

Značajke održavanja protutrzajućih uređaja topničkog oružja

Maintenance features of anti-theft devices of artillery weapons

Ivan Leutar^a, Damir Đuretek^a, Mirko Jakopčić^b

^a Maintenance Depot | Remontni zavod, Josipa Lončara bb, 10000 Zagreb, Croatia.

^b Hrvatsko vojno učilište „Dr. Franjo Tuđman“ Ilica 256b, 10000 Zagreb, Croatia | Croatian Defence Academy „Dr. Franjo Tuđman“, Ilica 256b, 10000 Zagreb, Croatia.

corresponding author: ivanleutar@gmail.com

INFORMACIJE O ČLANKU

Kategorija:
Stručni rad

Ključne riječi:
Topničko oružje
Protutrzajući uređaj
Održavanje
Kontrola kvalitete

Licenca: CC BY-NC-SA 4.0.

SAŽETAK

Suvremena topnička oružja karakterizira elastična veza između sklopa cijevi i lafeta. Ova veza ostvaruje se protutrzajućim uređajem, koji ima ulogu smanjiti opterećenje i utjecaj sile opaljenja na lafet tijekom gađanja. Tijekom opaljenja maksimalni radni tlakovi u dijelovima protutrzajućeg uređaja mogu doseći vrijednosti i do 500 bara. Ovakvi uvjeti eksploatacije zahtijevaju kontinuirano praćenje stanja i provedbu planskih preventivnih radova održavanja kroz korisničko, potporno i remontno održavanje. U radu su prikazane osnovne konstrukcijske i funkcionalne značajke protutrzajućeg uređaja topničkih oružja, te tipične neispravnosti i tehnološke značajke njihovog otklanjanja. Također, u radu su prikazane specifične metode utvrđivanja stanja tehničke ispravnosti i metode kontrole kvalitete izvedenih radova tijekom održavanja.

ARTICLE INFORMATION

Category:
Professional paper

Keywords:
Artillery guns
Recoil mechanism
Maintenance
Quality control

License: CC BY-NC-SA 4.0.



ABSTRACT

Modern artillery weapons are characterized by an elastic connection between the barrel assembly and the carriage. This connection is made by a recoil mechanism, which has the role of reducing the load and impact of the firing force on the carriage during shooting. During firing, the maximum operating pressures in the parts of the recoil mechanism can reach values up to 500 bar. Such operating conditions require continuous monitoring of the condition and implementation of planned preventive maintenance work through user, support and overhaul maintenance. The basic structural and functional characteristics of the artillery weapons recoil mechanism are presented in the paper, as well as typical defects and technological features of their elimination. Also, the paper presents specific methods of determining the state of technical correctness and methods of quality control of performed works during maintenance.

1. Uvod

Osnovna namjena protutrzajućeg uređaja topničkih oružja je apsorpcija kinetičke energije koja nastaje pri opaljenju, a u cilju smanjenja djelovanja sile opaljenja na lafet oružja i osiguranja stabilnosti oružja pri kretanju trzajućih dijelova. Osim navedenog, protutrzajući uređaj nakon opaljenja mora na siguran način vratiti trzajuće dijelove u početni položaj, te osigurati njihovo držanje u početnom položaju pri svim kutovima elevacije cijevi, bez obzira je li oružje stacionarno ili je u pokretu.

Konstrukcija protutrzajućeg uređaja mora ispuniti sljedeće zahtjeve tijekom eksploatacije:

- rad protutrzajućeg uređaja mora biti pouzdan, bez udara i stabilan u svim uvjetima eksploatacije te kod svih režima paljbe;
- kinetička energija trzajućih dijelova mora se u cijelosti amortizirati na konstrukcijski predviđenoj duljini trzanja, a vraćanje trzajućih dijelova u početni položaj mora biti ravnomjerno i bez udara;
- ako se energija kretanja trzajućih dijelova koristi za rad drugih uređaja i mehanizama na oružju (poluautomatski ili automatski uređaji i mehanizmi), funkcijom protutrzajućeg uređaja moraju se osigurati uvjeti za njihov ispravan rad (odgovarajuća brzina kretanja trzajućih dijelova i dr.);
- provjera ispravnosti, podešavanje, rastavljanje i sastavljanje protutrzajućeg uređaja mora biti jednostavno, bez potrebe za primjenom složenog alata i opreme;
- tijekom dugotrajnog čuvanja i skladištenja oružja, u protutrzajućem uređaju ne smije doći do pojave korozije ili drugih neispravnosti, koje mogu utjecati na pouzdanost i funkciju oružja tijekom paljbene uporabe.

Symbols/Oznake

$R_{p0,2}$	- yield strength, MPa - granica razvlačenja	Z	- narrowing, % - suženje
R_m	- ultimate tensile strength, MPa - vlačna čvrstoća	K_u	- strenght, J - žilavost
A	- elongation, % - istezljivost	HB	- Brinell hardness - tvrdoća po Brinellu

Ovakvim djelovanjem protutrzajući uređaj topničkih oružja osigurava:

- postizanje propisane duljine trzanja;
- postizanje propisane brzine kretanja trzajućih dijelova;
- smanjenje udarnog opterećenja dijelova lafeta;
- povećanje stabilnosti oružja prilikom gađanja [1].

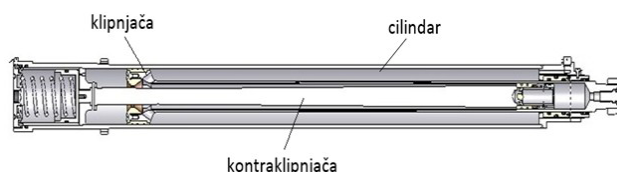
Osnovni sklopovi protutrzajućeg uređaja, koji osiguravaju učinkovitu realizaciju naprijed navedenih zadaća, su hidraulična kočnica i povratnik. Osim ovih, osnovnih sklopova, konstrukcija protutrzajućeg uređaja može imati i pomoćne sklopove, kao što su kompenzatori tekućine, regulatori brzine vraćanja, uređaji za podešavanje dužine trzanja ovisno o promjeni kuta elevacije cijevi, uređaji za kontrolu količine tekućine, odbojnici, amortizeri, brtveni dijelovi i dr.

