

06067014

**PRIMJENA MODIFIKOVANIH
AVIONSKIH BOMBI TOKOM OPSADE
SARAJEVA 1994.-1995.**

Sarajevo, februar 2007.

06067015

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

Broj dokumenta: DTD-01/05		Datum dokumenta: 30.01.2007.god.		Tip dokumenta: Ekspertiza	
Naslov: Trial Prosecutor v Dragomir Milošević (IT-98-29-I-PT), Primjena modifikovanih avionskih bombi tokom opsade Sarajeva 1994.-1995.				UDK:	
Autor: Berko Zečević					
Odobrio:					
Institucija u kojoj je dokument urađen/pohranjen i adresa: Univerzitet u Sarajevu Mašinski fakultet u Sarajevu Odjeljenje za odbrambene tehnologije Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina				Broj odluke:	
Institucija za koju je dokument urađen i adresa: International Criminal Tribunal for the Former Yugoslavia, for Trial Attorney Mr. Stefan Waespi				Broj Ugovora:	
Distribucija/raspoloživost dokumenta: Ograničena					
Sažetak:					
Ključne riječi:					
Naučno područje:			Naučno polje:		
Broj stranica: 172	Broj slika: 257	Broj tabela: 10	Broj korištenih bibliografskih jedinica:		
Sigurnosna klasifikacija publikacije: Neklasifikovana	Sigurnosna klasifikacija bibliografske kartice: Neklasifikovana	Sigurnosna klasifikacija sažetka: Neklasifikovana	Ograničenja za distribuciju: Ograničena		

Uvod	
1. Lične kvalifikacije i profesionalno iskustvo	1
2. Avionske bombe	4
3. Metode i sekvence bombardovanja	10
4. Vjerovatna kružna greška-CEP	13
4.1 Preciznost konvencionalno korištenih avionskih bombi	19
5. Sistemi navođenja avionskih bombi	21
6. Efekti djelovanja avionskih bombi na cilju	23
6.1 Predviđanje efekta udarnog talasa	24
6.2 Prirodna fragmentacija avionskih bombi	39
6.3 Oružja prostornog djelovanja	53
7. Načini modifikovanja avionskih bombi i utjecaj modifikacije na preciznost	59
7.1 Raketizirana bomba ODAB-500 / KREMA-4	60
7.2 Raketizirana bomba FAB-100	66
7.3 Raketizirana bomba FAB-250	68
8. Vjerovatna odstupanja modifikovane avionske bombe	72
9. Realni domet modifikovanih avionskih bombi	74
10. Preciznost modifikovanih avionskih bombi	78
11. Uniformnost parametara modifikovanih avionskih bombi	82
12. Pretpostavke uspješnog dizajna i upotrebe modifikovanih avionskih bombi	84
13. Postojanje dokumentacije za montažu, rukovanje i upotrebu modifikovanih avionskih bombi	87
14. Lanseri modifikovanih avionskih bombi	88
15. Mehanizam djelovanja modifikovane avionske bombe	91
16. Opseg i vrsta oštećenja izazvana upotrebom modifikovanih avionskih bombi	93
17. Analiza dokumentovanih slučajeva upotrebe modifikovanih avionskih bombi u Sarajevu	100
18. Brzina kretanja modifikovanih avionskih bombi	148
19. Vizualno praćenje leta modifikovane avionske bombe	150
20. Zvučno registriranje lansiranja modifikovane avionske bombe	151
21. Metodi utvrđivanja mjesta lansiranja modifikovane avionske bombe	155
22. Opšti kontekst korištenja avionskih bombi u Sarajevu	159
Prilozi	162

Uvod

Od strane gosp. Stefana Weaspi (Trial Attorney) dobio sam zahtjev napisan dana 17.11.2006 god. u kome se traže odgovori na određen broj pitanja koja su bila dostavljena u ovom zahtjevu.

U sklopu zahtjeva za izradu izvještaja, dostavljena su mi sljedeće dokumenta:

- Optužnica protiv Dragomira Miloševića i
- Priručnik o avionskim bombama koji sadrži tehničke podatke (broj dokumenta 0467-5771 do 0467-58189)

U dopisu od 27.11.2006 god., napisanog od strane gosp. Manoj Sachdeva (Legal Officer, Office of the Prosecutor) dostavljeni su mi na dva DVD medija materijali vezani za incidente granatiranja iz Drugog dijela priloga optužnice (ukupno deset incidenata).

Izvještaj je pisan u skladu sa postavljenim pitanjima iz zahtjeva Tužiteljstva od 17.11.2006 god., uz određene manje izmjene u redoslijedu.

Pored dostavljenih materijala, korišteni su i podaci sa kojima sam raspolagao.

1. Lične kvalifikacije i profesionalno iskustvo

(Molim Vas da u Vašem izvještaju navedete tačne i iscrpne podatke o Vašim kvalifikacijama kojima se potkrepljuje činjenica da posjedujete stručno znanje u vezi s avionskim bombama, tačnije, avionskim bombama korištenim u Sarajevu tokom 1994. i 1995. godine.

Takođe molim da navedete konkretne pojedinosti o Vašoj stručnosti i iskustvu u vezi s istragama o incidentima prilikom kojih su korištene avionske bombe, kako u Sarajevu, tako i drugdje.)

Od 1.08.1975 god. do početka rata sam radio u tvornici za proizvodnju artiljerijske i raketne municije i avionskih bombi, koja se zvala UNIS PRETIS u Vogošću-Sarajevo. Cjelokupan radni period sam proveo u istraživačko razvojnoj instituciji tvornice, na poslovima samostalnog projektanta ili šefa odjela za balistiku.

Od 1976 god. radim u dopunskom radnom odnosu na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu, Katedra za Mehaniku, odnosno od 1980 god. na Katedri za odbrambene tehnologije (stari naziv: vojna proizvodnja).

U periodu 1986-86 god. sam prešao da radim u novostvorenom UNIS Institutu u okviru holding kompanije UNIS kao šef Odjeljenja za naoružanje.

Osnovne oblasti mog djelovanja u okviru tvornice UNIS PRETIS su bile oblasti „Raketni motori“ i „Bojeve glave“, nužne za projektovanje raketnih HE projektila. U sklopu mog rada na razvoju novih raketnih projektila značajan dio svog istraživačkog rada sam proveo na vojnim poligonima Jugoslavije i na korištenju softvera za aerodinamički i spoljno-balistički proračun.

U okviru Istraživačko razvojne institucije tvornice PRETIS je djelovalo Odijeljene za avionske bombe, koje je dugo godina vodio moj prijatelj tada potpukovnik Vladan Tomić, a kasnije kapetan Bogdan Krsmanović.

Sa ova dva prijatelja sam imao svakodnevne kontakte, a sa potpukovnikom Tomićem i višesatna dnevna druženja, jer smo stanovali u neposrednoj blizini. Imali smo veoma razvijene stručne diskusije u svim mojim ili njegovim projektima. Potpukovnik Tomić je imao veoma dobru suradnju sa Brodarskim institutom u Zagrebu tokom razvoja podvodne mine za zaprečivanje ulaza, odnosno izlaza iz luka na Jadranskom moru, tako da sam više puta išao sa njim u posjetu BI sa ciljem razmatranja mogućnosti da za potrebu Ratne mornarice pristupim projektovanju rakete za diverzantske akcije u neprijateljskim lukama, a koja bi se lansirala neposredno ispod nivoa mora.

Također, tokom razvoja aerosolne bombe od 250 kg, a koju je razvijao potpukovnik Tomić sa Vazduhoplovno tehničkim institutom iz Beograda ostvareni su kontakti sa dr Zoranom Maksimovićem, koji je bio odgovoran za razvoj aerosolnih eksploziva. Potpukovnik Tomić me je 1988 god povezao sa dr Maksimovićem u jednoj fazi razvoja aerosolnog generatora za sprečavanje formiranja gradonosnih oblaka za protiv gradnu raketu, a koju sam razvijao za potrebe UNIS-a.

Tokom prvog sastanka dr Maksimović me je detaljno informirao o svojim posjetima SAD tokom kojih je bio upoznat sa dostignućima istih u razvoju i primjeni aerosolnih bombi. Tokom razgovora, predložio mi je da mi bude mentor tokom izrade magistarskog rada i ponudio da izvršimo određene eksperimente sa aerosolnim eksplozivima. Prihvatio sam prijedlog za eksperimentalna istraživanja i ona su izvršena tokom 1989 god. Nažalost, rezultati ispitivanja nisu bili ohrabrujući, tako da sam preusmjerio svoje aktivnosti na drugu oblast. Nastavio sam kontakte sa dr Maksimovićem u drugim oblastima od interesa do početka 1992 god.

Tokom 1990 god., Odjeljenje za avionske bombe (sada je rukovodilac bio kapetan Krsmanović, jer je potpukovnik Tomić premješten u Tehnički opitni centra KoV JNA u Beograd) i Odjeljenje za balistiku (moje odjeljenje) su zajednički pripremili projekt za kopiranje francuske probojne bombe DURANDAL (sa raketnim motorom). Projekt je odobren od strane Ratnog vazduhoplovstva JNA i stavljena su nam na raspolaganje dva uzorka bombe. Tokom 1991 i 1992 god. izvršen je postupak snimanja dijelova bombe (snimanje dijelova sam ja obavljao) sa ciljem izrade tehničke dokumentacije i pokušaja razvoja jugoslavenske kopije navedene bombe.

Dana 29. januara 1994 god. oko 9⁴⁵ časova u blizini mog stana, osjetio sam žestok vertikalni udar, koji me je dobro prodrmao. Tada sam mislio da je udar izazvan zemljotresom ili eksplozijom većeg intenziteta. Uvečer, 29 januara 1994 god. pozvan sam od svog bivšeg studenta, koji je tada bio u Armiji BiH da dam svoje mišljenje o ostacima raketnog projektila koji je djelovao na područje brda Žuč. Pregledao sam ostatke tog projektila, koji se sastojao od sistema sastavljenog od četiri raketna motora 122mm tipa GRAD i petog kontejnera za padobranski sistem. Raketni motori su bili međusobno na čelu povezani sa sistemom za uravnoteženje pritiska sagorijevanja u komorama i bili su ugrađeni u aluminijsku ploču pomoću kojih su centrirani raketni motori i ostvarena veza sa bojevim dijelom raketnog projektila. Na dijelu prema mlaznicama raketnih motora se nalazio stabilizirajući odsjek projektila, koji je obuhvatao snop motora. Boja raketnih motora i oznake na mlaznicama su u potpunosti odgovarale ruskim vojnim standardima. Mehanička obrada dijelova projektila je bila visoko profesionalna. Obzirom da nije došlo do uništenja raketnog propulzivnog sistema tokom eksplozije projektila, ukazao sam nadležnim oficirima da sistem vjerovatno predstavlja oružje prostornog-blast djelovanja i da nije fragmentacionog karaktera. Kasnije, analizirajući raspoložive podatke o sličnim efektima, došao sam do zaključka da je to sistem baziran na aerosolnim eksplozivima, te sam te svoje informacije dostavio oficirima te vojne jedinice. Međutim, oni nisu prihvatili taj moj stav.

Gledajući TV primijetio sam izjavu Karadžića o „tajnom“ oružju sa kojim je snabdjevena njegova Vojska, te sam smatrao svojom obavezom da ukažem na potencijalnu opasnost od tog oružja prostornog djelovanja. Obratio sam se Glavnom štabu Armije BiH i poslije razgovora sa generalom Arifom Pašalićem dostavio sam mu kratku informaciju i pristupio sam izradi jedne studije o karakteristikama aerosolnog oružja i po njenom završetku sam je dostavio GŠ Armije BiH (prilog informacija i kratka studija).

Krajem te godine radijski izvještači su javljali o intenzivnim djelovanjima sličnog karaktera na ratištu oko Bihaća. Zbog toga sam sastavio jednu informaciju sa ciljem da se borci upoznaju sa karakteristikama oružja (prilog) i dao sam jedan intervju za radio.

Dana 28.06.1995 god. pozvao me je sudija Izet Baždarević i zatražio da izvršim ekspertizu djelovanja projektila velike snage na zgradu Televizije Sarajevo (Naredba Višeg suda KRI 123/95 od 28.06.1995.god.). Pozvao sam još dvojicu svojih kolega, Ahmeta H.Omerovića dipl. maš. inž. i Amira Kurtovića dipl. hem. inž., da zajedno pregledamo mjesto djelovanja projektila. U roku od deset dana smo prikupili određen broj podataka i sastavili smo našu ekspertizu, koju smo dostavili sudiji Baždareviću.¹ Tokom izrade ekspertize obišli smo više mjesta gdje je došlo do djelovanja sličnih projektila i to smo konstatirali. Ostaci projektila u ovim slučajevima su ukazivali na to da je došlo do izmjene strukture projektila i da su korišteni dijelovi koji su sadržavali komponente proizvedene ili modifikovane od strane stručnjaka sa ovih prostora.

¹ Zečević B., H.Omerović A., Kurtović A.: Izvještaj o utvrđivanju stanja i uzroka djelovanja raketnih projektila velike razorne moći na urbane dijelove Sarajeva, Po naredbi Višeg suda br. KRI 123/95 od 28.06.1995 god., Sarajevo, 11.07.1995 god.

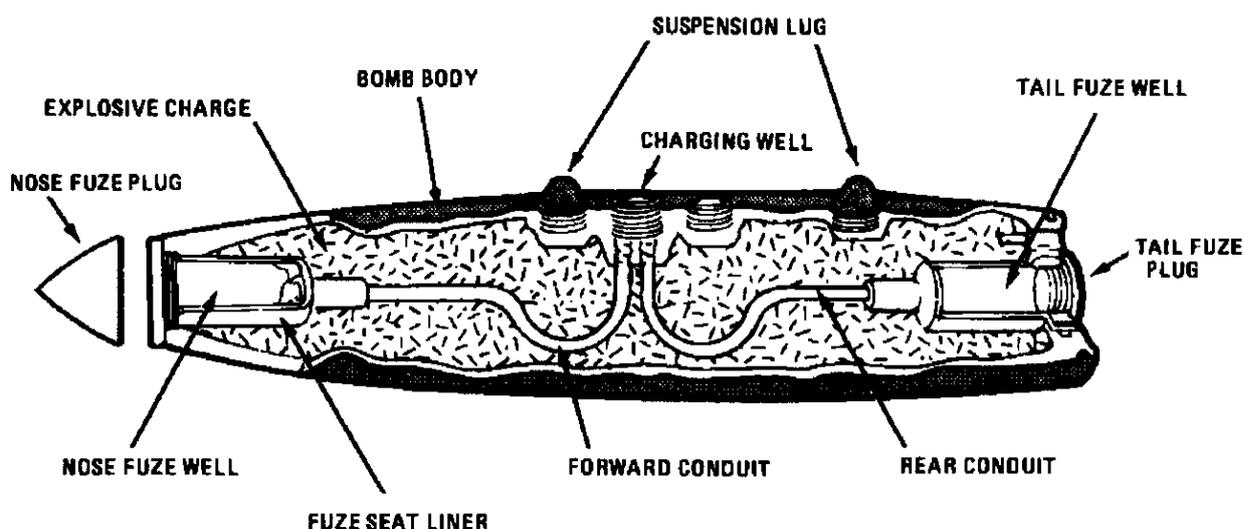
06067020

Posle izrade ekspertize, u neposrednoj blizini zgrade u kojoj sam stanovao, dejstvovao je jedan projektil prostornog djelovanja (modifikovana bomba) i izazvao je kompletno razbijanje stakala u kompletnom bloku naselja od oko 1000 stanova.

Poslije rata sam imao prilike da vidim ostatke još par sličnih projektila.

2. Avionske bombe (general purpose bombs)

Avionske bombe se koriste za djelovanje protiv neprijateljskih ciljeva sa ciljem smanjenja ili neutralizacije njegovih potencijala. One mogu biti snabdjevene sa jakim eksplozivom, zapaljivim materijalima, aerosolnim eksplozivima, „thermobaric“ eksplozivima, hemijskim oružjem ili nuklearnim oružjem. Avionske bombe su municija koja se koristi u taktičkim operacijama za direktnu podršku zemaljskim, mornaričkim i vazduhoplovnim snagama pri ofanzivnom ili defanzivnom djelovanju. Avionske bombe opšte namjene (GP Bombs) su najčešće korištene bombe u dosadašnjim ratnim operacijama i obično sadrže eksplozivno punjenje čija masa iznosi obično 45-50% ukupne mase bombe.



Sl. 1. Opšti izgled tijela avionske bombe opšte namjene
(bez stabilizirajućeg sklopa i uređaja za kočenje)

Avionske bombe se obično sastoje od tri neovisna dijela. Tijelo bombe se sastoji od prednjeg oživalnog dijela, cilindričnog i zadnjeg oživalnog dijela. Prednji oživalni oblik bombe definira da li će bomba imati mali ili veliki otpor kretanju kroz vazduh. Starije izvedbe su imale relativno velik aerodinamički otpor (jugoslovenski i neki ruski tipovi bombi), dok moderne američke bombe tipa Mk-80 imaju jako mali aerodinamički otpor. Sekcija upaljača je smještena u prednjem dijelu i/ili zadnjem dijelu tijela i oni određuju vrijeme eksplozije. Zadnja sekcija, koja je obično konusna sadrži stabilizirajuće površine bombe i eventualno uređaj za kočenje. Debljina tijela bombe je promjenljiva i varira od 12,5 mm do više desetina milimetra, posebno na zadnjem i prednjem dijelu tijela bombe koje mora biti ojačano da bi bomba imala mogućnost prodiranja kroz cilj. Tijelo bombe je izrađeno od čelika ili nodularnog liva. Zavisno od željenog efekta bombe na cilju moguće je više kombinacija tijela bombe, upaljača i zadnje sekcije bombe.

Eksplozivno punjenje je smješteno u sklopu tijela avionske bombe. Kao eksploziv kod avionskih bombi standardne izvedbe se koristi TNT, dok kod novijih izvedbi tritonal, tj. mješavina TNT i aluminija u prahu, ili kompozicija B (mješavina TNT i heksogena), ili smješa koja sadrži 40% TNT, 40% amonijum nitrat-kalijum nitrat (Ammonium Nitrate-Potassium Nitrate) i 20% aluminija (Minol IV), ili H-6. Međutim, u posljednje vrijeme se za eksplozivno punjenje kod bombi koristi plastični eksploziv PBX baziran na RDX, amonijum perhlorata, nitrovanidina,

aluminijuma u prahu i veziva na bazi polibutadijena sa završnom karboksilnom grupom (hydroxy-terminated polybutadiene)^{1,2}.

Bomba obično ima prednji i zadnji upaljač. Savremene GP bombe koriste elektronske upaljače, ali na prostorima bivše Jugoslavije korišteni su mehanički upaljači sa mogućnosti kašnjenja djelovanja do maksimalno 17 sekundi. To su bili upaljači tipa AVE ili VDM (ruski koncept). Dok je bomba na nosaču ispod aviona, upaljači imaju kontakt sa uređajem za odbacivanje. U trenutku odbacivanja bombe od aviona, aktivira se tajmer na upaljačima i sistemu za kočenje bombe (sigurnosno-armirajući podsistem). Bombe mogu detonirati u jednom od tri moda: djelovanje u vazduhu (airburst), u trenutku udara u cilj (impact mode) ili posle udara u cilj (post-impact delay mode), odnosno posle prodiranja kroz cilj. Kada je izabran mod djelovanja u vazduhu, bomba je podešena da detonira na kratkom odstojanju iznad zemlje, pri čemu se postiže maksimalan fragmentacioni efekt i koristi se pri napadu na nezaštićene ciljeve (for attacking unprotected targets). Pri udarnom modu, bomba detonira u trenutku kontakta sa ciljem i ovaj mod djelovanja je optimiziran za primjenu udarnog (blast) efekta protiv nezaštićenih instalacija. Kada je bomba podešena za djelovanje posle udara, odnosno u modu djelovanja sa zakašnjenjem, bomba detonira posle nekog kratkog vremena od trenutka početka prodiranja kroz strukturu cilja i dužina kašnjenja dejstva zavisi od otpornosti cilja.

Ruski termin za avionske bombe opšte namjene je fugasna avio bomba-FAB (fugasnaya aviatsionnaya bomba) i taj termin je korišten u bivšoj JNA. U nastavku skraćenice FAB je bila nominalna vrijednost mase bombe, tako da je oznaka FAB-250 označavala avionsku bombu nominalne mase od 250 kg.

Starije izvedbe ruskih i jugoslovenskih avionskih bombi su imale na zadnjem dijelu bombe postavljen kružni prsten na zadnjem dijelu stabilizirajućih površina, a na prednjem dijelu tijela je bio anti-rikošetni prsten.



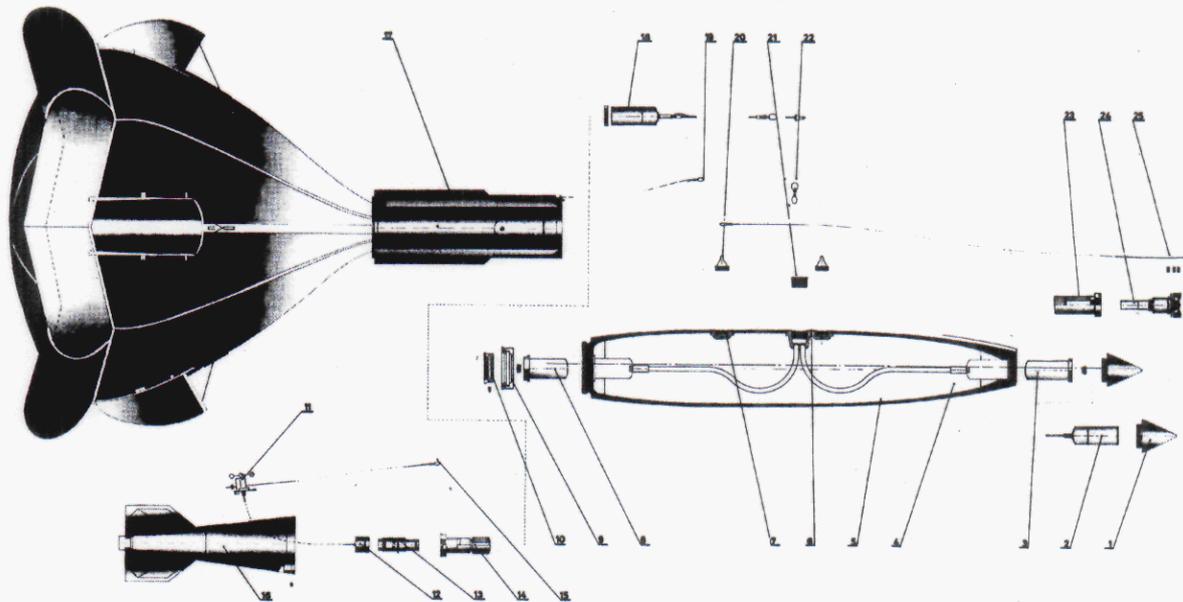
Sl. 2. Ruska bomba FAB-500 M54 sa zadnjim prstenom i prednjim anti-rikošetnim prstenom³

¹ Boyars, Carl ; Holden, James R. ; Bertram, Albert L: Minol IV, A New Explosive Composition Containing Ammonium Nitrate-Potassium Nitrate Solid Solution. Part I, NAVAL ORDNANCE LAB WHITE OAK MD, AD0763332, 1973

² Gunter Bocksteiner, Matthew D. Cliff, Raymond A. Horsley and Mike G. Wolfson: PBX Munitions - An Insensitive, Alternative Filling for General Purpose Bombs, Parari '97 - Explosive Ordnance, The Impact of Change, 1997.

Avionske bombe opšte namjene se identificiraju prema svojoj masi (težini) tj. napr. bomba od 250 kg ili 500 lb. Stvarna masa bombe je nešto drugačija, jer zavisi od tipa upaljača, sistema za kočenje, sistema za vođenje i upravljanje (guidance systems). Znači, oznaka za masu bombe označava samo nominalnu masu.

Na primjeru francuske bombe od 250 kg LUCHER⁴ vidi se da savremene avionske bombe opšte namjene (general purpose) sastoje se od tijela i stabilizirajućeg sklopa, a koji može sadržavati kočeci sistem (padobran ili kočnice).



A. LU 250 E.G.-F.T. BOMB WITH RETARDER TAIL	
B. LU 250 E.G.-F.T. BOMB WITH CONIC TAIL	
1. Nose cap	14. Priming relay
2. Nose electrical fuze	15. Fin mechanical fuze arming wire
3. Nose adapter bushing	16. Conical fin
4. Explosive charge	17. Retarder
5. Bomb body	18. Electrical fuze
6. NATO lug and arming wells for electrical fuzes	19. Retarder opening control wire
7. NATO suspension lug insert	20. NATO suspension lug
8. Tail adapter bushing	21. Electrical circuit wells closure
9. Rear blanking plate	22. Fuze arming swivel hook
10. Sleeve coupling	23. Priming relay
11. Wind vane	24. Nose mechanical fuze
12. Coupling regulator	25. Nose mechanical fuze arming wire
13. Fin mechanical fuze	

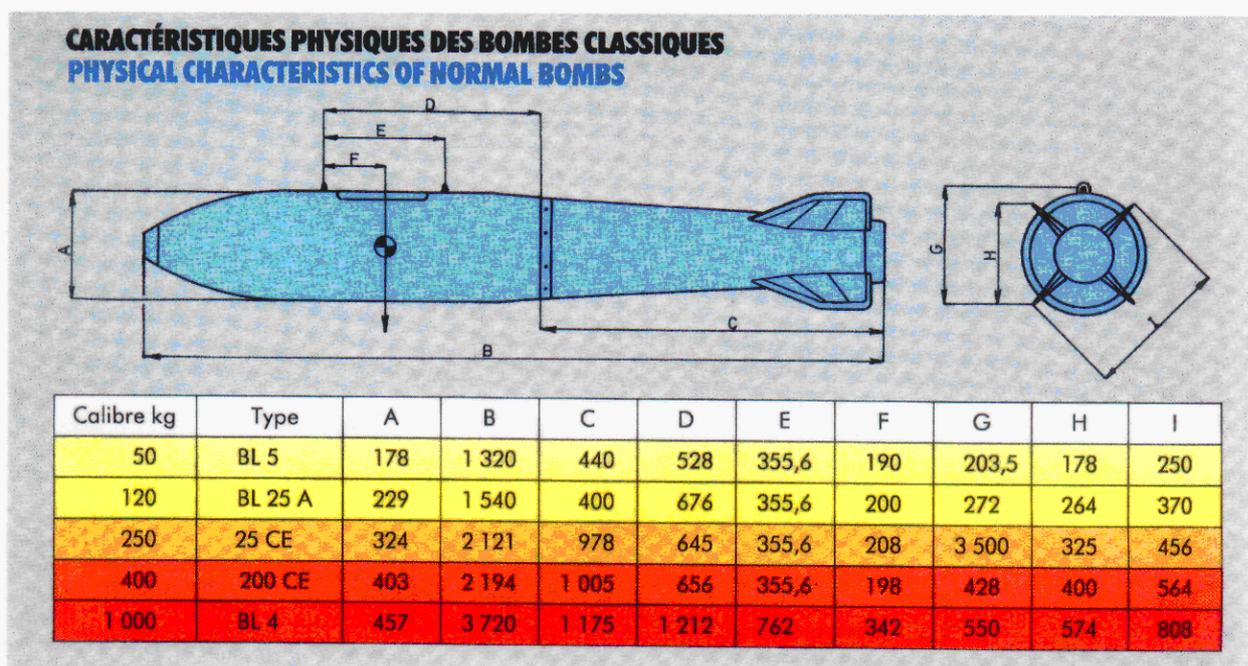
Sl. 3. Struktura avionske bombe 250 kg firme Luchoire

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Image:FAB-500_M54_Bomb.jpg

⁴ Bombs 250 kg, LUCHAIRE S.A. ARMEMENT, Paris, France

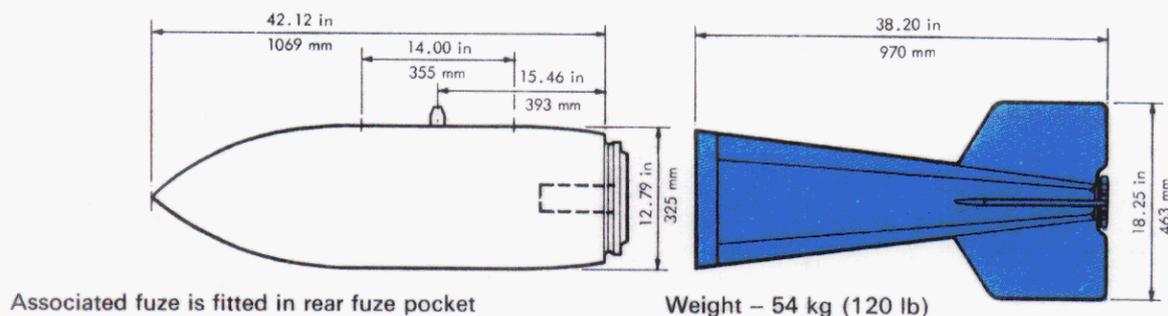
Avionske bombe velikog i malog aerodinamičkog otpora su generalno veoma sličnih fizičkih karakteristika, neovisno od zemlje koja ih proizvodi.

Avionske bombe koje su proizvedene neposredno posle drugog svjetskog rata su imale dizajn sličan dizajnu na sl. 2, dok bombe proizvedene zadnjih četrdeset godina imaju dizajn kao na sl. 4, gdje neovisno od njihove mase, njihov opšti geometrijski oblik je identičan. Ovoj klasi bombi pripadaju i jugoslovenske bombe FAB-100 i FAB-250.



Sl. 4. Fizikalne karakteristike „normalnih“ odnosno klasičnih bombi⁵

Na sl. 5 date su detaljne dimenzije engleske bombe HE MC Mk 1 od 245 kg (540 lb), a koja po svojim karakteristikama je identična jugoslovenskoj bombi FAB-250 M79. Na slici se jasno vidi tijelo bombe i stabilizirajući dio u kojem se smješta uređaj za kočenje. Ako se usporede dimenzije avionske bombe francuskog proizvođača SEP i britanske bombe, vidljivo je da postoje samo neznatne razlike.



Sl. 5. Dimenzije engleske bombe HE MC Mk 1 od 245 kg (540 lb)⁶

⁵ SAMP:., Societe des ateliers mechaniques de pont, Sambre.



Dno savremenih bombi je odvojeno od tijela da bi se moglo vršiti jednostavnije livenje eksploziva u tijelo bombe.

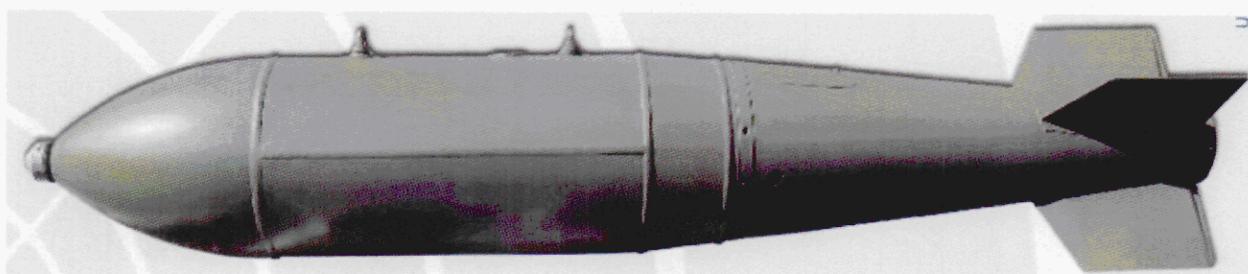
Zadnji dio bombe ima žlijeb za koji se vezuje stabilizirajući dio bombe pomoću zavrtnjeva.

Unutar konusnog dijela bombe se smješta i uređaj za kočenje.

Sl. 6. Tijelo bombe od kojeg je odvojeno dno

U tvornici UNIS PRETIS, Vogošća, blizu Sarajeva vršena je proizvodnja avionskih bombi FAB-100 i FAB-250. Do 1975 god. dio proizvodnje bombi se odvijao i u tvornici municije u Ličkom Osiku u Hrvatskoj.

Poboljšana aerodinamika avionske bombe je primijenjena kod modela bombe FAB-100 M80 sa uređajem za kočenje UKB 100 M80. Bomba je mogla biti izbačena iz aviona i bez uređaja za kočenje. Prečnik bombe je 230 mm, dužinu bez upaljača i sa uređajem za kočenje je 1617 mm, ukupna masa bombe bez uređaja za kočenje i upaljača je 117 kg i masa eksploziva TNT je 39 kg. Bomba FAB-100 M80 koristi upaljač AUFK sa uređajem za kočenje, dok u slučaju upotrebe bez uređaja za kočenje se koriste AVU-E i AUFK.

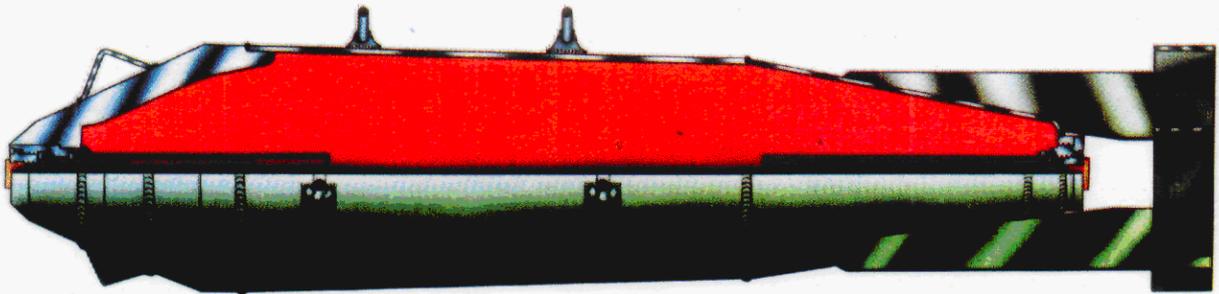


Sl. 7 FAB 100 M80 sa uređajem za kočenje UKB 100 M80⁷

Stari model avionske bombe FAB-250 M72 prikazan je na sl. 8. Taj model u potpunosti odgovara dizajnu ruske bombe FAB-250 M54, posjeduje kružni prsten na stabilizirajućim površinama i ima anti-rikošetni prsten na prednjem oživalnom dijelu tijela.

⁶ HUNTING Engineering Limited: A retarding system for British or American 500-1000 lb bombs

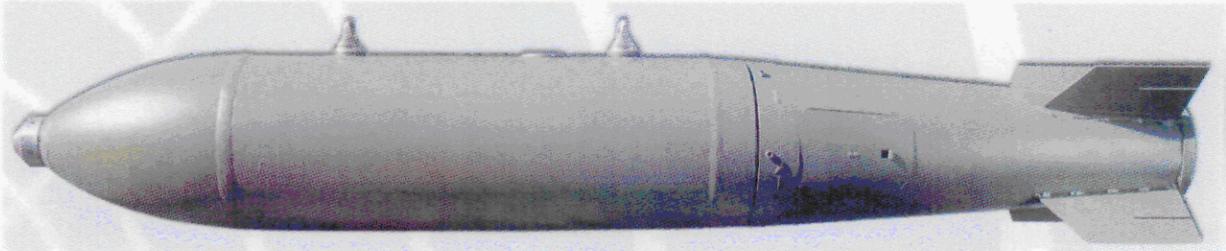
⁷ UNIS PRETIS NIS d.d, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Air craft bomb, FAB-100 M80



Sl. 8. Avionska bomba FAB 250 M72, stari model sa anti-rikošetnim prstenom na prednjem dijelu oživala tijela⁸

Bombe FAB-250 M72 ima prečnik 325 mm, dužinu bez upaljača 1460 mm, ukupnu masu od 231 kg i masu eksploziva TNT od 96 kg. Bomba FAB-250 M72 koristi dva upaljača, prednji AVE i zadnji VDM (ruska izvedba). Maksimalno vrijeme kašnjenja upaljača je 17 s.

Nova verzija avionske bombe je model FAB-250 M79, koji u potpunosti odgovara standardnom dizajnu bombi opšte namjene (sl. 9). Na sl. 10 prikazan je presjek ruske bombe OFAB-250T i jasno se primjećuje ojačan prednji dio tijela bombe, nužan sa stanovišta strukturalne otpornosti bombe tokom procesa prodiranja kroz prepreku.



Sl. 9. FAB 250 M79 sa uređajem za kočenje UKB 250 M79⁹



Sl. 10. Presjek ruske bombe OFAB-250T (slične performanse bombi FAB 250 M79)

Prečnik bombe FAB-250 M79 je 325 mm, dužina bez upaljača i sa uređajem za kočenje je 2200 mm, ukupna masa bombe bez uređaja za kočenje i upaljača je 240 kg i masa eksploziva TNT je 105 kg. Bomba FAB-250 M79 koristi upaljač AUFK sa uređajem za kočenje, dok u slučaju upotrebe bez uređaja za kočenje se koriste AVU-E i AUFK.

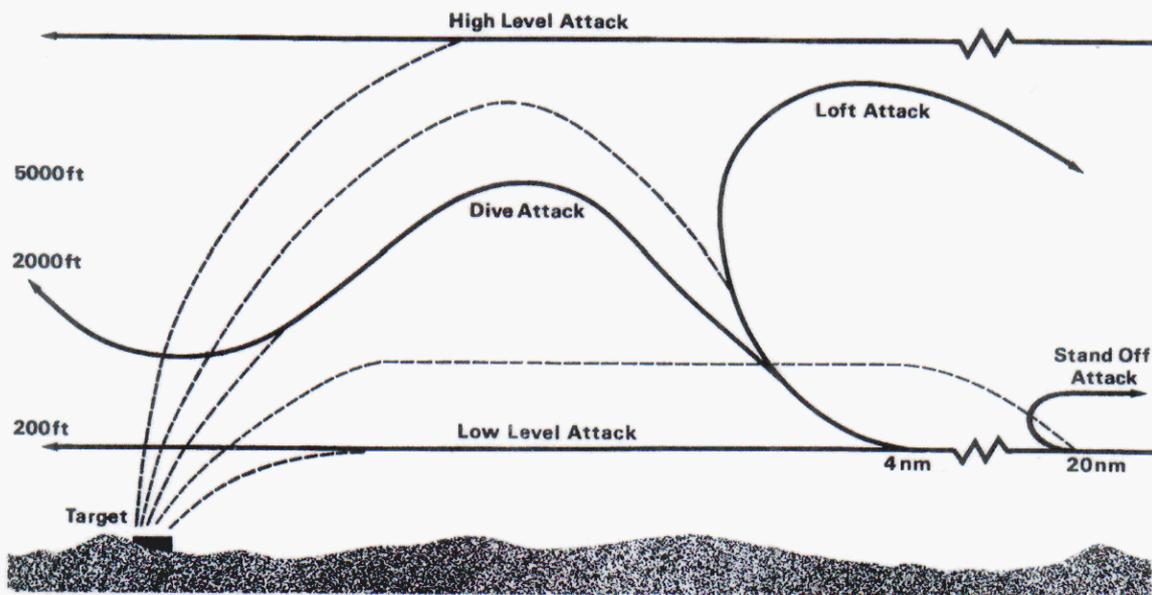
⁸ UNIS PRETIS NIS d.d, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Air craft bomb, FAB-250 M72

⁹ UNIS PRETIS NIS d.d, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Air craft bomb, FAB-250 M79

3. Metode i sekvence bombardovanja

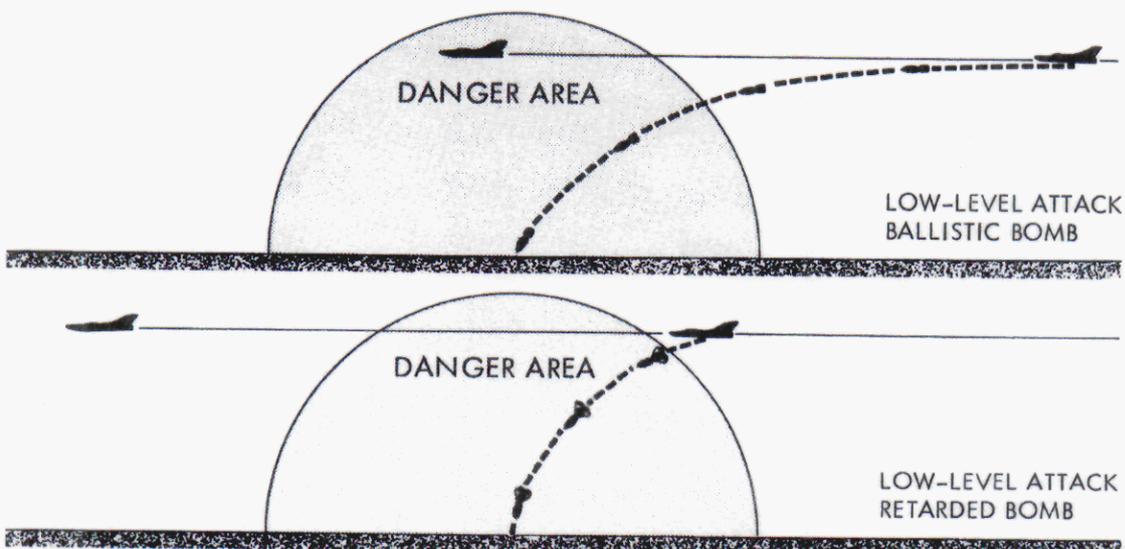
Način izbacivanja avio bombe iz aviona bitno zavisi od karakteristika cilja, tipa aviona i posebno od efikasnosti protiv-vazdušne odbrane. Postoje više načina napada na ciljeve upotrebom avio bombi lansiranih sa aviona.

Na sl. 11 su prikazani najčešći načini napada; sa velike visine, sa jako male visine, iz uspinjanja ili obrušavanja, te napad sa velike udaljenosti.



Sl.11. Mogući načini napada sa avio bombama¹

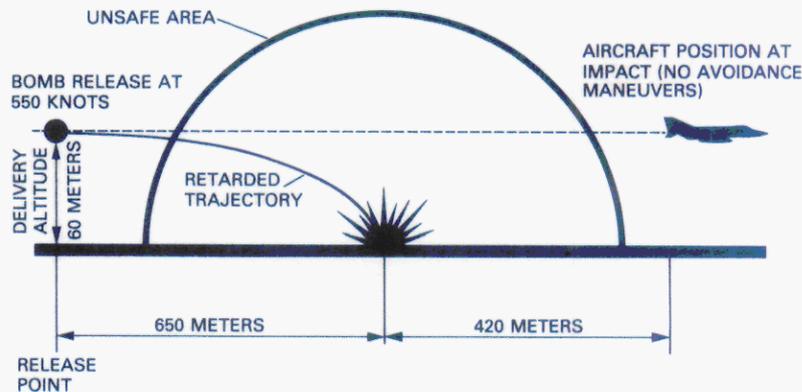
Svaki načina napada ima svoje prednosti i mane. Najveća preciznost napada se postiže pri napadu sa malih visina, ali pri tome je najveća vjerovatnoća da avion bude pogođen ili djelovanjem protiv-avionske odbrane ili fragmentima avionske bombe pri njenom djelovanju na cilju. Zbog toga se pri korištenju sa malih visina upotrebljavaju uređaji za kočenje (padobran ili kočnice).



Sl. 12. Postizanje sigurne distance lansiranje avio bombe

¹ Anon: The British Bomb Retarder System, Hunting Engineering Limited:, 1973.

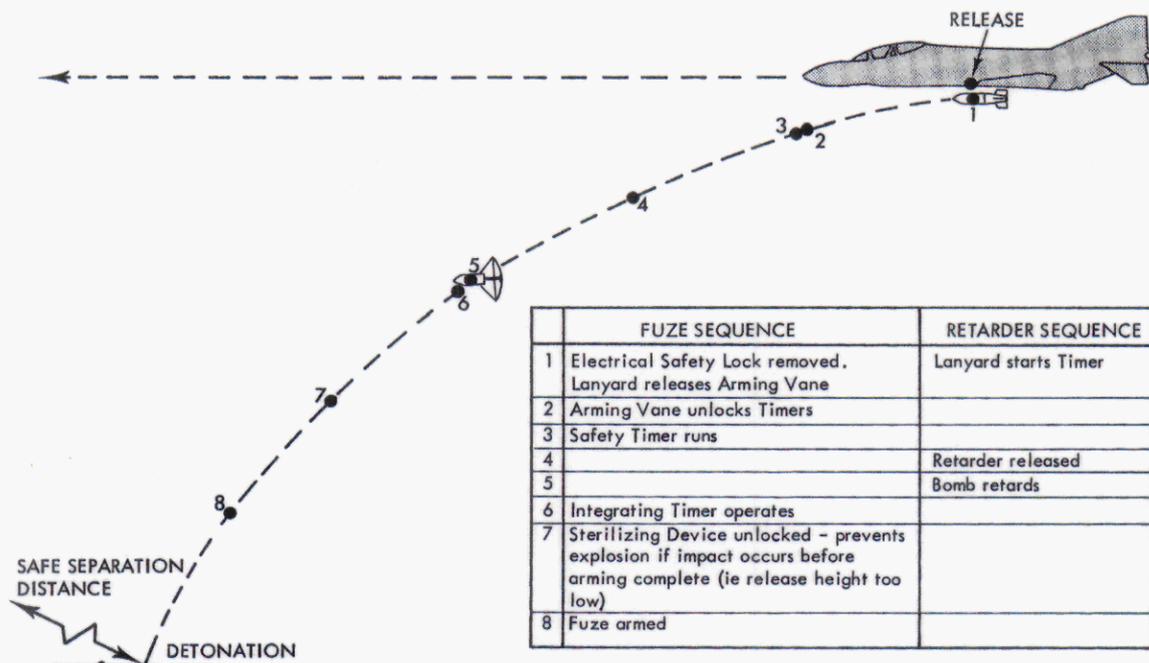
Kada bi se avio bomba lansirala sa male visine, tada bi postojala mogućnost da eksplodira i da nastupi oštećenje aviona prije nego što se avion udalji na sigurnu distancu. Zbog toga se primjenjuju uređaji za kočenje.



Sl. 13. Tipičan način napada sa avio bombama primjenom uređaja za kočenje²

Veoma je važno da ovi sistemi omoguće:

- Da kočnice ili padobran ostvare naglo kočenje bombe i tako stvore potrebno odstojanje između bombe i aviona koji leti na jako maloj visini (60 m) prije nego se armira upaljač (arming of the fuzes).
- Da udaljenost aviona od mjesta eksplozije avio bombe pri korištenju upaljača podešenog na trenutno dejstvo bude dovoljno velika da ne postoji rizik od oštećenja aviona od djelovanja fragmenata (min. 420 m za bombu mase 250 kg).



Sl. 14. Sekvence leta avio bombe³

² Anon: Air Inflatable Retarders, LORAL System Group, Defense System Division, 1980

³ Anon: The British Bomb Retarder System, Hunting Engineering Limited, 1973.

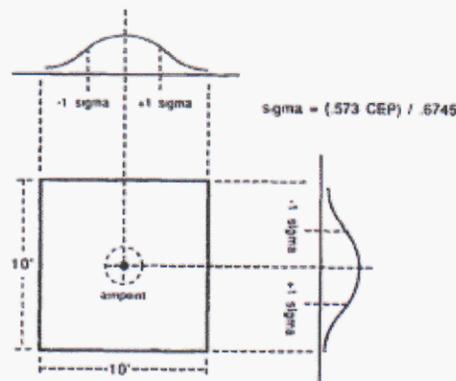
Proces odbacivanja bombe od aviona, njen slobodan let ka zemlji i udar u cilj, sastoji se od sljedećih faza:

- Prva faza. Veza između bombe i kočućeg sistema je nezavisna, tako da se ne može desiti da dođe do otvaranja padobrana dok je bomba smještena ispod aviona. Kada se odbaci avio bomba ispod nosača na avionu, prekida se svaka mehanička veza između bombe i aviona. Sigurnosni sistemi u kočućem sistemu se pokreću.
- Druga faza. Vremenski sistemi u upaljaču se pokreću.
- Treća faza. Sigurnosni sistem je pokrenut.
- Četvrta faza. Kočeci sistem je pokrenut. Kod padobranskog sistema, padobran se razvija (deploy). Padobranski sistem je postavljen iza zadnjeg dijela bombe i ne smije da izaziva poremećaje vazdušnog toka oko bombe.
- Peta faza. Padobranski sistem je potpuno otvoren. Oscilacije tijela bombe posle otvaranja padobrana se brzo prigušuju i bomba je veoma stabilna na trajektoriji.
- Šesta faza. Posle stabiliziranja bombe nastavlja se proces aktiviranja sigurnosno armirajućih mehanizama upaljača.
- Sedma faza. Uklonjen je uređaj za neutralizaciju bombe u slučaju njenog lansiranja sa jako male visine (sve u cilju zaštite aviona).
- Osmu faza. Upaljač je armiran i spreman na djelovanje. Postoje dva moda djelovanja; trenutno dejstvo i dejstvo sa kašnjenjem (više sekundi od trenutka udara u cilj). Avio bomba sa upaljačem podešena na trenutni mod djelovanja se koristi protiv ljudi i materijalnih sredstava (anti-material and anti-personal). Avio bomba sa upaljačem podešenim na mod kašnjenja od više sekundi namjenjena je za djelovanje protiv utvrđenih objekata i zgrada.

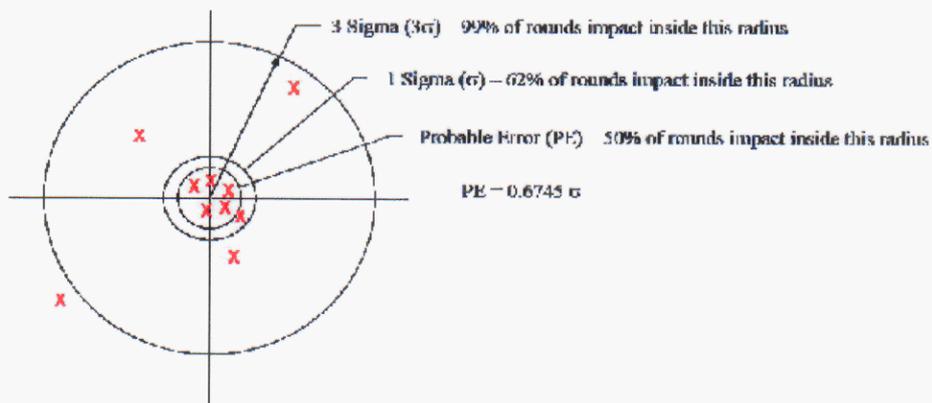
4. Vjerovatna kružna greška-CEP (Circular error probable)

Vjerovatna kružna greška, prema američkoj vojnoj terminologiji je indikator tačnosti pogađanja cilja od strane oružanog sistema i koristi se kao jedan od faktor za određivanje vjerovatnoće oštećenja cilja. Korištenje podataka o CEP daje pojednostavljene podatke o tačnosti nekog oružja i ne može se koristiti za ozbiljnu analizu efekta djelovanja oružja na cilju.

Vrijednost CEP za neki oružani sistem predstavlja binormalnu distribuciju vjerovatnoća (binormal probability distribution) tačaka udara projektila oko željene tačke cilja. U stvarnosti, postoji normalna distribucija tačke udara u pravcu dometa, odnosno normalno na pravac dometa. Svaka distribucija ima svoju standardnu devijaciju σ koja je definirana na način prikazan na sljedećoj slici.



Sl. 15. Binormalna distribucija vjerovatnoća padnih tačaka bombi ili projektila¹
CEP je radijus kruga unutar kojeg se očekuje da će pasti 50% projektila lansiranih na taj cilj.

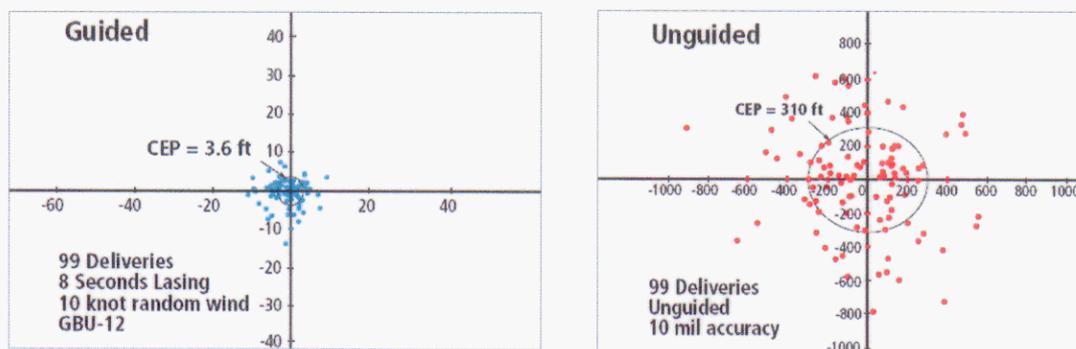


Sl. 16. Grafički prikaz definisanje vjerovatne kružne greške u odnosu na statističku veličinu rasturanja pogodaka sigma (σ)²

¹ Buc, Steven M.: A Simplified Stochastic Munition Lethality and Target Vulnerability Computer Model, SYSTEM PLANNING CORP ARLINGTON VA, ADA278606, 1990.

² Raymond Trohanowsky: 120mm Mortar System Accuracy Analysis, US Army RDECOM-ARDEC, International Infantry & Joint Services Small Arms Systems Annual Symposium, Exhibition & Firing Demonstration, 2005.

Generalno, ako je vjerovatna kružna greška CEP=100 m, tada unutar kruga radijusa R=100 m oko cilja će pasti 50% svih projektila lansiranih ka tom cilju, dok u zoni radijusa između 100 m i 200 m će pasti sljedećih 43% projektila, a narednoj zoni radijusa između 200 m i 300 m narednih 7 % projektila. Što je vrijednost radijusa CEP manja, to su precizniji oružani sistemi, a što se može vidjeti iz sljedećeg dijagrama:



Sl. 17. Komparacija vjerovatne kružne greške CEP kod laserskih vođenih i nevođenih bombi lansiranih sa visine od 4500 m³

Vjerovatna kružna greška je statistički pojam, dok stvarno stanje na mjestu cilja je nešto drugačije. Iz prethodnog dijagrama je vidljivo da raspored tačaka udara bombi nije ravnomjeran u svim pravcima i da trend zavisi ne samo od karakteristika bombi, nego od uvjeta lansiranja bombi, parametara atmosfere, brzine aviona u trenutku izbacivanja itd.

Pored termina vjerovatna kružna greška, veoma čest termin koji daje realniji opis rasturanja projektila na cilju je disperzija ili rasturanje (dispersion error). Prema američkoj vojnoj terminologiji, disperzija je slika rasturanja pogodaka oko srednje tačke pogodaka bombi i projektila koji su izbačeni ili lansirani unutar identičnih uvjeta ili, kod protiv-avionskog gađanja, to je rasturanje pogodaka po dometu i pravcu u odnosu na srednju tačku eksplozije.⁴ Pri tome možemo razlikovati disperziju po dometu (rasturanje po dometu), devijaciju po pravcu gađanja (devijacija po pravcu), devijaciju po visini itd.

Po istoj toj vojnoj terminologiji, greška rasturanja (dispersion error) je rastojanje od tačke udara ili eksplozije projektila ili bombe u odnosu na srednju tačku pogotka ili eksplozije.⁵

Površina rasturanja je distribucija serije bombi ili projektila ispaljenih iz istog oružja ili grupe oružja u približno identičnim uvjetima kao mogućih tačaka pogodaka ili eksplozija koje se rasturaju oko tačke nazvane srednja tačka pogodaka.⁶

Međutim da bi povezali koordinate cilja i koordinate tačaka pogodaka bombi, potrebno je poznavati pojmove tačnost i preciznost pogodaka. Pojmovi tačnost i preciznost pogodaka projektila su dvije različite mjere performansi projektila ili bombi.

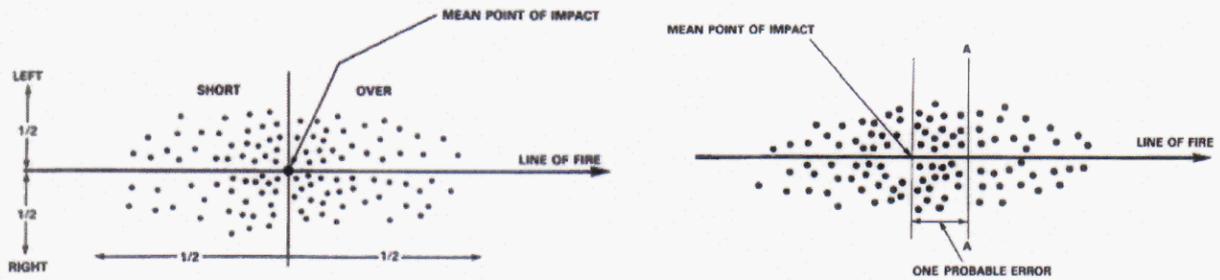
Pod preciznosti gađanja (precision of firing) se podrazumijeva mjera odstupanja pojedinačnih pogodaka u odnosu na centar pogodaka. Sto su pojedinačni pogodci više grupirani oko centra pogodaka, tada kažemo da je preciznost vatre veća.

³ Paveway™II Laser Guided Bombs, Precision Guided Weapon, Raytheon Company, Missile Systems Strike Weapons, www.raytheon.com

⁴ <http://usmilitary.about.com/od/glossarytermsd/g/dispersion.htm>

⁵ <http://usmilitary.about.com/od/glossarytermsd/g/dispererr.htm>

⁶ <http://usmilitary.about.com/od/glossarytermsd/g/disperpat.htm>

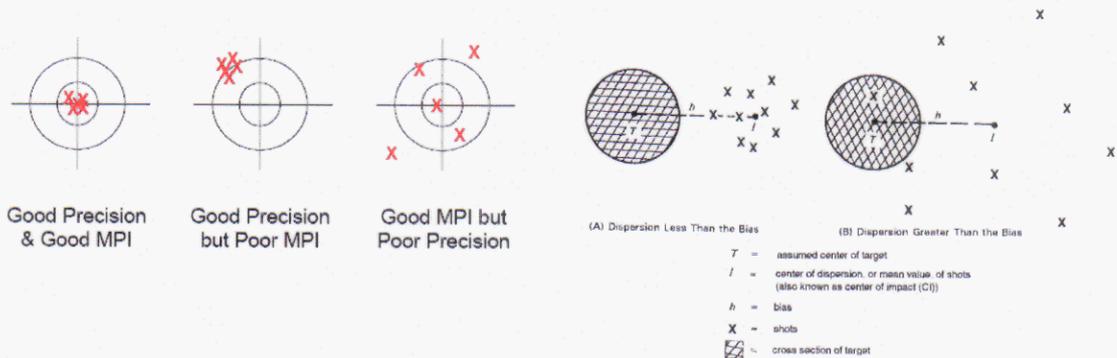


Sl. 18. Odstupanje pojedinačnih pogodaka po dometu i pravcu oko srednje točka pogodaka MPI i definisanje jedne vjerovatne greške odstupanja

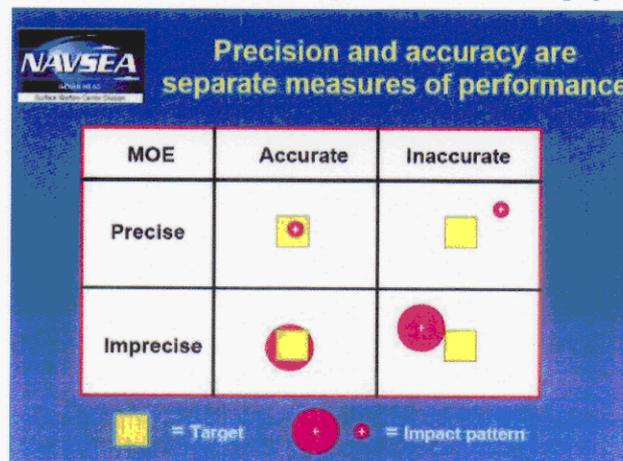
Preciznost gađanja kao pojam ne uključuje cilj kao parametar tj. ona samo razmatra razlike trajektorija pojedinih bombi koje su lansirane pod istim uvjetima, a koje se ogledaju u različitim tačkama pogodaka. Razlike u trajektorijama su rezultat različitih odstupanja u masi bombe, u brzini u trenutku odbacivanja od aviona, u početnom napadnom uglu aviona, u trenutnim parametrima atmosfere, u manjim odstupanjima dimenzija bombe, centra mase itd.

Na osnovu poznatih koordinata pogodaka vrši se statistička obrada podataka, određuje se srednja tačka pogodaka i određuje standardna devijacija σ , koja predstavlja grešku u preciznosti.

Pod pojmom tačnosti gađanja (accuracy of firing) se podrazumijeva mjera preciznosti vatre izražena kao rastojanje između centra pogodaka i centra cilja (bias). Što je to odstojanje manje tada je tačnost vatre veća.

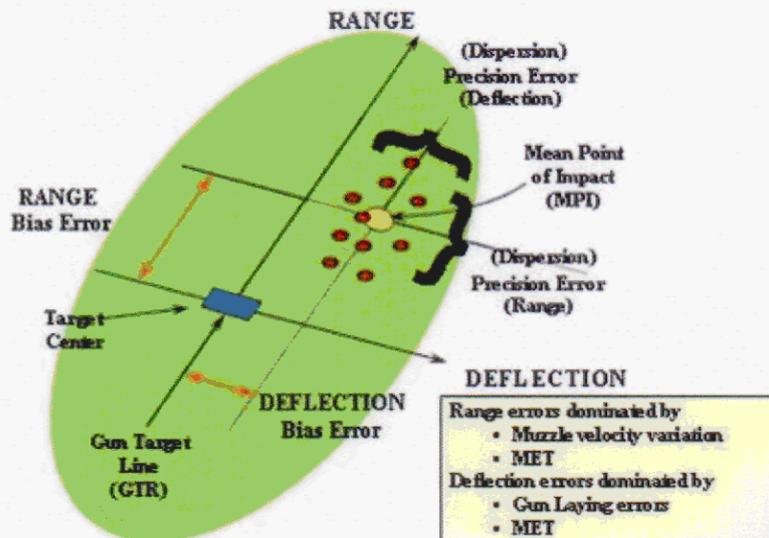


Sl. 19. Grafički prikaz različitih slučajeva preciznosti i veza pojmova preciznosti i tačnosti



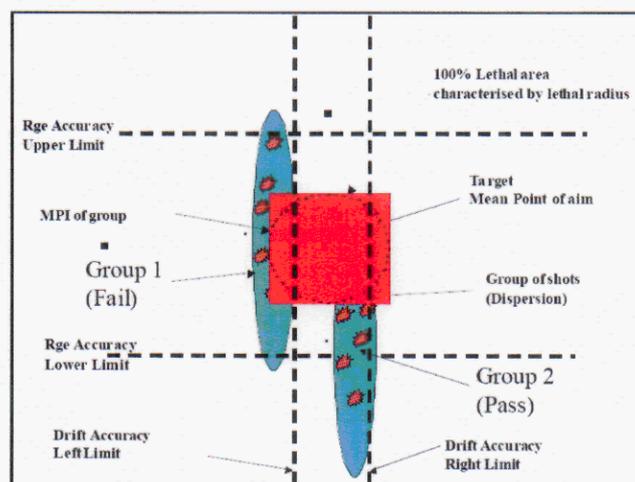
Sl. 20. Grafički prikaz pojmova preciznosti i tačnosti gađanja projektilima ili bombama

Matematska sredina koordinata tačaka pada bombi se naziva srednja tačka pogodaka (Mean Point of Impact-MPI). Što je ta tačka bliže centru cilja, tada rasturanje pogodaka ima malu grešku srednje tačke pogodaka (small bias error). Kada su tačke pogodaka grupisane veoma blizu jedna drugoj, tada rasturanja pogodaka ima veoma malu grešku preciznosti.



Sl. 21. Grafički prikaz pojmova tačnosti, preciznosti, disperzije i faktora koji utječu na njih⁷

Iz slike br. 20 je vidljivo da pojam tačno i precizno gađanje podrazumijeva slučaj kada je površina zone tačaka udara projektila ili bombi manja ili jednaka od površine cilja. Međutim, takav slučaj je veoma rijedak i obično se dešava stanje kao na sljedećoj slici. Zona disperzije pogodaka projektila je obično veća od zone cilja, ali smrtonosna efikasnost na cilju zavisi od smrtonosnog radijusa pojedinih projektila ili bombi. Tako na sl. 22 je vidljivo da je grupa 2 zadovoljila zahtjeve tačnosti za poznatu zonu smrtonosnosti projektila.



Sl. 22. Veza između tačnosti i zone smrtonosnog djelovanja bombe

Smrtonosna efikasnost jednog projektila zavisi od sposobnosti projektila da stigne do koordinata željene tačke cilja (aimpoint of target), rasturanja ili tačnosti projektila u odnosu na željenu tačku ili CEP (Circular Error Probability) i na kraju od efektivnosti mehanizma aktiviranja bojeve

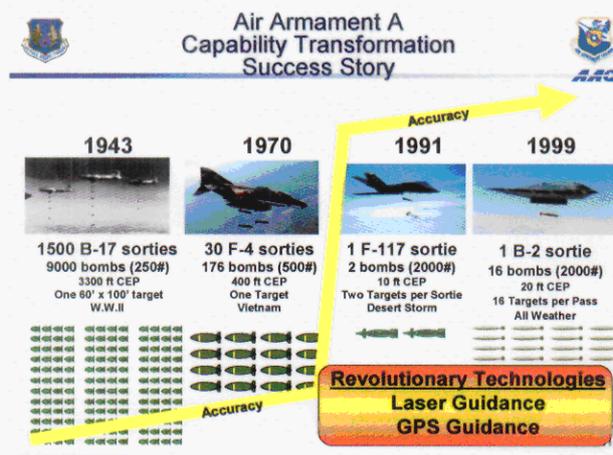
⁷ Chris Geswender: Deconstruction of Fuze Well Guidance Requirements, 39th Annual Gun/Ammo & Missiles/Rockets Conference, 2004.

glave za dati cilj. Prva dva parametra se definiraju preko vjerovatnoće pogađanja cilja projektilom p_k , dok treći parametar se definira kao vjerovatnoća uništenja cilja ako je pogoden $p_{k/h}$. Kombinacija ove dvije vjerovatnoće predstavlja vjerovatnoću uništenja jednim pogotkom projektila (single shot kill probability) i predstavlja proizvod navedene dvije vjerovatnoće tj.:

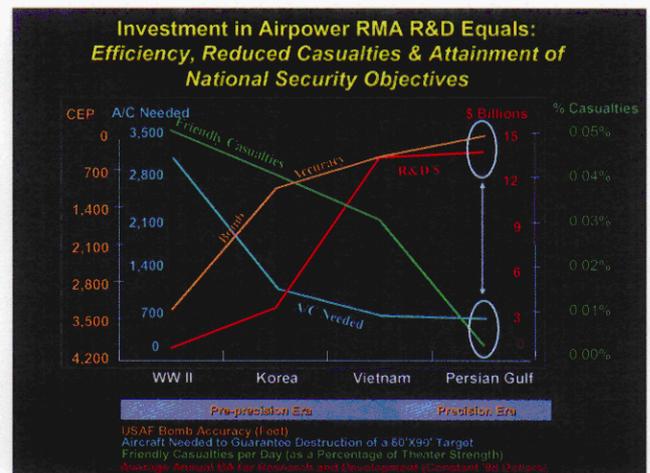
$$P = P_k \cdot P_{k/h}$$

Prema studiji „Effects-Based Operations“⁸ u posljednjih šezdeset godina intenziviran je razvoj savremenih aviona i precizne municije, a što je rezultiralo u revolucionarnom povećanju efekata bombardovanja iz vazduha u jako kratkom vremenu i sa potrebom značajno manjeg broja avionskih napada da bi se uništio jedan cilj (sl. 23 i sl. 24).

