

Using Muzzle Velocity Sensors under Conditions of Czech Artillery

Abstrakt:

V článku jsou uvedeny nové způsoby určování změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně v podmínkách dělostřelectva AČR. Po provedeném zhodnocení současného stavu zjišťování hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně, pomocí přístroje pro měření vložné hloubky nábojové komory, článek doporučuje použití snímačů úst'ové rychlosti a případně i stanovení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně na základě počtu uskutečněných výstřelů se započítáním upřesňující opravy.

Abstract:

This article deals with new methods able to establish the change of initial projectile velocity, caused by barrel attrition within the artillery of the Army of the Czech Republic. After the evaluation of current situation with the use of the device for measuring the loading depth, this article recommends to implement the muzzle velocity sensor or to establish the change of initial projectile velocity, caused by barrel attrition, taking into account and using the clarifying correction.

Klíčová slova:

Počáteční rychlost střel, změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně, snímač úst'ové rychlosti, dělostřelectvo AČR

Key words:

Initial projectile velocity, change of initial projectile velocity, change of initial projectile velocity caused by barrel attrition, muzzle velocity sensor, field artillery of the Army of the Czech Republic.

1. Úvod

Určení změny počáteční rychlosti střel se realizuje v průběhu procesu přípravy řízení palby dělostřelectva jako jedno z dílčích opatření balistické přípravy. Změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně (Δv_{0d}) je dílčí složkou celkové změny počáteční rychlosti střel (Δv_0). Celková změna počáteční rychlosti střel je kromě změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně (Δv_{0d}) tvořena také změnou počáteční rychlosti střel způsobenou vlastnostmi série prachové náplně (Δv_{0n}).

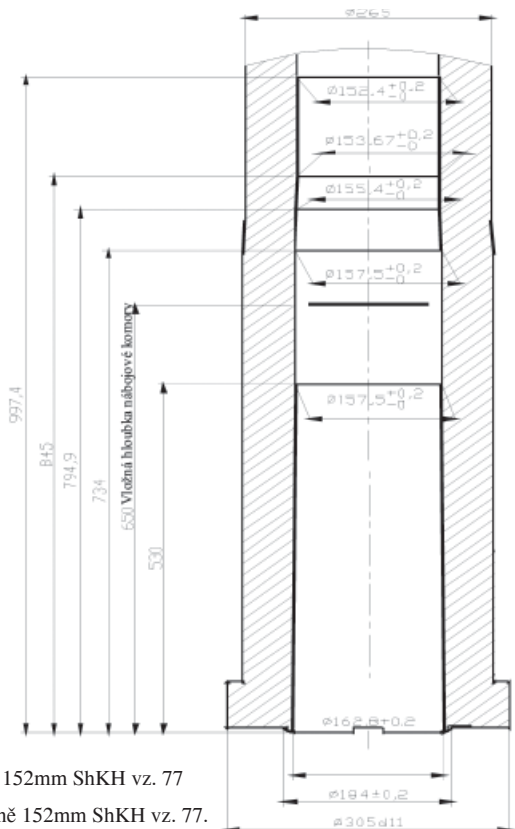
Celková změna počáteční rychlosti střel (Δv_0) ovlivňuje dálku střelby, a proto je nutné ji zahrnovat při výpočtu prvků pro střelbu dělostřelectva. Celková změna počáteční rychlosti střel se používá při výpočtu opravy dálky pro celkovou změnu počáteční rychlosti střel.

2. Současný stav opotřebení hlavní dělostřelectva AČR a zjišťování hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně

U minometů je vzhledem k hladkému vývrtu hlavně změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně zanedbatelná (na hranici použitelnosti hlavně může dosahovat 0,2 % v_0). Změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně se u 152mm ShKH vz. 77 určuje podle výsledků měření vložné hloubky nábojové komory pomocí přístroje pro měření vložné hloubky nábojové komory (PMNK) vždy před každými střelbami. Zjištěnému prodloužení nábojové komory vzhledem k normální (tabulkové) účinné vložné hloubce nábojové komory odpovídá úbytek počáteční rychlosti v procentech počáteční rychlosti střel (v_0) uvedený v tabulkách střelby ([1]) a pravidlech střelby ([2]).

