

MILOŠ B. RAJKOVIĆ

Poljoprivredni fakultet, Zemun,
Beograd

STRUČNI RAD

623.4.002.2+546.791.027:001.891

OSIROMAŠENI URANIJUM III – Komercijalna primena osiromašenog uranijuma. Proizvođači municije i oružja od osiromašenog uranijuma

U trećem delu serije posvećene problematici osiromašenog uranijuma navode se proizvođači municije koja u svom sastavu sadrži i osiromašeni uranijum. Analiziraju se tipovi municije, najčešće primenjeni kalibri municije kao i poligoni na kojima je municija testirana.

KOMERCIJALNA PRIMENA OSIROMAŠENOG URANIJUMA

Krajem XIX veka u vojnoj taktici se sve više posvećuje pažnja borbi protiv oklopnih oruđa. U to vreme je po prvi put razvijen tzv. "pancirni" projektil, koji je prodirao kroz čelični oklop zahvaljujući velikoj kinetičkoj energiji i mehaničkim osobinama metala od kojih je proizveden. Posle Drugog svetskog rata ovu municiju su sve više potiskivale kumulativne granate i mine. Tek početkom šezdesetih godina XX veka, velika preciznost i sigurno uništavanje ciljeva ponovo je skrenulo pažnju na pancirna zrna. Kako je kinetička energija linearna funkcija mase a kvadratna funkcija brzine počelo se sa razvojem tzv. "potkalibarnog pancirnog projektila".

To je projektil manjeg prečnika i mase od zrna punog kalibra ali koji bi ispaljen iz odgovarajućeg oruđa imao znatno veću brzinu. Tako je počela proizvodnja zrna sličnih klasičnim, koja su imala oblogu i balističku kapu od lakih metala (Al) i tvrdo jezgro dobijeno sinterovanjem karbida volframa sa Ni, Co i Fe (gustine 14–16 g/cm³). Kasnije se pojavila tzv. "sabit" municija kod koje se obloga punog kalibra odvajala od jezgra odmah po napuštanju usta cevi.

Kao idealni materijal za izradu jezgra, uzimajući u obzir odnos između cene i svojstva jezgra, pokazao se osiromašeni uranijum. U dužem vremenskom periodu, a posebno poslednjih 50 godina XX veka, samo je u SAD sakupljeno na stotine tona različitog otpadnog materijala, koji je, preobražen u metalni oblik, isporučivan vojnoj industriji. Prerada ovakvog otpada u specijalan tip municije obavljena je tajno, a za to se saznalo tek posle ispitivanja na vojnim poligonima i iz oglasa namenjenim budućim kupcima.

Adresa autora: M.B. Rajković, vanred.prof., Institut za prehrambenu tehnologiju i biohemiju Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu Univerziteta u Beogradu, 11081 Zemun, Nemanjina 6, P.O. Box 127

E-mail: mbr.hari@EUnet.yu

Rad primljen: Maj 30, 2001.

Rad prihvaćen: July 17, 2001.

Osiromašeni uranijum gustine 19,05 g/cm³ koja je 1,7 puta veća od gustine olova je materijal koji se može proizvesti po relativno niskoj ceni. Tvrdoća osiromašenog uranijuma iznosi 48–49 Rokvela, što prevazilazi tvrdoću do sada poznatih materijala [1].¹⁾ Ovako velika gustina obezbeđuje projektilu (jezgru municije) veliku prodornu (penetracionu) moć pri dejstvu na različite vojne ciljeve, a pre svega oklopne ciljeve kao što su tenkovi, čime prevazilazi bilo koje drugo konvencionalno oružje sličnih dimenzija.

Velika gustina osiromašenog uranijuma i niska cena njegovog dobijanja predstavlja dobar razlog da se ovaj materijal koristi i kao vertikalni stabilizator kod aviona, na primer kod aviona tipa Boing 747 gde se ubacuje oko 1500 kg protivtega od osiromašenog uranijuma [2]. Proizvođač ovakvog protivtega je kompanija *Starmet Corp.* (nekada *Nuclear Metals*) iz Masačusetsa (SAD) a njegovu upotrebu odobrila je Savezna administracija za avijaciju (FAA) SAD-a. Osiromašeni uranijum je takođe veoma efektivan materijal za oklop vojnih vozila i anti-oklopnu municiju, jer primena kod oplata oklopnih oruđa povećava njihovu jačinu.

Municija sa osiromašenim uranijumom

Interesovanje za osiromašeni uranijum za izradu oružja i municije od strane *Department of Defense* SAD-a (DoD) počelo je još 1950. zbog navedenih prednosti: velika gustina, pirofornost i, naravno, ogromnih količina koje su se nalazile u SAD [3]. U periodu od 1960. do 1970. sprovedena su istraživanja i testiranja na otvore-

¹⁾Velika gustina materijala kao što ima npr. volfram (sa gustinom 19,3 g/cm³) i osiromašeni uranijum (sa gustinom 19,05 g/cm³) su bili veoma interesantni za ovu primenu. Međutim, osiromašeni uranijum je konačno izabran zbog toga što ga ima u velikim količinama i veoma je niske cene i pirofornosti, dok je oko 50% volframa moralo biti uveženo, uglavnom iz Kine [6–8]. Volfram takođe ima višu temperaturu topljenja (3410°C) od uranijuma (1132°C) i manje je piroforan. Konsekventno tome, projektil od osiromašenog uranijuma se ne zatupljuje, a projektil od volframa se zatupljuje pri udaru i stoga ima slabiji efekat pri dejstvu na tenkove [6,9].

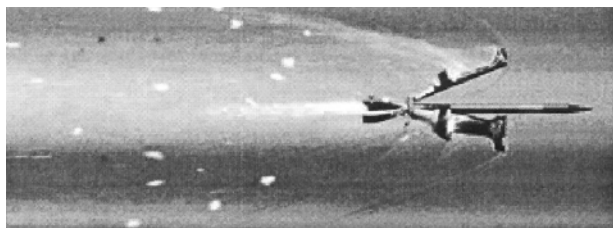
nim poligonima na različitim lokacijama u SAD gde je demonstrirana efikasnost primene osiromašenog uranijuma u cilju povećanja kinetičke energije penetratora. Ona spaljuje metu od metala (oklop) prilikom udara ali ne dovodi do eksplozije. Njegovi fragmenti i plamen prolaze kroz oklop "zahvaljujući svojstvu pirofomosti uranijuma i ekstremno visokoj temperaturi koja se oslobađa pri udaru." [4].

Od 1970. armija SAD-a je sa istraživanja prešla na upotrebu osiromašenog uranijuma za izradu udarne igle (penetratora) projektila [5] i za izradu oklopa tenkova. U to vreme, to je bio odgovor na enormno povećanje broja tenkova članica Varšavskog pakta.

Pri tome, ostvarene su osnovne pogodnosti osiromašenog uranijuma radi primene za izradu municije velike prodornosti: [10]

- materijal je sa najvećom gustinom (70% veća od olova);
- zapaljiv je, što dopunski potpomaže prodiranju zrna kroz oklop;
- pojačano je udarno dejstvo i bolja balistička putanja projektila;
- na mestu udara pojavljuje se radijacioni rizik, a dolazi i do kontaminacije životne sredine, što u konačnom dovodi do ozračivanja ljudi koji se nalaze u neposrednoj okolini dejstva ovakve municije;
- države koje spadaju u proizvođače nuklearne energije ga poseduju u dovoljnim količinama, pa korišćenje u vojne svrhe predstavlja jedno od rešenja njegovog konačnog "odlaganja".

Osobine projektila od osiromašenog uranijuma su dodatno poboljšane redukcijom sadržaja ugljenika i uz dodatak 0,75 mas.% titanijuma [6,11]. On je zaštićen aluminijumskom košuljicom koja se otvori na oko 100 m od momenta ispaljivanja (slika 1), kada se metak u zavistnosti od kalibra kreće početnom brzinom od 1067 do 1690 m/s [12-14].



Slika 1. Ponašanje metka sa osiromašenim uranijumom prilikom ispaljivanja

Figure 1. The behavior of a fired round with depleted uranium

Penetrator od osiromašenog uranijuma se pali pri udaru (naročito sa čelikom), delimično prelazi u tečnost, zahvaljujući pre svega visokoj temperaturi koja se oslobađa pri udaru i relativno niskoj temperaturi topljenja uranijuma (1132°C), pa zbog toga prolazi kao šilo kroz oklop tenka [15]. Metak sa osiromašenim uranijumom ulazi sa veoma karakterističnom okruglom, malom ula-

znom rupom. Ukoliko penetrator prođe kroz metu, izlazna rupa je takođe okrugla i nešto manja od ulazne [16]. Nakon pogotka u metu, razvija se temperatura od oko 800°C, jezgro gori i grade se oksidi uranijuma, pri čemu se oko 70% od ukupno prisutnog uranijuma transformiše u oksidne čestice, ne veće od 0,5 do 5 µm koje veoma dugo lebde u vazduhu u obliku aerosola. Ovakva municija ima veliku probojnu moć i kalibar od 30 mm može da se probije čelik debljine do 6-9 cm.

Municija sa osiromašenim uranijumom koja se nalazi u arsenalu armije SAD-a prikazana je u Tabeli 1 [15,17], dok je municija sa osiromašenim uranijumom različitog kalibra prikazana na slikama 2 i 3 (kalibra 120 mm).

