44 ± 0,75
12	1,53	0,272	1,53 ± 0,54	1,53 ± 0,82

### *Statisticka analiza realnog vremena reagovanja*

Analizom vremena reagovanja kočenjem [6] razmatramo vreme reagovanja sistema v–v, jer se vreme kocenja sastoji od vremena reagovanja vozaca i vozila, koja se u ovom radu posmatraju kao jedinstvena celina, ne ulazeci u njihovu strukturu.

U toku eksperimenta, vreme reagovanja sistema v–v izmereno je 2889 puta za 39 vozaca. Eksperimentalni podaci, prema uslovima merenja, svrstani su u 5 grupa (tab. 2, kolone 2–6). Iz reprezentativnog uzorka apstrahovani su vozac koji nisu završili sva merenja, pa je dobijen uporedni uzorak [6]. Statisticka obrada i analiza podataka izvršena je po grupama, uporedno<sup>8</sup> i celovito za reprezentativni uzorak. Statisticki parametri vremena reagovanja sistema v–v za uporedni uzorak prikazani su u tabeli 2. Iz ovih podataka vidi se da je srednja vrednost vremena reagovanja veca, što je veca brzina i odstojanje (kolone 2, 3 i 4), a da se sa po-

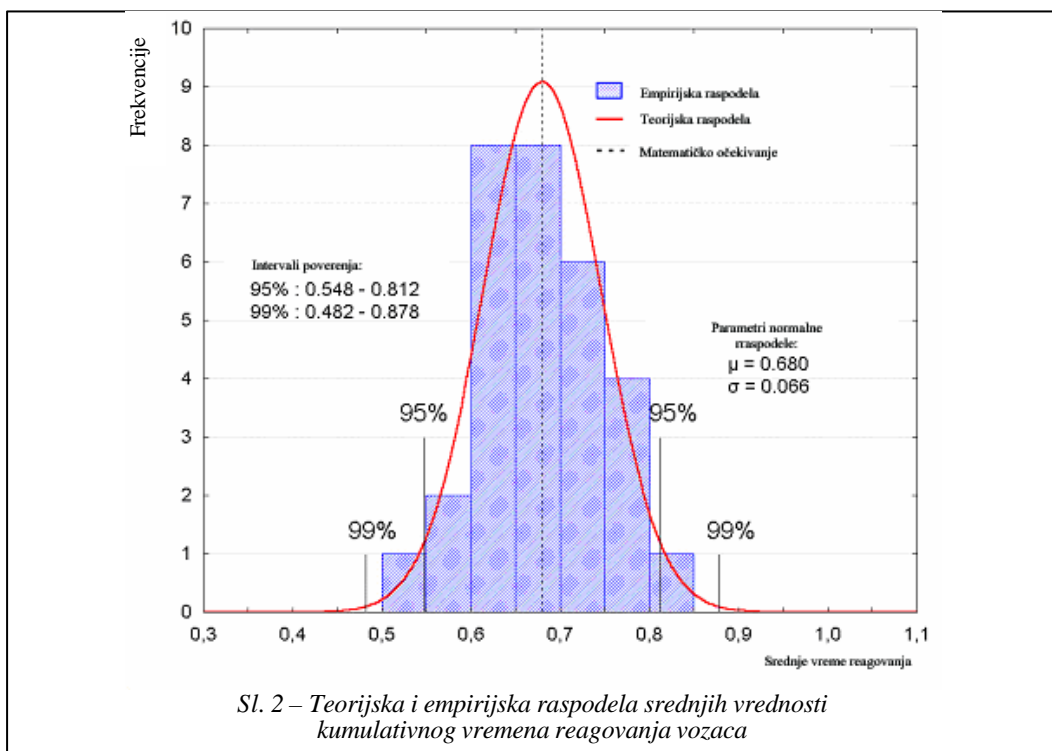
<sup>8</sup> U radu je prikazana uporedna analiza za 30 vozaca (uporedni uzorak), koji su završili sva merenja.

vecanjem vremena vožnje vreme reagovanja smanjuje (kolone 3, 5 i 6), što je saglasno sa ranijim istraživanjima [1], gde se ukazuje da vreme reagovanja, zavise od vremena vožnje, opada od 0 do 8 h, a nakon toga raste<sup>9</sup> (tab. 1).

Analizom statistickih parametara vremena reagovanja sistema v–v, za uporedni uzorak (tab. 2), za sve uslove utvrđeno je [6] da se raspodela srednjih vrednosti vremena reagovanja vozaca slaže sa Gausovom (normalnom) raspodelom (sl. 2), što je potvrđeno  $\chi^2$  (hi-kvadrat) testom, sa rizikom prihvatanja hipoteze o saglasnosti empirijske i teorijske raspodele od 0,01. Test  $\chi^2$  pokazuje da postoji visoka verovatnoca da su srednje vrednosti realnog vremena reagovanja svih vojnika vozaca s normalnom raspodelom verovatnoca i da su odstupanja od ove raspodele sasvim slucajna. Poligon empirijske raspodele srednjeg kumulativnog vremena reagovanja za uporedni uzorak i teorijska raspodela prikazani su na sl. 2, a parametri raspodele i intervali poverenja na sl. 2. i tab. 3.

Na osnovu dobijenih rezultata i uporedne statisticke analize, za vozace koji su završili sva merenja određeni su intervali poverenja vremena reagovanja za sve uslove [6] (tab. 3). Ovi podaci predstavljaju osnovu za određivanje realnog vremena reagovanja sistema v–v. U konkretnoj situaciji, zavisno od psihofizickog stanja vozaca, karakteristika i stanja vozila i objektivnog stanja puta i okoline, može se odrediti vreme reagovanja sistema v–v iz intervala poverenja (tab. 3) za date uslove. Iz podataka u [6] (tab. 3) vi-

<sup>9</sup> U ovom istraživanju analiza je vršena od 0 do 5 h vožnje – rada, u tri koraka.



di se da se ova vremena znatno razlikuju od vremena reagovanja vozaca prikazanog u [1] (tab. 1) i normativnog vremena reagovanja vozaca.

Analizom koeficijenta korelacije<sup>10</sup> prema uslovima merenja, uoceno je da je razlika srednjih vrednosti vremena reagovanja vozaca za razlicite brzine i odstojanja statisticki znacajna, odnosno da nije slucajna, što se ne može reci za razlicita opterecenja u toku vožnje.

#### *Logicka analiza realnog vremena reagovanja*

Istraživaci su, u brojnim istraživanjima, nastojali da se vreme reagovanja sistema v-v definiše i odredi njegov uticaj na bezbednost saobraćaja, a uticaj na

upravljanje i efikasnost kretanja je zanemarivan, pa to nije rasvetljeno ni teorijski ni prakticno. Dometi ovih istraživanja bili su ograniceni, jer su vršena laboratorijski, a ne u realnim uslovima. U [7] se istice da je ovaj parametar, po uticaju na efikasnost i bezbednost saobraćaja, drugi po znacaju, odmah iza brzine.

U praksi se, umesto realnog vremena reagovanja vozaca, koristi normativno vreme reagovanja i uzima se da je ono 1,0 s,<sup>11</sup> ali se ne navode njegovi statisticki parametri, pa je otežan analiticki pristup problemima bezbednosti i upravljanja kretanjem, sa ovog aspekta. Normativno vreme reagovanja gruba je i relativizirana kvantitativna i kvalitativna mera reakcije vozaca automobila, jer se odnosi na fiktivne uslo-

<sup>10</sup> Zbog obima rada, koeficijenti korelacije se ne prikazuju, već se komentarišu.

<sup>11</sup> U literaturi se koriste izrazi „psihicka sekunda“ i „psihotehnicka sekunda“ kao sinonimi za reagovanje vozača i sistema v-v.



Statistički parametri vremena reagovanja sistema v-v za uporedni uzorak

Tabela 2

Statistički parametri	Uslovi merenja vremena reagovanja sistema v-v					Kumulativno vreme reagovanja s
	45 km/h 30 m	60 km/h 50 m	75 km/h 100 m	2 h 60 km/h/50 m	5 h 60 km/h/50 m	
1	2	3	4	5	6	7
Srednja vrednost	0,639	0,697	0,728	0,677	0,659	0,680
Standardna devijacija	0,093	0,196	0,123	0,102	0,101	0,066
Varijansa	0,009	0,039	0,015	0,010	0,010	0,004
Koeficijent varijanse	14,49	28,16	16,95	15,09	15,26	9,67
Maksimalna vrednost	0,946	1,486	1,006	0,889	0,949	0,826
Minimalna vrednost	0,514	0,486	0,497	0,484	0,558	0,531
Raspon	0,432	1,000	0,509	0,405	0,391	0,295
Medijana	0,616	0,662	0,723	0,683	0,635	0,688
Moda	0,594	0,754	0,653	0,574	0,670	0,647
Broj merenja	728	543	345	435	445	2496
Broj kandidata	30	30	30	30	30	30
Merenja po kandidatu	24,27	18,10	11,50	14,50	14,83	83,20

Parametri normalne raspodele i intervali poverenja vremena reagovanja za uporedni uzorak i sve uslove merenja

Tabela 3

Uslovi merenja vremena reagovanja (vreme vožnje, brzina, odstojanje)	Matematičko očekivanje vremena reagovanja vozača s	Standardna devijacija	Intervali poverenja za $t_r$	
			Verovatnoca 95%	Verovatnoca 99%
45 km/h – 30 m	0,639	0,093	0,639 ± 0,185	0,639 ± 0,278
60 km/h – 50 m	0,697	0,196	0,697 ± 0,393	0,697 ± 0,589
75 km/h – 100 m	0,728	0,123	0,728 ± 0,247	0,728 ± 0,370
2 h – 60 km/h – 50 m	0,677	0,102	0,677 ± 0,204	0,677 ± 0,307
5 h – 60 km/h – 50 m	0,659	0,101	0,659 ± 0,201	0,659 ± 0,302
Kumulativno srednje $t_r$	0,680	0,066	0,680 ± 0,132	0,680 ± 0,198

ve i prosečno obučenog vozača. Radi toga ga treba koristiti kritički i obzirivo, primereno psihofizičkom stanju vozača, konkretnim uslovima saobraćaja, puta, okoline i drugim objektivnim okolnostima. Nekritičko korišćenje normativnog vremena reagovanja neminovno vodi u zabludu i pogrešno zaključivanje, čije posledice mogu biti ozbiljne.

Prethodna istraživanja vremena reagovanja upućuju na analizu zavisnosti vremena reagovanja vojnika vozača od iskustva, starosti i staža vozača i sagledavanje povezanosti ovih obeležja i vremena reagovanja.

Obeležja iskustva su: staž upravljanja vozilom, starost–uzrast vozača i učestalost upravljanja vozilom (tab. 4). U uporednom uzorku bilo je 13 kandidata<sup>12</sup> koji su svakodnevno upravljali m/v, 17 povremeno, a dva su bili autoprevoznici [9] (str. 119, tab. 4.4, kolona 2).

Vreme reagovanja uporednog uzorka, prema ovim obeležjima, prikazano je u tabeli 4. Analizom srednjih vrednosti vremena reagovanja za pojedine uslove

<sup>12</sup> U ovu grupu uključena su dva autoprevoznika, ali su prikazani i izdvojeno, kao profesionalni vozači, radi poređenja sa ostalim grupama uzorka.

Tabela 4

Vreme reagovanja vozaca prema iskustvu za uporedni uzorak i sve uslove merenja

Obeležja iskustva vozaca			Uslovi merenja vremena reagovanja sistema v-v					Kumulativno srednje vreme
Ucestalost upravljanja vozilom	Staza upravljanja m/v	Starost vozaca	45 km/h 30 m	60 km/h 50 m	75 km/h 100 m	2 h 60 km/h 50 m	5 h 60 km/h 50 m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Svakodnevno	3,91	22,510	0,658	0,714	0,717	0,693	0,655	0,686
Povremeno	3,68	22,050	0,629	0,685	0,736	0,665	0,661	0,675
Autoprevoznici	2,67	21,331	0,585	1,020	0,665	0,716	0,628	0,722
Uporedni uzorak	3,78	23,303	0,639	0,697	0,728	0,677	0,659	0,680

merenja može se uociti da se prema svim obeležjima vreme reagovanja povećava sa uslozavanjem uslova (povećanjem brzine i odstojanja) (tab. 4, kolone 4, 5 i 6). Izuzetak su autoprevoznici, kojih je bilo samo dva, od kojih je vozac broj 5 imao samo dva uspešna merenja vremena reagovanja, za uslove u koloni 5 (tab. 4), pri čemu je jedno merenje iznosilo 2,387 s, pa je zato srednja vrednost vremena reagovanja za ovaj uslov relativno velika. Ako se povećava vreme vožnje (opterećenje) od 0 do 5 h vreme reagovanja opada za sve tri grupe (tab. 4, kolone 5, 7 i 8), kao i u [1].

Povezanost realnog vremena reagovanja i iskustva vojnika vozaca može se oceniti analizom koeficijenta korelacije [8, 9] između staža i starosti vozaca i vremena reagovanja.<sup>13</sup> Uocava se [9] da je sa povećanjem staža i starosti vozaca promena vremena reagovanja neznatna. To znaci da je korelacija između ovih parametara niska, a povezanost mala.<sup>14</sup> Ipak, zapaža se da vreme reagovanja vojnika vozaca više zavisi od starosti nego od staža vozaca.

<sup>13</sup> Izvor [9], stranica 124.

<sup>14</sup> Možda bi korelativna veza bila jača da su starost i staž vozača veći (da su u širem intervalu, kao u [1]).

Analizom vremena reagovanja uporednog uzorka [6] može se zapaziti da se ono razlikuje za pojedine uslove (tab. 2. i 3). Analizom rezultata reprezentativnog uzorka uocava se da vreme reagovanja zavisi od starosti i staža vozača [9]. Ako se uporedni uzorak podeli na dve grupe, prema dužini vozačkog staža<sup>15</sup> (tab. 5), može se zapaziti da je srednja vrednost staža prve grupe 4,93 godine, a srednje kumulativno vreme reagovanja 0,660 s. Prosecan vozački staž druge grupe je 2,62 godine, a srednje kumulativno vreme reagovanja 0,700 s. Dakle, srednje vreme reagovanja druge grupe, čiji je staž znatno manji (tab. 5), veće je za 0,040 s.

Do sličnog zaključka može se doći analizom realnog vremena reagovanja prema starosti vozača<sup>16</sup> [9] (str. 126, tab. 4.11). Ako se uporedni uzorak podeli na dve grupe, prema starosti vozača, prosečna starost prve grupe je 23,303 godina, a pripadajuće srednje vreme reagovanja 0,668 s. Prosečna starost druge grupe je 21,196 godina, a srednje vreme reagovanja 0,692 s. Prema tome, srednje vreme reagovanja mlade grupe vozača veće je za 0,025 s. Do istih

<sup>15</sup> Odnosi se na nominalni vozački staž, od polaganja vozačkog ispita do završetka eksperimenta.

<sup>16</sup> Starost uporednog uzorka bila je u intervalu 20 do 27,5 godina, a nominalni vozački staž od 1 do 8 godina.

Tabela 5

Srednje vreme reagovanja sistema v-v prema vozackom stažu za uporedni uzorak

Red. broj	Br. vozaca	Staż uprav- ljanja m/v	Uslovi merenja vremena reagovanja sistema v-v					Kumulativno srednje vreme
			45 km/h 30 m	60 km/h 50 m	75 km/h 100 m	2 h 60 km/h 50 m	5 h 60 km/h 50 m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	38	8,17	0,826	0,891	0,653	0,802	0,600	0,754
2	25	7,17	0,652	0,754	0,755	0,711	0,602	0,695
3	35	5,83	0,631	0,666	0,710	0,797	0,649	0,691
4	36	5,67	0,594	0,775	1,006	0,543	0,587	0,701
5	37	5,33	0,603	0,754	0,818	0,698	0,585	0,692
6	30	5,17	0,563	0,569	0,964	0,574	0,563	0,647
7	6	5,08	0,550	0,527	0,549	0,587	0,670	0,577
8	18	4,92	0,591	0,571	0,900	0,716	0,667	0,689
9	17	4,50	0,558	0,584	0,618	0,889	0,785	0,687
10	29	4,25	0,581	0,670	0,632	0,526	0,56	0,594
11	15	4,08	0,635	0,550	0,802	0,678	0,607	0,654
12	16	3,58	0,594	0,714	0,497	0,699	0,560	0,613
13	24	3,42	0,52	0,486	0,572	0,484	0,591	0,531
14	21	3,42	0,627	0,724	0,653	0,714	0,873	0,718
15	32	3,42	0,673	0,720	0,685	0,574	0,648	0,660
prosek		4,93	0,613	0,664	0,721	0,666	0,636	0,660
16	3	3,42	0,614	0,550	0,589	0,688	0,568	0,602
17	27	3,42	0,728	0,771	0,737	0,674	0,620	0,706
18	9	3,25	0,618	0,539	0,784	0,639	0,654	0,647
19	31	3,00	0,736	0,806	0,798	0,770	0,638	0,750
20	4	3,00	0,612	0,994	0,898	0,664	0,627	0,759
21	19	2,83	0,946	0,711	0,707	0,754	0,627	0,749
22	20	2,75	0,716	0,587	0,745	0,551	0,632	0,646
23	5	2,75	0,655	1,486	0,669	0,625	0,697	0,826
24	26	2,75	0,603	0,658	0,735	0,814	0,949	0,752
25	12	2,58	0,514	0,553	0,660	0,806	0,558	0,618
26	34	2,42	0,582	0,538	0,626	0,534	0,915	0,639
27	14	2,42	0,649	0,604	0,809	0,626	0,703	0,678
28	10	2,25	0,758	0,597	0,882	0,638	0,663	0,708
29	8	1,58	0,542	0,617	0,616	0,727	0,670	0,634
30	39	0,92	0,696	0,951	0,769	0,812	0,690	0,784
prosek		2,62	0,665	0,731	0,735	0,688	0,681	0,700

zakljucaka dolazimo analizom vremena reagovanja, prema ovim atributima uporednog uzorka za sve uslove i grupe (tab. 5, kolone 4–8). Ovi rezultati saglasni su sa ranijim istraživanjima [1].

