

Bezpečnostní hrozba výškových elektromagnetických impulsů

Bc. Lukáš Roman

Diplomová práce 2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Roman**
Osobní číslo: **A18632**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Bezpečnostní hrozba výškových elektromagnetických impulsů**
Téma práce anglicky: **The Security Threat Posed by High-Altitude Electromagnetic Pulses**

Zásady pro vypracování

1. Pojedejte o vlastnostech výškového elektromagnetického impulsu (HEMP).
2. Analyzujte historický vývoj v oblasti výzkumu a testování HEMP.
3. Vypracujte ucelený přehled vědeckých, koncepčních a strategických dokumentů v dané oblasti.)
4. Proveďte analýzu současného stavu v oblasti možného použití a ochrany před účinky HEMP.
5. Zpracujte explorativní scénář HEMP útoku.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. WILSON, Clay. High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments. CRS Report RL 32544. USA: Congressional Research Service, 2008. 25 p.
2. PRY, Peter Vincent. Nuclear EMP attack scenarios and combined arms cyber warfare. Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack. USA: DoD Office of Prepublication and Security Review, 2017. 65 p.
3. Assessing the Threat from Electromagnetic Pulse (EMP). Executive Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack. USA: DoD Office of Prepublication and Security Review, July 2017. 34 p.
4. HARRISON, R. 2018 ELECTROMAGNETIC THREATS: Current capabilities and emerging threats, USA: The American Foreign Policy Council (AFPC), 2018. 19 p.
5. WALTERS, Dennis. Preparing for the efekt of an electromagnetic pulse (EMP) attack. USA: Dana Engineering, 2018. 509.521.5036, 61 p.
6. VACULÍKOVÁ, Polina, VACULÍK, Emil. *Elektromagnetická kompatibilita lektrotechnických systémů: Praktický průvodce techniky omezení elektromagnetického vřrušení*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 1998. 487 s. ISBN 80-7169-568-8.
7. ČSN EN 61000-4-23. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-23: Zkušební a měřicí technika – Zkušební metody zařízení pro ochranu proti HEMP a jinému vřzařovanému rušení. Praha: ÚNMZ, 2001. 84 s. Třídící znak 333432.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Valouch, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: 9. prosince 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 29. května 2020



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

Ing. Milan Navrátil, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 9. prosince 2019

Jméno, příjmení: Lukáš Roman

Název diplomové práce: Bezpečnostní hrozba výškových elektromagnetických impulsů

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s přípoště-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 12.8.2020

Lukáš Roman
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce se v teoretické části věnuje analýze vlastností výškových elektromagnetických impulsů a pojednání o historickém vývoji jejich výzkumu a testování. Tyto informace jsou doplněny o přehled vědeckých, koncepčních a strategických dokumentů v dané oblasti. Stěžejní výstup práce představuje variantní scénář útoku pomocí výškového elektromagnetického impulsu, který vychází z analýzy současného stavu v rámci možného použití a ochrany před jeho účinky.

Klíčová slova: elektromagnetický impuls, jaderné zbraně, detonace

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis is devoted to the analysis of the properties of the height electromagnetic impulses and to the historical development of their research and testing. This information is supplemented by an overview of scientific, conceptual and strategic documents in the field. The main output of this work is a variant scenario of the attack by means of a height electromagnetic pulse, which is based on the analysis of the current state of the possible use and protection against its effects.

Keywords: EMP, electromagnetic impulses, nuclear weapons

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Janu Valouchovi, Ph.D. za jeho odborné vedení v mé práci, za jeho čas, cenné poznámky, poskytnutí potřebných materiálů a možnost časových osobních konzultací. Dále bych tímto chtěl vyjádřit poděkování mé rodině, zejména mým drahým dětem a mé ženě, přátelům a kolegům z práce, za jejich trpělivost a podporu, jak při samotné tvorbě diplomové práce, tak po celou dobu mého studia.

Motto

„Věda se zrodila v kontextu pospolitosti, dokonce univerzálního bratrství.“

Jacob Robert Oppenheimer

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I. TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VÝŠKOVÝ ELEKTROMAGNETICKÝ IMPULS (HEMP)	11
1.1 SLOŽKY HEMP	13
1.1.1 PULZ E1	13
1.1.2 PULZ E2	15
1.1.3 PULZ E3	15
1.2 GEOMAGNETICKÁ BOUŘE – PŘIROZENÉ EMP	16
1.2.1 PŘÍPADY OCHROMENÍ ELEKTRICKÉ INFRASTRUKTURY PŘI PŘIROZENÉ EMP	18
1.2.2 PODOBNOST GEOMAGNETICKÁ BOUŘE A HEMP	20
1.3 ZBRANĚ EMP	22
1.3.1 CHAMP	22
1.3.2 HPEM CARSTOP	23
2 HISTORIE VÝŠKOVÝCH JADERNÝCH ZKOUŠEK A HEMP	26
2.1 TESTY USA	28
2.1.1 YUCCA	29
2.1.2 CASTLE BRAVO	30
2.1.3 STARFISH PRIME	31
2.1.4 BLUEGILL TRIPLE PRIME	32
2.1.5 KINGFISH	32
2.2 TESTY SSSR	33
2.2.1 K-3	34
2.2.2 TSAR	35
2.3 VELKÁ BRITÁNIE	36
2.3.1 GRAPPLE Y	37
2.4 FRANCIE	38
2.5 ČÍNA	39
3 DOKUMENTY ODKAZUJÍCÍ NA HROZBY HEMP/EMP	42
3.1 TECHNICKÉ NORMY	42
3.2 PUBLIKACE V OBLASTI EMP	44
3.2.1 VĚDECKÉ ZPRÁVY, ZPRÁVY KOMISÍ A AGENTUR	45
3.2.2 VÝZKUMNÉ ZPRÁVY	48
3.2.3 VĚDECKÉ ČLÁNKY	52
3.2.4 DALŠÍ MATERIÁLY	53
3.2.5 KNIHY	54
3.3 VOJENSKÉ DOKUMENTY USA	54
3.4 DOKUMENTY NATO	55
II. PRAKTICKÁ ČÁST	58
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU – HEMP	59

4.1	USA.....	59
4.1.1	VÝKONNÝ PŘÍKAZ KE KOORDINACI NÁRODNÍ ODOLNOSTI VŮČI ELEKTROMAGNETICKÝM PULZŮM VYDANÝ 26. BŘEZNA 2019	60
4.1.2	JADERNÁ VÝZBROJ USA	62
4.2	RUSKO	64
4.2.1	VOJENSKÁ DOKTRÍNA RUSKÉ FEDERACE	64
4.2.2	NOVÉ ZBRANĚ	67
4.2.3	JADERNÁ VÝZBROJ RUSKÉ FEDERACE	70
4.3	ČÍNA	71
4.3.1	JADERNÁ VÝZBROJ ČÍNY	73
4.4	SEVERNÍ KOREA - KLDR	74
4.4.1	JADERNÁ VÝZBROJ KLDR.....	76
4.5	IRÁN	76
5	MOŽNÝ SCÉNÁŘ POUŽITÍ HEMP	79
5.1	HEMP NAD VÝCHODNÍM STÁTEM V ASII.....	79
5.2	PRŮBĚH.....	81
5.3	DOPADY	81
5.3.1	ELEKTRICKÁ ENERGIE	83
5.3.2	TELEKOMUNIKACE	85
5.3.3	BANKOVNICTVÍ A FINANCE.....	86
5.3.4	ROPA A ZEMNÍ PLYN	86
5.3.5	DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURA.....	86
5.4	HEMP – UKÁZKA ROZSAHU NAD STŘEDNÍ EVROPOU.....	87
ZÁVĚR	90
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	92
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	99
SEZNAM OBRÁZKŮ	101
SEZNAM TABULEK	102

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je problematika použití jaderných zbraní odpálených ve vysokých výškách (HEMP), nebo jiných obdobných zbraní s EMP účinkem. Prvním poznatkou o „vedlejší“ účinku „EMP“ u jaderných zbraní jsou již z jejich ranného stádia testování. Jelikož hrály jaderné zbraně důležitou roli v mezinárodní politice a ještě dlouho budou, tak je vhodné o tomto tématu a problematice podrobněji pojednat. Jsou zde uvedeny jednotlivé složky HEMP, rozdíly mezi uměle vytvořeným HEMP, přirozeným EMP a celá historie jaderných testů i států, které se testování jaderných zbraní ve vysokých výškách podílely. V současné době se navíc jedná o velmi aktuální téma, sice ne o použití jaderných zbraní jak známe ze dvou jediných případů v Hirošimě a Nagasaki, kdy ničila města síla detonace bomb a následné ozáření, ale o jejich požití ve vysokých nadmořských výškách a paralyzování regionů, států, či celého kontinentu. To je způsobeno tím, že dnešní společnost je ve všech oblastech svého fungování závislá na dodávkách elektrické energie a elektronických zařízeních, které energii potřebují. Hlavními aktéry v této problematice jsou Spojené státy americké, Ruská federace, Čína a v poslední době se připojily Írán a Severní Korea. Jak by se na první pohled zdálo, že k takovému útoku, který dokáže vyřadit infrastrukturu na velké rozloze celého kontinentu je potřeba sofistikovaná zbraň, kterou by dokázaly vyrobit jen ty nejvyspělejší a nejbohatší země, tak opak je pravdou. Nejvážnější současnou hrozbou jsou dva poslední státy a to Írán a Severní Korea. Oba tyto státy čelí embargům a sankcím, takže nikdy nedosáhnou ekonomického potenciálu, jako jiné země a přesto dokázaly vyrobit jaderné zbraně, některé zdroje uvádí i EMP zbraně a jejich použití mají zakotvené už ve svých vojenských válečných doktrínách.

Vývoj v těchto zbraních ve všech zemích nejbedlivěji sledují Spojené státy, které jsou největším zdrojem dat a informací, jelikož zde bylo publikováno mnoho článků, zpráv komisí, agentur, vědeckých zpráv a jiných dokumentů, které měly za úkol probudit přední představitele ve Spojených státech, aby byla provedena patřičná opatření pro prevenci a případnou obnovu infrastruktury pro případ útoku HEMP, přirozených EMP či jiné výkonné EMP zbraně. Tato snaha se vyplatila v podobě vydání příkazu výkonného příkazu ke koordinaci národní odolnosti vůči elektromagnetickým pulzům vydaný 26. března 2019 prezidentem spojených států Donaldem Trumpem. Jelikož stoprocentní ochrana proti EMP zatím neexistuje, tak jde chránit jen omezené množství zařízení a hlavní úloha je na rychlé obnově.

Diplomová práce je zakončena závěrečnou kapitolou, kde se nachází katastrofický scénář použití HEMP nad střední Evropou a jeho následky. Nejvážnějším problémem v této problematice je čas. Čas potřebný na obnovu infrastruktury s minimálními ztrátami. Bez dodávek elektrické energie nebude fungovat telekomunikace, bankovníctví, finance, těžba a zpracování ropy, dopravní infrastruktura, jednoduše řečeno se zhroutí celý moderní systém a společnost bude uvržena do doby před elektrifikací. V tom je ten problém, zajistit jídlo, pití a zdravotní péči, protože dnešní moderní společnost již nemá dovednosti a prostředky nutné k přežití bez nemocnic, bez funkčních vodovodů, supermarketů, automobilů a dalšího.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝŠKOVÝ ELEKTROMAGNETICKÝ IMPULS (HEMP)

Elektromagnetický impuls, jako výboj elektromagnetické energie, představuje okamžité, velmi krátkou dobu trvající, intenzivní energetické pole, které může způsobit přetížení nebo narušení funkcí řady elektrických a elektronických zařízení a systémů, které jsou citlivé na přepětí. Zdroje EMP mohou být přírodní nebo uměle generované, přičemž EMP můžeme klasifikovat do následujících typů [1]:

- **LEMP** - lighting electromagnetic pulse (elektromagnetický impulz blesku). Úder blesku vytvoří lokální EMP, který způsobuje velký elektrický proud v blízkých vodičích. Proudový nárůst může poškodit citlivý hardware, jako jsou rádia a přístroje. Všechny elektronické systémy by měly mít určitou formu ochrany před účinky EMP. Přepětíové ochrany, nabízejí omezenou ochranu proti EMP, které se obvykle vyskytují během bouřek. Nejlepší způsob ochrany je odpojení všech AC kabelů a odpojení co největšího počtu elektronických zařízení při bouřkách. Intenzita elektromagnetického pulzu z blesku, který může ovlivnit chod elektrických a elektronických zařízení, závisí na místě nárazu a na specifických vlastnostech chráněné budovy. Z hlediska ochrany proti blesku je možné rozlišit čtyři nebezpečné události nebo zdroje poškození, a to:
 1. Úder blesku na chráněný objekt (S1),
 2. Úder blesku na zem nebo na uzemněné objekty v blízkosti chráněného objektu (S2),
 3. Úder blesku na připojené vedení (S3),
 4. Blesky v blízkosti připojených vedení (S4) [2].
- **NEMP** - nuclear electromagnetic pulse (jaderný elektromagnetický impulz), který dále rozlišujeme:
 1. HEMP - high altitude electromagnetic pulse (elektromagnetický impulz ve velké výšce),
 2. SGEMP - system generated electromagnetic pulse (elektromagnetický impulz generovaný systémem),
 3. SREMP - source region electromagnetic pulse (elektromagnetický impulz zdrojové oblasti),

- **NNEMP** - non nuclear electromagnetic pulse (EMP impuls generovaný zbraňovými prostředky) [1].