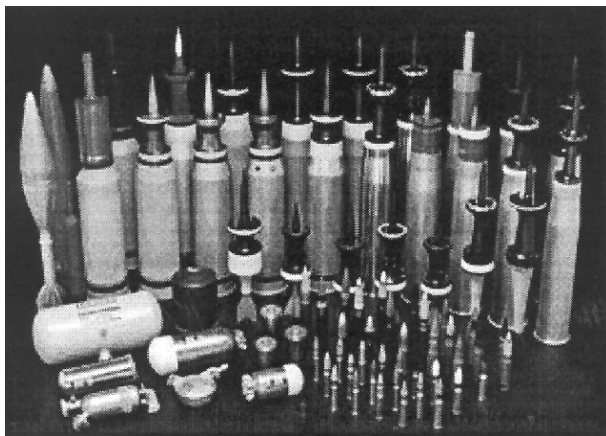
Tabela 1. Izabrana municija sa osiromašenim uranijumom iz arsenala armije SAD

Table 1. Selected ammunition with depleted uranium in the US arsenal

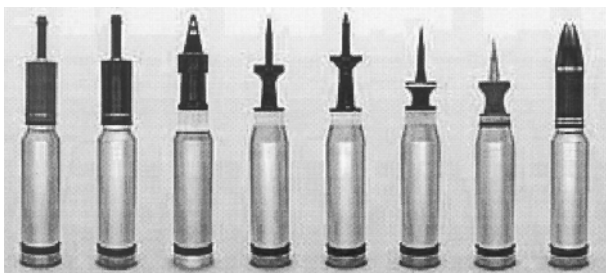
Tip municije	Kalibar (mm)	OU masa (g)	Oružani sistem	Armija
M829A1, M829A2 (APFSDS-T)	120	5350	M1A1, M1A2 Abrams tenkovi	US Army US Marine Corp.
M900 (APFSDS-T)	105	4246	M1 Abrams tenkovi	US Army
M833 (APFSDS-T) M774 (APFSDS-T)	105	3668 3355	M60A3 tenkovi	zastareo sistem
PGU-14 (API)	30	298	A-10 Thunderbolt II Aircraft (isto kao i A-10 Warthog aircraft)	US Air Force
M919 (APFSDS-T) M791 (APDS-T) Frangible	25	97	M2, M3 Bradley Fighting Vehicles LAV-AT Light Armored Vehicle	US Army US Marine Corp.
PGU-20 (API)	25	148	MK-38 Heavy Machine Gun AV-8B Harrier II Aircraft	US Navy US Marine Corp.
MK 149-2 (APDS)	20	70	Phalanx CIWS Missile Defense Gun	US Navy

gde su skraćenice: APFSDS-T: Armor Peircing Fin Stabilized Discarding Sabot with Tracer; APDS-T: Armor Peircing Discarding Sabot with Tracer; APDS: Armor Peircing Discarding Sabot; API: Armor Peircing Incendiary.

Pošto uranijum ima veću gustinu od olova, često se koristi i za izradu protivtega kod krstarećih raketa. Usmerene sa velikih visina imaju izvanrednu probojnu moć čak i kod najjačih fortifikacionih objekata kao i ukopanih objekata. Armija SAD-a i NATO alijansa ih koriste i u najnovijoj Stelt tehnologiji, tzv. pametnih bombi [19].



Slika 2. Municija punjena sa osiromašenim uranijumom
Figure 2. Actual view of depleted uranium rounds



Slika 3. Municija punjena sa osiromašenim uranijumom kalibra 120 mm
Figure 3. The actual view of 120 mm depleted uranium rounds

Municija za tenkove kalibra 120 mm

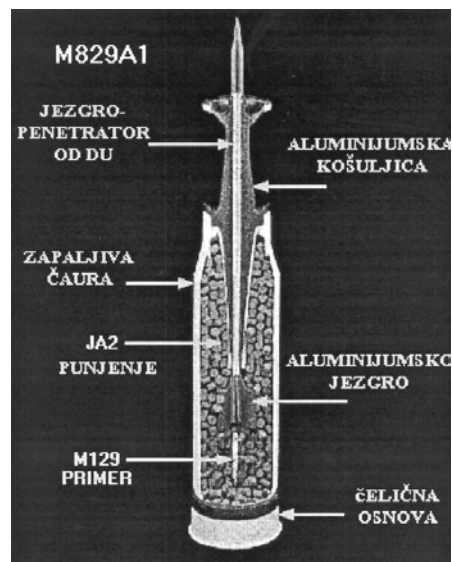
Municija za tenkove kalibra 120 mm je upotrebljena u Operaciji "Pustinjska oluja" (IRAK, 1991.) kada su američki tenkovi M1A1 uništavali iračke tenkove sovjetske proizvodnje T-72 sa velike udaljenosti i sa izuzetnom efikasnošću.

Prema izjavama jednog vojnog podoficira i komandira M1A1 tenka u 1st Armor Division: "Mnogi tenkovi su uspešno napredovali zahvaljujući primeni municije sa osiromašenim uranijumom. Naš M829A1 je bio tako efikasan da su mu komandiri tenkova i posade dali nadimak "srebrni metak" (*silver bullet*)" [20-22].

Shematski prikaz metka (M829A1) sa osiromašenim uranijumom kalibra 120 mm prikazan je na slici 4.

Alijansa je proizvodila municiju sa osiromašenim uranijumom i za ostale članice za taktički napad i za trenajni ciklus, tako da je municija kalibra 120 mm postala osnovno naoružanje tenkova.

Za izradu kalibra 120 mm korišćena je nemačka tehnologija i napravljene su četiri oblika ove municije: anti-tenk metak velike kinetičke energije, oznake M829; HEAT metak, nazvan M830; i, dve vrste municije za obuku. Takođe je razvijen i metak sa penetratorom od volframa (KE-T) radi demonstracije performansi i preciznosti ovakvih projektila. Veruje se da je do danas proizvedeno preko milion metaka ovog kalibra [23].



Slika 4. Shematski prikaz metka sa osiromašenim uranijumom kalibra 120 mm (M829A1)
Figure 4. Schematic view of 120 mm depleted uranium round (M829A1)

Dobre karakteristike municije kalibra 120 mm sa osiromašenim uranijumom su: preciznost, efikasnost, mogućnost gađanja sa velike udaljenosti, kompatibilnost sa topom od 120 mm na tenku Leopard 2 NATO alijanse i može se koristiti i u onim slučajevima kada je prenos projektila ograničen.

Indikativno je da u poslednje vreme US Navy zahteva da se MK 149-2 Phalanx sa DU penetratorom zameni sa metkom MK 149-4 Phalanx sa penetratorom od volframa (pri tome meci od osiromašenog uranijuma i dalje ostaju u arsenalu naoružanja) [24].

Novi tipovi municije sa osiromašenim uranijumom su već razvijeni za druge vrste oružja kao npr. M919 i Frangible (protivavionska municija), oba za Bradley bornena vozila.

Primena osiromašenog uranijuma za ojačanje oklopa tenka i bornih vozila

Osiromašeni uranijum se takođe upotrebljava za pojačavanje oklopa tenkova M1 serije. Armija SAD-a je započela komercijalnu upotrebu osiromašenog uranijuma za ojačanje oklopa tenka u martu 1987. Od 1993. u sastavu naoružanja armije nalazilo se oko 1500 Abrams M1A1 tenkova koji su ojačani sa osiromašenim uraniju-

mom, sa planom da se ovaj broj poveća na više od 3000 [33]. Kada se upotrebljava za oklop, osiromašeni uranijum se ubacuje u "šupljine" čelika od koga se izgrađuje oklop, a zatim se oklop i oblaže sa osiromašenim uranijumom. Kupola od tenka koja ima *Abrams Heavy Armor* (AHA) obeležena je sa **U** (za uranijum) blizu desne strane tromblona kao deo serijskog broja kupole [16].

SAD države nisu dugo vremena bile jedina zemlja koja je koristila osiromašeni uranijum za izradu municije. Municija sa osiromašenim uranijumom našla se u arsenalu još 17 zemalja: Velike Britanije, Francuske, Rusije, Grčke, Turske, Izraela, Saudijske Arabije, Egipta, Kuvajta, Pakistana, Tajvana, Južne Koreje, i dr.

Nuclear Regulatory Commission SAD (NRC) je ovlašćena da pruži podatke i licencu, a Armija SAD označena je kao glavni nosilac primene osiromašenog uranijuma u vojne potrebe [8,9,37].

Izlaganje zračenju osoblja koje radi sa oružjem i municijom od osiromašenog uranijuma

Osiromašeni uranijum korišćen od strane Ministarstva odbrane SAD-a sadrži oko 0,2% ^{235}U i 0,0003% ^{238}U [AEPI1995 str. 23, [27]]. Penetratori su napravljeni od legure koja se sastoji od 99,25 mas.% osiromašenog uranijuma i 0,75 mas.% titanijuma [25-31].

• Spoljašnje zračenje

Maksimalna radijaciona doza od oklopa punjenog sa osiromašenim uranijumom ili municije sa osiromašenim uranijumom kojom je izložena posada tenka M1A1 HA koja se nalazi u tenku iznosi 1,3 $\mu\text{Sv/h}$ [AEPI1995 str. 123, [27]]. Pri direktnom kontaktu sa penetratorom punjenim sa osiromašenim uranijumom, doza koju primi koža od β - i γ -zračenja je 2 mSv/h [AEPI1995 str. 107, [27]]. Sa ICRP60 težinskim faktorom za tkivo (*tissue weighting factor*) od 0,01, ovaj podatak dovodi do efektivne doze od 20 $\mu\text{Sv/h}$. (Težinski faktor za tkivo je mali, jer ICRP za odrasle pokazuje da kancer kože može nastati čak i u slučaju kada je koža izložena dozi koja je samo 0,2% od letalne). ICRP60 standard za godišnje izlaganje kože je 50 mSv za stanovništvo i ekvivalentan je vremenu izlaganja od 25 sati.

Doza γ zračenja od metka kalibra 30 mm (mase od oko 271 g) na distanci od 1 m je 7 nSv/h (lako je primetiti veliku razliku od zračenja od zemlje koja iznosi 100 nSv/h). U velikom vremenskom intervalu, međutim, doza može dostići maksimalnu od 544 nSv/h posle 2 miliona godina.

Za γ dozu dobijenu od osiromašenog uranijuma koji je dispergovan u zemljištu u blizini pogodene mete, UNEP/UNCHS Balkans Task Force (BTF) izveo je sledeću procenu [BTF 1999 str. 61, [32]]: 10 kg osiromašenog uranijuma koji je dispergovan u oblasti površine 1000 m^2 zrači 4 $\mu\text{Sv/god}$.