Poređenjem kumulativnog vremena reagovanja, sa parcijalnim i pojedina-

nim vremenima (tab. 5), uocava se da je maksimalno kumulativno vreme reagovanja 0,826 s, a ostvario ga je vozac broj 5, profesionalac–autoprevoznik. Minimalno srednje kumulativno vreme 0,531 s imao je vozac broj 24, koji povremeno upravlja vozilom (tab. 5). Srednje kumulativ-

no vreme uporednog uzorka (tab. 2) iznosilo je 0,680 s. Parcijalna vremena reagovanja su analogna ovim vrednostima, a pojedinačna se znatno razlikuju. Pregled ekstremnih pojedinačnih vremena reagovanja, prema uslovima merenja, prikazan je u tabeli 6. Analizom ekstremnih vrednosti vremena reagovanja (tab. 6), vidi se da su sva ekstremna vremena reagovanja ostvarili razliciti vozac. To znaci da nema vozaca sklonih „velikim“ ili „malim“ vremenima reagovanja, pa se može zakljuciti da vreme reagovanja ne zavisi samo od subjektivnih osobina vozaca. U principu, vozac koji imaju manja pojedinačna vremena reagovanja imaju i srednje vreme reagovanja manje, ali to nije pravilo i ne odnosi se na sve vozace i uslove. Maksimalno pojedinačno vreme reagovanja uporednog uzorka je 2,986 (tab. 6), a ostvario ga je vozac broj 30, pri brzini od 75 km/h i odstojanju 100 m, cije je srednje kumulativno vreme 0,647 s, znatno manje od proseka uporednog uzorka (tab. 5. i 2).

Minimalno vreme reagovanja 0,400 s ostvarili su vozac br. 3 i 24 (tab. 6). To-

kom merenja vremena reagovanja uoceno je da su pojedinačna vremena reagovanja u iznenadnim i neocekivanim uslovima, kada je verovatnoca kocenja vodeceg vozila mala, znatno veca od proseknog vremena reagovanja (tab. 6). Na primer, svi vozac imaju znatno veco vreme reagovanja pri kocenju na usponu, pri ukrštanju sa sporednim putem, po izlasku iz krivine i u slicnim situacijama.

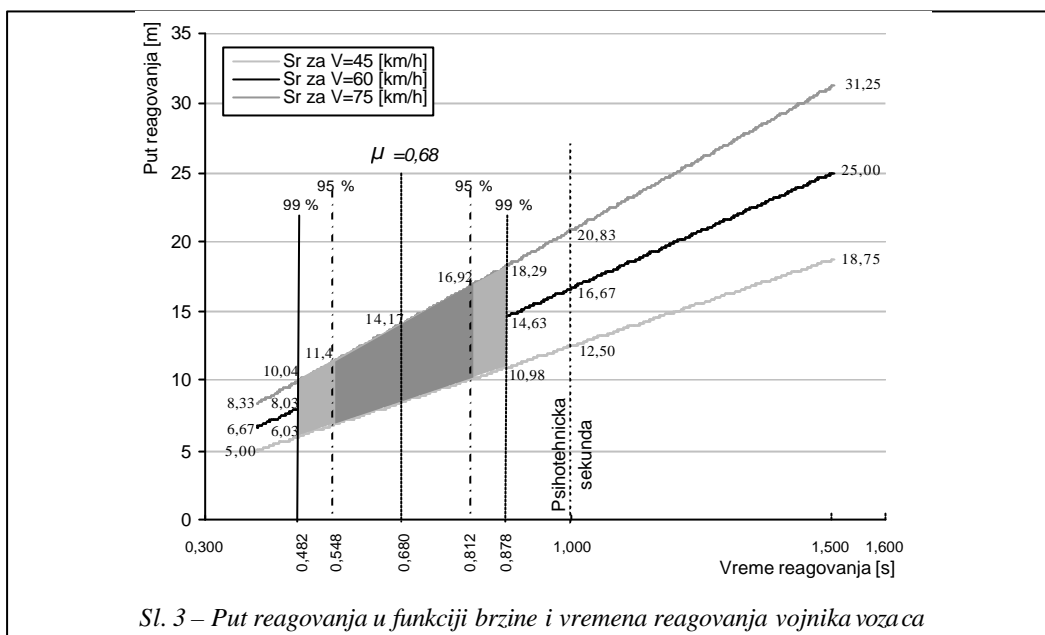
#### *Uticao realnog vremena reagovanja sistema na bezbednost saobracaja*

Vreme reagovanja utice na bezbednost saobracaja kao vremensko-prostorna i saobracajnotehnicka komponenta, preko puta reagovanja. Put reagovanja  $S_r$  je linearna funkcija brzine i vremena reagovanja sistema  $v-v$  (sl. 3). To znaci da se put reagovanja povecava proporcionalno povecanju vremena reagovanja, pa zakljucujemo da produžavanje vremena reagovanja skracuje put do opasne prepreke i stvara latentnu opasnost za nastajanje nezgode. Sa sl. 3 i na osnovu srednjih vrednosti vremena reagovanja (tab. 3)

Tabela 6

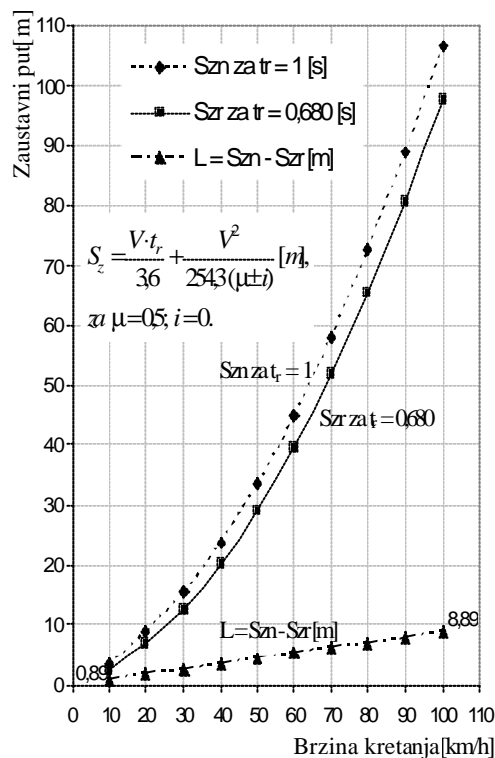
*Ekstremne vrednosti pojedinačnih vremena reagovanja uporednog uzorka*

Uslovi merenja	Vozač broj	Ekstremna vrednost s	Broj merenja	Srednja vrednost s
45 km/h 30 m	38	max. – 2,787	30	0,826
	15	min. – 0,402	33	0,635
60 km/h 50 m	37	max. – 2,964	28	0,754
	3	min. – 0,400	10	0,550
75 km/h 100 m	30	max. – 2,986	12	0,964
	5	min. – 0,413	12	0,669
60 km/h 50 m – 2 h	35	max. – 2,946	21	0,797
	24	min. – 0,400	14	0,484
60 km/h 50 m – 5 h	17	max. – 2,880	11	0,785
	8	min. – 0,405	16	0,670



može se zaključiti da je vreme reagovanja vojnika vozača znatno kraće od normativnog vremena, odnosno psihotehničke sekunde. Za analizirane brzine, na intervalu poverenja vremena reagovanja (sl. 3) put reagovanja manji je za 1,61 do 10,73 m, u odnosu na normativni put reagovanja. Za analizirane brzine, sa grafikona (sl. 3) može se očitati vrednost puta reagovanja, za vremena reagovanja na intervalu poverenja i uporediti sa normativnim putem reagovanja (psihotehnička sekunda).

Na sl. 4. prikazan je zaustavni put,  $S_{zn}$  za normativno i  $S_{zr}$  za kumulativno vreme reagovanja u funkciji brzine. Za bezbednost saobraćaja značajno je da razlika ovih puteva  $L$ , na intervalu brzine 10–100 km/h iznosi 0,89 do 8,89 m. U slučaju pogrešne procene vremena reagovanja ta razlika predstavlja grešku, koja se ne može apstrahovati sa stanovišta bezbednosti saobraćaja. Kritičkom anali-



zom i pravilnim izborom realnog vremena reagovanja, primereno okolnostima u kojima vozac reaguje, put reagovanja može se realno odrediti, što je presudno za bezbednost saobracaja i za sve analize saobračajnog toka.

### Zaključak

Rezultati do kojih se došlo u ovom istraživanju vremena reagovanja značajni su za praktičnu primenu i saglasni su sa rezultatima ranijih istraživanja, po svim pokazateljima. Ovo istraživanje pokazalo je da su realna vremena reagovanja voznika vozaca znatno manja od normativnog vremena, koje se preporučuje u literaturi i od vremena reagovanja do kog se došlo u ranijim istraživanjima.

Srednje vreme reagovanja zavisi od iskustva, starosti i staža vozaca, a pojedinačno od objektivnih okolnosti u kojima vozac reaguje.

Vozaci koji brzo reaguju, u iznenadnim, nejasnim i neočekivanim situacija-

ma imaju vreme reagovanja koje znatno prelazi njihovu srednju vrednost. To znači da do punog izražaja dolazi individualnost voznika, koja zavisi od okolnosti u kojima se reaguje, što treba imati u vidu pri svim analizama.

### Literatura:

- [1] Лобанов, Е. М.: Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя, Транспорт, Москва, 1980.
- [2] Covic, M. i saradnici: Vještacenja u cestovnom prometu, „Informator“, Zagreb, 1987.
- [3] Dragac, R.: Bezbednost saobracaja, II deo, Saobračajni fakultet, Beograd, 1983.
- [4] Gordic, S. R.: Realno vreme reagovanja vozaca, VI simpozijum sa međunarodnim učešćem Prevenција saobračajnih nezgoda na putevima 2002, bezbednost saobracaja u XXI veku, Novi Sad, oktobar 2002.
- [5] Gordic, S. R. i Durutovic, S.: Mrenje realnog vremena reagovanja vozaca, Tehnika, casopis Saveza inženjera i tehnicara Jugoslavije, 3/2003.
- [6] Gordic, S. R.: Analiza realnog vremena reagovanja vozaca, VII simpozijum sa međunarodnim učešćem Prevenција saobračajnih nezgoda na putevima 2004, Novi Sad, oktobar 2004.
- [7] Gordic, S. R.: Analiza kretanja organizovanog kolonskog saobračajnog toka i kri terijuma njegove efi kasnosti, magistrski rad, TVA KoV, Zagreb, 1983.
- [8] Guilford J. P.: Fundamental Statistics in Psychology and Education, Me Graw-Hill, New York, 1956.
- [9] Gordic, S. R.: Efi kasnost organizovanog vojnog kolonskog saobračajnog toka, doktorska disertacija, Vojna akademija – Odsek logistike, Beograd, 2005.

**Dr Dušan Rajić,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnički institut  
Beograd,  
**mr Božidar Žakula,**  
dipl. inž.  
**dr Velibor Jovanović,**  
dipl. inž.

## UTICAJ INDUSTRIJSKE SVOJINE NA TEHNICKO-TEHNOLOŠKI FAKTOR ODBRANE

UDC: 347.77 : 623.483

*Rezime:*

*U radu je analiziran uticaj industrijske svojine na tehnicko-tehnološki faktor odbrane. Tehnološke inovacije predstavljaju znacajnu pokretacku snagu privrednog razvoja zemlje i nje-  
ne odbrambene industrije. Ukazano je na potrebu drugacijeg organizovanja u oblasti inovacio-  
ne delatnosti u kojoj je uspostavljena tesna veza između nauke, pronalazaštva i proizvodnje.*

*Ključne reči: inovacije, patenti, intelektualna svojina, vojna industrija, odbrana.*

---

### THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL PROPERTY ON THE TECHNICAL-TECHNOLOGICAL FACTOR OF DEFENCE

*Summary:*

*The influence of industrial property on the technical-technological factor of defense is analyzed in this work. Technical innovations represent an important force of business development of the county and its defensive industry. In this work it is pointed out the necessity for different way of organization in the field of innovative work in which the tight connections are established between science, innovation and production.*

*Key words: innovations, patents, intellectual property, military industry, defense.*

---

#### Uvod

Nekada se trgovalo proizvodima tzv. niske tehnologije, koji su zadovoljavali primarne ljudske potrebe za ishranom, odevanjem, itd. Danas vecina proizvoda, pa cak i potrošna roba, sadrži udeo pronalazaka i dizajna, zbog cega ima vecu vrednost, odnosno cenu. Filmovi, zvučni zapisi, knjige, kompjuterski softver, sredstva naoružanja i vojne opreme (NVO) i drugi proizvodi na tržištu, kupuju se i prodaju zbog informacija i kreativnosti koje sadrže, a ne samo zbog materijala od kojih su sacinjeni.

Svi proizvodi s kojima danas dolazimo u dodir tekovine su necijeg stvaralaštva, u tehnickom, dizajnerskom i u autor-

skom smislu, kao proizvod određenog tradicionalnog znanja nacionalne kulture s određenog geografskog podrucja i dr. Drugim recima, to je necija intelektualna svojina – pojeđinca, grupe autora ili naroda.

U svim zemljama u svetu autorima je dato pravo da sprece druge da bez nadoknade koriste njihove pronalaskе, dizajn ili druge vrste stvaralaštva. Ovo pravo naziva se pravo intelektualne svojine.

Intelektualna svojina je najskuplja roba na svetu, jer je za nju neophodno vrhunsko znanje, koje ima veoma visoku cenu na tržištu. Tako npr. više vredi gram enzima butirilholinesteraze, koji proizvodi naš Vojnotehnički institut za potrebe detekcije visokotoksičnih hemijskih materija, od grama zlata. Danas se

vode pravi trgovinski ratovi između zemalja, kada neka od njih proceni da su joj prava u pogledu intelektualne svojine ugrožena (npr. SAD – Kina). Znacaj intelektualne svojine može da se proceni i po tome što se u okviru pregovora za ulazak u razne evropske ili svetske asocijacije, poput Evropske unije, Svetske trgovinske organizacije i dr., kao je dan od najvažnijih uslova koji neka zemlja mora da ispuni, postavlja pitanje adekvatnog rešavanja prava iz te oblasti [1].

Najrazvijenije zemlje, poput SAD, ostvaruju prihode od izvoza autorskih prava (tzv. kopirajt prihodi) u iznosu od 60% od ukupnog izvoza [1]. U Japanu 284 firme ostvaruju 45% svojih prihoda, isključivo primenom znanja i novih ideja. Za razvijene zemlje izvoz znanja, tj. ideja i kreativnosti, najjednostavniji je izvoz koji donosi najveće prihode.

U srednje razvijenim i nerazvijenim zemljama izvoz znanja i kreativnosti je veoma mali, a uvoz veliki. Tako je na primer, u Argentini izvoz znanja svega 4–5% od ukupnog izvoza ove zemlje. Slična je situacija i sa ostalim srednje razvijenim i nerazvijenim zemljama, pa i sa našom [1].

Za vojnu industriju karakterističan je poseban društveni status zbog strogih zahteva u oblasti kvaliteta proizvoda, posebnih mera u proizvodnji i prometu NVO, ali i visoke profitabilnosti. Na dinamičan razvoj vojne industrije u svetu znatan uticaj ima uvođenje sistema zaštite proizvoda i postupaka za nje govo dobijanje i primenu (patentni sistem), sistema koji obezbeđuje monopol i vraćanje, u dovoljno dugom periodu, izuzetno visokih uložених sredstava u istraživanja i razvoj NVO.

Vojna industrija Srbije uspešno se razvijala u periodu posle Drugog svetskog rata, kada je u visokom stepenu pokrivala glavne potrebe naše vojske i ostvarivala respektabilan izvoz. Međutim, od devedesetih godina prošlog veka, tj. od perioda raspada bivše države, došlo je do dezintegracije je dinstvene vojne industrije i njenog ulazanja u period kontinuirane stagnacije.

Poznato je da tehnološke inovacije mogu da budu zamajac ubrzanog razvoja privrede, ali i njenog oporavka, tako da sadašnji „bolan“ period tranzicije kroz koji prolazi naša privreda, a sa njom i odbrambena industrija, predstavlja priliku i potrebu za uvođenje efikasnijeg modela poslovanja, zasnovanog i na tzv. inovacionom modelu. U tom smislu, u radu se ukazuje na mogućnosti boljeg organizovanja, povezivanja i osmišljenijeg pristupa u oblasti inovacione delatnosti u nas.

### **Pojam i karakteristike intelektualne svojine**

Pod pojmom intelektualne svojine podrazumevaju se prava industrijske svojine i autorska prava. Predmet zaštite prava intelektualne svojine su duhovne tvorevine i pravo autora na rezultate svog intelektualnog stvaralaštva [2].

