Obsah

Předmluva 5

1 **Úvod** 7

2 **Fyzikální základy** 9

2.1 **Všeobecně** 9
2.1.1 Motivace 9
2.1.2 Vztažné soustavy a měrné jednotky 9

2.2 **Mechanika** 18
2.2.1 Kinematika 18
2.2.1.1 Všeobecně 10
2.2.1.2 Přímočaré pohyby 10
2.2.1.3 Rotační pohyby 12

2.2.2 Hmotnost, síla, hybnost 13
2.2.2.1 Hmotnost 13
2.2.2.2 Newtonovy pohybové zákony 13
2.2.2.3 Těžiště a hmotný bod 15
2.2.2.4 Napětí 15

2.2.3 Práce a energie 15
2.2.3.1 Definice práce 15
2.2.3.2 Energie 16

2.2.4 Otáčivé pohyby 17
2.2.4.1 Točivý moment 17
2.2.4.2 Moment setrvačnosti tělesa 17
2.2.4.3 Moment hybnosti a rotace 17
2.2.4.4 Porovnání přímočarého a otáčivého pohybu 18

2.2.5 Zákony zachování fyzikálních veličin 18
2.2.5.1 Zachování hmotnosti a těžiště 18
2.2.5.2 Zachování hybnosti 19
2.2.5.3 Zachování energie 19

2.2.6 Pohybové rovnice 19
2.2.6.1 Všeobecně 19
2.2.6.2 D'Alembertův princip 20
2.2.6.3 Dráhy střel ve vakuu (bez odporu vzduchu) 20
2.2.6.4 Závislost na dráze 21

2.2.7 Zákonitosti rázu těles 21
2.2.7.1 Všeobecně 21
2.2.7.2 Pružný ráz 20
2.2.7.3 Nepružný ráz 23
2.2.7.4 Částečně pružný ráz 24

2.3 Nauka o proudění . . . 25
2.3.1 Všeobecně . . . 25
2.3.2 Základy termodynamiky . . . 25
2.3.2.1 Teplota a teplo . . . 25
2.3.2.2 Skupenské stavy . . . 26
2.3.2.3 Stavová rovnice plynu . . . 26
2.3.2.4 Teplo, práce a vnitřní energie . . . 27
2.3.2.5 Rychlost zvuku a Machovo číslo . . . 28
2.3.3 Zákony proudění . . . 29
2.3.3.1 Tření v tekutinách . . . 29
2.3.3.2 Charakteristika proudění . . . 29
2.3.3.3 Zákony zachování fyzikálních veličinv37
2.3.3.4 Bernoulliho rovnice . . . 30
2.3.4 Síly působící na obtékané těleso . . . 30
2.3.4.1 Odpor proudění . . . 30
2.3.4.2 Vztlak . . . 31
2.3.4.3 Magnusův jev . . . 32
2.3.4.4 Rázové vlny . . . 32

3 Základy nauky o zbraních a střelivu . . . 35

3.1 Všeobecně, základní pojmy . . . 35

3.2 Základní součásti střeliva . . . 35
3.2.1 Stavba a názvosloví náboje . . . 35
3.2.2 Střela 34
3.2.3 Výmetná náplň . . . 38
3.2.3.1 Všeobecně . . . 38
3.2.3.2 Výbušniny . . . 38
3.2.3.3 Černý prach . . . 39
3.2.3.4 Bezdýmný prach . . . 39
3.2.4 Zápalka . . . 41
3.2.5 Nábojnice . . . 42

3.3 Zbraně . . . 43
3.3.1 Základní součásti palné zbraně . . . 43
3.3.1.1 Hlaveň . . . 43
3.3.1.2 Závěr . . . 43
3.3.1.3 Bicí a spoušťové ústrojí . . . 45
3.3.1.4 Mířidla . . . 45
3.3.2 Druhy ručních palných zbraní . . . 46
3.3.2.1 Názvosloví . . . 46
3.3.2.2 Krátké palné zbraně . . . 46
3.3.2.3 Dlouhé palné zbraně . . . 47

3.4 **Druhy střeliva** 48

3.4.1 Střelivo krátkých palných zbraní 48
3.4.1.1 Pistolové náboje 48
3.4.1.2 Revolverové náboje 48

3.4.2 Střelivo dlouhých palných zbraní 49
3.4.2.1 Střelivo pro vojenské zbraně 49
3.4.2.2 Lovecké náboje 50
3.4.2.3 Náboje pro brokovnice 50

