



ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

109004 2. vydání	MODELOVÁNÍ HODNOCENÍ NEPŘÍMÉ STŘELBY
-----------------------------------	---

ZAVÁDÍ	STANAG 4654, Ed. 2 INDIRECT FIRE APPRECIATION MODELLING Modelování hodnocení nepřímé střelby AOP-4654(A) INDIRECT FIRE APPRECIATION MODELLING Modelování hodnocení nepřímé střelby
NAHRAZUJE	ČOS 109004, 1. vydání MODELOVÁNÍ HODNOCENÍ NEPŘÍMÉ STŘELBY

(VOLNÁ STRANA)

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD
MODELOVÁNÍ HODNOCENÍ NEPŘÍMÉ STŘELBY

Základem pro tvorbu tohoto standardu byly originály následujících dokumentů:

STANAG 4654, Ed. 2	INDIRECT FIRE APPRECIATION MODELLING Modelování hodnocení nepřímé střelby
AOP-4654(A)	INDIRECT FIRE APPRECIATION MODELLING Modelování hodnocení nepřímé střelby

© Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti

Praha 2023

OBSAH

	Strana
1. Předmět standardu	5
2. Nahrazení standardů (norem).....	5
3. Související dokumenty	5
4. Zpracovatel ČOS	6
5. Použité zkratky, značky a definice	6
5.1 Zkratky	6
5.2 Značky	7
6. Úvod do ČOS.....	10

Přílohy

Příloha A	Definice technických pojmů	14
Příloha B	Matematické modely stanovení ničivého účinku	22
Příloha C	Modelování výpočtu chyb přesnosti palby.....	47
Příloha D	Matematický model přesnosti vedení palby.....	48
Příloha E	Charakteristiky chování cíle.....	50
Příloha F	Rozmístění záměrných bodů.....	52
Příloha G	Hranice ohrožených prostorů.....	53

1. Předmět standardu

ČOS 109004, 2. vydání, zavádí STANAG 4654, Ed. 2 a AOP-4654(A) do prostředí ČR.

Předmětem standardu je standardizace metodiky modelování hodnocení účinků nepřímé střelby v podmínkách ČR a její sjednocení s metodami používanými v NATO. Zavádí se jím do dělostřelecké praxe matematické modely umožňující odpovědi na otázky týkající se (při přípravě k plnění palebných úkolů) zbraní a munice „Kolik?“ a „Kam?“

Standard je závazný od data účinnosti tohoto standardu pro nově vyvíjenou nebo do výzbroje Armády České republiky (dále AČR) zaváděnou munici pro nepřímou střelbu, u které bude předpokládáno využití i v dalších zemích NATO.

Ustanovení tohoto ČOS se vztahují na dělostřelecké a minometné systémy pozemního dělostřelectva, používající munici se střepinovým účinkem, naváděnou munici a munici s usměrněným účinkem.

AČR nepoužívá kazetovou (kontejnerovou) munici v souladu se zákonem č.213/2011 Sb., v platném znění.

Tento ČOS se nevztahuje na dělostřelecké systémy pro přímou střelbu ani na protiletadlové systémy.

2. Nahrazení standardů (norem)

Tento standard nahrazuje ČOS 109004, 1. vydání.

3. Související dokumenty

V tomto ČOS jsou normativní odkazy na následující citované dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jeho použití. U odkazů na datované citované dokumenty platí tento dokument bez ohledu na to, zda existují novější vydání/edice tohoto dokumentu. U odkazů na nedatované dokumenty se používá pouze nejnovější vydání/edice dokumentu (včetně všech změn).

ČOS 109001	LIESKEHO MODEL DRÁHY LETU MODIFIKOVANÉHO HMOTNÉHO BODU A MODEL DRÁHY LETU S PĚTI STUPNI VOLNOSTI
ČOS 109005	SOUBOR SDÍLENÉHO PROGRAMOVÉHO VYBAVENÍ (PRO ŘÍZENÍ PALBY) PODSKUPINY 2 (S ⁴)
ČOS 109006	MODEL CHYBOVÉ SOUSTAVY VÝZBROJE NATO
STANAG 4355	THE LIESKE MODIFIED POINT MASS AND FIVE DEGREES OF FREEDOM TRAJECTORY MODELS Lieskeho model dráhy letu modifikovaného hmotného bodu a model dráhy letu s pěti stupni volnosti
STANAG 4537	SUB-GROUP 2 SHARABLE (FIRE CONTROL) SOFTWARE SUITE (S ⁴) Soubor sdíleného programového vybavení (pro řízení palby) podskupiny 2 (S ⁴)

STANAG 4635, Ed. 1 THE NATO ARMAMENTS ERROR BUDGET
Model chybové soustavy výzbroje NATO

4. Zpracovatel ČOS

VTÚ, s. p., odštěpný závod VTÚVM Slavičín, Ing. Alois Tichý.

5. Použité zkratky, značky a definice

5.1 Zkratky

Zkratka	Název v originálu	Český název
AAP	Allied administrative publication	spojenecká admin. publikace
AČR		Armáda České republiky
AOP	Allied ordnance publication	spojenecká výzbrojní publikace
CCDF	Complementary Cumulative Distribution Function	doplňková kumulativní distribuční funkce
CDF	Cumulative Distribution Function of the Binomial Distribution	kumulativní distribuční funkce binomického rozdělení
DTC	Damage Threshold Contour	hranice ohrožených prostorů
ČOS		Český obranný standard
ČR		Česká republika
EFP	Explosively Formed Penetrator	výbuchem tvarovaný průrazník (penetrátor)
FOA	Freedom of Association (Swedish Defence Research Establishment)	švédský národní výzkumný institut obrany
GTE	„Ghost“ Target Elements	fiktivní elementární cíle
MER	Munition Effect Radius	poloměr ničivého účinku munice
MET	Meteorological	meteorologický
MO		Ministerstvo obrany
MPI	Mean Point of Impact	střední bod dopadu
MRSI	Multiple Rounds Simultaneous Impact	salvový režim střelby
NATO	North Atlantic Treaty Organization	Organizace Severoatlantické smlouvy
RED	Risk Estimate Distance	riziková bezpečnostní vzdálenost
SBD		střední bod dopadu
STANAG	Standardization Agreement	standardizační dohoda NATO
TLE	Target Location Error	chyba určení polohy cíle

Zkratka	Název v originálu	Český název
TNT	Trinitrotoluene	trhavina trinitrotoluen
TTP	Tactics, Techniques and Procedures	taktika, způsoby a postupy
Úř OSK SOJ		Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti
VTÚ		Vojenský technický ústav
VTÚVM		Vojenský technický ústav výzbroje a munice

5.2 Značky

Symbol	Definice	Jednotka
a	Parametr modelu Kokinakis a Sperrazza	–
A	Plocha kolmá ke dráze střepiny	m^2
A_L	Plocha ničivého účinku proti elementárnímu cíli při daném úhlu dopadu a v daném terénním prostředí	m^2
A_{P1}	Plocha dopadu N_1 kusů submunice	m^2
A_{P2}	Plocha dopadu N_2 kusů submunice	m^2
A_S	Plocha projekce zorného pole senzoru (vyhledávače) na zemský povrch, též stopa vyhledávače (<i>Seeker Footprint</i>)	m^2
A_{zone}	Plocha rozletu střepin v dané vzdálenosti	m^2
b	Parametr modelu Kokinakis a Sperrazza	–
B	Měřítka v Heldově rozložení	–
\mathbf{B}	Vlastní vektor v řešení vlastního čísla matice	–
$c_{1,S1}$	Konstanta v rovnici THOR	–
$c_{1,S1}^*$	Konstanta v rovnici THOR	–
c_1^*	Konstanta v rovnici THOR	–

Symbol	Definice	Jednotka
C	Konstanta použitá jako vstup do funkce pravděpodobnosti vyřazení „výkroje“ (<i>Cookie-cutter</i>)	–
\mathbf{C}	Matice použitá v řešení vlastního čísla	–
C_d	Koeficient odporu	–
D_0	Tvarový faktor v Carletonově ztrátové funkci	–
d	Stranová souřadnice vedená od záměrné (přímky spojující dělo s cílem) k funkčnímu bodu munice	m
D_{FT}	Hustota klamných elementárních cílů	–
e	Tloušťka pancířového segmentu v modelu průraz	m
e_{min}	Nejmenší tloušťka pancíře	m
f_k	Tvarový koeficient střepiny	$m^2 \cdot (kg)^{-2/3}$
h	Rovnoměrné náhodné číslo (generování klamných elementárních cílů)	–
k	Koeficient odporu nepravidelných střepin	$(kg)^{1/3} \cdot m^{-1}$
m	Hmotnost střepiny	kg
m_{avg}	Střední hmotnost střepiny v Mottově rozložení	kg
m_{min}	Nejmenší účinná hmotnost střepiny	kg
\mathbf{M}	Kovarianční matice použitá v řešení vlastní hodnoty	–
M_0	Celková hmotnost střepin v Heldově rozložení	kg
n	Počet záměrných bodů; parametr modelu Kokinakis a Sperrazza	–
n_{eff}	Počet účinných střepin	–
N	Počet kusů submunice	–
N_0	Celkový počet střepin v Mottově rozložení	–
N_1	Počet kusů submunice v prostoru obrazce 1	–
N_2	Počet kusů submunice v prostoru obrazce 2	–
P_{det}	Pravděpodobnost detekce	–
P_{Engage}	Pravděpodobnost zachycení	–
P_{FTD}	Pravděpodobnost detekce klamného/nezamýšleného elementárního cíle	–
P_{Hit}	Pravděpodobnost zásahu střepinou	–

Symbol	Definice	Jednotka
$P_{Hit Engage}$	Pravděpodobnost zásahu zachyceného cíle	–
$P_{I H}$	Podmíněná pravděpodobnost vyřazení daným zásahem	–
$P_{i,j}$	Pravděpodobnost vyřazení pancířového segmentu j střepinami ze střepinového pásu i	–
P_k	Pravděpodobnost zničení jednotlivého elementárního cíle	–
P_{k1}	Pravděpodobnost zničení jednotlivého elementárního cíle nacházejícího se v ploše obrazce A_{P1}	–
P_{k2}	Pravděpodobnost zničení jednotlivého elementárního cíle nacházejícího se v ploše obrazce A_{P2}	–
$P_{kill Hit}$	Pravděpodobnost zničení daným zásahem	–
P_{KSS}	Pravděpodobnost zničení pouze jedinou submunicí	–
$P_{(fragment\ kill)}$	Pravděpodobnost zničení střepinami	–
$P_{(blast\ kill)}$	Pravděpodobnost zničení tlakovou vlnou	–
$P_{(kill)}$	Pravděpodobnost zničení jednotlivého elementárního cíle	–
$P_{(incapacitation)}$	Pravděpodobnost zneschopnění	–
$P_{(incapacitation\ hit)}$	Podmíněná pravděpodobnost zneschopnění daným zásahem	–
q	Koeficient ve vzorci Rilbeho	$s \cdot (kg)^{-1/3}$
Q	Obecný přizpůsobovací parametr v Carletonově matici ztrát k experimentálním datům	–
r	Dálková souřadnice podél záměrné do funkčního bodu munice	m
r_1, r_2	Parametry použité v Carletonově funkci pravděpodobnosti vyřazení cíle	–
R_C	Spolehlivost nosiče	–
R_S	Spolehlivost jednotlivé submunice	–
S	Rovina určená osami x, y použitá ve výpočtu plochy ničivého účinku	–
u	Dálková souřadnice podél záměrné k elementárnímu cíli	m

Symbol	Definice	Jednotka
v	Stranová souřadnice od záměrné k elementárnímu cíli	m
$v(x)$	Rychlost ve vzdálenosti x	$m \cdot s^{-1}$
v_0	Počáteční rychlost střepin	$m \cdot s^{-1}$
v_{frag}	Rychlost střepiny při statickém odpálení	$m \cdot s^{-1}$
v_s	Dopadová rychlost střepiny	$m \cdot s^{-1}$
v_{shell}	Rychlost střely	$m \cdot s^{-1}$
v_{tot}	Celková rychlost střepiny	$m \cdot s^{-1}$
v_0	Počáteční rychlost střely	$m \cdot s^{-1}$
$V_{(x)}$	Pravděpodobnost, že v A_S se vyskytne x nebo méně klamných elementárních cílů	–
x	Vzdálenost	m
α_{start}	Horní úhel střepinového pásu za statické situace	rad
α_{end}	Dolní úhel střepinového pásu za statické situace	rad
α_1	Konstanta v rovnici THOR	–
β_1	Konstanta v rovnici THOR	–
β_1^*	Konstanta v rovnici THOR	–
β_{start}	Horní úhel střepinového pásu za dynamické situace	rad
β_{end}	Dolní úhel střepinového pásu za dynamické situace	rad
θ	Úhel mezi dráhou střepiny a normálou k povrchu cíle v rovnici THOR	rad
λ	Vlastní hodnota	–
ρ_a	Hustota vzduchu	$kg \cdot m^{-3}$
ρ_{frag}	Plošná hustota střepin	$1 \cdot m^{-2}$
ω	Úhel dopadu	rad

6. Úvod do ČOS

Jednotlivé kapitoly jsou uvedeny v následujících přílohách:

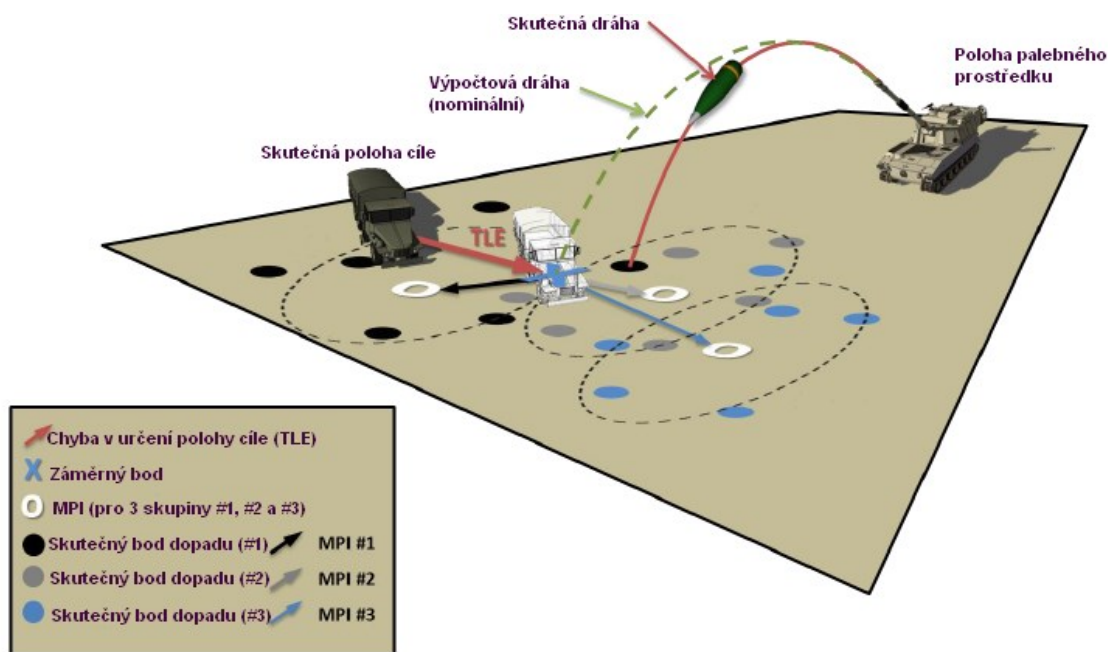
- A – Definice technických pojmů.
- B – Matematické modely pro stanovení ničivého účinku.
- C – Modelování výpočtu chyb přesnosti palby.
- D – Matematický model přesnosti vedení palby.
- E – Charakteristiky chování cílů.
- F – Rozmístění záměrných bodů.
- G – Hranice ohrožených prostorů.