Industrijska svojina, kao deo intelektualne svojine, najčešće se deli na dve oblasti [3]. To su:

1. Zaštita znakova razlikovanja, posebno žigova i geografskih oznaka porekla. Zaštita takvih znakova razlikovanja ima za cilj da stimuliše i osigura lojalnu konkurenciju i da zaštiti potrošače, dajući im pravo izbora na osnovu pune informa-



cije između raznih roba i usluga [4]. Zaštita može trajati neograničeno, ukoliko određeni znak i dalje ispunjava uslove za zaštitu. „Coca Cola“ će pre dati svoje fabrike i tehnologiju nego svoj žig. U mnogim slučajevima to je najveći kapital. Interesantno je da se u našoj zemlji od 1921. godine stalno održava 31 strani žig, poput Dunlop gume, Mauzer (oružje), Mercedes, Monblan (pera za pisanje), Remington (pisace mašine), Sidol (sredstva za čišćenje), Žilet (nožić i pribor za brijanje), Singer (šivace mašine) i dr. Dakle, za potrošača nije svejedno da li kupuje kompjutersku opremu cuvene firme Hewlett Packard ili neke neafirmisane firme na tržištu. Jasno je da je u prvom slučaju rizik od pogrešne kupovine značajno manji.

2. Pronalasci koji se štite patentom i malim patentom, industrijski modeli i uzorci, čija je osnovna svrha da obezbede zaštitu ulaganja u razvoj novih tehnologija. Ova vrsta industrijske svojine prevashodno se štiti da bi se stimulisalo stvaranje inovacija, dizajna i tehnološko stvaralaštvo. Zaštita se obično daje na određeno vreme (najčešće 20 godina u slučaju patenta). Kada se ovi oblici intelektualnog stvaralaštva ne bi štitili, prestao bi interes za ulaganje ogromnih sredstava u razvoj novih tehnologija, usporio bi se tehnološki razvoj, što nikome nije u interesu.

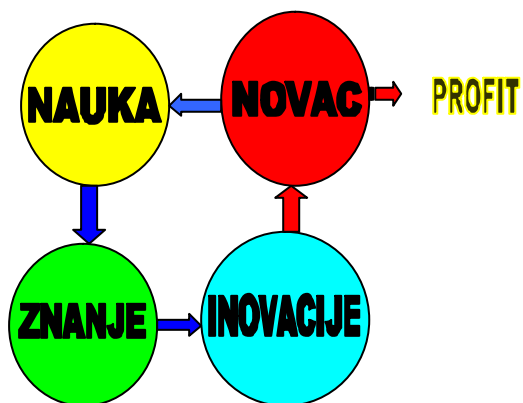
Nisu sve vrste intelektualnih dobara pronalasci. To nisu, na primer, naučna otkrivanja, naučne teorije, matematičke metode, estetske kreacije, plačovi, pravila i postupci za obavljanje intelektualne delatnosti, igranje igara, racunarski programi (izuzetak je patentno zakonodavstvo SAD-a) i prikazivanje informacija definisanih njihovim sadržajem [2, 3].

Suština razlikovanja pronalaska od otkrivanja leži u činjenici da je pronalazak primenjeno znanje koje predstavlja materijalizaciju ideje, tj. znanje koje se koristi radi zadovoljenja određene objektivne ljudske potrebe, dok je otkrivanje čisto (neprimenjeno) znanje [3]. Dakle, razlog zbog kojeg patentno pravo isključuje otkrivanje iz zaštite nije u kvalitetu novosti koje to znanje ima, ili u shvatanju da je intelektualni rad koji je potreban za otkrivanje manji od onog koji je potreban za pronalazak, već u pravno-političkom stavu koji se tiče obima zaštite i njenih društvenih posledica. Interesantno je da Nikolu Teslu mnogi smatraju našim najvećim naučnikom. Međutim, po opšteprihvaćenim svetskim kriterijumima vrednovanja naučnog doprinosa (broj objavljenih radova, impact faktor časopisa, indeks citiranosti i dr.) naš najveći naučnik je Milutin Milanković, dok je Nikola Tesla naš najveći pronalazak. Međutim, veliki naučnici često su bili i veliki pronalazci (npr. Mihailo Pupin).

Patentna zaštita za otkrivanje bi, s obzirom na opšti karakter svog predmeta, imala nesagledivo širok obim. To bi svima, izuzev nosiocu patenta, omogućilo slobodu korišćenja otkrivanja za konkretne praktične primene, što je sa stanovišta razvojnih interesa društva neprihvatljivo. S druge strane, patentna zaštita za pronalazak (kao znanje koje je ograničeno na konkretnu praktičnu primenu), ima je dan sasvim određeni i ograničeni obim, što se sa stanovišta društvenog interesa smatra poželjnim, tj. stimulativnim za tehničko stvaralaštvo. Odnos između otkrivanja i pronalaska može se posmatrati i u svetlu činjenice da pronalazku prethode opšta znanja koja su rezultat otkrivanja. Međutim, mo-

že se desiti da otkrice i pronalazak koincidiraju, tj. da se do otkrica dode upravo kroz praktičnu primenu dotad nepoznate prirodne zakonitosti koja postoji između određenih pojava. Za patentnopravne interese lica značajan može biti redosled kojim će se objaviti rezultati. U vezi s tim, moguće su dve tipične situacije:

1. Jedno lice otkrije određenu supstancu u prirodi, pa, upoznavši njenu strukturu i svojstva, sintetizira takvu istu supstancu. Racionalno bi bilo da to lice ne objavljuje svoje otkrice već da samo prijava svoj pronalazak za patentiranje. U suprotnom, patentiranje pronalaska ne bi bilo moguće, jer supstanca na koju se pronalazak odnosi ne bi bila nova. Opisani slučaj je kod nas veoma čest, jer su autori otkrica u velikom broju slučajeva po profesiji naučni radnici koji imaju obavezu da publikuju svoje radove u naučnim časopisima, kako bi, saglasno tome, mogli u stručnom pogledu da napreduju. Dakle, u pitanju je nepravilan redosled poteza koji može da prouzrokuje ozbiljnu štetu, a o kojem naučni radnici u



Sl. 1 – Šematski prikaz ciklusa potrošnje novca u naučne svrhe zbog stvaranja znanja i korišćenje tog znanja za stvaranje inovacija koje na tržištu donose ekstraprofit

Vojski Srbije, i u građanstvu jednostavno nisu obavešteni. U razvijenom svetu veoma se retko događa da se patentibilni rezultati publikuju u časopisima pre nego što se podnesu patentne prijave.

2. Jedno lice otkrije određenu prirodnu zakonitost i odmah pronade način praktične primene tog otkrica. Problem koji se pri patentiranju takvog pronalaska može javiti, ukoliko to lice pre patentne prijave objavi svoje otkrice, jeste što se može ispostaviti da pronalazak nema inventivni nivo. Drugim rečima, moguće je da takav pronalazak za stručnjaka proizlazi iz samog otkrica na način da nikakav inventivan rad nije neophodan. Zato je uputno da pronalazac prvo prijavi svoj pronalazak za patentiranje, a da tek zatim (odnosno tek u patentnoj prijavi) objavi otkrice koje se nalaze u osnovi tog pronalaska.

Ovi primeri pokazuju da je nauka u uskoj vezi sa pronalazaštvom, ali da istovremeno postoje brojne suštinske razlike između ova dva pojma. Tako se, na primer, patentno pravo zadovoljava odgovorom na pitanje kako nešto funkcioniše, dok odgovor na pitanje zašto tako funkcioniše prepušta nauci. Na slici 1 prikazana je originalna šema na kojoj se vidi da nauka pretvara novac u znanje, a da inovacije koriste znanje da bi stvorile novi kapital, odnosno profit.

Informacije koje podnosioc patentne prijave zna, ali ih ne iznosi u opisu pronalaska, danas se označavaju kao tajno znanje (know-how). Ove informacije:

– ukazuju na optimalan put tehničke realizacije pronalaska, koji je prijaviocu poznat i koji se vremenom može usavršavati;

– omogućavaju ili olakšavaju komercijalnu eksploataciju pronalaska;

– obezbeđuju adekvatnost pronalaska u primeni drugim društvenim vrednostima i očekivanjima (npr. ekološkim).

Dakle, bez informacija koje ostaju tajna kod podnosioca patentne prijave, industrijski interesent za korišćenje tehnicke informacije sadržane u prijavi najčešće ne može, ili ne može jednostavno, da primeni konkretan pronalazak u svojoj privrednoj delatnosti. Kod nas se često dešava da podnositelj patentne prijave otkrije sve što zna o svom pronalasku, što je veoma štetno, kako za nje ga samog, tako i za interese naše zemlje. Motivi koji podstaknu podnosioca prijave da napiše sve što zna o tajnama svog pronalaska nalaze se u Zakonu o patentima [5], koji obavezuje da prezentovana prijava treba „... da bude razumljiva stručnjaku iz određene oblasti tehnike...“. Istina, veliko je umeće sastaviti patentnu prijavu koja će sadržavati dovoljnu opisanost pronalaska, ali i neotkriven know-how. U tome su inostrani pronalazaci znatno vispreniji, jer su svesni činjenice da bez angažovanja patentnog zastupnika ne mogu samostalno uspešno da izvrše ovaj deo posla. Kod nas, nažalost, pronalazaci smatraju da su dovoljno kvalifikovani da napišu dobru patentnu prijavu.

Transfer tehnologije je popularan izraz za preuzimanje tuđe tehnologije radi nje ne praktične primene. Ako je rec o patentiranoj tehnologiji jasno je da takav transfer nije pravno moguć bez pristanka, tj. dozvole (licence) nosioca patenta. Otuda, legalni transfer tehnologije podrazumeva kontakt zainteresovanog lica sa nosiocem patenta, radi sklapanja ugovora o prometu prava za korišćenje tehnologi-

je. Samo tehnički laici mogu da pomisle da je tuđu tehnologiju lako replikovati (imitirati) na osnovu saznanja koja se o njoj mogu dobiti istraživanjem gotovog proizvoda u kojem je ona materijalizovana. Da je to moguće, na svetu ne bi postojale razlike u tehnološkoj razvijenosti pojedinih regiona, koje se mere i vremenskim zaostajanjem od nekoliko decenija do jednog veka. Naime, veći deo tehnologija koje se danas u savremenom svetu koriste nije pod patentnom zaštitom, pa ipak ne razvijene zemlje, odnosno njihovi privredni subjekti, nisu u stanju da te tehnologije praktično eksploatišu. Naime, za primenu jednog pronalaska neophodno je posedovanje tehnološkog znanja višeg nivoa od onog koje je implikovano u samom pronalasku. Otuda je za transfer tehnologije, pored upoznavanja sa samim pronalaskom, potrebno steći novo znanje bez kojeg nije moguće primeniti taj pronalazak u proizvodnji i zadovoljiti sve neophodne tehničko-ekonomske kriterijume. Većina licencnih ugovora obuhvata patente, tajno znanje i žigove. Licenca za patent najpre se preporučuje, jer nudi najveću zaštitu korisniku licence, koja traje dok traje patent. Licenca za tajno znanje je manje sigurna, jer neko drugi može, nezavisno od korisnika i licencora, da otkrije informaciju ili dođe do alternativnog rešenja. Period sigurnosti je kraci.

Pronalazac ne prijavljuje svoj pronalazak za patentiranje da bi ga objavio, već da bi dobio pravo koje će ga zaštititi kada pronalazak inače bude morao da bude objavljen putem privrednog iskorišćavanja. Ali, imajući u vidu da najveći broj pronalazaka koji se prijave za patentiranje (oko 90%) nikada ne postanu

predmet stvarnog privrednog iskorišćavanja, izvesno je da ti pronalasci nikada ne bi bili objavljeni da nema patentnog sistema. Svega 5 do 10% tehničkih informacija iz patentne dokumentacije dospe u primarnu naučno-tehničku literaturu [3]. Posebna vrednost tih informacija, koje pruža patentni sistem, je ste njihova orijentisanost na praktičnu primenu. Takvi pronalasci, iako predstavljaju tzv. papirnatost stanje tehnike, imaju značajnu informacionu vrednost, jer su nezamenljiva karika u lancu tehnološkog napretka.

Ekonomska korist, koja se može steći iz patenta, nije u korelaciji sa vrednošću pronalaska za društvo. Kao što je poznato, tržište često izdašnije nagrađuje pronalazke koji su od manjeg društvenog značaja, dok one koji su čak od epohalnog značaja nagrađuje skromnije ili ih ostavlja sasvim bez nagrade.

Preko 90% prijava pronalazaka u svetu registruju firme kao podnosioci, dok je u našoj zemlji otprilike toliko procenat individualnih pronalazaka [3]. Objašnjenje je logično. Patentni sistem u razvijenim zemljama je ekonomski veoma stimulativan i obavezuje poslodavca da svog radnika – pronalazca dobro nagradi za pronalazak koji ovaj prijavi. Kod nas je praksa u većini preduzeća potpuno suprotna, zbog čega su pronalazci destimulisani za inovacioni rad, a kada nešto i pronadu, na sve moguće načine nastoje da izbegnu prijavu pronalaska preko svoje radne organizacije.

Napredak tehnike i promene u ekonomskom životu potisnuli su značajlicne motivacije pronalazaka u drugi plan. Sada su dominantni organizacioni i finansijski aspekti pronalazackog delovanja. Pronalazaštvo danas pociva na timskom

radu visokoobrazovanih specijalista tehničke struke, koji, planskim istraživanjem uz izdašnu finansijsku potporu svojih poslodavaca ili drugih investitora, programirano „ciljaju“ na određena nova tehnička rešenja. U tom smislu, ključni resursi pronalazaštva su obrazovanje, organizacija i kapital. U svetu se to dobro shvatilo pa se upravo tako i radi. Zbog neprihvatanja navedenih svetskih tokova i trendova, naš ukupni doprinos na polju pronalazaštva, u svetskim okvirima, godinama je minoran.

Naučna istraživanja danas su eliminisala tehnički empirizam, tako da se može govoriti o čvrstoj korelaciji između napretka u nauci i direktnog odraza tog napretka na tehniku i tehnologiju. Pronalasci u tehnici od polovine prošlog veka sve više se i u rastućoj meri baziraju na nauci, a u poslednje vreme postaju predmet planirane istraživačke aktivnosti. U savremenoj etapi razvoja covečanstva nauka se razvija veoma brzo, tako da se obim naučnih delatnosti udvostručuje približno svakih 7 godina, dok se obim ostalih aktivnosti koje su, takođe, veoma važne za razvoj covečanstva, ali nisu direktno povezane sa naukom, udvostručuje, otprilike, svakih 40 godina.

Projektovanje savremenog naoružanja i njegova proizvodnja direktno su povezani sa naučnim i tehničko-tehnološkim napretkom u jednoj zemlji. Period od naučnog otkrića do nje gove praktične primene iznosio je za fotografiju 112 godina, za telefon 56 godina, za radio 35 godina, za radar 15 godina, za nuklearnu bombu 6 godina, za tranzistore 5 godina, za integrisana kola 3 godine [6]. Uočava se da se taj period stalno skraćuje.

Glavna karakteristika savremenog tehničkog napretka sastoji se u spajanju nauke i tehnike, to jest u zatvaranju lanca od fundamentalnih naučnih istraživanja, preko usmerenih primjenjenih i razvojnih istraživanja, do same proizvodnje. U prošlosti, taj proces je bio, uglavnom, razdvojen. Velike mogućnosti matematičkog modeliranja i brzog rešavanja komplikovanih matematičkih operacija računarima, omogućavaju brže i pouzdanije uocavanje i analizu problema bez potrebe izvođenja skupih eksperimenata. Na taj način stvaraju se preduslovi za vremensko programiranje razvoja tehnike.

U današnje vreme gube se oštre granice između fundamentalnih, primjenjenih i razvojnih istraživanja. Prisutna je sve veća međuzavisnost i međusobno dopunjavanje između navedenih vrsta istraživanja. Sve više je novih pronalazaka i sve je kraće vreme od njihovog nastajanja do primene u praksi.

Transfer tehnike i tehnologije putem uvoza licenci, nove opreme i znanja predstavlja je dan od značajnih puteva za smanjenje zaostalosti manje razvijenih u odnosu na razvijene zemlje. Da bi taj transfer nove tehnologije stvarno doprineo napretku zemlje, neophodno je obezbediti dalji vlastiti istraživački i razvojni rad na novoj tehnologiji i stvarati nove kadrove.

Stanje i napredak nauke i tehnologije direktno zavise od politike zemlje u tim oblastima. Zato je potrebno izabrati jasne ciljeve i obezbediti uslove za njihovo postizanje. Do koje mere su patenti, njihova zaštita, kupovina ili prodaja trećim licima i firmama važna oblast, pokazuje primer jednog od najboljih i najčešće primenjenih antibiotika u svetu u

poslednjih 20 godina. To je makrolidni antibiotik derivat eritromicina – azitromycin, otkriven u zagrebackoj „Plivi“ 1981. godine. Poznata američka firma „Pfizer“, kupila ga je za neznatna sredstva i preimenovala u zithromax [7], da bi samo u 2000. godini ostvarila profit iznad milijardu dolara.

### **Tehnicko-tehnološki faktor odbrane**

Tehnicko-tehnološki faktor postaje dominantan za postizanje strategijskog iznenadenja u početnom delu vođenja ratnih operacija. Danas, naravno, niko ne zanemaruje uticaj tog faktora. Na početku prošlog veka on je dovodio do većih iznenadenja u periodu od 25 do 30 godina, a danas se taj period smanjuje na 5 do 7 godina [6]. U svakom slučaju, u vojsci se danas i u budućnosti mora vrlo budno pratiti uticaj tehnicko-tehnološkog faktora.

Mogućnosti za proizvodnju NVO u potpunosti zavise od mogućnosti kompletne industrije u zemlji, a naročito mašinske, hemijske i elektronske industrije. Prema tome, pokazatelji opšteg tehnicko-tehnološkog napretka neke zemlje ujedno su i pokazatelji potencijalnih mogućnosti za proizvodnju NVO.