Vjerovatna kružna greška CEP bombi koje su bile bačene u drugom svjetskom ratu sa bombardera B-17 je iznosila 1000 m (sl. 23). To je značilo da je 50% bačenih bombi palo u zonu radijusa 1000 m. Ako se željelo da se postigne visoka vjerovatnoća uništenja cilja dimenzija 18 m sa 30 m bilo je potrebno baciti oko 9000 bombi, a za to je bilo potrebno 1500 aviona.⁹ Znači, CEP je vojni izraz za mjeru preciznosti pogađanja sa vojnim sistemima. U operaciji Pustinja oluja, sa jednim avionom je bilo moguće pogađati dva nezavisna cilja veoma precizno sa CEP=3 m.^{10,11}



Sl. 23. Utjecaj tehnologija na promjenu tačnosti i preciznosti gađanja bombama



Sl. 24. Veza kolateralne štete i tačnosti sa razvojem tehnologija pri gađanju bombama

Pri gađanju artiljerijskim projektilima ili raketama, CEP se povećava sa povećanjem dometa i bitno zavisi od tipa projektila, ugla lansiranja, atmosferskih parametara (temperature, vlažnosti, visine leta), karakteristika goriva i karakteristika oružja. Sa sl.25 je vidljivo da vrijednosti vjerovatne kružne greške (Circular error probable) se kreće od 128 m pri gađanju ciljeva na 15 km, do čak 336 m na udaljenosti od 30 km. Iz same definicije vjerovatne kružne greške je jasno da će pojedini projektili imati rasturanje i više puta veće u odnosu na cilj, a to jasno pokazuje da

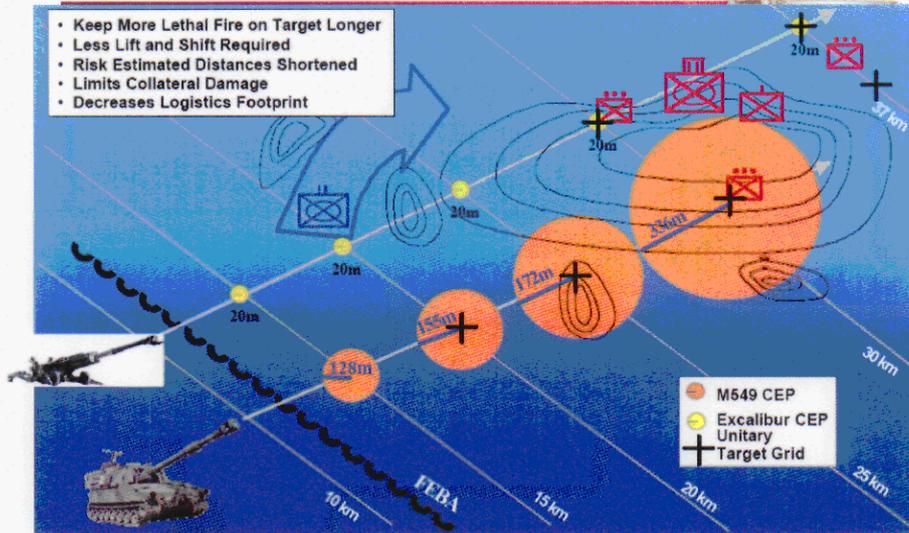
⁸ Col Gary Crowder: Effects-Based Operations, Headquarters Air Combat Command, Air Combat Command, Chief of Strategy, Concepts and Doctrine

⁹ Kathleen T. Rhem: Technology, Doctrine Changes Allow for Better Bombing Runs, American Forces Press Service United States Department of Defense, http://www.defenselink.mil/transcripts/2003/t03202003_t0319effects.html

¹⁰ Maj General Donald W. Shepperd: The Total Force in Kosovo and Beyond, Meeting the Challenges of the New Millennium, Operation in Peace, Crisis od War, Aerospace power Series, may 1999.

¹¹ Maj Gen Robert "Chedbob" Chedister: Precision Strike Association, Air Armament Center, Summer PEO Forum, 27 Jul 2005

i sada u dvadesetprvom vijeku ne postoji mogućnost gađanja pojedinačnih ciljeva sa nevođenim artiljerijskim ili raketnim projektilima, a da pri tome ne nastupi kolateralna šteta (sl. 24). To je posebno složeno pri gađanju ciljeva u urbanim dijelovima. Primjenom projektila koji imaju sistema za vođenje ili korekciju putanje u završnom dijelu trajektorije (slučaj projektila „Excalibur“) vrijednost CEP se značajno smanjuje, ali i dalje postoji velika vjerovatnoća da projektil promaši cilj i ugrozi prijateljske trupe ili civilno stanovništvo.



Sl. 25. Promjena CEP sa dometom kod zemaljske nevođene artiljerije¹²

UNCLASSIFIED - FOR OFFICIAL USE ONLY

Fielded Developmental PE Study Proposal Other	Min Range (meters)	Max Range (meters)	CEP @ Max Range (meters)	CEP @ Mid Range (meters)	"Danger Close" Distance (meters)	Target A			Target B			R&D Cost	T&E Cost	Unit Cost (200K)	Current TRL	Year Available	Issues
						10m	25m	50m	10m	25m	50m						
< 25 meter CEP Precision Guided Mortar (Blended) (220mm)	500	8,000	1	1	100	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	\$3M	\$7,141	6	2007	None	
M549 Excalibur BK-10 Unitary (155mm)	8,000	35,000	10	10	80	3	3	7	3	6	32	\$611.5M	\$187.5M	\$37,000 (Current ADPC)	6	2006	
Low Cost Course Correction Technology for the M549A1	1,200	8,961	19	19	89	2	3	9	4	7	40	\$9.6M	\$29M	\$1,500	4	2006	Risk & Effectiveness
Course Correction Fuze	11,000	26,200	15	13	95	3	3	7	3	6	25	\$30M	\$9M	\$3,500	4	2007	Schedule & Risk
Course Correction Fuze	8,000 - 11,000	29,906	20	20	110	3	4	7	3	6	22	\$16.3M	\$4.8M	\$1,700	4	2007	Schedule & Risk
AGS LRLAP - Long Range 155mm GPS Guided Projectile	2,500	88,100	20	20	110	Sufficient Data Not Available						\$80M	\$14.4M	\$28,000	6	2007	Schedule & Effectiveness
38 Inch Navy LRLAP Derivative 155mm GPS Guided Projectile	3,500	41,600	20	20	110	Sufficient Data Not Available						\$80M	\$12.2M	\$20,800	6	2007	Schedule & Effectiveness
38 Inch Winged Victory 155mm GPS Guided Projectile	3,500	42,500	20 GPS 1 SAL	20 GPS 1 SAL	110	Sufficient Data Not Available						\$120M	\$11.6M	\$20,000	6	2007	Schedule & Effectiveness
Guided MRS (Unitary) (227mm)	15,000	70,000	<10	<10	81G	2	3	6	2	3	4	\$287M	\$71,000	7	2008		
< 250 meter CEP PTS Guided 2-D Connector (PM Fuze)	8,000 - 11,000	29,906	34	26	162	3	4	8	6	7	19	\$5M	\$4.9M	\$950	4	2007	Effectiveness & Cost
Course Connector Fuze	8,000 - 11,000	29,906	50	25	200	4	5	9	8	10	20	\$30M	\$8M	\$675	6	2008	Schedule & Risk
Course Connector Fuze	8,000 - 11,000	29,906	50	30	200	4	5	9	8	10	20	\$9M	\$20M	\$3,000	3	2008	Schedule & Cost
GPS Time Fuze for DRFCM	8,000 - 11,000	29,906	50	20	205	11	12	15	65	48	60	\$4M	N/A	\$800	8	2007	Effectiveness & GPS
M549 LRLAP (155mm)	200	8,961	85	68	302	17	20	30	28	33	50			N/A			
M549A1 (HE/MOP) (120mm)	200	8,961	85	68	302	10	11	16	23	26	40			\$816			
PTS Guided 1-D Connector (PM Fuze)	8,000 - 11,000	29,906	64	35	292	14	15	15	82	66	103	\$5.0M	\$20M	\$500	5	2008	Effectiveness & Cost
M1 (HE) (155mm)	1,000	11,898	173	56	374	61	74	146	178	204	>540			\$143			
M59 (HE) (120mm)	1,500	14,046	147	52	475	107	128	182	222	268	>540			\$198			
M56 (HE) (155mm)	5,000	18,338	156	77	500	84	104	194	243	290	>540			\$450			
M77 (HE) (155mm)	5,000	20,010	201	82	538	118	142	172	249	290	>540			\$779			
M107 (HE) (155mm)	2,800	10,017	186	59	486	38	42	57	75	81	159			\$198			
M79 (HE) (155mm)	5,400	22,549	186	71	606	28	30	36	72	81	171			\$550			
M549 LRLAP (155mm)	19,370	74,026	20	20	352	81	96	86	101	119	121			\$337			
ACAAP 105mm PFF w/DCF	8,000 - 11,000	18,400	20	20	95	7	12	43	3	4	7	\$0	\$11.6M	\$4,400 (Projectile + DCF)	8	2006	None
ACAAP 155mm HE w/DCF	8,000 - 11,000	31,000	20	20	110	4	5	13	3	6	12	\$0	\$14.1M	\$4,700 (Projectile + DCF)	8	2006	None
Guidance Integrated Fuze	10,000	29,906	10	10	80	3	3	7	3	6	32	\$195M (Army UFR \$47M)	\$3,000	5	2007	NA	

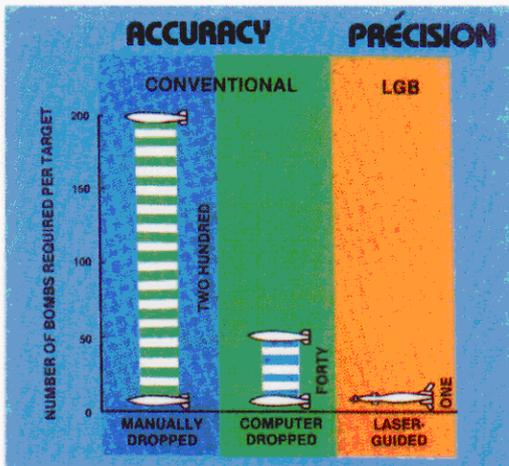
UNCLASSIFIED - FOR OFFICIAL USE ONLY

Sl. 26. Vrijednosti CEP savremenih artiljerijskih i raketnih projektila, vođenih i nevođenih (Valcourt, 2005)

¹² Major General David P. Valcourt: Army's Precision Fires Study, Chief of the Field Artillery, US ARMY FIELD ARTILLERY CENTER FORT SILL, 2005.

4.1 Preciznost konvencionalno korištenih avionskih bombi

Prema podacima navedenim u prospektu za Paveway laserski vođenu bombu (laser guided bomb), firme Raytheon Company, Missile Systems Strike Weapons za pogađanje jednog cilja veličine kamiona potrebno je lansirati 200 avio bombi tipa GPB 250 kg (500 lb) koje su manuelno izbačene iz aviona ili 40 avio bombi tipa GPB 250 kg sa digitalnim sistemom izbacivanja bombi, odnosno samo jednu laserski vođenu bombu. Nije posebno potrebno naglašavati da će 200 izbačenih bombi iz aviona pasti u prostor oko cilja koji će pokrivati površinu radijusa oko 250 m (40 fudbalskih igrališta).



Sl. 27. Broj potrebnih savremenih avionskih bombi za uništenje cilja u funkciji sistema gađanja.

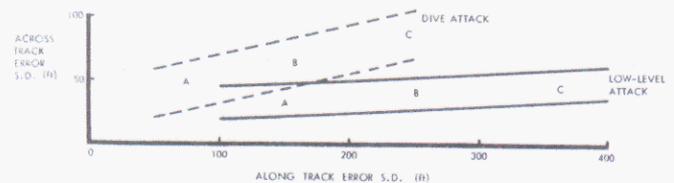


Fig.3 Nominal Attack Systems, A, B and C

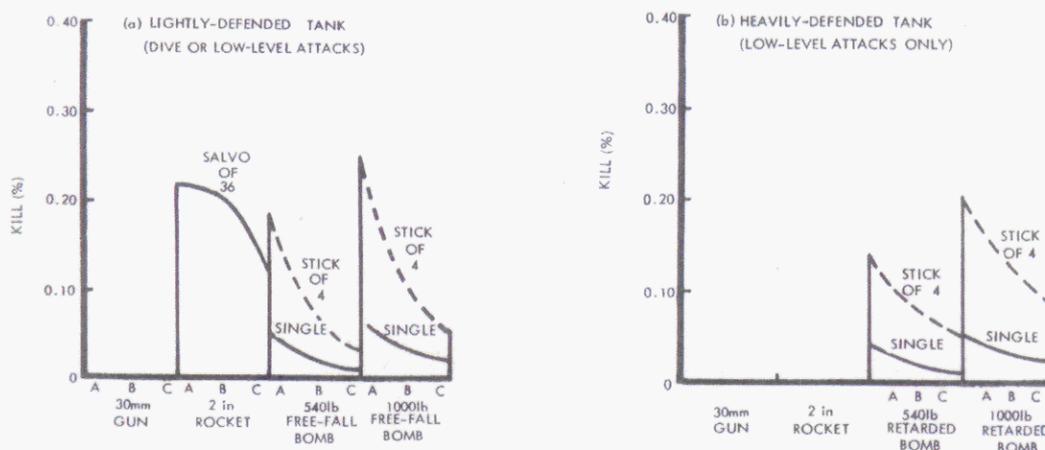
A-Suvremen sistem upravljanja vatrom

B-Srednje složen sistem za upravljanje vatrom

C-Jednostavan sistem za upravljanje vatrom

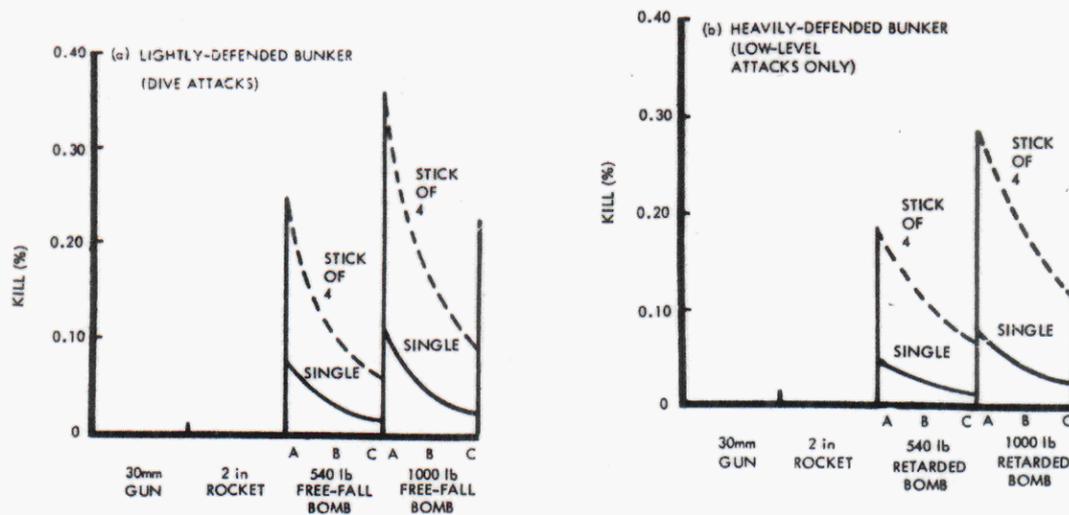
Sl. 28. Disperzija bombi po dometu i pravcu u zavisnosti od moda napada i sistema za gađanje (C-manuelni, A-kompjuterski).¹³

Kod gađanja sa avionskim bombama, najveća standardna devijacija u pravcu gađanja kreće se od 50 m do 120 m (u zavisnosti od sistema gađanja), a poprečno na pravac gađanja od 10 m do 15 m pri niskom letu aviona. Pri drugom načinu gađanja, greška gađanja u poprečnom pravcu je gotovo dvostruko veća, ali je pri tome smanjena greška u pravcu gađanja.



Sl. 29. Vjerovatnoća uništenja tenka pri različitom intenzitetu protiv-avionske odbrane i primjenom različitih tipova municije, odnosno bombi (Hunting Engineering Limited, 1973).

¹³ Anon: The British Bomb Retarder System, Hunting Engineering Limited:, 1973.



Sl. 29. Vjerovatnoća uništenja bunkera pri različitom intenzitetu protiv-avionske odbrane i primjenom različitih tipova bombi (Hunting Engineering Limited, 1973).

Britanska firma Hunting Engineering Limited tokom testiranja avionskih bombi sa sistemom za kočenje (The British Bomb Retarder System) izvršila je testiranje efikasnosti uništenja ciljeva sa različitim tipovima bombi i procjenu vjerovatne greške odstupanja pogodaka u odnosu na cilj. Slike br. 28 i br. 29 pokazuju veoma malu vjerovatnost pogađanja različitih ciljeva u slučaju pojedinačnog gađanja sa jednom bombom i u slučaju, kada se na cilj istovremeno izbacuju četiri bombe. Ta se vjerovatnost nešto povećava ako se koristi kompjuterski sistem za gađanje (slučaj A).

Tokom Vijetnamskog rata, piloti taktičkih aviona su očekivali tokom bombardovanja sa velikih visina da će vjerovatna kružna greška biti oko 225 m (CEP- circular error probable). Sada, razvojem novih tehnologija, vrijednost CEP je značajno manja i iznosi 110 m. Procjenjuje se da od ukupnog broja lansiranih bombi u periodu 1972-'73 godine na jedan cilj, samo oko 5,5% bombi je ostvario direktan pogodak.¹⁴

Posljedica primjene avionskih bombi ili artiljerijskih projektila ili raketnih projektila pri gađanju u urbanim sredinama neminovno uzrokuje kolateralnu štetu među prijateljskim trupama, a veoma često među civilnim stanovništvom.

Termin „sporedna razaranja“ (Collateral Damage) koji opisuje očekivana razaranja koja se mogu desiti na ne-vojnim ili neodobrenim vojnim ciljevima tokom djelovanja na očekivane vojne ciljeve,¹⁵ jasno pokazuje svjesnost vojnih komandanata da njihova „sophisticirana“ oružja u realnim borbenim i testnim uvjetima imaju očekivane greške u pogađanju.

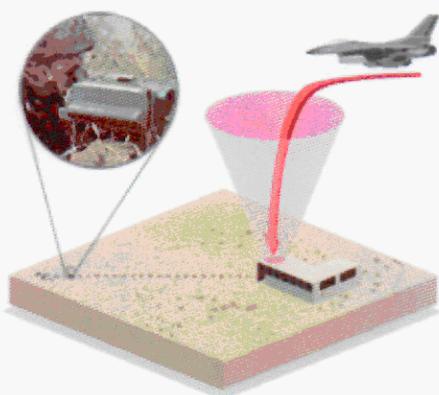
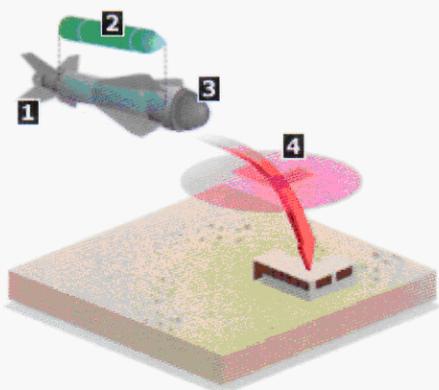
¹⁴ <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/index.html>

¹⁵ <http://www.army-technology.com/glossary/collateral-damage.html>

5. Sistemi navođenja avionskih bombi

(Q4. Kojom vrstom eventualnog sistema navođenja su bile opremljene modifikovane avionske bombe?)

Savremene avionske bombe u cilju povećanja tačnosti gađanja, smanjenja broja bombi lansiranih ka cilju i smanjenja kolateralne šetete na objektima i civilnom stanovništvu koriste više tipova sistema za vođenje. U tom cilju primjenjuju se elektro-optičko (electro-optical), infra-crveno (infra-red), lasersko (laser) ili inercijalno i GPS (Global Positioning System) vođenje (guidance).



Avionske bombe sa elektro-optičkim, TV ili infra-crvenim vođenjem sadrže kontrolni modul, krila-1 (fins), elektro-optički tragač-3 (seeker) pomoću kojeg pilot izabira cilj. Kada pilot izabere cilj, prije lansiranja bombe, sistem za vođenje preuzima dalje praćenje cilja i automatski vodi do cilja-4. TV vođenje je uspješno po lijepom vremenu, dok pri lošoj vidljivosti i noću potrebno je koristiti infra-crveni tragač.

Laserski vođene bombe se mogu navoditi na cilj samo ako je cilj ozračen sa kodiranim pulsirajućim laserskim zrakom. Odbijeni zrak od cilja se hvata sa tragačem na vođenoj bombi i na taj način se bomba upravlja ka cilju.

Sistem za označavanje cilja može biti na avionu koji lansira bombu, na drugom avionu ili na zemlji.¹

Na prednji dio avionske bombe se postavlja modul za vođenje i upravljanje (pokretna krila-moving fins), a na vrhu modula je tragač (seeker).^{2,3}

Za takav sistem se kaže da je polu-aktivni laserski sistem vođenja (Guidance Semi-Active Laser) ili sistem «čovjek u petlji» (man-in-the-loop).

Copyright U.S. Navy

Ref. Id.: m02006120700149

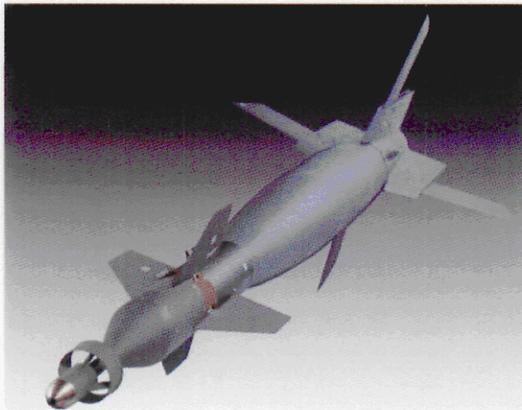
Thursday, December 07, 2006

¹ <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/americas/2805817.stm>

² http://www.deagel.com/library/GBU-12-Paveway-II_m02006120700147.aspx

³ <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/gbu-12.htm>

06067039



Avionske bombe sa inercionim i GPS sistemom za vođenje su trenutno sam vrh tehnoloških rješenja sa kojim se postiže izuzetno visoka tačnost pogađanja ciljeva.

Gađanje se može vršiti u svim vremenskim uvjetima.

Ako jedinica za kontrolu i upravljanje (The Guidance Control Unit-GCU) sadrži oba moda GPS i INS, tada je CEP=13 m (Circular Error Probable.CEP), a ako sadrži samo INS mod, tada je CEP=30 m.^{4,5}

Na ovim slikama se jasno vidi da su prvobitne jednostavne avionske bombe pretvorene u moderne sofisticirane vođene sisteme. Suštinski, sada je avionska bomba samo bojeva glava jednog modernog vođenog sistema.

Na osnovu dostupnih podataka (video i foto dokumentacije), ostataka bombi na mjestu eksplozije (nema sofisticirane elektronske opreme) i efekata na urbanim dijelovima Sarajeva (mala tačnost pogađanja) i ostalih dijelova Bosne i Hercegovine, bez ikakve sumnje se može zaključiti da raketizirane bombe su bile bez sistema za vođenje i upravljanje.

⁴ http://www.missilesandfirecontrol.com/our_products/strikeweapons/LGB/product-LGB.html

⁵ <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jdam.htm>

6. Efekti djelovanja avionskih bombi na cilju

U naoružanju vazduhoplovnih snaga se nalaze avionske bombe opšte namjene, fragmentacione, probojne, bombe za uništavanje avionskih pista (formiranje kratera), zapaljive, hemijske itd. Međutim, najveći broj bombi su bombe opšte namjene i njihovi primarni efekti djelovanja su efekat udarnog talasa i efekat kinetičke energije fragmenata tijela bombe. Bombe opšte namjene sadrže eksploziva od 45-50% ukupne mase bombe. Savremeni upaljači avionskih bombi opšte namjene mogu da imaju tri moda djelovanja, čime se može značajno naglasiti pojedini efekat na cilju. U slučaju primjene blizinskog ili vremenskog moda (djelovanje u vazduhu) postaje dominantan fragmentacioni efekat avionske bombe. Pri primjeni udarnog moda upaljača pri susretu sa ciljem, dominantan je efekat udarnog talasa i efekat kinetičke energije fragmenata tijela bombe. Kod primjene moda upaljača sa kašnjenjem, avionska bomba opšte namjene ima određene karakteristike probojne bombe i osnovni efekat je rušeći efekat uzrokovan djelovanjem udarnog talasa produkata detonacije. Avionske bombe korištene na prostoru bivše Jugoslavije su bile bombe opšte namjene.

Avionske bombe su dizajnirane da pored fragmentacionog efekta ostvaruju značajan blast efekat tokom uništenja cilja.

Upaljač u avionskoj bombi pokreće proces eksplozije koji se karakterizira veoma brзом egzotermičkom hemijskom reakcijom čvrstog eksploziva. Kako ta reakcija napreduje velikom brzinom, dolazi do pretvorbe čvrstog eksploziva u veoma vrelе produkte detonacije koji imaju veliku gustinu i veoma visoke vrijednosti pritiska. Stvoreni produkti detonacije izazivaju širenje tijela bombe do nekoliko prvobitnih vrijednosti početnog volumena, prije nego što nastupi proces fragmentacije tijela. Produkti detonacije nastavljaju da se šire velikom brzinom stvarajući udarni talas.

Uopšte, pri djelovanju bojevih glava ili avionskih bombi postoje sljedeći mehanizmi ranjavanja:

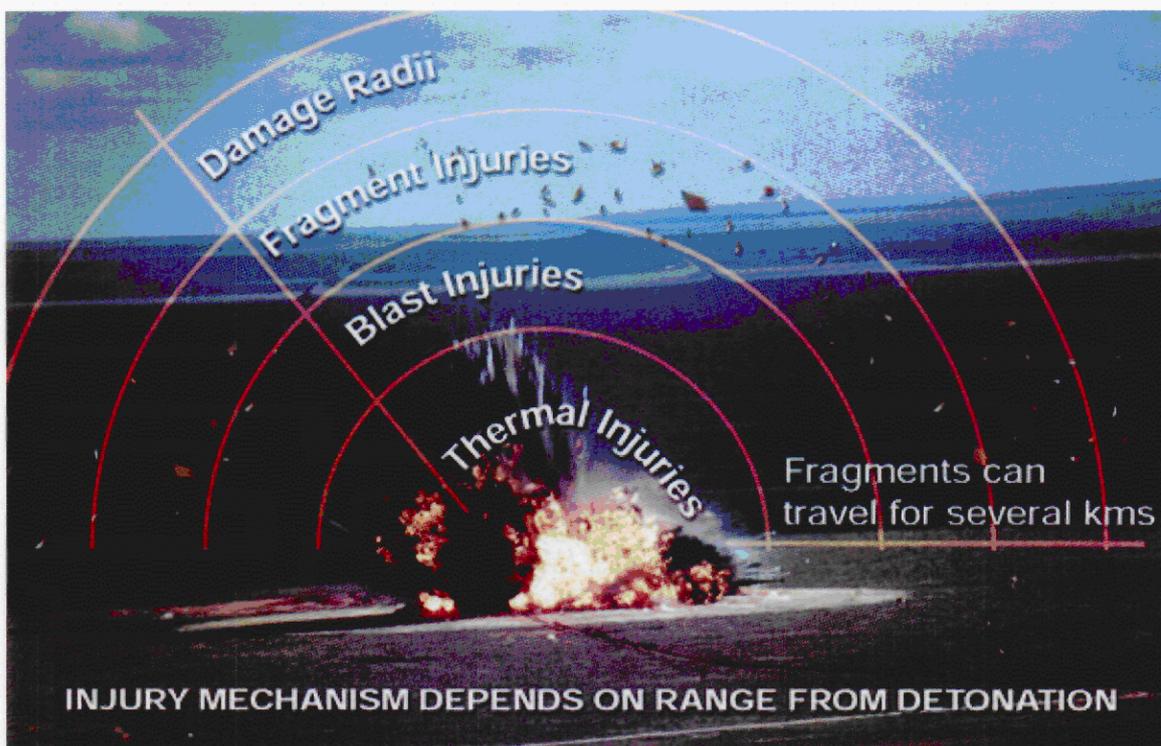
- Ranjavanje zbog termičkih efekata,
- Ranjavanje zbog dejstva udarnog talasa (blast efekat),
- Ranjavanje zbog dejstva kinetičke energije fragmenata.

Termički efekat na ranjavanje bitno zavisi od veličine vatrene sfere i ovaj mehanizam ranjavanja nije dominantan kod avionskih bombi.

Udarni talas se radijalno širi u svim pravcima podjednako od centra eksplozije supersoničnom brzinom. Kako se udarni talas širi, tako pritisak opada naglo sa kubnim stepenom rastojanja od centra eksplozije i dolazi do rasipanja energije udarnog talasa u okolnu atmosferu. Promjena pritiska na određenim rastojanjima od centra eksplozije se mijenja u funkciji vremena veoma brzo (mjereno u hiljaditim dijelovima sekunde-milisekunde).

Blast efekat koji se javlja tokom procesa detonacije avionske bombe se manifestuje u pojavi nadpritiska produkata detonacije i koji se kreće velikom brzinom od centra eksplozije. U trenutku eksplozije, pritisak produkata detonacije za eksploziv TNT je oko 200.000 bara i temperature od više od 3000 °C. Usljed dejstva produkata detonacije, dolazi do naglog širenja metalnog tijela bojeve glave. Novostvoreni volumen bojeve glave može biti do nekoliko puta veći od prvobitnog volumena prije procesa detonacije i tada dolazi do pojave pukotina u tijelu bojeve glave i do pojave fragmentacije bojeve glave. Usljed širenja bojeve glave dolazi do ubrzavanja metalnih dijelova, tako da parčad u trenutku fragmentacije mogu da imaju brzinu od preko 1500 m/s i produkti detonacije formiraju udarni talas koji se ravnomijerno prostire kroz vazduh. Pri tome intenzitet tog udarnog talasa slabi sa udaljavanjem od centra eksplozije.

Međutim, nadpritisak tog talasa u relativno velikoj zoni oko centra eksplozije može izazvati značajna oštećenja ljudskog tkiva ili rušenje fortifikacionih objekata.



Sl. 30. Mehanizam ranjavanja zavisi od rastojanja od centra eksplozije bombe

Smrtonosna zona uzrokovana djelovanjem udarnog talasa je značajno veća od zone uzrokovane termičkim utjecajima produkata detonacije. Ova zona značajno zavisi od udaljenosti od centra eksplozije i od tipa i mase eksploziva, odnosno moda na koji je podešen upaljač.

Kod „thermobaric“ bombi ili bojevih glava, zona smrtonosnog djelovanja na otvorenom prostoru je ograničena i zavisi od stehiometrijske ravnoteže između goriva i kiseonika iz okolnog vazduha.

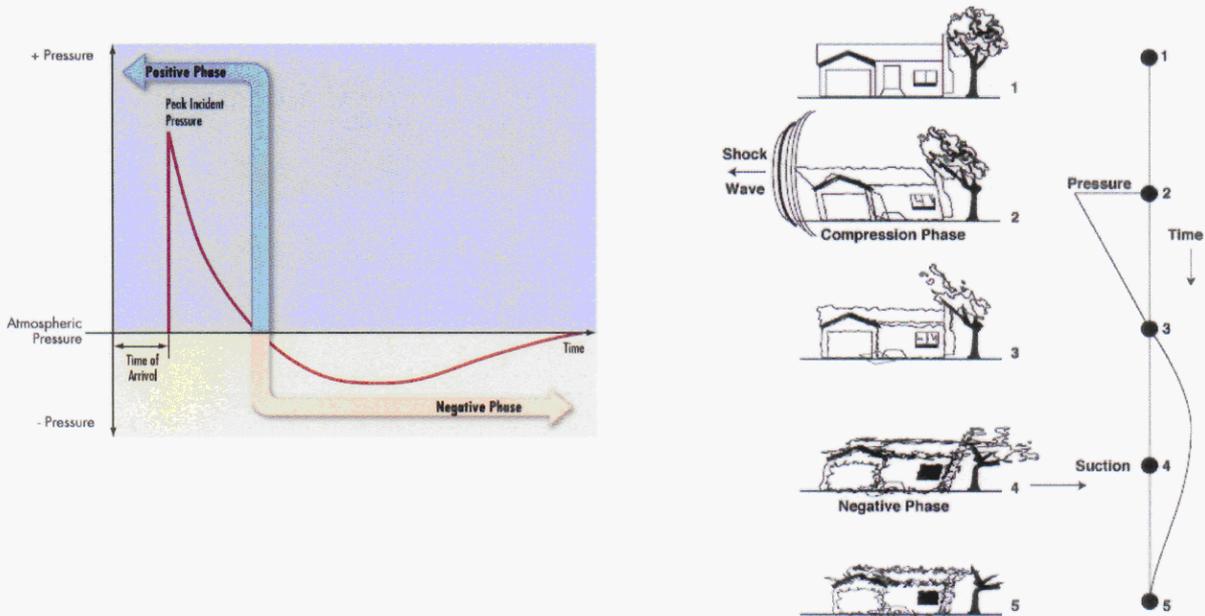
6.1 Predviđanje efekta udarnog talasa (Predicting Blast Effect)

Obično su visoko eksplozivne bojeve glave u koje spadaju i avionske bombe izotropne (Isotropic warhead) i njih karakterizira ravnomjerno prostiranje udarnog talasa u svim pravcima od centra eksplozije. Udarni talas je uniforman, pravolinijski i kreće se nadzvučnom brzinom.

Pri eksploziji se formira razarajući udarni talas (incident blast wave), kojeg karakterizira značajno povećanje atmosferskog pritiska na relativno maloj debljini udarnog talasa. Kada udarni talas prođe neku tačku na određenom rastojanju od centra eksplozije, pritisak se vraća na nivo ambijentalnog pritiska, ali u jednom kratkom vremenu se javlja i negativni pritisak (pritisak manji od atmosferskog pritiska). Faza trajanja negativnog pritiska u određenoj tački prostora je značajno veća od trajanja pozitivne faze (faze djelovanja udarnog talasa). Faza djelovanja pozitivnog talasa je značajno važnija za efekte razaranja cilja od faze negativnog pritiska.

Kada se pritisak udarnog talasa odbije od strukturu koja nije paralelna sa pravcem udarnog talasa, javlja se efekt refleksije udarnog talasa koji izaziva značajno povećanje pritiska. Taj novi pritisak se naziva reflektovani pritisak.

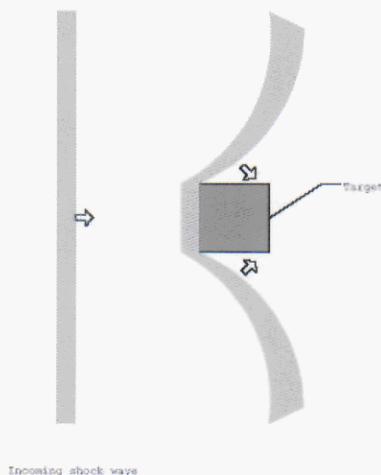
Udarni talas ima sinusoidalnu formu, pri čemu destrukcija prvenstveno nastupa uslijed djelovanja pika nadpritiska i on je proporcionalan sa $1/R^3$ pri izotropnom prostiranju (R -udaljenost od centra eksplozije)



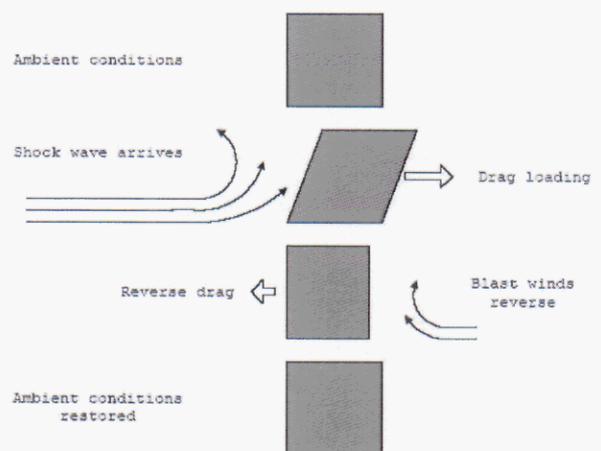
Sl. 31. Promjena pritiska sa vremenom uzrokovana djelovanjem udarnog talasa u nekoj tački od centra eksplozije

Postoje dva glavna načina kada cilj može biti oštećen od efekta detonacije bojeve glave, a to su difrakcionim opterećenjem i opterećenjem uslijed otpora sredine.¹

Difrakciono opterećenje je brzo djelovanje pritiska na cilj sa svih strana kao rezultat udarnog talasa koji prolazi preko njega. On je povezan sa difrakcijom, jer front udarnog talasa će se saviti oko cilja i okružiti ga tokom prolaza preko njega. Difrakciono opterećenje nastaje zbog nadpritiska udarnog talasa na nekoliko strana objekta skoro istovremeno. Naprimjer, na omotač zgrade, udarni talas stiže gotovo istovremeno na prednju i gornju stranu zgrade. Elastični ciljevi, koji su obično od metala, će biti zgnječeni, dok krti ciljevi, kao beton, će biti smrvljeni. Opterećenje na zgradu zavisi od intenziteta pika nadpritiska.



Sl. 32. Difrakciono opterećenje usljed dejstva udarnog talasa



Sl. 33. Opterećenje usljed otpora djelovanju udarnog talasa (pri direktnom i povratnom djelovanju)

¹ Principles of Naval Weapons Systems, Edited by CDR Joseph Hall, USN

Opterećenje usljed otpora sredine, nastaje usljed djelovanja dinamičkog pritiska. To je aerodinamička sila koja nastaje kada na određenu površinu djeluje front udarnog talasa. Uopšteno, opterećenje usljed otpora strukture je manje od difrakcionog opterećenja, ali ono značajno duže djeluje na strukture. Međutim, opterećenje usljed otpora sredine također mijenja pravac, tako da treba o tome voditi računa pri projektovanju objekata.

Neki ciljevi koji su relativno fleksibilni neće biti uništeni od difrakcionog opterećenja. Drugi ciljevi mogu biti ranjivi i oštećeni djelovanjem opterećenja usljed otpora sredine. Ciljevi koji nisu kruto učvršćeni mogu se pod djelovanjem sile pomaknuti više metara. Osobe su veoma ranjive na ovaj tip oštećenja iako je izvor sekundarna prijetnja proistekla iz djelovanja difrakcionog opterećenja na okolne objekte i ostataka nastalih detonacijom bojeve glave.

Dinamički pritisak jednak je:

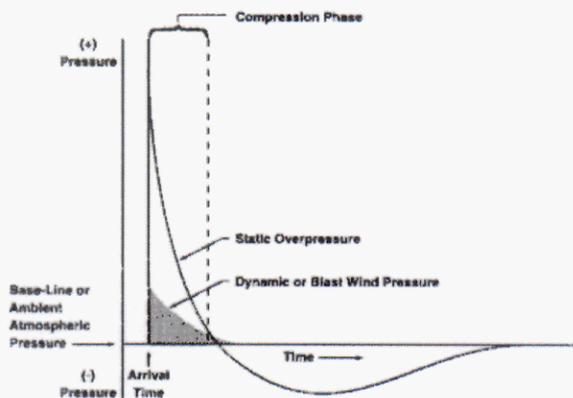
$$p_{dyn} = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot v^2$$

Gdje su:

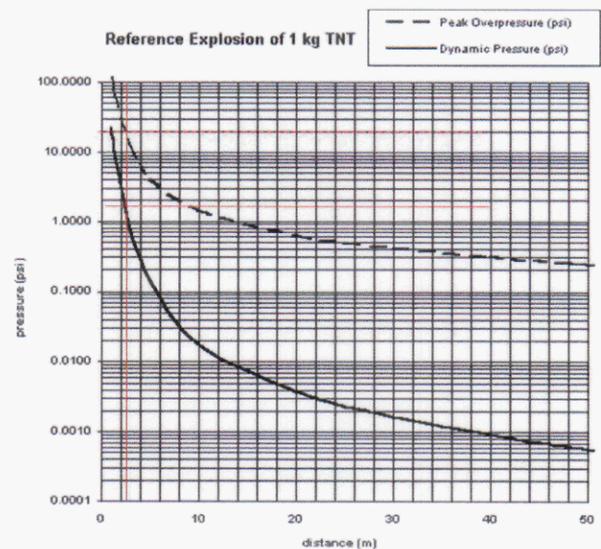
C_D koeficijent otpora za pojedine objekte,

ρ je gustina vazduha (normalno $\sim 1.2 \text{ kg/m}^3$) i

v je brzina vjetrova uzrokovanog udarnim talasom.



Sl. 34. Promjena nadpritiska (statički) i dinamičkog pritiska u funkciji vremena



Sl. 35. Dijagram procjene statičkog i dinamičkog pritiska pri eksploziji određene mase TNT²

Predviđanje se bazira na procjeni efekta udarnog talasa a koji je baziran na eksperimentalnim podacima dobijenim za 1 kg eksploziva TNT.

Koristi se zakon

$$R = R_0 \cdot m_e^{\frac{1}{3}}$$

A koji pokazuje na kojem rastojanju od centra eksplozije će biti identični efekti eksplozije za novu masu eksploziva m_e .

² Principles of Naval Weapons Systems, Edited by CDR Joseph Hall, USN.

U slučaju korištenja drugog tipa eksploziva, vrši se procijena ekvivalentne mase eksploziva istog energetskeg nivoa, pomoću izraza:

$$m_{e\text{TNT}} = m_{\text{exp}} \cdot RS$$

Gdje su:

R_0 - udaljenost od centra eksplozije mase eksploziva od 1 kg za koju je poznat parametar udarnog talasa, napr. nadpritisak.

R - udaljenost od centra eksplozije mase eksploziva m_e pri kojoj će biti identičan parametar udarnog talasa, napr. nadpritisak.

m_e -nova masa eksploziva TNT pri kojoj će biti isti efekti udarnog talasa na udaljenost R .

RS (relative strength)- relativna snaga eksploziva u odnosu na standardni vojni eksploziv TNT (broj veći ili manji od jedan).

Primjer:

Pri eksploziji 1 kg eksploziva TNT na udaljenosti od 5m od centra eksplozije javi se pik nadpritisaka od 0,28 bar. Odrediti na kojoj razdaljini od centra eksplozije će biti isti pik nadpritisaka pri eksploziji 10 kg PETN.

Za eksploziv PETN relativna snaga $RS=1,73$.

Ekvivalentna masa eksploziva

$$m_e = m_{\text{exp}} \cdot RS = 10 \cdot 1,73 = 17,3 \text{ kg TNT}$$

Procijenjeno rastojanje pri eksploziji 10 kg PETN i pri kome će pik nadpritisaka biti 0,28 bar je:

$$R = R_0 \cdot m_e^{1/3} = 5 \cdot 17,3^{1/3} = 12,9 \text{ m}$$

6.1.1 Određivanje skaliranog rastojanja Z

Teoretski i eksperimentalno je potvrđeno da udarni talas pri eksploziji se podvrgava zakonu trećeg korijena snage eksploziva, koji se naziva i Hopkins-Krantz skalirani zakon. Taj zakon se predstavlja preko skaliranog rastojanja Z, a koje podrazumijeva da svi eksplozivi koji imaju identične karakteristike udarnog talasa su funkcija tog rastojanja.

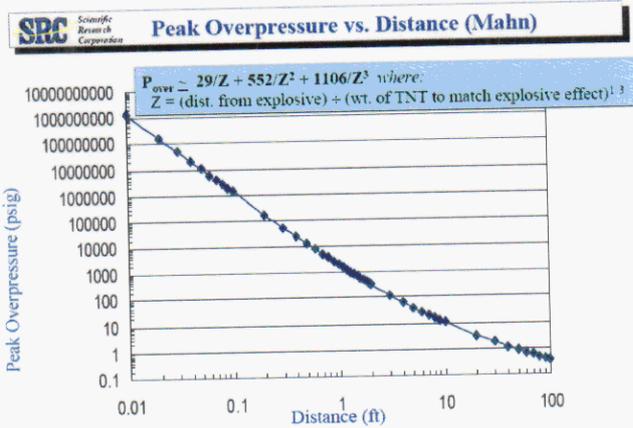
Pojednostavljeno rečeno, ako se znaju karakteristike jednog eksploziva mase m_1 na rastojanju R_1 , sa nadpritisakom p_1 , tada je moguće pri promjeni mase eksploziva sa m_1 na m_2 , odrediti napr. udaljenost od centra eksplozije R_2 pri kome će pik nadpritisaka udarnog talasa biti nepromjenjen. Na sličan način se mogu odrediti i ostali parametri udarnog talasa novog eksploziva.

Skaliranja vrijednost Z se može izraziti u obliku:

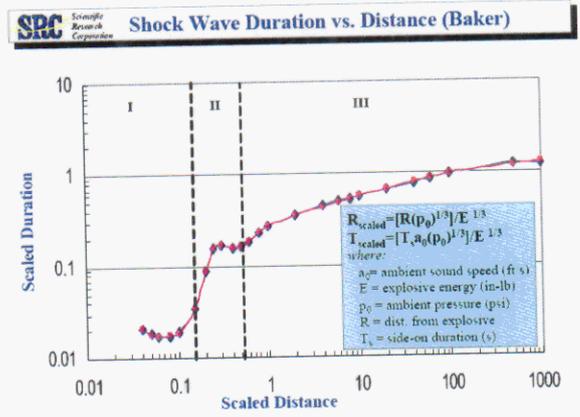
$$Z = \frac{R}{m^{1/3}} \left[\frac{m}{\text{kg}^{1/3}} \right] \text{ ili } Z = \frac{R_1}{m_1^{1/3}} = \frac{R_2}{m_2^{1/3}}$$

Gdje je R-rastojanje od centra eksplozije, a m-ekvivalentna masa eksploziva TNT. Za eksploziv TNT izvršen je proračun skaliranog rastojanja Z za ostale parametre udarnog talasa.³

³ Morris N.: Lethality to Humans Due to Blast Effects from Buried Landmines, U. S. Army, Project Manager Instrumentation, Targets and Threat Simulators (PM ITTS), 2002 Mines, Demolition and Non-Lethal Conference

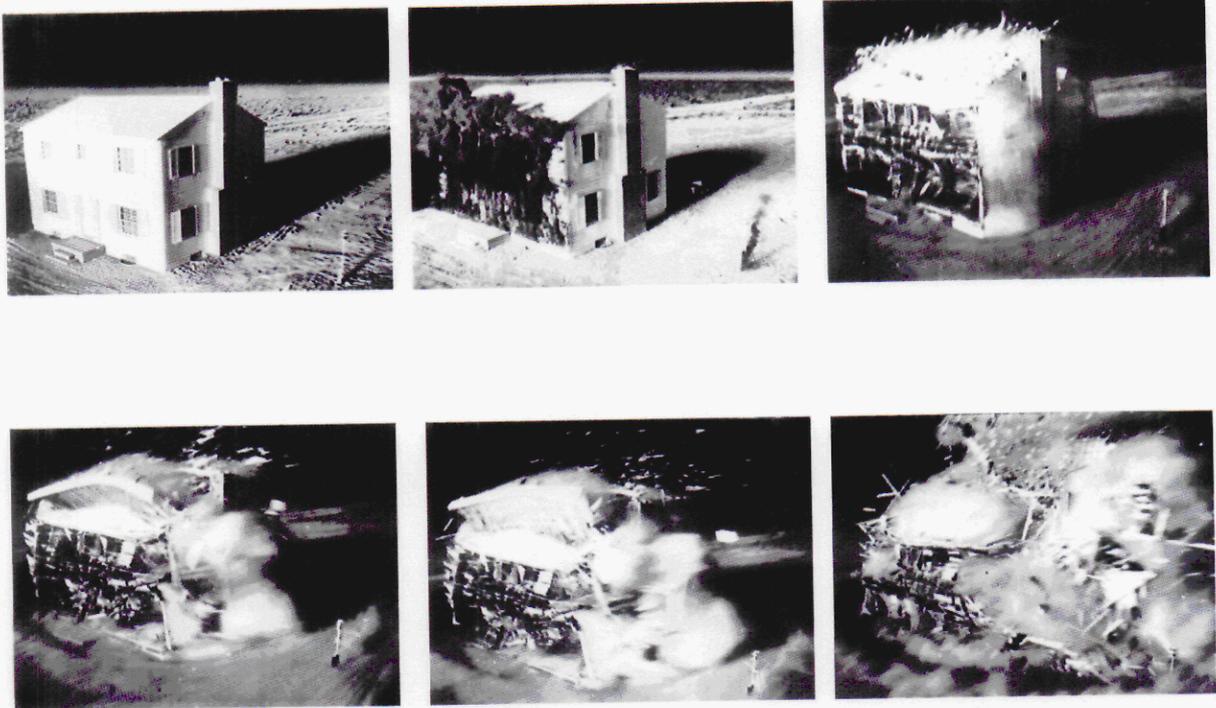


Sl. 36. Pik nadpritiska u funkciji rastojanja od centra eksplozije izražen preko skalirane distance Z



Sl. 37. Trajanje udarnog talasa u funkciji skalirane distance Z

Konverzija: 10 psi ekvivalentno 0,689474 bar.



Sl. 38. Efekt djelovanja udarnog talasa na tipičnu drvenu kuću⁴

⁴ <http://www.atomicarchive.com/Effects/effects6.shtml>

Tabela. 1. Skalirane vrijednosti Z i parametri udarnog talasa
(Reference Chemical Explosion of one kilogram of TNT
in air at 15 degrees C and 1.01325 bars)⁵

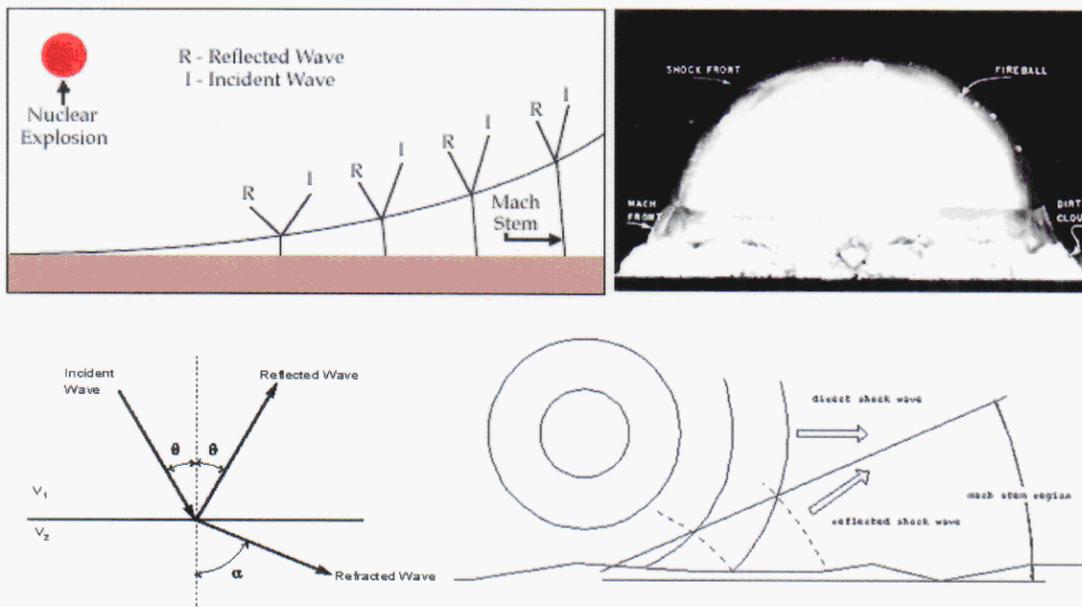
Scaled Distance (meters) Z	Shock Mach Number M_s	Over- Pressure (atm) $\Delta p/p_0$	Arrival Time (msec) t_a	Average Speed (m/s) σ	Shock Duration (msec) t_s	Impulse per Area (bar-msec) I/A	Waveform Parameter ----- α -----
0.053	21.16	528.3	0	—	—	—	—
0.10	16.7	328.6	0.007	13500	7.777	5.72	—
0.15	13.65	219	0.17	8730	2.317	2.71	—
0.20	11.55	156.4	0.029	6920	0.978	1.76	—
0.25	9.99	116.9	0.043	5870	0.501	1.39	—
0.30	8.79	90.1	0.058	5150	0.29	1.23	—
0.35	7.82	71.2	0.076	4610	0.183	1.15	—
0.40	7.04	57.4	0.096	4180	0.125	1.11	—
0.45	6.38	47	0.118	3830	0.095	1.09	—
0.50	5.83	39	0.142	3530	0.084	1.07	—
0.55	5.36	32.8	0.168	3280	0.088	1.06	—
0.60	4.95	27.8	0.196	3060	0.109	1.05	—
0.65	4.6	23.9	0.227	2870	0.144	1.05	—
0.70	4.29	20.6	0.26	2700	0.191	1.04	—
0.75	4.02	18	0.295	2540	0.246	1.03	—
0.80	3.78	15.7	0.332	2410	0.304	1.02	—
0.85	3.57	13.9	0.372	2280	0.363	1.01	—
0.90	3.38	12.3	0.414	2170	0.419	1	—
0.95	3.21	11	0.459	2070	0.471	0.99	—
0.952	3.200	10.924	0.461	2067	0.473	0.993	4.000
1.00	3.05	9.83	0.506	1980	0.52	1.015	3.71
1.05	2.91	8.84	0.555	1890	0.565	1.039	3.46
1.10	2.78	7.98	0.606	1820	0.608	1.053	3.24
1.15	2.67	7.23	0.66	1740	0.647	1.058	3.03
1.20	2.56	6.57	0.716	1680	0.685	1.057	2.85
1.25	2.46	6	0.774	1620	0.72	1.051	2.68
1.30	2.38	5.49	0.834	1560	0.755	1.041	2.53
1.35	2.29	5.04	0.897	1510	0.788	1.028	2.4
1.40	2.22	4.64	0.962	1460	0.82	1.013	2.27
1.50	2.08	3.96	1.098	1370	0.882	0.98	2.05
1.60	1.97	3.41	1.242	1290	0.943	0.943	1.86
1.70	1.87	2.96	1.395	1220	1.001	0.905	1.7
1.75	1.83	2.77	1.474	1190	1.03	0.886	1.63
1.80	1.786	2.59	1.555	1157	1.058	0.867	1.56
1.85	1.748	2.429	1.638	1129	1.087	0.849	1.5
1.90	1.712	2.283	1.723	1103	1.115	0.83	1.44
1.95	1.679	2.148	1.809	1078	1.142	0.812	1.39
2.00	1.647	2.025	1.897	1054	1.17	0.794	1.34
2.05	1.618	1.912	1.987	1032	1.197	0.777	1.29
2.10	1.59	1.808	2.078	1011	1.224	0.76	1.25
2.15	1.565	1.711	2.171	990	1.251	0.743	1.21
2.20	1.54	1.622	2.265	971	1.278	0.727	1.17
2.25	1.518	1.54	2.361	953	1.305	0.712	1.14
2.30	1.496	1.464	2.458	936	1.331	0.696	1.1
2.35	1.476	1.393	2.557	919	1.357	0.682	1.07
2.40	1.457	1.327	2.656	903	1.383	0.667	1.04
2.50	1.422	1.209	2.86	874	1.434	0.64	0.99
2.60	1.391	1.105	3.069	847	1.485	0.614	0.94
2.70	1.363	1.015	3.281	823	1.535	0.59	0.9
2.80	1.338	0.93	3.498	800	1.584	0.567	0.86
2.90	1.316	0.865	3.72	780	1.63	0.546	0.82
3.00	1.296	0.802	3.94	761	1.68	0.526	0.79
3.10	1.277	0.746	4.17	743	1.73	0.517	0.76

Tokom prostiranja udarnog talasa kroz okolinu javlja se reflektovani udarni talas i Mach-ov talas. Mach-ov talas je rezultat djelovanja reflektovanog i originalnog udarnog talasa i on se javlja samo u slucajevima kada pri eksploziji u vazduhu. Nadpritisak u frontu Mach-ovog talasa je obicno dva puta veci od onog u frontu originalnog udarnog talasa, što povećava radijus efikasnosti avio bombi.

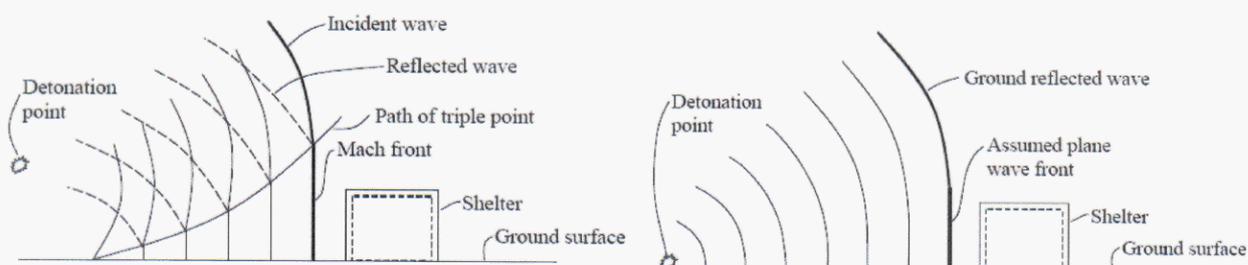
⁵ Harney R.: COMBAT SYSTEMS, Volume 3. Engagement Elements - Parts I & II, Electromagnetic Weapons & Projectile Weapons, Monterey, California, 2004.

Pri eksploziji avionske bombe na određenoj visini iznad tla, radijus efikasnosti se može povećati za 50%, a u skladu sa tim i zapremina razaranja za oko 100% u odnosu na djelovanje bombe na tlu.

Tačke susreta originalnog udarnog talasa, reflektovanog i mach-ovog talasa ograničavaju Mach-ov region u kojem se dešava intenzivna zona razaranja.



Sl. 39. Veza između originalnog udarnog talasa, reflektovanog i Mach-ovog talasa



Sl. 40. Efekti prostiranja udarnog talasa na okolinu pri eksploziji u vazduhu i na površini zemlje (Krauthammer, 2000.)

6.1.2 Impuls pritiska

Sila izazvana dejstvom udarnog talasa je proporcionalna nad pritisku koji dejstvuje na određenu površinu. Impuls sile po jedinici površine izazvane nad pritiskom može se izraziti sljedećom aproksimacijom:

$$\frac{I}{A} = \frac{0,067 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{0,23} \right)^4 \right]^{\frac{1}{2}}}{Z^2 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{1,55} \right)^3 \right]^{\frac{1}{3}}}$$

Promjena pritiska udarnog talasa u funkciji vremena se može izraziti približno funkcionalnom zavisnošću:

$$p(t) - p_a = \Delta p \cdot \left(1 - \frac{t}{t_d}\right) \cdot e^{-\frac{\alpha t}{t_d}}$$

Gdje je $p(t)$ trenutni nadpritisak u vremenu t , a Δp je maksimalni pik pritiska u trenutku $t=0$, t_d je vrijeme trajanja pozitivne faze nadpritisaka i α parametar oblika promjene udarnog talasa.

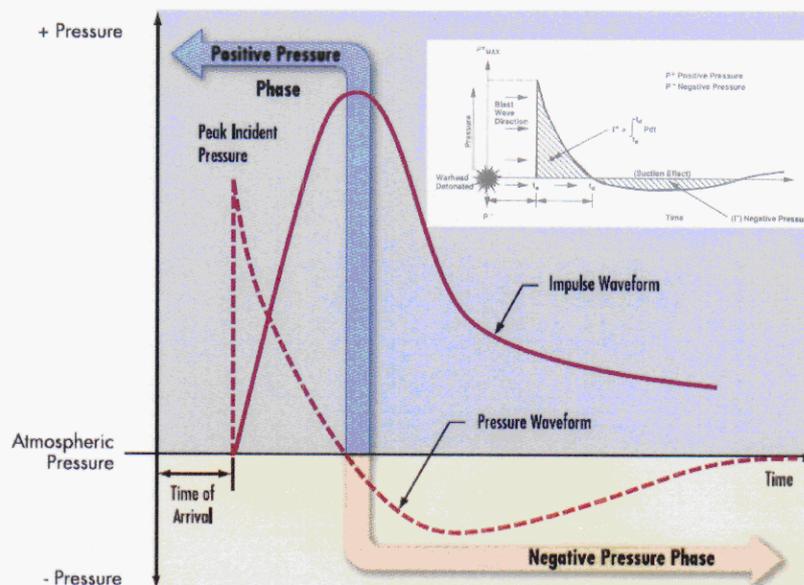
Impuls po jedinici vremena je integral po vremenu promjene nadpritisaka:

$$\frac{I}{A} = \int_0^{t_d} [p(t) - p_a] \cdot dt = \Delta p \cdot t_d \left[\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha^2} \cdot (1 - e^{-\alpha}) \right]$$

Impuls je mjera energije detonacije eksploziva koja se preda strukturalnim objektima

pozitivne i negativne faze dijagrama pritiska vs vrijeme utječu na impuls. Intenzitet i raspored opterećenja uzrokovan udarnim talasom na strukturu zavisi od više faktora kao što su:

- Parametri eksploziva (tip, masa i energija eksploziva),
- Mjesto eksplozije u odnosu na strukturu (eksplozija u vazduhu, eksplozija na površini zemlje, eksplozija u tlu, položaj strukture u odnosu na pravac udarnog talasa),
- Interakcija između udarnog talasa i strukture, odnosno tla, a što može značajno utjecati na pojačan efekt impulsa pritiska (pritisak refleksije).



Sl. 41. Oblik promjene pritiska i impulsa udarnog talasa u funkciji vremena

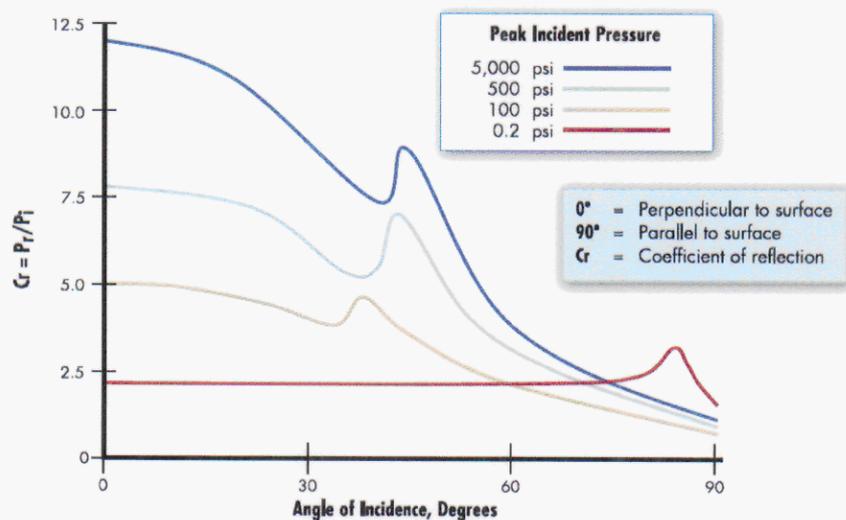
Efekti razaranja pri djelovanju udarnog talasa bitno zavise od intenziteta pika nadpritisaka i trajanja djelovanja pozitivnog pritiska, odnosno od impulsa pritiska na površinu strukture koja je izložena razaranja.

6.1.3 Procjena oštećenja izazvanih nadpritiskom udarnog talasa

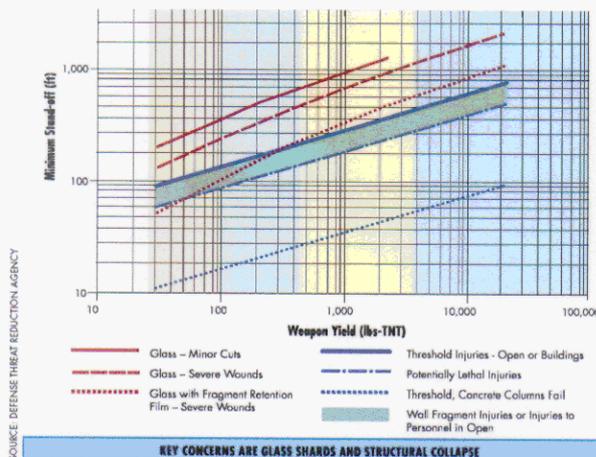
Reflektovani pritisak je uvijek veći od pritiska izazvanog samo udarnim talasom na istoj udaljenosti od centra eksplozije. Intenzitet reflektovanog pritiska značajno zavisi od položaja strukture u odnosu na pravca kretanja udarnog talasa. Najveća vrijednost reflektovanog pritiska se postiže kada je površina strukture normalna na pravac kretanja udarnog talasa, dok minimalna vrijednost reflektovanog pritiska je u slučaju kada je reflektirajuća površina strukture paralelna kretanju udarnog talasa. Odnos pika reflektovanog pritiska i pika pritiska udarnog talasa se naziva koeficijent reflektovanog pritiska:

$$C_r = \frac{P_r}{P_i}$$

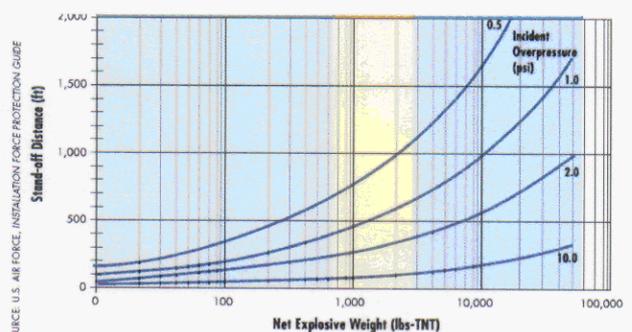
Koeficijent reflektovanog pritiska je uvijek veći od jedan i može postići i vrijednost $C_r=13$.



Sl. 42. Koeficijent reflektovanog pritiska u zavisnosti od ugla djelovanja udarnog talasa na površinu strukture⁶



Sl. 43. Minimalna udaljenost pri kojoj nastupa odgovarajući tip oštećenja



Sl. 44. Nadpritisak udarnog talasa u zavisnosti od stand-off odstojanja i mase eksploziva TNT

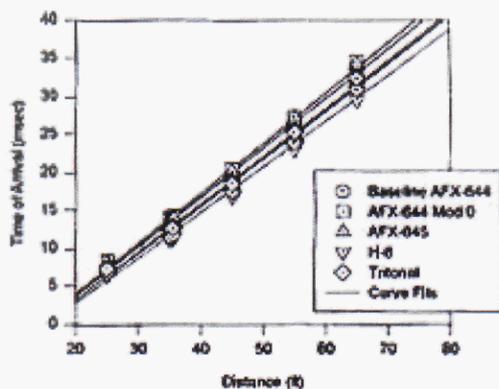
⁶ Anon: Explosive Blast, Unit VI, FEMA, www.fema.gov/library/file

Vrijednost reflektovanog nadpritiska može u nekim slučajevima da postigne vrijednost veću za trinaest puta u odnosu na sam udarni talas, a što posebno ima značaja pri djelovanju udarnog talasa unutar zatvorenih prostora (zgrade, tuneli itd.).

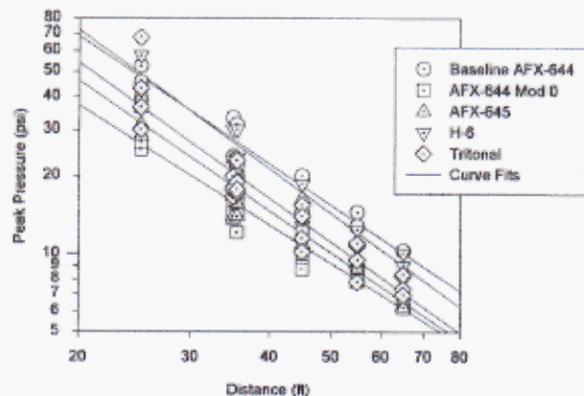
Sa slike br. 43 vidljivo je da pri djelovanju avionske bombe FAB-100 koja ima oko 43 kg eksploziva TNT nastupit će ranjavanje osoba na otvorenom ili u zgradi ako se nalaze na udaljenosti između 25-45 m, a smrtonosni ishod će nastupiti ako je osoba izložena nadpritisaku od 7-15 bar. Taj pritisak se javlja na udaljenosti od par metara od centar eksplozije na otvorenom prostoru, dok u zatvorenom prostoru zbog djelovanja efekta refleksije, dolazi do pojačanog efekta udarnog talasa i sigurne smrti na većim udaljenostima od centra eksplozije.

Istraživanja vršena u U. S. Army Engineering and Support Center, Huntsville, pokazuju da je pri eksploziji avionske bombe od 250 kg (bomba od 500 lb) opasna zona za ljude je jako velika. Tako radijus zone pri kojoj je gustina opasne parčadi manja od 1 parčeta po površini od 6 m² iznosi 200 m (na toj udaljenosti ne smije biti objekata sa ljudskom posadom ili saobraćajnica).⁷

Istraživanja koja je vršio Corley⁸ testirajući avionske bombe Mk-82 od 250 kg sa različitim tipovima eksploziva i mjereći pritisak u udarnom talasu na određenom odstojanju od centra eksplozije pokazuju da pri eksploziji bombe sa eksplozivom tritonala, na udaljenosti od 6 m od centra eksplozije se ostvari nadpritisak od 5 bara, a na udaljenosti od 25 m nadpritisak iznosi oko 0,4 bara. Od trenutka eksplozije, udarni talas udaljenost od 6 m pređe za 3,5 ms, a udaljenost od 25 m za nešto više od 40 ms.