2. Osnovne funkcionalne značajke hidraulične kočnice i povratnika

Načelo rada protutrzajućeg uređaja topničkih oružja temelji se na nestišljivosti ulja kao radne tekućine, odnosno trenju koje se javlja tijekom njegovog protjecanja kroz odgovarajuće otvore i kanale koji se nalaze na pojedinim dijelovima sklopa. Zbog toga, kao i zbog vrlo velikih opterećenja koja se javljaju u radu protutrzajućeg uređaja, nužna je krajnja pažnja u svim fazama izrade, održavanja i remonta sastavnih dijelova hidraulične kočnice i povratnika. Ovdje se u prvom redu misli na kvalitetu obrađenih površina koje su u kontaktu s radnom tekućinom, zatim pravilan izbor brtvenih elemenata te izbor radne tekućine. Također, neophodno je izvršiti i pravilan izbor materijala iz kojeg su izrađeni radni cilindri, klipnjače, kontraklipnjače i ostali dijelovi hidraulične kočnice i povratnika.

2.1. Hidraulična kočnica

Zadaća hidraulične kočnice je apsorpcija kinetičke energije tijekom opaljenja i pravilno kočenje trzajućih dijelova prilikom trzanja i vraćanja u početni položaj. Tijekom trzanja i vraćanja, dijelovi hidraulične kočnice izloženi su djelovanju visokih radnih tlakova, odnosno visokih sila hidrauličnog otpora. Tijekom opaljenja, u vrlo kratkom vremenu trzanja (0,1 do 0,2 s) i vraćanja (0,5 do 2 s) trzajućih dijelova, radni tlakovi u cilindrima hidrauličnih kočnica dosežu vrijednosti i do 500 bara [2]. Dijelovi koji su najviše opterećeni su cilindri, klipnjače i kontraklipnjače (Slika 1.), te se isti u procesu izrade kontroliraju primjenom osnovnih postupaka provjere otpornosti materijala.



Slika 1. Presjek hidraulične kočnice haubice 122 mm D30

Figure 1 Howitzer 122 mm D30 hydraulic brake cut section

Ovi dijelovi izrađuju se od legiranih konstrukcijskih čelika, kao što su 41Cr4, 42CrMo4, 36CrNiMo4 i 30CrNiMo8. U tijeku izrade, a nakon poboljšanja poluproizvoda iz kojih se izrađuju dijelovi hidraulične kočnice (bešavno valjane cijevi i otkivci), na istima se ispituju mehanička svojstva materijala: vlačna čvrstoća, granica razvlačenja, istezljivost, suženje, žilavost i tvrdoća materijala.

Unutarnje radne površine cilindra se honaju i tvrdo kromiraju na zadanu mjeru, pri čemu se dopuštena debljina sloja kromne prevlake kreće u granicama od 40 do 60 μm , a najčešće se izrađuju u tolerancijskim poljima H7 i H8 [2].

U praksi se susreću različita konstrukcijska rješenja hidrauličnih kočnica, ovisno o načelu rada, konstrukcijskoj izvedbi protočnih otvora, te konstrukcijskim značajkama oružja i konkretnim zahtjevima koji se pri projektiranju protutrzajućih uređaja moraju zadovoljiti.

Ovisno o konstrukcijskim značajkama oružja, hidraulične kočnice se mogu podijeliti u četiri kategorije:

- kočnice s konstantnom dužinom trzanja, koja se mijenja u zanemarivim (dopuštenim) granicama. Ovakva rješenja ima većina topničkih oružja, kao što su haubica 122 mm D30 HR, top 125 mm 2A46 na tenku M84, top 130 mm M63, haubica 155 mm L33 i dr.;
- kočnice s promjenjivom dužinom trzanja, koja se mijenja uslijed promjene veličine otvora za protjecanje tekućine tijekom promjene kuta elevacije oružja (haubica 105 mm M56, top 130 mm M46, haubica 155 mm M1 i M65);
- kočnice neovisne o povratnicima po konstrukciji i međusobnom djelovanju (većina topničkih oružja) i
- kočnice konstrukcijski povezane s povratnicima u jedinstven agregat i međusobno zavisni u radu (protutrzajući uređaj haubice 105 mm M2A1).

2.2. Povratnik

Osnovna namjena povratnika je da nakon opaljenja vrati trzajuće dijelove u početni položaj i da ih drži u tom položaju pri svim kutovima elevacije, bez obzira da li je oružje stacionarno ili u pokretu. Za vrijeme opaljenja i trzanja, povratnik i kočnice trzajuće dijelove, akumulirajući dio njihove kinetičke energije u obliku porasta potencijalne energije elastičnog elementa povratnika (plin ili opruga). Ovako akumuliranom potencijalnom energijom omogućava se vraćanje trzajućih dijelova u početni položaj. Trzajući dijelovi oružja drže se u početnom položaju, pri svim kutovima elevacije i ubrzanjima koja se javljaju pri kretanju oružja, silom koja se ostvaruje djelovanjem početnog tlaka plina u povratniku ili početnom silom opruge povratnika.

Slijedom naprijed navedenog, osnovne karakteristike povratnika su:

- početna sila, kojom elastični element povratnika (plin ili opruga) djeluje na trzajuće dijelove u početnom položaju i
- stupanj kompresije, koji predstavlja odnos najveće i početne vrijednosti sile elastičnog elementa.

Kao i kod hidrauličnih kočnica, cilindri i klipnjače povratnika se također izrađuju od legiranih konstrukcijskih čelika, kao što su 41Cr4 ili 25CrMo4. Cilindri se izrađuju iz bešavno valjanih cijevi, a klipnjače od otkivaka. Na tim se dijelovima nakon poboljšanja ispituju mehanička svojstva, kao i kod hidrauličnih kočnica [2]. Primjerice, za izradu cilindra povratnika haubice 122 mm D30, mehanička svojstva materijala moraju imati sljedeće vrijednosti:

- granica razvlačenja $R_{p0.2} \geq 660$ MPa
- vlačna čvrstoća $R_m = 900 - 1100$ MPa
- istezljivost $A \geq 12$ %
- suženje $Z \geq 35$ %
- žilavost $K_u \geq 40$ J
- tvrdoća $HB = 280 - 320$.

Povratnici mogu biti opružni, pneumatski i hidropneumatski.

Elastični dijelovi kod opružnih povratnika su opruge, koje se izrađuju od visokokvalitetnih opružnih čelika. Šipka okruglog ili pravokutnog poprečnog presjeka savija se na željene dimenzije u hladnom ili žarenom stanju, a pri izradi se provode propisani postupci termičke obrade, površinske zaštite i ispitivanja zahtijevanih karakteristika opruga.