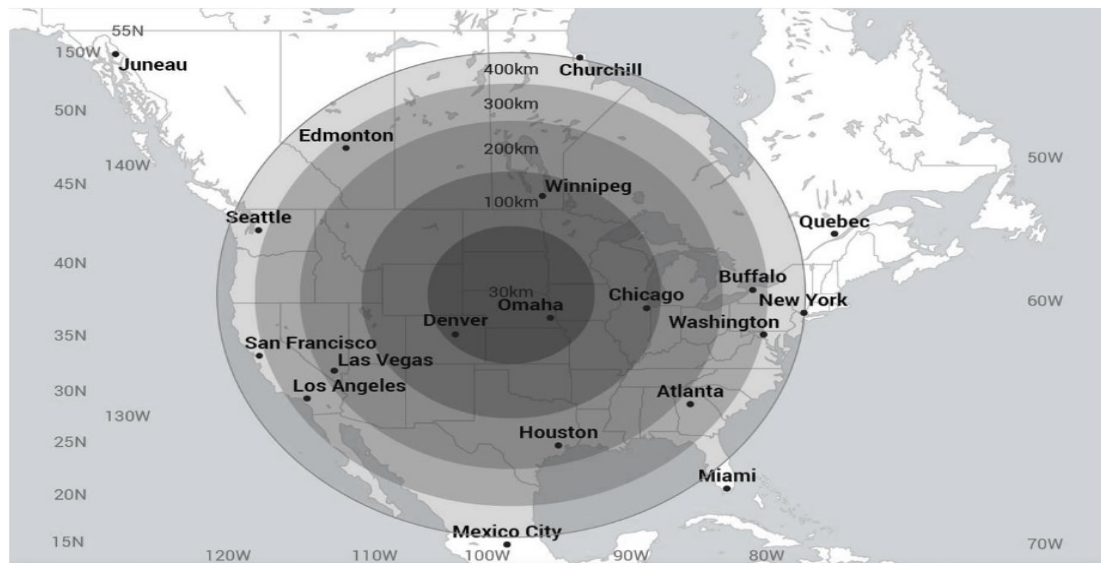
Tab. 1. Srovnání parametrů LEMP a NEMP [3]

	E_{\max} [kV/m]	H_{\max} [A/m]	náběžná hrana [ns]	kmitočtové spektrum	dosah účinku
LEMP	10 ÷ 100	100 ÷ 1000	100 ÷ 10000	1 kHz ÷ 5 MHz	jednotky km
NEMP	30 ÷ 100	100 ÷ 1000	5 ÷ 8	0,1 ÷ 100 MHz	stovky až tisíce km

Elektromagnetický impuls (EMP) je produktem výbuchu každé jaderné zbraně, a to i primitivních zbraní první generace jako byly A-bomby, které zničily města Hirošimu a Nagasaki v srpnu roku 1945. Všechny jaderné zbraně produkují gama záření spolu s ohnivou koulí, které generují celkem tři typy záření o různých frekvencích. EMP útok tedy přináší trojnásobný úder pro malou i velkou elektroniku, elektrické rozvodné sítě, elektrická a elektronická zařízení jako jsou osobních počítače, mobilní telefony, internet a kabelové systémy, letadla, veškerá veřejná doprava, veškerá infrastruktura, nemocnice, policie, hasiče, toto všechno a spousta dalšího bude vyřazeno z provozu na dlouhé měsíce.

Jakékoliv jaderná zbraň, která vybuchne ve výšce 30 kilometrů nebo výš, bude generovat potenciálně katastrofální HEMP. Při této detonaci vysoko nad zemským povrchem, reaguje vzniklé gama záření s atmosférou (s molekulami vzduchu v procesu zvaném Comptonův účinek) a vytvoří intenzivní elektromagnetické energetické pole, které je neškodné pro lidi, ale může přetížit obvody a mnoho dalšího elektrického zařízení a způsobí škodu mnohem rychleji než úder blesku.

Nukleární detonace při minimální výšce 30 kilometrů bude generovat pole EMP s poloměrem asi 600 kilometrů, ale pokud bude odpálena v nadmořské výšce 400 kilometrů, bude poloměr pole EMP asi 2200 kilometrů, což odpovídá téměř celé Evropě či Severní Americe [4].



Obr. 1. - Rozsah EMP podle výšky odpálení nad USA [5]

HEMP způsobené jadernou explozí obsahuje tři složky, které přichází ve třech vlnách. Tyto mají znatelně různé efekty. Tyto vlny se značí E1, E2 a E3 [4].

1.1 Složky HEMP

Jaderný elektromagnetický puls se liší od jiných druhů elektromagnetických pulzů (EMP), protože se jedná o složitější multi-puls. Tento multi-puls je popisován třemi složkami, které byly definovány komisí nazvanou Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC). Výše zmíněné tři složky v IEC se tedy značí E1, E2 a E3 [6].

Složky E1, E2 a E3 definuje konkrétně dokument ČNS EN 61000-2-9: 1996:

Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2: Prostředí-Oddíl 9: Popis prostředí HEMP-Vyzařované rušení. Základní publikace EMC

1.1.1 Pulz E1

Jednou z částí jaderného EMP je velmi rychlý pulz E1. Jedná se o velmi krátké (trvajících nanosekundy), ale zároveň velmi intenzivní elektromagnetické pole. Toto může vyvolat rychlé a vysoké napětí v elektrických vodičích. Většina škod způsobených E1 je tedy překročením elektrického napětí. E1 může zničit počítače a komunikační zařízení, drobnou elektroniku, řídicí systémy nezbytné pro provoz všeho, od automobilů po letadla, včetně elektrických rozvodných sítí, komunikace, a všechny ostatní kritické infrastruktury [6].

„E1 je produkován, když gama záření z jaderné detonace vyřadí elektrony z atomů v horní atmosféře. Elektrony začínají cestovat obecně směrem dolů při relativistických rychlostech (více než 90 procent rychlosti světla). Při absenci magnetického pole by to produkovalo velký puls elektrického proudu svisle v horní atmosféře po celé postižené oblasti. Magnetické pole Země působí na tyto elektrony a mění směr toku elektronů do pravého úhlu k geomagnetickému poli. Tato interakce zemského magnetického pole a sestupného toku elektronů produkuje velmi velký, ale velmi krátký, elektromagnetický puls přes postiženou oblast“ [6].

„Fyzik Conrad Longmire udal numerické hodnoty pro typický případ pulsu E1 produkovaného jadernou zbraní druhé generace, jako jsou ty, které se používaly při zkouškách s vysokou nadmořskou výškou operace Fishbowl v roce 1962. Podle Longmira mají typické gama paprsky vydávané zbraní energie asi 2 MEV (milion elektronových voltů). Když se tyto gama paprsky srazí s atomy ve střední stratosféře, gama paprsky vyřadí elektrony. Toto je známé jako Comptonův efekt a výsledné elektrony produkují elektrický proud, který je známý jako Comptonův proud. Gama paprsky přenášejí přibližně polovinu své energie na elektrony, takže tyto počáteční elektrony mají energii asi 1 MEV. To způsobí, že se elektrony začnou pohybovat obecně směrem dolů při asi 94 procentech rychlosti světla“ [6].

Magnetické pole Země rychle odkloní elektrony v pravém úhlu k geomagnetickému poli a rozsah vychýlení závisí na síle magnetického pole. Při silách geomagnetického pole typických pro danou lokalitu se tyto počáteční elektrony točí kolem magnetických siločar v kruhu s typickým poloměrem. Tyto počáteční elektrony jsou zastaveny srážkami s jinými molekulami vzduchu v průměrné vzdálenosti asi 170 m. To znamená, že většina elektronů je zastavena kolizemi s molekulami vzduchu dříve, než elektron může dokončit jeden celý kruh své spirály kolem zemských magnetických siločar. Tato interakce velmi rychle se pohybujících negativně nabitých elektronů s magnetickým polem vyzářuje puls elektromagnetické energie. Puls obvykle stoupá na svou maximální hodnotu za přibližně 5 nanosekund. Velikost tohoto pulsu se obvykle rozpadne na polovinu jeho maximální hodnoty během 200 nanosekund. (Podle definice IEC je tento impulz E1 ukončen po jedné mikrosekundě (1000 nanosekund). Síla impulsu E1 závisí na počtu a intenzitě gama paprsků produkovaných zbraní a na rychlosti gama paprsků vynesných ze zbraně. Síla impulsu E1 je také poněkud závislá na výšce detonace [6].

1.1.2 Pulz E2

Složka E2 je generována rozptýlenými gama paprsky a neelastickými gama produkovanými neutrony zbraní. Tato složka E2 je „mezi-obdobný“ impuls, který podle definice IEC trvá přibližně od jedné mikrosekundy do jedné sekundy po začátku elektromagnetického pulsu. Složka E2 se velmi podobá elektromagnetickým pulsům produkovanými blesky, i když je elektromagnetický puls indukovaný velmi blízkým úderem blesku může být podstatně větší než E2 jaderného EMP. Vzhledem k podobnosti s pulzy způsobenými blesky, by mohla ochrana proti bleskům ochránit i před E2, ale problém je v tom, že E2 následuje E1 a ta může poškodit zařízení, která by na ochranu proti E2 stačila [6].

Některé zprávy už teď hovoří, že stávající ochrana proti úderům blesků je dostačující i na E2 HEMP, ale problém je právě v riziku synergie E1 a E2.

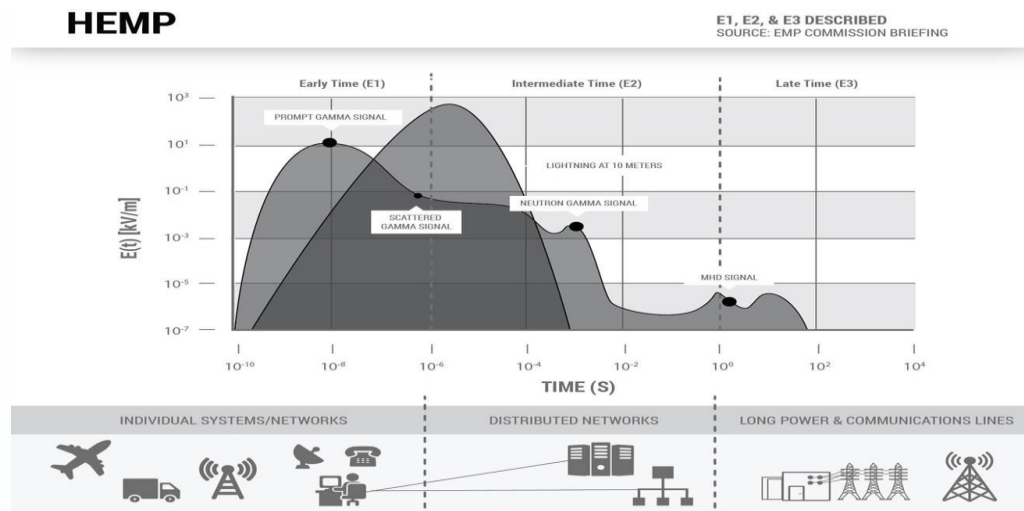
1.1.3 Pulz E3

Tato složka se v mnohém liší od předešlých dvou složek jaderného EMP. Především je velmi pomalá. Může trvat od desítek po stovky vteřin od jaderné detonace. Tato detonace odvádí zemské magnetické pole z cesty, a následným obnovením magnetického pole na jeho přirozené místo vzniká E3.

Skládá se tedy ze dvou částí:

1. 1-10 sekund je doba známá jako „tlakové vlny“,
2. 10-300 sekund je doba známá jako „zdvihnutí“.

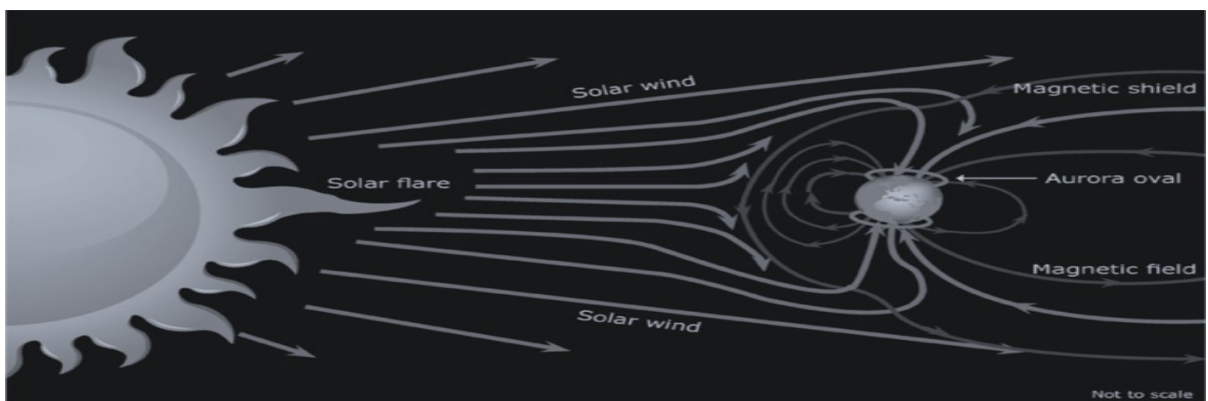
E3 se v mnohém podobá geomagnetickým bouřím a může produkovat geomagneticky indukované proudy v dlouhých elektrických vodičích, které pak mohou poškodit nebo zničit součásti, jako jsou transformátory elektrického vedení. Téměř všechny škody způsobené E3 v moderních systémech se vyskytují v síti střídavého proudu, která obecně není navržena tak, aby zvládla přímé proudy, zejména v kritických zařízeních, jako jsou výkonové transformátory [6].