Publikace [1] a [2] uvádějí pro tříštivo-trhavé střely OF a OF-540 u 152mm ShKH vz. 77 hodnotu účinné vložné hloubky nábojové komory 657 mm. Z technických výkresů hlavně 152mm ShKH vz. 77 (obrázek 1) a rovněž i z výsledků měření vložné hloubky nábojových komor u 13. dělostřelecké brigády v kalendářním roce 2011 (tabulka 1) je však patrné, že hodnota vložné hloubky nábojové komory uváděná v platných tabulkách střelby a pravidlech střelby (ale i dalších publikacích, které tuto hodnotu opisují) je chybná. Skutečná hodnota vložné hloubky nábojové komory je **650 mm**. Předpisy, uvádějící nesprávnou hodnotu, by měly být aktualizovány příslušnými doplňky.

Vždy, když změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně dosáhne celého procenta,



Zdroj: technická dokumentace 152mm ShKH vz. 77

Obr. 1: Technický výkres hlavně 152mm ShKH vz. 77.

Tab. 1: Výsledky měření vložné hloubky nábojových komor 152mm ShKH vz. 77 u 13. dělostřelecké brigády v kalendářním roce 2011

Pořadové číslo děla	Počet výstřelů	Vložná hloubka nábojové komory (mm)	Pořadové číslo děla	Počet výstřelů	Vložná hloubka nábojové komory (mm)
1	136	655	23	307	653
2	68	655	24	57	655
3	69	656	25	50	655
4	93	655	26	94	656
5	147	656	27	211	652
6	143	657	28	252	654
7	124	655	29	23	656
8	66	NEMĚŘENO	30	105	655
9	122	654	31	116	654
10	95	NEMĚŘENO	32	85	655
11	161	656	33	182	NEMĚŘENO
12	114	655	34	178	655
13	193	654	35	166	655
14	171	655	36	218	655
15	170	655	37	244	654
16	204	NEMĚŘENO	38	242	655
17	110	655	39	236	654
18	113	NEMĚŘENO	40	0	NEMĚŘENO
19	84	655	41	0	NEMĚŘENO
20	160	654	42	0	NEMĚŘENO
21	266	654	43	neznámý údaj	654
22	98	655			

Zdroj: vlastní.

odesílá se dělo na polní balistickou stanici (PBS) k určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně polní balistickou stanicí. Srovnávací střelbou pomocí PBS se pak určí hodnota upřesňující opravy ($\partial \Delta v_{0u}$), která se do dosažení dalšího celého procenta úbytku počáteční rychlosti střel připočítává k hodnotě zjištěné pomocí PMNK.

Při opotřebení hlavně na samé hranici možnosti jejího použití může změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně dosahovat až 10 % v_0 . Při změně počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně dosahující 6 % v_0 se dělo odesílá na generální opravu. Tohoto opotřebení hlavně u dělostřelectva AČR zdaleka nedosahují a do konce životnosti děl v žádném případě nedosáhnou.

Na základě poskytnutých materiálů skupiny zabezpečení a technické služby 13. dělostřelecké brigády bylo zjištěno, že hlavně 152mm ShKH vz. 77 vykazují minimální opotřebení. Změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně dosahují pouze několika desetin % v_0 . Je tomu tak proto, že do výzbroje palebných jednotek byla zařazena děla z nedotknutelných zásob, která byla ke střelbě používána v malé míře. Upřesňující oprava změny počáteční rychlosti střel se proto v současnosti neurčuje.

Čl. 82. publikace [2] zmiňuje možnost určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně u 152mm ShKH vz. 77 i na základě počtu vystřelených ran.