• Inhalacija prašine od osiromašenog uranijuma

Efektivna doza koja se primi inhalacijom 1 mg 0,2% osiromašenog uranijuma je 0,12 mSv. 1 mSv godišnje je standard za stanovništvo i ekvivalentan je sa 8,3

mg osiromašenog uranijuma. Prema tome, ovo izlaganje odgovara koncentraciji uranijuma u vazduhu od 1,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ukoliko je uranijum dobijen recikliranjem nuklearnog goriva, inhalaciona doza od 1 mg uranijuma iznosi 0,19 mSv. Zračenje od 1 mSv godišnje je standard za stanovništvo i ekvivalentno je 5,3 mg uranijuma. U slučaju kontinualnog izlaganja, to odgovara koncentraciji uranijuma u vazduhu od 0,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ovo je, međutim, evidencija za osiromašeni uranijum koji nastaje u obliku keramičkog oksida pri udaru, retenciono vreme za pluća je dva puta veće nego za normalne okside, prema ICRP faktorom. Koeficijenti za dozu za takve keramičke okside od osiromašenog uranijuma mora biti viši [33].

UNEP/UNCHS Balkans Task Force (BTF) vrši sledeću teorijsku procenu za inhalaciju osiromašenog uranijuma tokom korišćenja municije sa osiromašenim uranijumom na str. 58 [32]:

• Trenutna inhalacija prašine osiromašenog uranijuma posle udara u metu:

BTF procenjuje maksimalni unos od 100 mg osiromašenog uranijuma (zaključno sa metom i neposredno posle udara), "koja može dovesti do akutne hemijske toksičnosti i ukupnu efektivnu radijacionu dozu inhalacijom osiromašenog uranijuma od najmanje 10 mSv".

• Inhalacija resuspendovanog osiromašenog uranijuma

BTF procenjuje da se nalazi 6 μg osiromašenog uranijuma po mg prašine u neposrednoj okolini mete i u oblasti oko mete od 1000 m^2 . U zavisnosti od koncentracije u vazduhu, ova pretpostavka odgovara koncentraciji osiromašenog uranijuma u vazduhu od 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (u vazduhu "normalne" gustine) do 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (u veoma "gustom"). Pri kontinualnom izlaganju, ova vrednost odgovara efektivnoj dozi pri inhalaciji od 0,3 do 30 mSv/god.

• Ingestija (konzumiranje) povrća (ili uopšteno hrane biljnog porekla) kontaminiranog sa prašinom od osiromašenog uranijuma

Pri korišćenju lisnatih delova biljaka koje su na površini kontaminirane sa prašinom od osiromašenog uranijuma, koje rastu u oblasti oko gađane mete za vreme prve nedelje posle udara, UNEP/UNCHS BTF daje sledeću teorijsku procenu na str. 59 [32]: udar metka sa osiromašenim uranijumom tokom prve nedelje kontaminira oblast sa 100 mg osiromašenog uranijuma. "Ovaj iznos je veoma bitan zbog aspekta hemijskog rizika. Rezultujuća radijaciona doza je reda veličine 0,1 mSv".

• Ingestija kontaminirane podzemne vode

Pri korišćenju podzemnih voda kontaminiranih sa osiromašenim uranijumom u oblasti gde se nalazila meta, UNEP/UNCHS BTF daje sledeću teorijsku procenu na str. 60 [32]: Koncentracija osiromašenog uranijuma u podzemnim vodama može iznositi 1 mg/dm^3 . "Pri ovom nivou uranijuma, ne zapaža se hemijski toksični efekat.

Godišnja radijaciona doza prouzrokovana korišćenjem ove vode iznosi oko 1 mSv."

S obzirom na aditivnost ozračivanja populacije od različitih izvora zračenja, Svetska zdravstvena organizacija (WHO) ceni da jednogodišnje konzumiranje vode za piće ne sme imati godišnji doprinos veći od 5% ukupne prosečne populacije, što zapravo znači da očekivana efektivna doza od jednogodišnjeg konzumiranja vode za piće ne sme da bude veća od 0,1 mSv. Ispod ovog referentnog nivoa doze, pitka voda je prihvatljiva za ljudsku konzumaciju, te nije neophodna nikakva akcija za smanjivanje sadržaja radionuklida.

U praktičnom smislu preporučeni nivoi specifične aktivnosti su $0,1 \text{ Bq/dm}^3$ za ukupnu α - i 1 Bq/dm^3 za ukupnu β -aktivnost. Preporuke se odnose na sadržaj radionuklida u postojećim ili novim izvorima za piće, u normalnim uslovima. Oni se ne odnose na akcidentalne uslove za ispuštanje radionuklida u životnu sredinu, pri čemu mogu biti kontaminirani i rezervoari – izvori vode za piće.

Značajno je, takođe, naglasiti da WHO preporučuje da se pri oceni radioloških pokazatelja kvaliteta vode za piće ne pravi razlika između prirodnih i veštačkih radionuklida. Tako US EPA predlaže da standard za uranijum u pijaćoj vodi (56 FR 33050, July 19, 1991) iznosi $20 \mu\text{g/dm}^3$, a direktiva Svetske zdravstvene organizacije (WHO) za uranijum u pijaćoj vodi (WHO 1998) iznosi $2 \mu\text{g/dm}^3$.

Krstareće rakete

Prema literaturnim podacima, osiromašenim uranijumom se mogu puniti i krstareće rakete zemlja–vazduh tipa *BGM-105 Tomahawk (Tomahawk Land-Attack Cruise Missiles, TLAM)*, i to od 11 do 20 kg po jednom projektu. Osiromašeni uranijum se koristi da bi se poboljšala balistička svojstva projektila [33]. Raketni projektil TLAM se ispaljuje sa razdaljine od 1300 km i sposoban je da nosi konvencionalno punjenje od 454 kg.

Krstareće rakete su jedan od osnovnih borbenih sistema, pre svega, oružanih snaga SAD i NATO (slika 5) U ovom vojnom savezu dominiraju SAD, ne samo svojim naoružanjem i najsavremenijim tehnologijama, već i nametnutom ofanzivnom i agresivnom doktrinom. U SAD dominira doktrina kopnene vojske pod nazivom "Vazdušno–kopnena bitka" (*FOFA/Follow-on Forces-Attack*). Pomoću najsavremenijih senzorskih tehnologija detektuju se relevantni ciljevi u dubini neprijateljske teritorije, a zatim se ti ciljevi uništavaju veoma preciznim oružjem. NATO je 1984. prihvatio doktrinarni koncept FOFA.

Teorijske postavke i različiti neuspešni ili delimično uspešni projekti aerodinamičkih koncepcija krstarećih raketa datiraju od početka XX veka. Istraživanja u ovoj oblasti dovela su do različitih realizacija u drugim oblastima (bespilotni avion, autopilot, беспilotna letelica sa TV vođenjem i dr.).

Raketa velikog dometa bila je u žiži interesovanja mnogih vojnih stratega. Prva raketa velikog dometa bila je беспilotna letelica koja je Nemačka lansirala na London sredinom 1944. Međutim, prvim uspešnim "krstarećim" projektilom može se smatrati nemački V-1 (*FAU-1/A-4*). Ova raketa, bez obzira na njenu efikasnost, imala je izuzetno uspešna rešenja u svim glavnim oblastima (aerodinamika, konstrukcija, propulzija, logistika), a u to vreme nije bio realizovan efikasan način odbrane i suzbijanja njenog dejstva.

Tokom Drugog svetskog rata nižu se neuspešni i delimično uspešni projekti u različitim zemljama (SSSR, SAD, Japan). Postepeno su se projektanti iz Sovjetskog Saveza i SAD odvojili od osnovnog koncepta projektovanja na bazi nemačke rakete V-1, a SSSR je razvio svoju originalnu koncepciju raketne tehnike.

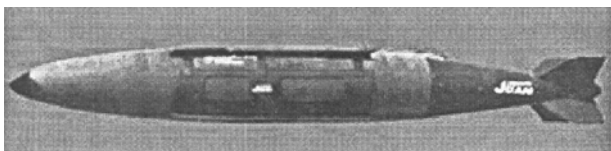
Posle Drugog svetskog rata u SAD se razvijaju različiti tipovi raketa velikog dometa "površina–površina" (zemlja–zemlja) i "vazduh–površina" (vazduh–zemlja). U kategoriji raketa "površina–površina" proizvedene su rakete: *regulus, regulus II, polaris, trident, tomahawk* i dr. U kategoriji "vazduh–površina" proizvedene su sledeće rakete: *quak, hound dog, rascal, SRAM, skybolt, ALCM, ASALM, tomahawk* i dr.

Krstareće rakete su prvi put upotrebljene u realnim ratnim uslovima početkom 1991. u ratu u Persijskom zalivu. Shodno doktrinarnom konceptu FOFA, u ovom sukobu presudnu ulogu imalo je vazduhoplovstvo i borbena sredstva i sistemi koji spadaju u sam vrh tehničko–tehnoloških dostignuća snaga koalicije, posebno SAD.

Primarnu ulogu odigrala su elektronska i opto–elektronska sredstva, savremeni avioni i avioni sa *stelt* tehnologijama i borbeni sistemi kao što su krstareće rakete i aerosolne avio–bombe. Zahvaljujući, pored ostalog, nadmoći snaga Alijanse, slabosti armije Iraka (RV i PVO) i upotrebljenim savremenim tehnologijama, stvorena je potpuna prevlast u vazдушnom prostoru sa minimalnim gubicima, što je uticalo i na potvrdu definicije vojnih stratega SAD da se: "Specifičnost koncepta o napadu na snage iz dubine zasniva na izvođenju napada na snage neprijatelja na njegovoj teritoriji, pomoću sistema oružja, a ne pomoću vojnika".