Obr. 2. - Fáze E1, E2 a E3 [7]

1.2 Geomagnetická bouře – přirozené EMP

Přirozená nebo přírodní EMP je běžný jev, který vzniká působením slunečních bouří na magnetické pole země. Geomagnetická porucha nebo geomagnetické bouře jsou dočasným zkreslením zemského magnetického pole způsobeným vlnami slunečního větru, které zasáhnou magnetické pole hodiny po sluneční události. Magnetické pole Země, které poskytuje přirozený štít proti rychle se pohybující plazmě, je někdy drasticky stlačeno. Elektrické proudy, které jsou v ionosféře, jsou stlačeny a deformovány. Nabité částice putují po polích magnetického pole v polárních oblastech a vytvářejí vizuální projev geomagnetické bouře, kterou známe jako polární záře. Bylo zjištěno, že ovlivňují fyziologii, standardní metabolismus a chování lidí a jiných druhů (např. ptáků, velryb, plazů, hmyzu a bakterií) [8].



Obr. 3. - Solární bouře [4]

Geomagnetické poruchy jsou obvykle spojeny se slunečními erupcemi a ejekcemi sluneční koronální hmoty, při nichž se do slunečního větru uvolňuje miliarda tun magnetické plazmy s vysokou energií ze slunce. Toto uvolnění magnetického pole s vysokou energií se mění podle 11-letých slunečních cyklů a během období slunečních maxim je intenzivnější. Tato období jsou také charakterizována vysokým počtem geomagnetických bouří (GMD) [8].

Způsobuje změny elektrického proudu v magnetosféře a ionosféře (vrstvy naší atmosféry), což zase negativně ovlivňuje magnetické pole Země. Indukuje proudy ve vodičích, jako jsou elektrická vedení, která mohou ovlivnit transformátory elektrické sítě. Mohou způsobit „saturaci polovičního cyklu“ vysokonapěťových transformátorů s objemovou elektrickou energií, které by mohly potenciálně způsobit zhroucení dodávek el. energie. Dále může potenciálně poškodit transformátory jejich přehřátím. Pokud dojde k narušení, které je dost velké na to, aby došlo k poškození transformátorů, mohlo by to trvat opravdu dlouho, než se obnoví síť [8].

„Stejně jako hromosvody jsou i vysokonapěťová elektrická vedení uzemněna. Z bezpečnostních důvodů jsou na obou koncích spojena se zemí. Ale na každém konci většiny těchto vedení, umístěných mezi nimi a zemí, jsou transformátory, velikosti garáže nebo i větší.

Transformátory umístily (vysokonapěťové)“ do (vysokonapěťového elektrického vedení). V rámci přípravy na dálkový přenos transformátory převezmou elektrinu vyrobenou větrnou elektrárnou nebo uhelnou elektrárnou a zvýší její napětí. Dále přivádějí tuto transformovanou elektrickou energii do dálkových vedení. (Zvyšování napětí pro dálkový přenos snižuje energetické ztráty z elektrického odporu elektrického vedení.) Na přijímací straně podobné transformátory symetricky snižují napětí zpět pro distribuci do továren, kanceláří a domácností.

Transformátory využívají symetrii elektromagnetismu: stejně jako měnící se magnetické pole indukuje napětí, tak i pohyb elektrického náboje (elektriny) vytváří magnetické pole. Uvnitř každého transformátoru jsou dva vodiče, jeden připojený ke vstupnímu vedení a druhý k výstupu, stočeny v rámci nebo kolem sdíleného jádra z magneticky propustného materiálu, jako je křemíková ocel. Normálním vstupem je střídavý proud (AC), jako je tomu v běžném domě, jeho napětí se mění z kladného na záporný a zpět 50 nebo 60krát za sekundu. Oscilační elektrina v drátu vytváří v jádru transformátoru oscilační magnetické pole. To zase indukuje

oscilační proud ve výstupním vodiči, obvykle při jiném napětí. Schopnost střídavého proudu se transformovat tímto způsobem za nízké ztráty.

V konstrukčních podmínkách je jádro transformátoru magneticky dostatečně velké, aby neslo celé pole produkované vstupním drátem. Pokud ale vstoupí příliš silný proud, jádro se nasytí. Magnetická silová pole budou bloudit z jádra do okolních vodičů, kde mohou přesně způsobit neviditelný chaos: náhodné proudy ve vstupních i výstupních vodičích a „hotspoty“ spálené izolace. Pravděpodobně transformátory okamžitě selžou. Nebo můžou pokračovat v provozu, zatímco horká místa se ochlazují na něco analogického s tečkami rzi: nejprve uniknou pozornosti, ale iniciují degradaci, která se šíří během týdnů nebo měsíců. Nakonec může být vyvolána porucha, kterou inženýři nemusí dokonce rozpoznat jako poškození bouří. Vysokonapěťové transformátory jsou uzly v síti. Když dojde k jejich selhání, propojení v energetickém systému jsou opálena.

Geomagnetické bouře mohou vysílat škodlivé proudy do transformátorů dvěma způsoby. Bouře je mohou přímo vyvolat, jak bylo právě popsáno. Nebo bouře mohou narušit proudy, napětí a frekvence v provozní síti natolik, aby přemohly zařízení určená k potlačení těchto zkreslení, a tak spustily vypnutí elektráren nebo odpojení mezi částmi sítě. Tyto automatické odezvy jsou navrženy tak, aby chránily mřížku, a z velké části tak mohou učinit - ale v extrémních případech pravděpodobně ne úplně“ [10].

Výměna transformátorů může vyžadovat dodací lhůtu až měsíce či roků, záleželo by na velikosti zasažené oblasti. Pokud by k tomu došlo ve velkém měřítku, k prostojům by dále přispělo samotné množství jednotek vyžadujících výměnu [8].

1.2.1 Případy ochromení elektrické infrastruktury při přirozené EMP

Quebec blackout z roku 1989

Slunce neustále vysílá částice a energii na Zemi, ale 10. března 1989 astronomové byli svědky silné exploze na slunci, která uvolnila miliardtunový oblak plynu, který byl 36krát větší než Země. Tento oblak plynu se řítí na naši planetu rychlostí milionu mil za hodinu.

Sluneční erupce a CME (Coronal Mass Ejection - vystřelení koronální hmoty) z exploze způsobily okamžité rušení rádiovými vlnami krátkých vln, které v Rusku zasekly rádiové signály (někteří předpokládali, že za tím stojí Kreml). CME mohou způsobit magnetické bouře ovlivňující komunikační systémy, energetické sítě a astronauty ve vesmíru.

O dva dny později, mrak sluneční plazmy s elektricky nabitými částicemi, dosáhl zemského magnetického pole a způsobil geomagnetickou bouři. Kolize způsobila intenzivní polární záři na pólech, které bylo možné vidět až na jihu Floridy a Kuby. Jelikož se to stalo během studené války, tak se někteří obávali, že světla na obloze jsou jaderná válka.

Bouře vytvořila elektrické proudy v zemi pod Severní Amerikou a 13. března došlo k výpadku proudu poté, co došlo k havárii rozvodné sítě elektrárny Hydro-Québec, když bezpečnostní systémy zaznamenaly přetížení energie způsobené prouděním proud. Energetické systémy v oblastech vyvřelých hornin, jako je Québec, jsou nejzranitelnější vůči účinkům intenzivní geomagnetickým aktivitám.

Téměř šest milionů lidí ztratilo energii v Kanadě na téměř 9 hodin, ve Spojených státech bylo hlášeno více než 200 problémů s rozvodnou sítí. Celosystémový výpadek proudu vedl ke ztrátě přibližně 19 400 MW v Quebecu a 1 325 MW vývozu. Dodatečné zatížení 625 MW bylo vyváženo také z výrobních stanic izolovaných od systému Hydro-Quebec.

Ve vesmíru byly satelity mimo kontrolu celé hodiny, komunikační satelit NASA TDRS-1 zaznamenal stovky anomálií, když se k němu dostaly částice z exploze. Raketoplán Discovery (STS-29) 13. března zaznamenal problémy s některými z jeho senzory [11] [12].

Carringtonova událost 1859

Sluneční bouře z 1. září roku 1859 způsobila, že sluneční koruna vyhnula masivní uvolnění magnetické energie, známé jako vystřelení koronální hmoty (CME). Tato rozsvítila noční oblohu, která byla tak jasná, že se lidé v hornatých oblastech Severní Ameriky probudily s tím, že bylo ráno. Jiní zase mysleli, že je konec světa.

Ačkoli v té době byla rádiová komunikace ve své rodící se fázi, telegrafní operátoři hlásili jiskry a oheň na jejich zařízení. Muž jménem Richard C. Carrington v té době zaznamenával aktivitu slunečních skvrn a rychle rozpoznal povahu tohoto jevu, a tak se stala známá jako „událost Carrington“. Na základě historické priority se tyto masivní CME obvykle dějí každých 150 let. CME, jako Carringtonova událost z roku 1859, které vysílají masivní vlnu rentgenových paprsků a sluneční plazmy směrem k zemi, nakonec interagují s částicemi v magnetosféře Země. Při stejné události jako „Carrington“ mohou být tyto vlny částic tak masivní, že zabírají polovinu objemu prostoru mezi Zemí a Sluncem, asi 93 milionů mil. CME tento velký může vypustit až miliardu tun plazmy do vesmíru [13].

CME 23. července 2012

23. července 2012 slunce uvolnilo dva velké koronální výboje nabitě plazmy a vrhlo je k oběžné dráze Země. Byl to jeden z nejsilnějších úkazů CME, který byl vidět za více než 150 let. Kdyby tyto výboje zasáhly zemské magnetické pole, mohly by vyvolat silné zemní proudy schopné přetížit naše elektrické sítě a vyřadit transformátory a ponechat celé oblasti bez energie. Naštěstí pro nás sluneční erupce minula Zemi asi o týden (místo toho zasáhla jednu z pozorovacích kosmických lodí NASA STEREO-A). Masivní geomagnetická bouře v roce 1859, známá jako „Carringtonova událost“, skvěle způsobila zmatek na telegrafních linkách po celém světě. Událost takového rozsahu by dnes mohla potenciálně způsobit mnohem větší poškození energetických sítí, vedení a satelitů. (Erupce z července 2012 byla považována za událost na úrovni Carringtonu.) V nejhorším případě by masivní sluneční bouře mohla nechat desítky milionů lidí bez energie po celá léta [14].

1.2.2 Podobnost Geomagnetická bouře a HEMP

Geomagnetická bouře (GMD - geomagnetic disturbance) je méně závažná událost ve větší zeměpisné oblasti a je dobře známým problémem, který energetický sektor po desetiletí řeší. Kdežto útok EMP je méně pravděpodobný, ale měl by mnohem větší důsledky v menší zeměpisné oblasti.

EMP jsou výbuchy energie určené k narušení, poškození nebo zničení elektroniky, jako jsou ty, které se nacházejí v řídicích systémech na elektrické sítě. GMD jsou přirozeně se vyskytující solární magnetické poruchy, které periodicky narušují magnetické pole Země, tato rušení mohou vyvolat proudy v elektrické síti, které mohou současně poškodit nebo zničit klíčové transformátory na velké zeměpisné oblasti.

Obě události mají tedy potenciál způsobit problémy s napětím a nestabilitu v elektrické síti, což by mohlo vést k výpadkům na velkém území na dlouhou dobu.

Složka E3 má podobnost s geomagnetickou bouří (GMD) způsobenou velmi vážným vyhazováním sluneční koronální hmoty (CME). Stejně jako geomagnetická bouře může E3 produkovat geomagneticky indukované proudy v dlouhých elektrických vodičích, jako je elektrická rozvodná síť, která pak může poškodit nebo zničit součásti, jako jsou elektrické vedení a transformátory.

Tyto proudy se často nazývají kvazi-stejnosměrné proudy, protože se podobají stejnosměrnému proudu z baterie více než co většina lidí považuje za elektrický impuls.

Téměř všechny škody způsobené E3 v moderních systémech se vyskytují na střídavé rozvodné síti, která obecně není navržena tak, aby zvládla přímé proudy, zejména v kritických zařízeních, jako jsou výkonové transformátory.

Z důvodu podobnosti mezi geomagnetickými bouřemi indukovanými sluneční energií a jaderným E3 se stalo běžné označovat geomagnetické bouře indukované sluneční energií jako „sluneční EMP“ [6][15].