Každý model pro stanovení ničivého účinku umožňuje určit pravděpodobnost vyřazení jednotlivého elementárního cíle působením buď munice nebo submunice. Poloha elementárního cíle je vstupním údajem. Před výpočtem modelu je třeba určit buď vztahný bod výmetu u munice s usměrněným účinkem, nebo funkční bod u ostatní munice. Obrázek 1 zobrazuje typické použití tříštivé munice.

POZNÁMKA

Chybová soustava týkající se výzbroje je rozdělena do dvou hlavních skupin chyb:

- Přesnost (též systematická odchylka), tj. vzdálenost středního bodu dopadu (MPI) od záměrného bodu,
- Seskupenost, tj. chyby mezi ranami okolo MPI.



OBRÁZEK 1 – Typický scénář pro tříštivé střely; obsahuje stanoviště palebného prostředku, polohu cíle, záměrný bod, bod rozprasku a všechny doprovodné chyby.

(VOLNÁ STRANA)

PŘÍLOHY

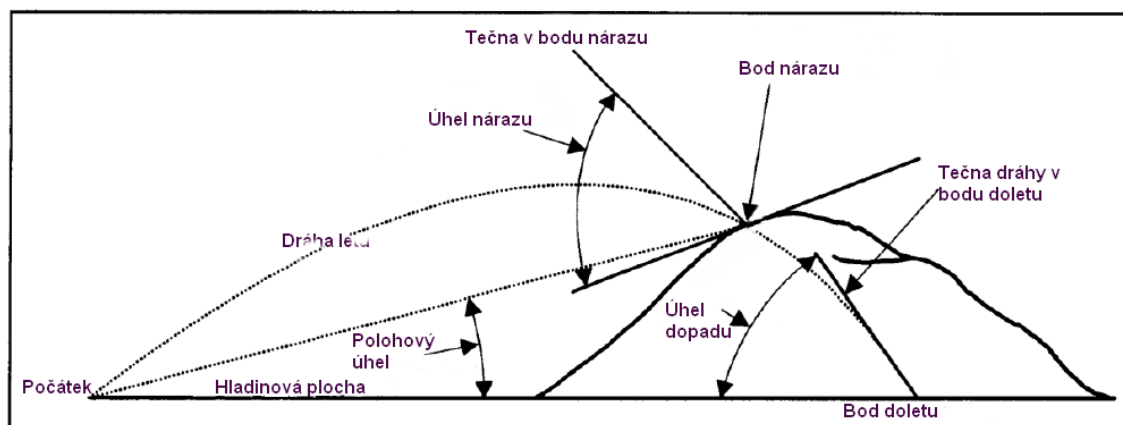
Příloha A
(normativní)

Definice technických pojmů

A.1. Úvod

Tato příloha obsahuje definice technických pojmů vztahujících se k modelování hodnocení nepřímé střelby.

Definice v této příloze zpracované podle dokumentu NIFAK TOE byly porovnány s definicemi v NATO dokumentech AAP-6 (2014) „NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS“, AAP-39 (2012) „NATO HANDBOOK OF LAND OPERATIONS TERMINOLOGY“ a v kapitole GLOSSARY v US Field Manual FM 6-40 (1999).



OBRÁZEK A.1 – Prvky konce dráhy

- 1 **Bezpečnostní vzdálenost** (*Risk Distance*)
Vzdálenost od cíle k bodu, ve kterém je pravděpodobnost nezamýšleného vyřazení objektu (definovaného uživatelem) vždy menší než stanovená mezní hodnota.
- 2 **Bod funkce munice – též funkční bod munice** (*Functioning Point*)
Místo, ve kterém nastane funkce munice. Je to bod funkce zapalovače, kterým může být bod nárazu, bod výbuchu nebo bod výmetu submunice.
- 3 **Bod dopadu, bod nárazu** (*Point of Impact*)
Bod prvního kontaktu s objektem (cílem).
- 4 **Bod iniciace** (*Initiation Point*)
Bod (v prostoru a čase), v němž se iniciuje výbušná hlavice.
- 5 **Nosič** (*Carrier*)
Střela obsahující další submunici.
- 6 **Cíl** (*Target*)
Objekt, který by měl být zasažen palebným úderem.
- 7 **Cíl bez přesné polohy** (*Non-Precision Target*)
Cíl obsahující elementární cíle, jejichž přesná poloha není známa. Cíl bez přesné polohy může být jednoduchý nebo skupinový.

- 8 **Cílový prostor** (*Target Area*)
Definovaný prostor, ve kterém se nachází elementy cíle.
- 9 **Úhel dopadu** (*Angle of Fall*)
Úhel ve svislé rovině na dráze střely, svíraný vodorovnou rovinou a tangentou ke dráze střely v bodě nárazu.
- 10 **Elementární cíl** (*Target Element*)
Nejmenší cílový objekt, který definuje jak jeden cíl, tak i skupinový cíl.
- 11 **Jednotný cíl** (*Simple Target*)
Cíl obsahující jeden nebo více stejných jednotlivých cílů.
- 12 **Zodolněný cíl** (*Hardening Target*)
Cíl upravený tak, že výsledkem úpravy je změna zranitelnosti cíle při palebném úderu.
- 13 **Funkce zničení** (*Damage Function*)
Toto je matematická funkce použitá k výpočtu pravděpodobnosti zničení elementárního cíle. V první řadě je to matematická funkce vzdálenosti a směru od funkčního bodu munice, ale také závisující na dalších parametrech, např. typu cíle, typu munice a koncových balistických podmínkách.
- 14 **Skupinový cíl** (*Complex Target*)
Cíl obsahující vícenásobné elementární cíle (různé nebo identické), jejichž společným úkolem je vyvolat požadovanou aktivitu. Eliminace skupinového cíle se definuje jako poškození požadovaných (specifikovaných) kombinací elementárních cílů.
- 15 **Klamný/nezamýšlený elementární cíl** (*False/Unintended Target Element*)
Jakýkoliv jev, který by mohl způsobit navedení munice s vyhledávačem na jiný než zamýšlený elementární cíl. Klamný elementární cíl může vydávat falešné odezvy nebo rušení.
- 16 **Plocha ničivého účinku, též letální plocha** (*Lethal Area*)
Měřítka ničivého účinku dané munice proti specifikovanému elementárnímu cíli. Matematicky je letální plocha integrálem ztrátové funkce nad vodorovnou rovinou.
$$A_L = \iint_S P_k(x, y) d_x d_y$$

kde: P_k = pravděpodobnost vyřazení elementárního cíle;
 S = kompletní rovina x, y ;
 x, y = kartézské souřadnice ve vodorovném systému.
- 17 **Pohyblivý cíl** (*Moving Target*)
Přesun elementárních cílů v průběhu palebného úkolu. Tento přesun je definován vektory rychlosti a polohy jako funkce v čase.
- 18 **Munice s bezkontaktním zapalovačem se senzorem cíle** (*Sensor Fuzed Munitions*)
Munice opatřená technologií k detekování jednotlivého cíle a k následné iniciaci zapalovače k vyřazení cíle.

Příloha A
(normativní)

- 19 **Munice s usměrněným účinkem** (*Directed Energy Munitions*)
Munice s usměrněným účinkem používá k ničení mechanismus, který vyžaduje přímý zásah napadeného elementárního cíle. Ten zahrnuje kumulativní náplň nebo hlavici s kinetickou energií a zbraně, které střílejí výbuchem tvarované průrazníky (*EFP – Explosively Formed Penetrator*).
- 20 **Munice s koncovým navedením, též s vyhledávačem** (*Seeker Munitions*)
Munice opatřená technologií k detekování a navádění (nebo zamíření) v koncové fázi její dráhy na nějaký příznak elementárního cíle.
- 21 **Řízená munice** (*Guided Munitions*)
Munice, vybavená určitou schopností upravit za letu svoji dráhu.
- 22 **Nebezpečná blízkost** (*Danger Close*)
Podmínky střetnutí charakterizované pravděpodobností (rizikem) nežádoucího poškození vlastních vojsk (rizika pro vlastní vojska) ve snaze zasáhnout cíl a splnit tak úkol.
- 23 **Nesprávný/nezamýšlený elementární cíl** (*False/Unintended Target Element*)
Jakýkoliv jev nebo objekt, který by mohl aktivovat munici s vyhledávačem k zasažení jiného než zamýšleného elementárního cíle. Nesprávným elementárním cílem může být falešný odraz nebo odraz od rušivého cíle.
- 24 **Neřízená munice** (*Unguided Munitions*)
Munice letící po balistické dráze.
- 25 **Postupné přemístování (Pohyb přískoky)** (*Posturing Sequencing*)
Činnost živé síly měnící v průběhu palebného přepadu svoji pozici, což mění její zranitelnost.
- 26 **Prostor záměrných bodů** (*Aimpoint Area*)
Prostor použitý k výpočtu všech záměrných bodů.
- 27 **Přesně určený cíl** (*Precision Target*)
Cíl obsahující elementární cíle, jejichž polohy jsou známy jen s malou chybou. Cíl s přesnou polohou může být jednoduchý nebo skupinový.
- 28 **Riziková bezpečnostní vzdálenost** (*Risk Estimate Distance – RED*)
Vzdálenost mezi cílem a bodem, ve kterém je pravděpodobnost vyřazení (zasažení) vlastních vojsk vždy menší než stanovená mezní hodnota (viz část A.2, Metodika stanovení RED).
- 29 **Rovinné souřadnice dálka – strana** (*Range – Deflection Coordinates*)
Souřadnice v pravoúhlém souřadnicovém systému s osou rovnoběžnou se spojnicí dělo–cíl (dostřel, dálka) a kolmou ke spojnici dělo–cíl (strana).
- 30 **Rovnoměrné rozložení cílů** (*Uniform Target Distribution*)
Rozmístění elementárních cílů ve skupinovém cíli odpovídající statisticky rovnoměrnému rozložení pravděpodobnosti.

- 31 **Salva** (*Volley*)
Koordinovaná střelba jednotlivých ran z každého palebného prostředku palebné jednotky.
- 32 **Salvový režim střelby** (*Multiple Rounds Simultaneous Impact – MRSI*)
Schopnost vystřelit větší počet ran z jedné zbraně na cíl tak, že všechny rány dopadnou do cílového prostoru současně nebo v krátkém časovém intervalu.
- 33 **Střelba do vlastních vojsk** (*Fratricide*)
Vyřazení vlastních vojáků a materiálu způsobené chybným zacílením.
- 34 **Souhrnná kadence** (*Cumulative Rate of Fire*)
Kadence střelby. Je funkcí času vymezeného celkovým počtem ran, které mohou být vystřeleny v daném časovém úseku, počítaném od vystřelení první rány.
- 35 **Stupeň vyřazení** (*Fractional Damage*)
Střední počet vyřazených elementárních cílů uvnitř hromadného cíle dělený celkovým počtem elementárních cílů uvnitř hromadného cíle – obvykle vyjádřený v procentech.
- 36 **Kritérium vyřazení cíle** (*Kill Criterion*)
Předem národně stanovená úroveň vyřazení, která zamezí, aby elementární cíl provedl svůj základní úkol nebo funkci. Podle tohoto kritéria elementární cíl buďto přežije útok nebo je při něm zničen.
- 37 **Tříštivá (fragmentující) munice** (*Fragmenting Munitions*)
Munice, jejímž primárním letálním posláním jsou tříštění a vznik přetlaku při explozi. Obecně, pro tříštivou municí není nezbytně nutné přímo zasáhnout elementární cíl, aby došlo s nějakou pravděpodobností k jeho zničení nebo poškození.
- 38 **Úhel nárazu** (*Angle of Impact*)
Úhel mezi tečnou dráhy a rovinou tečnou k povrchu v bodě nárazu.
- 39 **Doplňkové škody** (*Ancillary Damage*)
Nezamýšlené, ale žádoucí poškození osob a/nebo objektů účinkem střelby.
- 40 **Vedlejší škody** (*Collateral Damage*)
Nezamýšlené, ale nežádoucí účinky na osoby a/nebo objekty účinkem střelby.
- 41 **„Výkroj“** (*Cookie-cutter*)
Pro daný případ palby jednoznačně vymezená oblast cílového prostoru. Výraz pro vyjádření skutečnosti, že cíl ležící vně hranice „vykrojené“ oblasti (eliptického nebo pravoúhlého tvaru) nebude poškozen, hranice vymezující „vykrojenou“ oblast nebude poškozena, takže „výkroj“ prakticky vymezí oblast jistého vyřazení cíle.
- 42 **„Výkrojová“ funkce** (*Cookie-cutter function*)
Funkce definovaná pro „vykrojenou“ oblast cílového prostoru.

Příloha A
(normativní)

- 43 **Vyřazený cíl** (*Target Kill*)
Cíl se považuje za vyřazený, jestliže kombinace vyřazených elementárních cílů vyhovují národní definici kritéria vyřazení skupinového cíle.
- 44 **Výstřelná** (*Gun–Target Line*)
Tečna k dráze v okamžiku, kdy střela opouští hlaveň.
- 45 **Záměrný bod** (*Aimpoint*)
Záměrný bod – pro využití v tomto ČOS – je bod v terénu, na který je zamířen výstřel.
- 46 **Funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle, též ztrátová funkce** (*Damage Function*)
Matematická funkce, která udává pravděpodobnost vyřazení cíle jako funkci vzdálenosti a strany od funkčního bodu.
- 47 **Matice pravděpodobnosti vyřazení cíle, též matice ztrát** (*Damage Matrix*)
Matice (matematická) obsahující hodnoty pravděpodobnosti vyřazení elementárního cíle jako funkce vzdálenosti a strany od funkčního bodu munice. Změny kteréhokoliv parametru se projeví rozdíly této matice.