U Zalivskom ratu prvi put su masovno upotrebljene krstareće rakete *Tomahawk*. Amerikanci su za ovaj rat pripremili 600 krstarećih raketa. Masovno lansiranje izvršeno je 17. januara 1991. između 1:00 i 2:00 časova po bagdadskom vremenu. Lansiranje je izvršeno sa brodova u Zalivu, Sredozemnom i Crvenom moru sa preko 100 krstarećih raketa. Prvo lansiranje iz Zaliva izvršeno je sa krstarice "Banker Hill" dok je prvo lansiranje iz zaronjene podmornice bilo 19. januara 1991. sa podmornice "Luisvil". Razarač "Five" sa 58 lansiranih raketa *Tomahawk* drži rekord po broju lansiranja u ratu u Zalivu.

Prema izvorima SAD, ukoliko su isti verodostojni, pri prvom lansiranju raketa tipa *Tomahawk* uništeno je 98%, dok je pri drugom uništeno 91% planiranih ciljeva.



Slika 5. Satelitski (GPS) navođena bomba JDAM
Figure 5. Cruise Missile (GPS) JDAM

Ukoliko su tačni, to su neverovatni podaci. Ova konstatacija stoji bez obzira što krstareće rakete imaju visoku tačnost vođenja i pogađanja cilja. Prema teorijskim podacima, krstareće rakete imaju verovatnoću pogađanja oko 0,90 i verovatnoću uništenja cilja oko 0,85. Teorijski podaci su jedno, a praktična primena je nešto sasvim drugo. Rezultati sa krstarećim raketama uticali su na zaključak SAD da su krstareće rakete borbeni sistem koji će znatno povećati udarnu moć ratne mornarice i vazduhoplovstva, pošto se mogu lansirati sa svih vrsta ratnih brodova (razarača, nosača aviona, podmornica) i aviona, i, sa velikih i bezbednih rastojanja. Time se i u praksi može uspešno realizovati FOFA doktrina.

Sa brodova su lansirane 264 krstareće rakete TLAM-C sa bojnou glavom mase 450 kg (od kompaktnog eksploziva) i 27 krstarećih raketa TLAM-D sa bojnou glavama kasetnog tipa (sa 166 "bombica" submunicije). U prva dva dana lansirano je 216 krstarećih raketa dok su za vreme trajanja sukoba lansirane 302 krstareće rakete.

Od prvih 100 lansiranih raketa *Tomahawk* PVO je oborila 2 rakete ovog tipa. U naknadnim napadima na Irak tokom 1993. lansirano je još 135 krstarećih raketa.

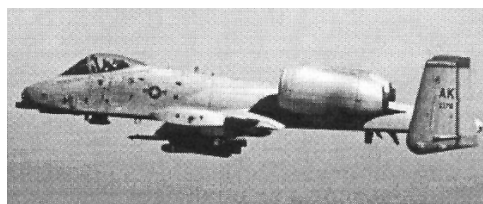
Krstarećim raketama dejstvovalo se po dobro utvrđenim objektima, komandnim mestima, sistemima PVO, administrativno-političkim i industrijskim centrima, energetskim objektima, aerodromima i drugim važnim objektima protivnika.

Starije udarne glave bile su napravljene od čelika. Kada je duže vreme letenja (krstareća raketa ispaljena sa udaljenosti od 1700 km), *Tomahawk* ima punjenje od 318 kg. Ovaj projektil sa glavom WDU-36 razvijen je 1993. i ima oblogu od titanijuma sa osiromašenim uranijumom [34-36].

Avion tipa A-10 "tanderbolt"

Avion tipa A-10 "tanderbol" (A-10 Thunderbolt II Aircraft, isto kao i A-10 Warthog aircraft) je prvi i jedini pravi američki jurišni avion. U principu, to je jedna relativno jednostavna dvomotorna platforma kojom upravlja samo jedan pilot. Vrlo je pokretljiv na malim visinama i većinu borbenih zadataka obavlja na visinama ne većim od 300 m. Opremljen je uređajima za noćnu borbu, a pilotska kabina je od titanijumskog oklopa. Avion može da pretrpi direktne pogotke topova do 23 mm.

Veliki deo levih i desnih delova aviona je međusobno zamenljiv. A-10 ima izuzetno snažan višecevni (sedmocevni) top GAU-8A 30 mm sa 1000 granata koji je



Slika 6. Avion A-10 ("bradavičasta svinja") na zemlji i u letu
Figure 6. A-10 Thunderbolt II Aircraft on the ground and during flight

jako opasan za oklopna vozila. Inače, po običaju armije SAD, municija za taj top se puni sa osiromašenim uranijumom.

Avion A-10 je ubojito oružje, ali bez kvalitetne podrške na zemlji predstavlja prilično lak cilj za rakete kratkog dometa i PVO. Njegove karakteristike prikazane su u tabeli 2, a spisak naoružanja koje A-10 može da nosi u tabeli 3.

Tabela 2. Karakteristike aviona A-10 "tanderbolt"
Table 2. Characteristics of the A-10 Thunderbolt II Aircraft

Proizvođač	Fairchild Republic Corporation	Dužina	16,16 m
Motori	Dva General Electric TF34-GE-100	Visina	4,42 m
Potisak motora	4,083 kg po motoru	Razmah krila	17,42 m
Posada	Jedan pilot	Brzina	672 km/h (0,56 maha)
Dometa	800 milja	Maks. visina	preko 13.636 m
U upotrebi	274 komada	Težina	max. 22.950 kg
Naoružanje	Jedan višecevni top	GAU-8A 30 mm	11 podvesnih nosača za oružje
Cena koštanja	A-10/OA-10	13 miliona \$	po komadu
Korisnici	USA		

Tabela 3. Spisak naoružanja koje A-10 može da nosi
Table 3. The list of armament of the A-10 Thunderbolt II Aircraft

MK	AGM	CBU	CBU	CBU	2,75	GBU	AIM	LUU	LUU	30
82	65	87	89	97	RX	12	9	1	2	MM
12							2			1000
	4						2			1000
6	2						2			1000
	2	4					2			1000
		6					2			1000
	2		4				2			1000
			6				2			1000
				6			2			1000
	2				14		2	8	8	1000
	4				14		2	8	8	1000
	2					4	2			1000

Proizvođači municije sa osiromašenim uranijumom

Sadašnji i bivši proizvođači municije sa osiromašenim uranijumom (ne uključuje proizvođače oklopa za tenk baziranom na primeni osiromašenog uranijuma):

- Starmet Corp. (nekada Nuclear Metals) u Konkordu, Masačusets;
- Oak Ridge Centers for Manufacturing Technology u Oak Ridžu, Tenesi;
- Rocky Flats Environmental Technology Sire (nekada *Rocky Flats Nuclear Weapons Plant*) blizu Bouldera, Kolorado;
- Fernald Environmental Management Project (nekada *Feed Materials Production Center*) u Fernalsu, Ohajo (od 1989).

Sadašnji i bivši proizvođači raketa sa osiromašenim uranijumom su (ne uključuje proizvođače oklopa za tenk baziranom na primeni osiromašenog uranijuma):

- Starmet Corp. (nekada *Nuclear Metals*) u Konkordu, Masačusets;
- Primex Technologies u St.Petersburgu, Florida;
- Alliant Ammunition and Powder Co. u Raderfordu, Virdžinija;
- Radford Army Ammunition Plant u Raderfordu, Virdžinija;
- Aerojet Ordnance Co. (nekada *Aerojet Heavy Metals Co.*) u Jonesburgu, Tenesi;
- Twin Cities Army Ammunition Plant u Novom Brigtonu, Minesota;
- US Army Materials Technology Laboratory u Vartertaunu, Masačusets (od 1995);
- Lake City Ammunition Plant u Blue Springs, Misuri (od 1985);
- National Lead Industries u Colonie, Njujork (od 1980).

Ispitivanja u gradovima koji proizvode municiju sa osiromašenim uranijumom, kao i njihovo odlaganje poslednjih godina pokazala su da je došlo do kontaminaci-

je kanala za oticanje otpadnih voda, zemlje, podzemnih voda i vode za piće sa osiromašenim uranijumom i drugim supstancama koje su opasne za čoveka. Cena dekontaminacije npr. u Twin Cities Army Ammunition Plant iznosi blizu 230 miliona dolara [33].

Starmet Corp.

Najveći proizvođač penetratora napunjenih sa DU je *Starmet Corp.* (ranije *Nuclear Metals*) u Konkordu, Masačusets. Uranijum od koga se dobija osiromašeni uranijum heksafluorid se takođe proizvodi u postrojenju ovog proizvođača.

Kompanija je mnogo puta od strane NRC naznačena da ne analizira zemljište, vodu i vazduh, da ne postavlja oznake za radioaktivnu oblast, da ne pregleda radnike koji su izloženi zračenju, da se ne kontroliše kontaminacija objekata i zaposlenih. Dopušta se da se radioaktivni otpad iz drugih postrojenja koristi za pakovanje, dolazilo je do akcidenata, npr. curenja otpada ili požara za vreme transporta, pri čemu su vozači bili izloženi pojačanom zračenju [33].

Prašinom uranijuma je kontaminirana okolina postrojenja, a nađena je i u podzemnim vodama. Oktobra 1997. utrošeno je 6,5 miliona dolara za čišćenje Starmet postrojenja od osiromašenog uranijuma, pri čemu je dekontaminirano 4400 m³ otpada i zemljišta koje je sadržalo osiromašenog uranijuma do zakonom dozvoljenog nivoa, a radioaktivni otpad je deponovan u Klajvu, Utah [17].

US Army Materials Technology Laboratory

U periodu 1955–1967. neodređena količina osiromašenog uranijuma je spaljena, bačena u jame u US Army Materials Technology Laboratory u Vartertaunu, Masačusets. Od dva oksida uranijuma koji su nastali pri sagorevanju, UO₂ je nerastvoran u vodi dok je UO₃ rastvoran [15, 38, 39]. Nekontrolisan plamen je takođe bio zapažen u postrojenjima gde je osiromašeni uranijum goreo. Zatvoreni su objekti u kojima je došlo do kontaminacije u ukupnoj dužini od 300–500 m. Od 1967. osiromašeni uranijum u čvrstom stanju bio je spaljivan u specijalnim pećima, ali visoko efikasni čestični vazdušni filteri (HEPA, *High Efficiency Particulate Air*) nisu bili instalirani do 1981. Do tog vremena, oblast kontaminirana sa osiromašenim uranijumom, emitovala je godišnju ekvivalentnu dozu, za stanovnike koji žive 200 m od postrojenja, od 200 mRem/god.