Tab. 2. Srovnání EMP a GDM [33] [7]

	EMP	GDM
Způsobuje	nepřátelská hrozba	přírodní hrozba
Varování	minuty	18 až 72 hodin
Účinky	E1, E2, E3	GDM disponuje pouze pulzem E3
Doba trvání	E1: méně než 1 mikrosekundu E2: méně než 10 milisekund E3: výbuch: 10 sekund E3: 1-2 min	E3 hodiny
Riziko pro zařízení	E1: telekomunikace, elektronika a řídicí systémy, relé, bleskojistky E2: elektrické vedení, telekomunikace, elektronika, řídicí systémy, transformátory. E3: transformátory, dálkový přenos a komunikace - generátor step-up	E3: transformátory, dálkový přenos a komunikace - generátor step-up
Stopa	Kontinentální, v závislosti na výšce výbuchu	Po celém světě v závislosti na velikosti
Síla	E1 50 kV/m E2 100 V/m E3 85 V/m	Srovnatelná s pulzem E3

1.3 Zbraně EMP

„Činnost elektrických a elektronických systémů může být narušena působením přírodních nebo uměle generovaných elektromagnetických impulsů (EMP). V této souvislosti se již řadu let vyvíjejí prostředky umožňující generování výkonových EMP a to i ve formě zbraňových systémů. Potencionálními cíly mohou být důležité prvky kritické a obranné infrastruktury, vojenské komunikační, informační a zbraňové systémy nebo dopravní prostředky“ [17, str. 2].

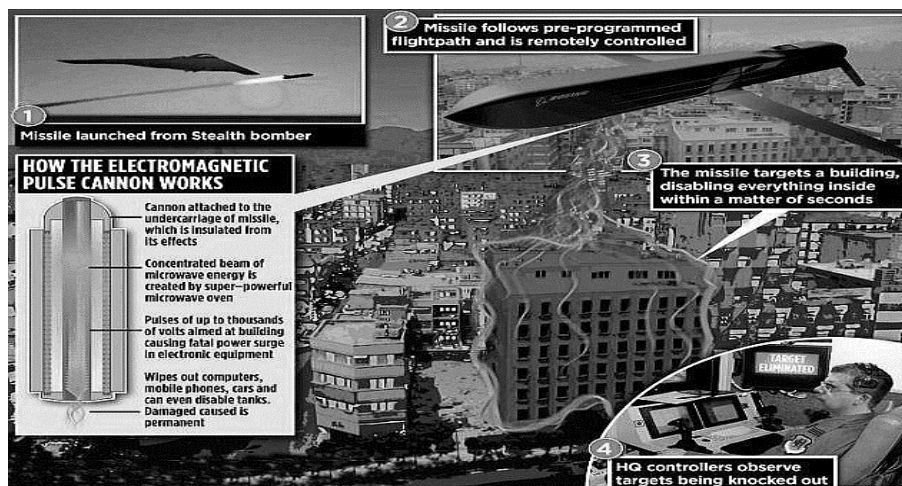
Zbraně se směřovanou energií (Directed Energy Weapons, DEW) dělíme na:

- Prostřednictvím impulsní elektromagnetické pole v pásmu radiových vln (DEWRF- direct energy weapons- radio frequency, stovky kHz až 1 GHz)
- Prostřednictvím impulsní elektromagnetické pole v pásmu mikrovln (DEWM - direct energy weapons- microwave, 1- 300 GHz).
- Částicové zbraně (PBW – Particle Beam Weapons)

Tyto zbraně se dále dělí na úzkopásmové HPM (high power microwave) a širokopásmové UWB (ultra wide band). Úzkopásmové zbraně vysílají pulzy s vysokým výkonem na jednotlivých frekvencích, díky čemu je účinek na cíl velmi efektivní, protože impulz rezonuje se známou frekvencí napadeného zařízení. Širokopásmové zbraně vysílají impulz s nízkou hustotou energie v širokém frekvenčním pásmu. Využívá se tam, kde není možné identifikovat přesné kmitočty napadeného zařízení [17].

1.3.1 CHAMP

Counter-Electronics High Power Microwave Advanced Missile Project (CHAMP). Tým složený z členů Boeing's Phantom Works, Raytheon's Ktech a US Air Force Research Laboratory (AFRL) Direction Energy Directorate Energy Directorate úspěšně provedl v říjnu roku 2012 raketovou zkoušku na zbraňový systém schopný decimovat obranu země a kriticky změnit vojenskou rovnováhu. „Umožňuje tedy negativně ovlivnit funkce nebo poškodit elektronických zařízení v objektech (např. protivzdušnou obranu protivníka, systémy velení a řízení, komunikační sítě, objekty kritické infrastruktury)“ [17].



Obr. 4. - CHAMP [18]

CHAMP je zbraň s řízenou energií (DEW), která používá vysoce výkonné mikrovlnné trouby (HPW) v megawattovém rozsahu k přemožení všech elektronických systémů podobných elektromagnetickému pulzu (EMP) emitovaným z detonace atomové bomby, ale bez kinetické síly bomby. Tato zbraň dokáže vygenerovat úzkopásmové EMP o výkonu 2 GW na vzdálenost 300 m [17].

1.3.2 HPEMcarStop

Tento systém je navržen tak, aby dosáhl co nejlepšího výsledku tak, že cílová vozidla musí být vyražena zepředu. V důsledku toho HPEMcarStop směřuje svůj signál dozadu při předjíždění cílového vozidla. Vozidlo, které se blíží zezadu nebo se pokouší předjíždět HPEMcarStop je vystaveno záření způsobujícímu, že elektronika motoru selže. Kvůli elektromagnetickému poli selže motor cílového vozidla, bez fyzického poškození zájmového vozidla. HPEMcarStop poskytuje nové příležitosti bez jakéhokoli času na. Vozidlo lze po úkonu znovu nastartovat. Další výhodou HPEMcarStop je jeho rušivý účinek na všechny druhy bomb s elektronikou roznětkou. Unikátní technologie HPEM umožňuje obsluhu udržovat bezpečnou vzdálenost od cíle a udržovat nebezpečné situace pod kontrolou [17].

- Provozní dosah - 3 - 15 metrů, záleží na modelu vozidla
- Úspěšnost zastavení vozidla - 75% u všech automobilů s elektronikou v motoru
- Maximální doba nepřetržitého provozu - 3 minuty

- Opakovací frekvence - 60 Hz
- Středová frekvence - 350 MHz
- Šířka pásma 3 dB - 50 MHz [17]



Obr. 5. - HP-EMcarStop [19]

Zbraňových systémů se zaměřením na elektroniku ve vybaveních a zařízeních protivníka je celá řada, zde jsem uvedl pouze dva příklady s cílem, ukázat, na co a jak tyto přístroje cílí.

DÍLČÍ ZÁVĚR

Dnešní moderní doba s technologicky vyspělou technologií, založenou na mikroprocesorech, která řídí dopravu, finance, elektřinu, komunikace atd. má EMP (Elektromagnetický puls) tendenci tato zařízení ničit tak, že způsobí vyhoření elektronického zařízení. Zrádnost těchto zbraní není v tom, že by fyzicky likvidovali živé cíle, ale v tom že vyřadí vše, co je potřebné k obraně, odvetnému útoku či přežití. S dalším novým vývojem, používáním a spoléháním se na moderní vybavení je pro nás téměř nemožné vrátit se ze současné generace, do doby, kdy lidé dokázali přežít a fungovat bez těchto vymožeností. Díky tomu je elektromagnetický puls jednou z nejsmrtelnějších a děsivých zbraní na světě.

2 HISTORIE VÝŠKOVÝCH JADERNÝCH ZKOUŠEK A HEMP

Historie jaderných zkoušek začala 16. července 1945 v poušti na území USA v Alamogordu v Novém Mexiku, když Spojené státy otestovaly svou první atomovou bombou. O existenci HEMP a tom, že elektromagnetický puls je produkován jadernou explozí, bylo známo již od těchto prvních testů jaderných zbraní, ale vlastnosti, velikost a složky HEMP vědci zjišťovali až během následujících let při stovkách testů po celém světě.

Jaderné výbuchy byly detonovány ve všech prostředích: nad zemí, pod zemí a pod vodou. Bomby byly odpáleny na vrcholcích věží, na palubách člunů, zavěšených na balónech, na zemském povrchu, pod vodou do hloubek 600 metrů, pod zemí do hloubek více než 2 400 metrů a v horizontálních tunelech. Zkušební bomby byly vypuštěny letadlem a vypáleny raketami až do 320 km v atmosféře [20].

Několik efektů je relativně jedinečných pro výboje ve vysokých nadmořských výškách:

- Elektromagnetický puls (EMP) je důležitý pouze pro výboje ve vysokých nadmořských výškách. Pro takové detonace může ionizace horní atmosféry produkovat krátký intenzivní puls vysokofrekvenčního záření, který může poškodit nebo narušit elektronická zařízení. Při výbuchu nad většinou atmosféry může EMP ovlivnit velké plochy,
- Ionizace atmosféry při výbuchu v atmosféře může krátkodobě rušit radarovou a rádiovou komunikaci. Nabité částice produkované explozemi nad zemskou atmosférou mohou být zachyceny zemským magnetickým polem a dočasně vytvářejí pásy umělého záření, které mohou poškodit kosmickou loď a poškodit astronauty / kosmonauty na oběžné dráze [22].

ATMOSFÉRICKÉ TESTOVÁNÍ

Atmosférické testování se týká výbuchů, ke kterým dochází v atmosféře nebo nad ní. Právě při atmosférickém výbuchu vzniká HEMP - high altitude electromagnetic pulse (elektromagnetický impulz ve velké výšce). Uvádí se, že z více než 2000 jaderných výbuchů explodovaných po celém světě v letech 1945 až 1996 v atmosféře vybuchnuto 25% (více než 500 bomb) : více než 200 v USA, více než 200 v Sovětském svazu, asi 20 v Británii, asi 50 podle Ve Francii a více než 20 v Číně. [20]

Atmosférické testování se dělí na testy atmosférické, které jsou provedené v nízké atmosféře a testy ve vysokých výškách, kdy je jaderná hlavice je vystřelena do vysoké nadmořské výšky nebo do spodního kosmického prostoru kde vybuchne.

Tab. 3. Počet testů nukleárních bomb ve světě [20]

Typ zkoušky	USA	SSSR / Rusko	Spojené království	Francie	Čína	Indie	Pákistán	Severní Korea	Celkem
Atmosférický	215	219	21	50	23	0	0	0	528
Jiné	815	496	24	160	22	3	2	6	1528
Celkem	1030	715	45	210	45	3	2	6	2056

V polovině 50. let se mezinárodní obavy z radioaktivního spadu vyplývajícího z atmosférických zkoušek stupňovaly. V březnu 1954 Spojené státy testovaly svou vodíkovou bombu „Castle Bravo“ na tichomořských Marshallových ostrovech. Bravo test vytvořil nejhorší radiologickou katastrofu v historii testování Spojených států. Náhodou byli spadem kontaminováni místní civilisté na Marshallových ostrovech, američtí vojáci rozmístění na atolu Rongerik a japonský rybářský trawler Lucky Dragon.

Atmosférické testování bylo zakázáno Smlouvou o částečném testu z roku 1963. Jednání do značné míry reagovala na vážné znepokojení mezinárodního společenství ohledně radioaktivního spadu vyplývajícího z atmosférických zkoušek. Spojené státy, Sovětský svaz a Velká Británie se staly smluvními stranami; Francie a Čína ne. Francie provedla svou poslední atmosférickou zkoušku v roce 1974, Čína v roce 1980 [23].

2.1 Testy USA

Spojené státy provedly v letech 1945 až 1992 cca 1 030 jaderných testů na testovacím místě v Nevadě, v lokalitách v Tichém oceánu, na ostrově Amchitka na Aljašském poloostrově, v Coloradu, Mississippi a v Novém Mexiku. Přesné číslo údajně nelze určit z důvodu, že některá zařízení, která byla testována, nedokázala vyvolat žádnou znatelnou explozi, jiné testy byly ve skutečnosti vícenásobné detonace zařízení [24].

Od roku 1946 do roku 1963, USA provedly mnoho sérií atmosférických jaderných zkoušek (u operací byly provedeny atmosférické testy).

Hlavními cíli testování bylo:

- vyvinout jaderné zbraně v různých formách,
- studovat účinky jaderných detonací (vzduch/voda/zem),
- vyzkoušet zbraňové systémy,
- zjistit rozdíly mezi elektromagnetickým pulsem generovaným jadernou explozí ve vysokých nadmořských výškách a výbuchům blíže k povrchu, protože má velmi významné rozdíly,
- zjistit vliv magnetických pólů na vlastnosti **HEMP**,
- k vůli případným jaderným útokům zjistit jak a proč dochází po výbuchu k výpadku radiokomunikace.

Tab. 4. Počty a lokace testů USA [24]

Série výškových testů USA			
Operace	Rok	Lokalita	Počet
<i>Trinity</i>	1945	<i>Alamagordo New Mexico</i>	1
Crossroads	1946	Bikini Atoll	2
Sandstone	1948	Enewetak Atoll	3
Ranger	1951	Nevada Test Site	5
Greenhouse	1951	Enewetak Atoll	4
	1951	Nevada Test Site	7
Tumbler-Snapper	1951	Nevada Test Site	7
Ivy	1952	Enewetak Atoll	2

Upshot-Knothole	1953	Nevada Test Site	11
Castle	1954	Bikini Atoll, Enewetak Atoll	6
Teapot	1955	Nevada Test Site	14
Wigwam	1955	Pacific Ocean	1
Project 56	1955	Nevada Test Site	4
Redwing	1956	Bikini a Enewetak Atoll	17
Plumbbob	1957	Nevada Test Site	30
Projects 57, 58 & 58A	1957-58	Nevada Test Site	2
Hardtack I	1958	Bikini a Enewetak Atoll	35
		Johnston Island	
Argus	1958	South Atlantic	3
Hardtack II	1958	Nevada Test Site	37
Nougat	1961-62	Nevada Test Site	32
Dominic	1962	Christmas Island	36
Fishbowl	1962-63	Pacific, Nevada	56

2.1.1 Yucca

Yucca byl první ze tří testů ve vysoké nadmořské výšce provedený během operace **Hardtack I** a byl odpálen 28. dubna 1958. Hardtack I zahrnoval 35 testů, dosud největší testovací sérii. Testy s vysokou nadmořskou výškou byly provedeny, aby vědci studovali procesy a efekty EMP ve vysoké výšce. Balónové letové testování pro test Yucca začalo v roce 1956 na různých místech v EU a USA a v roce 1957 byly provedeny pokusy Výzkumným střediskem letectva Cambridge (AFCRC) o vypuštění velkých balónů z letiště v Enewetaku Island.