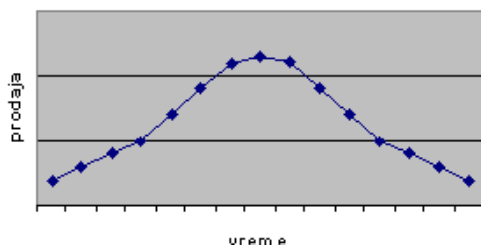
Naučno i tehnicko-tehnološko predviđanje sadrži niz metoda pomoću kojih se mogu izvršiti verovatne procene budućeg razvoja i širenja neke oblasti nauke i tehnike. Te metode mogu se direktno upotrebiti i u opštevojnom predviđanju, koje se može podeliti na vojnostrategijsko, vojnoekonomsko i vojnotehnicko predviđanje. Ovakva podela ne podrazumeva oštre granice, pošto su sve navedene vrste vojnog predviđanja međusobno usko povezane [8].

U današnje vreme vojnotehničko predviđanje predstavlja je dan od neosporno važnih faktora celokupnog vojnog predviđanja. Nekada su promene u naoružanju tekle sporo, a vojnotehnička predviđanja nisu imala važnu ulogu. Međutim, kasnije su uticala na operativno-taktičko i vojnostrategijsko predviđanje. Savremena sredstva ratne tehnike jako uticu na promene u načinu vođenja oružane borbe. Upravo je nagli razvoj borbene tehnike, posebno avijacije i raketne tehnike sa nuklearnim ubojnim glavama, doprineo nestajanju razlika između fronta i pozadine. Danas vojnotehničko predviđanje postaje neophodno i je dan je od vodećih faktora u opšte vojnom predviđanju.

Polazne tačke ovog predviđanja rezultat su naučnog i tehničko-tehnološkog progressa u pojedinim tehničkim granama koje su najviše vezane za određeni sistem oružja.

Inovacije u borbenoj tehnologiji često su bile odlučujući faktori ishoda borbenih dejstava do pobeđe. U bliskoj budućnosti to će biti sve izraženije. Tako će komunikacije biti potpuno digitalne i umrežene. Sistemi oružja bice modularni, a informaciona tehnologija i stela tehnologija primarni.

Smatra se da će u periodu posle 2010. godine jedna od značajnih oblasti biti lična zaštita vojnika, koja podrazu-



Sl. 2 – Koncept „života“ proizvoda

meva izradu uniforme na pravljene od nekoliko slojeva [9]. Spoljni sloj bice uralen od lakog balističkog oklopnog materijala, sa posebnom protivbalističkom zaštitom od eksplozije protivpešadijskih mina. Odelo će biti nevidljivo za senzore, a otporno na metke. Razni aditivi u nje mu smanjice infracrveno zracenje i time otežati demaskiranje. Imace ugraden rashladni sistem, protkan mrežom plastičnih kapilara kroz koje struji rashladni fluid. Maskirna svojstva bice postignuta impregniranim biodegradibilnim bojama, koje će se same menjati u zavisnosti od okoline. Maskirnost će biti poboljšana i ugradnjom displej tehnologije tečnih kristala u tkanini, što će dodatno uticati na promenu boje i nijanse. Unutrašnji sloj odele imace mikroklimatski uređaj za zagrevanje i hlađenje, kao i filtrosorpcioni sloj za zaštitu od hemijskih i bioloških agensa.

Od uvođenja na tržište svaki novi proizvod ima životni ciklus koji obuhvata fazu uvođenja, rasta, zrelosti i opadanja u prodaji, što se prikazuje u obliku Gausove krive (slika 2). Taj koncept razlicito traje za razlicite proizvode – od jednog dana do više desetina godina. Uspesne firme imaju strategiju razvoja svog proizvoda, ali u toku nje govog „života“ na tržištu preduzimaju i dodatne aktivnosti da on što duže bude profitabilan. Uvođenjem inovativnih promena na proizvodu koji se već nalazi na tržištu, produžava se nje gov životni vek, što se najbolje vidi na slici 3, kada Gausova kriva, kontinuiranim inoviranjem proizvoda, prelazi u niz S krivih koje poprimaju oblik „zmije u skoku“, cime se odlaže „smrt“ proizvoda na tržištu.

Ostvaren profit od novog proizvoda (pronalska) u direktnoj je zavisnosti od stepena zaštite [7]. Patent za proizvod (product patent) obezbeduje firmi monopol i najviši procenat od moguceg ostvarivog profita (90%). Patent za postupak (process patent) jeste niži stepen zaštite i niži je procenat moguce ostvarivog profita (oko 70%). Zašticeni oblik proizvoda (model, uzorak), po stepenu zaštite, mogao bi da donese firmi oko 60% od moguceg profita. Proizvod zašticen samo žigom donosi oko 50% profita, dok proizvod bez zašticenog žiga donosi samo 20 do 30% moguceg profita [7].

Vecina naših preduzeca prošla je proces privatizacije, prikazujući svoju vrednost kapitala samo kroz materijalnu komponentu, apsolutno zanemarujući vrednost industrijske svojine (žigove, patente, modele, uzorke, geografske oznake porekla, itd.) kao i organizovan rad na njenom stvaranju. U razvijenom svetu praksa je potpuno suprotna. Tako se, na primer, od sadašnje tržišne vrednosti cene američke firme „Majkrosoft“ cak 80% odnosi na nematerijalnu vrednost (intelektualnu), a samo 20% od ukupne vrednosti na materijalnu imovinu firme.

### **Inventivna delatnost u vojsci Srbije**

Inventivna delatnost u Vojsci Srbije regulisana je odgovarajucim uputstvom [10], u kojem se pod inovacijama podrazumevaju pronalasci, tehnicka unapredenja i konkretni predlozi znacajni za Vojsku.

Pronalaskom se smatra svaki proizvod koji sadrži tri komponente: da ima novost, inventivni nivo i privrednu pri-



Sl. 3 – Nacin produžavanja „života“ proizvoda na tržištu

menjivost. Smatra se da je pronalazak stvoren u Vojsci ako je do nje ga došlo pri radu pronalazaca u je dinici, odnosno ustanovi Vojske, na zahtev ili nalog Vojske, odnosno na osnovu ugovora zaključenog između Vojske i pronalazaca i u roku od godinu dana nakon prestanka službe u Vojsci.

Pronalasci koje Zavod za intelektualnu svojinu dostavi Vojsci na ispitivanje poverljivosti, smatraju se pronalascima stvorenim van Vojske.

Tehnickim unapredenjem smatra se svaka racionalizacija nastala stvaralackom primenom poznatih tehnickih rešenja, sredstava i tehnoloških postupaka, kojom se u Vojsci postižu korisni efekti: poboljšanje takticko-tehnickih osobina, kvaliteta, trajnosti i pouzdanosti, kao i povecanje sigurnosti dejstva i bezbednosti upotrebe sredstava i sistema naoružanja i vojne opreme; povecanje produktivnosti rada i bolje iskoriscavanje sredstava za rad (mašine, oprema, alat, pribor, instalacije i dr.) u istraživanju, razvoju, proizvodnji, obuci i eksploataciji; uštede radnog vremena i predmeta rada (materijal, sirovine, komponente, sastavni delovi, energija, gorivo i dr.); samostalnost u odnosu na nabavke iz inostranstva; poboljšanje radnih uslova i zaštite na radu, kao i unapredenje covekove okoline uopšte.

Poboljšanje sadašnjeg nivoa i obima inventivne delatnosti u Vojsci može se postići samo boljim stimulativnim uslovima koji pripadaju pronalazacima, u odnosu na postojeće uslove. To znači da je neophodno promeniti postojeću zakonsku regulativu koja se odnosi na ovu oblast. To je suština funkcionisanja patentnog sistema u svim razvijenim državama i respektabilnim oružanim snagama u svetu.

U toku poslednjeg rata koji je vođen protiv naše zemlje zapažen je veoma visok nivo inventivne sposobnosti naših ljudi. On ne bi došao do tolikog izražaja da nije bilo visokog patriotskog motiva. Taj podsticaj nije bio izazvan u miru, u periodu pre bombardovanja, jer nije bio dovoljno stimulisan. U miru najveći podsticaj čini finansijski momenat i društveno priznanje koje inovator dobija za svoj uspešni angažman. Međutim, pored motiva, za uspeh su neophodni i povoljni uslovi za stvaralaštvo. Tesla verovatno ne bi uradio ni deseti deo svojih pronalazaka da je stvarao u našoj zemlji.

U Drugom svetskom ratu nacisti su imali tzv. Himler-Šperov zakon o patentima koji je bio izuzetno podsticajan za inovatore [11]. Zahvaljujući njemu, u uslovima vodenja žestokih oružanih borbi protiv saveznika na raznim frontovima, Nemci su pronalazili nova oružja (npr. nove bojne otrove, rakete, tenkove, itd.), ali su isto tako stvarali nove epohalne pronalazke i tehnologije civilnog karaktera, koji su održavali njihovu privredu izuzetno mocnom i žilavom. Posle završetka rata, u uslovima privrednog sloma i potpuno razorene infrastrukture zemlje, Nemci su uvideli da Himler-Šperov zakon treba samo u ideološkom smislu

procistiti, ali u svojoj osnovi zadržati nepromenjenim. To je jedan od razloga ubrzanog oporavka i nezadrživog rasta posleratne nemačke privrede [11]. Norveška i Austrija su na osnovu nemačkog zakona uradile svoje nacionalne zakone o patentima. Danas su sve tri pomenute zemlje među najuspešnijima u svetu u pogledu inovativnog doprinosa rastu i stabilnosti njihovih privreda.

Kada se analiziraju, široj javnosti dostupni, podaci o sadržaju bilateralnih međuarminjskih sporazuma o vojnoj saradnji naše vojske, narocito sa tehnološki opremljenim vojskama, uočava se da su strane armije zainteresovane za naša inovaciona odbrambena tehnička rešenja primenjena u toku bombardovanja zemlje, a pre svega u oblasti protivvazdušne odbrane i medicinska iskustva u saniranju posledica ranjavanja naših vojnika (primenjene tehnike, materijali, metode, postignuti rezultati, itd.). Neposredno nakon agresije NATO-a govorilo se da je naš najbolji izvozni brend vojnik i njegovo oružje, ali to nije iskorišćeno na pravi način i u dovoljnoj meri.

U našoj zemlji se poslednjih godina Zavodu za intelektualnu svojinu u prosequ prijavi oko 1000 pronalazaka na godišnjem nivou. Koji od njih su od vitalnog značaja za privredu zemlje, a koji su beznačajni? Na ovo pitanje Zavod za intelektualnu svojinu ne može da pruži adekvatan odgovor, jer ne raspolaže neophodnim stručnim i laboratorijskim resursima iz tehničkih oblasti koje su zastupljene u pronalascima, mada to ni nije njihov zadatak. Oni su zaduženi da formalno-pravno obraduju patentne prijave i da pretražuju patentne podatke, tj. među-



narodni i domaci „rešerš“. U našoj zemlji još uvek nema kompetentne ustanove koja bi mogla da vrednuje stvarni kvalitet pronalaska, odnosno podnetih patentnih prijava sa stanovišta značaja pronalaska koji opisuju. Zbog toga cesto dolazi do pogrešnih procena o vrednosti pojedinih pronalazaka, što ponekad može da predstavlja gubitak od strateškog značaja za privredu zemlje ili nje nu odbranu.

Dakle, pri razmatranju i oceni pronalazaka treba biti veoma strucan, dalekovid u naucno-strucnom smislu, i posedovati niz multidisciplinarnih sposobnosti da bi ekspertiza bila objektivna. To danas mogu da urade samo grupe eksperata iz razlicitih oblasti, a nikako pojedinac. U proteklom periodu, od formiranja Zavoda do danas, broj pronalazaka koji su ostali mrtvo slovo na papiru je impozantan i predstavlja „mrtav kapital“. Za nje govo pokretanje, oplemenjivanje tj. doradu i plasiranje zainteresovanim partnerima u zemlji i inostranstvu, neophodna je koncepcija, tj. dobro utemeljen projekat. Slicna konstatacija važi i za Vojni odsek za patente. Nedavno promovisan Nacionalni investicioni plan, koji je uraden po uzoru na irski model, nudi mogucnost finansiranja modernizacije NVO, što se najuspešnije može izvesti primenom inovacionog koncepta.

U Sovjetskom Savezu je odmah posle Drugog svetskog rata, u oblast inovacione delatnosti uvedena i jedna nova metodologija i tehnika rešavanja inventivnih problema, poznata pod imenom TRIZ (Teorija rešavanja inventivnih problema) [12, 13]. Tvorac TRIZ-a je Henrich S. Altšuler, koji je kao porucnik bio zaposlen u Patentnom birou Sovjetske mornarice za ispitivanje patenata. Nje gov zadatak bio je da pomaže naucnicima i

inženjerima u izradi patenata, tako da je bio neposredno uključen u taj kreativni posao. Proucivši skoro pola miliona patenata, on je uocio osnovne zakonitosti i karakteristike koje opisuju bilo koji novi pronalazak. Altšuler je proucavanjem pronalazaka identifikovao 39 standardnih parametara i 40 zajednickih inventivnih principa za rešavanje protivrecnosti pronalaska, na osnovu kojih je razvio svoju teoriju u procesu rešavanja inventivnih problema. TRIZ je skoro 45 godina tretiran kao vrhunska sovjetska tajna, sve dok u doba perestrojke i vladavine Gorbacova nije „prebacen“ na Zapad. Upravo zahvaljujuci TRIZ-u Rusi su skoro 50 godina uspevali, uz neuporedivo niža finansijska ulaganja, da uspešno pariraju Amerikancima u oblastima inovativnog razvoja NVO i pri osvajanju kosmosa. Zanimljivo je da Albert Ajnštajn, je dan od najvećih naucnika svih vremena, u doba svoje najveće kreativne moći, radeći u švajcarskom patentnom zavodu, nije uocio zakonitosti do kojih je došao Altšuler. Zbog genijalnog doprinosa teoriji rešavanja inventivnih problema, Altšulera danas s pravom mnogi smatraju jednim od najvećih umova 20. veka.

Danas je TRIZ sistematska metodologija rešavanja inventivnih problema, poznata u celom svetu [13]. Od 1996. godine TRIZ se nalazi i u SAD. Americki štab TRIZ-a smešten je u Silikonskoj dolini (Kalifornija), trgovackom centru visoke tehnologije, a usvojen je u Japanu, V. Britaniji i mnogim drugim tehnološki najrazvijenijim zemljama. Brojne zemlje u svetu traže od eksperata TRIZ-a da im obuce inženjerski kadar, po njihovim metodama. Neke od svetski poznatih kompanija, kao što su Glaxo, Gillette,

Rolls-Royce, Intel, Volvo, United Utilities, Mars, Exxon, itd., takođe primenjuju metode TRIZ-a. Stručnjaci TRIZ-a izradili su softver za primenu svojih metoda, ali on sam nije dovoljan za korišćenje u praksi. TRIZ nudi obuku preko Interneta. Jedan od nje govih glavnih ciljeva je tehnička podrška i pomoć zainteresovanim licima da naprave visoki profit sa novim proizvodom i ubrzaju tehnološki napredak svoje firme i zemlje. TRIZ rešenja direktno se manifestuju u poboljšanju proizvoda i smanjenju cene proizvodnje. Danas ima softversku bazu podataka koja obuhvata preko 3 miliona najjačih svet-skih patenata.

U SAD postoji visoko razvijen sistem raznih asocijacija i posrednika između pronalazaca i tržišta. Postoji mnoštvo firmi koje se bave raznim segmentima ove delatnosti i na tome zasnivaju biznis.

U doba velike ekonomske krize u Sjedinjenim Americ kim Državama, 1929. godine, tadašnji predsednik Ruzvelt rekao je da su tehnologije ključ razvoja ekonomije, a ključ tehnologije – patenti. Tadašnji „New deal“ projekat napravio je od Amerike ekonomsku veliku silu.

Vecina proizvodnih preduzeća i drugih organizacija koje sacinjavaju vojno-industrijski kompleks na teritoriji Srbije, dospela su u poziciju da ne mogu da angažuju deo svojih proizvodnih kapaciteta zbog smanjenih potreba Vojske za sredstvima NVO i reduciranih izvoznih mogućnosti koje su usle dile zbog zastarelosti raspoloživih tehnologija i neusaglašenosti sa standardima i propisima EU (problem harmonizacije propisa). Kao posledica takvog stanja pojavio se pro-

blem tehnološkog viška kadrova, neangazovanosti proizvodnih i razvojnih potencijala preduzeća i ustanova, niske zarade zaposlenih lica i dr. Na osnovu analiziranih iskustava, primenjenih u različitim zemljama, očigledno je da inovacioni koncept, zastupljen u proizvodnji, može da predstavlja nadu za novi privredni oporavak.

Dakle, za našu privredu i odbrambenu industriju, spasonosnu formulu treba tražiti u politici novih (inovativnih) proizvoda ili grupe proizvoda, a ne u proizvodnim granama ili grupacijama, kao što je to bio slučaj do sada. Pogoršanje strukture naše privrede uočava se u padu izvoznih mogućnosti, jer je izostala konkurentnost proizvoda, koja se na svetskom tržištu postiže njegovom inovativnošću. Unazad deset godina nije zabeleženo da je neko naše preduzeće izašlo na međunarodno tržište sa originalnim proizvodom.

## Zaključak

Vojnoindustrijski kompleks je specifičan zbog vrste proizvodnje kojom se bavi, što ima i niz prednosti u odnosu na civilni segment industrije: dostignuti nivo sistema kvaliteta prisutan u proizvodnji, dobra organizacija rada, visoka odgovornost u poslovanju, itd. Po načinu rada i osposobljenosti radnika, vojnoindustrijski kompleks predstavlja jednu od najstručnijih grupacija zaposlenih lica u domaćoj privredi. Njihovo otpuštanje predstavlja dugoročni ekonomski gubitak za privredu Srbije. Ipak, može se izbeći ili donekle ublažiti ukoliko se radnici angažuju na civilnim inovacionim programima.