Osnovne prednosti opružnih povratnika su:

- pouzdana funkcija, koja je posljedica smanjene osjetljivosti na oštećenja uzrokovana djelovanjem pješačkog ili topničkog streljiva;
- jednostavna konstrukcija i održavanje;
- temperaturne promjene u atmosferi nemaju utjecaja na veličinu sile povratnika i
- brza priprema oružja za paljbu, bez nužne prethodne provjere stanja povratnika.

Osnovni nedostaci opružnih povratnika su:

- velika masa i gabariti, poglavito kod oružja velikog kalibra;
- smanjenje sile u opruzi nakon dužeg korištenja.

Da bi se otklonili naprijed navedeni nedostaci, većina suvremenih topničkih oružja koristi pneumatske i hidropneumatske povratnike, u kojima je elastični element inertan plin (dušik).

Pneumatski povratnici su povratnici kod kojih je radni volumen potpuno popunjen stlačenim plinom. U ovim povratnicima uvijek se nalazi i određena količina tekućine, koja ima ulogu osiguranja sigurnog brtvljenja.

Za razliku od pneumatskih, hidropneumatski povratnici su povratnici kod kojih je radni volumen povratnika popunjen tekućinom. Tekućina u radnom volumenu povratnika prenosi silu s trzajućih dijelova na plin, koji se nalazi u posebnom cilindru (koji je, također, djelomično popunjen i tekućinom) i konstrukcijski je spojen s radnim volumenom povratnika. Tekućina je u ovakvim konstrukcijama namijenjena ne samo za brtvljenje, nego i za prijenos pritiska stlačenog plina na klip ili cilindar povratnika, ovisno o tome kako je ostvarena veza sa trzajućim dijelovima oružja. Zbog potrebe za smještajem propisane količine tekućine, hidropneumatski povratnici su po svojim dimenzijama znatno veći od pneumatskih, ali zbog toga imaju pouzdanije brtvljenje i širu primjenu kod suvremenih topničkih oružja.

Mase i dimenzije pneumatskih i hidropneumatskih povratnika manje su nego kod opružnih povratnika odgovarajućih karakteristika, a osnovni nedostaci su im:

- ovisnost sile povratnika o temperaturi okoline (povećanjem temperature povećava se i sila u povratniku i obrnuto);
- u procesu eksploatacije nužna je stalna kontrola tlaka u povratniku, količine tekućine, kontrola pojave korozije i sl.;
- oštećenja prouzročena djelovanjem pješačkog streljiva ili fragmenata topničkog streljiva mogu u potpunosti onesposobiti povratnik za njegovu temeljnu funkciju.

2.3. Brtveni sustav, tekućine i plinovi koji se koriste u protutržajućim uređajima

Brtve koje se primjenjuju u protutržajućem uređaju koriste se za brtvljenje tekućine i plina u cilindrima (bez obzira radi li se o pomičnim ili nepomičnim spojevima), zatim kod čepova za punjenje i provjeru tekućine i plina, ventilskim uređajima i dr. Svojim konstrukcijskim rješenjima moraju zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- osigurati pouzdano brtvljenje, bez obzira na radne temperature i tlakove;
- ne smiju mijenjati svoje konstrukcijske i eksploatacijske karakteristike tijekom vremena uporabe, pri čuvanju ili u kontaktu s tekućinom;
- ne smiju prouzročiti koroziju dijelova i promjenu svojstava tekućine i
- moraju imati mali faktor trenja po čeliku, a pri kretanju pokretnih dijelova (klipnjača s klipom), rasklapanju i sklapanju, ne smije doći do pojave oštećenja koja mogu utjecati na pouzdanost brtvljenja.

Kod suvremenih topničkih oružja brtvljenje i pomičnih i nepomičnih spojeva izvodi se gumenim brtvama kružnog (O – brtve) i kvadratnog poprečnog presjeka. O – brtve se koriste za tlak do 320 bara u dinamičkim i do 500 bara u statičkim uvjetima brtvljenja [2]. One se ugrađuju u kanale trapeznog ili pravokutnog poprečnog presjeka, koji se izrađuju na klipu ili cilindru protutržajućeg uređaja. Nosači brtvi izrađuju se od bronce CuSn 14 lijevane pod tlakom, kako bi

se izbjegla pojava poroznosti materijala. Dimenzije kanala za vanjski ili unutarnji smještaj brtvi moraju osigurati potreban stupanj zbijenosti brtve predviđene za ugradnju, koji će osigurati pouzdano brtvljenje pomičnih i nepomičnih spojeva u propisanim uvjetima eksploatacije.

Stupanj zbijenosti brtve mora biti u granicama od 10 do 25% za pomične spojeve i od 20 do 30% za nepomične spojeve [2].

Osnovna prednost ovakvog brtvljenja je jednostavnost konstrukcije, ugradnje i eksploatacije, a određene poteškoće mogu se javiti pri velikim brzinama kretanja spoja koji se brtvi.

Gumene brtve kružnog i kvadratnog poprečnog presjeka, koje se primjenjuju u protutrzaćim sustavima suvremenih topničkih oružja, izrađuju se na bazi sintetičkog kaučuka, kopolimera butadien – akrilonitrila (NBR). Zbog specifičnih uvjeta eksploatacije ove brtve moraju imati sljedeća fizičko – mehanička svojstva [3]:

- tvrdoća: $80 \pm 5^{\circ}\text{ShA}$
- prekidna čvrstoća: $\geq 150 \text{ Mpa}$
- prekidno izduženje: $\geq 150 \%$
- bubrenje: $\leq 5 \%$

Ove brtve moraju biti otporne na sva mineralna ulja, benzin i naftne derivate u temperaturnom intervalu od -30 do $+120^{\circ}\text{C}$, a dopuštena trajna tlačna deformacija nakon 70 sati na temperaturi 150°C može iznositi maksimalno 35 %. Za iste su propisane dopuštene promjene fizičko – mehaničkih svojstava, koje se kontroliraju nakon starenja na 100°C u trajanju od 70 sati i nakon potapanja u mineralnom ulju temperature 100°C u istom vremenu trajanja kao i kod starenja. Svi brtveni dijelovi moraju imati čiste površine, bez mjehura, nabora, šupljina, mehaničkih nečistoća (nečistoće metalnog, vulkanskog ili mineralnog porijekla) i izlučenog sumpora. Oblik i dopušteno odstupanje mjera O - brtvi mora biti u granicama propisanim standardom ISO 3601-3 za brtve tipa CS (critical service) [4].