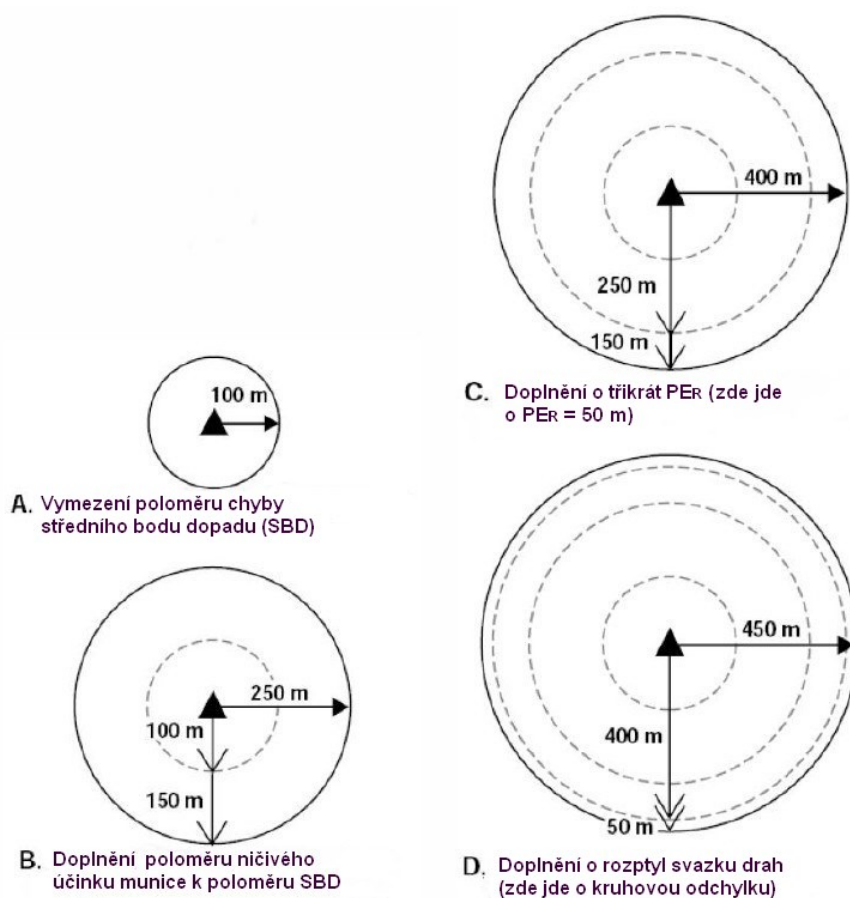
A.2 Metodika stanovení rizikové bezpečnostní vzdálenosti (RED)

1. Na obrázku A.2 je metoda konstrukce RED (převzatá z odkazu [1]), zahrnující volnost pohybu cíle (obdoba TLE – chyba určení polohy cíle), poloměr ničivého účinku munice (MER), pravděpodobnou úchylku a rozptyl svazku drah.
2. MER je definována jako vzdálenost od funkčního bodu munice, ve které je pravděpodobnost zneschopnění menší než prahová mezní hodnota (např. 0,01) – viz obr. A.3. V praxi může být křivka omezena hodnotou, odpovídající rychlosti střepiny menší než v_{50} . Při rychlosti větší než v_{50} je průraz specifikované pancířové desky pravděpodobnější. Průraz je v souladu s referencí [2] definován jako jev, při kterém střela vytvoří v původní pancířové desce diskontinuitu. Průraz vyžaduje, aby v případě vyjmutí střely nebo jejich zbytků mohlo být skrz vzniklý otvor pozorovatelné světlo. Jelikož průraz lze považovat za stochastický jev, je nezbytné definovat určité statistické parametry, tedy:
 - rychlost v_{10} je rychlost, při které daná střela zničí daný cíl v 10 % případů;
 - rychlost v_{50} je rychlost, při které daná střela zničí daný cíl v 50 % případů;
 - rychlost v_{90} je rychlost, při které daná střela zničí daný cíl v 90 % případů.

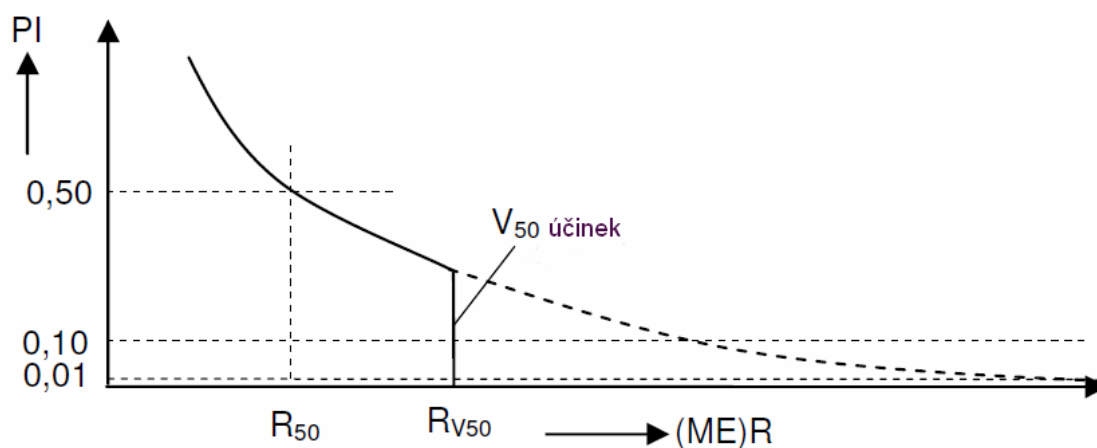
Tyto počty jsou znázorněny v obr. A.4.

3. V praxi se RED stanovuje zjednodušeně podle vztahu:

$$RED = MER + 3 \times PE_R \quad (A.2)$$

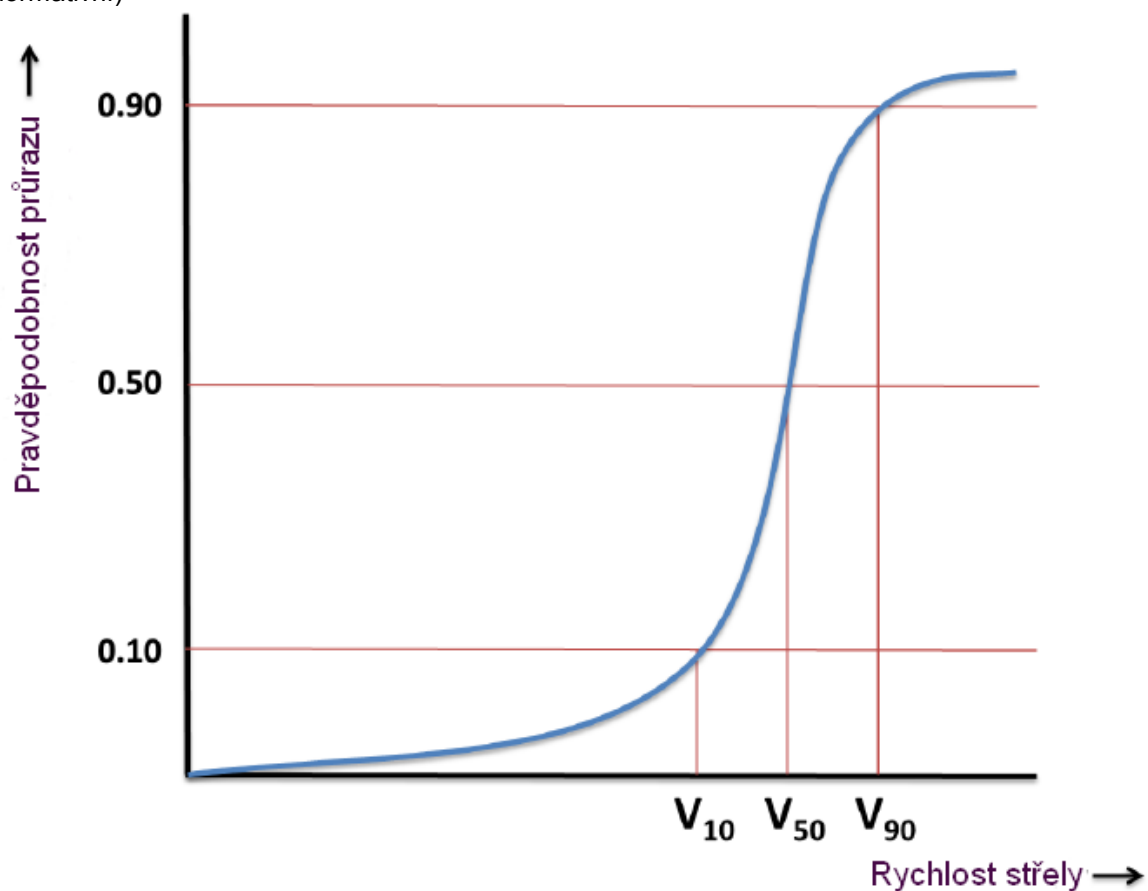


OBRÁZEK A.2 – Metoda konstrukce RED



OBRÁZEK A.3 – Příklad pravděpodobnosti zneschopnění

Příloha A
(normativní)



OBRÁZEK A.4 – Definování statistických rychlostí

Odkazy k příloze A:

[1] R. L. Lusher „Deliberate NFA sizing for Combat“ Field Artillery Journal, March-April 1999, pp. 41-45.

[2] Carlucci, Sidney S. Jacobson (2008). Ballistics: Theory and Design of Guns and Ammunition. CRC Press. p. 310.

Matematické modely stanovení ničivého účinku

Úvod

Tato příloha obsahuje několik matematických modelů, které jsou použity ke stanovení množství munice potřebného k dosažení požadovaného stupně ztrát při daném počtu paleb. Hladina spolehlivosti indikovaná pro každý model se týká pouze zde popsanych modelů.

Tato příloha obsahuje následující kapitoly:

- B.1 Zjednodušená metoda výpočtu ničivého účinku tříštivé munice založená na jejích fyzických vlastnostech.
- B.2 Carletonova funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro jednotnou tříštivou střelu, též ztrátová funkce (průměrná spolehlivost).
- B.3 Kruhově vykrojená funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro jednotnou tříštivou střelu (nízká spolehlivost).
- B.4 Kruhově vykrojená funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro střelu se submunicí, též ztrátová funkce (nízká spolehlivost).
- B.5 Modelování jednotlivé submunice.
- B.6 Metodika pravděpodobnosti vyřazení cíle pro munici se submunicí, též matice ztrát (vysoká spolehlivost).
- B.7 Modelování pravděpodobnosti vyřazení cíle municí s koncovým navedením (s vyhledávačem).

B.1 Zjednodušená metoda výpočtu ničivého účinku tříštivé munice založená na jejích fyzických vlastnostech

B.1.1 Úvod

1. Tato pasáž uvádí základy výpočtu pravděpodobnosti vyřazení jednotlivého cíle působením tříštivé munice. Výpočtový model je založen na fyzických vlastnostech munice a jednotlivého cíle.

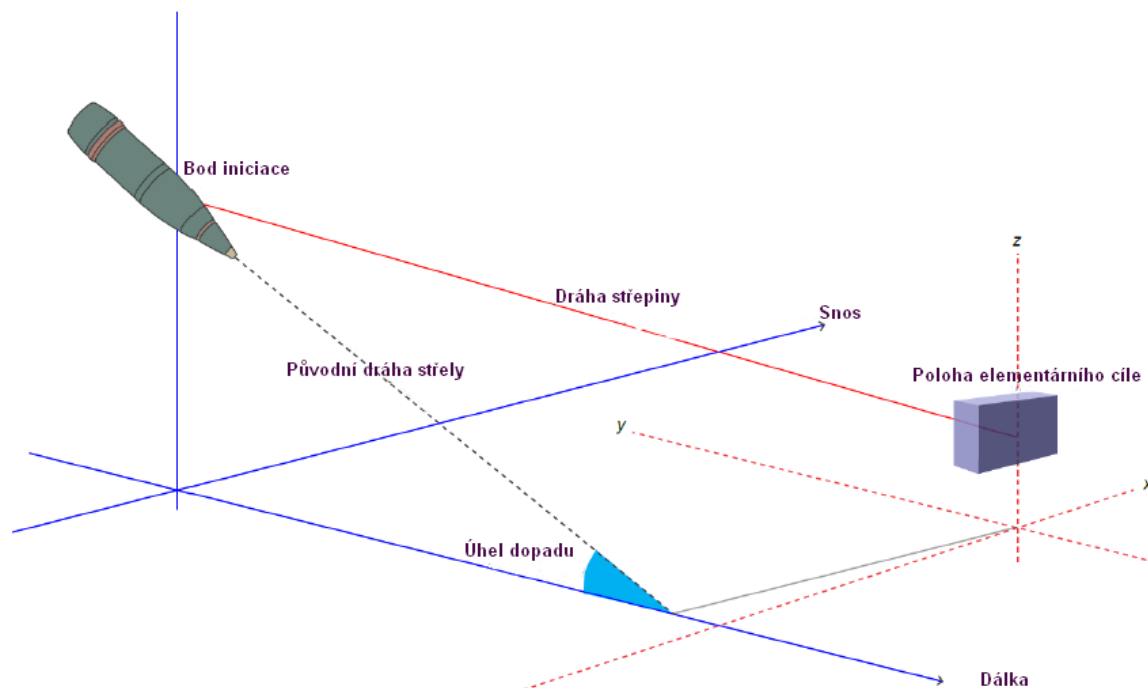
2. Model účinku střepiny obsahuje čtyři části: model střepinového pole, model odporu vzduchu střepiny, model průrazu střepiny a model elementárního cíle. Tříštění výbušné hlavice je charakterizováno střepinovými pásy (někdy nazývané „sprška“ střepin nebo „vějíř“ střepin), definovanými jako kulové pásy – viz obr. B.2. Experimentální údaje o střepinovém vějíři tříštivé hlavice lze získat testováním ve střepinové aréně. Elementární cíl je popsán souborem obložných pancířových segmentů v různých směrech. Kritériem vyřazení cíle je průraz libovolného pancířového segmentu nebo ničení tlakovou vlnou. Pancířové segmenty jsou považovány za navzájem nezávislé.

3. Zde jsou uvedeny pouze některé základní rovnice. Kvůli zjednodušení je uvažován pouze jediný typ vyřazení. Lze vytvořit komplikovanější modely pravidel vyřazení elementárního cíle. Do úvahy lze zahrnout vlastnosti terénu v cílové ploše použitím digitálního výškového modelu.

Příloha B
(normativní)

B.1.2 Výpočet účinku střepin a tlakové vlny na jednotlivý elementární cíl

B.1.2.1. Tato pasáž uvádí jednoduchý algoritmus výpočtu pravděpodobnosti vyřazení jednotného elementárního cíle jednou tříštivou hlavicí. Předpokládá se, že tříštivá hlavice detonuje nad terénem. Geometrie interakce mezi municí a elementárním cílem je znázorněna na obr. B.1.



OBRÁZEK B.1 – Geometrie terminální balistiky (převzato z [27])

B.1.2.2. Požadované vstupní údaje:

- Poloha a orientace elementárního cíle;
- Vektor rychlosti munice a očekávaný bod rozprasku;
- Parametry munice a elementárního cíle (viz článek B.1.3);
- Volitelně: digitální výškový model cílové plochy.