Poznato je da su inovacioni programi kroz istoriju bili pokretac privrednog oporavka, kako na makroplanu (npr. programi državnog oporavka SAD, Irske, Japana), tako i na mikroplanu (npr. pojedina preduzeća – Simens, Samsung, Soni, itd.).

U radu je ukazano na značaj intelektualne svojine u društvu, a naročito uticaj patenata na tehnico-tehnološki razvoj neke zemlje. Istaknut je i značaj inovacionog rada u oblasti odbrambene tehnologije na ukupnu borbenu sposobnost savremene armije i ukazano na potrebu drugacijeg organizovanja u oblasti inovacionog stvaralaštva na polju odbrambenih tehnologija, nego što je to bio slučaj u prethodnom periodu.

U Vojsci Srbije postoje neiskorišćeni inventivni potencijali koje je moguće pokrenuti reformskim zahvatima u toj oblasti, počev od promene normativno-pravne regulative, naročito u delu koji se odnosi na oblast podsticaja stimulacije inovatora, preko uspostavljanja novog modela organizovanja u kojem je uspo-

stavljena tesna korelacija između nauke, pronalazaštva i proizvodnje. TRIZ se smatra najpogodnijom naučnom metodologijom u oblasti inovacionog stvaralaštva, koju je neophodno implementirati u našu praksu.

#### Literatura:

- [1] Prava intelektualne svojine i svet ska trgovinska organizacija, USAID Projekat za pristup SRJ Svetskoj trgovinskoj organizaciji.
- [2] Besarovic, V.: Intelektualna svojina, Centar za publikacije, Pravni fakultet, Beograd, 2005.
- [3] Markovic, S.: Patentno pravo, Nomos, Beograd, 1997.
- [4] Maric, V.: Forma žiga, Fakultet za poslovno pravo, Beograd, 2003.
- [5] Zakon o patentima, Službeni list SCG, 32/2004.
- [6] Rendulic, Z.: Naucnotehnicki progres i naoružanje, VIZ, Beograd, 1981.
- [7] Jovanovic, S.: Pronalazacka aktivnost u farmaceutskoj industriji, Savezni zavod za intelektualnu svojinu, Beograd, 1996.
- [8] Cujev, J. V., Mihajlov, J. B.: Prognoziranje u Vojsci, VIZ, Beograd, 1980.
- [9] Alexander D.: Tomorrow's soldier, Avon Books, New York, 1999.
- [10] Jovic, I.: Uputstvo o inventivnoj delatnosti u VI, VIZ, 2001.
- [11] Advanced Successful Technology Licensing (STL) Workshop, Belgrade, 2006.
- [12] A????????, ?, ?. ????????? ?? ?????????, ?????????, ????????? „????????“, ?????? 2-?, ?????????, 2006.
- [13] Altshuller, G., Shulyak, L.: 40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation, Technical Innovation Center, Worcester, MA, 2001.



## savremeno naoružanje i vojna oprema

### NOVA PUŠKA M14 ERA\*

Američke jedinice za specijalne operacije nisu bile zadovoljne karabinama M4A1. Zvanični izveštaji ukazali su na ozbiljne probleme pri upotrebi tog oružja. Nedostaci su se manifestovali u pouzdanosti i ubojnosti. Ubojnost je razrešavana upotrebom nove municije za specijalne operacije 5,56×45 mm Mk 262 Mod 0 i Mod 1, koja je preciznija od standardnih zrna SS109/M855, a uz to i ubojitija.

Uprkos tome, mnoge jedinice za specijalne operacije još uvek koriste puške M14, jer municija 7,62×51 mm, koju one koriste, balistički nadmašuje municiju sa zrnima 5,56×45 mm u svakom pogledu.

Problem je rešavan uvođenjem u jedinice za specijalne operacije automatskih pušaka SCAR: Mk16 sa zrnima kalibra 5,56×45 mm, 6,8×43 mm ili 7,62×39 mm i Mk 17 sa zrnima kalibra 7,62×51 mm. Prvo se uvodi puška Mk 16, a zatim Mk 17. Obe verzije su modularne izrade.

Vec nekoliko godina specijalne snage koriste starije puške M 14, ali i te puške imaju neke nedostatke. Prvo, to je u

suštini 70 godina stari model koji je poboljšan i kao M1 Garand zvanično ga je usvojila armija SAD 1936. godine. Puška je 1957. godine usvojena kao model M14 i nije se suštinski razlikovala od prethodnih. Puška nije bila pogodna da primi dodatna savremena sredstva kao što su laseri, svetlosni i nocni nišani i mnoge druge opcije neophodne za specijalne snage. Uz to, kundak puške M14 ima fiksnu dužinu i neprilagodljiv oslonac za lice, što ne odgovara potrebama vojnika specijalnih snaga za posebnom opremom.

Uvažavajući takve zahteve, kompanija Sage International razvila je specijalni kundak za pušku M14 koji transformiše tu pušku u poboljšani karabin za 21. vek. Taj kundak sada se koristi za modifikaciju pušaka M14.

Kao rezultat modifikacije nastala je puška Mk14, Mod 0 EBR (Enhanced Battle Rifle).

Novi kundak je specijalno oblikovan i obraden od ojačanih aluminijumskih šipki i, kao takav, obezbeđuje solidan oslonac za poboljšanje preciznosti, pouzdanosti i ugradnju dodatne opreme. U odnosu na standardni on smanjuje tendenciju podizanja puške pri opaljenju, jer je snaga trzanja uskladenija s ramenom strelca.

\* Prena podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.

Postoje četiri standardna klizna nosača (MIL-STD-1913) na kundaku na koje se montiraju dodatni pribori poput savremenih noćnih optičkih nišana.

Kundak EBR ima podešavajući oslonac za lice koji se pokreće i do 52 mm. To realno omogućava upotrebu gotovo svih poznatih nišana, dok istovremeno zadržava mogućnost korišćenja stabilnih pušanih nišana. Uvlačeni kundak ima šest položaja s ukupnim povećanjem 31,75 mm. Zabavljanje je na 12,7 mm i u tom položaju kundak se ne može pokretati. Odbavljanje se obavlja opružnim dugmetom iznad drške, koje se može dosegnuti prstom bez skidanja ruke sa drške puške. Kundak EBR omogućava slobodno lebđenje cevi, što je značajno za poboljšanje preciznosti.

Međutim, nije samo kundak EBR novina u transformaciji puške M14. Veza između prijemnika puške i kundaka je izuzetno čvrsta, što je presudno za preciznost i pouzdanost, mada i bilo koja druga vojna izvedba prijemnika M14 može da prihvati ovaj kundak.

Kada se jednom pređe na konfiguraciju Mk14, Mod 0, puška više ne menja namenu i ne podleže potpunom rasklapanju.

Puška Mk14, Mod 0, ne zahteva skidanje mehanizama iz kundaka radi održavanja. Zatvarac i šipka mogu da se čiste i podmazuju na pušci, dok se delovi za okidanje skidaju kao na bilo kojoj pušci M14. Zbog održavanja mogu se skinuti i gasni cilindar i klip.

Prelaz sa standardne puške M14 na modifikovanu Mk14 uključuje nekoliko modifikacija. Cev od M14 je skraćena sa 559 mm na 470 mm, a standardni prigušivac bleška zamenjen je novim koji smanjuje blešak za oko 99%. Prednji ni-

šan je zbog toga pomeren bliže gasnom cilindru. Za ustavljanje zatvaraca sada je rešeno kao kod karabina M4. Omogućeno je da se zatvarac oslobodi bez pomeranja rucice okidaca, za razliku od originalne M14. Konacno, uvodnik okvira u prijemnik zamenjen je novim, kako bi se omogućila ugradnja optike kojom se kompletno osnova puška Mk14, Mod 0. Za specijalne taktike je dinice važno je da ta puška sasvim dobro prihvata svaku municiju 5,56×45 mm. To je, verovatno, najznacajnije u razvoju ove puške od kako je proizvedena pedesetih godina prošlog veka.

#### Osnovni podaci za pušku Mk14, Mod 0 EBR

Kalibar	7,62 × 51 mm (.308 Winchester);
Princip dejstva	poluautomatski, dejstvo gasova;
Punjenje	skidajući okvir sa 20 metaka;
Masa prazne puške	5,4 kg (uključujući optički nišan Horus Vision Talon i laserske uredaje);
Ukupna dužina:	– 635 mm sa sklopljenim kundakom; – 1047 mm sa izvucenim kundakom;
Dužina cevi	470 mm;
Nišani:	– prednji sa štitnikom; – zadnji podešavajući po horizontali i elevaciji; – optički nišan prema specifikaciji korisnika;



Pojacana borbena puška Mk14, Mod 0 EBR

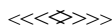
### Rezultati testiranja

Pri gadanju puškom Mk14, Mod 0, trzanje je bilo manje nego kod standardne puške M14. Dvostepeni okidac je kvalitetan sa silom okidanja od 2,04 kg. Caure se izbacuju iz prijemnika gotovo pravolinijski usmerene na dole. Rezultati testiranja prikazani su u tabeli. Temperatura pri testiranju iznosila je 16°C, a rastojanje gadanja pri merenju grupisanja bilo je 100 m.

#### Rezultati testiranja

Municija	Maksim. brzina m/s	Minim. brzina m/s	Srednja brzina m/s	Standardno odstupanje	Srednje grupisanje, mm
Black Hills 168 g HPBT	767	740	758	25	57,1
Hornady TAP 155 g AMAX	778	763	771	18	53,9
Remington 168 g HPBT	750	787	741	26	57,1

M. K.



### PROTIVTENKOVSKI RAKETNI SISTEM NLAW\*

NLAW je prenosni protivtenkovski raketni sistem za jednog vojnika, koji proizvodi kompanija SAAB Botors Dynamics. Ovaj sistem sposoban je da napadom iz gornje polusfere uništi svaki borbeni tenk samo jednim hicem. Pogodan je za upotrebu u lakim taktičkim jedinicama iz van vozila i za dejstva u svim vremenskim uslovima, uključujući i borbu u naseljenim mestima.

Osnovne karakteristike PT raketnog sistema NLAW su:

- prenosni sistem za jednu osobu;

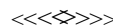
\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.



Protivtenkovski raketni sistem NLAW

- raketa je u kompletu s raspoloživim lanserom;
- princip upotrebe je „lansiraj i zaboravi“, vođenje PLOS (Predicted Line Of Sight);
- napada cilj odozgo ili direktno;
- efikasan domet od 20 do 600 m;
- laka upotreba i nije potrebno održavanje.

M. K.



### REKORDNI DOMETI HAUBICA 155 mm S PROJEKTILIMA V-LAP\*

Kompanija Krauss-Maffei Wegmann (KMW) saopštila je da je 17. aprila uspešno isprobala projekte 155 mm povećane brzine i dometa M2005 V-LAP (Velocity-enhanced Longrange Artillery Projectile), koji su postigli domete preko 56 km. Ova vatrena ispitivanja vršena su sa samohodnom haubicom PzH 2000 na opitnom poligonu Alkantpan u Južnoj Africi, što je više od maksimalnih 40 km, koliko je postignuto u 2001. i 2003. godini sa municijom M2000 kompanije Denel i Rh40 kompanije Rheinmetall. Nedelju dana pre ovih ispitivanja kompanija Denel je sa projektilima M9703 V-LAP

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.

ostvarila domet od 75 km iz samohodne haubice 155 mm Denel G6-52L.

Projektili V-LAP kombinuju projektile BB (base-bleed) smanje nog otpora i raketni motor (sa dve sekunde sagorevanja) da bi se ostvario povecani domet.



*Samohodna haubica 155 mm G6-52L Denel na vatrenom položaju*

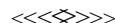
U konfiguraciji M2005 projektil V-LAP ima masu bez upaljaca 42,6 kg, a normalna masa eksploziva sa 8,3 kg smanjena je na oko 4,5 kg, što je obezbedilo prostor za smeštaj kombinovanog BB i raketnog pogonskog sistema.

Denelova haubica G6-52L ima oruđe s dužinom cevi od 52 kalibra i 25-litarskom komorom, koja je veća od standardne, a predviđena je za maksimalne domete od 67 km, kada koristi projektile M9703 V-LAP, mase 48 kg, pri temperaturi 21°C i modularno punjenje M64A1.

Projektil M9703 ima projektovani pritisak 520 MPa i eksplozivno punjenje mase 4,5 kg. Planira se da to kasnije bude presovano neosetljivo eksplozivno punjenje.

Domet od 75 km, koji je ostvaren u aprilu, dovodi se u vezu sa cinjenicom da je municija bila prethodno kondicionirana na 50°C i što su vatreni položaji bili na 1000 m nadmorske visine.

M. K.



### **NIŠAN ZA AUTOMATSKI BACAC GRANATA\***

Norveška kompanija Vinghg AS (Tonsberg) prikazala je novi višenamenski uređaj za upravljanje vatrom za automatski bacac granata (sa poslugom) i prenosni protivtenkovski sistem (kao što je Carl Gustav ili Panzerfaust).

Novi nišan, poznat pod nazivom Vingmate, namenjen je za automatsko računanje balističkih rešenja za domet zrna, programiranje vremena vazdušne eksplozije zrna i zahvata cilja, obezbeđujući tako korisnicima mogućnost indirektno vatre u dnevnim i noćnim uslovima.

Nišan Vingmate projektovan je prema zahtevima da se obezbedi ubacivanje zrna kalibra 40 mm u prostor 1×1 m, na rastojanju 400 m, prvim hicem. Upravo to je i demonstrirano aprila ove godine u norveškoj vojnoj bazi Rena. Takode, tvrdi se da se isti rezultat već može postići i na rastojanjima od 700, pa i 1400 m. Nišan Vingmate može da ima širi spektar opreme, uključujući laserski tragac, digitalni magnetni kompas, dnevno-noćne kamere, poseban displej na zadnjem delu oružja, upravljačku tastaturu, GPS i osvetljivač cilja. Proizvod je modularne izrade.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.



Osnovna verzija ima samo laserski tragac, kameru i motor za balističku korekciju. Moguće je ugraditi i termokameru, optički nišan ili druge senzore.

Komunikacijski interfejs obezbeđuje razmenu podataka između nišana i personalnog kompjutera tipa PDA, čime se omogućava da se nišan Vingmate koristi i u ukupnom sistemu borbenog upravljanja. Informacije o cilju, koordinate, slika, mape ili podatak sa spoljnog laserskog tragaca mogu se razmenjivati koristeći taj interfejs.

Razvoj Vingmate usledio je na osnovu iskustva stečenog sa nišanskim sistemom Vingsiht koji je bio kompromis između pušcanog nišana i nišana za automatski bacac granata 40 mm.

Nišan Vingmate više je usmeren ispunjenju zahteva za bacac granata 40 mm, s tim što je sada pogodniji za borbe u urbanim sredinama.

Prva vatrena ispitivanja izvršena su u januaru 2006. godine na norveškom vojnom poligonu Elverum na sistemima 40 mm Mk 19 (firma General Dynamics Weapon Systems) i GMG (firma Heckler & Koch).



*Nišanski sistem Vingmate na automatskom bacač granata Heckler & Koch GMG*

Do kraja godine treba da se izrade tri prototipa sa kojima će se početkom 2007. godine izvršiti kvalifikaciona ispitivanja, da bi se na svetsko tržište izašlo sredinom 2007. godine.

M. K.

<<<◇>>>

### **MODIFIKOVANO VOZILO RATEL 6×6\***

Modifikovanu verziju južnoafričkog borbenog vozila pešadije Ratel 6×6, pod oznakom Ratel Mk IV, počela je da razvija jordansko-južnoafrička kompanija Mechanology Industries.

Glavna razlika među njima je izmeštanje motornog odeljenja sa levog zadnjeg dela vozila ka sredini leve strane, stvarajući tako dodatni prostor u odeljenju za posadu na zadnjem delu vozila.

U konfiguraciji borbenog vozila pešadije vozilo će biti opremljeno novim vratima u obliku rampe, dodatnim sedištem i dodatnim blokom za osma tranje.

Položaj kupolice i transmisije ostaje isti kao kod vozila Ratel Mk III, a isti je slučaj s upravljanjem, oslanjanjem i električnim sistemima na vozilu.



*Varijante rekonfigurisanog vozila Ratel IV*

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.



Snažniji i kompaktniji dizel motor snage 181 kW Cummins zamenice dosadašnji motor od 155 kW. Novi motor i nje gov sistem za hlađenje, hidraulika, sistem za napajanje i dovod vazduha upakovani su u pogonski paket koji je manji od prethodnog i može da se izmesti za manje od 30 minuta.

Maksimalna brzina po putevima povećana je sa 105 km/h na 110 km/h, a maksimalna autonomija sa 1000 km na 1100 km po putevima i sa 400 km na 450 km van puteva.

Vrata sa desne strane zadržana su kao glavni izlaz sa sedišta vozača i iz kupole, dok je alternativni izlaz obezbeden preko zadnje rampe i prolazom sa desne strane motora.

Promene u izradi zadnjeg odeljenja omogućavaju ne samo povećanje broja ljudstva koje se prevozi sa 11 na 12 osoba, već čini lakšim prilagodavanje vozila za druge namene, uključujući logistike, remontne i sanitetske potrebe.

M. K.



## **DVE – POJACIVAC VIDLJIVOSTI ZA VOZACE\***

Kompanija DRS Technologies dobila je od armije SAD ponudu za proizvodnju pojačivača vidljivosti za vozače pod oznakom DVE (Driver Vision Enhancers). Ugovor za realizaciju ove ponude vredan je 21 milion USD.