4 **Balistika** 53

4.1 **Všeobecně** 53
4.1.1 Odvětví balistiky 53

4.1.2 Řád hodnot balistických charakteristik 53

4.1.3 Průřezové zatížení střely 54

4.2 **Děje v hlavni zbraně (vnitřní balistika)** 55

4.2.1 Všeobecně 55

4.2.2 Průběh výstřelu 55
4.2.2.1 Iniciace 55
4.2.2.2 Hoření střelného prachu 55
4.2.2.3 Pohyb střely a průběh tlaku plynů 56
4.2.2.4 Energetická bilance 57

4.2.3 Zákony vnitřní balistiky 58
4.2.3.1 Vnitrobalistické rovnice 58
4.2.3.2 Expanzní poměr 59
4.2.3.3 Střední tlak plynů a poměr tlaku plynů 60
4.2.3.4 Heydenreichova metoda 60
4.2.3.5 Příklady výpočtů 62
4.2.3.6 Zátěžové síly 65

4.3 **Výlet střely z hlavně (přechodová balistika)** 66

4.3.1 Děje na ústí hlavně 66
4.3.1.1 Rychlost výtoku prachových plynů 66
4.3.1.2 Proudění plynů na ústí hlavně a jeho účinky 66
4.3.1.3 Světelné jevy 68

4.3.2 Zpětný ráz 68
4.3.2.1 Příčiny zpětného rázu 68
4.3.2.2 Stanovení impulsu zpětného rázu 68
4.3.2.3 Rychlost zákluzu a energie zpětného rázu 69
4.3.2.4 Zdvih ústí hlavně při výstřelu 70
4.3.2.5 Možnosti ovlivnění zpětného rázu 71

4.4.1 Všeobecně 72
4.4.2 Atmosféra 72
4.4.2.1 Vlastnosti vzduchu 72
4.4.2.2 Atmosféra ICAO 73
4.4.2.3 Skutečné atmosférické podmínky 74
4.4.3 Odpor vzduchu 75
4.4.3.1 Dynamický tlak 75
4.4.3.2 Součinitel odporu vzduchu 75
4.4.3.3 Složky odporu vzduchu 76
4.4.4 Další síly působící na střelu 77
4.4.4.1 Tíže 77
4.4.4.2 Hnací síly 79
4.4.4.3 Síly vyvolané vlastním pohybem střely 80
4.4.5 Výpočty drah střel 81
4.4.5.1 Všeobecně o výpočtech drah střel 81
4.4.5.2 Pohybové rovnice 81
4.4.5.3 Přibližné výpočty drah střel 82
4.4.5.4 Výška dráhy, metná dálka a ideální nástřelná dálka 84
4.4.5.5 Vliv příčného větru 85
4.4.5.6 Výstřel kolmo vzhůru ve vzduchu 86
4.4.5.7 Tabulky střelby 87
4.4.6 Stabilita a poslušnost 87
4.4.6.1 Definice stability 87
4.4.6.2 Podmínky stability střely 87
4.4.6.3 Rotačně stabilizované střely 89
4.4.6.4 Stabilizace nerotačních střel 90
4.4.6.5 Stabilizace náběžnou hranou 90
4.4.6.6 Poslušnost 90
4.4.7 Odraz střely 91
4.4.7.1 Všeobecně 91
4.4.7.2 Charakteristika odrazu střely 91
4.4.7.3 Kontakt střely s lehkou překážkou 93
4.4.7.4 Vliv deště 93
4.4.7.5 Kolmý dopad na tuhou překážku 94
4.4.7.6 Šikmý dopad na tuhou překážku 94
4.4.7.7 Dráha letu odražené střely 96