B.1.2.3 Navržený algoritmus výpočtu pravděpodobnosti vyřazení obsahuje:

1. Stanovení bodu rozprasku dané nastavením zapalovače a terénem;
2. Pro všechny pancířové segmenty j elementárního cíle bude potřebné:
 - 2.1 vypočítat vzdálenost z bodu rozprasku k segmentu,
 - 2.2 vypočítat pravděpodobnost vyřazení tlakovou vlnou P (*blast kill*) viz článek B.1.4.5,
 - 2.3 pro všechny střepinové pásy i v munici:
 - 2.3.1 vypočítat dynamické úhly pásů (rovnice B.10),

Příloha B
(normativní)

- 2.3.2 zkontrolovat, zda všechny pancířové segmenty jsou uvnitř střepinového pásu,
- 2.3.3 vypočítat čelní plochu pancířového segmentu,
- 2.3.4 zkontrolovat, zda se pancířový segment nachází proti bodu rozprasku,
- 2.3.5 zkontrolovat přímku od bodu rozprasku k pancířovému segmentu,
- 2.3.6 vypočítat plochu povrchu střepinového pásu,
- 2.3.7 vypočítat minimální hmotnost střepiny schopnou způsobit průraz – rovnice B.15,
- 2.3.8 vypočítat počet účinných střepin – rovnice B.14,
- 2.3.9 vypočítat pravděpodobnost vyřazení segmentu střepinou $p_{i,j}$ – rovnice B.11.

B.1.2.4. Vypočítat celkovou pravděpodobnost vyřazení střepinou:

$$P_{(\text{fragment kill})} = 1 - \prod_i \prod_j (1 - p_{i,j}) \quad (\text{B.1})$$

B.1.2.5. Pravděpodobnost vyřazení se vypočítá ze vztahu:

$$P_{(\text{kill})} = 1 - (1 - P_{(\text{blast kill})}) \cdot (1 - P_{(\text{fragment kill})}) \quad (\text{B.2})$$

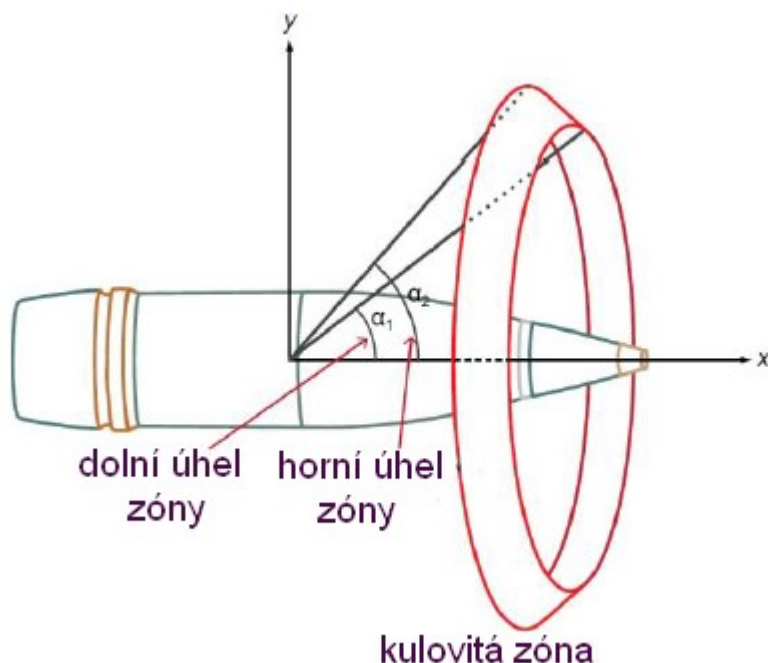
B.1.3 Vstupní údaje

B.1.3.1 Parametry tříštivé munice

1. Tříštivou municí lze popsat následující skupinou parametrů:

- Náplň trhaviny vyjádřená buď ekvivalentem hmotnosti TNT nebo hmotností a typem trhaviny. Tímto se stanovuje účinnost tlakové vlny;
- Smluvený počet střepinových pásů (neboli střepinového vějíře) modelovaných jako kulové pásy s následujícími informacemi:
 - počáteční a konečný úhel pásu vůči špičce hlavice,
 - rozložení hmotnosti střepin (v tabulkové nebo funkční podobě),
 - počáteční rychlost střepiny,
 - tvarový koeficient střepiny nebo obecněji model odporu,
 - rovnice průraznosti střepiny (dle Rilbeho, THORa a podobně) založené na tvaru a materiálu střepin.

Příloha B
(normativní)



OBRÁZEK B.2 – Kulový střepinový pás (převzato z [25])

2. Údaje o hlavici mohou být udány v libovolném tvaru. Jedním z možných formátů je např. soubor ZDATA [25], který v tabulkovém uspořádání obsahuje rozložení hmotností střepin v každém pásu a tvarový koeficient střepin použitý k výpočtu odporu.

Příkladem parametrů munice je např. 155mm střela HE M107.

Tato střela je laborována trhavou náplní o hmotnosti 6,6 kg TNT [11]. Parametry týkající se tříštění jsou pro názornost, s možnými nepřesnostmi, uvedeny v tabulce B.1. Celková hmotnost těla střely je rozdělena do pásů takto: 15 % do ogiválového pásu, 80 % do bočního pásu a 5 % do dnového pásu. Úhly pásů rozletu střepin a hmotnostní frakce střepin v každém pásu jsou založeny na obecných údajích o tříštitovrhavých střelách, uvedených v [11].

TABULKA B.1 – Charakteristiky tříštění 155mm střely HE M107

Parametr	Ogiválový pás	Boční pás	Dnový pás
Dolní úhel pásu	0°	65°	170°
Horní úhel pásu	10°	115°	180°
Počáteční rychlost střepiny v začátku pásu	1030 m·s ⁻¹	1030 m·s ⁻¹	1030 m·s ⁻¹
Počáteční rychlost střepiny na konci pásu	1030 m·s ⁻¹	1030 m·s ⁻¹	1030 m·s ⁻¹

Příloha B
(normativní)

Parametr	Ogivalový pás	Boční pás	Dnový pás
Rozložení střepin	Mottovo rozložení 381 střepin se střední hmotností 14,34 g	Mottovo rozložení 2030 střepin se střední hmotností 14,34 g	Mottovo rozložení 127 střepin se střední hmotností 14,34 g
Model odporu střepin	Nepravidelné střepiny	Nepravidelné střepiny	Nepravidelné střepiny
Model průraznosti střepin	Dle Rilbeho, ocelové střepiny	Dle Rilbeho, ocelové střepiny	Dle Rilbeho, ocelové střepiny

B.1.3.2 Parametry elementárního cíle

1. Elementární cíle lze popsat jako trojrozměrnou sestavu pancířových segmentů, s jejich relativními polohami, normálovým vektorem a plochou. Každý segment je dán tloušťkou a typem materiálu, např. měkkou ocelí. Navíc lze doplnit kritérii pro poškození každého segmentu působením tlakové vlny.
2. Tento model má výhodu, že živou sílu a vozidla lze zahrnout podobným způsobem. To také do modelu přímo zavádí vliv ochranného vybavení osob stejně jako odlišné pozice.
3. Pro cíle typu pěchota lze také použít jiné modely zneschopnění, např. model dle Kokinakis a Sperrazza.

Příkladem elementárního cíle může být „ležící voják“, jehož smluvní rozměry jsou uvedeny v tabulce B.2.

TABULKA B.2 – Rozměry ležícího vojáka

Pohled	Plocha (m ²)	Ekvivalentní tloušťka oceli (mm)
Čelní/zadní	0,08	1,5
Zleva	0,38	1,5
Zprava	0,38	1,5
Shora	0,61	1,5

Za postačující k vyvolání zneschopnění se považuje střepina schopná prorazit tloušťku 1,5 mm měkké oceli (velikosti ploch převzaty z [28]).

B.1.4 Základní rovnice

B.1.4.1 Rozdělení hmotnosti střepin

Nechť je doplňková kumulativní distribuční funkce (CCDF) hmotnostního rozdělení střepin definována jako:

$$N(M > m) = F_{M,c}(m) \quad (\text{B.3})$$

Toto je celkový počet střepin o hmotnosti větší než smluvní hmotnost m .

Příloha B

(normativní)

Níže jsou uvedeny tři typy rozdělení hmotností střepin: diskrétní rozdělení, Mottovo rozdělení [22] a Heldovo rozdělení [15]. Lze použít rovněž další rozdělení, viz např. [13].

B.1.4.1.1 Diskrétní rozdělení

Nejsnadnější způsobem popisu hmotnostního rozdělení do pásů je rozdělit střepiny podle hmotnosti do n_g hmotnostních skupin. Každá i skupina obsahuje n_i střepin se střední hmotností m_i .

V tomto případě platí, že CCDF je

$$F_{M,c}(m) = \sum_{m_i > m} n_i; i = 1, 2, \dots, n_g \quad (\text{B.4})$$

B.1.4.1.2 Mottovo rozdělení

Mottovo rozdělení má následující parametry

- N_0 – celkový počet střepin,
- m_{avg} – střední hmotnost střepin (kg).

Celková hmotnost střepin v rozdělení je

$$M_g = N_0 \cdot m_{avg} \quad (\text{B.5})$$

V Mottově rozdělení platí, že CCDF je

$$F_{M,c}(m; N_0, m_{avg}) = N_0 e^{-\sqrt{\frac{2m}{m_{avg}}}} \quad (\text{B.6})$$

B.1.4.1.3 Heldovo rozdělení

Heldovo rozdělení má následující parametry

- M_0 – celková hmotnost střepin v rozdělení (kg),
- B – měřítko,
- λ – koeficient tvaru.

V Heldově rozdělení platí, že CCDF je implicitní funkcí a tato musí být vyřešena numericky se započtením N pro danou hmotnost m .

$$m = M_0 B \lambda N^{\lambda-1} e^{-BN^{\lambda}} \quad (\text{B.7})$$

B.1.4.2 Pravděpodobnost vyřazení střepinou

B.1.4.2.1 Pravděpodobnost zásahu střepinou

1. Předpokládá se, že plocha A je kolmá na dráhu střepiny. Jestliže plocha střepinového pásu A_{zone} je větší než plocha A , pak pravděpodobnost zasažení této plochy střepinou je

$$p_{hit} = \frac{A}{A_{zone}} \quad (\text{B.8})$$

2. Střepinový obrazec tříštivé munice lze modelovat jako kulový pás vymezený horním a dolním úhlem pásu. Vlivem rychlosti střely se úhly v pásech mění a celková počáteční rychlost střepin bude výsledkem rychlosti střely a počáteční rychlosti střepin ve statickém případě. Na obrázku B.3 jsou zobrazeny

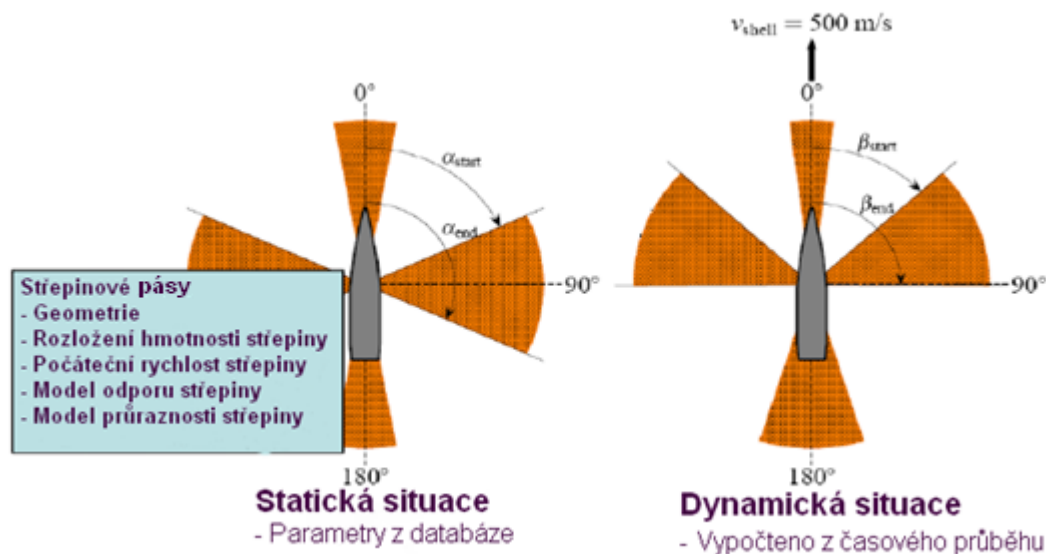
Příloha B
(normativní)

střepinové pásy těla střely v klidovém stavu a za pohybu. Statické úhly za klidu jsou označeny znakem α a odpovídající úhly za pohybu znakem β . Plocha kulového střepinového pásu je

$$A_{zone} = 2\pi x^2 ((\cos \beta_{start}) - (\cos \beta_{end})) \quad (B.9)$$

kde x = vzdálenost,

β_{start} a β_{end} jsou počáteční a koncový úhel střepinového pásu.



OBRÁZEK B.3 – Úhly střepinového pásu pro tělo střely v klidu a v pohybu.

Obrázek je převzat z [21].

- Úhly jsou definovány tak, že $0^\circ \leq \alpha_{start} \leq \alpha_{end} \leq 180^\circ$, kde úhel 0° je ve směru špičky munice.
- Jsou-li dány statický úhel α , počáteční rychlost střepiny v klidu a rychlost munice, pak lze dynamický úhel vypočítat ze vztahu:

$$\beta = \arccos\left(\frac{v_{shell} + v_{frag} \cos(\alpha)}{v_{tot}}\right) = \arccos\left(\frac{v_{shell} + v_{frag} \cos(\alpha)}{\sqrt{v_{frag}^2 + 2v_{frag}v_{shell} \cos(\alpha) + v_{shell}^2}}\right) \quad (B.10)$$

kde β = dynamický úhel střepinového pásu,

α = statický úhel střepinového pásu,

v_{shell} = rychlost munice,

v_{frag} = rychlost střepiny v klidovém případě,

v_{tot} = celková rychlost střepiny.

B.1.4.2.2 Zjednodušené pravidlo vyřazení cíle založené na průraznosti střepiny

Příloha B
(normativní)

1. Pravděpodobnost zasažení nejméně k prorážejícími střepinami se vypočítá použitím binomického rozložení

$$P(\text{zásah alespoň } k \text{ střepinami}) = 1 - F_{X, \text{Bin}}(k - 1; n_{\text{eff}}, p_{\text{hit}}) \quad (\text{B.11})$$

kde n_{eff} je počet účinných, tj. prorážejících střepin,

$F_{X, \text{Bin}}(k; n, p)$...distribuční funkce binomického rozdělení (CDF).

2. Speciálním případem zjednodušení rovnice B.11 je pravděpodobnost zasažení nejméně jednou prorážející střepinou

$$P(\text{zásah alespoň jednou prorážející střepinou}) = 1 - \left(1 - \frac{A}{A_{\text{zone}}}\right)^{n_{\text{eff}}} \quad (\text{B.12})$$

$$\approx 1 - \exp\left(-n_{\text{eff}} \frac{A}{A_{\text{zone}}}\right) = 1 - e^{-\rho_{\text{frag}} A} \quad (\text{B.13})$$

kde A = plocha segmentu cíle kolmá ke dráze střepiny (m^2),

A_{zone} = plocha střepinového pásu (m^2),

n_{eff} = počet účinných střepin,

ρ_{frag} = jednotková hustota střepin ($1/\text{m}^2$).