Pojačivač DVE namenjen je da poboljša mogućnosti vidljivosti vozača, a time i održivost na bojištu i pokretljivost vozila u uslovima slabe vidljivosti. Kori-

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.

stice ga prvenstveno je jedinice armije SAD i morskog korpusa, razmeštene u Avganistanu i Iraku.

Pojačivači DVE, koji će se proizvoditi uporedo sa programom FLIR (Forward Looking InfraRed), sadržaće nehladene IC detektore male snage. Naknadno će se ovaj uređaj ugrađivati i na osnovne borbene tenkove Abrams, oklopna vozila Stryker, laka oklopna vozila i oklopne transportere M113.



*Pojačivač vidljivosti za vozače DVE*

Isporučka ovih pojačivača jedinica ma započeće u novembru 2007. godine.

M. K.



## **ORUŽNA STANICA PROTEKTOR ZA TENK LEOPARD 2A4\***

Norveška kompanija „Kongsberg Protech“ izvela je prvu terensku demonstraciju svoje daljinski upravljane osmatračke i oružne stanice Protektor, koju je ugradila na osnovni borbeni tenk Leopard 2.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.



*Protector ugrađen na norveški tenk Leopard 2A4 (gore) i displej sistema za upravljanje (dole)*

Inženjeri kompanije Kongsberg ugradili su komplet M151 Protector na krov kupole, koristeći za to specijalno izradeni obruc, koji se umeće između krova kupole i poklopca otvora za poslužio- ca. Protector je za potrebe demonstracije ugrađen na tenk za sat vremena, a prva vatrena ispitivanja izvršena su aprila 2006. godine.

Očekuje se da tenkovi opremljeni sistemom Protector budu posebno uspešni u operacijama u urbanim sredinama. Komandir tenka i poslužilac ne moraju sada da otvaraju poklopce da bi procenili situaciju i odgovarali na pretnje, što je predstavljalo veliku opasnost po njih.

Drugi problem je što se pretnje koje dolaze odozgo sa obližnjih građevina ne mogu anulirati koaksijalnim mitraljezom tenka zbog nje gove nedovoljne elevacije.

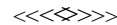
Sa Protectorom ugrađenim na tenk posada može ostati ispod kupole, jer senzori obezbeđuju procenu situacije, a mogućnost zauzimanja visoke elevacije s oružjem obezbeđuje otvaranje vatre po ciljevima koji su visoko iznad krova tenka.

Sistem se može opremiti i drugim sensorima, kao što je sistem za pasivno akustično otkrivanje snajpera, kada se oružje automatski usmerava u pravcu snajpera.

Kompletan rastavljeni sistem za upravljanje vatrom biće prikazan na izložbi Eurosatory 2006 u Parizu i razlikovaće se od opreme upotrebene za demonstraciju. Namera je da se pri ugradnji glavna upravljacka jedinica smesti dalje, tako da samo displej i upravljacki panel budu ispred poslužio- ca. Umesto ovog displeja mogao bi da se koristi i displej na kacigi (šle mofonu).

Norveška namerava da ovaj komplet koristi za svoje snage angažovane u Avganistanu.

M. K.



## **PRVA JAVNA PREZENTACIJA VOZILA PUMA\***

Nemacka armija je prilikom proslave pedesetogodišnjice Bundesvera, 2. maja 2006. godine u Munsteru, prvi put javno pokazala svoje buduće borbene vozilo pešadije Puma, koje je razvijeno na osnovu sopstvenog jednakog ulaganja kompanije Krauss-Maffei Wegmann (KMW) i Rheinmetall Landsysteme (RLS).

Nemacka armija očekuje narudžbu od 410 vozila u ukupnoj vrednosti oko 3 milijarde eura. Politicka odluka o tome da li treba nastaviti serijsku proizvodnju Pume doneće se 2007. godine. Za sada fabrika PSM (Kassel, Nemacka) radi po ugovoru iz 2004. godine na proizvodnji pet pretproizvodnih modela i vozila za logisticke i trenazne potrebe.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.

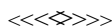


*Borbeno vozilo pešadije Puma za vreme prve javne prezentacije u Nemackoj*

Projekat Puma optimiziran je za potrebe mirovnih operacija, gde su potrebni visokomobilni oružni sistemi spremni za internacionalni razvoj i nude najvišu zaštitu od opasnosti kao što su ukopane mine, improvizovane eksplozivne naprave i protivoklopno oružje.

Puma nudi dva razlicita nivoa oklopne zaštite. Pri konfiguraciji za nivo A masa vozila iznosi 31450 kg i vozilo je avio transportabilno u buducem Erbas vojnom transportnom avionu A400M. U težoj konfiguraciji, nivo C, dodatni modularni oklopni elementi obezbedice povecanu zaštitu od mina, kumulativnog oružja i oružja srednjih kalibara, dok su elementi krova prilagodeni da štite posadu od dejstva kasetnih bombi. Komponente dodatnog oklopa mogu se pridodavati vozilima i na bojištu. Motor snage 800 kW, odvojeno upravljanje, kupola bez posade i programirana municija dodatne su karakteristike vozila Puma.

M. K.



## **RADIO-DETEKTOR RK-1025\***

Ruska Federalna služba bezbednosti pokrenula je razvoj i prodaju elektronske izvidacke opreme na inostrano tržište. Na medunarodnoj izložbi vojne opreme SOFEX, održanoj u Jordanu u martu 2006. godine, prikazali su prenosni radio-detektor RK-1025 koji je namenjen za blizinsku detekciju radio-odašiljaca u opsegu 30 do 1000 MHz. Tom prilikom operatoru se obezbeduje neposredna zvučna ili vizuelna indikacija na displeju rucnog racunara tipa PDA.

Displej daje indikaciju o radio-signalima otkrivenim u specificiranim frekventnim opsezima ili kanalima, a koje mogu da se koriste za zapis i kasnije prenimavanje.

Moguće su stacionarne i prevozne verzije ovog sistema i povećani frekventni opseg od 90 MHz do 2,5 GHz.



*Komplet RK-1025 s rucnim displejom operatora izradenim na bazi Fujitsu-Siemens PDA*

Minimalno vreme potrebno za usmeravanje na traženi signal kod prenosnog detektora iznosi 0,1 sekunda, dok je

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.

trajanje baterija predviđeno za četiri sata neprekidnog rada. Baterije se mogu puniti iz izvora za napajanje vozila ili iz stacionarnih mreža.

M. K.

<<<<>>>>

### **PRENOSNI RADAR ZA BORBENO IZVIDANJE OWL\***

Novi prenosni borbeni izvidacki senzor – radar OWL (Observation and Warning Land) obelodanila je firma CNPEP Radarwar iz Poljske.

Radar ima masu 8 kg, uključujući sopstvene baterije i kompjuterski displej Itronix. OWL je razvijen u saradnji sa institutom WITU (Wojskowy Institut Techniczny Uzbrojenia).

Glava radarskog postolja ima promenljivu rotaciju od 0 do 20 o/min i može da pretražuje u rotirajućem, sektorskom (1 ili 2 sektora) ili posmatrackom režimu, kada je antena usmerena na određeni azimut. Predajnik ovog radara ima izlaznu snagu 4 W i maksimalni domet otkrivanja 2,4 km.



*Displej prenosnog radara OWL*

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.

Bežični prenos podataka između radara i displeja omogućava operatoru da bude udaljen od senzorske glave do 100 m i omogućava umrežavanje sa drugim senzorima.

Displej ima mogućnost izbora sektora osmatranja i izbora skale dometa detekcije (od 300, 600, 1200 i 2400 m), kao i kontinuirane prezentacije ciljeva i prikaza kretanja.

Omogućeno je grubo i fino merenje koordinata cilja za azimut i domet, kao i zvucno upozoravanje pri otkrivanju cilja.

Baterije radara OWL su polimernog tipa i omogućavaju operativni rad od četiri sata.

M. K.

<<<<>>>>

### **BRODSKI MITRALJESKI SISTEM MINI-TAJFUN\***

Kraljevska Australijska mornarica (RAN) ugrađuje na odabrane brodove u klasi fregata laško brodsko mitraljesko postolje Mini-Tajfun, koje je proizvela izraelska firma Rafael. To je deo mera koje se preduzimaju radi poboljšanja zaštite od napada manjih brodova i drugih asimetričnih opasnosti uocnih tokom nedavnih operacija u Persijskom zalivu. To je stabilizovani sistem prilagođen za mornaricu koji je namenjen prvenstveno za male i srednje površinske brodove gde su prostor i masa primarni. Ovaj sistem izveden je iz topovskog postolja Mini-Tajfun naoružanog topovskim sistemom serije Mk25, koji je skoro uveden u upotrebu na novim australijskim patrolnim brodovima.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2006.





*Laki brodski mitraljeski sistem Mini-Tajfun*

Sistem Mini-Tajfun može da prihvati teški mitraljez 12,7 mm Browning M2HB, automatski bacac granata 40 mm Mk19 i mitraljez opšte namene 7,62 mm. Zavisno od ugrađenog naoružanja, ukupna masa sistema je od 140 kg do 170 kg.

Australijska mornarica iskazuje nameru da ovaj sistem prilagodi i za daljinsko upravljanje.

M. K.



## **LAKO PROTIVOKLOPNO ORUŽJE M72 LAW\***

Norveška kompanija Nammo AS, u saradnji sa američkim kompanijama Talley Defence System i NI Industries i uz pomoć norveške i američke armije, radi na razvoju i uvođenju novih varijanti lakog protivoklopnog oružja M72 LAW (Light Anti-armour Weapon). Nove varijante oružja M72 su:

– municija M72ASM-RC smanjenog kalibra za dejstvo na utvrđenja (anti-structure munition-reduced calibre), koja je počela da se razvija 2004. godine, a kvalifikaciona ispitivanja očekuju se sredinom 2007. godine;

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

– municija M72 FFE za gađanje iz zaklona (firing from enclosure), čija se kvalifikacija očekuje 2008. godine.

Do sada su već kvalifikovane sledeće verzije:

– M72A9 ASM, koje je razvila kompanija Talley Defense Systems i kvalifikovala 2005. godine;

– M72 EC LAW, protivoklopno oružje povećanog kapaciteta, koje je kompanija Nammo razvila i kvalifikovala u martu 2006. godine.

Oružje M72 ASM-RC, čija je ukupna masa 3,4 kg, razvojni je projekat koji je do skoro sama finansirala kompanija Nammo. Nova varijanta ima smanjeni kalibar i usku bojnu glavu koja je napunjena sa 400 g novog aluminijumskog PBX eksploziva, poznatog pod oznakom DPX-6 (Dyno Pressed Explosive 6), koji ima 45% aluminijumskog sastava radi stvaranja povećanog učinka pri eksploziji.

Bojna glava imaće oblogu od kompozitnog materijala, kako bi se količina fragmenata smanjila što je moguće više. Razlog za to je smanjenje rizika od povreda vlastitih snaga i civila u toku borbenih dejstava u urbanim sredinama.

Projektil M72 ASM-RC predviđen je za probijanje zidova od dvostruke cigle, zemljanih zidova, drvenih zidova debljine 152 mm (6 inča) i bunkera od vreća sa peskom.

Bojna glava se pre ulaska u cilj odvaja od raketnog pogona i sama probija cilj. Ona detonira ili u toku probijanja ili kada je unutar cilja, što se reguliše ručno, postavljanjem kratkog ili dugog režima zadržke. Režimom kratke zadržke ostvaruje se eksplozija bojne glave u zidu, dok će režim duge zadržke rezultirati detonacijom iza zida, unutar strukture cilja.



*Lako protivoklopno oružje kompanije Nammo (odozgo prema dole): lanser M72 EC LAW; projektil M72 EC LAW i M72 ASM-RC*

Za bojnu glavu korišćen je upaljac PZ 11, sa dvostrukim osiguranjem, koji je izradila švajcarska firma Zaugg Elektronik.

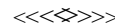
Prva vatrena ispitivanja sa oružjem M72 ASM-RC izvršena su početkom 2005. godine na cilj udaljen 50 m, čiju je strukturu činio drveni ram s 15 cm debelim betonskim zidom, ispred kojeg je bio sloj vreća sa peskom širine 60 cm, a na krovu 30 cm debeli sloj tucanika (4000 kg). Usporeni video snimak pokazao je prodor projektila kroz vreće sa peskom i probijanje betonske strukture cilja, pojačani ble sak u potpuno razorenoj strukturi, sa četiri tone materijala podignutog u vazduh, a za tim nje govo padanje na zad u rupu gde je samo sekund pre stajala struktura cilja. Kvalifikacija oružja mogla bi se ostvariti početkom 2007. godine.

Oružje M72A9 ASM ima masu 4,5 kg i koristi isti upaljac PZ 11 i pogonsku sekciju kao i zrno M72A4-A7. Projektovan je da probija jednoredni zid od cigle i ima tradicionalno aluminijumsko kucište koje stvara relativno veliku količinu fragmenata. Koristi se eksploziv PBXIH-18 u kolicini od 600 g.

Oružje M72 FFE, koje finansira SAD, ima, kao i prethodno oružje, isti upaljac PZ 11, kojim se obezbeđuje detonacija i pri veoma malim uglovima udara.

Oružje M72 EC ima 50% veću probojnost oklopa (od 300 do 450 mm valjanog homogenog oklopa). Koristi se upaljac PZ 11, a eksploziv je neosetljivi PBXN-11 (umesto oktola koji je ranije korišćen za laka protivoklopna zrna). Lanser je, takode, poboljšan, uključujući bolje dnevno-noćne mogućnosti, aksijalni okidac i refleksni nišan radi povećanja verovatnoće pogodaka, kao i korišćenje specijalnih materijala Nammo na bazi gume za odgađanje detonacije zrna u slučaju požara za više od 30 minuta. Lanser je lakši zahvaljujući upotrebi unutrašnje cevi od ugljeničnih vlakana, a njegova ukupna masa iznosi samo 3,2 kg.

M. K.



## LAKI MREŽNI SISTEM ZA VATRENU PODRŠKU\*

Nemacka armija očekuje 2009. godine da joj se isporuče prvi sistemi novog združenog izvidackog i borbenog sistema za vatrenu podršku. Opšta platforma vozila za sistem je Rajnmeta lovo lako gusenično vozilo Wiesel 2 (Vizel), koje ima masu 4,5 t i može se prevoziti helikopterom srednje nosivosti CH-53.

Ukupna količina ovih vozila još je u razmatranju (oko 200 vozila), ali početne potrebe iznose oko 100 vozila, od kojih bi se poslednja isporučila 2014. godine.

Svaki sistem obezbeđuje cetni nivo vatrene podrške i zahvata cilja, a sastoji

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

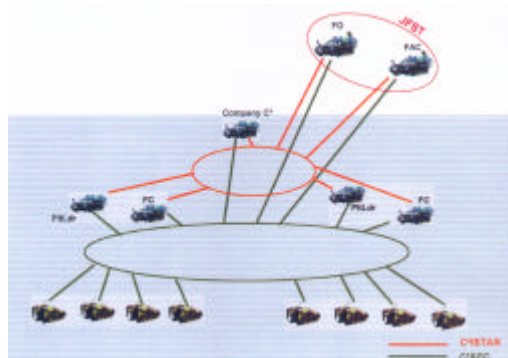
se od osam minobacackih vozila, cetnog komandnog vozila (C2), dva vodna komandna vozila (Plt.dr), dva vozila za upravljanje vatrom (FC) i dva vozila za timove združene vatrene podrške (JFST – Joint Fire Support Team). Ova posljednja opremljena su laserskim daljinomerom, laserskim pokazivacem i termovizorom, koji mogu kolektivno da se koriste za upravljanje minobacackom vatrom ili drugim združenim dejstvima, poput mornaricke topovske podrške i bliske avio-podrške.

Varijanta Vizel 2, kao minobacacka platforma, koja ima troclanu posadu (vozac, poslužilac i komandir), treba konacno da zameni postojeće minobacace 120 mm ugradene na oklopne transportere M113. Osim znatno manje mase, što ih cini avio-prevoznim, prednost vozila Vizel 2 je i što minobacac 120 mm na njemu može da dejstvuje pod potpunom NBH zaštitom. Probne verzije testirane su 2005. godine u pustinjским i 2006. godine u arkticким uslovima.

Municijski spremnik na vozilu može da primi 25 standardnih zrna, u koje spadaju kargo zrna, dometa 6 km, osvetlja vajuca zrna, dometa 8 km, i neosetljiva razorna zrna dometa 8 km. Ova posljednja imaju masu 14,5 kg i opremljena su višefunkcionalnim kompletom upaljača (blizinski, udarni, usporavajući, vremenski).

U sistem je ugradena minobacacka cev smanjene energije trzanja, cija je dužina 1,7 m, maksimalna elevacija 80° (minimalna 40°) i poprecno kretanje  $\pm 30^\circ$ .

Posada može da ispali tri zrna za 20 sekundi ili 18 zrna za 3 minuta neprekidne paljbe.



*Koncept združenog sistema izvidanja i vatrene podrške*

Stabilizatori vozila stalno se prilagodavaju između hitaca pomoću automnog sistema povezanog sa hibridnim navigacionim sistemom.

Sva vozila su umrežena sa digitalnim komandnim i minobacackim sistemom za upravljanje vatrom koji se nalazi na komandnom vozilu i vozilu za upravljanje vatrom na nivou voda.

Minobacacki sistem za upravljanje vatrom sadrži laptop Rocky III koji koristi ESG balistički softver. Ova vozila su redno povezana sa združenim timom za vatrene podršku (JSFT) koji ima dva vozila, jedno sa kamerom CCD visoke rezolucije, laserskim daljinomerom, laserskim pokazivacem i termovizorom ugrađenim na podešavajući jarbol, i drugo, koje nosi skidajući nišanski uređaj za akviziciju cilja, Jena Optronics Nyxsus, koji se koristi za osmatranje zone i blisku avio-podršku.