5 Kritéria zásahu . . . 97

5.1 Všeobecně . . . 97

5.2 Hodnocení náhodných jevů . . . 97

5.2.1 Základy . . . 97

5.2.1.1 Náhodné jevy . . . 97

5.2.1.2 Rozložení četnosti . . . 98

5.2.1.3 Normální rozložení . . . 100

5.2.1.4 Charakteristiky rozložení . . . 101

5.2.1.5 Kvantifikace obrazce zásahu . . . 101

5.2.2 Parametry polohy . . . 102

5.2.2.1 Střední hodnota a bod středního zásahu . . . 102

5.2.2.2 Medián . . . 102

5.2.3 Parametry rozptylu . . . 103

5.2.3.1 Standardní odchylka . . . 103

5.2.3.2 Pravděpodobná odchylka . . . 104

5.2.3.3 Rozsah a průměr kruhu rozptylu . . . 105

5.3 Vyhodnocení a posouzení obrazců zásahů . . . 106

5.3.1 Celek a namátková kontrola . . . 106

5.3.1.1 Celky . . . 106

5.3.1.2 Namátkové kontroly . . . 106

5.3.2 Plánování a provádění zkoumání . . . 106

5.3.2.1 Cíl zkoumání . . . 106

5.3.2.2 Velikost namátkového vzorku . . . 107

5.3.2.3 Průběh testů . . . 111

5.3.3 Praktické stanovení bodu středního zásahu a rozptylu . . . 111

5.3.3.1 Výpočet statistických veličin . . . 111

5.3.3.2 Přibližné stanovení bodu středního zásahu . . . 111

5.3.3.3 Přibližné stanovení rozptylu . . . 112

5.3.3.4 Skládání rozptylových obrazců . . . 113

5.3.4 Porovnání dvou rozptylových obrazců . . . 113

5.3.4.1 Srovnávací test rozptylu . . . 113

5.3.4.2 Porovnání rozptylu pomocí rozsahu a průměru obrazce rozptylu . . . 115

5.3.4.3 Porovnávací test středních hodnot . . . 115

5.3.5 Pravidla pro zjišťování zbloudilých ran . . . 117

5.3.5.1 Problém zbloudilých ran . . . 117

5.3.5.2 Vysvětlitelné zbloudilé rány . . . 117

5.3.5.3 Zbloudilé rány bez zjevné příčiny . . . 118

5.3.5.4 Kritéria zbloudilých ran . . . 118

5.3.5.5 Příklady výpočtů . . . 120

5.4 Vlivy na polohu bodu zásahu . . . 122

5.4.1 Chyby a rušivé vlivy . . . 122

5.4.2 Vliv chyb . . . 122
5.4.2.1 Chyby míření . . . 122
5.4.2.2 Natočení zbraně . . . 123
5.4.2.3 Střelba do svahu a ze svahu . . . 124

5.4.3 Rušivé vlivy . . . 125
5.4.3.1 Teplota nábojů . . . 125
5.4.3.2 Rozptyl hmotnosti střel . . . 125
5.4.3.3 Výtahová síla, průtlačný odpor, volný let . . . 126
5.4.3.4 Rušivé vlivy při výletu střely z hlavně . . . 126
5.4.3.5 Dodatečný účinek prachových plynů . . . 127
5.4.3.6 Rozptyl počáteční rychlosti střely . . . 127
5.4.3.7 Vliv větru . . . 127
5.4.3.8 Výkyvy tlaku a teploty vzduchu . . . 128

5.5 Pravděpodobnost zásahu a prognózy zásahu . . . 128
5.5.1 Stanovení pravděpodobnosti . . . 128
5.5.1.1 Všeobecně . . . 128
5.5.1.2 Relativní četnost . . . 129
5.5.1.3 Pravděpodobnost . . . 130
5.5.1.4 Stanovení dalších hodnot pravděpodobnosti . . . 130

5.5.2 Pravděpodobnost zásahu při terčové střelbě . . . 131
5.5.2.1 Pravděpodobnost zásahu kruhu daného poloměru . . . 131
5.5.2.2 Pravděpodobnost zásahu mezikruží . . . 132
5.5.2.3 Odhad standardní odchylky na základě získaného počtu bodů . . . 134
5.5.2.4 Vliv ráže a vzdálenosti střelby na pravděpodobnost zásahu . . . 135

5.5.3 Ovlivnění rozptylu . . . 136
5.5.3.1 Složky rozptylu . . . 136
5.5.3.2 Rozptyl a délka záměrné . . . 136
5.5.3.3 Kdy se vyplatí použití závodního střeliva? . . . 137

5.5.4 Pravděpodobnost zásahu při lovecké střelbě . . . 138
5.5.4.1 Ovlivnění polohy bodu středního zásahu . . . 138
5.5.4.2 Rozptyl polohy bodu středního zásahu . . . 139
5.5.4.3 Odhad rozsahu . . . 139

6 Střely a jejich účinek . . . 141

6.1 Konstrukce střel . . . 141
6.1.1 Základní princip střely . . . 141

6.1.2 Energetické poměry . . . 141

6.1.3 Historický vývoj střely . . . 143
6.1.3.1 Kamenné střely . . . 143
6.1.3.2 Šipky a šípy . . . 144
6.1.3.3 Koule . . . 145
6.1.3.4 Dlouhá střela . . . 146
6.1.3.5 Pistolové a revolverové střely . . . 147

6.1.4 Střely pro vojenské účely 149
6.1.4.1 Homogenní a celoplášťové střely 149
6.1.4.2 Střely se stopovkou 150
6.1.4.3 Zápalné a výbušné střely 151
6.1.4.4 Střely s tvrdým jádrem 153
6.1.4.5 Střely s krátkou dráhou letu 154
6.1.4.6 Brokovnicové střely 155