K tomu však nejsou u dělostřelectva AČR zpracovány příslušné podklady a jednotliví výrobci zbraňových systémů zpravidla nedefinují závislost úrovně opotřebení hlavně (prodloužení vložné hloubky nábojové komory) na počtu výstřelů. Problémem je, že stupeň opotřebení hlavně závisí rovněž i na velikosti náplně, se kterou jsou jednotlivé rány vypáleny (čím větší je náplň, tím větší je opotřebení hlavně). Naposledy se úroveň prodloužení nábojové komory vzhledem k počtu výstřelů určovala u dělostřelectva AČR u 122mm tažených houfnic D-30 a 122mm samohybných houfnic 2S1. Tato děla však již byla vyřazena z výzbroje.

Změnu počáteční rychlosti střel lze rovněž určovat snímači úst'ové rychlosti (podle ISO 9001 a ČOS 137701 to mohou být různé dopplerovské radary, světelná hradla, optická hradla, optoelektrická hradla, magnetické cívky a indukční cívky), které v průběhu střelby změří úst'ovou rychlost každé střely. V současné době jsou nejčastěji využívány dopplerovské radary, které pracují na tzv. Dopplerově principu, kdy je frekvenční posun signálu odraženého od letící střely úměrný radiální rychlosti střely. Trendem vyspělých zahraničních armád je, aby všechna děla byla vybavena těmito snímači (dopplerovskými radary). Zbraňové systémy dělostřelectva AČR snímači úst'ové rychlosti zatím nedisponují.

Některými snímači úst'ové rychlosti (dopplerovskými radary) je možné určit celkovou změnu počáteční rychlosti střel s přesností do 0,1 % v_0 . Přesnost určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně pomocí přístroje PMNK je charakterizována pravděpodobnou chybou 0,2 % v_0 při $\Delta v_{od} \leq 1 \% v_0$, 0,4 % v_0 při $1 \% v_0 < \Delta v_{od} \leq 3 \% v_0$, 0,7 % v_0 při $\Delta v_{od} > 3 \% v_0$ a se započítáním upřesňující opravy pravděpodobnou chybou 0,3 % v_0 . Použití snímačů úst'ové rychlosti má tedy při určování celkové změny počáteční rychlosti střel významný vliv na přesnosti, a proto bude vhodné těmito snímači vybavit i zbraňové systémy dělostřelectva AČR.

3. Nové způsoby určování změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně

Problematické zjišťování změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně není v současné době, vzhledem k minimálnímu opotřebením hlavní dělostřelectva AČR, věnována odpovídající pozornost a o implementaci efektivnějších způsobů zjišťování změny počáteční rychlosti střel, způsobené opotřebením hlavně, se příliš neuvažuje. Místo používání přístroje pro měření vložné hloubky nábojové komory jsou vhodné následující způsoby zjištění hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně:

- pomocí snímače úst'ové rychlosti,
- podle počtu vystřelených ran se započítáním upřesňující opravy stanovené snímačem úst'ové rychlosti.

3.1 Určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně pomocí snímače úst'ové rychlosti

Snímače úst'ových rychlostí snímají úst'ovou rychlost v_u (v m.s⁻¹) všech střel, z nichž se pak zpětnou extrapolací vypočítají skutečné počáteční rychlosti střel v_0 (v m.s⁻¹).

Změna počáteční rychlosti střel (v % v_0) se pak vypočítá podle rozdílu skutečné počáteční rychlosti střel a normální (tabulkové) počáteční rychlosti střel. Výsledná změna počáteční rychlosti střel je aritmetickým průměrem všech zjištěných změn počátečních rychlostí střel během střelby. K získání nezkrácených hodnot změn počátečních rychlostí střel je při jejich výpočtu zapotřebí vyloučit i dílčí vlivy na počáteční rychlost střely (teplotu prachových náplní, balistické charakteristiky střely aj.). Snímači úst'ové rychlosti mohou být vybavena buď všechna děla, nebo lze používat pouze jeden přenosný snímač (dopplerovský radar) pro celou palebnou baterii.