Istureno kontrolno vozilo, takode, nosi laserski pokazivac cilja (Thales LF28) koji je kompatibilan sa laserski vodenim bombama Paveway III. Komunikacijska oprema na vozilu JFST treba da sadrži HF radio-uređaj, kompatibilan sa mornaricким i takticким umreženim sredstvima veze, VHF

radio-sredstva za koordinaciju sa podržavanim manevarskim jedinicama i UHF radio za vezu zemlja – vazduh.

M. K.

«««»»»»

### NOVA MUNICIJA 40 mm\*

Norveška kompanija Nammo AS će u toku 2006. godine završiti kvalifikacioni postupak za dva nova tipa municije 40x53 mm s ceonim upaljačem za automatske bacace granata. Oba tipa predviđena su da udovolje specijalnim vojnim zahtevima SAD. Prva koja treba da ostvari te uslove bice municija PPHE (prefragmented, preprogrammable high eksplozive), koja već nosi američku oznaku Mk 285. To stabilno zrno specijalno je izradeno za automatski laki bacac granata Mk 47 Striker 40.

Tehnologija municije PPHE zasnovana je na tehnologiji razvijenoj za izradu municije 40 mm u kompaniji Bofors koju je kasnije preuzela kompanija Nammo.



*Novo zrno 40 mm Mk 285 kompanije Nammo*

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

Nakon detonacije bojne glave granata Mk 285 izbacuje 1500 celicnih fragmenata prosečne mase 0,1 g. Bojna glava izvedena je iz nemacke bojne glave DM111 koju je razvila kompanija Diehl BGT Defence koja sada sadrži neosetljivi standardni municijski eksploziv.

Zrno Mk 285 za pogon koristi Rajn-metalovu pogonsku jedinicu Nico-Pyrotechnik. Na vrhu zrna nalazi se elektronski programirajući vremenski upaljač opremljen mehanizmima za precizno dejstvo po cilju, samouništenje i blokiranje. To omogućava svakom zrnu da bude programirano za eksploziju u pravom momentu, ostvarujući maksimalni učinak po ciljevima koji se nalaze iza zaklona, na krovu, iza ugla, unutar zgrada ili u rovovima.

Zrno Mk 285 obično širi svoj fragmentacioni učinak bočno i unazad, mada neki fragmenti mogu biti odbaceni dijagonalno napred. Svako zrno ostvarice onesposobljavanje ljudstva s velikom verovatnoćom u prostoru udaljenom 5 m levo, desno i iza tačke detonacije.

Za vatreno pokrivanje zone može se ispaliti niz od nekoliko zrna Mk 285 (obično 5), zbog čega se tačka detonacije proračunava sistemom za upravljanje vatrom Mk 47, tako da se ostvari optimalno prostiranje fragmentacionog učinka u zoni cilja.

Programiranje svakog zrna Mk 285 ostvaruje se korišćenjem patentirane tehnike primenjene na granati Mk 47 Striker 40.

Druga municija 40 mm koju razvija kompanija Nammo mogla bi da se koristi univerzalno za automatske bacace granata, uključujući Mk 19 firme GD Armament Systems, nemacke bacace GMG firme Heckler & Koch, španske LAG 40 SB firme General Dynamics Santa Barbara Systems i singapurski 40 AGL iz kompanije Singapore Technologies.



Zrno poboljšane konstrukcije američkog razornog zrna dvostruke namene M430A1 s kumulativnom bojnoglavom nosi oznaku IHV-HEDP. Zahtevano je da se ugradi pogonska jedinica; pojačaju mogućnosti probijanja (najmanje 80 mm valjanog homogenog oklopa na udaljenosti 100 m) i izvrši implementacija samouništaivačke funkcije, neosetljivog standardnog eksploziva i modifikacije koje će omogućiti korisnicima da smanje zonu opasnosti pri opaljenju. Sada se operatorima preporučuje da održavaju zonu sigurnosti na vežbama 310 metara, a 75 metara u borbenim dejstvima.

Kompanija Nammo rešila je problem uvođenjem rekonstruisanog zadnjeg cilindra i dovodenjem u sklad konstrukcije i materijala koji se koriste sa povećanim zahtevima u postupku proizvodnje.

Poboljšano zrno dvostruke namene IHV-HEDP (Improved High-Velocity High Explosive Dual Purpose) proizvode se u dve verzije: prva, s dejstvom u tacki udara, s udarnim upaljačem i mogućnostima samouništenja i, druga, za dejstvo vazdušnom eksplozijom, koja će imati programirani upaljač kao onaj koji se koristi na zrnu Mk 285. Jedna od glavnih razlika između zrna IHV-HEDP i zrna Mk 285 biće što će prvo izbacivati mnogo manje, iako teže fragmente nego Mk 285.

Za zrno IHV-HEDP kompanija Nammo planira završetak kvalifikacionog postupka u septembru 2006. godine, dok se američki kvalifikacioni postupak očekuje do kraja iste godine.

## PRIBORI ZA NOCNO OSMATRANJE MU-3\*

Prve primerke pribora za noćno osmatranje treće generacije MU-3 (Monocular Uniwersatory Gen 3), koje je razvila i proizvela poljska kompanija PCO (Varšava) primile su zaštitne strukture Poljske pri poseti pape Benedikta XVI u maju 2006. godine. Razvoj tih uređaja usledio je na osnovu zahteva specijalnih snaga i bezbednosnih struktura Poljske.

MU-3 je savremeni uređaj za noćno osmatranje čija se aplikacija može koristiti i kao nišan na kacigi, bilo u monokularnoj ili binokularnoj konfiguraciji. U binokularnoj konfiguraciji (dvogled) postavljaju se dva uređaja MU-3 jedan pored drugoga i uvezuju pomoću binokularnog mosta. Ovakav uređaj namenjen je za osmatranje individualnih korisnika noću. Naredna partija uređaja MU-3 naručena je za novo inženjersko izvidacko vozilo Tujak-K, koje je izradeno na bazi šasijske oklopnog vozila WZM-5 Kys 8x8, a zatim i za ostale specijalne snage Poljske.



*Binokularni dvogled za noćno osmatranje MU-3*

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

M. K.





*Naocari za nocno osmatranje NPL-2*

Zahtev na osnovu kojeg se vodio razvoj MU-3 usle dio je nakon sagledavanja upotrebe ranijeg sistema druge generacije PNL-2A/AD koji su u velikoj meri koristile poljske jedinice u Iraku.

Sistemi PNL-2A/AD su se pokazali kao veoma pouzdani i pogodni za upotrebu. U isto vreme, poljska elitna jedinica „Grom“ dobila je nekoliko americkih naočara AN/PVS-14, opremljenih optikom treće generacije. Kao rezultat tog iskustva usle dio je zahtev za razvoj domaćeg sistema slicnih karakteristika. Tako su pocetkom 2004. godine za potrebe pocetnih ispitivanja isporuceni prvi prototipi koji su se neznatno razlikovali od postojećih konstrukcija.

U standardnoj konfiguraciji MU-3 ima vidno polje 40°. Ugradivanjem jednog IC osvetljivaca ovaj uređaj može se koristiti u potpunoj tami, uz minimalni domet do 10 metara.

Bez baterija monokular MU-3 ima masu 280 g (sa baterijama 380 g), dok

potpuni komplet (baterija, spojni most sa dva monokulara MU-3) ima masu manju od 1 kg. Ne postoji opcija sa dodavanjem uvelicavajućih sociva (×3, ×4 ili ×5) radi povećanja gropla na i verifikacije ili identifikacije cilja. Monokular može da koristi razne baterije: A123 3 V ili AA 3,6 V litijumske baterije, AA 1,5 V alkalne baterije ili 1,2V baterije koje se dopunjavaju. Stanje baterija i IC osvetljivac pokazuju se na viziru uređaja.

MU-3 je potpuno zaštiten od naglog povećanja intenziteta svetlosti od farova vozila ili na navigacionih svetala, jer raspolaže samozatvarajućim sklopom koji reaguje u slučaju nagle promene svetlosti.

Optika je pokrivena zaštitnim filmom koji omogućava korišćenje MU-3 u ekstremnim uslovima (pod vodom ili pri padobranskim skokovima). Funkcioniše na dubinama do 10 metara u trajanju do 120 minuta i koristi se na temperaturama od -50°C do +50°C.



*Nišan MU-3 u tandemu sa holografskim nišanom na pušci M4*

MU-3 može da se koristi i kao nocni nišan za oružje koje je opremljeno kliznim nosacem MIL-STD-1913 (Picatinny) ili u tandemu sa kolimatorom ili holografskim nišanom. Posедуje fiksni fokus koji pokriva rastojanje od 25 cm do beskonacnosti. To čini ovaj uređaj idealnim za korisnike koji izvršavaju precizne zadatke po tami (poput inžinjeraca i operatora raketa).

Elementi MU-3 korišćeni su i za kreiranje prototipa jednocevnih noćnih naocara NPL-2, koje koriste optičku cev Gen 3 II u sklopu sa prizmama i socivima kojima se korisniku obezbeđuje simulacija binokularnog pogleda.

M. K.



### **PROTIVMINSKI KOMPLET ZA TERENSKA VOZILA\***

Kompanija LMT Technologies (Pretorija, Južna Afrika) razvila je za terenska vozila visoke pokretljivosti dodatni zaštitni komplet protiv dejstva zemaljskih mina.

Komplet obezbeđuje potpunu zaštitu za posadu i prevožena lica od dejstva mina s 1,8 kg TNT koje eksplodiraju bilo gde između osovine i potpuno zadovoljava standarde RSA-MIL-STD-37. Komplet je testiran pod strogo kontrolisanim uslovima, koristeći pri tom instrumentalne lutke radi procene održivosti posade i ljudstva u vozilu.

Kompanija je već isporučila jednoj od armija Bliskog istoka 40 ovakvih kompleta.

Zaštitni protivminski komplet projektovan je tako da se uzme u obzir veoma tanka aluminijumska struktura vozila, da minimalno utiče na povećanje mase vozila i, takođe, da ne bude posebno uočljiv.

Pri izradi kompleta koristila se tehnologija zaštitnih ploča koje više apsorbuju i slabe eksploziju mine nego što je odbijaju, poput oklopa V-oblika koji je pre toga korišćen. U kompletu se nalaze luk točka, zaštitni tunel pod sedištem i transmisijom, pojačani nosac za sedišta suvozača, novo postolje za mitralješa, nova kutija za baterije i novi oslonac za

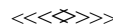
noge radi zaštite stopala ljudstva od naglog savijanja i deformacije poda vozila.



*Vozilo HMMWV opremljeno kompletom za protivminsku zaštitu LMT*

Delovi kompleta su varene konstrukcije radi obezbeđenja maksimalne preciznosti i čvrstine. Masa kompleta je 350 kg, a ceo komplet može da se ugradi za dva dana u običnoj vojnoj radionici.

M. K.



### **SPECIJALNA PATROLNA VOZILA PANHARD 4x4\***

Operativna komanda francuske armije preuzela je isporuku prvih od 40 specijalnih patrolnih vozila (SPV) konfiguracije 4x4, kojima će se opremiti odbrane specijalne jedinice. Zahtev za isporuku ovih vozila dostavljen je kompaniji Panhard General Dynamics sredinom 2005. godine, a konačna isporuka trebalo bi da se obavi u septembru 2006. godine.

Ova vozila namenjena su za brze intervencije i dejstva snaga za specijalne operacije u kojima se zahteva visok nivo autonomije i mobilnosti. Predviđeno je da

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

nose teret od 1100 kg i troclanu posadu, a ako se zahteva u zadnjem delu može se postaviti dodatno sedište za člana posade.

Prema zahtevima kupca vozilo proizvodi kompanija Panhard, a na bazi vozila Daimler Crysler G270 CDI G-class 4×4.

Osnovne dimenzije vozila su:

- dužina 4,74 m;
- širina 2,21 m (mogućnost smanjenja do 1,86 m);
- visina do krova kabine 1,92 m;
- borbena masa oko 4000 kg.

Dva do tri vozila mogu se prevoziti avionima C-160 ili C-130, a pripremljena su i za prenošenje helikopterom.

Prostor zapremine oko 3,5 m<sup>3</sup> je raspoloživ za transportne potrebe u zadnjem delu vozila, iznad kojeg je ugrađeno kružno postolje za ručno upravljani teški mitraljez 12,7 mm. Na mestu komandira je pokretno postolje za mitraljez 7,62 mm.



*Specijalno patrolno vozilo Panhard SPV 4×4*

Pod vozila, ispod prednjeg odeljenja za posadu i ispod osnovnog položaja za mitraljeza, zaštićen je od dejstva eksplozije protivpešadijskih mina do nivoa 1 STANAG 4569. Posebna navlaka može da se postavi preko odeljenja za posadu radi zaštite od spoljnih uticaja.

Za pogon vozila služi, kao i za fabrički standardna vozila G-Class, 5-cilindricni turbo dizel motor Mercedes-Benz, snage 115 kW i standarda Euro III. Transmisija je automatska, petostepena Mercedes-Benz W5A-580.

Maksimalna brzina po putu je elektronski limitirana na 120 km/h, a sa rezervoarom za gorivo zapremine 96 l obezbedena je autonomija kretanja po putevima do 800 km.

Električno napajanje uređaja na vozilu omogućuju dve baterije 12 V 45 Ah, baterija za pokretanje, spoljnje osvetljenje i radio-uređaj 24 V 80 Ah i baterija 12 V 150 Ah za druge pomoćne potrebe.

Za brzo regulisanje pritiska u pneumaticima, radi prilagodavanja uslova terena, koristi se kompresor sa prikljucima na obe strane vozila, čiji se prekidač za uključivanje i isključivanje nalazi na tabli vozača.

Ostalu standardnu opremu vozila čine dve 20-litarske posude za gorivo; spremnik za 30 litara vode i druge namirnice, dva rezervna točka, lopata i sekira.

Na prednjem odbojniku ugrađen je cekrk za samoizvlačenje, kapaciteta 4000 kg.

M. K.



## **MULTIFUNKCIONALNI RADAR MF-STAR\***

Izraelska kompanija Elta Systems (u sastavu Izraelske avioindustrije IAI) zapo-

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.



cela je gradnju tehničkog modela svog novog aktivnog višefunkcionalnog radara EL/M-2248 MF-STAR, čiji se prvi prenosni testovi očekuju krajem 2006. godine.

MF-STAR razvija se na bazi tehnologije ugrađene u zemaljski aktivni radar EL/M-2080 „Green Pine“ i u mornaricu Izraela uvodi se kao napredni tehnološki faktor. Predviđen je prvenstveno kao radar za osmatranje, praćenje i navođenje na površinskim borbenim brodovima sledeće generacije, kao i za srednju modernizaciju postojećih pet korveta izraelske mornarice.

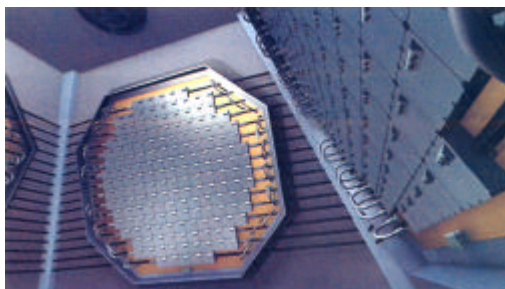
Radar MF-STAR funkcioniše na E/F talasnom području, koristi četiri fiksirane redne površine izradene na bazi modularne pločaste arhitekture (svaka pločica sadrži 16 galijum-arsenid predajno-prijemnih modula) radi obezbeđenja skaliranja u veličini otvora antene. Tehno hlađenje iskorišćeno je za odvođenje toplote na antenskom sklopu.

MF-STAR koristi impulsnu Doplerovu tehniku, višestruki snop i oblik talasa koji registruju opasnosti niskog radarskog preseka, čak i u uslovima velikog ometanja i ucestale buke.

Ključne funkcije su trodimenzionalni obim pretraživanja, raketni horizont pretraživanja, praćenje više ciljeva, površinsko osmatranje, otkrivanje helikoptera, upravljanje artiljerijom i izvidanje.

Radar MF-STAR je u mogućnosti da inicira putanju iznad mora letelih raketa na rastojanju od 25 km i visokoletećih borbenih aviona udaljenih preko 250 km. Sposoban je da obezbedi srednji kurs vodenja za aktivne i poluaktivne protivavionske rakete, a može da služi i kao iluminator za poluaktivne vodene rakete.

Smanjenje mase bilo je ključno u razvojnom programu radara MF-STAR.



Antenski sklop multifunkcionalnog radara MF-STAR

Antena je skalirajuća, zbog zahteva performansi i ograničenja platforme. Antena je obično veličine 3×3 m i mase 1500 kg. Unutrašnja oprema raspoređena je u 6 kabina: dve za procesiranje i četiri za napajanje energijom. Ukupna potpulsna masa iznosi oko 900 kg.

U mornarici ističu da će MF-STAR biti namenjen za potrebe izvidanja, praćenja i podrške vodenim raketama za novi odbrambeni raketni sistem Barak-8, kojim će se opremiti površinski borbeni brodovi sledeće generacije, kao i tri postojeće korvete Saar 5.

Rakete Barak-8 imaju maksimalni dolet od 70 do 80 km i bice kompatibilne sa taktičkim sistemom za vertikalno lansiranje Lockheed Martin Mk 41. Nakon lansiranja raketa će na početku dobiti srednji kurs navođenja, ažuriran podacima sa radara MF-STAR. Za vreme završne faze leta rakete uključuje se drugi motor i aktivira radarski tragac za navođenje na cilj.