Mada HEPA filteri koji se koriste na uređajima za spaljivanje sprečavaju emitovanje u atmosferu čestica većih od 0,3 μm, finije čestice (manjeg prečnika) i dalje se emituju. Praksa sagorevanja osiromašenog uranijuma u čvrstom stanju se primenjuje od sredine 1992.

Ispitivanje pojave kancera kod stanovnika koji žive blizu postrojenja (CT 3703), pokazala su značajan porast raka štitaste žlezde. Još je 1997. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) zaključila da iznos osiromašenog uranijuma koji se emituje u vazduh

nije štetan po zdravlje ljudi koji se nalaze u neposrednom okruženju, već samo mali broj stanovnika koji žive unutar grada može biti izložen povećanom zračenju. To je bio navodni dokaz da radijaciona doza koja se oslobađa iz ovih postrojenja nema značajan uticaj na stanovništvo u odnosu na očekivan prirodan nivo zračenja [39].

National Lead Industries

Na vazдушnim filterima *Knolls Atomic Power Laboratory* (KAPL) u [enektadu, Njujork, otkriveno je 1979. da sadrže prašinu osiromašenog uranijuma. Izvor emitovanja čestica osiromašenog uranijuma detekovan je u *National Lead Industries* u Koloniji, Njujork, koja je smeštena na udaljenosti od 16 km, a u kojoj se proizvodi municija sa osiromašenim uranijumom kalibra 30 mm i stabilizatori za rakete od osiromašenog uranijuma za US Air Force.

Februara 1980. sud države Njujork doneo je odluku da National Lead Industries prestane sa proizvodnjom municije sa osiromašenim uranijumom zbog toga što je prekoračena granica za dozvoljenu radioaktivnost u vazduhu za Njujork od 5,55 MBq/mesec. Uzimajući u obzir samo α -aktivnost, ova dozvoljena doza odgovara mesečnom emitovanju od 0,38 kg prašine od osiromašenog uranijuma, ili potpuno oksidovanom penetratoru od osiromašenog uranijuma od samo jednog ispaljenog metka kalibra 30 mm. U 1980. prema izvorima Teledyne Isotopes-a je objavljeno da je okolina kontaminirana sa osiromašenim uranijumom u iznosu od 7 mg/kg.

National Lead Plant je zatvoren 1983. a januara 1984. kompanija je prodala postrojenje i kontaminiranu okolinu Ministarstvu za energiju (DOE) za 10 miliona dolara pri čemu je DOE platilo i dekontaminaciju zemljišta [9, 33, 40].

Idaho National Engineering Laboratory

Kapaciteti postrojenja za proizvodnju specifičnih oruđa (The Specific Manufacturing Capability Plant) u Nacionalnoj inženjerskoj laboratoriji (*Idaho National Engineering Laboratory*, INEL) u Idaho Falls, Ajdaho, opremljeni su za proizvodnju čeličnih oklopa za M1A1 Abrams tenkove [33].

Testiranje municije sa osiromašenim uranijumom

Lokacije na kojima se ispituje dejstvo municije sa osiromašenim uranijumom

Ispitivanje efikasnosti municije sa osiromašenim uranijumom, koje je u SAD realizovala vojska (US Army), privatni preduzetnici i najmanje jedan univerzitet, pokazalo je da je veliki ili mali kalibar municije sa osiromašenim uranijumom veoma efikasno oružje za uništavanje oklopa tenkova. NRC zahteva licencu za upotrebu ili testiranje municije sa osiromašenim uranijumom. Danas US Army ima 14 licenci izdate od strane NRC za upotrebu municije sa osiromašenim uranijumom. Vazdušne snage (US Air Force) i mornarica (US Navy) imaju svaka po je-

dnu NCR "generalnu" ("master") licencu [9]. Najpoznatiji poligoni za ispitivanje municije sa osiromašenim uranijumom su:

- Los Alamos National Laboratory, Novi Meksiko;
- US Army Ballistic Research Laboratory, Nevada;
- Aberdeen Proving Ground, Merilend
- Jefferson Proving Ground, Indijana;
- Yuma Proving Ground, Arizona;
- Eglin Air Force Base, Florida;
- Nellis Air Force Base, Nevada;
- Davis Monthan Air Force Base, Arizona;
- Kirkland Air Force Base, Novi Meksiko;
- White Sands Missile Range, Novi Meksiko;
- New Mexico Institute of Mining and Technology,

Novi Meksiko;

- China Lake Naval Air Warfare Center (ranije China Lake Naval Weapons Center), Kalifornija;
- Lake City Ammunition Plant, Misuri;
- Ethan Allen Firing Range, Vermont.

Kakve posledice testiranja municije sa osiromašenim uranijumom imaju imaju na okolinu ovih lokacija ilustruju sledeći podaci:

Ethan Allen Firing Range: U periodu od 1969. do 1973. oko 20.000 anti-tenkovskih metaka koji su sadržali oko 4500 kg osiromašenog uranijuma bilo je testirano na lokaciji *Ethan Allen Firing Range* u Vermontu. Zatim je kontaminirani gornji sloj zemljišta debljine 10 cm skinut i premešten na deponiju sa radioaktivnim otpadom niskog nivoa na Barnvelu, država južna Karolina [33].

Lake City Ammunition Plant: Lokacija je u okolini Blue Springsa, u Misuriju, a njeno korišćenje je započeto 1985. Strelište je bilo lokalizovano u delu poljoprivrednog zemljišta. Operacije su uključivale montiranje, korišćenje mehanizacije, testiranje i demilitarizaciju municije sa osiromašenim uranijumom. Tri ranije eksplozije, povezane sa strelištem, dovele su do razbacivanja delova osiromašenog uranijuma, olova i neeksplozivnih projektila. Tako je 1986. municija kalibra 20 mm, sa M10-1 penetratorom od osiromašenog uranijuma, proglašena zastarelom i oko 44.000 metaka je ispaljeno na ovoj lokaciji da bi se kasnije ista najzad zatvorila. Ukupna količina upotrebljenog osiromašenog uranijuma u testiranoj municiji bila je oko 3500 kg. Delovi metaka su sakupljeni i prebačeni na deponiju radioaktivnog otpada. Oko 11.000 m³ zemljišta ove lokacije je bilo kontaminirano [33].

China Lake Naval Air Warfare Center: Toranj broj 11 na postrojenju ove lokacije u Kaliforniji bio je korišćen više od jedne decenije za testiranje municije sa osiromašenim uranijumom. Procenjuje se da strelište obuhvata boks-mete i oko 5 jutara zemljišta oko postrojenja koje je bilo kontaminirano sa oko 11.300 kg ostataka od osiromašenog uranijuma. U 1991. jedna kompanija za obradu kontaminiranog zemljišta uložila je 4 miliona dolara da bi se uklonio osiromašeni uranijum iz zemljišta i demonstrirao sopstveni razvijen proces prečišćavanja zemljišta (TRU Clean) [33].

New Mexico Institute of Mining and Technology:

Organizacija za istraživanje i analizu (The *Terminal Effects Research and Analysis*, TERA Group) u Novom Meksiku i Institut za rudarstvo i tehnologiju (*New Mexico Institute of Mining and Technology*, NMIMT) takođe iz ove države bili su uključeni u ispitivanje municije sa osiromašenim uranijumom u periodu od 1972. do 1985. Tada je sagrađen poligon za testiranje municije sa osiromašenim uranijumom na 240 ha javnog-državnog zemljišta. U 1988. NMIMI je dobio pravo da 99 godina testira vazduh na prisustvo uranijuma. Pouzdani izvori govore da je testirana oblast bila tako kontaminirana sa osiromašenim uranijumom da je onemogućavala bilo kakvu drugu upotrebu. Oblast poligona se danas izdaje za ispitivanje od strane privatnih posrednika [33].

Los Alamos National Laboratory: Velika površina na kojoj se nalazi ova Nacionalna laboratorija rasprostranjena na 109 km² u Novom Meksiku (50 mm godišnjih padavina, vulkanskog taloga debljine od oko 2000 m) bila je određena za otvoreno vazdušno dinamičko testiranje. Komponente naoružanja testirane su u Los Alamosu, dok su kompletna oružja testirana u vojnoj laboratoriji za balistička testiranja (*US Army Ballistic Research Laboratory*) na poligonima u Nevadi.

Procenjuje se da je 100.000 kg uranijuma bilo nataloženo u Los Alamosu od početka operacije. Oko 90% osiromašenog uranijuma koji se nalazio u municiji je sagorelo prilikom ispaljivanja dok je preostalih 10% ušlo u vodotokove. Koncentracija uranijuma u radioaktivnim padavinama i na površini zemlje bila je nešto viša nego u dubini zemlje, što ukazuje da vazdušni transport i vetrovi nisu značajan faktor za premeštanje uranijuma sa mesta eksplozije. Najviše srednje koncentracije uranijuma izmerene su u suspendovanim sedimentima koji su bili nošeni sa otpadnom (odvodnom) vodom (52 mg/kg), zatim slede koncentracije u sedimentima (41 mg/kg) sa maksimalnim vrednostima od oko 8–10 puta većim od srednje koji direktno dospevaju u podzemne vode [41].