a) Všechna děla budou disponovat snímači úst'ové rychlosti

Ideálním řešením je vybavit všechna děla snímači úst'ové rychlosti (dopplerovskými radary). Změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně každého děla se pak určí (vypočítá) výhradně těmito snímači (výpočet změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně provede počítač automatizovaného systému řízení palby na základě změřených hodnot úst'ových rychlostí střel snímačem úst'ové rychlosti). Počítač automatizovaného systému řízení palby každého děla si zapamatuje poslední zjištěnou hodnotu změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně (z posledních provedených střel). Tato hodnota se pak zahrne při výpočtu počítané dálky cíle daného děla pro první ránu. Hodnotu změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně je nutné po každých provedených střelbách evidovat i mimo počítač automatizovaného systému řízení palby (například zápisem do dělové knihy) pro případ jeho nefunkčnosti. Vybavit všechna děla snímači úst'ové rychlosti (dopplerovskými radary) však bude poměrně finančně náročné.

b) Každá palebná baterie bude disponovat pouze jedním přenosným snímačem úst'ové rychlosti

Z ekonomických důvodů a rovněž i z hlediska celkového počtu uskutečněných výstřelů jednotlivými palebnými prostředky za dobu jejich používání lze uvažovat i variantu, že každá palebná baterie bude disponovat jedním přenosným snímačem úst'ové rychlosti (dopplerovským radarem). Jelikož absolutní hodnota změny počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně roste v závislosti na počtu provedených výstřelů poměrně zvolna, není potřebné znát hodnotu úst'ové rychlosti každé vystřelené rány. Je postačující, pokud u daného děla budou měření provedena s určitým časovým odstupem (po několika provedených výstřelech).

Palebné baterie bude vhodné vybavit dopplerovským radarem na přenosném stavivu, který se během střelby umístí pro několik výstřelů vedle daného děla. V průběhu střelby daného děla bude snímat úst'ovou rychlost všech vypálených střel. Dopplerovský radar bude propojen s počítačem automatizovaného systému řízení palby, který provede výpočet změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně a zjištěnou hodnotu uchová ve své paměti. Tato hodnota bude vždy přiřazena k danému dělu (k evidenčnímu číslu daného děla).

Po několika provedených měřeních (vzhledem k uváděné přesnosti měření pomocí dopplerovských radarů do 0,1 % v_0) bude postačující provést měření u 2 až 3 ran, bude-li to možné, pak u všech ran během jednoho palebného úkolu) se radar přemístí k dalšímu dělu a připojí se k jeho počítači automatizovaného systému řízení palby. Nový automatizovaný systém řízení palby musí umožnit zpracování výsledků měření úst'ových

rychlostí pomocí snímačů úst'ové rychlosti. Provede se další série měření a systém opět uchová hodnotu procentuální změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně u příslušného děla. Tento postup se bude opakovat u celé baterie.

3.2 Určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně podle počtu vystřelených ran se započítáním upřesňující opravy stanovené snímačem úst'ové rychlosti

Tento způsob určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně představuje náhradní způsob určení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně snímačem úst'ové rychlosti. Využije se pouze v případě, kdy dělostřelectvo AČR nebude disponovat dostatečným počtem snímačů úst'ové rychlosti (dopplerovských radarů) k provádění pravidelných měření (alespoň jedním na palebnou baterii).

Při zavádění nových zbraňových systémů do dělostřelectva AČR je potřebné, aby v dokumentaci každého zbraňového kompletu byla uvedena závislost úbytku počáteční rychlosti střel na počtu vystřelených ran a případně i na velikosti použitých náplní. Tato závislost může být stanovena buď konkrétními hodnotami, nebo vyjádřena matematickou funkcí. Jestliže tato závislost nebude součástí dokumentace zbraňového kompletu (poskytnuta výrobcem), může být stanovena v průběhu jeho používání. Stanovení závislosti se provede u těch děl, která budou používána nejčastěji (aby bylo možné využít výsledky i u děl používaných méně často). K tomu musí být pečlivě evidovány počty výstřelů a velikost použitých náplní u jednotlivých děl pro stanovení vhodných aproximačních funkcí popisujících závislost hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně na počtu vystřelených ran a případně i velikosti použitých náplní.