3. Malé střepiny budou ztrácet rychlost rychleji než větší, což znamená, že velké střepiny zůstanou účinnější ve větších vzdálenostech. Proto tedy je třeba najít nejmenší účinnou střepinu. Počet střepin s hmotností větší než minimální m_{min} se vypočítá z rozdělení hmotností střepin

$$n_{\text{eff}} = F_{M, c}(m_{\text{min}}) \quad (\text{B.14})$$

4. Za účinnou střepinu lze považovat střepinu s počáteční rychlostí v_0 schopnou v dané vzdálenosti x prorazit pancířovou desku určité tloušťky e_{min} . Může být vypočítána dalším postupem.
5. Cílem je vyřešit problém optimalizace

$$\underset{m}{\text{minimize}} \quad m \quad (\text{B.15})$$

omezující podmínkou je

$$m > 0 \quad (\text{B.16})$$

$$f_e(m, v_s) \geq e_{\text{min}} \quad (\text{B.17})$$

kde $f_e(\cdot)$ je rovnice průrazu. Rychlost nárazu v_s je dána modelem odporu

$$v_s = v(m; x, v_0) \quad (\text{B.18})$$

6. Toto lze řešit jako vložený nelineární program. Také může být vzat jako problém nalezení nelineárního kořene.

Příloha B
(normativní)

7. Namísto použití modelu průraznosti může být použit model ničivého účinku střepiny, založený např. na její kinetické energii. V tomto případě je mezní hodnota účinnosti e_{min} definována jako minimální kinetická energie a funkce $f_e(\cdot)$ jako vzorec pro kinetickou energii.

B.1.4.2.3 Model zneschopnění dle Kokinakis a Sperrazza

1. Tato část představuje, jak může být model dle Kokinakis a Sperrazza zneschopnění živé síly střepinami začleněn do modelu.
2. Kokinakis a Sperrazza představili v r. 1965 empiricky stanovené kritérium zneschopnění vojáků ocelovými střepinami a šipkami. Podmíněná pravděpodobnost zneschopnění vojáka zásahem střepiny se vypočítá z následujícího vztahu:

$$P(\text{zneschopnění}|\text{zásahem})(m, v_s) = p_{I|H}(m, v_s) = 1 - \exp\left(-a(mv_s^{3/2} - b)^n\right) \quad (\text{B.19})$$

kde m = hmotnost střepiny (kg),
 v_s = dopadová rychlost střepiny ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
 a, b, n = parametry, viz tab. B.3.

3. Hodnoty parametrů a, b, n jsou spojeny s taktickou úlohou a s dobou mezi zásahem a projevem zranění (*post-wounding time*). Tabulka parametrů je dána pro neoblečené vojáky a vojáky oblečené v americké zimní uniformě a v přilbě. Parametry se týkají hlavních částí těla a těla jako celku.

V závislosti na taktické úloze jsou různým částem těla přiděleny různé váhy. Doba od projevu zranění (*post-wounding time*) udává dobu mezi zásahem a zneschopněním (viz tab. B.3).

TABULKA B.3 – Parametry pro ocelové střepiny v jednotkách SI pro rovnice dle Kokinakis a Sperrazza

Funkce	Oděv	a	b	n
Obrana ≤ 30 s	Zimní uniforma	0,15368	0,34239	0,45106
Útok ≤ 30 s	Zimní uniforma	0,22039	0,33803	0,49570
Útok ≤ 5 min	Zimní uniforma	0,27542	0,33803	0,48781
Zásobování ≤ 12 h	Zimní uniforma	0,34891	0,31622	0,44350
Obrana ≤ 30 s	Žádný	0,18934	0,28896	0,41356

Tyto parametry platí pro celé tělo. Zimní uniformou se rozumí americká zimní uniforma s přilbou a botami.

4. Pravděpodobnost zásahu p_{hit} se vypočítá z rovnice (B.8). Je-li rozložení hmotnosti střepin kategoričným rozdělením s k kategoriemi velikostí střepin, každá s N_i střepin s hmotností m_i , kde $i \in [1, k]$; pak pravděpodobnost zneschopnění je dána vztahem

$$P(\text{zneschopnění}) = 1 - \prod_{i=1}^k \left(1 - p_{hit} p_{I|H}(m_i, v_s(m_i))\right)^{N_i} \quad (\text{B.20})$$

Příloha B
(normativní)

5. V případě spojitého rozdělení hmotnosti střepin je pravděpodobnost zneschopnění dána vztahem

$$P(\text{zneschopnění}) = 1 - \exp\left(\int_0^{\infty} f_m(m) \ln(1 - p_{hit}(m)) dm\right) \quad (\text{B.21})$$

kde $f_M(m)$ představuje hmotnostní funkci, jejíž vztah k CCDF pomocí $F_{M,c}(m)$ je

$$F_{M,c}(m) = \int_0^{\infty} f_M(m) dm \quad (\text{B.22})$$

B.1.4.3 Modely odporu střepin

1. Modely odporu poskytují rychlost střepiny ve vzdálenosti x , odvozenou z počáteční rychlosti v_0 . Tato je použita pro výpočet dopadové rychlosti střepiny, jsou-li známy bod výbuchu a poloha elementárního cíle. Zde jsou uvedeny dva modely odporu. První je v obecném tvaru a je vhodný pro střepiny pravidelného tvaru. Druhý model je určen pro nepravidelné střepiny, vzniklé přirozenou fragmentací.

B.1.4.3.1 Obecný model odporu

1. Obecný model odporu lze odvodit z rovnice odporu a z druhého Newtonova zákona

$$v(x) = v_0 \exp\left(-\frac{\rho_a C_d A x}{2m}\right) \quad (\text{B.23})$$

kde:

- v_x = rychlost ve vzdálenosti x ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
 - x = překonaná vzdálenost (m),
 - v_0 = počáteční rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
 - ρ_a = hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)... ($\rho_a \approx 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$),
 - C_d = koeficient odporu
 - A = plocha průřezu objektu (m^2),
 - m = hmotnost střepiny (kg).
2. Koeficient odporu C_d závisí na tvaru a orientaci střepiny a také na Machově číslu M a Reynoldsově číslu Re . Velikost Reynoldsova čísla určuje, o jaký typ proudění okolo objektu jde. Změny Reynoldsova čísla jsou obvykle v oblastech praktického využití malé a závislost je proto zanedbána. Příklady koeficientů odporu kostky a koule jsou uvedeny v tab. B.4.

TABULKA B.4 – Koeficienty odporu pro různé tvary

Tvar	C_d	Rozsah Machova čísla	Odkaz
Kostka	0,83	$M \leq 0,9$	[4]
Kostka	1,14	$M > 0,9$	[4]
Koule	0,49	$M \leq 0,9$	[4, 16]
Koule	0,93	$M > 0,9$	[4, 16]

Rozsah Machova čísla označuje hodnoty Machova čísla, pro které jsou definovány koeficienty odporu.

B.1.4.3.2. Model odporu pro nepravidelné střepiny

1. Koeficient tvaru střepiny f_k lze charakterizovat jako

$$f_k = \frac{A}{m^{2/3}} \quad (\text{B.24})$$

kde:

- f_k = koeficient tvaru střepiny ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{2/3}$),
- A ; = plocha příčného průřezu objektu (m^2),
- m = hmotnost střepiny (kg).

2. Dosazením rovnice B.24 do rovnice B.23 lze odvodit následující rovnici

$$v(x) = v_0 \exp \left(- \frac{kx}{\sqrt[3]{m}} \right) \quad (\text{B.25})$$

kde:

$$k = \frac{\rho_a C_d A}{2m^{2/3}} = \frac{1}{2} \rho_a C_d f_k \quad (\text{B.26})$$

3. Velikost koeficientu k se stanovuje experimentálně a představuje průměr všech střepin ve střepinovém pásu. V [10, 3] velikost $k = 0,004(\text{kg})^{1/3}/\text{m}$ platí pro ocelovou střepinu některého standardního tvaru. Následující ukázka parametrických hodnot ocelových střepin je převzata z [23], originálním zdrojem je švédská FOA:

$$k = 0,00264, \quad M \leq 0,9 \quad (\text{B.27})$$

$$k = 0,00456, \quad M > 0,9$$

B.1.4.4 Rovnice průraznosti střepin

B.1.4.4.1 Vzorec Rilbeho

Vzorec Rilbeho se používá k výpočtu schopnosti průrazu střepiny obvyklé hmotnosti a dopadové rychlosti. Vzorec je vyjádřen takto

$$e = q v_s m^{1/3} \quad (\text{B.28})$$

Příloha B
(normativní)
kde:

- e = hloubka průrazu (m),
 q = parametr závislý na materiálu a tvaru střepiny, a na materiálu pancíře ($s(kg)^{-1/3}$),
 v_s = dopadová rychlost ($m \cdot s^{-1}$),
 m = hmotnost střepiny (kg).

Odkaz [24] uvádí některé hodnoty konstanty q pro několik kombinací materiálu střepin a desky, viz

TABULKA B.5 – Rilbeho konstanty pro rovnici B.28. Zdroj [24]

		$q \text{ (s(kg)}^{-1/3})$	
Střepina		Materiál desky	
Materiál	Tvar	Měkká ocel (SIS 1311)	Dural
Ocel	Měkká koule (HRC 12)	$56 \cdot 10^{-6}$	$115 \cdot 10^{-6}$
	Kostka	$42 \cdot 10^{-6}$	$90 \cdot 10^{-6}$
	Nepravidelná střepina	$39 \cdot 10^{-6}$	$82 \cdot 10^{-6}$ (vypočteno) $70 \cdot 10^{-6}$ (experiment)
Wolfram	Malá koule ($\varnothing \leq 12$ mm)	$72 \cdot 10^{-6}$	$190 \cdot 10^{-6}$
	Kostka	$61 \cdot 10^{-6}$	$150 \cdot 10^{-6}$

B.1.4.4.2 Rovnice THOR

- Existuje množství variant vzorce THOR [6, 7, 9, 12]. Jeden z nich může použít vztah pro odhad zbytkové rychlosti střepiny po proniknutí deskou nebo pro dopadovou rychlost nezbytnou k průrazu desky definované tloušťky. Rovnice mohou být zjednodušeny vytvořením předpokladů týkajících se tvaru střepiny.
- Nastavením zbytkové rychlosti střepiny na nulu lze zjistit balistickou mez pro obecný tvar střepiny

$$v_s = 10^{c_1,sv} (eA)^{\alpha_1} m^{\beta_1} (\sec(\theta))^{\gamma_1} \quad (\text{B.29})$$

a pro charakteristickou střepinu

$$v_s = 10^{c_1^*,sv} e^{\alpha_1} m^{\beta_1^*} (\sec(\theta))^{\gamma_1} \quad (\text{B.30})$$

kde:

- v_s = dopadová rychlost střepiny ($m \cdot s^{-1}$),
 e = tloušťka desky (m),
 A = střední dopadová plocha střepiny při nárazu (m^2),

Příloha B
(normativní)

m = hmotnost střepiny (kg),

θ = úhel sevřený dráhou střepiny a normálou k povrchu materiálu desky,

$c_{1,SI}, c_{1,SI}^*, c_1^*, \alpha_1, \beta_1, \beta_1^*, \gamma_1$ = konstanty stanovené samostatně pro každý materiál.

B.1.4.5 Poškození tlakovou vlnou

1. Tlaková vlna vytvořená výbuchem ve vzduchu a přenesená vzduchem je obecně charakterizována přetlakovou špičkou a specifickým impulsem, daným integrálem přetlaku působícího po dobu trvání kladné fáze.
2. Existují diagramy a číselné modely umožňující určit pro TNT tlakové špičky a impuls jako funkce vzdálenosti od bodu výbuchu. Takové diagramy jsou např. ve [2, 3]. Pro jiné trhaviny než TNT se jejich hmotnost přepočítá na ekvivalent TNT vynásobením příslušným faktorem [8]. Také je potřebné uvážit, že část energie uvolněné detonací se podílí na tříštění těla střely (nebo obalu) a že tedy na toto se spotřebuje určitý malý ekvivalent trhaviny.
3. V literatuře lze najít údaje o mezních hodnotách přetlaku a impulsu pro různé stupně poškození živé síly a zařízení; toto umožňuje jednoduchým trojrozměrným „výkrojem“ funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle posoudit detonace ve vzduchu.

B.1.5 Odkazy k příloze B

[1] Kenttätökytkistöopas I: Ampumaoppi. Pääesikunnan koulutusosasto, 1990.

[2] Technical manual TM 5-1300: Structures to resist the effects of accidental explosions. Technical Report Army TM 5-1300, Navy NAVFAC P-397, Air Force AFR 88-22, Washington, DC, November 1990.

[3] United facilities criteria (UFC): Structures to resist the effects of accidental explosions. UFC UFC 3-340-02, Washington, D.C., 2008.

[4] US Army Combat Systems Test Activity. GE/UK/US "Static testing of high explosive munitions for obtaining fragment spatial distributions". International Test Operations Procedure, December 1990. ITOP 4-2-183.

[5] Bernt M. Åkesson, Esa Lappi, Ville H. Pettersson, Eric Malmi, Sampo Syrjänen, Marko Vulli, and Kari Stenius. Validating indirect fire models with field experiments. *Journal of Defense Modelling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 10(4):425–434, October 2013.

[6] Ballistic Analysis Laboratory, The Johns Hopkins University. A comparison of the performance of fragments of four materials impacting on various plates. Technical Report Project Thor Technical Report No. 41, Institute for Cooperative Research, The Johns Hopkins University, Baltimore, MD, May 1959.

[7] Ballistic Analysis Laboratory, The Johns Hopkins University. The resistance of various metallic materials to perforation by steel fragments, empirical relationships for fragment residual velocity and residual weight. Technical Report Project Thor

Příloha B

(normativní)

Technical Report No. 47, Institute for Cooperative Research, The Johns Hopkins University, Baltimore, MD, April 1961.

[8] Paul W. Cooper. *Explosives Engineering*. Wiley, New York, 1996.

[9] Michelle Crull and Michael M. Swisdak, Jr. Methodologies for calculating primary fragment characteristics. Technical Paper 16, Revision 2, Department of Defense Explosives Safety Board, Alexandria, VA, October 2005.

[10] Department of the Army, Washington, D.C. *Technical Manual TM 5-855-1: Fundamentals of protective design from conventional weapons*, 1986.

[11] Ove Dullum. Cluster weapons – military utility and alternatives. Technical Report FFI-rapport 2007/02345, Norwegian Defence Research Establishment (FFI), 2008.

[12] Donald O. Dusenberry, editor. *Handbook for Blast Resistant Design of Buildings*. Wiley, 2010.

[13] Predrag Elek and Slobodan Jaramaz. Fragment mass distribution of naturally fragmenting warheads. *FME Transactions*, 37(3):129–135, 2009.

[14] Tapio Heininen. A method to calculate the lethality of fragmenting ammunition. In J. S. Hämäläinen, editor, *Lanchester and Beyond—A Workshop on Operational Analysis Methodology*, volume 11 of Defence Forces Technical Research Centre Publications, pages 19–30, Riihimäki, 2006. Defence Forces Technical Research Centre.

