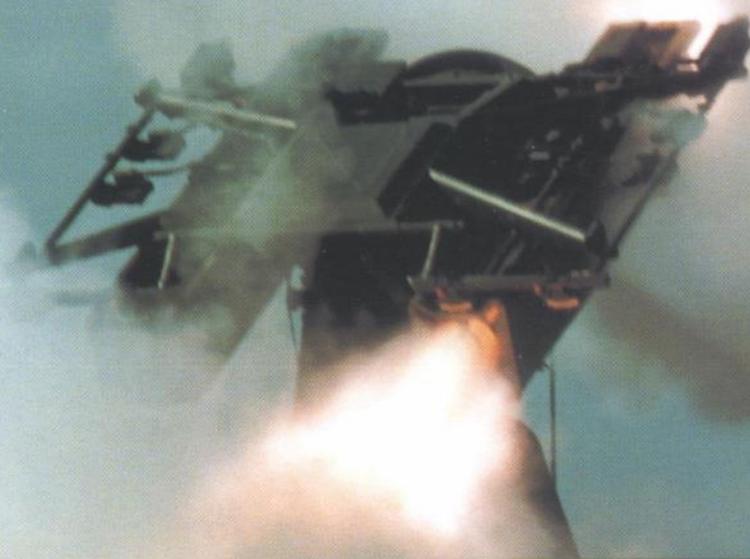


# HRVATSKI VOJNIK



BROJ 18. GODINA VI.

PROSINAC 1996. BESPLATNI PRIMJERAK



HRVATSKA VOJNA INDUSTRIJA  
TANK SNAJPER  
125mm **M-84A4**

**TRANSPORTNI VRTOLETI**



ZNAČAJKE ZAPOVJEDNIKA HRVATSKE VOJSKE  
TIJEKOM DOMOVINSKOG RATA



M-84AB, GLAVNI BORBENI TANK, UČINKOVIT ODGOVOR NA  
BUDUĆE PRIJETNJE, S POSADOM OD TRI ČLANA I SPOSOBNOŠĆU  
OTVARANJA PALJBE IZ POKRETA DANJU I NOĆU



# M-84AB

## IDE DALJE

### **PALJENA MOĆ**

TOP KALIBRA 125mm  
S GLATKOM CIJEVI

### **BORBENA SPOSOBNOST**

KOMPJUTORIZIRANI SUSTAV  
NADZORA PALJBE

### **POKRETLJIVOST**

MOTOR SNAGE 1000 KS

### **SPOSOBNOST PREŽIVLJAVANJA**

VISOK STUPANJ BALISTIČKE  
ZAŠTITE  
SUSTAV ZAŠTITE POSADE



**RH-ALAN d.o.o.**

Stančićeva 4, 10000 Zagreb  
tel. 385 1 455 40 22, 456 86 67  
fax. 385 1 455 40 24

**REPUBLIKA HRVATSKA**



6

**ZNAČAJKE ZAPOVJEDNIKA HRVATSKE VOJSKE  
TIJEKOM DOMOVINSKOG RATA**

40

**TRANSPORTNI VRTOLETI:  
Mobilnost za kopnene snage**

Tijekom protekla tri desetljeća vrtoleti su postali nezaobilazno transportno sredstvo u oružanim snagama mnogih zemalja



66

**EURONAVAL 96**

Na nedavno održanoj izložbi Euronaval 96 predstavljeni su najnoviji projekti i programi razvoja ratnih brodova i mornaričke tehnike koji pružaju vrlo dobar temelj za pregled sadašnjeg stanja i prognoze budućeg razvoja

## Nakladnik:

Ministarstvo obrane Republike Hrvatske

## Glavni i odgovorni urednik

general bojnik Ivan Tolj

**Zamjenik glavnog i odgovornog urednika**  
brigadir Miro Kokić

## Izvršni urednik

satnik Dejan Frigelj

## Grafički urednik

satnik Svebor Labura

## Urednički kolegij:

### Vojna tehnika

satnik Tihomir Bajtek

### Ratno zrakoplovstvo

natporučnik Robert Barić

### Ratna mornarica

poručnik Dario Vuljanić

## Vojni suradnici

brigadir Dr. Marko Parizoski, dipl. ing.

pukovnik Dr. Dinko Mikulić, dipl. ing.

pukovnik J. Martinčević-Mikić, dipl. ing.

pukovnik Vinko Aranjoš, dipl. ing.

bojnik Mr. Mirko Kukulj, dipl. ing.

bojnik Damir Galesić, dipl. ing.

bojnik Berislav Šipicki, prof.

Dr. Vladimir Pašagić, dipl. ing.

Dr. Dubravko Risović, dipl. ing.

Dr. Zvonimir Freivogel

Mislav Brlić, dipl. ing.

Dario Barbalić, dipl. ing.

Josip Pajk, dipl. ing.

Bartol Jerković, dipl. ing.

Vili Kezić, dipl. ing.

Klaudije Radanović

Boris Švel

## Grafička redakcija

Hrvoje Brekalo

Predrag Belušić

Hrvoje Budin

Zvonimir Frank

natporučnik Davor Kirin

zastavnik Tomislav Brandt

## Tajnica uredništva

Zorica Gelman

## Kompjuterski prijelom i priprema

HRVATSKA VOJNA GLASILA

## Lay out

Svebor Labura

## Tisak

Hrvatska tiskara d.d., Zagreb

Slavonska avenija 4

## Naslov uredništva

Zvonimirova 12, Zagreb,

Republika Hrvatska

## Brzoglas

385 1/456 80 41, 456 88 11

## Dalekoumnoživač (fax)

385 1/455 00 75, 455 18 52

Rukopise, fotografije i

ostalo tvorivo ne vraćamo

## VOJNA TEHNIKA

- 6 Značajke zapovjednika Hrvatske vojske tijekom Domovinskog rata . . . . . pukovnik Josip Tuličić, brigadir Damir Goršeta
- 10 Tank snajper 125 mm M-84A4 . . . . . Dinko Mikulić
- 16 Nova Njemačka jurišna puška . . . . . Mirko Kukulj
- 26 Laserski sustav za troprotežnu projekciju . . Dubravko Risović
- 32 Mikroprocesori i memorijski čipovi u 2020. . . Berislav Šipicki

## RATNO ZRAKOPLOVSTVO

- 40 Transportni vrtoleti . . . . . Ivan Marić
- 48 Trendovi u razvoju borbenih zrakoplova . . Klaudije Radanović
- 52 Sea Vixen . . . . . Mladen Krajnović
- 58 USAF (IV dio) . . . . . Robert Barlć

## RATNA MORNARICA

- 64 Euronaval 96 (I dio) . . . . . Vladimír Andročec, Darko Bandula
- 74 Fregate Oliver Hazard Perry . . . . . Dario Vuljanić, Boris Švel



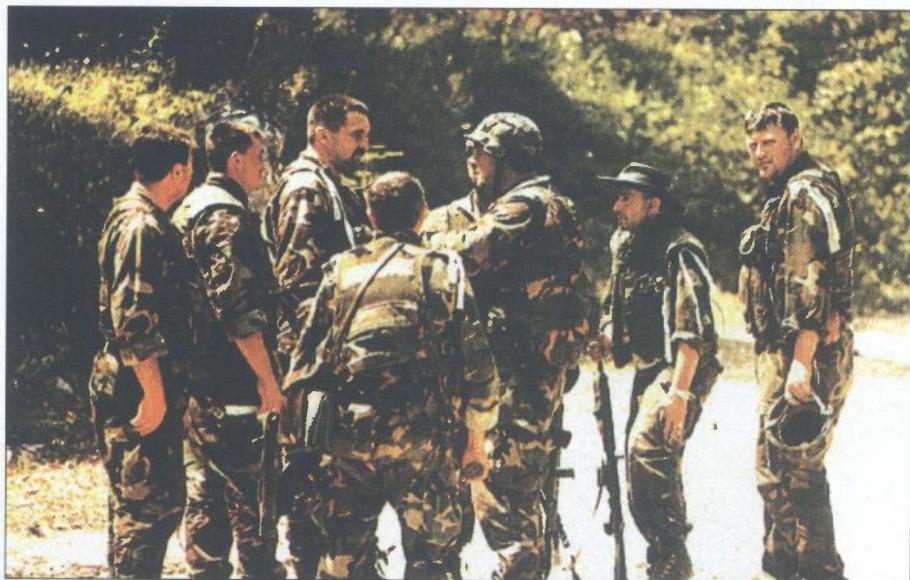
foto: Davor Kirin

Samovozni raketni lanser  
"STRIJELA - 10CROA1"

# ZNAČAJKE ZAPOVJEDNIKA HRVATSKE VOJSKE TIJEKOM DOMOVINSKOG RATA

Ljudi su od pamtivijeka pokušavali sagledati koje su to značajke koje su uspješni vođe posjedovali. Kad je vođenje postalo predmetom sustavnog proučavanja, prva teorija kojom se nastojala sagledati učinkovitost vođa bila je teorija osobina ličnosti. Međutim, ni nakon sedamdesetak godina istraživanja znanstvenici nisu uspjeli izolirati skup značajki koje bi sa sigurnošću diferencirale uspješnog vođu od nevođe.

Ipak, napori znanstvenika nisu bili uzaludni. Danas se sa sigurnošću može tvrditi kako je uspješno identificirano pet značajki koje uvijek pokazuju visok stupanj korelacije s vođenjem. To su: inteligencija, samopouzdanje, visoka razina energije, stručnost i dominantnost. (Robbins, 1984.) Svjesni ograničenja teorije osobina ličnosti koja zanemaruje potrebe sljedbenika, a isto tako i situacijske čimbenike, istraživači i dalje ne odustaju od proučavanja osobina vođa posebice s aspekta tradicijskih i kulturoloških vrijednosti



*Zapovjednici su profesionalci na koje su usmjereni svi članovi vojne organizacije. Njihove značajke i njihovo znanje utječu na ono što oni čine kako bi stvorili i vodili visokoučinkovite organizacije*

**V**ažno je istaknuti kako vođe ne moraju biti vojni zapovjednici, ali svaki zapovjednik mora biti vođa. Otud se i svi rezultati istraživanja značajki vođa mogu aplicirati i na zapovjednike. Na temelju ovih istraživanja gotovo svaka vojska u svijetu nastoji, sukladno svojim tradicijskim i kulturološkim vrijednostima, oblikovati svoje zapovjednike. Stvaranje zapovjednika mora biti neprekidan, progresivan i sekvencijalan proces koji zapovjednike uči potrebnim vještinama, znanju i ponašanjem. Razvoj se zapovjednika konceptijski temelji na dvije fundamentalne premise. Vođenje se može podučavati i ljudi su u stanju naučiti te djelat-

nosti. Autori koji na vođenje gledaju kao na skup urođenih sposobnosti su u manjini. John Gardner, istaknuti znanstvenik, navodi: "Ideja kako su svi atributi vođe urođeni dokazano je pogriješna" (Gardner, 1990). Nema sumnje kako su stanovite značajke genetski određene, kao npr. razina energije. Međutim, većina sposobnosti koje omogućavaju iznimnom vođi-zapovjedniku da vodi druge mogu se i moraju naučiti.

Stoga je i za Hrvatsku vojsku iznimno važno utvrditi značajke njezinih ratnih zapovjednika. One su od neprocjenjive vrijednosti jer pokazuju koje to osobine zapovjednika u ratnim okolnostima hrvatski vojnik percipira kao bitne.

**pukovnik Josip TULIČIĆ  
brigadir mr. sci  
Damir GORŠETA**

## Značajke zapovjednika

U ovom radu pokazat ćemo značajke hrvatskih ratnih zapovjednika dobivene ispitivanjem skupine visokih časnika Hrvatske vojske na školovanju u Zapovjedno stožernoj školi. Jasno je kako je ovakvo ispitivanje teško provoditi na reprezentativnom uzorku. Međutim, činjenica kako su svi ispitanici bili i ratni zapovjednici ipak ukazuje na veliku vrijednost dobivenih rezultata.

Ispitivanje je provedeno tehnikom brainstorminga. Ispitanicima je postavljeno pitanje: Koje su to osobine koje su posjedovali zapovjednici Hrvatske vojske tijekom Domovinskog rata? Nakon provedene raščlambe i rangiranja odgovora ispitanika dobiven je sljedeći poredak značajki ratnih zapovjednika Hrvatske vojske:

1. Karakter
2. Karizma
3. Hrabrost
4. Sposobnost improviziranja
5. Sposobnost prilagodavanja
6. Kreativnost
7. Lukavost
8. Požrtvovanost
9. Emocionalna stabilnost
10. Želja za učenjem

Zapovjednici su profesionalci na koje su usmjereni svi članovi vojne organizacije. Njihove značajke i njihovo znanje utječu na ono što oni čine kako bi stvorili i vodili visoko učinkovite

organizacije. Kad govorimo o značajkama hrvatskih ratnih zapovjednika možemo ustvrditi kako su oni profilirani u "prirodnoj" selekciji surovog ratnog ozračja i svega što on sobom nosi.

Na samom početku Domovinskog rata, osim niza drugih teškoća, nedostatak zapovjednog kadra sa specifičnim vojnim znanjima bio je jedan od ključnih problema. Stoga je bilo bitno da zapovjednici budu *karakterne, hrabre i karizmatičke* osobe, koje su bile u stanju motivirati svoje ljude i uspješno ih voditi u najsloženijim i potpuno nepoznatim situacijama.

Karakter označava unutarnju snagu osobe i sveza je između vrijednosti i ponašanja. Karakteran čovjek čini ono što vjeruje kako je ispravno bez obzira na opasnost ili okolnosti. Jedan od ispitanika izjavljuje kako je upravo na svjesnom prihvaćanju osobne odgovornosti i spremnosti da se do kraja žrtvuje u ostvarivanju svojih zadaća za zajedničke, časne i najplemenitije domovinske ciljeve, proizašla potrebna odvažnost, unutarnja snaga i volja, a što je krasilo većinu zapovjednika, poglavito onih stasalih u Domovinskom ratu.

Interesantno je napomenuti kako i u jednoj od najpoznatijih vojnih akademija u svijetu, West Pointu, temeljna značajka koju nastoje razviti kod svojih kadeta je karakter. Jedan od voditelja West Pointa objasnio je jedinstvenost ove akademije riječima: "U svakoj od 500 američkih institucija navedenih u časopisu Fortune ljude poučavaju etici. U West Pointu ljude poučavaju karakteru."

Karakterni vođa je sintagma koju ova akademija rabi kako bi predočila tip vođe-zapovjednika kakav ona želi stvoriti od svojih kadeta. Karakterni vođa posjeduje sve kakvoće koje obično pripisujemo vodama - ambiciju, pouzdanje, hrabrost, inteligenciju, elokventnost,



**Na samom početku Domovinskog rata, osim niza poteškoća (nedostatak adekvatnih oružničkih sustava), nedostatak zapovjednog kadra sa specifičnim vojnim znanjima bio je jedan od ključnih problema. U tim trenucima bilo je bitno da zapovjednici budu karakterne, hrabre i karizmatičke osobe, koje su bile u stanju motivirati svoje ljude i uspješno ih voditi u najsloženijim i potpuno nepoznatim situacijama. U kasnijem razdoblju početna ograničenja su prevladana sustavom vojnog školstva od najniže razine sve do školovanja visokih časnika HV-a u Zapovjedno stožernoj školi**

odgovornost, kreativnost, humanost - i još jednu stvar koju, na žalost, ne zapažamo često među civilnim vodama: Karakterni vođa je potpuno vrijedan pouzdanja, čak i u izrazito stresnim okolnostima, i sa sigurnošću će staviti potrebe drugih iznad svojih potreba - ne samo u rijetkim prigodama, ili kad ga iznutra nešto na to potakne, ili kad je siguran u uspjeh - već u svakoj situaciji.

Prema rezultatima ispitivanja *karizma* je značajka koju je posjedovala većina naših ratnih zapovjednika bez obzira na razinu vodenja. To je i razumljivo jer je većina zapovjednika Hrvatske

vojske stasala u Domovinskom ratu, a to nisu mogli biti "obični" ljudi. U ispitivanju o poželjnim značajkama zapovjednika Hrvatske vojske u miru (Goršeta, Tuličić, 1996.) karizma je percipirana kao najpoželjnija značajka. Za ratnu situaciju to je bez sumnje točno. Ali, prema gledanjima nekih teoretičara, ne i za mirnodopsku.

Karizmatičke vođe inspiriraju sljedbenike u podređivanju vlastitih interesa dobrobitima organizacije. Oni su u stanju značajno utjecati na svoje sljedbenike. Što je to što razlikuje karizmatičke od nekarizmatičkih vođa? Prema dosadašnjim istraživanjima to su (Robbins, 1984):

- **Samopouzdanje.** Oni se potpuno pouzdaju u svoju prosudbu i svoje sposobnosti.
- **Vizija.** To je idealizirani cilj koji favorizira bolju budućnost od statusa quo.
- **Stroga uvjerenost u viziju.** Karizmatički su vođe voljni riskirati i žrtvovati se kako bi ostvarili svoju viziju.
- **Nesebično ponašanje.** Ponašanje karizmatičkih vođa obično se percipira kao novo, nekonvencionalno i suprotno ustaljenim normama.

• **Promicanje vrijednosti.** Karizmatičke vođe se percipira prije kao nositelji radikalnih promjena nego održavatelje postojećeg stanja.

Međutim, karizmatički vođe nisu uvijek poželjni. Oni mogu biti pogodni kad zadaće sljedbenika uključuju ideološku komponentu (Robbins, 1984). Ovaj stav objašnjava zašto se karizmatički vođe obično pojavljuju u politici, religiji, u ratno vrijeme, te kad pojedine organizacije uvode nove proizvode ili se suočavaju s ekstremnim problemima. Oni su najčešće posesivni, autokrati, te često smatraju kako je njihova



**Spremnost da se do kraja žrtvuje u ostvarivanju svojih zadaća za zajedničke, časne i najplemenitije domovinske ciljeve, proizašla potrebna odvažnost, unutarnja snaga i volja, značajka je koja je krasila većinu zapovjednika, poglavito onih stasalih tijekom Domovinskog rata**



**Karizmu je posjedovala većina naših ratnih zapovjednika bez obzira na razinu vođenja, što je i razumljivo jer je većina zapovjednika HV stasala u Domovinskom ratu**

vo mišljenje ispravnije od mišljenja njihovih sljedbenika. Ovakvo ponašanje odbija kvalitetne ljude i može dovesti do slabljenja organizacije.

*Hrabrost* dolazi u dva oblika. Fizička hrabrost je prevladavanje straha od tjelesnih povreda. Moralna hrabrost je prevladavanje straha od povreda različitih od tjelesnih dok se čini ono što se mora učiniti. Moralna hrabrost je isto toliko važna kao i fizička hrabrost. Ona se pokazuje kad se čvrsto brane vlastite vrijednosti, moralna načela i vlastita uvjerenja. Zapovjednici pokazuju moralnu hrabrost kad brane vlastite vrijednosti iako znaju kako to nije u njihovom interesu. Oni trebaju posebnu hrabrost kad podupiru nepopularne odluke i kada nedopuštaju drugima činiti krive stvari.

Hrvatski su zapovjednici bili poznati po hrabrom držanju tijekom bojnih djelovanja. Većina ih se ponašala po već poznatoj zapovijedi: zamnom! Međutim, ovakvo ponašanje zahtijeva dodatno objašnjenje. Ono podrazumijeva kako su zapovjednici uvijek bili na čelu svojih postrojbi tijekom bojnih djelovanja. Ovakvo ponašanje prihvatljivo je i poželjno za zapovjednike desetine, voda i eventualno satnije. Međutim, ono je nedopustivo za zapovjednike viših postrojbi. Situacija se na bojišnici mijenja iz trenu u tren. Ukoliko, recimo, zapovjednik brigade ode u napadaj na čelu jednog voda, tko je taj tko će zapovijedati brigadom? Tko je taj tko će odlučivati o angažiranju snaga u slučaju protunapadaja neprijatelja? Ili, što će se dogoditi ukoliko zapovjednik bude odsječen od glavnine snaga? Koliko gubi postrojba, a i vojska u cjelini ukoliko zapovjednik brigade

bude ranjen ili ubijen?

Ovim, naravno, ne mislimo kako se zapovjednik ne treba pojaviti na prvoj crti bojišta. On bi trebao biti tamo uvijek kad se bojna djelovanja ne odvijaju po planu. Vrlo je često na težištu obrane ili na glavnom smjeru napadaja kako bi osokolio svoje ljude. Ali gdje god bio on je u svezi sa svojim zapovjedništvom i on zapovijeda svekolikom postrojbom.

*Sposobnost prilagodbe, kreativnost, kao i sposobnost improviziranja* sljedeće su značajke koje su posjedovali zapovjednici Hrvatske vojske u Domovinskom ratu. Tijekom bojnih djelovanja pokazalo se kako je moguć veliki raskorak između teoretskog znanja i praktičnog djelovanja. Naime, u otežanim ratnim uvjetima izravne

opasnosti, te tvornih i ljudskih gubitaka, do izražaja su dolazili zapovjednici koji su usprkos takvim situacijama pronalazili rješenja, te uspijevali motivirati vojnike za provođenje postavljene im zadaće.

*Lukavstvo i požrtvornost* su iznimno motivirajuće značajke kojima su zapovjednici stjecali povjerenje svojih podređenih. Kad je riječ o lukavstvu jedan od ispitanika navodi primjer kad je u istočnoj Slavoniji sa svojom postrojbom obavljao nadzor na dijelu crte razdvajanja. Između njegovih vojnika i pobunjenih Srba često je dolazilo do pucnjave. U jednom takvom sukobu u kojem je bila upletena i tzv. JNA, od pripadnika Hrvatske vojske traženo je da se povuku i predaju položaje. U razgovoru sa zapovjednikom pobunjenih Srba, zapovjednik HV je rekao da on predvodi skupinu vojnika koja je nedavno došla sa specijalne izobrazbe iz Francuske, da se ukupan broj njegove postrojbe kreće

oko pet tisuća, te da je stoga zahtjev o povlačenju i predaji teritorija smiješan. Samo sat nakon ovog razgovora brzoglasom pripadnici pobunjenih Srba i tzv. JNA povukli su se u svoju bazu.

Drugi ispitanik potkrepljuje primjer za lukavstvo događajem koji se zbio prigodom izvlačenja dvojice ranjenika s položaja do sanitetskih kola. Za cijelo vrijeme izvlačenja preko motorole je vođen "otvoreni razgovor" i na taj način stvaran je dojam kako se sve to događa na sasvim drugoj koti, koju je neprijatelj zato pola sata držao pod topničkom paljbom.

Jedan od najvažnijih preduvjeta za uspješno zapovijedanje tijekom Domovinskog rata bila je *emocionalna stabilnost* zapovjedni-



**Sposobnost prilagodbe, kreativnost kao i sposobnost improviziranja - u izravnim uvjetima izravne opasnosti ili postavljene zadaće do izražaja su dolazili zapovjednici koji su usprkos takvim situacijama pronalazili rješenja, te uspijevali motivirati vojnike za provođenje postavljene im zadaće**

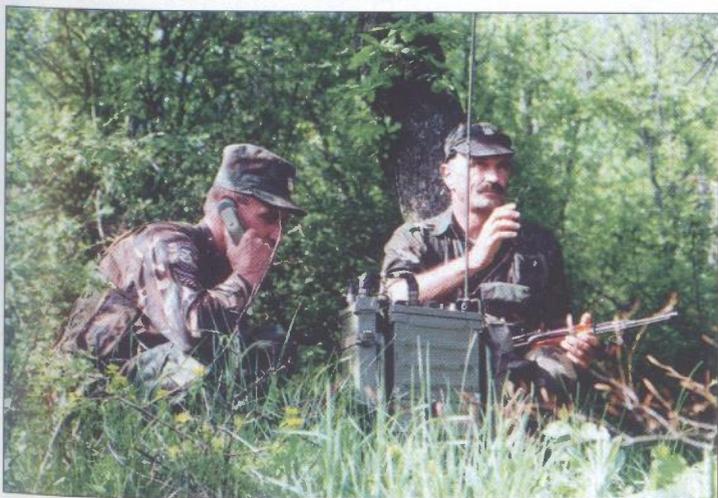
ka. Osim već navedenih značajki dobar zapovjednik mora biti emocionalno vrlo stabilan. Akumuliranjem emocionalno-voljnog iskustva u složenim uvjetima ratne zbilje, a ne u procesu izobrazbe kroz simulatore i umjetno stvorene situacije, hrvatski su zapovjednici izrastali u odlučne, hrabre, samostalne i čvrste osobe. Sposobnost upravljanja svojim ponašanjem, nadzor nad sobom kao i osobni utjecaj na podređene tijekom bojnog djelovanja bio je sve veći.

Zapovjednici su svakodnevnim učenjem proširivali svoja znanja i izoštravali svoje sposobnosti, te usavršavali vještinu zapovijedanja u složenim i opasnim situacijama. Oni su postali svjesni kako samo zapovjednik koji odlično poznaje organizaciju, oružje, taktiku i mogućnosti svojih i protivničkih postrojbi može s velikom vjerojatnošću predvidjeti tijek budućih događaja i sigurno zapovijedati postrojbom koja mu je povjerena.

"Tek kasnije" - govori jedan od zapovjednika - "vojnici su počeli cijeniti i vojno znanje kod zapovjednika. Postali su svjesni kako njihovi životi umnogome ovise o tome hoće li zapovjednik prosuditi situaciju pravilno, postaviti minobacače dalje ili bliže, da li će otporne točke odrediti na prednjem ili stražnjem nagibu, gdje će i kako postaviti minska polja i slično."

## Umjesto zaglavka

**Povijest ratovanja pokazuje kako svaki novi rat vođen samo na iskustvima**



*Tek kasnije vojnici su počeli cijeniti i vojno znanje kod zapovjednika postavši svjesni kako njihov život u mnogome ovisi o tome hoće li zapovjednik prosuditi pravilno situaciju, postaviti minobacače i druga oružja s obzirom na danu situaciju*



*Hrabrost se pojavljuje u dva oblika - fizička i moralna, pri čemu su bitne obje komponente kako bi se postavljena zadaća uspješno privela kraju*



*Akumuliranjem emocionalno-vojnog iskustva u složenim uvjetima ratne zbilje, a ne u procesu izobrazbe kroz simulatore i umjetno stvorene situacije, hrvatski su zapovjednici izrasli u odlučne, hrabre, samostalne i čvrste osobe*

### prethodnih ratova sigurno vodi u poraz.

Nove okolnosti i nove tehnologije dovode do promjena u načinu ratovanja. Ali, ako se način ratovanja i mijenja brzo, postoji nešto što se ne mijenja ili se mijenja vrlo sporo. To su ljudske značajke. Važnost pojedinih ljudskih značajki ne mijenja se stoljećima. Otuda proizlazi i vrijednost utvrđivanja značajki hrvatskih ratnih zapovjednika. Ona je dvojaka:

- Prvo, na taj način saznajemo koje značajke mora posjedovati hrvatski zapovjednik u ratu kako bi uspješno vodio svoju postroju.

- Drugo, kroz obrazovni sustav takve je značajke, osim genetski određenih, moguće kod časnika razvijati.

Svjesni smo kako rezultati ovog rada, osim ostalog i zbog nereprezentativnosti ispitivanog uzorka, nemaju univerzalnu vrijednost. To je tek neznatan iskorak u istraživanju ljudskog čimbenika u Domovinskom ratu. Ovakva istraživanja je potrebno nastaviti kako nam dragocjena vlastita iskustva ne bi potonula u zaborav, ili kako pod utjecajem vremenske udaljenosti ne bismo izgubili na objektivnosti. Nadalje, vojne vođe za razliku od većine drugih profesija nisu u miru više na "svojem terenu" te se za istraživanja moraju stvarati umjetni uvjeti. Zbog toga je istraživanje na uzorku s izravnim ratnim iskustvom iznimno važno i vrijedno.

#### Literatura

1. Gardner, W., John, On Leadership, The Free Press, New York, 1990.
2. Robbins, P., Stephen, Management, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1984.
3. Vermillion, John, The Main Pillars of Generalship: A Different View, USA Command and General Staff College, Ft. Leavenworth, KS, 1986.

4. Goršeta, D., Tuličić, J., Svojstva zapovjednika Hrvatske vojske. Hrvatski vojnik br. 14, Zagreb, 1996.

5. Wavell, Archibald, Generals and Generalship, In Art of War Colloquium Text, US Army War College, PA, 1983.

6. Filošević, Marijan, Značajke suvremenih zapovjednika, HVU Petar Zrinski, Zagreb, 1996.

7. FM 22-100 (Military Leadership) Department of the Army, Washington, D.C., 1990.

HZ



# TANK SNAJPER 125 mm M-84A4

## Preciznost nove protežnosti

MORH je postavilo proizvođaču kratak i jasan zahtjev: Poboljšani tank M-84 mora biti precizan i spreman borbeno djelovati na svakom hrvatskom odredištu u svako doba godine. Nakon što su provedena ispitivanja tanka M-84A4 usredotočena na vjerojatnost pogađanja ciljeva s novim SUP-om OMEGA, dobivena je preciznost nove protežnosti, razine tanka snajpera u pokretu, što poboljšava paljbenu moć tanka

**Dinko MIKULIĆ**

**O** zahtjevima. Postavljeni zahtjevi bili su složeniji nego što se to na prvi pogled činilo. Tank visoke preciznosti i spremnosti uporabe, morao je svladati ispresijecano zemljište, slabonosivo tlo, velike uspone, nagibe, rovove, vodenu zapreku, i napokon, biti sposoban za uporabu u najtežim vremenskim uvjetima. Uz sve to, stajao

je preduvjet pouzdanosti, proizvodnje u dovoljnim količinama, i logističkog osiguranja. Proizvođač specijalnih vozila udovoljio je zahtjevima, tankovska inačica M-84A4 daje veću vjerojatnost pogađanja ciljeva, osobito kod otvaranja paljbe na ciljeve oko 2000 m.

Na temelju raščlambe iskustava iz Domovinskog rata 1991.-1995., te upozoravajućeg iskustva prethodnih ratova, posebice iz

izraelsko-egipatsko-sirijskog rata godine 1973., osobitu važnost se predaje razvoju sustava preciznosti pogađanja cilja, učinka projektila na cilju i brzini gađanja iz tankovskog topa. Za tu svrhu u tankove se ugrađuju sustavi za upravljanje paljbom, koji omogućava visoku vjerojatnost pogađanja cilja iz pokreta, zastanka, i iz mjesta. Dobro izučena posada tanka treba ostvariti precizan pogodak u točkasti cilj tipa tanka,

*Najteža zadaća tanka M-84A4 je uništavanje neprijateljskih tankova. Taj kriterij zadaća je temeljni, jer će tankovi koji su sposobni brzo uništavati neprijateljske tankove, biti učinkoviti i kod obavljanja drugih zadaća*



prvim ispaljenim projektilom na 2000 metara. Skupno gađanje površinskog cilja tankovi ostvaruju izravnim gađanjem na daljinama 4000-6000 metara. Posrednim gađanjem tankovi sudjeluju u paljbenoj pripremi i potpori napadaja.

Oklopne postrojbe nisu samo tankovi, ali oslonac svega čine suvremeni tankovi, zatim oklopni transporter i druga oklopna vozila. Budući da se jednim tipom oklopnog borbenog vozila ne mogu obavljati složene borbene

prijetnje niže tehnološki složenih sustava POB, jer taktika uporabe tanka paljbeno, oklopna zaštita, i pokretljivost tanka, prate razvoj kontraoružja.

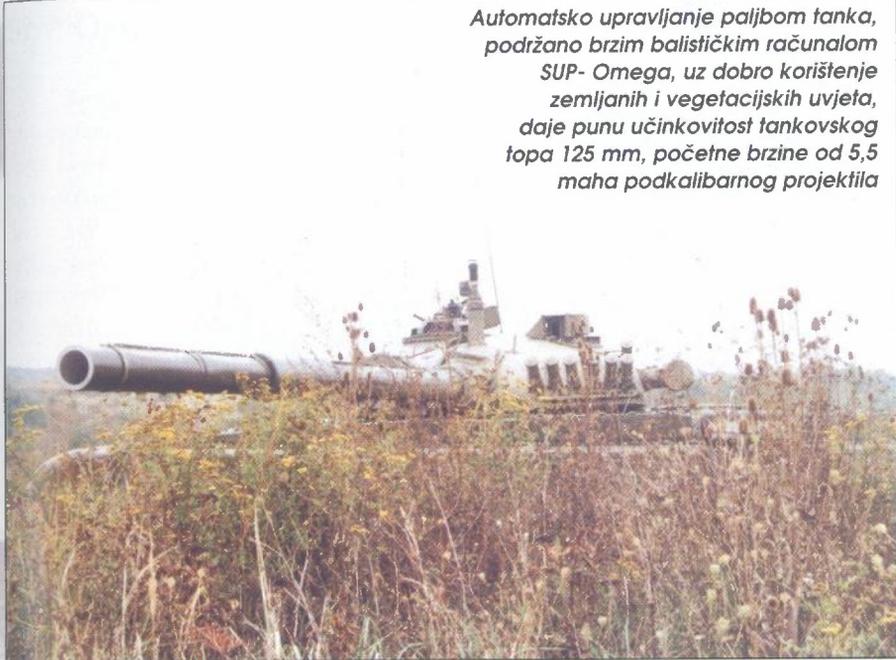
## O preciznosti tanka

Temeljni način otvaranja paljbe tanka je iz kretanja. Zna se, da je pritom manja preciznost pogodaka u odnosu gađanja iz stanja mirovanja. To je posljedica gibanja tanka i neprekidne

rotacijska gibanja tanka imaju najveći utjecaj na rasipanje projektila i vjerojatnost pogađanja: uzdužno njihanje oko osi Y s kutnom brzinom  $\omega_y$ , dovodi do rasipanja projektila od točke ciljanja po visini i daljini, vodoravno njihanje oko osi Z s kutnom brzinom  $\omega_z$ , izaziva bočna rasipanja projektila po smjeru, poprečno njihanje oko osi X s kutnom brzinom  $\omega_x$ , dovodi do naginjanja osi ramena cijevi i taj utjecaj na učinak gađanja je važan pri većim kutovima nagiba tanka, jer utječe na rasipanje projektila od točke ciljanja po visini i smjeru.

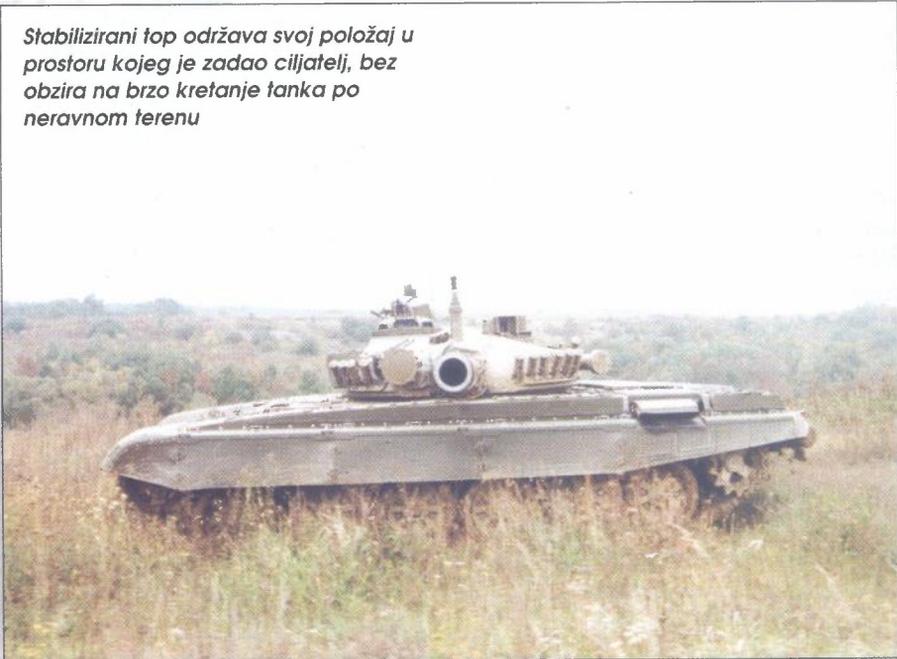
Sve su to razlozi osiguranja specijalnih automatskih uređaja za upravljanje i stabilizaciju topa i kupole te ciljničkog uređaja. Troosni brzinski žiroskopi, ugrađeni na top, omogućavaju stabilizaciju ciljničkog uređaja i topa u odnosu na kretanje po terenu. Signali senzora bočnog nagiba i bočnog brzinskog žiroskopa (utjecaj nagiba oko osi X) omogućavaju balističkom računalu izračunavanje transformacijskih koordinata za top i ciljničku napravu, iz ravnog u kosi sustav. Crta ciljanja je stabilizirana i neovisna, dok top zauzima dodatni stabilizirani položaj u prostoru koji je određen elementima balističkog izračunavanja za dane uvjete. Dopuštenje za opaljenje topa i spregnute strojnice daje također računalo, uvjetovano tzv. prozorom paljbe, koji ovisi od daljine cilja, a definira veličine pozicijskih pogrešaka topa. Top se nakon opaljenja automatski vraća u položaj za

**Automatsko upravljanje paljbom tanka, podržano brzim balističkim računalom SUP-Omega, uz dobro korištenje zemljanih i vegetacijskih uvjeta, daje punu učinkovitost tankovskog topa 125 mm, početne brzine od 5,5 maha podkalibarnog projektila**



zadaće primjerice, izvidanja, borbenog osiguranja i vođenja borbe, vojska mora imati namjenska borbena vozila, osobito iz obitelji baznog tanka, koji pruža dobru oklopnu zaštitu i pokretljivost. Također, mora se znati vjerojatnost kojom će tank obavljati namjensku zadaću. Za postizanje najveće učinkovitosti tanka, treba znati iskoristiti zemljane uvjete, kao što su ključna područja, motrenje, sektori gađanja, prepreke, zakloni, maskiranje i prilazni smjerovi. Za teže prohodno zemljište i za urbano područje djelovanja moraju biti detaljnije isplanirana, kako bi se umanjio njihov utjecaj na sredstvo i postrojbe. Često naglašavani podatci o impresivnim mogućnostima probijanja oklopa sa suvremenim protuoklopnom vođenim raketama (POVR), gledaju se isključivo statički i izolirano, bez činjenice da oklopna sredstva nisu adekvatno uporabljena, kao da se zaboravljaju poznata načela o uporabi tankova u realnim uvjetima. Tankovi se u pravilu ne koriste izvan združenih sastava, već s pješastvom, opkoparijom, topništvom i zrakoplovstvom. Suvremeni tankovi se prepoznaju po kakvoći paljbene moći na realnim daljinama uporabe. Današnji uvjeti za motrenje i gađanje iz tanka su poboljšani uvođenjem pasivnih IC uređaja i termovizije. Razvoj tankova je u njihovom stalnom usavršavanju, prema tome u određenim vremenskim intervalima uvode se u naoružanje tankovi boljih taktičko-tehničkih performansi, koji nadmašuju

**Stabilizirani top održava svoj položaj u prostoru kojeg je zadao ciljatelj, bez obzira na brzo kretanje tanka po neravnom terenu**



promjene koordinata cilja, zatim ostalih tehničkih čimbenika. Osim toga, pogoršavaju se uvjeti rada posade što dovodi do povećanja pogrešaka pri navođenju. U tijeku kretanja tank je istodobno podvrgnut translacijskim i rotacijskim gibanjima u sve tri ravnine X, Y, i Z. Translacijska gibanja tanka, u smjeru osi X, Y, Z, zbog malih brzina translacije tanka  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ , u odnosu na početnu brzinu projektila  $V_0$ , nemaju bitan utjecaj na pogađanje cilja. Međutim,

punjenje, a zrcalo naprave ostaje usmjereno na cilj. Ukoliko se nastavlja držati stisnute ručice upravljanja, gumba popune i opaljenja, može se na isti cilj otvoriti paljba (osam projektila u minuti/primjerice, razbijanje teških betonskih utvrda). Ugradnjom suvremenih stabilizatora uvjeti gađanja tanka iz kretanja približavaju se uvjetima gađanja iz stajanja. Načelo rada stabilizatora sastoji se u neprekidnom mjerenju kuta odstupanja i njegovoj pretvorbi u snažni uprav-

*Pokretljivost tanka mjerena specifičnom snagom 20 KS/t, maksimalne brzine 70 km/h, omogućava brzi prijenos snažnog oružja i njegovu pokretnu zaštitu*



ljački signal koji preko izvršnog uređaja djeluje na objekt stabilizacije. To čini temelj automatizacije upravljanja tankovskom paljbom, i prema tome je relevantan čimbenik konstrukcije modernih tankova, i sličnog oružja. Ključne cjeline SUP-a su elementi za stabilizaciju i navođenje topa i kupole, ciljničke naprave. Veća točnost sustava povećava i broj pogodaka tanka u cilj, a prema tome je važan čimbenik za ocjenu borbenih osobina tanka.

Praktički, preciznost topa se ocjenjuje na temelju skretanja srednje putanje projektila od središta cilja, a točnost na temelju skretanja pojedinih projektila od srednje putanje. Paljbena moć tanka ovisi o vjerojatnosti pogađanja cilja, učinka projektila na cilju i brzine reagiranja paljbenog sustava. Na preciznost gađanja tanka, važan utjecaj, također ima vrijeme kašnjenja (tzv. vrijeme okidanja), koje se definira kao vrijeme od trenutka primitka zapovijedi za gađanje do trenutka izlaska projektila iz cijevi topa. Vrijeme kašnjenja obuhvaća: vrijeme kašnjenja ciljatelja, vrijeme rada mehanizma za opaljenje, vrijeme rada udarnog mehanizma, vrijeme od početka paljenja baruta do trenutka pokretanja projektila, vrijeme kretanja projektila u cijevi topa. Budući da se u tijeku vremena kašnjenja ne odvija navođenje cijevi topa na cilj, a kretanje tanka i njihanje cijevi nastavlja, zbog toga projektil ne napušta cijev topa sa zadanim koordinatama, već s otklonima po visi-

ni i po smjeru. Otkloni su manji što je manje vrijeme kašnjenja i što su manje kutne brzine njihanja u vodoravnoj i vertikalnoj ravnini. Uzimajući u obzir sve čimbenike, početnu brzinu, udaljenost cilja, bočni nagib, brzina cilja, pretjecanje po smjeru i visini, vrst streljiva, podatke meteosenzora (tlak zraka, temperatura zraka, temperatura streljiva, brzina vjetera), i drugo, neophodna je ugradnja balističkog računala koji određuje automatsko zauzimanje položaja topa u prostoru i dopušta otvaranje paljbe prema odabranom cilju, precizno i za kratko vrijeme.

### **Relevantne značajke tanka M-84A4**

U tanku M-84A4 ujedinjene su tri ključne značajke: paljbena moć, pokretljivost i oklopna zaštita. Tank je namijenjen za borbu protiv neprijateljske žive sile i borbenih sredstava. Opremljen je modelom topa 2A46 kalibra 125 mm s automatskim punjačem (borbeni komplet 42 metka, tri vrste streljiva/22 u automatu), suosno spregnutom strojnicom 7,62 mm, i PZO strojnicom 12,7 mm, lanserima za stvaranje dimne zavjese BDK-82 mm. Oklop tanka štiti posadu sa svih strana od strojničke paljbe, bombi, topničkih projektila, i djelovanja NBK sredstava. Na frontalnim mjestima tanka, na prednjem dijelu podvozja i kupole, oklop je

ojačan i pruža zaštitu od svih vrsta streljiva topa vlastitog kalibra. Pokretljivost tanka mjerena specifičnom snagom iznosi oko 20 KS/t, maksimalne brzine 70 km/h. S tankom rukuje posada od tri člana, zapovjednik, ciljatelj i vozač. Tank je kao cjelina oružje. Najtežom zadaćom tankovske posade, odnosno tankova smatra se uništavanje neprijateljskih tankova. Taj kriterij je temeljni, jer će tankovi, koji su sposobni da brzo uništavaju neprijateljske tankove, biti učinkoviti i kod izvršavanja drugih zadaća. Dakle, konstrukcija tankova se ocjenjuje na temelju pokazatelja vjerojatnosti pogađanja pokretnih ciljeva, a time i njihova uništenja. Jamstvo uništenja ciljeva određuju najčešće tri vrste streljiva: potkalibarno PK, kumulativno KM, i trenutno-fugasno TF. Ispaljeni potkalibarni PK projektil ima veliku početnu brzinu, oko **5,5 maha**, što znatno utječe na preciznost pogađanja cilja i učinak na cilju. Zbog toga je vjerojatnost uništenja cilja bliska vjerojatnosti pogađanja.

Glatkocijevni top kalibra 125 mm, ispaljuje tri vrste streljiva. Potkalibarno streljivo PK (APFS-DS) mase 19,7/panciranog projektila 3,9 kg, početne brzine 1785 m/s, izravno računalski podržanog gađanja 200-4000 m, definira protuoklopnu borbu na veće udaljenosti. Za bližu i preciznu protuoklopnu borbu pogodno je kumulativno streljivo, mase 29/19 kg, početne brzine 905 m/s, probojne moći od pet kalibara (min). Za uništavanje utvrđenih objekata, različitih bojnih

vozila i žive sile, na raspolaganju je eksplozivno razarajuće streljivo TF (HE), mase 33/23 kg, početne brzine 850 m/s, računalski podržanog gađanja do 6000 m. Za realne uvjete uporabe na ravničarskim i brdovitim terenima, otklona topovske cijevi, azimuta 360 stupnjeva i elevacije: - 6 stupnjeva/+ 14 stupnjeva, bočnog nagiba  $\pm 15$  stupnjeva, važno je bilo ispitati preciznost ispaljenja projektila s novim SUP-om, iz zastoja i iz kretanja, te prosječno vrijeme uništenja cilja (manje od 10 sek).

## SUP Omega-84

Omega, sustav za upravljanje paljbom tankovskog topa osigurava postavljanje cijevi topa za minimalno vrijeme u položaj najveće vjerojatnosti pogotka cilja prvim projektilom. Tu zadaću ostvaruje stabilizacijom crte ciljanja, mjerenjem svih meteobalističkih parametara, brzim računanjem elemenata zauzimanja položaja topa i njegovim brzim postavljanjem u bojni položaj, respektirajući sve vanjske poremećaje kretanja tanka. Režimi rada su:

**pripremni/kontrola crte ciljanja**, ručno upravljanje topom i kupolom; **stabilizacija/gađanje** iz mjesta i pokreta. Glavni dijelovi SUP-a Omega su: stabilizirana ciljnička naprava SCS-84, servoelektronički blok, senzori elevacije, smjera, nagiba, meteosenzor, digitalno balističko računalo DBR-84, upravljačke ploče zapovjednika i ciljatelja, žiroblok, ...

## Stabilizirana ciljnička naprava, SCS-84

Stabilizirana dnevno - noćna ciljnička naprava SCS-84 je integrirani optičko - elektronički sustav s tri kanala. **Tri usporedna optička kanala: dnevni kanal (desni monokular), noćni kanal (lijevi monokular) i laserski kanal (predajni i prijamni)**, omogućavaju ciljatelju motrenje, pronalaženje i identifikaciju cilja, praćenje cilja, mjerenje njegove udaljenosti i brzine, bilo danju i noću, iz zastoja i iz pokreta. Za dnevnu identifikaciju cilja služi uvećanje 10x, izravnog gađanja do 6000 metara. U uvjetima noći koristi se noćni kanal, s pasivnim pojačalom slike II. (ili III.) generacije, uvećanja 7,5x. Laserski daljinometar tipa Nd:YAG ima

opseg mjerenja do 10.000 metara, točnosti  $\pm 7,5$  m. Ciljatelj brzo identificira cilj tipa bojnog vozila, uz zavidan kontrast između cilja tipa vozila i pozadine, čak i kad se radi na srazmjerno najvećim udaljenostima.

## Računalski podsustav

Računalski podsustav u širem smislu obuhvaća: **digitalno balističko računalo DBR-84**, upravljačku ploču, meteosenzor, dio elektronike u ciljničkoj napravi i kutiji pojačala, te ploču zapovjednika. Lijevo od sjedala ciljatelja nalazi se upravljačka ploča računala, a balističko računalo iza sjedala ciljatelja. Ovisno od izbora mod rada na ploči računala, omogućeno je automatsko ili ručno unošenje podataka u računalo. Temeljni mod rada je automatski. Algoritmi rada omogućavaju najbrže i točno izračunavanje korigiranog tabličnog kuta, pretjecanja, "prozora paljbe", transformaciju koordinata iz vodoravne u kosu ravninu, i dijagnostičke programe kontrole. Računalo i nakon isključenja

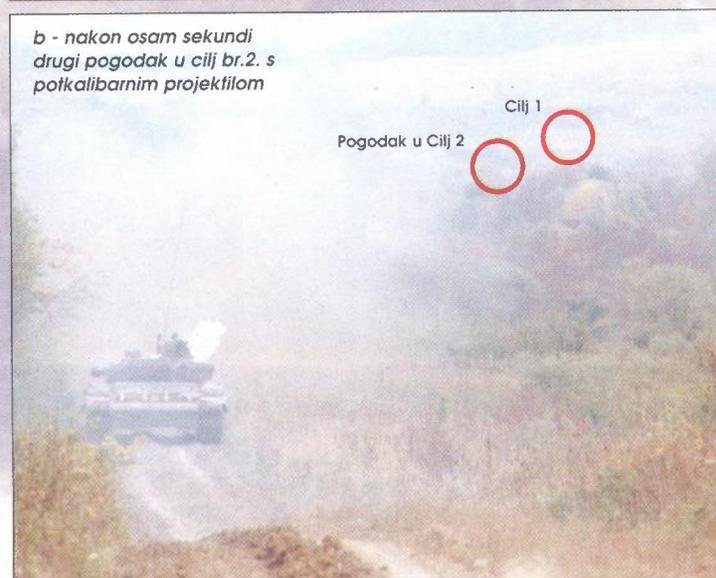
napajanja čuva posljednje unesene podatke. Daljina izračunavanja iznosi, za potkalibarni projektil, PK 4000 m; kumulativni projektil, KM 4000 m; razorni/trenutno-fugasni projektil, TF 6000 m; suosna strojica 7,62 mm do 15

00 m. Meteosenzor nalazi se na vanjskom prednjem dijelu kupole. Sastoji se od osjetila za bočni vjetar, osjetila tlaka zraka i osjetila temperature zraka. **Žiroblok** je učvršćen za donju ploču topa, sadrži tri brzinska žiroskopa. Senzor nagiba (tilt senzor) je bočno od topa na zidu kupole.

**Upravljački blok ciljatelja** nalazi se ispod ciljničke naprave. Postavljanjem glavnog prekidača u položaj "ELEKTRONIKA", sustav se dovodi u pripremni režim, koji pruža upravljanje ciljničkom napravom ali ne izvršnim mehanizmima. U položaju "SISTEM" omogućeno je upravljanje topom po azimutu i elevaciji u punoj stabilizaciji. Mjerenje daljine izvodi se pritiskom na gumb "LASER". Praćenje cilja obavlja se zakretom ručice za elevaciju i za azimut. Signali s upravljačkog bloka su srazmjerni kretanju "tank-

cilj" i na bazi toga se računa pretjecanje, koje će sustav odraditi. Ciljatelj prati cilj samo toliko koliko to traže parametri hvatanja cilja, tj. dok se ne osigura dotok preciznih podataka računalo, npr. pri kretanju cilja, manje od dvije sekunde. U procesu praćenja cilja, korigirani tablični kut i kutovi pretjecanja se kontinuirano izračunavaju i uvode u podsustave za upravljanje topom i ciljničkom napravom, tako da crta ciljanja ostaje neovisna od poremećaja. Gumb za aktiviranje strujnih kola okidanja topa nalazi se na ručici, pod desnim kažiprstom. Pod lijevim kažiprstom nalazi se gumb za električno okidanje strojnice 7,62 mm.

Pri kretanju tanka po neravnom terenu stabilizirani top održava svoj položaj u prostoru kojeg je zadao ciljatelj, bez obzira na sva pomicanja tanka. Zakretanjem svoje kupolice zapovjednik tanka motri teren, prepoznaje cilj i pritišće gumb za akviziciju cilja. Kupola se zakreće sve dok se ne usuglase crta ciljanja po azimutu i pozicija kupolice. Akvizicija cilja može se koristiti za vrijeme punjenja topa s automatom punjenja. Iako nije aktivna u sustavu SUP-a, dnevno-noćna **zapovjednička sprava DNZS-2** omogućava zapovjedniku prioritet i nadzor upravljanja, ima noćni kanal s pojačalom slike II. generacije.



Za realne uvjete uporabe i otvaranja paljbe iz kretanja na nizbrdici, vrijeme uništenja dva cilja tipa tank s kumulativnim i s potkalibarnim projektilom iznosi osam sekundi, što govori o preciznosti i djelotvornosti tanka M-84A4

*S tankom M-84A4 upravlja izučena posada od tri člana, zapovjednik, ciljatelj i vozač, od kojih ovise tankovske značajke: paljbena moć, pokretljivost i zaštita*



Topnik - ciljatelj preuzima zapovjedi, prati cilj i mjeri njegovu daljinu pomoću lasera **ciljničke naprave SCS-84**. Daljina cilja prikazuje se na optici ciljničke naprave i uvodi u računalo. Digitalno **balističko računalo DBR-84** obrađuje ulazne podatke (daljinu cilja, meteo-balističke podatke, upravljačke signale-pozicijske pogreške, početnu brzinu, podatak o srednjem pogotku, vrst projektila, i signale sa žirobloka i tilta) i na temelju toga izračunava balističke elemente za upravljanje topom i postavljanje dopuštanja okidanja. Okidanje će biti omogućeno tek kada izmjereni položaj topa u prostoru bude dovoljno blizu položaja koje je definiralo računalo u odnosu na crtu ciljanja, što znači da proces okidanja inicira ciljatelj a provodi računalo ("prozor paljbe", čija se širina skraćuje s povećanjem izmjerene daljine do cilja).

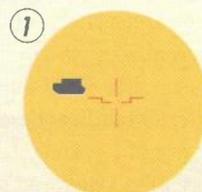
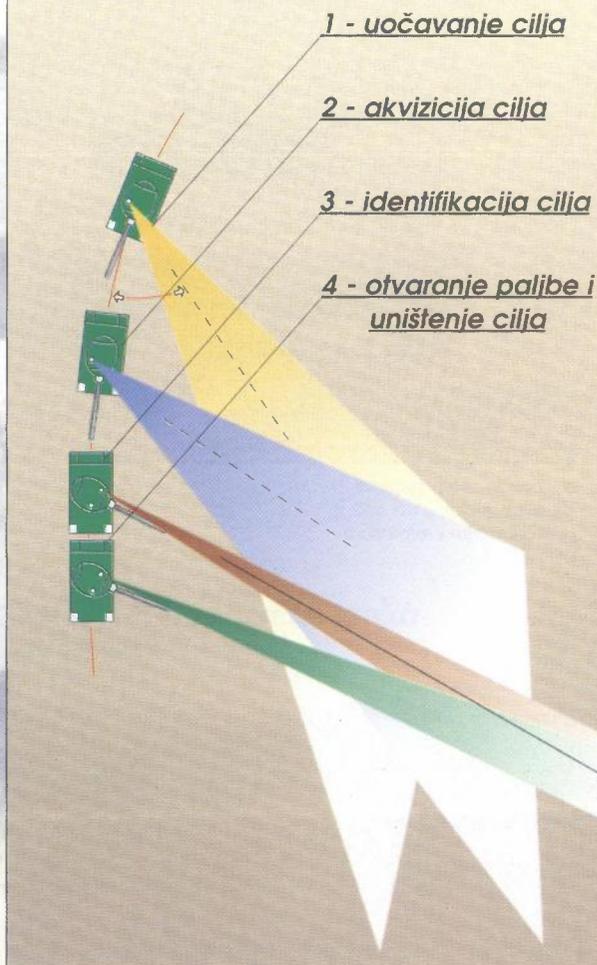
## Značajke djelotvornosti

Izravno gađanje tanka iz mjesta i iz pokreta na nepokretni cilj na daljinama oko 2000 metara, daje vjerojatnost pogađanja cilja 100 posto, kako s potkalibarnim (PK/APFSDS) tako i s razornim projektilom (TF/HE), te nešto manje s kumulativnim projektilom (KM/HEAT). U uvjetima otvaranja paljbe iz kretanja na pokretni cilj tipa tanka, vjerojatnost pogađanja iznosi oko 75 posto. Prema tome, temeljna vjerojatnost pogađanja cilja prvim projektilom pokazuje visoku djelotvornost tanka M-84A4.

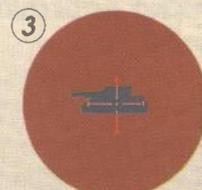
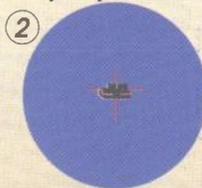
## Zaglavak

Temeljni problem retrofita SUP-a je riješen. Fizička istaknutost dijelova naprave i senzora na kupoli tanka je vrlo mala i niskog obrisa u odnosu na poznata svjetska rješenja, što onemogućava njihovo uništavanje snajperskom ili topničkom paljbom. Superstruktura SUP-a

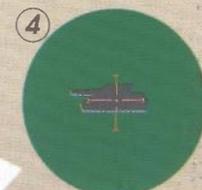
## Slijed borbene uporabe tanka M-84A4:



**Končanica zapovjednika**



**Končanica ciljatelja - dnevni kanal**



jekta tanka M-84A4, kao integralnog dijela obitelji tankova M-84, zadržava sva važna svojstva temeljnog tanka, i pruža dodatne taktičke prednosti:

- uništenje oklopnog cilja prvim pogotkom, iz zastanka, i iz kretanja,
- brzo slamanje oštrice prodora neprijateljskih snaga, kod izravne potpore pješastvu u borbi na tankoprolaznom zemljištu,
- izvođenje iznenađenja pri izboru smjera udara i forsiranja,
- obavljanje zadaća u zasjedi, bočnom osiguranju, i drugo.

Točkastim pogađanjem ciljeva tipa tank iz kretanja, što se smatra najtežom zadaćom tankova, s najvećom vjerojatnošću pogađanja, tank M-84A4 je pokazao svoje sposobnosti. Kratko vrijeme reakcije sustava upravljanja paljbom, povećava njegovu učinkovitost. Podignuta razina paljbene moći na ključnom borbenom sustavu, rezultiraju usavršavanjem bojne tehnike. Iskustva u inte-

Omega, brze i lagane uporabe, vrlo male optičko - elektroničke mase i obujma koji zauzima unutar kupole, modularnog suvremenog koncepta, omogućava dogradnju komponenti sustava za daljnji tehnološki iskorak. Ostvaranje pro-

graciji složenih projekata po načelu "Know-How", koje ima hrvatska vojna industrija, učinile su taj projekt djelotvornim, što govori o važnosti koja se poklanja suvremenoj vojnoj tehnici.





**JACQUARD**

**ZAGREB, Samoborska 256**  
**Tel. 01/162-510,**  
**162-511,**  
**162-512**  
**Fax. 01/155-440**



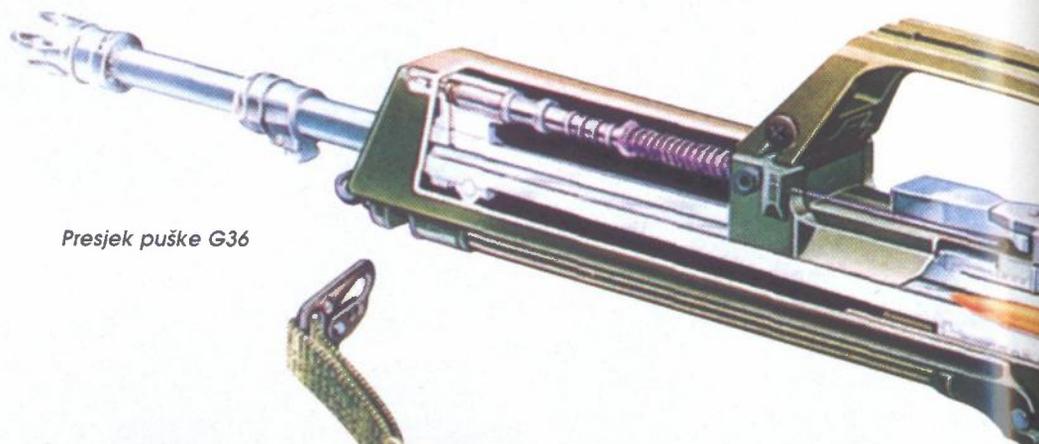
- TKANE  
ETIKETE,  
ZASTAVICE,  
UKRASNE  
VRPCE,  
AMBLEMI

- IZRADA  
POZAMENTERIJSKIH  
PROIZVODA

- KOMPJUTRSKA  
IZRADA PROGRAMA

# NOVA NJEMAČKA JURIŠNA PUŠKA

Podatci o razvoju nove automatske puške u kalibru 5,56 mm za potrebe njemačke vojske dugo su vremena bili obavijeni velom tajne. I ono malo informacija što je procurilo u javnost samo je još više privlačilo pozornost javnosti. Proizvođač puške, tvrtka Heckler & Koch napokon je prije nekoliko mjeseci iznio rezultate svojeg rada te dopustio da se objave detaljnije fotografije. Tada je objavljeno da je službena oznaka puške G36 (G od njem. Gewehr - puška) te da ju je proizvođač razvijao pod internim nazivom HK50



Presjek puške G36

**H**eckler & Koch je jedan od najpoznatijih proizvođača streljačkog oružja u svijetu. Njegova poluautomatska puška G3 u kalibru 7,62 x 51 mm još se uvijek nalazi u naoružanju velikog broja zemalja (nekoliko zemalja je čak i same proizvode), a kratke strojnice poput MP5 u kalibru 9 mm Para u naoružanju su mnogih specijalnih postrojbi. Tijekom Domovinskog rata oružje s oznakom HK često se moglo vidjeti i u pripadnika naših snaga.

Poznato je također da tvrtka HK ima za sobom neuspjao projekt razvoja puške G11 koja je umjesto klasičnog metka trebala koristiti metak bez čahure. Čitav je projekt stajao fantastičnih 80 milijuna DEM, a gubitke su najbolnije osjetili radnici tvrke čiji se broj s prvotnih 2000 (koliko je radilo tijekom proizvodnje puške G3) smanjio na sadašnjih 900.

Tijekom izbora za novu pušku njemačke vojske najveći konkurent puški G36 bila je austrijska automatska puška 5,56 mm AUG također poznatog proizvođača Steyr koji je u ovaj posao želio ući zajedno s drugim njemačkim proizvođačem

također svjetski poznatom tvrkom Mauser. Naime, da bi umanjio prednost koju daje mogućnost da se proizvodnja obavlja na "domaćem" terenu (što znači angažiranjem vlastitih kapaciteta) Steyr je nudio da se dijelovi njegove puške AUG proizvode i sklapaju u Mauseru, a da druga njemačka tvrtka "Leitz Wetzlar" izrađuje optički ciljnik. Stoga ne čude glasine da je konačna odluka o izboru puške G36 bila više politički nego tehnički orijentirana budući da je u trenutku izbora austrijska puška već bila svjetski priznata (nalazi

**Mirko KUKOLJ**

se u naoružanju desetak zemalja, a licencno se proizvodi u Australiji i Maleziji) dok je puška G36 tada egzistirala tek u prototipskom obliku. Činjenica je također da je Heckler & Koch od godine 1991. dio engleske tvrtke Royal Ordnance, što znači da je vjerojatno sam snosio troškove razvoja. Bilo kako bilo, s njemačkim Ministarstvom obrane sklopljen je ugovor o isporuci 33.000 pušaka G36 za potrebe snaga za brze intervencije uz mogućnost isporuke dodatnih 17.000 komada. Isporučka ovih pušaka trebala bi završiti do kraja godine 1988. Nakon opremanja ovih postrojbi (što je u stvari njemački kontingent za ARRC/UN operacije) i ostali dijelovi njemačkih oružanih snaga trebali bi biti opremljeni ovim puškama.