Hodnotu změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně stanovené pouze podle počtu vystřelených ran je však nutné brát jako orientační údaj. Vyplývá to ze skutečnosti, že v současné době, v mírových podmínkách, je počet vystřelených ran i po řadě let používání děla (hlavně) poměrně nízký. Tato hodnota může být použita jen při náhradním způsobu stanovení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně. Hodnotu změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně stanovené podle počtu vystřelených ran je proto nutné upřesnit. K upřesnění této hodnoty budou využity výsledky z posledních měření úst'ových rychlostí dopplerovským radarem.

Během posledního měření úst'ových rychlostí střel daného děla se stanoví hodnota změny počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně zjištěná snímačem úst'ové rychlosti – $\Delta v_{0d(s)}$. Tato hodnota bude automatizovaným systémem přiřazena ke konkrétnímu palebnému prostředku (k evidenčnímu číslu hlavně děla) a uložena v paměti počítače. Automatizovaný systém řízení palby bude zároveň disponovat podklady (matematickými funkcemi, intervaly počtu vystřelených ran) pro stanovení změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně podle počtu vystřelených ran a případně i velikosti použitých náplní – $\Delta v_{0d(r)}$. K tomu je vhodné, aby počty vystřelených ran a velikosti jednotlivých náplní byly trvale ukládány do počítače automatizovaného systému řízení palby daného zbraňového systému. Jestliže nebudou tyto hodnoty v paměti počítače k dispozici (dojde k jejich ztrátě, nebo při výměně počítače),

musí se do počítače automatizovaného systému řízení palby vložit ručně (podle zápisů v dělové knize).

Současně se zjištěním hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně snímačem ústové rychlosti $\Delta v_{od(s)}$ určí automatizovaný systém i hodnotu změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně podle počtu vystřelených ran $\Delta v_{od(r)}$ a rozdíl těchto hodnot $\partial \Delta v_{od}$ (všechny hodnoty jsou v ‰ v_0):

$$\partial \Delta v_{od} = \Delta v_{od(s)} - \Delta v_{od(r)} \cdot (1)$$

Tento rozdíl hodnot změn počátečních rychlostí střel způsobených opotřebením hlavně $\partial \Delta v_{od}$ se uloží v paměti počítače a spolu s hodnotou $\Delta v_{od(s)}$ se zapíše do dělové knihy.

Při následujících střelbách bude hodnotě změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně odpovídat pouze hodnota $\Delta v_{od(s)}$. Jestliže se daným dělem provede od posledního zjištění hodnoty $\Delta v_{od(s)}$ více výstřelů, než je stanovený maximální počet výstřelů pro použití dané hodnoty $\Delta v_{od(s)}$ (hodnotu maximálního počtu výstřelů je potřebné stanovit na základě závislosti opotřebením hlavně na počtu vystřelených ran), hodnota změny počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně se stanoví podle vztahu:

$$\Delta v_{od} = \Delta v_{od(r)} + \partial \Delta v_{od}, (2)$$

kde: Δv_{od} je změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně;
 $\Delta v_{od(r)}$ je změna počáteční rychlosti střel způsobená opotřebením hlavně stanovená podle počtu vystřelených ran (a případně i velikosti použitých náplní);
 $\partial \Delta v_{od}$ rozdíl hodnot změn počátečních rychlostí střel způsobených opotřebením hlavně.

Ze vztahu (2) je zřejmé, že rozdíl hodnot změn počátečních rychlostí střel způsobených opotřebením hlavně $\partial \Delta v_{od}$ představuje upřesňující opravu změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně stanovené podle počtu vystřelených ran $\Delta v_{od(r)}$.

4. Závěr

Stávající způsob zjišťování opotřebením hlavní měřením vložné hloubky nábojové komory pomocí mechanických přístrojů je již zastaralý. Z poskytnutých materiálů skupiny zabezpečení a technické služby 13. dělostřelecké brigády bylo navíc zjištěno, že měření v podmínkách dělostřelectva AČR je prováděno často nedůsledně, a proto jsou výsledky měření nepřesné. U některých děl například byly při následujících měřeních, a tedy po větším počtu výstřelů z daného děla, paradoxně naměřeny menší hodnoty vložné hloubky nábojové komory než u předchozích měření (i o několik milimetrů).