Osim gumenih brtvi kružnog i kvadratnog poprečnog presjeka, za brtvljenje određenih spojeva protutrzaćeg sustava još se primjenjuju:

- brtveni prstenovi odgovarajućeg oblika i dimenzija izrađeni od žarenog odvarajućeg bakra DVP2-Cu (u pravilu za nepomične spojeve),
- osovinske radijalne brtve (simerinzi), izrađene prema standardu DIN-3760 i
- manžete s negativno rezanim usnama (MUN) i ravno rezanim usnama (MUR).

Veliki utjecaj na normalno funkcioniranje i ispravnost protutrzaćeg uređaja ima pravilan izbor radne tekućine i plina, koji se koriste u protutrzaćem uređaju.

Tekućina kojom se puni protutrzaću uređaj mora osigurati njegov ispravan rad u svim uvjetima eksploatacije. Polazeći od uvjeta eksploatacije, tekućina mora zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- da što manje mijenja svoja svojstva (gustoća, viskozitet) u velikim temperaturnim intervalima (-40 do $+120^{\circ}\text{C}$) i pri naglim i velikim promjenama tlaka,

- da ima što nižu točku smrzavanja i što višu točku vrenja i isparavanja;
- da je kemijski neutralna, tako da ne izaziva pojavu korozije metala i promjenu na brtvenim dijelovima;
- da ima što veću specifičnu toplinu i što manji koeficijent toplinskog širenja i
- da je pogodna za dugotrajno čuvanje i pri nepovoljnim uvjetima.

Tekućina koja u najvećoj mjeri može zadovoljiti tražene uvjete eksploatacije i koja ima najširu primjenu u protutrzaćim uređajima suvremenih topničkih oružja je mineralno ulje AeroShell Fluid 41. Osnovna svojstva ovog ulja prikazana su u tablici 1.

Tablica 1. Svojstva ulja AeroShell Fluid 41 [5, 6]
Table 1 AeroShell Fluid 41 oil properties [5, 6]

Svojstvo ulja/ Oil properties	AeroShell Fluid 41
Vrsta ulja/ Oil type	Mineralno/Mineral
Boja/ Colour	Crvena/Red
Točka staništa [$^{\circ}\text{C}$]/ Pour point	≤ -60
Početa točka vrenja [$^{\circ}\text{C}$]/ Initial boiling point	> 280
Plamište [$^{\circ}\text{C}$]/ Flash point	90
Gustoća [kg/m^3]/ Density	873 (15°C)
Temperatura samozapaljenja [$^{\circ}\text{C}$]/ Auto-ignition temperature	> 320
Kinematička viskoznost [mm^2/s]/ Kinematic viscosity	14,3 (40°C) 5,3 (100°C) 460 (-40°C) 2.200 (-54°C)
Ukupan kiselinski broj [mgKOH/g]/ Total acid number	0,20 max.
Korozivnost na bakru/ Copper corrosion	2e max.

Pri izboru plina, kojim se puni protutrzaću uređaj, potrebno je voditi računa o sljedećem:

- plin i njegovi sastojci ne smiju prouzročiti koroziju dijelova protutrzaćeg uređaja i promjene na dijelovima brtvenog sustava;
- ne smije sadržavati čvrste primjese koje mogu prouzročiti oštećenja na radnim površinama i
- mora biti inertan, lako dostupan i jeftin.

Na temelju naprijed navedenog, u praksi se za punjenje protutrzaćeg uređaja najčešće koristi komprimirani tehnički dušik čistoće 5.0.

3. Održavanje protutrzaćih uređaja topničkog oružja

Održavanje je organizacijski i tehnološki sustav čija je temeljna zadaća osigurati ispravnost, pouzdanost i raspoloživost tehničkog sredstva u njegovom radnom vijeku. Održavanje topničkog oružja može se podijeliti na preventivno (plansko) i korektivno (neplansko), a u praksi najčešće egzistira kombinacija i jednog i drugog.

Preventivno održavanje se provodi prema unaprijed zadanom vremenskom ili radnom resursu između dva održavanja, te prema stanju sredstva. Provodi se prema definiranim tehnološkim postupcima prije pojave kvara, s ciljem sprječavanja njegovog nastanka.

Za razliku od preventivnog, korektivno održavanje se provodi nakon nastanka kvara i predstavlja interventan oblik održavanja, koji se temelji na radovima vezanim uz utvrđenu neispravnost, otkaz, kvar ili oštećenje [7].

Na protutržajućim uređajima, kao sastavnim sklopovima topničkih oružja, provode se radovi i preventivnog i korektivnog održavanja. Ovi radovi provode se kroz korisničko, potporno i remontno održavanje, temeljem propisanih programa održavanja, tehničkih uputstava i tehničko-remontne dokumentacije.

Korisničko održavanje provodi se kroz radove opsluživanja, koji podrazumijevaju pranje, čišćenje, podmazivanje, antikorozivnu zaštitu, dnevne i tjedne preglede, te jednostavnije popravke. Korisničko održavanje podrazumijeva i provedbu radova umjetnog trzanja, koji se provode tijekom tjednih pregleda za sredstva koja su u uporabi ili jednom u tri mjeseca za sredstva koja su uskladištena. Radovi umjetnog trzanja su od iznimne važnosti za stanje ispravnosti protutržajućeg uređaja, jer se na taj način izbjegava pojava trajnih deformacija brtvenih elemenata od gume, a istovremeno se sprječava i njihovo sušenje, lijepljenje za dodirne površine i raspadanje.

Potporno održavanje podrazumijeva složenije zahvate preventivnog i korektivnog održavanja, uključujući zamjenu i ugradnju određenih sklopova protutržajućeg uređaja na mjestu nastanka kvara (u terenskim uvjetima).