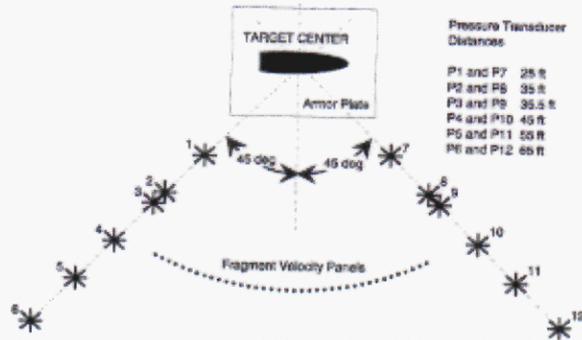
Sl. 45. Prostiranje udarnog talasa (vrijeme vs put) kod eksplozije bombe Mk-82



Sl. 46. Promjena pritiska udarnog talasa za različite eksplozive u bombi Mk-82 u funkciji rastojanja

⁷ Michelle M. Crull: DEVELOPMENT OF PRIMARY FRAGMENTATION SEPARATION DISTANCES FOR ACCIDENTAL AND INTENTIONAL DETONATIONS, U. S. Army Engineering and Support Center, Huntsville

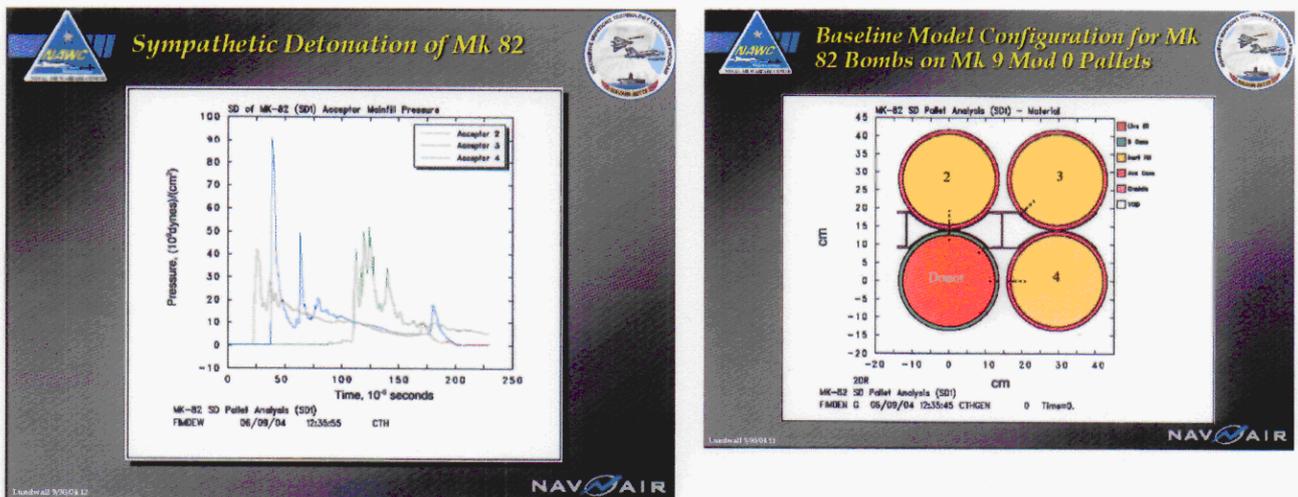
⁸ John D. Corley: Fuzed Insensitive General Purpose Bomb Containing AFX-645-Final Report, Wright Laboratory, Armament Directorate, Munition Division, Eglin, 1989-1995, WL-TR-95-7019.



Sl. 47. Mjerenje pritiska udarnog talasa kod bombe Mk-82

Istraživanja vršena u Naval Air Warfare Center Weapons Division, USA NAVY u istraživanju prenosa detonacionog impulsa sa jedne bombe na druge bombe u slučaju incidenata jasno pokazuju promjenu intenziteta detonacionog pritiska u neposrednoj blizini mjesta eksplozije.⁹

Rezultati eksperimentalnih istraživanja pokazuju da je na tijelu bombe broj 4 izmjereno pik pritiska od oko 90.000 bara nakon približno 35 milionitih dijelova sekunde i da je već posle 200 milionitih dijelova sekunde njegova vrijednost bila blizu atmosferskog pritiska.



Sl. 48. Raspored pritisaka produkata detonacije avionske bombe od 250 kg u funkciji vremena u nekoliko tačaka u neposrednoj blizini mjesta eksplozije

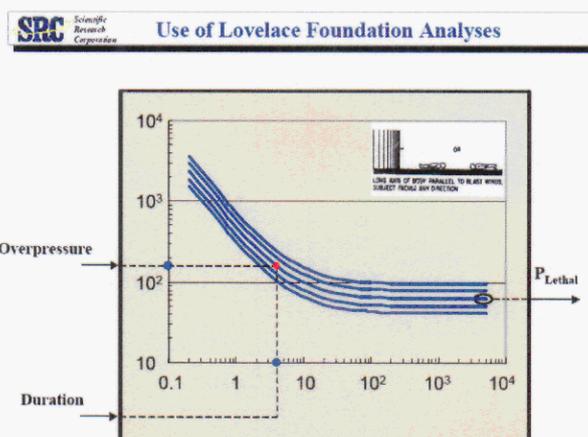
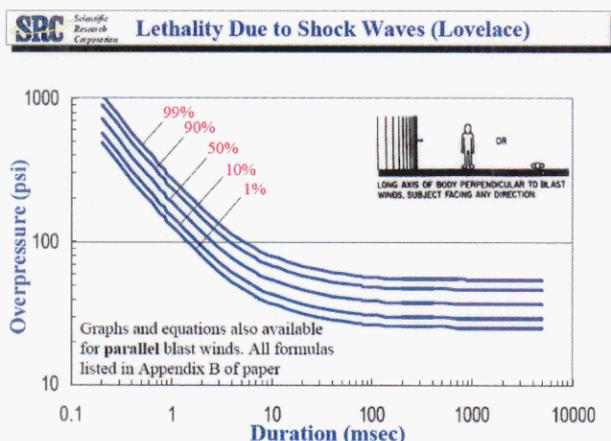
Na slici br. 48. jasno se vidi izrazita promjena pika pritiska po vremenu i prostoru i utjecaj refleksije na pojavu oscilacija pritiska. U neposrednoj blizini mjesta eksplozije, na udaljenosti od par metara nastupa sigurna smrt a na udaljenosti od desetak metara nastupaju teška oštećenja tkiva ljudskog tijela i povrede od primarnih i sekundarnih fragmenata.

Ranjivost čovječijeg tijela djelovanjem nadpritiska udarnog talasa je značajna i iz sljedeće tabele se mogu procijeniti posljedice s obzirom na intenzitet nadpritiska, tako i na vrijeme izloženosti čovječijeg organizma.¹⁰

⁹ Lundwall N., Que Bui-Dang, Hays B. and Minnick K.: Reduced Sensitivity Cyclotrimethylene Trinitrimine (RDX) Evaluation, Naval Air Warfare Center Weapons Division, 2004 Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, 2004.

Table. 2. Očekivani efekti udarnog talasa na ljude	
Nadpritisak, kPa	Posljedice
20-30	1 % prskanje bubne opne
110	50 % prskanje bubne opne
70 (trajanje 50 ms) 140-200 (trajanje 3ms)	Granica prskanja pluća
190 (trajanje 50 ms) 400-500 (trajanje 3ms)	1 % smrtnost

Tabela br. 2. jasno pokazuje osjetljivost dijelova čovjekovog organizma na djelovanje kako pika pritiska udarnog talasa, tako i utjecaj impulsa pritiska na tijelo. Što je duži efekt djelovanja nadpritiska, to same vrijednosti nadpritiska mogu biti i niže (ali je veći integral pritisak vs vrijeme). Potrebno je ponovo naglasiti da su bitno različiti uvjeti djelovanja udarnog talasa na otvorenom prostoru u odnosu na djelovanje udarnog talasa u zatvorenim prostorima ili u urbanim sredinama koje imaju mnogo reflektirajućih površina.



Sl. 49. Utjecaj nadpritiska i vremena trajanja na smrtnost ljudi pri raznim položajima osoba¹¹

Veoma je važno uočiti da položaj čovjeka u odnosu na pravac djelovanja udarnog talasa značajno utječe na vjerovatnoću smrtonosnih efekata uzrokovanih djelovanjem udarnog talasa (sl. 49.).

Iz tabele br. 3. jasno se vidi osjetljivost različitih urbanih struktura na djelovanje udarnog talasa, ali je potrebno pri tome naglasiti da značajan utjecaj na razaranje ima površina objekta na koju djeluje pritisak i složenost geometrije objekta i interakcija susjednih objekata.

¹⁰ TB 700-2, NAVSEAINST 8020.8 B, DoD Ammunition and Explosives Hazard Classification Procedures, Washington, 1999.

¹¹ Morris N.: Lethality to Humans Due to Blast Effects from Buried Landmines, U. S. Army, Project Manager Instrumentation, Targets and Threat Simulators (PM ITTS), 2002 Mines, Demolition and Non-Lethal Conference

Table. 3. Očekivani efekti udarnog talasa na objekte	
Nadpritisak, kPa	Očekivana oštećenja
1,0 – 1,5	Prskanje prozorskih stakala
3,5 – 7,6	Manja oštećenja na nekim građevinama
7,6 – 12,4	Deformacije metalnih ploča
12,4 – 20	Oštećenja betonskih zidova
over 35	Uništenje građevina sa drvenom konstrukcijom
27,5 – 48	Značajna oštećenja na objektima čelične konstrukcije
40 – 60	Teška oštećenja na građevinama od armiranog betona
70 – 80	Vjerovatno uništenje većine građevina

Efekti razaranja struktura usljed djelovanja udarnog talasa izazvanog detonacijom eksplozivnog punjenja bitno zavise od toga da li je centar eksplozije unutar strukture ili van (na otvorenom prostoru).

Na sl. 49 jasno se vide razaranja uzrokovano djelovanjem savremene GPS vođene avionske bombe malih dimenzija, mase 130 kg, koja sadrži 25 kg eksploziva visokih performansi. Ova bomba ima specifičnost, a to je mali prečnik efektivnog dejstva udarnog talasa od samo 7,8 m i zbog toga se koristi za djelovanje u urbanim sredinama kako bi se smanjila kolateralna šteta, posebno prema civilnom stanovništvu.



Sl. 49. Efekti razaranja objekta udarnim talasom posle djelovanja bombe GBU-39/B mase 130 kg unutar zgrade¹²

¹² Miniature Munitions Systems Group, GBU-39/B weapon with a 250 lb class warhead, <http://www.eglin.af.mil/agmsw/mm/1.html>

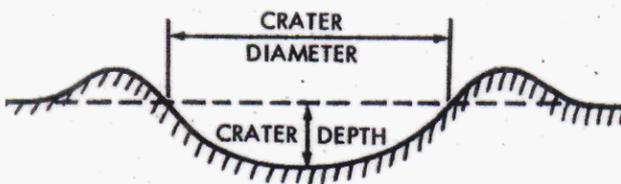
Na sl. 50 je prikazan test djelovanja udarnog talasa nastalog pri eksploziji na otvorenom prostoru. Uspoređujući sl. 49 i sl. 50 jasno su vidljive razlike u strukturi oštećenja zgrade. Pri unutrašnjoj eksploziji (sl. br. 49) javlja se reflektovani pritisak, koji uzrokuje značajno veća razaranja, tako da nastupa uništenje i glavnih nosača od armiranog betona. Kod eksplozije van zgrade (sl. br. 50) oštećeni su prvenstveno pregradni zidovi.



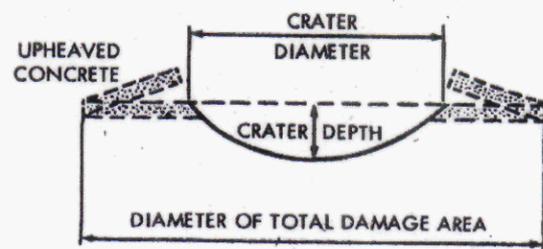
Sl. 50. Efekti djelovanja udarnog talasa izazvanog eksplozivom van zgrade¹³

6.1.4 Krateri nastali djelovanjem avionskih bombi

Krateri pri djelovanju avio bombe opšte namjene se javljaju kad je aktivirana opcija kašnjenja djelovanja kod upaljača tokom prodiranja bombe kroz cilj. Tada bomba ima mogućnost da prodre u cilj prije nego nastupi njena eksplozija i tada nastali produkti detonacije potiskuju strukturu cilja (obično zemlju) prema površini (prema pravcu gdje je najmanji otpor) i formira se krater. Kod jako čvrstih ciljeva, ne formira se krater, nego nastupa razaranje strukture cilja, obično zidova zgrade ili objekata. Ako bomba djeluje unutar neke zgrade ili objekta, utjecaj zatvorenog prostora može značajno da pojača destruktivne efekte eksplozije bombe (superponiranje-sabiranje udarnih talasa eksplozije i talasa odbijenih o zidove cilja).



Sl. 51. Krater u zemljanoj podlozi



Sl. 52. Krater na tvrdoj poletno-sletnoj stazi (sa probojem)

¹³ Isenberg N. and Seible F.: Testing, Computational Aspects and Research, TRB Workshop on Recommendations for for Bridge and Tunnel Security (JCW04 Bridge and Tunnel Security (JCW04-2) 2)

Tabela br. 4. Rezultati testiranja efekata avionskih bombi 250 kg i 500 kg¹⁴

Parametri kratera	Avionske bombe sa upaljačem podešenim na dejstvo sa kašnjenjem		Avionske bombe (sa i bez uređaja za kočenje) sa upaljačem podešenim na udarno dejstvo	
	250 kg	500 kg	250 kg	500 kg
Dubina eksplozije, m	6	9	0	0
Prečnik kratera, m	12	16	7	9
	Zemljana površina		Zemljana ili betonska površina	
Dubina kratera, m	3,3	4,2	1,8	2,4
Prečnik totalnog uništenja poletno-uzletne piste, m	21	24	7	9
Kriteriji	Kod avionskih bombi opšte namjene visina izbacivanja je oko 1500 m			
	Betonska podloga je debljine 200 mm			
	Dimenzije kratera kod pješčanog tla su nešto manje, jer se pijesak brže povlači poslije eksplozije.			

Podaci iz studije Britanske vojske urađene u firmi Hunting Engineering Limited, tokom ispitivanja dva tipa avionskih bombi od 250 kg i 500 kg, su veoma važni za analizu djelovanja avionskih bombi na urbane dijelove Sarajeva, jer pokazuju kakav stepen oštećenja mogu izazvati bombe od 250 kg. Vidljive su razlike u stepenu oštećenja u zavisnosti od moda djelovanja upaljača (sa i bez kašnjenja djelovanja). Upada u oči da se prečnik kratera kreće od 7-12 m, a dubina kratera od 1,8-3,0 m, uz napomenu da je podloga koju je bomba trebala da probije bila betonska podloga debljine 200 mm, a što je značajno deblje i čvršće od svakog zida stambenog objekta kojeg su pogodile modifikovane avionske bombe u Sarajevu tokom 1995 godine.

¹⁴ Anon: The British Bomb Retarder System, Hunting Engineering Limited., 1973

6.2 Prirodna fragmentacija avionskih bombi

Kod bombi sa prirodnom fragmentacijom, kao posljedica početnog detonirajućeg impulsa upaljača, dolazi do pretvaranja hemijske energije eksplozivnog punjenja, smještenog u tijelu bombe, u toplotnu energiju produkata detonacije visoke temperature i pritiska u veoma kratkom vremenskom intervalu. Prilikom detonacije bombe generira se veoma visok pritisak (20-40 GPa) koji djeluje na njeno tijelo u svega nekoliko mikrosekundi. Ovaj pritisak, nastao detonacijom jakog eksploziva, mnogo je veći od čvrstoće materijala tijela bombe. U trajanju od nekoliko desetina mikrosekundi jedan kilogram mase eksploziva proizvede oko 1.000 litara ekstremno komprimiranih produkata detonacije. Kao posljedica takve transformacije energije, dolazi do širenja tijela bombe i njegove fragmentacije. Prema eksperimentalnim istraživanjima, prvobitni prečnik bombe povećava se i do nekoliko puta, prije nego što nastupi prirodna fragmentacija tijela bombe. Dio energije produkata detonacije apsorbira tijelo bombe, dio se gubi dekompresijom produkata detonacije, a samo oko 30% ukupne energije produkata detonacije transformira se u kinetičku energiju fragmenata.

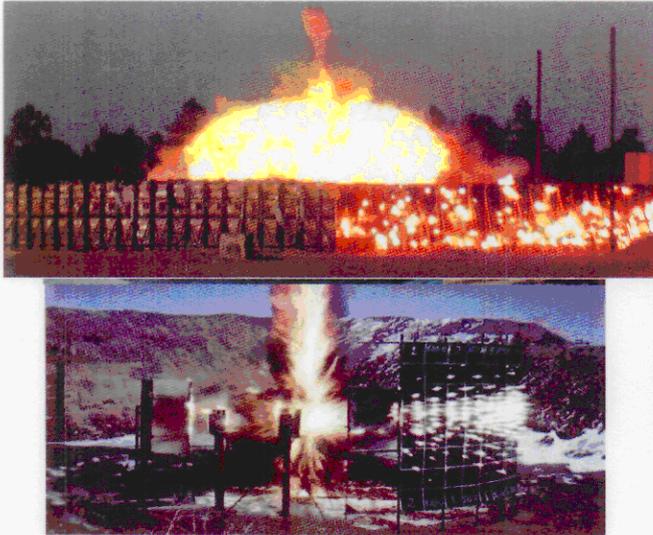
Pored kinetičke energije fragmenata, u zoni neposredno oko mjesta eksplozije javlja se udarni talas produkata detonacije bombe. Destruktivna sposobnost udarnog talasa bombe opada značajno sa udaljenošću od detonacijske tačke. S druge strane, fragmenti posjeduju značajnu kinetičku energiju, koja ih nosi do velikih udaljenosti.

Performanse bombi opšte namjene zavise od njezinog geometrijskog oblika i dimenzija, mase i tipa punjenja eksploziva, vrste materijala strukture tijela, načina i mjesta iniciranja eksploziva, tipa upaljača, varijacija od jedne bombe do druge i tehnološkog nivoa opreme. Brzina parčadi tijela bombe direktno zavisi od odnosa masa metala tijela bombe i mase eksploziva, detonacione brzine i gustine eksploziva. Podaci o brzini parčadi se prikupljaju primjenom elektronske ili optičke metode. Geometrija prirodnih fragmenata, njihova masena i prostorna distribucija je funkcija geometrije unutrašnjeg i spoljašnjeg plašta bombe, mehaničkih karakteristika tijela (čvrstoće na kidanje i žilavosti) i karakteristika eksploziva (fizikalnih i energetske).

Tokom prirodne fragmentacije bombe formiraju se fragmenti čije su veličine (mase i geometrija) u širokom rasponu u skladu sa slučajnom distribucijom. Ekspanzija tijela bombe nastaje uslijed dejstva produkata detonacije sve dok tijelo ne počne da se raspada u niz fragmenata različitih veličina. Prostorna distribucija fragmenata tijela bombe nije uniformna, tako da pri ispitivanju više bombi su moguća značajna odstupanja u broju parčadi i njihovoj veličini i obliku. Eksperimentalna istraživanja bombi, odnosno bojevih glava vršena u arena testu pokazuju da je značajan broj parčadi grupiran u centralnom snopu koji odgovara polarnom sektoru od 80° do 105° , mjereno od vrha bombe.^{1,2} Gustina fragmenata po steradianu mjeri se tokom eksplozije bojeve glave u areni, gdje je bojeva glava postavljena horizontalno na određenoj visini od tla.

¹ Gold, V.; Baker E., Ng K. & Hirlinger J. (2001). A Method for Prediction Fragmentation Characteristics of Natural and Preformed Explosive Fragmentation Munitions, ARWEC-TR-01007,

² Anon (1983). US Army Test and Evaluation Command Test Operations Procedure «Fragment Penetration Test of Armor», Report number TOP 2-2-722, ADA 125824.



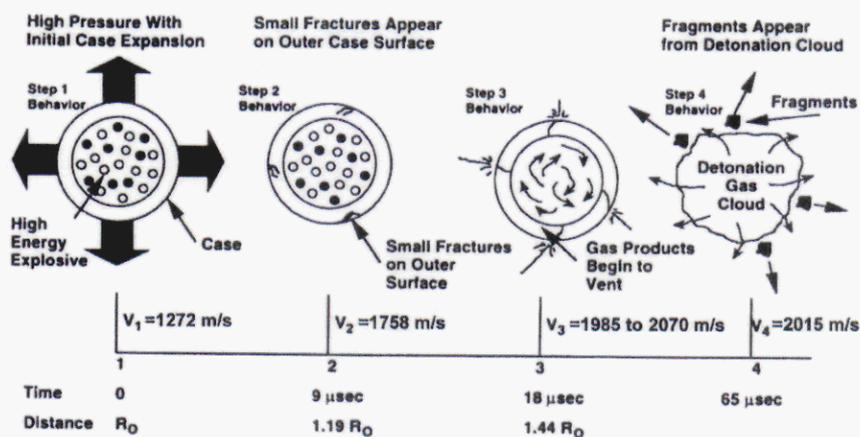
Sl. 53. Ispitivanja u arena testu u cilju mjerenja prostorne distribucije fragmenata³



Sl. 54. Arena test (mjerenje gustine parčadi po m^2)⁴

Kada je potrebno samo procijeniti efikasnosti bombi ili bojevih glava sličnih karakteristika, tada se koristi arena kod koje se projektil postavlja vertikalno sa vrhom prema tlu. Poslije eksplozije bombe mjeri se broj pogodaka i broj prodora za svaki sektor posebno i zatim se određuje gustina pogodaka i prodora po m^2 za svaki sektor. Potom se određuje zakon promjene gustine parčadi po m^2 u funkciji udaljenosti i traži se ona udaljenost pri kojoj je gustina prodora jednaka 1 parče po m^2 površine. Ta udaljenost se naziva radijus efikasnosti te bombe i ona bomba koja ima veći radijus efikasnosti bi trebala da ima i veću zonu smrtonosti.

Produkti detonacije eksploziva izazivaju širenje tijela bombe do radijusa koji je čak dva puta veći od prvobitnog radijusa bombe. Maksimalna brzina parčadi (95 to 100% Gurney brzine) se postiže na kraju procesa ubrzanja metalnog tijela bombe (radijus oko 1.6 to 1.8 puta veći od početnog radijusa bombe).

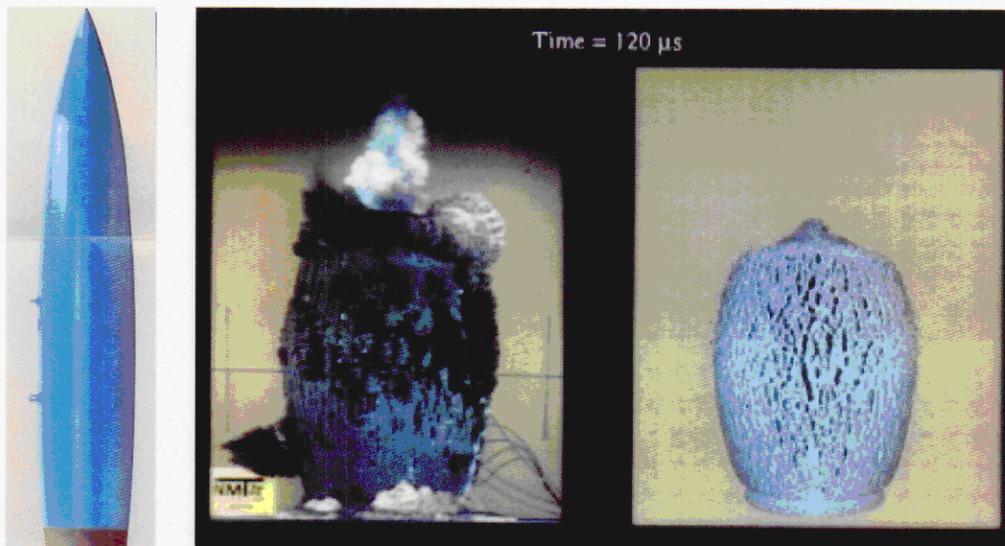


Sl. 55. Proces ekspanzije tijela bombe pri prirodnoj fragmentaciji⁵

³ <http://www.nawcwpns.navy.mil/r2/fs/SkyProp.htm>

⁴ NAV AIR USA, Pacific Ranges and Facilities, Ordnance Test & Evaluation, <http://www.nawcwpns.navy.mil/~pacrange/sl/photo/Ordnance.htm>

Proces prirodne fragmentacije standardne bombe je proces od četiri faze koji počinju radijalnom ekspanzijom (širenjem) tijela bombe. Nakon iniciranja eksplozivnog punjenja i tokom kretanja fronta detonacije unutar bombe, dolazi do ekstremnog povećanja pritiska u veoma kratkom vremenskom periodu. Tijelo bombe počinje se širiti u zoni koja je zahvaćena detonacionim procesom i za otprilike $10 \mu\text{s}$ počinju se pojavljivati mikro-pukotine u metalnoj strukturi bojeve glave. Pritisak produkata detonacije nastavlja da raste, tijelo bombe se i dalje širiti, pri čemu su radijalna pomjeranja tijela dominantna u odnosu na aksijalna i, nakon približno $20 \mu\text{s}$, gasoviti produkti detonacije počinju izlaziti kroz pukotine na tijelu. Dolazi do formiranja novih pukotina i razvoja postojećih pukotina u tijelu bombe. Materijal tijela bombe izložen je dinamičkom opterećenju, sa brzinom deformacije do 10^4 s^{-1} . Tijelo bombe se nastavlja širiti sve dok unutrašnji pritisak, nastao ekspanzijom gasovitih produkata eksploziva, ne premaši strukturalnu otpornost bombe. Poslije otprilike $60 \mu\text{s}$ slijedi dezintegracija cjelokupnog tijela bombe i nastupa proces prirodne fragmentacije.



Sl. 5 Fragmentacija avio bombe Mk82 od 250 kg⁶

Zona smrtonosnog djelovanja fragmenata je značajno veća od zone djelovanja udarnim talasom. Brzina fragmenata kod uobičajenih bombi je oko 1500 m/s i domet pojedinih parčadi može biti više stotina metara do nekoliko kilometara.

Za analizu bojnih glava sa prirodnom fragmentacijom u cilju procjene zone smrtonosnog djelovanja potrebno je poznavati:

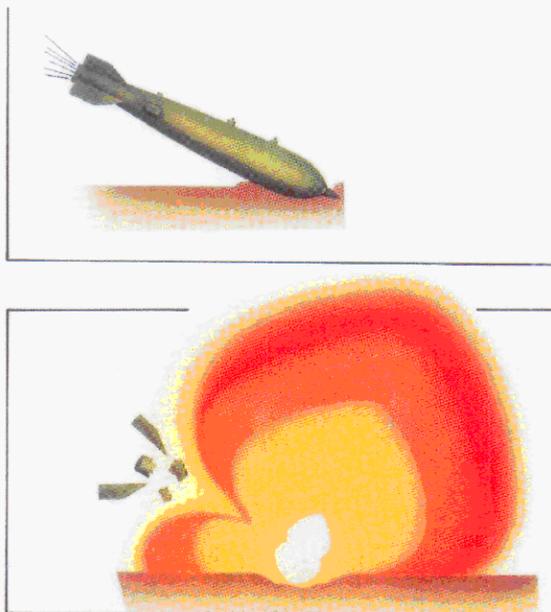
- Geometrijske i masene karakteristike bojeve glave,
- Mehaničke karakteristike materijala tijela bojeve glave,
- Detonacione parametre eksplozivnog punjenja,
- Brzine fragmenata u trenutku fragmentacije,

⁵ Lloyd R.: Conventional Warhead System Physics and Engineering design, Progress in Astronautics and Aeronautics, Volume 179, AIAA, 1999

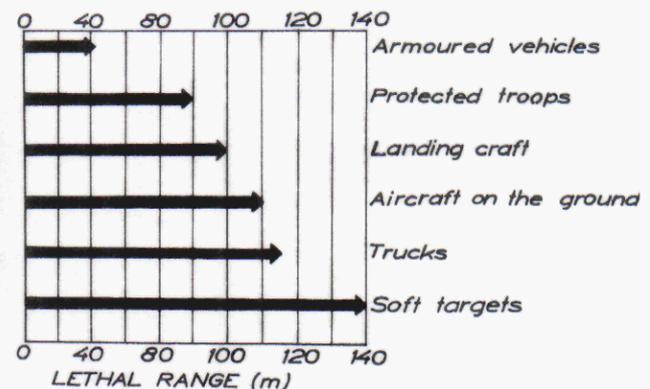
⁶ EMRT C, Computer Analysis, Fragment Calculation of a MK 82 Warhead, <http://www.emrtc.nmt.edu/facilities/computer.html>

- Udarne brzine i domet fragmenata,
- Masenu distribuciju fragmenata, i
- Prostornu distribuciju fragmenata.

Parametri procesa prirodne fragmentacije određuju se analitičkim metodama, eksperimentalnim istraživanjima, i metodama numeričkog modeliranja. Težište istraživanja koja se vrše u USA je usmjereno ka razvijanju metode za predviđanje performansi procesa prirodne fragmentacije bombi, odnosno bojevih glava.⁷ Vrhunac istraživanja je razvoj CALE kompjuterskog programa koji može metodom numeričke simulacije da predvidi performanse dvo-dimenzionalne i tro-dimenzionalne osno simetrične bojeve glave.



Sl. 57. Prostorna distribucija parčadi avionske bombe u trenutku udara u tlo⁸



Sl. 58. Smrtonosni radijus avionske bombe Virgo 120 kg fragmentacione bombe⁹

Na sl. 57 je dat grafički prikaz prostorne distribucije fragmenata prilikom udara avionske bombe u tlo. Nastupaju oštećenja na tlu i prostoru oko centra eksplozije. Smrtonosna zona djelovanja zavisi od tipa cilja, tako prema podacima Švedske firme FFV za avionsku bombu Virgo 120 kg, smrtonosni domet za mekane ciljeve je 140 m.

Broj fragmenata, njihova masena i prostorna distribucija određuju se eksperimentalnim metodama, kao što su Pit test (fragmentacija bojeve glave u jami) i Arena test. Predviđanje zakona distribucije mase parčadi na osnovu podataka dobijenih eksperimentalnim ispitivanjima se uobičajeno vrši primjenom formule Mott-a ili njene modifikacije, odnosno formule za Held distribuciju mase parčadi. Svaka od navedenih formula ima određena manja ograničenja i moguće je kombinacijom navedenih formula ostvariti kompleksniji pristup predviđanju distribucije mase parčadi za razmatranu

⁷ Gold V., Baker E., Ng K. And Hirlinger J.: A Method for Prediction Fragmentation Characteristics of Natural and Performed Explosive Fragmentation Munitions, Technical Report ARWEC-TR-01007, US Army Armament Research, Development and Engineering Center, 2001.

⁸ Anon: BAT 120, Thomson Brandt Armements, 1989.

⁹ Anon: Virgo 120 kg Fragmentation bomb, Description, FFV, Sweden

bojevu glavu. Sve ove formule su bazirane na eksperimentalnim istraživanjima prirodne fragmentacije bojevih glava u jami (pit facility) i pri arena testovima.^{10, 11, 12}

U SAD-u Mott-ova formula koristi se već duži niz godina za predviđanje masene distribucije fragmenata nastalih rasprskavanjem bojevih glava sa prirodnom fragmentacijom. Tamo gdje eksperimentalni podaci o fragmentaciji nisu dostupni Mott-ova formula daje dobra predviđanja masene distribucije fragmenata. Formula Mott-a daje zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata:

$$N(m) = \left[\frac{M_0}{(2 \cdot M_k^2)} \right] \cdot e^{-\sqrt{\frac{m}{M_k}}}$$

Gdje su:

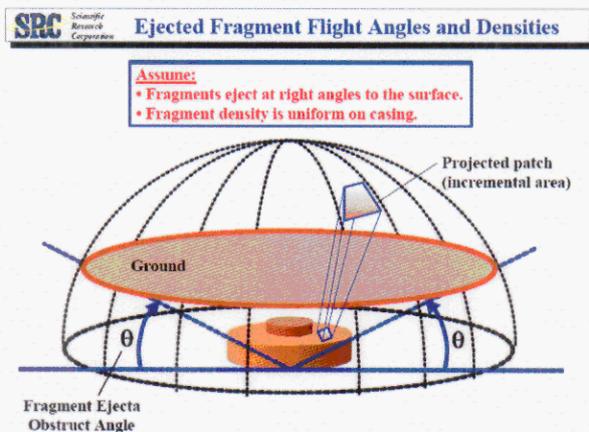
$N(m)$ - kumulativni broj fragmenata,

M_0 - ukupna masa svih pronađenih fragmenata, i

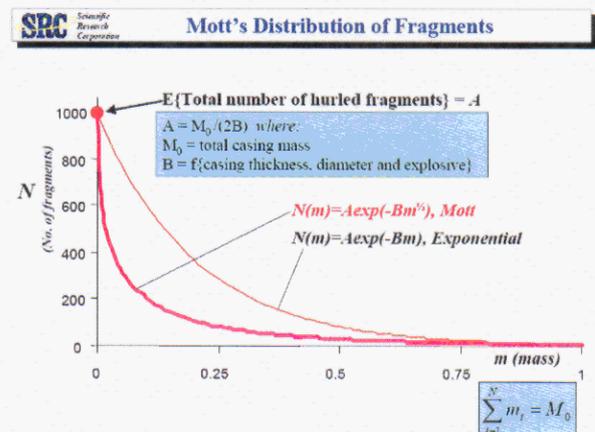
M_k - parametar koji karakterizira masenu distribuciju fragmenata

Parametar M_k funkcija je debljine košuljice t_i , unutrašnjeg prečnika bojeve glave d_i i eksplozivnog punjenja.

$$M_k = B \cdot t_i^{\frac{5}{6}} \cdot d_i^{\frac{1}{3}} \cdot \left(1 + \frac{t_i}{d_i} \right)$$



sl. 59. Prostorna distribucija fragmenata u trenutku eksplozije bombe (Morris, 2002¹³)



Sl. 60. Mott-ova distribucija fragmenata tijela bombe pri eksploziji (Morris, 2002)

¹⁰ Garland O.: The use of physics-Based Models to prediction fragmentation of ordnance, Naval Air Warfare Center Aircraft Division, OMB NO. 0704-0188.

¹¹ Anon: Fundamentals of Protective Design for Conventional Weapons, Department of the Army Technical manual, TM 5-855-1, 1986.

¹² Held M.: Fragment Mass Distribution of HE Projectiles, Propellant, Explosives, Pyrotechnics, 15, 1990.

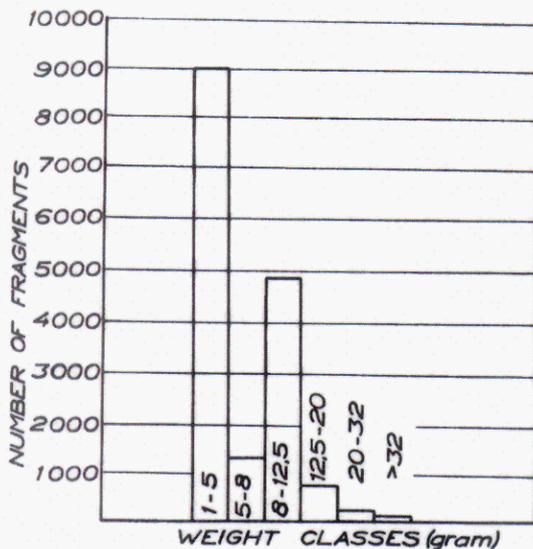
¹³ Morris N.: Lethality to Humans Due to Blast Effects from Buried Landmines, U. S. Army, Project Manager Instrumentation, Targets and Threat Simulators (PM ITTS), 2002 Mines, Demolition and Non-Lethal Conference.

Konstanta B (tabela) u parametru M_k zavisi od vrste eksploziva. Za tijela bombi od čelika sa srednjim vrijednostima mehaničkih performansi vrijednost B se smanjuje sa povećanjem detonacionog pritiska i sa povećanjem tvrdoće tijela. Konstante t_i i d_i su ekvivalentna debljina stjenke košuljice i ekvivalentni unutrašnji prečnik košuljice bojeve glave, respektivno.

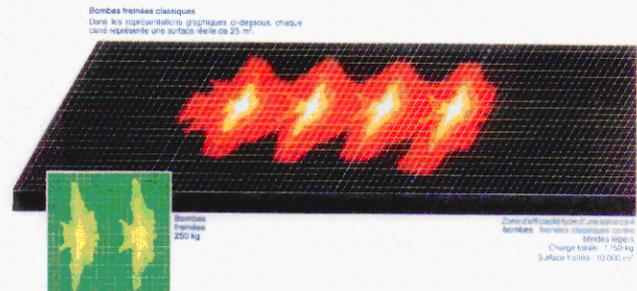
Tabela br. 6. Vrijednost konstante B za neke eksplozive

Eksploziv	Konstanta B [(oz) ^{1/2} /(in) ^{7/6}]	Konstanta B [(gr) ^{1/2} /(m) ^{7/6}]
Baratol	0,51	197,18
Kompozicija B	0,22	85,06
Cyclotol	0,20	77,33
H-6	0,28	108,26
HBX-1	0,26	100,52
HBX-3	0,32	123,72
Pentolit (50/50)	0,25	96,66
PTX-2	0,23	88,93
TNT	0,30	115,98

Na osnovu navedenih podataka za poznate podatke o avionskim bombama se može procijeniti ukupan broj fragmenata, koji je nužan za procjenu zone efikasnog djelovanja.



Sl. 61. Broj fragmenata određene masene grupe za avionsku bombu Virgo 120 kg



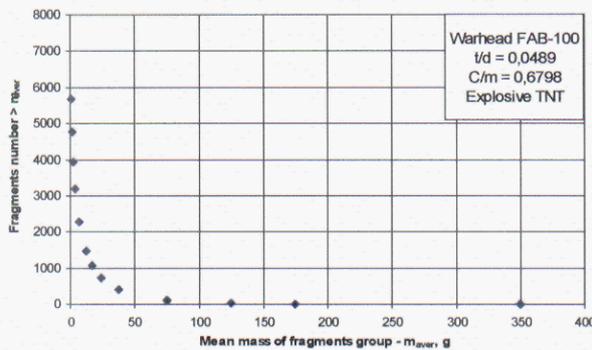
Efikasna površina djelovanja jedne avionske bombe od 250 kg je oko 2500 m².

Svaki kvadrat mreže na slici ima stranicu od 5 m.

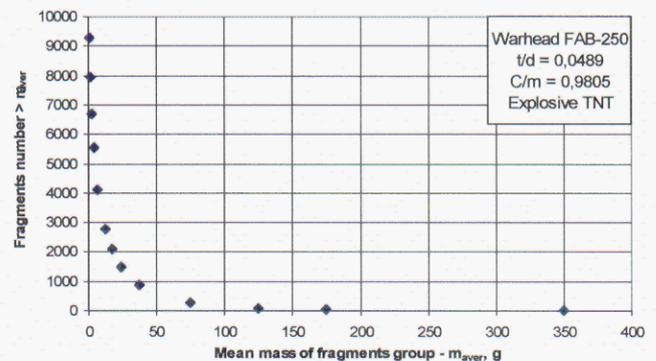
Sl. 62. Zona efikasnog djelovanja fragmenata pri eksploziji avionskih bombi od 250 kg

Sa sl. 61. vidljivo je da avionska bomba Virgo, mase od 120 kg ima oko 16.000 fragmenata mase od 1-20 g. To je veoma velik broj parčadi i pored efekta udarnog talasa, tako da je veoma značajan efekt kinetičke energije fragmenata. Slika br. 62 jasno pokazuje prostornu distribuciju fragmenata i jasno izražene bočne snopove i simetričnost distribucije kod djelovanja bombe od 250 kg.

Analizom avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 izvršena je procjena kumulativnog broja fragmenata. Za avionsku bombu FAB-100 sa sl. 63 je vidljivo da pri detonaciji bombe se formira više od 7.000 fragmenata čija je srednja masa veća od 0,5 g, dok je kod avionske bombe FAB-250 (sl. 64.) taj broj oko 11.000 fragmenata.

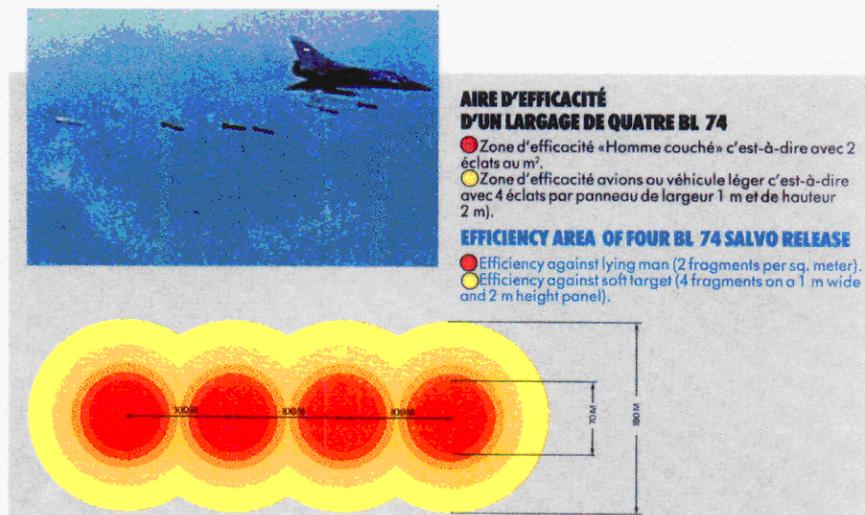


Sl. 63. Zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata po metodi Mott za bombu FAB-100



Sl. 64. Zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata po metodi Mott za bombu FAB-250

Time se stvara velika zona prostorne distribucije fragmenata, tako da iz slike 65. se može vidjeti da je prečnik efikasne zone avionske bombe BL-74 iznosi 70 m (gustina od 2 fragmenata po kvadratnom metru površine), odnosno prečnik efikasne zone protiv mekih ciljeva je 100 m (gustina od 4 fragmenata po površini širine 1 m i visine 2 m).



Sl. 65. Zona efikasnosti za različite ciljeve (ljude i meke ciljeve) bombe SAMP, Mle BL 74¹⁴

¹⁴ Anon: Reinforced Fragmentation Bombs, SAMP, France

Na osnovu flash radiografije Held je razvio eksperimentalni pristup u kojem je masena distribucija fragmenata predstavljena kao funkcija broja fragmenata. Held-ova formula, ako se korektno primjeni, daje odličan opis masene distribucije prirodnih fragmenata, čak i kod različitih vrsta eksplozivnih punjenja. Held je uspostavio relaciju

$$M(n) = M_0 \left(1 - e^{-Bn^\lambda}\right)$$

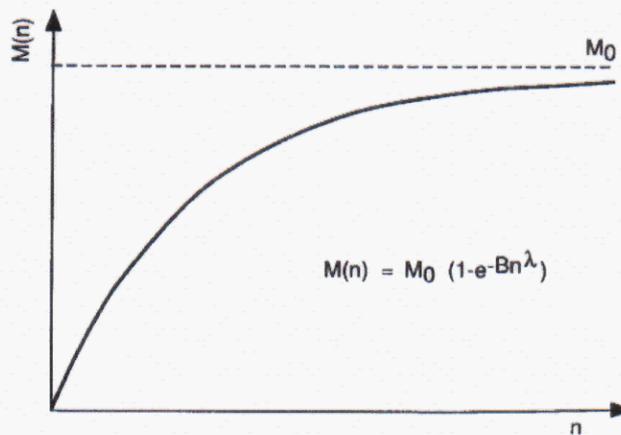
Gdje su:

$M(n)$ - kumulativna masa fragmenata

M_0 - ukupna masa svih pronađenih fragmenata

n - kumulativni broj fragmenata

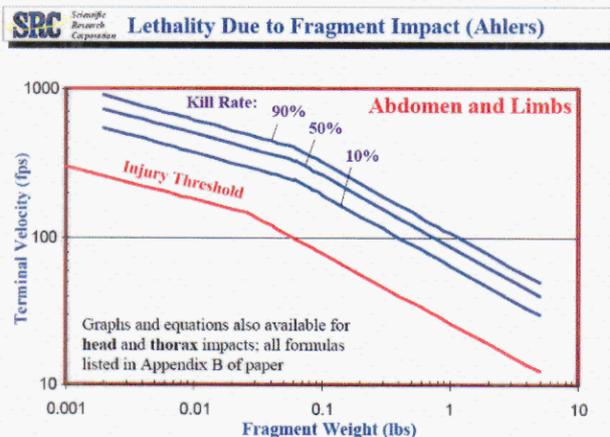
B, λ - empirijski određene konstante



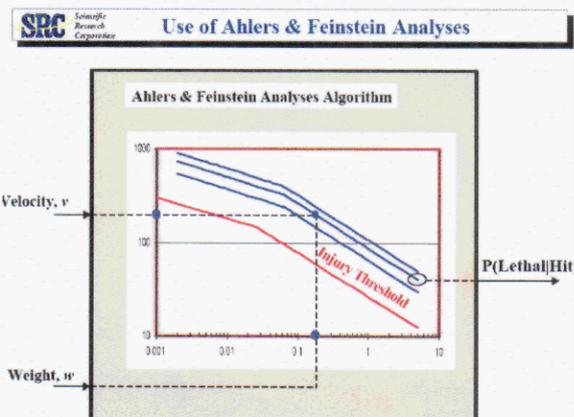
Sl. 66. Grafički prikaz Held-ove formule za kumulativnu masu fragmenata

Metod koji je razvio Held daje drugačiju interpretaciju rezultata fragmentacije u odnosu na metod Mott.

Broj, masa i oblik parčadi pri prirodnoj fragmentaciji bojnih glava je definiran eksperimentalnim ispitivanjem kroz Pit test, a relativna procjena prostorne efikasnosti u osnovnim ispitivanjima u arena testu (upoređivanje radijusa efikasnog djelovanja).



Sl. 67. Kriteriji ranjavanja fragmentima bombe (Morris, 2002)



Sl. 68. Kriteriji ranjavanja fragmentima bombe (Morris, 2002)

6.2.1 Brzina fragmenata

Početna brzina fragmenata. Teoretska i eksperimentalna istraživanja pokazala su da početna brzina fragmenata nastalih fragmentacijom HE bojevih glava zavisi od odnosa mase eksplozivnog punjenja i mase metala tijela (košuljice) bojeve glave, kao i od mehaničkih karakteristika materijala košuljice bojeve glave, te vrste i gustine eksplozivnog punjenja. Podaci o brzini parčadi se prikupljaju primjenom elektronske, optičke ili x-ray metode.

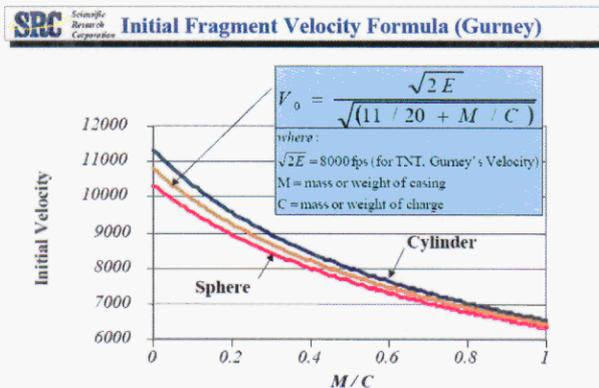
Američki istraživač R. W. Gurney, još 1943. godine razvio je analitičke izraze koji se, uz manje modifikacije, i danas koriste za izračunavanje početne brzina fragmenata. Jednačina Gurney-a opisuje početnu brzinu fragmenata kao funkciju odnosa mase punjenja i mase metala košuljice i empirijski određene konstante (Gurney-eva konstanta).¹⁵ Promjena početne brzine parčadi za pojedine segmente bombe određuje se prema metodologiji koja je izložena u radu Crulla.¹⁶

Jednostavan izraz za određivanje početne brzine fragmenata ili Gurney formula ima oblik:

$$v_{Gurney} = \sqrt{2 \cdot E} \cdot \sqrt{1 / (0,5 + M / C)}$$

Gdje su:

- $\sqrt{2 \cdot E}$ - Gurney konstanta,
- M-masa metalnog tijela bombe,
- C-masa eksplozivnog punjenja.



Sl. 69. Početna brzina fragmenata tijela bombe (Morris, 2002)

EXPLOSIVE	COMPOSITION	$\sqrt{2E}$ (km/s)
Amatol	80% AN + 20% TNT	2.908
Ammonium Nitrate (AN)		1.761
AN/Fuel Oil (ANFO)	94% AN + 6% Oil	2.769
Ammonium Picrate (Explosive D)		2.137
Comp B-3	64% RDX + 36% TNT	2.843
Comp C-4		2.801
Cyclotol	77% RDX + 23% TNT	2.979
Cyclotramethylenetetranitramine (HMX)		3.198
Diaminotribenzene (DATB)		2.192
Dipenterythritolhexanitrate (DiPEHN)		3.268
Ethylene Glycol Dinitrate (EGDN)		3.692
Hydrazinium Nitrate		2.796
Methyltetranitroaniline (Tetryl)		2.710
Nitrocellulose (NC)	13.35% Nitrogen	2.473
Nitroglycerine (NG)		3.575
Nitroguanidine (NQ)		2.308
Nitromethane (NM)		2.978
Octol	76% HMX + 24% TNT	2.965
Pentolite	50% TNT + 50% PETN	2.970
Pentaerythritoltetranitrate (PETN)		3.425
Tetrahydrodibenzofuroazocyclooctatetraene (TACOT)		2.655
Tetranitromethane (TNM)		2.173
Trinitrophenol (Picric Acid)		2.439
Cyclotrimethylenetrinitramine (RDX)		3.205
Triaminotribenzene (TATB)		2.028
Trinitrotoluene (TNT)		2.315

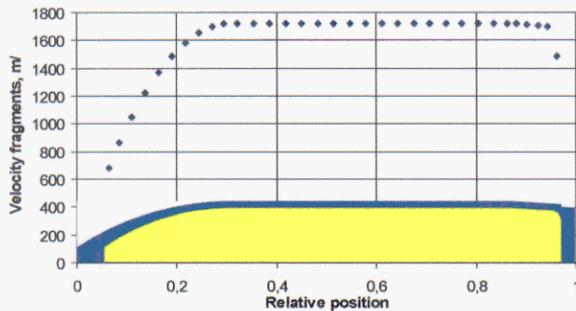
Sl. 70. Gurney konstanta za glavne eksplozive i njihove smješe

Koristeći gornje izraze za procjenu brzine fragmenata bombi FAB-100 i FAB-250, na osnovu poznatih podataka o masama tijela bombi, masama eksploziva TNT, izvršena je procjena brzina fragmenata tijela bombi.

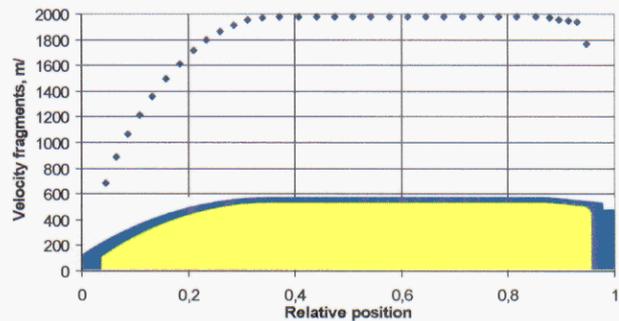
¹⁵ Karpf R.: and Predebon W.: Calculation of fragment velocity from natural fragmenting munition, BRL Memorandum Eport N0. 2509, USA Ballistic research Laboratoryies, Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1975.

¹⁶ Crull, M. M.: Prediction of Primary Fragmentation Characteristics of Cased Munitionns, UXO/Countermine Forum 1998, The Joint UXO Coordination Office.

Iz sl. 71. vidljivo je da prosječna brzina parčadi tijela bombe FAB-100 je oko 1.720 m/s, dok je prosječna brzina parčadi tijela bombe FAB-250 oko 1.970 m/s (sl. 72).



Sl. 71. Promjena brzine fragmenata duž ose bombe FAB-100



Sl. 72. Promjena brzine fragmenata duž ose bombe FAB-250

Dizajn bombe značajno utječe na smrtonosnu efikasnost. Taj utjecaj je veoma kompleksan, veoma važnu ulogu imaju geometrijski izgled vanjske i unutrašnje konfiguracije tijela bombe, relativan odnos debljine stjenke tijela, odnos mase eksploziva i mase metala tijela, odnosno tip eksplozivnog punjenja.

6.2.2 Dinamika leta fragmenata

Posle detonacije bombe, nastali fragmenti tijela se prostiru kroz prostor sa početnom brzinom koja zavisi pozicije fragmenta na tijelu bombe (Gurney formula). Kretanju fragmenata kroz prostor suprotstavlja se otpor vazduha i sila kočenja zavisi od oblika i dimenzija fragmenta. Obzirom da fragmenti imaju nadzvučnu brzinu, na udaljenosti od više desetina metara od centra eksplozije, njihova trajektorija ima približno pravolinijski karakter. Sila koja djeluje na fragment koje se kreće kroz vazduh može se izraziti kao

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot \rho_w \cdot v^2$$

Gdje su:

F_w - sila otpora zraka,

C_x - aerodinamički koeficijent otpora zraka za fragment mase m ,

S - maksimalni poprečni presjek fragmenta okomit na vektor brzine fragmenta,

ρ_w - gustina vazduha,

v - brzina fragmenta na udaljenosti x .

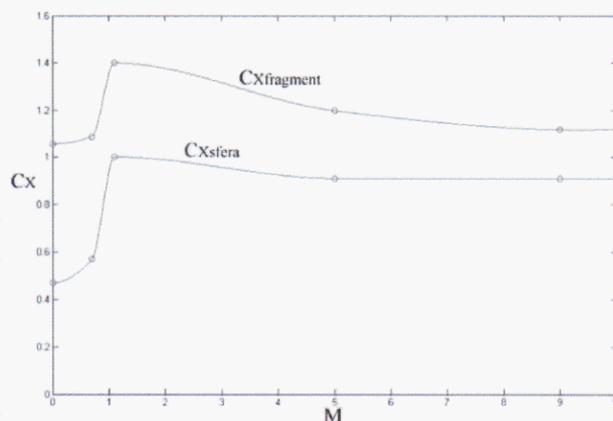
Na određenom rastojanju od centra eksplozije brzina fragmenta se može odrediti iz izraza:

$$v = v_0 \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \frac{S}{m_f} \cdot \rho_w \cdot x}$$

U opštem slučaju, tijelo bombe sa prirodnom fragmentacijom formira veliki broj fragmenata različitog oblika, dimenzija i mase jer je proces fragmentacije stohastičan proces. Oblik fragmenata je veoma složen i u proračunima se često pojednostavljeno promatraju kao jednostavna geometrijska tijela (kocka, pravougli paralelepiped, cilindar, sfera, itd.).



Sl. 73. Fragmenti različite mase i oblika



Sl. 74. Otpor realnog fragmenta u zavisnosti od Mach-ovog broja (TNO Report)

U opštem slučaju koeficijent otpora fragmenta je funkcija Mach-ovog broja, ali u supersoničnoj zoni se može smatrati da je promjena koeficijenta otpora približno linearna sa brzinom fragmenta ili da je sa malom greškom konstantna.

Na sl. 74. predstavljena je komparacija otpora realnog fragmenta i otpora sfernog fragmenta u zavisnosti od Mach-ovog broja. Podaci su dobijeni eksperimentalnim istraživanjima.¹⁷

Izraz za domet pojedinog fragmenta u nekom trenutku u kome je poznata njegova brzina v je:

$$x = \frac{2 \cdot m_f}{C_x \cdot S \cdot \rho_w} \ln \frac{v_0}{v}$$

Gdje su:

m_f - masa fragmenta,

S - maksimalna projekcija površine fragmenta,

C_x - koeficijent otpora fragmenta

v_0 - početna brzina fragmenta,

v - brzina fragmenta u tački x ,

ρ_w - gustina vazduha (kg/m^3).

Iskustva iz dosadašnjih ratnih sukoba pokazuju da minimalna vrijednosti kinetičke energije fragmenta E_K potrebna za onesposobljava vojnika na terenu iznosi 80 J.

Na osnovu ovoga zahtijeva je moguće procijeniti koliku minimalnu brzinu v_{min} treba da ima fragment mase m_f u trenutku udara u ljudsko tijelo, tj.:

¹⁷ TNO Report: General description of the missile systems damage assessment code (MISDAC), Prins Maurits Laboratorium TNO, septembar 1994.

$$E_K = 80 J = \frac{m_f \cdot v_{\min}^2}{2}$$

Odnosno, minimalna onesposobljavajuća brzina fragmenta v_{\min} je:

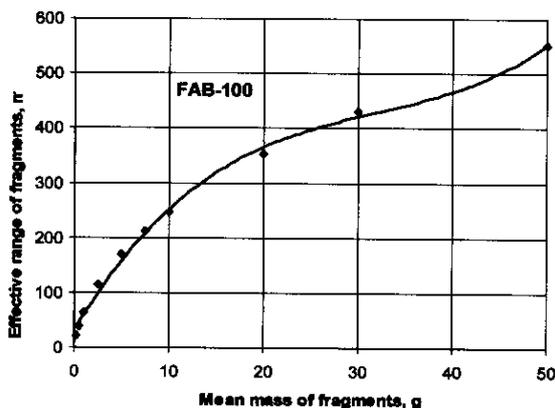
$$v_{\min} = \sqrt{\frac{160}{m_f}} = 12,65 \cdot m_f^{-0,5}$$

Sada je moguće poznavajući mase pojedinih fragmenata procijeniti i zonu onesposobljavanja, tj.:

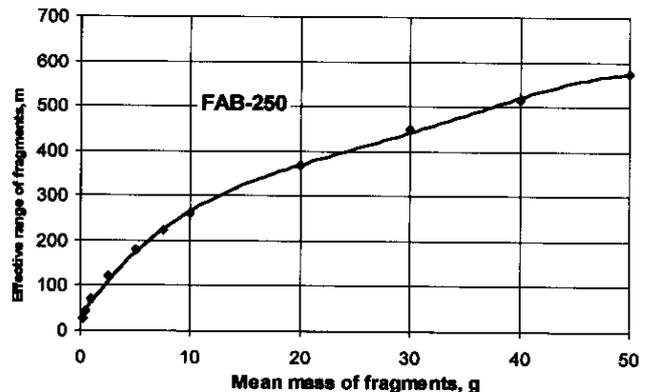
$$x_f = \frac{2 \cdot m}{C_x \cdot S \cdot \rho_w} \ln \frac{v_0}{\sqrt{\frac{160}{m_f}}}$$

Dometa onesposobljavanja vojnika sa fragmentom mase m_f naziva se smrtonosni dometa. Unutar ovog dometa (udaljenosti od centra eksplozije) vojnik koji je pogoden fragmentom mase m_f onesposobljen je za dalju borbu. Ako je pogoden datim fragmentom izvan ovog dometa, borac je ranjen, ali može nastaviti borbu.

Uz pretpostavku da je otpor fragmenta $C_D=1,2$ i da je složen oblik fragmenta zamijenjen sferom ekvivalentne mase, izvršen je proračun efikasnih dometa fragmenata za bombe FAB-100 i FAB-250.



Sl. 75. Efikasan dometa ekvivalentnih fragmenata kod bombe FAB-100



Sl. 76. Efikasan dometa ekvivalentnih fragmenata kod bombe FAB-250

Iz slika br. 75 i br. 76 vidljivo je da je efikasan dometa fragmenata mase veće od 5 g za obje bombe oko 200 m i više od centra eksplozije, a takvih fragmenata kod bombe FAB-100 ima više od 2.200, dok kod bombe FAB-250 je više od 2.800 fragmenata.

Istraživanja vojnih stručnjaka pokazuju da su efikasni fragmenti i mase manje od jednog grama, ali njihova efikasna udaljenost od centra eksplozije se mjeri metrima. Uobičajeno se smatra da je postignut optimum između broja fragmenata (gustina fragmenata u prostoru), njihove mase i kinetičke energije za fragmente mase od 1 g do 10 g.

6.2.3 Nivoi oštećenja

Postoji više nivoa oštećenja u zavisnosti od procjene koliko oštećenje utječe na operativnu sposobnost cilja. Na primjer, cilj može pretrpjeti manja oštećenja koja neće utjecati na njegovu operativnost ili cilj može biti kompletno uništen. U drugom slučaju, postoji samo vjerovatnoća da će cilj biti uklonjen iz operativne upotrebe sa nekom vjerovatnoćom p_k .

Tabela br. 7. Nivoi oštećenja	
Nivo oštećenja	Opis
Lako	Manja oštećenja, neke funkcije su izgubljene, ali sistem je još operativan
Srednje	Obimna oštećenja, mnoge funkcije su izgubljene. Sistem je moguće još operativan sa smanjenom efikasnošću
Teško	Sistem nije operativan

Opšte pravilo je da stepen oštećenja ciljeva nastalih fragmentacijom bombe glave zavisi od kinetičke energije fragmenata. Početna energija fragmenta zavisi od njegove kinetičke energije (brzine fragmenta određene Gurney analizom i mase) i geometrijskog oblika fragmenta (koeficijenta otpora).

Osobe. Za neutralizaciju osoba se pretpostavlja minimalna kinetička energija od 100 J. U prvom približenju to je energija sa kojom raspolaže projektil kalibra 5,56 mm, ispaljen iz puške brzinom od 300 m/s. Sljedeći nivo oštećenja je 1.000 J, koji korespondira sa energijom sa kojom raspolaže projektil sa mekim omotačem, kalibra 9 mm ispaljen sa brzinom 425 m/s. Ovi projektili su prilično smrtonosni za nezaštićene osobe (zavisno od udaljenosti sa koje su ispaljeni). Projektili sa kinetičkom energijom od 4.000 J imaju višak energije za probijanje zaštitnih prsluka za tijelo osoba. Ova energija je ekvivalentna energiji koju imaju projektili 7,62 mm sa metalnim omotačem ili oklopno probojni projektili 7,62 mm sa brzinom ispaljena od 900 m/s. U skladu sa takvim pristupom, izvršena je podjela ciljeva na lako otporne ciljeve za čije oštećenje je potrebna kinetička energija od 100 J, srednje otporne ciljeve sa potrebnom energijom oštećenja od 1.000 J i veoma otporne ciljeve sa potrebnom energijom oštećenja od 4.000 J. Efikasnost fragmenata bombi ima slične performanse.

Letjelice. Avioni i helikopteri su obično konstruirani od lakih metala. Tek posljednjih decenija, intenzivnim razvojem kompozitnih materijala napravljen je značajan pomak u poboljšavanju otpornosti preživljavanja letjelica na utjecaj djelovanja fragmenata bojnih glava. Na osnovu takvih pristupa usvaja se procjena da omotač letjelice ima ekvivalentnu otpornost kao zaštitni prsluk za osobe i u skladu sa tim kao potrebna energija za oštećenje letjelica se usvaja energija od 4.000 J.

Oklopna vozila. Oklopna vozila su osjetljiva na djelovanje bojnih glava parčadnog dejstva, ali je potrebno naglasiti da sposobnost projektila da probije oklop bitno zavisi od karakteristika oklopa i uvjeta udara projektila u cilj. Za oštećenje lakih oklopa se sve više koriste projektili koji su bazirani na primjeni koncepta sabot (prečnik projektila sa sabotom u cijevi je npr. 12,7 mm, dok prečnik projektila-penetratora po izlasku iz cijevi oružja je 7,62 mm) i kinetička energija penetratora treba da je min. 10 kJ. Za djelovanje protiv teško oklopljenih ciljeva, projektil treba da posjeduje značajno veću kinetičku energiju. U tabeli 8 su prikazani kriteriji oštećenja za ciljeve koji su ranjivi od parčadi bombi.

Tabela br. 8 Kriteriji onesposobljavanja ciljeva kinetičkom energijom fragmenata			
Ciljevi	Energija fragmenata, kJ		
	Laka oštećenja ($P_{k hit} = 0,1$)	Srednja oštećenja $P_{k hit} = 0,5$	Teška oštećenja $P_{k hit} = 0,9$
Osobe	0,1	1	4
Avioni	4	10	20
Oklopna vozila	10	500	1.000

Faktori koji utječu na stepen oštećenja su konstrukcija cilja, položaj cilja u odnosu na tačku detonacije bombe, parametara smrtnosti bombe ili bojeve glave (zona smrtonosnog djelovanja) i željenog tipa i nivoa oštećenja.

U priručniku „Field Artillery“¹⁸ analizirana je procjena rizika od povreda trupa pri indirektnom gađanju u borbi i rezultat analize za neka od oružja je dat u sljedećoj tabeli. Za avionsku bombu od 250 kg sa velikim otporom (HD-High drag), a takve bombe su bile u naoružanju JNA, minimalna zona rastojanja sa vjerovatnoćom ranjavanja od 10% je 100 m. Za vjerovatnoću ranjavanja od 0,1%, minimalna sigurna zona je udaljena od mjesta eksplozije 375 m.

Tabela br. 9. Minimalno sigurnosno rastojanje pri detonaciji bombi

WEAPON	DESCRIPTION	MINIMUM SAFE DISTANCE	
		(10% PI)	(0.1% PI)
MK 82 LD	500-pound bomb	250m	425m
MK 82 HD	500-pound bomb	100m	375m
MK 82 LGB	500-pound bomb (GBU-12)	*	*
MK 83 HD	1,000-pound bomb	275m	500m
MK 83 LD	1,000-pound bomb	275m	500m
MK 83 LGB	1,000-pound bomb (GBU-16)	275m	500m
MK 84 LD	2,000-pound bomb	225m	500m
MK 84 LGB	2,000-pound bomb (GBU 10-22)	*	*
MK20 **	ROCKEYE CBU (antiarmor)	*	*
2.75 FFAR	Rockets (various warheads)	100m	175m
SUU-11	7.62mm mini-gun	*	*
M-4/M-12/SUU-23/M-61	20mm Gatling gun	*	*
GAU-12	25mm Gatling gun	*	*
GPU-5A/GAU-8A	30mm Gatling gun	*	*
AGM-85 (AF)	Maverick missile (TV/IR/laser)	*	*
MK 21/29	WALLEYE I 1,000-pound bomb (TV guided)	275m	500m
MK 23/30	WALLEYE II 2,400-pound bomb (TV guided)	*	*
AGM-123A	SKIPPER 100-pound bomb (laser guided; rocket boosted)	275m	500m

* Minimum safe distances have not been determined.
 ** Not recommended for use near friendly troops.
 PI - probability of incapacitation; LD - low drag; HD - high drag; LGB - laser guided bomb; FFAR - folding fin aircraft rocket; GBU - guided bomb unit.

Figure 1: "Close Air Support (CAS) Ordnance Reference Data" from *FM 71-123 Tactics and Techniques for Combined Arms Heavy Forces: Armored Brigade, Battalion/Task Force, and Company/Team* (Table 7-2 on Page 7-12)

¹⁸ Pokorski G. and Minton L.: Risk Estimate Distances for Indirect Fires in Combat, Field Artillery, 1997.

6.3 Oružja prostornog djelovanja (Volumetric weapons)

Oružja prostornog djelovanja bazirana su na primjeni aerosolnih (Air-fuel) ili „Thermobaric“ (TBX) eksploziva. „Thermobaric“ i aerosolna oružja (FAE) djeluju na veoma sličnom principu. Oružja prostornog djelovanja imaju potencijal koji je mnogo efektivniji od jakih eksploziva protiv ciljeva koji zahtijevaju veću gustinu energije i poboljšano djelovanje na cilju (prostorno, a ne tačkasto).

Kod aerosolnih oružja, projektil ili bomba sadrži gorivu komponentu u obliku gasa, tečnosti ili praha. Oksidirajuća komponenta se uzima iz vazduha posle faze rasijavanja gorive komponente na cilju. Goriva komponenta se rasijava u prostor oko cilja u obliku kapljica tečnosti ili u obliku čestica prašine ili gasnih molekula, miješa se sa okolnim vazduhom koji sadrži kiseonik i dodatnom detonacijom čvrstog eksploziva iz tijela projektila ili bombe, nastupa proces detonacije, pojava udarnog talasa koji traje značajno duže od udarnog talasa čvrstog eksploziva, ali značajno manjeg intenziteta na površini.