Účelem ostrého testu bylo zkoumání efektů jaderného výbuchu ve velké výšce. Bomba byla vynesena do této výšky velkým heliem plněným balonem, který byl vypuštěn z letadlové lodi USS Boxer. Balon stoupal do požadované výšky téměř 3,5 hodiny. V okamžik detonace byla letadlová loď vzdálená 45 kilometrů, tlaková vlna ji zasáhla za 3 minuty a 16 vteřin po detonaci. Byla použita hlavice W25. Hmotnost vlastního výbušného zařízení byla 99 kilogramů. Přestože byl test pečlivě zabezpečený mnoha způsoby, situace byla taková, že, jak řekl jeden pozorovatel [25].

Zjištěné plusy a mínusy při použití balonu:

Nevýhody

- Slabá manévrovatelnost, je třeba sledovat povětrnostní podmínky,
- Omezená výška použití a s tím spojená menší účinnost v prostoru,

Výhody:

- Nemožnost detekce startu
- Nezanechává stopu po palivu jako rakety

2.1.2 Castle Bravo

Dne 1. března 1954 v 6:45 hod. místního času Spojené státy provedly svůj test s největší jadernou detonací „Castle Bravo“ v atolu Bikini na Marshallových ostrovech ve výšce 2,1 metru na povrchem. Výbuch byl více než dva a půlkrát větší, než se očekávalo, a způsobil mnohem vyšší úroveň spadu a škod, než vědci předpovídali. Bravo test používal zařízení zvané „Shrimp“ (v překladu krevety), které jako palivo používalo *deuterid lithia*. Výbuch měl sílu 15 megatun TNT (předpoklad byl 5 megatun), jelikož inženýři významně podcenili účinnost reakcí lithia-7 v pevném palivu deuteridu lithia. Dále vypustil velké množství radioaktivního spadu do atmosféry, která se rozkládala přes 7 000 čtverečních mil. Výbuch vyústil v radioaktivní kontaminaci obyvatel nedalekých atolů, amerických vojáků a posádky japonského rybářského trawleru („Lucky Dragon“), který zůstal bez povšimnutí v bezpečnostní zóně kolem výbuchu. Incident byl nejhorší radiologickou katastrofou v americké historii a vyvolal celosvětový odpor proti atmosférickému jadernému testování. Bomba byla první americkou vodíkovou zbraní. Vteřiny po výbuchu se vytvořil oblak houby široký čtyři a půl kilometru. Kráter Bravo v atolském útesu měl průměr 1984 metrů, s hloubkou 76 metrů. Za minutu dosáhl oblak výšky 15 km, o dvě minuty později 30 km. Vrchol mračna se zvedl a dosáhl vrcholu na téměř 40 km po pouhých šesti minutách. Osm minut po zkoušce mrak dosáhl svých plných rozměrů s průměrem 100 km, stonkem 7 km tlustým a dno oblačnosti stoupající nad 16,5 km [26].

Castle Bravo spustil vůli po celém světě proti atmosférickým jaderným zkouškám. Později v roce 1954 indický premiér Jawaharlal Nehru vyzval k moratoriu na testování nebo „dohodu o zastavení“ mezi USA a Sovětským svazem. Reakce na test prokázala rostoucí vliv veřejného mínění na jadernou politiku. V roce 1955 Organizace spojených národů vytvořila Vědecký výbor pro účinky atomového záření [27].

2.1.3 Starfish Prime

Starfish Prime byla první ze série jaderných zkoušek Fishbowl (Starfish Prime, Checkmate, Bluegill Triple Prime, Kingfish, Tigh trope) ve vysokých nadmořských výškách v roce 1962, které byly provedeny ze strany USA nad atolem u Johnstonova ostrova v Tichém oceánu severně od rovníku. Tento ostrov byl vybrán k vůli jeho vzdálenosti od předchozích testovacích míst a od Havaje. Toto prosadil Lewis Strauss, tehdejší předseda Komise pro atomovou energii Spojených států. Strauss se postavil proti jakýmkoli zkouškám ve výškách v místech, která byla použita pro dřívější tichomořské jaderné testy. Jeho reakce byla kvůli obavám, že záblesky nočních atmosférických detonací mohou oslepit civilisty. Předchozí test „Castle Bravo“ byl zmíněn, jako nejhorší, co se týkalo nepředpokládané síly výbuchu a jejich následků. Další zde zmíněnou jadernou zkouškou byl test „Starfish Prime“, který nebyl první zkouškou ve výškách, byla to ale největší jaderná zkouška, kterou kdy Spojené státy provedly ve vesmíru. **Zkouška vedla k částečnému porozumění účinku jaderného elektromagnetického pulzu (HEMP).** Byla provedena dne 9. července 1962 a byla jedna z řady testů zaměřených na testování účinků jaderných zbraní ve vysokých nadmořských výškách / nižším vesmíru. Raketa Thor nesoucí hlavici „Starfish Prime“ dosáhla maximální výšky asi 1100 kilometrů a hlavice byla odpálena na své sestupné trajektorii, když klesla na naprogramovanou výšku 400 kilometrů. Měla sílu 1,45 megatun - přibližně stokrát vyšší než bomba v Hirošimě (asi 13 kilotun). Akce se konala v období, kdy vrcholila studená válka a jejího závodu v jaderných zbraních. Krátce před touto zkouškou, provedl Sovětský svaz dosud největší jaderný výbuch, 50 megatun „Tsar Bomb“ v říjnu roku 1961. Jen tři měsíce po „Starfish Prime“ se svět ocitl na pokraji jaderné války během kubánské raketové krize [28] [29].

Veřejnost se o účincích EMP dozvěděla tak, že výbuch a následný pulz EMP způsobil poškození elektrické sítě na Havaji ve vzdálenosti 1445 kilometrů od bodu detonace a vyřadila asi 300 pouličních světel, spustila poplašné signály proti vloupání a poškodila spojení telefonní společnosti. Poškození způsobené EMP bylo rychle opraveno kvůli jednoduchosti zařízení (ve srovnání s dnešními) elektrické a elektronické infrastruktury na Havaji v roce 1962. Relativně malá velikost EMP „Starfish Prime“ na Havaji (asi 5600 voltů / metr) a relativně malé množství způsobené škody vedlo některé vědce k tomu, že EMP nepřikládaly takový význam, jak se ukázalo později. Novější výpočty ukázali, že kdyby byla hlavice „Starfish Prime“ odpálena nad Severní Amerikou, velikost EMP by byla mnohem větší (22 až 30 kilovoltů / metr) kvůli větší síle magnetického pole Země nad Spojenými

státy, stejně jako rozdílná orientace magnetického pole Země ve vysokých zeměpisných šířkách. Tyto nové výpočty společně s rostoucím spoléháním na mikroelektroniku citlivou na EMP zvýšily povědomí o tom, že hrozba EMP může být velmi závažným problémem. Hvězdice Prime byla první úspěšnou zkouškou v sérii amerických výškových jaderných testů v roce 1962 známých jako operace Fishbowl. Následující testy Fishbowl shromáždily více údajů o jevu EMP ve vysokých nadmořských výškách, zejména test „Bluegill Triple Prime“ a „Kingfish“ z října 1962 [28].

Tab. 5. Série testů Fishbowl [30]

Název testu	datum	síla	Nadmořská výška (km)
Starfish Prime	9. července 1962	1,4 Mt	400.1
Checkmate	20. října 1962	20 Kt	147,3
Bluegill Triple Prime	26. října 1962	400 Kt	48,32
Kingfish	1. listopadu 1962	400 Kt	97,24
Tightrope	4. listopadu 1962	20 Kt	21.03

2.1.4 Bluegill Triple Prime

Další významnou zkouškou, která přinesla nové poznatky ohledně HEMP byla zkouška „Bluegill Triple Prime“ celkem třetí ze série testů Fishbowl operace. Test byl zahájen raketou Thor 25. října 1962. Výsledkem byla úspěšná detonace podřízené jaderné hlavičky. Oficiálně bylo hlášeno, že měla sílu 400 Kt. Tento test byl cíleně zaměřen na měření HEMP, jelikož u předchozích testů byl EMP mnohem větší než se očekávalo a nebylo možné změřit [30].

2.1.5 Kingfish

Kingfish byla čtvrtou zkouškou ze série a byla provedena dne 1. listopadu roku 1962. Stejně jako u „Bluegill Triple Prime“ i tato bomba měla sílu 400 Kt. Při testu byl do atmosféry vypuštěn dalších 29 raket s různými měřicími přístroji, které měly sledovat účinky ve vysokých nadmořských výškách. Díky měřením byly vyvráceny staré teorie o HEMP a byly sestaveny a potvrzeny nové teorie o EMP ve vysokých výškách. Výsledky měření ze série Starfish a teorie z nich platí dodnes [30].

Závěr

Jak bylo uvedeno, tak první skutečná data EMP ve vysoké nadmořské výšce pocházela z testu „Hardtack-Yucca“ spuštěného balónem. Výsledky byly ale dlouho ignorovány až do zkoušek série testů Fishbowl ve vysokých výškách. Měření zde a následné vyhodnocení vedlo k vyvrácení starých teorií o EMP. Rozsah těchto výbuchů byl tak rozsáhlý, že se na něm přiživili i vědci SSSR, kteří rozmístili své lodě s vědeckým vybavením a nasbíraná data později využili u svých testů. Výsledky o EMP byly samozřejmě u více testů, zde uvedené jsou uváděny jako ty nejvýznamnější.

2.2 Testy SSSR

Dne 29. srpna 1949 provedl Sovětský svaz svůj první jaderný test, nazvaný „RDS-1“, v testovacím místě Semipalatinsk v dnešním Kazachstánu. Zařízení mělo výtěžek 22 kilotun. V bezprostřední blízkosti výbuchu bylo umístěno vojenské vybavení, několik obytných budov a automobilů, v zákopech byla svázána živá zvířata napodobující vojáky - všechna byla explozí zničena. Po bombardování Hirošimy a Nagasaki v roce 1945 nařídil Josef Stalin vývoj nukleárních zbraní do pěti let, což bylo splněno. Vedením tohoto projektu byl pověřen mladý jaderný fyzik Igor Kurchatov. Nebylo náhodou, že zařízení RDS-1 neslo těsnou podobnost s americkou bombou „Fat Man“ na Nagasaki, protože sovětská špionáž dokázala získat podrobnosti o projektu Manhattan v USA a testu „Trojice“ dne 16. července 1945. Sovětské zařízení bylo proto také implozním zařízením na bázi plutonia. Jaderné zbrojení a testy zapříčinily potřebu SSSR přizpůsobit protiletadlové a protiraketové obranné systémy a bylo známo, že k vyřešení těchto problémů byly v první řadě zapotřebí experimentální údaje o fyzikálních procesech doprovázejících jaderné exploze ve vysokých nadmořských výškách a stanovení jejich škodlivého účinku, o kvantitativních a kvalitativních změnách charakteristik těchto procesů se zvyšující se výškou exploze, o jejich vlivu na provoz rádiových komunikací a radiového řízení. Nejspolehlivější údaje lze tedy získat pouze v experimentech v plném měřítku s jadernými výbuchy různé síly v různých výškách [31].

*„Během jaderného testu „Starfish Prime“ Spojených států umístil Sovětský svaz vědecké expediční lodě v Pacifiku poblíž startovního bodu ostrova Johnston Island a v jižní konjugované oblasti (na opačném konci geomagnetického pole od ostrova Johnston) poblíž Samoa ostrovů. Kromě shromažďování obecných vědeckých údajů sovětsští vědci zjevně shromažďovali hodnotná data i při přípravě na zkoušky ve výškách operace **K**, které byly provedeny o tři měsíce později v Kazachstánu“ [31].*

Jednalo se o sérii jaderných testů Sovětského svazu, která byla provedena ve velkých výškách na zemském povrchem, zejména test známý jako **K-3** nebo **Test** část této oblasti byla osídlena. Přestože byl ekonomický stav Kazachstánu v roce 1962 podle dnešních standardů docela primitivní, byl silně industrializován a elektrifikován [31].