Remontno održavanje podrazumijeva potpuni pregled protutržajućeg uređaja u rastavljenom stanju, što obuhvaća vizualni pregled, pregled mjerenjem svih sastavnih elemenata i ispitivanje materijala metodama bez razaranja. U sklopu remontnog održavanja provodi se izrada novih dijelova (nosači brtvi, brtveni prstenovi i dr.), te regeneracija ili zamjena oštećenih dijelova. Temeljem važećih tehničkih uputstava za održavanje, generalni remont protutržajućeg uređaja, bez obzira na stanje njegove ispravnosti, provodi se svakih šest godina. Uz radove vizualnog pregleda, pregleda mjerenjem i otklanjanja svih utvrđenih neispravnosti, ovi radovi podrazumijevaju i obaveznu zamjenu svih elemenata koji protokom vremena gube svoja svojstva (gumeni dijelovi, bakreni i teflonski prstenovi, hidraulično ulje).

Osnovne neispravnosti protutržajućih uređaja topničkog oružja mogu se podijeliti u sljedeće kategorije [1]:

- nepravilno trzanje i vraćanje trzajućih dijelova;
- istjecanje tekućine i plina;
- korozija sastavnih elemenata;
- mehanička oštećenja.

Uzroci ovih neispravnosti mogu se utvrditi vanjskim pregledom protutržajućeg uređaja na oružju u sklopljenom stanju, ili demontažom i potpunim

pregledom u rastavljenom stanju u radionicama nadležnim za provedbu radova velikog (generalnog) remonta.

3.1. Nepravilno trzanje i vraćanje trzajućih dijelova

Jedan od osnovnih parametara topničkog oružja koji se prati i kontrolira tijekom opaljenja je kretanje trzajućih dijelova oružja tijekom trzanja i vraćanja u početni položaj. Nepravilnosti koje se mogu pojaviti tijekom opaljenja, a koje su vezane uz kretanje trzajućih dijelova su: predugačko, odnosno prekratko trzanje, nepotpuno vraćanje i vraćanje s udarom trzajućih dijelova.

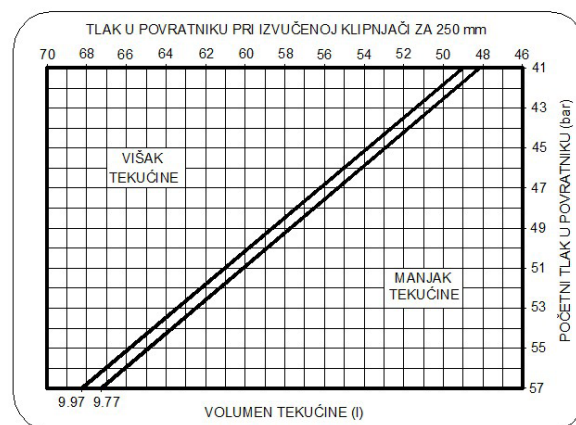
Normalna duljina trzanja propisana je tehničkom dokumentacijom za svako oružje zasebno i kreće se u propisanim granicama pri gađanju s maksimalno dopuštenim opterećenjem (punim barutnim punjenjem). Duljina trzanja kontrolira se tijekom redovnih aktivnosti bojevih gađanja od strane poslužitelja oružja (korisničko održavanje) ili tijekom ispitivanja oružja nakon remonta (remontno održavanje).

Uzroci dužeg trzanja cijevi mogu biti [1]:

- nedovoljna količina tekućine u hidrauličnoj kočnici i povratniku;
- istrošenost košuljice klipnjače hidraulične kočnice;
- istrošenost regulacijskog prstena hidraulične kočnice i
- nizak tlak dušika u povratniku.

Količina tekućine u hidrauličnoj kočnici i povratniku provjerava se na korisničkoj razini održavanja od strane poslužitelja oružja. Kod većine topničkih oružja količina tekućine u hidrauličnoj kočnici provjerava se vizualno, otvaranjem čepa za dodavanje tekućine na cilindru hidraulične kočnice, a kod manjeg broja topničkih oružja ista se provjerava pomoću ugrađenog pokazivača količine tekućine.

Količina tekućine u povratniku također se može kontrolirati pomoću pokazivača količine tekućine ili posrednim putem (što je češći slučaj), mjereći tlak plina u njemu.



Slika 2. Dijagram za provjeru količine tekućine u povratniku haubice 122 mm D30 [8]
Figure 2 Howitzer 122 mm D30 recuperator liquid checking diagram [8]

Na ovaj način, količina tekućine u povratniku određuje se pomoću propisanog dijagrama (slika 2.), pri čemu je tlak plina nužno izmjeriti u početnom položaju cijevi oružja i u položaju cijevi kada se izvede umjetno trzanje na duljinu određenu tehničkom dokumentacijom.

Istrošenost košuljice i regulacijskog prstena hidrauličke kočnice kontrolira se pri potpunom pregledu hidraulične kočnice u rastavljenom stanju, tijekom provedbe radova remontnog održavanja. Istrošenost košuljice klipnjače provjerava se mjerenjem vanjskog promjera košuljice i usporedbom s izmjerenom vrijednošću srednjeg unutarnjeg promjera cilindra hidrauličke kočnice. Ako je razlika izmjerenih promjera veća od dopuštene, košuljicu klipnjače treba zamijeniti. Srednji unutarnji promjer cilindra hidrauličke kočnice određuje se mjerenjem cilindra (slika 3.) u dvije međusobno okomite ravnine na svakih 100 mm duljine, a predstavlja srednju vrijednost svih mjerenja.



Slika 3. Mjerenje unutarnjeg promjera cilindra hidraulične kočnice

Figure 3 Measuring the inside diameter of a hydraulic brake cylinder

Istrošenost regulacijskog prstena se, primjerice kod haubice 122 mm D30, kontrolira mjerenjem promjera najmanjeg otvora regulacijskog prstena i maksimalnog promjera prednjeg dijela kontraklipnjače. Ako je razlika promjera veća od dopuštene, izrađuje se novi regulacijski prsten, prema mjerama maksimalnog promjera prednjeg dijela kontraklipnjače.

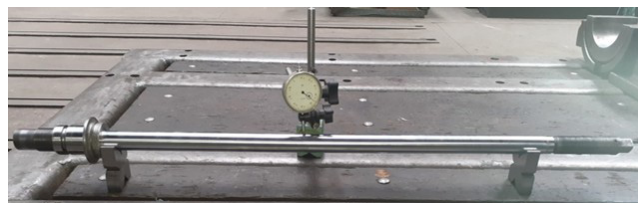
Provjera tlaka u povratniku provodi se u sklopljenom stanju pomoću manometra i obavezna je prije provedbe bojnih gađanja. Veza između manometra i cilindra povratnika ostvaruje se pomoću priključnog alata trojnika, koji se postavlja na navojno priključno mjesto na cilindru, a na koji se još može priključiti i boca sa stlačenim dušikom. Ako je tlak dušika u povratniku niži od propisanog, otvaranjem ventila boce dodaje se dušik u povratnik, dok se ne ostvari propisani tlak, nakon čega se zatvara ventil boce i ventil povratnika.