Sl. 77. Sekvence djelovanja druge generacije FAE bombe (Second-Generation Fuel-Air Explosive-FAE II) na China Lake, 1976. ¹

Kod „Thermobaric“ oružja, gorivo se sastoji od kombinacije konvencionalnih eksploziva, odnosno monogoriva i energetske čestice. Proces detonacije monogoriva je sličan detonaciji TNT i pri tome energetske čestice (aluminij ili magnezij) sagorijevaju burno u okolnom vazduhu sa zakašnjenjem, što za rezultat ima formiranje intenzivne vatrene kugle i pojave velikog udarnog nadpritiska. Pri tome se koristi kiseonik iz vazduha kao oksidirajuća komponenta. „Thermobaric“ municija se koristi pri djelovanju u urbanim i kompleksnim terenima, izazivaju pojavu intenzivne toplote i efekta pritiska u pojedinim tačkama, a što ne mogu da ostvare

¹ <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/fae.htm>

konvencionalna oružja bez masovne kolateralne štete. „Thermobaric“ oružja za razliku od FAE oružja imaju bolju kontrolu djelovanja na cilju i ona se sada intenzivno razvijaju bazirana na novim čvrstim aerosolnim eksplozivima (solid fuel-air explosive thermobarics). Zbog toga se sve više koriste za djelovanje protiv ciljeva u zatvorenim prostorima kao što su tuneli, zgrade i fortifikacioni objekti pri čemu postižu maksimum smrtonosnog djelovanja.

Tipične FAE bombe (fuel-air explosive) ili bombe sa aerosolnim eksplozivom sastoje se od kontejnera sa gorivom i dva odvojena eksplozivna sistema. Kada je bomba izbačena iz aviona ili lansirana, prvi eksplozivni sistem izaziva razaranje kontejnera na unaprijed određenoj visini iznad tla i raspršuje gorivo u obliku oblaka koji se miješa sa kiseonikom iz atmosfere. Veličina oblaka zavisi od dimenzija municije, visine raspršavanja, brzine bombe, temeprature, vlažnosti vazduha itd. Oblak, mješavina goriva i vazduha, obuhvata objekte i ulazi unutar struktura. Drugi eksplozivni sistem formira bar tri tačke pokretače detonacije eksplozivnog oblaka, čime se stvara masivan detonacioni talas.²

Najpoznatija ruska FAE municija je ODAB-500PM avionska bomba, koja ima masu od 520 kg i relativno malu masu FAE punjenja od 193 kg.



Završna faza djelovanja bombe ODAB-500



Length: 2.28 m

Blast zone against infantry in the open is a 30 m radius

Body diameter: 500 mm

Effective blast zone against trenches and field fortifications a 25 m radius.

Weight: 520 kg

Filling: 193 kg high-energy fuel.

Sl. 78. Ruska avionska bomba prostornog dejstva ODAB-500PMV³

² <http://www.nawcwpns.navy.mil/>

³ ODAB-500PM bomb, <http://www.aeronautics.ru/img001/odab500pm.htm>

Kod FAE ili „thermobaric“ oružja, udarni talas se intenzivira kada se reflektuje od zidove ili druge površine. Primarni mehanizmi ranjavanja (primary injury mechanisms) su udarni talas i toplota, a sekundarni efekti su fragmenti od tijela bombe ili projektila, leteći fragmenti (staklo, iver drveta, kamenčići, itd.) i toksični gasovi produkata detonacije.

Proces funkcioniranja „thermobaric“ oružja baziran je na tri faze:

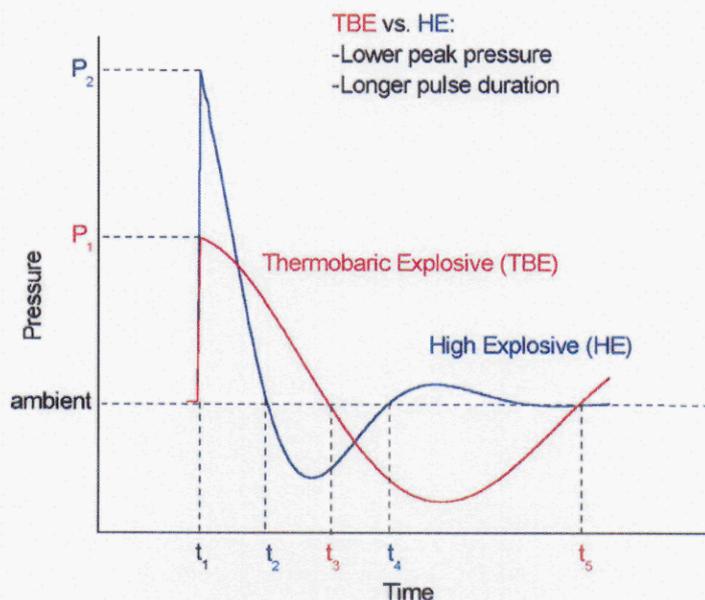
- Početna detonacija bombe ili projektila koja traje u mikrosekundama, praćena visokim pritiskom.
- Zatim nastupa faza reakcije sagorijevanja energetskih čestica i komponenti koja traje stotinama mikrosekundi, pri čemu detonacioni talas pokreće gorive čestice tokom svog kretanja kroz vazduh.
- Posle prolaska detonacionog talasa, nastupa reakcija sagorijevanja smješe gorivih čestica i kiseonika iz vazduha. Ova faza traje više milisekundi.

Nadpritisak u udarnom talasu je manji od 10 bar, ali je zato stvorena ukupna energija značajno veća od one pri detonaciji konvencionalnih čvrstih eksploziva. To se postiže značajno manjim nadpritisakom čije djelovanje je značajno duže (veći integral pritiska po površini cilja) i efektom toplote. Cilj savremenih „thermobaric“ oružja je poraziti vojnike i opremu sa minimumom kolateralne štete i sa maksimalnim efektom nadpritiska i termičke energije, primjenom gorive komponente (Boron, Aluminum, Silicon, Titanium, Magnesium, Zirconium, Carbon, ili Hydrocarbons).

Nadpritisak koji se može stvoriti detonacijom „thermobaric“ eksploziva je između 2,5 do 3 MPa, a temperatura produkata detonacije je oko 3000°C . Detonacioni talas se kreće brzinom oko 3000 m/s, dok iza detonacionog talasa nastupa proces sagorijevanja energetskih čestica metala pri čemu sagorijeva sav dostupan kiseonik iz vazduha u zoni djelovanja.

6.3.1 Efekti na cilju, na otvorenom i zatvorenom prostoru

Primarni mehanizmi ranjavanja kod „thermobaric“ oružja su efekt udarnog talasa i toplote. Sekundarni efekti su kinetička energija fragmenata koja nastaje uslijed interakcije udarnog talasa sa strukturama (napr. leteće cigle, stakleni i metalni ostaci) i gušenje uslijed toksičnih gasova i dima.

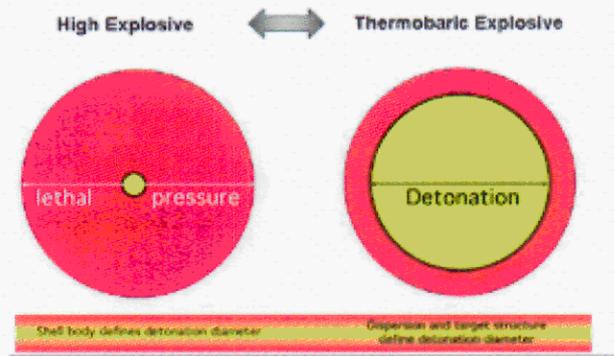


Sl. 79. Razlike u intenzitetu pika nadpritiska i integrala pritiska udarnog talasa između jakog eksploziva (high explosive) i „thermobaric“ eksploziva

Stepen oštećenja struktura i ranjavanja zavisi od pika pritiska, impulsa pritiska (zavisi od vremena djelovanja pritiska), oblika krive pritisak-vrijeme i elastično-plastične čvrstoće i karakteristika sopstvenih oscilacija strukture i ljudskog tijela.

Aerosolni i „thermobaric“ eksplozivi imaju niži pik pritiska i značajno duže djelovanje nadpritiska tj. veći integral pritisak-vrijeme, a što je presudno za efekte razaranja struktura i značajnije oštećenje ljudskog organizma.

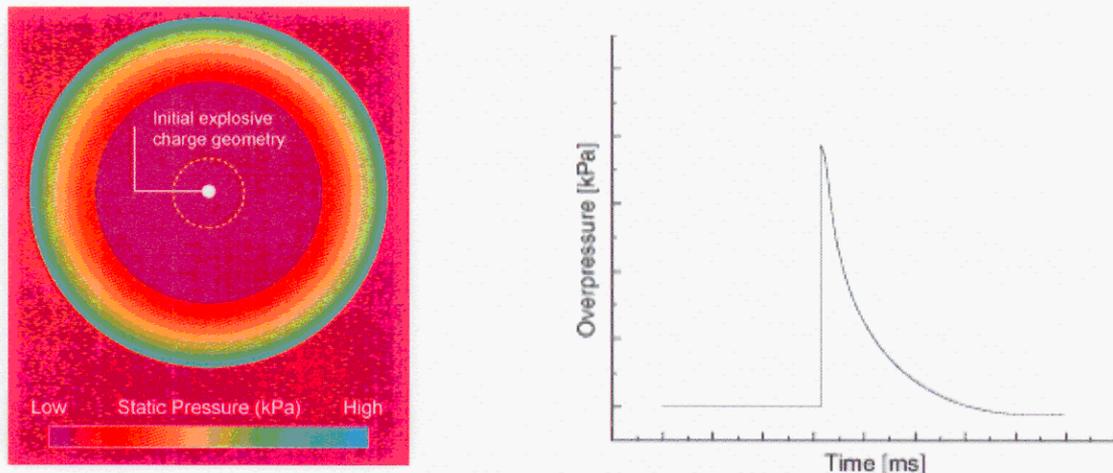
Kod detonacije bombe sa čvrstim jakim eksplozivom, zona detonacije je relativno mala, a efekti nadpritiska zavise od prečnika bombe, odnosno odnosa mase eksploziva i tipa eksploziva.



Sl. 80. Razlike u zonama djelovanja HE i „thermobaric“ eksploziva⁴

Kod eksplozije na otvorenom prostoru, udarni talas produkata detonacije se ravnomjerno rasprostire na sve strane ravnomjerno. Pik pritiska opada sa vremenom i sa udaljavanjem od centra eksplozije.

Kod „thermobaric“ ili FAE bombi, efekti zavise od parametara bombe i od zone disperzije goriva u prostoru.

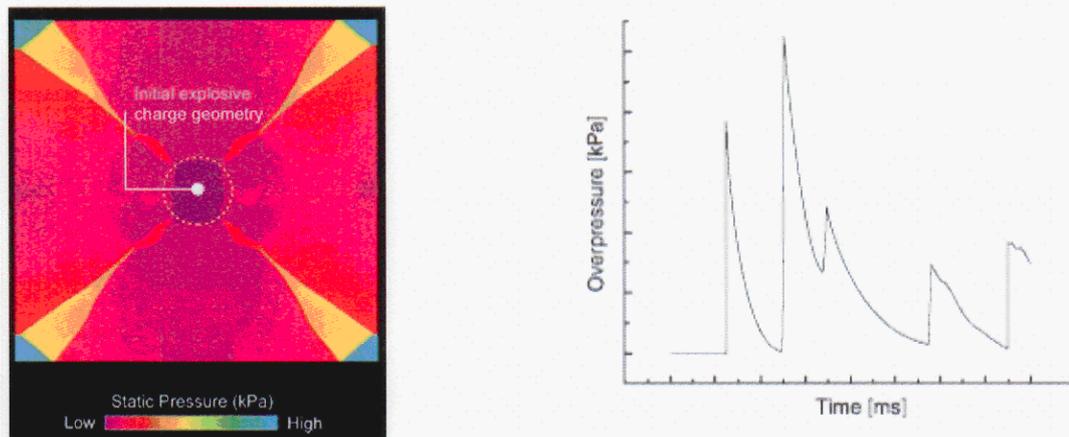


Sl. 81. Efekti udarnog talasa na otvorenom prostoru

⁴ Biass H. E.: Warheads at a Turning Point, <http://www.armada.ch/04-4/article-full.cfm>

6.3.2 Mehanizam ranjavanja pri eksploziji u zatvorenom prostoru (Injury mechanisms in a confined explosion)

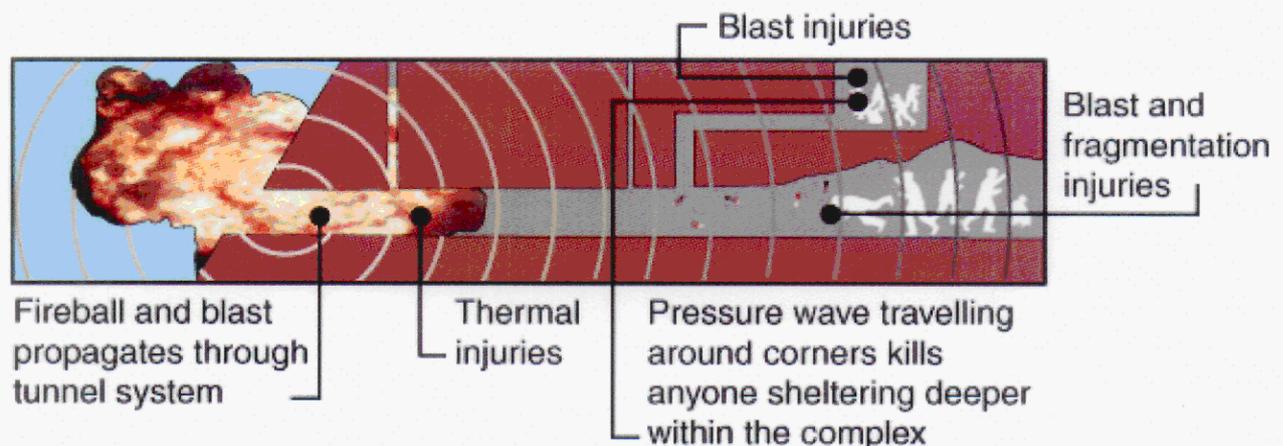
Efekti na cilju su značajno drugačiji kada nastupi detonacija u zatvorenom prostoru. Udarni talas se reflektira od zidova strukture i značajno se povećava intenzitet njegovog djelovanja, jer može da se kreće u prostore u koje fragmenti ne mogu. Fragmentaciono dejstvo je ograničeno prisustvom zidova ili drugim preprekama.



Sl. 82. Efekti udarnog talasa u zatvorenom prostoru⁵.

U ljudskom tijelu udarni talas izaziva interakciju sa mnogim dijelovima tijela čovjeka (kožom, salom, mišićima i kostima) koji imaju različitu gustinu, elastičnost i otpornost. Pri djelovanju udarnog talasa svaki dio tijela je izložen pritisku, istežanju, smicanju ili dezintegraciji u zavisnosti od karakteristika materijala datog dijela tijela. Pored toga, unutarnji organi u sklopu tijela sadrže vazduh i posebno su ranjivi na efekt nadpritiska.

Ti efekti posebno se pojačavaju pri dejstvu u tunelima, kao što je detaljno prikazano na sljedećoj slici.



Sl. 83. Efekt djelovanja „thermobaric“ oružja u prostorima tunela.

U zatvorenim prostorima sa jako mnogo pregrada, udarni talasi se reflektuju od zidova pri čemu se formiraju zone sa značajno većim pritiskom, posebno u kutovima prostorija. S obzirom da se

⁵ Wildegger-Gaissmaier E. A.: Aspects of thermobaric weaponry, ADF Health, Vol 4, April 2003, www.defence.gov.au/dpe/dhs/infocentre/publications/journals/NoIDs/adfhealth_apr03/ADFHealth_4_1_03-06.pdf

pritisak u udarnom talasu neprekidno mijenja po vremenu i prostoru, nastupa oscilacija pritisaka koja rezultira time da se pik pritisak u kutovima poveća više puta u odnosu na pik pritisak na ravne zidove i usljed toga dolazi do razaranja struktura objekata.

„Thermobaric“ kompozicije su gorivom bogati jaki eksplozivi koji imaju intenzivan efekat sagorijevanja gorive komponente u trećoj fazi procesa detonacije, a što se postiže dodatkom metalnih komponenti (Boron, Aluminum, Silicon, Titanium, Magnesium, Zirconium, Carbon, Hydrocarbons). Ove kompozicije imaju karakteristike i jakih eksploziva (high explosive) i aerosolnih eksploziva (fuel-air explosive), a to je da su kompozicije detonabilne, mogu biti tečne (ruski koncept) ili čvrste (US koncept) i ove kompozicije su manje osjetljive od klasičnih jakih eksploziva. Za uspješnu detonaciju „thermobaric“ eksploziva potrebno je jedan dio mase eksploziva pomješati sa tri do šest masenih dijelova vazduha. Da bi se to ostvarilo potrebno je da se ostvari ekspanzija produkata detonacije za oko 4000-8000 puta od prvobitne zapremine.⁶

Savremena oružja prostornog djelovanja, pored efekta udarnog talasa (blast efekt) djeluju i kao zapaljiva sredstva. Istraživanja tokom drugog svjetskog rata i rata u Vijetnamu, pokazuju da životinje izložene temperaturi okoline od 60-100⁰C u trajanju od nekoliko minuta ugibaju, dok ljudi mogu izdržati do pola sata na temperaturi okoline nešto iznad 100⁰C, ali kada temperatura okoline pređe 120⁰C javlja se nagli porast temperature tijela i kada ona naraste na 41⁰C, čovjek umire. Dugotrajnije izlaganje čovjeka temperaturi od 50-60⁰C izaziva u tijelu čovjeka koagulaciju proteina. Oružja prostornog djelovanja prati i pojava toplote zračenja, tako da već pri temperaturi od 225⁰C javlja se paljenje odjeće i kose kod osoba. Ako tim fenomenima dodamo i pojavu udisanja toplog zraka i čestica produkata eksplozije, javljaju se dodatni prateći efekti koji ugrožavaju disajne puteve i pluća.⁷

⁶ Ludwig C.: Verifying Performance of Thermobaric Materials for Small to Medium Caliber Rocket Warheads, Talley Defense Systems

⁷ Lumsden M.: Od dum-dum metka do napalma-Borba protiv nehumanog oružja, Globus, 1085, Zagreb

7. Načini modifikovanja avionskih bombi i utjecaj modifikacije na preciznost

(Q6 -7. Da li su te bombe bile modifikovane za korišćenje u Sarajevu, i ako jesu, molim Vas da detaljno opišete kako su bile modifikovane. Na čemu zasnivate svoja saznanja? Kako su te modifikacije uticale na preciznosti avionskih bombi?)

Prva primjena modifikovanih bombi u Sarajevu je bila u 29.01.1994 god. u 9^{45h} na prostorima brda Žuč. Na osnovu uvida u ostatke koji su doneseni, uočen je izuzetno dobro očuvan sklop od četiri raketna motora 122 mm GRAD, između kojih je bio kontejner za padobran i ostaci padobrana. Svjedoci eksplozije su naveli da se na određenoj udaljenosti od zemlje otvorio padobran, zatim se čula prigušena eksplozija, pojavio se bijeli oblak i zatim jarko žuta kugla. U krugu od 30 m je bila spaljena trava i zemlja. Narednih dana je bilo još nekoliko sličnih eksplozija na rubnim dijelovima grada, zatim su slične eksplozije registrirane na ostalim ratištima.

Efekti na cilju su jasno ukazivali na primjenu aerosolnih (Fuel-air explosive) projektila. Analizom ostataka rakete, vidljiva je bila visoko profesionalna izrada dijelova, jasan koncept u procesu dizajna, primjena elektronskih komponenti u sistemu aktiviranja sekundarnih detonatora i padobranskog sistema. Boja raketnih motora i oznake na raketnim motorima su jasno ukazivali da je taj oružani sistem proizveden u Rusiji.

Prema dostupnim informacijama^{1,2,3} oružja sa aerosolnim eksplozivima su posjedovale SAD, Rusija, Kina, Francuska, Izrael. Informacije ukazuju da su Rusi tokom svojih aktivnosti u Čečeniji koristili aerosolne rakete (vjerovatno tipa KREMA-4 početkom devedesetih godina), da bi na kraju došlo do razvoja novog raketnog sistema TOS-1-4 Burano kalibra 220 mm. Prvobitna namjena ovih raketnih sistema je bila neutraliziranje minskih polja i domet im je bio nekoliko kilometara. Kasnije, namjena im je proširena za djelovanje protiv utvrđenih fortifikacionih tačaka.

Preduzeće PRETIS, Vogošća razvijalo je aerosolnu avionsku bombu, mase 250 kg do 1991 god. kada je njen razvoj prebačen u Beograd. Aerosolni eksploziv je razvijan od strane Instituta Vinča, i odgovorni istraživač je bio dr Zoran Maksimović. Pored aerosolne bombe razvijana je i aerosolna mina.

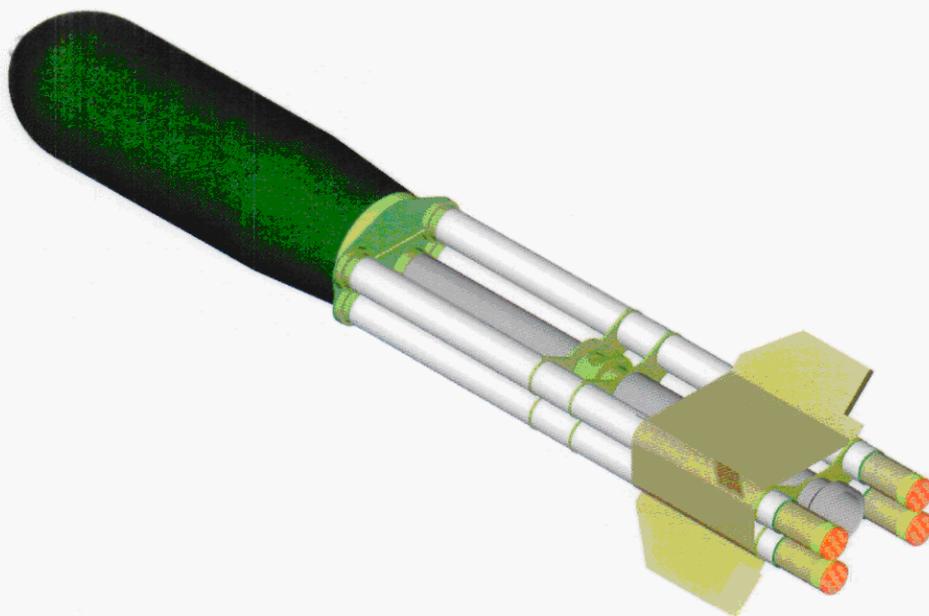
Na osnovu ostataka aerosolnih raketa koje su nađene u Sarajevu i na ostalim dijelovima ratišta u Bosni i Hercegovini, a posebno na bazi fotografija koje su dobivene od strane Holandskog tima zaduženog za neutralizaciju oružanih sistema zaostalih iz rata izvršeno je modeliranje raketnog sistema baziranog na ruskoj aerosolnoj avionskoj bombi ODAB-500.

3-D model te rakete je prikazan na sljedećoj slici. Raketa je dobila kodni naziv KREMA-4.

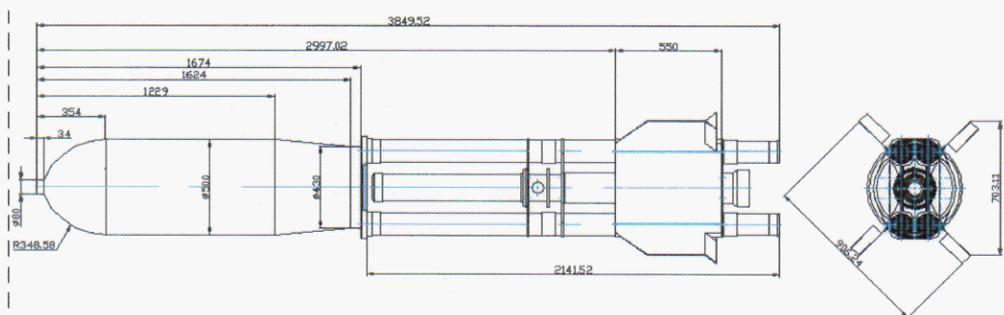
¹ Brower S. K.: "Fuel-air explosives a blow to dismounted infantry", International Defense Review, 10/1987

² Anon: "Catapult launched fuel-air explosive land mine counter-measure system", FMC Corporation, Advanced Systems Center, 1989.

³ Miljanovic S.: "Bombardersko naoružanje savremenih vazduhoplova-stanje i tendencije razvoja", Glasnik RVPVO br.6/1991



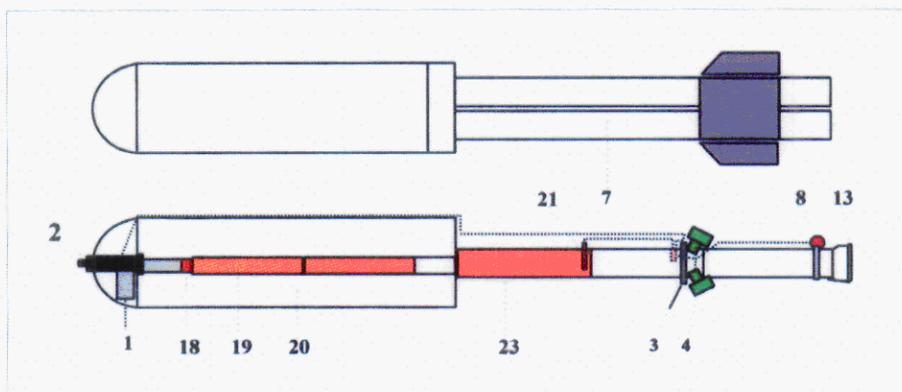
Sl. 84. 3-D model raketizirane bombe ODAB-500, kodne oznake KREMA-4



Mass rocket w/o propellant	706,0523	kg
Centroid	1,4722	m
lx	27,1933	kg m ²
ly	709,6148	kg m ²

Mass propellant	81,6925	kg
Centroid	2,6307	
lx	3,4865	kg m ²
ly	24,2055	kg m ²
lz	26,8448	kg m ²

Sl. 85. Geometrijski i maseni parametri raketizirane bombe ODAB-500

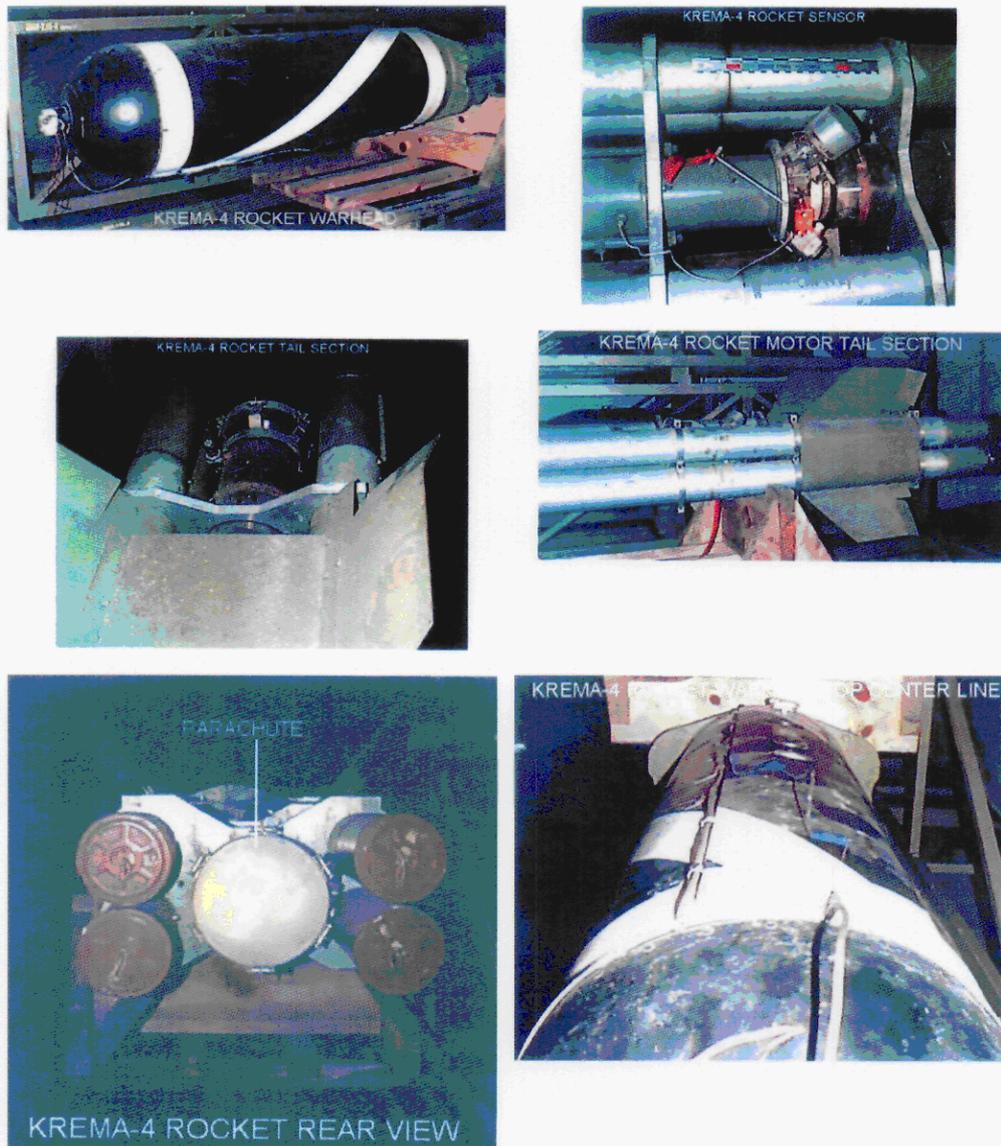


Sl. 86. Detaljne fotografije raketizirane bombe ODAB-500 dobivene od strane Holandskih pripadnika SFOR-a

Na prethodnoj slici se vide osnovni detalji rakete. Sa 1 je označen elektronski modul koji definira sekvence aktiviranja pojedinih podsistema, 2- blizinski upaljač, 3-nosač sekundarnih detonatora, 4-sekundarni detonatori, 7-četiri raketna motora 122 mm GRAD, 8-sistem za aktiviranje padobrana, 13- kontejner za padobran, 18-detonator, 19-čvrsto eksplozivno punjenje za raspršivanje aerosolnog eksploziva, 20-aerosolni eksploziv, 21- detonator glavnog sekundarnog eksplozivnog punjenja i 23- glavno sekundarno eksplozivno punjenje, tamno obojena površina-stabilizatori rakete.

Modifikacija u ovom slučaju se ogledala u tome što je na aerosolnu bombu ODAB-500 vezan sistem od četiri raketna motora sa kontejnerom za padobran. Sada se modificirana avionska bomba mogla lansirati sa zemaljskog lansera. Izvršena je i modifikacija elektronskog modula 2.

Posle lansiranja raketizirane bombe, aktivira se blizinski upaljač. Kada raketa dođe u blizini cilja, tada na određenoj visini se otvara padobran (aktivnosti 8 i 13), zatim se sa malim zakašnjenjem aktivira detonator 18 i eksplozivno punjenje 19. Nastupa razaranje tijela bombe i raspršivanje aerosolnog eksploziva. Kada se ostvari miješanje aerosolne magle sa vazduhom (kiseonikom), tada se aktiviraju sekundarni detonatori (tri komada) koji se razbacaju oko mjesta pada i detoniraju zajedno sa sekundarnim glavnim eksplozivnim punjenjem 23, i nastupa eksplozija ne u centralnoj tački, već na jednom širem prostoru (volume detonation) prečnika oko 30m i više. Nadpritisak detonacije je 10-20 bara i trajanja u milisekundama, a što izaziva značajna razaranja kod lakih i srednje otpornih struktura i živih bića.

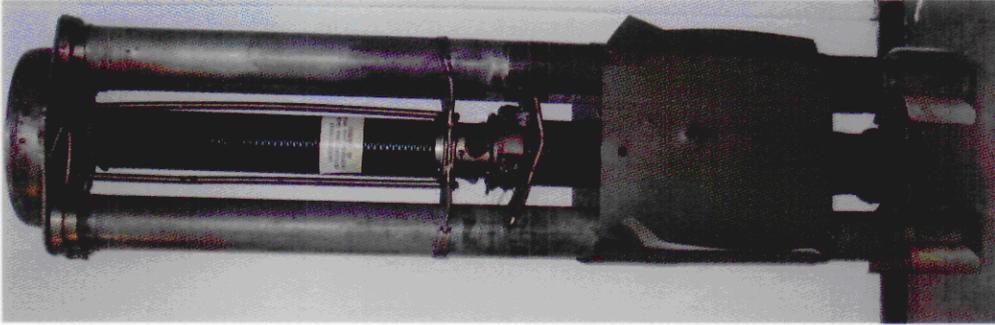


Sl. 87. Detalji modifikovane bombe ODAB-500

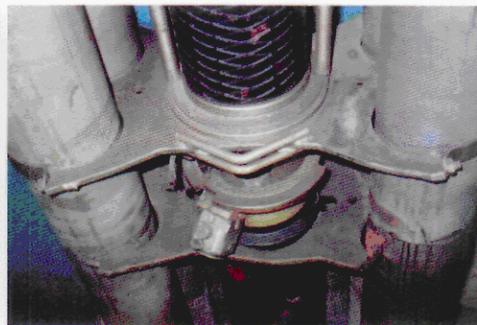
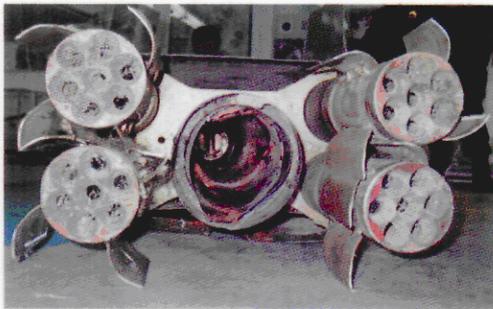
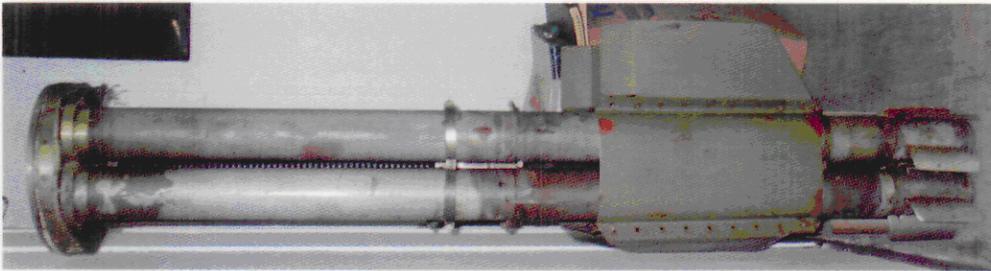
Pojava ove modifikovane bombe na bojištu oko Sarajeva je uslijedila posle jedne TV izjave Radovana Karadžića o novom „tajnom“ oružju koje treba da preokrene rezultate rata.

Generalno, dizajn, koncept djelovanja i detalji izrade rakete pokazuju izuzetno visok profesionalan nivo modifikacije avionske bombe ODAB-500.

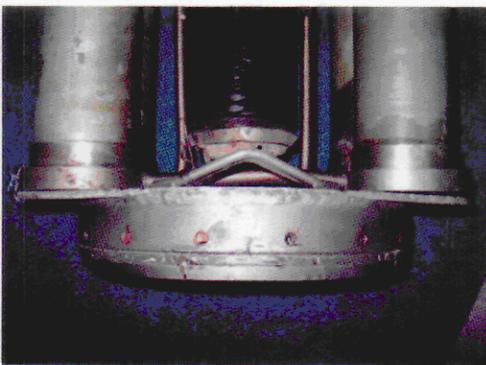
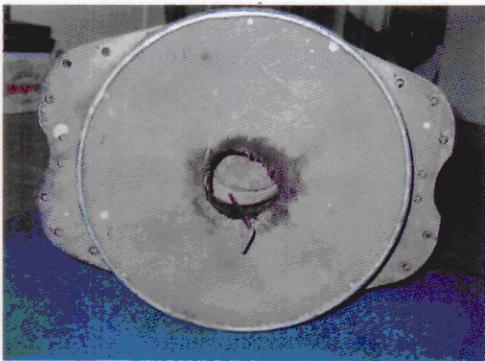
Sl. 88. Ostaci modifikovane bombe ODAB-500 na osnovu koje je definiran 3-D model⁴



Na gornjoj slici se vidi da je izvršeno spajanje susjednih raketnih motora (na dnu i sredini) pomoću cijevi radi kompenzacije pritiska sagorijevanja i smanjenja utjecaja poremećaja na putanji uslijed razlika u reaktivnim silama pojedinih raketnih motora.

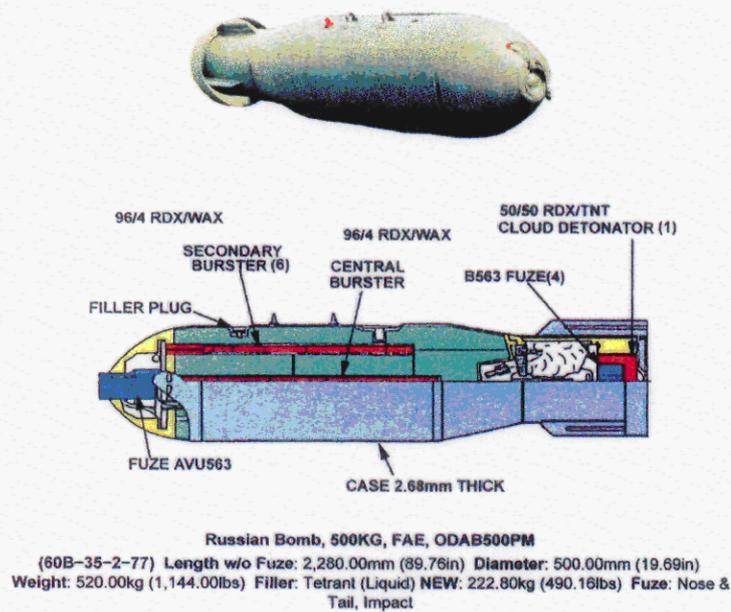


⁴ Ostaci avionske bombe tipa KREMA-4, fotografije snimljene u Tuzli, decembra 2006 god. (lična arhiva)

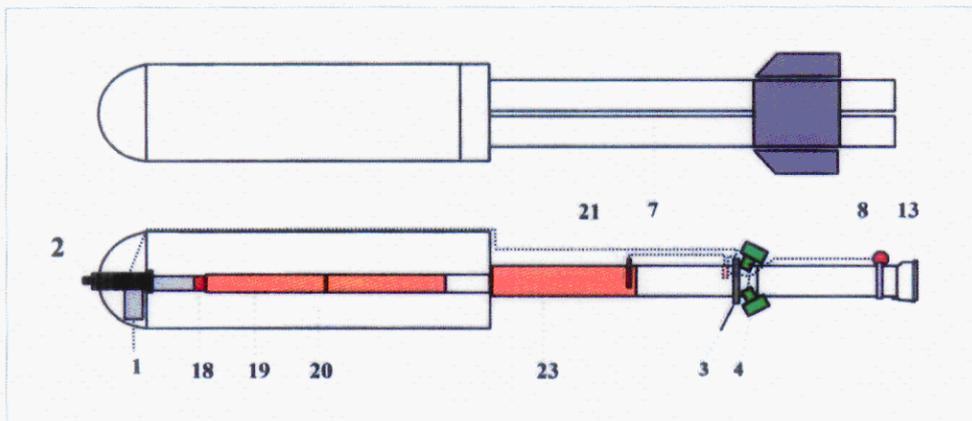


Presjek avionske bombe ODAB-500 PM koji je napravljen u Iraku, na osnovu nađenih uzoraka aerosolne bombe potvrđuje da je ona bila osnova za razvoj i proizvodnju modifikovane avionske bombe KREMA-4.⁵

Na sljedećoj slici se jasno vidi potpuna sličnost bojeve glave kod ovog raketnog sistema i same aerosolne avionske bombe.



Sl. 89 Ruska aerosolna avionska bomba ODAB-500 OM



Sl. 90 Presjek raketnog sistema KREMA-4 baziranog na avionskoj bombi ODAB-500

⁵ Anon: Handbook of Ammunition used IRAQ and surrounding Areas, ARDEC EOD, Picatinny Arsenal, Revision 5, 2005.

7.2 Raketizirana bomba FAB-100

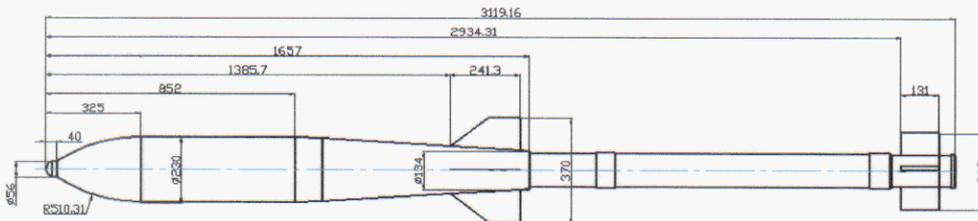
06067083

Na osnovu informacija koje su pristizale tokom 1994 i 1995 god. uočeno je intenzivno korištenje raketiziranih avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 kako na području grada Sarajeva, tako i na ostalim dijelovima fronta (Olovo, Bihać, Goražde, Posavina, Doboj, Tešanj, Tuzla itd).

Kod raketizirane avionske bombe FAB-100, modifikacija se ogledala u tome što je avionskoj bombi bez uređaja za kočenje dodat raketni motor (bilo sa ili bez otvorenih stabilizatora). Na osnovu dostupnih fotografija uočava se primjena više tipova raketnih motora (127 mm HVAR, 128 mm M74 MUNJA, 122 mm GRAD i 128 mm M77 OGANJ).



Sl. 91. 3-D model raketizirane bombe FAB-100



Mass rocket w/o propellant	149,0495	kg	Mass propellant	20,4231	kg
Centroid	0,9207	m	Centroid	1,9003	m
Ix	1,0546	kg m ²	Ix	0,0257	kg m ²
Iy	82,189	kgm ²	Iy	5,9583	kg m ²

Sl. 92. Geometrijski i maseni parametri raketizirane bombe FAB-100

Performanse primijenjenih raketnih motora se međusobno značajno razlikuju po masi, dimenzijama i totalnom impulsu raketnih motora (energiji koju mogu da razviju), tako da se i performanse raketizirane bombe FAB-100 značajno razlikuju po brzini, dometu i rasturanju na cilju. Stabilizator bombe FAB-100 je osnovni stabilizator projektila.



Sl. 93. Avionska bomba FAB-100 sa raketnim motorom 128 mm M74 MUNJA
(bez stabilizirajućih površina na raketnom motoru)⁶



Sl. 94. Avionska bomba FAB-100 sa raketnim motorom 127 mm HVAR
(sa stabilizirajućim površinama na raketnom motoru)⁷

⁶ Fotografija snimljena 1993 god. kod Saobraćajnog fakulteta u Vogošći (lična arhiva)

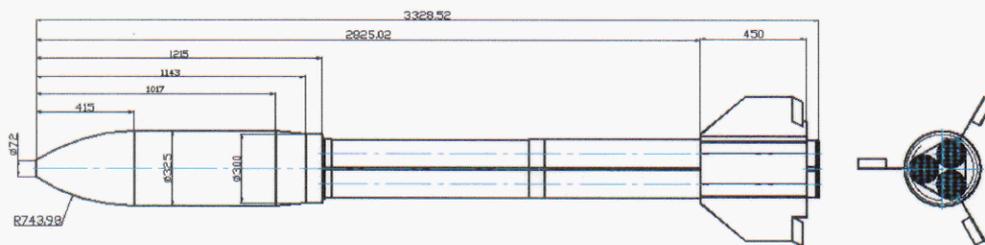
⁷ Fotografija Saše Radića, AP, objavljena u listu EUROPA, snimljena na Bihaćkom ratištu krajem 1994 god. ili početkom 1995 god. (lična arhiva)

7.3 Raketizirana bomba FAB-250

Kod raketizirane avionske bombe FAB-250, modifikacija se ogledala u tome što je avionskoj bombi bez uređaja za kočenje dodat raketni motor (bez otvorenih stabilizatora). Na osnovu dostupnih fotografija uočava se primjena više tipova raketnih motora (122 mm GRAD, 128 mm M77 OGANJ i 127 mm K-13). Kod ovog sistema uklonjen je stabilizirajući dio bombe, tj. korišteno je samo tijelo bombe FAB-250. Na dno bombe je postavljena spojnica pomoću koje su spojena tri raketna motora. Međusobno rastojanje između raketnih motora je ostvareno pomoću trokrakog segmenta. Na zadnjem dijelu raketnih motora su postavljeni stabilizatori (tri komada). Na površinama stabilizatora su napravljena zakrilca koja treba da osiguraju rotaciju rakete u letu po napuštanju lansera.



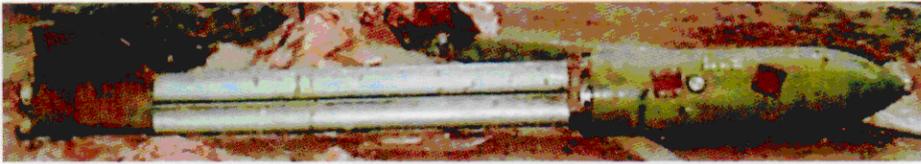
Sl. 95. 3-D model raketizirane bombe FAB-250



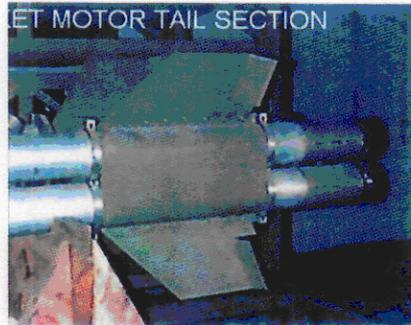
Mass rocket w/o propellant	358,1	kg	Mass propellant	61,2694	kg
Centroid	1,1828	m	Centroid	2,1097	
Ix	5,0577	kg m ²	Ix	0,4276	kg m ²
Iy	284,9335	kg m ²	Iy	18,0502	kg m ²

Sl. 96. Geometrijski i maseni parametri raketizirane bombe FAB-250

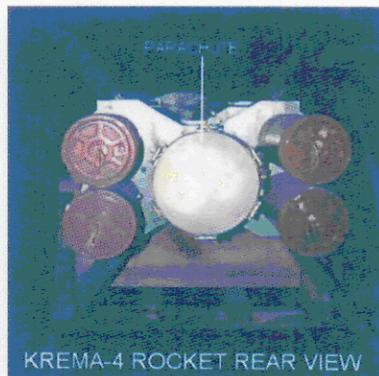
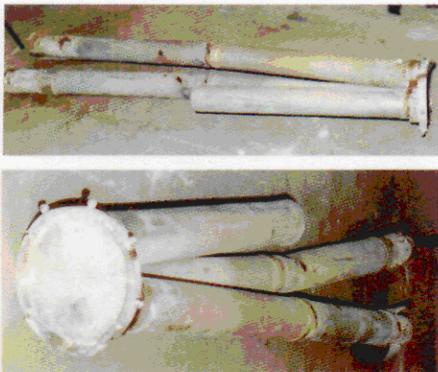
Ako se uspoređuju koncepti i kvaliteta izrade raketiziranih bombe ODAB-500 i FAB-250 postoje ogromne razlike u korist performansi sistema zasnovanom na ODAB-500. Finalna montaža dijelova i kvaliteta komponenti raketizirane bombe FAB-250 su ispod profesionalnog nivoa sa kojim je raspolagala prijeratna tvornica PRETIS, kako sa stanovišta kvaliteta obrade, tako i sa stanovišta sposobnosti inženjera i majstora.



Sl. 97. Raketizirana bomba FAB-250 (snimci holandske jedinice u okviru SFOR-a)



Sl. 98. Razlike u kvalitetu dizajna i proizvodnje između sistema FAB-250 i ODAB-500



Sl. 99. Razlika u pristupu centriranja raketnih motora⁸

(lijevo je sistem baziran na FAB-250 a desno na sistemu sistema FAB-250 i ODAB-500)

Cjelokupan raketni sistem je bio potpuno nedorečen sistem. Ne postoji sistem za kompenzaciju razlika u reaktivnim silama pojedinih raketnih motora. Učvršćivanje stabilizatora za raketne motore je jako nestabilno riješeno, sama izrada stabilizatora, njihovo međusobno vezivanje je neprecizno i dovodi cjelokupan sistem u nestabilno stanje. Kod ODAB-500 prisutna je precizna izrada stabilizatora, postoje posebni držači za fiksiranje stabilizatora za raketne motore, preciznost u obradi zakrilca, centriranje raketnih motora je vrhunsko itd.

Dalje, centriranje raketnih motora u smislu eliminiranja ekscentriciteta reaktivnih sila pojedinih motora kod ODAB-500 je postignuto veoma precizno, dok kod FAB-250 to je riješeno sa

⁸ Ostaci pogonske grupe modifikovane bombe FAB-250, nađeni pri gađanju zgrade u Dositejovoj ulici.

trokrakim segmentom koji je slobodno ubačen između tijela raketnih motora i ne osigurava uspješnu funkciju.

Iz sljedeće tabele je jasno vidljivo da svaka promjena tipa raketnog motora u sistemu se jasno odražava na energetske potencijal projektila. Tako, kod raketizirane bombe FAB-100 primjena raketnih motora 128 mm M74 MUNJA ili 127 mm HVAR umjesto raketnog motora 122 mm GRAD je neminovno dovela do smanjenja brzine, manjeg dometa i utjecala na stabilnost rakete na cilju. Ni u jednoj armiji, takvi pristupi u primjeni oružja nisu uobičajeni, jer ne osiguravaju kontrolu gađanja ciljeva i sigurno se javljaju kolateralne štete.

Tabela 10. Raketni motor korišteni kod raketiziranih bombi

Tip raketnog motora	Prečnik, mm	Dužina, mm	Masa goriva, kg	Totalni impuls, Ns/kg	Vrijeme rada, s	Komparativni odnosi energetskih potencijala
127 mm AA-2 ili K-13	127	1.900	18,6	38.100 (50 °C)	2,2 s	0,94
127 mm HVAR	127	1.300	10,4	20.300	0,9	0,50
122 mm GRAD	122	1970	20,4	40.400	1,8	1,00
128 mm M74 Munja	128	1.304	11,3	22.600	0,9	0,56
128 mm M77 OGANJ	128	1970	20,4	41.400	1,7	1,02

Sl. 100. Raketni motori korišteni kod modifikacije avionskih bombi



Motor rakete K-13 (AA-2)



Raketa 127 mm HVAR (5“)



Raketni motor 128 mm M74 (MUNJA)



Raketa 128 mm M77 (OGANJ)



Raketa 122 mm GRAD

Kod raketizirane bombe FAB-250, primjena raketnih motora 127 mm K-13 ili 128 mm M77 OGANJ, umjesto raketnih motora 122 mm GRAD, također je uzrokovala izmjenu brzine rakete, promjenu mase (korištena su tri motora) sistema i sve se odražavalo na promjenu dometa. Takve

izmjene tipova raketnih motora neminovno uzrokuju nemogućnost gađanja prema tablicama gađanja. Kod savremenih raketnih sistema se strogo vodi računa o kompenzaciji odstupanja totalnog impulsa od serije do serije raketnih goriva, a korekcije se mogu odrediti tek posle dugotrajnih testiranja i analiza koje traju više godina u fazi razvoja oružanog sistema.

Efekti na ciljevima tokom primjene raketiziranih avionskih bombi FAB-250 pokazuju da se često dešavalo da je umjesto čvrstog eksploziva TNT korišten aerosolni eksploziv. Kod primjene TNT u avionskim bombama, pored efekta udarnog talasa javlja se snažan efekt fragmenata (više od 10.000 fragmenata) na objekte i ljudstvo u zoni od više desetina metara od centra eksplozije. Međutim, kod većeg broja slučajeva primjene avionske bombe FAB-250 u Sarajevu tokom 1995 god. efekti fragmenata na mjestu eksplozije su bili slabo izraženi, tako da je vjerovatno korišten aerosolni eksploziv. Primjena aerosolnog eksploziva uzrokuje izmjenu i mase bombe, odnosno samog sistema u cjelini i time utječe na promjenu dometa raketizirane bombe.

Sve u svemu, sve tri raketizirane bombe po svom konceptu nisu namijenjene za pojedinačno lansiranje i gađanje tačkastih (pojedinačnih) ciljeva. Ti sistemi mogu da se koriste samo za gađanje površinskih ciljeva dimenzija, dužine i širine od više stotina metara i u skladu sa tim i njihovo rasturanje na cilju se mjeri u stotinama metara. Svi ovi sistemi su jako osjetljivi na bočni vjetar (zbog svoje velike površine i male brzine leta), promjenu vrijednosti totalnog impulsa raketnih motora, mase sistema, promijene temperature vazduha itd.

8. Vjerovatna odstupanja modifikovane avionske bombe

(Q8 Koje je vjerovatno odstupanje modifikovane avionske bombe?)

Vjerovatno odstupanje koordinata tačaka pada raketiziranih bombi zavisi od niza faktora, kao što su:

- Masa i odstupanje masa bombe, raketnih motora, stabilizatora i ostalih dijelova strukture letjelice.
- Dimenzije raketizirane bombe, posebno centra mase sistema bez raketnog goriva i sa gorivom, sa i bez stabilizatora raketnih motora.
- Unutrašnje-balistički (internal ballistic) parametri raketnih motora (pritisak, potisak, vrijeme rada).
- Reproductivnost unutrašnje-balističkih parametara raketnih motora.
- Karakteristike lansirnog sistema (tačnost zauzimanja uglova elevacije i azimuta) i niveliranje lansirnog vozila.
- Preciznost određivanja koordinata cilja i mjesta lansiranja.
- Parametri atmosfere (pritisak, vlažnost, vjetar, temperatura) na mjestu lansiranja i tokom leta rakete na trajektoriji itd.

Na osnovi uvida u navedene faktore koji utječu na vjerovatno odstupanje koordinata pada bombi u odnosu na cilj, opšti zaključak je da ne postoje uvjeti za preciznu ocjenu ukupnog stvarnog odstupanja. Međutim, moguće je procijeniti utjecaja pojedinih faktora ili njihov skupni utjecaj.

Prema dostupnim podacima i iz iskustva iz procesa proizvodnje avionskih bombi i raketnih motora (raketni motori kalibra 128 mm i 122 mm) postoje razlike u dopuštenim odstupanjima mase kod avionskih bombi i raketnih projektila.

Također, moraju biti jasno poznati podaci o totalnom impulsu raketnih motora, odnosno da se promatraju rakete sa istim serijama goriva (proizvodnja u istim uvjetima, sa jasnim odstupanjima mase i performansi) i posebno treba imati u vidu činjenicu da je životni vijek raketnog goriva sedam do deset godina (raketna goriva sa dužim vijekom imaju degradaciju svojih performansi).

U normalnim uvjetima proizvodnje raketnih sistema strogo se vodi računa o masi rakete, centru mase, aksijalnoj simetričnosti dijelova sistema u cjelini, nije dopuštena ugradnja raketnih motora različitih serija goriva itd.

Masa avionske bombi zbog uvjeta lansiranja ima širu zonu rasturanja u odnosu na raketne projekte. Prema američkim podacima¹ dozvoljeno je odstupanje mase avionske bombe od $\pm 5\%$, dok su dopuštena odstupanja centra mase samo $\pm 0,5\%$ i odstupanja glavnih centralnih momenata inercije od $\pm 10\%$. Dopuštena odstupanja mase raketnih motora jedne grupe su $\pm 0,67\%$, a odstupanje mase goriva je oko $\pm 0,5\%$ i odstupanja totalnog impulsa motora od $\pm 1\%$.

Razmatraće se utjecaj odstupanja mase, totalnog impulsa, temperature vazduha i bočnog vjetra na domet i poprečno skretanje raketiziranih bombi FAB-100 i FAB-250. Razmatrana su odstupanja $\pm 5\%$ mase projektila, totalnog impulsa raketnog motora 122 mm GRAD od $\pm 1\%$, temperature vazduha od $\pm 15^{\circ}C$, brzine bočnog vazduha od $\pm 5 m/s$.

¹ Weapons file, 2003-2004, APD, AAC/WM, Eglin AFB, <http://www.dtic.mil/dticasd/sbir/sbir041/srch/af276.pdf>

8.1 Raketizirana bomba FAB-100

Razmatrat će se odstupanja na maksimalnom dometu, tj. pri uglu lansiranja od 45° . Prvo će se promatrati pojedinačni utjecaji navedenih parametara, pa onda skupni utjecaj. U realnim uvjetima postoje utjecaji i drugih parametara, ali se može smatrati da su ovi utjecaji dominantni i omogućavaju veoma jasan odgovor o trendu odstupanja.

Vrsta odstupanja	Iznos odstupanja	Odstupanje po dometu, m	Odstupanje po pravcu, m
Masa projektila, kg	5	295	-
Totalni impuls, Ns	400	100	-
Bočni vjetar, m/s	5,0	7	160
Temperatura vazduha, $^{\circ}\text{C}$	15	27	-

Referentni domet je 5.560 m, a skretanje po pravcu 11 m. Utjecaj navedenih parametara jasno pokazuje značajno odstupanje od očekivane tačke pada, kako po dometu, tako i po pravcu.

Najveće rasturanje po dometu uzrokovano je odstupanjem mase sistema, a zatim odstupanjem vrijednosti totalnih impulsa raketnih motora.

Odstupanja po pravcu su uzrokovana pojavom bočnog vjetra, a on je uvijek prisutan pri gađanjima ispod planina i duž tokova rijeka.

Sa ovakvim sistemom je jedino moguće gađati površinu dimenzija 500 m sa 200 m i to pod uvjetom da nema promijene tipa raketnog motora (a to je bio čest slučaj), ali samo primjenom rafalnog gađanja (ne pojedinačnim gađanjem).

8.2 Raketizirana bomba FAB-250

Razmatrat će se odstupanja na maksimalnom dometu, tj. pri uglu lansiranja od 45° . Prvo će se promatrati pojedinačni utjecaji navedenih parametara, pa onda skupni utjecaj. U realnim uvjetima postoje utjecaji i drugih parametara, ali se može smatrati da su ovi utjecaji dominantni i omogućavaju veoma jasan odgovor o trendu odstupanja.

Vrsta odstupanja	Iznos odstupanja	Odstupanje po dometu, m	Odstupanje po pravcu, m
Masa projektila, kg	12,5	350	-
Totalni impuls, Ns	1.200	126	-
Bočni vjetar, m/s	5,0	9	232
Temperatura vazduha, $^{\circ}\text{C}$	15	92	-

Referentni domet je 7.670 m, a skretanje po pravcu 11 m. Utjecaj navedenih parametara jasno pokazuje značajno odstupanje od očekivane tačke pada, kako po dometu, tako i po pravcu.

Najveće rasturanje po dometu uzrokovano je odstupanjem mase sistema, a zatim odstupanjem vrijednosti totalnih impulsa raketnih motora.

Odstupanja po pravcu su uzrokovana pojavom bočnog vjetra, a on je uvijek prisutan pri gađanjima ispod planina i duž tokova rijeka.

Sa ovakvim sistemom je jedino moguće gađati površinu dimenzija 600 m sa 250 m i to pod uvjetom da nema promijene tipa raketnog motora i to pod uvjetom da nema promijene tipa raketnog motora (a to je bio čest slučaj), ali samo primjenom rafalnog gađanja (ne pojedinačnim gađanjem).

Navedena razmatranja su bazirana na određenim pretpostavkama i moguća su odstupanja realnih podataka za maksimalno $\pm 20\%$.

Nemoguće je sa ovakvim tipom projektila gađati bilo kakav tačkasti cilj, neovisno da li taj cilj ima površinu npr. 100 m sa 50 m (zgrada Televizije), a posebno ako je to manja zgrada.

9. Realni domet modifikovanih avinskih bombi

06067091

(Q9 Koji je stvarni domet modifikovane avionske bombe?)

U periodu 1994-'95 god. na urbane dijelove Sarajeva su bila lansirana tri tipa raketiziranih bombi. Svaki od tih tipova raketa je imao određene specifičnosti. One su se ogledale u dizajnu, tipu avionske bombe, tipu eksplozivnog punjenja, tipovima raketnih motora, načinu stabilizacije rakete u letu, načinu aktiviranja bombe na cilju, tipovima upaljača itd. Sve te karakteristike su utjecale na spoljašno-balističke parametre rakete (external ballistic) a time i na domet rakete i odstupanja dometa od slučaja do slučaja za isti tip raketa.

Pri procjeni dometa razmatrat će se nominalni parametri rakete i raketnih motora, standardna atmosfera bez vjetra.

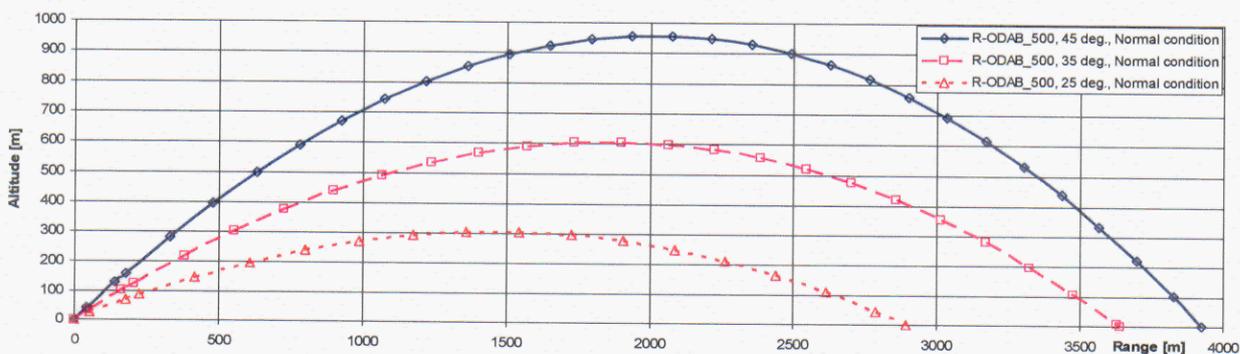
9.1 Raketizirana bomba bazirana na ODAB-500

Maksimalan prečnik rakete, mm	500
Ukupna dužina, m	3,85
Raspon stabilizatora, m	0,90
Ukupna masa, kg	790
Masa bez goriva, kg	706
Masa eksplozivnog punjenja, kg	193
Tip eksplozivnog punjenja	FAE
Broj raketnih motora 122 mm	4
Vrijeme rada raketnih motora, s	1,65
Brzina na lanseru, m/s	48
Maksimalan brzina, m/s	202
Prosječna brzina kretanja, m/s	150-180
Blizinski, multi modalni upaljač	



Prednji dio bombe je dizajniran za djelovanje pri gađanju pri većim upadnim uglovima, tako da ovaj raketni sistem nije u mogućnosti djelovati pri upadnim uglovima manjim od 25° , jer bi nastupio rikošet, tj. raketa bi se odbila od tla i eksplodirala u vazduhu.

Izvršena je analiza trajektorija raketa za uglove lansiranja od 45° , 35° i 25° i rezultati proračuna su grafički prikazani.



Sl. 101. Trajektorije raketizirane bombe ODAB-500 za tri ugla lansiranja

Maksimalan domet raketizirane bombe ODAB-500 je 3.920 m, a efektivan domet djelovanja je 2.900-3.920 m.

Pri uglu lansiranja od 45° , maksimalna visina trajektorije je 960 m, vrijeme leta do cilja 28,8 s i prosječna brzina leta je oko 150 m/s.

Pri uglu lansiranja od 25° , maksimalna visina trajektorije je 304 m, vrijeme leta do cilja 16,6 s i prosječna brzina leta je oko 185 m/s.

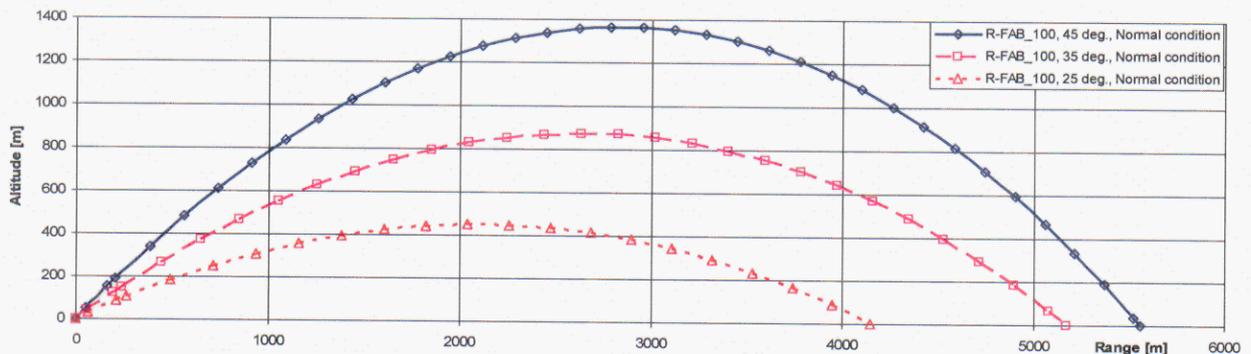
9.2 Raketizirana bomba bazirana na FAB-100

Maksimalan prečnik rakete, mm	230
Ukupna dužina, m	3,12
Raspon stabilizatora, m	0,37
Ukupna masa, kg	170
Masa bez goriva, kg	150
Masa eksplozivnog punjenja, kg	43
Tip eksplozivnog punjenja	TNT
Broj raketnih motora 122 mm	1
Vrijeme rada raketnih motora, s	1,65
Brzina na lanseru, m/s	53
Maksimalan brzina, m/s	239
Prosječna brzina kretanja, m/s	180-220
Prednji, udarni upaljač sa kašnjenjem	



Prednji dio bombe je dizajniran za djelovanje pri gađanju pri većim upadnim uglovima, tako da ovaj raketni sistem nije u mogućnosti djelovati pri upadnim uglovima manjim od 25° , jer bi nastupio rikošet, tj. raketa bi se odbila od tla i eksplodirala u vazduhu.

Izvršena je analiza trajektorija raketa za uglove lansiranja od 45° , 35° i 25° i rezultati proračuna su grafički prikazani.



Sl. 102. Trajektorije raketizirane bombe FAB-100

Maksimalan domet raketizirane bombe FAB-100 je 5.560 m, a efektivan domet djelovanja je 4.145-5.560 m.

Pri uglu lansiranja od 45° , maksimalna visina trajektorije je 1.360 m, vrijeme leta do cilja 34,2 s i prosječna brzina leta je oko 180 m/s.

Pri uglu lansiranja od 25° , maksimalna visina trajektorije je 450 m, vrijeme leta do cilja 19,9 s i prosječna brzina leta je oko 220 m/s.

Na dostupnim fotografijama korišteni su raketni motori 127 mm HVAR (5“) ili 128 mm M74 („Munja“) kod kojih je totalni impuls sile manji od totalnog impulsa sile raketnog motora 122 mm GRAD. Primjena različitih raketnih motora sa stanovišta performansi i sa različitim površinama stabilizatora, utječu na domet i stabilnost raketizirane bombe FAB-100.

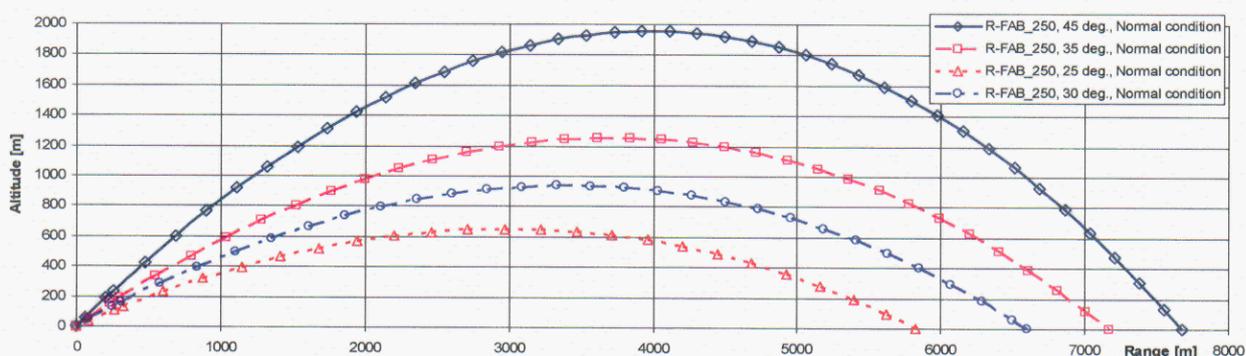
9.3 Raketizirana bomba bazirana na FAB-250

Maksimalan prečnik rakete, mm	325
Ukupna dužina, m	3,33
Raspon stabilizatora, m	
Ukupna masa, kg	420
Masa bez goriva, kg	360
Masa eksplozivnog punjenja, kg	102
Tip eksplozivnog punjenja	TNT ili FAE
Broj raketnih motora 122 mm	3
Vrijeme rada raketnih motora, s	1,65
Brzina na lanseru, m/s	60
Maksimalan brzina, m/s	295
Prosječna brzina kretanja, m/s	210-250
Prednji, udarni upaljač sa kašnjenjem	



Prednji dio bombe je dizajniran za djelovanje pri gađanju pri većim upadnim uglovima, tako da ovaj raketni sistem nije u mogućnosti djelovati pri upadnim uglovima manjim od 25° , jer bi nastupio rikošet, tj. raketa bi se odbila od tla i eksplodirala u vazduhu.