[15] Manfred Held. Fragment mass distribution of the projectiles. *Propellants, Explosives and Pyrotechnics*, 15:254–260, 1990.

[16] Bo Janzon. Underlag för verkansberäkningar. H5. Splitters luftmotstånd. Technical Report FOA 2 A 2539-44, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, 1971.

[17] William Kokinakis and Joseph Sperrazza. Criteria for incapacitating soldiers with fragments and flechettes. BRL Report BRL R 1269, Ballistic Research Laboratories, Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1965.

[18] Theodor Krauthammer. *Modern Protective Structures*. CRC Press, 2008.

[19] Esa Lappi. *Computational Methods for Tactical Simulations*. Doctor of Military Science Thesis, National Defence University, Finland, 2012.

[20] Esa Lappi, Olli Pottonen, Sami Mäki, Kostu Jokinen, Olli-Pentti Saira, Bernt M. Åkesson, and Marko Vulli. Simulating indirect fire—a numerical model and validation through field tests. In *2nd Nordic Military Analysis Symposium*, Stockholm, Sweden, 2008.

[21] Esa Lappi, Mikko Sysikaski, Bernt Åkesson, and Uğur Z. Yildirim. Effects of terrain in computational methods for indirect fire. In C. Laroque, J. Himmelspach, R.

Příloha B
(normativní)

Pasupathy, O. Rose, and A. M. Uhrmacher, editors, *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*, 2012.

[22] N. F. Mott. Fragmentation of H.E. shells: A theoretical formula for the distribution of weights of fragments. Army Operations Group Research Memo No. 24 AC3642, Ministry of Supply, United Kingdom, March 1943.

[23] Risto Noopila. Kranaattien sirpaloitumiselle asetettavat vaatimukset [Requirements set on the splintering of shells]. In P. Multanen, R. J. Setälä, S. Ahto, P. Hakala, and R. Lahtiperä, editors, *Tiede ja Ase – Suomen Sotatieteellisen Seuran Vuosijulkaisu N:o 42 [Science and Weapons – The Annual of the Finnish Society of Military Sciences Issue 42]*, pages 144–180. Suomen Sotatieteellinen Seura (The Finnish Society of Military Sciences), Helsinki, 1984.

[24] Ulf Rilbe. Splitters genomslagsförmåga—Sammanställning av numeriska värden grundade på försök och beräkningar [Perforation capability of fragments—Compilation of numerical values based on experiments and calculations, in Swedish]. Technical Report FOA 2 A 2525-44, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, 1970.

[25] Robert J. Yager. Reading, writing, and analyzing ZDATA files using C++. Technical Report ARL-TN-541, Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, October 2013.

[26] STANAG 4589 Ed 1, Static testing of high-explosive munitions for obtaining fragment spatial distribution.

[27] Morris Driels. *Weaponering: Conventional Weapon System Effectiveness*, AIAA Education Series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.

[28] Tapio Saarelainen. *Taistelija 2020 – tulevaisuuden kärkitaistelija*, Maasotakoulu, Lappeenranta, 2007.

B.2 Carletonova funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro jednotnou tříštivou střelu, též ztrátová funkce (průměrná spolehlivost)

Carletonova funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle ke stanovení pravděpodobnosti vyřazení jednoho elementárního cíle účinkem tříštivé munice je dána rovnicemi B.31, B.32 a B.33.

$$P_k(u, v, r, d) = D_0 \cdot e^{-D_0 \left(\frac{(u-r)^2}{r_1^2} + \frac{(v-d)^2}{r_2^2} \right)} \quad (\text{B.31})$$

kde:

$$r_1^2 = \frac{A_L \cdot Q}{\pi} \cdot v \quad (\text{B.32})$$

$$r_2^2 = \frac{A_L}{Q \cdot \pi} \quad (\text{B.33})$$

P_k = Pravděpodobnost vyřazení jednotlivého elementárního cíle;

Příloha B
(normativní)

- D_0 = Koeficient tvaru;
- (u, v) = Souřadnice dálky a směru elementárního cíle (vztažené k záměrné přímce);
- (r, d) = Souřadnice dálky a strany funkčního bodu munice (vztažené k záměrné);
- A_L = Plocha ničivého účinku munice vůči elementárnímu cíli při daném úhlu dopadu (ω). Změní-li se úhel ω , musí být do rovnic B.32 a B.33 vložena odpovídající hodnota A_L ;
- Q = Obecný parametr potřebný k přizpůsobení Carletonovy funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle národním experimentálním údajům.
Běžná hodnota $Q = (1 - 0,8 \cos \omega)$;
- r_1, r_2 = Velikosti poloměrů ničivého účinku munice vypočtené použitím poměru strany k dálce a úhlu dopadu střely.

Předpoklady:

1. Určeno k použití s gaussovskými chybami přesnosti střelby.
2. Chyby přesnosti střelby by měly být ve srovnání s r_1, r_2 „velké“ (tj. neuvažovat pro naváděnou/přesnou střelbu).

B.3 Kruhově vykrojená funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro jednotnou tříštivou střelu (nízká spolehlivost)

Kruhově vykrojená funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro stanovení pravděpodobnosti vyřazení jednoho elementárního cíle účinkem tříštivé střely je dána rovnicí B.34.

Celková kruhově vykrojená funkce P_k jednotné tříštivé munice je dána vynásobením funkce P_k spolehlivosti zapalovače střely.

$$P_k(u, v, r, d) = \begin{cases} C & \text{if } (u-r)^2 + (v-d)^2 \leq \frac{A_L}{C \cdot \pi} \\ 0 & \text{if } (u-r)^2 + (v-d)^2 > \frac{A_L}{C \cdot \pi} \end{cases} \quad (\text{B.34})$$

- P_k = Pravděpodobnost vyřazení jednoho elementárního cíle;
- (u, v) = Souřadnice dálky a strany cíle;
- (r, d) = Souřadnice dálky a strany funkčního bodu munice;
- A_L = Prostor ničivého účinku střely vůči elementárnímu cíli;
- C = Konstantní hodnota náležející k modelu ($0 < C < 1$).

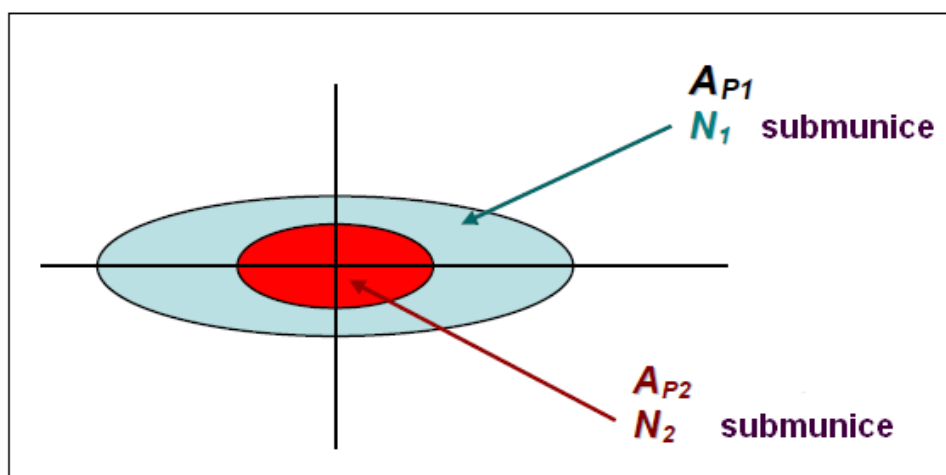
Předpoklady:

Konstanta P_k platí pro celou střepinovou plochu ničivého účinku munice.

B.4 Kruhově vykrojená funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro střelu se submunicí, též ztrátová funkce (nízká spolehlivost)

Kruhově vykrojená funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro stanovení pravděpodobnosti vyřazení jednoho elementárního cíle nacházejícího se v prostoru rozletu submunice (ve tvaru „kotouče“) je uvedena dále v textu a znázorněna na obrázku B.4. Funkce rozletu submunice bude u každého vystřeleného nosiče určena jeho spolehlivostí R_C . Spolehlivost submunice je zahrnuta do výpočtu v níže uvedeném vzorci.

Je-li celková pravděpodobnost jednoho obrazce submunice rovna P_k , pak funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle P_k se získá vynásobením spolehlivostí nosiče R_C .



OBRÁZEK B.4 – Nákres funkce pravděpodobnosti vyřazení vymezené oblasti cíle

$$N = N_1 + N_2 \quad (\text{B.35})$$

$$P_{k1} = \left(1 - \exp\left(\frac{-N_1 \cdot A_L \cdot R_S}{A_{p1}}\right) \right) \quad (\text{B.36})$$

$$P_{k2} = \left(1 - \exp\left(\frac{-N_2 \cdot A_L \cdot R_S}{A_{p2}}\right) \right) \quad (\text{B.37})$$

kde:

P_{k1} = Pravděpodobnost vyřazení jednoho elementárního cíle nacházejícího se v prostoru obrazce A_{p1} ;

P_{k2} = Pravděpodobnost vyřazení jednoho elementárního cíle nacházejícího se v prostoru obrazce A_{p2} ;

N_1, N_2, N = Počet bombiček v A_{p1}, A_{p2} a jejich celkový počet;

A_L = Plocha ničivého účinku jedné submunice proti danému elementárnímu cíli;

Příloha B
(normativní)

R_S = Spolehlivost jedné submunice;

A_{p1}, A_{p2} = Obrazce ploch, do kterých jsou submunice N_1 a N_2 rozptýleny (stanovení ploch obrazců A_{p1} a A_{p2} závisí na tvaru obrazců).

Předpoklady:

1. Metoda je vhodná jak pro pravoúhlé tak i eliptické obrazce.
2. Ničivé účinky jednotlivé submunice jsou individuální.
3. Ničivé účinky jednotlivé submunice jsou zahrnuty v sestavě submunice.
4. Rozložení submunice v obrazci je statisticky rovnoměrné.
5. Statistické doporučení navrhuje $n > 50$; $R \cdot \frac{A_L}{AP}$ bude relativně malé:

$$\left(n \cdot R \cdot \frac{A_L}{AP}\right) < 5$$

B.5 Modelování jednotlivé submunice

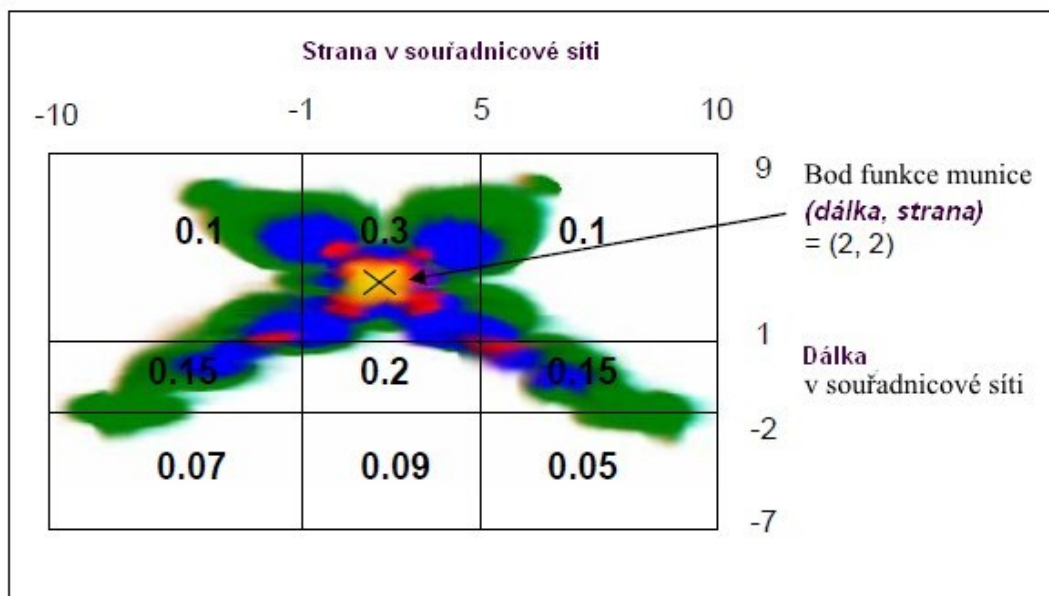
Body dopadu submunice mohou být modelovány jednotlivě. Pokud se tak stane, může být vyhodnocení vyřazení cíle každou submunicí provedeno použitím některé funkce pravděpodobnosti vyřazení cíle pro jednotnou tříštivou municí nebo maticí pravděpodobnosti vyřazení cíle.

B.6 Metodika matice pravděpodobnosti vyřazení cíle pro munice se submunicí, též matice ztrát (vysoká spolehlivost)

Zde je uveden postup použití matice pravděpodobnosti vyřazení cíle k výpočtu pravděpodobnosti vyřazení elementárního cíle (P_k) a příklady definic matice pravděpodobnosti vyřazení cíle a prostoru cíle.

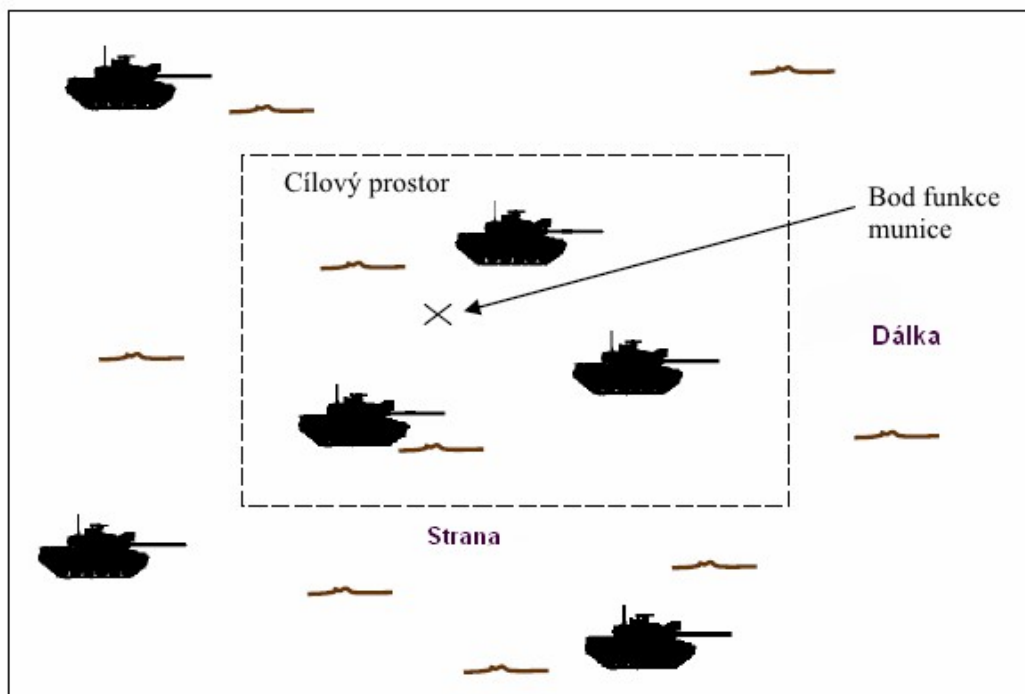
Matice pravděpodobnosti vyřazení cíle je specifická pro párování elementárního cíle a munice, tj. dvojice elementární cíl ve specifikovaném stavu a/nebo poloze a munice s danou výškou rozprasku a úhlem dopadu. Matice pravděpodobnosti vyřazení cíle je definována počtem buněk $n \times m$ a obsahuje následující detaily (viz obrázek B.5):

- Skupina buněk $n \times m$ obsahující hodnoty pravděpodobnosti vyřazení P_k ;
- Skupina $n + 1$ souřadnicových čar v dálce;
- Skupina $n + 1$ souřadnicových čar ve straně;
- Bod funkce munice v dálce a ve straně.