## Zahtjevi

U rujnu 1993. postavljeni su precizni taktičko-tehnički zahtjevi za pušku G36. Jedan od najvažnijih je svakako izbor kalibra. Nije

### AUTOMATSKA PUŠKA 5,56 mm G36 - Taktičko-tehničke značajke

• Kalibar:	5,56x45 (.223 Remington)
• Ukupna dužina puške:	1000/758 mm
• Dužina cijevi:	480 mm
• Broj žljebova cijevi:	6
• Korak uvijanja:	178 mm
• Masa puške bez spremnika:	3,36 kg
• Masa praznog spremnika:	0,48 kg
• Teorijska brzina gađanja:	750 met/min
• Početna brzina zrna:	920 m/s

slučajno da je odabran kalibar 5,56 mm budući da je to standardni kalibar NATO saveza i teško je vjerovati da bi članice saveza prihvatile bilo koje drugo rješenje. Neki od onih koji duže prate događaje na ovom području sa smiješkom se prisjećaju da je svojedobno Njemačka odbila potpisati dokument kojim je metak 5,56 x 45 mm sa zrnom SS109 proglašen standardnim metkom NATO saveza smatrajući da taj metak nema značajnijih prednosti u odnosu na dotadašnji metak 7,62 x 51 mm. Razvoj je također pokazao da je konstrukcijske zahtjeve bilo moguće zadovoljiti jedino uz maksimalnu primjenu novih tvoriva i suvremenih tehnologija proizvodnje. Stoga ne čudi činjenica vidljiva već na prvi pogled da je velik broj dijelova puške G36 izrađen od plastičnog tvoriva, a ne od lima ili čelika.





*Pogled na lijevu stranu temeljne inačice puške G36. Ugrađen je samo optički ciljnik bez kolimatora*

## Konstrukcija

Ukupna dužina puške s ispravljenim kundakom iznosi 1000 mm, dok se njegovim preklapanjem dužina puške smanjuje na 758 mm. Cijev je dugačka 480 mm. Unutarnost cijevi je kromirana što olakšava njezino održavanje i znatno produžava njezin životni vijek odnosno vrijeme koje protekne do trenutka kad cijev više ne može zadovoljiti najvažnije balističke parametre. Na vrhu cijevi smješten je skrivač plamena koji ujedno služi i kao tromblon za izbacivanje tromblonskih mina. Ispod cijevi smješten je nosač bajuneta. Treba

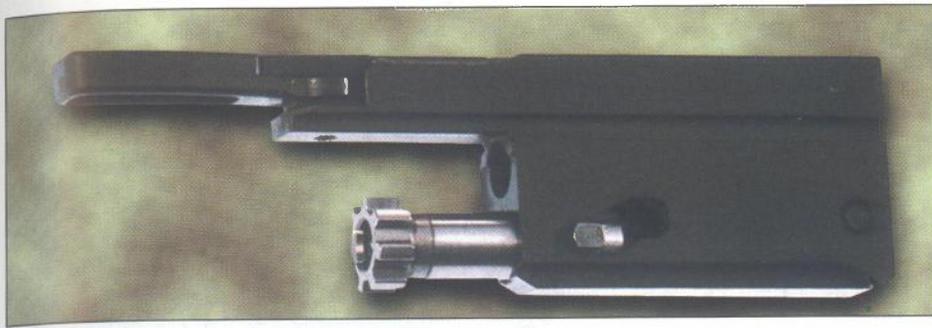
*Izgled puške s preklapljenim kundakom. Zanimljivo je da se čahure izbacuju kroz otvor na kundaku što nije bio slučaj kod dosadašnjih pušaka*



napomenuti da je G36 prva jurišna puška u njemačkoj vojsci koja ima takvu mogućnost. Da stvar bude zanimljivija nosač je predviđen za postavljanje univerzalnog noža - bajuneta kakav je dobro poznat s ruske puške Kalašnjikov AK74. Poznato je da postoje velike količine ovih noževa iz kontingenta naoružanja nekadašnje Istočne Njemačke. Zlobnici bi rekli da je to jedna od rijetkih "istočnjačkih" komponenata u naoružanju Bundeswehra.

Puška G36 radi na načelu odvođenja barutnih plinova pri čemu se zatvarač bravi za cijev rotacijom u desnu stranu. Ovakvo rješenje također je dobro poznato s puške Kalašnjikov i samo potvrđuje mišljenje mnogih vojnih stručnjaka da je to trenutačno najpouzdanije načelo rada

automatskih pušaka. Spomenimo da su njemački konstruktori na taj način odustali od načela rada po kojem su postali poznati (tzv. usporeno trzanje zatvarača) dakle rješenja primijenjenog kod cijele obitelji oružja HK. Da li će tako zatvarač s valjčićima koji je toliko dugo bio zaštitnim znakom ove tvrtke pasti u zaborav ostaje za budućnost. U svakom slučaju praksa je potvrdila da je zatvarač koji se bravi rotacijom s pomoću šest malih bradavica manje osjetljiv na streljivo lošije kakvoće. Otvor za odvođenje barutnih plinova nalazi se s gornje strane cijevi i gotovo je podjednako udaljen od vrha cijevi i od ležišta metka. Nakon što projektil prođe ovaj otvor manja količina barutnih plinova ulazi u sustav za odvođenje i udara u klip. Impuls se dalje preko potiskivača prenosi na nosač zatvarača koji dalje prisiljava zatvarač na odbravljivanje. Takvo rješenje razlikuje se od rješenja kod Kalašnjikova kod kojeg nosač zatvarača i klip čine jednu cjelinu. Osim toga, kod AK se klip kreće u plinskom cilindru (tzv. zatvoreni sustav za odvođenje plinova) dok kod puške G36



*Nosač zatvarača s ručicom za zapinjanje (gore- lijevo) i zatvaračem. Bravljenje se obavlja rotacijom zatvarača u desnu stranu pomoću šest bradavica*

nema takvog cilindra već su potiskivač i klip potpuno slobodni. Jedinu zaštitu pruža im prednji rukohvat cijevi koji obuhvaća cijev, a koji je također napravljen od plastike.

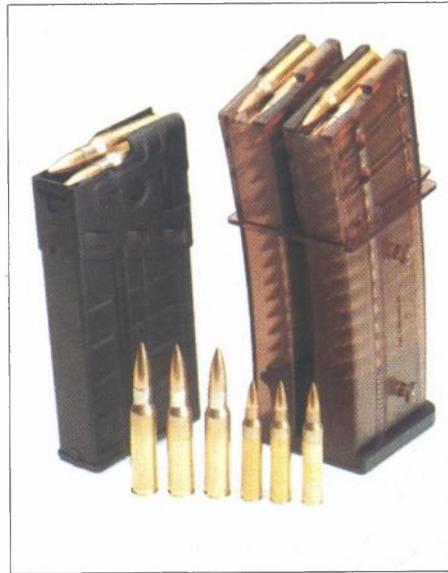
Pozornost privlači i ručica za zapinjanje zatvarača koja ima vrlo zanimljivo rješenje. Naime, ona nije kao kod većine pušaka smještena s desne strane kućišta već s gornje. Može se zakrenuti i u lijevu i u desnu stranu što olakšava rukovanje oružjem ljevancima. Kad nije u uporabi smještena je u osi cijevi i zaštićena ručicom iznad kućišta.

Kundak se preklapa na desnu stranu što se razlikuje od rješenja na puški G3 kod koje se, u slučaju da se ne radi o fiksnom kundaku, kundak izvlačio prema natrag. Zanimljivo je da se preklapljivi kundak nalazi u takvom položaju u kojem se izbacivanje čahura obavlja kroz otvor na samom kundaku, a ne iznad njega kao što je to slučaj kod većine ostalih automatskih pušaka.

## Mehanizam za okidanje

Regulator paljbe dostupan je s obje strane kućišta što omogućuje podjednako jednostavno baratanje oružjem i dešnjacima i ljevancima. Ima tri položaja: E - pojedinačna paljba, F - brzometna (rafalna) paljba, te S - zakočen položaj. Neki stručnjaci drže da bi bolje rješenje bilo da su konstruktori ograničili ispaljivanje više od tri metka za redom kao što je to napravljeno na američkoj

puški 5,56 mm M16A2, ali i nekim inačicama HK oružja. Takvo bi rješenje onemogućavalo da vojnici nenadzirano ispaljuje metke iz spremnika budući da je kod neprekidne paljbe teško stalno držati cijev oružja uperenu na metu. U slučaju postojanja ograničivača paljbe, po povlačenju okidača dolazilo bi do ispaljivanja tri metka za redom nakon čega bi se paljba prekinula, bez obzira na to da li strijelac i dalje drži pritisnut okidač. Za nastavak paljbe bilo bi potrebno najprije pustiti, a zatim ponovno povući okidač. Pretpostavljam da su kon-



*Izgled spremnika za pušku 7,62x51 mm G3 (lijevo) i prozirnih plastičnih spremnika za pušku G36. Ispusti na spremnicima omogućavaju njihovo međusobno spajanje*



*Izgled glavnih sklopova puške. Uočite da su tri zatika koji utvrđuju pojedine sklopove za kućište stavljene u posebne otvore na kundaku. Pogodite zašto?*

*Nož-bajunet s puške 5,45 mm AK74 bivše Istočne Njemačke može se bez problema postaviti i na pušku G36*



struktori odustali od takvog rješenja smatrajući da je teorijska brzina gađanja puške G36 od 750 metaka u minuti prilično manja u odnosu na npr. američku pušku 5,56 mm M16A2 (950 met/min) ili francusku 5,56 mm FAMAS (1000 - 1200 met/min), te da takva brzina omogućuje da strijelac, i u slučaju kad je regulator na brzometnoj paljbi, može ispaljivati 2-3 metka.

## Novi spremnik

*Zanimljivo je da spremnik ne zadovoljava sve zahtjeve NATO standarda STANAG 4179 što znači da se ne može koristiti na puškama ostalih članica saveza*

S obzirom na standardizaciju NATO saveza malo je iznenađenje da su se njemački konstruktori odlučili na razvoj vlastite konstrukcije spremnika koja ne zadovoljava zahtjeve NATO (standard STANAG 4179). Neki stručnjaci smatraju da bi bilo bolje koristiti spremnik kakvog ima većina pušaka

zapadnih zemalja npr. britanska SA80, francuska FAMAS, belgijska FNC te američka puška M16A2. Kapacitet spremnika puške G36 iznosi 30 metaka. Na bočnim stranama spremnika nalaze se po dva ispusta koja omogućavaju međusobno spajanje dva spremnika tako da borcu nisu potrebni nikakve dodatne ljepljive vrpce ili posebni stezači. To nije neka posebna novina jer takvo rješenje spremnika već poodavno ima npr. švicarska automatska puška 5,56 mm SG550.

Bez obzira na to, usporedba metka 5,56 x 45 mm sa starim metkom 7,62 x 51 mm pokazuje da metak 5,56 mm ima velik broj logistički prednosti. Među važnije svakako spadaju manje protežnosti i manja masa metka 5,56 mm što znači da vojnik može sa sobom nositi veći broj ovih metaka. Takvu tvrdnju moguće je potvrditi jednostavnom kalkulacijom. Naime, puška 7,62 mm G3 ima masu od 4,25 kg. Dodatna četiri spremnika imaju 0,56 kg. Osamdeset metaka (jer je kapacitet spremnika za G3 svega 20 metaka) predstavljaju dodatnih 1,9 kg što ukupno iznosi 6,71 kg. Nasuprot tome, puška G36 ima masu od 3,46 kg, što skupa s četiri spremnika i 120 metaka (30 metaka po spremniku) predstavlja svega 5,4 kg po vojniku. Ta razlika od gotovo kilogram i pol i te kako je važna pogotovo kad se uzme u obzir da u slučaju puške G36 vojnik nosi sa sobom i veći broj metaka.

## Novi koncept ciljanja

Kad je riječ o ciljnicima može se slobodno reći da je na puški G36 realiziran jedan potpuno novi koncept. Tako se optički dio zapravo sastoji od dva uređaja: optičkog ciljnika za precizno dnevno gađanje, te kolimatorskog ciljnika za brzo otvaranje paljbe na daljinama do 200 metara. Naime, njemački konstruktori su odustali od standardnih mehaničkih ciljnika s puške G3 kod koje se zauzimanje daljine obavljalo rotiranjem bubnja te u ručicu koja inače služi za nošenje puške ugradili optički ciljnik trostrukog povećanja. Tako malo povećanje ima za posljedicu relativno veliko vidno polje koje na daljini od 1000 metara iznosi oko 70 metara. Zahvaljujući primjeni sintetičkih tvoriva masa samog ciljnika iznosi svega 30 grama. Inače, sam optički ciljnik ne predstavlja neku novost jer ga ima i austrijska puška AUG, a za zam-



jenu mehaničkog ciljnika optičkim odlučio se i proizvođač britanske jurišne puške 5,56 mm L85A1.

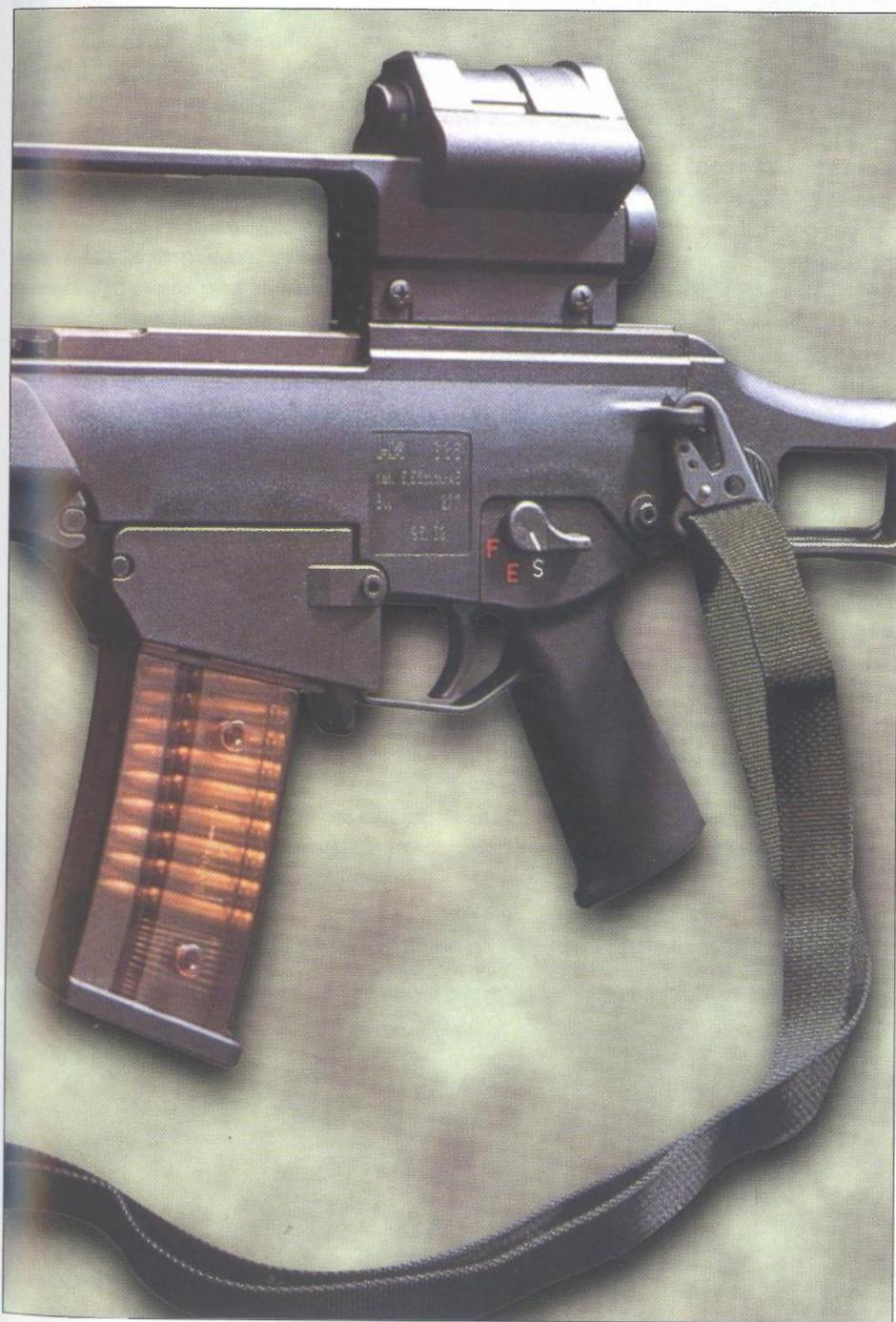
Tijekom probnih ispitivanja isprobane su različiti oblici končanica i različita povećanja optičkog ciljnika, ali se sadašnje rješenje pokazalo najpogodnijim. Končanica se zapravo sastoji od prstena i tanke crte koja prolazi sredinom vidnog polja, a odgovara daljini od 200 metara. Veličina prstena izabrana je tako da na daljini od 400 m strijelac može u njega "smjestiti" vojnika visine 1,75 m što se smatra prosječnom visinom. Presjecišta prstena i tanke crte koja prolazi sredinom vidnog polja mogu se rabiti za gađanje tzv. bočnih ciljeva uz pretpostavku da se oni kreću brzinom od 7,5 km/h. Ispod samog prstena označena su dva križića koja odgovaraju daljinama od 600 i 800 metara. Budući da je daljina do cilja jedan od najvažnijih balističkih parametara u lijevom donjem

dijelu končanice nalazi se skala za procjenu daljine do cilja od 200-800 metara. Spomenimo i to da su se neki od nedostataka uočeni tijekom probnih ispitivanja puške G36 odnosili na nemogućnost osvjetljavanja končanice te ugađanja puške od strane samih vojnika budući da je kompletna ručica s ciljnikom učvršćena za kućište pomoću tri vijka. To je kasnije otklonjeno tako da je sad moguće pomicanje končanice i po smjeru i po visini.

Inače u prilog uporabe optičkih ciljnika idu



*Ručica za zapinjanje zatvarača može se zakrenuti u desnu (na slici) ili lijevu stranu. Na taj način zapinjanje postaje podjednako jednostavno i ljevacima i dešnjacima*



*Položaj regulatora paljbe omogućuje jednostavno prebacivanje u drugi položaj. Oznake na regulatoru znače: F - brzometna (rafalna) paljba, E - pojedinačna paljba i S - zakočen položaj*



*Pogled na puškostrojinicu MG36 sa stražnje strane. Uočava se optički ciljnik za dnevno gađanje, ciljnik-kolimator, pasivni ciljnik za noćno gađanje, te spremnik u obliku dvostrukog bubnja kapaciteta sto metaka*

i ispitivanja koja su pokazala da vrijeme akvizicije cilja pomoću optičkog ciljnika iznosi svega 1,5 sekundu (jer se poklapaju samo dvije točke), a kod klasičnog mehaničkog ciljnika oko tri sekunde jer se moraju poklopiti tri točke (stražnji i prednji ciljnik te sam cilj). Osim toga, izučavanje vojnika u gađanju iz puške s optičkim ciljnikom je jednostavnije, traje kraće, a postižu se bolji rezultati. Zamjenom mehaničkih ciljnika na puški G36 s optičkim ciljnicima vjerojatno se smanjio i broj vojnih stručnjaka koji su dugo izražavali sumnju u svrsishodnost uporabe takvih uređaja u teškim borbenim uvjetima. Praksa je, međutim, potvrdila da se preciznost oružja s optičkim ciljnicima povećava i do 40 posto u odnosu na oružja s mehaničkim ciljnicima.

Već smo rekli da je zbog bržeg otvaranja paljbe na neprijatelja koji se iznenada pojavljuje za pušku razvijen poseban kolimatorski ciljnik. Smješten je iznad optičkog ciljnika, a nema povećanja tako da strijelac može pratiti situaciju na bojišnici i gađati ciljeve, a da mu pritom oba oka budu otvorena. U sredini tog kolimatorskog ciljnika

ka formira se crvena točka koja olakšava "hvatanje" cilja. Tijekom dana vidljivost ove točke omogućava dnevno svjetlo koje dolazi kroz stakleni otvor na gornjoj strani kolimatora. Jačina svjetleće točke usklađuje se pomoću fotosenzora - dakle automatski, ovisno o svjetlosnim uvjetima okoline. U slučaju da svjetla nema dovoljno uključuje se posebna dioda čije se napajanje osigurava iz baterije koja osigurava 36 sati nesmetanog rada.

Spomenimo i to da je osim ova dva opisana ciljnika na pušku G36 moguće postaviti i uređaj za noćno gađanje koji se postavlja iznad kućišta puške, a utvrđuje na ručici za nošenje.

## Rasklapanje i sklapanje puške

Rasklapanje puške G36 vrlo je jednostavno. Najprije se iz puške izvadi spremnik i provjeri da li u cijevi ima metaka. Zatim se iz kućišta izvlače dva zatika koja za kućište utvrđuju kutiju s mehanizmom za okidanje te odvaja kompletan mehanizam. U cilju sprječavanja njihova gubljenja, zatici se mogu staviti u posebna za to predviđena ležišta na kundaku. U slučaju potrebe moguće je odvojiti i prijamnik spremnika njegovim zakretanjem naniže. Nakon preklapanja kundaka na desnu stranu, potrebno je povući ručicu za zapinjane malo unazad kako bi se iz kućišta mogao izvući povratni mehanizam s oprugom, te nosač zatvarača sa zatvaračem. Zatim se iz kućišta izvlači treći zatic kako bi se mogla odvojiti plastična obloga cijevi. Zanimljivo je da se ta obloga sastoji iz jednog dijela tako da se zapravo mora svačiti s cijevi. Kod većine ostalih automatskih pušaka ta se obloga sastoji iz dva dijela koji se odvajaju na stranu. Na kraju se rastavlja sustav za odvođenje barutnih plinova. To se obavlja na taj način da se najprije malo potisne unatrag i izvuče klip potiskivača, a zatim i sam potiskivač sa svojom oprugom. Sklapanje se obavlja obrnutim redom.

## Inačice

Na temelju puške G36 njemački konstruktori razvili su i puškostrojinicu označenu kao MG36 koja također koristi metak 5,56x45 mm. Oznaka MG dolazi od njemačkog Maschinen Gewehr - puško-

*Prije početka rasklapanja potrebno je izvaditi spremnik i provjeriti ispražnjenost cijevi. Rasklapanje započinje vadenjem dva zatika koja utvrđuju kutiju s mehanizmom za okidanje za kućište*



*Slijedi odvajanje kutije s mehanizmom za okidanje*



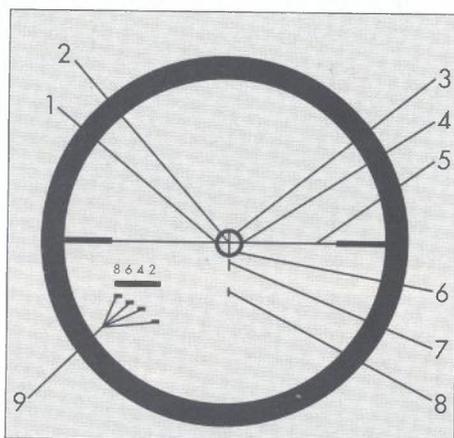
**Puškostrojnica MG36 se razlikuje od puške G36 po masivnoj cijevi i nožicama, te mogućnosti da se umjesto spremnika od 30 metaka koristi spremnik većeg kapaciteta**

strojnica. Oba ova oružja imaju velik broj identičnih dijelova. Razlike se ogledaju u tome što MG36 ima nešto deblju cijev, nožice, te mogućnost da se punjenje obavlja iz bubnja kapaciteta sto metaka.

Za potrebe specijalnih postrojbi razvijena je kraća inačica puške G36 nazvana G36k (k- od Kommando). Njezina ukupna dužina iznosi svega 615 mm, dakle gotovo kao dužina kratke strojnice. Takvo smanjenje postignuto je na račun kraćeg kućišta i za 162 mm kraće cijevi. Naravno, zbog tih je promjena morala biti izmijenjena i konstrukcija skrivača plamena. Od dodataka koje je, osim standardne opreme, moguće montirati na to oružje spominju se laserski pokazivač te halogena lampa za osvjetljavanje ciljeva.

## Zaglavak

Iako se način rada puške G36 konstrukcijski bitno razlikuje od dosadašnje puške 7,62 mm G3,



**Izgled končanice optičkog ciljnika**

- 1 Bočno pretjecanje, lijevo
- 2 Središnji križić
- 3 Središnji kružić
- 4 Bočno pretjecanje, desno
- 5 Središnja crta, 200 m
- 6 400 m
- 7 600 m
- 8 800 m
- 9 Skala za procjenu daljine do cilja (200-800 m)

očito je da su konstruktori vodili računa o tome da vojnici izučeni u radu s puškom G3 nemaju problema s novim oružjem. To potvrđuje identičan mehanizam za okidanje (osobito položaj regulatora), te izbor vrste paljbe.

Iz dosad objavljenih podataka može se



**Vađenje nosača zatvarača sa zatvaračem, te povratnog mehanizma s oprugom**



**Nakon vađenja trećeg zatika odvađa se plastična obloga cijevi. Uočite da se ona sastoji samo iz jednog dijela**



**Vađenje klipa potiskivača s potiskivačem i njegovom oprugom**

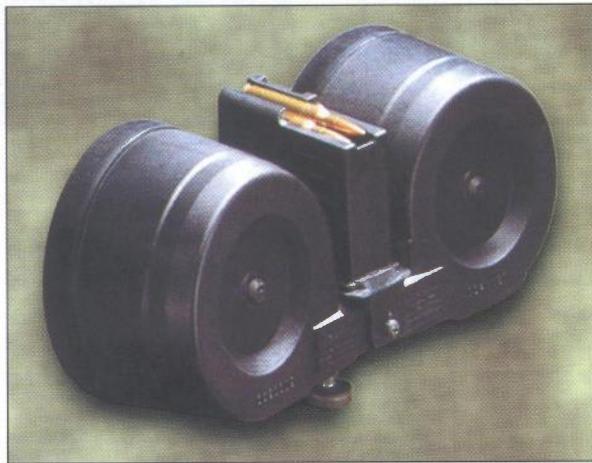


**Ovakav stupanj rasklapanja dovoljan je za redovito čišćenje puške**



*Razlike u izgledu i  
protežnostima puške G3  
(iznad) i puške G36*

*Izgled spremnika  
(dvostrukog bubnja)  
kapaciteta sto metaka  
predviđenog za uporabu na  
puškostrojnici MG36*



zaključiti da automatska puška 5,56 mm G36 nema neku revolucionarno novu konstrukciju, već predstavlja samo odličan spoj poznatih ali provjerenih rješenja. To samo potvrđuje mišljenje kako u razvoju streljačkog oružja na načelu iskorištavanja energije barutnih plinova nisu više mogući veliki iskoraci. Nijemci su iz projekta razvoja puške 4,7 mm G11 izvukli bolne pouke tako da s puškom G36 nisu željeli riskirati. Budućnost će pokazati koliko su bili u pravu.



# HRVATSKA ODLIKOVANJA

155 color stranica; tvrdi uvez; format 22,8 x 29 cm; cijena 180 kn



Narudžbe:



**NARODNE NOVINE**

Izdavački sektor,

Zagreb, Trg hrvatskih velikana 7/II

Tel: 385 01/41 64 04, Fax: 385 01/44 96 29

*Iz predgovora: »...Ona pokazuje naš sustav odlikovanja u cjelini, i svu ljepotu pojedinih hrvatskih odlikovanja, osmišljenih i oblikovanih od naših poznatih umjetnika, i izrađenih u našim, hrvatskim radionicama.*

*Povijesni pregledi, i prikaz nekih suvremenih sustava drugih država, daju mogućnost usporedbi, koje nedvojbeno govore o visokoj umjetničkoj vrijednosti hrvatskih odlikovanja i o povijesnim izvorima hrvatske državne suverenosti.«*

*(Predsjednik Republike Hrvatske, dr. Franjo Tuđman)*

# LASERSKI SUSTAV ZA TROPROTEŽNU PROJEKCIJU

Idealni sustav za troprotežnu projekciju stvara sliku u prostoru, koju, za razliku od uobičajenih dvoprotežnih prikaza (TV, film i sl.) možemo istodobno gledati s raznih strana i bez ikakvih očnih pomagala. Sustav u realom vremenu stvara sliku koja u stvarnom fizičkom volumenu ima dubinu, visinu i širinu

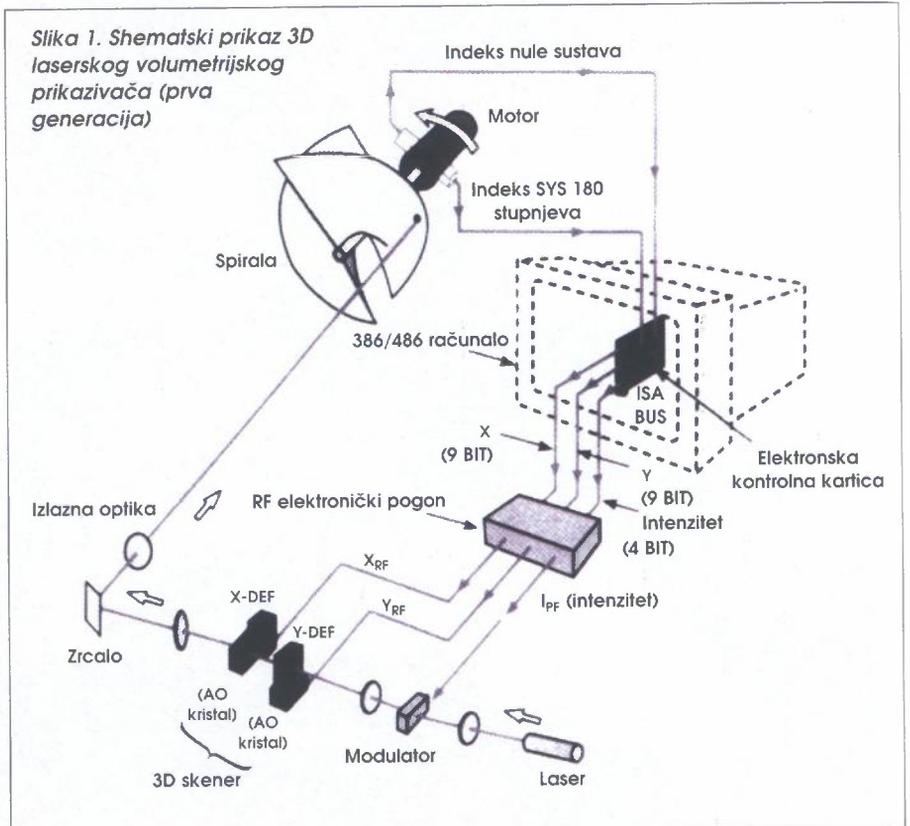
**Dubravko RISOVIĆ**

**N**ačela laserskog stvaranja (prikazivanja) troprotežnih slika postavio je još u početku osamdesetih godina R. Hartwig sa Stuttgartskog sveučilišta. Po njegovoj se zamisli sustav trebao sastojati iz lasera čiji računalni kontrolirani snop osvjetljava površinu rotirajuće helikoidalne spirale. Ostvarivost takvog sustava demonstrirana je godine 1988. na međunarodnom simpoziju društva za prikaz informacija (SID). Laserski je snop stvarao jednostavne geometrijske oblike u prostoru koji je bio definiran rotirajućim diskom. Gotovo istodobno razvijena je u tvrtki Bolt, Beranek & Newman druga volumetrijska (multiplanarna) tehnologija nazvana Space-Graph 3-D Display System. Taj sustav nije koristio laser nego CRT (katodnu cijev), a treća protežnost slike dobivala se vibriranjem fleksibilnog zrcala koje je odražavalo sliku s CRT. Taj je sustav generirao sliku čiji je maksimalni volumen bio 25x25x25 cm. Pritom je rezolucija u svakom pomaku bila 24.000 točaka, a slika je obnavljana s frekvencijom od 30 Hz.

Važnost 3-D prikazivača nije ostala nezapazena ni u vojnim krugovima. Dapače potencijalna dualna (vojna/civilna) uporaba 3-D prikazivača uočena je i u mornarici, tako da je u mornaričkom središtu za zapovijedanje, i nadzor oceana (NCCOSC) u San Diegu u Californiji započeo razvoj laserski generiranog 3-D prikazivača s mogućnošću prikaza u realnom vremenu. Sustav prve generacije razvijen u početku devedesetih uz potporu ARPA predstavljao je 3-D volumetrijski displej ukupnog volumena od 2000 cm<sup>3</sup> s dvostrukom helikoidalnom spiralom promjera 33 cm. Laserski snop je obasjavao 4000 voxela (voxel je element troprotežne slike, kao što je pixel naziv za element dvoprotežne slike) uz frekvenciju obnavljanja slike od 20 Hz.

Stvaranje pravog troprotežnog prikazivača nije jednostavan zadatak. Ljudski se vizualni sustav pri stvaranju troprotežne scene koristi cijelim nizom fizioloških ali i psiholoških pokazatelja dubine. Zato ako želimo ostvariti "troprotežne" slike na dvoprotežnom prikazivaču kakav je primjerice CRT moramo uporabiti

*Slika 1. Shematski prikaz 3D laserskog volumetrijskog prikazivača (prva generacija)*



čitav niz elektronskih, optičkih i softverskih trikova kako bi kreirali samo iluziju treće protežnosti. Najčešće se pritom u računalnoj grafici koristi niz psiholoških pokazatelja dubine. Glavni psihološki pokazatelji dubine su redom: linearna perspektiva zahvaljujući kojoj udaljeniji objekti izgledaju manji, prekrivanje i zasjenjivanje (bliži objekti prekrivaju dalje), gradijent u razlučivanju (na bližim objektima možemo uočiti više detalja nego na daljim), razlika u svjetlini boje (udaljeniji objekti izgledaju tamnije) te zamućenost (magličastost) objekta koja je to izraženije što je objekt dalje. Ti se pokazatelji mogu relativno lako generirati računalnom grafikom, međutim prava se troprotežnost prikaza u smislu da možete "zaviriti sa strane" ne može ostvariti na taj način. Razlog tome je što u tako stvorenoj slici nedostaju bitni fiziološki pokazatelji dubine, posebice paralaksa pomaka. Fiziološki pokazatelji dubine koji su bitni za doživljaj troprotežnosti scene su: paralaksa usli-

jed gibanja, zahvaljujući kojoj se slika mijenja kad se promatrač pokreće u jednoj od tri međusobno okomite ravnine (X,Y,Z), akomodacija oka (promjena fokusiranja oka pri prebacivanju pogleda s bližeg na daljnji objekt), binokularni disparitet odnosno razlika u slici koju vidi lijevo i desno oko, te konvergencija.

Da bi troprotežni prikazivač dao doista troprotežnu sliku mora zadovoljiti i psihološke i fiziološke pokazatelje, a to je moguće jedino ako se točke slike fizički stvaraju u svim prostornim točkama, dakle u sve tri protežnosti. Takve se troprotežne slike tada mogu gledati iz bilo kojeg smjera dajući tako odgovarajuću paralaksu pri gibanju promatrača. U stvari takvi prikazivači ne daju pokazatelje dubine nego slika doista ima dubinu. Shodno tome umjesto dvoprotežnog elementa slike (pixel) dobivamo troprotežni volumni element slike "voxel" koji u prostoru slike ima svoju x, y i z koordinatu. Takva se slika može promatrati i skupno a ne samo pojedini

načno, a pritom se ne postavljaju nikakva ograničenja na gibanje glave, niti su potrebna posebna pomagala (naočale ili slično).

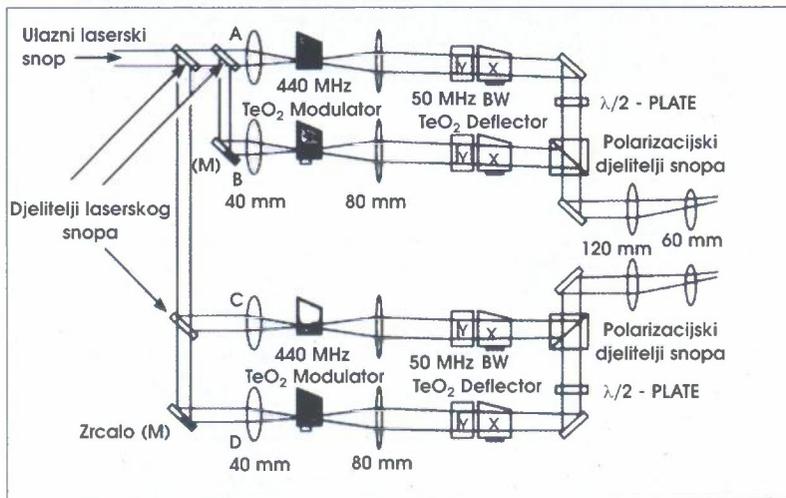
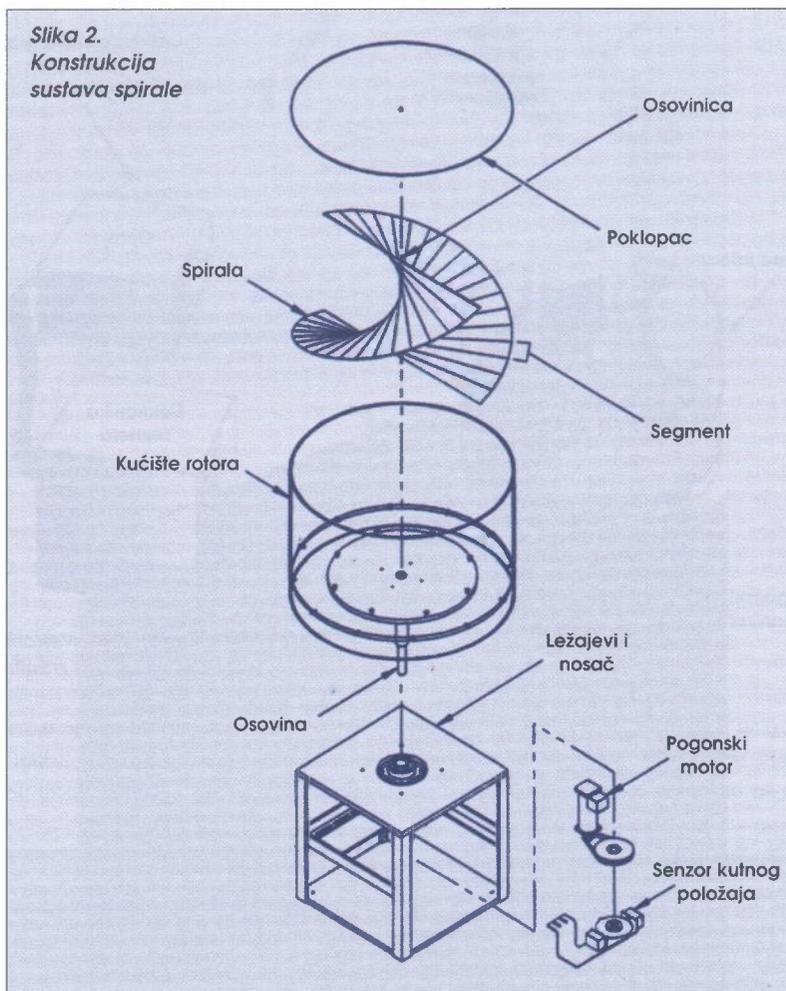
## Načela stvaranja 3D volumetrijskih slika

Kao što smo naznačili ranije 3D slike u prostoru se dobivaju tako da se laserom s promjenjivim intenzitetom osvjetljavaju pojedine točke na spiralnom objektu koji brzo rotira. Računalo upravlja laserom i njegovom jakosti i ovisno o brzini rotacije spirale skenira laserski snop tako da osvjetljava pojedine točke na spirali te tako tvori odgovarajuću sliku. Shematski prikaz sustava prve generacije pokazan je na slici 1. Ključni problem cijelog sustava je u sinkronizaciji rotacije spirale s izlaznim podacima iz računala, uvažavajući pritom temeljna ograničenja dvoprotežnog optičkog skenerskog sustava za pomicanje laserskog snopa. U ovom se sustavu slike tvore tako da se sirove x, y, z koordinate pojedine točke slike prevode u oblik koji preslikava z-os iz prostorne u vremensku domenu u računarskoj memoriji. Odnosno visina pojedine točke na z osi je određena njezinom lokacijom u memoriji. Kad računalo primi sinkronizacijski signal (s jednog od senzora u osovinu spirale) šalju se, u odgovarajućoj sekvenci, parovi koordinata x,y u optički skener kako bi se stvorilo voxela s odgovarajućom z-koordinatom. Na taj se

način može adresirati bilo koja točka unutar volumena prikazivača. Svjetlosne točke koje nastaju refleksijom na rotirajućoj spirali predstavljaju pravu volumetrijsku - troprotežnu sliku, sastavljenu od voxela u realnom prostoru. Glavni nedostaci ovog sustava prve generacije bili su uz mali volumen slike (12x12x12 cm), i relativno mali broj voxela - 4 k po jednoj boji. Stanovita su ograničenja bila vezana i uz inherentna ograničenja reflektirajuće i neprozirne površine

spirale. No kako bilo da bilo, ovaj sustav prve generacije jasno je demonstrirao ostvarivost stvarno troprotežnog prikaza slike u realnom vremenu i uspostavio temelj za daljnji razvoj.

biti za troprotežno slikotvorstvo koje zadovoljava primjenu u vojnim, ali i medicinskim te komercijalnim svrhama. Da bi se to ostvarilo potrebno je bilo prvo razviti napredni sustav za slučajno akusto-optičko skeniranje koji bi bio u stanju prikazati više od 40.000 voxela s rezolucijom od 256x256 točaka u x i y uz adresabilnost od 4095 sa 4095 i obnavljanje slike s frekvencijom od 20 Hz. Takve su performanse zahtijevale razvoj nove volumetrijske nadzorne kartice, koja omogućava da se obnavljanje slike 3D prikazivača učini neovisno o računalskoj platformi (PC 486!). Kartica mora pohranjivati i do 65k voxela (65.000) po boji, kako bi početnu sliku, kad je već jednom ima u memoriji, mogla obnavljati s frekvencijom od 20 Hz. Novi je sustav trebao biti bez mehaničkih nestabilnosti i vibracija koje su uočene u sustavu prve generacije, a koje su bile svezane s jednosstrukom spiralom. Zahtijevala se također i puno manja šumnost pri potrebnim brzinama rotacije spirale. Da bi se tim uvjetima udovoljilo bilo je potrebno konstruirati potpuno novi tip dvostruke spirale promjera 915 mm, a visine 457 mm. Time je volumen prikazivača povećan više od 40 puta u odnosu na volumen prikazivača prve generacije! Za generiranje slike u boji u takvom sustavu više nije dovoljan jedan laser, nego je potrebno uporabiti više lasera. Razvoj optomehaničkih komponenti morao je pratiti i razvoj odgovarajućeg softvera za upravljanje laserskim snopovima kako bi se dobile slike u boji koje se mogu promatrati golim okom u realnom vremenu.



Slika 3. Shematski prikaz tehnike usporednog 4-kanalnog procesiranja

## Laserski 3D prikazivački sustav druge generacije

Nakon prvih pozitivnih iskustava i detaljne raščlambе performansi sustava i njegovih nedostataka ubrzo se (već sredinom 1992.) pristupilo razvoju druge generacije. Ciljevi koji su se pritom postavili bili su takvi da ako se ostvare osiguraju sustav koji će se praktički moći upora-

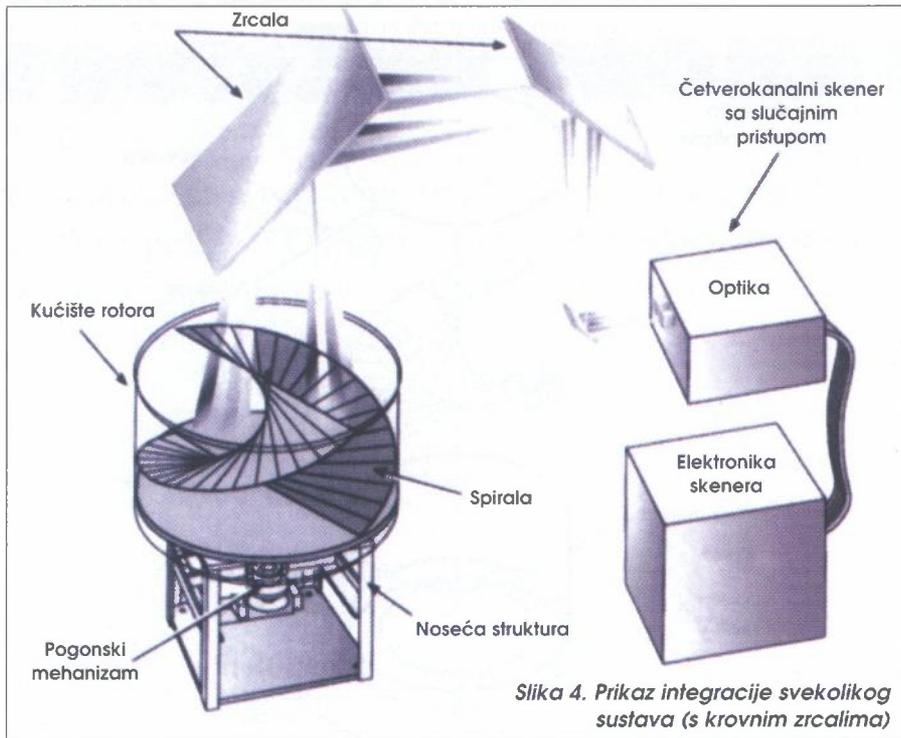
biti za troprotežno slikotvorstvo koje zadovoljava primjenu u vojnim, ali i medicinskim te komercijalnim svrhama. Da bi se to ostvarilo potrebno je bilo prvo razviti napredni sustav za slučajno akusto-optičko skeniranje koji bi bio u stanju prikazati više od 40.000 voxela s rezolucijom od 256x256 točaka u x i y uz adresabilnost od 4095 sa 4095 i obnavljanje slike s frekvencijom od 20 Hz. Takve su performanse zahtijevale razvoj nove volumetrijske nadzorne kartice, koja omogućava da se obnavljanje slike 3D prikazivača učini neovisno o računalskoj platformi (PC 486!). Kartica mora pohranjivati i do 65k voxela (65.000) po boji, kako bi početnu sliku, kad je već jednom ima u memoriji, mogla obnavljati s frekvencijom od 20 Hz. Novi je sustav trebao biti bez mehaničkih nestabilnosti i vibracija koje su uočene u sustavu prve generacije, a koje su bile svezane s jednosstrukom spiralom. Zahtijevala se također i puno manja šumnost pri potrebnim brzinama rotacije spirale. Da bi se tim uvjetima udovoljilo bilo je potrebno konstruirati potpuno novi tip dvostruke spirale promjera 915 mm, a visine 457 mm. Time je volumen prikazivača povećan više od 40 puta u odnosu na volumen prikazivača prve generacije! Za generiranje slike u boji u takvom sustavu više nije dovoljan jedan laser, nego je potrebno uporabiti više lasera. Razvoj optomehaničkih komponenti morao je pratiti i razvoj odgovarajućeg softvera za upravljanje laserskim snopovima kako bi se dobile slike u boji koje se mogu promatrati golim okom u realnom vremenu.

nedostatke. Laserski se snopovi projiciraju na spiralu odozgo, tako da dopuštaju slobodno kretanje oko cijele slike i njezino promatranje sa svih strana. Dvostruka spirala koja rotira nominalnom brzinom od 600 o/min je dizajnirana tako da je maksimalno kruta uz minimalnu težinu i minimalan otpor zraka, ali uz poseban naglasak na dinamičku uravnoteženost. Takav dizajn osigurava minimalne vibracije i buku pri radu. Smanjenje vibracija je posebno važno jer se svaka vibracija spirale manifestira u titranju voxela. Detaljna konstrukcija spiralnog prikazivača pokazana je na slici 2. Sama dvostruka spirala sastavljena je od 18 plastičnih segmenata širine 2,5 cm, koji su spojeni na središnju osovinu promjera 12 mm. Segmenti spirale, debeli 2 mm, napravljeni su od poly-

styrena i obojani neprozirnom bijelom bojom koja pojačava difuzno raspršenje svjetlosti.

spekularne (zrcalne) refleksije (primjerice vrlo sjajna plastika) tada bi se osvijetljena točka vidjela dobro samo iz

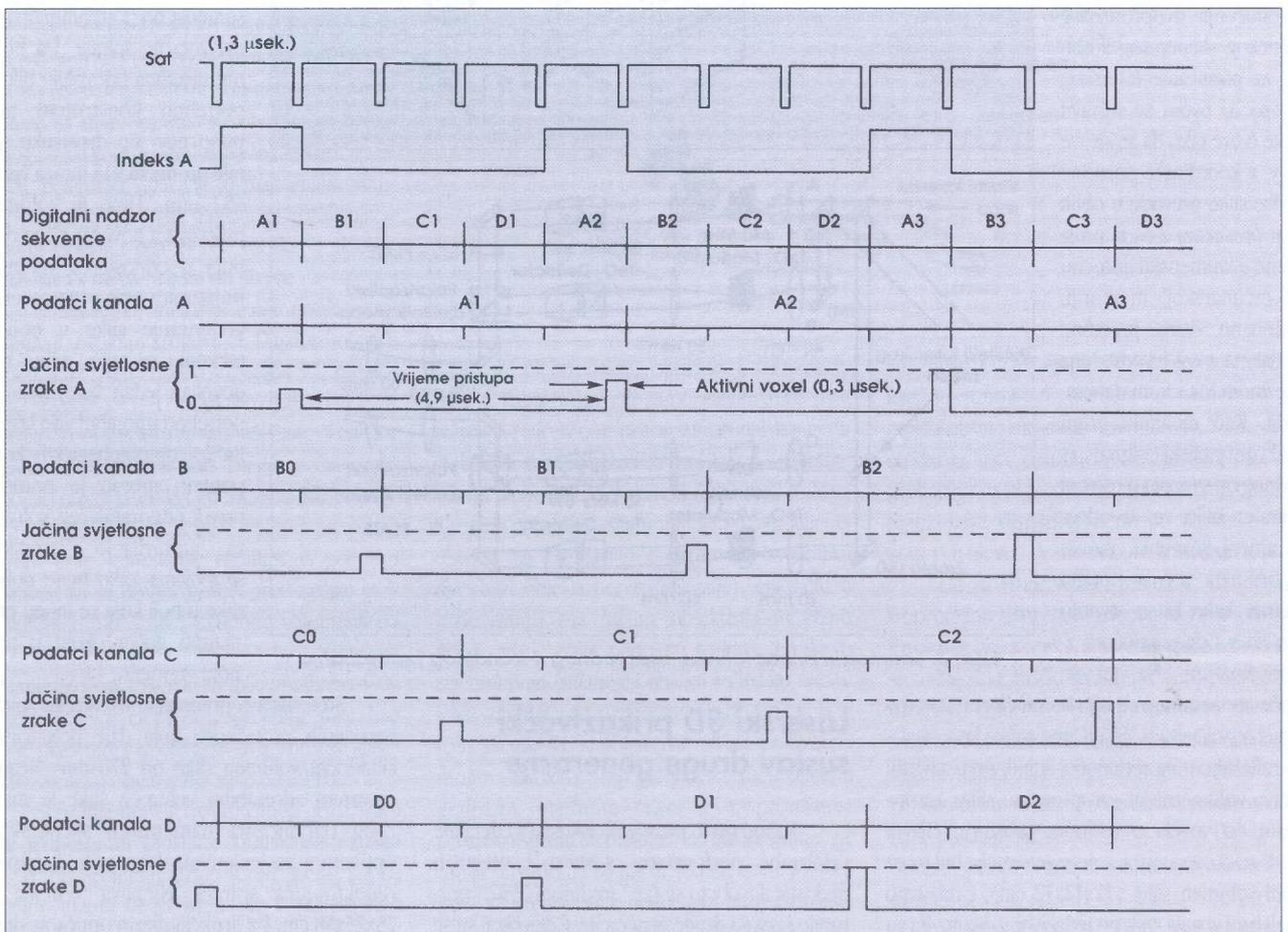
jednog smjera - smjera reflektiranog snopa, dok bi njezina uočljivost iz drugih smjerova bila vrlo mala. Spirala je smještena unutar prozirnog cilindričnog kućišta koje rotira zajedno s njom. Kućište ne samo da štiti spiralu od kontakata, nego isto tako rotira i volumen zraka koji okružuje spiralu, te na taj način uklanja aerodinamične sile na spiralu. Sustav je vrlo dobro balansirani kako bi se izbjegla precesijska gibanja, a osovinu je providena s optičkim enkoderom položaja,



Slika 4. Prikaz integracije svekolikog sustava (s krovnim zrcalima)

Dobra difuznost površine spirale je važna kako bi se obasjana točka mogla vidjeti sa svih strana. U slučaju kad bi spirala bila od tvornica koji daje

tako da je u svakom trenutku poznat položaj odnosno zakret spirale. Poseban sustav samocentrirajućih ležajeva sprječava prenošenje

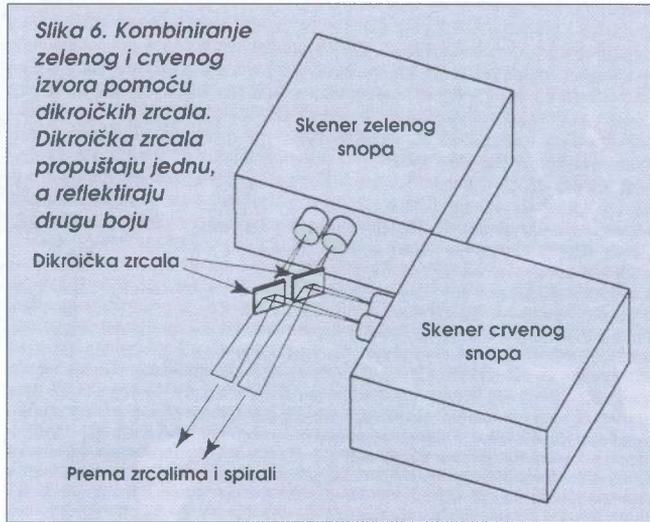


Slika 5. Vremenski slijed signala

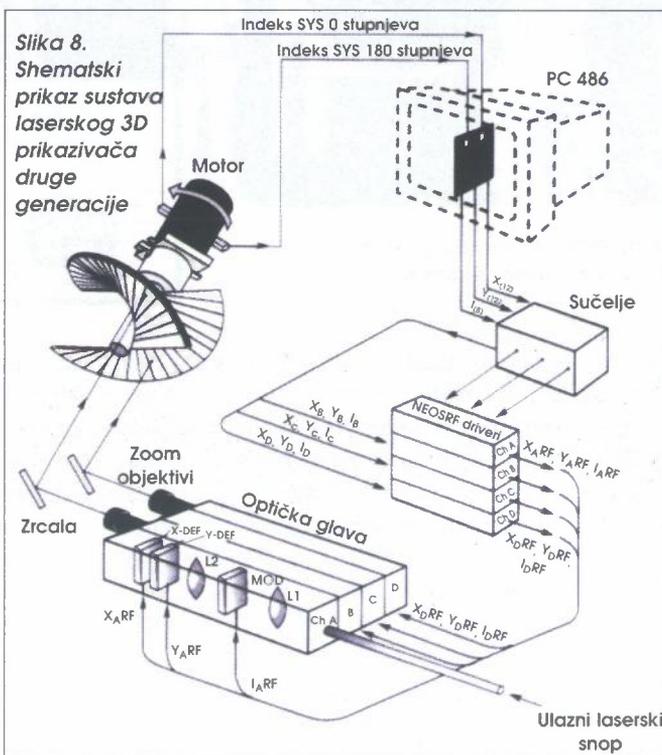
vibracija s pogonskog motora na spiralu.

Projiciranje laserskog snopa na rotirajuću spiralu odvija se preko sustava zrcala koja laserski snop sa skenera vode tako da na spiralu pada odozgo, osiguravajući slobodan pristup slici sa svih strana. Adresiranje pojedinih točaka u prikazivačkom volumenu odvija se preko skenera sa slučajnim pristupom (random access scanning). No taj praktični pristup ujedno predstavlja i usko grlo sustava ako se želi povećati broj voxela, čak i kad se koristi brzi akusto-optički skener. Problem dolazi otud što je potrebno konačno vrijeme da akustički val prijeđe preko laserskog snopa i ostvari 100 posto otklon. To je tzv. vrijeme pristupa. U modu skeniranja sa slučajnim pristupom laserski se snop mora za trajanja vremena pristupa blokirati modulatorom kako bi se izbjeglo "razmazivanje" slike uslijed prisutnosti višestrukih frekvencija na putanji otklanjanja snopa. Konkretno je potrebno čekati par milisekundi da se svaki deflektor "napuni" željenim frekvencijama pa se zatim uključi modulator kroz jedno određeno vrijeme. Ako želimo održati konstantno obnavljanje slike s frekvencijom 20 Hz, tada vrijeme obasjavanja jednog voxela nelinearno opada s porastom broja voxela. Shodno tome ukupna svjetlina slike opada s povećanjem broja voxela. Jedan od načina da se poveća broj voxela, a izbjegne pad svjetline je da se usporedno poveže nekoliko skenera. Na slici 3 je pokazana inačica s četiri jednostruka skenerska kanala. Smanjenje vremena pristupa u pojedinom kanalu (s  $10 \mu s$  na  $5 \mu s$ ) ostvareno je sa sužavanjem laserskog snopa u akusto-optičkom deflektoru. Snop je sužen s prvotnih 6 mm na 3 mm, čime je prepolovljeno vrijeme pristupa te tako djelotvorno udvostručan broj prikazljivih voxela. Budući da svaki kanal može prikazati 10 k voxela po slici repeticije 20 Hz, to je ukupan kapacitet prikaznog sustava 40 k voxela.

Sustav za četverokanalno usporedno procesiranje pokazan je shematski na slici 3. Ulazni snop jednog (primjerice zelenog) lasera se pomoću djelatnika snopa razlaže na četiri snopa (kanali A,B,C,D).



Slika 7. Slika stvorena laserskim 3D prikazivačem



Slika 8. Shematski prikaz sustava laserskog 3D prikazivača druge generacije

Svaki od ta četiri snopa se vodi do akusto-optičkog modulatora. Fokussiranje na 440 MHz modulator s telur dioksidom ( $TeO_2$ ) se obavlja pomoću optike fokalne duljine 40 mm. Po izlasku iz modulatora snop se ponovno kolimira (optika  $f=80mm$ ) na promjer 3 mm i prolazi x i y otklonski sustav ( $TeO_2$  akusto-optički deflektor). Otklonski se sustav "prebrisava" od 75 - 125 MHz u  $5 \mu s$  što daje rezoluciju (ili produkt širine frekventnog pojasa i vremena) od 250. Polarizacijski skenerski sustav radi optimalno kad je polarizacija upadnog laserskog zračenja takva da je usporedna sa smjerom akustičkog vala. Ulazni snop je zato polariziran vertikalno tako da prije skenera ne treba koristiti nikakve valne pločice za korekciju polarizacije.

Izlazi iz otklonskih sustava se kombiniraju dva po dva (A+B i C+D) korištenjem pločica  $\lambda/2$  i polarizacijskih djelatnika snopa. Ta kombinacija rezultira s mogućnošću varijabilnog odnosa dijeljenja snopa (obični pojedinačni dijelitelji snopa imaju stalan odnos dijeljenja snopa, primjerice 50:50). Na taj se način osigurava da se sva četiri kanala mogu preklapati na bilo kojem mjestu spirale. Takvi sparni kanali se preko optičkog sustava s kutnim povećanjem  $\approx 2,5x$  i zrcala projiciraju odozgo na spiralu (slika 4). To malo povećanje služi zato da se i pri manjem odstojanju skenera dobije zadovoljavajuća veličina laserskog spota na spirali. U sustavu se koristio argonion laser snage 1 W s monomodnim izlaznim snopom promjera 1,6 mm.

Kontrola položaja laserskog snopa, kao i njegova jačina i trajanje spota na spirali se obavlja posebnom kontrolnom karticom, koja omogućava da se podatci brzo prenose do skenirajuće elektronike neovisno o brzini računala. Kartica ima desetoslojni tisak, a po formatu ulazi u standardna mjesta PC računala. Kartica ima više od 440 elemenata, a važnije značajke su:

- "dual-port" RAM memorija s više od 65 k 32-bitnih riječi. Svaka riječ definira točku koja ima 12 bita za x, 12 bita za y i 8 bita za jačinu lasera. Podatci o slici se unose na vrata A, a iščitavaju na vrata B s frekvencijom obnavljanja slike (20 Hz). 12 bitni podatci za x i y se isto iščitavaju s izlaza B i vode na sučelje sa skener-

skim mehanizmom. RF sintisajzeri za otklanjanje laserskog snopa po x i y se "ganjaju" odvojeno. Po 12 bitova x i y dopuštaju adresiranje 4096 sa 4096, dok je akusto-optički skener dizajniran za rezoluciju 250x250. Moguće je i dodatno adresiranje x i y za korekturu boje i položaja.

- kontrola brzine motora za pokretanje spirale uz posebno točno utvrđivanje brzine osovine spirale s vremenskom točnošću od  $6,4 \mu\text{s}$  ( $156,25 \text{ kHz}$  sat za jedan okret osovine).

- sinkronizacija dodatnih kartica za boju.

- signal jakosti se šalje kao 8-bitni TTL signal u odgovarajuću elektroniku gdje se pretvara u amplitudno modulirani RF signal ( $440 \text{ MHz}$ ) akusto-optičkog modulatora.

Ovakva konfiguracija s dvjema vratima dopušta očitavanje i adresiranje svake točke neovisno o tijeku izvođenja softverskih instrukcija u računalu (primjerice poništenje ili dodavanje instrukcija, pristup disku itd).

Vremenski diagram rada sustava prikazan je na slici 5. Gornje tri crte pokazuju redom sat, indeks A i slijed podataka. Indeks A je aktivan kad vrijede podatci kanala A, podatci kanala B, C i D slijede u vremenskim razdobljima (periodima) koji su određeni satom. Podatci kanala A se učitavaju u registar i drže 4 razdoblja sata prije obnavljanja. Podatci kanala B slijede jedno razdoblje kasnije (u B-registar) i obnavljaju se također četiri razdoblja kasnije. Isto tako rade i kanali C i D. Ranije spomenuta potreba za prekidanjem (blankiranjem) laserskog snopa pri svakoj promjeni voxela koja se javlja uslijed inherentnih značajki AO-skenera je također vidljiva na vremenskom dijagramu (slika 5). Vrijeme pristupa za korišteni  $\text{TeO}_2$  skener, (sad već malo zastario) je  $4,9 \mu\text{s}$ , tako da vrijeme kroz koje je video signal aktivan u svakom kanalu jednako četiri razdoblja minus vrijeme pristupa. Sva su četiri kanala neovisna i projiciraju snopove usporedno.

Daljnje poboljšanje sustava je moguće korištenjem prozirne spirale koja se obasjava laserom odozdo. Svjetlo dolazi u spiralu odozdo,



Slika 9. Navigacija u plitkim vodama uz pomoć laserskog 3D prikazivača

a njegova difuzija u prozirnom tvorivu omogućava da se prikaz gleda sa strane i odozgo. Ovakav pristup uklanja potrebu za gornjim zrcalima i omogućava da se sve komponente sustava kompaktno slože ispod prikazivačkog

jom - Gaussovom raspodjelom jakosti u spotu. No kako su kutevi skeniranja zelenog i crvenog lasera samo približno jednaki potrebno je koristiti zoom optiku koja čini nužne kompenzacije i osigurava kompletnu konvergenciju unutar cijelog volumena slike.