Izvršena je analiza trajektorija raketa za uglove lansiranja od 45° , 35° , 30° i 25° i rezultati proračuna se grafički prikazani.



Sl. 103. Trajektorije raketizirane bombe FAB-250

Maksimalan domet raketizirane bombe FAB-250 je 7.680 m, a efektivan domet djelovanja je 5.820-7.680 m.

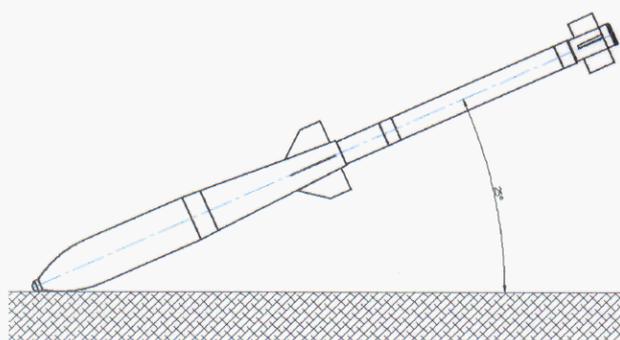
Pri uglu lansiranja od 45° , maksimalna visina trajektorije je 1.960 m, vrijeme leta do cilja 40,7 s i prosječna brzina leta je oko 210 m/s.

Pri uglu lansiranja od 25° , maksimalna visina trajektorije je 650 m, vrijeme leta do cilja 23,9 s i prosječna brzina leta je oko 250 m/s.

Na dostupnim fotografijama korišteni su raketni motori 127 mm K-13 (AA-2) ili 128 mm M77 („Oganj“) kod kojih je totalni impuls sile manji ili veći od totalnog impulsa sile raketnog motora 122 mm GRAD. Primjena različitih raketnih motora sa stanovišta performansi utječu na domet raketizirane bombe FAB-250.

Definiranje aerodinamičkih parametara i spoljno-balistički proračun su izvršeni primjenom softvera Aero body-wing i 3-DOF. Izvršena je i analiza stabilnosti navedenih projektila primjenom softvera 6-DOF. Svi projektili su bili stabilni na putanji, ali su postajali granični slučajevi stabilnosti kod projektila sa avionskom bombom FAB-100 u slučajevima kada su stabilizatori na raketnom motoru bili sklopljeni ili kada se koristio raketni motor rakete 128 mm M74 Munja.

Raketizirane bombe FAB-100 i FAB-250 u trenutku susreta sa ciljem pri upadnom uglu manjem od 25° će rikošetirati i djelovati u vazduhu.



Sl. 104. Minimalni ugao udara raketizirane bombe pri kojem neće doći do rikošeta (ricochet) tj. do odskoka bombe od tla i jedan slučaj rikošeta

Na sl. 104. se vidi posljedica rikošeta raketizirane bombe FAB-100 sa raketnim motorom 128 mm M74 Munja.

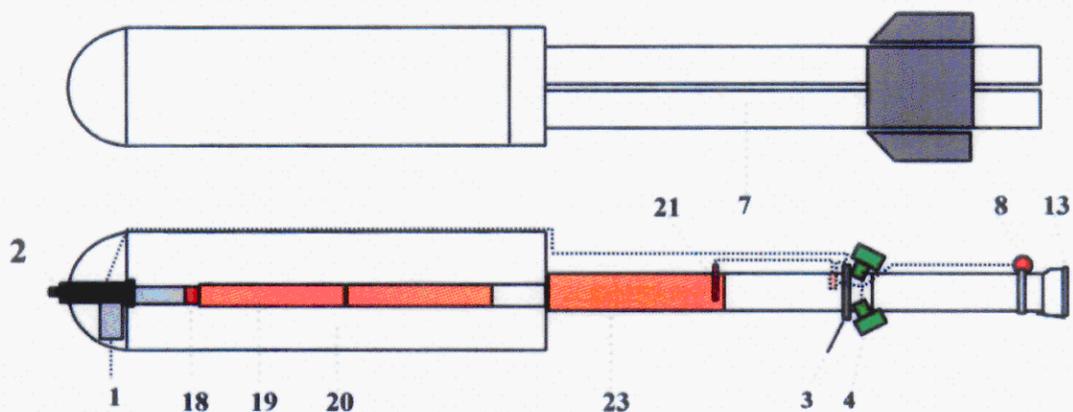
10. Preciznost modifikovanih avionskih bombi

(Q10 Postoji li način da se modifikovana avionska bomba precizno izbaciti, i ako postoji, koji je to način? Q11 Na osnovu kojeg drugačijeg načina se modifikovana avionska bomba mogla precizno izbaciti?)

Ako se pod pojmom „precizno izbacivanje“ podrazumijeva pogađanje cilja sa jednim projektilom tada se sa potpunom sigurnošću može smatrati da modifikovane bombe FAB-100 i FAB-250 se ne mogu modernizirati u tom smislu.

Razlika između „pametnih bombi“ (smart bombs) ili „preciznih vođenih bombi“ (Precision-guided) i modernizacije modifikovanih avio bombi je sljedeća:

- Pametne bombe ili precizno vođene bombe se lansiraju sa aviona sa udaljenosti od nekoliko kilometara od cilja. Pozicija cilja se detektuje sa aviona, koristi se najsavremenija tehnologija vođenja, upravljanja i komunikacije. Vođena bomba sadrži računarske sisteme: sisteme za upravljanje krilima bombe radi promjene trajektorije, tragač na vrhu bombe koji neprekidno prati cilj i prosljeđuje podatke modulu za vođenje i upravljanje bombe. U zavisnosti od tipa vođenja mogu da budu uključeni i drugi sistemi. Generalno, koriste se tehnologije sa kojima tokom rata nisu raspolagale zemlje i vojske koje su bile u ratnom sukobu na ovom području Balkana.
- Modifikovane bombe se u opštem slučaju sastoje od avionske bombe, moguće elektronskog upaljača sa više funkcija, raketnih motora i stabilizatora. Tokom 1994 god. korištene su ruske raketizirane avionske bombe ODAB-500, koje su prvobitno bile namijenjene za neutralizaciju minskih polja na pravcima tenkovskih kolona.



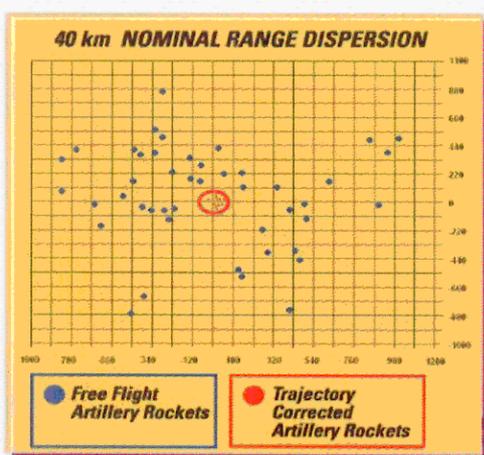
Sl. 105. Modifikovana raketizirana avionska bomba ODAB-500, kodnog naziva KREMA-4

- Te modifikovane bombe su bile visoko profesionalno proizvedene, sa maksimalnom optimizacijom performansi imajući u vidu da su korišteni standardni dijelovi kao bomba ODAB-500 i raketni motori 122 mm GRAD. Raketni motori-7 su međusobno povezani cijevima preko dna motora, sve sa ciljem uravnoteženja pritiska sagorijevanja i smanjenja pojave ekscentričnosti reaktivne sile. Time su smanjeni poremećaji rakete dok rade raketni motori i umanjeno je rasturanje raketa.
- Avionska bomba ODAB-500 je bomba prostornog djelovanja i sadrži aerosolni eksploziv. Bomba se sastoji od složenog elektronskog sklopa-1 koji omogućava aktiviranje padobrana-13 na određenoj visini iznad tla, zatim detonaciju eksplozivnog punjenja-19 neposredno iznad tla, a koje razara tijelo bombe i raspršuje aerosolni eksploziv. Poslije nekoliko sekundi izbacuju se tri sekundarna detonatora-4 i aktivira

sekundarno glavno eksplozivno punjenje-23, pri čemu se stvaraju uvjeti za eksploziju aerosola na velikoj površini.

- Raketni motori su precizno postavljeni u strukturi rakete pomoću odgovarajućih držača.
- Stabilizatori su precizno postavljeni u strukturi raketnog sistema i svaki stabilizator ima po jedno krilce koje treba da omogući rotaciju rakete u letu i time da smanji rasturanje na cilju.
- Modifikovane avionske bombe FAB-100 i FAB-250 su primitivna izvedba modifikovane avionske bombe ODAB-500. Ove bombe:
 - Nisu posjedovale složeni elektronski sklop za kontrolu pojedinih faza djelovanja bombe,
 - Nisu imale padobrane,
 - Nisu imale kompenzaciju pritiska sagorijevanja u raketnom motoru,
 - Centriranje osa raketnih motora u strukturi rakete nije bilo zadovoljavajuće,
 - Stabilizatori nisu bili precizno fiksirani za strukturu rakete,
 - Stabilizatori su također imali po jedno krilce sa namjenom ostvarivanja uzdužne rotacije rakete, ali način izvedbe je bio veoma loš,
 - Korištene su različite serije i tipovi raketnih motora (raketni motori 122 mm GRAD, 128 mm OGANJ, 127 mm HVAR, 127 mm K-13), tako da nije bilo moguće kontrolirati balističke parametre rakete, a što se moralo odraziti na rasturanje po dometu i pravcu.
 - Bomba je djelovala tek posle prodiranja u cilj,
 - Prednji dio bombi FAB-100 i FAB-250 je objektivno uticao na pojavu rikošeta pri uglovima udara manjim od 25° i tada je putanja rakete bila potpuno nekontrolirana.

Jedini način da se ostvari precizno pogađanje tačkastog cilja je razvoj novog raketnog sistema sa sistemom za vođenje u završnom dijelu putanje (terminal guided trajectory).



Trenutno najsavremeniji raketni sistem kojeg je razvila Izraelska armija sa mogućnošću korekcije trajektorije rakete ima rasturanje na cilju takovog intenziteta da prilikom primjene u urbanim sredinama neminovno dolazi do kolateralne štete i civilnih žrtava.¹

Primjena nevođenih raketnih projektila u koje spadaju i modifikovane avionske bombe sva tri osnovna tipa neminovno dovodi do pojave civilnih žrtava pri njihovoj primjeni u urbanim sredinama. Disperzija raketa po dometu i normalno na pravac gađanja se mjeri u stotinama metara.

Sl. 106. Usporedba disperzije nevođenih raketa i raketa sa korekcijom trajektorija.

¹ <http://www.imi-israel.com/Business/Product.aspx?FolderID=36&docID=311>

Nevođene rakete su po svojoj definiciji oružani sistemi koji mogu da gađaju samo površinske ciljeve, tj. cilj dimenzija koji se mjeri desetinama metara. Nemoguće je sa nevođenim raketama pogoditi određenu kuću, čak ni fudbalsko igralište. Modifikovane avionske bombe spadaju u grupu nevođenih raketa.

Rusi su prvobitno koristili raketni sistem baziran na avionskoj bombi ODAB-500, ali taj sistem nije bio optimiziran. Njegova namjena je bila uništavanje minskih polja na pravcima kretanja tenkova. Korišten je u Čečeniji. Ovaj sistem je imao jako veliku pasivnu masu metala i zato nije bio optimiziran, jer raketni motori nisu bili namjenski dizajnirani za ovaj sistem. Korišteni su raketni motori od sistema 122 mm BM-21 GRAD:

U cilju modernizacije, Rusi su razvili sistem TOS-1-4 Buratino² koji ima kalibar 220 mm i bojeva glava je bazirana na primjeni aerosolnih eksploziva. Prvi put je prikazan 1999 god. na izložbi „OMSK '99“.

Efektivni domet ovoga sistema je oko 3,5 km (po nekim informacijama i 5 km), a minimalni domet je 400 m.

Sa ovim sistemom od 30 cijevi se nikada ne gađa pojedinačno, već se vrši gađanje sa više raketa i zona destrukcije je 200 x 400 m.

Aerosolni eksploziv je u tečnom stanju (sagorljiva materija) i pomiješan je sa prahom tetranita. Kada se bojeva glava razori, tada tekućina isparava, miješa se sa vazduhom i stvara aerosolnu maglu. Kada se inicira detonacija smiješe, javlja se visoka temperatura i pojava nadpritiska (udarnog talasa).

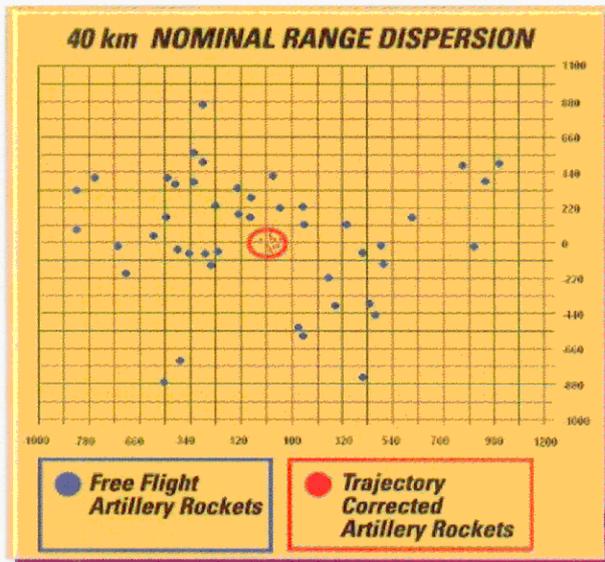


Sl. 107 Raketni sistem TOS-1

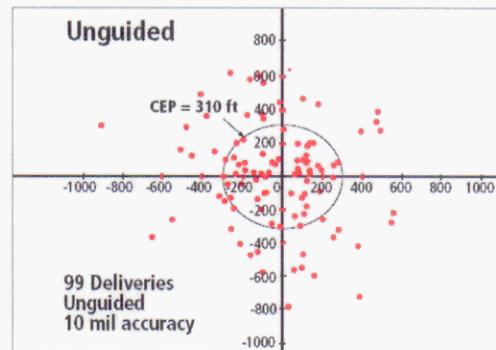
Definitivno mora biti jasno da se ni sa jednim nevođenim oružanim sistemom većeg kalibra ne mogu gađati pojedinačni ciljevi. To se može veoma jasno vidjeti na sljedeće dvije slike. Rasturanje raketa i bombi se mjeri ne u desetinama metara, već u stotinama metara oko cilja.

² <http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/tos-1.htm>

06067098



Sl. 108. Rasturanje modernih nevođenih raketa³



Sl. 109. Vjerovatne kružne greške CEP kod nevođenih bombi od 250 kg, lansiranih sa visine od 4500 m⁴

³ <http://www.imi-israel.com/Business/Product.aspx?FolderID=36&docID=311>

⁴ PavewayTMII Laser Guided Bombs, Precision Guided Weapon, Raytheon Company, Missile Systems Strike Weapons, www.raytheon.com

11. Uniformnost parametara modifikovanih avionskih bombi

(Q12 Budući da to nije standardizovano oružje (nakon modifikovanja), u kojoj mjeri su njegove tehničke mogućnosti uniformne? Drugim riječima, primjenjujući identični način modifikovanja na više avionskih bombi, koje su bile šanse da se pogodi isti cilj ako se bombe izbacuju/lansiraju s iste tačke u kratkom vremenskom periodu?)

Proces razvoja novog oružanog sistema u savremenim armijama traje više godina (obično pet do sedam godina na prostorima bivše Jugoslavije). Tokom tog vremena se vrše različita ispitivanja i vrši izrada alata i pristroja da bi se osigurala reproduktivnost parametara projektila. Pri tome, radi provjere parametara i da bi se simulirali svi uvjeti u borbenoj eksploataciji vrše se dugotrajna ispitivanja raketnih motora, testiranja bojevih glava (bombi) i lansera i posebno spoljno-balistička gađanja. Tek nakon ispitivanja više od 1000 projektila u periodu od pet do sedam godina, vrši se usvajanje oružanog sistema u naoružanje i pri tome se posjeduju osnovne tablice gađanja (firing table).

I pored potrošenog vremena i novca sa nevođenim projektilima (artiljerijskim, raketnim ili bombama) ne mogu se gađati tačkasti ciljevi, već se gađa sa više oružja određena površina koja je višestruko veća od površine cilja. Kao što je već naglašeno u dijelu koji obrađuje vjerovatno kružno odstupanje CEP nemoguće je gađati tačkaste ciljeve sa bombama i nevođenim raketama.

Raketizirane bombe nisu prošle ni jednu fazu predviđenu pri osvajanju novih oružanih sistema, niti je uspostavljena stabilna proizvodnja, već su vršena sklapanja dijelova raketnog sistema, a koji su nabavljani iz različitih izvora. Pored toga, uvjeti za montažu raketnog sistema nisu bili stabilni, što se može uočiti iz analize ostataka raketa posle njihove eksplozije (to se posebno donosi na stabilizatore i spojnice bomba-raketni motori).

Avionske bombe su nabavljane iz različitih skladišta i nije se mogla kontrolirati njihova masa i dimenzije.

Korišteni su raketni motori različitih tipova:

- Za raketiziranu avionsku bombu FAB-100 korišteni su motori raketa 122 mm GRAD, 128 mm M77 OGANJ, 128 mm M74 MUNJA i 127 mm HVAR. Oni imaju različite prečnike, dužine, mase metalne strukture, mase goriva, hemijski sastav goriva i energetske karakteristike (totalni impuls), i za svaki od ovih motora su se morali praviti posebni adapteri za vezu sa avionskom bombom.
- Za raketiziranu avionsku bombu FAB-250 korišteni su motori raketa 122 mm GRAD, 128 mm M77 OGANJ i 127 mm K-13 (AA-2). Oni imaju različite prečnike, dužine, mase metalne strukture, mase goriva, hemijski sastav goriva i energetske karakteristike (totalni impuls) i za svaki od ovih motora su se morale praviti posebni adapteri za vezu sa avionskom bombom.

Kod raketizirane avionske bombe FAB-100 poseban problem je bila stabilnost tih raketa kada su se koristili raketni motori 128 mm M74 MUNJA ili kada kod ostalih motora nisu bili otvoreni stabilizatori. Nije bila postignuta uniformnost aerodinamičkih performansi sistema.

Kod raketizirane avionske bombe FAB-250 u primijenjenom načinu centriranja raketnih motora nije bila ostvarena kompenzacija razlika pritisaka sagorijevanja unutar svakog od motora, postojao je ekscentricitet reaktivnih sila primitivnog načina na koji je ostvareno međusobno odstojanje između raketnih motora. Posebno neprofesionalno je bilo riješeno postavljanje stabilizirajućih površina na zadnjem dijelu projektila (nisu bile fiksirane, nisu imale iste dimenzije, način njihovog vezivanja za tijelo itd.). Nije bila postignuta uniformnost aerodinamičkih performansi sistema.

Nije postojao identičan način modifikovanja ovog oružanog sistema, vršena je improvizacija prema raspoloživim resursima, a to je neminovno utjecalo na domet i rasturanje na cilju.

S obzirom na izloženo, vjerovatnoća da se pogodi isti cilj pri lansiranju sa istog položaja, sa sitog lansera i pri istim atmosferskim uvjetima je izuzetno mala i vjerovatno bi bilo potrebno lansirati više desetina raketa pa da eventualno jedna raketizirana bomba padne u blizini cilja.

12. Pretpostavke uspješnog dizajna i upotrebe modificiranih avionskih bombi

(Q13 Koje kvalifikacije i iskustvo su potrebni da se uspješno sastavi i precizno izbacila modificirana avionska bomba? Na čemu zasnivate svoja saznanja?)

Proizvodnja i upotreba oružanih sistema su dvije neovisne cjeline i za to su potrebna različita znanja, kvalifikacije, oprema i sama metodologija rada, kontrole i uvjeta za izvođenje osnovnih zadataka.

12.1 Proizvodnja i montaža modificiranih bombi

Iz dostupnih podataka dio avionskih bombi je bio naliven sa eksplozivom TNT, a manji dio bombi je isporučivan bez eksploziva, kao ratna rezerva. Bombe su isporučivane sa stabilizatorima, sa i bez uređaja za kočenje. Prema dostupnim podacima iz tvornice PRETIS proizvedeno je oko 1280 komada avionskih bombi FAB-100 i oko 680 komada avionskih bombi FAB-250.

Tvornica PRETIS razvijala je aerosolnu avionsku bombu, prva količina od 50 bombi je završena 1990 god., a 1991-92 godine je trebala biti završena naredna faza i početi serijska proizvodnja.

Raketni motori tipa 122 mm GRAD nisu se serijski proizvodili u tvornici PRETIS, već prema uvidu u ostatak eksploziviranih raketa vršen je njihov uvoz (Ukrajina, Rumunija i dr.), a zatim su modificirani u Vojnom Tehničkom remontnom zavodu u Kragujevcu (postavljanje adaptera 122 mm/128 mm na tijela raketnih motora).

Da bi se ostvarila modifikacija avionskih bombi bilo je potrebno uraditi sljedeće aktivnosti:

- Posjedovati tehničku dokumentaciju sa jasnim podacima o svim elementima, dozvoljenim odstupanjima dimenzija i masa,
- Posjedovati podatke o porijeklu svih materijala i komponenti (atesti o kvalitetu proizvoda),
- Nabaviti osnovne komponente (avionske bombe, sa i bez eksploziva, upaljače, raketne motore),
- Napraviti adaptere za vez između avionskih bombi i raketnih motora,
- Napraviti sklop za centriranje raketnih motora (trokraki adapter)
- Napraviti stabilizatore za modificirane avionske bombe FAB-250,
- Montirati modificirane avionske bombe FAB-250 (bomba, spojnica, raketni motori, stabilizatori),
- Izvršiti kontrolu dimenzija i mase projektila u cjelini, dati oznake o odstupanjima u odnosu na standardni model projektila (odstupanje mase, totalnog impulsa raketnih motora),
- Napraviti zapisnik o prijemu modificirane rakete,
- Upakovati projektil.

Tvornica PRETIS u Vogošći je raspolagala sa mašinama za izradu dijelova nužnih za modifikaciju. Također, posjedovala je dovoljan broj kvalifikovanih inženjera i majstora koji su mogli kvalitetno da urade dijelove, izvrše njihovu kontrolu i ostvare montažu.

Međutim, fotografije i ostaci raketnih motora i bombi pokazuju da na ovim poslovima nisu radili najbolji kadrovi sa kojima je raspolagala tvornica PRETIS u Vogošći u periodu 1992-1995 god. Prema uvidu u pronađenu tehničku dokumentaciju u tvornici PRETIS (početak 1996 god.) nije

postojala standardizirana tehnička dokumentacija za modifikaciju avionskih bombi, nego samo skice pojedinih crteža dijelova i osnovne napomene. Također nije postojala tehnološka dokumentacija za izradu dijelova. To znači da svaki dio je na neki način bio poseban, sa odgovarajućim odstupanjima, jer nisu bili na raspolaganju uobičajeni kontrolnici dimenzija.

Na osnovu komentara koji su dati u dijelu analize koja se odnosi na tipove modifikovanih avionskih bombi, jasno je naznačena razlika u dizajnu, kvalitetu proizvodnje i montaže avionske bombe ODAB-500 s jedne strane i avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 s druge strane. Modifikacija avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 je bila sa stanovišta dizajna, proizvodnje i montaže veoma gruba i ni u kom slučaju nije bila na nivou tradicije u dizajnu, proizvodnji i montaži municije tvornice PRETIS.

Potrebno je naglasiti da, prema raspoloživima telefaksima od strane Glavnog štaba Vojske Republike Srpske upućene rukovodstvu tvornice PRETIS, montažu modifikovanih bombi FAB-100 i FAB-250 je vršila 34 pozadinska baza. To daje indiciju da je punjenje jednog dijela avionskih bombi FAB-250 sa aerosolnim eksplozivom vršeno od strane 34 pozadinske baze koja je direktno bila pod komandom GŠVRS.

Montaža oružanih sistema je veoma složen posao i ne može se uspješno izvršiti bez odgovarajućih pristroja i kontrolnika. Ako se to uradi bez odgovarajućih procedura i pristroja, tada je velika vjerovatnoća da će doći do značajnijih odstupanja u performansama projektila. Zato je bila i obaveza u bivšoj JNA da svaki oružani sistem ima Pravilnik o kontroli proizvoda-PKP i odgovarajuće vojne standarde koji su trebali da osiguraju potreban kvalitet municije tokom procesa proizvodnje i montaže. Ne postoje garancije da se u okviru 34 pozadinske baze mogla izvršiti montaža modifikovane bombe na način kako je to bilo uobičajeno u toku montaže avionske bombe i npr. uređaja za kočenje

12.2 Lansiranje modificiranih bombi

Za uspješno lansiranje modifikovanih bombi, nužno je posjedovanje sljedećih elemenata:

- Verifikovan lanser sa dobrim sistemom za zauzimanje uglova elevacije i azimuta,
- Dobar sistem za niveliranje ravni lansera,
- Sistem amortizacije tokom faze lansiranja,
- Sistem za pozicioniranje mjesta lansiranja (žiroskopski sistem),
- Osnovne tablice gađanja,
- Sistem za sondiranje atmosfere u slojevima i na mjestu lansiranja.

Prema dostupnim fotografijama lansera koji su korišteni za lansiranje modificiranih bombi FAB-100 i FAB-250 vidi se da oni predstavljaju relativno jednostavan lansirni sistem, koji nema preciznost zauzimanja uglova elevacije i azimuta (kao npr. višecijevni lanseri raketa 128 mm M77 OGANJ ili 262 mm ORKAN), ali za gađanje na dometima od 4-8 km pri uglovima elevacije većim od 30⁰ greška uslijed ugla elevacije je značajno manja od grešaka nastalih odstupanjem totalnog impulsa raketnih motora ili utjecajem vjetra.

Prema dostupnim telefaksovima izrada lansera je vršena pod kontrolom Vojno-tehničkog instituta JNA iz Beograda. Vjerovatno, ti lanseri nisu prošli uobičajene faze razvoja, testiranja i početne faze proizvodnje, nego je izvršena ubrzana adaptacija prema raspoloživim elementima.

Lanser je imao jednostavan sistem za niveliranje ravni lansera i sistem amortizacije nije postojao.

Sistem za pozicioniranje nije postajao, već se vjerovatno pozicija određivala prema vojnoj karti i busoli.

Vjerovatno su postojale osnovne tablice gađanja za neke normalne uvjete gađanja i za neke parametre totalnog impulsa raketnih motora (svaka izmjena serije raketnih motor, a pogotovo izmjena tipa motora ili zemlje proizvođača, utječe na brzinu rakete).

Sistem za sondiranje atmosfere vjerovatno nije postojao i ne vidi se na dostupnim filmovima i fotografijama. Time se utjecaj vjetra nije mogao kontrolirati kao ni utjecaj temperature, tako da je rasturanje raketa na cilju sigurno bilo više stotina metara. Taj segment je detaljno objašnjen u odgovorima na pitanje br. 8.

13. Postojanje dokumentacije za montažu, rukovanje i upotrebu modifikovanih avionskih bombi

(Q14 Da li Vam je poznato da postoje pisani priručnici, tablice gađanja ili druga dokumentacija o sastavljanju i korištenju modifikovanih avionskih bombi?)

Pisani priručnici za upotrebu i rukovanje nekog oružanog sistema se vrši tek kada je završena faza razvoja koja obično traje 5-7 godina i tada poslije niza testiranja, ispitivanja od strane raznih službi u okviru vojske stekne se dovoljno podataka da se može napisati ozbiljan priručnik.

Dokumentacija za sastavljanje se definira tek kada postoji jasna dizajnerska (konstrukciona) dokumentacija, na osnovu nje i prvih modela projektila se vrši izrada tehnološke dokumentacije. Tehnološka dokumentacija obuhvata način na koji će se uspostaviti kontinuirana proizvodnja projektila sa primjenom standardnih alata, pristroja, kontrolnika, koristeći materijale koji su standardizirani i ispitani po propisima za vojnu proizvodnju. Posle više faza rada se tek stvara dokumentacija koja definira kriterije za prijem gotovog projektila tj. montažu, kontrolu, testiranje i pakovanje municije.

U slučajevima modifikovanih avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 te faze nisu poštovane, vršena je totalna improvizacija u fazi proizvodnje, montaže i rukovanja.

Mišljenja sam da je postojalo samo idejno riješene modifikacije, vjerovatno sa osnovnim naznakama koncepta, ali ne i ono što nužno čini standardnu konstrukcionu i tehnološku dokumentaciju.

Vojno-tehnički institut je vjerovatno uradio osnovne tablice gađanja pomoću kojih se mogao procijeniti očekivani domet pri nekom uglu elevacije i eventualni korekcije dometa zbog promijene temperature vazduha. Moguće da su urađene i korekcije promijene dometa zbog vjetra, ali nisu postojali uvjeti za utvrđivanje stvarnog vektora brzine vjetra.

14. Lanseri modifikovanih avionskih bombi

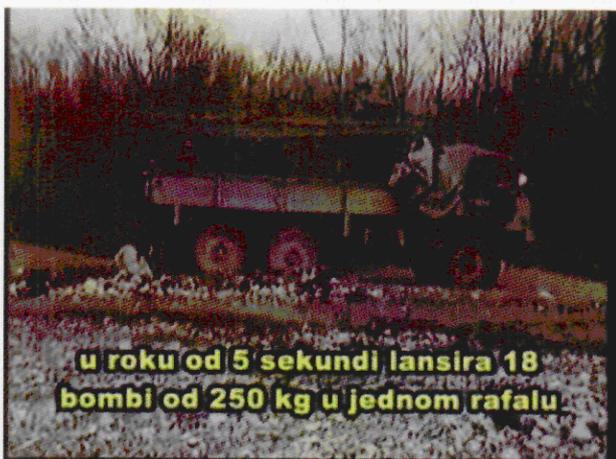
(Q15 Koji je bio mehanizam lansiranja modifikovanih avionskih bombi i njihovog izbacivanja/korištenja u Sarajevu?)

Lansiranje modifikovanih avionskih bombi je vršeno sa improviziranih sistema. Osnova sistema je bio kamion tipa TAM 150 na čijem zadnjem dijelu je bio postavljen podsistem za usmjeravanje raketiziranih bombi, mehanizam za zauzimanje elevacije i jednostavan mehanizam za zauzimanje azimuta.

Iz dostupne foto¹ i video dokumentacije² iz perioda 1994 i 1995 god. vidljivo je da su postojala dva tipa lansera:

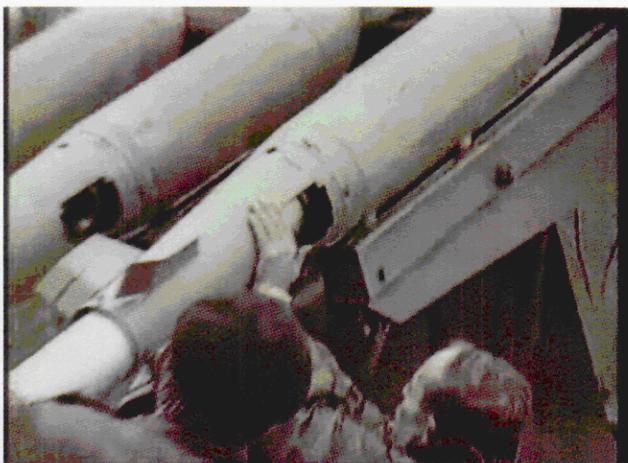
- Lanser sa četiri usmjeravajuće vođice za lansiranje raketizirane bombe FAB-100 i
- Lanser sa dvije usmjeravajuće vođice za lansiranje raketizirane bombe FAB-250.

Nisu na raspolaganju informacije o karakteristikama lansera za lansiranje raketnog sistema KREMA-4.

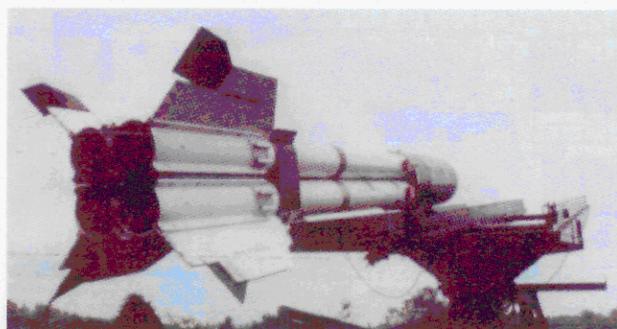


¹ <http://www.militaryphotos.net/forums/showthread.php?t=67253>

² Film „Komšije 2“ (Pavle Vranjicani - scenarij, montaža i režija), stavljen na net mrežu 2005 god. (http://www.domovinskirat.com/component/option,com_remository/Itemid,115/func,select/id,5/), ili na http://www.youtube.com/results?search_query=avi%C3%B3 (Lanser avio bombi Košava)



Sl. 110. Sekvence lansiranja avionske bombe FAB-100 sa lansera koji ima četiri usmjeravajuće vođice



Sl. 111. Lansirni sistemi za raketizirane avionske bombe FAB-100 i FAB-250 (četiri i dvije lansirne vođice)³

Centralni nosač lansirnog sistema je bio postavljen na zadnjem dijelu karoserije vozila i imao je visinu ok 1 m, a lansirne vođice su mogle da se usmjeravaju po azimuti i elevaciji. Pomjeranje po azimutu je bi

³ http://oklop2.tripod.com/made_in_war/war1.htm

gledano u odnosu na uzdužnu osu kamiona, dok je raspon mogućeg usmjeravanja po elevaciji bio od 20 do 50° (zavisno od tipa lansera i vozila). Maksimalna elevacija lansirnog sistema bitno zavisi o karakteristika vozila, lansirnih šina i raketa (veličine stabilizatora letjelice). Na dostupnim fotografijama se ne vide jasno sistemi za precizno zauzimanje elevacije i azimuta i može se sa velikom sigurnošću pretpostaviti da je preciznost nije bila na nivou uobičajenih standardnih lansera raketa.



Sl. 112. Lansirni sistem sa dvije usmjeravajuće vodice za avionske bombe FAB-100 (vjerovatno prva verzija sistema)^{4,5}

Na obadva tipa lansera, dužina usmjeravajućih vodica je oko 6 m, a što je objektivno uslovljeno potrebom da raketni sistem ima potrebnu početnu brzinu u trenutku napuštanja lansera. Raketni motori korišteni kod ovih raketiziranih bombi nisu optimizirani za ove letjelice, već su adaptacija u okviru raspoloživih resursa (avionskih bombi i raznih tipova raketnih motora). Kao posljedica takvog pristupa u dizajnu ovih sistema prisutna su određena ograničenja u performansama (domet, stabilnost, povećano rasturanje na cilju, neujednačenost balističkih performansi itd.).

Brzina raketizirane avionske bombe FAB-100 pogonjene sa raketnim motorom 122 mm GRAD (BM-21) u trenutku napuštanja lansera je oko 53 m/s. Ako se koristi raketni motor 127 mm HVAR (5"), tada je brzina napuštanja lansera manja.

Brzina raketizirane avionske bombe FAB-250 pogonjene sa tri raketna motora 122 mm GRAD (BM-21) u trenutku napuštanja lansera je oko 60 m/s. Ako se koristi raketni motor 127 mm K-13 (AA-2), tada je brzina napuštanja lansera manja.

⁴ http://oklop2.tripod.com/made_in_war/war1.htm

⁵ Fotografije Saše Radića, AP, objavljene u časopisu EUROPA

15. Mehanizam djelovanja modifikovane avionske bombe

(Q16 Opišite proces eksplozije modifikovane avionske bombe. Da li su one obično eksplodirale nakon udara?)

Pod pojmom Aerosola podrazumijeva se heterogena smjesa vazduha i čestica koje mogu biti čvrste ili tečne. Aerosolni eksploziv je smjesa vazduha i zapaljivih ugljikovodonika. Najčešće upotrebljavani ugljikovodonici su etilen oksid i propilen oksid, a u posljednje vrijeme se koristi i smjesa DBA-22M (aluminijev nitrat, aluminijev prah i polistirenski sapun kao vezivni materijal).

Zapaljivi ugljikovodonici u tečnom stanju se nalaze u zaptivnim spremnicima smješteni u tijelo bombe ili bojeve glave rakete. U datom trenutku eksplozivnim putem se razara stjenka spremnika i dolazi do promjene agregatnog stanja ugljikovodonika, miješanja sa vazduhom i stvaranja Aerosolnog oblaka.

Proces stvaranja aerosolnog oblaka traje od 0,1s do 4s, u zavisnosti od karakteristika oblaka. Iniciranje aerosolnog oblaka se ostvaruje spoljnim putem pomoću sekundarnih upaljača smještenih na tijelu projektila, po postizanju optimalne koncentracije ugljikovodonika u aerosolnom oblaku. Aerosolni eksploziv širi se cijelim područjem borbene prostorije, između drveća, iznad zaklona ili čak ulazi u njih, dok ne eksplodira u snažan, ujednačen i relativno dug talas koji je smrtonosan. Za materijale koji su osjetljivi na impuls udarnog talasa do 30 bara, aerosolni eksplozivi djeluju potpuno razarajuće u okviru cjelokupne zapremine oblaka. Unutar aerosolnog oblaka od etilen oksida pritisak detonacije iznosi 20 do 30 bara. Van oblaka pritisak naglo opada.¹

Koncept djelovanja aerosolnih raketnih projektila. Po određivanju parametara cilja definiše se pravac i elevacija lansirnog sistema i odredi vrijeme aktiviranja vremenskog upaljača u raketi.

Na prostorima Bosne i Hercegovine korištena su dva tipa aerosolnih modifikovanih bombi.

Prvi tip je bio baziran na ruskim sistemima zasnovanim na avionskoj bombi ODAB-500 i njihova primjena je bila intenzivna tokom 1994 god. Raketni projektil je bio zasnovan na kombinaciji avionske bombe, četiri raketna motora 122 mm GRAD, posjedovao je kontejner za padobran (smješten između motora) i složen elektronski sistem. Raketa se kretala kao nevođeni projektil. Zbog velike mase bojeve glave, brzina projektila je bila relativno mala i prosječno je bila oko 150 m/s. Maksimalni domet ovakvog projektila je bio oko 4 km. Ovaj raketni projektil je imao blizinski upaljač i na određenoj udaljenosti od tla se aktivirao kočioni padobranski sistem. Dolazilo je do naglog kočenja rakete i promjene pravca leta. Padni ugao je bio oko 60 stepeni u odnosu na horizont. Pri susretu sa ciljem (kontaktni upaljač sa senzorom) ili u njegovoj neposrednoj blizini (blizinski upaljač) aktivirano je primarno eksplozivno punjenje od TNT sa ciljem razaranja spremnika sa aerosolnim eksplozivom. Tečni ugljikovodonik je isparavao, prelazio u gasno stanje i formirao aerosolni oblak. Nakon određenog vremena, potrebnog da se formira oblak određenih dimenzija i koncentracije, aktivirana su tri sekundarna upaljača smješteni u zadnjem dijelu projektila, izazivajući detonaciju aerosolnog oblaka u više prostornih tačaka. Detonacija se odvijala na površini prečnika oko 25-30 m.

¹ Brower S. K.: "Fuel-air explosives a blow to dismounted infantry", Internatinal Defense Review, 10/1987.

Drugi tip je bio baziran na pokušaju kopiranja ruskog sistema, ali značajno slabijih performansi. Sistem je bio zasnovan na avionskoj bombi FAB-250 i primjena ovih sistema je bila intenzivna tokom 1995 god. Ovaj sistem je imao umjesto čvrstog eksploziva, aerosolni eksploziv. Raketni projektil zasnovan na kombinaciji avionske bombe FAB-250, tri raketna motora 122 mm GRAD i dva mehanička upaljača sa modom za kašnjenje.

Brzina ovog projektila je bila oko 200-250 m/s. Maksimalni domet ovakvog projektila je bio oko 7,7 km. Razvoj blizinskog upaljača i optimizacija trenutka aktiviranja sekundarnih upaljača, kao i primjena padobranskog sistema zahtijevali su značajno vrijeme, materijalna sredstva i znanja. Iz tog razloga je promijenjen koncept djelovanja modificovane bombe FAB-250.

Projektil je direktno udarao u cilj i prodirao kroz njega. Prednji upaljač je imao zadatak da aktivira centralno primarno punjenje koje je razaralo tijelo avionske bombe i raspršivalo aerosolni eksploziv. Posle par sekundi se aktivirao sekundarni upaljač, smješten u zadnjem dijelu avionske bombe i on je izazivao detonaciju smješe aerosolnog eksploziva i vazduha. S obzirom na različite uvjete koje se mogu javiti tokom prodiranja avionske bombe kroz različite strukture (objekte, zemlju itd.) efekti detonacije mogu biti različiti.

Ako avionska bomba proдре u zemlju, efekti bitno zavise od vremena aktiviranja sekundarnog upaljača. To je veoma složen mehanizam i zavisi od vremenskih uvjeta, vlažnosti itd.

Kod prodora kroz zgradu, efekti su značajno veći i tu dolazi do izražaja efekt refleksije udarnog talasa od zidove i znatna razaranja. Proces trajanja impulsa detonacije je duži nego kod eksplozije TNT, intenzitet nadpritiska je manji. Efekt fragmentacije je potpuno sekundaran. Tu se mogu javiti čudni fenomeni da usred zgrade jedan pregradni zid ostane potpuno očuvan, jer je nadpritisk djelovao sa obje strane zida (prostorna eksplozija) i on nije srušen, a što se ne bi desilo kod eksplozije čvrstog eksploziva (tačkasta ili centralna eksplozija).

Podvarijanta drugog tipa je kombinacija avionske bombe FAB-100 i jednog raketnog motor. Tu je korištena avionska bomba punjena sa TNT, bio je korišten samo prednji upaljač i više tipova raketnih motora.

16. Opseg i vrsta oštećenja izazvana upotrebom modificovanih avionskih bombi

(Q17 Opišite opseg i vrstu štete koju modificovane avionske bombe upotrijebljene u Sarajevu mogu da prouzroče)

Tokom 1995 god. na urbane dijelove Sarajeva su lansirane modificovane bombe FAB-250 i FAB-100.

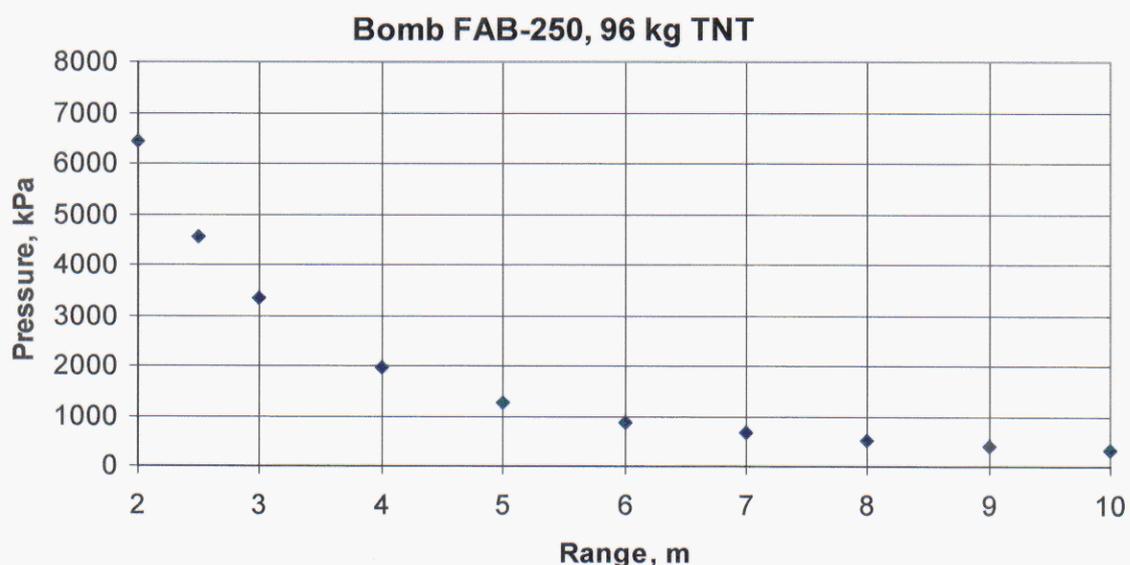
Navedene bombe su lansirane pomoću raketnih motora. Avionska bomba FAB-250 lansirana je sa tri raketna motora, obično su korišteni raketni motori 122 mm GRAD, a rjeđe 128 mm M77 OGANJ ili 127 mm K-13 (AA-2). Avionska bomba FAB-100 lansirana je sa jednim raketnim motorom, obično su korišteni raketni motori 122 mm GRAD, 128 mm M77 OGANJ, 128 mm M74 MUNJA, ili 127 mm HVAR.

Kod standardnih avionskih bombi pri detonaciji primarni efekti su djelovanje udarnog talasa (nadpritisak) i kinetička energija fragmenta.

Međutim, tokom 1994 god. počela je primjena aerosolnih avionskih bombi, baziranih na ruskim avionskim bombama ODAB-500, kod kojih je primarni efekt udarni talasa nižeg intenziteta nadpritiska, ali značajno dužeg trajanja (veći impuls pritisak-vrijeme). To su bile uvozne raketizirane bombe (četiri raketna motora sa padobranom i elektronskim upaljačem).

Tokom 1995 god. počela je primjena avionskih bombi FAB-250 sa aerosolom, ali koje su po svom konceptu bile blijeđa kopija ruskim modificovanih bombi. Ove bombe nisu imale padobrane, nisu imale blizinski upaljač, a ni elektronski sistem za aktiviranje aerosola. Ove bombe su jednostavno imale dva mehanička upaljača sa kašnjenjem i djelovale su posle proboja kroz cilj. Njihov sistem stabilizacije je bio veoma grub i nisu posjedovale kontroliranu reproduktivnost.

Na sljedećim dijagramima će biti prikazane osnovne karakteristike ova dva tipa bombi, ali punjene sa čvrstim eksplozivom TNT.



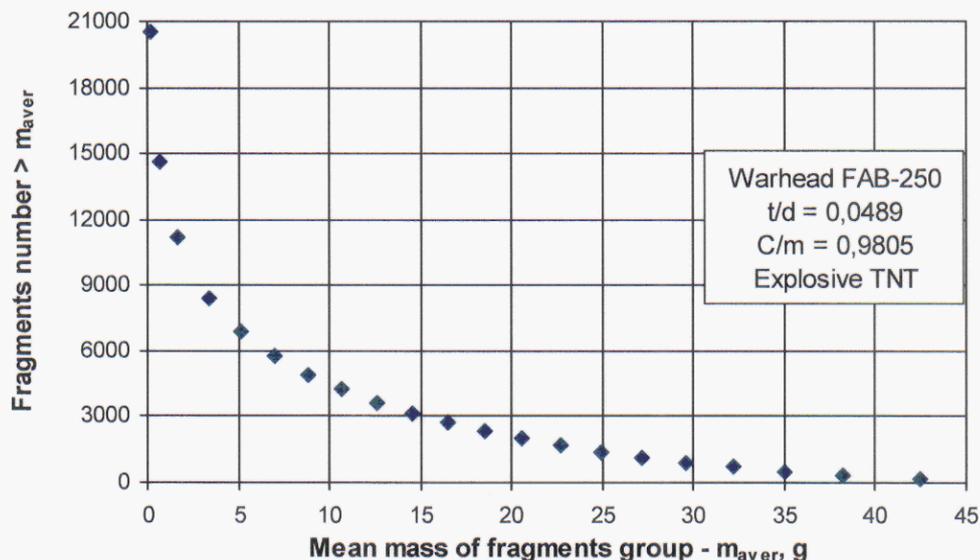
Sl. 113. Promjena nadpritisak uzrokovanog eksplozijom TNT sa rastojanjem¹

¹ Anon: Software DDESB, BLAST EFFECTS COMPUTER, VERSION 4.0, Department of Defense USA, 2000.

Prema Američkim studijama² definirani su nadpritisaci pri kojima mogu da nastanu značajna oštećenja na ljudskom tkivu, odnosno smrt.

Nadpritisak, kPa	Posljedice
20-30	1 % prskanje bubne opne
110	50 % prskanje bubne opne
70 (trajanje 50 ms) 140-200 (trajanje 3ms)	Granica prskanja pluća
190 (trajanje 50 ms) 400-500 (trajanje 3ms)	1 % smrtnost

Avionska bomba FAB-250 razvija nadpritisak dovoljnog intenziteta da će doći do prskanja pluća ako se osoba nalazi na udaljenosti od 30 m od centra eksplozije, dok postoji vjerovatnoća od 1% da će nastupi smrt na udaljenosti od 8-9 m uslijed djelovanja nadpritiska.



Sl. 114. Zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenta u grupi

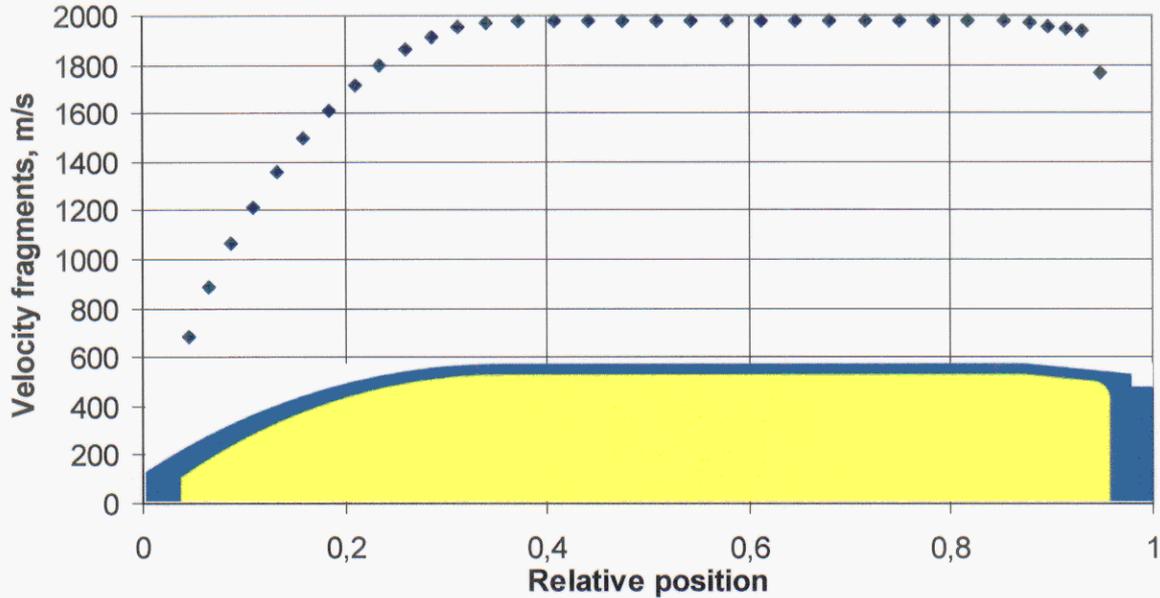
Avionska bomba FAB-250 ima preko 7.000 fragmenata mase veće od 5 g, a čiji pojedinačni efikasan domet je veći od 150 m.

To znači da bi na udaljenosti od 5 m od centra eksplozije trebalo da bude prosječno oko 22 fragmenata mase od 5 g i više, a na udaljenosti od 10 m od centra eksplozije trebalo da bude prosječno oko 5,5 fragmenata.

Ovaj podatak je osnova za procjenu da li je došlo do djelovanja avionske bombe sa čvrstim eksplozivom TNT ili do djelovanja sa aerosolnim eksplozivom. Ako nema intenzivnog djelovanja fragmenata, tada je vjerovatno avionska bomba bila punjena sa aerosolnim eksplozivom.

² TB 700-2, NAVSEAINST 8020.8 B, DoD Ammunition and Explosives Hazard Classification Procedures, Washington, 1999.

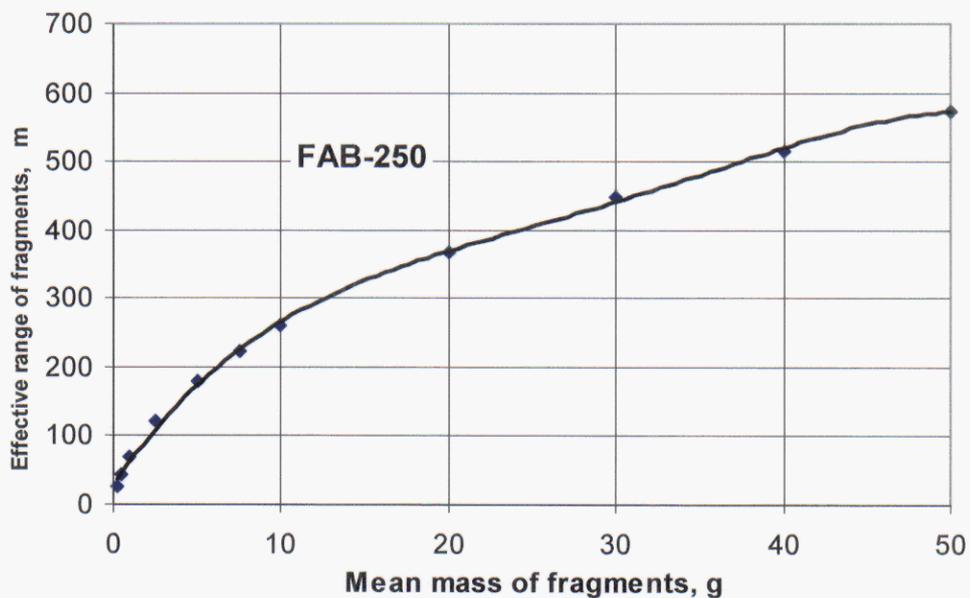
06067112



Sl. 115. Brzine fragmenata avionske bombe FAB-250 u zavisnosti od uzdužne pozicije

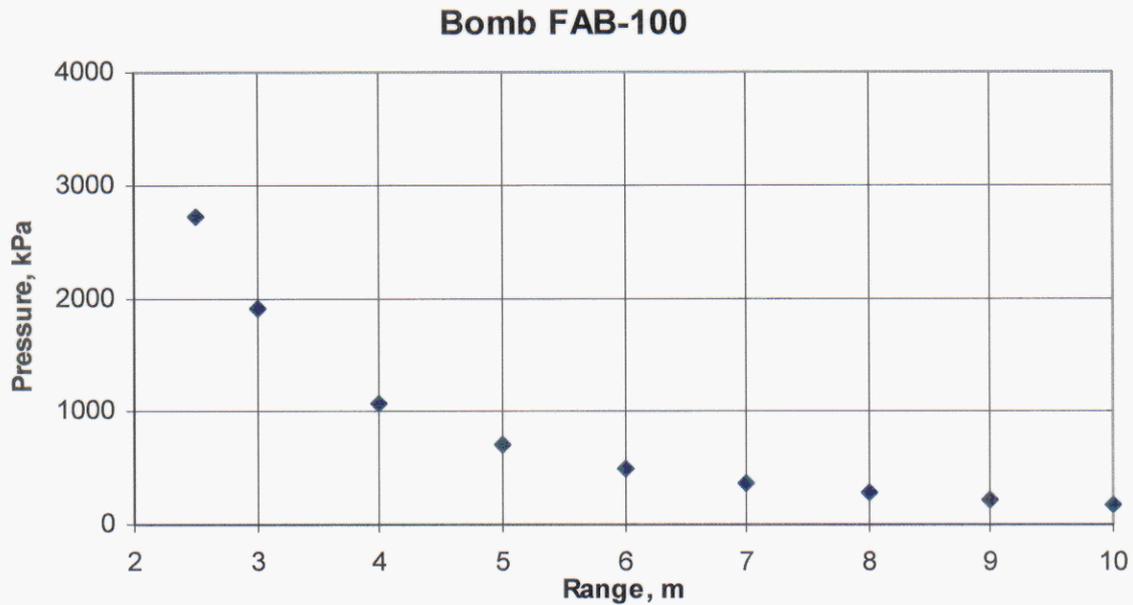
Iz prethodnog dijagrama je jasno da fragmenti standardne avionske bombe i veoma male mase imaju dovoljnu kinetičku energiju da neutraliziraju ljudska bića i da izvrše oštećenja objekta i opreme.

Na dijagramu niže se jasno vidi da se opasna zona uslijed djelovanja fragmenata avionske bombe mjeri stotinama metara.

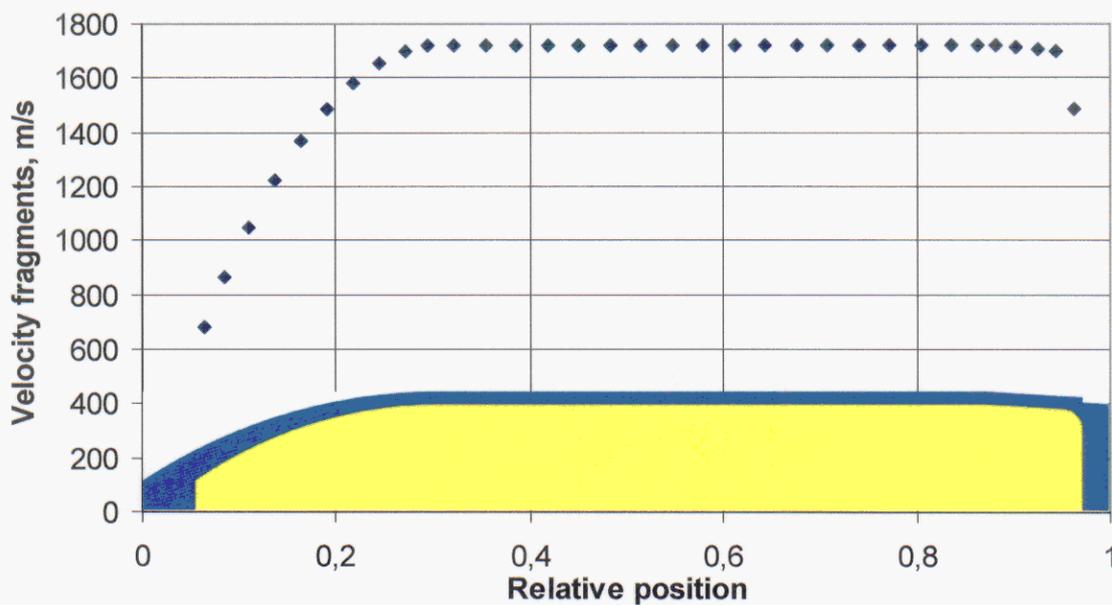


Sl. 116. Efektivni domet pojedinih fragmenata

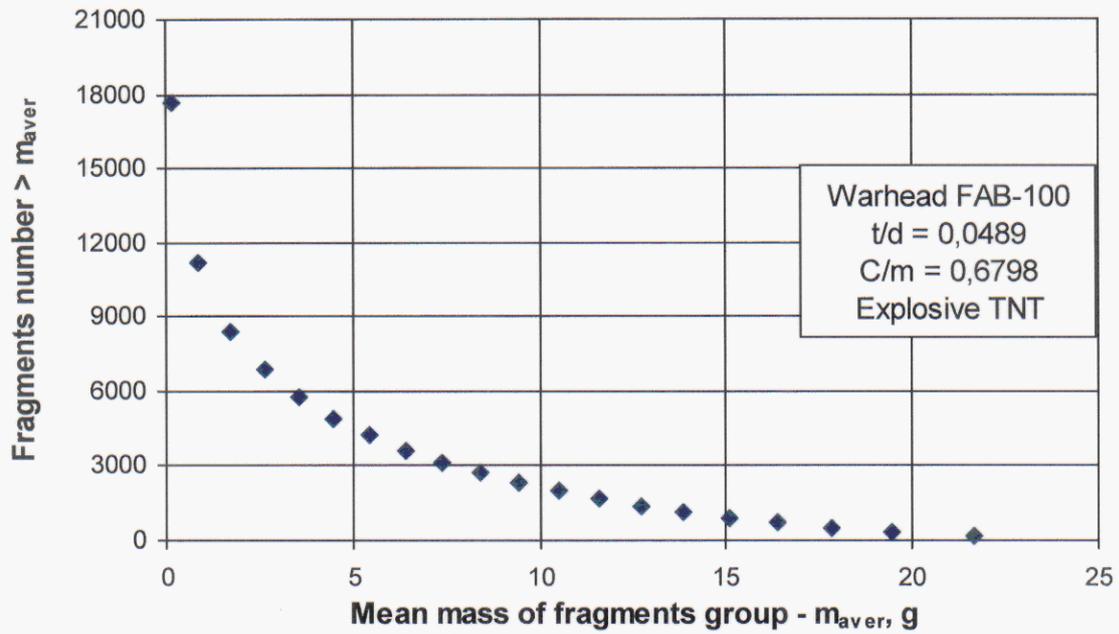
Sve što je rečeno za avionsku bombu FAB-250, važi i za avionsku bombu FAB-100, ali su performanse ove bombe nešto niže. Ova bomba nije bila punjena sa aerosolnim eksplozivom, bar prema dostupnim podacima.



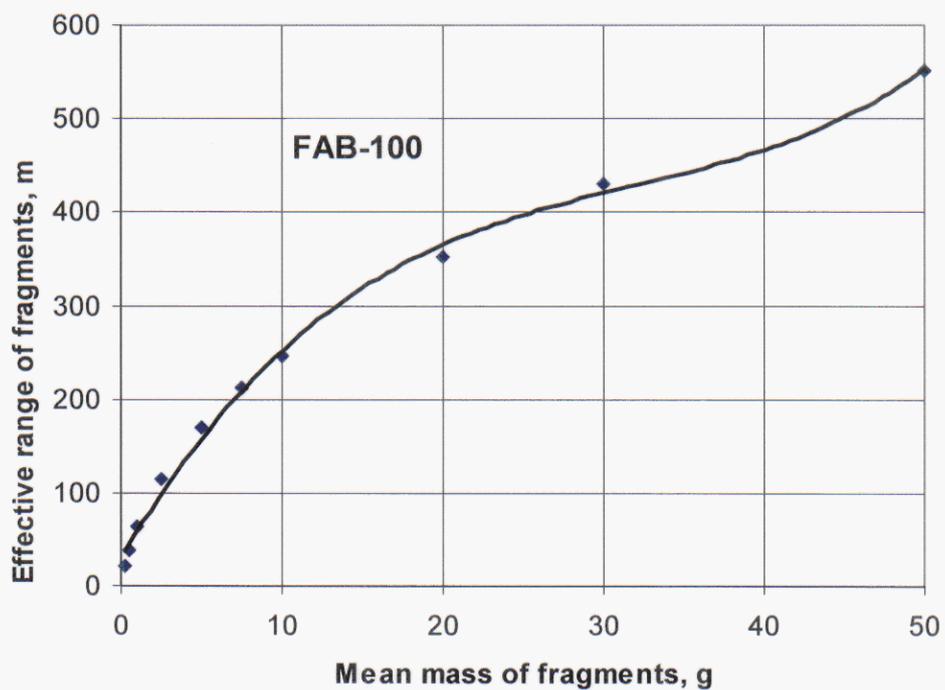
Sl. 117. Promjena nadpritiska, uzrokovanog eksplozijom TNT, sa rastojanjem



Sl. 118. Brzine fragmenata avionske bombe FAB-100 u zavisnosti od uzdužne pozicije



Sl. 119. Zavisnost kumulativnog broja fragmenata od srednje mase fragmenata u grupi



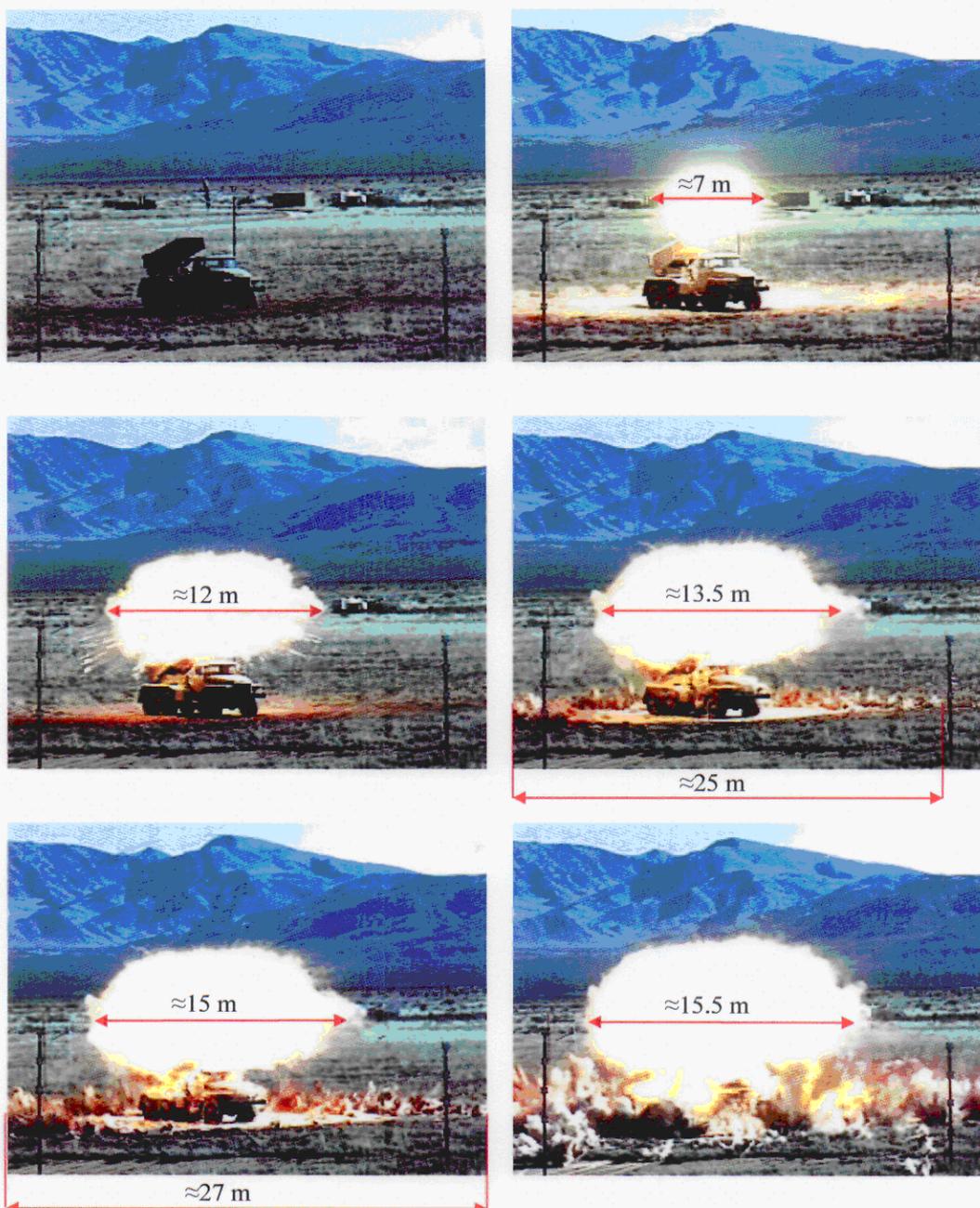
Sl. 120. Efektivni domet pojedinih fragmenata

16.1 Realna ispitivanja djelovanja avionske bombe GBU-39 protiv lansera raketa 122 mm BM-21

Avionska bomba GBU-39³ sadrži 25 kg čvrstog eksploziva. Na sljedećim slikama su prikazane sekvence djelovanja udarnog talasa i zona djelovanja fragmenata.

Vidljivo je da bomba ima efektivnu zonu djelovanja udarnim talasom visokog intenziteta prečnika oko 15,5 m, a zona djelovanja fragmenata je minimalnog prečnika oko 30 m.

To se u potpunosti poklapa sa navedenim razmatranjima.