Minimální opotřebením hlavní dělostřelectva AČR má za následek, že před střelbami nejsou prováděna měření vložné hloubky nábojové komory a o implementaci nových způsobů zjišťování změny počáteční rychlosti střel způsobených opotřebením hlavně se neuvažuje.

Trendem vyspělých armád je vybavit všechny palebné prostředky snímači ústové rychlosti. Vzhledem k četnosti používání zbraňových systémů u dělostřelectva AČR a rychlosti růstu absolutní hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené

opotřebením hlavně je postačující, aby každá palebná baterie disponovala alespoň jedním přenosným snímačem ústové rychlosti. Měření ústové rychlosti střel se v rámci celé baterie bude provádět postupným přemísťováním snímače ústové rychlosti mezi jednotlivými děly. Z výsledků měření ústových rychlostí pak budou vypočítány změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně. Tento postup je účelné realizovat jako hlavní do provedení modernizace stávajících nebo do pořízení nových děl. Poté jej bude vhodné využívat jako náhradní způsob.

U nově zaváděných zbraňových systémů do dělostřelectva AČR bude rovněž potřebné, aby v dokumentaci každého zbraňového systému byla uvedena i závislost úbytku počáteční rychlosti střel na počtu vystřelených ran a případně i na velikosti použitých náplní. Jestliže tato závislost v dokumentaci palebného prostředku uvedena nebude, je potřebné ji stanovit během jeho používání. Stanovení hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně podle počtu vystřelených ran bude vhodné zejména tehdy, jestliže u dělostřeleckých útvarů nebude k dispozici dostatečný počet snímačů ústové rychlosti (alespoň jeden na palebnou baterii). Z posledního provedeného měření ústových rychlostí pomocí snímačů ústové rychlosti se pro dané dělo stanoví upřesňující oprava, která se použije k upřesnění hodnoty změny počáteční rychlosti střel způsobené opotřebením hlavně stanovené podle počtu vystřelených ran a případně i velikosti použitých prachových náplní.

Použitá literatura:

- [1] FMO ČR. Tabulky střelby a horské tabulky střelby pro 152mm samohybnou kanonovou houfnici vz. 77. *Děl-11-66*. Praha: 1991, 694 s.
- [2] VELITELSTVÍ SIL PODPORY A VÝCVIKU. *Pravidla střelby a řízení palby pozemního dělostřelectva (dělo, četa, baterie, oddíl)*. Pub-74-14-01. Praha: AVIS, 2007, 256 s.
- [3] ÚŘ OSK SOJ. *Měření rychlostí střel*. ČOS 137701. 2. vydání. Praha: 2007, 112 s.

Vymezení obsahu a odpovědnosti za obranu

Hlavním úkolem ozbrojených sil je připravovat se k obraně suverenity a územní celistvosti ČR a bránit ji před vnějším napadením. Mohou být nasazeny i při záchranných pracích, k likvidaci následků živelních katastrof a v mezinárodních operacích na prosazení, podporu a udržení míru a záchranných a humanitárních akcích.

Zajištění úplné a všestranné obrany území ČR je možné pouze v rámci sdílené odpovědnosti a vzájemné pomoci v systému kolektivní obrany NATO. S členstvím v tomto systému Česká republika převzala příslušný díl odpovědnosti za bezpečnost a obranu svých spojenců, stejně jako spojenci přebírají část odpovědnosti za obranu České republiky. Členství v mezinárodních organizacích však z České republiky nesníhá její prvotní odpovědnost za vlastní obranu.

Pro zajištění obrany a bezpečnosti České republiky je též významné členství v Evropské unii. ČR podporuje vytváření vojenských schopností EU, a to v souladu s budováním schopností NATO.

Odpovědnost za obranu České republiky má vláda. Zajišťuje ji prostřednictvím ozbrojených sil. V širším smyslu mají tuto odpovědnost další instituce státní správy a samosprávy a všichni občané.

Bílá kniha o obraně. Ministerstvo obrany České republiky, OKP-MO, 2011, 168 str. ISBN 978-80-7278-564-3, s. 29.