Za razliku od dugog trzanja cijevi, uzroci kratkog trzanja mogu biti [1]:

- savijena kontraklipnjača hidraulične kočnice;
- savijena klipnjača hidraulične kočnice ili povratnika;
- količina tekućine u povratniku veća od dopuštene;
- visok tlak dušika u povratniku.

Provjera savijenosti kontraklipnjače, odnosno klipnjače protutržajućeg uređaja provodi se pomoću komparatora na način da se kontraklipnjača, odnosno klipnjača postavi na mjerne prizme, koje se nalaze na kontrolnoj ploči (Slika 4.). Komparator se također postavlja na kontrolnu ploču, pri čemu treba mjerni trn prisloniti na površinu mjernog objekta. Pri kontroli

savijenosti se, uz lagano okretanje mjernog objekta za jedan krug, prati kretanje kazaljke komparatora. Razlika između maksimalnog i minimalnog otklona kazaljke komparatora je veličina savijenosti. Ako je veličina savijenosti kontraklipnjače, odnosno klipnjače, veća od dopuštene, treba ju izravnati pomoću specijalnog alata, bez zagrijavanja.



Slika 4. Kontrola savijenosti klipnjače hidraulične kočnice

Figure 4 Hydraulic brake piston rod bending control

Nepravilnosti u radu protutržajućeg uređaja, koje se manifestiraju kao nepotpuno vraćanje i vraćanje s udarom tržajućih dijelova, mogu biti posljedica jednog od već spomenutih uzroka dugog ili kratkog trzanja. Osim navedenih uzroka, do nepotpunog vraćanja tržajućih dijelova u početni položaj može doći i zbog:

- pojave i skupljanja zraka u cilindru hidraulične kočnice i
- mehaničkih oštećenja na košuljici klipnjače hidraulične kočnice.

Ispuštanje zraka iz cilindra hidraulične kočnice, koji je najčešće smješten u prostoru ispred ublaživača vraćanja, provodi se pri maksimalnom kutu elevacije cijevi. Ispuštanje zraka izvodi se odvijanjem vijka ili cjevčice za ispuštanje zraka, na za to konstrukcijski predviđenim mjestima.

Mehanička oštećenja košuljice klipnjače hidraulične kočnice se otklanjaju brušenjem i poliranjem, odnosno ista se zamjenjuje novom ako ne zadovoljava kriterije kvalitete.

Vraćanje tržajućih dijelova u početni položaj kontrolira se tijekom provedbe gađanja, a može se provjeriti i umjetnim trzanjem u radionici za tehničko održavanje. Vraćanje tržajućih dijelova u početni položaj mora biti ravnomjerno i bez udara. Osim nedostatka tekućine u hidrauličnoj kočnici, visokog tlaka ili viška tekućine u povratniku, jedan od uzroka pojave udara uslijed vraćanja tržajućih dijelova može biti i istrošenost košuljice kontraklipnjače hidraulične kočnice. Ocjena istrošenosti košuljice kontraklipnjače hidraulične kočnice provodi se mjerenjem vanjskog promjera košuljice (Slika 5.) i usporedbom izmjerene vrijednosti sa srednjim izmjerenim promjerom unutarnjeg promjera klipnjače hidraulične kočnice. Razlika promjera mora biti u dopuštenim granicama, koja se primjerice kod hidraulične kočnice haubice 122 mm D30 mm kreće do maksimalno 0,3 mm. Ako je razlika promjera veća od dopuštene, košuljicu kontraklipnjače hidraulične kočnice treba zamijeniti novom i prilagoditi ju srednjoj vrijednosti unutarnjeg promjera klipnjače hidraulične kočnice.



Slika 5. Mjerenje vanjskog promjera košuljice
Figure 5 Measuring the outside diameter of a lining

3.2. Istjecanje tekućine i plina iz protutrzajućeg uređaja

Pojava istjecanja tekućine iz povratnika i hidrauličke kočnice kontrolira se povlačenjem sklopa cijevi unazad, na određenu duljinu. Povlačenje sklopa cijevi provodi se pomoću uređaja za umjetno trzanje, nakon čega se provodi kontrola istjecanja tekućine na brtvenim dijelovima, ventilima i čepovima protutrzajućeg uređaja. Najčešći uzroci istjecanja tekućine iz hidrauličke kočnice i povratnika su:

- previše ili slabo pritegnute bakrene brtve na čepovima otvora za dolijevanje i ispuštanje tekućine;
- istrošenost ili oštećenje brtvi na nosačima brtvi hidrauličke kočnice i povratnika;
- slabo pritegnute matice ventila i istjecanje tekućine pored brtve ventila i
- istrošenost ili oštećenja brtvi na čepovima i ventilima.

Do istjecanja plina iz povratnika može doći tijekom opaljenja oružja i trzanja, kada su opterećenja u povratniku maksimalna. Tijekom procesa opaljenja dio kinetičke energije trzajućih dijelova oružja pretvara se u potencijalnu energiju stlačenog plina u povratniku, neophodnu za vraćanje trzajućih dijelova oružja u početni položaj. U tom ciklusu može doći do istjecanja plina, ako su oštećeni, odnosno neispravni, brtveni dijelovi na ventilima i čepovima povratnika.

3.3. Korozija i mehanička oštećenja sastavnih elemenata protutrzajućeg uređaja

Korozija sastavnih elemenata protutrzajućeg uređaja može nastati kao posljedica neprovođenja ili nepravilnog korisničkog održavanja, čuvanja oružja u neadekvatnim uvjetima, oštećenja ili lošeg odabira konstrukcijskih materijala tijekom projektiranja.

Bez obzira na uzrok, korozija sastavnih elemenata protutrzajućeg uređaja nije dopuštena i mora se odstraniti u najkraćem mogućem vremenu. Korozija na vanjskim i unutarnjim površinama dijelova protutrzajućeg uređaja, koje nisu kromirane, odstranjuje se mehaničkim ili kemijskim postupkom, vodeći računa radi li se o radnim (toleriranim) ili slobodnim površinama.