White Sands Missile Range:

Nekoliko raketa tipa *Pershing D-38 Earth Penetrating Missiles* (najmanje 4) bile su testirane od 1976. na zemljištu *White Sands Missile Range* u Novom Meksiku. Radi simuliranja jačine nuklearne eksplozije, svaka raketa sadržala je 80 kg osiromašenog uranijuma. Tri rakete zakopane su u zemljište na dubinu od 6 m a zatim izvršeno njeno aktiviranje, pri čemu je došlo do izletanja malih fragmenata, koji su pokupljeni i zaštićeni. Jedna raketa je zakopana na dubinu od 60 m i svi kasniji pokušaji da se izvadi jezgro od osiromašenog uranijuma bili su bezuspešni. Čelično vratilo ulazilo je u jezgro i punjeno sa podzemnom vodom 21–30 m ispod površine. Uzorci vode koji su pumpani iz vratila u periodu 1991–1992. imali su koncentraciju uranijum jona od oko 15–20 µg/dm³, što je za 10 puta veća od koncentracije u zemljištu, sa prirodnim uranijumom izotopskog sastava ²³⁵U [42].

Jefferson Proving Ground:

Od 1941. preko 23 miliona granata i bombi bilo je ispaljeno na ovoj lokaciji koja se nalazi u Indijani (srednja temperatura od 10°C, oko 900 mm godišnjih padavine, velika prostranstva čine šume, podzemne vode su na dubini od 1,5 do 8 m) i nalazi se na površini od 150 ha. Između 1983. i 1988. Velika količina municije sa osiromašenim uranijumom bila je testirana (69.000 kg) a lokacija je zatvorena 1995. Procenjuje se da bi dekontaminacija od preko 6 miliona neeksploziviranih delova iznosila 4–5 milijarde dolara [24, 33, 43]. Polugodišnje čišćenje ostataka od metaka sa osiromašenim uranijumom ukazuje da je učešće uranijuma u ukupnoj detektovanoj radioaktivnosti oko 10% [33]. Srednja koncentracija radioaktivnosti na ovoj lokaciji je 25,4 kBq/kg za uzorke zemljišta i 79,2 Bq/dm³ za podzemne vode. Kao poređenje, NRC licenčna koncentracija za lokacije ove namene je 1,295 kBq/kg za zemljište i 0,25 mSv/god za javno izlaganje [38, 44, 45]. Podaci koji su preuzeti iz literature verovatno su pogrešni u pogledu koncentracije uranijuma u podzemnim vodama od 79,18 mBq/dm³ (verovatno bi trebalo da bude 79,18 mBq/cm³) što je znatno niže od standarda za pijaću vodu, propisanim od strane NRC (Tabela 4), a znatno niža od standard za vodu koji propisuje Agencija za zaštitu životne sredine (EPA) (Tabela 5).

Tabela 4. Granice dozvoljenih koncentracija koje propisuje NRC

Table 4. NRC limit for drinking water

Voda	α-aktivnost (Bq/dm ³)	Prirodni uranijum masena koncentracija (µg/dm ³)	Osiromašeni uranijum masena koncentracija (µg/dm ³)
Pijaća voda	11,1	440	770

Tabela 5. Standardi za vodu (za prirodni uranijum) propisani od strane EPA

Table 5. EPA standards for water (for natural uranium)

Voda	α-aktivnost (Bq/dm ³)	Masena koncentracija (µg/dm ³)
Podzemna voda	1,11	44
Pijaća voda	0,5	20

Dok se testiranje zemljišta na sadržaj uranijuma provodi ispod 20 cm (povremeno i na dubini od 60 cm), najviše osiromašenog uranijuma iz penetratora zaostaje na dubini od 15 cm od površine. Srednja vrednost razlike masene koncentracije od ispaljenog metka sa osiromašenim uranijumom i izmerene masene koncentracije na površini iznosi 3,37 kBq/kg.

Nekoliko modela iskorišćeno je za procenu kontaminacije zemljišta od strane *Residual Radioactive Material Guidelines* (RESRAD) [44–46]. U ovoj simulaciji razmatrane su lokacije na kojima bi bili tereni za lov,

zemljišta na kojima bi se formirale farme i zemljišta sa kojih bi mogla da se koristi podzemna voda. Inicijalno duže izlaganje lovaca pojačanoj radioaktivnosti u odnosu na konzumiranje ulovljenog plena iznosi 3,5 mrem/god, a bilo bi zabranjeno, uzimajući u obzir važeće standarde, korišćenje podzemnih voda u periodu od 10 godina. Pri tome bi inicijalni višak izlaganju inhalaciji prašine sa osiromašenim uranijumom za stanovništvo bio 12 mrem/god kao i zabrana korišćenja podzemnih voda u sledećih 10 godina. Najgori scenario ovih simulacija bio je u slučaju da farmeri koriste podzemnu vodu za napajanje stoke. Upotreba podzemnih voda koje su kontaminirane sa uranijumom dovodi do izlaganja zračenju od 2 mSv/god u periodu od 10 godina a zabrana njihove upotrebe bi se produžila na period od 20 godina. Ove ekvivalentne doze mogu varirati konzumiranjem hrane, mesa i mlečnih proizvoda, koja je kontaminirana sa osiromašenim uranijumom. Kada se pije voda kontaminirana sa uranijumom, predviđena godišnja ekvivalentna doza je nerealno visoka (5 Sv/god konzumiranjem vode od strane ljudi i životinja koja je 50% kontaminirana), 20 Sv/god konzumiranjem vode koja je potpuno kontaminirana. Višak izlaganja kontaminiranoj podzemnoj vodi od 79,2 Bq/dm³ može biti izveden iz NRC radiološkog limita za pijaću vodu (Tabela 3) u iznosu od 7 Sv/god. Ukoliko nije podzemna voda bila na početku kontaminirana, najrealističnija predviđanja za korišćenje zemljišta u post-upotrebljenom periodu pokazuje da postoji višak zračenja za pijaću vodu od strane ljudi (životinje nisu uključene) u periodu od 30 godina kao rezultat koncentracije uranijuma u telesnoj tečnosti, u iznosu od 0,2 mSv/god. Ona bi se javljala i 200 godina nakon kontaminacije, a zabrana upotrebe podzemne vode bila bi produžena na sledećih 800 godina.

Autori ovih simulacija nude nekoliko utešnih podataka: ekvivalentna doza u mleku nije dovoljno visoka da bi prouzrokovala defekte u reproduktivnom ciklusu, podzemne vode na APG sadrže sulfide i ona nije prikladna za piće zbog svog neprijatnog mirisa (od H₂S), a neeksplozivni delovi projektila predstavljaju veću opasnost po ljudski život od kontaminacije zemljišta sa uranijumom. Oni zaključuju da dodatna upotreba poligona na kojima je testirana municija sa osiromašenim uranijumom ne može značajno smanjiti relativno mali rizik za ljude i životnu sredinu. Sa druge strane, mnogi smatraju ovaj poligon kao katastrofu biblijskih razmera, a istina je, kao i obično, negde između.

Aberdeen and Yuma Proving Grounds: *US Army Aberdeen Proving Ground (APG)* u *Maryland Soft Target Range* je bio kontaminiran poligon sa 70.000 kg penetratora punjenih sa osiromašenim uranijumom [33]. Uzorci zemljišta koji su sakupljeni na APG ispod penetratora sa osiromašenim uranijumom pokazuju 4–12 mas.% uranijuma na površini zemljišta (na dubini od 0–1 cm), oko 16 do 50 hiljada puta veću aktivnost od prirodnog fona, sa eksponencijalnim smanjenjem na oko 10 puta veću vrednost od prirodnog fona na dubini od 15–

20 cm, dok sedimenti u površinskoj vodi pokazuju samo prirodni nivo uranijuma sa prisustvom izotopa uranijuma.

Rezultat ove studije pokazuje da se osiromašeni uranijum na poligonu APG redistribuirao primarnim rastvaranjem u vodi i dalje odnosi njenim tokom. Kompjuterska simulacija transporta osiromašenog uranijuma vodom na APG sugerise da je najviša koncentracija uranijuma u zooplanktonima (do 4,5 mg/kg). Preko njih, uranijum može, eventualno, ući u lanac ljudske ishrane. Saglasno ovom modelu, najviše osiromašenog uranijuma se može stabilizovati posle perioda od 100 godina [47].

Relativno novi poligon na *Yuma Proving Ground (YPG)* je za armiju SAD primarna fabrika za proizvodnju i testiranje municije sa osiromašenim uranijumom kalibra 105 i 120 mm. Uzorci zemljišta uzeti sa ovog poligona na YPG slični su onima uzetih sa APG, koji pokazuje da samo 0,5 mas.% uranijuma ima više u površinskom zemljištu (0–1 cm) što je oko 1500 puta više od prirodnog nivoa, sa smanjivanjem od oko 10 puta od prirodnog nivoa na dubini od 20–30 cm [48].

Redistribucija u nevedenoj okolini na YPG bila je uglavnom sa erozijom delova metaka i redepozicijom sa ispiranjem ove oblasti. Ingestija uranijuma od strane divljih životinja verovatna je konzumiranjem hrane sa zemljišta koje je kontaminirano sa osiromašenim uranijumom na vegetaciji ili koži. Uzorci insekata, guštera i biljoždera-sisara na YPG sadrže uranijum. Oko 25% ispitanih kengura i njihovih potomaka prevazilazi sugerisani prag toksičnosti uranijumom, sa pretpostavkama da su mogući ozbiljni nefrološki efekti od osiromašenog uranijuma [49].

Eglin Air Force Base: Testiranje penetratora sa osiromašenim uranijumom bilo je vršeno na ovoj lokaciji na Floridi (18,9°C prosečne srednje temperature i 165 cm godišnjih padavina, sa poplavama i drugim vremenskim nepogodama) na dva područja: *Gunnery Ballistic Facility* (u periodu od 1973. do 1978.) i *High Explosive Test Area*. Prvobitna testiranja bila su izvršena u cilju razvoja municije sa osiromašenim uranijumom, dok su kasnija ispitivanja bila usmerena ka ispitivanju kretanja uranijuma u lancu ishrane.