Sl. 121. Djelovanje avionske bombe GBU-39 na otvorenom terenu

³ <http://www.boeing.com/defense-space/missiles/sdb/news/>

06067116

Djelovanje udarnog talasa na lanser se ogleda u deformacijama površina koje su izložene nadpritisku, te efektima visoke temperature produkata detonacije.

Fragmentacioni efekt se ogleda na prodorima kroz strukturu.

Svi ti efekti su vidljivi na sljedećim fotografijama prethodnog realnog testa.



Sl. 122. Efekti udarnog talasa i djelovanja fragmenata pri eksploziji avionske bombe GBU-39

17. Analiza dokumentovanih slučajeva upotrebe modifikovanih avionskih bombi u Sarajevu

(Part IV Opišite opseg i vrstu štete koju modifikovane avionske bombe upotrebijene u Sarajevu mogu da prouzroče.)

Slučaj (Case): Dokumenti 00334713 do 00334774¹

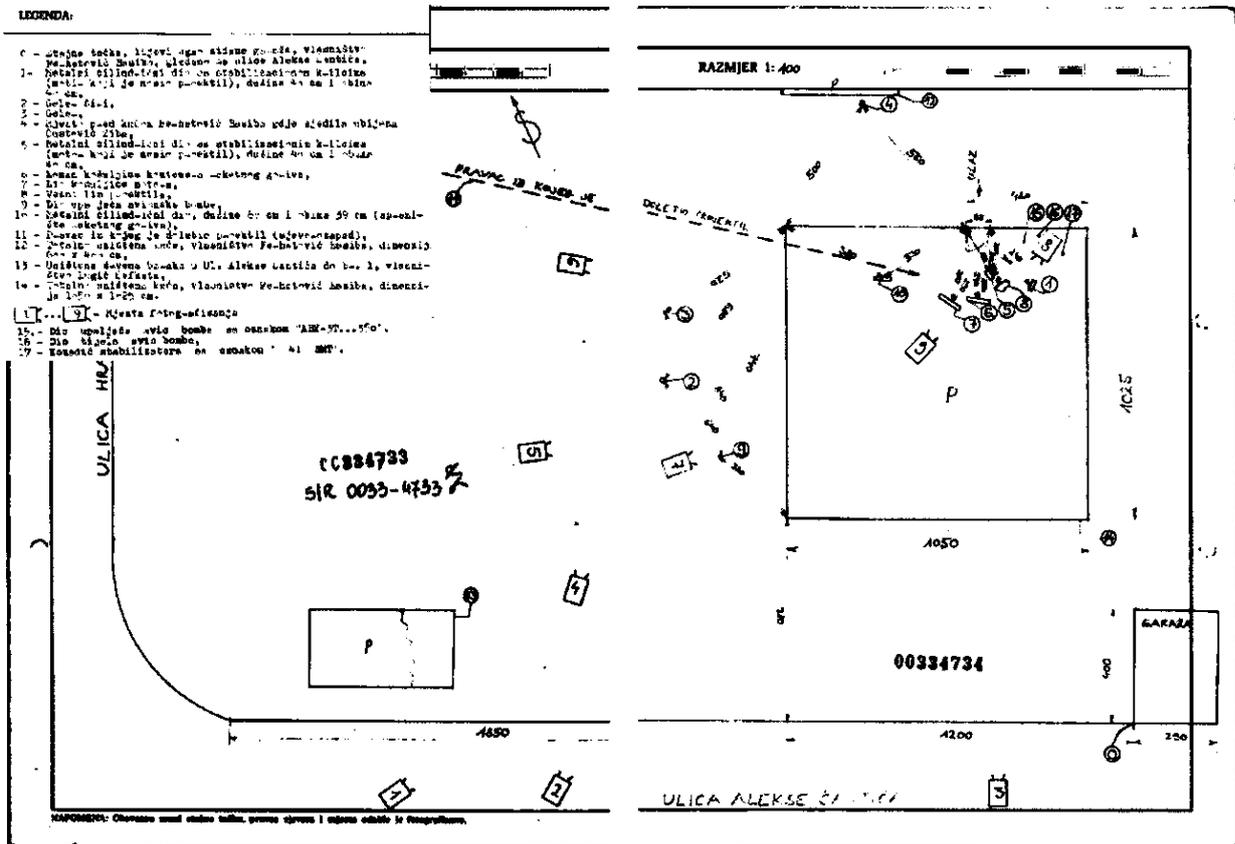
Datum (Date): 07.04.1995 god. u 8^{50h}

Mjesto (Location): Hrasnica, ulica Aleksa Šantića br. 1.

Efekat na cilju (Effect in target):

Ubijen jedan civil i lakše ranjena tri civila.

Projektil je pogodio kuću na sprat, dimenzija 10,5 m x 10,25 m, jako razorio (uništio) njenu strukturu i susjednu prizemnu kuću dimenzija 6 m x 4 m udaljenu pet metara od prve kuće, te ošteti krovove jedanaest susjednih zgrada i jedne štale (Dokumenti 00334732-34).



Nađeni su ostaci raketnih motora kalibra 128 mm OGANJ (vjerovatno 122 mm GRAD) u ruševinama sobe visokog prizemlja.

Dva svjedoka su bila u prizemlju zgrade i preživjeli bez značajnijih povreda, dok dva druga svjedoka su bila na spratu kuće koja je pogodena i nisu imali ozljeda.

Žrtva je bila van kuće koja je pogodena, sjedila je ispred zida susjedne prizemne kuće (također jako oštećena) na udaljenosti oko 5 m od kuće koja je pogodena.

¹ Dokumenta 00334713 do 00334774 Izvještaj o incidentu (Dokumenta 00945306 do 009453626, 00392109 do 00392152 i 00361163 do 00361167 sadrže podatke kao u prethodnim dokumentima)

Mišljenje istražitelja:

Postoji svjedok koji je pratio lansiranje modifikovane avionske bombe iz vodozaštitne zone na području vrela Bosne, bliža lokacija oko sela Dolac. Lansirni sistem je bio postavljen na kamion i posle lansiranja prebačen u tvornicu Tkaonica ćilima na Ilidži.

Procijenjen je pravac doleta sjeverozapad, rajon Ilidže.

Modifikovana bomba je sadržavala raketne motore (rocket motors associated).

Komentar:

Projektil je udario u kuću (cigla, bez betonskih stupova, sa drvenim spratnim gredama) iz pravca sjever-zapad, slike iz dokumenata 00334737, 00334738 i 00334741. Obzirom na oštećenja, vjerovatna točka kontakta projektila sa kućom je bila gornji dio desnog prozora (slika desno).

Upadni ugao je određen iz tangensa ugla visine tačke udara (vrh prozora) oko 3 m i udaljenosti do tačke na kojoj su pronađeni raketni motori od oko 7 m. Na taj način određen je upadni ugao od oko 25°



Projektil je pogodio spoj između prozora i spratnih greda, prošao kroz kuću i djelovao u sobi, u prizemlju, na udaljenosti od tačke upada oko 7 m (vidi se oštećena prozorska struktura). Na osnovu visine spoja prozor-greda (3 m) i udaljenosti tačke gdje su nađeni motori (7 m), moguće je procijeniti upadni ugao (sl. iz dokumenta 00334748). Upadni ugao je oko 25° .

Dijelovi raketnog motora pripadaju raketnom motoru 122 mm GRAD.



Nastala su sljedeća razaranja:

Zid prvog sprata kuće iz pravca doleta projektila i jedan unutrašnji dio zid lijevo od pravca doleta su djelomično očuvani, a ostali vanjski i unutrašnji zidovi su nestali (sl. iz dokumenata 00334739 i sl. 00334743),



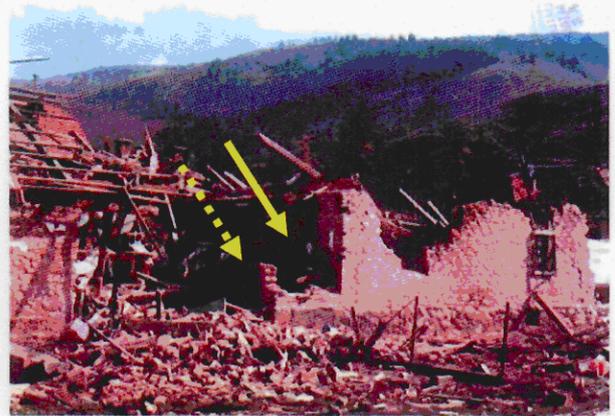
Nestao je sprat kuće i krov. Zidovi visokog prizemlja u pravcu leta projektila i bočno od tačke udara u pod su uništeni.

Na slici desno gore (oznaka žutom strelicom) pokazan je očuvan unutrašnji zid, a srušen vanjski zid (crtkana strelica). To ukazuje na klasično djelovanje aerosolnog eksploziva. Nadpritisk s obje strane očuvanog unutrašnjeg zida je bio istog intenziteta i nije došlo do razaranja zida, dok je logično razoren vanjski zid, jer je s njegove vanjske strane bio samo atmosferski pritisak.

Susjedna prizemna kuća je uništena od djelovanja udarnog talasa (sl. iz dokumenta 00334756).

Ispred te kuće je usmrćena osoba sa izrazitim defomacijama glave.

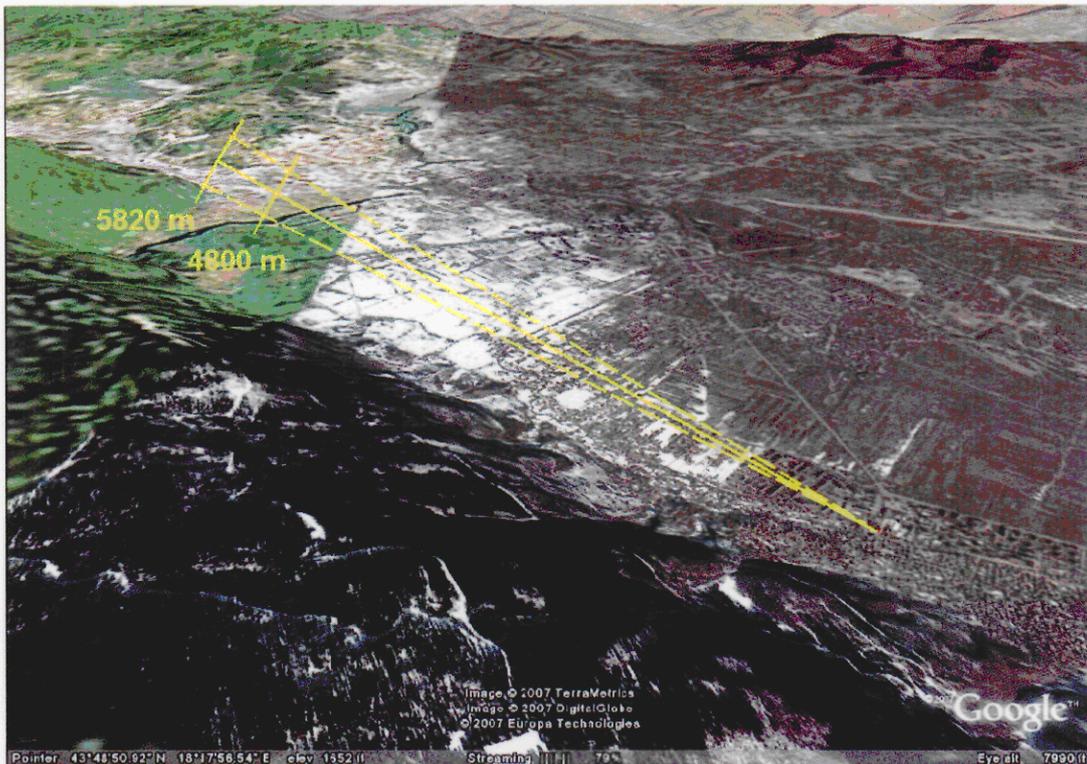
Nema tragova razaranja na preostalim zidovima od djelovanja fragmenata tijela bombe, a koji bi trebali biti vidljivi, jer bomba FAB-250 ima minimum 11.000 fragmenata mase veće od 0,25 g i čija brzina je oko 2.000 m/s. Na prethodnoj slici su vrata bez ikakvih tragova fragmenata, a nalazila su se na putu bočnog snopa parčadi



Procijenjen je ugao azimuta doleta oko 305° u odnosu na sjever prema skici (Dokumenti 00334733 i 00337434) i taj ugao azimuta od 305° podrazumijevao bi postavljanje lansera neposredno ispod planine Igman, uslijed čega bi lanser bio izložen mogućoj pješadijskoj vatri. Međutim, naknadnim razmatranjem ostalih slučajeva djelovanja modifikovanih bombi na područje Hrasnice, vjerovatni ugao azimuta lansiranja je oko 320° . To je pravac koji jasno mimoilazi naseljene dijelove Ilidže koje su bile pod kontrolom Vojske republike Srpske. Za upadni ugao od oko 25° izvršena je analiza dometa i određena je šira lokacija mogućeg lansirnog mjesta za uglove lansiranja od 20° i 25° .

Na sljedećoj slici dobivenoj iz programa GOOGLE EARTH se vidi moguća zona iz koje je ispaljena modifikovana bomba FAB-250, a to je zona između Rimskog mosta i Plandišta.

06067120



Snimak mjesta udara modifikovane bombe jasno ukazuje na to da je to izrazito naseljena zona.



Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

Navedena lokacija je značajno izmijenjena u odnosu na prvobitno stanje i nije bilo moguća nikakva naknadna analiza.

Slučaj (Case): Dokumenti 00375031 do 00375063, 00375064 do 00375073 i 00375115 do 00375131²

Datum (Date): 24.05.1995 god. u 9^{45h}

Mjesto (Location): Sarajevo, ulica Safeta Zajke 43

Efekat na cilju (Effect in target):

Smrtno stradale dvije osobe i pet osoba povrijeđeno.

Raketni projektil je udario na asfaltni kolovoz u blizini kuće u ulici Safeta Zajke 43,

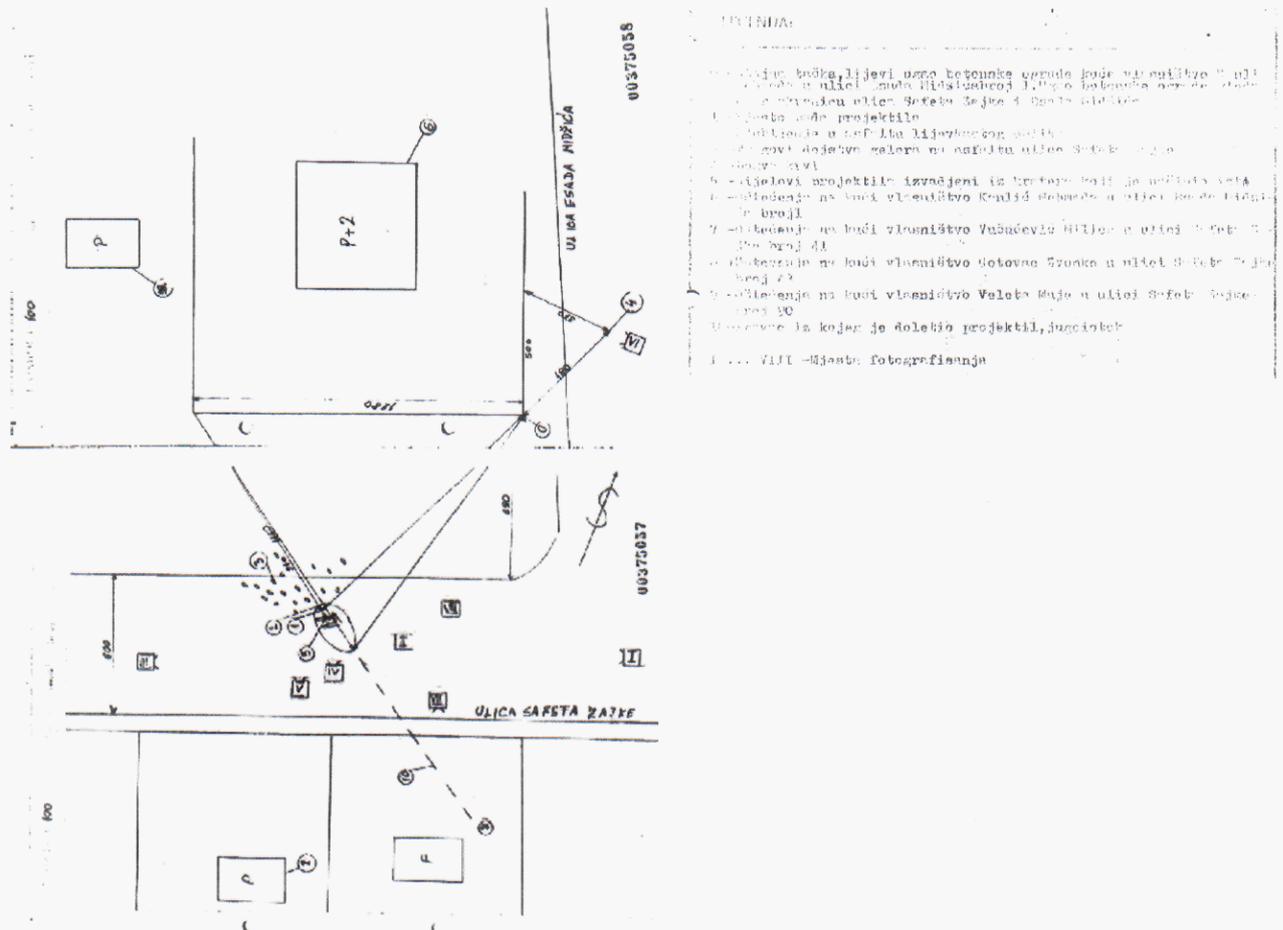
Na asfaltnom kolovozu pronađen je krater dimenzija oko 2 m sa oko 1 m i dubine oko 0,3 m.

Pronađena su dva raketna motora u krateru, a posle otkopavanja kratera i nekoliko metalnih dijelova u krateru, stabilizatori, trokraka zvijezda (čiji lukovi odgovaraju krugu prečnika 122 mm), dijelovi upaljača itd.

Mišljenje istražitelja:

Prema mišljenju istražitelja na mjesto eksplozije je djelovala modifikovana avionska bomba sa četiri raketna motora kalibra 128 mm, koja je doletjela sa juga, područje Lukavice.

Na slikama iz dokumenata 00375056-58 dana je skica i opis mjesta događaja.



Prema izjavi Anđe Gotovac, koja je bila ranjena, posle detonacije je primijetila dim, osjetila da ju je nešto „pržilo“, ranjavanje u predjelu lijeve plečke.

Prema izjavi Igora Vukičevića koji se u trenutku eksplozije nalazio ispred kuće, čuo je iz pravca Petrovića zvižduk, sagnuo se, začuo par eksplozija i lom stakla. Ranjen je u butinu.

² Dokumenti 00375031 do 00375063 (Nekoliko policijskih izvještaja), 00375064 do 00375073 (foto dokumentacija) i 00375115 do 00375131 (policijski izvještaj)

Svjedok Džemal Kukuljac je bio u kući, osjetio jak pritisak i imao osjećaj da se cijela kuća „puši“, zatim je detonacija izbila sve prozore i vrata iz kuće. Pri tome je svjedok ranjen.

Svjedok Azem Kapidžija je bio udaljen oko 300 m od mjesta eksplozije (rijeka Miljacka). Čuo je dolet projektila, pratio ga, vidio veliki oblak dima, zatim čuo detonaciju.

U izvještaju postoje suprotna mišljenja oko kalibra raketnih motora i broja motora. U jednom izvještaju se spominje raketni motor 122 mm GRAD, a u drugom 128 mm OGANJ. Pored toga se govori o pet, odnosno četiri motora.

Komentar:

Neosporna je činjenica da je modifikovana avionska bomba imala tri raketna motora 122 mm GRAD (trokraki sistem za centriranje sa lukovima koji odgovaraju luku prečnika 122 mm). Fotografije mlaznika raketnih motora također odgovaraju raketnom motoru 122 mm GRAD.

Trokraki aluminijski dio za centriranje je uobičajen kod ovog tipa modifikovane avionske bombe i ima zadatak da ostvari suosnost vektora potiska raketnih motora. To daje jasnu indicaciju da je sistem imao tri raketna motora.

Karakteristike kratera, efekti na okolnim zgradama (nedostatak velikog broja fragmenata po fasadama zgrada), izjave svjedoka da su osjetili „prženje“, „jak pritisak“, „kuća se puši“, „izbijanje prozora i vrat vani“, „više eksplozija“, jasno ukazuju da nije došlo do eksplozije avionske bombe punjene sa TNT, već su to klasične mehanizam djelovanja aerosolnih avionskih bombi. Nalaženje ostatak raketnih motora u krateru, također jasno ukazuju da nije eksplodirala klasična avionska bomba, jer bi produkti detonacije odbacili raketni motor van kratera (u slučaju kašnjenja djelovanja upaljača).



Slika iz dokumenta 0037-5065a



Slika iz dokumenta 0037-5065b



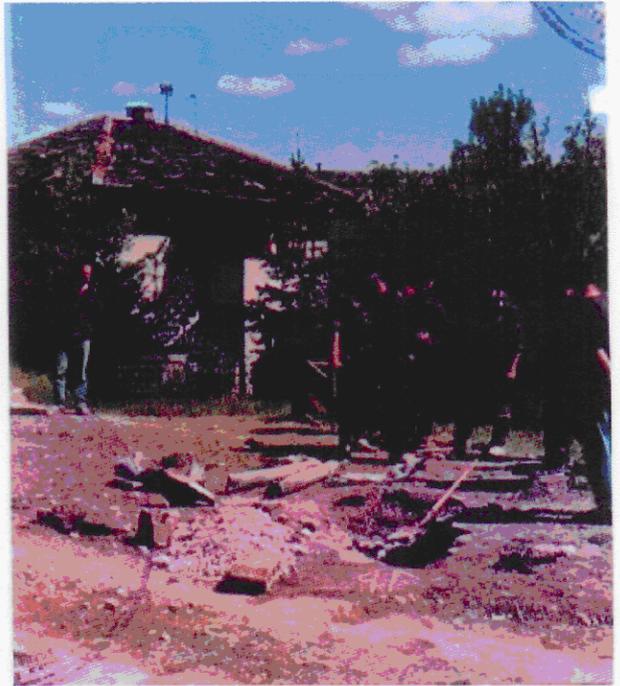
Slika iz dokumenta 0037-5065



Slika iz dokumenta 0037-5066



Slika iz dokumenta 0037-5068



Slika iz dokumenta 0037-5070a



Slika iz dokumenta 0037-071a

Ima veoma malo tragova fragmenata na okolnim zgradama.

Na mjestu eksplozije se vide jasni tragovi spaljenog dijela (Sl. 0037-5066 i Sl. 0037-5068).

Preko puta mjesta događaja se nalazi tvornica ŽICA i RTV. Na tvornicu ŽICA je također djelovala modifikovana bomba sa sličnim efektima.

Širi snimak mjesta događaja jasno pokazuje da je pogođeno naseljeno mjesto, a da se na udaljenosti od više stotina metara u pravcu doleta rakete nalazi zgrada RTV.

Ugao doleta je određen iz skice mjesta događaja (dokumenta 00375056-58) i definiran je kao azimut $155 \pm 5^\circ$ u odnosu na sjever (slika avionskog snimka terena, GOOGLE).

Na sljedećoj strani se jasno vidi zona mogućeg lansiranja modifikovane bombe. Stvarana lokacija lansera se mogla nalaziti lijevo ili desno od osnovnog pravca ($\pm 5^\circ$), a udaljenost od mjesta događaja je sigurno veća. Očekivani pravac doleta vjerovatno nije prelazio preko naseljenih dijelova koji su bili pod kontrolom Vojske republike Srpske (vjerovatnije desno od označenog pravca žutom bojom u pravcu cilja).

Točka koja je udaljena 4.800 m od mjesta događaja podrazumijeva lansiranje pod uglom od 20° , a to je ugao koji će sigurno izazvati rikošet. Vjerovatna točka lansiranja je oko 5.800 m i više.

06067124



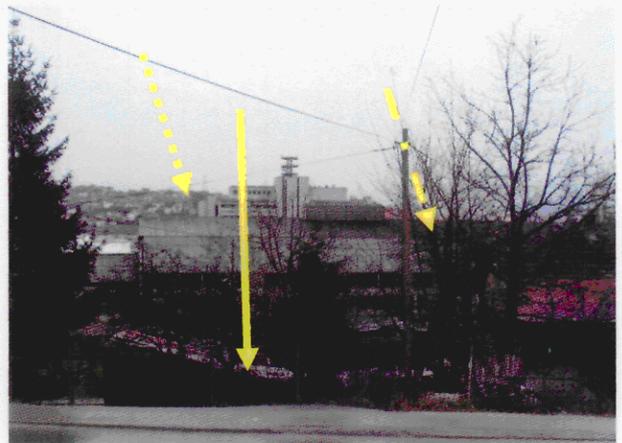
Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

Obilaskom mjesta događaja u ulici Safeta Zajke jasno se vide moguće mete pored civilnih naselja. Istog dana oko 14^h pogođena je trafo stanica u Majdanskoj ulici (isprekidana žuta linija). Mjesto pada se nalazi ispred zgrade Radio televizije (pogođena u kasnijim napadima) i objekta tvornice Žice (nalaze se između RTV i ulice Safeta Zajke), odnosno ispred Skupštine opštine Novi grad. (mjesto pada je udaljeno od zgrade oko 100 m). Tvornica Žice je također bila pogođena u krov jedne od hala (žuta linija crta-tačka).

Nekoliko dana posle, po saznanju o mjestu pada modifikovanih bombi, pregledao sam mjesta pogodaka i odmah sam uočio jasan nedostatak intenzivnog efekta fragmenata na okolnim zgradama. Te informacije i informacije iz januara 1994 god. su ukazivale na primjenu aerosolnih eksploziva u sklopu modifikovanih avionskih bombi.



Sadašnji izgled mjesta događaja



Pogled prema RTV sa mjesta eksplozije

06067126

Slučaj (Case): Dokumenti 00375031 do 00375063, 00375064 do 00375073 i 00375115 do 00375131

Datum (Date): 24.05.1995 god. u 14^h

Mjesto (Location): Sarajevo, Majdanska bb, pored trafostanice

Efekat na cilju (Effect in target):

Smrtno stradale dvije osobe i šest osoba povrijeđeno.

Modifikovana bomba pogonjena sa raketnim motorima (rocket motors associated),

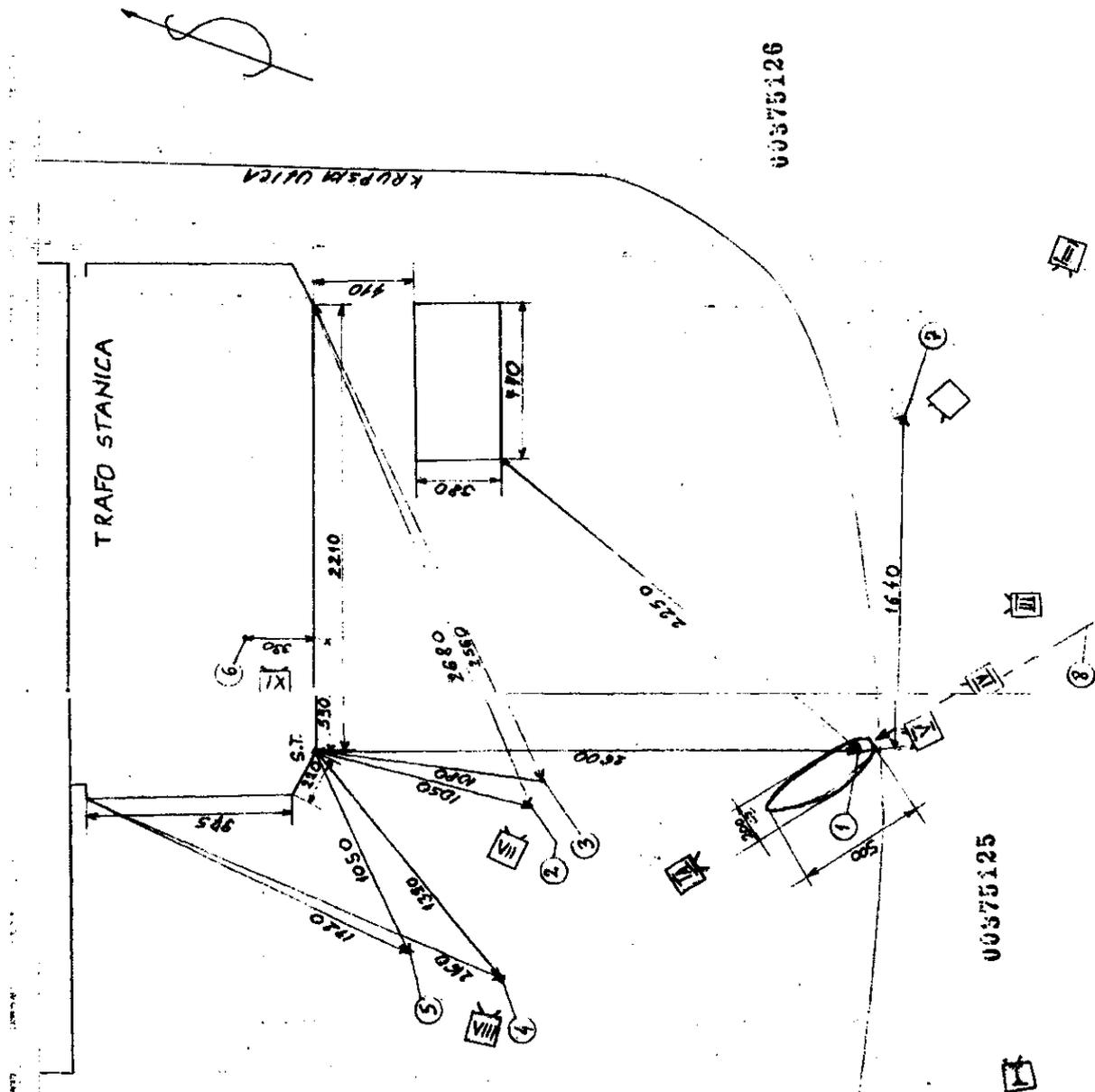
Raketni projektil je udario na zemljanu površinu na 10 m od dalekovodnog stupa, oborio stup i kablove koji su pali preko ulice.

Pronađen je krater dimenzija 5 m x 1,5 m i dubine 1,5 m,

Pronađeni su dijelovi motora, stabilizatora i bombe u krateru.

Mišljenje istražitelja:

Prema mišljenju istražitelja na mjesto eksplozije je djelovala modifikovana avionska bomba sa četiri ili pet (dva izvještaja sa različitim informacijama) raketna motora kalibra 128 mm, odnosno 122 mm, koja je doletjela sa jugo-istoka, područje Pavlovca.



(slika lijevo, drugi red dole), a u pravcu doleta se nalazi ulica Safeta Hadžića (slika lijevo, drugi red dole) u kojoj je registrovano djelovanje tri modificovane avionske bombe.

Na sljedeće dvije slike se vidi sadašnje stanje mjesta događaja.



Sadašnji pogled na mjesto pogotka



Naselje udaljeno oko 100 m, lijevo do mjesta pogotka, gledano iz pravca doleta



Zgrada skupštine opštine Novo Sarajevo, 100 m udaljena ispred mjesta pogotka, gledano iz pravca doleta.

Ispred Skupštine opštine, na udaljenosti od oko 20 m od zgrade, na asfaltu cestu je pala modificovana bomba, dana 28.06.1995 god.



Pogled na pozadinu mjesta pogotka modificovane bombe. Strelica pokazuje lokaciju pogotka modificovane bombe u ulici Safeta Hadžića, dana 26.05.1995 god.

U neposrednoj blizini su pale još dvije modificovane bombe.

Slučaj (Case): Dokumenti 00375252 do 00375264, 00375290 i RR245913 do RR245963

Datum (Date): 26.05.1995 god. u 11^{30h}.

Mjesto (Location): Sarajevo, Safeta Hadžića br. 52 (ili 152 prema jednom izvještaju)

Efekat na cilju (Effect in target):

Dvije osobe su teže povrijeđene, a petnaest osoba je lakše povrijeđeno.

Raketni projektil je udario na ravni krov zgrade, probio betonsku ploču, zatim probio ploču između četvrtog i petog sprata.

Projektil je potpuno uništio stan na petom spratu u koji je ušao, teško ošteti susjedna tri stana i dva stana na četvrtom ispod mjesta detonacije, a veću štetu je nanio u dva stana na trećem spratu. Pronađeni su tri raketna motora 122 mm GRAD, dijelovi projektila i stabilizatori.

Mišljenje istražitelja:

Prema mišljenju istražitelja, a prema nađenim ostacima, na krov zgrade u navedenoj ulici je udario modificovani projektil avionska bomba sa više raketnih motora 122 mm GRAD.

U jednom izvještaju se navodi smjer doleta jug-jugozapad, rajon Lukavice, dok u drugom smjer zapad, Ilidža.

Svjedok Džemaludin Luinović je bio udaljen od mjesta događaja više stotina metara čuo je zvuk projektila i uočio ga u vazduhu kako doliječe iz pravca Ilidže.

Svjedok Alma Hevašlija je bila u stanu u koji je dejstvovala bomba. Čula je kratku, ali snažnu eksplozije, koja se dva puta čula. Osjetila je siv dim i prašinu, zatim je pala na četvrti sprat.

Svjedok Šerif Salčin je čuo zvuk sličan letu aviona koji dolazi iz pravca Rajlovca.

Osmanagić Nura je bila u stanu, osjetila je jaku detonaciju, nakon par sekundi osjetila je veliku prašinu, zatim jak udar po rukama i nogama, tada je bila zatrpana i izgubila svijest. To su tipične faze mehanizma djelovanja aerosolnog oružja. Ovaj svjedok je bila teže ranjena.

Komentar:

Više svjedoka su uočili da pravac iz kojeg je doletio projektil je pravac Ilidža-Rajlovac.

Neposredno posle djelovanja modificovane bombe ispaljen je određen broj projektila na isto područje iz pravca Lukavice, tako da su oni vjerovatno po inerciji smatrali da pravac doleta ovog projektila treba da bude isti. To ukazuje na dobru sinhronizaciju jedinica sa Ilidže i Lukavice.

Svjedok Alma Hevašlija je bila u stanu u koji je dejstvovala bomba. Čula je kratku, ali snažnu eksplozije, koja se dva puta čula. Osjetila je siv dim i prašinu, zatim je pala na četvrti sprat. Da je eksplodirala avionska bomba FAB-250 sa čvrstim eksplozivom TNT, efekti eksplozije u zatvorenom prostoru bi bili takvi da uslijed velikog nadpritiska i velikog broja fragmenata, niko u zoni prečnika od min. 20 m ne bi preživio i bio bi raskomadan (pogledati snimke eksplozije bombe GBU-39). Siv dim je jasan indikator djelovanja aerosola nastao poslije faze raspršivanja. Također, svjedok Štefica Kudra je osjetila djelovanje udarnog talasa, jak udar i bol u glavu i pluća i krvarila je iz pluća. To su posljedice djelovanja nadpritisaka (studija o blast efektu an pojedine dijelove ljudskog organizma).

Svjedok Osmanagić Nura koja je bila u stanu, osjetila je jaku detonaciju, nakon par sekundi osjetila je veliku prašinu, zatim jak udar po rukama i nogama, tada je bila zatrpana i izgubila svijest. To su tipične faze mehanizma djelovanja aerosolnog oružja. Ovaj svjedok je bila teže ranjena.

Iz navedenih svjedočenja je jasno da je djelovala avionska bomba sa raketnim motorima 122 mm GRAD. Bomba je probila betonsku ploču petog sprata, pala na pod stana, djelovalo je primarno eksplozivno punjenje koje je razbilo tijelo bombe i raspršilo aerosol.

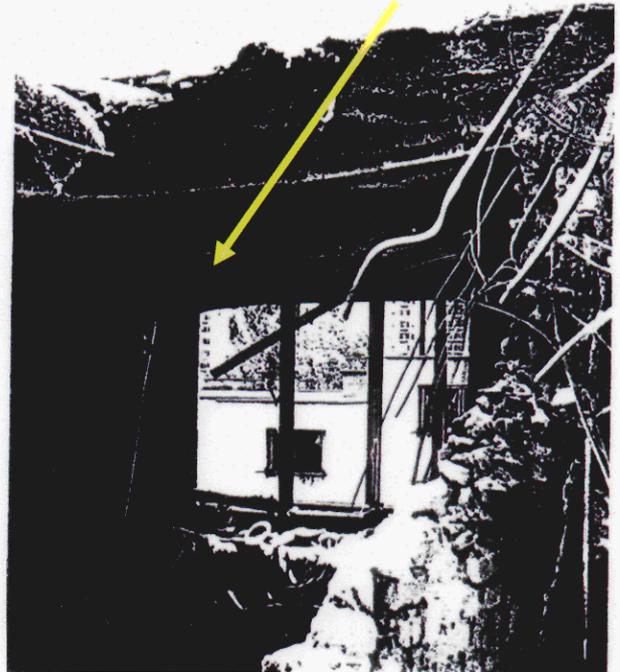
Siva „prašina“ nije ništa drugo nego aerosola smjesa (tečne eksplozivne kapljice i vazduh).

06067130

Od primarnog eksplozivnog punjenja je vjerovatno probijena i ploča između četvrtog i petog sprat. Aerosolna smješa je migrirala na peti i četvrti sprat, zatim je sekundarno eksplozivno punjenje aktiviralo aerosolni oblak. Zato su posljedice najveće na petom spratu, a manje na četvrtom i trećem. Na zidovima zgrade nema značajnijeg probijanja zidova petog i četvrtog sprata od djelovanja fragmenata.

Pravac doleta je iz pravca rejonu Ilidža-Rajlovac, ugao upada je morao biti veći do 25° , jer bi inače nastupio rikošet, zbog toga što je upad bio na ravan krov zgrade.

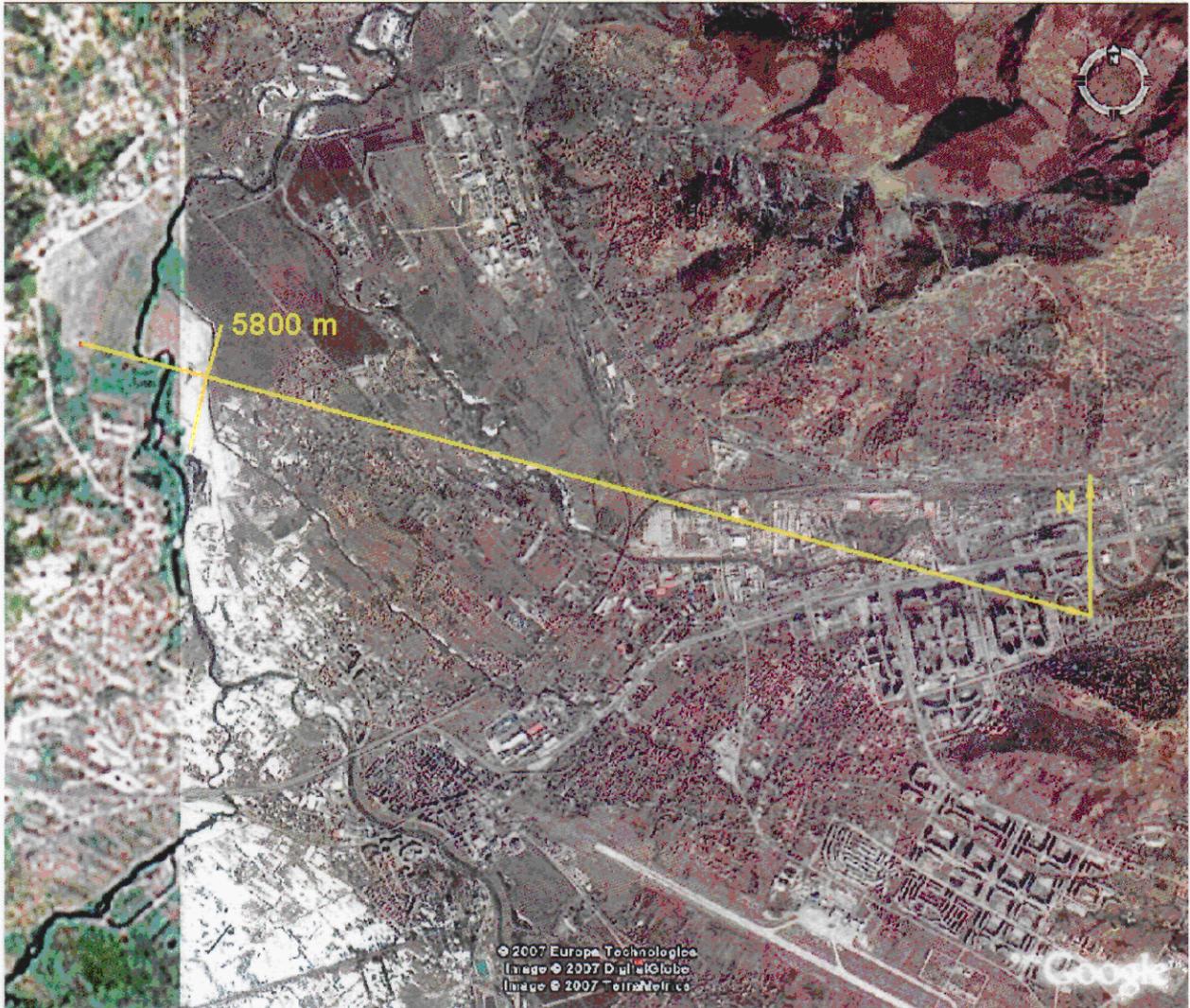
U neposrednoj blizini mjesta djelovanja ove modificovane bombe djelovale su još dvije bombe (Apoteka i Toplane). Međusobna udaljenost tačaka pada je oko 50 m.



Ako se pretpostavi da trajektorija projektila mimoilazi naseljene dijelove Ilidže, tada je dolazni ugao projektila, odnosno azimut od 285° u odnosu na sjever. Taj ugao je određen gledajući ukupnu sliku pogodaka sa modificovanim bombama u toj zoni.



Iz uvjeta da je upadni ugao bombe pri kojem ne nastupa rikošet oko 25° , moguće je odrediti i minimalno rastojanje sa kojeg je lansiran projektil, a to je udaljenost oko 5.800 m. To je šira zona Butila.



Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

I dalje, dio stanova na petom spratu je onesposobljen za dalje stanovanje. Sa snimka GOOGLE EARTH jasno se može vidjeti mjesto prodora projektila kroz ravni krov zgrade u ulici Safeta Hadžića br. 52 (žuta strelica).



Slučaj (Case): Dokumenti 00375179 do 00375209

Datum (Date): 16.06.1995 god. oko 11^{03h}

Mjesto (Location): Sarajevo, Dositejeva br. 4a

Efekat na cilju (Effect in target):

Tri osobe je lakše povrijeđeno.

Raketni projektil je udario na krov zgrade, probio ploču u neposrednoj blizini vertikalnog zida i djelovao na prvom spratu u neposrednoj blizini WC. Kao rezultat oštećenja uništen je vanjski zid u pravcu doleta i reflektirani detonacioni talas je uništio krovove zgrade koja je pogođena i susjednih zgrada.

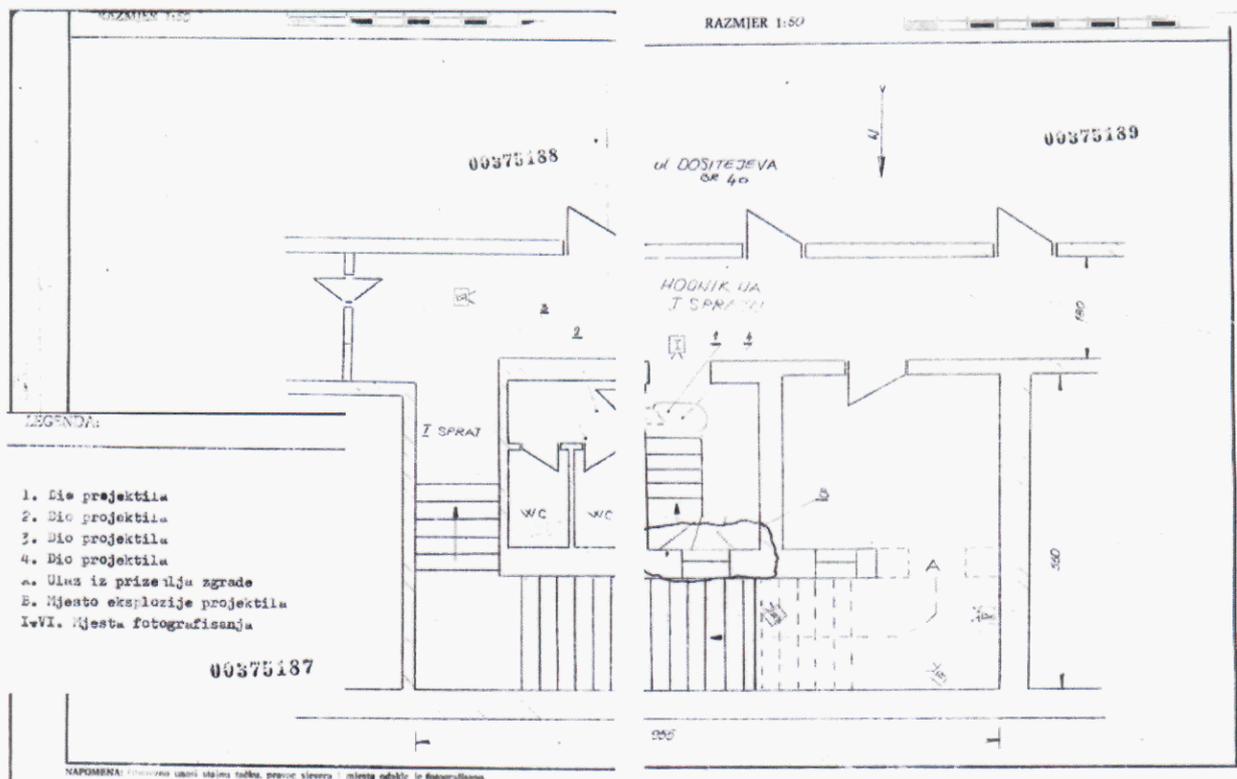
Unutrašnjost prvog sprata je oštećena, ali nema značajnijih oštećenja od fragmenata tijela bombe (trebalo je da bude više hiljada fragmenata).

Pronađeni su dijelovi tri raketna motora 122 mm GRAD, dijelovi stabilizatora i trokraki segment, koji služi za centriranje raketnih motora.

Mišljenje istražitelja:

Istražitelji su locirali pravac doleta projektila, detaljno su izvršili snimanje mjesto događaja, prikazali efekte udarnog talasa na susjedne zgrade.

Pravac doleta projektila sjevero-zapad, azimut $348^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

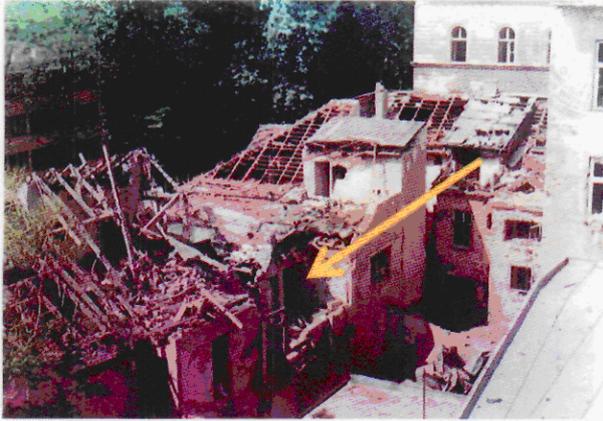


Bomba je djelovala unutar prvog sprata, neposredno blizu WC, slike iz dokumenata 00375187-00375189 (slika gore).

Nađeni su dobro očuvani dijelovi raketnih motora 122 mm GRAD. Modifikovana bomba je imala tri motora, a što se vidi na slici iz dokumenta 00375206 (slika lijevo).

Komentar:

Na slici iz dokumenta 00375198 (prva slika) jasno je definirana uža lokacija mjesta detonacije projektila, vidi se da je vanjski zid nestao, da je nestao krov iznad mjesta eksplozije, ali nije uništena ploča iznad mjesta eksplozije, oštećeni su krovovi susjednih zgrada (efekat djelovanja ukazuje da je to posljedica reflektiranog udarnog talasa, jer su grede i materijal urušeni na ploču krova), a što se vidi na slikama iz dokumenta 00375198.



Oštećenja prvog sprata su posljedica prije svega djelovanja udarnog talasa, a postoje samo posljedice djelovanja sekundarnih fragmenata. To jasno ukazuje na karakter efekta bombe da je to bila oružje prostornog djelovanja (volumetric weapon), donosno aerosolna bomba slabih performansi (slike iz dokumenata 00375199, 00375201-202, 00375204).



Ne može se prihvatiti ugao doleta modificirane bombe sa azimutom $348^{\circ} \pm 10^{\circ}$, jer istražitelji nisu definirali metodu na osnovu koje su ovako precizno definirali ugao doleta.

Ako se prihvati njihova procjena, tada bi eventualna točka lansiranja bila duboko u klancu u okviru tvornice PRETIS, Vogošća. Struktura terena je takva da ne osigurava lansiranje raketnih sistema ovih performansi pri manjim uglovima elevacije. Najvjerovatnije je projektil doletio iz pravca Kobilje glave, pri čemu je ugao azimuta $315^{\circ} \pm 10^{\circ}$ i u daljoj analizi će biti korišten taj podatak. Na osnovu balističke analize mjesto lansiranja udaljeno je oko 5.820 m i nalazi se u krugu fabrike PRETIS.

Tokom analize mjesta događaja na Čobaniji, bit će prikazana i lokacija mjesta lansiranja, jer su ta dva događaja međusobno povezana.

Na slici iz GOOGLE EARTH se jasno vidi da je mjesto pogotka urbani dio grada Sarajeva, koji je jako naseljen.

Azimut ugla doleta od oko 315° je određen na osnovu analize mjesta događaja u ulici Čobanija.



Slučaj (Case): Dokumenti 00375210 do 00375222, 00375224 do 00375225 i RR361662 do RR361662

Datum (Date): 16.06.1995 u 15^{20h}

Mjesto (Location): Trg Međunarodnog prijateljstva do broja 10

Efekat na cilju (Effect in target):

Sedam osoba lakše povrijeđeno,

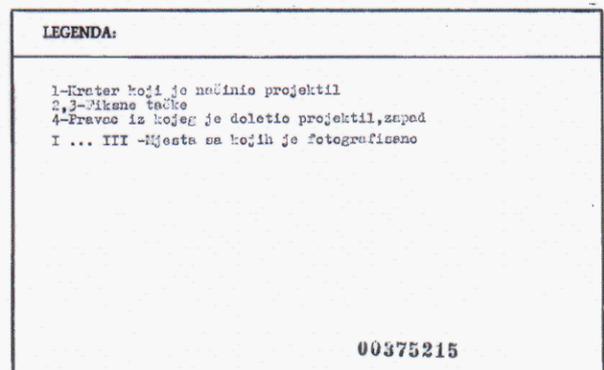
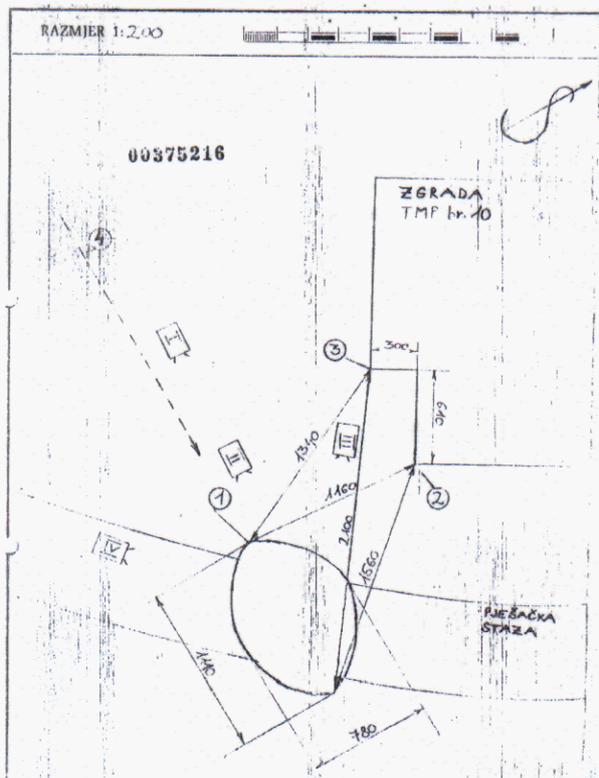
Raketni projektil je udario na zemljanu površinu. Pronađen je krater dimenzija 11,0 m x 7,8 m i dubine 2,5 m,

Mišljenje istražitelja:

Pravac doleta projektila je sa zapada prema izjavi svjedoka i istražitelja Odjeljenja za kriminalističku tehniku. Prema službenoj zabilješki Centar službi bezbjednosti se spominje „vjerovatno sa agresorskih položaja sa pravca Lukavice“.

Pronađeni su dijelovi motora i nosača u krateru. Modifikovana bomba je sadržavala raketne motore (rocket motors associated).

Na sljedećoj slici je dat crtež mjesta događaja (slike iz dokumenta 0375215-216)



Slika iz dokumenta 00375224 (prva)

Slika iz dokumenta 00375224 (druga)

Svjedok Adil Panavlić je bio u prostorijama Mjesne zajednice, koja se nalazila oko pet metara niže od mjesta udara i udaljena oko 15 metara od mjesta eksplozije. Osjetio je pritisak u ušima, a zatim je osjetio udar u glavu. Svjedok Mejra Prazina je osjetila „veliki pritisak i zujanje“ i osjetila je udar po nogama. Bila je u Prostorijama Mjesne zajednice. Svjedoci Miroslav Brezo i Sabit Osmanović su bili ispred prostorija Mjesne zajednice, čuli su zvuk kretanja projektila, vidjeli njegovu završnu fazu leta. Projektil je pao lijevo od njih petnaest metara, nekoliko metara iznad.



Slika iz dokumenta 00375225

Komentar:

Dio svjedoka je vidio ili zvučno osjetio dolazak projektila. Ali vremena za reagovanje u smislu nalaženja zaklona nije bilo, jer je brzina projektila bila vjerovatno oko 250 m/s (manja od brzine zvuka).

Okolna mjesta eksplozije nemaju znakova djelovanja fragmenata a samo mjesto ima karakteristike kratera. Izjave svjedoka o pritisku koji su osjećali i zujanju, ukazuju na djelovanje udarnog talasa.

Ova analiza je moguća samo posle detaljne analize ostalih mjesta pogađanja objekata u dijelu Novog grada.

Na osnovu takovog pristupa, definiran je ugao azimuta od 285° , odnosno to je pravac zone Butila (slučaj u ulici Gete br. 5, Ulica Safeta Hadžića 52).

Na slici dobivenoj iz GOOGLE EARTH prikazana su mjesta pogodaka modifikovanih bombi (crveno bijeli krugovi), a koje su doletjele iz pravca rejona Ilidža-Rajlovac.



Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

Na bočnim zidovima nebodera nema tragova fragmenta.

I dalje se jasno vidi mjesto eksplozije, bez tragova trave.

Jasno se vidi da je pogodak u neposrednoj blizini nebodera, a nedaleko do mjesta se nalaze ostale stambene zgrade sa mnogo spratova.

Na slici desno označeno je crvenom strelicom mjesto pogađanja nebodera u ulici Gete br. 5.



06067138

Slučaj (Case): Dokumenti 00375232 do 00375235, 00375243 do 00375251 i 00453929 do 00453937

Datum (Date): 16.06.1995 god. oko 17^{10h}

Mjesto (Location): Sarajevo, Čobanija br. 7

Efekat na cilju (Effect in target):

Pet osobe je lakše povrijeđeno.

Unutrašnjost prostora Kotlovnice i okolni vanjski prostor, vrata garaža imaju jake tragove oštećenja od udarnog talasa.



Slika iz dokumenta 00375243

Raketni projektil je udario u horizontalnu betonsku gredu vertikalnog zida Kotlovnice. Vertikalni zid iznad tačke udara je sa izrazitim staklenim površinama.

Razoren je pregradni zid nasuprot tački udara u kotlovnicu (slika iz dokumenta 00375243 gore), označen sa žutom strelicom.

Pronađeni su dijelovi raketnog motora 122 mm GRAD i dijelovi stabilizatora.

Oštećen je plato nasuprot mjesta udara u vertikalni zid kotlovnice (slika iz dokumenta 00375243 dole) i red garaža ispod i desno od mjesta udara (slika iz dokumenta 00375246 gore)



Slika stambene zgrade preko puta mjesta eksplozije, udaljene oko 25 m. Visina zgrade iznad mjesta eksplozije je oko 12 m. (Slika iz dokumenta 00375243)



Slika garaže u nizu, neposredno niže i desno od mjesta udara projektila u Kotlovnicu (Slika iz dokumenta 00375246)

Mišljenje istražitelja:

Istražitelji tvrde u svojim izvještajima da je projektil doletio iz pravca sjever-sjeverozapad (zahtjev CSB Sarajevo br. 19/04-223-515), a u izvještaju SJB Centar se navodi pravac sjeveroistok (broj knjige uviđaja 1148/95 od 17.06.1995).

Nađeni su ostaci samo jednog motora, ostaci stabilizatora sa četiri zavrtnja M8x31mm.

Zaključak je istražitelja da je bomba bila samo sa jednim motorom 122 mm GRAD.

Komentar:

Dilemu pravca doleta bilo je moguće rasvijetliti samo analizom terena ličnim uvidom, jer raspoloživa dokumentacija ne osigurava potpuno prostorno shvatanje samog mjesta događaja. Tada je utvrđeno da se ispod kotlovnice nalazi niz garaža (slika dole, desno), a preko puta kotlovnice se nalazi mali plato, koji predstavlja krov garaža (slika dole, lijevo).

Na slici dole, lijevo jasno se vidi dio pregradnog zida (označen žutom strelicom) koji je bio uništen tokom djelovanja nadpritiska produkata detonacije avionske bombe. Modifikovana bomba je pala u prostor između pregradnog zida i garaža postavljenih ispod kotlovnice i tu je eksplodirala (slika dole, desno).



Uvidom na licu mjesta, može se zaključiti da je projektil poslije udara u vertikalni zid Kotlovnice, na visini od oko 3m iznad asfaltnog puta, eksplodirao u prostoru između Kotlovnice i pregradnog zida platoa iznad garaža (crveno bijeli krug).



Na slikama iz dokumenata 00375243 i 00375246 se vide samo sekundarni tragovi fragmenata i značajan efekt nadpritiska na vrata garaža, koja je bila desno, ispod mjesta udara bombe u zid.

Međutim, jasno je da na mjestu eksplozije nije eksplodirala bomba punjenja sa čvrstim eksplozivom TNT, jer bi oštećenja na užem mjestu eksplozije morala biti jako intenzivna, zbog visokog nadpritiska, a to se ne vidi na zidovima zgrada

Na fotografiji nebodera, koji se nalazi udaljen petnaest metara od mjesta eksplozije se nalaze samo sekundarni tragovi djelovanja fragmenata bombe (slika desno).

Konstatacija istražitelja da je bomba bila sa jednim raketnim motorom 122 mm GRAD ima manjkavosti, jer modifikovane bombe FAB-100 (sa jednim motorom) nisu imale poseban stabilizator koji se vezivao zavrtnjevima M8x31 mm (pronađeno na licu mjesta), već se koristio stabilizator avionske bombe i raketnog motora.



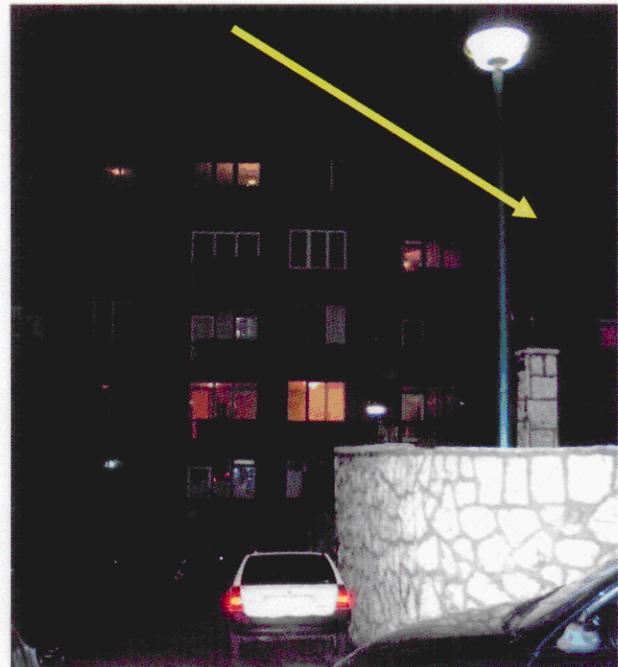
Kod avionskih bombi FAB-250 su korištena tri raketna motora i tri stabilizatora od lima, koji su bili vezani za nosač zavrtnjima M8x31 mm. To je detaljnije objašnjeno u sklopu definiranja karakteristika modifikovanih bombi.

Minimalni upadni ugao se može odrediti iz činjenice da je projektil koji je došao iz definiranog smjera preletio zgradu koja je u odnosu na tačku udara viša za oko 12 m, a udaljena je od mjesta udara oko 25 m.

Minimalni upadni ugao avionske bombe u tom slučaju je oko 25° (fotografija zgrade nasuprot mjesta udara).

Pravca doleta bit će određen na osnovu razmatranja reljefa terena u pravcu sjeverozapada i sjeveroistoka.

U pravcu sjevera i pravcu sjeveroistok se nalaze planine, tako da ne postoji plato u pravcu doleta koji ima čistinu dužine od bar 500 m za bezbjedno lansiranje modifikovane avionske bombe.



U pravcu sjeverozapad je jedini mogući pravac doleta modificirane bombe, on prolazi preko Kobilje glave (pored brda Hum), pri čemu je vjerovatno mjesto lansiranja u zoni kruga tvornice PRETIS.

Pod tim uvjetima, azimut doleta modificirane bombe je oko 315° u odnosu na sjever. Na osnovu navedenih podataka moguće je procijeniti položaj moguće zone lansiranja modifikovane bombe.

Sa istog mjesta je mogla biti lansirana i modifikovana bomba koja je pogodila zgradu u

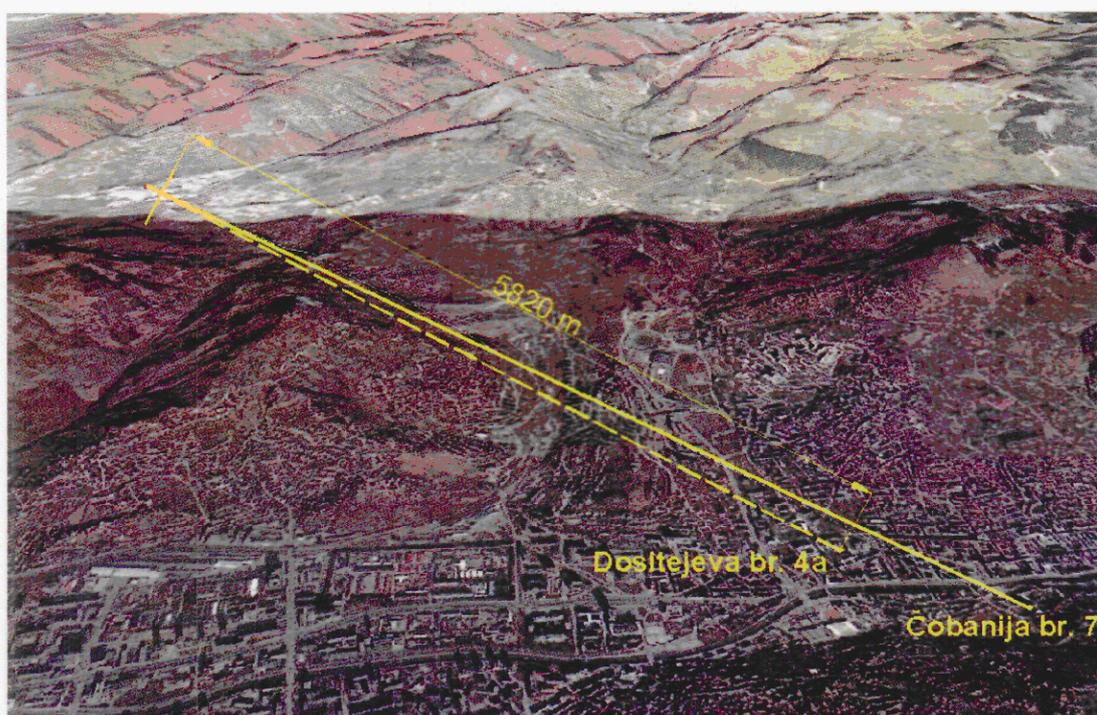
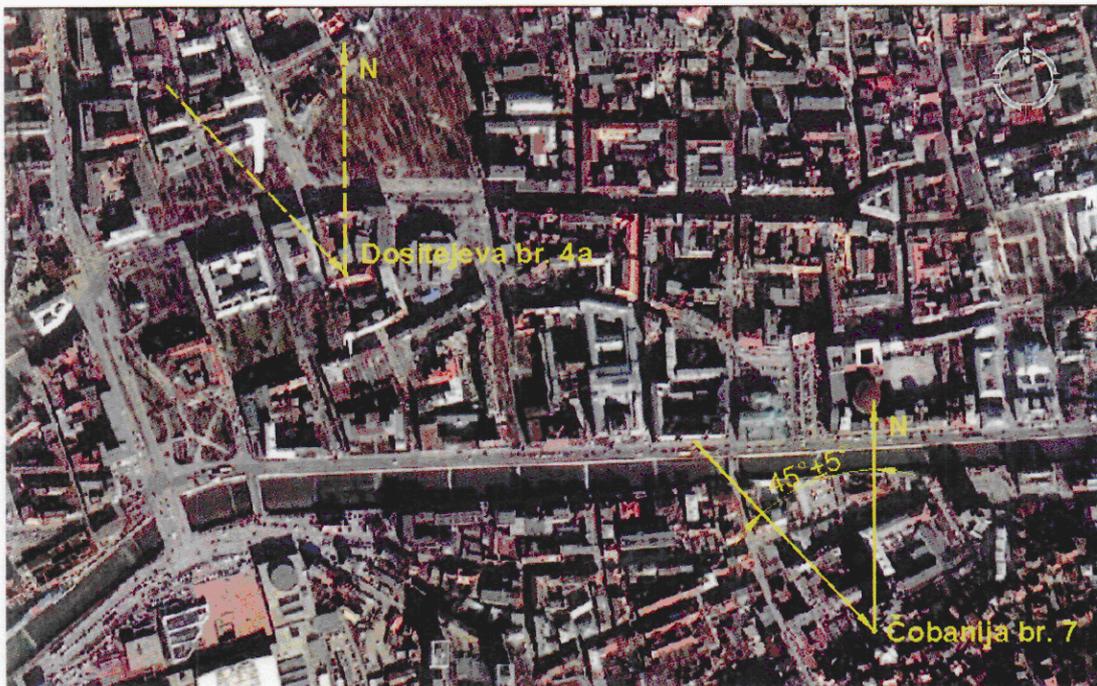
Dositejeva br. 4, tako da je taj smjer doleta uzet u razmatranje pri analizi tog slučaja.

Vidi se da je udaljenost mjesta djelovanja u ulici Dositejeva br. 4 i Čobanija br. 7 u skladu sa normalnim rasturanjima ovog projektila.

Ako bi se iz kruga tvornice PRETIS lansirala modifikovana bomba pod elevacijom od 25° i u navedenom smjeru, ona bi imala domet oko 5.800 m, a što odgovara lokaciji u ulici Dositejeva 4a.

Sa istog mjesta lansiranja sa varijacijom mase, totalnog impulsa raketnih motora, temperature, vjetra, ugla lansiranja moguće je da modifikovana bomba pogodi zgradu u Čobaniji br. 7.

Na slikama iz GOOGLE EARTH vidi se da su tačke pada modifikovanih bombi u slučaju ulica Čobanija i Dositejeva u strogom centru grada Sarajeva i da je njihovo relativno rastojanje oko 600 m.