Slika 10. Primjena laserskog 3D prikazivača u C° (nadzor i zapovijedanje)

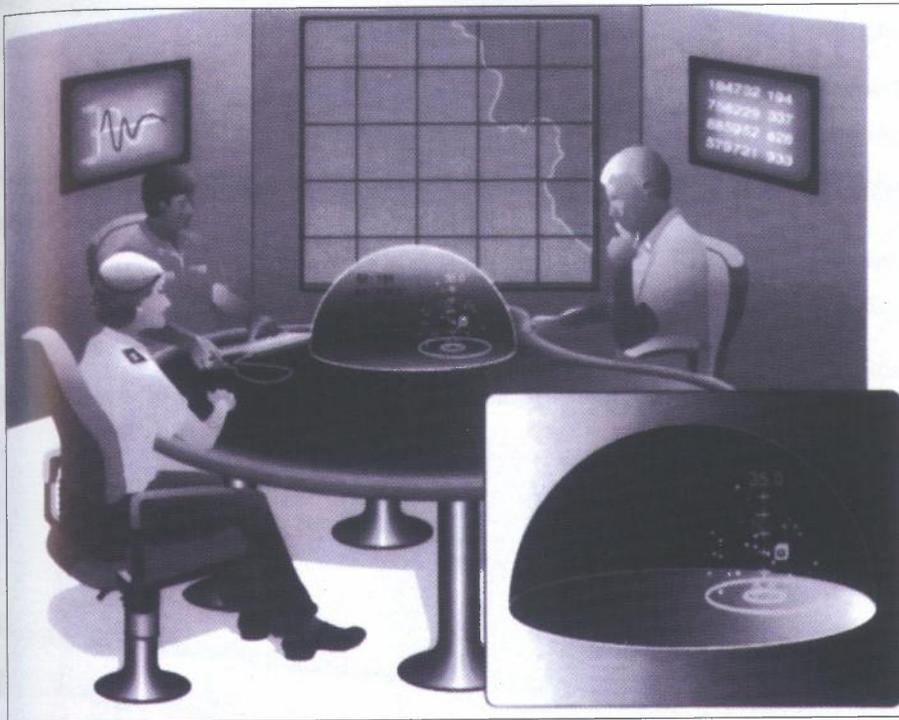
volumena, te tako dobije pokretna jedinica. U ovakvom pristupu kritičan je sastav tvoriva spirale i njegova debljina. Pokazalo se da je optimalna debljina lamela od kojih se sastoji spirala oko  $0,5 \text{ mm}$ . Povećanje debljine spirale (iako bi bilo poželjno s mehaničke točke gledišta) dovodi do "razmazivanja" voxela uslijed internih refleksija i time do smanjenja rezolucije.

Optimalna veličina fokusiranog laserskog snopa u skenerskom sustavu (zeleni skener/laser) za  $440 \text{ MHz}$  modulator je oko  $35 \mu\text{m}$ , što zahtijeva promjer ulaznog snopa u skener od  $0,8 \text{ mm}$ . Kriptonski ionski laser valne

duljine  $647 \text{ nm}$  u kombinaciji s 4-kanalnim,  $40 \text{ k}$  voxel skenerom se koristi kao drugi (crveni) izvor. Dikroička se zrcala, koja reflektiraju crveno, a propuštaju zeleno zračenje, koriste za kombiniranje slika s dviju skenera kako je to pokazano na slici 6. Budući da kutni otklon AO kristala raste s porastom valne duljine lasera, to je da bi se taj učinak kompenzirao, trebalo smanjiti središnju frekvenciju "crvenog skenera" sa  $100 \text{ MHz}$  na  $75 \text{ MHz}$  zadržavajući istu širinu frekventnog pojasa od  $50 \text{ MHz}$ . Daljnje poboljšanje kakvoće snopa može se ostvariti korištenjem većih  $\text{TeO}_2$  kristala u otklonskom (skenerskom) sustavu. Veće akustičko polje takvih kristala rezultira s mnogo jednoliki-

## Performanse sustava

Adresabilni volumen obuhvaćen spiralom promjera  $915 \text{ mm}$  iznosi  $25 \times 25 \times 38 \text{ cm}$ , a ograničen je s postojećom optikom sustava. Veličina laserskog spota pojedinog voxela je  $1,7 \text{ mm}$ . Ukupna optička učinkovitost, mjerena od ulaza u skenerski sustav do spota na spirali je  $10 \text{ posto}$  za zeleni, a  $15 \text{ posto}$  za crveni laser. S ulaznom optičkom snagom lasera od oko  $200 \text{ mW}$  ukupna jakost slike u sva četiri kanala je oko



Slika 11. Kontrola zračnog prometa

0,3 nit. Primjer troprotežne slike na opisanom prikazivaču pokazan je na slici 7. Shema sustava prikazana je na slici 8.

### Potencijalne primjene 3D volumetrijskih prikazivača

Jedna od primarnih namjena 3D volumetrijskog prikazivača je u podmorničkom zapovjednom središtu. U tom slučaju prikazivač omogućava promatranje realne podmorske situacije u hemisferičnom prostoru, u koji se slijevaju i vizualiziraju svi akustični podatci iz sonara. Sustav omogućava vođenje podmornica u plitkim vodama kao i praćenje taktičkih situacija i putanja

većeg broja torpeda u tri protežnosti. SPA-WAR Submarine Communications Systems i C'I skupina američke mornarice već razmatraju implementaciju takvog sustava. (slika 9)

Druga je primjena u mogućnosti prikaza bojnog područja. Taktički se podatci iz raznih izvora mogu sakupiti i prikazati učinkovito u 3D prostoru. Time dobivena perspektiva pridonosi bržem i točnijem donošenju odluka o rasporedu i pokretu postrojbi i djelotvornijem korištenju raspoloživih resursa.

Kao tipičan proizvod tehnologije dvostruke namjene 3D volumetrijski prikazivač postaje djelotvorno sredstvo u kontroli leta i regulaciji zračnog prometa kako u ratnom tako i u civilnom zrakoplovstvu. Integriranje podataka o položaju, brzini i identifikaciji letjelica te njihov prikaz u 3D prostoru uvelike olakšavaju nadzor i zapovijedanje. U pokusima izvedenim u San Diegu prikazani su uspješno položaji 80 zrakoplova (zelenom bojom) kao i vitalne informacije o njihovu letu (alfanumerički - crveno). Ta je informacija uključivala SIF (Selective Identification feature), udaljenost, azimut i visinu. (slika 11).

Daljnja primjena će sigurno biti u medicini. Danas pretvaranje 2D podataka konvencionalne medicinske slike u korisnu kliničku informaciju zahtijeva mentalnu integraciju tih podataka u 3D perspektivu. Ta zadaća nije jednostavna ni za izučene radiologe. Čak i naprednije tehnike poput magnetske rezonancije daju dvoprotežni prikaz troprotežne situacije. Isto vrijedi i za ultrazvučnu dijagnostiku i slike dobivene ultrazvukom. U svim tim slučajevima 3D volumetrijski prikazivač bi omogućio prikaz organa, odnosno tkiva u boji, pa čak i nerođenih beba u sve tri protežnosti! Razvoj u tom smjeru je sve intenzivniji, a posebice je interesantna mogućnost povezivanja s virtualnom realnosti, jer volumetrijski prikazivač predstavlja idealno okruženje za implementaciju softvera virtualne realnosti.

## Akusto-optičko skeniranje i modulacija

Akusto-optička (AO) modulacija omogućava upravljanje laserskim snopom putem električnih signala. Temelj pristupa osniva se na tzv. Bragg interakciji: ako se zvučni (akustički) val uputi u optički medij (primjerice kristal) on modificira lokalni indeks loma - stvara val indeksa loma u optičkom sredstvu koji se ponaša kao sinusoidalna optička rešetka. Upadni laserski snop koji dolazi na ovu rešetku će se difraktirati (kao i na običnoj optičkoj rešetci) u više redova. Prikladnim dizajnom može se postići da je difrakcija u prvom redu najjača. Kutni položaj difraktirane (otklonjene) zrake  $\Theta$  je linearno proporcionalan frekvenciji akustičkog vala  $f_a$ :

$$\Theta = \lambda f_a / v_a$$

gdje je  $\lambda$  valna duljina optičkog (laserskog) zračenja, a  $v_a$  brzina zvuka. Kut  $\Theta$  je kut između upadnog i difraktiranog laserskog snopa, (vidi sliku 12).

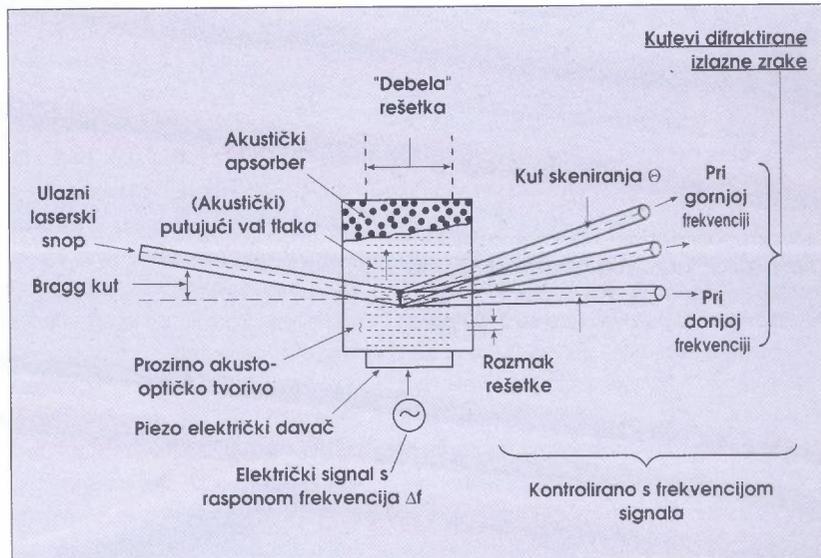
Djelotvornost difrakcije (otklona) svjetla  $\eta$  je prikazana sa:

$$\eta = \sin^2 \{ 1,57 [2/\lambda^2 (L/H) M P_{ac}]^{1/2} \}$$

gdje je L/H geometrijski čimbenik, M konstanta vezana uz tvorivo a  $P_{ac}$  je akustička snaga.

Na taj su način moguća otklanjanja snopa ali i modulacije jakosti. Pri AO interakciji frekvencija laserskog snopa se pomiče za količinu jednaku akustičkoj frekvenciji, pa se taj frekventni pomak može koristiti za heterodinu detekciju.

Tipična tvoriva koja se rabe u AO Bragg stanicama su  $TeO_2$  i  $LiNbO_3$  (za pretvarače), dok moderniji sustavi koriste GaAs kristal i AMTIR staklo (amorfni GeAsSe tvorivo).

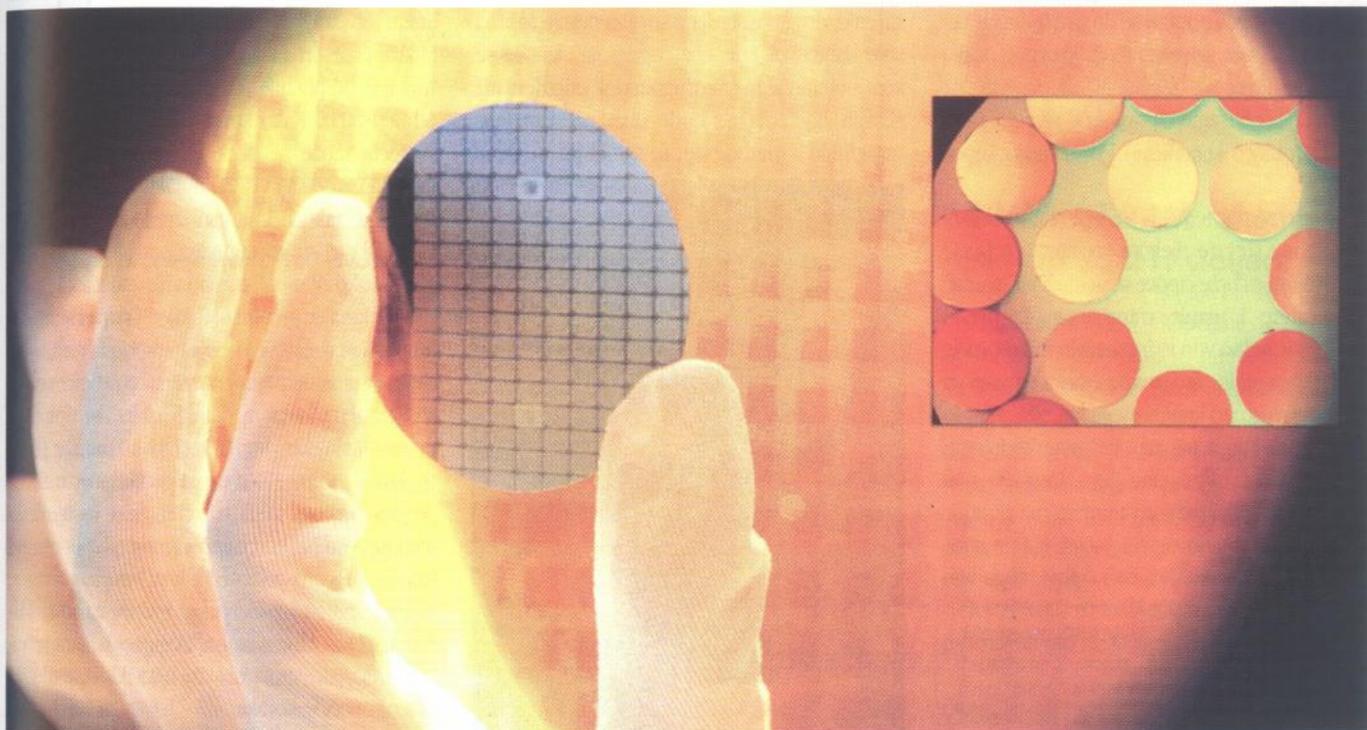


Slika 12. Načelo rada akusto-optičkog skenera/modulatora

# **Mikroprocesori i memorijski čipovi u godini 2020.**

*Mikrokrugovi postaju sve kompaktniji i gušći; jasan kraj ovog trenda još nije na vidiku. Komponente na ovom Motorolinom čipu uvećane su 3900 puta*

Svakih 18 mjeseci brzina rada mikroprocesora se udvostručuje, a time i snaga tehnologije koja stoji na raspolaganju vojnim stratezima i razvojnim timovima koji rade na razvoju novih oružničkih sustava. Tijekom sljedećih 25 godina tehnologija na polju razvoja i proizvodnje mikroprocesora toliko će se razviti da će potkraj tog razdoblja jedno računalo biti moćno kao sva danas postojeća računala u "Silikonskoj dolini" što će zasigurno pridonijeti razvoju potpuno novih oružničkih sustava a time i potpuno nove taktike i strategije ratovanja



*Silicijevi vaferi (straga) danas su puno manji ali sadrže samo oko polovicu manje čipova nego što su sadržavali oni na kojima je bio izrađivan Intelov mikroprocesor 4004 (u prvom planu). Matrica može biti veća jer je proizvodni proces (jedna faza procesa prikazana je u umetnutoj slici) čistiji (veća kakvoća "čiste sobe")*

**K**ad čovjek čita stručne časopise koji pokrivaju područja razvoja i proizvodnje elektroničkih komponenti, sklopova i uređaja, odnosno, časopise koji općenito pokrivaju različita područja razvoja na polju znanosti uopće, ne može, a da se ne začudi koliko ima napisa o računalima u 21. stoljeću. Kao ni jedna druga tehnologija koja je "hranila" našu maštu, a onda postupno na tom planu iščeznula jer je postala nešto sasvim "normalno", računalo je transformiralo naše društvo. Može postojati vrlo mala dvojba da će ono nastaviti s ovakvim utjecajem tijekom još mnogih desetljeća koja su pred nama. Motor koji pokreće tu revoluciju u razvoju, je mikroprocesor. Ti silicijevi čipovi pokrenuli su stvaranje nebrojenih inovacija, kao što je portabl računalo i faks uređaji, te su omogućili ugrađivanje inteligencije u moderne automobile, zrakoplove pa čak i u ručne satove. Zadivljujuće je, da su njihove ukupne performanse poboljšane 25.000 puta tijekom 25 godina njihovog postojanja.

Kako opisati mikroprocesor 2020-e

godine? Takva predviđanja prema mojem mišljenju teže k preuveličavanju vrijednosti temeljnih, novih računalskih tehnologija. Zbog toga, možemo predvidjeti da će promjene biti evolucijske po prirodi, a ne revolucionarne. Čak i ako nastavi s poboljšanjem mikroprocesorskih performansi, ne može se reći ništa drugo nego pretpostaviti da će za 25 godina, ti čipovi "osposobiti" revolucionarni software koji će obavljati izvanredno složene zadatke.

**Manji, brži, jeftiniji.** Dvije su inovacije pokrenule računalsku revoluciju. Prva je bila tzv. koncept spremanja programa. Svaki računalski sustav sve od kasnih 40-ih godina pa do danas drži se ovog modela, koji određuje procesoru zadaću obradbe podataka, a memoriji zadaću spremanja i podataka i programa. Prednost ovakvih sustava je u tome da zbog toga što spremljeni programi mogu biti lako izmijenjeni, isti hardware može obaviti veliki broj različitih zadataka. Da računalima nije dana takva fleksibilnost, vjerojatno ne bi došlo do njihove ovako široke uporabljivosti kao što je to danas slučaj. Također, tijekom kasnih 40-ih godina istraživači

su izumili tranzistor. Ti silicijski "prekidači" bili su puno manji nego elektronske cijevi ("lampe") koje su korištene u prvim elektroničkim sklopovima, odnosno, uređajima. Zbog toga su omogućili stvaranje manjih i brzih, te glede potrošnje puno štedljivijih elektroničkih uređaja.

Više od jednog desetljeća prošlo je prije negoli su stvoreni programi za spremanje podataka te tranzistori povezani u jednu cjelinu unutar jednog uređaja. Isto tako je tek godine 1971. došlo do najvažnijeg izuma na polju elektronike - stvoren je prvi čip (Intelov čip s oznakom 4004). Taj je procesor bio prvi čip izrađen na jednoj silicijevoj pločici koja nije bila veća od dječjeg nokta. Zbog njegovih vrlo malih protežnosti nazvan je mikroprocesorom. I zbog toga što je bio čip u jednom "komadu", Intel 4004 bio je prvi procesor koji je mogao biti izrađivan jeftino u velikim količinama.

Metode koje su proizvođači koristili u masovnoj proizvodnji mikroprocesora od onda slični pravljenju pizza: tijesto, u ovom slučaju silicijeva pločica (vafer), postaje tanka i okrugla

podloga. Kemijski dodatci se dodaju te sve skupa ide u peć. Toplina transformira gornje slojeve (dodatke) u tranzistore, vodiče i izolatore. Ne začuđuje, našalimo se malo, da je proces - koji se ponavlja 20 puta za jedan čip - znatno složeniji od pripremanja pizze. Jedna čestica prašine može praktički oštetiti sićušne tranzistore. Isto tako vibracije prouzrokovane prolaskom npr. teškog kamiona može izazvati pomicanje precizno podešenih maski te dovesti do okončanja proizvodnog ciklusa. No osiguranjem da se to ne dogodi, dolazi se do završetka procesa na kraju kojeg se velika ploča kružnog oblika (vafer) na kojoj su "izgrađeni" čipovi reže na manje dijelove, same čipove, koji se pakiraju u kućišta (obično keramička) i dostavljaju kupcima.

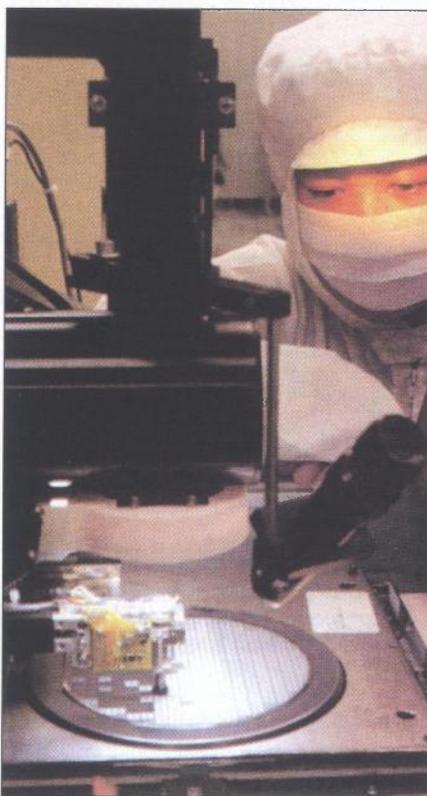
Iako se taj temeljni recept stalno slijedi, proizvodne su crte tijekom vremena proizvele puno jeftinije i brže čipove izbacujući na "scenu" veće vafere i manje tranzistore. Taj trend pokazao je jedno vrlo važno načelo mikroprocesorske ekonomije: što se više čipova napravi na jednom vaferu, to je njihova cijena niža. Veći su čipovi brži nego manji zato jer mogu sadržavati više tranzistora. Posljednji čip - Intel P6 - na primjer, sadrži 5,5 milijuna tranzistora i puno je veći od prvog Intelovog čipa 4004, koji je imao oko 2300 tranzistora. No, veći čipovi mogu vrlo lako sadržavati pogrešku. Čisti troškovi i performanse, opet, predstavljaju važan dio umjetnosti dizajniranja čipova.

Nedavno su mikroprocesori postali puno snažniji zahvaljujući promjeni pristupa dizajnu. Prateći vodstvo istraživača na sveučilištima i laboratorijima širom SAD-a dizajneri komercijalnih čipova prihvatili su kvantitativan pristup računalnoj arhitekturi. Pomni eksperimenti prethode razvoju hardwarea, a inženjeri koriste vrlo precizne metode kako bi procijenili njihov uspjeh. Računalske tvrtke sporazumno su djelovale kako bi usvojile strategiju dizajna tijekom 80-ih godina, te kao rezultat toga, dolazi do povećanja stupnja poboljšanja mikroprocesorske tehnologije od 35 posto godišnje na 55 posto godišnje, ili gotovo 4 posto mjesečno. Brzina procesora je danas tri puta veća nego što bi trebala biti po procjenama koje su dane tijekom 80-ih godina; prema tadašnjim procjenama mi danas imamo računala iz godine 2000.

#### **Preplitani, superskalarni i usporedni.**

Osim postignutog napretka na proizvodnim linijama te na polju silicijske tehnologije, mikroprocesori su "profitirali" i nakon posljednjih poboljšanja na "crtaćim daskama". Ti pomaci zasigurno vode k daljnjim napredovanjima u bližoj budućnosti. Jedna ključna tehnologija zove se engl., "pipelined" tehnologija. Taj bi se izraz mogao na hrvatskom zamijeniti izrazom "serijski" ili još točnije izrazom "preplitanje". Što to znači? Objasnimo to na jednom jednostavnom primjeru. Takozvani "nonpipelined" ili

"neserijski" pristup sastojao bi se u sljedećem: prljavo rublje stavite u stroj za pranje rublja. Kad je rublje oprano izvadite ga iz stroja za pranje i stavite u stroj za sušenje, nakon sušenja izgladačite rublje i odložite ga u ormar. Kad ste završili taj posao započnete sve iznova. Ako je potrebno jedan sat da "riješite" jednu određenu količinu rublja, onda će vam za 20 takvih istih količina rublja trebati 20 sati. Spomenuti "pipelined" pristup je puno brži. Naime, kod ovog pristupa kad je prva količina stavljena na sušenje, druga se stavlja u stroj za pranje rublja i tako dalje. Sve faze ove "operacije" izvode se kontinuirano jedna za drugom dok određeni niz glavnih operacija ne bude obavljen. Paradoks "pipelined" metode je u tome da se tom



*Čiste sobe, gdje se izrađuju vaferi, konstruirane su tako da smanje ljudsku manipulaciju i broj čestica nečistoća u zraku na minimum. Samo jedna čestica prašine može tijekom procesa uništiti tanki tranzistor, a time i čitav čip*

metodom troši jednako vremena za pranje svake "šarže" rublja nonpipelined metodom. No, metoda preplitanja je puno brža zbog toga što se tijekom jednog sata može oprati više šarži rublja. Zapravo, pretpostavimo da se za svaki korak troši jednako vremena, onda je vrijeme uštedeno metodom preplitanja proporcionalno broju koraka. U našem primjeru pranje rublja serijskom metodom, odnosno metodom preplitanja, ima četiri koraka što znači da bi ta metoda trebala biti četiri puta brža nego metoda neserijskog pranja.

Slično se kod mikroprocesora koristi serijska metoda pri čemu se obradba podataka provodi isto tako puno brže nego kad bi se

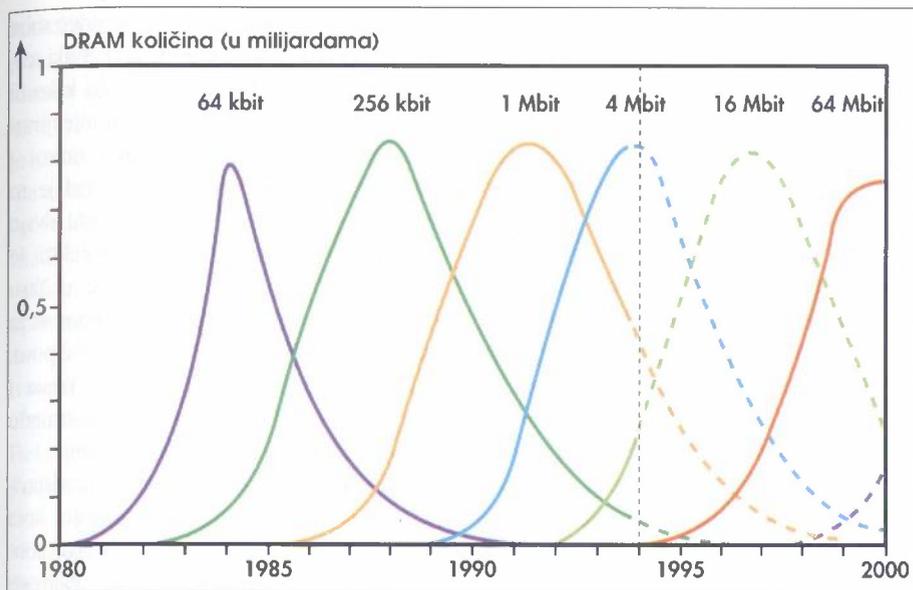
koristila neserijska metoda. Konstruktori čipova u stvari, koristeći ovu metodu, prepliću instrukcije ili zapovijedi poslone hardwareu. Prvi mikroprocesori koji su funkcionirali uz korištenje ove metode koristili su tzv. petkoračno preplitanje. (Broj koraka pređenih u jednoj sekundi zove se "clock rate" ili radni takt. Personalno računalo koje ima radni takt od sto megaherca (MHz) izvršava 100 milijuna koraka ili instrukcija u sekundi. Zato što ubrzanje preplitanjem izjednačava broj koraka, posljednji mikroprocesori imaju osam ili višekoračno preplitanje. Mikroprocesori razvijani tijekom 1995. koriste "dublje" preplitanje kako bi postigli radni takt od 300 MHz. Kako strojevi kreću k sljedećem stoljeću, može se očekivati da će preplitanje imati više koraka i viši radni takt.

Isto tako u interesu izrade bržih čipova, konstruktori su počeli uključivati sve više hardwarea kako bi mogli obaviti više zadataka tijekom svakog koraka preplitanja. Riječ "superscalar" (superskalarni) se obično koristi za opis ovakvog pristupa. Superskalarni (vratimo se na naš primjer) "stroj za pranje rublja" bi npr. bio profesionalni stroj koji bi istodobno mogao prati tri šarže rublja. Moderni superskalarni mikroprocesori mogu obaviti tri do šest instrukcija tijekom svakog koraka. Zbog toga, 250 megahercni četverosmjerni mikroprocesor može obaviti milijardu instrukcija u sekundi. Mikroprocesor 21-vog stoljeća će prema procjenama stručnjaka moći obaviti i do 12 instrukcija tijekom svakog koraka.

Unatoč takvom potencijalu, poboljšanja u proizvodnji čipova su neučinkovita ukoliko nisu povezana sa sličnim pomacima na polju razvoja memorijskih čipova. Od kada je memorija sa slučajnim pristupom (engl., RAM - random access memory) u jednom čipu postala dostupna (sredina 70-ih godina), njezin je kapacitet učeterostručivan svake tri godine. No brzina memorijskih čipova nije ni izbliza toliko puta povećana. Gap je između gornje brzine procesora i gornje brzine memorija povećan.

Jedan od popularnih načina za premošćenje tog gapa je smještanje tzv. "cache" međumemorije između mikroprocesora i ostatka hardwarea. Brza cache memorija zadržava one segmente programa koji se najčešće koriste, čime se izbjegava potreba da procesor često "zove" radnu memoriju, odnosno da iz nje često traži podatke te se time ubrzava obradba podataka. Neki noviji čipovi imaju u sebi za tu funkciju odvojeno tranzistora jednako toliko koliko imaju tranzistora u procesorskom dijelu. Budući će procesori "posvećivati" i više kapaciteta cacheu kako bi se bolje premostio spomenuti gap.

"Sveti Grail" računalskog dizajna je pristup nazvan **usporedno procesiranje**, kod kojeg dolazi do izražaja snaga brzih procesora usporedno povezanih u jednu cjelinu koji istodobno svaki za sebe obavljaju veliki broj



Količina proizvedenih DRAM-ova različitih generacija u vremenu od 1980. do 2000. godine

instrukcija u jedinici vremena. Ako se vratimo na naš primjer to bi značilo da bi u ovom slučaju trebali imati 20 strojeva za pranje, što opet znači da bi 20 šarži rublja riješili za jedan sat. Jasno je da je usporedno procesiranje jedno vrlo skupo rješenje u slučaju obradbe male količine podataka, a isto tako pisanje programa za veći broj procesora ne predstavlja baš jednostavnu zadaću. Što više, program mora točno specificirati koja instrukcija ili operacija treba biti obavljena od kojeg procesora i u kojem trenutku. Razmatrajući prednosti ovakvih brzih procesorskih sustava sa stajališta vojne primjene, može se reći da ovakvi višeprocorski sustavi ne će možda naći svoje mjesto u nekom konkretnom oružničkom sustavu kao što je određeni tip rakete, no sigurno je da će takvi sustavi u budućnosti naći (ili već nalaze) svoje mjesto u npr. složenim raketnim sustavima koji su (ili će biti) u stanju uočavati, pratiti i gađati istodobno vrlo veliki broj ciljeva u zraku. No isto tako ovakvi sustavi već danas nalaze svoje mjesto u vojnim istraživačkim i razvojnim laboratorijima u kojima je potrebno u realnom vremenu simulirati složene prirodne ili umjetne pojave ili procese pri čemu je potrebno istodobno, odnosno u vrlo kratkom vremenskom razdoblju, procesirati velike količine podataka što je moguće ostvariti u određenim slučajevima jedino uz uporabu usporednog procesiranja.

Treći pristup - superskalarno procesiranje ima sličnosti s usporednim procesiranjem no puno je popularnije zbog toga što u ovom slučaju hardware automatski pronalazi instrukcije koje istodobno pokreće. No potencijalna snaga procesiranja ovog pristupa nije toliko velika. Kad ne bi bilo toliko komplicirano glede pisanja potrebnih programa (softwarea), usporedno procesiranje moglo bi se učiniti moćnim onoliko koliko je to čovjeku potrebno. Posljednjih 25 godina, računalski znanstvenici

predviđali su da će problemi programiranja biti razriješeni. Uistinu, usporedno procesiranje je danas praktično za samo nekoliko klasa programa.

Čitajući stare napise s područja računalske tehnike naišao sam na fantastična predviđanja o tome kakva će računala biti u 1995., odnosno 1996. Mnogi su predviđali da će optika zamijeniti elektroniku u računalu (misli se na tzv. optična računala kod kojih bi prema određenim idejama informacije trebale biti od sklopova do sklopova prenošene svjetlovodima, a bile bi uskladištavane u isto tako "svjetlosnim" ili holografskim "hard diskovima"). Isto tako postojale su i ideje o tome kako bi računala trebala biti izgrađena od potpuno bioloških tvoriva pri čemu bi pak koncept spremanja programa bio odbačen. Ti opisi demonstriraju da je nemoguće predvidjeti koje će se inovacije dokazati kao komercijalno održive te nastaviti s daljnjim razvojem revolucionirajući računalsku industriju. Tijekom posljednjih dvadeset godina, samo su se tri nove tehnologije dokazale na tržištu, odnosno općenito u tehnici i znanosti - mikroprocesori, memorija sa slučajnim pristupom (RAM) i optička vlakna. Sve tri su tehnologije našle svoju široku primjenu na području vojnog naoružanja i opreme i to mikroprocesori i memorije u sklopu različitih informacijskih (računala za obradbu podataka) i komunikacijskih (zemaljski radio te satelitski sustavi) sustava, sustava za nadzor paljbe (složeni raketni sustavi) te sustava za traženje ciljeva (tražila), dok su optička vlakna našla veliku primjenu na polju prijenosa signala, odnosno, informacija (npr. prijenos slike od tražila rakete FOG-M do upravljačkog pulta).

Nesumnjivo jedna će ili dvije inovacije revidirati računalsku tehniku tijekom sljedećih 25 godina, no smatram da je postojeći koncept spremanja programa previše elegantan da bi bio

zamijenjen.

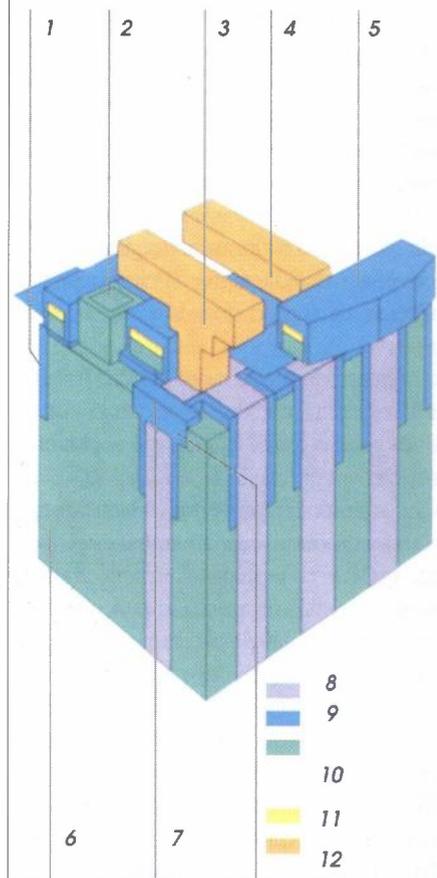
Na području računalske tehnike važno mjesto zauzima i tehnologija memorijskih čipova, odnosno DRAM-ova bez koje nije moguće zamisliti funkcioniranje modernog računala, posebice personalnih računala stacionarnog i prijenosnog tipa, a isto tako i dijelova oružničkih sustava koji u svom sastavu (u sklopu sustava za nadzor ili vođenje ili pak u tražilima različitih projektila) mogu imati mikroprocesor te potrebnu količinu memorije u koju se spremaju podatci prigodom obradbe veće količine podataka. Na tom je području u posljednjih 15-ak godina došlo do znatnog napretka glede povećanja kapaciteta memorijskih čipova koji se i dalje nastavlja.

## 64-Mbitni DRAM - memorijski čip za 21. stoljeće

U rujnu 1993. ključnim je kupcima isporučen 64-Mbitni memorijski čip (M=mega=milijun). Ovime je označeno važno razdoblje u okviru projekta koji su zajednički pokrenule tvrtke Siemens i IBM. Te su dvije tvrtke, mora se naglasiti, prvi proizvođači DRAM-ova koji nude na tržištu najnoviju generaciju memorijskih čipova.

### Presjek memorijske stanice u 64-Mbitnom DRAM-u:

1-prsten; 2-pojas brazde; 3-kontakt; 4-crta bita; 5-crta koda; 6-brazda; 7-tranzistor; 8-supstrat; 9-izolator; 10-dodatni polisilicij; 11-volfram; 12-izolacija - pločka brazda



Kontinuirani razvoj integriranih tzv. MOS (engl., **metal-oxide-semiconductor** - metalizirani oksid poluvodiča) krugova s ciljem postizanja još manjih veličina elektroničkih elemenata integriranih u njihovoj unutrašnjosti, a time



**Fotomaska (prikazana prigodom korekcije) se smanjuje i projicira na silicijevu vafere na kojima onda nakon još dvadesetak operacija nastaju čipovi**

sve većih i većih gustoća pakiranja zamršeno je povezan s razvojem dinamičkih memorija sa slučajnim pristupom (engl., DRAM - Dynamic Random Access Memory). "Dinamički" nije samo referenca za način na koji se informacija sprema, nego također opisuje razvoj svake memorijske generacije. Na dijagramu u tekstu vidi se da se maksimum količine proizvedenih čipova određene generacije dostiže nakon otprilike pet godina od početka proizvodnje, a onda na scenu stupa nova generacija sa četverostruko većom memorijskom gustoćom, odnosno kapacitetom u svakom novom razvojnom koraku.

Isto tako je između maksimuma količine proizvedenih čipova stare i nove generacije interval od četiri do pet godina. Zahtjev za novom generacijom memorijskih čipova postavljen je, s jedne strane, zbog široke uporabe sustava za procesiranje podataka, te s druge strane zbog povećane potrebe za snažnim softwareom s različitim apetitima glede količine potrebne radne memorije. Dosad nije bilo indikacija da će doći do odstupanja od ovog trenda.

Nezavisno u odnosu na "razvoj" na polju zahtjeva za memorijom računalskog sustava, DRAM također djeluje kao tehnološki pokretač. Ako masovna proizvodnja ove tehnologije može biti svladana onda ništa ne stoji na putu laganom i brzom uvođenju logičkih čipova nove generacije. Oviseci o pristupu usvojenom od strane pojedinih tvrtki, ne postoji dvojba da drugi proizvođači mogu djelovati kao tehnolojski pokretači, no veliki broj tvrtki (uglavnom na Dalekom istoku) koristi za to DRAM.

IBM i Siemens potpisali su godine 1991. ugovor o pokretanju zajedničkog razvoja 64-Mbitnog memorijskog čipa. Ovim ugovorom dogovoren je ubrzani razvoj DRAM-a kao i podjela troškova. Prema procjenama tržišta

neophodno je da se u 1996. dosegne odgovarajuća razina u proizvodnji memorijskih čipova nove generacije uz međunarodnu razinu proizvodnje koja bi trebala dostići vrhunac tijekom prvih godina sljedećeg desetljeća. 64-Mbitni DRAM je stoga uistinu proizvod za 21. stoljeće.

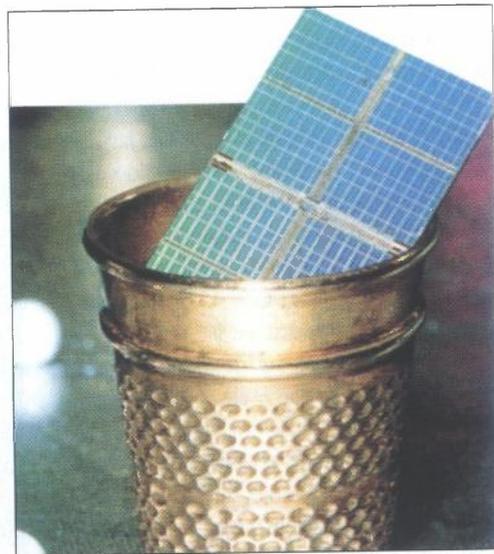
**Pogled unazad.** Početni razgovori tvrtki Siemens i IBM u svezi kooperacije na razvoju 64-Mbitnog memorijskog čipa vođeni su još godine 1989. Tijekom mnogih razgovora bili su prezentirani i uspoređivani rezultati istraživačkih laboratorija dvaju tvrtki. Iako su tvrtke prethodno radile nezavisno jedna od druge na istom projektu, uskoro je postalo jasno da su došle do iste razine razvoja. Nakon ovog saznanja, tvrtke su izašle sa zajedničkim konceptom prema kojem bi zajednički projekt trebale učiniti što ekonomičnijim. Nakon nekoliko sljedećih sastanaka tvrtke su se suglasile oko tehnološkog koncepta te oko strukture i troškova zajedničkog projekta.

IBM-ovo razvojno središte u East Fishkillu pod nazivom "Pilot-line Advanced Semiconductor Technology Centre" predstavljalo je idealni početni kapacitet za razvoj čipa nove generacije. Smješteno u živopisnoj dolini pod nazivom Hudson Valley, 120 km udaljenoj od New Yorka, središte ima na raspolaganju "čistu sobu" prvog razreda, što znači da unutar sobe u 30 litara zraka ima manje od jedne čestice prašine promjera 0,25 mm. Nadalje, Siemens i IBM - te tvrtka Toshiba od godine 1992. - rade zajedno na izgradnji kapaciteta za razvoj i proizvodnju nove generacije memorijske tehnologije - 256-Mbitnom čipu.

Iako je bilo jasno da će razvoj 64-Mbitnog čipa biti proveden u East Fishkillu, moralo se uzeti u obzir sve prednosti i nedostatke kad se odlučivalo o lokaciji središta u kojem će biti razvojni i test kapaciteti. Kad se govori o određivanju lokacija određenih kapaciteta koji će biti korišteni u okviru ovakvog projekta treba reći da promatrajući problem s teorijskog stajališta, s jedne strane, razvoj tehnologije i sama konstrukcija čipa trebaju biti locirani što je moguće bliže, dok s druge strane, gledajući problem sa strane trenutnog stanja "na terenu", treba reći da je IBM-ovo središte za razvoj DRAM-ova (u Burlingtonu, Vermont) locirano 400 km sjeverno od East Fishkilla. Čitav razvoj IBM-ovih DRAM-ova proveden je upravo tamo, a isto tako je većina tvrtkinih "znam-kako" konstrukcijskih i test kapaciteta smještena upravo tamo. Nakon razmatranja različitih ograničavajućih uvjeta, odlučeno je da se konstrukcija i testiranje provede u Burlingtonu. Da bi se premostila udaljenost koja razdvaja dvije skupine istraživača trebalo je implementirati novi komunikacijski medij, kao što je video kon-

ferencija. Stoga su ustanovljene dvije video sobe u East Fishkillu i dvije u Burlingtonu. Svaki sastanak provodi se u jednoj od tih soba kako bi inženjeri u oba središta mogli razmjenjivati informacije neophodne za daljnji razvoj i napredak projekta. Naravno da se, kad je to potrebno, razmjenjuju i posjeti između dvaju timova. Tijekom godine 1992. projektu je priključeno i treće razvojno središte u Yasu (Japan). To središte je preuzelo odgovornost za razvoj tehnologije pakiranja 64-Mbitnih čipova. Kako je vremenska razlika između Yasua i Burlingtona 13 do 14 sati, komunikacija između tih dvaju središta je prilično kompliciranija.

Projekt razvoja 64-Mbitnog čipa predstavlja nezavisnu, samostalnu organizaciju koja pokriva područja kao što je tehnologija, konstrukcija, testiranje, pakiranje i uporabljivost. Svaki se tim sastoji od otprilike istog broja inženjera koji su djelatnici u tvrtkama Siemens i IBM.



**64-Mbitni DRAM ima puno finiju strukturu nego njegovi prethodnici**

Menadžerski posao je podijeljen između dvaju tvrtki. To znači da u okviru projekta rade Siemensovi inženjeri i IBM-ovi menadžeri kao i obrnuto. Što se tiče ostalog personala, treba reći da je svaka tvrtka odgovorna za svoje uposlene. Tijekom posljednje tri godine pokazalo se da je takva struktura projekta vrlo djelotvorna što je dovelo do toga da se duh timskog rada proširi i preko granica i jedne i druge tvrtke. Cilju zajedničkog razvoja ne primiče se samo stvaranjem tehnologije 64-Mbitnog memorijskog čipa nego razvojem i pripadajućih proizvoda. Logički krugovi mogu tada biti implementirani korištenjem ove tehnologije kad budu učinjene potrebne modifikacije. U tablici 1 prikazani su tehnički podatci za 64-Mbitni memorijski čip.

**Proizvodni proces.** Proizvodni proces je CMOS (engl., Complementary MOS - komplementarni MOS) proces s najmanjom veličinom elementa od 0,4 μm i nominalnim radnim naponom od 3,3 V. Za memorijske stanice

koristi se specijalna inačica stanice tzv. "buried-plate trench" stanica. Takozvana n-dotirana zona formira zajedničku "ukopanu" anodu ove urezane stanice, koja ima brazdu duboku 7 mm. Ta je anoda također odvojena od selekcijskih tranzistora tzv. p-potencijalnom jamom ili p-"posudom". Što to znači? Svaki integrirani sklop izrađen u CMOS tehnici sastoji se u stvari od velikog broja CMOS logičkih sklopova koji su opet izvedeni s komplementarnim MOSFET elementima, odnosno MOSFE p- i n-kanalnim tranzistorima. MOSFET je inače skraćenica engleskog naziva Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor - što znači MOS tranzistor s učinkom polja.

Vratimo se na proizvodni proces 64-Mbitnog memorijskog čipa. Svaka elektroda memorijskog kondenzatora spojena je sa selekcijskim tranzistorom preko kontakta u stanici (tzv. surface strap - površinski prijenosnik).

Plitke brazde koriste se za izolaciju aktivnih elemenata tj. p-kanalnih i n-kanalnih tranzistora (gore spomenute izolacijske zone). Bez obzira na veliku gustoću pakiranja, ova metoda osigurava da struje umicanja između tranzistora koji su u "tijesnoj blizini" budu vrlo male. Duljina kanala n-kanalnih tranzistora je 0,35 mm, dok je duljina kanala p-kanalnih tranzistora 0,5 mm. Kao razine međusobnog povezivanja u okviru procesa koriste se polisilicij, volfram i dva aluminijska sloja. Difuzijski kontakti te kontakti između metalnih slojeva ispunjeni su volframom. CMP (engl., Chemical Mechanical Polishing - kemijsko-mehaničko poliranje) metoda koristi se za poliranje površine čipa između procesa polaganja određenih slojeva. Ta metoda osigurava da površina čipa postane ravna koliko je to god više moguće prije negoli se osvijetli svaki sljedeći sloj. To ravnjanje površine pomaže pri dobivanju boljeg dubinskog kontrasta tijekom osvjetljavanja te lakše, odnosno kvalitetnije nagrizanje. Ako dubinski kontrast nije kritična veličina, oprema za osvjetljavanje s boljom numeričkom aparaturom, a time i boljom rezolucijom, može biti uporabljena. Danas se koriste dvije generacije litografske opreme:

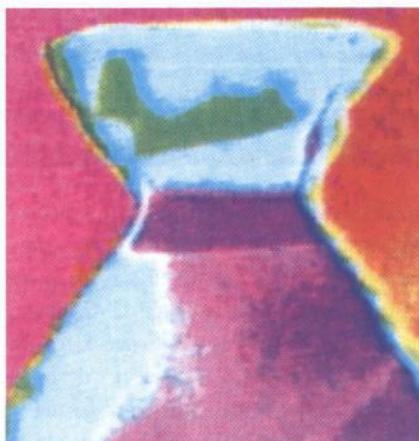
- I-linijska litografija, koja se već dokazala u proizvodnom procesu 16-Mbitnih čipova, koristi se za ne-kritične slojeve (oko 75 posto slojeva);

- DUV litografija (dubinska UV, tj. ultraljubičasta) koristi se za izradu kritičnih slojeva. Posebna osobina te tehnologije je njezina mogućnost skalabilnosti koja je, zahvaljujući inovacijama u procesu, osigurala razvojni put k budućim redukcijama protežnosti strukture (put smanjenja). Buduća smanjenja ne bi trebala, stoga, zahtijevati inovacije - osim za buduće slojeve kod čijeg se osvjetljavanja koristi DUV.

**Konstrukcija proizvoda i tehnologija pakiranja.** Svi krugovi konstruirani su za rad s

naponom napajanja  $3,3 \pm 0,3V$  - napon specificiran za 64-Mbitni čip. Mala vremenska RC konstanta za kodnu crtu te funkcioniranje kodne crte na povećanom naponu kritični su za pristup brzim čitanjem. Problem male vremenske RC konstante riješen je uporabom arhitekture s glavnim i lokalnim kodnim crtama. Svaka glavna kodna crta (GKC), implementirana u metal 1, premošćuje čitav 1-Mbitni blok. Skupina četiri lokalne kodne crte (LKL), u formi policidne crte, funkcionira ispod svake glavne kodne crte. Takavo uređenje osigurava relativno kratke lokalne kodne crte (256 bita) s kratkim kašnjenjem signala i reduciranom osjetljivošću na promjene na površinskom otporu policidne crte. Da bi se osiguralo bolji nadzor povećanja napona, uporabljen je koncept tzv. boost spremnika.

Iako se veličina čipa dinamičkih memorija povećava s faktorom 1,4 sa svakom generacijom, brzina čipa se također povećava. Siemensova i IBM-ova 64-Mbitna memorija konstruirana je tako da osigurava vrijeme pristupa za čitanje (TRAC) od 40 do 60 nanosekundi ( $40-60 \times 10^{-9}s$ ) tako da može biti uporabljen široki spektar sustavnih aplikacija. Odgovarajući vremenski ciklusi su 80 do 110 nanosekundi. Takozvana širina podataka od x4, x8 ili x16 određena je odabranom opcijom spajanja tijekom "sklapanja" (pakiranja) čipa. Memorija može funkcionirati u tzv. "fast-page" ili "write-per-bit" modu. Integrirani brojač (engl., counter) u čipu čini mogućim implementaciju moda za uštedu energije za inačice koje troše malo energije za svoj rad. Da bi se osigurala kompatibilnost s memorijama prethodnih generacija, prigodom pakiranja čipova odabire se jedan od dva ciklusa za osvježavanje (4096 ili 8192; engl. refresh cycles).



**Kvantum točka (grimizno) u ovoj poluvodičkoj strukturi zarobljava "elektrone"**

Disipacija energije 64-Mbitnih memorijskih čipova strogo ovisi o vremenskom ciklusu te o broju ciklusa za osvježavanje. Za vrijeme pristupa od 50 ns i 4096 ciklusa za osvježavanje, specificirana aktivna struja odvoda je 130 mA. U praznom hodu, "stand by" struja manja je od 0,2 mA. Izlazne i ulazne razine kompatibilne su s vrijednostima u IVMOS i IVTTL standardima.

Trenutačno postoje samo dva standardna pakiranja, odnosno kućišta, za 64-Mbitne memorijske čipove: SOJ i tanji TSOP II. Organizacije x4 i x8 spremaju se u SOJ ili TSOP II pakovanja s 34 pina (engl., pin = kontakt, nožica čipa), dok se konfiguracija x16 pakira u TSOP II pakovanje s 54 pina. Veličina svih pakovanja je  $12,7 \times 22,25$  mm i neovisna je o broju pinova. Standardni razmak pinova od 1,27 mm smanjen je na 0,8 mm za x16 inačicu kako bi se moglo smjestiti 54 pina duž iste dužine kućišta.

**Električni rezultati.** 64-Mbitni čipovi imaju površinu od  $193,5 \text{ mm}^2$  ( $18,07 \times 10,71$  mm). Mjerenja provedena s inačicom Siemens-IBM-ove memorije pokazuju da su opisani ciljevi glede postizanja odgovarajuće brzine te funkcijski cilj postignuti. Različiti operativni modovi, organizacijske osobine i modovi za osvježavanje funkcioniraju duž čitavog specificiranog područja. Široka operativna područja glede napona napajanja, temperature i procesnih varijacija parametara dobra su indikacija robusnosti ovog proizvoda.

**Zajednički rad.** To je prvi put da Siemens ili IBM surađuju na zajedničkom projektu ovakvog opsega. Stoga, nije iznenađujuće da su vrhunski stručnjaci na polju menadžmenta iz sastava obje tvrtke pomno nadzirali sve aktivnosti razvojnog tima tijekom početne faze projekta. U početku su se, naravno, pojavile određene teškoće, nespornosti i problemi. Međutim, problemi su riješeni zahvaljujući dobroj volji obaju timova. No, treba naglasiti da ovakva suradnja nije osobina samo za ovakve, u osnovi, civilne programe, nego i za vojne programe koji su polučili dosad prilično velike uspjehe. Tu možemo navesti europske vojne programe MILAN, HOT, Tiger, Trigat, Aster, kao i mnoge druge. Za sve te vojne, kao i civilne programe, zajedničko je to da ujedinjene znanstvene, novčarske te infrastrukturne mogućnosti više tvrtki pa čak i zemalja dovode do uspješne realizacije vrlo složenih projekata. No ipak, zajednički projekt IBM-a i Siemensa, u ovom slučaju, nije samo od važnosti za civilne već i vojne strukture, zbog toga što, kako smo naprijed naglasili, povećanje sposobnosti modernih računala, odnosno važnih informatičkih hardverskih komponenti, dovodi do važnog povećanja sposobnosti vojnih razvojnih timova i zapovjednika na polju razvoja i uporabe modernih visokosofisticiranih oružničkih sustava. U ovakvim je slučajevima bitno da se stvori duh timskog rada kako bi se problemi na koje se nailazi tijekom razvoja otklonili što brže i djelotvornije. Tako je i prigodom zajedničkog rada na 64-Mbitnoj memoriji tijekom vremena rastao duh timskog rada te osjećaj solidarnosti u obje tvrtke. Postojanje personala visoke klase iz sastava obje tvrtke te uzajamno poštivanje također je pridonijelo odličnom "esprit de corps". Nakon nekoliko godina suradnje, može

se reći da je takav model suradnje na razvoju vrlo uspješan.

**Pogled prema naprijed.** Odlični rezultati testova provedeni na potpuno funkcionalnom prototipu 64-Mbitnog čipa pokazuju da distribucija odabranim kupcima može započeti kako je planirano. Taj korak omogućava kupcima da testiraju proizvod u najranijoj fazi te da daju prijedloge za poboljšanja i modifikacije. U isto vrijeme, kupci mogu sami sebe poistovjetiti s novom generacijom memorija te prikupiti vrijedna iskustva. Obično, neki od parametara prvih uzoraka ne odgovaraju specifikacijama. Iskustvo i znanje dobiveno od kupaca - partnera obaju tvrtki tijekom idućih mjeseci bit će inkorporirano u finalnu konstrukciju 64-Mbitnog čipa. Konstrukcija će nakon toga proći brojne testove koji će trebati potvrditi kakvoću i stabilnost "na duge staze" proizvoda i procesa.

Jednom kad je 64-Mbitni čip kvalificiran za pilot proizvodnu fazu, bit će transferiran u produkcijsku fazu. U svezi s tim Siemens je najavio da će proizvoditi 64-Mbitni DRAM te odgovarajuće logičke čipove u novom pogonu u Dresdenu. Investicija u proizvodnju novog čipa procijenjena je na milijardu dolara. Odluka u svezi s Dresdenom, stoga, zahtijeva pomno planiranje i precizan tajming, tj. proizvodnja ne smije započeti prije, a ni odviše kasno. Planira se prodaja od oko 40 milijuna 64-Mbitnih čipova širom svijeta tijekom 1997. Ako je to točno, novi čipovi trebali bi biti dostupni u znatnim količinama u drugoj polovici 1996.

Nakon ovog pregleda najnovijih rezultata na polju razvoja memorijskih čipova pogledajmo što se može u vremenu do godine 2020. očekivati na polju razvoja računalne tehnologije.

## IRAM i pikoprosesor

Vratimo se na trenutak na naprijed spomenute pojmove - preplitanje, superskalarna organizacija i usporedno procesiranje. Preplitanje, superskalarna organizacija i cache imat će i nadalje glavnu ulogu na polju napretka mikroprocesorske tehnologije, a ako se realiziraju i određene nade, pridružiti će im se i usporedno procesiranje.

Ono što osim toga privlači pozornost je da će mikroprocesori zasigurno biti prisutni u svim mogućim uređajima i napravama i to od prekidača-regulatora osvjetljenja, preko složenih informatičkih mreža, velikih plovih jedinica, složenih oružničkih sustava, pa do vrlo složenih sustava kao što su npr. veliki petrokemijski sustavi. Široki spektar primjene ovih osobitih uređaja bit će podržan podsustavima kao što je podsustav za prepoznavanje glasa ili tzv. virtualna stvarnost.

Danas se mikroprocesori i memorije izrađuju na različitim proizvodnim crtama, no to i ne mora biti tako. Možda će u bližoj budućnosti

mikroprocesori i memorije biti izrađivani na istom čipu, kao što je tijekom razvoja došlo do ugradnje različitih (prije odvojenih) komponenti na čip mikroprocesora. Da bi se suzio gap koji se javlja u komunikaciji procesor-memorija glede ukupnih performansi sustava, da bi se iskoristile prednosti usporednog procesiranja, da bi se amortizirali troškovi proizvodnih crta i da bi se, jednostavno rečeno, maksimalno iskoristio fenomenalni broj tranzistora koji može biti smješten na jedan čip, predviđam da će mikroprocesor 2020. biti u stvari kompletno računalo.

Nazovimo to računalo IRAM (engl., Intelligent Random Access Memory - inteligentna memorija sa slučajnim pristupom), jer će većina tranzistora na tom čipu biti posvećena memoriji. Međutim, dok današnji mikroprocesori imaju u svom sastavu stotine vodiča preko kojih se spajaju s eksternim memorijskim čipovi-

naglašavati, gledajući sa stajališta vojnih stratega koliki će doprinos na polju smanjenja vojnih uređaja i složenih oružničkih sustava imati smanjenje protežnosti i povećanje performansi mikroprocesora.

Današnji su mikroprocesori gotovo 100.000 puta brži od prvih računala nastalih 50-ih godina, te kad se uzme u obzir inflacija, jeftiniji su za bar tisuću puta. Ti zaista izvanredni podaci objašnjavaju zašto računalstvo danas igra tako veliku ulogu u našem svijetu. Gledajući naprijed, mikroprocesorske performanse će se i nadalje udvostručivati svakih 18 mjeseci do završetka ovog stoljeća. Nakon toga, teško je davati bilo kakve procjene u svezi s krivuljom razvoja koja je dosad nadmašila sva očekivanja. No, moguće je da ćemo vidjeti poboljšanja tijekom sljedećih 25 godina koja će biti toliko velika kao ona u posljednjih 50 godina. Ta proc-

Tablica 1: Tehnički podatci za 64-Mbitni memorijski čip

Minimalna veličina elementa	0,4 μm
Memorijska stanica	"buried-plate trench"
Kapacitivnost stanice	0,044pF ±10%
Izolacija	plitka brazda
Vodič koda	TiSi/polisilicij
Kontakt	volfram
Razine metala	3 - s dvije razine kontaktnih oslonaca
Planarizacija	KMP (kemijsko-mehaničko poliranje)
Stanica/liniji bita	128
Veličina stanice	0,875 μm X 1,775 μm (1,5 μ <sup>2</sup> )
Veličina čipa	18,07mm X 10,71mm (193 mm <sup>2</sup> )
Napon izvora napajanja	3,3 V ±0,3V
Organizacija	64 Mbit X 1; 16Mbit X 4; 8Mbit X 8; 3Mbit X 16
Funkcijski modovi	"fast page", statički stupac, samoosvježavanje, "write-per-bit"
Vrijeme pristupa (T <sub>rac</sub> )	40 ns, 50 ns, 60 ns
Napajanje	200 mA standby, 125mA radni režim (za T <sub>rac</sub> = 50 ns, 4000 ciklusa osvježavanja)

ma, IRAM-ovi će trebati samo vezu s računalnom mrežom te izvor napajanja. Svi ulazno - izlazni uređaji bit će povezani s njima preko računalnih mreža. Ako budu trebali više memorije, dobit će više procesorske snage, kao i obrnuto - aranžman koji će omogućiti zadržavanje ravnoteže između memorijskog kapaciteta i brzine procesora. IRAM-ovi su također idealni izgradbeni elementi za usporedno procesiranje. I zbog toga što će zahtijevati samo nekoliko eksternih kontakata za povezivanje, ti čipovi će moći biti iznimno mali. Možemo reći da će se tu raditi o jeftinim "pikoprosesorima" koji će biti manji od prvog Intelovog procesora 4004. Ako razvoj usporednog procesiranja bude i nadalje uspješan, to more tranzistora moglo bi također biti uporabljeno od strane više procesora smještenih na jedan čip, pri čemu bi dobili mikromultiprosesor. Tu nije potrebno posebno

jena znači da će jedno stolno računalo godine 2020. biti toliko moćno kao sva računala u "Silicijskoj dolini" danas. Pogledajmo još 25 godina unaprijed. Može se predvidjeti još jedan kvantum skok računalne snage. Dublji smisao ovakvog napretka od kojeg zastaje dah ograničen je jedino našom maštom, no o tome više u nastavku. Na kraju možemo reći da ćemo već u bliskoj budućnosti (već u početku 21. stoljeća) vidjeti koliko su procjene izrečene u ovom članku glede razvoja računalne tehnike do godine 2020. "kvalitetne".

## Što nakon 2020.?

S desetljećima inovacijskog potencijala ispred njih, konvencionalne mikroelektroničke konstrukcije dominirat će tijekom većeg dijela 21-og stoljeća. No, taj trend nije obeshrabrio



**Ključne tehnologije nastale tijekom posljednjih dvadesetak godina uz svoju potvrdu na tržištu postale su temeljna sastavnica bez koje su nezamislivi oružnički sustavi 21. stoljeća. Jedna od njih je i računalska tehnologija čijim daljnjim razvojem dolazi i do važnih promjena na polju razvoja strategije i taktike ratovanja te uz složene oružničke sustave predstavljaju temelj za razvoj modernih, visokomobilnih, profesionalnih i visokodjelotvornih oružanih snaga**

mnoge laboratorije da istražuju različite nove tehnologije koje mogu biti korisne pri dizajniranju nove generacije računalskih i mikroelektronskih uređaja. U nekim slučajevima, takvi pristupi mogu omogućiti konstrukcijama čipova da dostignu razinu minijaturizacije nedokučivu ukoliko se koriste konvencionalne litografske tehnike. Između mnogih ideja istražuju se:

- Kvantum točke i drugi jednoelektronski elementi. Kvantum točke su molekularne matrice koje omogućavaju istraživačima da "zarobe" slobodne elektrone i nadziru njihovo kretanje. Ti elementi mogu, teoretski gledano, biti uporabljeni kao binarni registri u kojima se prisutnost ili odsutnost elektrona može iskoristiti za reprezentaciju logičke 0 ili 1. Prigodom promjene na ovoj shemi, lasersko svjetlo kojim se osvijetljavaju atomi može ih prebacivati između njihovog temeljnog energetskog stanja i višeg kvantnog stanja, kako bi se prebacila vrijednost bita.

Problem izrade ekstremno malih tranzistora i ožičenja unutar mikrosklopa očituje se u tome da kvantum-mehanički učinci počinju ometati njihovu funkciju. Logičke komponente drže njihove vrijednosti 0 ili 1 manje pouzdanim jer lokacije slobodnih elektrona postaju teške za približno označavanje. Ipak ta mogućnost još može biti istražena: Istraživači instituta "Massachusetts Institute of Technology" proučavaju mogućnost razvoja kvantum računalskih tehnika, koje mogu biti kapitalizirane na neklaasičnom ponašanju elemenata.

- Molekularno računarstvo. Umjesto da izrade komponente od silicija, neki istraživači pokušavaju razviti sustave za spremanje podata-

ka koji u svom sastavu imaju biološke molekule. Robert L. Brige sa sveučilišta Syracuse, je na primjer, eksperimentirao s "računalnim potencijalom" molekula povezanih s bacteriohodopsinom, pigmentom koji mijenja svoju konfiguraciju kao odgovor na djelovanje svjetla. Jedna od prednosti takvih molekula je i ta da one mogu biti uporabljene u tzv. optičkom računalu, u kojem tok fotona treba zauzeti mjesto elektrona. Druga prednost je da mnoge od tih molekula mogu biti sintetizirane pomoću mikroorganizama, radije nego da budu fabricirani u tvornici. Prema nekim procjenama, fotonski aktivirane biomolekule mogle bi biti povezane u troprotežni memorijski sustav koji bi mogao imati kapacitet 300 puta veći nego što ga imaju današnji CD ROM-ovi.

- Nanomehanička logička vrata. U ovim sustavima, tanke zrake ili vlakna široka samo koliko je "širok" jedan atom mogu biti fizički pomaknuti, kako bi "iznijeli" logičke operacije.