Preko 100.000 kg osiromašenog uranijuma iz penetratora bilo je tetirano na navedenim poligonima. Osromašeni uranijum koji je kontaminirao zemljište je periodično sakupljan, mešan sa betonom i hermetički pakovan u kontejnere od nerđajućeg čelika od oko 120 dm³ (30 galona), duplo-hermetički zatvaran u kontejneru od oko 220 dm³ (55 galona) za prenos i deponovan na radioaktivnoj deponiji niskog intenziteta na Barnvelu, u Južnoj Karolini. Na osnovu izmerenih koncentracija uranijuma u uzorcima zemljišta, procenjuje se da je 90–95% uranijuma ostalo na poligonu. Uzorci zemljišta u blizini ovog poligona gde se ispaljivala municija sa osiromašenim uranijumom imali su srednju koncentraciju uranijuma od 1100 mg/kg (na površini), sa opadanjem do 0,8 mg/kg u dubini od 100 cm. Ustanovljeno je da se

uranijum nalazi u veoma finim (sitnim) česticama, sa koncentracijom koja se povećava preko 3 puta od peska do gline. Koncentracija uranijuma izvan ova dva poligona za testiranje u suspendovanim sedimentima povezana sa kišom ima vrednost od 50 do 200 mg/kg. Podaci pokazuju da se uranijum kreće sporo sa površinskom vodom u polu-pustinju (Los Alamos) i životnu sredinu [41].

Nellis Air Force Base: U ovoj bazi vazduhoplovnih snaga (*Nellis Air Force Base*, NAFB) u Nevadi (pustinja, podzemne vode na 60–90 m dubine) koja je jedini preostali poligon sa licencom za vazdušno ispaljivanje metaka i raketa punjenih sa osiromašenim uranijumom u SAD. Upotreba municije sa osiromašenim uranijumom bila je zabranjena 1993. na zahtev US *Fish and Wildlife Service* (USFWS) ali je USFWS ipak dozvolio privremeno korišćenje municije sa osiromašenim uranijumom 1996. zaključno sa 1999. god. Nellis AFB nije produžio dozvolu za upotrebu municije sa osiromašenim uranijumom, ali je tražena dozvola za permanentnu upotrebu municije kalibra 30 mm za uništavanje oklopa tenkova (*Armor Piercing Incendiary*, API), za godišnje testiranje 7900 metaka sa osiromašenim uranijumom (oko 2400 kg). Za trenazni ciklus obučavanja rada sa municijom sa osiromašenim uranijumom, višecevni top GAU-8A se ne može da koristiti na A-10 Warthog aircraft već samo u kombinaciji metaka sa osiromašenim uranijumom i *tracer* metaka u odnosu 5:1. Na taj način, ukupan iznos metaka sa osiromašenim uranijumom kalibra 30 mm u ovom slučaju je povećan na 9500, dovoljno za 19 operacija. Sadašnja dozvola omogućava testiranje maksimalno 35.000 kg municije sa osiromašenim uranijumom kalibra 30 mm, koja može biti deponovana na NAFB. Treba napomenuti da trenutno ova lokacija ima oko 200 tenkova i vozila koja su bila mete u toku probnih testiranja i gađanja municijom sa osiromašenim uranijumom [50].

Za vreme inspekcije od strane NRC oktobra 1994. god., *DU Management Plant* se specijalizovao za obnavljanje meta, čišćenje poligona od meta, uzorkovanje zemljišta (na dubini 20–30 cm), da bi se izgradio sistem za praćenje (monitoring) migracije uranijuma. Uzorci zemlje sa površine pokazivali su kontaminaciju od ispaljenog metka sa osiromašenim uranijumom sa mikroskopskim česticama uranijuma u prečniku 110 m od pogođene mete (tenka) i sa tendencijom smanjivanja sa rastojanjem. Oksidacija osiromašenog uranijuma rezultat je, pre svega, vremenskih uslova i oslobađanja prašine pri gađanju sa metkom sa osiromašenim uranijumom. Fragmenti penetratora sa osiromašenim uranijumom nađeni su u prečniku od 90 m od mesta ispaljivanja. Ispitivanje kontaminacije prosečnih uzoraka uzetih sa poligona, ili uzoraka metaka sa osiromašenim uranijumom pokazala je radioaktivnost od 2 do 59,2 MBq/kg uranijuma, što je približno 400 do 1600 puta više od vrednosti prirodnog fona.

Prašina kontaminirana sa osiromašenim uranijumom može biti resuspendovana u vazduh vetrom ili može doći do brze resuspenzije za vreme transporta ili preko čoveka, što dovodi do izlaganja 4,5–9 $\mu\text{Sv/h}$. Oblast koja ima dozvolu za tetiranje municije sa osiromašenim uranijumom je normalno zatvorena a za osoblje koje je održava otvara se samo jedanput ili dva puta godišnje. Obnavljanje meta za gađanje mecima sa osiromašenim uranijumom mora biti pod "posebnim" nadzorom kvalifikovane osobe kako je specificirano procedurom NAFB. Osoblje mora obavezno da koristi respiratore (gas maske) i druga zaštitna sredstva za vreme čišćenja i obnavljanje meta.

Da bi se smanjio rizik od slučajne inhalacije prašine od osiromašenog uranijuma, paljenje ili zavarivanje kontaminiranih meta je zabranjeno. Čišćenje se sastoji u uklanjanju neeksplozivnih penetratora i velikih komada koji se vode na recikliranje, ili odlaganje kao radioaktivni otpad niskog intenziteta. Kontaminirane mete sa osiromašenim uranijumom (tenkovi) upadljivo se označavaju sa "Pažnja radioaktivni materijal". One za dugo vreme neće biti upotrebljene kao mete ili će se odložiti kao radioaktivni materijal niskog intenziteta [50].

Akcidenti (ili incidenti) na ostrvima Okinawa i Vieques Islands

U toku vojne vežbe na nestanjenom ostrvu Okinawa (Japan) u periodu od decembra 1995. do januara 1996. US Marine Corps AV-8B ispalio je 1520 metaka sa osiromašenim uranijumom kalibra 25 mm (222 kg osiromašenog uranijuma), bez predhodnog odobrenja Japanskog ministarstva. Samo 29 kg osiromašenog uranijuma je pri tome pokupljeno, a 1997. DoD je izrazio žaljenje zbog ovog incidenta, ali se nije i formalno izviniio Japanskom ministarstvu [9,40].

U maju 1999. US Navy je priznao da je ilegalno ispalio 267 metaka sa osiromašenim uranijumom kalibra 25 mm (40 kg osiromašenog uranijuma) na Devičanskim ostrvima, 80 km južno od San Huana, u Portoriku [51].

ZAKLJUČAK

Osiromašeni uranijum, koji je dobijen kao sporedni proizvod pri obogaćivanju uranijuma, klasifikovan je kao radioaktivni i toksični otpad, shodno čemu je njegovo odlaganje, skladištenje i upotreba posebno zakonski regulisana. Od postojanja ove zakonske regulative i njenog evidentiranja od strane NRC, DOE, DoD, EPA i od preporučenih ili propisanih dopunskih akcija pri proizvodnji osiromašenog uranijuma, kao i iz strogih zakonskih limita utvrđenih za testiranje municije sa osiromašenim uranijumom, evidentno je upotreba municije sa osiromašenim uranijumom opasna i za ljude i za životinje i da utiče i na životnu sredinu. Činjenica je da je radioaktivnost osiromašenog uranijuma suviše visoka i da nema opravdanje za njegovo korišćenje, uključujući i zemlje koje proizvode osiromašeni uranijum.

Pri upotrebi municije sa osiromašenim uranijumom, do sada je zakonom dozvoljeno izlaganje stanovništva samo u SAD prekoračeno više puta, kako za radiološku emisiju u vazduhu, tako i za ostale radioaktivne kontaminatore.