Mehanički postupci koji se primjenjuju za odstranjivanje korozije su:

- struganje čeličnom četkom;
- brušenje ili poliranje brusnim pastama i brusnim platnom ili papirom odgovarajuće granulacije.

Odstranjivanje korozije s radnih površina dijelova protutrzajućeg uređaja provodi se tako da se čistom krpom natopljenom u dizel gorivo D-2, ili petrolej, trlja korodirana površina i taj postupak ponovi nekoliko puta tijekom 3 do 4 sata. Nakon toga, korozija se odstranjuje trljanjem korodirane površine grubom krpom natopljenom u dizel gorivo ili petrolej do odstranjenja korozije [8].

Dijelovi protutrzajućeg uređaja koji su zahvaćeni dubinskom korozijom, koja se do graničnih mjera propisanih konstrukcijskom i tehnološkom dokumentacijom ne može odstraniti, odbacuju se i zamjenjuju novim.

3.4. Mehanička oštećenja, kriteriji za zamjenu i popravak elemenata protutrzajućeg uređaja

Mehanička oštećenja cilindara, klipnjača i ostalih dijelova protutrzajućeg uređaja, a naročito oštećenja kromiranih (radnih) površina, imaju velik utjecaj na ispravnost rada topničkih oružja. Sljedom navedenog, posebna pozornost tijekom održavanja protutrzajućih uređaja usredotočena je na kvalitetnu i pouzdanu dijagnostiku. Dijagnostikom se omogućava pregled i razvrstavanje sastavnih dijelova protutrzajućeg uređaja na ispravne dijelove, dijelove za popravak ili regeneraciju i dijelove za zamjenu. Kod generalnog remonta dijagnostika se izvodi vizualno, mjerenjem i ispitivanjem materijala metodama bez razaranja, a potvrda kvalitete izvršene dijagnostike i provedenih radova održavanja metodama međufaznih i završnih ispitivanja.

Kod generalnog remonta protutrzajućih uređaja obavezna je zamjena sljedećih elemenata:

- brtveni dijelovi od gume;
- osiguravajući vijci i matice s mehaničkim oštećenjima navoja preko 20 % duljine navojnog dijela;
- bakreni i teflonski prstenovi, podloške, rascjepke i zatici.

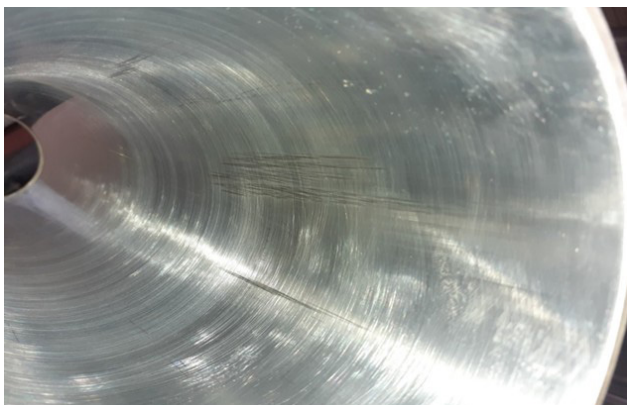
Cilindar hidrauličke kočnice i povratnika se tijekom pregleda odbacuje i zamjenjuje u sljedećim slučajevima:

- ako je u većoj mjeri deformiran, oštećen, napuknut, ili je navoj na cilindru oštećen na duljini većoj od $\frac{1}{4}$ ukupne navojne duljine;
- ako je unutarnji promjer cilindra izvan granica dopuštenih mjera;
- ako su klizne površine duboko korodirale, izgrebene ili postoje risevi koji se honanjem do dopuštene mjere ne mogu otkloniti.

Cilindar hidrauličke kočnice i povratnika se popravlja u sljedećim slučajevima:

- ako su mjestimično oštećene unutarnje nalijegajuće površine i navoji na duljini manjoj od $\frac{1}{4}$ ukupne navojne duljine;
- ako na kromiranim kliznim površinama postoje risevi, tragovi trošenja zbog trenja, raslojavanje ili napuhavanje kromiranog sloja;
- ako je razlika između najveće i najmanje mjere unutarnjeg promjera cilindra veća od dopuštene, gdje se mjerenje provodi na svakih 50 mm duljine u dvije međusobno okomite ravnine.

Na slici 6. vidljivi su tragovi oštećenja cilindra hidrauličke kočnice.



Slika 6. Oštećenje cilindra hidraulične kočnice
Figure 6 Hydraulic recoil brake cylinder damage

Mehanička oštećenja vanjskih površina cilindra (udubljenja, zarezna i druga oštećenja) odstranjuju se turpijom ili brusnim papirom, skidanjem uzdignutog materijala. Uklanjanje tragova trošenja, raslojavanja i napuhavanja kromiranog sloja, te dovođenje najveće i najmanje mjere unutarnjeg promjera cilindra na dopuštenu mjeru, ostvaruje se honanjem nakon dekromiranja. Konusnost i ovalnost honanog cilindra mora biti u tolerancijskom polju H8, nakon čega se kromira slojem tvrdog kroma dopuštene debljine od 40 do 60 mm. Slika 7. prikazuje mjerenje debljine tvrdo kromirane prevlake.



Slika 7. Mjerenje debljine tvrdo kromirane prevlake
Figure 7 Hard-chrome plating thickness measurement

Klipnjača ili kontraklipnjača se odbacuje i zamjenjuje u sljedećim slučajevima:

- ako je vanjski promjer klipnjače, odnosno kontraklipnjače, ispod minimalne dopuštene mjere propisane tehnološkom dokumentacijom;
- ako je navoj oštećen na duljini većoj od $\frac{1}{4}$ ukupne navojne duljine;
- ako je uvijena ili toliko savijena da se ne može popraviti ravnanjem.

Klipnjača ili kontraklipnjača se popravlja u sljedećim slučajevima:

- ako je savijena tako da se može popraviti ravnanjem;
- ako postoje tragovi zaribavanja kromiranog sloja, ljuštenja, raslojavanja ili napuhavanja zbog pojave korozije ispod kroma;

- ako je razlika između najveće i najmanje mjere vanjskog promjera klipnjače, odnosno kontraklipnjače veća od dopuštene, gdje se mjerenje provodi na svakih 100 mm duljine, u dvije međusobno okomite ravnine.