6.1.5 Lovecké střely 156
6.1.5.1 Ranné lovecké střely 156
6.1.5.2 Rozpor mezi deformací a průbojností 157
6.1.5.3 Předání energie a hloubka vniku 158
6.1.5.4 Moderní lovecké střely 159
6.1.5.5 Střely pro brokovnice 161

6.1.6 Střely krátkých palných zbraní 162
6.1.6.1 Protichůdné požadavky 162
6.1.6.2 Klasické celoplášťové a homogenní střely 163
6.1.6.3 Lehké homogenní střely 164
6.1.6.4 Deformační střely 165
6.1.6.5 Další konstrukce střel 168
6.1.6.6 Takzvané „nesmrtící" střely 171

6.1.7 Speciální konstrukce 173
6.1.7.1 Podkaliberní střely a šipky 173
6.1.7.2 Střely pro hlavně s kuželovitým vývrtem 175
6.1.7.3 Trubková střela 176
6.1.7.4 Vícenásobné střely 177
6.1.7.5 Raketové střely 178

6.2 Účinek střel na člověka a zvěř 181
6.2.1 Základy účinku střelné zbraně 181
6.2.2.1 Princip účinku střely 181
6.2.2.2 Základy účinku střely 181
6.2.2.3 „Porážející síla" střely 182

6.2.3 Měřítka účinnosti 183
6.2.3.1 Účinnost a účinek 183
6.2.3.2 Základní veličiny 183
6.2.3.3 Kritéria účinnosti na základě hybnosti střely 183
6.2.3.4 Kritéria účinnosti na základě energie střely 183
6.2.3.5 Statistická kritéria účinnosti 188

6.2.4 Pohyb a chování střely v těle 189
6.2.4.1 Všeobecně 189
6.2.4.2 Simulační materiály 189
6.2.4.3 Homogenní a celoplášťové střely 190
6.2.4.4 Sférické a válcové střely 192
6.2.4.5 Deformační a fragmentační střely 192

6.2.5 Účinek střel a mezinárodní dohody 194
6.2.5.1 Základy humánního vedení války 194
6.2.5.2 Petrohradská deklarace z roku 1868 194
6.2.5.3 Střely Dum-Dum a Haagská konvence z roku 1899 194

6.2.5.4 Haagský řád pozemní války z roku 1907 . . . 195
6.2.5.5 Současná situace . . . 195

6.3 Účinek střel na tuhé materiály . . . 196
6.3.1 Průběh vniku střely . . . 196
6.3.1.1 Všeobecně . . . 196
6.3.1.2 Střižný model . . . 197
6.3.1.3 Průtlačný model . . . 197
6.3.1.4 Průstřel tenkých vrstev . . . 197
6.3.2 Chování střely v různých materiálech . . . 198
6.3.2.1 Kovy . . . 198
6.3.2.2 Dřevo . . . 198
6.3.2.3 Písek, zemina . . . 199
6.3.2.4 Sklovité látky . . . 199

Dodatek . . . 201

A.1 Tabulky . . . 201
A.1.1 Jednotky a označení . . . 201
A.1.1.1 Převod amerických jednotek na metrické . . . 201
A.1.1.2 Převod metrických jednotek na americké . . . 201
A.1.1.3 Ekvivalenty označení ráží . . . 202

A.1.2 Fyzikální údaje . . . 203
A.1.2.1 Materiály pro výrobu střel . . . 203
A.1.2.2 Momenty setrvačnosti a poloha těžiště vybraných typů střel . . . 203
A.1.2.3 Rozměry střel a vývrtů hlavní . . . 204

A.1.3 Balistické údaje . . . 206
A.1.3.1 Krátké palné zbraně . . . 206
A.1.3.2 Dlouhé palné zbraně (vojenské zbraně) . . . 207
A.1.4 Tabulky střelby . . . 208
A.1.4.1 Vysvětlivky k tabulkám střelby . . . 208
A.1.4.2 Krátké palné zbraně . . . 209
A.1.4.3 Dlouhé palné zbraně . . . 212

A.2 Pojmy a jejich definice . . . 217
A.2.1 Zbraně a střelivo . . . 217
A.2.2 Balistika . . . 218
A.2.3 Nauka o střelbě . . . 218

A.3 Přehled použité literatury . . . 219
A.3.1 Příručky . . . 219
A.3.2 Fyzikální základy . . . 219
A.3.3 Technické základy . . . 219
A.3.4 Balistika . . . 220
A.3.5 Kritéria zásahu . . . 220
A.3.6 Střely a jejich účinek . . . 221

A.4 Autoři obrázků . . . 222
A.5 Rejstřík pojmů . . . 223