- Reverzibilna logička vrata. Kako gustoća komponenti u čipu raste, odvođenje toplote koja nastaje funkcioniranjem elektroničkih krugova postaje sve složenije. Istraživači u tvrtki Xerox PARC, IBM-ovom istraživačkom središtu "Thomas

J. Watson" te u drugim laboratorijima, su stoga provjeravali mogućnost povratka kondenzatora u njihovo originalno stanje na kraju računanja. Zato jer reverzibilna logička vrata mogu u stvari ponovno uhvatiti nešto od utrošene energije, ona mogu generirati manje suvišne toplote.

## Zaglavak

Što je u stvari bio cilj ovog napisa? Cilj je prilično jasan. Upoznati čitateljstvo sa složenosti razvoja temeljnih elemenata najsuvremenijeg elektroničkog uređaja na svijetu - računala. Računalo je izum 20-og stoljeća koji je iz temelja izmijenio zakonitosti u svijetu gospodarstva, trgovine, kulture, prometa, znanosti kao i oružanih snaga svake zemlje na našoj planeti. Stoga je posebno važno istaknuti - složenost tehnološkog razvoja poluvodičkih komponenti o čijim performansama najviše ovise ukupne performanse nekog računalskog sustava. Daljnjim razvojem računalske tehnologije dolazi i do

značajnih promjena na polju razvoja strategije i taktike ratovanja koje uz složene oružničke sustave predstavljaju temelj za razvoj modernih, visokomobilnih, profesionalnih i visokoučinkovitih oružanih snaga. Da bi se postigle takve kakvoće potrebno je prije svega povezati tri bitna elementa - vrijeme, prostor i informaciju. No, da bi se došlo do povezivanja tih elemenata potrebni su odgovarajući informatički, komunikacijski i oružnički sustavi, kao i, naravno, odgovarajuće izučeno ljudstvo. Oružnički sustavi su dio tog lanca preko kojeg se najlikovitije može opisati uloga razvoja tehnologije mikroelektronike koja je, naravno, usko povezana s ovim i prošlim napisom. O ulozi mikroelektronike u suvremenim oružničkim sustavima bit će više riječi u sljedećim člancima u kojima će na primjerima biti opisana važnost razvoja te tehnologije i njezine primjene u suvremenim vojskama svijeta. EJ



**AVIREX®**  
PILOTSKE  
KOŽNE JAKNE  
(BOMBER JACKETS)

- ORIGINALNE KOŽNE JAKNE
- OSTALI AVIREX PROIZVODI
- UVOZNIK I OVLAŠTENI DISTRIBUTER
- MALOPRODAJA I VELEPRODAJA

# 2103 B-3  
General Patton

NOVI  
**'SKIN'**  
AUTHORIZED DEALER

OŽEGOVIĆEVA 19  
ZAGREB

TEL./FAX  
**01/239-5821**

# TRANSPORTNI VRTOLETI:

## Mobilnost za kopnene snage

Tijekom protekla tri desetljeća vrtoleti su postali nezaobilazno transportno sredstvo u oružanim snagama mnogih zemalja



*U SAD se trenutno sredstva namijenjena za razvoj novih transportnih helikoptera najviše troše na projekt letjelice s zakretnim rotorom Bell-Boeing V-22 Osprey*

**Ivan MARIĆ**

**U** ovom dobu transportni vrtoleti su nezaobilazni dio logističkih sustava mnogih oružanih snaga u svijetu. Zato se može očekivati kako će mnogi korisnici u idućim godinama poduzeti mjere za modernizaciju postojećih odnosno nabavku novih transportnih vrtoleta svih kategorija, od letjelica sposobnih za transport odjeljenja od 12 vojnika pa do divova sposobnih za nošenje tereta težine 10 i više tona. S obzirom na to, korisnici zahtijevaju poboljšane performanse; kod planiranja nabave najvažnija značajka transportnih vrtoleta su pouzdanost i mogućnost održavanja (**reliability and maintainability, R&M**). Vrtoleti su inherentno kompleksne letjelice, s mnogim kritičnim komponentama izloženim visokim opterećenjima. Izvode misije s kratkim

preletima, pri uzlijetanju i slijetanju krakovi rotora stvaraju oblake prašine u kojima se nalaze čestice zemlje čijim usisavanjem može doći do oštećenja motora, a moraju se održavati u provizornim bazama postavljenim u blizini bojišnice. Kao rezultat svih navedenih faktora, veliki dio operacijskih troškova transportnih vrtoleta čine njihovo održavanje i popravci, pa ako se iste misije mogu izvesti s manjim brojem vrtoleta (kao posljedica njihove povećane pouzdanosti), to će smanjiti i troškove.

Većina vrtoleta (za razliku od mnogih zrakoplova) modularnog je dizajna. Komponente koje određuju njihove performanse i R&M značajke, poput pogonske skupine i sustava transmisije, odvojene su komponente postavljene izvana na zmaj vrtoleta. Dok se samo nekoliko zrakoplova dizajnira s unaprijed donijetom odlukom o izmje-

nama pogonske skupine tijekom proizvodnje, glavina vojnih vrtoleta isporučena je u različitim verzijama s novim ili znatno modificiranim motorima i rotorskim sustavima (obitelj vrtoleta Bell UH-1 Huey ovdje je postavila rekord, s pet različitim pogonskih skupina i četiri različita rotorska sustava).

Traži se i poboljšanje avionike. Buduće kopnene bitke vodit će se brzim operacijskim tempom, a u takvim uvjetima precizni navigacijski podatci i pouzdane komunikacije postaju neizbježna potreba. Sve više i više vrtoleti će dobivati integrirane navigacijske i sustave kontrole leta, sustave za noćno motrenje i ciljanje (npr. NVG uređaje), FLIR senzore i samoobrambene sustave (npr. izbacivače radarskih i IC mamaca, ometače idr.). Takva oprema omogućava izvođenje i drugih zadaća osim transportnih (npr. borbena traženje i spašavanje).

Loša vijest za proizvođače novih vrtoleta je da se sva navedena oprema može ugraditi u starije modele u programima modernizacije; rezultat je poboljšani i modernizirani vrtolet koji ima većinu značajki i prednosti novonapravljenog, posebice u kritičnom R&M području. U vremenima ograničenih proračuna poboljšanja se mogu promatrati kao preferirana opcija, umjesto pokretanja potpuno novih projekata vrtoleta. To je možda razlog što su trenutačno u svijetu u razvoju samo dva srednja/velika transportna vrtoleta i jedna nekonvencionalna letjelica s okomitim uzlijetanjem i slijetanjem; no ni ova dva projekta vrtoleta vjerojatno ne bi ni postojala da se ne razvijaju i kao višenamjenske letjelice koje se mogu rabiti s brodskih platformi.

mena), ali nakon 15 godina modernizirani vrtolet zastarjet će, dok će novonabavljeni vrtolet još uvijek imati dostatan razvojni potencijal.



## Bell-Boeing V-22 Osprey

U SAD se sredstva namijenjena za razvoj novih transportnih vrtoleta većim dijelom troše na projekt letjelice sa zakretnim rotorom **Bell-Boeing V-22 Osprey**, čiji se razvoj nakon mnogih problema privodi kraju. U prosincu 1996. treba poletjeti sedmi V-22, prva od četiri letjelice što će se rabiti u ispitnom letnom programu koji će voditi do pune produkcije Ospreya (preostale tri letjelice trebale bi poletjeti u prvoj polovini 1997.). Može se reći kako je ovo za V-22 novo razdoblje. U travnju 1983. godine Bell i Boeing dobili su ugovor za preliminarni dizajn V-22, a u svibnju 1986. počeo je sedmogodišnji program punog razvoja. Prvi prototip poletio je u ožujku 1989.

No, nije sve išlo po planu: peti V-22 izgubljen je na prvom letu u lipnju 1991., a četvrti primjerak izgubljen je godinu dana kasnije, što je dovelo do jednogodišnjeg prekida ispitivanja u letu. Osim tehničkih problema, daljnjoj budućnosti programa

*Bell UH-1N (4BN) predstavlja dosad najambiciozniji program modernizacije vrtoleta UH-1 Huey. Modernizacija obuhvaća postavljanje sljedećih komponenti: 1 četverokraki repni rotor; 2 APU; 3 dva turboosovinska motora General Electric T700-GE-401; 4 kompozitni četverokraki glavni rotor; 5 trup produljen za 255 mm; 6 modificirana struktura pilona; 7 poboljšano podvozje; 8 novi sustav transmisije; 9 učinkovitije kormilo visine*



*Modernizacijom u sklopu programa ICH, CH-47D mogao bi ostati u službi i do 2020.*

U donošenju odluke o modernizaciji mora se pažljivo odvagnuti - niža R&M cijena novih modela mora se usporediti s atraktivnom mogućnošću modernizacije starih vrtoleta (ono što u prvi mah izgleda kao dobra mogućnost modernizacije, nakon pomnijeg proučavanja može se pokazati nezadovoljavajućim zbog više cijene R&M troškova moderniziranog u odnosu na novi vrtolet). Ne treba podcijeniti ni probleme koji su neizbježni kod novih letjelica (i za čije uklanjanje treba vre-

zaprijetio je sukob tadašnje administracije predsjednika Georgea Busha i Kongresa. Ministar obrane želio je otkazati V-22, dok su ga predstavnici Kongresa branili. Kongres je uspio osigurati nastavak ispitivanja Ospreya u letu, ali je administracija i nadalje blokirala početak serijske produkcije malog obujma. Prekretnica je nastupila 1992., kad su oba predsjednička kandidata pružila potporu Ospreyu, te je program obnovljen. Većina primjeraka prve serije prototipa nastavila je s let-

nim ispitivanjima (između ostalog, V-22 prvi put javno predstavljen na međunarodnoj zrakoplovnoj izložbi u Parizu prošle godine pripada toj seriji), ali sada je težište na programu usmjerenom prema redukciji mase letjelice i proizvodne cijene. Sredstva za program su osigurana (u FY96 osigurano je 43.5 milijuna dolara, što je dio dugoročnih fondova za početak proizvodnje prvih pet serijskih primjeraka V-22). Ranija ideja o zamjeni V-22 s konvencionalnim vrtoletom izgubila je tako svaku potporu koju je prije uživala u vojnim krugovima, predsjedničkoj administraciji i Kongresu. Sikorsky je prestao ulagati napore za prodajom svog vrtoleta S-92 Marinskom korpusu, a McDonnell Douglas (koji je nabavio prava proizvodnje i prodaje EH 101 u SAD kada je Velika Britanija kupila AH-64D Apache Longbow prošle godine) također je prestao nuditi EH 101 marincima.

Dizajnerskim promjenama u novoj konfiguraciji uklonjena je približno jedna tona prazne mase letjelice i smanjena cijena zmaja. Glede cijene jednog Ospreya, cilj je postizanje cijene po jednom primjerku osnovne transportne verzije (bez potpore, tzv. flyaway cijena) od 29.41 milijuna

**Američki UH-60 Black Hawk sada je jedan od najrasprostranjenijih vojnih tarnsportnih vrtoleta**



dolara; na samom početku programa tražila se cijena od 41.8 milijuna dolara. Kongres je uz to zatražio od Pentagona da prouči mogućnost daljnjeg smanjivanja cijene povećanjem godišnje produkcije na 36 letjelica. Ta bi mjera povećala godišnje troškove programa, ali bi dugoročno pridonijela smanjenju troškova (manjom cijenom po primjerku V-22 te uštedama koje bi se postigle povlačenjem iz uporabe starijih vrtoleta). Od ostalih promjena tu je redizajnirani kokpit koji treba

**Usprkos sposobnosti nošenja velike količine tereta, ruski Mi-26 nije se uspio probiti na svjetskom tržištu zbog visokih operativnih troškova (jedini strani kupac je Indija)**



smanjiti opterećenje dvočlane posade u kritičnim fazama leta; kokpit je redizajnirao Boeing ugrađivši Honeywellove kontrole i displaye (na središnjem dijelu kokpita nalazit će se novi pokazivač za prikazivanje podataka o smjeru leta, izrađen primjenom tehnologije tekućih kristala (LCD) koji će se moći koristiti s NVG-naočalama za noćno motrenje; prije su ti podatci bili prikazivani na multifunkcionalnim displayima /po jedan za svakog člana posade/ što se pokazalo nezgodnim jer su se piloti tužili na preopterećenje u prikazu podataka). Honeywell je osigurao i novu kontrolnu jedinicu i sustav za uzbuđivanje posade u slučaju poremećaja rada motora (tzv. CDU/EICAS sustav). Jedinica je utemeljena na 15x20 cm kolor LCD displayu, te dva manja LCD displaya, a rabić će se za prikazivanje podataka o navigaciji, komunikaciji i pogonskoj skupini. Ostale promjene avionike uključuju ugradnju Hughesovog FLIR sustava trećg naraštaja s (time će se eliminirati sustavi za mehaničko skeniranje prisutni kod drugog naraštaja FLIR uređaja, a kako će novi FLIR pokrivati veći spektar, od dnevnog svjetla do IC zračenja srednje frekvencije, time će se postići bolje performanse uz manje aperture). Prva primjena te nove tehnologije bit će FLIR sustav AN/AAQ-16B na V-22.

Različite komponente ugrađene u letjelicu redizajnirane su ili građene od različitih tvoriva da bi se smanjila masa i produkcijski troškovi.

Predstavnici tima Bell/Boeing priznaju da je V-22 skuplji od vrtoleta opremljenog s prostorom za prijevoz putnika/tereta iste veličine, ali ističu kako standardna oprema uključuje mnoge sustave koji normalno nisu prisutni na vrtoletima (FLIR, radar za praćenje kontura terena, priključak za punjenje gorivom u zraku, moderni kokpit s NKB zaštitom, uređaji za smanjivanje IC zračenja na ispusima motora), te kako su napravljene promjene omogućile postizanje prosjeka od 5.5 sati održavanja za svaki sat leta, što predstavlja samo nešto više od jedne trećine vremena potrebitog za održavanje vrtoleta CH-46B.

U usporedbi s ostalim američkim vrtoletima, V-22 dizajniran je da minimalizira osjetljivu površinu izloženu protivničkoj paljbi, što je izvedeno odvajanjem i dupliciranjem kritičnih komponenti: osjetljiva površina na V-22 koju može pogoditi jedno zrno kalibra 23 mm je ista kao i kod manjeg vrtoleta Sikorsky H-60, iako je Osprey znatno veći. U slučaju da se ostvari najgori scenario V-

22 dizajniran je tako da članovi posade i putnici koji se nalaze u njemu izdrže pri padu vertikalni udarac pri brzini od 11 m/s. Pri tome će se krila prelomiti u smjeru suprotnom od trupa, podvozje će usporiti trup letjelice pri padu, a sjedala

će se pomaknuti prema dolje za 23 cm pomažući time ublažavanju snage udarca.

Prema sadašnjim planovima Marinski korpus namjerava nabaviti 425 MV-22 koji će zamijeniti sadašnje srednje transportne vrtolete CH-46 i teške transportne vrtolete CH-53D. Američka mornarica planira kupiti 48 primjeraka verzije HV-22 za misije borbenog traženja i spašavanja, a zračne snage 50 CV-22A namijenjenih za pružanje potpore specijalnim operacijama (stoga će verzija CV-22A dobiti dodatne spremnike goriva, radar za praćenje kontura terena te različite računare za izvođenje misija, dok će preostala oprema biti istovrsna kao i na drugim verzijama). Prvi Osprey (koji će se naći u marinskim postrojbama) trebali bi biti operativni 2001.

## Modernizacija Hueya i ostalih američkih vrtoleta

I dok američki Marinski korpus zamjenjuje svoju flotu srednjih transportnih letjelica s Ospreyem koji je bez sumnje najnaprednija letjelica s rotorima na svijetu, osnovni taktički transportni vrtolet u sastavu korpusa ostat će model čiji je razvoj započeo prije gotovo 40 godina - čuveni **Bell UH-1 Huey**. Marinski korpus već nekoliko godina planira zadržavanje borbenih vrtoleta **AH-1W (4BW) "Whiskey Cobra"** u službi do 2020. Zato će se 180 AH-1W biti opremljeno novim sustavom transmisije, četverokrakim rotorom bez šarki (tzv. bearingless rotor) i novim repnim rotorom. Ovaj program sada je proširen i uključuje 100 dvomotornih transportnih vrtoleta UH-1N, koji će dobiti iste motore kao Cobre (General Electric T700 umjesto sadašnjeg motora Pratt & Whitney T400 Twin Pac), isti rotorski sustav, transmisiju i repnu gredu. Prednji dio trupa bit će malo produljen zbog pomicanja gravitacijskog središta letjelice.

Poboljšani **UH-1N (4BN)** je radikalno poboljšan u odnosu na starije verzije Hueya, s maksimalnom uzletnom masom za 80 posto većom, te dvostruko većim korisnim teretom i količinom goriva u spremnicima. Krstareća brzina bit će 274 km/h (umjesto 185 km/h kod starijih modela), imat će 50 posto veći dolet, te mnogo bolje manevarske sposobnosti. S uzletnom masom od 8.4 t, UH-1N (4BN) bit će najveća verzija Hueya, čak veća od Bella 214ST razvijenog za Iran.

Do kraja ove godine treba početi puni razvoj 4BN i 4BW, a prvi primjerci oba vrtoleta trebali bi poletjeti potkraj 1999. Početne isporuke transportnog 4BN uslijedile bi početkom 2002. godine a puna produkcija krajem 2003. Postoji mogućnost modernizacije i jednomotornih UH-1H; taj prijedlog mogao bi biti privlačan i stranim korisnicima borbenih AH-1W, poput Tajvana i Turske.

Ostali programi povezani s transportnim vrtoletima u američkoj vojsci su skromni kad se usporede s marinskom nabavom V-22. Zrakoplovstvo kopnene vojske je reduciralo svoje



planove za kompletno nove motore i rotore teških transportnih vrtoleta **CH-47 Chinook** zbog smanjenja proračuna, i sada predlaže razvoj nove modernizirane inačice Chinooka nazvane **ICH (Improved Cargo Helicopter, poboljšani teretni vrtolet)**, čime bi se Chinook zadržao u

*Kako američka vojska nema potrebe za vrtoletom Sikorsky S-92, taj vrtolet pokušat će ostvariti uspjeh na međunarodnom tržištu*



službi do 2020. Razvoj bi trebao započeti 1998., a prvi prepravljani CH-47 bili bi isporučeni 2002. godine. Bila bi moguća modifikacija 300 od 430 CH-47 (po dva mjesečno). Taj program trebao bi se odvijati u dvije faze. Prvo bi bili poboljšani motori s modifikacijskim kompletima (modifikacija sadašnjih motora T55-L-712 kojima su opremljeni CH-47D, na znatno jače i ekonomičnije T55-GA-714A, koji bi u vrućim klimatskim uvjetima na velikim visinama razvijali 20 posto više snage); to bi koštalo 1.1 milijardu dolara, a omogućio bi se transport haubice M198 na udaljenost od 55 km (let na visini od 1220 m, pri temperaturi od 35°).

U okviru ICH programa Boeing bi ojačao zmajevе Chinooka (što bi koštalo 2.2 milijarde dolara) i modernizirao avioniku (između ostalog ugradnjom sabirnice podataka MIL-STD-1553B, te eventualno modernizacijom kokpita). Boeing rabi jedan CH-47 i za pokuse usmjerene na smanjivanje vibracija, pri čemu su po riječima predstavnika kompanije postignuta "znatna poboljšanja". Bolji računalski modeli za proučavanje efekata rezonancije odredili su područja strukture koja treba

*sprobavanje Kamana K-MAX na brodovima američke mornarice izvedeno je tijekom 1995.*



**Kompanija Bell nastavlja s proizvodnjom zadnje verzije Hueya, Model 412EP (na slici je kanadska verzija CH-146 Griffon)**

ojačati čime bi se vibracije smanjile na tim područjima za 50 posto. Ispitane su i aktivne mjere za smanjivanje vibracija, čijom primjenom se može smanjiti masa vrtoleta za 225 kg uklanjanjem pasivnih apsorbira.

Ostale opcije modernizacije koje je predložio Boeing uključuju novu glavu rotora s elastometričnim ležajevima, komplet koji će olakšati uklanjanje stražnjeg nosača (i koji je jednostavno transportirati zrakom) i novi pod tovarnog prostora napravljen od kompozitnih tvoriva koji se može brzo podesiti za transport vozila ili paleta s teretom). Na internacionalnoj sceni Boeing je isporučio šest novih CH-47D Singapuru (ti vrtoleti sada su u Teksasu zbog operativnog uvježbavanja posada s postrojbama američke Nacionalne garde). Četiri modernizirana CH-47D isporučena su Australiji, a japanski Kawasaki nastavlja s produkcijom CH-47D u Japanu.

I Kraljevske nizozemske zračne snage dobile

su šest novih CH-47D; prvi od tih vrtoleta dobio je novi moderni kokpit (što je do sada bila značajka samo specijaliziranih MH-47E). Boeing se priprema za produkciju dodatnih 14 Chinooka za potrebe britanskog RAF-a, i natječe se s Eurocopterom i EHI-jem u Kanadi za narudžbu 15 vrtoleta koji bi zamijenili kanadske CH-113 Labradore u misijama traženja i spašavanja.

Usprkos svojoj starosti, Chinook dominira područjem teških transportnih vrtoleta, bez obzira što ruski Rostvertol nastavlja nuditi vrtolet **Mil Mi-26** po niskim cijenama (to vjerojatno nisu novo-proizvedeni primjerci, već ranije napravljeni a neprodani Mi-26). Do sada je Rostvertol imao malo uspjeha, zbog visokih operativnih troškova Mi-26. Jedini zapadni vrtolet veći od CH-47 je **Sikorsky CH-53E Super Stallion**. CH-53E nikada nije bio izvožen, iako se nastavlja njegova produkcija (ali u malom broju primjeraka) za američki Marinski korpus a potencijalni strani kupci (npr. Njemačka) se



**Najveći transportni vrtolet izvan SAD i Rusije je EH101**

i dalje izvješćuju o statusu programa.

## Black Hawk i ostali američki projekti

Serijska proizvodnja srednjeg višenamjenskog vrtoleta Sikorsky **UH-60 Black Hawk** za potrebe američkog zrakoplovstva KoV nastavlja se. Iako su planovi predviđali zaustavljanje produkcije nakon FY96, od toga se odustalo i u planu za FY97 uključena je narudžba 36 Black Hawka (kao prvi dio nove narudžbe od 172 primjerka, koja će se realizirati tijekom nekoliko narednih godina). Taj korak omogućit će kompaniji Sikorsky nastavak natjecanja na međunarodnom vrtoletskom tržištu (npr. u natječaju u Kuvajtu).

Od UH-60 koji će se isporučiti 1997., 28 primjeraka bit će za američko zrakoplovstvo KoV (s turboosovinskim motorima General Electric T700-GE-701C, istim koji su ugrađeni i na AH-64D Apache, i novim sustavom transmisije), a 8 će biti MH-60G Pave Hawk koje će nabaviti USAF za potrebe borbenog traženja i spašavanja. Američka mornarica bi mogla naručiti novu verziju **CH-60**, radi zamjene CH-46 u ulozi transportnih VERTREP vrtoleta (VERTREP - vertical replenishment, odn. opskrba ratnih brodova na moru prenošenjem potrebitog tereta vrtoletima). Nova bi verzija bila temeljena na UH-60L (koji bi dobio opremu kakvu nose mornaričke verzije SH/HH-60; dugoročno bi se tražila nabava oko 80 CH-60, a odluka o razvoju trebala bi se donijeti do kraja godine.

U SAD se izrađuju i tri vrtoleta koji imaju i mogućnost vojne primjene, a koji nemaju izravnu Pentagonovu potporu. Prvi je **Sikorsky S-92**, koji predstavlja izdanak serije Black Hawk. S-92 predstavlja kombinaciju povećanja performansi i novog zmaja letjelice, bez ograničenja protežnosti što je bio zahtjev kopnene vojske SAD pri razvoju Black Hawka (mogućnost nošenja strategijskim transportnim zrakoplovom C-141 uz minimalno rasklapanje). Razvoj S-92 sponzoriraju Sikorsky i njegovi partneri (Mitsubishi Heavy Industries, Aerospace Corporation iz Tajvana, Gamesa iz Španjolske, EM-BRAER iz Brazila i kineski CATIC). Kako je dizajn evoluirao, S-92 i Black Hawk su se sve više razlikovali (npr. S-92 imat će kompletno novu transmisiju i glavu rotora). Prvi let S-92IU (International Utility) očekuje se potkraj 1998., a na međunarodnom tržištu bi se S-92 natjecao s Cougarom i NH90.

Američka vojska nema interesa za kupnju S-92, ali već duže vrijeme traži povećanje performansi UH-60, uključujući i sposobnost podizanja tereta od 4100 kg u standardnim letnim uvjetima (visina leta od 1220 m pri temperaturi od 35°C). Buduće verzije UH-60 mogle bi biti opremljene turboosovinskim motorom CT7-8 i kompozitnim kracima rotora s većom tetivom razvijenim za S-92 (Sikorsky razmatra načine modificiranja cijele flote UH-60 na ovaj standard).

Drugi privatni projekt u SAD s potencijalnom vojnom primjenom je Kamanov K-MAX.

Temeljen je na Kamanovom dizajnu s "preplićućim" (intermeshing) rotorima (zadnji put korištenom na transportnom vrtoletu Kaman HH-43 Huskie, konstruiranom u 50-im godinama). K-MAX je dizajniran za podizanje tereta težine do 2.7 t uz najmanju moguću cijenu troškova po satu leta. Stoga što nema gubitka snage radi pokretanja stražnjeg rotora i činjenice kako je moguća primjena većih krakova rotora, takav vrtolet je učinkovitiji u okomitom letu. Uzak trup i ispučena kabina dopuštaju samo jednom pilotu dobar pogled prema dolje ili prema bokovima letjelice. Dva K-MAX vrtoleta kompletirala su dvomjesečne VERTREP demonstracije za američku mornaricu između kolovoza i listopada prošle godine, uzlijećući s brodova za potporu *Saturn* i *Sirius* i nosača zrakoplova USS *Enterprise*. Ukupno je izvedeno 287 sati leta, preneseno je 3157 tereta ukupne težine gotovo 4600 t (prosjeck jednog tereta bio je 1450 kg za svakih



5.4 minuta provedenih u zraku). Taj uspjeh potaknuo je Zapovjedništvo za vojni pomorski transport (Military Sealift Command) da dodijeli Kamanu novi 30-dnevni ugovor za dodatnu demonstraciju dva K-MAX, s opcijom produžavanja za 180 dana. Kaman predlaže da američka mornarica iznajmi K-MAX vrtolete umjesto da ih kupi. K-MAX vrtoleti bi bili smješteni na neborbenim pomoćnim brodovima za opskrbu, dok bi na borbenim brodovima bili CH-60.

Bell nastavlja na međunarodnom tržištu s prodajom zadnjega novoizrađenog derivata Hueya, **Model 412EP**. Ovaj vrtolet ima četverokraki glavni rotor i motor PT6B-3D Twin Pac. Glavna razlika nove verzije u odnosu na prijašnje je 10 postotno povećanje snage motora što je ostvareno primjenom usavršenih tvoriva u izradi turbine. 412EP opremljen je i dvostrukim digitalnim autopilotom. Bell isporučuje verziju tog vrtoleta 412CF Kanadi (gdje je dobila ime **CH-146 Griffon**). CH-146 ima redizajnirani integralni sustav avionike (koji isporučuje kanadska podružnica Marconia), a može se opremiti ometačima, disperzerima mamaca i FLIR-om. Prvi od 100 naručenih Griffona isporučen je u listopadu 1994.,

**NH90, prvi transportni vrtolet s FBW sustavom; u naoružanje treba ući početkom XXI. stoljeća**

a vrtolet se nudi i Australiji.

## Ostali proizvođači

Najveći transportni vrtolet izvan područja SAD i Rusije je **EH101**. Narudžba RAF-a za 22 primjerka višenamjenske verzije EH101 predstavlja prvo pojavljivanje tog vrtoleta na međunarod-

ročnu strategiju predavljanja i prodaje EH101: razvoj mornaričke verzije pokrio je razvojne troškove i osigurao produkciju za potrebe Italije i Velike Britanije u nekoliko sljedećih godina. Idući korak bio bi pojava višenamjenske verzije potkraj 90-ih.

I sljedeći europski vrtoletski program slijedi obrazac EH101 - vrtolet **NH90** razvija se simultano u mornaričkoj i kopnenoj višenamjenskoj verziji.

### Taktičko tehničke osobine najpoznatijih transportnih vrtoleta

tip	status	motori/snaga(kW)	masa(prazan/uzletna/teret; kg)	dolet (km)/teret (kg)	protežnosti kabine (duljina, visina, širina; m)	broj vojnika
Bell 412EP	u proizvodnji	1xPT6T-3D/1343	3402/5398/2040	650/1400	2.34/1.24/2.44	13
Bell UH-1N(4BN)	u uporabi od 2002.	2xT700-GE-401/1285	5.024/8.390/2.330	640/2330	2.6/1.24/2.44	13
Bell-Boeing V-22	u uporabi od 2000.	2xT406-AD-400/4586	14.460/24.947/9070	2250/5443	7.37/1.83/1.8	24
Boeing CH-47D	ICH modernizacija	2xT55-GA-714A/2984	10.184/22.680/11.790	300/7250	9.2/1.98/2.51	44
EHI EH101	u uporabi od 1998.	3xRTM332/1724	8.618/14.288/4.309	1019/6000	6.5/1.83/2.39	35
Eurocopter Cougar	u proizvodnji	2xMokila 1A2/1376	4900/11.200/5000	920/3000	7.87/1.45/1.8	28
Kaman K-MAX	u proizvodnji	1xT5317A-1/1010	2313/5216/2720	433/1800	-/-/-	1
Mil Mi-26	u uporabi	2xD-136/8380	28.200/49.500/20.000	800/20.000	12.295/3.25	85
NHI NH90	u uporabi 2005.?	2xRTM322/1724	5400/8700/2500	500/2000	4.8/1.58/2	20
Denel Oryx	u uporabi	2xTopaz/1400	4350/8000/2220	415/2220	6.05/1.55/1.8	16 ili 20 (bez sjedala)
Sikorsky S-92	poletjet će 1998.	2xCT7-8/1416	6743/12.018/4535	890/2000	5.67/1.83/2	22
Sikorsky UH-60L	u uporabi	2xT701-GE-701C/1395	5363/10.658/4082	600/2500	3.84/1.37/2.34	13

nom tržištu. Prodajom upravlja Agusta i GKN Westland. EH101 se nudi na nekoliko natječaja u svijetu, a dugoročno se može očekivati dodatna narudžba Velike Britanije radi zamjene transportnih vrtoleta Sea King Mk4 u britanskoj mornarici.

S mogućnošću prijevoza 30-35 putnika (odnosno cijelog potpuno opremljenog voda vojnika) EH101 predstavlja letjelicu koja zauzima na tržištu mjesto između srednjih vrtoleta poput Black Hawka i Cougara, te teškog CH-47. S tri motora, visokom brzinom krstarenja i velikim doletom, idealan je za operacije iznad vode, s naglaskom na mogućnost kompletiranja misije u slučaju otkaza rada jednog motora. Ostala svojstva

Mornarička verzija dobila je naziv NFH (Naval Frigate Helicopter), a kopnena TTH (Tactical Transport Helicopter). Prvi od pet prototipa NH90 poletio je 18. prosinca 1995. NH90 je prvi transportni vrtolet s FBW kontrolnim sustavom, a ako se budu poštovali razvojni rokovi njemu će i pripasti čast da bude prvi takav vrtolet koji će ući u operativnu uporabu. Trup NH90 izrađen je potpuno od kompozita, s zakošenim bokovima i zaklonjenim uvodnicima zraka motora radi smanjivanja radarskog odraza, a pretpostavlja se da će serijski izrađeni primjerci imati i određene mjere smanjivanja radarskog odraza glave rotora napravljene od titana. NH90 može upravljati jedan pilot u bilo kojim letnim uvjetima.

Prvi prototip bio je minimalno opremljen, a drugi (koji treba poletjeti do kraja ove godine) koncentrirati će se na ispitivanja FBW sustava. Treći prototip počeo će s ispitivanjem sustava avionike 1997. TTH i NFH prototipi poletjet će sredinom 1998., a godinu dana kasnije uslijedio bi ugovor o produkciji (dotad trebaju biti dogovoreni detalji poput raspodjele poslova, rokova isl.). Zbog proračunskih rezanja zrakoplovstvo francuske KoV odgodilo je nabavu NH90 do 2008., ali druga dva sudionika u programu traže svoje NH90 ranije - Nizozemska 2002. a Njemačka 2003. Za sada je predviđena

produkcija 726 NH90, od čega bi 544 primjerka bila TTH verzije.

Konzorcij NH Industries koji razvija NH90 predstavlja izdanak konzorcija Eurocopter, s manjinskim udjelom Aguste. Ako GKN Westland otkupi dio talijanske Aguste, svi europski proizvođači vrtoleta našli bi se pod jednim krovom. To bi povećalo šanse da RAF kao zamjenu za transportni



**Transportne vrtolete Mi-8/17 trebao bi u proizvodnji zamijeniti novi Mi-40, ali zbog nedostatka sredstava cijeli razvojni program je trenutačno na ledu**

EH101 - uključujući integrirani digitalni sustav avionike - iskazuju potrebe koje će pred vrtolete postavljati u 21. stoljeću, a visoke performanse su idealne za akcije borbenog traženja i spašavanja. EH101 ima isti presjek kabine kao i veći Chinook, što mu omogućuje nošenje vozila u unutarnjem prostoru, a ugrađen je motor kakav imaju i Black Hawk i NH90. Westland i Agusta planiraju dugo-



*Usprkos svojim dobrim osobinama, vrtoleti poput npr. indijskog ALH-a, južnoafričkog Oryxa ili poljskog W-3 Sokola (na slici) nemaju šansi za veći izvozni uspjeh zbog jake konkurencije velikih američkih i europskih proizvođača*

vrtolet Puma nabavi NH90.

Sam Eurocopter nastavlja s razvojem transportnog vrtoleta **Cougar**. Sadašnja verzija Cougar Mk2 predstavlja zadnji izdanak obitelji vrtoleta Puma, originalno dizajnirane početkom 60-ih (sve vojne verzije nakon 1991. godine dobile su naziv Cougar, a ime Super **Puma** zadržano je za komercijalne varijante). Kokpit Cougara Mk2 je moderni tzv. "glass" (stakleni) kokpit (pod tim nazivom se krije pojam kokpita opremljenog višenamjenskim prikazivačima, opremom za noćno gledanje isl.), vrtolet je opremljen potpuno integriranim dualnim digitalnim sustavom kontrole leta, a krakovi rotora izrađeni su od kompozitnog tvoriva. Spheriflex glava rotora ima fleksibilne spojeve u kompresiji umjesto podmazivanih ležajeva, a ima i traku izrađenu od kevlaru koja apsorbira sva centrifugalna opterećenja i sprječava raspadanje glave rotora kad je oštećen paljbom streljačkog oružja. Verzija AS.532 Cougar (nudi se u standardnoj verziji U2, i u verziji A2 s mogućnošću postavljanja naoružanja) ima povećanu kabinu (što je odlika i verzije AS.532 UL) i može ponijeti do 28 vojnika. Snaga motora je pojačana (na 1573 kW u slučaju potrebe za većom snagom u kritičnim situacijama).

Glede narudžbi, Cougar je zdrava zvijer. Za Kraljevske nizozemske zračne snage u travnju 1996. isporučen je prvi od naručenih 17 komada, a ove godine Španjolska je naručila 15 Cougara koji će biti isporučeni između 1998. i 2003. Eurocopter očekuje prodaju još 100 Cougara do početka 1997., uključujući 30 za Tursku i oko 40 za Saudijsku Arabiju.

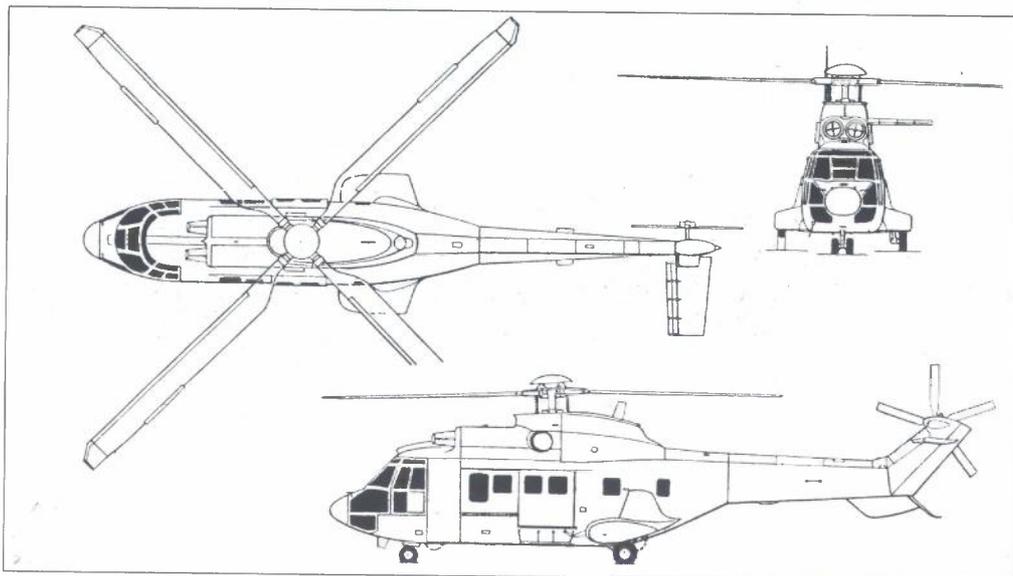
Performanse i učinkovitost vrtoletu poput Black Hawka i Cougara, i poboljšanja koja obećavaju novi modeli poput NH90 i S-92, marginalizirali su rusku vrtoletsku industriju. Ni reorganizacija najvećeg ruskog proizvođača Mila u

tri dijela (Rostvertol, tvornica u Rostovu gdje su se izrađivali Mi-24 i Mi-26; Kazan, gdje se izrađuju Mi-8 i Mi-17; konstrukcijski biro Mil) nije popravila nezavidnu situaciju. Proizvodnja **Mi-17** (zadnje verzije Mi-171) još traje, iako dizajn danas već pokazuje svoje godine; predloženi modernizirani Mi-17 kojeg je Mil trebao proizvoditi s južnokorejskom kompanijom Daewoo (i koji je najavljen 1994.) nije se do sada ostvario. Najnoviji Milov dizajn transportnog vrtoletu je **Mi-40**, ali odkako je prije nekoliko godina prikazan projekt i model novog vrtoletu, čini se kako je Mi-40 u stanju mirovanja.

Na tržištu postoji još nekoliko modela transportnih vrtoletu (poljski **PZL Swidnik W-3 Sokol** koji može ponijeti približno isti broj vojnika kao Black Hawk, a može se naoružati nevodnim raketama, kontejnerima s topovima, protuoklopnim projektilima poput južnoafričkog ZT-35; indijski **ALH** koji može ponijeti 14 vojnika; južnoafrički **Oryx** koji predstavlja jednu od izvedenica Pume) koji na tržištu nemaju velike šanse za uspjeh zbog konkurencije snažnijih američkih i europskih proizvođača.

U godinama koje dolaze najveći izazov za mnoge proizvođače transportnih vrtoletu biti će nuđenje programa poboljšanja starijih modela, uz ostvarivanje profita u sklopu sve manjih narudžbi novih letjelica.

*Jedan od uspješnih transportnih helikoptera na međunarodnom tržištu je Cougar Mk2, zadnji izdanak Pume*



# Trendovi u razvoju borbenih zrakoplova

U nekoliko navrata do sada je u Hrvatskom vojniku bilo riječi o pojedinim aerodinamičkim konstrukcijama, poput krila obrnute strijele ili krila promjenjivog kuta nagiba. Uvijek su se pojavljivali izrazi poput uzgona, napadnog kuta, stapanja krila i trupa (wing-body blending). Njihovo razumijevanje je važno za potpuno shvaćanje procesa koji rezultiraju letom zrakoplova

**Klaudije Radanović**



*Iako najmoderniji lovci poput F-22 Rapiera po sposobnostima višestruko premašuju nekadašnje borbene zrakoplove, fizikalni principi koji im omogućavaju let ostali su nepromijenjeni, bez obzira radilo se o F-22 ili britanskom lovcu Sopwith Camel iz I. svjetskog rata*

**T**ijekom leta javljaju se četiri sile čije međudjelovanje dopušta, ali i ograničava let zrakoplova. Možemo ih podijeliti na parove koji djeluju u ravnini zrakoplova, te okomito na nju. Prvi par čine potisak i sila zavlčenja, dok drugi oblikuju težina i uzgon. Potisak ostvaruju pogonski motori procesom unutrašnjeg sagorijevanja smjese goriva i zraka (u biti kisika koji služi kao oksidator za gorivo). Oblik motora tj njegove komore za sagorijevanje usmjeruje mlaz produkata sagorijevanja u dva smjera: prema naprijed (u smjeru turbina motora) i nazad (prema mlaznici). Pošto je mlaznica otvorena,

komponenta mlaza koja se kreće u tom smjeru ne proizvodi silu na zrakoplov, pa preostaje samo komponenta koja pokreće zrakoplov prema naprijed. Njoj se suprotstavlja sila zavlčenja (drag) koja je posljedica kretanja letjelice kroz zrak. Povećanjem brzine leta zrak postaje prividno sve gušći u području ispred letjelice te predstavlja otpor kojeg moraju svladati motori.

U vertikalnoj ravnini djeluju težina i uzgon. Težina je posljedica gravitacijskog privlačenja dviju masa (Zemlje i letjelice) i nastoji smanjiti udaljenost između središta mase obaju tih objekata. Ovo, bez sumnje korisno svo-

jstvo koje masa kao općeniti pojam posjeduje, smeta pri održavanju letjelice u zraku. Bilo je potrebno pronaći način kako barem privremeno "prevariti" neumoljive fizikalne zakone i omogućiti objektima težim od zraka nesputan let. Rješenje tog problema je poznato još od vremena grčkih filozofa i znanstvenika, samo što je tada bilo primjenjivano na tekućine, pa je bilo neophodno doći do tehnoloških rješenja kojima bi bilo moguće doseći željeni rezultat.

## Stvaranje uzgona

Najvažniji proces koji se javlja tijekom leta

ne samo zrakoplova već i bilo koje druge letjelice je stvaranje uzgona. Postoje dva načina njegovog dobivanja: primjenom dodatnih aerodinamičkih površina (uzgon krilom) ili pogodnim oblikovanjem trupa letjelice (uzgon trupom). Bez obzira koji je od ta dva pristupa

uporabljjen, fizikalni procesi koji dovode do stvaranja uzgona su istovjetni. Zrak koji struji preko aerodinamički oblikovanog profila pokušava pratiti njegove konture. Polumjeri zakrivljenosti gornje i donje površine profila se znatno razlikuju. Kako zrak pokušava pratiti njihove konture, a u jedinici vremena mora prijeći iznad gornje i ispod donje površine jednaka količina zraka u jedinичnom volumenu, dolazi do razlike u brzinama njegovog kretanja. Gornja ploha krila je više zakrivljena i put koji zrak mora prijeći u istom vremenu je veći u odnosu na put po donjoj plohi s manjom zakrivljenošću. Ta razlika brzina dovodi do lokalne razlike tlakova u navedena dva područja. Tlak ispod krila je veći u odnosu na onaj iznad krila, a tu razliku tlakova (isto kao i kod tekućina, gdje se s povećanjem dubine povećava tlak, pa će tijelo koje je rjeđe od vode isplivati zbog razlike hidrostatskih tlakova) nazivamo uzgon. Taj princip korišten je od samih početaka izvedbe letjelica težih od zraka, od prvog zrakoplova braće Wright pa do nadzvučnih zrakoplova posljednjeg naraštaja. Napretkom u znanosti i tehnologiji mijenjali su se čimbenici poput profila krila, ali su osnove ostale nepromijenjene.

Promjena brzine leta koja se dogodila početkom 50-ih godina, kada je probijen zvučni zid i transonični let postao realnost, dovela je do promjene oblika krila. Do tada korištena ravna i elipsasta krila postaju potpuno neprihvatljiva, te je bilo neophodno prijeći na strjelasto i delta krilo. Uz to, bilo je potrebno napraviti i izmjenu profila krila kako bi se dobila potpunija prilagodba uvjetima u kojima se odvijao veliki dio leta. Klasične kontrolne površine koje su smještane isključivo na izlazni rub krila, postale su neučinkovite zbog pojave turbulencija u toku strujanja zraka preko krila, te je postalo neophodno postaviti uređaje koji će ili u potpunosti otkloniti pojavu vrtložnja zraka ili će ga barem vremenski i prostorno otkloniti, kako bi bilo moguće upravljati letjelicom. Rješenje je pronađeno u nekoliko

različitih izvedbi: postavljanje pretkrilaca na napadnom rubu krila, uporaba generatora vrtloga sa smjerom vrtložnja suprotnim od onog koji se stvara na krilu, te primjena dodatnih krilnih površina u produžetku korijena krila koje

djeluju na uspostavljanje jednolikog laminarnog strujanja zraka preko aerodinamičkog profila. Laminarni tj. glatki tok zraka je neophodan za dobro ponašanje letjelice. Ukoliko taj uvjet nije ostvaren, tada se zbog stvaranja turbulentnog tj. vrtložnog strujanja zraka bitno otežava uprav-

plova zbog smanjene količine goriva koju zrakoplov nosi, a s time je povezano i kratko vrijeme zadržavanja u zraku.

Jedan od načina za ostvarivanje superkri- tičnog krila je delta konfiguracija, koja je u konstrukciji borbenih zrakoplova praktički na-

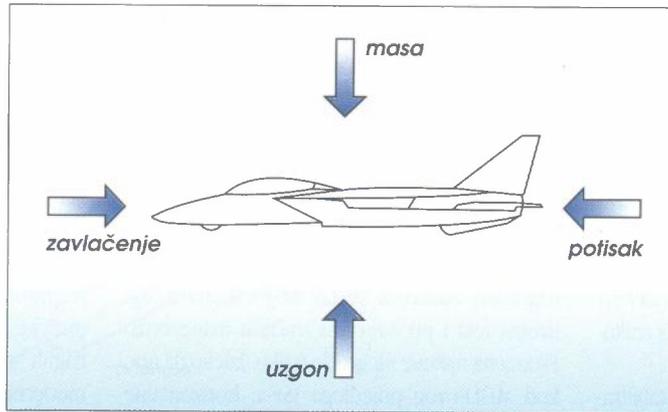
puštena kao neučinkovita početkom 80-ih godina (zadnji zrakoplov koji je dobio tu konfiguraciju je Dassault Mirage 2000). Općenito rečeno najveća zamjerka koja se postavljala delta krilu bio je poremećaj u glatkoći toka zraka oko krila, što se odrazilo kroz slabu manevurabilnost u odnosu na zrakoplove koji su koristili strjelasto krilo, SW (Swing Wing - krilo promjenjivog kuta nagiba) ili napredne konstrukcije (FSW, MAW, 3-delta isl.).

Poboljšanje tog tipa krila

postignuto je primjenom metoda sintetičke stabilnosti pri čemu se zrakoplov namjerno projektira nestabilnim (središte mase i središte potiska nisu u istoj točki), a stabilnost u letu ostvaruje se primjenom sustava za prijenos zapovijesti i nadzor kontrolnih površina FBW (Fly-By-Wire - prijenos električnih zapovijedi žičanim putem), a u novije doba se počelo eksperimentirati i s FBL (Fly-By-Light - prijenos zapovijedi pomoću svjetlovoda) kojima je omogućen gotovo trenutni prijenos informacije iz kokpita na upravljačke elemente kontrolnih površina nekoliko puta u sekundi, čime se ostvaruje umjetno stabilan let. Pridodamo li tome i napredne kontrolno-uzgonske površine tipa kanard, a po mogućnosti i sustav za vektorizaciju potiska, dobit ćemo zrakoplov iznimnih letnih sposobnosti, respektabilan u zračnoj borbi, ali uz cijenu znatnog povećanja složenosti konstrukcije i veliko povećanje cijene.

Strjelasto krilo tako ostaje dizajn koji osigurava dobre letne značajke uz optimalne mogućnosti nošenja goriva i ubojnih sredstava. No i ono nije oslobođeno problema. Velika debljina u odnosu na širinu pogoršava tzv. aspect ratio (tj. odnos uzgona po jedinici površine), čime se smanjuje djelotvorna sila uzgona koju krilo ostvaruje. Dakle, kod takvog krila potrebna je veća površina za jednaki uzgon u odnosu na superkričan aeroprofil. Veća površina ujedno znači i veću masu, pa je tada neophodna i veća snaga pogonske skupine kako bi se osigurala dostatna ubrzanja i postizanje predviđenih brzina u pojedinim režimima leta.

No, nisu samo krilne površine doživjele radikalne promjene zadnjih desetak godina. Vertikalni repni stabilizator, kao i horizontalne repne površine, pretrpjeli su možda i temeljnije

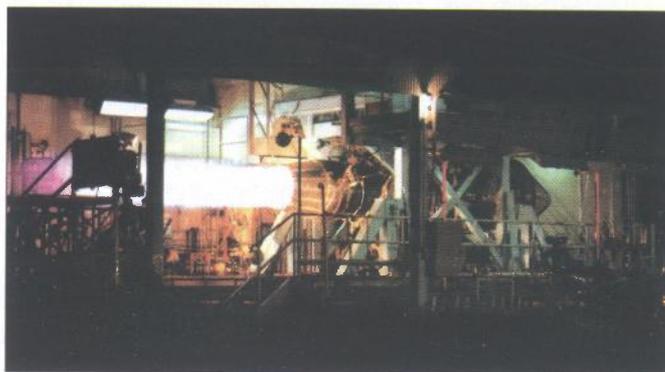


**Shematski prikaz četiri sile koje omogućavaju let zrakoplova**

vanje zrakoplovom, a u pojedinim slučajevima ono nije niti moguće.

## Dizajn krila

Dizajniranje samog krila koje će biti prilagođeno uvjetima leta koji se predviđaju za zrakoplov složen je proces koji zahtijeva zadovoljavanje velikog broja kompromisa. Aerodinamički gledano, krilo tankog profila, tj. tzv. superkrični profil krila, superiorno je ostalim oblicima. Njega odlikuje mali TTC (Thickness-Chord ratio - odnos debljine krila prema širini tetive krila), čime se postiže smanjenje sile otpora zraka, poboljšava se glatkoća strujanja zraka oko krila i sl. No, ono zbog svoje tankosti gotovo da i nije primjenjivo. Kako trup letjelice služi za smještaj pogonske skupine, avionike i naravno kokpita, u njemu ne ostaje dostatno prostora za spremnike goriva, mjesto za ležište glavnog podvozja (barem djelomice), a potrebno je smjestiti i djelatne elemente sustava za



**Turboventilatorski motori (poput F100, na slici) danas su kod najnovijih borbenih zrakoplova potpuno potisnuli turbomlazne motore**

nadzor i pokretanje kontrolnih površina. U takvom tipu krila nedostaje volumena koji je mogao prihvatiti sve ove sklopove i zapreminske elemente u cijelosti, te se kao posljedica primjene tog tipa profila krila javlja mali dolet zrako-

promjene od onih koje su primijenjene na krilima. Nakon nekoliko desetaka godina, koncepcija letjećeg krila je doživjela praktičnu primjenu na američkom bombarderu Northrop B-2. Treba se samo prisjetiti prvih njemačkih i kasnijih američkih projekata (poput YB-49) koji su se temeljili na toj naprednoj ideji ali koji nisu otišli dalje od neuspješnih prototipova, pa da postane jasno kako dizajn bezrepe letjelice nije nimalo jednostavan. Problem ostvarivanja stabilnosti leta pri nepostojanju vertikalnog stabilizatora dugo je ostao ključna prepreka koju konstruktori nisu mogli prijeći. Tek pojavom FBW sustava za prijenos zapovjedi i tehnologije sintetičke stabilnosti, te vektorizacijom potiska (bolje rečeno primjenom 2D mlaznica koje su razvijene za nju) bilo je moguće ostvariti dostatan upravljiv zrakoplov tipa letjećeg krila.

Koliko nepostojanje vertikalnog stabilizatora predstavlja problem, toliko je to i prednost zrakoplova. Uklanjanjem ovog konstrukcijskog

odnosu na središte potiska, čime se povećava podizanje nosa zrakoplova u odnosu na rep. To je lako objasniti. Nosni dio, koji je sada teži, uravnotežen je sustavom za ostvarivanje sintetičke stabilnosti te pojačano djelovanje potiska dovodi do njegovog jačeg dizanja čime se omogućuje brža promjena smjera leta, ali i ostvarivanje leta u kojem usmjerenje zrakoplova i smjer leta nisu identični pojmovi (omogućuje se barem rudimentarna superpokretljivost).

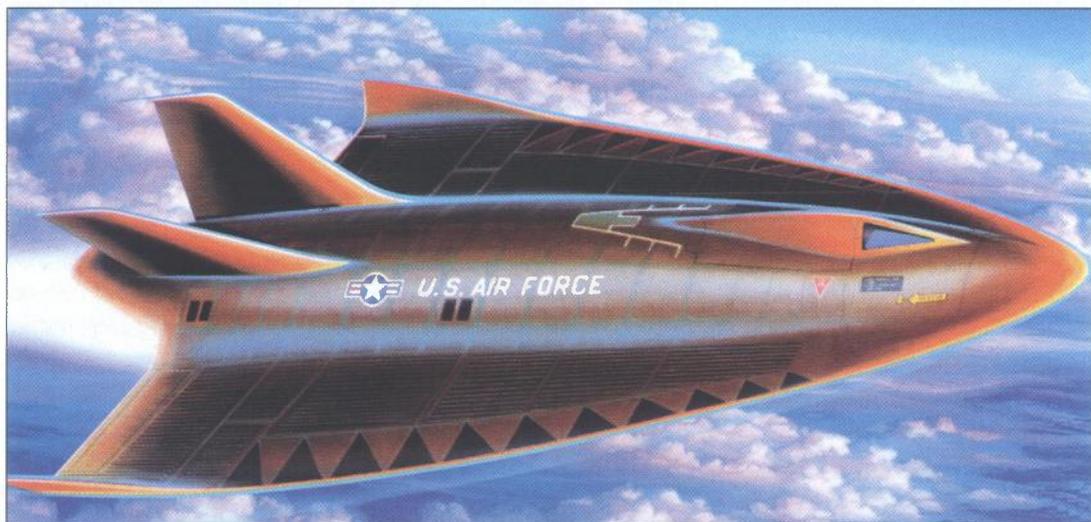
Horizontalne repne površine više nemaju samo ulogu lateralne stabilizacije repnog dijela zrakoplova u ravnini okomitoj na smjer leta, već zajedno sa krilima i ostalim aerodinamičkim elementima poput kanarda čine dinamički povezan uzgonski nadzorni sustav koji osigurava sigurnost leta i pri najtežim zračnim manevrima. Promjena njihove uloge ide toliko daleko da npr. kod MDD-ovog prijedloga JSF-a, horizontalne repne površine uz svoju tradicionalnu ulogu preuzimaju i ulogu vertikalnog stabilizatora tj.

konstantan, više nije glavna postavka dizajna. Sada je moguće primijeniti nove konstrukcijske zahvate koji, iako dopuštaju manje maksimalne brzine (u području između  $M=1$  i  $M=2$ ), omogućavaju veliku pokretljivost i agilnost letjelice.

Uvodnici zraka koji su morali biti vrlo veliki kako bi na velikim visinama dopuštali dostatan protok zraka za postizanje velikih brzina, a uz to su morali posjedovati i komplicirani sustav za promjenu površine presjeka, sada su postali jednostavniji i manji čime je smanjena masa zrakoplova, kao i njegova površina, a ujedno su i povećane stealth svojstva konstrukcije.

Do velikih izmjena u koncepcijama dovela je primjena LO tehnologija tj. radarske, ali i optičke i zvučne nevidljivosti. Nepostojanje naglih prijelaza, procijepa oštih kuteva kod modernih borbenih zrakoplova bitno smanjuje radarske refleksije koje omogućuju detekciju zrakoplova. Postoje dva pristupa koja obilježavaju primjenu LO tehnologija.

Jedan, primijenjen na B-2 vodi do zrakoplova koji je sav zaobljen i pokušava se oblikom približiti idealnom aerodinamičkom obliku kapljice vode koji osigurava najbolje podzvučne karakteristike. Drugi, pak, je primijenjen na američkom taktičkom zrakoplovu F-117. Tzv. *body faceting* (facetiranje trupa) je tehnologija koja daje jednaku nevidljivost poput zaobljavanja trupa, ali djeluje na nešto drugačijem principu. Dok se prvi temelji na raspršenju radarskog signala u veliki prostorni kut, čime se smanjuje njegova djelotvornost, drugi koristi



**Tehnikom stapanja trupa i krila (*wing-body blending*) moguće je primjenom manjih krila dobiti potreban uzgon, jer sada i trup zrakoplova generira znatan dio ukupnog uzgona. Primjenom te tehnike moguće je znatno smanjiti radarski odraz zrakoplova, te će se vjerojatno u budućnosti primjenjivati u dizajnu oblika borbenih zrakoplova**

elementa smanjuje se površina koje se suprotstavlja strujanju zraka oko letjelice, te se time bitno smanjuje inducirana sila otpora zavlčenja (drag). Druga prednost je danas u doba napredne elektronike gotovo i bitnija. Smanjivanje vanjske refleksijske površine bitno ograničava djelotvornost radara u otkrivanju takvih zrakoplova. Uklanjanjem vertikalnog stabilizatora nestao je kut koji je on zatvarao s horizontalnim repnim površinama, ili kod nekih zrakoplova s krilima, a koji je bio jaki izvor refleksije radarskog signala i to točno u smjeru izvora radarskog zračenja.

Iako to možda nije očito, uklanjanje vertikalnog stabilizatora povećava pokretljivost zrakoplova iako otežava ostvarivanje kontrole nad njim. Uklanjanjem nekoliko stotina kilograma mase na zadnjem dijelu zrakoplova mijenja položaj središta mase u odnosu na središte potiska. Središte mase se pomiče naprijed u

stabilizaciju zrakoplova u ravnini leta. To je dovelo je do znatnog povećanja dihedrala (te površine više nisu okomite na trup tj. ne zatvaraju s okomicom mali kut, već je njihov odklon od prvobitnog položaja povećani kako bi se ostvarilo kontroliranje envelope leta).

Promjena globalne političke situacije u posthladnoratovskom razdoblju dovela je i do promjena u zadacima koji se stavljaju pred borbene zrakoplove, a shodno tome i do napuštanja nekih dizajnerskih rješenja. Tako je npr. nestala potreba za zrakoplovima velikih maksimalnih brzina koji bi bili sposobni prestići protivničke strateške bombardere daleko od vlastitog teritorija, odnosno koji bi mogli probiti protivničku protuzrakoplovnu obranu. Dizajn po pravilu presjeka, koji je bio neophodan za postizanje maksimalno mogućih brzina, a koji zahtijeva da na svakom mjestu presjeka letjelice odnos površine presjeka krila i trupa bude

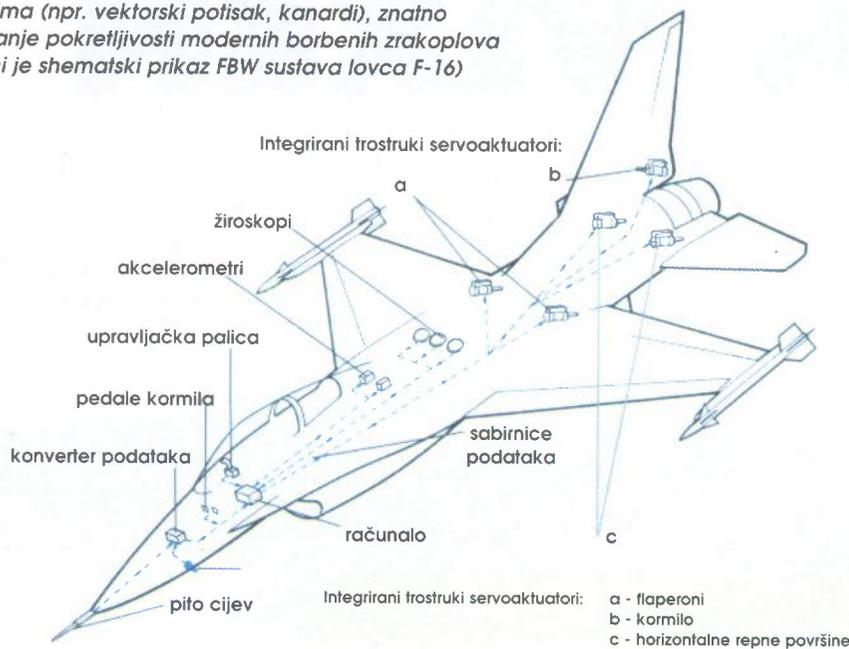
princip odbijanja upadnog signala u smjeru različitom od upada na samu letjelicu.

Primjena prvog principa vodi na tehniku stapanja trupa i krila (*wing-body blending*), čime je moguće primjenom manjih krila postići dostatan uzgon jer se znatan dio dobiva i trupom, dok je u drugom principu ukoliko se ne koristi relativno ravan donji dio trupa potrebno podosta veliko krilo.

## Pogonska skupina i druge komponente

Promjene u aerodinamičkom oblikovanju zrakoplova dovele su i do promjena u zahtjevima koje se postavljaju na pogonsku skupinu letjelica. Pogonski motori koji se primjenjuju danas su pretežito turboventilatorskog tipa. Oni posjeduju nekoliko prednosti u odnosu na turbomlazne motore. Razina buke, odnos ukupne ost-

**Pojava FBW sustava omogućila je zajedno s drugim rješenjima (npr. vektorski potisak, kanardi), znatno povećanje pokretljivosti modernih borbenih zrakoplova (na slici je shematski prikaz FBW sustava lovca F-16)**



varene prema korisnoj snazi kao i odnos potiska prema potrošnji goriva (zbog bolje iskoristivosti goriva koja se kreće i do 90 posto) znatno su povoljniji kod novih turboventilatorskih motora. Prva je njihova primjena bila na transportnim zrakoplovima koji su zahtijevali mogućnost nošenja velikih tereta na velike daljine, ali ubrzo su se pojavili i na borbenim zrakoplovima, kod kojih velik odnos dvoprotočnosti zraka (odnos ukupne količine zraka koji prolazi kroz turbinu niskog pritiska i zraka koji prolazi kroz turbinu visokog pritiska u komoru za sagorijevanje) turboventilatorskog motora, omogućuje postizanje velikih trenutačnih ubrzanja (superagilnost) uz manju potrošnju goriva u odnosu na turbomlazni motor koji bi zadovoljavao jednake uvijete. Ujedno je zbog miješanja vrućeg zraka iz komore za sagorijevanje i zraka iz turbine niskog pritiska temperatura izlaznog mlaza niža te ga je nešto teže detektirati.

Za razliku od turbomlaznih motora kod kojih se cjeloviti potisak dobiva iz komore za sagorijevanje, kod turboventilatorskih motora i do 30 posto potiska osigurava niskotlačna turbina.

Jedina mana tih motora su njihove protežnosti, pogotovo promjer koji je veći u odnosu na trubomlazne, zbog potrebe za ostvarivanjem velike dvoprotočnosti: trup zrakoplova koji ima turboventilatorsku pogonsku skupinu mora biti nešto veći, čime se dovodi u pitanje dizajn metodom presjeka, no kako u posljednje vrijeme taj način dizajniranja zrakoplova biva sve manje primjenjivan to i nije takav nedostatak, a ujedno se i novom konstrukcijom krilaca turbine niskog pritiska kao i povećanjem broja redova krilaca uspjelo smanjiti promjer niskotlačnog dijela, te

tako i glavni prigovor tom tipu motora nestaje.