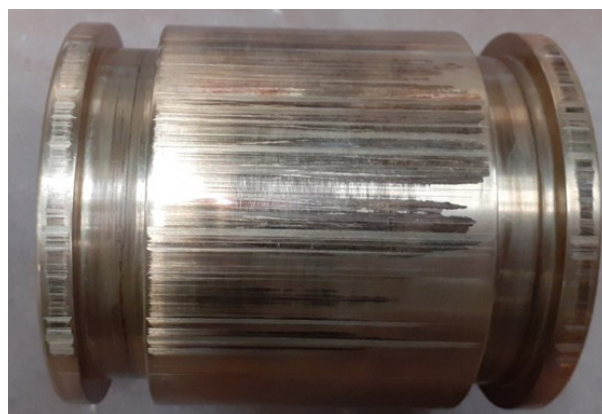
Na slici 8. vidljivo je oštećenje tvrdo kromirane prevlake klipnjače.



Slika 8. Oštećenje tvrdo kromirane prevlake klipnjače
Figure 8 Piston rod hard-chrome plating damage

Savijena klipnjača, odnosno kontraklipnjača, se ravna prešom pomoću prizmi u hladnom stanju, a dopuštena savijenost nakon ravnanja propisana je tehničkom dokumentacijom.

Otklanjanje mehaničkih oštećenja i postizanje zahtijevanih dimenzija klipnjače, odnosno kontraklipnjače provodi se regeneracijom, koja podrazumijeva brušenje, kromiranje slojem tvrdog kroma i poliranje. Konusnost i ovalnost poliranih i brušenih površina mora biti u tolerancijskom polju f9. Popravak ili zamjena ostalih elemenata protutrzajućeg uređaja (klipovi, nosači brtvi, kompenzatori, moderatori i dr.) provodi se prema propisanim tehnološkim postupcima nakon provedene dijagnostike vizualnim pregledom i mjerenjem. Oštećenje klipa povratnika vidljivo je na slici 9.



Slika 9. Oštećenje klipa povratnika
Figure 9 Recuperator piston damage

Nakon izvršenih radova održavanja i sklapanja hidraulične kočnice i povratnika, a prije montaže na oružje, ispituje se hermetičnost navedenih sklopova. Vrijeme i veličina hidrauličnog tlaka kojim se provodi ispitivanje, propisani su tehničko – remontnom dokumentacijom. Na primjer, hermetičnost hidraulične kočnice haubice 122 mm D30 ispituje se hidrauličnim tlakom od 200 bara, u vremenu od 10 minuta. Propuštanje tekućine tijekom ovog ispitivanja nije dopušteno.

Završna kontrola kvalitete izvedenih radova remonta protutrzajućeg uređaja provodi se poligonskim ispitivanjem u realnim uvjetima i obavezna je prije

predaje sredstva korisniku. Načelno, tijekom ovih ispitivanja se u prosjeku ispaljuju tri projektila s punim barutnim punjenjem i pri različitim kutovima elevacije cijevi. Tijekom ispitivanja se kontrolira duljina trzanja cijevi, pojava istjecanja tekućine ili plina, brzina vraćanja trzajućih dijelova, pojava udara ili nepotpunog vraćanja cijevi u početni položaj.

4. Zaključak

Konstrukcijski dijelovi suvremenih topničkih oružja opterećeni su velikim udarnim silama koje nastaju tijekom opaljenja. Ovi dijelovi zahtijevaju odgovarajuće dimenzioniranje, kako sa stajališta nosivosti i funkcionalne izdržljivosti konstrukcije, tako i sa stajališta stabilnosti i nepomičnosti oružja tijekom gađanja. Bez elastične veze cijevi oružja s lafetom, funkcioniranje suvremenih topničkih oružja bilo bi neostvarivo. Zbog elastične veze, tijekom opaljenja dolazi do kretanja isključivo trzajućih dijelova, a lafet oružja ostaje nepomičan. Ova elastična veza ostvarena je pomoću protutrzajućeg uređaja. Uvjeti eksploatacije i uloga protutrzajućih uređaja na topničkim oružjima zahtijeva kontinuirano praćenje stanja njegove ispravnosti. Temeljnu ulogu u praćenju stanja ima korisnik, stoga je korisničko održavanje ključni čimbenik pravovremene dijagnostike eventualnih neispravnosti i sprječavanja nastanka kvarova većih razmjera. Konstrukcija protutrzajućeg uređaja omogućava jednostavnu kontrolu stanja njegove ispravnosti u sklopljenom stanju, koju poslužitelji provode prije, tijekom i nakon uporabe. Uočene neispravnosti koje se ne mogu otkloniti na korisničkoj razini, otklanjaju se djelomičnim ili potpunim rastavljanjem i pregledom protutrzajućeg uređaja u radionicama nadležnim za provedbu složenijih zahvata održavanja. Pregled i ocjena stanja ispravnosti protutrzajućeg uređaja u rastavljenom stanju provodi se vizualno i mjerenjem, koristeći se standardnim mjernim uređajima, kao i standardnom i posebnom opremom. Uz pretpostavku odgovarajućeg izbora konstrukcijskih materijala i kvalitete izrade svih sastavnih elemenata protutrzajućeg uređaja, osnovni uvjet za zadržavanje stanja njegove ispravnosti je kvalitetno i pravovremeno plansko preventivno održavanje na korisničkoj, potpunoj i remontnoj razini.

Literatura

- [1] Jakopčić M. (2006), Održavanje naoružanja, Zapovjedništvo Hrvatske kopnene vojske, Karlovac
- [2] Pavelić V. (1995), Specifične tehnologije u proizvodnji oružja, MORH, Novi Travnik – Zagreb
- [3] SNO 1826/84, (1984), Gumeni materijali za tehničke i opšte potrebe JNA, Biro za SiM u JNA, Beograd
- [4] ISO 3601-3, (2005), Fluid Power Systems – O – rings – Part 3: Quality acceptance criteria
- [5] Aeroshell Fluid 41 EU (2020), Safety Data Sheet, Royal Dutch Shell plc, Haag
- [6] Aeroshell Fluid 41 (2015), Technical Data Sheet, Royal Dutch Shell plc, Haag

[7] Uputa o održavanju materijalnih sredstava u OS RH (2019), GS OS RH, Zagreb

[8] Haubica 122 mm D-30 HR M94, Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje (1994), ARMA d.o.o., Zagreb