06067142

Slučaj (Case): Dokumenti 00358705 do 00358833, 00378646, 00392142, RR361718 do RR361819 i 03064882 do 03064883

Datum (Date): 28.06.1995 god. u 9^{22h}

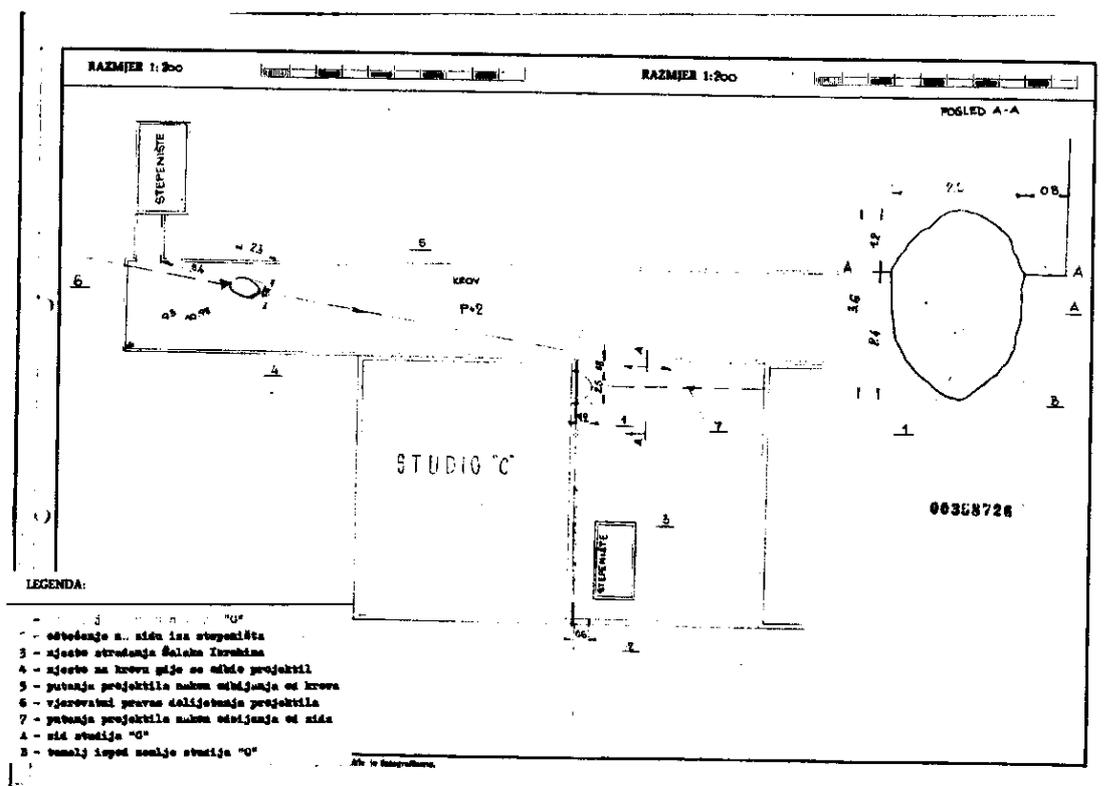
Mjesto (Location): Bulevar Meše Selimović br. 4, zgrada RTV

Efekat na cilju (Effect in target):

Smrtno je stradala jedna osoba, dvadeset osam osoba je povrijeđeno,

Raketni projektil je udario ravni krov objekta RTV, zvani „pasarela“, ispred pomoćnog ulaza-izlaza internog (suterenskog) dijela, preko puta prvog ulaza, duž zgrade između temelja studija „C“ i restorana.

Projektil je rikošetirao o šljunkovitu površinu krova (oštećenja izolacije krova dimenzija 1 m sa 1,5 m i dubine oko 0,2 m), preletio iznad studija „C“, udario i odbio se o zid između prvog i drugog sprata i zatim pao na suprotnu stranu, neposredno do zida studija „C“.



Na spoljašnjoj strani studija „C“ je načinjen otvor veličine 3 m x 3,5 m, a sa unutrašnje strane zida studija otvor veličine 3,5 m x 4,5 m. Debljina zida studija je oko 0,4 m, dok je debljina zida na nivou tla studija oko 0,6 m.

U prostori ispod „pasarele“ su bili autobus i dva kombija i oni imaju značajna oštećenja izazvana udarnim talasom, manji broj proboja od fragmenata. Dekorativni dio fasade je pokidan do betonske osnove.

Na istočnom dijelu zida, nasuprot mjestu eksplozije, na prozorima se nalaze tragovi čađi i mehanička oštećenja betonskog zida. Ispod i iznad mjesta oštećenja se nalaze tragovi fragmenata. Okviri vrata, ukrasne obloge, vrata i namještaj su većinom deformirani.

Na južnoj strani zida objekta nema tragova oštećenja od udara, izuzev jednog otvora u zidu prečnika oko 0,5 m. Ukrasna fasada je pokidana duž cijelog zida i sve staklene površine su pokidane.

Duž desne zapadne strane zida vidljivi su tragovi gareži. U donjem desnom kraju vertikalnog zida se nalazi veliki otvor u zidu i krater dubine oko 1,5 m, širine 1,5 m i dužine do 3 m uz sam zid. Na sjevernoj strani zida nema tragova fragmenata, iako je centar eksplozije bio neposrednu uz nju. Na drugom spratu zgrade RTV su uništene kancelarije. Uništeni su svi prozori od stepeništa pa do osmog sprata. Najveća oštećenja su u studiju „C“. Otvor u zidu sa unutrašnje strane studija ima dimenzije 3,5 m x 4,5 m, a pokidana armatura je savijena prema unutrašnjosti studija.

Pronađeni su samo dijelovi projektila u prostorima studija i na suprotnom dijelu otvora.

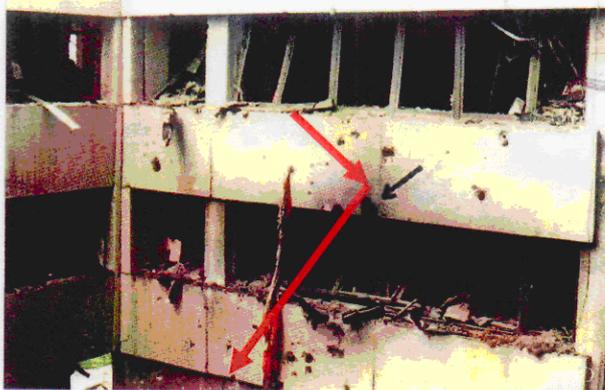
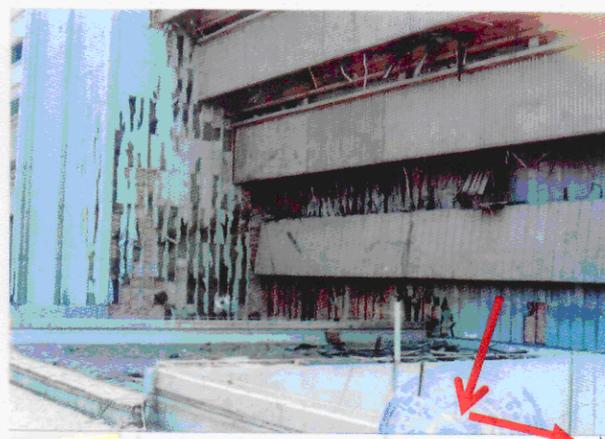
Mišljenje istražitelja:

Istražitelji su posle detaljnog pregleda mjesta događaja zaključili da se vjerovatno radi o razornoj avionskoj bombi od 250 kg.

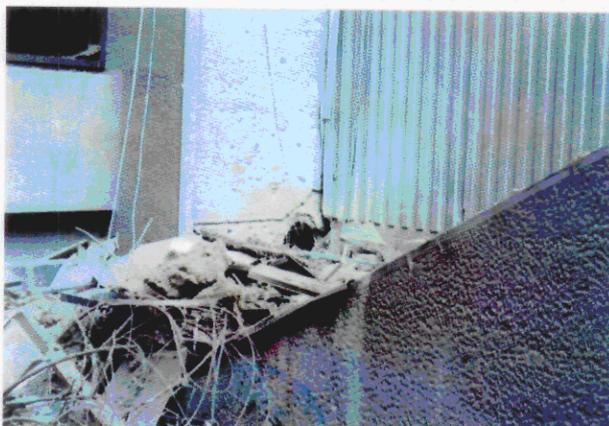
Pravac doleta projektila iz pravca 280 ± 10^0 u odnosu na sjever, širi rejon Dogloda.



Slika iz dokumenta 00392143



Slike iz dokumenata 00392143 i 00392146



Slika iz dokumenta 00392145



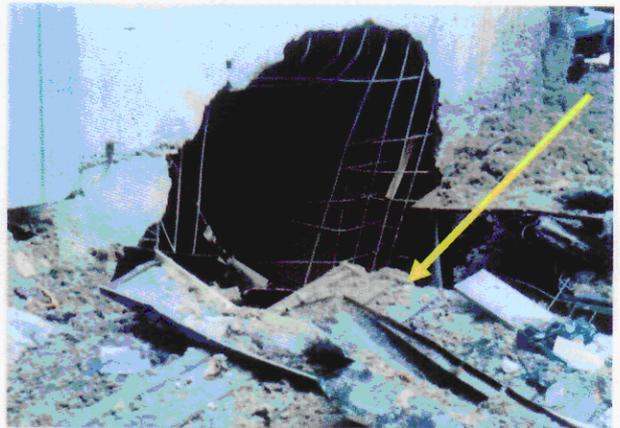
Slika iz dokumenata RR361744



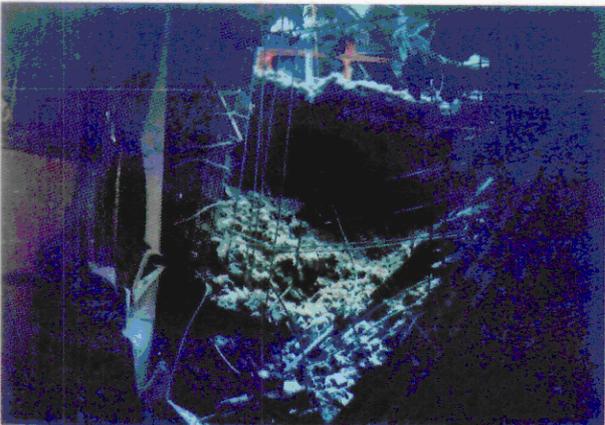
Slika iz dokumenta 00392146



Slika iz dokumenta 00392142



Slike iz dokumenta RR361741



Slika iz dokumenta 00392145



Slika iz dokumenta 00392147

Bomba je bila modifikovana sa raketnim motorima, koji nisu pronađeni.

Svjedok događaja Rijalda Musaefendić (drugi sprat zgrade) je čula neprirodan zvuk, zatim jak tup udar i posle sedam do osam sekundi jak udar, neprirodan bljesak svjetlosti i zatim još jednu detonaciju.

Svjedok Mehmed Kamber (prvi sprat zgrade) je čuo jak udar, zatim djelić sekunde nakon toga jak potres i detonaciju i jako oslobađanje energije.

Svjedok Fadila Serdarević (drugi sprat) čula je jak tup udarac i nakon par sekundi strašan udar.

Svjedok Muhamed Kolender (prvi sprat) čuo je obrušavanje maltera i stakla sa viših spratova i zatim posle desetak sekundi začula se eksplozija.

Svjedok Jasmina Abaz (Ambulanta, blizu mjesta eksplozije) začula je jednu detonaciju i zatim još jednu detonaciju od koje su svi popadali.

Svjedok Saša Mrdović (drugi sprat) je čuo dolet projektila, pad i poslije par sekundi veliki bljesak.

Svjedok Igor Mocnaj je bio van zgrade, čuo je ispaljenje projektila, nakon 15-20 s dva jaka udara od kojih je nastala magla. Poslije 5-7 s je čuo strahovitu eksploziju i od udarnog talasa je odbačen unazad prema autobusu, koji se nalazio 4-5 m dalje. Svjedok je bio u neposrednoj blizini preminule žrtve Ibrahima Šalake.

Više drugih svjedoka je ponovilo navedene informacije.

Dvojica vojnih promatrača su uočili lansiranje, let projektila (mala brzina, mala visina leta projektila), udar u zgradu RTV sa sjeverne strane a do eksplozije je došlo nekoliko sekundi poslije udara.

Komentar:

Tokom izrade „Izveštaja o utvrđivanju stanja i uzroka djelovanja raketnih projektila velike razorne moći na urbane dijelove Sarajeva“ napravljena je skica koja omogućava sagledavanje faze udara modifikovane bombe na zgradu RTV.³

Neosporno je utvrđen pravac doleta projektila, potvrđen otiskom projektila na ravnom dijelu krova RTV i iskazima više svjedoka. Na sjevernoj terasi zapadne strane doma RTV utvrđeni su tragovi udara projektila u površinu terase i površinska oštećenja izolacionog sloja veličine 0.7x 1,5 m dubine do 0,2 m.

Time je definiran ugao doleta od 280 ± 10^0 u odnosu na sjever, a koji odgovara široj zoni Butila, što se može vidjeti iz snimka GOOGLE EARTH.

Upadni ugao je određen s obzirom na registriran rikošet avionske bombe tipa FAB-250. On je procijenjen na oko 25^0 .

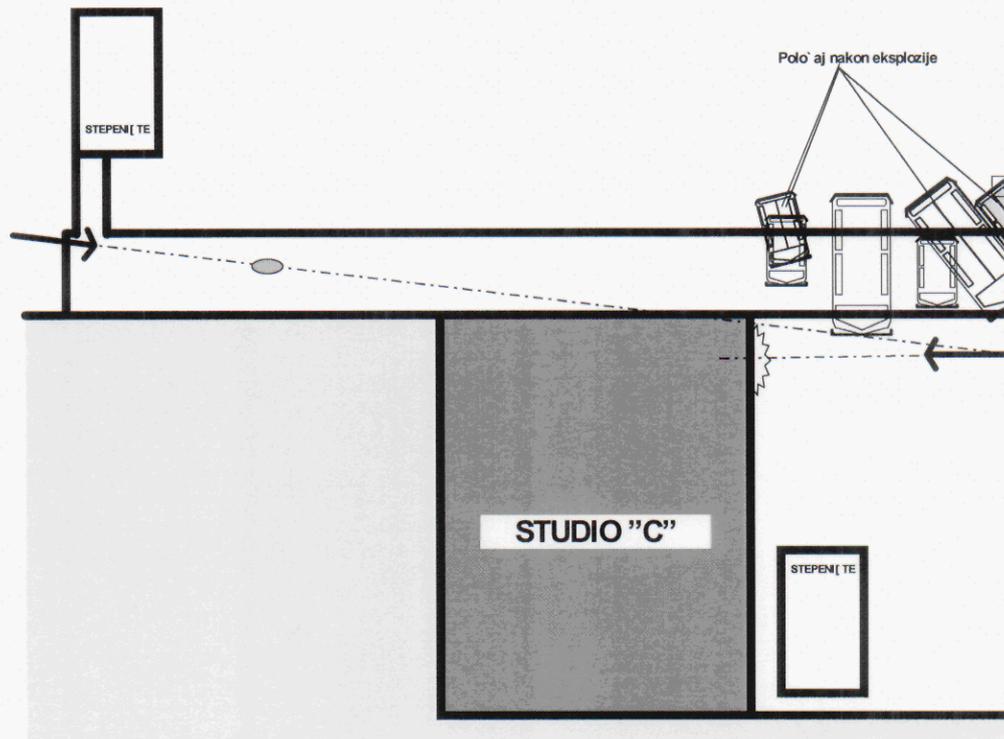
Na osnovu ovih parametara minimalna udaljenost lansera je bila oko 5.800 m od mjesta događaja.

Faze udara modifikovane bombe na zgradu RTV su bile sljedeće:

Avionska bomba je udarila u ravni krov dijela zgrade RTV, koji se zove „pasarela“. Uzdužna osa oštećenja proteže se u pravcu 280^0 u odnosu na sjever.

Bomba je rikošetirala (slika iz dokumenta 00392143) i sljedeće mjesto dodira projektila sa zidovima objekta je ustanovljeno na istočnom zidu prostora pomoćnog ulaza u zgradu doma RTV BiH i objekta „pasarela“, u visini između prvog i drugog sprata iznad prozora ambulante (Slika iz dokumenta 00392143).

³ Zečević B., H.Omerović A., Kurtović A.: Izveštaj o utvrđivanju stanja i uzroka djelovanja raketnih projektila velike razorne moći na urbane dijelove Sarajeva, Po naredbi Višeg suda br. KRI 123/95 od 28.06.1995 god., Sarajevo, 11.07.1995 god.



Bomba se odbila od taj vertikalni zid i pala na zemlju u dnu suprotnog zida gdje je studio „C“. Pri tome je vjerovatno aktiviran upaljač i primarno eksplozivno punjenje. Pri tome je razoreno tijelo bombe, aerosolni eksploziv je ispario i pomiješao se sa vazduhom. Posle par sekundi (više svjedoka su ukazali na dvije eksplozije) je aktivirano sekundarno eksplozivno punjenje i nastupila je prostorna eksplozija (volumetric explosion).

Mjesto djelovanja bombe je sa južne strane bilo ograničeno petospratnim zidom, sa istočne i zapadne strane zidom visine oko 10 m a sa sjeverne strane postoji slobodan prolaz sa stupovima visine oko 3 m iznad kojeg je objekt „pasarela“ visine dva sprata. U prolazu ispod objekta „pasarela“ se nalazio parkiran autobus i dva kombija. Prvi kombi, sa teškim oštećenjima prednjeg dijela i krova vozila, nađen je udaljen 3-4 metra od stupova koji su u ravni sjevernog zida. Autobus je nađen naslonjen na drugi kombi sa teškim oštećenjima prednjeg dijela i desne strane (slika iz dokumenta 00392147). Drugi kombi je prignječen autobusom uz stup. Položaj vozila dat je na skici niže.

Najveća oštećenja strukture zgrade nalaze su u donjem desnom dijelu zapadnog zida zadnjeg ulaza u zgradu doma RTV BiH. Ovaj zid je istovremeno i istočni zid studija C koji se nalazi ispod nivoa vanjskog zemljišta oko 2 m. Veličina otvora na zidu (armirano betonski zid debljine 0.4m sa armaturom prečnika 16mm) nastala uslijed djelovanja eksplozije je nepravilnog ovalnog oblika osa 4 X 3 m (slike iz dokumenta RR361741). Ostaci pokidane armature su usmjereni prema unutrašnjosti studija „C“ (slika iz dokumenta 00392145). Navedeni otvor se nadovezuje na krater oblika polukruga u zemljištu dubine 2,4 m i prečnika 2,5 m. Tri fasadna armirano betonska bloka dimenzija 2 x 2,5 x 0,1 m, koja su se nalazila iznad nastalog otvora, su srušena i pala su na krater.

Unutar navedenog prostora uočljivi su tragovi teških oštećenja na svim ukrasnim fasadama zidova i prozorskim otvorima. Mali broj oštećenja uzrokovan je djelovanjem fragmenata (slika iz dokumenata RR361744). Tragovi oštećenja ovakvog tipa uočeni su na istočnom zidu između tla i prvog sprata i na prednjoj desnoj strani autobusa. Ostale deformacije su bez tragova djelovanja fragmenata i manifestuju se u obliku oštećenja koja nastaju kao posljedica udarnog talasa. Ovo podrazumijeva izvaljene prozorske okvire od eloksiranog aluminija, uništena sva prozorska i ostala stakla, otkinuti ukrasni limovi, salonitske i izolacione ploče na fasadi.

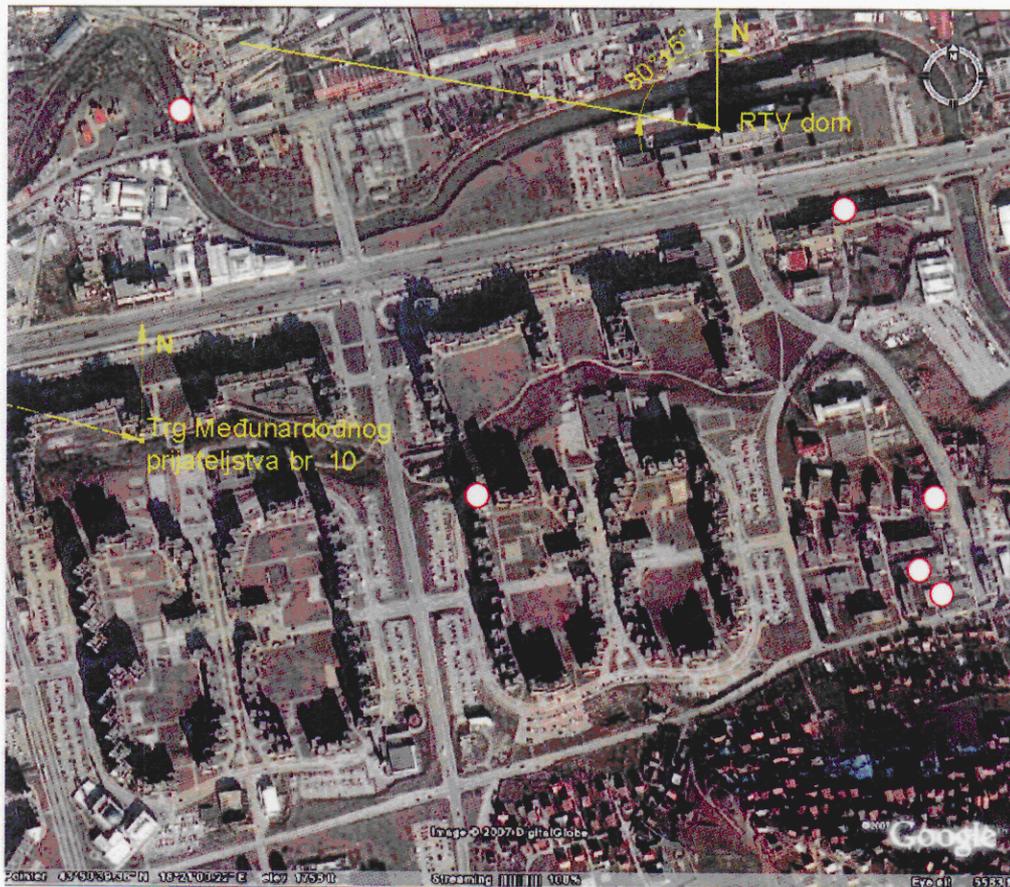
Avionska bomba FAB-250 ima oko 11.000 fragmenata mase veće od 0,25 g, a koji imaju brzinu oko 2.000 m/s. Takva gustina fragmenata znači da bi na svaki kvadratni metar prostora na udaljenosti od pet metara od centra eksplozije bombe FAB-250 sa eksplozivom TNT trebalo da bude prosječno 35 fragmenata po kvadratnom metru, a na udaljenosti od deset metar oko 8,75 fragmenata po metru kvadratnom. Na fotografijama i ličnim uvidom ne može se pronaći takva gustina fragmenata ni na jednoj ravnoj površini izloženoj direktno efektima eksplozije bombe.

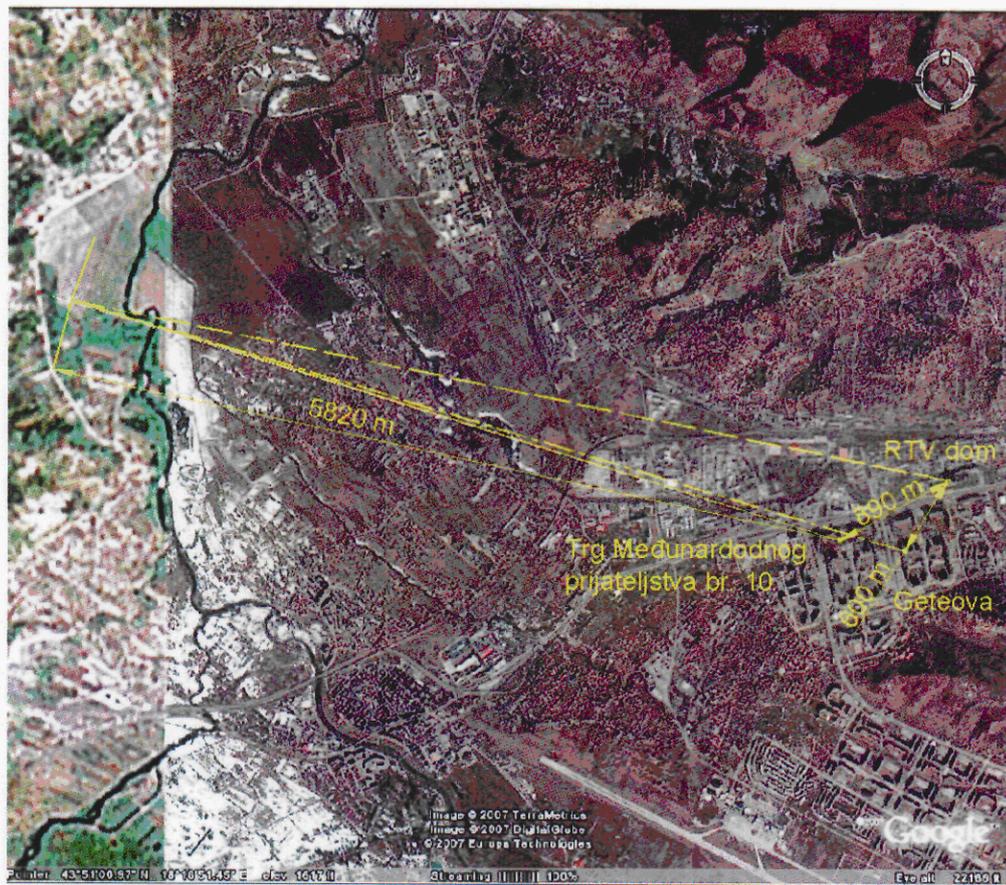
Izjave svjedoka o dvije eksplozije, jasno ukazuju da mehanizam detonacije odgovara jednom tipu djelovanja aerosolne avionske bombe. U trenutku udara bombe u prepreku, aktivira se upaljač sa kašnjenjem. Zatim se aktivira primarno eksplozivno punjenje i razara strukturu tijela bombe i raspršuje tečni aerosolni eksploziv. Zatim, sa kašnjenjem od par sekundi (više različitih vremena) aktivira se sekundarno eksplozivno punjenje koje inicira proces detonacije aerosolnog oblaka. Nadpritisak kod eksplozije aerosolne bombe (10-20 bar) je značajno niži od nadpritiska čvrstog eksploziva TNT, ali zaprema veću površinu i traje duže.

Efekti na objektima jasno pokazuju da je primarno djelovanje bilo uzrokovano efektom udarnog talasa.

Na sljedećim slikama iz GOOGLE EARTH se uočava povezanost tačaka pogađanja zgrada RTV, Trga Međunarodnog prijateljstva i zgrade u Geteovoj ulici, a što ukazuje na slične uvjete i pravac lansiranja.

Udaljenost lansera se procjenjuje na oko 6.000 m, šira zona Butila.





Slučaj (Case):

Datum (Date): 28.06.1995 god. u 10^{15h}

Mjesto (Location): Sarajevo, Geteova br. 5

Efekt na cilju (Effect in target):

Projektil se aktivirao na osmom spratu nebodera. Uništio je više stanova od sedmog do 11 sprat. Smrtno su stradale tri osobe, a sedam osoba je ranjeno.

Mišljenje istražitelja:

Projektil je doletio iz pravca rejonu Doglodi.

Komentar:

Uvidom u fotografije koje su bile na raspolaganju tokom pravljenja Izvještaja⁴ od 11.07.1995 god. uočava se oštećenja na zidovima zgrade (tri sprata), samo glavni betonski nosači su izdržali udarni talas. Na zidovima stambenog prostora, a na susjednim površinama stanova koji se graniče sa oštećenim prostorima nema intenzivnih tragova fragmenata.

Prema izjavi svjedoka Hasan Bjelaka dolazak projektila je pratio jasan zvuk i nakon udara u zgradu, eksplozija je uslijedila poslije pet sekundi.

Pronađeni su ostaci raketnih motora.

Na osnovu analize mjesta pada modifikovanih bombi u neposrednoj blizini ovog događaja, moguće je procijeniti da je ugao azimuta 285⁰, a udaljenost lansera oko 6.000 m, šira zona Butila.



Foto dokumentacija Ministarstva unutrašnjih poslova Kantona Sarajevo, Sektor kriminalističke policije, odjeljenje za kriminalističku tehniku, broj 1289/95 (fotografirano 28.06.1995. god.)

⁴ Zečević B., H.Omerović A., Kurtović A.: Izvještaj o utvrđivanju stanja i uzroka djelovanja raketnih projektila velike razorne moći na urbane dijelove Sarajeva, Po naredbi Višeg suda br. KRI 123/95 od 28.06.1995 god., Sarajevo, 11.07.1995 god.

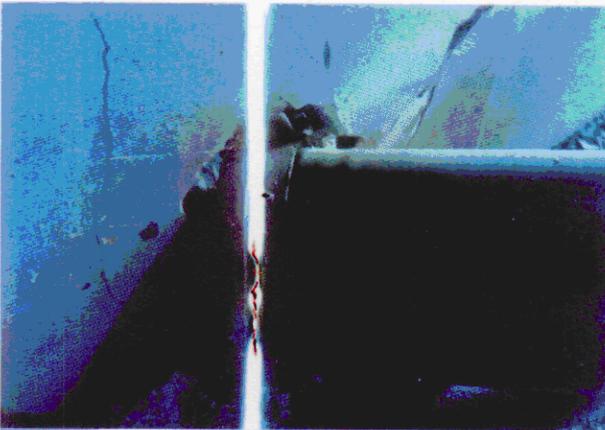
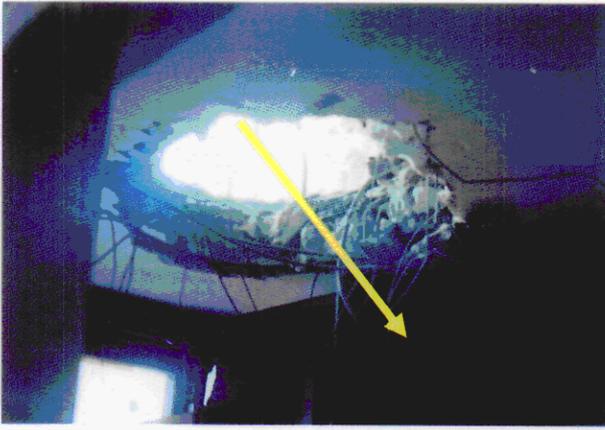


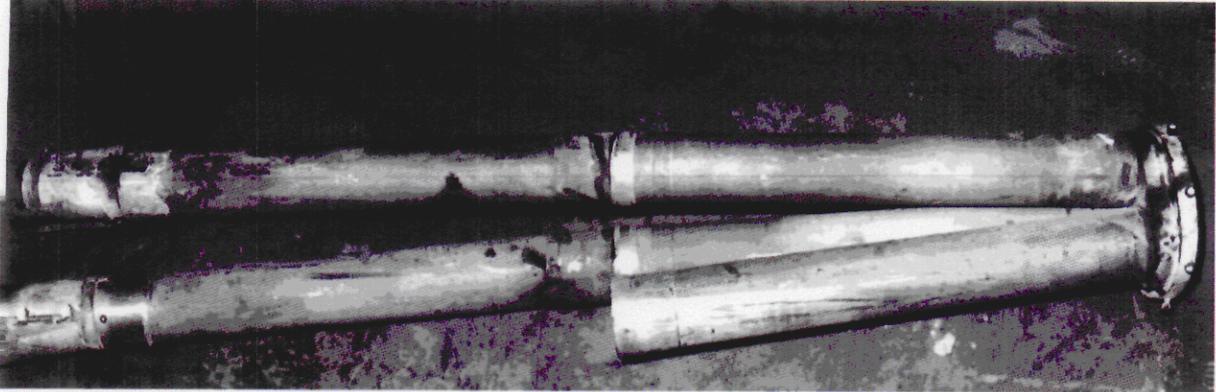
Foto dokumentacija Ministarstva unutrašnjih poslova Kantona Sarajevo, Sektor kriminalističke policije, odjeljenje za kriminalističku tehniku, broj 1289/95 (fotografirano 28.06.1995. god.)

Između sedmog i osmog sprata su nađeni ostaci tri raketna motora 122 mm GRAD sa prednjim nosačem-vezom sa avionskom bombom. Raketni motori su imali na dva mjesta prstenove prečnika

122/128 mm, prvi prsten je bio na spoju komora raketnog motora (motor 122 mm GRAD se sastoji od dvije komore), a drugi prsten na dijelu spoja komora-mlaznik. Na svim raketnim motorima bili su vidljivi hladni znakovi karakteristični za rusku municiju, dok je na jednom raketnom motoru bilo vidljivo nanesen tekst crnom bojom:

ТФ 122/128 mm M91 9301 TK BK 0399

Na sljedećoj fotografiji su dijelovi raketnih motora pronađeni u Geteovoj ulici br. 5.



Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

Na slici niže se jasno vide posljedice djelovanja modifikovane avionske bombe na urbani dio Sarajeva. Svaki dalji komentar je suvišan.



Slučaj (Case): Dokumenti od 00375143 do 00375148 i od 00375170 do 00375174

Datum (Date): 01.07.1995 god. oko 21^{30h}

Mjesto (Location): Hrasnica, Aleksa Šantića br. 50

Efekat na cilju (Effect in target):

Nije bilo povrijeđenih osoba.

Raketni projektil je prvo udario u kuću u ulica Alekse Šantića br. 50, prošao kroz ugao kuće, udario u tlo na udaljenosti 3 m iza drugog kraja kuće, nasuprot tačke udara u kuću.

Pronađena su dva raketna motora u krateru dimenzija 6,1 m x 2,4 m u dubini 1,1 m i nekoliko metalnih dijelova u krateru, dok je treći motor pronađen u dvorištu, blizu mjesta udara u kuću.

Mišljenje istražitelja:

Istražitelji navode da je ovaj projektil prvo udario u kuću u ulica Alekse Šantića br. 50, prošao kroz ugao kuće, udario u tlo, raketni motori su se odvojili, projektil je rikošetirao i nastavio let prema ulici Bunički potok br. 233 i br. 231.

Nađeni su ostaci raketnih motora 122 mm GRAD.

Pravac doleta projektila sjever određen je prema oštećenjima na kući.

Komentar:

Prema raspoloživim podacima, projektil je udario u kuću u ulica Alekse Šantića br. 50, prošao kroz ugao kuće, na nivou prvog sprata, odmah ispod krovne konstrukcije (slike iz dokumenta 00375171 i 00375172).



Posle prolaza kroz strukturu ugla kuće, projektil je udario u tlo na udaljenosti 3 m iza suprotnog ugla. Pronađena su dva raketna motora u krateru dimenzija 6,1 m x 2,4 m u dubini 1,1 m i nekoliko metalnih dijelova u krateru, dok je treći motor pronađen u dvorištu, blizu mjesta udara u kuću. Ako se pretpostavi da je upadna točka udara bombe bila na visini od oko 5 m, a tačka udara u tlo oko 10 m (kuća je široka oko 7 m), tada je upadni ugao oko 25° . Iz oštećenja na zgradi sa druge strane kuće se može procijeniti i ugao doleta (azimut) na oko 305° u odnosu na sjever (tačnost $\pm 5^{\circ}$).

Krater u dvorištu zgrade ukazuje da je došlo do detonacije unutar tla, ali da ona nije prouzrokovana djelovanjem eksploziva TNT, već vjerovatno djelovanjem aerosolnog eksploziva. Projektil je prodro u zemlju, primarno eksplozivno punjenje je razorilo strukturu tijela bombe, ali nije bilo značajnijeg miješanja aerosolnog eksploziva i vazduha u zemlji, tako da aktiviranjem sekundarnog eksplozivnog punjenja izazvana je samo nepotpuna eksplozija.

Prema izjavi žene Halima Kečo, koja stanuje preko puta mjesta udara, neposredno posle udara projektila, cjelokupan prostor je bio obavijen sivom maglom. Mjesto aktiviranja bombe je bilo u šahtu za vodu koji je bio potpuno uništen. Zbog toga se na fotografijama jasno vidi voda, vlažna

zemlja i time se mogu objasniti slabi efekti djelovanja tečnog aerosolnog eksploziva. Na slici se jasno vidi rastresena zemlja i zatvoreni krater sa jasnim tragovima oštećenja tla od prolaska produkata detonacije ka površini (slike iz dokumenta 00375171 i 00375172).



Nema intenzivnih tragova djelovanja fragmenata, iako avionska bomba FAB-250 ima minimalno 11.000 fragmenata mase veće od 0,25 g, a koja imaju početnu brzinu oko 2.000 m/s. Fragment mase 0,25 g ima početnu kinetičku energiju od 500 J, a što je pet puta veće od energije onesposobljavanja. Na zidu kuće koja je pogođena bočno od pravca leta se nalaze tragovi sekundarnih fragmenata.



Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

Pregledom sadašnjeg stanja mjesta događaja i detaljnim fotografiranjem mjesta događaja, bilo je moguće procijeniti ugao doleta i upadni ugao sa dovoljnom tačnošću, jer se na kući nalaze jasni tragovi oštećenja uzrokovani prodorom bombe kroz ugao kuće.



Mjesto udar projektila u tlo



Mjesto udara u ugao kuće

Na fotografiji niže jasno se vidi mjesto pada projektila u urbanom dijelu Hrasnice i prikazan je prethodni slučaj u ulici Alekse Šantića br. 1.



Mjesto lansiranja navedene modifikovane bombe je identično kao u slučaju Alekse Šantića br.1, sjeverozapad, azimut 320° u odnosu na sjever tj. širi rejon Plandište,

Slučaj (Case): Dokumenti od 00375143 do 00375148 i od 00375170 do 00375174

Datum (Date): 01.07.1995 god. oko 21^{30h}

Mjesto (Location): Hrasnica, Bunički potok kod broja 233

Efekat na cilju (Effect in target):

Teže su ranjene dvije osobe, a više osoba je lakše ranjeno.

Projektil je pogodio garažu ispred kuće sa dva sprata, dimenzija 8,3 m x 9,4 m. Uništio je potpuno garažu i na udaljenosti 4,9 m od navedene kuće formirao krater dimenzija 3,5 m x 2,8 m i dubine 1,1 m.

Susjedna kuća na sprat, ulica Bunički potok 231 udaljena je 9,3 m od centra kratera i na njoj je pričinjena velika šteta i ranjeno je devet ljudi. Ispred kuće su bila dva vozila UN i ona su jako oštećena.

Nasuprot mjesta eksplozije na udaljenosti od je 14,4 m od centra kratera se nalazi kuća na sprat, ulica Bunički potok 26, dimenzija 6,4 m x 8,3 m, na kojoj je pričinjena veća šteta i ranjene dvije osobe.

Na susjednim kućama čak i na udaljenosti od 60 m su nastupila oštećena na krovovima kuća.

Nađeni su ostaci nekoliko dijelova projektila.

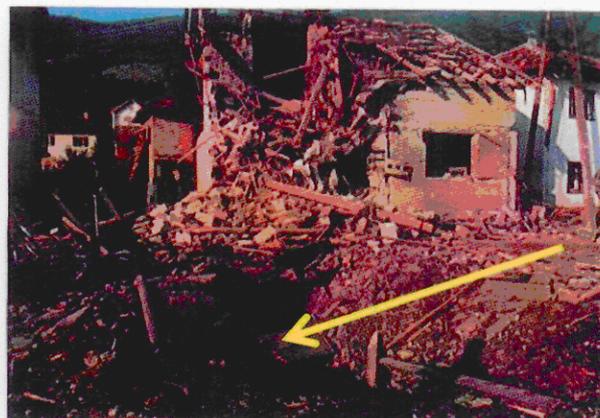
Mišljenje istražitelja:

Istražitelji navode da je ovaj projektil prvo udario u kuću u ulica Alekse Šantića br. 50, prošao kroz ugao kuće, udario u tlo, raketni motor su se odvojili, projektil je rikošetirao i nastavio let prema ulici Bunički potok br. 233 i br. 231.

Pravac doleta projektila sjever.

Komentar:

Prema raspoloživim podacima, projektil je udario ispred garaže, probio tlo i eksplodirao unutar zemlje. Produkti detonacije su formirali navedeni krater, razorili strukturu garaže i udarni talas je svoje djelovanje usmjerio ka zgradi udaljenoj 4,9 m (iza garaže) i tu izazvao najveća oštećenja, a zgrada u ulici Bunički potok 131 je pretpjela veća oštećenja i veći broj osoba je ranjeno. Na zgradi nasuprot mjestu eksplozije, s druge strane potoka i koja je udaljena oko 14,4 m od centar kratera (slike iz dokumenta 00375173) nastupila su značajna oštećenja i dvije osobe su ranjene.



Oštećenja na kućama su od udarnog talasa, a oštećenja na vozilima UN su također od udarnog talasa (udubljenja na karoseriji) kao na slici iz dokumenta 00375174, niže dole.

Nema značajnijih tragova djelovanja fragmenata na zidovima kuća u neposrednoj blizini mjesta eksplozije, iako avionska bomba FAB-250 ima minimalno 11.000 fragmenata mase veće od 0,25 g, a koja imaju početnu brzinu oko 2.000 m/s. Fragment mase 0,25 g ima početnu kinetičku energiju od 500 J, što je pet puta veće od energije onesposobljavanja čovjeka.

Istražitelji navode da je projektil prvo udario u kuću, ulica Alekse Šantića br. 50, rikošetirao i tek

tada djelovao na ovoj lokaciji. Kao argument navodi se da su pronađeni raketni motori u krateru dimenzija 6,1 m x 2,4 m na dubini 1,1 m, bez značajnijih oštećenja susjednih objekata.

Rikošet predstavlja odbijanje projektila od tvrdog tla (u ovom slučaju zemlje) i na tlu bi ostao samo trag mogućih dimenzija 0,5 m x 1,5 m i pri tome ne bi bilo rastresitog zemljišta, već bi zemljište bilo sabijeno usljed udara projektila velike kinetičke energije.

Sami raketni motori ne mogu izazvati oštećenja navedenih dimenzija.

Dalje, udar avionske bombe u kuću, prodor kroz ugao zgrade, te odbijanje od tla bi utjecali na brzinu i stabilnost avionske bombe.

Avionska bomba, bez stabilizirajućih površina, ne bi mogla da odleti na udaljenost od oko 150 m, a da pri tome u trenutku rikošeta skrene gotovo pod uglom od 90^0 udesno od pravca doleta. To je nemoguće.



Treba promatrati odvojena ova dva slučaja, kao djelovanja dva različita projektila.

Istražitelji navode da je avionska bomba udarila u garažu, ali krater se nalazio na putu (slika drugi red desno, gore). Svjedok, vlasnik kuće u ulici Bunički potok 231, navodi da nije došlo do oštećenja vodovodnih cijevi i razvodnog ventila, a koji su postavljeni neposredno uz kraj ceste, odnosno do garaže. Bomba je djelovala ispred garaže na metar-dva od nje.

Oštećenja i pravac djelovanja udarnog talasa ukazuju da je vjerovatno avionska bomba bila punjena sa nekim aerosolnim eksplozivom. Bomba je prodrila u tlo ispred garaže, upaljač je aktivirao primarno eksplozivno punjenje koje je razorilo tijelo i raspršilo aerosolni eksploziv bočno i u pravcu ispred prednjeg dijela bombe. Aerosol se raspršio u okolni prostor i pomiješao sa vazduhom, zatim je sekundarno eksplozivno punjenje izazvalo detonaciju. Udarni talas je uništio garažu, dio zgrade, Bunički potok 233, ošteti zgradu broj 231 i značajno ošteti zgradu na suprotnoj strani ulice i potoka (udaljena 14,4 m). Oštećena su i dva vozila UN sa jasnim tragovima deformacije od djelovanja nadpritiska. Na zgradi nema mnogo tragova fragmenata, što ide u prilog hipotezi o projektilu prostornog djelovanja.

Nije moguće odrediti ugao udara u tlo, dok se prema tragovima oštećenja na zgradama može ocijeniti pravac doleta iz sjeverozapada.

Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

Izvršen je pregled mjesta događaja i izvršeno fotografiranje sadašnjeg stanja. Obavljen je razgovor sa stanarima zgrada ulica Bunički potok br. 26, br. 231 i br. 233.

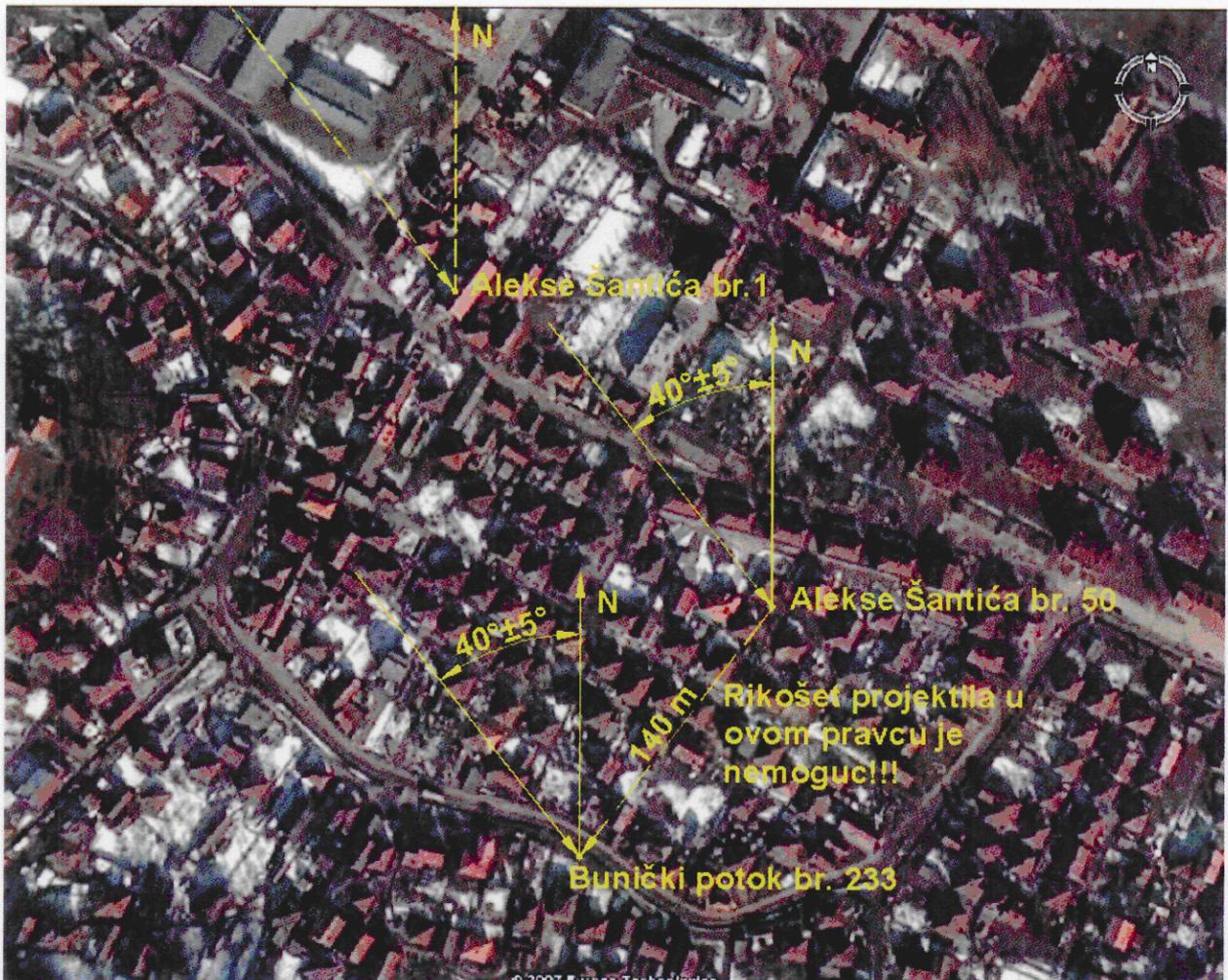


Mjesto djelovanja bombe, ispred garaže, a što se uklapa sa slikom pozicije kratera (slike iz dokumenta 00375173).



Oštećenja kuće s druge strane potoka, nasuprot mjesta eksplozije.

Pravac doleta kod ovog projektila nije bilo moguće procijeniti na osnovu efekata na tlu, ali se može definirati pozicija mjesta udara modifikovane bombe o tlo, gledano na slučajeve iz ulice Alekse Šantića, a koji su jako blizu mjestu ovog događaja. Iz tih činjenica se može procijeniti da je vjerovatni ugao doleta sličan i da bi mjesto lansiranja također trebalo biti u zoni Plandišta.



Kada se detaljno pogleda ova fotografija jasno se vidi da nije bio moguć rikošet avionske bombe iz ulice Alekse Šantića br. 50, njeno skretanje za ugao oko 90° u odnosu na pravac doleta (koji je veoma jasno označen na kući) i njeno djelovanje u ulici Bunički potok 233. Jasno, ovdje se radi o dva neovisna projektila koja su djelovala u kratkom vremenskom razdoblju.

Slučaj (Case): Dokumenti od 00374907 do 00374912 i od 00374914 do 00374918

Datum (Date): 23.07.1995. god. u 19^{15h}

Mjesto (Location): Hrasnica, Sokolović, ulica Bjelašnička 54

Efekat na cilju (Effect in target):

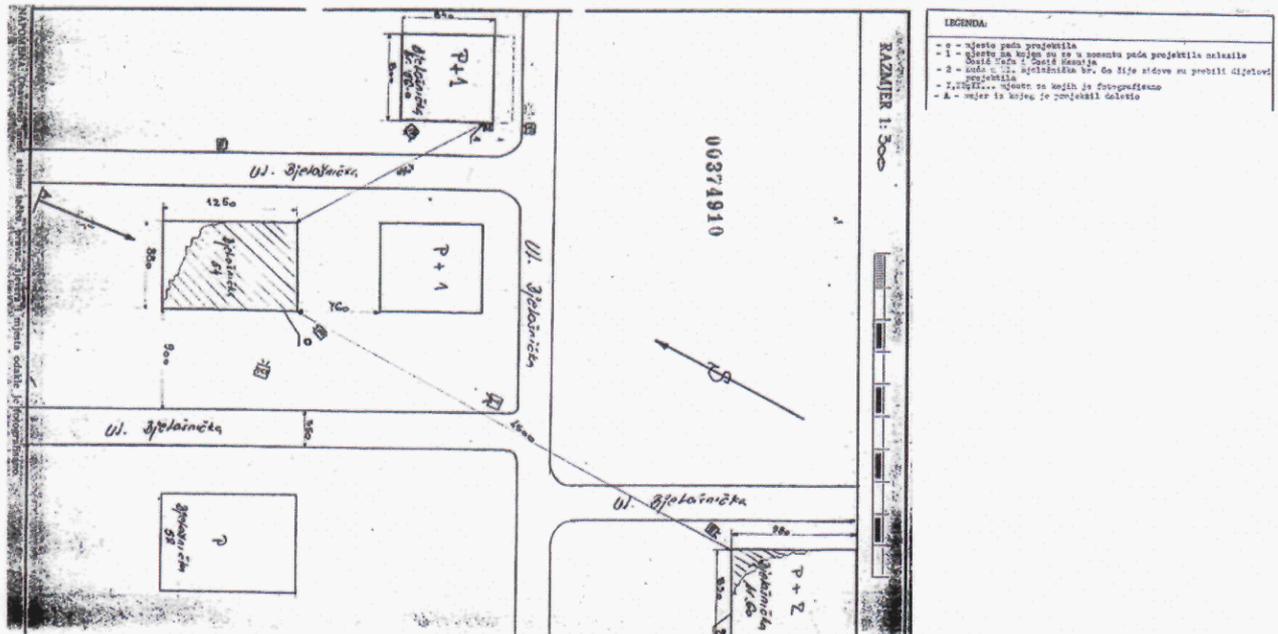
Ubijene dvije osobe, a lakše ranjeno jedanaest osoba.

Eksplozija se dogodila na spratu zgrade.

Projektil je pogodio kuću na sprat, dimenzija 12,5 m x 8,8 m, jako je razorio strukturu (uništio) iste i izazvao oštećenja u više susjednih zgrada.

Oštećen je veći broj vozila u okruženju mjesta eksplozije.

Nađeni su ostaci raketnih motora kalibra 122 mm GRAD u ruševinama sobe prvog sprata.



Mišljenje istražitelja:

Na skici mjesta događaja (na slici iz dokumenta 00337910), istražitelj je definirao da je mjesto udara lijevi kraj kuće (gledano sa sjeverozapada) na udaljenosti oko 2 m od ugla.

Na nivou prvog sprata su pronađeni ostaci motora.

Pravac doleta projektila je sjeverozapad, vidljivo iz skice mjesta događaja.

Modifikovana bomba je imala raketne motore (rocket motors associated),

Naznačio je mjesto pogibije dvije osobe i definirao najveća oštećenja od udarnog talasa.

Komentar:

Projektil je udario u vertikalni zid kuće (cigla, sa betonskim stupovima, betonskim vijencima, betonskom pločom iznad prizemlja) iz pravca sjeverozapad, slike iz dokumenata 00337915 i 00337916.

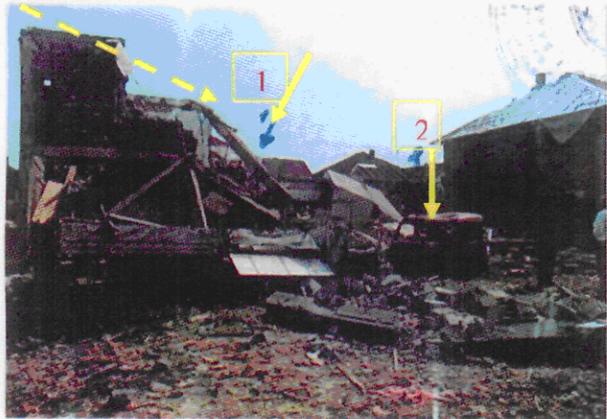
Projektil je djelovao na spratu.





Na osnovu fotografija mjesta događaja, gore i desno projektil je probio krov i udario u betonsku ploču prvog sprata na udaljenosti od oko 8 m od vertikalnog zida kuće iz pravca doleta (slika iz dokumenta 00337917, oznaka 1.).

Sa slike desno, oznaka 1 vidi se da je dio betonske ploče u pravcu doleta srušen, tada je moguće procijeniti upadni ugao projektila na prvi sprat kuće na oko 25° (visina stropa 3 m i projekcija trajektorije projektila na ploču oko 6 m).

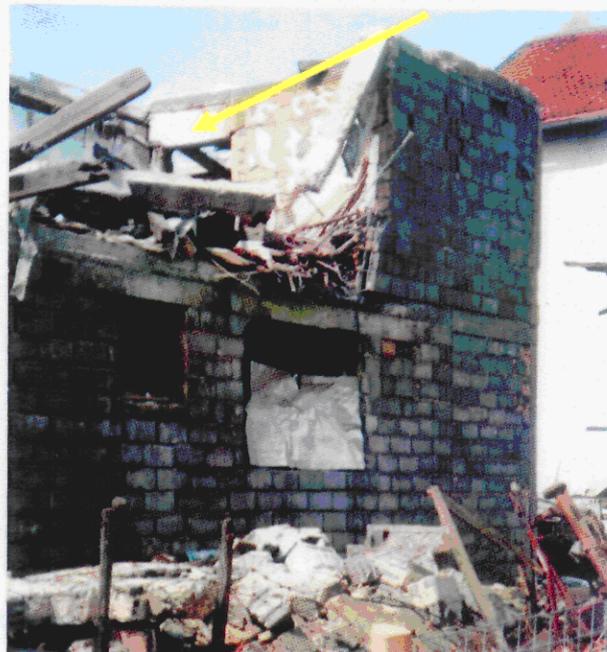


Nastala su sljedeća razaranja:

Zidovi ispred tačke udara u ploču prvog sprata kuće i bočni zidovi su nestali, zajedno sa krovom. Sjeverno-istočni zid i dio bočnih zidova do tačke udara u betonsku ploču su sačuvani, jer nisu bili direktno izloženi aerosolnom oblaku. Dio betonske ploče je srušen i to onaj dio koji je pretrpio direktan udar bombe o ploču i djelovanje aerosolnog oblaka. Krov zgrade je u cjelini nestao.

Ispred susjedne kuće su usmrćene dvije osobe, na udaljenosti oko 20 m od najbližeg dijela pogođene kuće (slika iz dokumenta 00337917, oznaka 2. gore, desno).

Desna fotografija je dobivena u januaru 2007 god. od stanara kuće koja je pogođena.

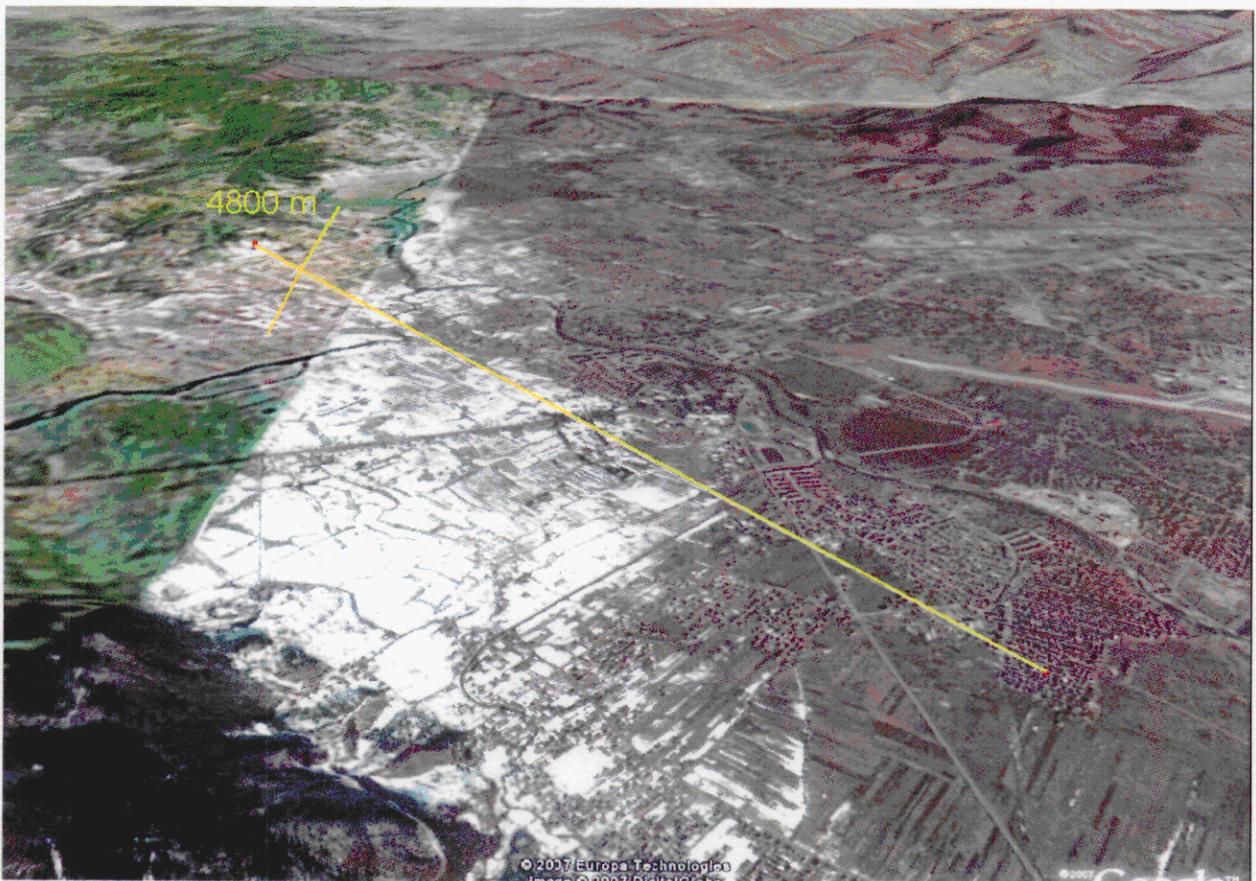


Nema tragova fragmenata na unutrašnjim očuvanim zidovima, a ni posebno izraženih tragova fragmenata na okolnim zgradama. Bomba FAB-250 ima minimum 11.000 fragmenata mase veće od 0,25 g i čija brzina je oko 2.000 m/s i da je došlo do detonacije eksploziva TNT efekti fragmentacije bi trebali biti vidljivi na svim bočnim unutrašnjim zidovima kuće i isto tako na okolnim fasadama kuća.

Procijenjen je ugao doleta oko 320° po azimutu u odnosu na sjever, jer u tom slučaju trajektorija projektila ne zahvata gusto naseljene dijelove Ilidže.

Sa donje fotografije jasno se vidi mjesto djelovanja avionske bombe u urbanom dijelu naselja Sokolovići, Sarajevo.

Vjerovatno mjesto lansiranja je u široj zoni naselja Osijek, na udaljenosti od preko 5 km od mjesta djelovanja bombe.



Rezultati pregleda lokacije januara 2007 god.

06067161

Pregledom sadašnjeg stanja mjesta događaja bilo je moguće procijeniti efekte djelovanja fragmenata (nisu bili pronađeni).



Nova zgrada ima sprat više



Zgrada u pravcu doleta (iza tačke eksplozije)



Zgrada prije mjesta eksplozije,
desno u pravcu doleta



Zgrada preko puta mjesta eksplozije,
desno u pravcu doleta

06067162

Slučaj (Case): 00374936

Datum (Date): 22.08.1995 u 15^{30h}

Mjesto (Location): Sarajevo, ulica Zmaja od Bosne br. 64, zgrada Bitas

Efekat na cilju (Effect in target):

Smrtno je stradala jedna osoba, jedna osoba je povrijeđena,
Raketni projektil je udario u vertikalni stakleni zid, između drugog i trećeg sprata i djelovao na stepenicama. Uslijed toga je došlo do oštećenja u stanovima unutar zgrade.
Stepenište između drugog i četvrtog sprata je uništeno. Nastupila su oštećenja u velikom broju prostora oko zgrade koja je pogođena.
Lift je uništen.

Mišljenje istražitelja:

Projektil je doletio iz pravca jugozapad sa pozicija oko Rajlovca prema dva izvještaja (sačinjena 23.08.1995 god., odnosno 25.08.1995 god.), odnosno po trećem izvještaju iz jugoistoka (sačinjen 28.08.1995 god.).

Udario je u zgradu i djelovao na stubištu između drugog i trećeg sprata.

Pronađeni su samo sitni dijelovi projektila, jer se nije moglo pristupiti unutrašnjosti razorene zgrade.

Komentar:

Jasno se vide najveća oštećenja na stubištu drugog i trećeg sprata, oštećen je potpuno desni pregradni zid, jaka oštećenja horizontalne betonske grede iznad drugog sprata (sl. 00374962 i 00374963), gdje je vjerovatno projektil i ušao u zgradu.



Probijeni su dijelovi vanjskih zidova nasuprot tački udara na četvrtom i petom spratu (slika iz dokumenta 00374967).

To pokazuje da je vjerovatno projektil imao rikošet o stubište i usmjerio se prema trećem spratu.

Efekti detonacija su najintenzivniji bili na trećem spratu, zatim na spratovima iznad i ispod.

Djelovanje projektila unutar stubišta poslovne zgrade „Bitas“ ima sve karakteristike oružja prostornog djelovanja.

Izraziti efekti udarnog talasa na strukture male otpornosti, dok strukture veće otpornosti su ostale nedirnete.

Na fotografijama se ne vide izraziti efekti djelovanja fragmenata (slike iz dokumenata 00374969, 00374970 i 00374971).



Sama struktura zgrade, sa mnogo uglova je izazvala pojačano djelovanje reflektovanog pritiska, tako da su nastupila značajna oštećenja objekta.

Pravac doleta projektila je iz šire zone Rajlovca, dok je upadni ugao bio oko 25° (rikošet projektila o stubište).

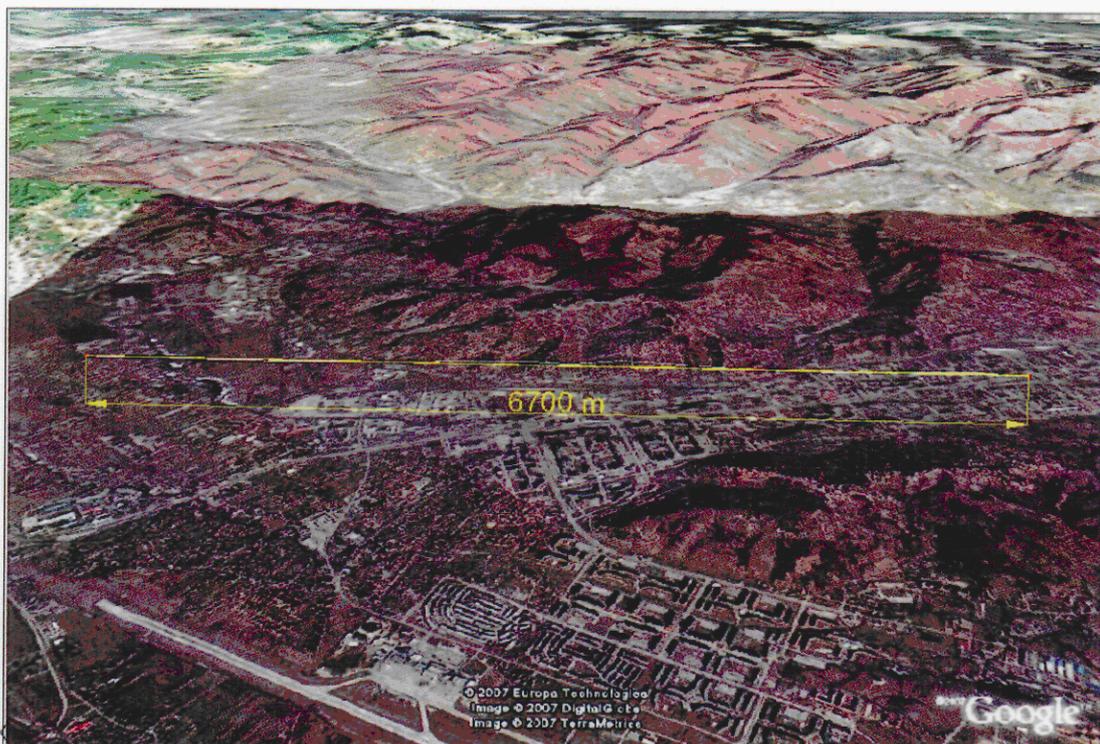
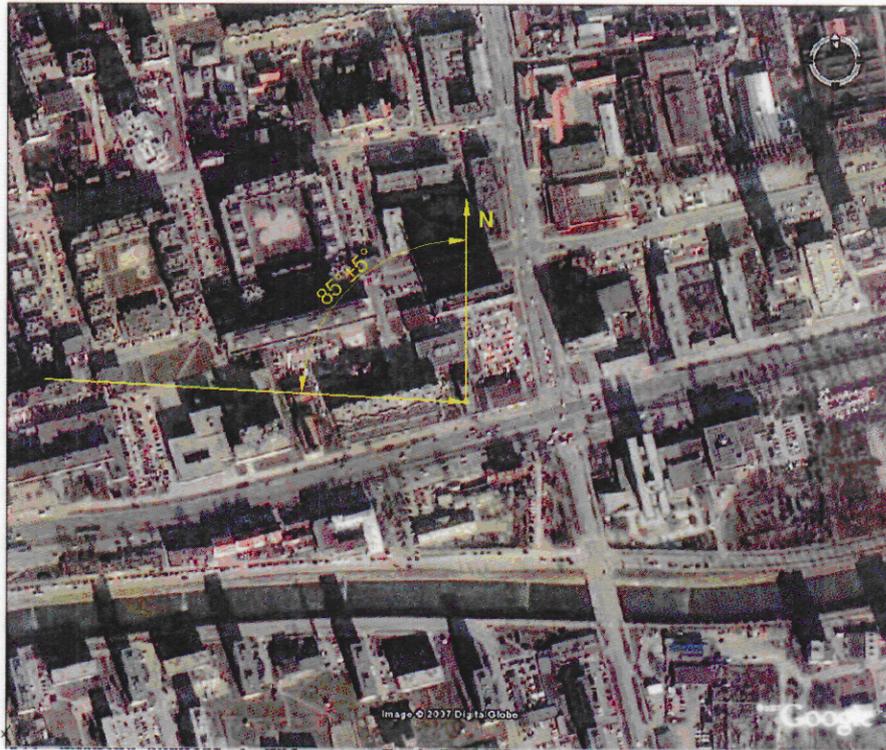
Trajektorija doleta projektila ni u jednom slučaju ne nadlijeće naseljene dijelove teritorije koju je kontrolirala Vojska Republike Srpske.

06067164

Ako se detaljno pogleda fotografija terena prema široj zoni Rajlovca, uočiti će se da je iz tog pravca gađana i zgrada RTV i još nekoliko tačaka (trg Međunarodnog prijateljstva, ulica Getoeva i ulica Safeta Hadžića), tada je moguće procijeniti pravac doleta po azimutu od 275° u odnosu na sjever.