Do sada su navedene samo promjene koje su primijenjene i koje su primjenjive za zrakoplove koji lete u području sub- i transoničnih brzina (od 0 do  $M=5$ ). Iako nije službeno potvrđeno, nije niti zanimljivo postojanje projekata koji bi kao rezultat trebali dati letjelice-penetratore koje bi bile sposobne probiti termalni zid ( $M=5$ ) i letjeti u hipersoničnom području. Aerodinamičke koncepcije koje su



**Američki bombarder Northrop B-2A Spirit predstavlja prvu uspješnu primjenu koncepta letećeg krila**

ovdje u pitanju potpuno su nove i ne mogu se uspoređivati ni sa čime do sada napravljenim. Koncepcije poput romboidnog trupa sa primjenom vanjskog sagorijevanja goriva, ramjet i scramjet pogonske skupine toliko su radikalne da će o njima biti riječi u zasebnim člancima, a i teorija pojedinih elemenata još nije dovoljno dostupna kako bi se mogla dati cjelovita raščlamba. Pogotovo je teško raščlaniti rezultate koje bi dala integracija navedenih elemenata u cjelinu nadopunjenu najnovijim trendovima u avionici (poput kokpita u sredini letjelice teme-

ljenog na tehnologiji virtualne stvarnosti, ili čak tzv. nenaseljenih letjelica).

Iako nije dio aerodinamičkog aspekta letjelica, avionika je nerazdvojni dio svakog zrakoplova, a promjene koje su se dogodile u aerodinamičkoj komponenti uvjetovale su i promjene na ugrađenoj elektronici. Veća pokretljivost zrakoplova zahtijeva i sustav za kontrolu koji je sposoban reagirati pravodobno kako bi osigurao siguran let. Takav višekanalni sustav s redundancijom (koja je mjera sigurnosti ukoliko dođe do zakazivanja jednog kanala) zahtijeva napredne procesorske sklopove velike brzine koji su sposobni procesirati velike količine podataka i pravodobno izdati zapovjedi najučinkovitijoj kontrolnoj površini. Koraci usmjereni prema smanjivanju radarskog odraza modernih borbenih zrakoplova doveli su do razvoja elektrooptičkih sustava koji se temelje na

visokosofisticiranim detektorima, te naprednim DIP (Digital Image Processing - digitalna obradba slike) algoritmima kojima se izvodi pronalaženje i prepoznavanje objekata na površini te prepoznavanje i obilježavanje ciljeva. Posebna pozornost posvećena je i predočavanju tako povećane količine informacija. Sve do početka 70-ih godina kokpiti su bili prenatrpani različitim analognim instrumentima i pilot je morao dosta vremena posvećivati njihovoj provjeri. To je smanjivalo njegovu pozornost koju je usmjerivao prema situaciji u zraku i dovelo je do povećanja zamora. No primjenom višemodnih predočnika kao i HUD-a, više je informacija postalo odjednom dostupno, a kako su najvažniji podaci (poput brzine zrakoplova i visine leta) stalno pred pilotom njihova provjera ne smanjuje pozornost usmjerenu na trenutačnu situaciju u zraku. No kao i da ovo nije dostatno. Sada se želi HUD-ove zamijeniti s predočnicima koji su integrirani s pilotskom kacigom, čime bi se dalje smanjio zamor pilota, a i povećala bi se količina, kao i mogućnost predočavanja informacija u novom obliku.

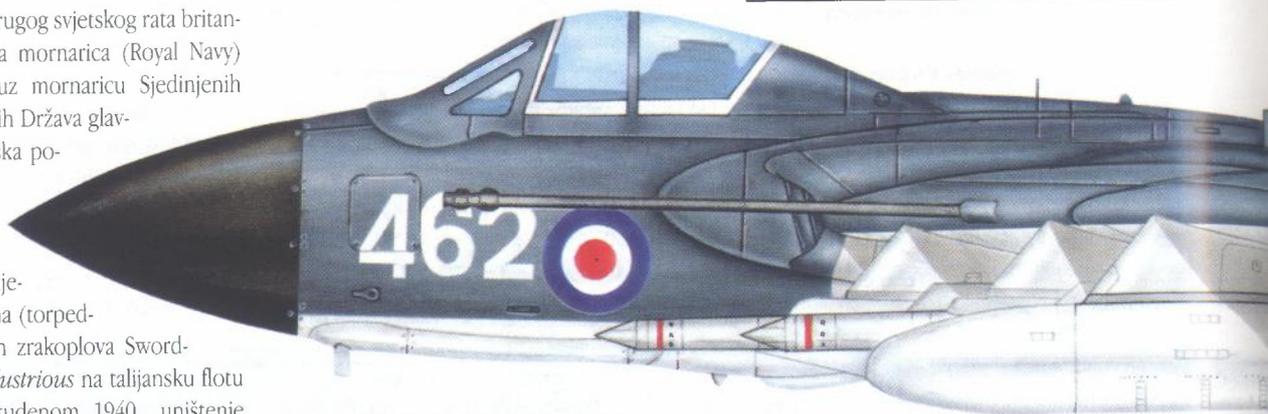
Iz svega do sada rečenog vidljivo je da projektiranje zrakoplova predstavlja dinamičan proces, u posljednje vrijeme podložan čestim i radikalnim promjenama. Niti jedan element konstrukcije ne može se gledati u biti odvojeno, već samo kao dio cjeline. Pojedini konstrukcijski element koji se može sam po sebi činiti inferioran u odnosu na neko drugo rješenje, u danom krajnjem dizajnu može biti bolji i korisniji od teoretski superiornije zamjene.

# SEA VIXEN

Britanski mornarički zrakoplov Sea Vixen imao je dosta burnu razvojnu povijest: u dva navrata izgledalo je kako će cijeli projekt biti otkazan, no na kraju FAA ga je prihvatila kao zamjenu za Sea Venoma

Mladen KRAJNOVIĆ  
crteži Tihomir LIKSO

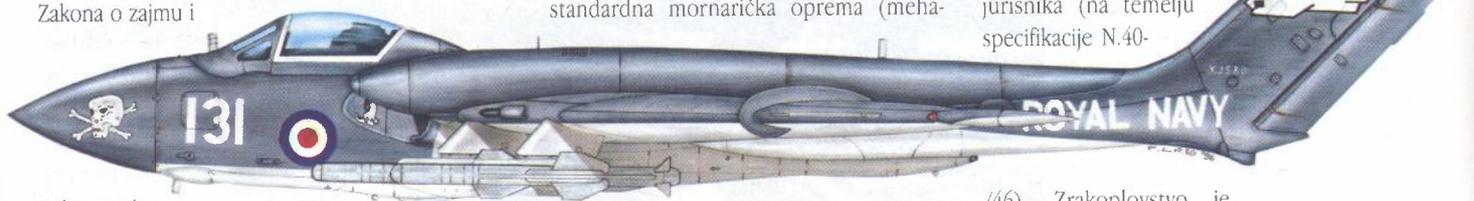
Potkraj Drugog svjetskog rata britanska ratna mornarica (Royal Navy) bila je uz mornaricu Sjedinjenih Američkih Država glavna svjetska pomorska velesila. Iako su događaji na području Tihog oceana te do neke mjere na ostalim ratištima (torpedni napadaj britanskih zrakoplova Swordfish s nosača HMS *Illustrious* na talijansku flotu u luci Taranto u studenom 1940., uništenje njemačkog bojnog broda Bismarck u svibnju 1941., protupodmornička i zračna zaštita brojnih savezničkih konvoja na Atlantskom oceanu i Sredozemlju) pokazali kako su nosači zrakoplova postali glavna udarna snaga modernih mornarica, drastično smanjenje proračunskih sredstava nakon rata prisililo je zapovjedništvo britanske mornarice (Admiralitet) da odustane od daljnje gradnje novih nosača. Uz to, veliki broj zrakoplova, brodova i drugih sredstava koje su tijekom II. svjetskog rata Sjedinjene Američke Države isporučile Velikoj Britaniji na temelju Zakona o zajmu i



De Havilland Sea Vixen FAW Mk 1 XJ572/V-462 iz sastava 893 Squadron, na nosaču zrakoplova HMS *Victorious*

drugim prototipom lovca de Havilland Vampire sletio na nosač zrakoplova HMS *Ocean* (R68) klase *Colossus*, što je ujedno bilo i prvo službeno slijetanje nekog mlaznog zrakoplova na nosač. Zadovoljna uspješno provedenim pokusima, mornarica je naručila zrakoplove de Havilland Sea Vampire Mk 20, koji su izrađeni na temelju inačice Vampire FB Mk 5 britanskih zračnih snaga (RAF), tako da im je ugrađena standardna mornarička oprema (meha-

rabljene spoznaje stečena radom na pokusnom zrakoplovu DH 108. (ta je letjelica napravljena kako bi se istražili problemi vezani uz stabilnost i mogućnost upravljanja zrakoplova sa zakošenim krilima, te dobili aerodinamički podatci potrebni za izradbu putničkog zrakoplova Comet). Shvativši kako je projekt DH 110 podjednako zanimljiv, tvrtka ga je istodobno ponudila RAF-u kao noćnog lovca (na temelju specifikacije RAF-a F.44/46), te mornarici kao noćnog lovca odnosno jurišnika (na temelju specifikacije N.40-



najmu iz 1941., nakon rata vraćen je Americancima ili je u skladu s ugovorom uništen.

U to vrijeme, britansko mornaričko zrakoplovstvo (Fleet Air Arm, FAA) bila je vrlo dobro ustrojena i uvježbana vojna formacija, u čijem je sastavu bilo gotovo 70.000 ljudi i preko 1300 zrakoplova. Uz američke zrakoplove Grumman F6F Hellcat, Vought F4U Corsair te Grumman TBF/TBM Avenger, britanske postrojbe su bile opremljene s nekoliko inačica lovaca Fairey Firefly, te lovcem Vickers Supermarine Seafire. Zanimljivo je spomenuti kako je veliki broj mornaričkih inačica britanskih zrakoplova nastao razvojem već postojećih letjelica ili njihovom preinakom.

Može se reći kako je britansko mornaričko zrakoplovstvo zakoračilo u doba letjelica na mlazni pogon kada je poručnik bojnog broda Eric Brown 3. prosinca 1945. s preinačenim

nizom za katapultiranje, kuka za zaustavljanje...) te ojačano podvozje. Osamnaest primjeraka, zajedno s kasnijim inačicama, rabilo se za preizobrazbu pilota u uporabi mlaznih zrakoplova na nosačima.

## Pokretanje razvoja novog presretača

Na temelju pozitivnih iskustava sa Sea Vampireom, mornarica je predložila razvoj palubnog presretača za sve vremenske uvjete s dva motora i dvočlanom posadom. U siječnju 1947. izdane su specifikacije N.40/46 za mornaricu (koja je tražila noćni lovac i jurišni zrakoplov) te F.44/46 za RAF s vrlo sličnim zahtjevima za noćnim lovcem. Godinu dana ranije, kompanija de Havilland je napravila studiju lovca pod oznakom DH 110, pri čemu su

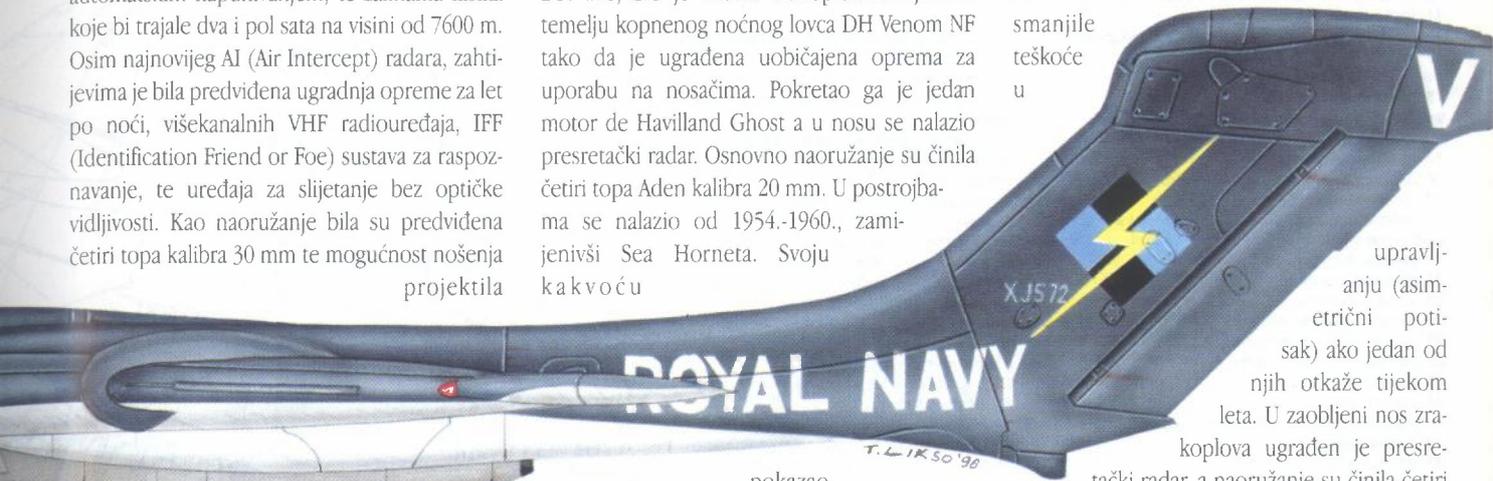
/46). Zrakoplovstvo je pokazalo veći interes, te izdalo dopunu svojih zahtjeva u obliku specifikacije F.4/48. Najveća brzina trebala je biti 972 km/h na visini od 7625 m. Vrhunac leta od 13.725 m morao je doseći za manje od deset minuta, računajući od trenutka pokretanja motora. Kako bi se to moglo ostvariti, samo uzlijetanje nije smjelo trajati duže od deset sekundi. Dužina uzlijetanja ograničena je na 1370 m, a slijetanja na 1096 m. Trajanje leta u borbenim uvjetima (što znači penjanje na 7600 m, petnaest minuta zračne borbe, te preostalo vrijeme u ophodnji) trebalo je biti duže od dva sata. Kako bi se povećao dolet, zahtijevana je mogućnost nošenja dva odbaciva spremnika za gorivo na potkrilnim nosačima. Kod izvođenja manevara na malim visinama za vrijeme napada ili izbjegavanja protivnika, zmaj zrakoplova morao je izdržati opterećenje od 4 g. Specifikacijom su predviđene i zračne kočnice,

koje bi omogućile uporabu zrakoplova u napadajima na površinske ciljeve. Dvočlanu posadu trebalo je smjestiti u kabinu pod pritiskom opremljenu sjedalima za izbacivanje Martin Baker, brodicom za spašavanje tipa K s automatskim napuhivanjem, te zalihama kisika koje bi trajale dva i pol sata na visini od 7600 m. Osim najnovijeg AI (Air Intercept) radara, zahtjevima je bila predviđena ugradnja opreme za let po noći, višekanalnih VHF radiouređaja, IFF (Identification Friend or Foe) sustava za raspoznavanje, te uređaja za slijetanje bez optičke vidljivosti. Kao naoružanje bila su predviđena četiri topa kalibra 30 mm te mogućnost nošenja projektila

cijenjeno je da će brže ući u operativnu uporabu), a nakon toga RAF smanjuje narudžbu na samo dva primjerka prototipa DH 110, odnosno Glostera GA 5.

Sea Venom, kojeg je FAA odabrao umjesto DH 110, bio je mlazni zrakoplov razvijen na temelju kopnenog noćnog lovca DH Venom NF tako da je ugrađena uobičajena oprema za uporabu na nosačima. Pokretao ga je jedan motor de Havilland Ghost a u nosu se nalazio presretnički radar. Osnovno naoružanje su činila četiri topa Aden kalibra 20 mm. U postrojbama se nalazio od 1954.-1960., zamijenivši Sea Horneta. Svoju kakvoću

na pod kutom od 40 stupnjeva, koja su u blagom poniranju trebala omogućiti postizanje nadzvučne brzine. **Dva motora Rolls Royce RA 7 Avon** (svaki potiska 3401 kg) nalazila su se iza pilotske kabine, vrlo blizu jedan drugome kako bi se smanjile teškoće u



upravljanju (asimetrični potisak) ako jedan od njih otkáže tijekom leta. U zaobljeni nos zrakoplova ugrađen je presretnički radar, a naoružanje su činila četiri topa Aden kalibra 30 mm, smješteni u

dolnjem dijelu nosa zrakoplova. Vrlo neobično je riješen smještaj dvočlane posade. Kokpit je postavljen asimetrično, na lijevu stranu, čime je u trupu na desnoj strani ostavljen prostor za kabinu operatera radara. U taj prostor ulazilo se s gornje strane kroz uski poklopac. Iako su ugrađena dva mala prozora (jedan u vratima a drugi na desnom boku), operater radara je bio u polumraku kako bi što lakše mogao uočiti radarske odraze na zaslonu.

Prvi let u tra-

janju

o d 46 minuta napravljen je 26. rujna 1951., samo pet mjeseci nakon Sea Venoma, a zrakoplovom je upravljao britanski zračni as John Cunningham, tada de Havillandov glavni probni

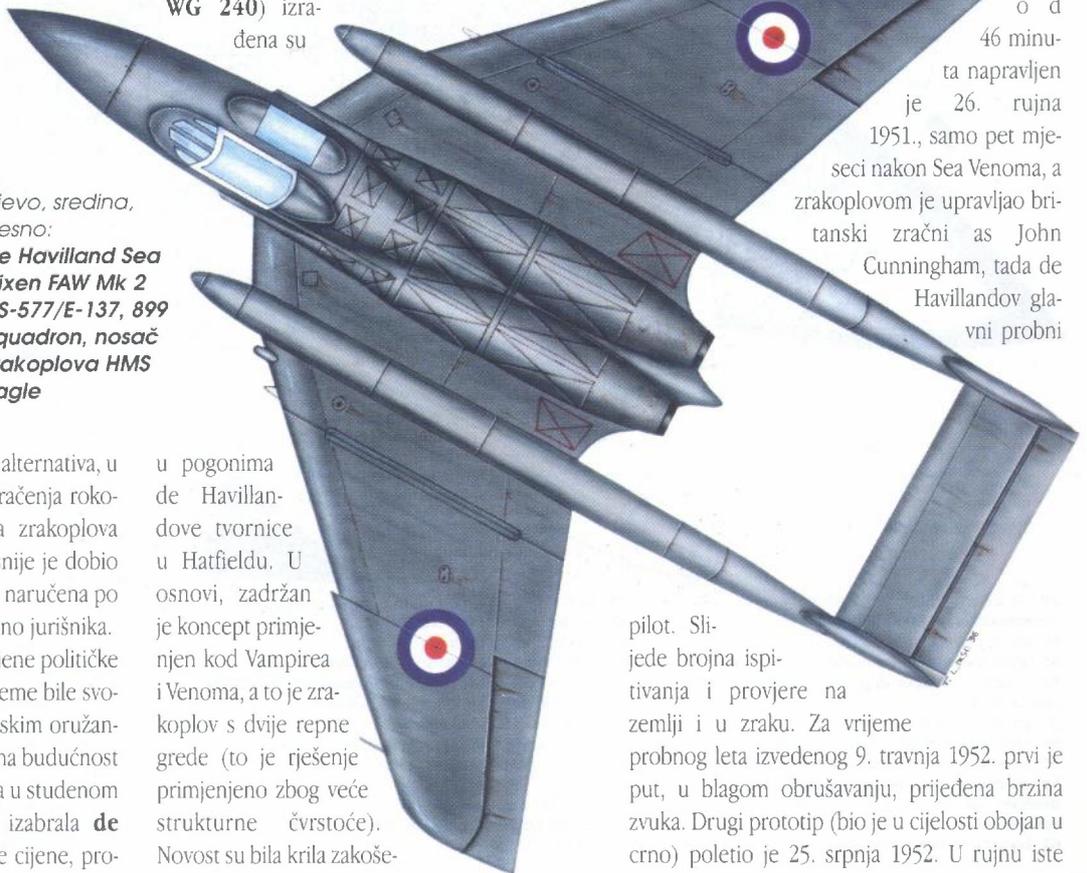
zrak-zrak na nosačima ispod krila. Ostali zahtjevi postavljeni specifikacijom bili su mogućnost jednostavnog održavanja i brze ponovne pripreme za izvođenje nove borbene zadaće, te brzo otpočinjanje proizvodnje (predviđena je nabava minimalno 150 primjeraka novog zrakoplova, s tim da se mjesečno izrađuje do 10 zrakoplova).

U travnju 1949. Ministarstvo opskrbe naručilo je sedam prototipa noćnog lovca te dva prototipa presretničkog doleta za potrebe RAF-a. Postavljeni zahtjevi bili su

pokazao je u operaciji Musketeer, kako je nazvana englesko-francuska vojna intervencija u Egiptu 1956. u svrhu zauzimanja Sueskog kanala. Četiri squadrona s nosača Albion, Bulwark i Eagle opremljena inačicom Sea Venom FAW Mk 21, osim zadaća presretanja, uspješno su sudjelovali u napadajima na kopnene ciljeve. Ukupno je izrađeno 256 primjeraka Sea Venom FAW Mk 20, Mk 21, te Mk 22.

## Nesreća na Farnboroughu

U međuvremenu, rad na DH 110 se nastavljao. Prva dva prototipa DH 110 (**WG 236, WG 240**) izrađena su



Lijevo, sredina, desno:  
**De Havilland Sea Vixen FAW Mk 2 XS-577/E-137, 899 Squadron, nosač zrakoplova HMS Eagle**

u odnosu na tadašnju razinu britanske zrakoplovne industrije iznimno visoki, pa je cijeli posao označen kao "program visokog rizika" (high risk programme). Kao alternativa, u slučaju neuspjeha ili velikih prekoračenja rokova, naručena su četiri primjerka zrakoplova **Gloster GA 5 s** delta krilima (kasnije je dobio ime **Javelin**). Istodobno, za FAA su naručena po dva prototipa noćnog lovca, odnosno jurišnika.

Brojne nelogičnosti, te promjene političke i financijske naravi koje su u to vrijeme bile svojstvene za nabavu opreme u britanskim oružanim snagama, negativno su utjecale na budućnost cijelog programa. Prvo je mornarica u studenom 1949. odustala od projekta, te izabrala **de Havilland Sea Venom** (osim niže cijene, pro-

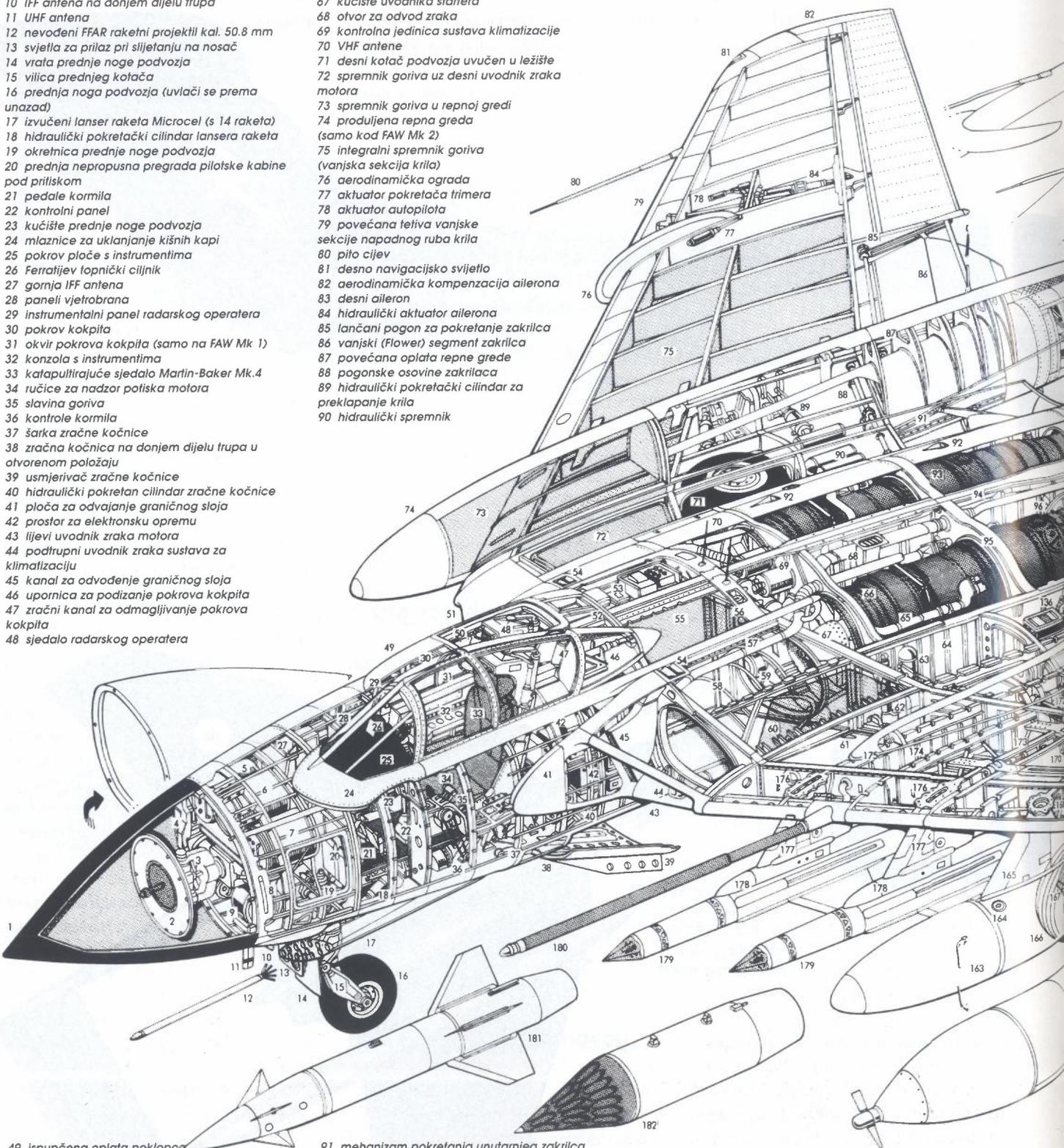
u pogonima de Havillandove tvornice u Hatfieldu. U osnovi, zadržan je koncept primjenjen kod Vampirea i Venoma, a to je zrakoplov s dvije repne grede (to je rješenje primijenjeno zbog veće strukturne čvrstoće). Novost su bila krila zakoše-

pilot. Slijede brojna ispitivanja i provjere na zemlji i u zraku. Za vrijeme probnog leta izvedenog 9. travnja 1952. prvi je put, u blagom obrušavanju, prijedena brzina zvuka. Drugi prototip (bio je u cijelosti obojan u crno) poletio je 25. srpnja 1952. U rujnu iste

- 1 radom
- 2 antena radara GEC A1
- 3 mehanizam za pokretanje antene
- 4 šarka radoma (radom se otvara nadesno)
- 5 generator valnog oblika
- 6 generator impulsa
- 7 radarski modulator
- 8 brava radoma
- 9 radarski odašiljač/prijamnik
- 10 IFF antena na donjem dijelu trupa
- 11 UHF antena
- 12 nevođeni FFAR raketni projektil kal. 50.8 mm
- 13 svjetla za prilaz pri slijetanju na nosač
- 14 vrata prednje noge podvozja
- 15 vilica prednjeg kotača
- 16 prednja noga podvozja (uvlači se prema unazad)
- 17 izvučeni lanser raketa Microcel (s 14 raketa)
- 18 hidraulički pokretački cilindar lansera raketa
- 19 okretnica prednje noge podvozja
- 20 prednja nepropusna pregrada pilotske kabine pod pritiskom
- 21 pedale kormila
- 22 kontrolni panel
- 23 kućište prednje noge podvozja
- 24 mlaznice za uklanjanje kišnih kapi
- 25 pokrov ploče s instrumentima
- 26 Ferratijev topnički ciljnik
- 27 gornja IFF antena
- 28 paneli vetrobrana
- 29 instrumentalni panel radarskog operatera
- 30 pokrov kokpita
- 31 okvir pokrova kokpita (samo na FAW Mk 1)
- 32 konzola s instrumentima
- 33 katapultrajuće sjedalo Martin-Baker Mk.4
- 34 ručice za nadzor poletske motora
- 35 slavina goriva
- 36 kontrole kormila
- 37 šarka zračne kočnice
- 38 zračna kočnica na donjem dijelu trupa u otvorenom položaju
- 39 usmjerivač zračne kočnice
- 40 hidraulički pokretan cilindar zračne kočnice
- 41 ploča za odvajanje graničnog sloja
- 42 prostor za elektronsku opremu
- 43 lijevi uvodnik zraka motora
- 44 podtrupni uvodnik zraka sustava za klimatizaciju
- 45 kanal za odvođenje graničnog sloja
- 46 upornica za podizanje pokrova kokpita
- 47 zračni kanal za odmagljivanje pokrova kokpita
- 48 sjedalo radarskog operatera

- 59 središnji prostor za opremu sustava klimatizacije
- 60 spremnik goriva uz lijevi uvodnik zraka
- 61 podtrupna kuka za katapult
- 62 aktuator vrata glavnog podvozja
- 63 uređaj za gašenje požara (kod motora)
- 64 ležište lijevog glavnog kotača podvozja
- 65 kanal za odvod zraka iz kompresora motora
- 66 turbomlazni motor Rolls-Royce Avon 208
- 67 kućište uvodnika startera
- 68 otvor za odvod zraka
- 69 kontrolna jedinica sustava klimatizacije
- 70 VHF antene
- 71 desni kotač podvozja uvučen u ležište
- 72 spremnik goriva uz desni uvodnik zraka motora
- 73 spremnik goriva u repnoj gredi
- 74 produljena repna greda (samo kod FAW Mk 2)
- 75 integralni spremnik goriva (vanjska sekcija krila)
- 76 aerodinamička ograda
- 77 aktuator pokretača trimera
- 78 aktuator autopilota
- 79 povećana tetiva vanjske sekcije napadnog ruba krila
- 80 piho cijev
- 81 desno navigacijsko svjetlo
- 82 aerodinamička kompenzacija ailerona
- 83 desni aileron
- 84 hidraulički aktuator ailerona
- 85 lančani pogon za pokretanje zakrilca
- 86 vanjski (Flower) segment zakrilca
- 87 povećana oplata repne grede
- 88 pogonske osovine zakrilaca
- 89 hidraulički pokretački cilindar za preklapanje krila
- 90 hidraulički spremnik

- 103 statički inverteri
- 104 prostor za smještaj električne opreme
- 105 hidraulički akumulatori
- 106 repni odbojnik
- 107 desno kormilo
- 108 konstrukcija vertikalnog stabilizatora i uzdužnice
- 109 krila u preklopljenom položaju
- 110 hidraulični aktuator kormila

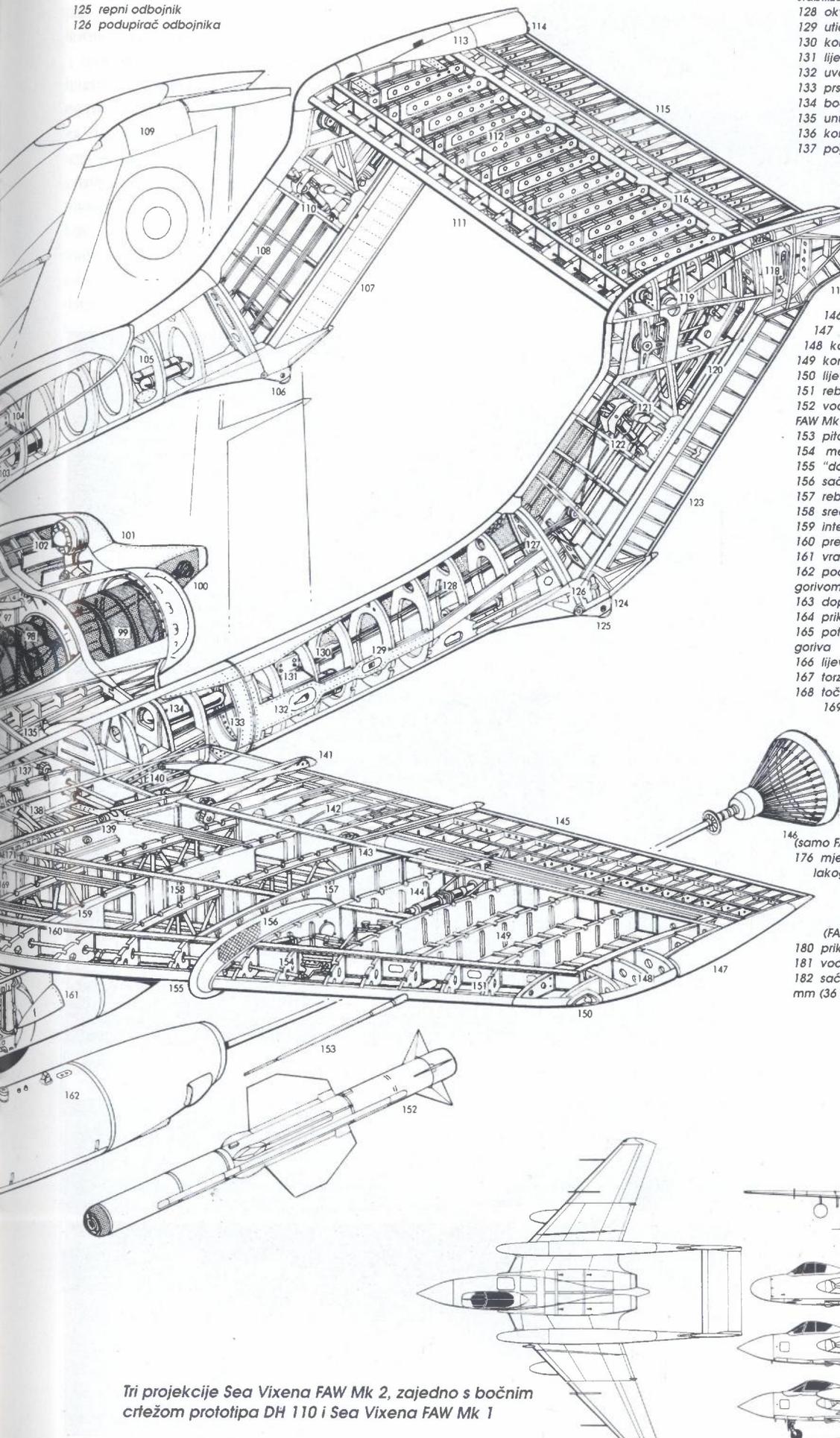


- 49 ispušćena oplata poklopca (modificirana na FAW Mk 2)
- 50 ulazni poklopac radarskog operatera
- 51 desni uvodnik zraka motora
- 52 stražnja nepropusna pregrada pilotske kabine pod pritiskom
- 53 prostor za opremu LABS sustava
- 54 otvor za odvođenje graničnog sloja
- 55 spremnik goriva u središnjoj sekciji trupa
- 56 priključak za punjenje goriva (na lijevom i desnom boku trupa)
- 57 zračni kanal sustava za odleđivanje
- 58 kanali uvodnika zraka motora

- 91 mehanizam pokretanja unutarnjeg zakrilca
- 92 odušnici zraka prostora motora
- 93 ležište desnog motora
- 94 uzdužni glavni nosač središnjeg dijela trupa
- 95 odvojni gornji segment vatronepropusne pregrade
- 96 kabelski bubanj mehanizma pokretanja zakrilaca
- 97 hidraulički aktuator zakrilca
- 98 pokretački cilindar i prigušivač kočione kuke
- 99 mlaznica motora
- 100 prostor za smještaj kočione kuke
- 101 oplata mlaznice
- 102 zračna turbina za slučaj nužde (u izvučenom položaju)

- 111 potpuno pokretno kormilo visine
- 112 konstrukcija kormila visine
- 113 oplata spoja vertikalnog stabilizatora i kormila visine
- 114 repno navigacijsko svjetlo
- 115 trimer kormila visine
- 116 balasna masa
- 117 oplata vrha vertikalnog stabilizatora
- 118 kontrolne poluge kormila visine
- 119 obrtnica kormila visine
- 120 hidraulički aktuator kormila visine
- 121 balasna masa kormila smjera
- 122 hidraulički aktuator

- 123 konstrukcija kormila smjera
- 124 vezna točka
- 125 repni odbojnik
- 126 podupirač odbojnika



- 127 zajednički okvir repne grede i vertikalnog stabilizatora
- 128 okvir konstrukcije repne grede
- 129 utičnica
- 130 kontrolni kablovi repne grede
- 131 lijevi prostor za električnu opremu
- 132 uvodnik zraka za hlađenje invertera
- 133 prstenasti spoj sekcija repne grede
- 134 boce sa zrakom
- 135 unutarnji segment zakrilca
- 136 kontrolna jedinica autopilota
- 137 pogonske osovine i reduktori zakrilca
- 138 hidraulički pokretački cilindar mehanizma preklapanja krila
- 139 šarke za preklapanje krila
- 140 mehanizam pokretanja vanjskog segmenta zakrilca
- 141 oplata mehanizma pokretanja
- 142 konstrukcija zakrilca
- 143 stražnja ramenjača
- 144 hidraulički aktuator ailerona
- 145 konstrukcija lijevog ailerona
- 146 izvučen priključak za opskrbu gorivom
- 147 aerodinamička kompenzacija ailerona
- 148 konstrukcija vrha krila
- 149 konstrukcija vanjske sekcije krila
- 150 lijevo navigacijsko svjetlo
- 151 rebra napadnog ruba krila
- 152 vodeni projektil zrak-zrak Red Top (samo FAW Mk 2)
- 153 pito cijev
- 154 mehanizam za upravljanje aileronom
- 155 "dogtooth" produžetak napadnog ruba krila
- 156 sačasta konstrukcija ograde na krilu
- 157 rebro konstrukcije spremnika goriva
- 158 središnja ramenjača krila
- 159 integralni spremnik goriva
- 160 prednja ramenjača
- 161 vrata glavnog kotača podvozja
- 162 podvjesni ("buddy") sustav za opskrbu gorivom u letu
- 163 dopunski spremnik goriva od 682 l
- 164 priključak za punjenje goriva
- 165 potkrilni nosač za postavljanje spremnika goriva
- 166 lijevi glavni kotač podvozja
- 167 torzijske veze
- 168 točka spoja nosača s krilom
- 169 upornica noge podvozja
- 170 bočna upornica
- 171 mehanizam obrtnice noge podvozja
- 172 pokretački cilindar za uvlačenje kotača podvozja
- 173 šarka za preklapanje krila
- 174 integralni spremnik goriva
- 175 oplata prednjeg dijela repne grede (samo FAW Mk 1)
- 176 mjesto za postavljanje nosača (za nošenje lakog ubojnog tereta)
- 177 nosači projektila
- 178 lansirne šine za projektil
- 179 vodeni projektil zrak-zrak Firestreak (FAW Mk 1)
- 180 priključak za opskrbu gorivom u letu
- 181 vodeni projektil zrak-zemlja Bullpup
- 182 sačasti lanser nevodnih raketa kalibra 50.8 mm (36 raketa)

Tri projekcije Sea Vixena FAW Mk 2, zajedno s bočnim crtežom prototipa DH 110 i Sea Vixena FAW Mk 1



*Prvi prototip DH 110 WG236. Ovaj zrakoplov se 6. rujna 1952. tijekom demonstracijskog leta na izložbi u Farnboroughu raspao u letu, pri čemu su poginula oba člana posade i 29 posjetitelja izložbe*

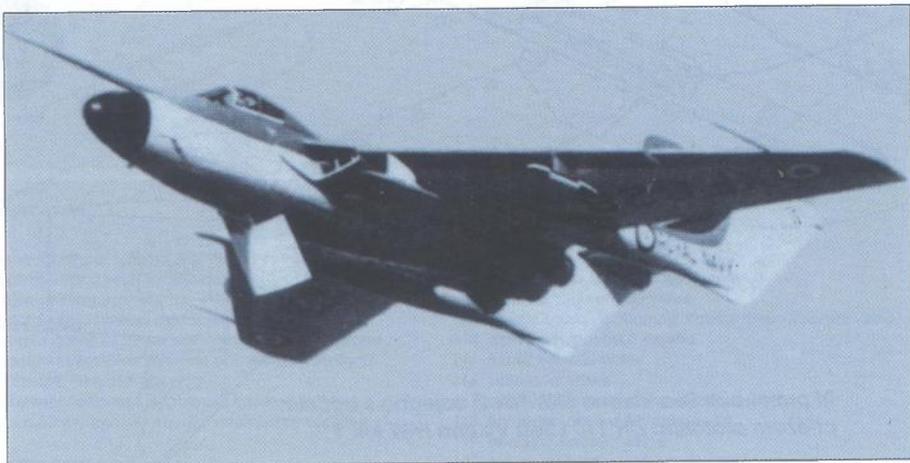
obližnjeg brežuljka. Rezultat te katastrofe bio je dvadeset devet poginulih posjetitelja (uz to, poginula su i oba člana posade DH 110), dok je veliki broj bio teže ili lakše ozlije-

đen. Izravna posljedica tog događaja bilo je donošenje brojnih pravila, prije svega ograničenja i zabrana (apsolutna zabrana letova iznad gledatelja, udaljenost između publike i piste) kojih su se organizatori takvih priredbi u buduću morali pridržavati. Uzrok pada, kako je pokazala naknadno provedena istraga, bio je uvijanje krila (koje je nastalo kao posljedica velikog ubrzanja i visoke kutne brzine nagiba), što je dovelo do odvajanja oplata na napadnom rubu krila. Odmah su obustavljeni letovi na preostalom prototipu, te je izvedeno neophodno strukturno pojačanje krila. Osim toga, smanjene su vertikalne repne površine, dodani produžetci



*Drugi prototip WG240; pored pilotske kabine vidi se mali prozorčić operatera radara*

godine DH 110 je prikazan javnosti na tada još godišnjoj SBAC-ovoj (Society of British Aircraft Constructors) zrakoplovnoj izložbi na Farnboroughu. No, tragedija koja je uslijedila još jednom je sudbinu projekta učinila neizvjesnom. Nakon tjedan dana odvijanja službenog dijela (zatvorenog za javnost), 6. rujna izložba je otvorena za posjetitelje. Pri kraju svog letačkog programa, nakon nekoliko oštrih zaokreta, probni pilot John Derry počeo je s izvođenjem zadnjeg manevra (valjak prema gore), našavši se iznad okupljene publike; u tom trenutku DH 110 se doslovce raspao u letu. Najveći dio ostataka pao je na tratinu između piste i publike, ali jedan motor se odvojio od trupa i pao na veliku skupinu gledatelja, koja je nastup pratila s



*Treći prototip DH 110 XF828 tijekom probnog leta*

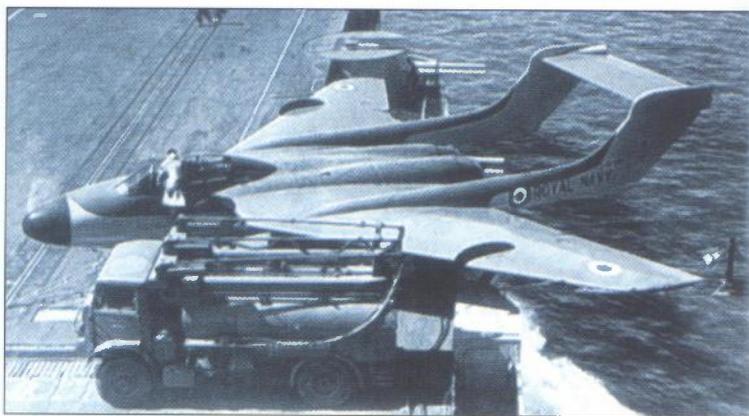
napadnog ruba krila (na vanjskoj sekciji krila), a prvi put je u jedan britanski zrakoplov ugrađeno kormilo visine koje je u cijelosti bilo pomično.

U vrijeme trajanja preinaka RAF je izgubio interes za DH 110, pa se de Havilland još jednom našao u nezavidnoj situaciji. Kao zamjenu za Mosquito RAF je odabrao Gloster Javelin, usprkos činjenici da niti razvoj toga lovca nije prošao bez "dječjih bolesti" i udesa. Srećom, mornarica je u to vrijeme tražila nasljednika za Sea Venom, koji je (najviše zbog financijskih razloga) bio kompromisno rješenje za kraće vremensko razdoblje. Iako je predložena njegova opsežna modernizacija, u koju je bila uključena ugradnja zakošenih krila, DH 110 je bio bolji temelj za izradbu budućeg lovca. Od početka razvoja prošlo je sedam godina. U tom razdoblju došlo je do znatnog tehnološkog napretka, pa su bile nužne određene preinake u skladu s novim standardima. Zahtijevani su bolji motori, povećanje doleta i količine goriva nošenog u integralnim spremnicima, ugradnja opreme i rješenja potrebnih za djelovanje s nosača zrakoplova (npr. mehanizam za hidrauličko preklapanje krila), a osnovno naoružanje trebale su biti vođene rakete zrak-zrak Firestreak. Kao rezultat svih traženih svojstava, nastao je zrakoplov koji je s prvobitnim DH 110 imao zajednički samo vanjski izgled.

## Novi život DH 110

Preostali drugi prototip je nakon opsežnih modifikacija poslan u Ustanovu za ispitivanje

poručnik bojnog broda Lock Eliot napravio nekoliko tzv. "touch and go" probnih slijetanja (pri kojima zrakoplov samo kotačima podvozja dodirne palubu, te se nakon toga povećanjem potiska vine u zrak) na nosač HMS *Albion*. Zbog tih ispitivanja prototipu je ojačano podvozje, ali nije



Treći prototip XF828 snimljen za vrijeme ispitivanja na nosaču zrakoplova HMS *Ark Royal*

Airspeed. Prototip je dobio nove turbomlazne motore Rolls Royce Avon 208 (potiska 5098 kg

### Taktičko-tehnički podatci za de Havilland DH 110 Sea Vixen FAW Mk 1/2 (ukoliko nije posebno istaknuto, podatci su zajednički za obje inačice)

**Pogonska skupina:** dva turbomlazna motora Rolls-Royce Avon 208 (svaki potiska 5098 kg).  
**Protežnosti:** raspon krila 15.24 m; duljina 16.94 m; visina 3.27 m; površina krila 60.19 m<sup>2</sup>.  
**Masa praznog zrakoplova:** 11.113 kg (FAW Mk 1), 12.727 kg (FAW Mk 2).  
**Najveća poletna masa:** 15.876 kg (FAW Mk 1), 16.783 kg (FAW Mk 2).  
**Najveća brzina leta (na visini od 3048 m):** 1038 km/h (FAW Mk 1), 1030 km/h (FAW Mk 2).  
**Brzina krstarenja:** 833 km/h (FAW Mk 2).  
**Brzina penjanja:** 29 m/s; vrijeme penjanja na 12.192 m 6,5 minuta (FAW Mk 1), 8 minuta (FAW Mk 2).  
**Operativni vrhunac leta:** 14.640 m.  
**Dolet:** 2222 km (FAW Mk 1).  
**Naoružanje:** FAW Mk 1 mogao je nositi različite kombinacije ubojnog tereta, koji se postavljao na četiri potkrilna nosača. Kombinacije su uključivale: četiri projektila zrak-zrak Firestreak; dva projektila Firestreak i dva sačasta lansera Microcel s nevođenim raketama kal. 50.8 mm; četiri bombe od 227 kg; dva projektila Firestreak i dvije bombe od 454 kg; dvije bombe od 227 kg i dvije skupine nevođenih raketnih projektila kal. 76.2 mm (po šest projektila u skupini); četiri skupine nevođenih raketnih projektila kal. 76.2 mm (ukupno 24 projektila); četiri sačasta lansera nevođenih projektila zrak-zrak kal. 50.8 mm (ukupno 96 projektila); dva vođena projektila zrak-zemlja AGM-12 Bullpup. Sea Vixen nije imao topničko naoružanje, ali je zato unutar trupa imao dva izvlačiva lansera (po 14 nevođenih raketnih projektila kal. 50.8 mm u svakom lanseru). FAW Mk 2 nosio je isto naoružanje kao i FAW Mk 1, osim vođenih projektila zrak-zrak (četiri projektila Red Top).

bila ugrađena kuka za zaustavljanje i mehanizam za sklapanje krila.

Treći prototip DH 110 Mk 20X (XF 828)



Sea Vixen FAW Mk 1 pred uzlet s nosača zrakoplova HMS *Ark Royal*

zrakoplova i naoružanja (A&AEE, Aeroplane-&Armament Experimental Establishment) u Boscombe Downu radi preliminarnih ispitivanja na palubi nosača. Ta su ispitivanja kompletirana 23. rujna 1954., kada je mornarički pilot

naručen je u veljači 1954. Izrađen je u Christchurchu, jer je cijeli posao prebačen u staru tvornicu tvrtke

svaki), kočionu kuku i modificirano podvozje, ali ne i uređaj za sklapanje krila. Radar još uvijek nije bio ugrađen, jer je de Havilland prvi put odlučio za integraciju oružanog sustava s zrakoplovom (tj. usporedo s razvojem zrakoplova razvijani su i sustavi koji će se ugraditi u njega), umjesto dotadašnje prakse, kojom su razvijenom zrakoplovu dodavani pojedini sustavi. Prototip XF828 poletio je 20. lipnja 1955. (prelet iz Christchurcha u letno ispitno središte u Hurnu). Ubrzo su na nosaču zrakoplova HMS *Ark Royal* uslijedila ispitivanja zrakoplova pri uzlijetanju i slijetanju na nosač u svim operativnim uvjetima, uključujući uzlijetanje sa i bez pomoći katapulta.

(nastavit će se)



**TURKALJ COMPANY**

Osijek, M. Divalta 127

**TVRKA ZA PROMET ORUŽJA, STRELJIVA I OPREME ZA ŠPORT, LOV I RIBOLOV**  
 Tel./fax: 031/559-222,  
 Mob.: 099-460-039

Lovačko sačmeno i karabinsko oružje, revolveri i pištolji sačmeno i karabinsko streljivo, streljivo za pištolje i revolvare, lovački i vojnički noževi, balistol-ulja, čistilice, puf-patrone, futrole za karabine i pištolje

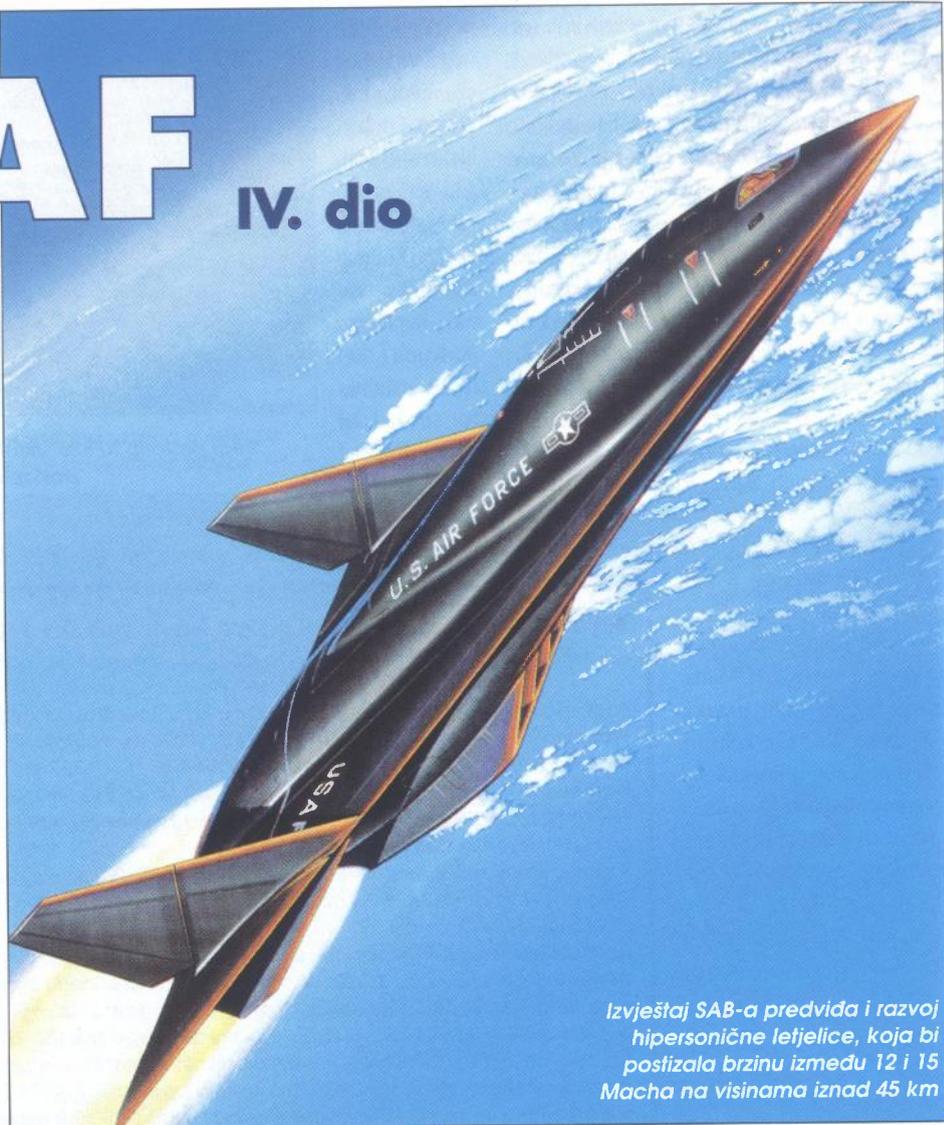
# USAF

IV. dio

## Budući projekti

SAB-ov izvještaj predlaže razvoj nekoliko novih letjelica za buduće potrebe USAF-a: to su UCAV, hipersonična letjelica i novi strateški transportni zrakoplov

**Robert BARIĆ**



*Izvještaj SAB-a predviđa i razvoj hipersonične letjelice, koja bi postizala brzinu između 12 i 15 Macha na visinama iznad 45 km*

## UCAV

Ideja o borbenom zrakoplovu bez pilota nije nipošto nova: takvi prijedlozi javljali su se i ranije. Uklonimo li pilota, odmah smanjujemo masu letjelice za 15 posto, a uklanjanjem svih sustava potrebnih pilotu moguće je smanjiti cijenu letjelice i za 50 posto. Dalje, lokacija pilota diktira smještaj pojedinih komponenti zrakoplova (npr. pogonske skupine) i veličinu zrakoplova (procjenjuje se kako bi lovac bez kokpita bio za 40 posto manji), a uklanjanjem pilota povećala bi se i pokretljivost (dobila bi se mogućnost izvođenja manevara pod opterećenjem i do 20 g). Iz svega navedenog vidi se kako bi zrakoplov bez pilota bio znatno jeftiniji od konvencionalne borbene letjelice. Ali, do sada je jedini način upravljanja takvom letjelicom bio pomoću radioveze iz zemaljske nadzorne postaje, stalno kontrolirajući zrakoplov; no, radioveza se može ometati, a dosadašnja računala još nemaju sposobnost autonomnog donošenja odluka ovisno o borbenoj situaciji, već samo izvođenje programa pohranjenih u njihovoj memoriji. Ipak, i ovdje se stvari mijenjaju.

Zagovornici UCAV-a navode kako će te letjelice predstavljati logičan slijed današnjih

tehničkih i operativnih trendova. Na primjer, misije koje izvode borbeni zrakoplovi današnjice planiraju se na zemlji, ubacuju u memoriju računala zrakoplova i djelomice automatski izvode (Lockheed F-117 opremljen je potpuno automatiziranim četverodimenzionalnim sustavom za kontrolu leta, koji upravlja zrakoplovom i vodi ga iznad točno određenog cilja u precizno određenom trenutku, te usmjerava IC senzore prema cilju; praktički jedina uloga pilota u F-117 je da poleti, nad ciljem autorizira lansiranje oružja, i pošlje samo sleti). Drugi primjer su nastojanja konstruktora borbenih zrakoplova da kombiniraju sustav za upozoravanje na dolazak projektila zrak-zrak i zrak-zemlja sa sustavom koji bi u tom trenutku preuzeo od pilota kontrolu nad letjelicom i automatski počeo s izvođenjem protuprojektilskih manevara (uostalom, već sada u takvim situacijama radarski i IC mamci automatski se izbacuju).

Nadalje, činjenica je kako sve veće značenje dobivaju veći zrakoplovi opremljeni sustavima za motrenje zračnog i kopnenog prostora s većih udaljenosti, poput **Boeinga E-3 AWACS** i **Boeinga E-8 Joint STARS**; sada se javlja mogućnost da se napravi bespilotni zrakoplov koji

bi autonomno letio do područja borbenih operacija, kad bi se našao iznad područja borbenih operacija kontrolu bi preuzimao operator na zemlji i na temelju podataka prikupljenih s npr. E-8 i bespilotnih izvidničkih letjelica (ili čak i satelita) određivao zemaljske ciljeve koje će napasti UCAV. Takvim pristupom izbjeglo bi se veliko opterećenje operatora koje je danas prisutno kod pilota borbenog zrakoplova (koji uz usredotočenost na let mora asimilirati podatke o situaciji u zraku i na zemlji dobivene iz senzorskih sustava vlastite letjelice kao i drugih izvidničkih platformi, te u skladu s tim izvesti promjene u izvođenju misije, plus pratiti podatke koje dobiva od drugih sustava /npr. sustava za samozaštitu letjelice, kao što je RWR detektor/).

I laseri predstavljaju opasnost za pilote; pritom se ne misli na laserske topove sposobne za obaranje borbenog zrakoplova (tako nešto još nije izvodivo), već na laserske uređaje namijenjene za onesposobljavanje posade zrakoplova. Godine 1990. predstavnici kompanije McDonnell Douglas izveli su u zrakoplovnoj bazi Eglin AFB zanimljiv test: obične jurišne puške M16 opremili su laserskim uređajem (male veličine, koji se sam punio pomoću solarnih stanica) i ciljnikom s mogućnošću povećavanja 10 puta. Nakon toga je iznad vojnika s tim oružjem proletio lovac F-4, čija je posada bila opremljena zaštitnim vizorima. Iako je lovac poduzimao manevre izbjegavanja, laser s zemlje "pogodio" je F-4 šest puta u sekundi, a posada je usprkos zaštitnoj opremi izvijestila kako su učinci pogodaka bili "vrlo napadački". Takva primjena lasera može kod nezaštićenog pilota izazvati dezorijentaciju, privremeni gubitak vida, ali i trajno oštećenje oka (posebice novi laseri s ultrakratkom dužinom impulsa i velikom snagom - laser snage 1 GW s dužinom impulsa od jedne femtosekunde). Kako bi se to spriječilo, razvija se zaštitna oprema, ali danas je poznato samo jedno tvorivo koje je učinkovito protiv svih laserskih frekvencija, a to je 100-postotni aluminij koji se teško može primijeniti u dizajnu pilotske zaštitne opreme.

Za sada su se iskristalizirala dva pristupa u dizajnu UCAV-a. Prvi je predložio SAB, a sastoji se u dizajnu zasnovanom na povećanom krstarećem projektilu **AGM-129 Advanced Cruise Missile**. Prednost te letjelice bila bi manji radarski i IC odraz što bi omogućilo približavanje cilju na manju udaljenost i izvođenje napada s manjim ali preciznijim oružjem. Drugi pristup, koji je ponudila kompanija Lockheed Martin zajedno s DARPA-om, zagovara modificiranje konvencionalnog lovca u UCAV. Kao prvi korak izvela bi se minimalna modifikacija lovca zbog demonstracije tehnologije automatiziranog uzleta, slijetanja i opskrbe tijekom leta. Kad se razviju te osnovne funkcije, prešlo bi se na demonstraciju sposobnosti autonomnog nošenja i uporabe oružja (operator na zemlji umiješao bi se samo pri selekciji ciljeva i izbjegavanju neočekivanih prijetnji). Stečeno

iskustvo iskoristilo bi se u modifikaciji postojećih lovaca (F-16, F/A-18) u UCAV kao prijelazno rješenje, te za konstrukciju potpuno novog UCAV-a. Novi UCAV bio bi dizajniran za kraći vijek trajanja, bez stupnja redundancije sustava prisutne kod suvremenih lovaca, čime bi se kombinirale visoke performanse s malom cijenom koštanja. Primjenom LO tehnologija i smanjenjem veličine postigla bi se visoka vjerojatnost preživljavanja, što bi omogućilo napadaj na dobro branjene i zaštićene ciljeve s manjih udaljenosti uporabom kratkodometnih jednostavnijih oružja (umjesto dalekodometnih i skupljih projektila). SAB je paralelno s prijedlogom UCAV-a zatražio i razvoj novih vrsta oružja za napad na zemaljske ciljeve - precizno vođeno streljivo opremljeno tragačem za samonavođenje koje bi bilo dovoljno jeftino da bi se moglo masovno nabaviti. Zatraženo je i veće izdvajanje sredstava za dizajn bojnih glava i eksploziva, kako bi se stvorile bojne glave koje bi se mogle detonirati na različite načine radi uništenja različitih ciljeva.

Ideja o UCAV-u je svakako zanimljiv koncept, ali ne i bez nedostataka. Zagovornici UCAV-a tvrde kako bi cijena jedne takve letjelice bila 1-1.5 milijuna USD. Sumnjam da bi se cijena mogla tako

*Moguć izgled UCAV-a namijenjenog za napadaj na zemaljske ciljeve*



nisko spustiti, a ako se i to postigne, većina dalekodometnih projektila zrak-zemlja danas ipak manje košta od predložene cijene UCAV-a. No glavni problem nije u pitanju cijene (neka cijena UCAV-a s npr. sposobnostima ekvivalentnim jednom F-15E bude i 10 ili 20 milijuna USD - to je još uvijek jeftinije od novog F-15E), već kako održati kontrolu nad letjelicom.

Uzmimo da operator koji se nalazi u zemaljskoj nadzornoj postaji uspostavlja vezu s UCAV-om samo neposredno pred napadaj. Dakle, treba nam pouzdana veza za prijenos podataka u oba smjera (posebice jasnih slika područja cilja visoke rezolucije). Međutim, danas se ometanjem može onemogućiti svaka dalekodometna podatkovna veza, što znači kako u tom slučaju

UCAV mora imati sposobnost autonomnog djelovanja, a to će se moći ostvariti samo primjenom **računarskih AI** (AI - artificial intelligence, umjetna inteligencija) **sustava**. AI sustavi trebaju prijeći još dug razvojni put, ali po mišljenju SAB-a u idućih 30 godina ti tehnološki izazovi bit će riješeni.

Iako su se čuli neki prijedlozi da se stvori JSF verzija UCAV-a, to zasad nije predviđeno a teško da će biti sprovedeno u budućnosti, jer će JSF biti veći i mnogo skuplji nego UCAV. Kakve bi zadaće mogao izvoditi UCAV? Izne-

seni koncept (autonomni let do područja cilja, dobivanje podataka o cilju od drugih platformi, nadzor operatora tijekom napadaja, autonomni povratak u bazu) idealan je za izvođenje jurišnih misija. Uostalom, danas napadaji na zemaljske ciljeve predstavljaju borbene zadaće koje dovode do najviše gubitaka borbenih zrakoplova. Dakle UCAV bi bio ponajprije namijenjen za izvođenje misija poput neutralizacije protivničkog PZO sustava (SEAD misije), udara po ciljevima duboko u protivničkoj pozadini, proturaketnoj obrani područja borbenih djelovanja, izviđanju i izvođenju udara s velikih visina. To ostavlja dvije vrste misija kod kojih je uloga čovjeka (zasada) i sada nezamjenjiva - pružanje bliske paljbene potpore i vođenje vizuelne tj. bliske zračne borbe - borbenim zrakoplovima s posadom.