LITERATURA

- [1] Ammunition Produced from Depleted Uranium; D.Ristić et al.; December 8, 1997.
- [2] P. Loewenstein, "Industrial Uses of Depleted Uranium", Vol.1; American Society for Metals, 1989.
- [3] Development of Depleted Uranium Training Support Packages: Tier I – General Audience; U.S.Army Chemical School; October, 1995; p. 21. See also Kinetic Energy Penetrator Long Term Strategy Study (Abridged); U.S. Army Armament, Munitions, and Chemical Command Task Force; July 24, 1990; Chapter III.
- [4] Kinetic Energy penetrator Environmental and Health Considerations (Abridged); Science Applications International Corporation (SAIC); July, 1990; Vol. 2, 2-4.
- [5] S.S. Rao and T.B. Bhat, "Depleted uranium penetrators – hazards and safety", *Defense Science Journal*, **47**(1) (1997), pp. 97-105.
- [6] M. Anderson, T.D. Enyeart, T.L. Jackson, R.W. Smith, C.E.-Stewart, R.A. Thompson, M.D. Ulick and K.K. Zander, "Resumption of Use of Depleted Uranium Rounds at Nellis Air Force Range, Target 63-10", US Air Force, June 1997.
- [7] M.E. Danesi, "Kinetic Energy Penetrator Long Term Strategy Study", US Army Armament, Munitions and Chemical Command (AMCCOM), July 1990.
- [8] D. Fahey, "Depleted Uranium – The Stone Unturned, Report on Exposures of Persian Gulf War Veterans and Others to Depleted Uranium Contamination", Swords to Plowshares, March 1997.
- [9] S. Peterson, "A Special Report – The trail of a bullet – Will America risk use of DU in Kosovo? – DU's global spread spurs debate over effect on humans – A rare visit to Iraq's radioactive battlefield – DU fallout in Iraq and Kuwait: a rise in illness?", *Christian Science Monitor*, April 29, 1999.
- [10] "Depleted Uranium (DU) Ammunition"; Lt.Col.Gregory Lyle, U.S.Defense Nuclear Agency; March, 1991.
- [11] "Riding the Storm", ITN TV, United Kingdom, aired January 3, 1996 in the UK. "Desert Storms's Deadly Bullet", Gabriel Films (New York) and BBC (UK), aired November 8, 1997 in the USA.
- [12] H. Livingstone, "Depleted Uranium Weapons", The Edge Gallery, London, July 1995.
- [13] BPNW, "Potential behavior of depleted uranium penetrators under shipping bulk storage accident conditions", Battelle Pacific Northwest Laboratory, Richland, WA, USA, 1985.
- [14] R.L. Erikson et al., "A review of the environmental behavior of uranium derived from depleted uranium alloy penetrators", Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington, PNL-7213, 1990.
- [15] B. Rostker, "Environmental Exposure Report: Depleted Uranium in the Gulf", Department of Defense, July 1998.
- [16] "Depleted Uranium Training Support Packets: Tier I – General Awareness", US Army Chemical School, October 1995.
- [17] D. Fahey, "Case Narrative – Depleted Uranium Exposures", Swords to Plowshares, National Gulf War Resource Center, Military Toxics Project, September 1998. See the more recent report Š18Ć.
- [18] D. Fahey, "Don't Look, Don't Find", Military Toxics Project, March 2000.
- [19] J.C. Elder and M.C. Tinkle, "Oxidation of Depleted Uranium Penetrators and Aerosol Dispersal at High Temperatures, LA-8610-MS", Los Alamos National Laboratory, December 1980.
- [20] U.S.Army tanks fired 504 105 mm and 9,048 120 mm rounds; UK armed forces fired less than 100 120 mm rounds; the number of DU rounds fired by U.S.Marine Corps tanks is not known. "Response to Questions from Mr. Dan Fahey," letter from Bernard Rostker, Special Assistant to the Secretary of Defense for Gulf War Illnes; Nov. 4, 1997; p. 1-2. "Technical Response to FOIA Case Number 97-F-1524, Question Eleven;" Office of the Assistant Secretary of Defense; February 11, 1998.
- [21] U.S. Air Force A-10 aircraft fired 783.514 30 mm DU rounds; U.S.Marine Corps AV-8B Harrier jets fired 67.436 25 mm rounds. Office of the Assistant Secretary of Defense; February 11, 1998.
- [22] Of the 2.054 American tanks used in combat, 654 had depleted uranium added to their armor. Conduct of the Persian Gulf War: Final Report to Congress; U.S. Department of Defense; April, 1992; p. 750
- [23] D.L. Haggard, C.D. Hooker, M.A. Parkhurst, L.A. Sigalla, W.M. Herrington, J. Mishima, R.I. Scherpelz and D.E. Haddock, "Hazard Classification Test of 120 mm APFSDS-T, M829 Cartridge: Metal Shipping Container", Pacific Northwest Laboratory, PNL-5928, Richland, Washington, 1986.
- [24] S. Peterson, "A Special Report: Part 2 – Pentagon stance on DU a moving target – Tungesten: One alternative to a risky "favorite round"", *Christian Science Monitor*, April 30, 1999.
- [25] Health and Environmental Consequences of Depleted Uranium Use in the U.S.Army; U.S.Army Environmental Policy Institute; June, 1995, p. 10,24.
- [26] "Radiation Exposure from Depleted Uranium Weapons", 23 May 2000, <http://www.antenna.nl/čwise/uranium/ruxd.html>
- [27] [AEPI 1995] Health and Environmental Consequences of Depleted Uranium Use in the U.S.Army: Technical Report. Army Environmental Policy Institute, Atlanta, Georgia 1995, p.200.
- [28] [DOE 1999] Final Programmatic Environmental Impact Statement for Alternative Strategies for the Long-Term management and Use of Depleted Uranium Hexafluoride, DOE-EIS-0269, U.S.DOE, Germantown MD, April 1999
- [29] [FGR 12] Federal Guidance Report No.12: External Exposures to Radionuclides in Air; Water; and Soil, EPA 402-R-93-081, September 1993.
[The FGR 12 dose factors are based on ICRP 26. The DFEXT software also allows computing of the effective dose according to ICRP60: these values have been used here.]
- [30] [ICRP60] 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Oxford 1991
- [31] [WHO1998] World Health Organization: Guidelines for Drinking-water Quality, Second edition, Addendum to Volume 2: Health Criteria and Other Supporting Information, WHO/EOS/98.1, Geneva 1998, p.283.
- [32] [BTF 1999] UNEP/UNCHS Balkans Task Force (BTF): The potential effects on human health and the environment arising from possible use of depleted uranium during the 1999 Kosovo conflict. A preliminary assessment. p.76, Geneva, October 1999.
- [33] G. Bukowski, D.A. Lopez and F.M. McGehee III, "Uranium Battlefields Home&Abroad: Depleted Uranium Use by the US Deparatment of Defense; Rural Alliance for Military Accountability, Progressive Alliance for Community Empowerment", *Citizen Alert*, March 1993.
- [34] R. Coghill, C. Busby and A. Philips, "The Question of Depleted Uranium Bombing: Battlefield Chernobyl?", *Coghill Research Laboratories*, June 1999.
- [35] J. Shirley, "Nukes of the Gulf War", *ParaScope*, November 1996.
- [36] "Tomahawk Cruise Missile", *CNN Interactive*, August 1998.
- [37] "Health and Environmental Consequences of Depleted Uranium Use in the US Army", *US Army Environmental Policy Institute (AEPI)*, June 1995.

- [38] H. Harley, E.C. Foulkers, L.H. Hilborne, A. Hudson and C.R. Anthony, "A Review of the Scientific Literature As it Pertains to Gulf War Illnesses: Vol.7, Depleted Uranium, MR-1018/7-OSD", RAND, 1999.
- [39] "Public Health Assessment: US Army Materials Technology Laboratory Watertown, Middlesex County, Massachusetts, MA 0213820939", Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), February 1997.
- [40] D. Fahey, "Depleted Uranium – The Stone Unturned, Report on Exposures of Persian Gulf War Veterans and Others to Depleted Uranium Contamination", Swords to Plowshares, March 1997.
- [41] N.M. Becker and E.B. Varta, "Hydrologic Transport of Depleted Uranium Associated with Open Air Dynamic Range Testing, LA-UR-95-1213", Los Alamos National Laboratory, May 1995.
- [42] D.M. Van Etten and W.D. Purtyman, "Depleted Uranium Investigation at Missile Impact Sites in White Sands Missile Range, LA-12675-MS", Los Alamos National Laboratory, January 1994.
- [43] D. Fahey, "Collateral Damage: How US Troops Were Exposed to DU During the Gulf War", Metal of Dishonor, International Action Center, May 1997.
- [44] M.H. Ebinger and W.R. Hansen, "Depleted Uranium Risk Assessment for Jefferson Proving Ground Using Data from Environmental Monitoring and Site Characterization", Los Alamos National Laboratory, LA-UR-96-3852, October 1996.
- [45] M.H. Ebinger and T.P. Oxenburg, "Modeling exposure to depleted uranium in support of decommissioning at Jefferson Proving Ground, Indiana, LA-UR-96-3907", Los Alamos National Laboratory, Proceedings of the Waste Management '97 Conference, Tucson, AZ, March 1997.
- [46] H. Ebinger and W.R. Hansen, "Depleted Uranium Human Health Risk Assessment at Jefferson Proving Ground, Indiana, LA-UR-94-1809", Los Alamos National Laboratory, April 1994.
- [47] M.H. Erbinger, O.B. Myers, P.L. Kennedy and W.H. Clements, "Depleted Uranium Risk Assessment at Aberdeen Proving Ground, LA-UR-93-484", Los Alamos National Laboratory, March 1993.
- [48] M.H. Ebinger, E.H. Essington, E.S. Gladney, B.D. Newman and C.L. Reynolds, "Long Term Fate of Depleted Uranium at Aberdeen and Yuma Proving Grounds, Phase I: Geochemical Transport and Modeling, LA-11790-MS", Los Alamos National Laboratory, June 1990.
- [49] M.H. Ebinger, P.L. Kennedy, O.B. Myers, W. Clements, H.T. Bestgen and R.J. Beckman, "Long-term fate of depleted uranium at Aberdeen and Yuma Proving Grounds, Phase II: Human Health and Ecological Risk Assessments", Los Alamos National Laboratory, September 1996.
- [50] M. Anderson, T.D. Enyeart, T.L. Jackson, R.W. Smith, C.E.-Stewart, R.A. Thompson, M.D. Ulick and K.K. Zander, "Resumption of Use of Depleted Uranium Rounds at Nellis Air Force Range, Target 63-10", US Air Force, June 1997.
- [51] L. Robinson, "It's bombs astray", U.S. News, August 1999.

SUMMARY

DEPLETED URANIUM

III – Commercial Application of Depleted Uranium.
Manufacturers of Ammunition and Weapons with Depleted Uranium

(Professional paper)

Miloš B. Rajković, Faculty of Agruculture, Belgrade-Zemun, Yugoslavia

Depleted uranium is a highly toxic and low radioactive waste produced during the uranium enrichment process. Up to the seventies of the XX century it was stored and has also been used for making missile hard cores, which is very efficient for armor penetration. However, except for its immediate efficiency, for which there is no doubt, depleted uranium contaminates the location in the form of tiny particles and smog as an "invisible threat", dangerous for people and the environment almost forever ($4.5 \cdot 10^9$ years).

That is the reason for the great publicity, which in the last decade, from the Gulf War (1991) onwards, when munitions with depleted uranium were massively applied for the first time, escalated into a real campaign against its use as an unselective, inhuman and dangerous material which causes consequences for both the conquered and conquerors. In the name of humanity, the environment and the quality of life on Earth, a campaign has been led with the goal of banning its usage.

The cycle of depleted uranium movement, from the separation of unusable material in the process of nuclear fuel enrichment to its use for munitions production has been presented. In a series of three papers published in Chemical Industry (No 4, 5 and 10, 2001).

This paper, as the third part of the series, gives information about the producers of ammunition with depleted uranium of all sizes (caliber) and all the fields and test areas where such kinds of munitions have been tested in the past.

Key Words: Depleted Uranium • A-10 Thunderbolt II Aircraft • DU penetrator • DU rounds • Cruise Missile • DU Test Sites •
Ključne reči: Osiromašeni uranijum • A-10 "tanderbol" • Udarna igla od osiromašenog uranijum • Municija sa osiromašenim uranijumom • Krstareća raketa • Lokacije za testiranje •