OBRÁZEK B.5 – Matice pravděpodobnosti vyřazení cíle zobrazující příklady veličin

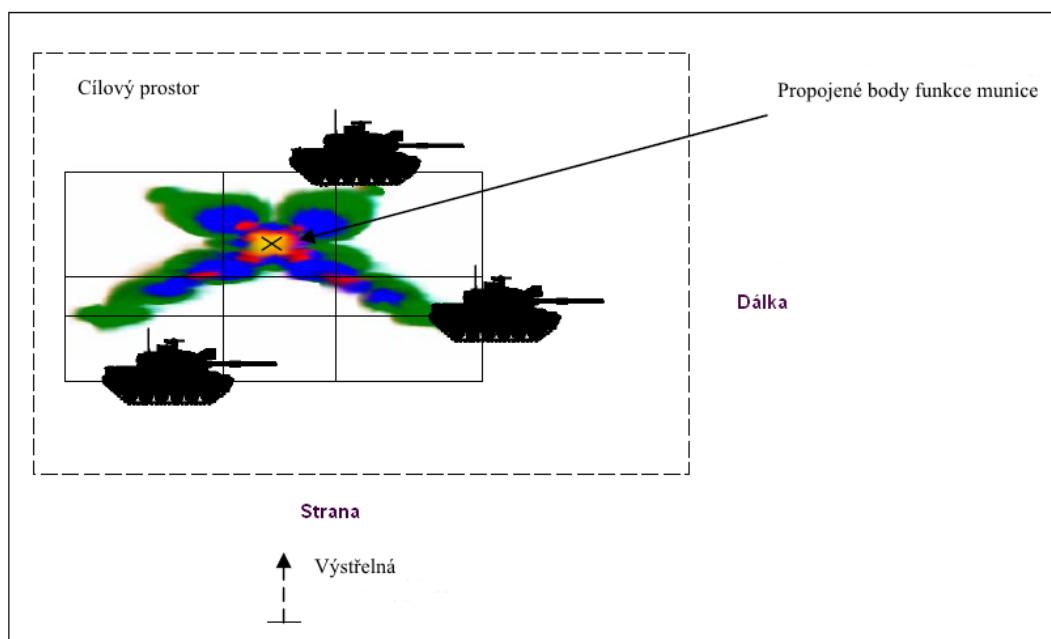
V obrázku B.6 je znázorněn cílový prostor a bod funkce munice.



OBRÁZEK B.6 – Příklad reálného případu cílového prostoru

Příloha B
(normativní)

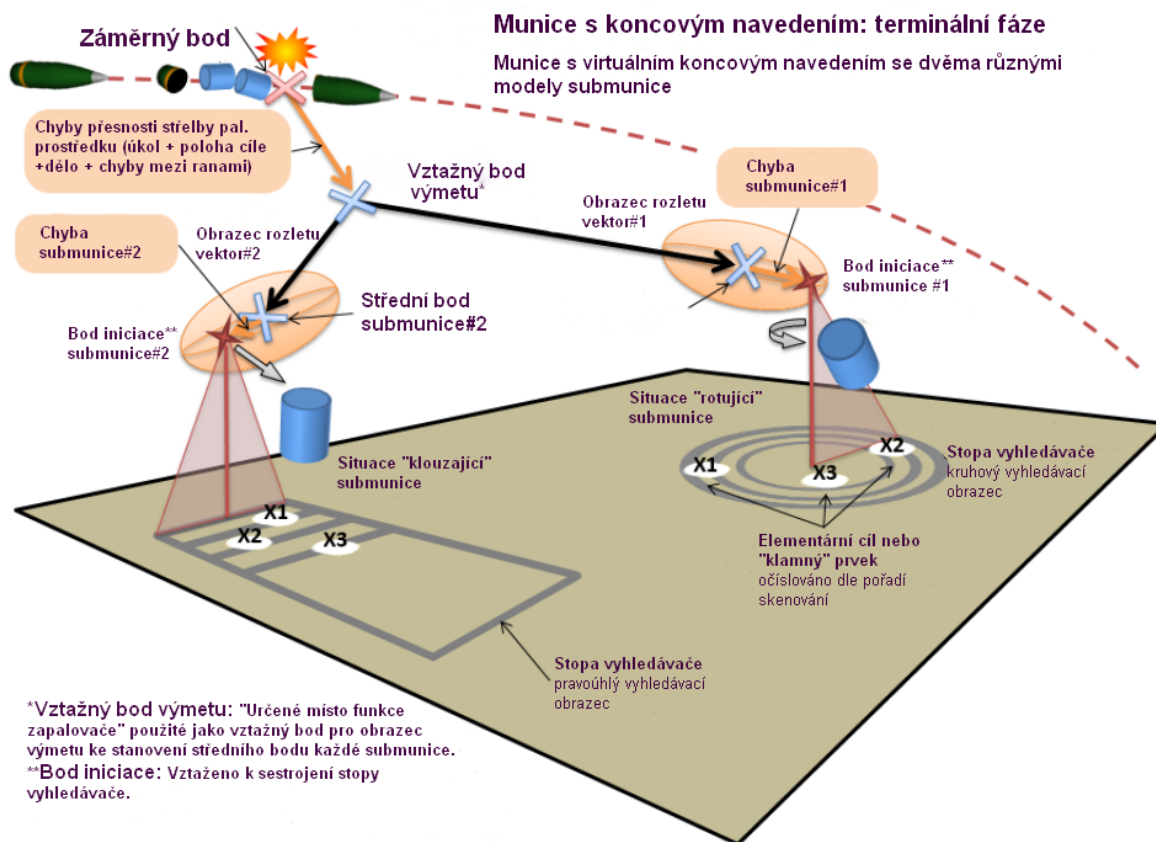
Pravděpodobnost P_k vyřazení daného elementárního cíle v cílovém prostoru se vypočítá použitím matice pravděpodobnosti vyřazení cíle a definovaného cílového prostoru. Výpočet je dokončen rozmístěním funkčních bodů munice v této matici a funkčních bodů munice v cílovém prostoru (jak ukazuje obrázek B.7). Nachází-li se elementární cíl uvnitř této matice, pak hodnota P_k platí pro vybranou buňku matice.



OBRÁZEK B.7 – Cílový prostor překrytý maticí pravděpodobnosti vyřazení cíle

B.7 Modelování pravděpodobnosti vyřazení cíle municí s koncovým navedením (s vyhledávačem)

Použití munice s koncovým navedením (s vyhledávačem) je znázorněno na obrázku B.8.



OBRÁZEK B.8 – Munice s koncovým navedením

Do výpočtu efektivnosti se zavádí spolehlivost munice; ale spolehlivost nosiče R_c je zavedena odděleně od výpočtu pravděpodobnosti vyřazení a výraz nezahrnuje samotné vnitřní ztrátové funkce. Do výpočtového vzorce se vkládá pouze spolehlivost submunice.

B.7.1 Výpočet účinnosti

Účinnost působení jednotlivé submunice s vyhledávačem na jednotlivý elementární cíl může být modelována použitím rovnice pro pravděpodobnost vyřazení jednotlivou submunicí (P_{KSS}):

$$P_{KSS} = R_S \cdot P_{Engage} \cdot P_{Hit|Engage} \cdot P_{Kill|Hit} \quad (B.38)$$

kde:

- R_S = Bezporuchovost submunice; tj. pravděpodobnost, že správně nastane výmet samotné submunice (oddělení) a její funkce.
- P_{Engage} = Pravděpodobnost střetnutí; tj. pravděpodobnost, že elementární cíl bude ve stopě vyhledávače detekován a v přítomnosti klamných cílů vybrán pro útok submunicí. Výběr je založen na výběrové logice konkrétní submunice.
- $P_{Hit|Engage}$ = Pravděpodobnost zásahu při daném střetnutí; tj. pravděpodobnost, že submunice zasáhne elementární cíl vybraný pro útok.
- $P_{Kill|Hit}$ = Pravděpodobnost vyřazení daným zásahem; tj. pravděpodobnost, že submunice vyřadí vybraný elementární cíl.

Příloha B
(normativní)

Toto platí při dodržení podmínky, že elementární cíl se bude nacházet ve stopě vyhledávače.

B.7.2 Generování klamných elementárních cílů

1. Standardně se předpokládá, že na bojišti jsou klamné elementární cíle rozmístěny jednotně s hustotou definovanou jako vlastnost každého jednotlivého vyhledávače a daného prostředí. Hustota klamných elementárních cílů (D_{FT}) je určena počtem klamných elementárních cílů na jednotce plochy. V případě, že plocha stopy vyhledávače (A_S) je malá ve srovnání s celkovou plochou bojiště, lze prokázat, že počet klamných elementárních cílů nacházejících se ve stopě vyhledávače podléhá Poissonovu rozdělení se střední hodnotou $D_{FT} \cdot A_S$.

Pravděpodobnost, že ve stopě vyhledávače se nachází x klamných elementárních cílů je dána rovnicí:

$$P(X = x) = e^{(-D_{FT} \cdot A_S)} (D_{FT} \cdot A_S)^x / x! \quad (\text{B.39})$$

2. Pomocí rovnice (B.39) se vypočítá, jaká je pravděpodobnost $V(x)$, že ve stopě vyhledávače se bude nacházet x nebo méně klamných elementárních cílů. Počet klamných elementárních cílů může být doložen stochasticky generováním náhodného čísla h a určením velikosti x takové, že bude platit

$$V(x - 1) < h \leq V(x) \quad (\text{B.40})$$

3. Po stanovení počtu klamných elementárních cílů jsou stochasticky generovány jejich polohy použitím rovnoměrného rozdělení.

B.7.3 Simulace munice s koncovým navedením (s vyhledávačem)

- a. Spolehlivost nosiče se stanovuje pro každý výstřel použitím spolehlivosti nosiče R_C a stochastickým postupem. Bude-li nosič označen jako nespolehlivý, nebude se v další analýze výstřelu pokračovat.
- b. Spolehlivost submunice se stanovuje pro každou submunici použitím její spolehlivosti R_S a stochastickým postupem. Bude-li submunice označena jako nespolehlivá, nebude se v další analýze této submunice pokračovat.
- c. Body iniciace submunice se stanovují použitím vztažného bodu výmetu, zjištěných parametrů obrazce výmetu a stochastickým postupem simulace chyb přesnosti palby.
- d. Sestrojení stop submuničních vyhledávačů se odvozuje z terénu, nad kterým jsou submunice vymeteny a z parametrů stopy vyhledávače.
- e. Tímto modelem se vyhodnocuje, zda se elementární cíl bude nacházet uvnitř stopy vyhledávače. Rovněž se tento model použije jako model generování klamných cílů (viz článek B.7.2), ke stanovení počtu a poloh klamných elementárních cílů ve stopě vyhledávače. Všechny elementární cíle ve stopě vyhledávače (včetně klamných elementárních cílů) jsou považovány za zachycené.

Příloha B
(normativní)

- f. Všechny zachycené elementární cíle (včetně klamných elementárních cílů) se následně roztřídí podle příslušného pořadí (postupu) skenování. Organizace skenování se volí tak, aby elementární cíle mohly být vyhodnoceny v pořadí, které by bylo blízké pořadí, v jakém by byly skenovány aktuálním vyhledávačem. Pořadí skenování je funkcí typu tvaru stopy vyhledávače.
- g. Elementární cíle (včetně klamných elementárních cílů) se pro stanovení, zda dojde k zaútočení na cíl, vyhodnocují v pořadí, v jakém byly skenovány.
- Předně, detekce je vymezena použitím pravděpodobnosti detekce (P_{Det}), což je pravděpodobnost, že jednotlivá submunice bude detekovat elementární cíl ve stopě svého vyhledávače) nebo (P_{FTD}) – což je pravděpodobnost detekce klamného/nezamýšleného elementárního cíle) a stochastickým postupem.
 - Dojde-li k detekci, je možnost střetnutí určena použitím logiky útoku.
- h. Při zachycení klamného elementárního cíle se další zpracování nepožaduje. Při zachycení skutečného elementárního cíle model vyhodnotí pomocí $P_{Hit|Engage}$ a stochastického postupu, zda je elementární cíl zasažen. Je-li elementární cíl zasažen, model vyhodnotí pomocí $P_{Kill|Hit}$ a stochastického postupu, zda elementární cíl je zničen.

Příloha C
(normativní)

Modelování výpočtu chyb přesnosti palby

1. Chyby středního bodu dopadu (MPI) a chyby mezi ranami se s rostoucí vzdáleností mezi zbraní a bodem dopadu zvětšují. Zvětšení chyb má dvě složky, tj. délku a stranu, a nejsou-li k dispozici reálná data, lze je modelovat lineárně odhadem.
2. Rovnice použitá k odhadu chyb přesnosti je:

$$E = A_0 + R \cdot A_1 \quad (C.1)$$

kde:

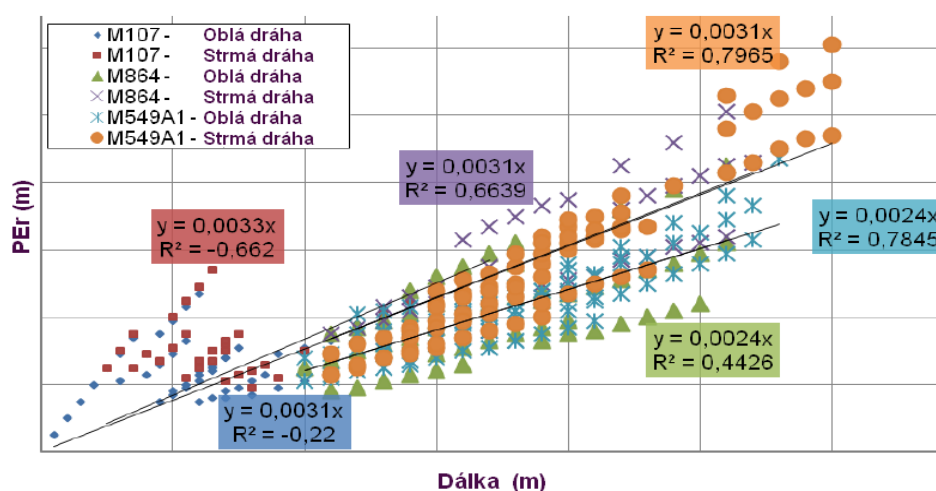
E = chyba mezi ranami ve straně a v dálce; chyby středního bodu dopadu MPI ve straně nebo v dálce,

A_0 = konstantní část chyby,

A_1 = koeficient zvětšující chybu úměrně se zvětšující se délkou,

R = vzdálenost od zbraně k záměrnému bodu.