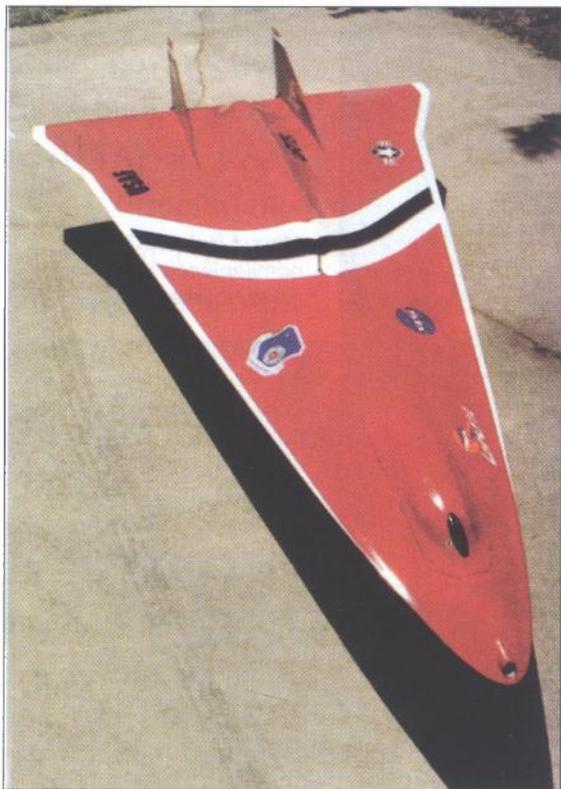
U idućih 30-ak godina i dalje će stoga postojati zrakoplovi s ljudskom posadom: to konstruktore kokpita borbenih zrakoplova postavlja pred dva problema: zaštitu posade od učinka laserskog

zraka (prethodno spomenuti pokus s F-4 i laserom izveden 1990. pokazuje svu složenost problema) i smanjivanje mogućnosti "preopterećenja" pilotovog mozga gomilom informacija. Revolucionarno rješenje predložio je Gene Adams iz McDonnell Douglasa (dizajner Hornetovog kokpita) - kokpit bez prozora. Time bi bila postignuta potpuna zaštita pilota od laserskog zraka, ali sada se postavlja pitanje kako će se pilotu omogućiti vizualno praćenje situacije u zraku i na kopnu. Rješenje bi bilo u nekoj vrsti virtualne stvarnosti - vizuelnom prikazu vanjske situacije uporabom pojednostavljenih grafičkih simbola za predočavanje okolne situacije. U ostvarivanju tog cilja moguća su dva pristupa. Prvi je primjena HMD-a; Adams smatra kako to rješenje vjerojatno nije izvodivo, i nudi drugu mogućnost - oblikovanje kokpita u obliku minijaturne kupole, i postavljanje projekcijskog sustava slike niske rezolucije na stjenke kupole. Pilotska kaciga bila bi opremljena HMD-om, koji bi u smjeru pilotova pogleda davao isječak svekolikog prikaza u visokoj rezoluciji. HDD pokazivači davali bi sve podatke o radu sustava ugrađenih na zrakoplovu i navigacijske podatke. Po Adamsu, prednosti takvog kokpita bile bi mogućnost određivanja najpovoljnijeg oblika trupa zrakoplova (s obzirom na aerodinamičke i LO značajke), ukidanje restrikcija u veličini HDD displaya (dosadašnji zahtjevi omogućavanja očitavanja podataka s HDD-a pri jakoj sunčevoj svjetlosti bili su glavni razlog ovog ograničenja), te olakšavanje praćenja prikazanih podataka pilotu. Koncept je ipak dosta radikaln, te se teško može očekivati njegova primjena u skoroj budućnosti.

Još jedan radikaln prijedlog je postavljanje lasera na leteću platformu radi sudjelovanja u zračnoj borbi (tzv. **ABL, Airborne Laser**). Iako bi ABL mogao revolucionirati ratovanje u zraku (služio bi kako za obaranje lovačkih i jurišnih zrakoplova, balističkih projektila, te za uništavanje ciljeva na zemlji), problemi koji se moraju riješiti kako bi taj koncept zaživio iznimno su složeni (npr. pitanje minijaturizacije lasera i osiguravanja dostatno snažnog izvora energije; način otkrivanja ciljeva; pitanje sprječavanja degradacije snage i dometa laserskog snopa zbog atmosferskih uvjeta), te se može dogoditi da ABL ostane jedan u nizu neostvarenih projekata.

## Hipersonične letjelice

Glede hipersoničnih letjelica, SAB-ov izvještaj predviđa hipersoničnu letjelicu koja bi letjela brzinama između 12 i 15 Macha na visinama većim od 45 km. USAF je od 1986. bio predvodnikom **NASP (National Aerospace Plane)** programa, tj. razvoja zračnosvemirskog zrakoplova. Do 1992. godine u računalskim modelima rabljenim za utvrđivanje performansi scramjet motora nisu uklonjene velike nesigurnosti, što je dovelo u pitanje i predviđanja performansi predloženog prototipa X-30. Ovaj problem, zajedno sa sman-



*Eksperimentalna letjelica LoFlyte, s kojom će kompanija McDonnell Douglas u suradnji s NASA-om ispitivati mogućnost primjene neuralne računalske mreže na hipersoničnim letjelicama*

jenjem proračuna, doveo je do prekida programa NASP, no to nije značilo i prekidanje svih istraživanja na tom području. NASA je nastavila podupirati određeni rad na hipersoničnim letjelicama: NASA-ino istraživačko središte u Langleyu zajedno s kompanijama Lockheed Martin i Accurate Automation radi na projektu pokusne letjelice **LoFlyte** kojom će se demonstrirati mogućnost uporabe neuralne računalne mreže u sustavu kontrole leta hipersonične letjelice (model letjelice ispitan je u zračnom tunelu, a do 1998. treba poletjeti model dug 7 m pokretan mlaznim motorom); takav sustav kontrole leta trebao bi omogućiti siguran let u različitim uvjetima.

Kod razvoja hipersoničnih letjelica javila su se dva problema: pitanje pogonskog sustava koji bi ubrzao letjelicu na brzinu od 1.5 do 3 Macha, kako bi se aktivirao scramjet motor (koji zatim ubrzava letjelicu na krstareću brzinu), i pitanje deceleracije na manje brzine (zbog lansiranja oružja). Prvi problem uspješno je riješen u sklopu programa NASP. Odabrano rješenje je pogonski sustav s kombiniranim ciklusom temeljen na raketnom motoru (**RBCC**, rocket-based combined cycle system). U aerodinamičkom slivniku postavljene su male raketne mlaznice koje ispuštaju mješavinu bogatu gorivom; čak i pri nultoj brzini mlaznice induciraju protok zraka kroz kanal što omogućuje izgaranje viška goriva a time i stvaranje većeg potiska. Kako se brzina povećava, u slivniku dolazi do izgaranja sve veće količine goriva, sve dok ne uslijedi tranzicija motora u ramjet ciklus rada. Detaljni podaci o RBCC-u ostaju pod velom tajne, i najnoviji napredak na tom polju nije poznat. Glede drugog problema, njegovo rješavanje se znatno pojednostavljuje ako ovdje primijenimo UCAV koncept.

## Novi strateški transportni zrakoplov

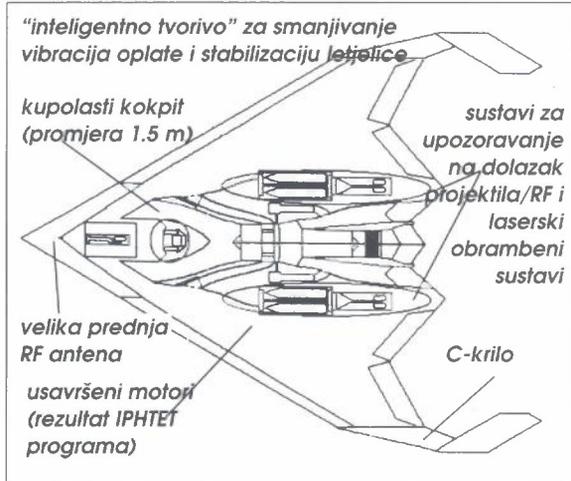
SAB-ovo izvješće naglašava potrebu za novim strateškim transportnim zrakoplovom, te navodi određene načine kako bi ta letjelica bila djelotvornija od sadašnjih. Novi transportni zrakoplov imao bi masu od oko 450 t, a veliki dolet uklonio bi potrebu za postavljanjem opreme za opskrbu gorivom tijekom leta (uvijek kompleksnom i skupom procedurom). Veća učinkovitost u odnosu na sadašnje zrakoplove te vrste postigla bi se primjenom nekoliko mjera. Jedna od najvažnijih je razvoj novog, kraćeg krila s većom vitkosti (zbog eliminiranja tendencije primjene sve dužih krila; takva krila se uvijaju, što smanjuje uzgon koji se generira na vanjskom dijelu krila). Tu je zanimljiv Boeingov koncept tzv. **C-krila (C-wing)**, kombinacije deblje središnje sekcije krila stopljene s trupom i vrlo velikih vingleta usmjerenih prema trupu zrakoplova; takva konfiguracija omogućila bi primjenu "inteligentnog tvoriva" u konstrukciji oplata (fleksibilna kompozitna tvoriva s ugrađenim sensorima i aktuatorima). Pogonska skupina

mogla bi se zasnivati na motorima koji su rezultat sadašnje tehnologije, kako bi se zadovoljile performanse koje je dao SAB, s eventualnom primjenom rješenja iz programa poput IHPTET-a.

No, druge preporuke SAB-a usmjerene na poboljšanje učinkovitosti zračnog transporta

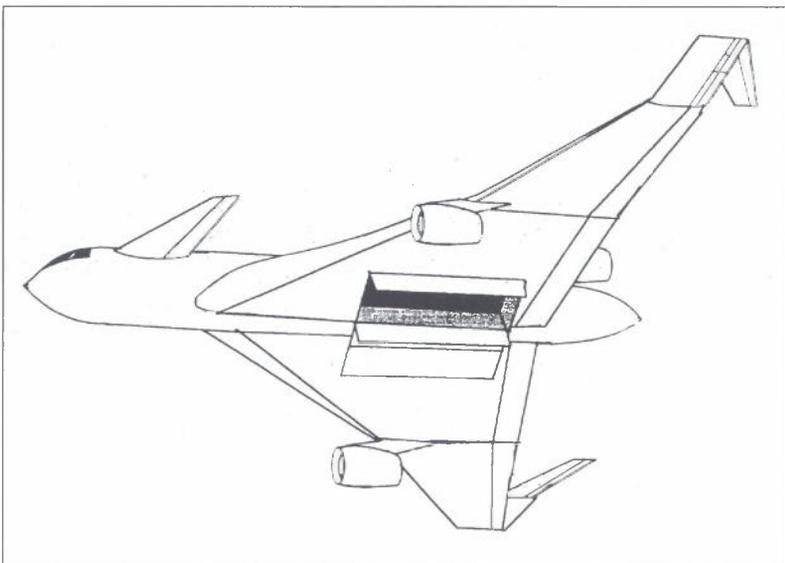
traže promjene u njegovoj dosadašnjoj organizaciji. Većina strateških transportnih zrakoplova treba za slijetanje i polijetanje velike zračne luke, koje su ranjive na napadaje pomoću projektila; osim toga, iz zračnih luka dopremljenu opremu treba transportirati do postrojbi vrtoletima i kamionima, što predstavlja dodatne komplikacije. Stoga SAB predlaže novi način transporta, odnosno izbacivanje tereta iz zrakoplova na precizno određenu točku (tzv. **point-of-use-delivery**), čime bi se izbjegli zastoji u opskrbi, te situacije u kojima je napredovanje postrojbe zaustavljeno zbog nemogućnosti daljnje opskrbe. Po SAB-u, glavni problem koji treba riješiti je način ostvarivanja potrebne preciznosti pri izbacivanju tereta (teret bi se izbacivao s visine od 6000 m, a zahtijevani CEP bio bi 10-20 m); predložena je uporaba GPS sustava vođenja i velikog konvencionalnog padobrana zajedno s sustavom za precizno mjerenje promjena brzine vjetrova (npr. pomoću laserskog radara) na trajektoriji spuštanja tereta. Taj metod postavlja i zahtijev ne za sekvencijalnim redom izbacivanja tereta, već za proizvoljnim redom, ovisno o situaciji (stoga bi transportni zrakoplovi trebali dobiti vrata za izbacivanje na donjem dijelu trupa).

Takav način izbacivanja tereta znači i kako će transportni zrakoplovi trebati letjeti vrlo blizu crte razdvajanja snaga na bojištu, te će ih se morati opremiti obrambenim sustavima (ECM sustavi,



**Prijedlog usavršenog lovačkog zrakoplova s kokpitom bez prozora**

**Novi strateški transportni zrakoplov trebao bi omogućiti tzv. "point-of-use-delivery" način isporuke (teret se izbacuje s visine od 6000 m s preciznošću pada na određenu točku od 10 do 20 m) čime bi se izbjegli zastoji do kojih dolazi pri iskrcavanju tereta. Novi strateški transportni zrakoplov trebao bi omogućiti tzv. "point-of-use-delivery" način isporuke (teret se izbacuje s visine od 6000 m s preciznošću pada na određenu točku od 10 do 20 m) čime bi se izbjegli zastoji do kojih dolazi pri iskrcavanju tereta**



protuprojektilski laserski sustavi ili sustavi s mikrovalnim zračenjem ili čak topovi); to bi, po SAB-u, omogućilo dvostruku namjenu ovakvih zrakoplova - kao transportni zrakoplovi te kao borbene letjelice s energetske oružjem (u toj ulozi umjesto tereta bilo bi npr. moguće nošenje malihUCAV-a).

Na kraju, spomenut ću zadnja dva programa značajna za budućnost USAF-a: **IHPDET** i razvoj "**inteligentnih**" tvoriva. Program IHPDET treba dovesti do pojave mlaznih zrakoplovnih motora koji će trošiti specijalno ugljikovodično gorivo, a primjenili bi se na raznim vrstama letjelica, od budućih lovaca do strateških transportnih zrakoplova. Glavni cilj programa je postizanje 100 posto poboljšanja performansi motora; cijeli program odvija se u ukupno tri faze. U svakoj fazi programa prvo se izvodi definiranje ciljeva (zbog činjenice kako se pri otpočinjanju programa 1987. nisu mogle predvidjeti sve tehnologije i tehnološka

atura u uvodniku zraka pri krstarećoj brzini iznosi-la 530°C); ova tehnologija mogla bi se primjeniti u razvoju hipersoničnih letjelica.

U tijeku je definiranje ciljeva i tehnologija treće faze IHPDET-a; iako svi planovi nisu još dovršeni, već se naziru obrisi daljnjih aktivnosti. Tako se u izradbi komponenata poput mlaznica motora neće rabiti kompozitno tvorivo RCC (reinforced carbon-carbon, ojačani ugljik-ugljik; od upotrebe RCC-a odustalo se zbog nemogućnosti pronalaženja načina zaštite od oksidacije), no za rotacijske komponente motora mogli bi se uporabiti kompoziti s keramičkom matricom i organski kompoziti. Naglasak na pouzdanosti i lakšem održavanju motora usredotočuje pozornost na mehanički dizajn motora. Na tom polju jedan od mogućih pristupa je uporabe novih tvoriva, npr. kompozita s metalnom matricom za izradbu osovina koje bi zahtijevale manje ležajeva. Zatim, radi uklanjanja fluida za podmazivanje pojedinih komponenti motora, moguće je uvođenje keramičkih ležajeva podmazivanih prahom, ili magnetskih ležajeva.

Program IHPDET treba predstavljati model za usmjeravanje budućih tehnoloških napora na području razvoja zrakoplovnih motora; no dobivena tehnološka rješenja već se primjenjuju u poboljšanju sadašnje generacije turboventilatorskih motora, a uskoro bi i prvi vojni zrakoplov trebao dobiti motor kod kojeg su mnoga rješenja inspirirana IHPDET-om - to je švedski trenažni zrakoplov Saab 105 koji bi u procesu modernizacije trebao zamijeniti svoju sadašnju pogonsku skupinu (Turbomecca RM9) s novim turboventilatorskim motorom Williams FJ44 (koji ima jednostavljeni ventilator s strelastim lopaticama i kompresor napravljen od slitina titan-aluminija). IHPDET bi na kraju trebao dovesti do stvaranja zrakoplovnih motora koji bi se primijenili na bespilotnim letjelicama, lovcima, transportnim zrakoplovima i civilnim komercijalnim letjelicama.

I "inteligentno" tvorivo odavno je preraslou područje teorijskih spekulacija. Kompanija McDonnell Douglas u programu svemirskog tehnološkog demonstratora DC-XA ispituje ovu vrstu tvoriva (tako su u konstrukciju kompozitnog spremnika hidrogenskog goriva postavljena optička vlakna; signal koji vlakna prenose mijenja se kad su vlakna stisnu, neuralna računalna mreža obrađuje te podatke, razvija vlastita pravila prosudbe i identificira stupanj naprezanja određujući može li ugroziti integritet konstrukcije spremnika), a NASA planira njegovu uporabu kod višestruko upotrebljivih lansiranih letjelica radi smanjivanja vremena potrebnog za inspekciju između dva leta. Program JSF mogao bi uključiti i ugradnju ILM sustava (Intelligent Load Monitoring - sustav za nadzor strukturalnog opterećenja svakog individualnog zrakoplova tijekom njegovog vijeka trajanja; sustav bi se mogao sastojati od optičkih vlakana /koji bi služili kao mjerači/ i neuralne računalne mreže - podatci dobiveni mjeren-



**Koncept postavljanja lasera na leteću platformu (ABL) možda bi doveo do korijenitih promjena u zračnom ratovanju, ali pitanje je kad će biti riješeni brojni tehnološki problemi koji zasad sprječavaju ostvarivanje ABL-a**

rješenja koja bi se koristila u IHPDET-u, odlučeno je da se precizno definiranje izvede na početku svake razvojne faze), onda slijedi demonstracija bitnih tehnologija na razini individualnih dijelova, nakon čega se izvode ispitivanja pojedinih komponenti (npr. turbine i kompresori motora), a zatim i samih motora. Motori iz tog programa još se ne će primijeniti na JSF-u (njegov motor bit će najvjerojatnije izveden iz F119), ali neka rješenja do kojih se došlo u prvoj fazi programa IHPDET vjerojatno će biti primijenjena (npr. već sada se neka tehnološka rješenja, poput bolje aerodinamike ventilatora, primjenjena su na motorima F119 i F414).

IHPDET je sada u drugoj razvojnoj fazi (Phase II), a trenutačno najveći ispitni program je **JTDE (Joint Technology Demonstration Engine)**; uz to, u okviru **JETEC-a (Joint Expendable Turbine Engine Concept)** isproban je jednostavni turbomlazni motor Allison J102 (na visinama do 27.000 m i pri brzini do 3.5 Macha), postavivši novi rekord glede operativne temperature rada dijelova motora (tako je temper-

jem kombinirali bi se s procijenama računala zbog dobivanja precizne slike o opterećenjima, smanjujući time potrebe za pregledima i remontima zrakoplova), no konačni cilj je stvaranje istinske "inteligentne" strukture - ugradnja u oplatu zrakoplova senzora koji bi mjerili otklone, i aktuatora koji bi zatim pravili potrebna poboljšavanja. Time bi se npr. spriječilo vibriranje oplata (što je McDonnell Douglas demonstrirao pokusom u veljači, izvedenom u zračnom tunelu s NASA-inom eksperimentalnom sekcijom krila; idući korak je ponavljanje pokusa ali sada s aktuatorima ugrađenima u krilo). No, ključ u izradi "inteligentne" strukture su SMA tvoriva (shape-memory alloy, tj. kovine koje mijenjaju svoj oblik između dva fizička oblika zagrijavanjem, odnosno hlađenjem). Njihovom primjenom koncept MAW

(Mission Adaptive Wing) krila mogao bi prijeći iz područja eksperimentalnih istraživanja u operativnu uporabu.

Konačni oblik plana dugoročnog razvoja USAF-a, kao i prijedlozi za ostvarivanje navedenog trebaju biti predani na razmatranje u prosincu ove godine. U svakom slučaju, bit će zanimljivo vidjeti kole će se (i kada) od navedenih ideja ostvariti. Dotad, USAF će u budućnosti morati izvoditi borbene zadatke sa znatno manjim brojem skupih letjelica - pitanje je hoće li te letjelice, bez obzira na njihove tehnološke značajke, biti dovoljne za predviđene zadatke jer će gubitak samo nekoliko njih u nekom sukobu (bez mogućnosti zamjene) vjerojatno značiti znatno smanjivanje borbenih sposobnosti angažiranih snaga.



#### ORGANIZACIJA USAF-a (prva polovina 1996.)

##### Svemirsko zapovjedništvo (Air Force Space Command, AFSPC)

Glavni stožer je u Peterson AFB, Colorado. U sastavu se nalaze sljedeće postrojbe:

- 1) Air Force Space Warfare Center, Falcon AFB, Colorado.
- 2) 14th Air Force, stožer u Vandenberg AFB, California. U sastavu se nalaze 21st Space Wing, Peterson AFB (komunikacijska postrojba) i 30th Space Wing, Vandenberg AFB (s vrtolovima UH-1N, namijenjena za traženje i spašavanje).
- 3) 20th Air Force, stožer u Francis E. Warren AFB, Wyoming. U sklopu ove postrojbe smješteni su svi američki ICBM-i, i to u sastavu: 90th Missile Wing, Francis E. Warren AFB (LGM-30G Minuteman III; LGM-118A Peacekeeper); 91st Missile Group, Minot AFB, North Dakota (LGM-30G Minuteman III); 321st Missile Group, Grand Forks AFB, North Dakota (LGM-30G Minuteman III); ova postrojba bit će deaktivirana, 341st Missile Wing, Malmstrom AFB, Montana (postrojba je bila opremljena sa sad povučenim ICBM-ovima LGM-30F Minuteman III; nakon deaktiviranja 321st Missile Group njihovi projektili će se dodijeliti ovoj postrojbi).

##### Zapovjedništvo za specijalne operacije (Air Force Special Operations Command, AFSOC)

Glavni stožer nalazi se u bazi Hurlburt Field, Florida. U sastavu zapovjedništva nalaze se sljedeće postrojbe: 16th Special Operations Wing, Hurlburt Field (šest squadrona opremljenih zrakoplovima AC-130U/H, MC-130E/H, HC-130N/P i vrtolovima MH-53J, NCH-53A i MH-60G); 352nd Special Operations Group, RAF Mildenhall, Velika Britanija (tri squadrona s MC-130H, HC-130N/P, C-130E, MH-53J); 353rd Special Operations Group (tri squadrona s MC-130E, C-130E, H/C-130N/P, MH-53J); 427th Special Operations Squadron, Pope AFB, NC (zrakoplovi CASA C-212).

##### Zapovjedništvo za zračnu pokretljivost (Air Mobility Command, AMC)

Glavni stožer nalazi se u Scott AFB, IL. U sastavu se nalaze sljedeće postrojbe:

- 1) 15th Air Force, Travis AFB, California. U njegovu sastavu nalaze se: 22nd Air Refueling Wing, McConnell AFB, Kansas (344th ARS; 349th ARS; 350th ARS; 384th ARS - svi opremljeni zrakoplovima-tankerima KC-135R/T); 43rd Air Refueling Group, Malmstrom AFB, Montana (91st ARS s KC-135R; postrojba će se premjestiti u MacDill AFB, Florida); 60th Air Mobility Wing, Travis AFB, California (6th i 9th ARS s zrakoplovima-tankerima KC-10A; 19th, 20th, 21st i 22nd AS s transportnim zrakoplovima C-141B i C-5A/B); 62nd Airlift Wing, McChord AFB, Washington (4th, 7th i 8th AS s C-141B); 92nd Air Refueling Wing, Fairchild AFB, Washington (92nd, 93rd, 96th, 97th, 98th ARS s KC-135R/T); 375th Airlift Wing, Scott AFB, Illinois (11th AS s C-9A, 458th AS s C-21A).
- 2) 21st Air Force, stožer u McGuire AFB, New Jersey. U njegovu sastavu nalaze se: 19th Air Refueling Wing, Robins AFB, Georgia (99th i 712th ARS s KC-135R); 89th Airlift Wing, Andrews AFB, Maryland (glavna zadaća te postrojbe je VIP prijevoz); 305 Air Mobility Wing, McGuire AFB, New Jersey (305th Operational Group s C-141B i 458th Operational Group s KC-10A; obje postrojbe su u McGuire AFB); 319th Air Refueling Wing, Grand Forks AFB, North Dakota (905th, 906th, 911th i 912th ARS s KC-135R); 436th Airlift Wing, Dover AFB, Delaware (3rd i 9th AS s C-5A/B); 437th Airlift Wing, Charleston AFB, South Carolina (14th i 17th AS s C-17A, 15th i 16th AS s C-141B).
- 3) Postrojbe izravno potčinjene glavnom stožeru AMC-a (zrakoplovi za potrebe američkih ambasada po cijelom svijetu).

##### Skupina američkih zračnih snaga u Europi (USAFE, US Air Forces in Europe)

Glavni stožer nalazi se u Ramstein AB, Njemačka. U sastavu se nalaze sljedeće postrojbe:

- 1) 3rd Air Force, RAF Mildenhall, Velika Britanija. U sastavu su sljedeće postrojbe: 48th Fighter Wing, RAF Lakenheath, Velika Britanija (492nd i 494th FS s F-15E, 493rd FS s F-15C/D), 100th Air Refueling Wing, RAF Mildenhall (351st ARS s KC-135R);
- 2) 16th Air Force, Aviano AB, Italija. U sastavu se nalazi 31st Fighter Wing, Aviano AB (510th i 555th FS s F-16C/D) i 39th Wing, Incirlik AB, Turska (bez stalnog sastava, u sklopu njega rotiraju se postrojbe iz sastava USAFE-a).
- 3) 17th Air Force, Sembach AB, Njemačka. U sastavu su sljedeće postrojbe: 52nd Fighter Wing, Spangdahlem AB, Njemačka (22nd i 23rd FS s F-16C/D, 53rd FS s F-15C/D, 81st FS s A/OA-10A); 86th Airlift Wing, Ramstein AB, Njemačka (37th, 75th i 76th AS s C-130E, C-9A, C-20A, C-21A, CT-43A).

##### Skupina američkih zračnih snaga na Pacifiku (PACAF, Pacific Air Forces)

Glavni stožer nalazi se u Hickam AFB, Hawaii. U sastavu se nalaze sljedeće postrojbe:

- 1) 5th Air Force, Yokota AB, Japan. U sastavu su sljedeće postrojbe: 18th Wing, Kadena AB (12th FS s F-15C/D, 33rd RQS s HH-60G, 44th i 67th FS s F-15C/D, 909th ARS s KC-135R, 961st AACs s E-3B/C); 35th Fighter Wing, Misawa AB (13th i 14th FS s F-16C/D); 374th Airlift Wing, Yokota AB (30th AS s C-9A, 36th AS s C-130E/H, 459th AS s C-21A).
- 2) 7th Air Force, Osan AB, Južna Koreja. U sastavu su sljedeće postrojbe: 8th Fighter Wing, Kunsan AB (35th i 80th FS s F-16C/D); 51st Fighter Wing, Osan AB (25th FS s OA-10A, 36th FS s F-16C/D, 38th RQF s HH-60G, 55th AF s C-12F).
- 3) 11th Air Force, Elmendorf AFB, Alaska. U sastavu su sljedeće postrojbe: 3rd Wing, Elmendorf AFB (19th i 54th FS s F-15C/D, 90th FS s F-15E, 517th AS s C-130H i C-12F, 962nd AACs s E-3B/C); 354th Fighter Wing, Eielson AFB, Alaska (18th FS s F-16C/D, 355th FS s A/OA-10A).
- 4) 13th Air Force, Andersen AFB, Guam.

##### Pričuva zračnih snaga (Air Forces Reserve, AFRES)

Glavni stožer nalazi se u Robins AFB, Ga. U sastavu se nalaze sljedeće postrojbe:

- 1) 4th Air Force, McClellan AFB, California. U sastavu se nalazi osam wingova opremljenih strateškim transportnim zrakoplovima i zrakoplovima-tankerima (C-141B, C-5A/B; C-9A, KC-135E/R, KC-10A).
- 2) 10th Air Force, Bergstrom AFB, Texas. U sastavu se nalazi 21 wing, u kojima se nalaze taktički transportni zrakoplovi (C-130E/H), bombarderi (B-52H), lovci (F-16A/B/C/D), jurišni zrakoplovi (A/OA-10) i zrakoplovi i vrtoloti za traženje i spašavanje i specijalne namjene (HC-130N/P, WC-130E/H, MC-130E, HH-60G).
- 3) 22nd Air Force, Dobbins AFB, Georgia. U sastavu se nalazi devet wingova, opremljenih strateškim transportnim zrakoplovima i zrakoplovima-tankerima (C-141B, C-5A/B, C-17A, KC-135E/R, KC-10A).

##### Zračna nacionalna garda (Air National Guard, ANG)

Glavni stožer nalazi se u Washingtonu DC. Kako se u većini wingova i zrakoplovnih skupina nalazi samo po jedan squadron (kao i zbog nedostatka prostora), navest ću samo broj squadrona i tip zrakoplova koji se dodjeljuju pojedinom zapovjedništvu.

ACC dobiva 5 squadrona F-15A/B, 3 squadrona F-16A/B, 4 squadrona F-16A/B(ADV) (ti zrakoplovi namijenjeni su za zračnu obranu Sjeverne Amerike; do kraja godine dva će se prenamijeniti s F-16C/D), 23 squadrona F-16C/D, 5 squadrona A/OA-10A, jedan squadron bombardera B-1B, jedan squadron F-4G (SEAD misije), 20 squadrona transportnih zrakoplova C-130E/H, 2 squadrona komunikacijskih zrakoplova, dva squadrona letjelica za borbeno traženje i spašavanje). AETC dobiva 3 squadrona F-16A/B, a AFSOC jedan squadron EC-130E. Za ACC namijenjeno je 20 squadrona s zrakoplovima KC-135E/R, 2 squadrona s C-141B, jedan squadron s C-5A. PACAF dobiva jedan squadron F-15A/B, 2 s C-130H, jedan s HC-130H i HH-60G, 2 s KC-135E/R.

Broj zrakoplova tj. vrtolota u sastavu jednog squadrona varira, ovisno o vrsti. Tako se u lovačkim i jurišnim squadronima nalazi 18-24 zrakoplova, bombarderskim između 10-17 (varira, ovisno o tipu bombardera), transportnih zrakoplova i zrakoplova-tankera između 8-16 (ovisno o tipu), squadroni letjelica specijalne namjene 2-11 zrakoplova, vrtolotnim squadronima 4-8 (u slučaju MH-53J čak i 19).

U sastavu USAF-a nalaze se sljedeće letjelice. Lovci i lovci-bombarderi: F-15A/B/C/D (718), F-15E (203), F-16A/B/C/D (1450), F-117A (54), F-111F (50), A-10A (235), OA-10A (134), AC-130H/U (21). Strateški bombarderi: B-52H (66), B-1B (95), B-2A (17). AEWC, izvidnički, ELINT, matricijski i zrakoplovi-leteća zapovjedna mjesta: E-3B/C (33), SR-71A (3), U-2R/S (35), E-8A/C (4), RC-135S/U/V/W (18), OC-135B (4), E-4B (4), EC-135C/KY (17), EC-130E (7). Transportni zrakoplovi i zrakoplovi-tankeri: C-17A (16), C-5A/B/C (126), C-141B (217), C-130E/H (520), C-27A (10), C-9A (20), KC-10A (59), KC-135D/E/R/T (549). Zrakoplovi za borbeno potporu: EF-111A (40), EC-130E/H (21), HC-130N/P (56), MC-130E/H (38). Trenažni zrakoplovi: T-38A/AT-38A (514), T-37B (450), T-41 (10), T-3A (114), T-43A (11), T-1A (160), TC-135B/S/W (3). Komunikacijski i višenamjenski zrakoplovi i vrtoloti: VC-25A (2), C-9C (3), C-135A/E (2), C-137B/C (7), EC-137D (1), C-22B (3), C-20A/B/C (12), C-20H (2), C-12C/D/F (79), C-12J (6), C-21A (82), C-26A/B (29), C-212-200 (4), C-23A (3), MH-53J/NCH-53A/TH-53A (49), HH/MH-60G (104), HH-1/UH-1 (66).

Podatci su prikupljeni iz publikacija Jane's World Air Forces (Jane's Publishing Group, March 1996), United States Air Force and Navy 1996 (Mach III Plus, May 1996) i The Military Balance 1996/97 (Oxford University Press, 1996).

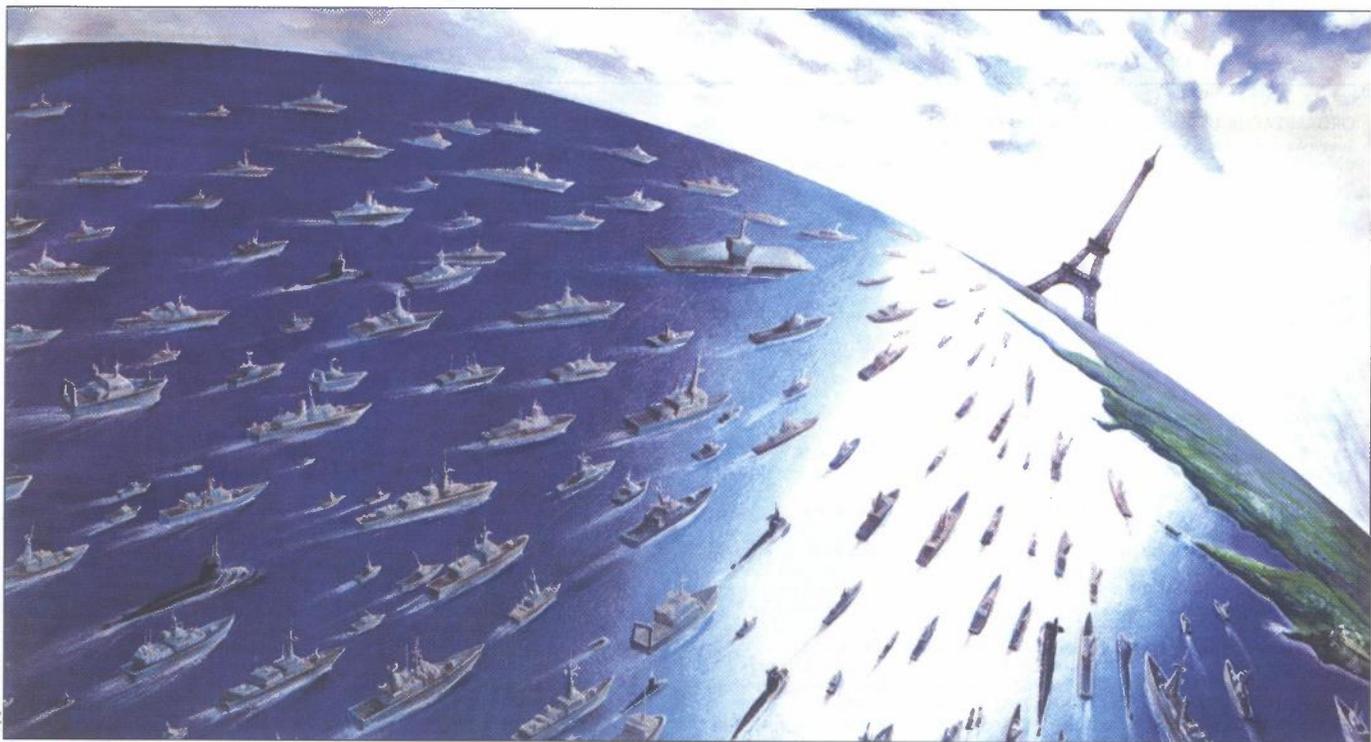
# EURONAVAL 96

(I. dio)



Na nedavno održanoj izložbi Euronaval 96 predstavljeni su najnoviji projekti i programi razvoja ratnih brodova i mornaričke tehnike koji pružaju vrlo dobar temelj za pregled sadašnjeg stanja i prognoze budućeg razvoja

**Vladimir ANDROČEC i Darko BANDULA**



**S**adašnje stanje ratne brodogradnje u svijetu i razvoj mornaričkih sustava najbolje se moglo uočiti na najvećoj ovogodišnjoj izložbi europske ratne brodogradnje i mornaričke vojne tehnike **Euronaval 96** održanoj u Le Bourgetu pokraj Pariza od 21. do 25. listopada ove godine.

Vremena u kojima su si male europske pomorske zemlje mogle priuštiti gradnju i održavanje modernih pomorskih snaga, nerijetko građenih u vlastitim brodogradilištima, nedvojbeno su prošla. Novi geopolitički uvjeti, pojava novih država i pomicanje granica potencijalne blokovske podjele duboko na istok stavljaju zemlje zapadne Europe pred nova iskušenja koja određuju i nove prioritete nacionalnog razvoja. U skupu tih prioriteta mjerila tržišta i gospodarskog razvoja zahtijevaju smanjenje nacionalne vojne industrije i uklapanje vojnih programa u sve manje vojne proračune. Ako tome pridodamo posljednjih godina sve agresivniji nastup američke vojne industrije na svjetskim tržištima koja su tradi-

cionalno bila predbilježena za europske proizvođače, te pojavu novih proizvođača vojne tehnike (osobito u zemljama Dalekog istoka), potreba za udruživanjem europskih proizvođača u veće, konkurentnije i za potencijalnog investitora atraktivnije koncerne vojne industrije nametnula se kao logična posljedica.

Prema procjenama francuske industrijske udruge za brodogradnju i mornaričko naoružanje (GICAN - Groupement Industriel des Constructions et Armement Navals) vrijednost ovogodišnjeg prometa na svjetskom tržištu ratne brodogradnje i prateće opreme iznosi otprilike 40 milijardi dolara (procjena ne uključuje zemlje članice Zajednice nezavisnih država i Kinu). Približno 52 % od spomenutog iznosa otpada na ratne brodove izgrađene u Sjedinjenim Američkim Državama, a otprilike 30 % na one izgrađene u zemljama Europske unije (EU). Trećina europskog tržišta nalazi se u Francuskoj koja je s milijardu USD izvoza u ratnim brodovima najveći izvoznik u EU (Ovogodišnji izvoz ratnog brodogradnje zemalja EU procjenjuje se na približno 4 milijarde USD). Brodogradilišta iz

zemalja EU na svjetskom tržištu su najkonkurentnija za gradnju ratnih brodova istisnina do 2000 tona. Za brodove veće istisnine ozbiljno im konkuriraju brodogradilišta iz SAD i brodogradilišta s Dalekog istoka, a za najveće brodove (istisnina preko 5000 tona) najkonkurentnija su brodogradilišta iz SAD. Sadašnji kapaciteti samo francuske ratne brodogradnje (koja predstavlja otprilike četvrtinu izvoznih potencijala brodogradnje EU) sposobni su u sljedećih deset godina izgraditi 50 fregata i korveta, 15 protuminskih brodova, 40 do 50 konvencionalnih podmornica i pet najvećih površinskih brodova. Premda se prema procjenama vojnih stručnjaka (koji ponekad imaju razloga biti subjektivni) u sljedećih deset godina u svijetu predviđa izgradnja više od 400 novih ratnih brodova, uz istodobno moderniziranje otprilike 120 već izgrađenih, konkurencija na tržištu svakoga je dana sve veća. U svezi toga i s ciljem povećanja konkurentnosti, zemlje EU posljednjih godina afirmiraju različite oblike zajedničke suradnje. Od združenog djelovanja Zapadnoeuropskih pomorskih snaga do

međudržavne suradnje u projektiranju i gradnji ratnih brodova, koja posljednjih godina uzima sve veći zamah i predstavlja jedan od sve važnijih oblika suradnje među državama EU.

Nestanak bipolarne podjele svijeta i uspostava novih multipolarnih odnosa među svjetskim silama dovodi do smanjenja vojnih proračuna i recesije na svjetskom tržištu te upravo ta suradnja (praćena s odgovarajućim udruživanjem i suradnjom između brodogradilišta specijaliziranih za gradnju ratnih brodova i proizvodnju mornaričke vojne tehnike) nerijetko predstavlja jedinu formulu za očuvanje velike i skupe tehnološke osnove u većini država EU. Iz tih razloga međunarodna suradnja u razvoju i gradnji ratnih brodova sada je ne samo korisna već i nužna. Zajednički nastup smanjuje pojedinačne troškove skupih istraživanja i izradbe projektnih studija, troškove marketinga i predstavljanja pred potencijalnim investitorima i na međunarodnim skupovima itd., što sve zajedno smanjuje troškove gradnje ratnih brodova i proizvodnje prateće opreme. U okviru takve suradnje pojedine se europske zemlje u dogovoru s partnerima iz EU odlučuju za daljnji razvoj ili napuštanje pojedinih tehnologija i vojnih programa na nacionalnoj razini. Time se u sadašnjim uvjetima smanjenog tržišta osiguravaju ugovori za onaj dio programa za koji se ocjenjuje kako ima perspektivu, dok se ostalo prepušta drugim partnerima iz EU ili NATO. Takva svojevrsna formula očuvanja tehnološke osnove na područjima od posebnog nacionalnog interesa omogućuje daljnja ulaganja u istraživanja i razvoj programa za koje se procjenjuje da su perspektivni i potencijalno konkurentni na tržištu. S druge strane nastup manjih nacionalnih proizvođača u sklopu velikih europskih koncerna, koje usmjerava i nerijetko potpomaže EU, osigurava im sudjelovanje u velikim projektima koji se dogovaraju na ministarskoj razini. Time proizvođači mornaričke vojne tehnike iz EU svojim potencijalnim investitorima ne nude samo najkvalitetniju tehniku u najkraćim mogućim rokovima isporuke već i mogućnosti njezinog plaćanja po pogodnim financijskim uvjetima. Dakako ima projekata koji premda u početku obećavajući, zbog promjena u političkim i vojnim odnosima u svijetu, kasnije bivaju napušteni. Najpoznatiji takav primjer je projekt nove NATO fregate (**NFR-90**) koji je napušten zbog pojave novonastalih geopolitičkih uvjeta u kojima se postizanje kompromisa u zahtjevima pri razvoju nove fregate za buduće

potrebe zemalja EU pokazalo nemogućim. Poučene upravo tim primjerom zemlje EU u budućim projektima sve više pozornosti pridaju sličnostima, potrebama, veličinama i strukturama matičnih mornarica. Kao posljedicu toga bilježimo suradnju manjeg broja zemalja na većem broju projekata, kao i pojave različitog opremanja brodova u skladu s pojedinim nacionalnim interesima. Kako se najveće uštede postižu standardizacijom i nabavom brodova i opreme u serijama (što smanjuje cijenu novogradnje, troškove održavanja, izobrazbe posada i sl.) u najnovije vrijeme pojavljuju se novi oblici međueuropske suradnje. U skladu s time, a potaknute mogućnostima obostrane višestruke koristi, mornarice Belgije i Nizozemske od 1. siječnja 1996. djeluju združeno, pod zapovjedništvom jednog zapovjednika koji nosi naziv admirala BeNeLux-a.

## Izložba Euronaval 96

Slijedom prethodno iznesenih tendencija razvoja europske ratne brodogradnje, u organizaciji GICAN-a održana je druga po redu izložba Euronaval 96, nasljednica izložaba francuske mornaričke tehnike - **Bourget Naval** - koje su se u organizaciji francuskog ministarstva obrane priređivale do godine 1994. Te je godine

održana prva izložba Euronaval, na kojoj su se u Le Bourgetu prvi put osim izlagača iz Francuske predstavila i ostala značajnija imena u ratnoj brodogradnji zemalja EU. Na ovogodišnjoj izložbi predstavljena su ukupno 192 izlagača iz 13 zemalja svijeta među kojima su po broju daleko najzastupljeniji bili domaći (više od 80), nakon njih sljede oni iz SAD (30-ak), Velike Britanije (28), Njemačke (19), Italije (8), Španjolske (7) i Švedske (2). Od većih udruga europske brodograđevne industrije predstavili su se Eurotorp, German Frigate Consortium, German Submarine Consortium, Sofresa, Horizon i German Naval Industry. Osim proizvođača vojne tehnike na izložbi su se kao izlagačeli predstavili i predstavnici stručnog tiska (Mönch Publishing Group, Jane's Information Group, Military Parade i Asian Defence) te organizatori vojnih izložbi IMDEX Asia 97 i IDEF Turkey 97. Osim GICAN-a kao organizatora domaćin i pokrovitelj izložbe bilo je i francusko ministarstvo obrane. Gledano po područjima, na izložbi su predstavljani programi i projekti ratnih brodova, pogonskih i energetskih brodskih sustava, elektroničkih i optroničkih senzora, sustava naoružanja, sustava podvodne tehnike, zrakoplovne tehnike i sustava logistike (uključivo s trenažerima i sustavima za simulacije). Predstavljani programi i projekti

*Na fregati klase La Fayette primijenjeno je mnoštvo novih tehnologija*

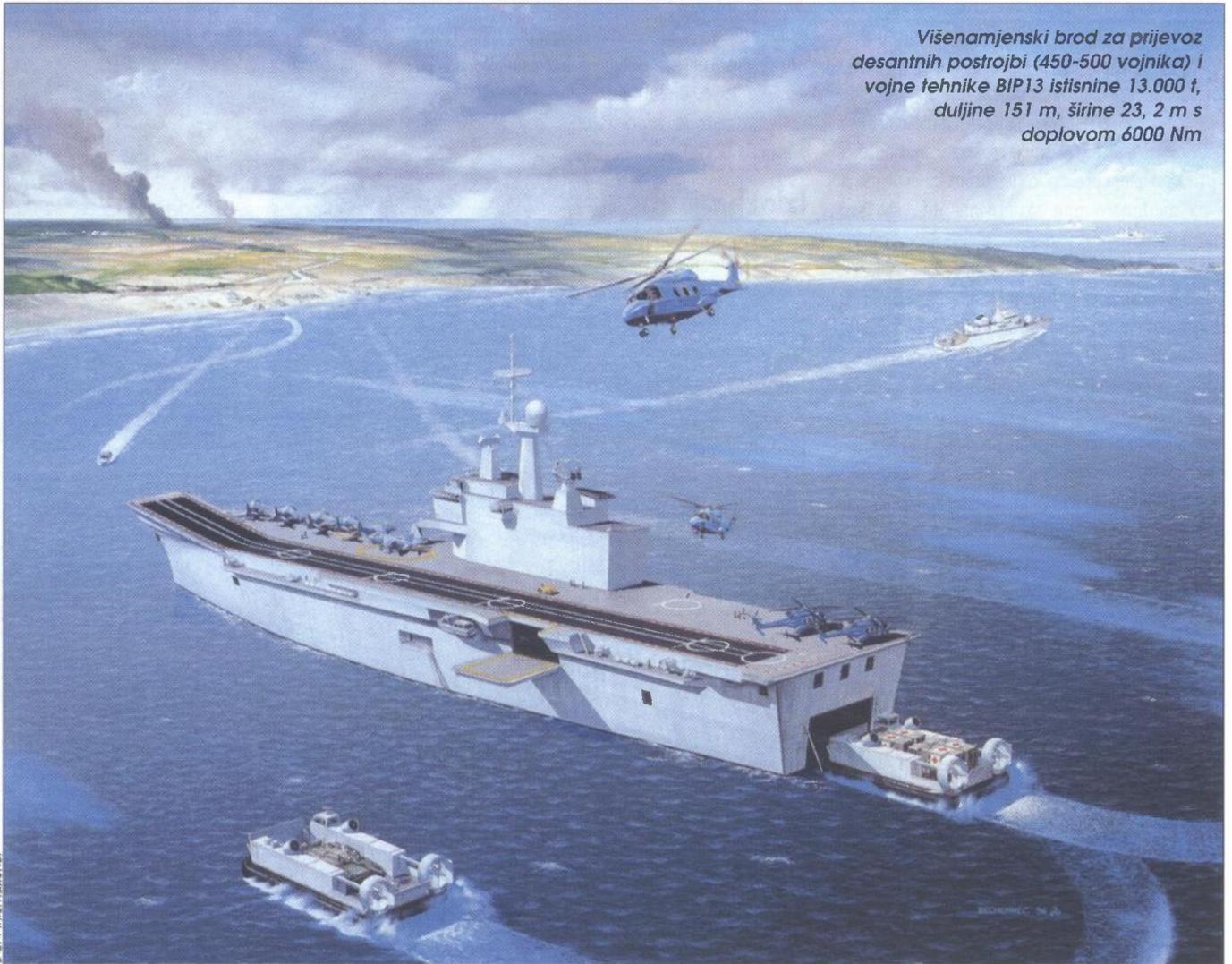


DCN International

oslikavaju sadašnje stanje europske i svjetske ratne brodogradnje koje s jedne strane obilježavaju primjene novih tehnologija, oko kojih se pokreću novi projekti, a sa druge strane stanje na svjetskom tržištu na kome je ponuda još uvijek veća od potražnje. Nedostatak novih ugovora za gradnju ratnih brodova, ponajprije matičnih mornarica, većinu graditelja iz EU dovodi do problema likvidnosti i postojanja. Zasad su primjetna tri načina rješavanja nastalih problema. Prvi, okretanje izvoznim poslovima u ratnoj brodogradnji, drugi, prelazak na gradnju komercijalnih brodova i objekata pomorske

**Agosta 90B**, te brzi napadajni i ophodni brodovi kakve grade Vosper Thornycroft, Lürssen, Leroux & Lotz i drugi. U sklopu izložbe održana je dvodnevna međunarodna konferencija pod nazivom "Euronaval Conference 96". Tijekom pet plenarnih sjednica na konferenciji su predstavljeni stručni referati iz pet tematskih područja: novi koncepti projektiranja ratnih brodova i borbenih sustava, novi protuzrakoplovni i obrambeni brodski sustavi, novi koncepti projektiranja podmornica i njihovih borbenih sustava, utjecaj gibanja broda na djelotvornost posade i načini pružanja potpore

zaposlenih na 15.000. Dosad provedenom reorganizacijom DCN-a u prvom koraku odvojena je proizvodnja od izvoza koji je sada pod izravnom upravom Središnje francuske agencije za trgovinu vojnom opremom (Delegation General de l'Armement, DGA). Ostatak DCN podijeljen je na dva djela, od kojih je jedan zadužen za razvoj i gradnju novih brodova Francuske mornarice, a drugi za projektiranje, gradnju i održavanje na državnoj i međunarodnoj razini. Program u najvećoj mjeri planira smanjenje broja zaposlenih ili preustrojbu na izvozne poslove velikih brodogradilišta u Brestu, Cherbourgu i



**Višenamjenski brod za prijevoz desantnih postrojbi (450-500 vojnika) i vojne tehnike BIP13 istisnine 13.000 t, duljine 151 m, širine 23, 2 m s doplovom 6000 Nm**

tehnike za domaće i izvozne potrebe te treći, smanjenje broja zaposlenih. U sklopu toga vrlo veliki odjek imala je prodaja državnog koncerna Thomson SA koga je kupio koncern L'Ardenne, koja ima za posljednicu stvaranje drugog po veličini koncerna vojne industrije u svijetu (prvi ostaje Lockheed Martin Corp. iz SAD). Tim potezom francuska vojna industrija dodatno će se učvrstiti i ojačati svoj položaj na svjetskom tržištu.

Kao najkonkurentniji izvozni europski ratni brodovi na izložbi su predstavljene francuske fregate klase **La Fayette** te Njemačke fregate koncepta **MEKO** i podmornice **tipa 209** s novim pogonom. Francuske podmornice tipa

pomorskim snagama, te na kraju projekti ophodnih brodova i prateće opreme za poslove nadzora gospodarskog pojasa u zemljama EU.

## **PROGRAMI GRADNJE RATNIH BRODOVA I PODMORNICA**

### **Francuska**

Prema planu francuske vlade do 1. siječnja 1999. jedan od najvećih svjetskih koncerna za gradnju ratnih brodova DCN (Direction des Constructions Navales), koji trenutno ima više od 24.000 zaposlenih, smanjit će broj

Lorientu. Nastavak programa gradnje fregate klase **La Fayette**, kojih je pet izgrađeno ili se gradi za domaće potrebe, glavni je posao DCN u budućnosti na polju gradnje površinskih brodova istisnina 3500 - 5000 tona. U sklopu toga na temelju osnovnog tipa broda istisnina 3800 tona projektiranog za francuske potrebe, koji je težišno namijenjen za protubrodsku borbu, razvijene su inačice broda opremljene različitim borbenim sustavima uključujući i one protupodmorničke. U sklopu programa **Sawari II** dvije fregate klase **La Fayette** (težišno opremljene za protuzračnu borbu) izgradit će se za Saudijsku Arabiju, a ukupno šest brodova opremljenih za protupodmorničku borbu, od kojih tri ove

godine, izgraditi će se za Taiwan. Na temelju spomenute fregate DCN je predstavio i novi projekt korvete, duljine 95 metara, istisnine 2200 tona, tipa **Souveranité**. Uz znane površinske brodove kao što su desantni brod klase **Foudre**, lovci mina klase **Éridan** i nosač zrakoplova **Charles de Gaulle** predstavljeni su i projekti novog velikog ophodnog broda Aviso duljine 87 m, istisnine 1480 tona te četiri projekta novog naraštaja višenamjenskih brodova za prijevoz desantnih postrojbi i vojne tehnike duljina od 102 do 190 metara oznaka **BIP 8** (istisnine 8000 tona), **BIP 10** (istisnine 10.000 tona), **BIP 13** (13.000 tona) i **BIP 19** (19.000 tona). Osim nuklearnih napadajnih i strateških podmornica (koje se grade jedino za domaće potrebe), DCN je predstavio i konvencionalne podmornice među kojima se kao izvozno konkurentne ističu podmornice tipa Agosta 90B (gradnja programa za Pakistan je u tijeku), i **Turquoise**, konvencionalna inačica najmanje nuklearne podmornice na svijetu, klase **Rubis**. Osim tih podmornica DCN je predstavio i novi projekt podmornice razvijen u suradnji sa Španjolskim koncernom Bazán, duljine 63,5 m, podvodne istisnine 1590 t, pod nazivom **Scorpene**. Radi povećanja konkurentnosti na svjetskom tržištu u podmorničkom programu na svjetskom tržištu, DCN nastupa i s drugim francuskim koncernima (L'Air Liquide, Bertin, Thermodyn, Technicatome i dr.). Za velika brodogradilišta DCN-a kao tračak svjetla u najavljenom smanjenju Francuske ratne mornarice odjeknula je vijest o najavi gradnji četvrte nuklearne podmornice klase **Le Triomphant** i drugog nosača zrakoplova klase **Charles de Gaulle**, što

DCN International



Francuske podmornice tipa Agosta 90B podvodne istisnine 1760 t mogu zaroniti na dubine veće od 300 m

će uslijediti nakon godine 2000. U nedostatku ugovora za novogradnje DCN se sve više okreće i poslovima remonta i modernizacije postojećih

saudijske fregate klase **Madina** koji se provodi u sklopu programa Mouette. Osim DCN kao daleko najvažnijeg francuskog graditelja ratnih brodova, na Euronaval 96 predstavili su se CMN (Constructions Mecaniques de Normandie), Leroux et Lotz Naval, Chantiers de l'Atlantique, Alcatel Alsthom, GEC Alsthom, I. Tech, Spie Batignoles, Plascoa Couach i Simonneau Marine. CMN je u ovoj godini završio program gradnje tri velika ophodna broda za omansku mornaricu, a trenutačno je zaposlen gradnjom serije osam ophodnih brodova tipa **PB-37BRL** (bro-

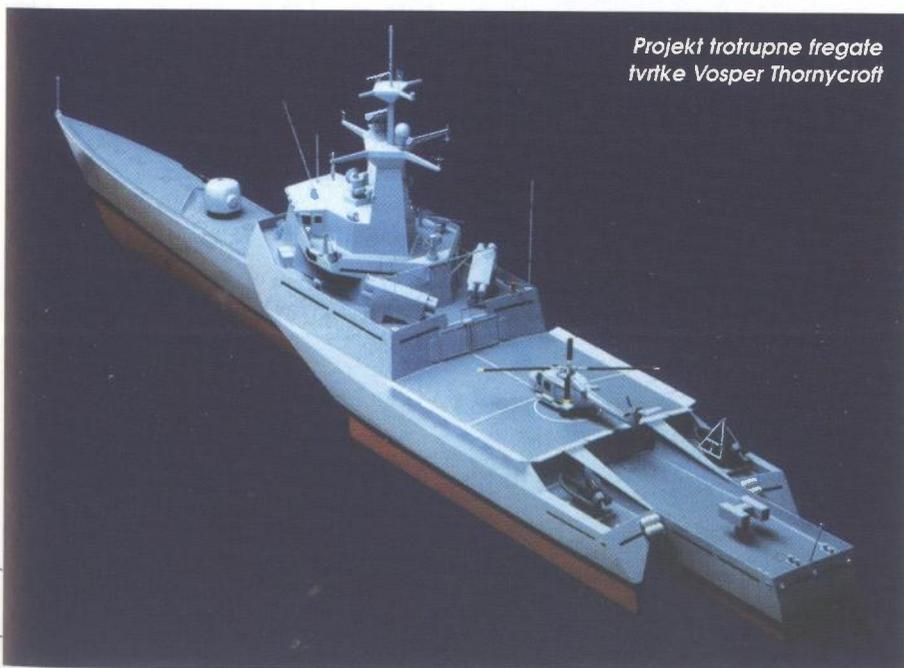


Izvanobalno ophodno plovilo tipa OPV 54 brodogradilišta Leroux et Lotz gradeno za Mauritaniju pod imenom Aboubekr ben Amer

dovi su ugovoreni preko DCN-a) za kuvaitsku mornaricu i gradnjom petog u seriji oceanskog istraživačkog broda za Indoneziju.

brodova kako Francuske tako i drugih ratnih mornarica. Jedan od većih remontnih poslova koji je u tijeku predstavlja veliki remont četiri

Leroux et Lotz koji je ove godine izgradio dva od četiri ugovorena velika ophodna broda **OPV 64** za Maroko i nekoliko brzih putničkih brodova, pozitivan je primjer snalaženja francuskih brodograditelja ratnih brodova na tržištu brzih komercijalnih brodova. Projekti brzih brodova za prijevoz putnika i vozila (osim Leroux et Lotz takve projekte predstavili su Fincantieri, Bazán, Blohm & Voss, Lürssen i drugi) predstavljeni na Euronavalu, primjer su uporabe rezultata vojnih programa i iskustva u gradnji korveta i fregata u komercijalne svrhe, što će u budućnosti biti sve učestalija pojava. Leroux et Lotz Naval dio je koncerna Leroux et Lotz Group i u svom sastavu ima sedam brodogradilišta sposobnih za gradnju i remont površinskih brodova. Od novih projekata Leroux et Lotz je predstavio projekte velikih ophodnih brodova duljina od 35 do 90 metara (**OPV 35**, **OPV 54**, **OPV 64** i **OPV 74**).



Projekt trotrupne fregate tvrtke Vosper Thornycroft

Vosper Thornycroft

## Velika Britanija

Od projektanata i graditelja ratnih brodova iz Velike Britanije na izložbi su se predstavili Vosper Thornycroft (UK) Ltd, BAeSEMA, GEC Marine Ltd, GEC-Marconi Ltd, Zodiac International, DERA (Defence Evaluation and Research Agency) i međunarodna udruga Horizon JVC Ltd.

Vosper Thornycroft Ltd. (VT) je ove godine završio gradnju serije četiri brza napadajna broda (FAC) za katarsku mornaricu; početkom 1997. predat će britanskoj Kraljevskoj mornarici na uporabu novi tip broda za prijevoz desantnih postrojbi i vojne tehnike **LST 4000**, a nekako istodobno i drugu od dvije korvete za mornaricu Omana. Uz poboljšane fregate **tipa 23**, VT je na izložbi prikazao i novi projekt fregate trotrupne forme. Zahvaljujući poboljšanim hidrodinamičkim značajkama forme, predstavljena fregata duljine 102 m, u rasponu radnih brzina ima za 15 do 20 posto manji otpor od konvencionalne jednotrupne fregate. Kod tih brzina 90 posto istisnine broda ostvaruje središnji vitki trup pri čemu simetrični bočni trupovi služe za poboljšanje stabiliteta i smanjenja gibanja broda na valovima. Prisjetimo li se da je VT na izložbi IDEX 95 predstavio trotrupnu korvetu, spomenuta fregata logičan je nastavak programa poboljšanja hidrodinamičkih značajki ratnih brodova uporabom nekonvencionalnih brodskih formi i sustava za smanjenje gibanja broda na valovima. Sve veći broj sličnih programa razvoja u svijetu (potaknutih dobrim rezultatima postignutim uporabom

*Koncern BAeSEMA je na izložbi Euronaval 96 prvi put predstavio projekt korvete Cougar istisnine 1500 tona kojoj bi vodolazni propulzori davali brzinu veću od 40 čv*



BAeSEMA

*Brzi napadajni brod Barzan građen je u Velikoj Britaniji za katarsku ratnu mornaricu*



Thomson - CSF

*Fregata Horizon istisnine oko 6300 tona, duljine 140 m, s najvećom brzinom oko 30 čv, u konfiguraciji za britansku Kraljevsku mornaricu*



Project Horizon JPO

spomenutih sustava i brodskih formi na brzim putničkim brodovima), pokazuje da je VT na pravom putu, te je stoga za vjerovati da će u budućnosti biti jedan od pionira gradnje ratnih brodova trotrupne forme. Osim spomenutog projekta koji je pobudio veliki interes posjetitelja VT je predstavio i svoje znane projekte površinskih brodova, kao što su korveta klase **Qabir Al Amwaj** duljine 83 m, istisnine 1400 t, brzi napadajni brod klase **Barzan** duljine 56 m, istisnine 450 t, lovac mina klase **Sandown** duljine 52,5 m, istisnine 420 t, ophodni brod klase **Sentinel** duljine 34 m, istisnine 160 t itd.

Drugi znani graditelj površinskih borbenih brodova iz Velike Britanije škotski Yarrow Shipbuilders Ltd, koji se odnedavno nalazi u sklopu koncerna GEC-Marine, predstavio je nove tipove fregata kao što su **Fregata 2000** (klasa **Lekiu** građena za Maleziju) i fregate tip 23 koje se grade za Britaniju. Usprkos teškoćama prisutnim kod gradnje fregata klase **Lekiu**, Yarrow je u nadmetanju sa VT uspio dobiti ugovore za gradnju fregata tipa 23, kao i ugovore za gradnju tri velika OPV za brunejsku mornaricu. Osim tih projekata za koje postoje ugovori o gradnji, Yarrow je na izložbi predstavio i nove projekte, među kojim se ističe projekt SWATH broda kao platforme pogodne za opremanje u inačicama lovca mina, pomoćnog broda za potporu, broda za hidrografska istraživanja i dr. Vickers Shipbuilding & Engineering Limited (VSEL) koji se odnedavno također nalazi u sustavu koncerna GEC-Marine predstavio je svoje dobro znane projekte podmornica (klase **Vanguard** i **Trafalgar**), razarača i pomoćnih brodova, te uz njih nove projekte manjih ratnih brodova, kao što su korveta duljine 85 m i ophodnih brodova duljina u rasponu od 37,5 do 75 metara. Posebna



Blohm + Voss

*Blohm + Voss prikazao je korvetu MEKO 100 koja pripada četvrtoj naraštaju MEKO brodova*

pozornost dana je nosaču vrtoleta **LPH 01** i velikim brodovima za prijevoz desantnih postrojbi i vojne opreme.

Koncern BAeSEMA (British Aerospace Systems and Equipment) koji je prije dvije godine pokušao kupiti VSEL (u čemu ga je s ciljem izbjegavanja monopola spriječilo ministarstvo obrane) uz najnovije elektroničke sustave predstavio je i svoje mogućnosti gradnje novog naraštaja ratnih brodova. U sklopu toga na izložbi Euronaval 96 predstavljen je projekt stealth korvete **Cougar**. Spomenuta korveta duljine 95 m, istisnine 1500 tona svojim izgledom neodoljivo podsjeća na švedski projekt gotovo dvostruko manje stealth korvete YS 2000. Zbog prepoznatljivog stealth izgleda, vodomlazne propulzije, podvodne forme broda s izrazitim dubokim V rebrima i drugih značajki, može se utvrditi kako projekt Cougar predstavlja prvi važniji iskorak britanskih brodograditelja od koncepcija relativno sporijih brodova klasičnog nadvodnog i podvodnog oblika, Projekt **Horizon** kojim se predviđa gradnja protuzračnih fregata (četiri broda za francusku, šest za talijansku i dvanaest za britansku mornaricu), koji je zaživio 11. svibnja 1994. postizanjem dogovora i potpisa vlada, usprkos novom ovogodišnjem dogovoru od 22. ožujka još se uvijek nije intenzivirao. Jedini pomaci glede toga učinjeni su osnivanjem tvrtke Eurocombat iza čijeg naziva se kriju udruženi Alenia Elsas Sistemi Navali, BAeSEMA i Thomson-CSF, a zbog proračunskih deficita u spomenutim mornaricama sudbina projekta je neizvjesna.