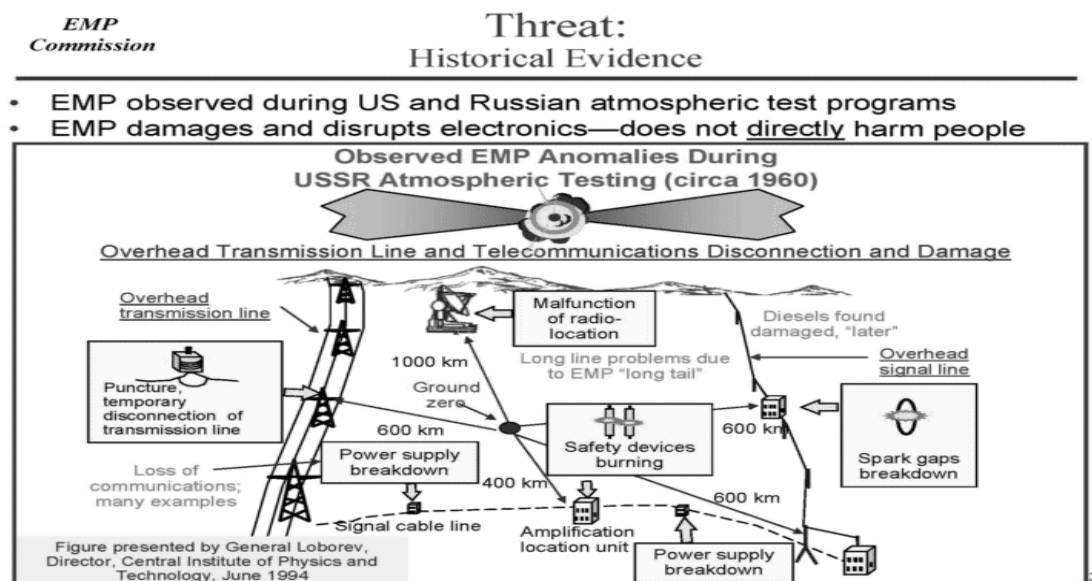
Tab. 6. Výškové testy SSSR [32]

Kód	Operace	Datum	Lokalita	Typ testu	Výška / hloubka	výška v km	síla
115	Thunder	06.10.1961	Kapustin Yar	Stratosféra	Raketa	41,3	40 ct
128	K-1	27.10.1961	Sary Shagan	Termosféra	Raketa R-12	150	1,2 ct
127	K-2	27.10.1961	Sary Shagan	Termosféra	Raketa R-12	300	1,2 ct
148	Taktická raketa	07.07.1962	Semipalatinsk cvičiště	porucha	Taktická raketa Luna (pravděpodobně)	0 m	9,9 ct
184	K-3	22.10.1962	Sary Shagan	Termosféra	Raketa R-12	290	300 ct
187	K-4	28.10.1962	Sary Shagan	Termosféra	Raketa R-12	150	300 ct
194	K-5	01.01.1962	Sary Shagan	Mezosféra	Raketa R-12	59	300 ct

2.2.1 K-3

K-3 nebo také „Test 184“ byl test provedený Sovětským svazem dne 22. října 1962 nad územím Kazachstánu. Zde testovali své jaderné zbraně i při jiných testech. Rusové si dodnes spousty dat z tohoto testu uchovávají, ale i z dostupných dat je možné spolehlivě zjistit účinky HEMP. Doposud měli vědci sklon sílu EMP bagatelizovat, nevěděli, že síla EMP je odvislá od síly elektromagnetického pole Země a že stejná exploze v jiné části země by měla třeba 4–5krát větší účinek. O síle EMP se přesvědčili Sověti v rámci svého vývoje obrany proti balistickým střelám, jednalo se o experiment „Test 184“. Už provedli sérii testů, kdy v různých výškách odpalovali různě silné nálože, často i nad velkými městy.

22. října 1962 vynesla raketa z raketové střelnice Kapustin Jar hlavici o síle 300 kilotun TNT nad středním Kazachstánem. Tehdejší elektronika, ve které Sovětský svaz zaostával, přežila působení složky E1 bez větších problémů díky tomu, že místo polovodičových součástek ještě používali elektronky. Nicméně složka E3 způsobila vážné škody na rozvodné síti elektřiny a ničivý požár v elektrárně u města Karaganda. Výbuch také způsobil selhání podzemního elektrického vedení v délce 1000 km, které bylo dokonce stíněné v hloubce 1m v zemi, jednalo se o el. vedení, které procházelo od hlavního města Kazachstánu do Almaty. Dále došlo k poruchám nadzemního elektrického vedení, kdy shořely keramické izolátory elektrického vedení, což způsobilo zkraty na vedení. Poruchy provázely i telefonní linky. Nedařilo se zapojit ani záložní generátory, ani vojenské generátory na naftu. E3 mělo sílu 1300 nT / min v oblasti Karagandy během prvních 20 sekund po detonaci. Pro srovnání, sluneční bouře, která vypnula celou energetickou síť Quebecu 13. března 1989 měl magnitudu 480 nT / min [31].



Obr. 6. - Test 184 [31]

2.2.2 Tsar

Dne 30 října 1961 byla s výtěžkem 50 megatun odpálena největší jaderná zbraň, která kdy byla odpálena. Tato třístupňová zbraň byla ve skutečnosti projektována na bombu o výkonu 100 megatun, ale manipulace s uranovou fúzí teritárního stupně byla nahrazena fúzí

vyrobenou z olova, která eliminovala rychlé štěpení fúzními neutrony. Výsledkem byla také nejjistší zbraň, která byla kdy testována, přičemž 97% energie pocházelo z fúzních reakcí.

Tato zbraň byla vyvinuta v pozoruhodně krátké době. Dne 10. července 1961 se Nikita Khrushev setkal se Sacharovem, tehdejším hlavním konstruktérem zbraní, a nařídil mu vyvinout bombu o velikosti 100 megaton. Účinek této bomby při plném výnosu na celosvětový spád by byl obrovský. Bomba byla vypuštěna ve vzduchu strategickým bombardérem Tu-95 pilotovaným AE Durnovtsevem. Tsar byl vypuštěn ve výšce 10 500 metrů. Vybuchl v době, kdy byl bombardér již v bezpečné zóně asi 45 km daleko. Pádová oblast byla nad zemí na testovacím místě v zálivu Mityushikha, na západním pobřeží ostrova Novaya Zemlya, nad testovacím polem D-2.

„Rázová vlna ve vzduchu byla pozorována v osadě Dickson ve vzdálenosti 700 km; okenní tabule byly částečně rozbité na vzdálenost 900 km. Všechny budovy v Severnem (dřevěné i cihlové) ve vzdálenosti 55 km byly zcela zničeny. V okresech stovky kilometrů od nuly na zemi byly zničeny dřevěné domy a kamenné ztratily střechy, okna a dveře, rádiová komunikace byla přerušena na téměř jednu hodinu. Atmosférické rušení vyvolané explozí obíhalo Zemi třikrát. Obrovský hubový mrak se zvedl až na 64 kilometrů“ [33].

2.3 Velká Británie

Velká Británie byla třetí zemí světa, která dokázala otestovat vlastní jadernou bombu. Program který se vývojem jaderné bomby zabýval se jmenuje „Tube Alloys“, který vedl W. Penney. Z počátků byl Britský jaderný program pokročilejší než ten Americký, ale vstupem USA do války, jej USA rychle překonaly. Navíc se Británie svým ambicím vzdala na úkor projektu „Manhattan“, na kterém britští vědci spolupracovali a mnohé poznatky později využili. Tato spolupráce byla zastavena v roce 1958, kdy Americký senát odsouhlasil zákon, který zakazoval jakékoliv informace o jejich jaderném programu. Na základě spolupráce USA a Británie se podařilo Britům vyjednat spolupráci, která vedla k dalšímu sdílení informací. Spojené státy převedly do Británie podrobné konstrukční výkresy a materiálové specifikace mnoha svých nejmodernějších vodíkových bomb, aby Británie mohla tyto americké zbraně vyrobit jako své vlastní.

Spojené království provedlo mezi lety 1952 a 1957 12 atmosférických zkoušek na australských územích v Maralinga, Emu Field a na ostrově Monte Bello. Od roku 1957 do roku 1958 následovalo devět atmosférických zkoušek na Vánočním ostrově (Kiritimati) a

Maldenském ostrově ve středním Tichém oceánu, z nichž některé byly mnohem silnější než bomby na Hirošimu a Nagasaki . Zbývajících 24 britských jaderných testů bylo provedeno společně se Spojenými státy na testovacím místě v Nevadě [34].

Tab. 7. Atmosférické testy Británie [34]

Výškové testy Británie (nejsou zahrnuty nižší výškové testy z věží)				
Operace	Test	Datum	Místo	Síla
Buffalo	Kite	11.10.1956	Maralinga	3 kt
Grapple	Short Granite	15.05.1957	Malden	300 kt
Grapple	Orange Herald	31.05.1957	Malden	720 kt
Grapple	Purple Granite	19.06.1957	Malden	200 kt
Antler	Round 3	09.10.1957	Maralinga	25 kt
Grapple X	Cound C	08.10.1957	Vánoční Ostrov	1,8 mt
Grapple Y	Grapple Y	28.04.1958	Vánoční Ostrov	3 mt
Grapple Z	Pendant	22.08.1958	Vánoční Ostrov	24 kt
Grapple Z	Flagpole	02.09.1958	Vánoční Ostrov	1 mt
Grapple Z	Halliard	11.09.1958	Vánoční Ostrov	800 kt
Grapple Z	Burgee	23.09.1958	Vánoční Ostrov	25 kt

2.3.1 Grapple Y

Jednalo se o nejsilnější jadernou bombu, kterou kdy Velká Británie odpálila. Jednalo se o sílu 3 megatuny. Vývoj této bomby provázely nejasnosti, jaké technologie bude použito, které dále ovlivňoval časový termín, kvůli kterému byly některé technologie zamítnuty. Nebylo by možné provést nutné výpočty ohledně konstrukce. Z toho důvodu byly plánované konstrukční řešení odsunuty na další testy. Bylo tedy použito podobného systému jako v test „Grapple X“, ale měla menší množství uranu-235 ale větší množství deuteridu lithného, který obsahoval více lithia-7. Hlavním účelem testu nebyla ani tak velká síla bomby, důležitějším cílem bylo efektivnější využití fúzních reakcí. I u této bomby se vyskytly technologické problémy. Jelikož nastaly při výrobě personální problémy, byly na bombě provedeny určité ústupky a chyby. Britové nechtěli test odkládat, aby ukázali Američanům,

že jejich program termionukleární bomby je na vysoké úrovni. Nakonec byl test posunut na 19. března a pak na dobu kolem 16. dubna. Ke konečnému ostrému testu nakonec došlo 28. dubna 1958 ve výšce 2,4 kilometru. Výbuch měl sílu ekvivalentní 3 megatunám TNT. Operace Grapple Y prokázala schopnost vyvinout silnou bombu, u které bylo použito malé množství drahého štěpného materiálu. V průběhu testu měli Britové pozvané na místě pozorovatele z USA, Francie, Austrálie a Nového Zélandu, kteří tuto zkoušku využili k měření a sběr dat. Všichni účastníci byli o termínu zkoušky informováni na poslední chvíli, minimalizovali případné pozorování dalších stran [34].

2.4 Francie

Francie se mezi jaderné mocnosti zařadila až v roce 1960 a stala se tak po USA, Británii a SSSR čtvrtou zemí, která otestovala svou nukleární zbraň. Francouzský jaderný program, podobně jako projekt Manhattan, byl vyvolán vypuknutím druhé světové války, když nacistické Německo napadlo Polsko 1. září 1939. Francouzské úsilí se však tentokrát nezaměřilo na stavbu bomby, ale spíše o zoufalé potřebě Francie, která by podpořila její válečné úsilí. Z tohoto důvodu byla Francie se svým jaderným výzkumem před všemi ostatními, ale vývoj války ji posunul za ostatní. Velký zlom přišel v době, kdy USA a Británie uzavřela dohodu na spolupráci v jaderném programu a francouzský prezident začal tlačit na jejich vlastní program, jelikož se domníval, že země bez vlastních jaderných zbraní nemůže čelit případným hrozbám a nemá dostatečný zastrašující arzenál. První francouzský jaderný test s kódovým označením „Gerboise Bleue“ se uskutečnil 13. února 1960 v 7:04 hodin. – z vysoké výšky 100 m, bomba měla výnos 60-70 kt. V porovnání z USA, SSSR a Británií měla Francie nejsilnější první test ze všech [35].



Obr. 7. - Test Licorne, 914 kilotun, 1970, na atolu Fangataufa [35]

2.5 Čína

V roce 1964, kdy provedla Čínská lidová republika svůj první jaderný test, se stala pátou zemí, která otestovala svou jadernou bombu. Čína zahájila svůj program jaderných zbraní v polovině padesátých let po korejské válce. Na začátku bylo její úsilí podpořeno značnou sovětskou pomocí, včetně poradců a technického vybavení. Sověti dovolili čínským vědcům studovat v Sovětském svazu a souhlasili s tím, že Číně poskytnou jaderné reaktory a cyklotron. Na oplátku se Číňané dohodli na prodeji přebytečného uranu Sovětskému svazu. Tyto dobré vztahy nepanovaly pořád a Sověti svou pomoc úplně stopli. Na toto Čínská lidová republika reagovala vytvořením projektu **Projekt 596**. Čínská lidová republika na památku data této „nezávislosti“ (červen 1959), byl projekt označen jako „596.“ Operace 596 byla provedena na testovacím místě Lop Nur v poušti Gobi v provincii Sin-ťiang, v západní Číně, poblíž starověké hedvábné cesty. Počínaje rokem 1960 začali čínští vědci vyvíjet termonukleární zbraně. Čínský jaderný program pravděpodobně opět těžil ze získaných dat ze zahraničí. Dne 16. října 1964 Čínská lidová republika úspěšně otestovala svou první atomovou bombu. Zařízení na implozi uranu explodovalo o síle s 22 kt na vrcholu ocelové věže. Čína otestovala svou první termonukleární bombu H 17. června 1967 se silou 3,3 megatony. Čína získala termonukleární zbraně pouze 32 měsíců po svém prvním testu atomové bomby [36].