Kako su se u neposrednoj zoni samog naselja Rajlovac nalazile linije sukoba, vjerovatna točka lansiranja je bila bar jedan kilometar dalje, tako da bi ona bila udaljena oko 6.700 m od mjesta udar.

Na osnovu toga se može i procijeniti i upadni ugao od oko 30° .



18. Brzina kretanja modifikovanih avionskih bombi

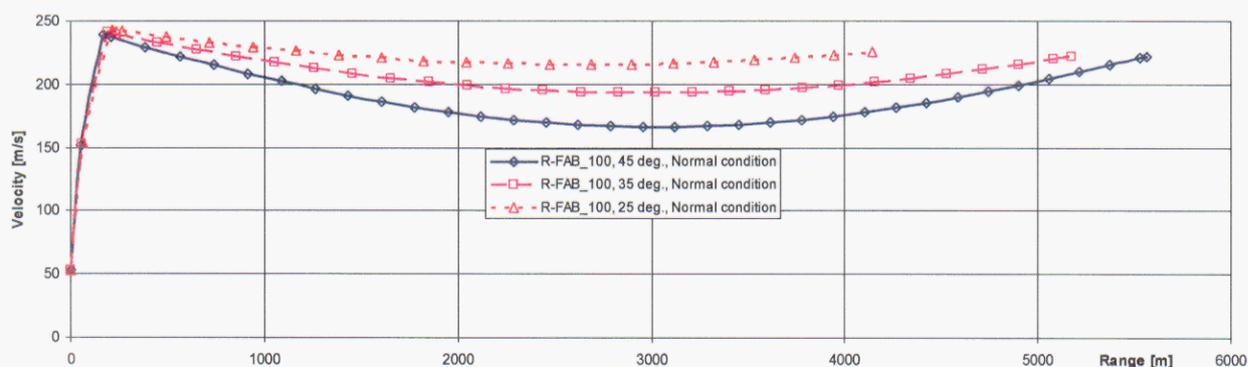
(Q18 Kojom brzinom se modifikovana avionska bomba koja je korišćena u Sarajevu kretala vazduhom?)

Razmatrat će se samo raketizirane bombe FAB-100 i FAB-250, jer su one najčešće korištene tokom 1995 god.

Raketizirana bomba FAB-100

Razmatrane su tri trajektorije i veoma jasno se vidi da je promjena brzine na trajektoriji relativno mala u cjelini iz razloga što projektil ima relativno veliku masu i utjecaj otpora bitno ne utječe na brzinu leta rakete.

Najveće promjene brzine su kod trajektorije rakete lansirane pod uglom od 45° .



Sl. 123. Promjena brzine raketizirane bombe FAB-100 po dometu

Pri uglu lansiranja od 45° , maksimalna brzina rakete je 238 m/s, najniža brzina je 167 m/s na tjemenu putanje i prosječna brzina leta je oko 180 m/s.

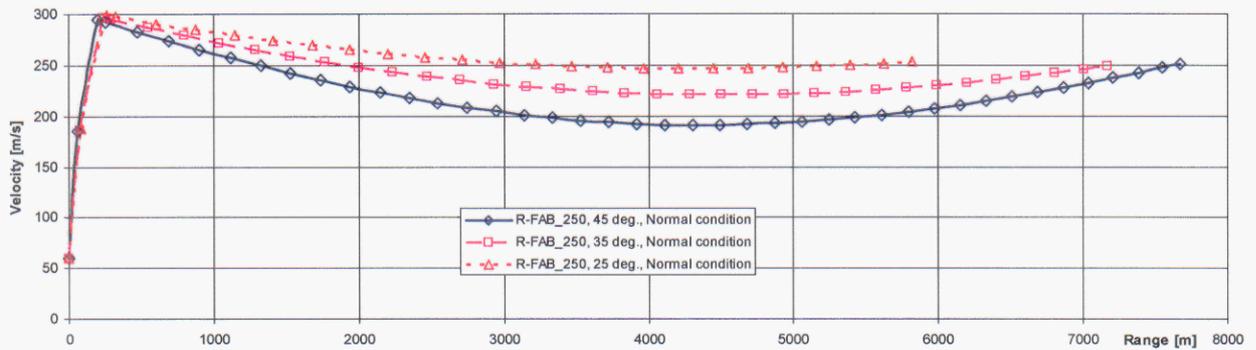
Pri uglu lansiranja od 25° , maksimalna brzina rakete je 243 m/s, najniža brzina je 216 m/s na tjemenu putanje i prosječna brzina leta je oko 220 m/s.

Globalno, može se reći da prosječna brzina leta raketizirane bombe FAB-100 je 200 ± 20 m/s.

Raketizirana bomba FAB-250

Razmatrane su tri trajektorije i veoma jasno se vidi da je promjena brzine na trajektoriji relativno mala u cjelini iz razloga što projektil ima relativno veliku masu i na otpor kretanja ovog sistema ne utječe bitno manja promjena brzine leta rakete.

Najveće promjene brzine su kod trajektorije rakete lansirane pod uglom od 45° .



Sl. 124. Promjena brzine raketizirane bombe FAB-250 po dometu

Pri uglu lansiranja od 45° , maksimalna brzina rakete je 295 m/s, najniža brzina je 192 m/s na tjemenu putanje i prosječna brzina leta je oko 210 m/s.

Pri uglu lansiranja od 25° , maksimalna brzina rakete je 299 m/s, najniža brzina je 246 m/s na tjemenu putanje i prosječna brzina leta je oko 250 m/s.

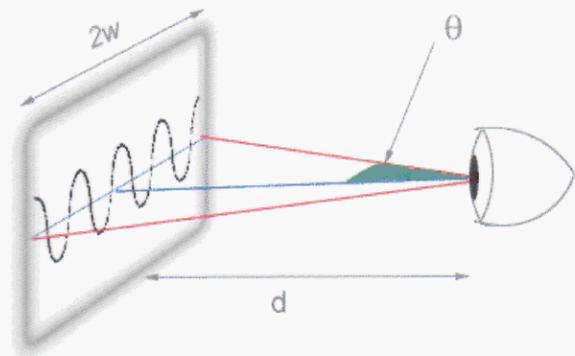
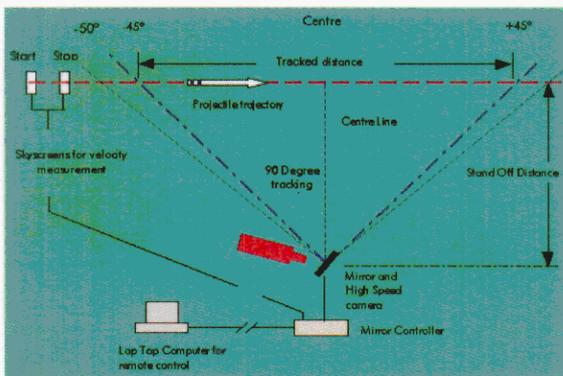
Globalno, može se reći da je prosječna brzina leta raketizirane bombe FAB-250 oko 225 ± 25 m/s.

19. Vizualno praćenje leta modifikovane avionske bombe

(Q19 Da li se let modifikovane avionske bombe mogao pratiti golim okom-pretpostavljajući da osoba ima dobar pogled?)

Sve raketizirane bombe koje su korištene na prostoru Sarajeva su imale prosječnu brzinu leta oko 200-250 m/s. Znači, njihova brzina leta je bila podzvučna.

- Kada je promatrač postavljen bočno na ravan leta modifikovane bombe, tada je mogao da čuje kretanje rakete kroz atmosferu, posebno što je raketa rotirala oko uzdužne ose. Promatrač je mogao tada da prati vizuelno let rakete i to duže vrijeme što mu je pozicija bila udaljenija od vertikalne ravni leta rakete i što je raketa letjela sporije. Ljudsko oko ima fiksnu širinu vidnog polja oko 104° , tako da se može veoma jednostavno odrediti ugaona brzina praćenja leta rakete



Sl. 125. Parametri koji utječu na uvjete praćenja projektila na trajektoriji pri bočnom promatranju¹

- Ako se promatrač nalazio na mjestu očekivanog pada rakete, tada objektivno nije mogao jasno da vidi dolazak rakete, ali je mogao da registrira zvuk dolaska rakete i to samo nekoliko dijelova sekunde prije nego što je raketa pogodila cilj.

Opšti zaključak je da se modifikovana bomba (raketizirana bomba) može dobro pratiti od strane promatrača koji se nalaze bočno od vertikalne ravni trajektorije i to promatranje je to bolje, što je promatrač optimalnije udaljen od ravni kretanja projektila. Promatranje od strane ljudi koji se nalaze na pravcu leta projektila je jako otežano, često i nemoguće.

¹ <http://www.hadland1.demon.co.uk/products/datasheets/flightfollower/ffdata.html>

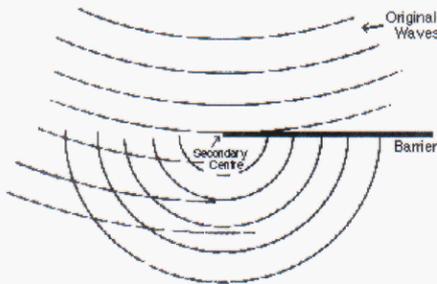
20. Zvučno registriranje lansiranja modifikovane avionske bombe

(Q20 S koje udaljenosti se moglo čuti lansiranje modifikovane avionske bombe?)

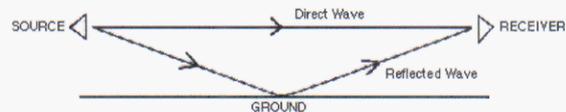
Nivo vanjske buke varira po intenzitetu od uvjeta okruženja i udaljenosti od izvora. Ove varijacije se mijenjaju sa promjenama atmosferskih uvjeta, topografskih karakteristika terena i ovisno o postojanju prepreka između izvora zvuka i prijemnika.¹

Najvažniji parametri koji utječu na propagaciju zvuka su:

- Geometrijsko širenje (sferno ili cilindrično),
- Atmosferski efekti (apsorpcija energije zvuka od strane vazduha, prisustvo vjetra, njegov pravac i intenzitet, gradijent temperature) i
- Efekti površine (pojava refleksije i apsorpcije koji se manifestiraju gubitkom akustičke energije tokom prostiranja zvuka iznad tla i posebno pri pojavi barijera na pravcu prostiranja zvučnih talasa).



Sl. 126. Utjecaj barijera na putu zvučnog talasa



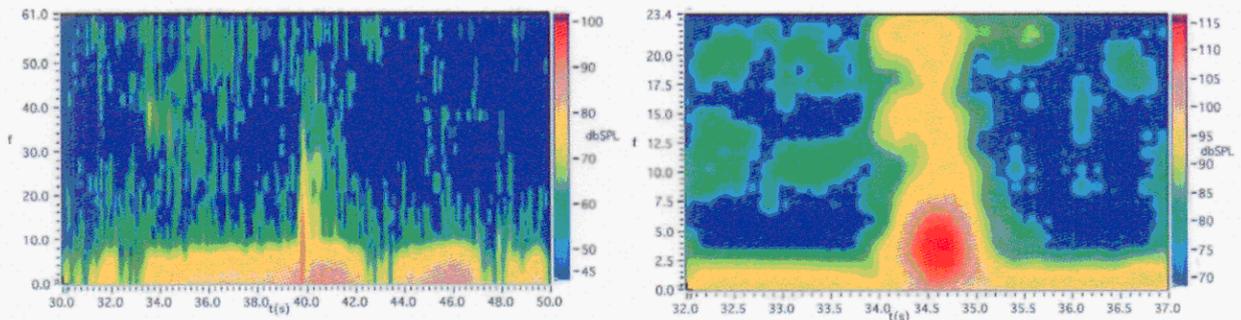
Sl. 127. Utjecaj tla na slabljenje akustičke energije talasa

Istraživanja vršena od strane Dr. S. Tenney, ARL USA Army u primjeni infrazvuka za određivanje mjesta lansiranja artiljerijskih i raketnih projektila pokazuju da je moguće registrirati lansiranje projektila. Praćenjem lansiranja artiljerijskih i raketnih projektila mjerena je akustička frekvencija u funkciji vremena za jedan artiljerijski i jedan raketni projektila na udaljenostima od oko 9 km. Oba pokazuju akustičku sliku frekvencija od 10-20 Hz i niže, dok su jači signali registrirani na frekvencijama od 5-10 Hz, tj. u uobičajenom infrazvučnom domenu. Zbog više spektralne gustine na nižim frekvencijama, postoji dobar razlog za vjerovanje da je moguće detektovati zvučni signal na većim dometima nego što su ovdje prikazani, pri približno sličnim atmosferskim prilikama.²

Logičan zaključak je da oni koji to rade treba da posjeduju jako sofisticiranu opremu i da lociranje ispaljena nije jednostavan posao.

¹ <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Diffraction.html>

² Stubbs C. et al: Tactical Infrasound, JASON, The MITRE Corporation and Department of the Army United States Army Intelligence and Security Command. 2005.



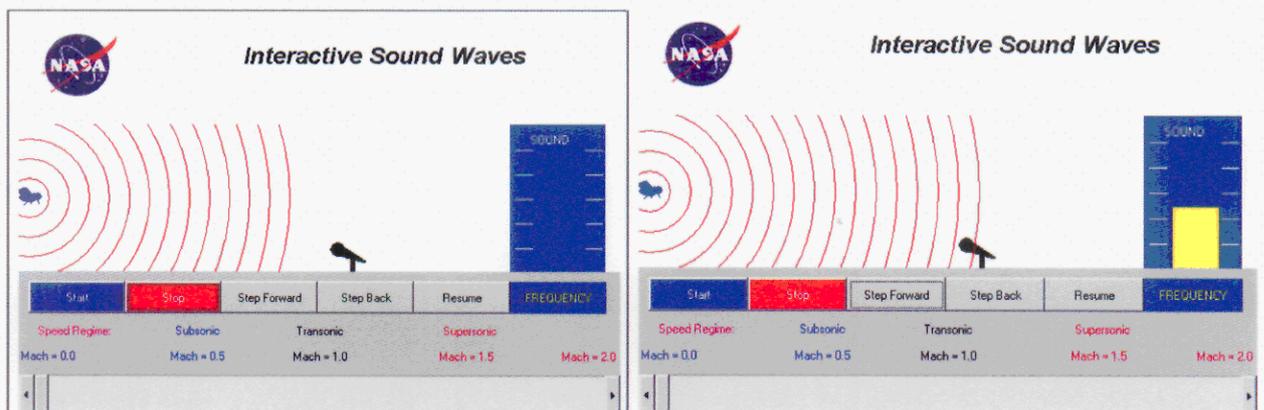
Sl. 128. Lijeva slika. Akustički spektar kao funkcija vremena (u sekundama) pri artiljerijskom lansiranju na udaljenosti od 8,6 km i signal je registriran za oko 40 s.

Desna slika. Akustički spektar kao funkcija vremena (u sekundama) pri lansiranju rakete iz višecjevnog lansera raketa (MLRS) na udaljenosti od 9 km i signal je registriran za oko 34,6 s.

Izvor podataka je : Dr. S. Tenney, ARL USA Army.

Sve raketizirane bombe koje su korištene na prostoru Sarajeva su imale prosječnu brzinu leta oko 200-250 m/s. Znači, njihova brzina leta je bila podzvučna, tako da su se zvučni poremećaji prostirali ispred rakete u letu.

Obzirom da su mjesta lansiranja bila u sklopu urbanih naselja ili u neposrednoj blizini šumovitih predjela, vjerovatno je samo mali dio stanovništva u neposrednoj blizini mjesta lansiranja registrirao lansiranje raketa, odnosno rad raketnih motora. Kada su se na prostoru između mjesta lansiranja i mjesta pada nalazili stambeni objekti, brdo ili šuma, tada je zvuk lansiranja rakete morao biti značajno prigušen i zvuk se na rastojanjima od nekoliko kilometar nije posebno izdvajao od uobičajenih zvukova. Intenzitet zvuka lansiranja raketa je značajno niži od intenziteta zvuka ispaljenja artiljerijskih ili tenkovskih projektila većeg kalibra.



Sl. 129. Sekvence promatranja prostiranja zvuka uslijed lansiranja³

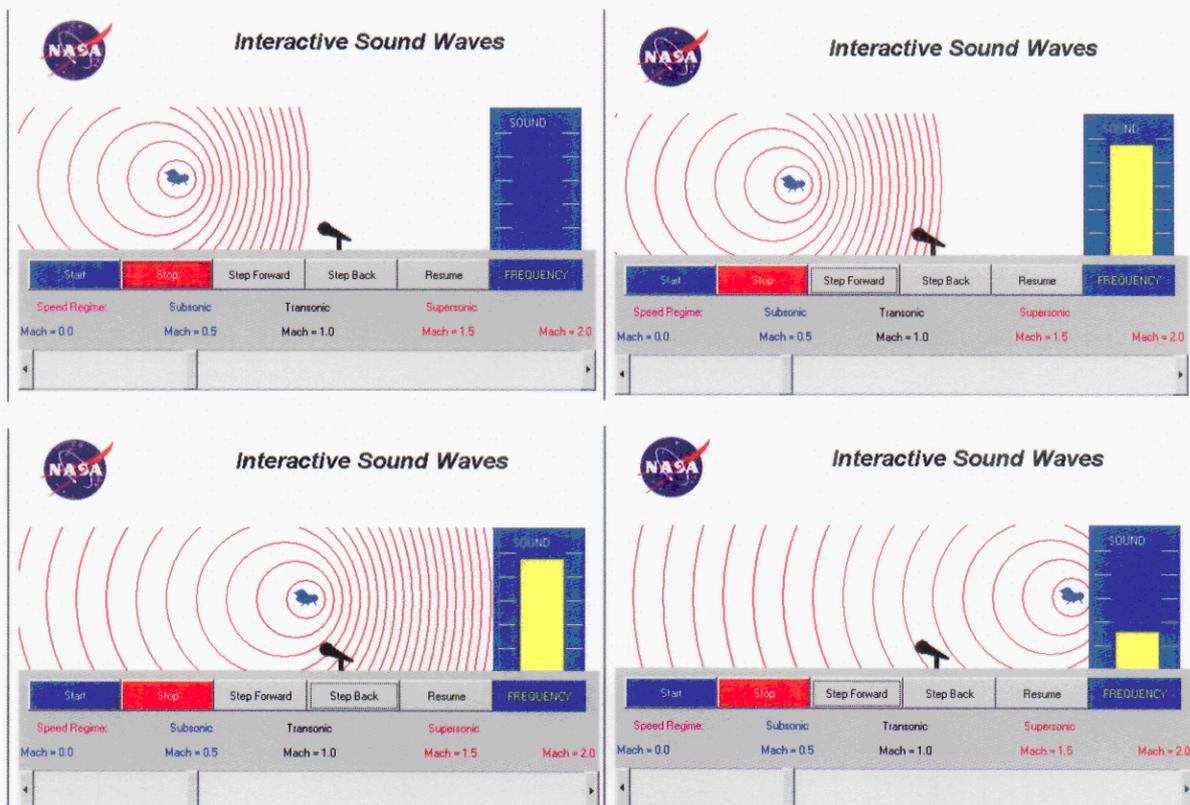
Ako nema prepreka prostiranju zvuka, tada će promatrač na mjestu cilja čuti zvuk lansiranja, ako je bio dovoljno velikog intenziteta, poslije određenog vremena, koje je jednako količniku udaljenosti i brzine zvuka. To znači, ako je udaljenost od mjesta lansiranja i cilja 6.600 m, a brzina zvuka 330 m/s, tada je promatrač registrirao zvuk posle 20 s. Raketa sa avionskom bombom FAB-250 je do tada prešla 4.730 m i treba joj još oko 8,5 s da stigne do cilja.

³ <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/sound.html>

Promatrač na cilju ne zna da li raketa ide prema njemu ili nekom drugom cilju. Kada se raketa nađe blizu cilja, raketa tada ima brzinu oko 250 m/s i na udaljenosti od 100 m od cilja, promatrač može čuti raketu i ima svega oko 0,5 s da shvati da je raketa u njegovoj blizini. Zvuk rakete je sličan brujanju klipnog aviona i čovjeku treba neko vrijeme da shvati što izaziva neuobičajen zvuk. Međutim, tada je već kasno za zaklon, ako je ta osoba u blizini mjesta eksplozije.

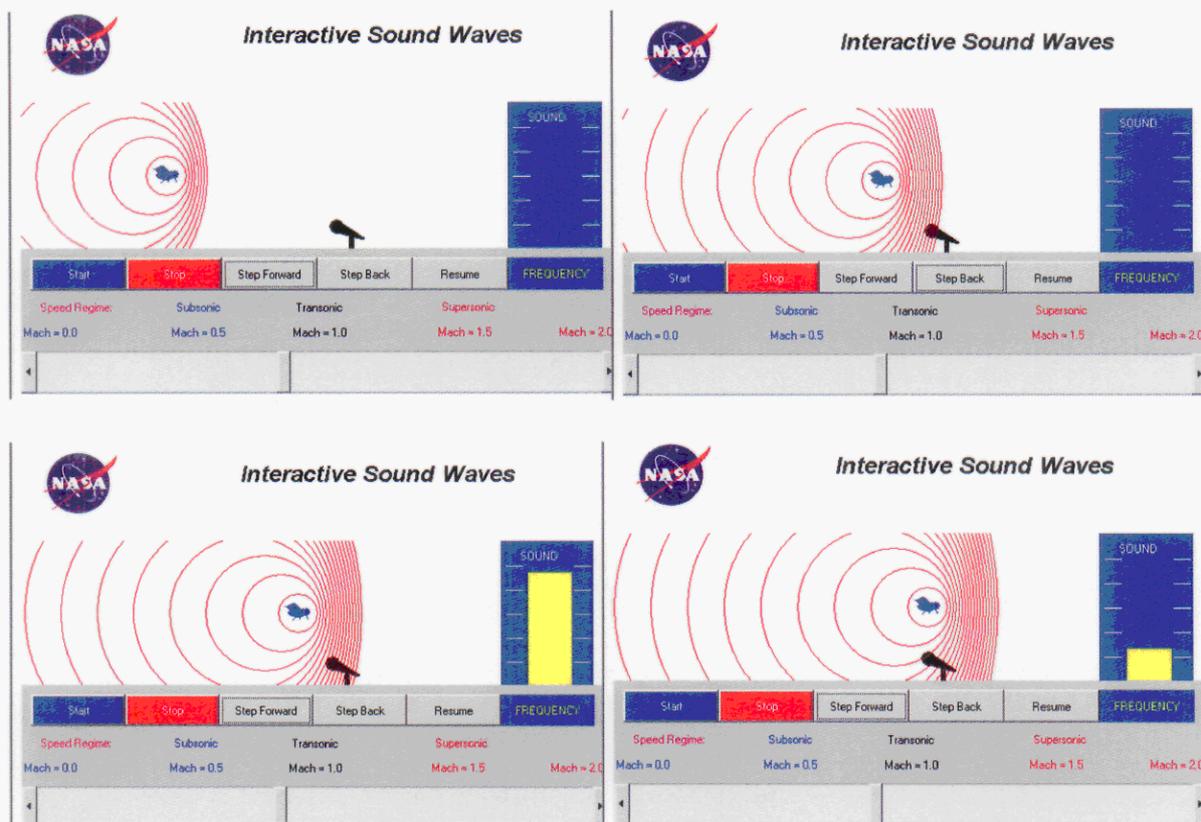
Međutim, zvuk leta rakete se mogao čuti u sljedećim uvjetima:

- Kada je promatrač postavljen bočno na ravan leta modificirane bombe, tada je mogao da čuje kretanje rakete kroz atmosferu, posebno što je raketa rotirala oko uzdužne ose. Promatrač je mogao i da prati vizuelno let rakete i to duže vrijeme što mu je pozicija bila udaljenija od vertikalne ravni leta rakete.
- Ako se promatrač nalazio na mjestu očekivanog pada rakete, tada objektivno nije mogao jasno da vidi dolazak rakete, ali je mogao da registrira zvuk dolaska rakete i to samo nekoliko dijelova sekunde prije nego što je raketa pogodila cilj.



Sl. 130. Sekvence prostiranja zvučnog poremećaja pri kretanju letjelice brzinom oko 170 m/s

- Što je manja brzina rakete od brzine zvuka, tada promatrač ima više vremena da shvati odakle dolazi izvor zvuka, ali vrijeme za reagovanje je jako malo. Ne postoji mogućnost da čovjek zna da li je on cilj pri gađanju sa udaljenosti od par ili više kilometara.
- Na sljedećoj slici se vidi da približavanjem brzine projektila brzini zvuka, interval vremena od trenutka kada promatrač postane svjestan dolaska projektila pa do trenutka udara projektila postaje veoma kratak.



Sl. 131. Sekvence prostiranja zvučnog poremećaja pri kretanju letjelice brzinom oko 280 m/s

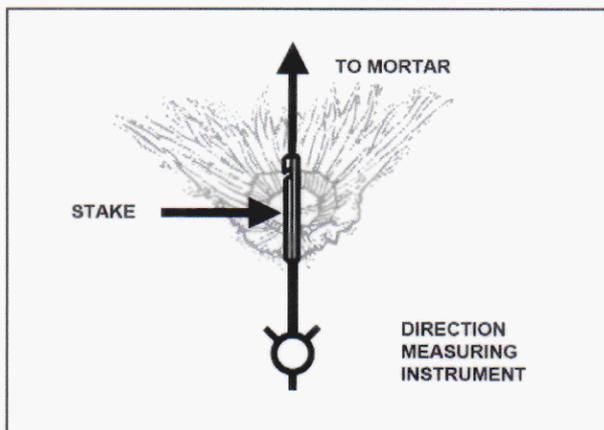
21. Metodi utvrđivanja mjesta lansiranja modifikovane avionske bombe

(Q21 Da li bi bilo moguće da se ustanovi mjesto izbacivanja modifikovane avionske bombe na osnovu analize kratera/udara? Ako nije, može li se mjesto izbacivanja modifikovane avionske bombe ustanoviti korištenjem nekih drugih metoda? Koliko precizno se može odrediti porijeklo vatre na osnovu analize kratera/udara? Budete li razmatrali druge metode izračunavanja porijekla vatre, molim Vas da navedete procjenu preciznosti metode.)

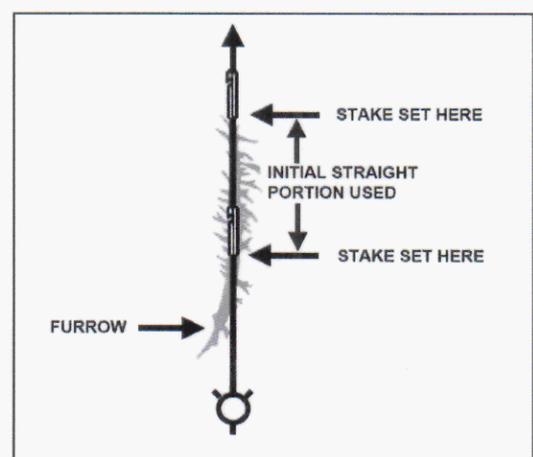
Ne postoji jednostavan odgovor na prvo podpitanje. Velik utjecaj imaju karakteristike cilja, mod u kome djeluje upaljač, tip bombe i ugao upada modifikovane avionske bombe.

Geometrijske i masene (masa, centar mase) karakteristike avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 utječu na to da već pri upadnom uglu oko 25° se javlja rikošet pri udaru na zemlju. Međutim pri udaru u neki objekt, uvjeti udara su drugačiji i nastupit će ili prodor kroz zid objekta ili djelovanje upaljača na zidu.

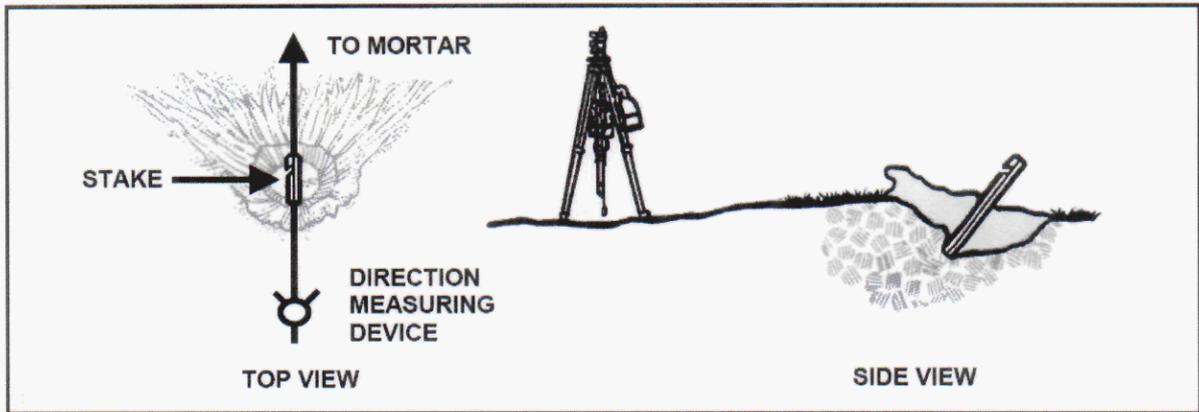
Ako nema rikošeta, a mjesto udara je zemlja, već se sa velikom sigurnošću može procijeniti minimalna udaljenost lansiranja, ako je utvrđen tip bombe i karakteristike raketnih motora (to ne bi trebalo da bude veća poteškoća). Ako je projektil djelovao pri susretu sa zemljom, postoji procedura da se na osnovu kratera ili otisaka fragmenata na tvrdom tlu (asfalt ili beton) odredi približan ugao upada. Ako je projektil djelovao unutar zemlje, tada na osnovu oblika kratera (elipsoid) se može procijeniti upadni ugao sa vjerovatnom greškom od 10° . U nekim slučajevima dosadašnjih analiza kratera od modifikovanih bombi raketni motori su se nalazili unutar kratera i postojala je mogućnost procijene približnog upadnog ugla.



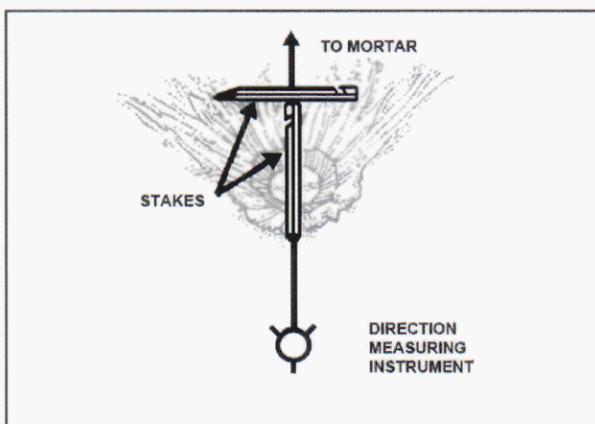
Sl. 132. Metoda određivanja glavne ose upada



Sl. 133. Metoda rikošet (ricochet) brazde



Sl. 134. Metoda tunela (od upaljača ili od tijela raketnog motora)



A 122-mm rocket was fired at high angle and detonated on a street in Baghdad, as shown here, on 6 March 2005.

Sl. 135. Metoda tragova fragmenata

Ako postoji rikošet modifikovane bombe, može se ocijeniti pravac odakle je bomba došla i maksimalni domet sa koje je lansirana.

Prema Američkim priručnicima postoje jasne procedure na osnovu kojih se utvrđuje mjesto pada projektila pri različitim upadnim uglovima i za različite tipove municije. Tako u odjeljku „Crater Analysis and Reporting, Appendix B“ priručnika FM 3-09.12 (FM 6-121)¹ date su procedure za analizu kratera artiljerijskih i minobacačkih projektila.

Intenzivnija primjena raketnih projektila u sukobima posljednjih godina ukazuje na potrebu proširenja navedenih procedura. Jedan od tih pokušaja je rad koji razmatra iskustva iz Iraka i Afganistana.²

Iskustva pokazuju da jedan veći procent municije prilikom upotrebe ne eksplodira, tako da su izvršene analize koje su imale zadatak procjene dubine prodora projektila u različite tipove tla.³

¹ Anon: Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY TARGET ACQUISITION, Field Manual Headquarters, No. 3-09.12 (FM 6-121) Department of the Army and Fleet Marine Force Reference Headquarters MCRP 3-16.1A, Washington, DC, 21 June 2002

² Coleman, E. J. and Bussey R. R: A primer on indirect fire crater analysis in Iraq and Afghanistan, Fields Artillery Journal, July-August 2005.

³ Military Munitions and Explosives of Concern: A Handbook for Federal Land Managers, with Emphasis on Unexploded Ordnance, BLM Handbook [H-1703-2], FWS Handbook, February 2006.

Na osnovu te analize se može ustanoviti da će avionska bomba tipa FAB-250 da prodre u pješčano tlo prosječno 3,3 m, a u tlo od ilovače do 6m. Ovi podaci su izuzetno važni jer u slučaju primjene moda upaljača sa kašnjenjem, može se procijeniti na kojoj dubini je bomba eksplodirala. Ovi podaci o prodiranju podrazumijevaju put, a ne dubinu u odnosu na površinu tla. Dubina na koju je prodrla bomba se određuje preko izraza:

$$H = L \cdot \sin \theta$$

Gdje su L-put prodiranja, H.dubina prodiranja i θ -upadni ugao bombe.

Tako za upadni ugao $\theta = 35^\circ$ i pri prosječnom putu prodiranja od $L=3,3m$ dubina na kojoj će se nalaziti avionska bomba je $H=1,9 m$.

Weight of Bomb or Projectile (in pounds)	Depth of Penetration (in feet)*									
	Sandstone		Sand and Gravel		Chalk		Clay		Offset**	
	Avg.	Prob. Max.	Avg.	Prob. Max.	Avg.	Prob. Max.	Avg.	Prob. Max.	Avg.	Prob. Max.
0.25 (20 mm)	0.2	0.5	0.3	0.6	0.3	0.6	0.5	1	–	–
2 (37 mm)	0.3	0.6	0.4	0.8	0.5	0.9	0.8	1.5	–	–
16 (75 mm)	1	2	1	3	2	4	4	6	–	–
30 (105 mm)	2	3	4	6	6	9	10	13	–	–
90 (155 mm)	4	9	8	11	10	13	12	17	–	–
100	8	17	9	19	11	19	14	25	3	18
500	11	23	13	28	16	29	20	35	4	20
1,000	14	29	17	33	20	34	24	43	5	20
2,000	17	34	20	40	24	41	29	52	7	26

*Depth below surface is based on tests designed to maximize the depth of penetration. The depth below surface is provided to show the difference in depths when the same weight bomb or projectile is sent into different soil types. Specific maximum depths of MEC items will be determined site-specifically based on a variety of factors.

**Offset is the distance laterally from the point of entry that a bomb may travel after penetrating the surface of the ground.

Avg. = average

Prob. Max. = probable maximum

– = Not applicable

Source: Range Clearance Technology Assessment (Revision 1), March 1990, Final Report, prepared by Naval Explosive Ordnance Technology Center, Indian Head, MD, pp. 2-14.

Sl. 136. Probojnost bombi i projektila u tlo

Na osnovu iskustava iz Iraka i Afganistana predlažu se sljedeće metode za analizu kratera u zavisnosti od tipa municije (mina ili raketa) i upadnog ugla:

<p>High-Angle Mortar and Rocket Craters</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuze Furrow and Center-of-Crater Method • Side Spray Method
<p>Low-Angle Mortar Craters</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ricochet Method • Mine Action Method
<p>Low-Angle Rocket Craters</p> <ul style="list-style-type: none"> • Main Axis Method • Splinter Groove Method • Fuze Tunnel Method

Sl. 137. Metode za analizu kratera na osnovu iskustava iz Iraka i Afganistana

U slučaju da modifikovana bomba pogodi zgradu, postoji mogućnost (ne uvijek, jer zavisi od materijala od kojeg je izgrađena zgrada) da se na osnovu otvora u betonskim zidovima ili prema ostacima raketnih motora odredi pravac i procijeni eventualno ugao upada na cilj.



Sl. 138. Slučaj upada u stambenu zgradu, mjesto prodora kroz betonsku ploču i položaj raketnih motora mogu da definiraju pravac doleta i orijentacioni upadni ugao⁴

Na osnovu izloženog vidljivo je da se relativno precizno može odrediti u većini slučajeva pravac doleta projektila (tačnost $\pm 5^\circ$), dok se upadni ugao može u najpovoljnijem slučaju procijeniti sa tačnosti od $\pm 10^\circ$. Pri tome treba imati na umu da je ugao rikošeta ovakvih sistema oko 25° , a što sa dovoljnom vjerovatnoćom sužava zonu mogućeg lansiranja sa greškom od oko 1 km. Treba imati na umu da rasturanje pogodaka na cilju je u okviru ± 400 m.

⁴ Fotografije snimljene posle djelovanja modifikovane avionske bombe u zgradu, ulica Gete br. 5.

22. Opšti kontekst korištenja avionskih bombi u Sarajevu

(Part III Molim Vas da navedete opšte informacije o uvođenju i korištenju modifikovanih avionskih bombi u sukobe u Sarajevu. Konkretno, kada su one počele da se koriste, ko ih je koristio i gdje se oružje nabavljalo? Molim da objasnite na čemu zasnivate svoja saznanja.)

Dana 29. januara 1994 god. oko 9⁴⁵ časova u blizini mog stana, osjetio sam žestok vertikalni udar, koji me je dobro prodrmao. Tada sam mislio da je udar izazvan zemljotresom ili eksplozijom većeg intenziteta. Uvečer, 29 januara 1994 god. pozvan sam od svog bivšeg studenta, koji je tada bio u Armiji BiH da dam svoje mišljenje o ostacima raketnog projektila koji je djelovao na područje brda Žuč. Pregledao sam ostatke tog projektila, koji se sastojao od sistema sastavljenog od četiri raketna motora 122mm tipa GRAD i petog kontejnera za padobranski sistem. Raketni motori su bili međusobno na čelu povezani sa sistemom za uravnoteženje pritiska sagorijevanja u komorama i bili su ugrađeni u aluminijsku ploču pomoću kojih su centrirani raketni motori i ostvarena veza sa bojnim dijelom raketnog projektila. Na dijelu prema mlaznicama raketnih motora se nalazio stabilizirajući odsjek projektila, koji je obuhvatao snop motora. Boja raketnih motora i oznake na mlaznicama su u potpunosti odgovarale ruskim vojnim standardima. Mehanička obrada dijelova projektila je bila visoko profesionalna. Obzirom da nije došlo do uništenja raketnog propulzivnog sistema tokom eksplozije projektila, ukazao sam nadležnim oficirima da sistem vjerovatno predstavlja oružje prostornog-blast djelovanja i da nije fragmentacionog karaktera (dobro očuvani raketni motori i kontejner za padobran).

Kasnije, analizirajući raspoložive podatke o sličnim efektima, došao sam do zaključka da je to sistem baziran na aerosolnim eksplozivima, te sam te svoje informacije dostavio oficirima te vojne jedinice. Međutim, oni nisu prihvatili taj moj stav.

Gledajući tih dana TV primijetio sam izjavu Karadžića o „tajnom“ oružju sa kojim je snabdjevena njegova Vojska, te sam smatrao svojom obavezom da ukažem na potencijalnu opasnost od tog oružja prostornog djelovanja.

Obratio sam se Glavnom štabu Armije BiH i poslije razgovora sa generalom Arifom Pašalićem dostavio sam mu kraku informaciju i pristupio sam izradi jedne studije o karakteristikama aerosolnog oružja i po njenom završetku sam je dostavio GŠ Armije BiH.

Krajem te godine radijski izvještači su javljali o intenzivnim djelovanjima sličnog karaktera na ratištu oko Bihaća. Zbog toga sam sastavio jednu informaciju sa ciljem da se borci upoznaju sa karakteristikama oružja i dao sam jedan intervju za radio da bih ukazao na mogućnosti odbrane od djelovanja takvog oružja.

U proljeće 1995 god. sam od ljudi sa područja Novog grada i Novog Sarajeva saznao o upotrebi razornih projektila velike snage. Obišao sam mjesto djelovanja u ulici Safeta Zajke (blizu mog mjesta stanovanja) i u sklopu tvornice ŽICA i počeo sam da uočavam razlike u odnosu na raketni sistem koji sam imao prilike da vidim 1994 god.

Dana 28.06.1995 god. pozvan sam od strane sudija Izeta Baždarevića da izvršim ekspertizu djelovanja projektila velike snage na zgradu Televizije Sarajevo (Naredba Višeg suda KRI 123/95 od 28.06.1995.god.).

Pozvao sam još dvojicu svojih kolega, Ahmeta H.Omerovića dipl. maš. inž. i Amira Kurtovića dipl. hem. inž., da zajedno pregledamo mjesto djelovanja projektila.

U roku od deset dana smo prikupili određen broj podataka i sastavili smo našu ekspertizu, koju smo dostavili sudiji Baždareviću.

Tokom izrade ekspertize obišli smo više mjesta gdje je došlo do djelovanja sličnih projektila i to smo konstatirali u našem izvještaju kojeg smo dostavili 11.07.1995 god. sudiji Baždareviću.¹

Ostaci projektila u ovim slučajevima su ukazivali na to da je došlo do izmjene strukture projektila i da su korišteni dijelovi koji su sadržavali komponente proizvedene ili modifikovane od strane stručnjaka sa prostora bivše Jugoslavije.

Gdje se oružje proizvodilo ili odakle je poticalo, naročito tokom perioda od augusta 1994. do novembra 1995.?

Molim da navedete na čemu zasnivate svoja saznanja.

Na osnovu dokumenata koji su pronađeni u Tvornici PRETIS posle rata, vidljivo je da su se tamo tokom rata vršile modifikacije, ali ne i proizvodnja cjelokupnog sistema.

Kapaciteti tvornice PRETIS u ratu su mogli da omoguće proizvodnju modifikovanih bombi, ali je trebalo osigurati sirovine, a posebno električnu energiju.

Međutim, prema dostupnim podacima, avionske bombe i raketni motori 122 mm GRAD su nabavljani iz Srbije (SR Jugoslavije), a preostali dijelovi su se proizvodili u Vogošći.

Na ostacima raketnih motora 122 mm GRAD sa kojima je gađano Sarajevo, već od 1993 god. uočio sam da se vrši adaptacija tih motora na taj način što su se na raketne motore postavljali na dva mjesta, prsteni prečnika 122/128 mm. Prvi prsten je bio na spoju komora raketnog motora (motor 122 mm GRAD se sastoji od dvije komore), a drugi prsten na dijelu spoja komora-mlaznik. Time su stvorene mogućnosti da se navedena raketa lansira iz VLR 128 mm OGANJ.

Na svim raketnim motorima bili su vidljivi hladni znakovi karakteristični za rusku municiju, ali su na nekim bile oznake i Remontnog zavoda Kragujevac.

Kod jednog raketnog motora pronađenog pri djelovanju modifikovane bombe u Geteovoj ulici br. 5 pronađen je natpis, nanesen crnom bojom:

TΦ 122/128 mm M91 9301 TK BK 0399

Taj natpis pokazuje da se radi o visoko-eksplozivnom (TΦ) projektilu kalibra 122 mm i 128 mm (oznaka 122/128 mm), da raketni sistem ima oznaku modela M91, da je proizvodnja, odnosno modifikacija izvršena 1993 god. (oznaka 93) i da je raketa iz prve serije (oznaka 01). Oznake TK i BK su oznake „tehničke kontrole“, odnosno „vojne kontrole“, dok oznaka 0399 je vjerovatno nova oznaka preduzeće koje je vršilo adaptaciju rakete.

Postoje podaci koji jasno pokazuju vezu između raketnih motora 122 mm GRAD i avionskih bombi FAB-100 i FAB-250 i oni su bili predočeni u slučaju Tužiteljstvo vs Slobodan Milošević:

Direktor PRETIS-a Milorad Motika, dana 10.05.1994 god. upućuje telefax GŠ VRS, na ličnost Generala Mladića (dokument 02215807-BSC; 0303-5551-engleski) u kome predlaže da se uputi molba za urgenciju načelniku generalštaba VJ, generalu Perišiću. Cilj molbe je da dopis generala Mladića bude upućen pomoćniku ministra odbrane SRJ za vojno-privredni sektor na odobrenje, a zatim holding KRUŠIK Valjevo, da bi se ubrzala doprema 1000 raketnih motora 122 mm za potrebe PRETIS-a.

Pukovnik Radomir Ećimović piše informaciju dana 19.02.1994 god. načelniku štaba VRS, general-majoru Manojlu Milovanoviću (dokument 00440978-BSC; 00440977-engleski) o tome da se proizvode dva oružja za operativnu podršku u Vojno tehničkom institutu u Beogradu

¹ Zečević B., H.Omerović A., Kurtović A.: Izvještaj o utvrđivanju stanja i uzroka djelovanja raketnih projektila velike razorne moći na urbane dijelove Sarajeva, Po naredbi Višeg suda br. KRI 123/95 od 28.06.1995 god., Sarajevo, 11.07.1995 god.

shodno naređenju str. Pov. Br. 03/4-31 od 15.01.1994 komandanta GS VRS i da će biti završena do 23.02.1994 god. sa obučenom poslugom iz 89 rbr VRS. Dispoziciju za oružja odobrava komandant GŠ VRS general-potpukovnik Ratko Mladić.

Direktor PRETIS-a Milorad Motika upućuje dana 18.01.1995 god. GŠ VRS (dokument 004408718-BSC; 006165257-engleski), zahtjev za nabavku 660 komada bombi FAB-250 bez stabilizatora, sa upaljačima. Time bi se osiguralo kompletiranje bombi FAB-250 sa raketnim motorima 122 mm.

Glavni štab VRS, Sektor za pozadinu piše 16.05.1995 god., Komandi SRK, HD PRETIS i Komandi 27. pob da se organizira preuzimanje i prevoz 4 komada avionskih bombi FAB-250 iz jedne kasarne u PRETIS radi pregleda, kompletiranja i osposobljavanja za upotrebu. Preuzimanje bombi će izvršiti 27. pob. (dokument 00945253-BSC; 00945252-engleski).

Glavni štab VRS, Sektor za pozadinu piše 27.09.1995 god. Komandi Trebavske pbr, HD PRETIS i Komandi KK da se organizira preuzimanje i prevoz 4 komada avionskih bombi FAB-250 i 7 komada avionskih bombi FAB-100 iz jedne kasarne u PRETIS radi pregleda, kompletiranja i osposobljavanja za upotrebu. Preuzimanje bombi će izvršiti Komanda Trebavske pbr. (dokument 00408709-BSC; 00408709-engleski).

Glavni štab VRS, Sektor za pozadinu piše 04.06.1995 god. Komandi 35. pob, HD PRETIS i Komandi 27. pob da se organizira preuzimanje i prevoz 20 komada avionskih bombi FAB-250 M79, 30 komada avionskih bombi FAB-100 M80 i zajedno sa odgovarajućim brojem raketnih motora 128 mm, da se predaju u tvornicu PRETIS na kompletiranje. Preuzimanje bombi će izvršiti 27. pob. (dokument 00408705-BSC).

Glavni štab VRS, Sektor za pozadinu piše 18.06.1995 god. Komandi 35. pob, HD PRETIS i Komandi 27. pob da se organizira preuzimanje, prevoz 11 komada avionskih bombi FAB-250, 15 komada avionskih bombi FAB-100 i 57 raketnih motora 128 mm i predaja u tvornicu PRETIS. Preuzimanje bombi će izvršiti 27. pob. (dokument 00408711-BSC; 00408711-engleski).

Kompenzacionim ugovorom, sačinjenim dana 24.07.1995 god. između Tehničkog remontnog zavoda „Đorđe Dimitrijević Đura“, Kragujevac i Holding PRETIS, dogovorena je razmjena robe. Firma PRETIS bi trebalo da dobije 100 kom FAB-100 i 100 kom FAB-250 i ostale municije (dokument 00408728 i 00408729-BSC; 003035614-engleski).

Ako Vam je poznato, da li je ABiH posjedovala i koristila takvo oružje u Sarajevu ili na drugim dijelovima Bosne i Hercegovine?

Sistem modifikovane bombe sastoji se od lansera, avionske bombe, raketnih motora i upaljača. Avionske bombe je proizvodila prije rata tvornica PRETIS, ali je imala kooperanta iz Jelšingrada, koji je lio prednji dio bombe.

Za proizvodnju tijela bombe treba čelični lim, mašina za savijanje lima i mnogo električne energije za varenje tijela avionske bombe. Svega toga nije bilo u opkoljenom Sarajevu.

Upaljači za avionske bombe se nisu jednostavno mogli napraviti, jer su veoma kompleksni.

Proizvodnja raketnih motora je veoma kompleksna, zahtijeva savremene tehnologije, mnogo energije, raketno gorivo (tvornica goriva je bila pod kontrolom HVO) itd.

Armija BiH nije posjedovala, a ni koristila ni na jednom prostoru navedeni tip modifikovane avionske bombe tokom rata.

PRILOZI

**Vojna primjena Aerosolnih eksploziva, Pregled, Sarajevo,
februara 1994. god.**

**Aerosolni raketni projektil, Informacija, Sarajevo
31.01.1994. god.**

**Aerosolni raketni projektil, Informacija, Sarajevo,
21.12.1994. god.**

06067180

U N I S - I N S T I T U T
S A R A J E V O

Vojna primjena Aerosolnih eksploziva

- PREGLED -

Pripremio:

Mr Berko R. Zecevic,dipl.ing.

Sarajevo, februara 1994.g.

Vojna primjena Aerosolnih eksploziva

Osnovni pojmovi

Pod pojmom Aerosola podrazumijeva se heterogena smjesa vazduha i cestica koje mogu biti cvrste ili tecne.

Aerosolni eksploziv je smjesa vazduha i zapaljivih ugljikovodika. Najcesce upotrebljavani ugljikovodici su etilen oksid i propilen oksid, a u posljednje vrijeme se koristi i smjesa DBA-22M, (aluminijev nitrat, aluminijski prah i polisterinski sapun kao vezivni materijal).

Princip djelovanja

Zapaljivi ugljovodonici u tecnom stanju se nalaze u zaptivnim spremnicima smjesteni u tijelo bombe ili bojeve glave rakete. U datom trenutku eksplozivnim putem se razara stijenka spremnika i dolazi do promjene agregatnog stanja ugljikovodonika, mjesanja sa vazduhom i stvaranja Aerosolnog oblaka.

Proces stvaranja Aerosolnog oblaka traje od 0,1s do 4s, u zavisnosti od karakteristika oblaka.

Iniciranje Aerosolnog oblaka se ostvaruje spoljnim putem pomocu sekundarnih upaljaca smjestenih na tijelu projektila, po postizanju optimalne koncentracije ugljikovodonika u Aerosolnom oblaku. Za detonaciju etilen oksida u vazduhu donja teorijska granica koncentracije je izmedju 7,8% do 12,3%, dok se prakticno ta granica krece od 8-20%.

Karakteristike djelovanja

Detonacija Aerosolnih eksploziva razlikuje se od detonacije cvrstih eksploziva.

Cvrsti eksplozivi sadrze kisik za proces oksidacije pa u jedinici mase posjeduje manju ukupnu energiju. Cvrsti eksploziv eksplodira u odredjenoj tacki, a udarni talasi se brzo rasipaju u prostoru. Bilo kakav zaklon ili prepreka moze udarni talas skrenuti. Pri eksploziji bombe od 250kg streljacki zaklon, gomila zemlje ili niz stabala predstavljaju dobru zastitu od udarnog talasa. Vecina povreda konvencionalnim bombama ili projektilima dolazi od celicnih parcadi, kamenja ili slicnih materijala odbacenih eksplozijom, ciji je domet mnogo veci od dometa samog udarnog talasa.

Aerosolni eksploziv koristi kiseonik iz vazduha, pa u jedinici mase ima vecu energiju u odnosu na cvrste eksplozive. Lakse se odvijaju hemijske reakcije, ciji je rezultat stvaranje konacnih produkata sagorijevanja, kao sto su CO,

CO₂ i H₂O. Brzina udarnog talasa se kreće u granicama od 600-2200 m/s. Velicina udarnog talasa karakteristična je po nizem nivou natpritiska i dužem vremenu njegovog djelovanja u odnosu na čvrsti eksploziv. Površina ispod krive 'pritiskak-vrijeme' znatno je veća, a to je izuzetno važno za razorne mogućnosti detonacije Aerosolnih eksploziva. Aerosolni eksploziv siri se cijelim područjem borbene prostorije, između drveća, iznad zaklona ili čak ulazi u njih, dok ne eksplodira u snazan, ujednačen i relativno dug talas koji je smrtonosan. Za materijale koji su osjetljivi na impuls udarnog talasa do 30 bara, Aerosolni eksplozivi djeluju potpuno razarajuće u okviru cjelokupne zapremine oblaka. Unutar Aerosolnog oblaka od etilen oksida pritisak detonacije iznosi 20 do 30 bara. Van oblaka pritisak naglo opada. Primjenom više Aerosolnih oblaka većeg intenziteta na odgovarajućoj bojnoj prostoriji mogu se postići takvi efekti koji su uporedivi sa taktičkim nuklearnim bombama.

Ozljede od udarnog talasa

Udarni talas razara pluća, usne bubnjice, unutrašnje organe, a može se čak dogoditi da mjehurici vazduha udju u krvotok i zaustave se u srcu ili mozgu, i time izazovu brzu smrt od "zračne embolije". Kod razaranja pluća krv iz malih krvnih sudova ispunjava vazdusne kesice, uslijed čega dolazi do davljenja u vlastitoj krvi. Čovjek iskasljava krvavu pjenu pokušavajući doći do vazduha. Aerosolni eksplozivi izazivaju vrlo visoku smrtnost do određene udaljenosti, nakon čega smrtnost naglo opada.

Primjena Aerosolnih eksploziva u vojne svrhe

Prva upotreba Aerosolnih eksploziva je bila 1966.god. u Vijetnamu radi raskrcavanja terena u prasumi za slijetanje helikoptera.

Bomba CBU-55B ima tri spremnika sa po 32,5kg etilen oksida. Masa bombe je 235kg, sa ukupnom masom Aerosola od 97,5kg. Prečnik Aerosolnog oblaka je od 15-17m, a visina oblaka 2,5-3m, i natpritiska u oblaku od 21 bara. Bomba je bacana iz helikoptera sa visine od oko 600m i po eksploziji dobijao se teren prečnika do 30m, sposoban da primi helikoptere.

Neposredno poslije upotrebe sa helikoptera počela je primjena tih bombi iz aviona. Pored upotrebe bombi za pripremu terena za slijetanje helikoptera, one su upotrebljavane i protiv žive sile.

Američka mornarica već 1971.g. uvela bombe CBU-55B, sa osnovnom namjenom čišćenja minskih polja i otvaranja prolaza kroz džunglu.

U SAD serijski proizvode nasljednicu Aerosolne bombe CBU-55B, kao što su bombe CBU-72 i BLU-95, koje se izbacuju visokim podzvucnim brzinama radi uništenja otpornih ciljeva na kopnu i moru.

Bomba BLU-95 ukupne mase 226kg i mase propilen oksida od 136kg stvara oblak

precnika od 17 do 21m, visine 6-8m i natpriptiska od 22 bara.

Bomba BLU-96, ukupne mase 900kg i mase propilen oksida od 635kg stvara oblak precnika 38-40m, visine 14-18m i natpritiska od 38 bara.

Bomba BLU-82B mase 6800kg i mase smjese DBA-22M od 5715kg stvara oblak precnika 100-500m, natpritiska 90-110 bara.

Americka kopnena vojska uvela je u naoruzanje 30-cjevni lanser SLUFAE kalibra 345mm, smjesten na sasiji gusjenicnog transportera M548. Projektili se sastoje od modificirane nevodjene rakete 127mm ZUNI, sa dometom do 1000m, na koju je postavljena bojeva glava precnika 345mm, sa 38,5kg propilen oksida. Specijalni upaljac ne dejstvuje pri prolasku kroz lisce. Udarni talas aktivira sve zakopane, na površini zemlje postavljane ili podvodne mine.

Americka mornarica je uvela sofisticiran sistem CATFAE sa 21 projektil. CATFAE ima inercioni navigacioni sistem sa sistemom za upravljanje vatrom. Mogu da se gadjaju tackasti ili površinski ciljevi. Upotrebom svih projektila, (21), moguće je ocistiti prostor sirine 20m i dubine do 300m.

U pjesadijskim borbama, tokom trajanja rata Yom Kippur 1973.g., (Bar Lev linija duz Sueckog kanala, Golanska visoravan i gradovi duz Sueca), i borbi u Bejrutu 1982.g. bile su primjenjene jako utvrđene tacke i borba je cesto vodjena u urbanim sredinama, uz prisustvo protivnickih tenkovskih i mehanizovanih formacija.

Primjena Aerosolnih eksploziva je bitno uticala na promjenu defanzivnog koncepta odbrane, a narocito u borbama unutar zgrada u gradskim blokovima i potpuno negira vrijednost konvencionalno utvrđenih prostora. Takodjer, masovna upotreba oklopnih pjesadijskih vozila u uslovima primjene Aerosolnih eksploziva ima sasvim drugu vrijednost.

Ofanzivno koriscenje Aerosolnih eksploziva se ostvaruje preko dva tipa Aerosolnih oruzja; avionskih bombi i raketnih projektila. Osnovna karakteristika tih oruzja je niska cijena koštanja, visok odnos korisna masa-ukupna masa i primjena relativno jednostavnih upaljaca.

Raketni sistemi sa Aerosolnim eksplozivima se mogu koristiti za slabljenje jako utvrđenih tacaka radi neutralisanja pjesadije. To su relativno jednostavni sistemi sastavljeni od lansera postavljenog na sasiji oklopnog vozila, sa po 4 rakete, od kojih svaka sadrzi Aerosolnu bojevu glavu od 225kg. Maksimalni domet ne bi trebao biti veci od 4500-5000m. Taj domet omogucava slabljenje utvrđenih tacaka sa dometa veceg od dometa odbrambenih orudja za gadjanje direktnom vatrom.

FAE rakete se mogu koristiti u direktnom i indirektnom modu vatre. Upravljanje vatrom pri indirektnom gadjanju se bazira na koriscenju male rakete sa trasirajucim i obiljezavajucim sistemima, a pri direktnom gadjanju se moze koristiti modifikovani tenkovski sistem za upravljanje vatrom u okviru kojeg je laserski daljinomjer i digitalni racunar. FAE rakete se mogu pojedinačno lansirati protiv tackastih ciljeva ili rafalnom paljbom po rasutim ciljevima, korisceci cinjenicu o rasturanju rakete do rakete, i time povacanja smrtonosnog radijusa dejstva.

Aerosolne avionske bombe se koriste za napade na jako utvrđene ciljeve, pojedinačne fiksne komandne i kontrolne centre, hangare itd. Ove ciljeve je veoma teško uništiti koristeći postojeće eksplozive sa čvrstim eksplozivima.

Aerosolna oružja posjeduju SAD, SSSR, Francuska, Izrael i, vjerovatno, Kina. Do sada nisu bili dostupni bilo kakvi podaci o ovom oružju u SSSR-u, izuzev činjenice da ga posjeduje.

Koncept djelovanja Aerosolnih raketnih projektila

Po određivanju parametara cilja definiše se pravac i elevacija lansirnog sistema i odredi vrijeme aktiviranja vremenskog upaljaca u raketi.

Po lansiranju poslije određenog vremena, (unaprijed zadanog), se aktivira vremenski upaljac i inicira impuls za otvaranje kocičnog padobranskog sistema. Dolazi do naglog kocičenja rakete i promjene pravca leta. Teži se da padni ugao bude iznad 60 stepeni u odnosu na horizont. Pri susretu sa ciljem, (kontaktni upaljac sa senzorom), ili u njegovoj neposrednoj blizini, (blizinski upaljac), dolazi do aktiviranja čvrstog eksplozivnog punjenja sa ciljem razaranja spremnika sa Aerosolnim eksplozivom. Tehni ugljikovodonik se raspršava, prelazi u gasno stanje i formira Aerosolni oblak. Nakon određenog vremena, za koji se formira oblak određenih dimenzija i koncentracije, aktiviraju se sekundarni upaljaci smješteni u zadnjem dijelu projektila i izazivaju detonaciju Aerosolnog oblaka u više prostornih tačaka.

Literatura:

1. M. Lumsden
"Od dum-dum metka do napalma"
Globus, Zagreb 1985.g.
2. Z. Rendulic
"Naucnotehnicki progres i naoruzanje"
VIZ, Beograd 1981.g.
3. K. S. Brower
"Fuel-air explosives a blow to dismounted infantry"
International Defense Review, 10/1987
4. "Izlozba najnovije opreme i naoruzanja americke Kov"
Kratka naucno-tehnicka informacija br.6
VTI, Beograd 1977.g.
5. S. Miljanovic
"Bombardersko naoruzanje savremenih vazduhoplova-
stanje i tendencije razvoja"
Glasnik RVPVO br.6/1991
6. "Catapult launched fuel-air explosive land mine
counter-measure system"
FMC Corporation, Advanced Systems Center, 1989

06067186

Mr Berko R. Zecevic,dipl.ing.
UNIS-Institut
Trscanska 7
S a r a j e v o

MINISTARSTVO ODBRANE RBiH
N/r Gosp. Arif PASALIC
Brigadni general

Aerosolni raketni projektil
- Informacija -

Dana 29.01.1994.god. pozvan sam od strane pripadnika Druge viteske brigade da identifikujem ostatke projektila palog tog dana u 9,45 cas. na podrucju platoa Zuci.

Pregledom ostataka projektila konstatovao sam slijedece:

1. Ostaci projektila su izuzetno ocuvani.
2. Pogonska grupa se sastoji od cetiri motora rakete 122mm "GRAD", (sovjetske proizvodnje), vezanih u snopu. Motori su na celu povezani vodovima radi kompenzacije razlike pritisaka. Boja i oznake motora ukazuju na sovjetski nacin oznacavanja.
3. Izmedju motora se nalazi kontejner za smjestaj koceceg padobrana.
4. Stabilizirajuce površine izvedene su tako da pored stabilizacije ostvaruju i rotaciju projektila.
5. U prostoru izmedju cela motora i spojnice bojeve glave se nalaze tri mehanizma, za koja u tom trenutku nisam znao namjenu.

Na prvi pogled, prepostavio sam da je projektil nosio bojevu glavu sa cvrstim eksplozivom i da je doslo do nepotpune eksplozije.

Kasnije, analizom mehanizama i svjestan cinjenice o izvanredno ocuvanim ostacima i uz konsultaciju literature dopunjavam svoja zapazanja:

1. Tri mehanizma smjestena u prostoru izmedju cela raketnih motora i spojnice bojeve glave su nosaci sekundarnih detonatora za aktiviranje aerosolnog eksploziva. Nosaci sekundarnog detonatora sadrze elektricne vodove za aktiviranje pirotehnicke pripale za izbacivanje sekundarnih detonatora.

Postoji i mehanizam za osiguranje sekundarnih detonatora.

2. Uvidom u vojni casopis IDR,1987.god. vidljiva je tendencija primjene aerosolnih raketnih projektila za dvije namjene:

a) defanzivna namjena u cilju neutralisanja minskih polja i maksimalnog dometa projektila do 1000m;

b) ofanzivna namjena u cilju neutralisanja utvrđenih tacaka i dometa projektila 4000-5000m. Masa aerosolnog eksploziva je oko 225kg.

3. U svijetu, tehnologiju aerosolnih eksploziva u vojne svrhe su osvojile SAD, SSSR (Rusija), Izrael i Francuska. Vjerovatno je to sada ucinila i Kina. U tzv. SR Jugoslaviji su intenzivne aktivnosti vrsene u Institutu u Vinci na podrucju avionskih aerosolnih bombi, ali bez nekih konacnih rezultata.

4. Na osnovu nadjenih ostataka moguće je pretpostaviti da je precnik projektila oko 450mm, duzine oko 5000mm i mase oko 450kg,(masa aerosolnog eksploziva oko 200kg). Ocevici tvrde da je precnik aerosolnog oblaka oko 50m.

5. U jucerasnjem napadu lansirane su 4 rakete, od kojih jedna nije djelovala i bilo bi od izuzetne vaznosti da se sacuva kako za potrebu dokaza o krsenju embarga za naoruzanje, tako i za analizu sredstva radi eventualnog snimanja istog za potrebe nase Armije.

6. Posmatraci tvrde da je lansiranje izvršeno s podrucja Krivoglavaca, a detonacija se intenzivno osjetila i na udaljenosti do 3km od mjesta eksplozije, (vertikalni potres).

U slucaju potrebe za dopunskim informacijama mozete se obratiti na tel.: 483-045, UNIS-Institut ili 652-390 u kuci.

S postovanjem

Mr Berko Zecevic

Sarajevo, 31.01.1994.g.

Mr Berko R. Zecevic, dipl.ing.
MASINSKI FAKULTET
ODJELJENJE ZA ODBRAMBENE NAUKE
S a r a j e v o

Aerosolni raketni projektil
- Informacija -

Uvečer, 29.01.1994.god. pozvan sam od strane pripadnika Druge viteske brigade da identifikujem ostatke projektila palog tog dana u 9,45 cas. na podrucju platoa Žuči.

Pregledom ostataka projektila nadjenog na podrucju platoa Zuci dana 29.01.1994.god. konstatovano je slijedece:

1. Ostaci projektila su izuzetno ocuvani.
2. Pogonska grupa se sastoji od cetiri motora rakete 122mm "GRAD", (sovjetske proizvodnje), vezanih u snopu. Motori su na celu povezani vodovima radi kompenzacije razlike pritisaka. Boja i oznake motora ukazuju na sovjetski nacin oznacavanja.
3. Izmedju motora se nalazi kontejner za smjestaj koceceg padobrana.
4. Stabilizirajuće površine izvedene su tako da pored stabilizacije ostvaruju i rotaciju projektila.
5. U prostoru izmedju cela motora i spojnice bojeve glave se nalaze tri mehanizma. Tri mehanizma smjestena u prostoru izmedju cela raketnih motora i spojnice bojeve glave su nosaci sekundarnih detonatora za aktiviranje aerosolnog eksploziva. Nosaci sekundarnog detonatora sadrže elektricne vodove za aktiviranje pirotehnicke pripale za izbacivanje sekundarnih detonatora. Postoji i mehanizam za osiguranje sekundarnih detonatora.

Uvidom u vojni casopis IDR, 1987.god. vidljiva je tendencija primjene aerosolnih raketnih projektila za dvije namjene:

a) defanzivna namjena u cilju neutralisanja minskih polja i maksimalnog dometa projektila do 1000m;

b) ofanzivna namjena u cilju neutralisanja utvrđenih tacaka i dometa projektila 4000-5000m. Masa aerosolnog eksploziva je oko 225kg.

U svijetu, tehnologiju aerosolnih eksploziva u vojne svrhe su osvojile SAD, SSSR (Rusija), Izrael i Francuska. Vjerovatno je to sada ucinila i Kina. U tzv. SR Jugoslaviji su intenzivne aktivnosti vrsene u Institutu u Vinci na podrucju avionskih aerosolnih bombi, ali bez nekih konacnih rezultata.

06067189

Na osnovu nadjenih ostataka moguće je pretpostaviti da je prečnik projektila oko 450mm, dužine oko 5000mm i mase oko 450kg, (masa aerosolnog eksploziva oko 200kg). Očevici tvrde da je prečnik aerosolnog oblaka oko 50m.

Iz izvještaja sa ratista u Bihaćkom okrugu vidljivo je da se koriste isti tipovi raketnih aerosolnih projektila.

Aerosolni eksploziv djeluje na znatno većem prostoru u odnosu na klasični eksploziv kao što je TNT, ima niži detonacioni pritisak i vrijeme dejstva impulsa je znatno duže. Iz tih karakteristika je vidljivo da njegovo dejstvo na strukture male i srednje otpornosti je intenzivnije nego dejstvo ekvivalentne količine klasičnih vojnih eksploziva. Posljedice dejstva aerosolnog eksploziva na ljude su zastrašujuće i ogledaju se u prskanju krvnih sudova i gusenju ljudi u sopstvenoj krvi.

Ovi projektili se lansiraju sa vozila i vjerovatno na jednom vozilu imaju smještena dva projektila čiji domet je oko 4500 m. Brzina projektila je oko 150 m u sekundi i sa pravilno raspoređenom protivaviopnskom odbranom zasnovanom na korištenju pjesadijske vatre i PAM ova moguće je izvršiti njihovo neutralisanje. Pri kretanju kroz vazduh ovi projektili izazivaju zavijajući zvuk. Opasni su samo ako se aktiviraju detonatori po raspršavanju aerosola iz bojeve glave.

S postovanjem

Mr Berko Zecevic

Sarajevo, 21.12.1994.g.