## Njemačka

Njemački brodograditelji predstavili su se na izložbi u skupu tri konzorcija (German Frigate Consortium, German Submarine Consortium i German Naval Industry) i zasebno, kao brodogradilišta Blohm + Voss GmbH, Fr. Lürssen Werft GmbH & Co, Howaldtswerke-Deutsche Werft AG (HDW), Thyssen Reinstahl



Lürssen

*Projekt korvete Lürssen 85*

Technik GmbH, Thyssen Nordseewerke GmbH (TNSW) i Abeking & Rasmussen, Schiffs und Yachtswerft. German Frigate Consortium kojeg čine Blohm + Voss, HDW i Thyssen Reinstahl predstavio je projekt nove fregate **tipa 124 (F 124)**. Za taj projekt Njemačka je mornarica ove godine dobila zeleno svjetlo u parlamentu i ima na raspolaganju osigurana sredstva za gradnju tri broda u iznosu od 2,9 milijarde maraka, kao i

naznaku spremnosti za ugovaranje gradnje četvrtog broda. Projekt vodi brodogradilište Blohm + Voss, koje je posljednjih godina bilo jedno od najuspješnijih u svijetu ratne brodogradnje s konceptom MEKO (tako građene brodove rabi osam ratnih mornarica). Cilj je gradnja nove klase brodova koji će se oslanjati na modularni sustav opremanja MEKO fregata i korveta te biti konkurentni na svjetskom tržištu. U skladu s tim fregata F 124, premda predstavlja nastavak razvoja fregate **123** (klasa **Brandenburg**, Hrvatski vojnik br. 16), po svojim značajkama (znatno povećanje veličine broda, svestrano naoružanje za borbu protiv ciljeva u sva tri medija) predstavlja novi tip fregata koja se bitno razlikuje od postojećih fregata. Prema objavljenom planu gradnje prva F 124 trebala bi zaploviti 2002., a treća najkasnije do kraja 2006. Spomenuti program gradnje dodatno će intenzivirati međunarodnu suradnju u razvoju novih fregata Njemačke, Španjolske i Nizozemske ratne mornarice.

Među ostalim površinskim brodovima njemačkih graditelja na izložbi su najviše pozornosti privukli oni iz četvrtog naraštaja MEKO brodova, drugog naraštaja MEKAT brodova koje je predstavio Blohm + Voss i nova Lürssenova stealth korveta. Novi naraštaj MEKO brodova odlikuje se stealth izgledom, smanjenim brojem posade i višenamjenskim mogućnostima uporabe u rasponu od zadaća nadzora i ophodnje do borbenih zadaća. Novi MEKO brodovi nose oznaku **MEKO 100** i u predstavljenoj nizu imaju istisninu u rasponu od 1500 do 2600 tona. U sklopu programa MEKAT brodova predstavljen je novi naraštaj dvotrupnih brodova na zračnom jastuku za nadzor i ophodnju, **MEKAT 80** (istisnine 80 t, za teritorijalno more), **MEKAT 150** (istisnine 150 t, za gospodarski pojas) i **MEKAT 200** (istisnine 200 t, za otvoreno more i vojne zadaće). MEKAT brodovi odlikuju se vrlo visokim brzinama (raspon od 40 do 60 čv), malim gazom, dobrim pomorstvenim značajkama, stealth izgledom i u odnosu na jednotrupne brodove slične duljine

*Iako Nizozemci nisu sudjelovali na izložbi, njihova fregata LCF istisnine 6044 t, duljine 126, 7 m trenutačno predstavlja jedan od najzanimljivijih projekata u Europi*



Royal Schelde

pećanim smještajnim mogućnostima, koje su odlika dvotrupnih brodova. Imajući u vidu petogodišnje iskustvo u uporabi pokusnog MEKAT broda **Corsair** i primjereno tome stečenim iskustvima, proširenje obitelji MEKAT brodova ne može biti slučajno. Sukladno tome u budućnosti se može očekivati daljnje proširenje uporabe dvotrupnih brodova na zračnom jastuku za vojne namjene.

Na izložbi se predstavilo i brodogradilište Lürssen koje je uz više tipova brzih napadajnih brodova, lovca mina **tipa 332** i minolovce **tipa 343**, predstavilo i novoizgrađene pomoćne brodove duljine 98 m (3500 GRT) i korvete **CM**

novim pogonskim sustavom s anaerobnim pogonom. HDW i TNSW rade na programu gradnje tri podmornice tipa **Dolphin** za Izrael. Njemačka brodogradilišta i proizvođači mornaričke tehnike uključeni su u mnoge europske projekte gdje surađuju s tvrtkama iz Belgije i Danske (protuminska oprema) te Nizozemske i Španjolske (fregate), Italije (podmornice), Norveške (novi naraštaj lakih torpeda) i drugih. Vrlo je razvijena suradnja sa zemljama Bliskog i Dalekog istoka (Indonezija, Kuvajt, Malezija, Saudijska Arabija itd.) s kojima poslove ugovaraju u sklopu programa koji najčešće obuhvaćaju i prijenos tehnologije u lokalna brodogradilišta

Kao rezultat tih studija u Nizozemskoj je završen opskrbeni brod **HrMs Amsterdam**, a gradi se desantni brod **HrMs Rotterdam** koji će se osim za vojne, moći rabiti i za civilne namjene, posebice za pomoć kod elementarnih nepogoda. Gašenjem projekta NFR-90 španjolska mornarica se odlučila za gradnju novog naraštaja fregata u svojim brodogradilištima. Primjereno tome, na temelju suradnje s američkom mornaricom u razdoblju od 2001. do 2004. planira se izgradnja četiri fregate **F 100** duljine 133 m, brzine 28 čv, koje će se graditi u Ferrolu. U sklopu programa **Cazaminas Español (CME)** u Bazánovom brodogradilištu u Cartageni oprema se prvi od

Španjolska fregata tipa F 100 opremljena sustavom Aegis s radarom SPY-1F



**65** te projekt stealth korvete duljine 85 m.

Udruga German Submarine Consortium u sklopu koje udruženo nastupaju HDW, TNSW, Ferrostaal i Thyssen Reinstahl, kao takva predstavlja najiskusnijeg graditelja konvencionalnih podmornica među zemljama EU (u posljednjih 30 godina ta brodogradilišta su izgradila 120 podmornica za potrebe 16 mornarica). Na izložbi su prikazane mogućnosti modernizacije i poboljšanja podmornica tipa 209 (Hrvatski vojnik br. 9) s novim anaerobnim pogonskim i drugim sustavima. Pridavajući najveću moguću pozornost zahtjevima temeljenim na iskustvu u uporabi, podmornice 209 se neprekidno usavršavaju već 30 godina i još uvijek su jedne od najtraženijih na tržištu (malezijski program nabave podmornica najozbiljnije računa na njih). Predstavljen je i projekt podmornice **U 212** po kome će se graditi novi naraštaj podmornica njemačke ratne mornarice, a u sklopu projekta **Eurosub** i za Italiju. Za Bundesmarine **U 212** će se graditi iz nemagnetičnog čelika i opremiti

(primjerice, od šest podmornica za Južnu Koreju pet gradi Daewoo).

## Španjolska

Španjolske brodograditelje na ovogodišnjem Euronavalu predstavili su Bazán i Rodman Polyships, S.A. Koncern u državnom vlasništvu Bazán ima u svom sastavu tri velika brodogradilišta (Ferrol, San Fernando i Cartagena) i sposoban je za gradnju najsloženijih ratnih brodova (nosачi zrakoplova, podmornice, protuminski brodovi i dr.). Bazán je u ovoj godini za tajlandsku mornaricu izgradio mali nosач zrakoplova **HTMS Charki Naruebet**, opskrbeni brod **Patiño** istisnine 17.000 t za španjolsku mornaricu (program **AOR 90**), a gradi i desantni brod istisnine 13.000 t (porinuće početkom 1997., a primopredaja u travnju 1998.) koji predstavlja nastavak uspješne španjolsko-nizozemske suradnje započete 1993. potpisom ugovora o izradi zajedničkih studija i projektnih zahtjeva.

četiri nova španjolska lovca mina tipa **M 5** zasnovana na transferu tehnologije britanske klase **Sandown**.

## Italija

Jedini predstavnik talijanskih graditelja ratnih brodova na ovogodišnjem Euronavalu bio je Fincantieri - Cantieri Navali Italiani S.p.A., vodeća tvrtka koncerna IRI i članica najvažnije udruge proizvođača talijanske vojne tehnike, Melara Club-a. Fincantieri u svom sastavu ima tri velika brodogradilišta sposobna za gradnju najsloženijih ratnih brodova: Riva Trigoso (fregate, desantni brodovi), Muggiano (korvete, brzi napadajni i ophodni brodovi) i Monfalcone (nosач zrakoplova i podmornice). Premda je u dvjesto-godišnjoj povijesti u tim brodogradilištima izgrađeno skoro 2000 ratnih brodova različitog tipa, u godini 1996. s njihovih navoza porinuti su većinom komercijalni brodovi. Svakako najvažniji razlog tome je posljednjih

godina prisutno smanjenje talijanskog vojnog proračuna, no ne treba zanemariti ni utjecaj uspjeha u preustroju tih brodogradilišta koja su ih učinila konkurentnim na svjetskom tržištu gradnje brzih brodova za prijevoz putnika i vozila te brodova za krstarenja.

Fincantieri je na izložbi ponovo predstavio već znane projekte među kojim se ističu dvotrupni napadajni SES-brod istisnine 200 t, fregate istisnine 2300 i 3000 t i veliki ophodni brod istisnine 1200 tona. U sklopu podmorničkog programa predstavljena su tri nova projekta malih podmornica istisnina od 150 do 300 t (u zaronjenom stanju). Talijanska ratna mornarica odustala je od razvoja podmornica tipa **S 90** i odlučila se za njemački projekt U 212 prema kojem bi se u Monfalconeu trebale graditi nove podmornice. Od poslova koji su ugovoreni za 1997. ističu se gradnja trećeg ophodnog broda klase **Antonio Zara** za talijansku carinu. Iako tvrtka Intermarine S.p.A. nije sudjelovala na izložbi, valja spomenuti program gradnje lovaca mina tipa **Gaeta** za tajlandsku mornaricu u brodogradilištu Sarzan od 1997.

## Švedska

Švedske brodograditelje predstavio je Kockmus Submarine System AB koji zajedno s tvrtkama Karlskronavarvet, Bofors i CelsiusTech Systems čini koncern Celsius AB što je prisutan u skoro svim velikim švedskim vojnim programima poput aktualne gradnje stealth korveta ili podmornica. Kockums se predstavio podmornicama klase **Gotland** (prva od tri već je u službi) koje rabe novi anaerobni pogon (neprekidno zaronjene mogu provesti četiri tjedna), čime se pružaju nove taktičke mogućnosti, dok je zbog poboljšanja drugih sustava omogućeno smanjenje posade na samo 35 članova. Koliko su



Stealth korveta tipa YS 2000 istisnine 660 t, duljine 70 m što će se graditi za švedsku ratnu mornaricu u brodogradilištu Karlskronavarvet

Karlskronavarvet

švedske podmornice cijenjene pokazuje primjer gradnje šest podmornica klase **Collins** za Australiju koje gradi Australian Submarine Corporation po projektu Kockumsa koji je i vlasnik 49 posto dionica u toj tvrtci. Kao potencijalno najveći program švedske ratne brodogradnje predstavljena je gradnja novog naraštaja podmornica za potrebe skandinavskih zemalja, projekt **Viking**. Prema sadašnjem stanju budućnost programa u sklopu kojega su u početku sudjelovale Švedska, Norveška i Danska do daljnjega je neizvjesna. Razmatrajući moguće posljedice koje bi otkazivanje programa moglo imati po Kockums i nastavak gradnje podmornica u Švedskoj za očekivati je da će program, makar samo u suradnji Švedske i Danske, ipak zaživjeti. Naime Norveška (koja je jedna od rijetkih NATO zemalja koja posljednjih godina bilježi porast vojnog proračuna) trenutačno ne smatra gradnju novih podmornica nacionalnim prioritetom, a uz to razmatra mogućnost pridruženja Njemačkoj i Italiji na projektu U 212. Formalni ugovori o nastavku ili prekidu suradnje na projektu Viking očekuju se sredinom godine 1997.

Gradnja novih korveta **YS 2000 (MPC 2000)** trebala bi započeti početkom 1997. u

brodogradilištu Karlskronavarvet. Razvijen u suradnji švedske agencije za nabavu vojne opreme (FMV), agencije za istraživanja u obrani i drugih nacionalnih tehničkih instituta te brodogradilišta Karlskronavarvet, projekt predstavlja višenamjenski stealth brod opremljen za protupodmorničku, protuminsku i protubrodsku borbu. Prema objavljenoj dinamici gradnje, prva korveta YS 2000 trebala bi zaploviti godine 2003. Za potrebe švedske kraljevske mornarice u Karlskronavarvetu gradi se drugi od četiri protuminska broda klase **Styrsö** duljine 36 metara opremljena podvodnim vozilima Sutec Double Eagle, a svi bi trebali ući u flotu do kraja godine 1997.

## SAD

Projektante i brodograditelje ratnih brodova iz SAD na izložbi su predstavili Newport News Shipbuilding, Bath Iron Works Corporation, Litton Ingalls Shipbuilding, IMI-Tech Corp., Lake Shore Corp., Hughes Aircraft Co i AEGIS Program Office.

Newport News predstavlja najveće privatno brodogradilište za gradnju ratnih brodova u



Brodogradilište Newport News ponudilo je fregatu FF-21 na kojoj su primijenjene tehnologije niske zamjetljivosti

Newport News Shipbuilding

**Nova fregata brodogradilišta Litton Ingalls je uz ostalo naoružana i sustavima s okomitim lansiranjem projektila**



Litton Ingalls Shipbuilding

SAD. Posljednjih godina prolazi kroz veliku krizu obilježenu nedostatkom novih ugovora što je imalo za posljedicu smanjenje broja zaposlenih sa 31.000 godine 1989. na sadašnjih 18.000, dok se u 1997. planira 16.000. Graditelj koji je nekada radio gotovo samo za potrebe mornarice SAD i izgradio neke od najvećih površinskih ratnih brodova, kao što su nosači zrakoplova (poput klasa *Nimitz*, i *Enterprise*) i krstarice (klasa *Virginia* i *California*), sada je u stanju preustroja koji ima za cilj izlazak na tržište komercijalnih brodova. Ukoliko se u tome uspije u budućnosti će se graditi ratni i komercijalni brodovi u omjeru 50 : 50 (sada je ovaj omjer 70 : 30 u korist ratnih). Sukladno tome nedavno je s ciljem povećanja produktivnosti uloženo 70 milijuna USD u uvođenje robotizacije na gradnji brodova, što će kod tankera kakvi se trenutačno grade dovesti do smanjenja gradnje sa 15 na 7 do 8 mjeseci. U nastalim uvjetima Newport News je potpuno otvoren za suradnju sa stranim partnerima, a kao primjer uspješne suradnje ističe gradnju brodogradilišta u Ujedinjenim Arapskim Emiratima vrijednog 135 milijuna USD. U predstojećem razdoblju Newport News će za američku mornaricu nastaviti gradnju nuklearnih podmornica klase *Los Angeles* i dva nosača klase *Nimitz*, te obaviti veliki remont na dva nosača zrakoplova i ostalim manjim brodovima. Projekt s kojim Newport News izlazi na svjetsko tržište ratne brodogradnje i koji je na izložbi bio među najzapaženijima predstavlja stealth fregata **FF-21** duljine 124,8 m, istisnine 3870 t.

Drugo američko brodogradilište po važnosti za gradnju ratnih brodova Litton Ingalls predstavilo je svoje programe gradnje površinskih ratnih brodova srednje veličine među kojima se osim brodova mornarice SAD, kao što su razarači klase *Arleigh Burke* i desantni brodovi klase *Wasp* (Hrvatski vojnič br. 9), najviše istakla korveta klase *Eilat* građena za Izrael. Na temelju ove korvete Litton Ingalls je

razvio tri projekta stealth korveta koje se odlikuju različitim daljinama plovljenja (3500 Nm, 4000 Nm i 4500 Nm) te primjerno tome istisninama i brzinama. Korvete koje imaju daljine plovljenja

*Maketa ruskog ophodnog broda projekt 14310 Mirage naoružanog višecijevnim topom AK-630, PZO sustavom Igla-1M, na koji se po potrebi mogu ugraditi i dvije strojnice kalibra 14,5 mm te projektili Šturm ili Vihor*



Rosvoorouzhenie

3500 i 4000 Nm duljine su 85 m, a treća je duljine 88 m. Uz njih predstavljena je i nova stealth fregata duljine 120 m, istisnine 3200 tona.

## Rusija

Nekada najvećeg svjetskog izvoznika ratnih brodova i mornaričke tehnike, rusku ratnu brodogradnju i vojnu industriju, na Euronavalu 96 predstavila je državna agencija za naoružanje Rusvoorouzhenie. U sklopu toga predstavljeni su projekti površinskih brodova i podmornica projektirani u projektima Almaz (različiti tipovi lebdjelica i ophodnih brodova), Rubin (konvencionalne podmornice), Zelenodolsk

(fregate i korvete) i Zapadnoje (protuminski brodovi). Ruska brodogradnja industrija je s padom SSSR-a naslijedila otprilike 75 posto industrijskih kapaciteta, ali je istodobno ostala bez gotovo svih velikih brodogradilišta na Crnom moru. Rusija je zadržala praktično sva brodogradilišta za gradnju podmornica, a u sklopu podmorničkih programa odvija se oko 50 posto poslova sadašnje ratne brodogradnje u kojoj radi više od milijun zaposlenih i koja je nakon drugog svjetskog rata napravila više od 50 posto podmornica izgrađenih u svijetu (prva u svijetu primijenila plinske turbine za pogon brodova, stakloplastična tvoriva za gradnju protuminskih brodova, protubrodске projektile, hidrokrilne brodove i brodove na zračnom jastuku itd.), a od 1990. nije izgradila ni jednu stratešku nuklearnu podmornicu naoružanu balističkim projektilima. Pogođena drastičnim smanjenjem vojnog proračuna, ruska ratna brodogradnja se sada putem nastupa na izložbama vojne tehnike i promidžbe u vojnom tisku pokušava uključiti u izvozne poslove. Uspjesi su

postignuti u prodaji klasičnih podmornica poboljšane klase *Kilo* (dvije podmornice inačice **877EKM** grade se u brodogradilištu Krasnoje Sormovo za Kinu) ophodnog broda tipa *Mirage* i vrlo brzog "presretača" tipa *Mongoose*. Ruska ponuda na izložbi uključivala je široki spektar projekata ratnih brodova i podvodnih plovila razvijenih na temelju već izgrađenih brodova koji se nalaze u sastavu ruske mornarice i/ili obalne straže te objekata pomorske tehnike poput modularnih lučkih gatova, mostova i dr. Nositelj projekata najvećeg broja predstavljenih površinskih brodova je projektni ured ALMAZ (vodeći autoritet u Rusiji na području projektiranja brzih površinskih brodova konvencionalne i nekonvencionalne forme).

Među površinskim jednotrupnim brodovima posebna pozornost pridana je projektima **12418** i **12421** (*Molnija*, tj. *Tarantul*, Hrvatski vojnik br. 6), koji predstavljaju brze napadajne brodove istisnine 500, odnosno 550 tona, te projektu **14310** (*Mirage*) za ophodni brod duljine 34 m. Od brodova nekonvencionalne forme ističu se projekti desantnih lebdjelica oznake **12061** i **12322** (može prevoziti i tankove). Osim toga predstavljen je i napadajni brod klase *Dergač* koji s duljinom od 65 m predstavlja najveći dvotrupni ratni brod na zračnom jastuku. Među pomoćnim i specijalnim brodovima valja spomenuti projekt **1265-E**, poboljšani obalni minolovac klase *Sonja*, drvene konstrukcije, duljine 49 m, istisnine 430 tona s 45 članova posade.

## Značajke novog naraštaja ratnih brodova i podmornica

Ratni brodovi novog naraštaja projektirani u skladu s novim taktičko-tehničkim zahtjevima (izvedenim iz novih geopolitičkih odnosa, novih tehnologija i dr.), u odnosu na prethodnike znatno se razlikuju kako po veličinama i opremljenosti tako i po taktičkim značajkama, posadi i dr. Različiti u pristupu i podudarni u nastojanjima za smanjenjem troškova gradnje i održavanja skupih flotnih sastava, većina zapovjedništva ratnih mornarica i mornaričkih instituta diljem svijeta sada rade na projektima razvoja brodova za koje se može kazati da su sve univerzalniji (višenamjenski), manji, brži i s manjom posadom. Uporabom novog naraštaja računala i programa koji osiguravaju jednostavan i brz nadzor te upravljanje različitim sustavima s jedne radne konzole omogućeno je manje borbena operativno središte (CIC), nerijetko povezano s kormilarnicom te manji prostor za nadzor elek-

troenergetskih i pogonskih sustava. Primjena komercijalnih rješenja sustava nadzora, upravljanja, komunikacije i navigacije smanjuje troškove, i to ne samo nabave i održavanja skupih mornaričkih CI sustava već i izobrazbe te plaćanja tako smanjenog broja članova posade. Troškovi projektiranja i gradnje strukture broda smanjuju se postupcima serijske gradnje u sklopu čega brodogradilišta specijalizirana za gradnju ratnih brodova grade i brze komercijalne brodove s brodskim linijama i propulzijom svojstvenom korvetama i fregatama. Nezaobilazna nova arhitektura vanjskog nadvodnog oblika trupa broda uvjetovana je primjenom tehnologija niske zamjetljivosti kao odgovora na razvoj djelatnih motrilačkih sustava na brodovima i letjelicama. Kao nove propulzijske sustave koji se sve više udomaćuju i na brzim ratnim brodovima treba spomenuti vodomlazne propulzore koje osim pogodnog stupnja djelovanja (kod brzina iznad 30 čv) odlikuju i manji stupanj vibracija i šumnosti. Kod konvencionalnih podmornica anaerobni sustav pogona proširuje taktičke mogućnosti njihove primjene i postaje nezaobilazan kod gotovo svih budućih projekata. Kao i kod površinskih brodova i na podmornicama bilježimo trend smanjenja posade omogućen uporabom multifunkcionalnih konzola putem kojih jedan član posade može upravljati i/ili nadzirati većim broj sustava. U sklopu toga valja spomenuti i uporabu ekspertnih sustava koji se oslanjaju na velike baze podataka i neizostavna su sredstva za brzu i kvalitetnu identifikaciju površinskih, podvodnih i zračnih ciljeva kao i za potporu kod donošenja taktičkih odluka. O novinama i razvoju tih sustava kao i svih onih koje sjedinjujemo pod pojmom mornaričke tehnike biti će pisano u drugom dijelu članka.

(nastavit će se)

### Literatura:

1. Jane's Navy International, siječanj/veljača 1996., dr Leopold Reuven "The next naval revolution"
2. Jane's Navy International, siječanj/veljača 1996., "The Future of Seapower - International Forum"
3. Maritime Defence, siječanj/veljača 1996. "Konsberg Aerospace: Developing the Future"
4. Maritime Defence, ožujak 1996., Antony Preston "Conventional Submarine Programmes"
5. Jane's Navy International, travanj 1996., Joris Janssen Lok, "Partnership with Potential"
6. Maritime Defence, travanj 1996. "Developing the Nordic Defence Industry"
7. Maritime Defence, svibanj 1996. "Common Frigate reaches the Horizon"
8. Military Technology, svibanj 1996., Pat Bryan "An Electric Ship Concept"
9. Jane's Defence Weekly, 16. listopada 1996., Joris Janssen Lok "UK's stealthy Corvette Aimed at Pacific Rim"
10. Defense News, 21.-27. listopada 1996., Giovanni de Briganti "France Seeks To Double World Market Share"
11. IDR, listopad 1996., Mark Hewish "The Eyes and Ears of Maritime patrol"
12. Jane's Navy International, listopad 1996., Joris Janssen Lok "Stealthy Frigate With a High Profile"
13. Jane's Navy International, listopad 1996., Richard Scott "Keeping Hold of the Critical Mass"
14. Naval Forces, V/1996., Drs. V. Ju. Marinin and V.N. Polyakov "Naval Shipbuilding in Russia"
15. Naval Forces Special Issue 1/96.; "The Joint Netherlands and Spanish AOR-90 Project"
16. Naval Forces Special Issue 2/96., "Preparing the Navy for the Next Century"
17. Naval Forces Special Issue 2/96., "FMV and Naval Industry Hand in Hand"
18. Naval Forces, III/1996. Antony Preston "Project Horizon"
19. Naval Forces, IV/1996., Karl Heintz Lipitz "German Frigate Type 124"
20. Naval Forces, IV/1996., George Paloczi-Horvath. "Patrol Boats - The Humble Servants"
21. Naval Forces Special Issue 4/96., "Agosta 90B and Scorpene"
22. Naval Forces Special Issue 4/96., "Project Horizon"
23. Naval Forces Special Issue 4, 1996., "Export Range - The La Fayette Frigate Design and Its Derivatives"
24. Richard Sharpe (ured.), "Jane's Fighting Ships 1995-96", Jane's Information Group, Coulsdon 1995.



*Izraelska korveta INS Lahav klase Eilat (Saar 5) građena u SAD predstavlja tipičan ratni brod novog naraštaja*



**FIAT**



# automobili na kredit!



**896 kn**  
mesečno\*

FIAT PUNTO 55 S

Nudimo Vam i kredit do šezdeset rata za sva vozila  
iz programa LANCIA, FIAT i ALFA ROMEO

INFORMACIJE NA TEL: 01/411-102, 01/783-020, 023/433-244 ILI DOĐITE OSOBNO U NAŠ AUTOSALON  
U ZAGREBU, MARTIĆEVA 14d, U SAMOBORU, D. CESARIĆA bb ILI ZADRU, STADIONSKA 2.

SVI AUTOMOBILI SE MOGU KUPITI U SERVISNO PRODAJNOJ MREŽI ZADARKOMERCA

**ZAGREB:** AUTOMEHANIKA, ZVONIMIROVA 25, TEL. 412-110, AUTO OBAD, AV. DUBRAVA 126, TEL. 01/2987-888, **ZADAR:** ZADARKOMERC, STADIONSKA 2, TEL. 023/433-244, **DUBROVNIK:** ADRIA AUTO, MASARYKOV PUT 3, TEL. 020/28-649, **ČAKOVEC:** ALFACAR, PRELOŠKA 20, TEL. 040/313-000, **SPLIT:** AUTO-F.A.L., DUBROVAČKA 1, TEL. 021/522-012, **SLAVONSKI BROD:** AUTOHRVATSKA, NASELJE F. SERTIĆA D-2, TEL. 035/451-240, **KUTINA:** AUTO-KUĆA, LJ. POSAVSKOG 30, TEL. 044/621-820, **KOPRIVNICA:** AUTOPODRAVINA, BJELOVARSKA 18, TEL. 048/621-255, **KRAPINA:** BAUER, ZAGREBAČKA 50, TEL. 049/372-014, **VELIKA GORICA:** T&S BERTOL, PAVLINSKA 32, TEL. 01/722-228, **BJELOVAR:** GLM, NOVOSELJANSKA 4, TEL. 043/234-557, **RIJEKA:** LUČIĆ, ČIKOVIĆI 73, KASTAV, TEL. 051/224-597, **PULA:** MEĀNIKA, V. C. EMINA 12, TEL. 052/214-525, **VRBOVEC:** PIK VRBOVEC, ZAGREBAČKA 148, TEL. 01/894-601, **POŽEGA:** PRESOFLEX, OSIJEČKA 19, TEL. 034/272-075, **VARAŽDIN:** PRIKRATKI, ZAGREBAČKA 110, TEL. 042/273-014, AUTOMOBIL LONČAR, ZAGREBAČKA 65, 042/210-794, **POREČ:** UNLIMITED, BUJIĆI B.B., TEL. 052/460-240, **OGULIN:** SONA, V. NAZORA 20, TEL. 047/580-021

\*Primjer: Za model automobila FIAT PUNTO 55 S s troje vrata maloprodajna cijena iznosi 52.961,71 kn. Da biste dobili kredit potrebno je uplatiti 30% učešća, što iznosi 15.881,51 kn, te troškove dekonzervacije, pripreme i transporta vozila u iznosu 2.597 kn i porez od 15% u iznosu 7.944,26 kn. Ukoliko kredit uzimate na najduži rok otplate od pet godina, Vaša će mjesečna rata iznositi 895,94 kune. Osiguranje plaćanja uz sudjelovanje dva jamca i solemnizaciju ugovora.

ČLANOVIMA HVIDRE JOŠ POVOLJNIJI UVJETI

# FREGATE OLIVER HAZARD PERRY

(I. dio)

Najveći razred brodova srednje veličine izgrađen na Zapadu nakon II. svjetskog rata čini 70 fregata američkog razreda *Oliver Hazard Perry*

**Dario VULJANIĆ, Boris ŠVEL**



Tomislav Brendl

**T**ijekom listopada u Dubrovniku je u posjetu Hrvatskoj ratnoj mornarici boravila fregata **USS Klakring (FFG 42)** razreda **Oliver Hazard Perry** kao prvi američki ratni brod u službenom posjetu Hrvatskoj.

## Razvoj

U američkoj mornarici tijekom šezdesetih godina fregatama se označavalo vrlo snažne brodove za pratnju nosača zrakoplova, no godine 1975. devet brodova razreda **Leaby** i devet jedinica razreda **Belknap** preklasificirane su iz fregata u krstarice naoružane vođenim projektilima, kao i dva broda na nuklearni pogon, **USS Bainbridge** i **USS Truxton**, a deset "fregata" razreda **Coontz** postale su razarači naoružani vođenim projektilima. S druge

strane, veliki broj dotadašnjih eskortnih razarača (**DE**) i eskortnih razarača naoružanih vođenim projektilima (**DEG**) je istodobno preklasificiran u fregate (**FF**) ili fregate naoružane vođenim projektilima (**FFG**). Tako se pojam fregate suzio na značenje koje je imao tijekom drugog svjetskog rata, primjenjujući se na brodove čija je zadaća ponajprije protupodmornička ili protuzračna zaštita sastava ratnih brodova, odnosno pratnja trgovačkog brodovlja.

Ishodište suvremenih američkih fregata nalazimo početkom šezdesetih godina kada su izgrađena dva broda razreda **Bronstein**, koji označavaju radikalni raskid s dotadašnjom koncepcijom eskortnih razarača, nastalom još u razdoblju drugog svjetskog rata. Na razredu **Bronstein** odustalo se od Diesellovog pogona u korist parnih turbina, a brodovi su projektirani oko nekih od najkvalitetnijih onodobnih pro-

tupodmorničkih sustava: sonara Westinghouse AN/SQS-26, sustava ASROC i trocijevnih torpednih uređaja Mk 32 kalibra 324 mm, dok je razvoj bespilotnog protupodmorničkog vrtoleta prema programu DASH (Drone Anti Submarine Helicopter) kasnio. Brodovi razreda **Bronstein** već su pokazivali značajke koje su postale zajedničke svim kasnijim američkim razredima fregata - pogon na jednoj osovini, prepoznatljiva forma trupa s izraženim kliperskim pramcem i krmenim zrcalom, kutijasto nadgrađe, snažno naoružanje i vrhunska oprema za specijalizirane zadaće. S druge strane, njihovo naoružanje za obavljanje ostalih zadaća (samo jedan dvocijevni top Mk 33 kalibra 76 mm) bilo je posve nedostavno u usporedbi s europskim fregatama toga doba. Kako su brodovi bili premaleni za klasični vrtolet nakon što je program DASH napušten, tijekom karijere ih se držalo drugo-

Jedan od prethodnika tipa FFG 7 bili su brodovi razreda Brooke, fregate prilagođene protuzračnom djelovanju na kojima je uveden jednostruki lanser Mk 22 za projektele Tartar, kasnije zamijenjene projektilima Standard SM-1 MR



razrednim plovilima (premda su dobili tegljene sonarne nizove), a konačno su predani meksičkoj ratnoj mornarici.

Deset fregata razreda **Garcia** trebalo je ispraviti nedostatke razreda **Bronstein**, imajući veću istisninu i po jedan top Mk 30 kalibra 127 mm na pramcu i na krmenom nadgrađu, a umjesto bespilotne letjelice DASH osam ih je dobilo po jedan vrtolet Kaman SH-2 Seasprite, dok su preostale dvije dobile tegljene sonarni niz. Njihovo pogonsko postrojenje zadavalo je teškoće, što je osobito zabrinjavalo na brodovima s jednom osovinom i bilo predmetom kritike u stručnim krugovima američke mornarice. Konstrukcijske izmjene obuhvaćale su među ostalim i uvođenje neprekinute glavne palube, što je do danas ostalo značajkom američkih fregata. Početkom devedesetih godina četiri jedinice ovog razreda bile su iznajmljene Pakistanu (vraćene su nakon što najam nije obnovljen), dok su druge četiri iznajmljene Brazilu.

Protuzračnu inačicu razreda **Garcia** predstavljalo je šest jedinica razreda **Brooke** na kojima je uveden jednostruki lanser Mk 22 za PZ projektele Tartar (kasnije zamijenjeni projektilima Standard MR) umjesto krmenog topa, i to su prvi američki brodovi koji su stoga godine 1975. dobili oznaku FFG (Guided Missile Frigate). Na svim brodovima ukrcan je protupodmornički vrtolet, zamjenjujući otkazani DASH. Mogućnost napadaja PZ projektilima na samo jedan cilj

istodobno, smanjena zaliha na svega 16 projektila (prema 40 po lanseru na većim brodovima), kao i vrtoglavi porast troškova, naveli su američki Kongres na otkazivanje programa izgradnje daljnjih deset jedinica razreda **Brooke**. Četiri broda su bila iznajmljena Pakistanu, ali su po isteku najma vraćani u Sjedinjene Države.

Usljedilo je 47 fregata razreda **Knox**, koje predstavljaju vrlo uspješni eskortni razred (bit će prikazane u jednom od sljedećih brojeva

Hrvatskog vojnika). To su specijalizirani protupodmornički brodovi opremljeni sustavima AN/SQS-26 i ASROC, te dvocijevnim protupodmorničkim uređajima Mk 32 ugrađenim u krmeno nadgrađe, a ne na glavnoj palubi kao što je uobičajeno. Razred **Knox** je također trpio zbog otkazivanja programa DASH, pa su sve fregate naknadno dobile teleskopski hangar i vrtolet. Trenutačno je 36 jedinica iznajmljeno ili prodano prijateljskim stranim ratnim mornaricama, a ostali su u pričuvi.

Izvorište razreda **Oliver Hazard Perry** je program **Patrol Frigate** (ophodna fregata) potaknut u rujnu 1970. Početkom sedamdesetih godina američka mornarica je naime namjeravala popuniti svoju flotu eskortnog brodovlja - razarača i fregata - kombinacijom razmjerno složenih plovila koja bi činila skupine za zaštitu nosača zrakoplova te jednostavnijih brodova koji bi obavljali zadaće ophodnje, zaštite trgovačkog brodovlja, "pokazivanja zastave" i sl. Taj pristup je dobio naziv "high/low mix", a njegov složeniji i skuplji dio predstavljaju razarači razreda **Spruance** što broji 31 brod prilagođen ponajprije protupodmorničkoj borbi, kao i njihova protuzračna inačica, razred **Kidd** koji se sastoji od četiri plovne jedinice izvorno građene za Iran. Istodobno je tzv. "niski kraj" spomenute kombinacije, tj. razred jednostavnijih eskortera, uobličan u projektu **FFG 7**. Za taj projekt su stoga postavljeni strogi zahtjevi glede cijene, istisnine i potrebne posade, što je trebalo zadržati u prihvatljivim okvirima, tj. svesti na najmanju moguću mjeru. Nova fregata



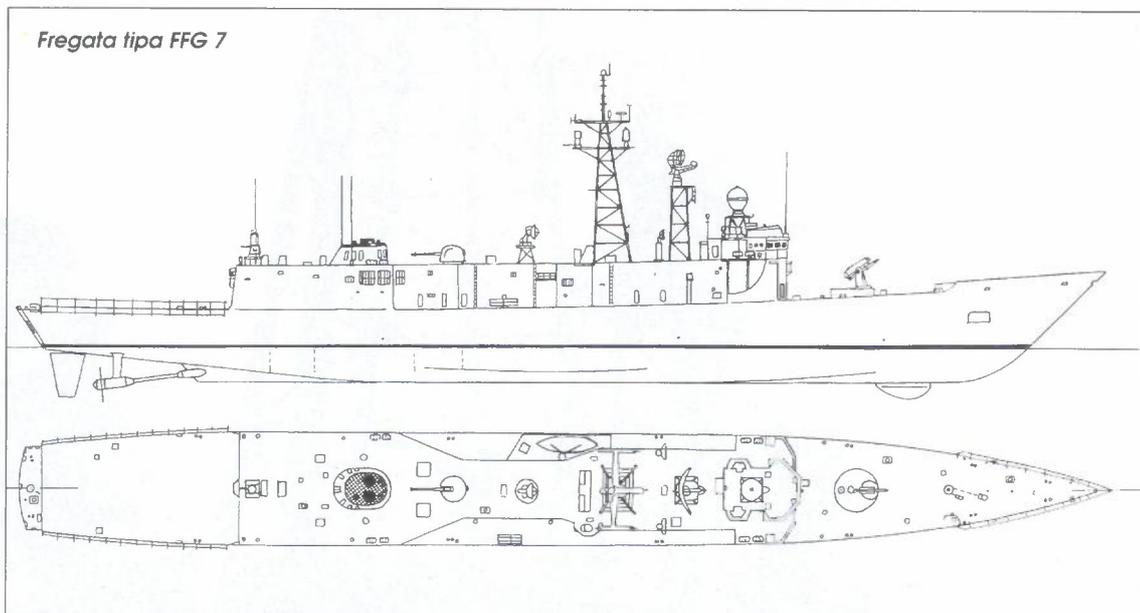
US Navy

USS Oliver Hazard Perry, prva fregata istoimenog razreda

zamišljena je ponajprije kao brod za protuzračnu obranu, sa smanjenim sposobnostima protupodmorničkog djelovanja. Zamišljeno je i kako bi prema potrebi djelovao zajedno sa specijaliziranim protupodmorničkim fregatama opremljenim sonarima AN/SQS-26 koje bi mu preko sustava za prijenos podataka (data link) pružale informacije nužne za borbu protiv podmornica.

Kako bi se troškovi održali što nižima, odlučeno je na novi razred fregata ugraditi prokušane oružne i elektroničke sustave, uključujući i tvorivo stranog podrijetla čime je učinjen svojevrsni presedan. Ohrabivala se primjena što jednostavnijih konstrukcijskih elemenata, a konceptijski se pomak ogledao i u modularnosti, tj. brod više nije osmišljavan oko borbenih sustava, već kao platforma koja po potrebi može primiti različite sustave. Još dok se projektiralo tip FFG 7, fregata **USS Talbot (FFG 4)** razreda *Brooke* rabljena je tijekom godine 1974. za iskušavanje sustava koji su bili predviđeni za ugradnju na nove brodove: topa OTO Melara kalibra 76/62 mm, sustava za upravljanje paljbom Sperry Mk 92 (inačica sustava Signaal WM 28) i Lockheed (licenca Signaal) STIR, kao i sonara Raytheon AN/SQS-56.

Za prvu fregatu građenu prema novom projektu, **USS Oliver Hazard Perry (FFG 7)**, prvotna oznaka **PF 109**), kobilica je položena 12. lipnja 1975. u brodogradilištu Bath Iron



Fregata tipa FFG 7

Works u mjestu Bath, savezna država Maine. Porinuo je bilo 25. rujna 1976., a dovršeni brod primljen je u flotu 17. prosinca sljedeće godine. Prigodom ostvarivanja programa fregata FFG 7 prvi brod novog razreda je opsežno iskušavan u službi, a s primanjem ostalih se čekalo dok nisu

je brodogradilištima izgrađeno ukupno 55 fregata razreda *Oliver Hazard Perry* (od toga četiri za Australiju), uz još 14 građenih po licenci u Australiji, Španjolskoj i na Taiwanu, što ga čini najvećim razredom brodova srednje veličine izgrađenim na Zapadu nakon Drugog svjetskog rata. Prosječno trajanje gradnje brodova u Sjedinjenim Državama bilo je oko dvije godine.

Značajke fregate <i>USS Klakring</i>	
Standardna istisnina	2750 tona
Puna istisnina	4100 t
Duljina preko svega	138,1 metara
Sirina	13,7 m
Gaz	4,5 m
Gaz (uljučujući sonar)	7,5 m
Brzina	29 čvorova
Doplov	4500 Nm uz 20 čv
Posada	206 ljudi (13 časnika)

## Izgled i konstrukcija brodova

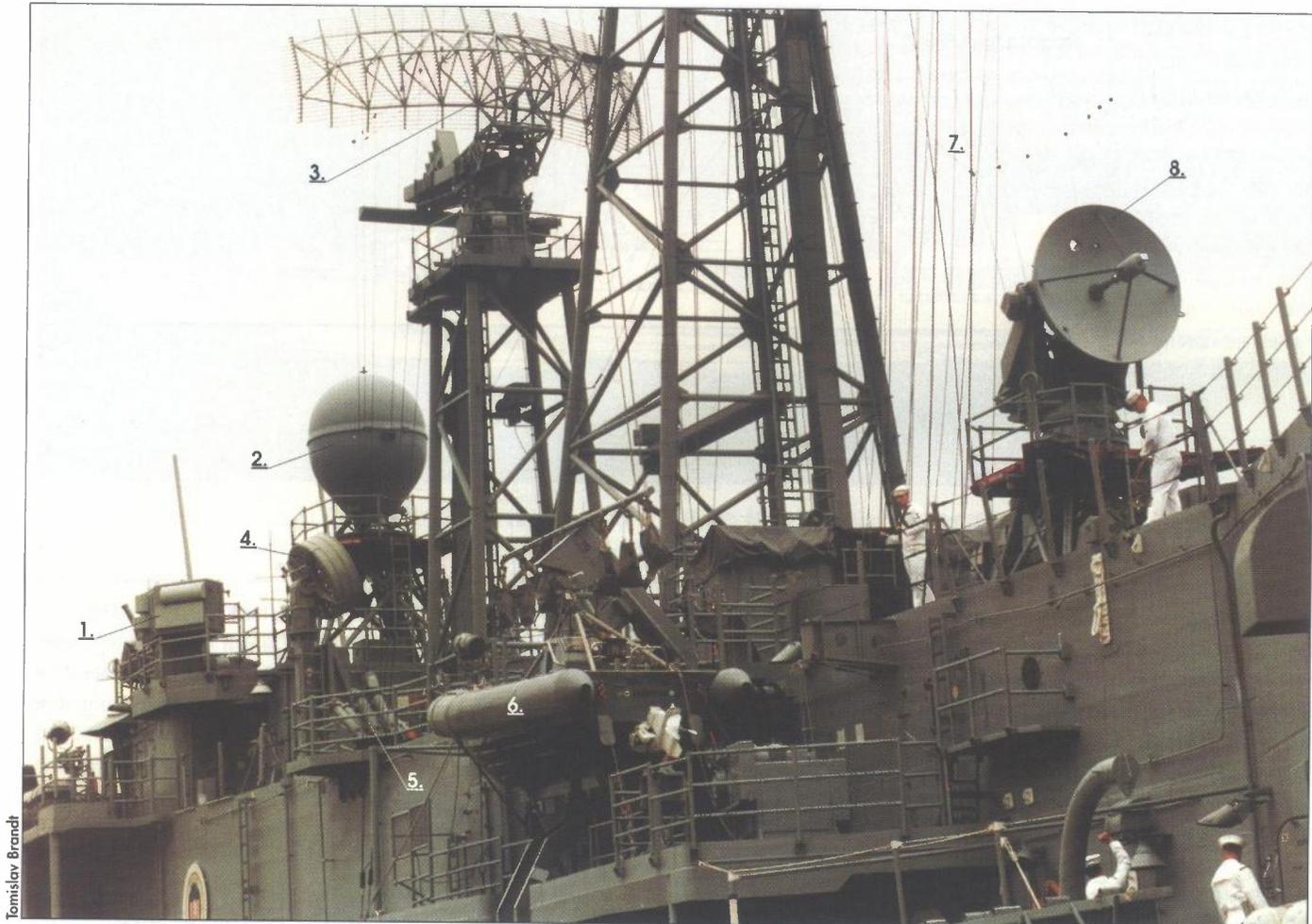
Prema izvornom projektu brodovi razreda *Oliver Hazard Perry* imaju standardnu istisninu 2750 tona, a punu 3638 tona, no naknadno ugrađena oprema i konstrukcijske izmjene su povećale punu istisninu fregata FFG 7, 8, 15, 28, 29, 32, te svih od 36 do 61 na 4100 tona. Nakon fregate **USS Underwood (FFG 36)** ugrađuje se naime sustav za slijetanje vrtoleta Indal Technologies RAST, zbog čega je trup morao biti produljen za 2,4 metra, no kako se ne bi povećala duljina vodne crte, krmeno zrcalo je moralo biti nakošeno na gotovo 45 stupnjeva. To je značajka po kojoj se noviji brodovi unutar razreda razlikuju od starijih, a krma je naknadno pregrađena i na šest spomenutih starijih brodova. Od vrha pramčane statve do kraja letne palube brodovi su dugi 135,6 m, odnosno 138,1 m ukoliko je ugrađen sustav RAST, široki su 13,7 m, a gaz iznosi 4,5 m, odnosno 7,5 m do sonarne kupole. Vršna brzina brodova iznosi 29 čvorova, a doplov 4500 nautičkih milja pri brzini od 20 čv. Posada američkih brodova standardno broji 206 ljudi, uključujući 13 časnika i 19 pripadnika letaćkog osoblja.

Fregate razreda *Oliver Hazard Perry* su prepoznatljive prema trupu vrlo elegantne forme čija je protuteža dugo i razmjerno visoko kutijasto nadgrađe koje omogućava postizanje najvećeg mogućeg korisnog volumena. Trup je

skupljena potrebna iskustva. Sljedeća jedinica je tako ušla u flotu tek godine 1979., nakon čega su uslijedile ostale, zaključno s fregatom **USS Ingraham (FFG 61)** koja je primljena početkom kolovoza godine 1989. U američkim



Unutrašnjost zapovjednog mosta fregate FFG



Tomislav Brandt

**Na nadgrađu fregate USS Klakring možemo uočiti 1.) kućišta antena sustava za elektroničko ratovanje AN/SLQ-32(V)2 iza kojih se nalaze strojnice M2 kalibra 12,2 mm, 2.) kupolu s radarskim antenama sustava za upravljanje paljbom Mark 92, 3.) antenu radara AN/SPS 49(V)4 za motrenje zračnog prostora, 4.) SATCOM antenu, 5.) sustav SRBOC za izbacivanje radarskih i infracrvenih mamaca, 6.) pomoćnu brodicu, 7.) komunikacijske antene, 8.) antenu ciljničkog radara STIR**

vrlo vitak, neprekinute glavne palube, i ima omjer duljine i širine 1 prema 9,48. Kliperski je pramac vrlo izražen, s uočljivim valobranom i jako nakošenom statvom koja blago prelazi u ravnu kobilicu na kojoj je unutar profiliranog kućišta obloženog gumom smješten aktivni sonar. Kako brod nema posebnih uređaja za sta-

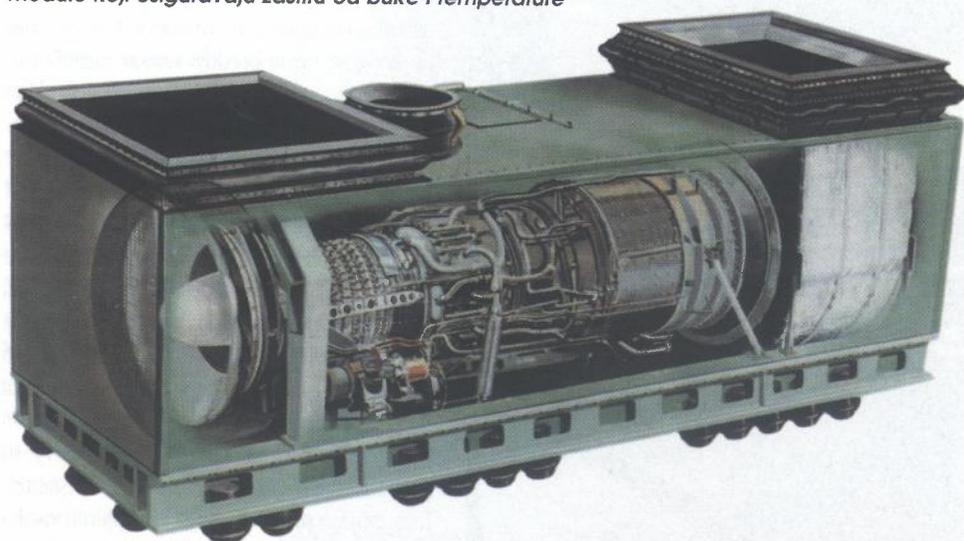
bilizaciju, pri sredini broda su ugrađene dvije nepomične ljuljne kobilice duljine oko 28 m. Na pramcu je smješten lanser PZ projektila, iza njega zapovjedni most visine tri palube, na koji se nadovezuje nadgrađe visine dvije palube što se proteže sve do letne palube. Na zapovjednom mostu je postolja s radarskim antenama sustava

za upravljanje paljbom Mk 92 u uočljivoj kupoli, a sa strana postolja su antene sustava za elektroničku borbu AN/SLQ-32(V)2. Na nadgrađu su dva razmjerno visoka rešetkasta jarbola na čijim vrhovima su antene motrilačkih radara, a iza njih je antena radara za upravljanje paljbom STIR. Pri sredini broda nadgrađe se sužava kako bi se na

glavnoj palubi našlo mjesta za protupodmorničke torpedne uređaje te pomoćne i spasilačke brodice. Slijedi top kalibra 76 mm (čiji je smještaj na krovu nagrađa pomalo neuobičajen) iza kojega su na bokovima nadgrađa usisnici zraka za plinske turbine. Iza topa je niski dimnjak i vrtoletni hangar koji je posve uklopljen u nadgrađe, a na čijem krovu se smješta CIWS (Close-In Weapon System, bliskoobrambeni proturaketni sustav) Phalanx. Brodovi su prema prvom projektu imali jedan hangar za dva vrtoleta, no kasnije je to izmijenjeno u dva manja usporedna hangara. Vitalni su prostori broda zaštićeni slojem kevlara debljine 19 mm što bi ih trebao zaštititi od krhotina.

Fregate tipa FFG 7 su otpočetka zamišljene za gradnju u raznim

**Plinske turbine General Electric LM 2500 smještene su u module koji osiguravaju zaštitu od buke i temperature**



GE Marine & Industrial Engines

brodogradilištima koja se ne bi posebno za to pripremala (za razliku od primjerice razreda *Spruance*), pa su američki brodovi građeni u brodogradilištima Bath Iron Works Corporation, te na navozima poduzeća Todd Shipyards Company u gradovima San Pedro i Seattle. U konstrukciji su ponajviše rabljeni ravni paneli i stijene, a brodski su hodnici i prolazi općenito ravni. Razmjerno jednostavne konstrukcijske tehnike omogućile su gradnju tih fregata i u stranim brodogradilištima.

Kada su projektirani ovi brodovi zamišljeni su kako bi se naknadno opremili samo sustavima čija se uporaba predviđala u skoroj budućnosti: CIWS Phalanx, vrtolet Sikorsky SH-60 Seahawk LAMPS III, sustav za prijenos podataka Link 11 i tegljeni sonarni niz AN/SQR-19. Fregate u djelatnoj službi su doista dobile svu tu opremu osim tegljenog niza. Ukoliko bi se međutim ugradili svi nabrojani sustavi, ostalo bi svega 50 tona pričuvne istisnine, te bi stoga pri možebitnom osuvremenjavanju (olakšanom modularnom koncepcijom) pojedini sustavi morali biti skidani s brodova radi ugradnje novih.

Uštede prigodom gradnje dovele su do umanjene borbene otpornosti brodova, što se pokazalo kada su 17. svibnja 1987. dva iračka projektila Aérospatiale AM 39 Exocet pogodila **USS Stark** (FFG 31); bojne glave nisu detonirale, ali je neutrošeno raketno gorivo izazvalo

veliki požar. Nakon tog događaja velika je pozornost posvećena kako postupcima posade u slučaju požara, tako i opremi za protupožarnu zaštitu koja je morala biti naknadno ugrađivana. Napomenimo kako je fregata **USS Stark** bila ponovno operativna u kolovozu 1988.

S druge strane vrijedno je zabilježiti kako je brod istog razreda, **USS Samuel B. Roberts** (FFG 58) dana 14. travnja 1988. u Arapskom (Perzijskom) zaljevu naišao na minu i uspio doći do Bahraina rabeći samo pomoćne propulzore (v. dalje u tekstu). Brod je popravljen u brodogradilištu Bath Iron Works i vratio se u operativnu službu u studenom 1989.

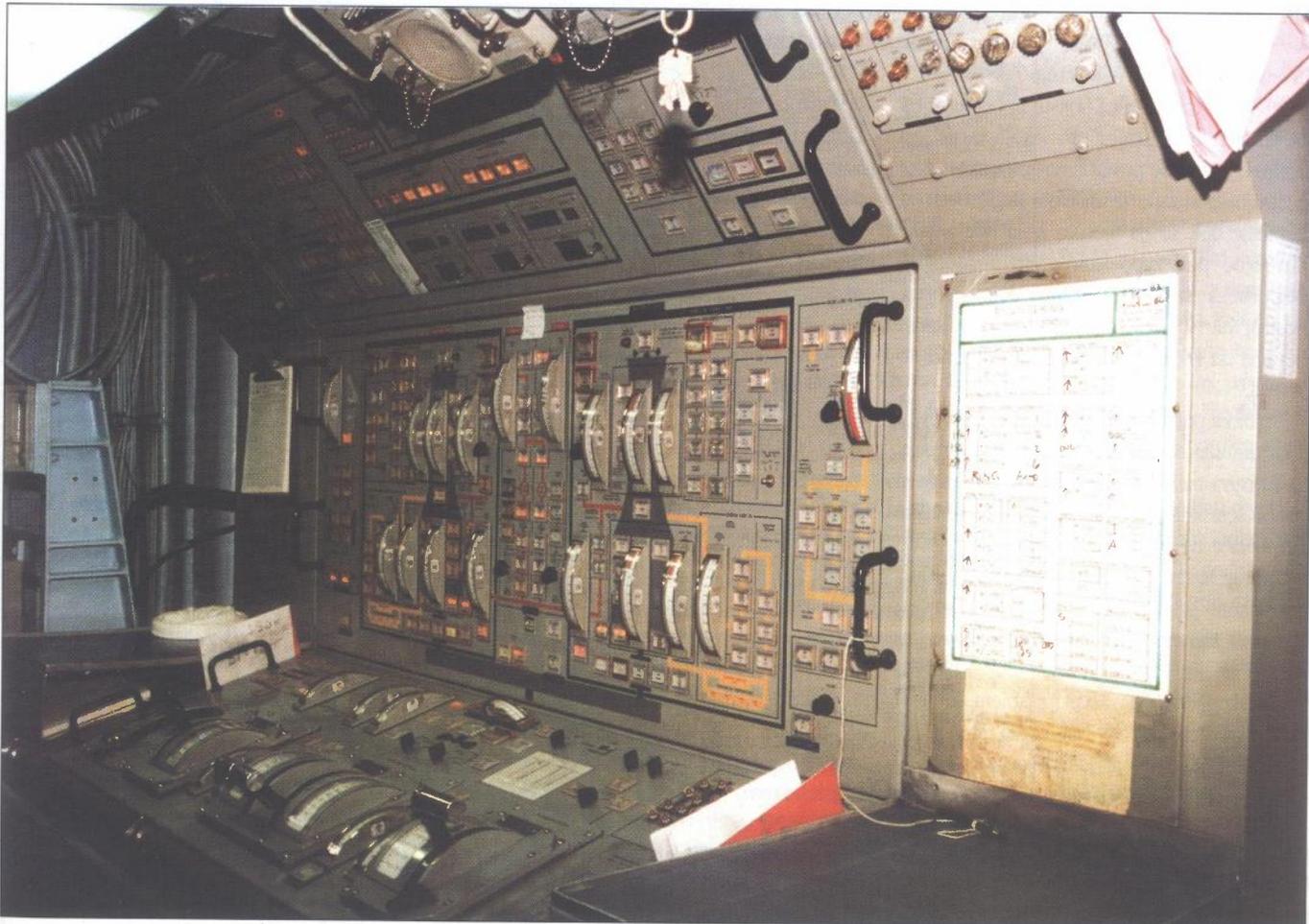
## Propulzija

Kao i u slučaju ranijih američkih fregata, brodovi razreda *Oliver Hazard Perry* imaju samo jedan vijak, ali uporaba plinskih turbina - prvi put na američkim fregatama - znači znatno kompaktniji raspored u strojarnici. Brodovi imaju dvije plinske turbine General Electric LM 2500 u COGAG konfiguraciji koje zajedno razvijaju oko 30,59 MW (41.000 KS) pri 3600 okretaja u minuti i preko reduktora pokreću brod brzinama do 29 čv. Tijekom ispitivanja turbine su navodno razvijale i puno veću snagu, pa su tako svi brodovi premašili i 30 čv. Vršna snaga pojedine turbine je 20,9 MW (28.000 KS) uz potrošnju goriva 172 g/KS/h, a stalna snaga je

18,2 MW (24.400 KS) uz utrošak goriva 176 g/KS/h. U slučaju kvara jedne turbine, druga ispravna može pokretati brod brzinama do 22 čv. Kako se ista inačica plinskih turbina rabi na razaračima razreda *Spruance*, *Kidd*, *Arleigh Burke* te krstaricama razreda *Ticonderoga*, postignuta je velika homogenost glede pogona američkog eskortnog brodovlja. Te se turbine ugrađuju i na pomoćna i brza napadajna plovila američke mornarice, a s njima je General Electric polučio i izvozni uspjeh, jer se rabe u 23 strane mornarice. Turbine su smještene usporedno u jednoj strojarnici, u modulima (duljine 8,255 m, širine 2,642 m, visine 3,099 m, mase 21.995 kg) koji osiguravaju zaštitu od buke i temperature, a obje su spojene na istu osovinu. Promjer vijaka s pet prekretnih krilaca je 5,5 m. Za dobivanje električne energije služe četiri Dieselova generatora snage 1000 kW. Ne-uočljiva značajka tog razreda su dva mala uvlačiva propulzora što su ugrađena neposredno iza kupole sonara kako bi osigurala i pružila pomoć tijekom pristajanja, a u nuždi mogu pokretati brod brzinom između 3 i 5 čv. Svaki ima Dieselov motor snage 242,3 kW (325 KS) koji preko generatora pokreće elektromotor što pak pokreće propulzor. Ti propulzori normalno se rabe primjerice prigodom vožnje krmom, prigodom tegljenja, itd.

(nastavit će se)

☒



Upravljačka konzola u kontrolnoj kabini strojarnice

*Na vječnom putu borbe i opstojnosti*

# HRVATSKA VOJSKA KROZ POVIJEST (XII. dio)

Bosna šaptom pade pod turskom lukavošću i jataganom... Neki šezdesettrogodišnji muftija izvuče iz korica krvničku sablju i odrubi glavu posljednjem bosanskom kralju iz slavne loze Kotromanića. Pošto pade Stjepanova glava, Turci pogubiše Stjepanovog strica i sinovca. Nakon toga počinje bijeg Hrvata iz Bosne, koji nije zaustavljen do danas. Da ne padnu Turcima u ruke i da pod pritiskom ili iz straha ne preokrenu vjerom, mnogi pobješkoše u slobodne Konavle...

**Marijan PAVIČIĆ**

**D**ruga bitka na Kosovu polju počinje 18. listopada 1448. Borbeni poredak ugarske vojske činilo je 38 skupina koje su bile raspoređene na sljedeći način: središnji dio su zauzeli Erdeljci, zatim oklopnici i topnici pod zapovjedništvom bana Ivana Sekelja; desnim krilom je zapovijedao Benedikt Losonc, a lijevim krilom Hrvat Stjepan Banić od Lendave i vlaški vojvoda Dan. Pričuvom ugarske vojske je zapovijedao hrvatsko-dalmatinski ban Franjo Talovac.

Turski raspored na bojištu upućivao je da će koristiti istu taktiku kao i kod Varne. Na desno krilo bile su postavljene europske turske postrojbe pod zapovjedništvom Beglerbega od Rumelije dok su na lijevom krilu bile azijske postrojbe pod zapovjedništvom anadolskog Beglerbega s janjičarima u sredini. Njihov postroj bio je okružen prvo šancem, zatim devama iza kojih je bila postavljena ograda od štitova.

Bitka počinje oko podneva Hunjadijevim silovitim udarom na desno krilo turske vojske. Bez obzira na svu silinu udara ishod bitke ni nakon šest sati borbe nije bio riješen, a vojske se povlače na svoje početne položaje. No do njezinog nastavka dolazi u noćnim satima topničkom paljbom iz teških topova koji su izbacivali kamenje i željezne kugle.

Tijekom noći dolazi do sastanka kršćanskoga ratnog vijeća na kojem je bio i neki pokršteni Turčin Daud (sin Muratovog brata Mustafa koji je još prije prebjegao u Ugarsku) koji kršćanske zapovjednike savjetuje da još tijekom noći vojskom iznenada udare na janjičarski tabor. Pretpostavka je bila da ukoliko janjičari budu iznenađeni i odbačeni sa svojih položaja slijedit će ih cijela turska vojska. Hunjadi provodi tu zamisao u djelo te je u

početku polučio i uspjeh. No Turci su ipak uspjeli konsolidirati svoje borbene redove i prisiliti Hunjadija na uzmak.

Idući dan slijedi nastavak bitke pješačkim i konjaničkim postrojbama. I uz sva junaštva koja će tijekom bitke ispoljiti kršćanska vojska, prevagu će ipak odnijeti turska nadmoćnost u ljudstvu.

Iza leđa kršćanskog lijevoga krila sa snažnim postrojbama udario je turski vojvoda Turakan, radeći obuhvat s njegove obje strane. U toj borbi pogiba i Ivan Sekelj čija će se smrt negativno odraziti na moral kršćanske vojske. Dogodit će se nešto slično kao i u bitci kod Varne kad je smrt kralja Vladislava odlučila ishod bitke za tursku stranu. Zanimljivo je da je tijekom bitke baš Sekeljev sjajni oklop skrenuo pozornost mnogim turskim ratnicima koji su ga jednostavno željeli posjedovati za ratni trofej.

Poraz kršćanske vojske bio je neizbježan. Prvi se predao (izdao) s ostatkom svoje vojske vlaški vojvoda Dan. U večernjim satima toga dana dolazi do uzmicanja i konjaništva, a pješaštvo i topništvo ulazi u tabor oko kojeg su bile postavljene barikade od kola. Pješaštvo i topništvo ustrajava i čitavi dan pružajući žilavi otpor. No, potpuno okruženje već idućeg dana (20. listopada) urodit će krvavim i poražavajućim ishodom - pogibaju svi do jednoga u silovitoj turskoj navalji koja će i potvrditi ishod II. bitke na Kosovu polju.