Obr. 1. - První atomový test Číny 16. října 1964 v Sin-ťiangu [36]

DÍLČÍ ZÁVĚR

USA, SSSR, Čína, Francie a UK provedly tedy celkem 528 výškových testů. Z tohoto počtu bylo provedeno nepatrné množství ve vysokých výškách od 10ti do stovek km nad povrchem. Tyto výškové (atmosférické) testy byly provedeny v letech 1958 až 1962 ze strany USA a SSSR. Byť jich nebylo mnoho, tak měly největší největšími účinky HEMP a přínos v podobě množství dat a událostí, které je provázely. USA provedly celkem 13 testů a SSSR 7.

V předešlých kapitolách byly zmíněny ty nejdiskutovanější a nejvíce popsání testy těchto dvou mocností. Spousta těchto testů je i po 70ti letech stále v režimu utajení a asi ani nikdy zveřejněna nebudou. Francouzská vláda své výsledky tají i přes mezinárodní tlak, jelikož jejich testy zamořily rozsáhlé obydlené území. Rusové až na výjimky, kdy nešlo testy a jejich dopady skrýt, nikdy mnoho údajů neposkytly. Touto výjimkou test 184 nad Kazachstánem, který způsobil vážné škody na rozvodné síti elektřiny a ničivý požár v elektrárně u města Karaganda, což utajit nešlo. Většina dostupných a užitečných dat o HEMP je z Amerických testů „Fishbowl“ v Tichomoří.

3 DOKUMENTY ODKAZUJÍCÍ NA HROZBY HEMP/EMP

Jelikož není hrozba EMP konkrétně HEMP nic nereálného, tak jsou již řadu let v některých zemích světa přijímána různá opatření, které tyto hrozby podrobně popisují, ale zároveň doporučují opatření pro energetický průmysl, případně vlády. Jedná se existenční hrozbu z přirozeně se vyskytujících, nebo umělých elektromagnetických pulsů s cílenými útoky na vojenské a kritické národní infrastruktury.

3.1 Technické normy

Pro ČR jsou pro definici EMP, HEMP a jejího členění platné normy.

ČNS EN 61000-2-9: 1997 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2: Prostředí - Oddíl 9: Popis prostředí HEMP - vyzařované rušení - Základní norma EMC.

„Definuje prostředí elektromagnetického pulsu ve velkých výškách (HEMP), který je jedním z důsledků jaderného výbuchu ve velkých výškách. Při těchto úvahách jde o dva případy: - jaderné výbuchy ve velkých výškách, - jaderné výbuchy v malých výškách. Pro civilní systémy je jaderný výbuch ve velkých výškách nejdůležitějším případem. Při něm se ostatní efekty jaderného výbuchu, jako je tlaková vlna, otřesy půdy, tepelné a jaderné ionizující záření, nevyskytují na úrovni země. Elektromagnetický puls spojený s jaderným výbuchem však může způsobit poruchy nebo škody komunikačním, elektronickým a elektrickým přenosovým systémům a tím rozvrátit stabilitu moderní společnosti. Účelem této normy je stanovení obecných referencí pro prostředí HEMP tak, aby se vybralo realistické namáhání zařízení vystaveného účinkům HEMP pro vyhodnocení chování tohoto zařízení.“ [37].

ČSN EN 61000-2-10 - Tento desátý oddíl druhé části také definuje

- Popis prostředí HEMP, parametry šířené vedením,
- Vnější prostředí raného HEMP pro šíření vedením,
- Vnější prostředí HEMP pro šíření vedením,
- Vnější prostředí pozdního HEMP pro šíření vedením,
- Vnitřní prostředí HEMP pro šíření vedením,
- Diskuse vazby raného HEMP pro dlouhá vedení,
- Diskuse vazby střednědobého HEMP pro dlouhá vedení,
- Odezva jednoduchých lineárních antén na IEC prostředí raného HEMP [38].

ČSN EN 61000-4-23 - Zkušební metody zařízení pro ochranu proti HEMP a jinému vyzařovanému rušení.

Tato norma poskytuje základní zdůvodnění pro zkoušení HEMP a dává stručný popis nejdůležitějších konceptů pro zkoušky stínících prvků. Pro každou zkoušku jsou uvedeny následující základní informace:

- teoretické základy zkoušky (koncept zkoušky),
- zkušební uspořádání,
- požadované zařízení,
- zkušební postup,
- zpracování dat.

Tato norma neposkytuje informace o požadavcích týkajících se specifické úrovně zkoušek [39].

ČSN EN 61000-4-24 - Zkušební metody pro ochranné prostředky pro rušení HEMP šířené vedením - Základní norma EMC

„Tento oddíl (ČSN) EN 61000-4 je částí úplného souboru norem, které pokrývají celou kategorii odolnosti proti elektromagnetickému nukleárnímu impulzu ve velké výšce. Příslušným akronymem je HA-NEMP nebo jednoduše HEMP. Tento oddíl (ČSN) EN 61000-4 řeší metody zkoušení ochranných prostředků proti rušení HEMP šířenému vedením“ [40].

ČSN EN 61000-4-25 - Zkušební a měřicí technika - Zkušební metody odolnosti zařízení a systémů proti HEMP

„Tato norma popisuje zkušební úrovně odolnosti a s nimi související zkušební metody pro elektrická a elektronická zařízení a systémy vystavené prostředí jaderného elektromagnetického impulzu ve velkých výškách. Tato norma definuje rozsahy zkušebních úrovní odolnosti a ustanovuje zkušební postupy. Touto normou se také specifikují zkušební zařízení a sestava zkušebního přístrojového vybavení, zkušební postupy, kritéria vyhovění/nehovnění při zkoušce a požadavky na dokumentaci. Tato norma definuje specifikace pro laboratorní zkoušky odolnosti. Jsou také specifikovány zkoušky prováděné pro ověření odolnosti na zařízení v místě finální instalace“ [41].

ČSN EN 61000-5-5 - Směrnice o instalacích a zmírňování vlivů - Oddíl 5: Specifikace ochranných prvků pro rušení HEMP šířené vedením - Základní norma EMC

„Definuje jak musí být specifikovány ochranné prvky pro rušení šířená vedením, které jsou navrhovány pro ochranu proti HEMP“ [42].

Obdobné mezinárodní normy:

DIN EN 61000-2-9 * VDE 0839 Teil 2 - 9:1996 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 2: Umgebungsbedingungen; Hauptabschnitt 9: Beschreibung der HEMP-Umgebung; Stöhrstrahlung; EMV- Grundnorm (IEC 1000-2-9:1996); Deutsche Fassung *EN 61000-2-9:1996 (Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2: Prostředí; Oddíl 9: Popis prostředí HEMP; Vyzařované rušení; Základní norma EMC((IEC 1000-2-9:1996); Německé znění EN 61000-2-9:1996)*

NF C91-002-9, NF EN 61 000-2-9:1997 Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 2: Environnement. Section 9: Description de l'environnement IEMH-HA - Perturbations rayonnées. Publication fondamentale en CEM. (Norme Européenne EN 61 000-2-9) *(Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Část 2: Prostředí. Oddíl 9: Popis prostředí HEMP - Vyzařované rušení. Základní norma EMC (Evropská norma EN 61000-2-9))*

BS EN 61000-2-9:1996; IEC 1000-2-9:1996 Electromagnetic compatibility (EMC). Environment. Description of HEMP environment. Radiated disturbance. Basic EMC Publication *(Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Prostředí. Popis prostředí HEMP. Vyzařované rušení. Základní norma EMC)*

IEC 1000-2-9:1996 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2: Environment - Section 9: Description of HEMP environment - Radiated disturbance - Basic EMC Publication *(Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2: Prostředí - Oddíl 9: Popis prostředí HEMP - Vyzařované rušení - Základní norma EMC)*

3.2 Publikace v oblasti EMP

Mezi nejdůležitější zprávy o EMP jsou ty, které byly vytvořené na zakázku pro kongres Spojených Států Amerických, za účelem zjištění míry nebezpečí elektromagnetického pulsu EMP způsobeného přírodní katastrofou nebo člověkem, ale také dopisy, publikace vytvořené za účelem upozornění na hrozbu nebo porozumění. Významem těchto dokumentů bylo zadokumentovat a zjistit, jaký by byl projev a rozsah potenciálních hrozeb EMP ve vysokých nadmořských výškách pro Spojené státy ze všech potenciálně nepřátelských států nebo nestátních subjektů, které mají nebo by mohly získat jaderné zbraně a balistické střely, což jim

umožní provádět útoky EMP ve vysokých výškách proti Spojeným státům v rámci následujících let. Zranitelnost vojenských a zejména civilních systémů Spojených států vůči útoku EMP, přičemž zvláštní pozornost byla věnována zranitelnosti civilní infrastruktury v rámci pohotovostní připravenosti. Schopnost Spojených států napravit a odstranit škody způsobené útokem EMP na vojenské a civilní systémy Spojených států. Proveditelnost a náklady na zajištění vybraných vojenských a civilních systémů proti útoku EMP. V těchto zprávách se tedy hovoří o důvodech, proč by případný HEMP způsobil větší ztráty než tomu bylo např. při jaderných útocích na Japonsko v druhé světové válce. Byly zde vyjádřeny předpoklady, že při selhání dodávek jídla, pitné vody by postupně selhal celý systém a společnost by se vrátila minimálně o 100 let dozadu s obrovskými ztrátami na životech, díky nedostatku vody, hladovění a násilnostem obyvatelstva.

Jedná se o následující dokumenty.

3.2.1 Vědecké zprávy, zprávy komisí a agentur

Zprávy pro kongres vytváří komise k tomu účelu zřízené na základě zákona, nebo jsou k tomu účelu využívány jiné státní agentury a instituce.

COMMISSION TO ASSESS THE THREAT TO THE UNITED STATES FROM ELECTROMAGNETIC PULSE (EMP) ATTACK

Tato komise EMP byla zřízena podle hlavy XIV Zákona o národní obranné autoritě pro fiskální rok 2001 (ve znění zákona veřejného práva 106-398; 114 Stat. 1654A-345).

Její úkoly:

- pro následujících 15 let vypracovat a zjistit povahu a rozsah potenciálních hrozeb HEMP pro USA ze všech potenciálně nepřátelských států nebo nestátních subjektů, které mají nebo by mohly získat jaderné zbraně a balistické střely, což jim umožní provádět útoky HEMP proti USA,
- zranitelnost všech civilních a vojenských systémů v USA vůči útokům EMP, s velkým důrazem na civilní infrastrukturu kvůli pohotovostní připravenosti.
- za jak dlouho se USA podaří napravit škody způsobené útokem EMP na civilní i vojenské systémy,
- jakou ochranu zvolit, jak obrnit určené vojenské a civilní systémy proti útoku EMP a za jaké náklady [43].



Obr. 8. - Komise EMP [43]

Složení komise zleva doprava: Dr. Lowell L. Wood, Jr.; Earl Gjelde; Gen Richard L. Lawson; Dr. Gordon K. Soper; Dr. William R. Graham; Dr. Joan B. Woodardová; Dr. John S. Foster, Jr.; Dr. Robert J. Hermann; Henry (Hank) M. Kluepfel.

· **REPORT OF THE COMMISSION TO ASSESS THE THREAT TO THE UNITED STATES FROM ELEKTROMAGNETIC PULSE (EMP) Attack , 2004 Volume 1: Executive Report a.**

V tomto dokumentu se mluví o možném použití zbraní, které by byly schopny generovat HEMP nad územím USA. K tomuto útoku není nutné použít sofistikované zbraně. Jsou zde popsány katastrofické důsledky na celou populaci v USA, jelikož zbraň by mohla působit na velkou geografickou oblast a vyřadit kritickou infrastrukturu i obranné prostředky země. Zmiňuje obrovské škody, ale zároveň mluví o mírnějších dopadech v případech připravenosti. Největším problémem je totiž doba, za kterou by bylo možné tuto infrastrukturu obnovit. Pro tyto důvody vydalo v dokumentu desítky doporučení, jak tyto škody minimalizovat.

· **REPORT OF THE COMMISSION TO ASSESS THE THREAT TO THE UNITED STATES FROM ELEKTROMAGNETIC PULSE (EMP) Attack, 2008 Critical National Infrastructures EMP Commission, Assessing the Threat of EMP Attack: Executive Report**

Tato zpráva doplňuje zprávu z roku 2004. Vyjadřuje zde obavy z přežití civilního obyvatelstva v případě vyřazení dodávek vody a jídla v důsledku nefungujícího průmyslu. Hovoří se

až o 90% ztrátách na obyvatelstvu. Proto je ve zprávě uvedeno přes 100 doporučení pro přípravu a prevenci.