3. Koeficienty A_0 a A_1 jsou odvozeny regresí z dostupných reálných dat. Tyto koeficienty se mění v závislosti na:
 1. tom, zda je vypočtena chyba MPI nebo chyba mezi ranami,
 2. typu zbraně, která projektily vystřeluje (houfnice, minomet, atd.),
 3. metodě palby (palba bez zastřílení, zastřílená palba, atd.),
 4. úhlu výstřelu (strmá nebo oblá dráha),
 5. stáří meteožprávy (1/2 hod, 2 hod, 4 hod atd.).
4. V následujícím obrázku (obr. C.1) je uveden soubor dat použitých k určení koeficientů.



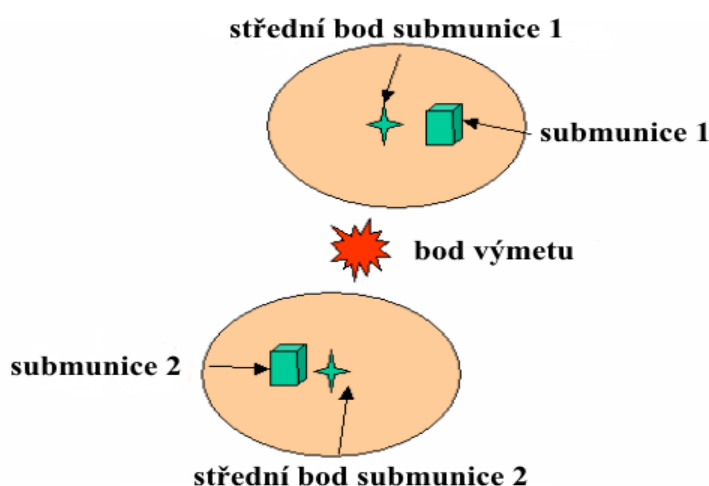
OBRÁZEK C.1 – Pravděpodobná chyba dálky v závislosti na vzdálenosti pro vybrané 155mm HE střely

Matematický model přesnosti vedení palby

D.1 Přesnost vedení palby podle ČOS 109006 (STANAG 4635)

ČOS 109006 využívaný k určení přesnosti vedení palby bere do úvahy:

- Stupeň přesnosti zjištění cíle, modelovaný dvourozměrným normálním rozložením;
- Meteorologickou chybu, za předpokladu, že palebné prostředky jsou rozmístěny společně, modelovanou dvourozměrným normálním rozložením;
- Chybu mezi palebnými jednotkami, modelovanou dvourozměrným normálním rozložením, s podélnou souřadnicovou osou ve směru dálky a k ní kolmou osou ve směru strany pro všechny připojené zbraně;
- Chyby mezi zbraněmi modelované dvourozměrným normálním rozložením;
- Bod výmetu z nosiče, modelovaný dvourozměrným normálním rozložením, s podélnou souřadnicovou osou ve směru dálky a k ní kolmou osou ve směru strany pro všechny připojené zbraně. Chyby výšky rozprasku okolo bodu výmetu budou modelovány rovněž dvourozměrným normálním rozložením;
- Chyby mezi ranami modelované dvourozměrným normálním rozložením, s podélnou souřadnicovou osou ve směru dálky a k ní kolmou osou ve směru strany pro všechny připojené zbraně;
- Chyby mezi submunicemi modelované dvourozměrným normálním rozložením, jehož parametry mohou být specifikovány (dvourozměrné normální rozložení, mezikružší, atd.). Střední hodnota bude vypočtena z parametrů definovaných v ČOS 109001 (STANAG 4355).



OBRÁZEK D.1 – Chyba mezi submunicemi

Příloha D
(normativní)

D.2 Prostorový vztah chyb MET

U zbraní, které jsou ve vzájemné blízkosti a které střílí stejnou municí s obdobným balistickým řešením (náplň a náměr) by měly být chyby MET identické.

Následující model poskytuje tvorbu korelovaných náhodných odchylek pro aplikaci chyb MET ve stochastické simulaci. Také umožňuje zahrnout palebné jednotky, které nejsou rozmístěny v blízkosti, ale které střílí stejnou municí s odlišným balistickým řešením. Tuto metodu nelze použít, pokud je střelba vedena odlišnou municí; pak už by meteorologické chyby nekorelovaly s délkou.

D.2.1 Tvorba nezávislých náhodných čísel

D.2.1.1 Normální náhodná čísla

Nezávislá náhodná čísla s normálním rozdělením se generují použitím Zigguratova algoritmu.

D.2.1.2 Rovnoměrně rozložená náhodná čísla

Nezávislá náhodná čísla s rovnoměrným rozdělením se generují použitím algoritmu Mersenne Twister. Tato varianta algoritmu je známa pod označením MT19937 a používá délku slova 32 bitů.

D.2.2. Tvorba korelovaných náhodných čísel s normálním rozdělením

Normálně rozdělené náhodné proměnné se střední hodnotou 0 a kovarianční maticí **M** mohou být vytvořeny následující metodou:

- Naleznou se vlastní hodnoty λ_i a matice vlastních vektorů **B** kovarianční matice **M**;
- Sestaví se matice **C = B S**, ve které:

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} \sqrt{\lambda_1} & 0 & \cdot & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_2} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & \sqrt{\lambda_n} \end{pmatrix} \quad (\text{D.1})$$

- Vyvolá se n nezávislých náhodných čísel z_i normálně rozdělených (od $i = 1, \dots, n$) se střední hodnotou 0 a standardními odchylkami 1. z_i se vyhodnotí jako složky vektoru **z**;
- Sestaví se vektor **x = C z**. Složky x_i představují závislé náhodné proměnné.

Charakteristiky chování cíle

E.1 Model chování cíle

1. Při simulování palebného úkolu lze očekávat, že model cíle je proměnlivý. Změny týkající se živé síly se obvykle nazývají postupné přemísťování (pohyb přískoky), zatímco změny týkající se bojové techniky se nazývají zodolňování cíle.
2. Sekvence změn chování cíle musí být definovány. V této metodice je použita tabulka obsahující změny v průběhu palebné akce. Tabulka obsahuje počáteční pozici cíle následovanou sekvencí týkající se pozic a podílu přežívajících elementárních cílů jako funkce času. Toto umožní simulaci určení stavu cíle v daném čase. Procenta uvádí přežívající elementární cíle v závislosti na čase. Změna pozic se v daném čase (T_1 , T_2 atd.) projevuje okamžitě.
3. Tabulka E.1 uvádí pouze příklad implementace výše uvedeného.

TABULKA E.1 – Příklad implementace změn cíle v průběhu palebné akce

Čas (sekundy)	Podíl v pozici 1	Podíl v pozici 2	Podíl v pozici 3	Podíl v pozici 4
Počáteční stav	1,0	není	není	není
T_1	0,5	0,5		
T_2		0,25	0,25	0,5
...
T_n			0,33	0,67

4. Model předpokládá, že všechny elementy cíle se nacházejí v počáteční pozici. Počet přežívajících elementů v daném čase bude použit k určení počtu elementů cíle v každé další pozici v dílčím čase této akce. Přeživší elementární cíl je ten, který nebyl zabit. Toto lze vyjádřit vztahy:

$$E_{P1}(t) = E_S(t) * F_{P1}(t),$$

$$E_{P2}(t) = E_S(t) * F_{P2}(t),$$

$$E_{PN}(t) = E_S(t) * F_{PN}(t),$$

$$\text{Takže } E_{P1}(t) + E_{P2}(t) + \dots + E_{PN}(t) = E_S(t) \quad (\text{E.1})$$

kde: $E_{PN}(t)$ = Počet elementů cíle v čase T a v pozici P_n ;

$E_S(t)$ = Počet přeživších elementů cíle v čase T ;

$F_{PN}(t)$ = Procentní podíl elementů cíle, které jsou v čase T v pozici P_n .

Příloha E
(normativní)
POZNÁMKA

1. Ve výpočtu bude $E_{PN}(t)$ zaokrouhlené, poněvadž výsledkem výpočtu bude ve většině případů podíl elementů cíle v pozici. Součet cílů $E_{PN}(t)$ v daném čase napříč součtem všech pozic musí dát souhrn všech přeživších elementů cíle $E_S(t)$.
2. Protože chování cíle je vázáno na pozice pro přežívající cílové elementy, je možné, že elementární cíl se může přemístit z chráněnější pozice do zranitelnější.

E.2 Příklad chování cíle

Příklad chování cíle je uveden v následující tabulce E.2.

TABULKA E.2 – Příklad chování cíle

Čas (sekundy)	Podíl v pozici 1	Podíl v pozici 2	Podíl v pozici 3	Podíl v pozici 4
Počáteční stav	1,0	není	není	není
10		0,5	0,5	
20		0,25	0,5	0,25
30				1,0

1. S využitím výše uvedených chování (reakcí), obsahuje-li cíl 100 elementů a rána je vystřelena každých 10 sekund, pak mohou být reakce cíle následovné:

Při zásahu první rány jsou všechny elementární cíle v pozici 1. Je-li touto první ranou zneškodněno 30 elementů, pak 70 přeživších elementů cíle využije 10 sekund ke změně svého postavení. To může znamenat, že 35 elementů je v pozici 2 a 35 elementů v pozici 3.
2. Zásahem druhé rány je zneškodněno 25 elementů cíle. To znamená, že zbývá 45 elementů, které využijí 20 sekund ke změně postavení. Takže 11 elementů je v pozici 2, 23 elementů v pozici 3 a 11 elementů v pozici 4.
3. Dopadem třetí rány je zneškodněno 15 elementů. To znamená, že zbylo 30 elementů. Po uplynutí 30 sekund je konečné postavení elementárních cílů takové, že všechny zbývající elementy jsou v pozici 4.

Rozmístění záměrných bodů

Tato příloha obsahuje omezený výběr možných rozmístění záměrných bodů. Jiná rozmístění záměrných bodů, založená na národní taktice, způsobech a postupech (TTP), nejsou v tomto ČOS zahrnuta.

F.1 Pravoúhlý vějíř (*Rectangular Sheaf*)

Pravoúhlý vějíř je prostor záměrných bodů ve tvaru obdélníka. Záměrné body jsou rozmístěny na tomto obdélníkovém prostoru. Rozložení záměrných bodů v pravoúhlém vějíři se různí podle národních TTP.

F.2 Lineární vějíř (*Linear Sheaf*)

Lineární vějíř je speciální případ pravoúhlého vějíře, kde jeden rozměr obdélníkového prostoru záměrných bodů je výrazně menší než druhý rozměr. Záměrné body jsou při lineárním vějíři rozmístěny v jedné přímce, rovnoběžné s nejdelším rozměrem. Rozložení záměrných bodů na této jediné přímce se různí podle národních TTP.

F.3 Kruhový vějíř (*Circular Sheaf*)

Záměrné body kruhového vějíře se umísťují v prostoru kruhového cíle. Rozložení záměrných bodů v kruhovém prostoru se různí podle národních TTP.

F.4 Sevřený vějíř (*Converged Sheaf*)

Jako záměrný bod pro všechny zbraně se použije střed prostoru záměrných bodů (prodloužené osy hlavní se protínají v cíli – v dálce cíle).

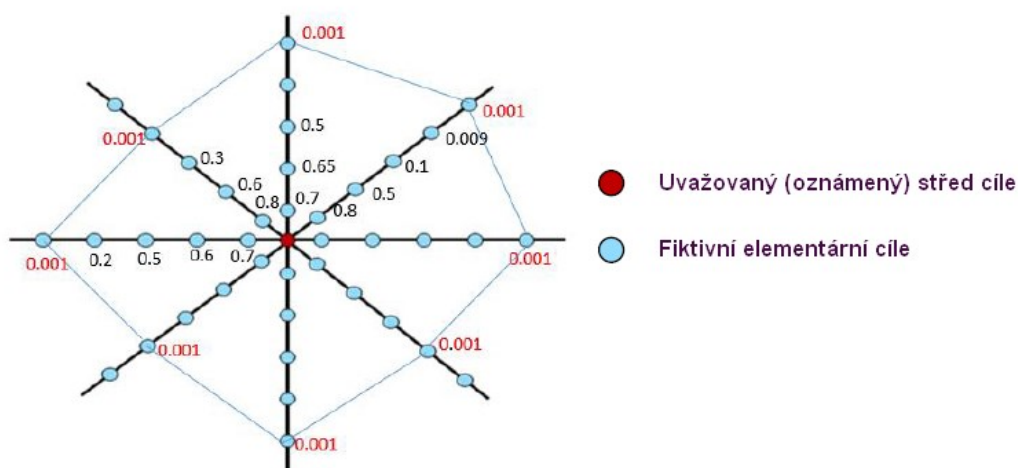
F.5 Rovnoběžný vějíř (*Parallel Sheaf*)

Při rovnoběžném vějíři jsou osy hlavní jednotlivých děl jedné palebné jednotky rovnoběžné se směrem vedeným ze středního bodu palebného postavení ke středu záměrného prostoru.

Příloha G
(normativní)

Hranice ohrožených prostorů

1. Vymezení hranic ohrožených prostorů (DTC) pro úkol nepřímé palby se provede určením řady vzdáleností ohrožených prostorů. Tyto hraniční vzdálenosti jsou definovány jako takové vzdálenosti, za kterými je potřebné umístit a udržet živou sílu s pravděpodobností ztrát menší než je přijatelná úroveň rizika.
2. Fiktivní elementární cíle (GTE) jsou rozmístěny podél paprsků vycházejících ze středu cíle. Fiktivní elementární cíl je náhradní (umělý) elementární cíl, přidaný ke střetnutí z jediného důvodu – k výpočtu DTC. GTE jsou přidruženy k matici ztrát/funkci shodné se zranitelností subjektu DTC. Obrázek G.1 znázorňuje příklad GTE s 8 paprsky.



OBRÁZEK G.1 – Příklad fiktivních elementárních cílů

3. Použitím stochastického postupu se stanoví úroveň ztrát pro každý GTE. Paprsky jsou prohledávány z nejvzdálenějšího fiktivního bodu směrem ke středu cíle až do prvního fiktivního elementu představujícího pravděpodobnost ohrožení vyšší než je stanovená mezní hodnota. Poloha předchozí GTE specifikuje obrysový bod podél paprsku. Toto se opakuje pro každý paprsek až do zkompletování obrysu.

(VOLNÁ STRANA)

Účinnost českého obranného standardu od: 14. 6. 2023

Změny:

Změna číslo	Účinnost od	Změnu zapracoval	Datum zapracování	Poznámka

Upozornění: Oznámení o českých obranných standardech jsou uveřejňována měsíčně ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví v oddíle „Ostatní oznámení“ a Věstníku MO.

V případě zjištění nesrovnalostí v textu tohoto ČOS zasílejte připomínky na adresu distributora.

Rok vydání: 2023, obsahuje 26 listů

Distribuce: Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471/4, 160 01 Praha 6

Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti
oos.army.cz

NEPRODEJNÉ