A on je bio sljedeći: bitka na Kosovu polju je predstavljala potpuni poraz kršćanske vojske. Prema jednim procjenama palo je oko 17.000 kršćanskih vojnika i oko 30.000 Turaka. Uz bana Ivana Sekelja poginuo je i hrvatski ban Franjo Talovac, te Hrvat Stjepan Banić od Lendave, kao i mnogi ugarski velikaši. I uzmicanje kršćanske vojske kroz Srbiju bilo je

popraćeno dodatnim gubitcima u ljudstvu tako da je konačan broj kršćanskih gubitaka znatno veći. Drugi dio vojske koji se povlačio prema moru, zapadnim smjerom, prošao je mnogo bolje.

Sreća za središnju i zapadnu Europu bila je u tome (iako su iz početka bile zaprepaštene i prestrašene mogućim slijedom razvoja događaja) što sultan Murat II. nije krenuo prema zapadu, već na jug kako bi napokon zauzeo Carigrad (zauzet 29. svibnja 1453.) - ključnu točku južne Europe.

Taj manevar, za ondašnje (kratkovidne) europske političare predstavljao je olakšanje. No samo za kratko. Osiguravši si stratešku pozadinu (ključnu geopolitičku točku spoja Europe i Azije) Turci u širokom frontu preko ključnih točaka jugoistočne Europe kreću na konačno osvajanje srednje i zapadne Europe. To će za Hrvatsku biti posebno važno jer će se ona naći prva na udaru, a posebice iz razloga što je i dalje bila razjedinjena unutarnjim sukobima između pojedinih velikaša i strana. Gledano s povijesne distance moglo bi se spekulirati kako bi se događaji (u pozitivnom smislu odvijali) da je bilo više državotvornog duha među strankama i velikašima koji su za oslonac u svojoj politici uvijek tražili potporu iz vana. Povijesna događanja takvih razmjera omogućuju manevarski prostor za postizanje i učvršćivanje svojih političkih ciljeva, tj. interesa. Također, povijesna je činjenica da je to nemoguće ostvariti bez jasne unutarnje politike koja je baš u to vrijeme bila erodirana djelatnošću jednog dijela tadašnjih stranaka i velikaša - kojima je bilo sve važnije od hrvatskog kraljevstva.

U tadašnjem razdoblju umiru i trojica velikih protagonista tadašnjih političkih događanja: Hunjadi (11. kolovoza 1456.)

**Pavisar Stjepana od Kaniže, pol. 15. stoljeća**

*Kad su Osmanlije godine 1456. s velikom vojskom opsjele Beograd, kralj je proglasio insurekcijsko - sveopći poziv za obranu hrvatskog i ugarskog kraljevstva u pogibelji i s hrvatskim banom Ulrihom Celjskim pobjegao u sigurni Beč. Na kraljev poziv Hunjadiju su se odayzvali samo mačvanski ban Ivan Korođ, Stjepan od Kaniže i Raynald Rozgony. Kod Kovina s pridruženim hrvatskim odjelima Hunjadi je skupio oko 8000 vojnika koji su pohitali u pomoć posadi u Beogradu.*

*Pavisar je pješak s drvenim štifom pavisom. Za razliku od ostalih laganih jednoručnih štifova kojima su se mogli služiti u bliskoj borbi, pješaci su teži pavis najviše rabili za statičku obranu od protivničkih strijela*

*izbačenih iz luka ili samostrjela. Pavisom su se služili pješaci naoružani paljbenim oružjem ili samostrjelom i to na način da se sklanjaju iza njega dok su punili ili napinjali oružje. Zbog toga je pavis bio izrađen od tvrdog drveta debljine do nekoliko centimetara i visine oko 1,2 metra. Pješak na slici naoružan je jednostavnim paljbenim oružjem učvršćenim na drvenoj motki. Ciljanje je bilo jednostavno. U cijev bi se nasipao barut i za njim natisnula olovna kugla. Kroz manju rupu na gornjoj strani cijevi s primitivnim fitiljem pripalio bi se barut. Ciljalo se na jednostavan način kao da se peri koplje koje se drži ispod pazuha. Eksplozija bi izbacila kuglu dovoljnom snagom da na nekoliko metara probije prsni oklop ili da na pedeset koraka obori nezaštićenog protivnika.*

*Prema običaju svojeg vremena pješaci su najčešće na prsima ili kapuljačama svojih odora vješali znakovlje svojih gospodara u obliku manjeg štita.*

Velimir VUKŠIĆ

Ullrich celjski (9. studenog 1456.) i despot Đorđe Branković (24. prosinca 1456.).

Za to vrijeme papa Kalikst III. pokušava pokrenuti križarski rat protiv Turaka. Tu se istaknuo i glasoviti franjevac Ivan Kapistran, koji je diljem cijele srednje Europe svojim propovijedima pozivao narod u križarsku vojnu protiv Turaka. On će kasnije odigrati veliku i važnu ulogu u borbama oko Beograda.

## **Bosna šaptom pade**

*Bosna, nekadašnja slavna banovina starog Hrvatskoga Kraljevstva kojom su vladali Trpimirovići, od samih svojih početaka prikovana za Hrvatsku, godine 1463. konačno će pasti u turske ruke. Kako sudi većina povjesničara, Bosna je pala šaptom.*

*Silni turski sultan Mehmed II., koji je poslije osvajanja Carigrada godine 1453. dobio je počasni nadimak al-Fâtih što na arapskom jeziku znači Osvajač...*

Matija Korvin (sin Ivana Hunjadija) godine 1458. izabran je za ugarskog i hrvatskog kralja koji će vladati sve do godine 1490. Već na početku svoje vladavine suočit će se s problemom sređivanja unutarnjeg stanja u kraljevstvu.

Samo godinu dana kasnije cijela Srbija dolazi pod tursku vlast. Te godine Turci počinju s intenzivnijim prodorima u Bosnu. Sultan Mehmed II. prolazi kroz oblast Podrinje. Njegova najezda se zaustavlja pred jakom utvrdom Bobovac u sjeverozapadnoj Bosni.

Obranu Bobovca, stolnog grada bosanskog kralja Stjepana Tomaševića i na poslijetku ključne točke za obranu cijele Bosne držao je

## Vojska Ivana Hunjadija

**N**a početku svoje vojničke karijere Hunjadi je služio kralja Sigismunda u ratu protiv husitske vojske Jana Žiške u vremenu između godine 1419. i 1423. U toj kampanji bio je svjedokom nekoliko nimalo viteških poraza Sigismundova konjaništva čiji su se napadaji razbili o niz husitskih zaprežnih kola povezanih lancima. Oko godine 1425. u službi je Stefana Lazarevića i ratuje protiv bosanskog kralja Tvrtka. Nakon smrti Stefana godine 1427. odlazi u Hrvatsku gdje stupa u službu zagrebačkog biskupa Demetra Čupora i kasnije jednog od najmoćnijih slavonskih feudalaca Nikole Iločkog. Od 1432. ponovno je u službi kralja Sigismunda s kojim odlazi u Lombardiju. U Milanu prihvaća ponudu Filipa od Viskontija, u čiju službu stupa kao kapetan plaćenika gdje se upoznaje s tadašnjim suvremenim vojnim spoznajama takvog zanimanja. Nakon dvije godine plaćeničkog iskustva ponovno je u feudalnoj službi Sigismunda.

Svjestan opasnosti koja je prijetila s istoka Hunjadi je dalekovidno odlučio suprostaviti se Osmanlijama ispred granica kraljevstva. On će pokrenuti veliki broj vojnika koje će za jednu generaciju zaustaviti tursku ekspanziju prema zapadu i njega izdići u jednog od najvećih vojskovođa kršćanske Europe. Hunjadijeve ratne kampanje stajale su sultana pet turskih vojski i više od 200.000 izgubljenih vojnika.

Zbog odredbi Zlatne bule prema kojoj je plemstvo imalo feudalnu obvezu ratovanja samo unutar granica svoje države, Hunjadi se u svojim kampanjama oslanjao na plaćeničku vojsku, iako su mu se često pridruživali i hrvatski odjeli slavonskog plemstva. Hunjadi je u svojoj vojsci posebno vodio računa o stezi i stalnoj izobrazbi koju je često sam nadzirao. S novom ustrojenom vojskom na Godominskom polju, nedaleko Smederava godine 1437. prvi put je potukao tursku vojsku. Za tu zaslugu dobiva mjesto u kraljevskom savjetu, velika imanja u zapadnoj Vlaškoj i imenovanje kapetanom obrane južnih granica od Jadranskog mora do Transilvanije. Za potporu u borbi za mađarsku krunu Vladislavu III., 1439. dobiva zapovjedništvo i nad tvrđavom Beograd kao i titulu vojvode. Sad je u mnogo boljoj situaciji te s više novaca na raspolaganju Hunjadi podiže plaćeničku vojsku od oko 15.000 ljudi i 2000 kola. U službu uzima njemačke teške konjanike-oklopnike, talijanske konjanike naoružane samostreljima, mađarske lake konjanike, češko pješništvo veterane iz husitskih ratova i poljske pješake. Među pješacima jedan broj boraca bio je naoružan prvim paljbenim oružjem.

Temelj Hunjadijevih kampanja bio je kolski tabor prema uzoru na Husite. Svaka kola su imala posadu od 4-5 pješaka naoružanih samostreljima, paljbenim oružjem i dugim oružjem na motkama. U kolima je za bacanje bilo krupnog kamenja i kratkih kopalja. Kola su vojsku u nastupanju pratila u tri usporedna reda. Lijevi i desni red štitio je bokove dok su u srednjem redu kola s posadom štitila kola s logistikom. U borbi su kola međusobno povezivana lancima kako ih protivnik ne bi mogao izdvojiti iz poretka i sebi otvoriti put za provalu. U bitci kod Željeznih vrata (južno od Đerdapa na Dunavu) godine 1441. Hunjadi je sa svojih 15.000 veterana dočekao Osmanlije u četvernom borbenom poretku. Bokove i leđa štitila su mu dva reda kola s posadama povezanih lancima i s upregnutim konjskim zapregama. Pred čelnu protivničku navalu postavio je oklopno konjaništvo i pješništvo. Turski bezuspješni napadaji razbijali su se o Hunjadijeve prednje redove i

povijali se pokraj kola s kojih ih je zasipala kiša olovnih kugli, strijela i kamenja. U jednom trenutku kad je Hunjadi vidio da se turska vojska koleba zapovijedio je sveopći napadaj kolima i konjaništvom razbijajući Osmanlije do kraja. U toj bitci Turci su izgubili oko 30.000 ljudi. Ono što je uspjelo pobjeći putem su sasjekli Vlasi.

U bitci na Kosovu polju 1448. Hunjadi je postavio kružni kolski tabor s dva reda lancima povezanih kola. Prednji red pojačao je drvenim koljem i zemljanim nasipima. Ispregnuti konji bili su u sredini tabora. Izdan od Đurađa Brankovića i vlašskog vojvode Dana, Hunjadi je dva dana, najviše zahvaljujući dobroj obrani paljbenim oružjem, odolijevao četverostruko brojnijoj vojsci Mehmeda II. U toj bitci izgubio je 12.500 ljudi dok su Turci tu pobjedu platili sa 30.000 poginulih među kojima je bio najveći broj janjičara. Poslije te bitke Osmanlije se počinju opreirati paljbenim oružjem i kolskim taborom.

Hunjadi je svoje pješništvo ustrojio prema plaćeničkim kompanijama kakve je vidio u Italiji. U feudalnim vojskama konjaništvo je bilo glavno navalno oružje dok je pješništvo imalo drugorazrednu ulogu. Hunjadi je izučavao i opremao svoje pješništvo tako da je bilo sposobno i za navale. Godine 1441. pod zidinama Beograda potukao je i smederevskog sandžak-bega Ishak-bega kaznivši ga za mnogobrojne pljačkaške pohode u kršćanske zemlje. Hunjadijevo lako konjaništvo zaprijetilo je uništenjem pojedinih istaknutih turskih odjela natjeravši Ishak-bega da skupi vojsku i prihvati bitku na za njega nepovoljnom terenu. Turski zapovjednik pretpostavljao je da će protivničko teško konjaništvo, kao mnogo puta do tada, odmah napasti njegovo središte s glavninom turskih snaga, a kad ta navala oslabi, sa svojim krilnim konjaništvom udariti će u bokove protivnika i uništiti ga. Hunjadi je protiv turskog središta poslao svoje elitno pješništvo. U prvom redu oklopnici, u drugom pavisari - pješaci s lukovima i na kraju lako pješništvo. Red pješaka s drvenim štitovima-pavisima visokim oko 1,2 metra, bio je improvizirani zaštitni zid i temelj takvog pješackog poretka. Pavisari su izučavani da propuštaju druge pješacke bojne redove ispred ili iza zida pavisara, odnosno da kleknu kako bi redovi iz pozadine mogli preko njih ciljati (takav ustroj zadržat će i pjašaci kralja Matije Korvina gdje će pavisari biti ustrojeni u posebne postrojbe). Istodobno s navalom pješništva teško konjaništvo udarilo je na krilne turske konjanike nespemne na protivnički napadaj. Nakon što su brzo razbijena turska krila, Hunjadijevi konjanici sa stražnje strane zaokružuju protivničko središte i uništavaju ga do kraja.

Posebnu vještinu iskazivao je Hunjadi u konjaničkim redovima na teritorij protivnika. Sa 12.000 konjanika potukao je godine 1443. kod Niša konjaničke odjele Kasim-paše tako da je njegovo lako konjaništvo glumeći bijeg navuklo protivnika na teško konjaništvo u pričuvu. Okruženi s tri strane lakim konjaništvom i pod navalom oklopnika sa čela Turci su za kratko vrijeme potpuno uništeni. Taj poraz Turaka bio je samo uvod u još veću bitku s glavninom Kasim-paše kod Kunovice gdje su Hunjadijevi konjanici okružili i uništili tursko desno krilo omogućivši kralju Vladislavu III. da sa svojom glavninom razbije protivnika.

Nakon smrti Ivana Hunjadija godine 1456., kralj Matija Korvin uzima u službu zapovjednike i veterane svojeg oca te ustrojava vojsku poznatu pod nazivom "Crna četa", koja je imala oko 30.000 ljudi.

knez Radak (bio je pritajeni pateran - bogumil). Devetog svibnja 1463. prethodnica turske vojske pod zapovjedništvom Mahmud paše dolazi pod Bobovac, a već 20. svibnja i ostatak turske vojske pod sultanovim

zapovjedništvom. Kralj Stjepan Tomašević s blagom i obitelji beži u grad Jajce, a obranu Bobovca prepušta knezu Radaku. Pobjegavši iz Bobovca u Jajce, namjeravao je skupiti vojsku i čekati pomoć europskih vladara čvrsto se nada-

jući, da će neosvojivi Bobovac zadržati sultana bar neko vrijeme.

Nakon samo tri dana opsade knez Radak se predaje tražeći od sultana da ga za taj čin nagradi. No sultan, kao osvajač i čovjek željan

## Husar, oko 1530. godine

Iz vremena Matije Korvina sačuvan je platni spisak, koji bi se mogao nazvati cijenikom novačenja plaćenika za kraljevu vojsku. Uz strijelce, oklopnike i mnoge druge različite tipove ratnika jasno se može pročitati - husar, odnosno tip najlakšeg konjanika u službi kraljeve vojske.

O podrijetlu naziva husar postoji nekoliko mišljenja. Neki povjesničari vjeruju da je naziv husar u svezi s jednim od naziva iz 11. i 12. stoljeća - od bizantskog cursor, bugarskog kanzar ili moldavskog honsarios. Većina njih ipak misli kako je naziv husar nastao od mađarske riječi

husz - što znači dvadeset, odnosno da je prema feudalnoj obvezi svakih 20 radno sposobnih ljudi moralo opremiti jednog ratnika i poslati ga na 3

mjeseca pod kraljevu zastavu.

Taj dvadeseti bi u stvari trebao biti husar. U mađarskim arhivima sačuvan je jedan latinski tekst u kojem se prvi put godine 1378. spominje hunzor, a godine 1432. već se spominje husar. U jednom pismu iz 1481. kralj Matija spomenuo je konjanike koji se zovu husari: "...Equites levis armaturae, quos husarones appellamus..."

Jedan od svjetski znanih vojnih povjesničara Richard Brzezinski izveo je u najmanju ruku čudan zaključak da su husari nastali u Srbiji u 14. stoljeću, povezujući njihov naziv sa riječi gusar, što je prema njemu, isto kao laki konjanik bandit ili pljačkaš. Otuda se u nekim engleskim povijesnim radovima može pročitati da su husari nastali u Srbiji.

Takva zabluda svakako zaslužuje poseban komentar.

Poljaci su srpske plaćenike u raznim balkanskim ili istočnoeuropskim vojskama jednostavno zvali racowie, prema nazivu srpske srednjovjekovne države Raške. Iz istog razloga i Mađari danas Srbina zovu rac. Nigdje se, niti u jednom izvoru kasnoga srednjeg vijeka, ne spominje gusar kao tip kontinentalnog ratnika konjanika. Čak niti u suvremenim srpskim izvorima ne dovodi se naziv gusar u svezu s lakim konjanikom iz predturskih ili turskih vremena.

Vojska Matije Korvina sastojala se od velikog broja njemačkih, čeških i talijanskih plaćenika iz jednostavnog razloga što su Njemci bili najbolji teški konjanici-oklopnici, Česi najbolji pješaci a Talijani

najbolji samostrelci koji su za svoju službu bili vrlo dobro plaćeni. Mađari, zajedno sa Kumanima, kao izvrsni ratnici tradicionalno vezani s nekadašnjim stepskim jahačima, bili su među najboljim lakim konjanicima Europe. Najvjerojatnije, stoga što su najbrojniji mađarski dio vojske Matije Korvina bili laki konjanici, feudalni naziv husar, koji je za ranijih kraljeva označavao ratnika jednako na konju, brodu ili pješice, transformirao se u naziv za lakog konjanika. U drugoj polovini 15. stoljeća husar je točno određen i prepoznatljiv tip lakog konjanika koji nije mogao nastati u Alpama, Dinarskom gorju ili u srednjovjekovnoj Srbiji. To su konjanici prostrane Panonske nizine, idealne za uzgoj i držanje konja, gdje je vještina jahanja dio svakodnevnog načina življenja.

Kasniji povijesni izvori potvrdit će i prisutnost husara u Slavoniji pod hrvatskim banovima i zapovjednicima, što navodi na zaključak da su husarske postrojbe novačene lokalno i da su Hrvati bili jednako dobri konjanici. Konjanika naoružanih i opremljenih kao husari moglo se naći i u drugim ravničarskim dijelovima istočne Europe, međutim nigdje nisu imali toliko snažan identitet kao u Mađarskoj. Ipak, i sami Mađari danas priznaju kako je njihova tradicionalna husarska odora nastala u Slovačkoj!

Preko zajedničkih kraljeva, zajedničke države, brojnoga hrvatskog i mađarskog plemstva izmiješanog obiteljskim, zemljoposjednim i drugim vezama husari su postali i dio hrvatske vojne tradicije. Osim svega nekoliko iznimaka, hrvatsko konjaništvo 16., 17., i 18. stoljeća bili će husarskog tipa.

Na slici je husar u svečanoj paradnoj opremi, najvjerojatnije iz svadbene povorke. Prema običaju tog vremena važna vjenčanja najavljuvana su nekoliko godina unaprijed kako bi se ugledni gosti mogli pripremiti, naručiti prigodno ukrašene oklope, bogate odore, kičenu konjsku opremu i sl. Svadbene svečanosti trajale su danima, kako bi se gosti mogli u raznim prigodama razmetati. Nepoznati autor izradio je oko godine 1530. cijeli niz ilustracija među kojima je i desetak koje prikazuju renesanso bogato ukrašene husare. Teško koplje, zašiljeni štiti, sablja i luk bili su najčešće naoružanje husara. Poneki od njih mogao je imati kacigu i žičanu košulju.

Velimir VUKŠIĆ

## Bosna šaptom pala

Tako je Bosna šaptom pala pod turskom lukavošću i jataganom. Posljednjeg bosanskog kralja Stjepana Tomaševića Mehmed Osvajač vukao je svuda za sobom kao roba. U nesreći robske sudbine sjetio se kralj Stjepan svog pisma što ga je bio poslao papi Piu II., koji se zajedno s kraljem Matijom Korvinom, Mletcima i Jurjem Kastriotićem Skenderbegom spremao na križarski rat protiv Turaka. Poslao je to pismo po časnim ljudima visokog stasa i sijedim starcima. Kako se pripovjeda, jedan je od njih oslovio papu ovim riječima: "Preblaženi otče, Stjepan, kralj Bosne, ovo ti u svoje ime po nama poručuje: Siguran sam da Mehmed kani zaratiti u ovo vrijeme sa mnom na mojemu području, zbog čega je obavio sve potrebne pripreme za put. Moje snage, da mu se oprem, nisu dostatne. U toj nuždi sam zatražio pomoć od Mađara, Mletaka i Jurja Albanca, a sad i tebe molim. Ne tražim zlatna brda, nego samo to da neprijatelj i moji podložnici vide da mi ne će nedostajati tvoja pomoć... Turci su već podigli nekoliko utvrda na mojem području te laskaju narodu pokazujući se milostivi i dobrotivi, obećavajući velike oprostite od poreza i slobostine onima koji k njima prijeđu. A shvaćanja seljaka su još skromna da bi mogli unaprijed vidjeti varku Turaka, te vjeruju u slobodu koju Turci obećavaju da će im dati. Stoga će se meni suprotstaviti jednostavni puk, potican takvim obećanjima. A kad vlastiti podložnici ostave plemstvo, ono se ne će moći dugo održati svojom snagom. Kad bi se Mehmed zadovoljio mojim kraljevstvom i ne bi se dalje kretao tražeći sve više, bio bi to možda podnošljiv pad ovoga mojega prijestolja i kamo sreće da se može reći da se ovdje umorio zbog mojih obrana, te da ne će više posezati za drugim kršćanskim državama. Ali strast vlasti ne poznaje nikakve stalne granice. Zbog toga, kad mene pobjedi, okrenut će svoje oružje protiv Mađara i mletačkih podanika u Dalmaciji, pa će preko Kranjske nastojati prodrijeti u Italiju za kojom jako teži i često se raspituje o Rimu, noseći u duši želju da će ga jednom i osvojiti. Konačno, ako bi barbar zauzeo moje kraljevstvo (dopuste li to kršćani), naći će, tako mi Boga, dosta zgodno područje i osobito prikladno uporište da ostvari i ostale svoje namjere. Mene će

prvoga zahvatiti ta oluja, a poslije mene će okusiti sličnu sudbinu i ostali Hrvati, Mađari, Mletčani i drugi narodi. A ne će ni Italija ostati na miru, jer će neprijatelj stalno bdjeti pred njezinim vratima. Dakle, to ti kao sigurno i jasno javljam da me ne bi mogao jednom ukoriti radi nemarnosti da ti to nije bilo javljeno".

Papa je pokušao nešto učiniti, ali ostali ostadoše slijepi i gluhi. S glave Stjepana Tomaševića oluja je odnijela kraljevsku krunu. Sad je tek tužni rob ohologa osvajača. A sultanu Mehmed II. već je dojadilo da ga svuda sa sobom vuče. Krivo mu bijaše što se Mahmud paša u njegovo ime zakleo i fetvom zajamčio da će kralju Stjepanu biti pošteđen život. On, Mehmed, do sada je pogubio sve vladare koje bijaše zarobio a njihove zemlje podvrgao svojoj vlasti. Smatrao je naime kako će samo na taj način u pokorenim zemljama svoju vlast trajno osigurati. Lukav, kakav je već bio, nađe on izlaz iz ovog zamršaja. U njegovom taboru bio je neki učeni Perzijanac, po imenu Šeik Ali Bestami, koji je nadaleko i naširoko bio poznat po svom znanju i učenosti. Posavjetovao se dakle s njim kako će prekršiti riječ koju je dao bosanskom kralju. Jer fetva bijaše strašna zakletva, koju ni sam sultan bez opasnosti po sebe nije smio prekršiti. Prije no što će turska vojska poslije neuspjeha u Hercegovini napustiti Bosnu, pozove Mehmed zarobljenog kralja u svoj šator. Kralj ne sluteći ništa dobra, za svaku sigurnost ponese sa sobom fetvu, to jest slobodni list koji mu pod gradom Ključem bijaše dao Mahmud paša. Šeik Ali Bestami uze fetvu, pa pošto ju je tobože pomnivo proučio, proglasi je nevaljalom, opravdavajući svoj sud time, kako ju je sultanov sluga izdao bez privole svog gospodara. Odmah za tim nesretnog kralja osudiše na smrt i osudu smjesta provedoše. Neki šezdesettrogodišnji muftija izvuče iz korica krvničku sablju i odrubi glavu posljednjem bosanskom kralju iz slavne loze Kotromanića. Pošto pade Stjepanova glava, Turci pogubiše Stjepanovog strica i sinovca.

Nakon toga počinje bijeg Hrvata iz Bosne, koji nije zaustavljen do danas. Da ne padnu Turcima u ruke i da pod pritiskom ili iz straha ne preokrenu vjerom, mnogi pobjegoše u slobodne Konavle...

borbe (ta kakva je to pobjeda ako se postigne bez borbe pa makar se vodila i oružjem) od sveg je najviše mrzio izdajice i slabiće te daje pogubiti kneza Radaka.

Padom Bobovca put za daljnje osvajanje Bosne, a time i srednje Europe bio je otvoren. Kralj Stjepan Tomašević privremeni spas nalazi u Jajcu kojeg ubrzo napušta i kreće put Hrvatske kako bi prikupio vojsku. U tvrđavi Ključ stižu ga turski konjanici, a da ni sami nisu znali da se tu nalazi kralj. No kako na putu osvajaču stoje teškoće koje mu samo služe kao izazov da ide dalje tako mu se na tom putu pri ruci nađu i pogodnosti - poput izdajica koji su i kraljevstvo spremni prodati za šaku dukata. Taj događaj po ničemu ne će biti iznimka. Tako tajnu da se u Ključu nalazi sam kralj Stjepan Tomašević neki propalica za šaku dukata je izdao Mahmud paši.

Saznavši za to Mahmud paša počinje s opsadom koja će potrajati četiri dana, ali bez nekog većeg uspjeha. Pobjavši se da će biti čak poražen od kraljeve vojske pribjegava

lukavstvu kako bi pomoću laži došao do onoga što mu nije pošlo za rukom pomoću oružja. U tom slučaju i sama laž postat će mač nad glavom naivnog. Tako se i dogodilo.

Kako je kralju ponestalo hrane on se s čitavom posadom predaje Mahmud paši vjerujući mu na riječ. Padom Bobovca i kraljevom predajom propalo je bosansko kraljevstvo, čime će Bosna postati turski pašaluk.

Sultan Mehmed II. Jajce osvaja lukavstvom. Kralj Stjepan Tomašević koji se pobjojao za svoj život i sam će sultanu pomoći u osvajanju Bosne izdavajući naloge svojim vojvodama i zapovjednicima gradova da se ne bore. Na taj će način sultan brzo i lako zauzeti gotovo sto raznih utvrda i gradova u Bosni postavljajući u njih svoje oružane posade.

U ljetu 1463. cijela Bosna, osim Hercegovine koja je pružala žilavi otpor, bila je pod vlašću sultana Mehmeda II. U tom razdoblju bit će pogubljen i zadnji bosanski kralj Stjepan Tomašević, usprkos svečanom obećanju i "slobodnom pismu", koje je u nje-

govo ime izdao Mahmud paša. Nema tu ništa čudno - onaj koji se bori, pa makar i gubio, vrijedniji je poštovanja (čak i od protivnika) od čina izdajice. U krajnjem slučaju postaje legenda - noćna mora pobjedničkog čina.

Uz sređivanje unutarnjeg stanja u hrvatsko-ugarskom kraljevstvu Matija Korvin svoju pozornost usmjerava i prema vanjskoj prijetnji - turskoj najezdi u srednjoj Europi koja je već bila u tijeku na prostoru Bosne. Tako kralj Korvin skuplja stajaću vojsku od 7000 vojnika. Vojska će skupa s banderijama baruna i prelata brojiti oko 20.000 vojnika i bila je stacionirana u južnoj Ugarskoj i Srijemu.

Sultan Mehmed II. kao i svi ostali turske vojskovođe tadašnjeg doba vrlo vješto su se služili strategijskim umijećem. Tako će Mehmed II. u strategijskom nastupu na srednju Europu manji dio svoje vojske pod zapovjedništvom Alibega poslati u Srijem i južnu Ugarsku dok će s glavninom neometano poraziti Bosnu. Snage pod zapovjedništvom Alibega demonstracijskim manevrima imale su zadaću

## Akindžija, 15.stoljeće

U 9. stoljeću Turci prodiru iz središnje Azije na zapad gdje od Arapa primaju islam i stupaju na povijesnu pozornicu. Sa sobom su donijeli način života i ratovanja kakav je kroz provale Huna, Avara, Ugara, Mongola i Tatara, Europa upoznala na najgori mogući način - zatiranjem i uništavanjem cijelih država i naroda. Od nomadskog i lovačkog naslijeđa Turci su napravili plansko oružje terora i osvajanja čiji su egzekutori bili laki neredoviti konjanici akindžije (akinci - trkač, pljačkaš). Okićeni tugovima - konjskim repovima na motkama, lovili su čovjeka na jednako nemilosrdan i vješt način kao što su negdašnji stepski lovci lovili vukove. Dolazili bi niotkud hvatajući ljude po selima i poljima ubijajući ih ili odvođeći u ropstvo. Iza njih bi ostajali spaljeni, pusti i uništeni krajevi. U odnosu na privrednu štetu i populacijske gubitke koje su Hrvatskoj nanijeli akindžije, gubici u bitkama i direktnim sukobima s Osmanlijama gotovo su beznačajni. Tursku vojsku na pohodu su pratili laki konjanici - akindžija, utirući put dubokim prodorima u protivnički teritorij, čak do nekoliko stotina kilometara ispred glavnine. Akindžije su uništavajući sve pred sobom, skupljali vrijedne informacije o protivniku, presijecali komunikacije, zauzimali mostove i planinske prijelaze, unosili nered i pomutnju u pozadinu, i istodobno onemogućavali neprijateljsko izvidanje. Izbjegavali su veće bitke s organiziranim i dobro naoružanim protivnikom jednostavno ga zaobilazeći. Napadali su samo onda kad su bili u višestrukoj prednosti i sigurni u ishod okršaja. U bitkama su zauzimali raspored na krilima ili ispred bojnog poretka glavne vojske. Oni su prvi započinjali bitku (čarkanjem) stalno uznemiravajući neprijatelja, primoravajući ga da otkrije svoj raspored i prije vremena krene u borbu, istodobno šiteći razvoj svojih postrojbi. U 14. i 15. stoljeću, kao akindžije, služe najvećim dijelom nomadi i stočari Srednjeg istoka i Male Azije, a od 16. stoljeća u svoju službu sultan uzima i konjanike iz Moldavije, Vlaške, Transilvanije i Srbije. U 16. stoljeću, ne računajući Tatare, Osmanlijsko carstvo moglo je podići 30-40.000 Akindžija. Za razliku od ostalih redovitih turskih postrojbi, akindžije za svoju službu nisu primali plaću ili naknadu, nego je njihov temeljni motiv za rat bila pljačka i roblje. Jedina iznimka od tog pravila bile su pogranične administrativne jedinice uz hrvatsku i mađarsku granicu, gdje je jedan dio akindžija u novoosvojenim krajevima poslije godine 1533., dobio timare kao i feudalni sipahi. Pogranični begovi (uc bey) pod svojim zapovjedništvom imali su jedinice akindžija, između ostaloga kao i protutežu sipahima koje je nadziralo lokalno plemstvo. Nakon nekoliko teških poraza osmanlijske vojske akindžije su službeno raspušteni godine 1595.

Akindžije su bili laki konjanici naoružani s kompozitnim lukom, krivom sabljom, lakim kopljem, s nekoliko kratkih kopalja za bacanje i poneki od njih nekom vrstom konopa s kojim su se mogli loviti konji jednako kao i ljudi - nešto slično američkom lasu. Za zaštitu su koristili mali okrugli štiti i poneki od njih laganu kacigu i žičanu košulju. Jahali su na niskim izdržljivim konjima na kojima su mogli prelaziti vrlo velike udaljenosti i pojavljivati se tamo gdje su najmanje očekivani. Na duže kampanje sa sobom su vodili pričuvnog konja.

U hrvatske zemlje znali su provaljivati u skupinama od po nekoliko tisuća jahača. Na nekom mjestu s dovoljno vode i trave za konje podigli bi logor i u manjim skupinama krstarili terenom na udaljenosti od jednog dana jahanja pljačkajući, paleći dobra, loveći i ubijajući ljude. Ljude, stoku i plijen čuvali bi u logoru sve do povratka. Jedan takav upad trajao bi nekoliko dana. U slučaju kad su im zaprijebile protivničke postrojbe hitro bi se povlačili. Ako su se našli u situaciji da moraju bježati pred nadmoćnijim protivnikom, tada bi poubijali zarobljenike i nestali.

Velimir VUKŠIĆ



skrenuti Korvinovu pozornost od temeljne sultanove namjere. Ta posrednost uvjetovat će da Korvin za Alibegom krenu duboko u prostor

Srbije kako bi sultan napokon porazio Bosnu. Trenutačni uspjesi koje je Korvin postigao u turskoj Srbiji (oslobađanje na tisuće kršćana)

bit će poništena učvršćivanjem sultanove strategijske osnovice - turska je vojska stajala u širokoj fronti duž Une, Save, i donjeg Dunava s

jakim pozicijama u Vlaškoj te tako pripremljena za konačni udarac na Europu. To stanje i strategijski raspored turske vojske djelomice je bio ugrožen na jugozapadnom boku turskog strategijskog razvoja.

Rukovodeći se svojom zamisli o oslobođenju Bosne kralj Matija Korvin sklapa savez i s Mlečanima. Potkraj rujna 1463. Korvin prodire preko Gradiške starom rimskom cestom u dolinu Vrbasa, a u listopadu dolazi pred Jajce i Zvečaj. Čak uz pomoć križarskih ustanika u početku listopada polazi mu za rukom zauzeti Jajce. Nakon tri mjeseca opsade pada i jajačka tvrđava. Uskoro će pasti i Ključ koji će zauzeti Vladko Vukčić (sin hercega Stjepana). Vukčić će osloboditi i cijeli prostor oko Srebrenice. Drugi sin hercega Stjepana, knez Vladislav zauzima župu Ramu s Prozorom, župu Uskoplje, osvaja Ljubuški te provaljuje prema sjeveru u Bosnu. Svojim nastupanjem knez Vladislav je očito želio presjeći put nastupanja kralja Korvina u Bosnu i spriječiti njezino zauzimanje. Pretpostavlja se da je to radio u interesu Mlečana koji su sklopili savez s Korvinom. I u tim trenucima očita je nesloga i neorganiziranost među europskim vladarima pred turskom opasnošću. Kralj Matija Korvin je uz svoje interese zastupao i srednjoeuropske zamisli predstavljajući na taj način predvodnika u borbi protiv turske opasnosti. Vođen svojom temeljnom zamisli formalno se nagada i s knezom Vladislavom koji ga priznaje za svojeg vladara. Vrlo brzo ostvaruje i svoje velike uspjehe u Bosni čime će biti olakšan i položaj u Podunavlju.

U tom vihoru političkih i vojnih događanja u kojima se našla srednja Europa bit će to tek početak borbe protiv turske ugroze. I sultan Mehmed II. ne odustaje od svojih namjera i već 1464. s vojskom dolazi pred Jajce i biva poražen (u kasno ljeto).

U rujnu 1464. kralj Korvin prelazi Savu s 30.000 vojnika. S većim dijelom nastupa u dubinu bosanskog prostora, a s manjim ulazi u Srbiju. Niz okolnosti te nerazumijevanja (i u Hrvatskoj i u Ugarskoj) pogubnosti turske najezde potpomognute sve snažnijim turskim postrojbama kralja Korvina dovode u tešku poziciju - održati zaposjednute bosanske gradove pod svojim nadzorom. I sam papa svjestan turske opasnosti pokušava mobilizirati raspoložive snage. U listopadu 1475. Korvin prodire u Bosnu no već u studenom iste godine vraća se na sjever ne učinivši ništa važnije.

Uz već poraženu Bosnu i Hrvatska je bila pod sve snažnijim udarima turske vojske. Pod iznimno snažnim udarom našla se Slavonija i to posebice iz grada-utvrde Šapca kojeg su Turci podigli nedaleko od ušća Drine u Savu. Zbog svojeg položaja Šabac postaje istaknuta i polazna točka iz koje Turci kreću u svoje pljačkaške

pohode u smjeru istočne Slavonije i Beograda. Podizanjem utvrde Šabac bila je prekinuta, tj. probijena glavna obrambena crta koja se pružala od Beograda do Jajca. Uz sve intenzivnije napadaje na sjeveru Turci napadaju i na Počitelj i sve snažnije se osjeća pritisak i na južne krajeve. To je i razdoblje (1471.-1472.) kad u cijeloj Ugarskoj i Hrvatskoj dolazi do pobune visokog i nižeg plemstva protiv kralja Korvina. Ta zaokupljenost uskim interesima još će više izložiti narod turskim pljačkaškim hordama koje su predstavljale prethodnicu turske regularne vojske. Naravno, takvo stanje je samo išlo na ruku osvajaču i ostvarenju njegovih nakana.

U Hrvatskoj sve više jača politički položaj kneza Nikole Iločkog koji postaje bosanski kralj, a u svojim rukama drži gotovo cijelu Hrvatsku, Dalmaciju, Slavoniju i Mačvu. Hrvatske postrojbe zajedno s vojskom kralja Korvina (70.000 vojnika) 1476. sudjeluju u osvajanju Šapca.

Osvajanje Šapca (utvrđeni logor izgrađen na mjestu starog Zaslona 1471. s mnogim kulama na uglovima nepravilnog četverokuta i okružen dubokim jarcima) predstavljalo je veliki vojni i politički uspjeh. Nadalje uspostavljena je prekinuta obrambena crta prema Turcima kojima je i dalje ostala na raspolaganju Vlaška koju su koristili za operativni razvoj i iz koje su prodirali čak i u Moldavsku i Erdelj!

Razmišljajući o stvarnoj opasnosti od turske prisutnosti na europskom tlu potkraj 1477. kralj Korvin Slavoniji daje pravo da samo provodi svoj vojnički obrambeni sustav, raspoložuje svojom vlastitom vojskom i da sama imenuje svoje kapetane.

I na samom početku 80-tih godina Korvin nastavlja s borbom protiv Turaka te dolinom Vrbasa prodire prema Jajcu i još dublje prema srcu Bosne. Hrvatske postrojbe vodi hrvatski ban Ladislav, a s njim je i Petar Dojčin. Te postrojbe su u studenom 1480. došle čak do Travnika. I sam kralj je s glavinom vojske bio nazočan u Bosni i namjeravao je prodrijeti čak do Sarajeva što mu na kraju nije pošlo za rukom. S drugim dijelom vojske prodire u Srbiju sve do Kruševca. Pri povratku s vojskom ide i oko 60.000 Srba koji se naseljavaju u južnoj Ugarskoj.

Za sultana Bajazita II. 1482. Turci zazimaju i Hercegovinu. Već iduće godine u kasno ljeto Turci pod vodstvom bosanskog i srpskog paše prelaze Unu i ulaze u Hrvatsku u tri velike skupine. Jedna skupina od 7000 konjanika provalila je čak u Korušku koju je u cijelosti opljačkala. Na povratku se ta skupina sjedinila s ostatkom turske vojske koja je pljačkala po Hrvatskoj s namjerom da se s plijenom i robljem vrati u Bosnu. Hrvatski ban Matija Gereb s hrvatskom vojskom i njezinim velikašima dočekao ih je kod Broda Zrinskog

na Uni. Turska vojska u cijelosti je potučena, a roblje oslobođeno. Ta hrvatska pobjeda imat će i veću važnost. Kratko vrijeme iza te pobjede sultan Bajazit II. sklapa s kraljem Korvinom petogodišnje primirje.

Kralj Matija Korvin umire 6. travnja 1490. Nezakoniti sin kralja Korvina, Ivaniš Korvin, postaje slavonskim hercegom, a za kralja hrvatsko-ugarskog kraljevstva u stolnom Biogradu 15. srpnja 1490. okrunjen je Vladislav II. Jagelović. I ta smjena na prijestolju bit će povod za teške borbe za kraljevsku krunu; ovaj put između Vladislava II. i Maksimilijana Habsburškog. I uz unutarnje sukobe, nastale smjenom na prijestolju, koji nisu mimoišli ni Hrvatsku, herceg Ivaniš Korvin uspijeva ipak uvesti red između staleža, ustrojiti snažnu vojsku, organizirati obranu te podići i niz kulturnih ustanova.

Nakon primirja koje je Bajazit II. potpisao s kraljem Korvinom Turci počinju ponovno s pljačkaškim upadima u Hrvatsku tijekom kojih pale i haraju, te odvođe pučanstvo u roblje. Osim tih pljačkaških pohoda kojima je Hrvatska bila sustavno izložena, Bajazit II. počinje i s oružanim pripremanjima za udar na istočnu Slavoniju i Ugarsku koji će izvesti pokretom svoje vojske preko Srbije i Sofije u smjeru sjevera.

Vojno stanje južnih primorskih župa Hrvatske bilo je iz dana u dan sve teže. I uz sve napore i oružani otpor koji su Hrvati pružali, polako je padao grad za gradom u ruke Osmanlija. I dok su europski vitezovi svoje umijeće u rukovanju oružjem demonstrirali na viteškim turnirima diljem Europe, dotle su hrvatski vitezovi izlazili na megdan s turskim junacima (koji su često po podrijetlu bili Hrvati). Činjenica je da se na takve megdane ostali europski vitezovi nisu usuđivali izići. Borilo se tada većinom na konju: kopljem, sabljom i buzdovanom. Borci su bili zaštićeni oklopom preko čitavog tijela, a kod konjanika i preko konja. U dvoboju se rabio i luk i strjelice, a u kasnijem razdoblju i puške i samokresi.

Tijekom godine 1493. dolazi do promjena na unutarnjoj političkoj sceni. Hrvatskim banom postaje Mirko Derenčin. Kad je godine 1493. bosanski paša Hadum provalio u Štajersku, na povratku kod Udbine dočekat će ga hrvatski ban Mirko Derenčin s hrvatskom vojskom. U toj bitci, poznatoj pod nazivom "bitka na Krbavskom polju" Hrvati će doživjeti strahovit poraz - poginulo je 13.000 Hrvata među kojima i cvijet hrvatskog plemstva. Turci će zarobiti i samog bana te pogubiti veliki broj plemića među kojima i banovog sina. Naroda se većinom iseljava iz uže Hrvatske u sjeverne zemlje, a na imanja izginulih hrvatskih velikaša naseljavaju se tuđinci.

(nastavit će se)

# VOJNOPOVIJESNI MUZEJ U BUDIMPEŠTI

Vojnopovijesni muzej u Budimpešti smješten je na Budimu zajedno s Vojnopovijesnim institutom, knjižnicom i arhivom, a sve zajedno nalazi se u sklopu Ministarstva obrane Republike Mađarske. Nakon raspada Austro-Ugarske Monarhije, u studenom godine 1918., u duhu nacionalnih stremljenja osnovan je Mađarski vojnopovijesni muzej. Relativno kasno osnivanje muzeja nije nimalo neobično s obzirom na postojanje Vojnopovijesnog muzeja u Beču koji je imao "monopol" u nekadašnjoj zajedničkoj državi i već ranije osnovanog Mađarskog nacionalnog muzeja

**Vladimir BRNARDIĆ**



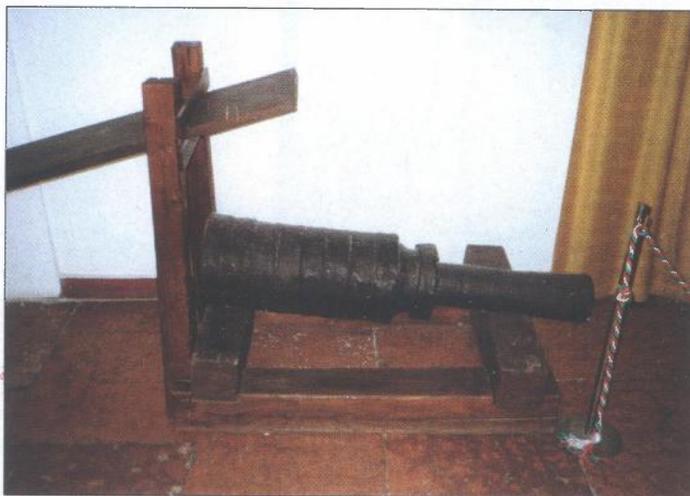
*Vojnopovijesni muzej u Budimpešti. Topovi ispred ulaza u muzej u Budim*

**F**ormiranje pojedinih zbirki počelo je tijekom revolucije 1918.-19. i nastavilo se nakon njezinog poraza. Isprva sustavno prikupljanje predmeta i relikvija iz I. svjetskog rata proširilo se na skupljanje objekata iz ranijih razdoblja i vezanih uz pojedine važnije ličnosti.

Nakon nekoliko premještanja svoje konačno mjesto muzej je dobio pregradnjom nekadašnje Ferdinandove vojarne između godine 1926.-29. Zgrada je smještena na lijepom i povijesnom lokalitetu na starom Budimu. Tijekom arheoloških iskopavanja 1987.-88. u dvorištu kompleksa pronađen je dobro očuvani bastion, te ostaci fortifikacijskog zida iz 13. stoljeća. Bastion (rotadela) Esztergom smještena u sjeverozapadnom kutu zgrade, bila je jedna od stratejskih točaka

tijekom opsade Budima 1686., 1849. i čak 1945. kad su se tu odvijale posljednje borbe za grad.

Zbog raznih teškoća muzej je otvoren tek



*Srednjovjekovni top bombardera, 14. stoljeće*

29. svibnja 1938. Ali je bio kratko otvoren, zbog toga što je uskoro počeo II. svjetski rat. Tijekom rata većina izložaka je pohranjena u podrum, a

potkraj godine 1944. djelomice evakuirana. Ipak za vrijeme opsade Budimpešte gotovo čitava zgrada i oko 70 posto zbirke je uništeno. Nakon godine 1948. sama zgrada je obnovljena, ali tek manji dio muzeja je ponovno otvoren, godinu dana kasnije, s izlošcima u samo šest soba. Normalno funkcioniranje muzeja počelo je godine 1963. proširivanjem sfera aktivnosti na općenacionalno, te muzeja kao jedne od institucije mađarske vojske. Muzej je proširen parkom s vojnim vozilima i opremom, kao i topničkim muzejom u Várpaloti.

U muzeju, koji zauzima prostor prizemlja i prvog kata, nalazi se nekoliko stalnih postava i uvijek po nekoliko prigodnih izložbi. Stalni postav čine izložbene cjeline pod nazivom: Povijest ručnog oružja, Povijest ratovanja u Mađarskoj 896.-1686., Mađarska kraljevska vojska "Honvéd" 1922-1945, Trinaest dana...23. listopada-4. studeni 1956., Vojnici, dvorci, oružje (izložba maketa), te Mađarski aeromuzej koji se nalazi u Oshawi.

## Povijest ručnog oružja

Stalna izložba o povijesti ručnog oružja zauzima desno krilo prizemlja i započinje arheološkim nalazima iz brončanog i željeznog doba, te se nastavlja nalazima i rekonstrukcijama iz srednjega vijeka. Među najzanimljivije izložbene cjeline spada oružje iz vremena turskih ratova 15. do 17. stoljeća kad su se na prostorima srednje Europe isprepletali utjecaji Istoka i Zapada. Pod djelovanjem tih utjecaja nastali su i neki originalni tipovi i primjerci oružja i opreme važnih za to područje. Najpoznatije su sablje "ugarskog" tipa i poljske "karabele", bojni čekić "nađak" ili "fokoš", te mačevi za probijanje pan-

cira. Uporedno s tim izloženo je i tursko oružje i oprema, koje je zajedno s ranije navedenim činilo dio srednjoeuropske, pa tako i hrvatske, vojne i ratničke kulture.

Postav se nastavlja oružjem 17. i, već polako tipiziranim oružjem, 18. stoljeća. Usporedno se još uvijek nalaze i primjerci turskog oružja tog vremena kojima su bile naoružane neke postrojbe graničarskih pukovnija primjerice "serežani", te neregularne postrojbe "hajduci" i poznati Trenkovi "panduri". Jedna vitrina sa slikom pandura, te dijelovi susjedne dvije posvećene su njihovom naoružanju-puškama, sabljama, samokresima, jataganima i poznatim pandurskim noževima.

Izloščima je također popraćen razvoj lovačkog, ali i športskog streljačkog oružja. Oružje s potkraj 19. i 20. stoljeća zauzima poseban prostor, a u njemu najveća je zbirka samokresa i revolvera. Ipak nije zanemariva ni brojnost izloženih tipova ručnih bombi i strojničkog oružja.

U ovoj izložbenoj cjelini izložen je najveći dio zbirke oružja i vojne opreme od oko 50.000 predmeta koliko ih ta zbirka posjeduje. Ona se sastoji od hladnog i paljbenog oružja, oružja velikog dometa, topova, tankova pa čak i raznih projektila i raketa.

## Povijest ratovanja u Mađarskoj 896.-1686.

Ta cjelina započinje arheološkim nalazima, te rekonstrukcijama oružja i opreme iz vremena doseljavanja Mađara. Kronološki slijede ostala razdoblja koja su, uz oružje i opremu, popraćena slikama, zemljovidima i tekstualnim objašnjenjima. Veliki dio izloženih predmeta sačinjavaju oni iz umjetničke kolekcije. Sama kolekcija je poprilično izmiješana, pa se tako u njoj mogu naći slike samo povijesne važnosti, ali i rijetke vrijedne slike poznatih umjetnika. Najstariji crteži potječu iz 16., ali većina je nastala u 19. stoljeću. Ponaјprije romantičarski, naturalistički i akademski, pa zatim impresionistički i realistički umjetnički radovi podsjećaju na događaje i ličnosti iz vojne i ratničke prošlosti Mađarske, ali i zemalja krune sv. Stjepana kojima je pripadalo hrvatsko kraljevstvo, tako da i ono čini dio te prošlosti. U kolek-



*Vitrina s oružjem i opremom iz 16. i 17. stoljeća. Na podu se vide potkove i stremeni, sablje "ugarskog" tipa, karabele i sablja s tzv. lukovičastom glavicom, dvije pancir-košulje, straga dva ukrštena mača za probijanje pancira, koplja i bojni čekić*

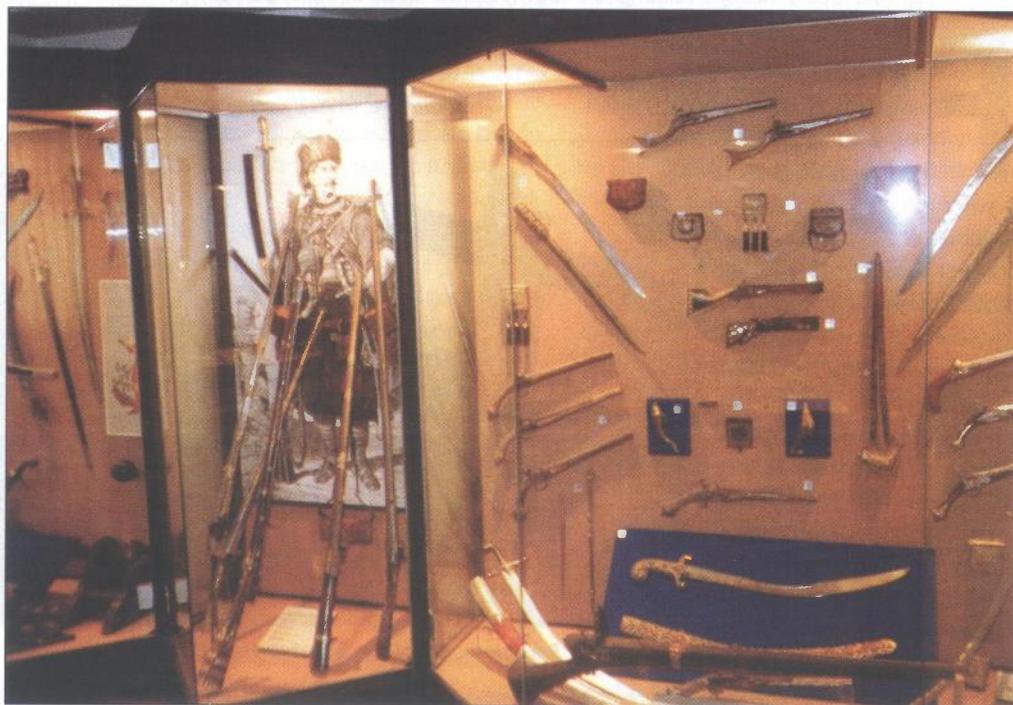
ciju također spadaju važne i zanimljive grafike, plakete, posteri i predmeti narodne umjetnosti.

Odjel povijesti ratovanja ne zauzima veliki izložbeni prostor, niti nema, što bi se iz naslova moglo očekivati, velik broj izloženih predmeta, nego se trudi kroz ono što je izloženo pokazati i objasniti važne trenutke koji su utjecali na povijest tog dijela Europe.

## Mađarska kraljevska vojska "Honvéd" 1922.-1945.

Nakon raspada Austro-Ugarske Monarhije i gušenja mađarske revolucije 1919-20 došlo je do formiranja Mađarske kraljevske vojske na tradicijama mađarske domobranske vojske "Honvéda" nastalog kao jedan od rezultata nagodbe godine 1867. Tada je nekada jedinstveno carstvo podijeljeno na dva dijela, austrijski i ugarski, svaki s vlastitim domobranstvom, ali još i uvijek zajedničkom vojskom. Razvoj "Honvéda" 1922.-1945., ali onoga koji mu je prethodio u razdoblju 1868.-1918. popraćen je, uz predmete iz ostalih zbirki, velikim dijelom predmetima iz zbirke odora, zastava i fotozbirke.

Iako je zbirka odora i odjeće pretrpjela mnogo štete tijekom rata, danas ima oko 35.000 predmeta. Najstariji primjerci su s početka prošlog stoljeća, ali većina potječe iz razdoblja Ugarskog kraljevskog domobranstva (1868.-1918.) i Mađarske kraljevske vojske (1922.-1945.). Također velik broj



*Vitrina s oružjem i opremom pandura. Lijevo se vide puške turske izradbe, straga je slika pandura, a lijevo gore tzv. pandurski nož*

odora pripada Mađarskoj vojsci nakon 1945. i vojskama bivših socijalističkih zemalja, pripadnica Varšavskog pakta.

Temelj zbirke zastava činile su u početku pukovnijske zastave iz I. svjetskog rata. Kasnije je zbirka proširena zastavama vraćenim iz austrijskih zbirki i Mađarskog nacionalnog muzeja, te zastavama iz revolucije 1848.-49. vraćenim od Sovjetskog Saveza godine 1941. Danas u zbirci ima više od 1000 zastava i oko 3000 zastavnih vrpca, dijelova, itd.

Zanimljiv dio te izložbene cjeline je ne tako davno uređeni postav o II. svjetskom ratu u Mađarskoj. Ali nije prikazan samo rat u Mađarskoj nego i sudjelovanje mađarske vojske u njemu na strani osovinskih sila, posebice na istočnom frontu, te vrlo djelotvorno postavljen postav o sudbini mađarskih vojnika u sovjetskom ratnom zarobljeništvu. Na jednoj strani izložbene sobe postavljena je rekonstrukcija stražarskog tornja s reflektorom i strojnicom. Uokolo su stupovi s bodljikavom žicom, a na drugoj strani nalazi se zarobljenička baraka u kojoj se nalaze, kao i u okolnim vitrinama, odjeća i predmeti zarobljenika, slike, fotografije i dokumenti.

## Trinaest dana..., 23. listopad - 4. studeni 1956.

U povodu revolucionarnih događanja u Budimpešti i cijeloj Mađarskoj godine 1956. i borbe protiv dominacije bivšeg SSSR-a u nekoliko prostorija se nalazi izložbeni postav s ovom tematikom. Uz mnogo izloženih dokumenata, slika, oružja i zastava s izrezanim socijalističkim grbom napravljene su rekonstrukcije izgleda sovjetskih vojnika i mađarskih ustanika. U posebnoj prostoriji na velikom reljefnom zemljovidu Mađarske mogu se pratiti pokreti i intervencija sovjetskih snaga, te vidjeti fotografije ljudi koji su utjecali na događaje, a među njima i neke ondašnje jugoslavenske političare. U polsatnom filmu mogu se vidjeti dijelovi onda snimljenih dokumentarnih filmova i nešto više saznati o samom događaju.



Husarske sablje i torbice iz 18. stoljeća



Husar iz vremena Napoleonskih ratova, početak 19. stoljeća

## Vojnici, dvorci, oružje (izložba maketa)

U jednoj zasebnoj izložbenoj sobi nalaze se makete vojnih vozila i figure vojnika koje na zanimljiv i pristupačan način iz jednog drukčijeg aspekta oživljavaju i dočaravaju vojnu prošlost. Živopisne porculanske i olovne figure vojnika daju presjek kroz pojedina povijesna razdoblja, dok prostorom dominira maketa od dvanaest četvornih metara srednjovjekovne opsade dvorca iz vremena Matije Korvina, tj. druge polovine 15. stoljeća. Dvorac i 700 figura vojnika oko njega i u njemu daju pregled svih aspekata srednjovjekovne opsade, od života u opsadnom logoru do različitih opsadnih tehnika.

## Ostale izložbe

Osim stalnog postava u muzeju se često priređuju prigodne i jubilejske izložbe. Ove godine postavljene su čak četiri takve izložbe koje će trajati i iduće godine. Prva o revoluciji u Mađarskoj godine 1848. polako već prelazi u stalni postav. Uz pomoć izložaka osvijetljeni su najvažniji trenuci, te ličnosti s važnim ulogama bilo na jednoj ili na drugoj strani. Mogu se vidjeti prikazi hrvatskih časnika i vojnika koji su sudjelovali u gušenju revolucije. Jednako tako interesantna je rekonstrukcija topa iz vremena revolucije. Usprkos nekvalitetnoj proizvodnji, koja je uzrokovala mnoge nesreće prigodom rukovanja ovi topovi imali su veliku moralnu važnost i davali su podstrek u vrijeme revolucije.

U povodu obljetnice osvajanja i oslobađanja Budima od Turaka godine 1686. postavljena je mala komemorativna izložba pod nazivom "Budim je naš!". Uz prikaz naoružanja i opreme carskih i turskih postrojbi nalaze se brojni prikazi, grafike, slike, crteži, te razne knjige na temu opsade i osvajanja budimskog dvorca.

Jedna zanimljiva i tematski pomalo neuobičajena izložba posvećena je povijesti vojnog školstva u Mađarskoj. U dvije prostorije izloženi su dokumenti, slike i predmeti od vremena osnivanja prve vojne škole na području Mađarske u 19. stoljeću, poznatog Ludoviceuma, pa sve do izložaka modernog oružja i nastavnih sredstava mađarskih vojnih akademija.



*Top iz vremena mađarske revolucije 1848.-49.*



*Sječke ugarske kraljevske krunske straže, 19. stoljeće. Mnogi hrvatski plemići služili su u ovoj straži na Bečkom dvoru*

Potrebno je istaknuti da su se u Ludoviceumu školovali i mnogi naši ljudi za aktivne ili pričuvne domobranske časnike. Među njima je možda najpoznatiji bio Miroslav Krleža koji je svoje školovanje i opisao u svojim romanima. Relativno je mnogo predmeta sačuvano, a svojim postavom pružaju dobar uvid u život i školovanje pitomaca, nekada i danas. Zanimljiva je činjenica da se najpoznatija mađarska vojna akademija zove Miklos Zrinyi (Nikola Zrinski) po jednom od najvećih mađarskih, ali i hrvatskih junaka.

U povodu 100. obljetnice milenijuma, tj. 1100 godišnjice doseljavanja Mađara, postavljena je izložba koja možda na najbolji mogući način pokazuje mađarsku vojnu tradiciju. Izložba o husarima, vrsti lake konjice koja je nastala pod utjecajem Turaka na prostorima stalnih borbi s njima, prikazuje njihov razvoj od samih početaka krajem 15. stoljeća pa sve do I. svjetskog rata kad konjica, pa tako i husari, definitivno gube svoju nekadašnju ulogu. Prikupljeno je bogato tvorivo iz raznih muzeja i privatnih zbirki diljem Mađarske, ali i izvan nje, čime se uspjelo dobiti pot-



*Karabini, jurišne puške i bajuneti iz II. svjetskog rata i iz druge polovine 20. stoljeća*

puniji uvid u temu. Cilj izložbe je da se oživi izgled husara kakav je bio u stvarnosti, kao i to kako su se husari pojavljivali u mašti i fantaziji u svim vremenima svojeg postojanja. Husari su prikazani ili kao stvarni vojnici ili kao *miles gloriosus*; na bojnopolju ili na pozornici kazališta kao likovi opereta. Izloženi su njihovi suveniri, oružje, oprema, odore, osobne stvari i relikvije sa svrhom da se zabavi i poduču ljude koji nikada nisu imali šansu da vide uživo husara.

Veličinom postava i brojnošću izložbi Vojnopovijesni muzej zauzima važnu ulogu u čuvanju i prezentiranju mađarske, ali i hrvatske vojne i ratničke prošlosti. Predmeti koji se tamo čuvaju potječu većinom iz razdoblja od 18. do 20. stoljeća, iako ih ima i iz prijašnjih razdoblja. Oni iz ranijih vremena, raskošniji i bogatiji, te ponekad veće povijesne važnosti već su ranije bili prikupljeni i čuvaju se, u jedno stoljeće prije, osnovanom Mađarskom nacionalnom muzeju. Ipak to nikako ne umanjuje važnost i vrijednost onoga što pruža Vojnopovijesni muzej.



# SRPSKI BOJIC NOVA 1999



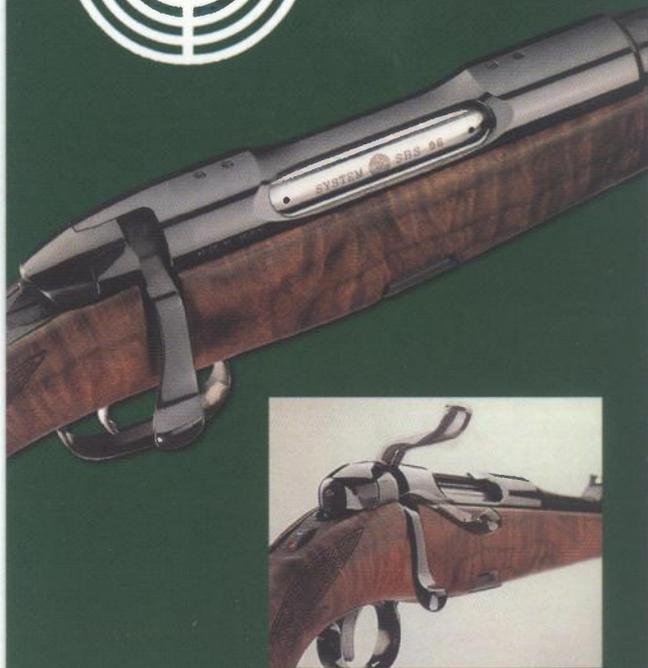
# hirtenberger



- PLINSKI, SIGNALNI SAMOKRESI
- ZRAČNE PUŠKE
- FUTROLE, HOLSTERI, REMENI...
- ULJA, PRIBORI ZA ČIŠĆENJE...



**PERFECTION**



**EKSKLUZIVNI ZASTUPNIK**

**LOVAC** d.o.o.

10000 ZAGREB  
Varšavska ulica 4

**VELEPRODAJA**

telefon: 01 / 42 23 55  
01 / 43 15 34

**MALOPRODAJA**

Zagreb, 01 / 48 11 851  
Split, 021 / 58 70 88  
Osijek, 031 / 41 309