M. K.

<<<<>>>>

## BESPILOTNA LETELICA BARRACUDA\*

Tehnološki demonstrator bespilotne letelice Barracuda, koji je bio pokazan na

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2006.

izložbi vojne opreme ILA 2006 u Berlinu, obavio je aprila ove godine svoj prvi dvadesetominutni let u španskoj aviobazi San Javier.

Letelicu Barracuda razvila je, za tri godine, kompanija EADS Military Air Systems u fabrikama Nemacke i Španije.

Prema saopštenjima kompletan sistemski demonstrator, uključujući zemaljsku upravnu stanicu, može lako i brzo da se razvije bilo gde u svetu. To je znacajan oslonac za dalji razvoj savremenog operativnog bespilotnog sistema koji ce moci da izvršava obavestajne, osmatracke, akvizicijske i izvidacke zadatke i u uslovima sukoba visokog intenziteta. Njegov kapacitet korisnog tereta obezbeđuje integraciju razlicitih naprednih elektronskih senzora poput elektro-optickih/IC kamera, primopredajnih i radar-skih sistema. Na ovu letelicu može da se ugradi i razlicito naoružanje.

Komunikacijski sistem koji se danas koristi mogao bi da se usavrši za potrebe centralizovanih mrežnih operacija u realnom vremenu. Predvideni su data-linkovi u zoni vidljivosti i izvan nje, kao i kodirane veze i satelitske komunikacije zaštitene i otporne na ometanje.

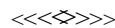


*Bespiloma letelica Barracuda*

Prema podacima prezentovanim na izložbi, prazna Barracuda ima masu 2300 kg, a maksimalna masa pri uzletanju je 3250 kg. Od toga, masa goriva je 650 kg, a korisna nosivost 300 kg. Dužina letelice je 8,25 m, a raspon krila 7,22 m.

Letelicu pokrece mlažni motor JT15D-5C, kanadske firme MTU i Pratt & Whitney, ciji je potisak 14 kN. U toku leta koristi se elektricno upravljanje, a hidraulicno samo za prizemljenje i upravljanje prednjim tockom. Aktuatori na letelici rade elektromehanicke, a kocnice i elektricne. Struktura letelice izradena je od kompozitnih materijala s ugljenicnim vlaknima, proizvedenim po „visokointegriranoj proizvodnoj tehnici“ zasnovanoj na sopstveno razvijenom vakuum postupku kompanije EADS.

M. K.



### **OPTIMIZACIJA BORBENIH VOZILA ZA UPOTREBU U URBANIM USLOVIMA\***

Francuska armija preduzima znacajne mere za industrijsku modifikaciju borbenih vozila za upotrebu u urbanim uslovima. Takva tri vozila prikazana su na izložbi Eurosatory u Parizu, odrzanoj juna 2006. godine.

Prvo modifikovano vozilo bilo je osnovni borbeni tenk Leclerc koji nosi naziv Leclerc AZUR (Action en Zone Urbaine). Prototip je završen pocetkom juna i planira se da bude uveden u upotrebu u francuskoj armiji krajem 2006. godine.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, avgust 2006.

Tenk Leklerk, poput drugih osnovnih borbenih tenkova, namenjen je za operacije visokog intenziteta i ima najveći stepen zaštite na svom frontalnom delu. Međutim, u toku operacija u urbanim uslovima izložen je dejstvu sa svih strana, posebno iznad osetljivog zadnjeg luka vozila. Radi toga se Leklerk AZUR oprema pojačanim paketom, koji će obezbediti dodatnu bocnu zaštitu i iznad zadnjeg dela vozila. Sa obe strane postavljaju se novi bocni oklopi od savremenog kompozitnog materijala koji pokrivaju niže delove prostora za posadu.

Za ojačanje motornog odeljenja, na zadnjem delu i bocno, postavljaju se zaštitne rešetke od celicnih šipki. Takav oklop namenjen je za aktiviranje bojnih glava protivtenkovskog vodenog oružja, kao što je RPG-7 (Rocket-propelled grenade), ispred osnovnog oklopa.

Pored toga, rešetkasti oklop postavlja se i na zadnjem delu nosaca kupole, a iznad motornog odeljenja – dodatna zaštita od napada zapaljivim bombama.

Za potrebe bliske borbe, daljinski upravljani mitraljez 7,62 mm postavljen je na krovu kupole, tako da se nišanje i opaljenje obavlja iz unutrašnjosti tenka. Novi panoramski uređaj za osmatranje montiran je na krovu da bi obezbedio komandiru brzo kružno osmatranje u sektoru od 360°.

Glatkocevni top 120 mm L/55 za država se kao osnovno oružje, ali će, pored standardnih pancirnih projektila APFSDS i protivtenkovskih HEAT, moći da koristi i nove visoko-eksplozivne projekte 120 HE F1, koji se sada proizvode za potrebe francuske armije.

Leklerk AZUR ima i blizinski komunikacijski sistem koji se koristi za vezu sa iskrcanom pešadijom i dve odbacu-

juce kutije za dopune materijalnih rezervi na zadnjem delu koje predstavljaju zame-nu za dva dopunska rezervoara za gorivo koja se inače tu ugrađuju.



*Tenk Leclerc AZUR optimiziran za urbane uslove*

Komplet AZUR je modularne izrade, tako da korisnik može selektivno da izabere one podsisteme kompleta koji su u skladu sa borbenim zadatkom koji predstoji. Komplet može da se postavi za manje od pola dana sa standardnim alatom. Mada je prva aplikacija kompleta AZUR projektovana za tenk Leklerk, u kompaniji Giat Industries se tvrdi da se sličan može ugraditi i na druge osnovne borbene tenkove.



*Izvidacko vozilo VBL optimizirano za urbane operacije*

Ranije je francuska armija opremila neke od osnovnih tenkova AMX 30 B2 sa paketom eksplozivnog reaktivnog oklopa, nedavno i cistac mina AMX 30 DT, a ubuduće će se isti paket ugrađivati i na modernizovano inženjersko vozilo EBG (Engine Blinde du Genie).

Drugo borbeno vozilo, pripremljeno za dejstvo u urbanim sredinama, i prikazano na izložbi Eurosatory 2006 bilo je izvidacko vozilo VBL (Vehicle Blinde Leger) 4×4, koje je modernizovala kompanija Panhard General Defense u saradnji sa francuskom armijom.

Na ceonom delu VBL i sa desne strane oklopa ugraden je sekac žice i osam lansera granata kojima se upravlja elektricnim putem. Vozilo je opremljeno i daljinski upravljanim reflektorom, ogledalima za poboljšano osmatranje, zaštićenim svetlima, dodatnim spoljnim kutijama, višenamenskim prikljuckom, pokrivenim dovodom vazduha, ceonim odbojnikom sa bocnim proširenjima, uređajem za panoramsko osmatranje u sektoru od 360° i ofarbano novom bojom.

Trece oklopno borbeno vozilo prikazano na izložbi, bilo je la ko oklopno vozilo VAB (Vehicle de l'Avant Blinde) 6×6 koje proizvodi kompanija Renault Trucks Defense u širokom spektru namena.



*Oklopno vozilo VAB (sa elektronskim ometacem protiv bombi – levo)*

Na krovnom delu oklopa ugradena je daljinski upravljana kupola naoružana topom 30 mm, izraelske kompanije Elbit. Gornje strane odeljenja za posadu zaštićene su izraelskim hibridnim zaštitnim sistemom

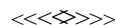
L-VAS (Light Vehicle Armour System), a tockovi i oslanjanje na vozilu zašticeni su rešetkastim oklopom od celicnih šipki.

Za neutralisanje granata tipa RPG-7 i drugih opasnosti ugraden je izraelski, nedavno objavljeni ubojni sistem za aktivnu zaštitu i elektronski ometac protiv bombi EJAB (Electronic Jammer Against Bombs).

Od ostale dodatne opreme ugradeni su sistem za detekciju opasnosti, termovizor za vozaca i sistem za upravljanje u borbi.

Ugradnjom navedenih sistema na borbeno vozila znatno se povecavaju njihove ukupne mogucnosti i održivost u uslovima urbanih borbenih dejstava.

M. K.



## **KOREJSKI BORBENI TENK K2\***

Republika Koreja, prema operativnim zahtevima korejske armije, od 1993. razvija novi osnovni borbeni tenk K2 (KN MBT). Planirano je da se konacna ispitivanja završe u 2007. godini, a proizvodnja da zapocne u 2008. godini (prema nekim izvorima realnije bi bilo u 2011. godini).

Tenk K2 ima brojna savremena rešenja, ukljucujuci potpuno automatski punjac, koji smanjuje posadu na tri clana (komandir, nišandžija i vozac).

Vozac je smešten na prednjem levom delu šasi je, a ostala dva clana posade u kupoli; komandir levo, a nišandžija desno. Sva ki clan posade ima svoj poklopac za ulaz – izlaz.

Osnovne velicine su: dužina 10,7 m, širina 3,6 m, visina 2,4 m i masa 55 000 kg.

Osnovno naoružanje je stabilizovani Rheinmetalov glatkocevni top 120 mm

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, avgust 2006.



L55 sa spregnutim mitraljezom 7,62 mm i krovni mitraljez 12,7 mm za mesto komandira.

Glatkocevni top 120 mm L55 ima znatno povecanje krajnjeg dometa u odnosu na kraci top L44 koji se ugradije na sadašnji korejski tenk K1A1. Municija za tenk K2 bice ista kao i za tenk K1A2, ali ce imati oznaku za upotrebu u automatskom punjacu radi identifikacije specifičnog tipa municije. Borbeni komplet čini 40 zrna municije 120 mm, uključujući i rezerve koje su smeštene na tenku izvan automatskog punjaca.

Kompjuterizovani sistem za upravljanje vatrom sadrži Samsung Thales dvoosni dnevni/IC nišanski sistem s ugrađenim, bezbednim za oči, laserskim daljinomerom za komandira i nišandžiju, koji omogućava zahvat stacionarnih i pokretnih ciljeva s velikom verovatnoćom za pogodak prvim zrnom u dnevnim i noćnim uslovima. Upravljanje topom je potpuno električno. Komandir ima krovni panoramski nišan, koji mu omogućava da zahvaceni cilj, ako utvrdi da je neprijatelj, prebaci nišandžiji koji izvršava nje govo uništenje.

Na ovom tenku ugrađen je i automatski sistem za praćenje cilja.

Na bocnim stranama kupole montirano je po 6 lansera dimnih granata koji pokrivaju frontalni prostor.

Pogonski kompleks snage 1104 kW (1500 KS) ugrađen je na zadnjem delu šasijske i sastoji se od motora MTU 883 V-12 u kompletu sa automatskom transmisijom Renk sa pet brzina napred i jednom za hod unazad, čime se postiže maksimalna brzina od 70 km/h na putu.

S borbenom masom od 55 t tenk K2 ima odnos snaga/masa 27,27 KS/t.



*Tenk K2 naoružan glatkocevnim topom 120 mm L55*

Kada je opremljen teleskopskom cevi za vazduh, tenk K2 može da savlada vodenu prepreku dubine do 4,1 metar. Poluautomatsko hidropneumatsko oslanjanje obezbeđuje vozilu značajnu terensku brzinu i omogućava vozaču da prilagodi sistem oslanjanja uslovima terena kojim se kreće tenk.

Ugrađen je i dinamički sistem za natezanje gusenica bez izlaska vozača iz tenka.

Uz veoma savremeni pasivni oklopni paket na ceonom delu, tenk K2 ima i visok nivo zaštite od oružja koje napada odozgo, jer mu je eksplozivni reaktivni oklop ugrađen i na krovnom delu kupole.

Tenk K2 opremljen je prijemnikom za lasersko upozorenje, sistemom za prepoznavanje svojih i protivnikovih sredstava i unutrašnjim protivneutronskim sistemom. Na krovnom delu kupole ima ugrađeni čvrsti ubojni sistem.

U standardnu opremu spada i sistem za NHB zaštitu, proširena komunikaciona oprema, sistem za upravljanje u borbi i poziciono-navigacioni sistem.

I komandir i vozač imaju taktički kolor displej i ugrađen sistem dijagnostike sa standardnim testovima, koji se može koristiti i za obuku i uvežbavanje. Postojeći borbeni tenk K1A1 naoružan je

glatkocevnim topom 120 mm M256 i ima četveročlanu posadu. Postoje još dve modifikacije tog tenka – nosac lansirnog mosta i tenk za izvlačenje i remont.

I dok je u razvoju tenkova u Zapadnoj Evropi došlo do zastoja, paradoksalno je da se razvoj osnovnih borbenih tenkova u Aziji nastavlja užurbano u više zemalja. Razvijaju se ili već i uvode novi tenkovi, koji će u nekim slučajevima biti i napredniji od onih koji su u upotrebi u mnogim zemljama Evrope.

M. K.



### **OKLOPNI LAND ROVER\***

Delovi vojne policije Češke, angažovane u Avganistanu, počele su da koriste varijantu novog oklopljenog terenskog vozila Land Rover, koje je opremila češka kompanija za balističku zaštitu SVOS.

Već pri nabavci, direktno iz britanske kompanije Land Rover, vozilo je opremljeno prednjim cekrkom, dodatnim grejačem, sistemom za kondicioniranje vazduha, zatvorenom konstrukcijom i produžnikom za dovod vazduha u motor. Vozilo ima ukupnu masu 3500 kg i pokreće ga dizel motor snage 83 kW.

U kompaniji SVOS vozilo je modifikovano radi ugradnje kompleta modularne balističke zaštite. Masa kompleta je 1000 kg i njime se obezbeđuje zaštita između nivoa STANAG 1 i STANAG 2. Konstrukcija kompleta je takva da ga može ugraditi posada u terenskim uslovima za manje od 9 časova.

Komplet sadrži troja nova vrata, vetrobran, zadnje bočne zidove i krov. „Ne-

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, avgust 2006.

transparentni“ delovi urađeni su od specijalnih celicnih ploča, a zaštita poda u osnovnoj izvedbi izdržava udar eksplozije ručnih granata od 0,5 kg. Kada se zahteva veća zaštita može se dodati balistički štitnik, sposoban da apsorbuje ili smanji efekat eksplozije, obezbeđujući na taj način posadi zaštitu od eksplozije mina, ekvivalentne snazi 2,5 KG TNT.

Vozilo je moguće koristiti, u zavisnosti od konkretne situacije, sa ili bez balističke zaštite.

Za potrebe opštih transportnih zadataka krov iznad zadnjeg dela kabine može da se ukloni i na skidajući nosac ugradi fleksibilni mitraljez 7,62 mm VZ (Mod) 59. U takvoj konfiguraciji vozilo može da se koristi za patroliranje, izvidanje ili zaštitnu pratnju.

U novijem kompletu na vozilo će biti ugrađen oklopljen krov, tako da će kompletni prostor za transport tereta biti zaštićen odozgo, a na otvoru krova moći će da se montira mitraljez.

Oklopljeni i neoklopljeni Land Rover se po spoljašnjem izgledu ne razlikuju mnogo.

M. K.



### **PANORAMSKA ORUŽNA STANICA ZA TENKOVE\***

Švedska kompanija Saab Systems prikazala je, na izložbi Eurosatory 2006 u Parizu, prototip panoramskog nišana malog radarskog odraza za daljinski upravljanu oružnu stanicu PLSS RWS (Panoramic Low-Signature Sight Remote Weapon Station). Švedsko ministarstvo odbrane sklopilo je

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, avgust 2006.

ugovor s kompanijom o ugradnji ovih sistema na njihove tenkove Leopard 2A5. Do sada je završen razvoj prototipa.

Stanica PLSS RWS namenjena je da komandiru tenka obezbedi bolju procenu situacije (smanjenjem zone nevidljivosti oko tenka) i poveca zaštitu upotrebom mitralje za 7,62 mm. Stanica može biti premljena i mitraljezom 12,7 mm ili automatskim bacacem granata 40 mm. Senzorsko-oružna platforma montirana je na kupolu tenka na mesto komandirskog nišana, a u unutrašnjosti vozila nalazi se sistem elektronike, video tragac i konzola operatora.

Senzorska oprema se sastoji od: kompaktnog IC termovizora LWIR (7,5 do 9,5  $\mu\text{m}$ ) koji koristi hladne fotodetektore 640 $\times$ 480 QWIR (quantum well infrared photodetector) sa dvostrukim vidnim poljem; monohromatske TV kamere sa uskim vidnim poljem od 5,5° (plana nira se njena zamena kolor kamerom NZ-3 sa mogućnošću zumiranja); kolor CCD TV kamere sa širokim vidnim poljem od 43,6°; i laserskim daljinomerom dometa do 5 km, koji je baziran na najnovijoj Raman tehnologiji (Nd:KGW).

Konzola operatora sadrži kolor monitor visoke rezolucije, robustni displej i jedan par rucica za upravljanje. Desnom rucicom upravlja se funkcijom nišanje nja i opaljenje, a levom funkcijom video pretraživanja. Pomocu njih vrši se automatska indikacija cilja, ručna i automatska akvizicija cilja, automatsko centriranje

na cilj, ručno podešavanje tacke pracenja i stabilizacija slike.

Glavne komponente u sistemu elektronike su upravljacka jedinica UTAAS i kompaktni robusni racunar RVC-S.



*Švedski tenk Leopard 2A5 sa ugrađenom kombinovanom daljinski upravljanom oružnom stanicom i komandirskim nišanom*

Masa stabilizovane platforme je 170 kg, a teleskopskog nosaca (koji se diže do 72 cm) 150 kg.

Kompletan sistem sadrži i Saabov mobilni širokopojasni satelitski komunikacijski sistem SOTM (Sa com-On-The Move).

Pored ovog prototipa kompanija Saab Systems razvija još tri prototipa koji bi se primenjivali na lakim borbenim vozilima i borbenim camcima. Pocetak proizvodnje ovih sistema planiran je za 2007. godinu.

M. K.