THE AMERICAN FOREIGN POLICY COUNCIL (AFPC)

Americká rada pro zahraniční politiku (AFPC) se věnuje rozvoji prosperity a bezpečnosti Spojených států. Program AFPC pro obranné technologie zahájil iniciativu Strategic Primer, která má informovat zaměstnance Kongresu (a širokou veřejnost) o technologiích, které ovlivňují národní bezpečnost USA. Primery poskytují vyvážené znázornění potenciálních výhod a omezení konkrétní technologie, její historie a použití a potenciálních hrozeb, které její používání představuje americký protivník [44].

Hlavním dokumentem této agentury o hrozbě HEMP pro Spojené státy je „STRATEGIC PRIMER: 2018 ELECTROMAGNETIC THREATS - Current capabilities and emerging threats“ kterou vypracoval Richard Harrison, viceprezident pro provoz a ředitel obranné technologické programy v AFPC.

- **STRATEGIC PRIMER: 2018 ELECTROMAGNETIC THREATS - Current capabilities and emerging threats**

Tato práce se snaží poskytnout pohled do toho, jak může být ohrožena elektromagnetická bezpečnost Spojených států, a to zejména z elektromagnetického pulsu generovaného při jaderném útoku, a odpovědět na ně. Primer obsahuje stručnou a informační databázi elektromagnetických hrozeb, ohrožení USA, ale také popisuje jaderný program zemí, které mají potenciál k jadernému útoku na USA [16].

Dalším z řady dokumentů zabývajících se problematikou HEMP je:

- **ELECTROMAGNETIC DEFENSE - TASK FORCE (EDTF) 2.0 - 2018 REPORT**

Tento dokument byl vytvořen v „Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education“ což je základní organizace pro vývoj a hodnocení doktríny leteckých sil a prosazování doktríny leteckých sil v USA. Centrum LeMay funguje jako zpravodajská služba Letecké univerzity, která nabízí vzdělávací a zpravodajské služby pro základní kurzy vojenského vzdělávání a výcviku vojenských sil. Funkce zpravodajských služeb slouží jako

zvláštní bezpečnostní úřad (SSO) a jako hlavní zpravodajský důstojník pro AU. Tato zpráva hovoří o hrozbách EMP, EMP zbraních nebo laserech, geomagnetických poruchách (GMD), kvantové a 5G technologie, chybách zabezpečení jaderných elektráren a další [45].

3.2.2 Výzkumné zprávy

· **WILSON, Clay. High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM)**

Zde autor popisuje, co to je EMP, HEMP a jeho jednotlivé složky. Mluví o tom, že má v současné době několik národů, včetně ověřených sponzorů a podporovatelů terorismu, schopnost použít EMP jako zbraň v oblasti kybernetické války a kybernetického terorismu. Tímto mohou narušit komunikaci a jiné části kritické infrastruktury USA tak i některá zařízení a zbraně používané USA. Je těžké posoudit aktuální hrozbu EMP proti Spojeným státům, ale někteří odborníci naznačují, že v současné době nových technologií a přístupům k různým zdrojům ano. Dřívější efekt odstrašující hrozby jaderného arzenálu Spojených států již nemusí hrát roli, jelikož i menší exploze vysoko nad územím USA, nebo nad bojištěm, může vyprodukovat EMP o vysokém měřítku s rozsáhlými škodami.

Toto vede k publikaci článků a diskuzím o zranitelnosti kritické infrastruktury systémů v USA a některých amerických vojenských bojových systémů proti EMP. [4]

· **Dr. William R. Graham. “Chairman’s Report. (July 2017)**

V této obsáhlejší 48 stránkové zprávě Dr. William podrobněji popisuje to, jak národní infrastruktura Spojených států čelí současné a pokračující existenciální hrozbě umělého útoku EMP i přirozeného EMP ze sluneční bouře. Velmi zde oceňuje nový výkonný příkaz prezidenta Trumpa „Posílení kybernetické bezpečnosti Federal Networks and Critical Infrastructure“ podepsaný 11. května 2017. Důrazně doporučuje zavedení kybernetické bezpečnosti pro elektrickou síť a další kritické infrastruktury ochrana EMP, protože kybernetická válka podle plánu Ruska, Číny, Severní Koreje a Íránu zahrnuje útok jaderného EMP. Integrace EMP a kybernetická ochrana budou nejméně nákladné a technicky nejprůběžnějším přístupem. Ochrana proti jadernému EMP bude také chránit proti přirozenému EMP ze slunečních bouří. Spojené státy by neměly zůstat v současném stavu existenciální zranitelnosti [46].

· **NUCLEAR EMP ATTACK SCENARIOS AND COMBINED-ARMS CYBER WARFARE**

Tato zpráva byla zpracována pro podporu komise, která na jejím základě posoudí hrozbu útoku elektromagnetickým impulsem (EMP) pro Spojené státy od. Komise byla založena Kongresem v zákoně o FY2001 National Defense Authorization hlavě XIV, a dále podle zákona FY2016 National Defense Authorization, § 1089. Obsahem zprávy je, že jaderný útok EMP je součástí vojenských doktrín, plánů a cvičení zemí Ruska, Číny, Severní Koreje a Íránu. Tyto země se nezaměřují jen na samotná EMP z jaderného výbuchu, ale i na kybernetickou válku a sabotáž. Různým způsobem popisuje možné scénáře útoků a ve všech vrátí zemi technologicky zpět o desítky let. Dále odhaduje, že EMP útok by zapříčinil dlouhodobý celostátní výpadek všech služeb a základních potřeb trvajících až 1-2 roky a na základě toho by byly ztráty na obyvatelstvu až 90 procent celkové americké populace.

Jako jeden z mála dokumentů pojednává o konfliktech za použití EMP zbraní po celé zemi a dané oblasti rozděluje na „THE MIDDLE EAST – Blízký východ“, THE FAR EAST – Dálný východ, EUROPE – Evropa, NORTH AMERICA – Severní Amerika, EMP WORLD WAR – světová válka EMP.

- THE MIDDLE EAST – zde je 5 scénářů, kde:
 1. Irán zaútočí na Izrael,
 2. Irán zaútočí na Izrael a Egypt najednou,
 3. Irán zaútočí na Saudskou Arábii a státy Perského zálivu,
 4. Pákistán zaútočí na Izrael,
 5. Teroristé zaútočí na Izrael po získání jaderné zbraně
- THE FAR EAST – zde jsou 2 scénáře, kde:
 1. Severní Korea zaútočí na Japonsko a Jižní Koreu
 2. Čína zaútočí na Taiwan a Filipíny
- EUROPE – zde jsou 2 scénáře, kde:
 1. Rusko zaútočí na evropské státy NATO
 2. ISIS odpálí EMP cca 30 kilometrů nad Vatikánem
- NORTH AMERICA - zde je 6 scénářů, kde:
 1. Rusko zaútočí na Kanadu
 2. Čína zaútočí na USA
 3. Irán zaútočí na USA

4. Al-Kaida zaútočí na USA
 5. Severní Korea zaútočí na USA
 6. Rusko zaútočí na USA
- EMP WORLD WAR – Útoky EMP budou koordinovány ze strany Ruska, Číny, Severní Koreje a Íránu. Jednalo by se o nejhorší možný scénář [7].
 - **CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION - Electricity Suppliers Have Taken Actions to Address Electromagnetic Risks, and Additional Research Is Ongoing**, USA 2018,

Na základě poznatků amerických a kanadských dodavatelů elektřiny, jejich vlastníků, výrobců a distributorů byly poskytnuty důležité informace o případných účincích přírodních EMP – GMD, ale o účincích HEMP z jaderných zbraní odpálených ve vysokých výškách na elektrickou síť toho vědí málo, proto našli shodu, že je potřeba dalšího výzkumu GMD i HEMP. Vláda i průmysl informovaly o případných dopadech GDM. Jedna ze studií identifikuje dvě hrozby: (1) nestabilita napětí a následné výpadky napájení a (2) poškození klíčových součástí systému.

V dokumentu jsou dále uvedeny diskuze mezi 13ti vybranými dodavateli, vládou a dalšími zainteresovanými stranami. Někteří dodavatelé uvedli, že neměli dostatečné informace a předpokládali mnohem menší dopady. Pouze dva dodavatelé uvedli, že integrovaly nebo plánovaly integrovat funkce odolné vůči HEMP do nových řídicích středisek. Z 13 vybraných dodavatelů, s nimiž společnost GAO [Government Accountability Office] kontaktovala, 10 oznámilo, že provádějí technologická a provozní vylepšení s cílem zvýšit celkovou spolehlivost sítě, která také poskytla určitou ochranu před riziky GMD a HEMP. Dodavatelé například uvedli, že provádějí technologická vylepšení, jako je výměna některých starších transformátorů a nechráněná řídicí centra. Od května 2017 všech 13 dodavatelů uvedlo, že splnili regulační standard GMD vydaný společností Severoamerická korporace elektrické spolehlivosti (NERC) - federálně určený regulační orgán odpovědný za vývoj a vymáhání standardů spolehlivosti - - k vývoji operačních postupů ke zmírnění GMD efekty. Druhá regulační norma - která má být implementována ve fázích do roku 2022 - bude obecně vyžadovat, aby dodavatelé dále posuzovali svou zranitelnost vůči GMD.

Účel studie

Jelikož by události GDM nebo HEMP mohly mít výrazné dopady na funkčnost celé energetické sítě a to by mělo za následek ovlivnění všech ostatních odvětví závislých na

elektríně (tedy vše). Tato zpráva mimo jiné zkoumá, do jaké míry američtí a kanadští dodavatelé elektřiny identifikovali informace o dopadech GMD a HEMP na distribuční soustavu, jaké kroky vybrali američtí a kanadští dodavatelé k ochraně před GMD a HEMP, a jak financovat tuto ochranu před GMD a HEMP [47].

Developing Threats: Electro-Magnetic Pulses (EMP)

Stejně jako vláda USA si nechala vypracovat podrobnou zprávu o účincích EMP i vláda Velké Británie. Dokument se snaží odpovědět na otázky: Jak je tato hrozba pravděpodobná? povaha hrozby, vesmírné počasí, potenciální dopad na elektronickou infrastrukturu, zbraně EMP s vysokou nadmořskou výškou (HEMP), složky EMP, praktické zkušenosti, nejaderný útok EMP, odolnost, předpověď počasí ve vesmíru, ochrana civilní infrastruktury, posílení systémů, telekomunikace, poradenství veřejnosti, odpovědnost ministerstva obrany a jeho role při mimořádné události.

Popisuje, že i GMD nemusí být nutně považována za vojenský problém v první instanci, ale je pravděpodobné, že splní definici „mimořádné události“ podle zákona o občanských nepředvídaných událostech z roku 2004 a vyžádá si pomoc ozbrojených sil.

Výbor poukazuje na problém, že v případě vzniku této události se zdá, že neexistuje žádné vládní ministerstvo, které by okamžitě převzalo odpovědnost v případě závažných událostí GMD. Vláda musí jasně stanovit, kdo má hlavní odpovědnost v souvislosti s poruchami EMP. Musí to být záležitostí Rady národní bezpečnosti a plánovačů civilních pohotovostních služeb, s řádnými standardy ochrany vyvinutými s nejvíce ohroženými životně důležitými odvětvími služeb.

Účinky elektromagnetické pulzní události ve vysoké nadmořské výšce v důsledku exploze jaderné zbraně by byly tak závažné, že by se dalo očekávat, že ji zmírní pouze vládní opatření. Bezpečnost satelitů vzbuzuje stále větší obavy, protože se stále více spoléháme na takové systémy a neustále se zvyšuje počet satelitů na oběžné dráze.

Vláda tedy na základě doporučení přijala nezbytná opatření, pro případnou minimalizaci škod, které by EMP napáchal [48].

3.2.3 Vědecké články

MP Attacks—What the U.S. Must Do Now

Tento článek publikovali v roce 2010 James Jay Carafano, Ph.D. a Richard Weitz, Ph.D. Pojednávají o znepokojení ze současného stavu společnosti ve Spojených státech, kdy většina veřejnosti i vládních činitelů neví, nebo ignoruje hrozbu spojenou s HEMP. Masivní útok EMP na Spojené státy by způsobil téměř nepředstavitelnou devastaci. Komunikace by se zhroutila, doprava by se zastavila a elektrická energie by prostě neexistovala. Popisují že ani globální humanitární úsilí by nestačilo k tomu, aby miliony Američanů nevyhladovělo na smrt. Léky a lékařská péče by nebyly dostupné a co víc, katastrofa by se nezastavila ani na hranicích USA. Většina Kanady by byla také zničena, protože její elektrická infrastruktura je integrována do sítě USA. Bez silné americké ekonomiky by se rychle zhroutila i světová ekonomika. Země by s největší pravděpodobností ustoupila do „nového“ temného věku. Všechny předešlé historické události moderní éry by se staly bagatelními ve srovnání s katastrofou způsobenou HEMP. Nedávné katastrofy přesto nabízejí informace o tom, jak zmírnit a reagovat na některé prvky této hrozby. Hurikán Katrina a nedávné zemětřesení na Haiti osvětlují ty nejnáročnější výzvy.

Prostředky pro zmírnění účinků útoku EMP jsou:

- odolná elektrická síť mezi USA a Kanadou,
- integrované plánování o katastrofách a
- redundantní prostředky globální komunikace [49].

A Validation of conventional protection devices in protecting EMP threats

Na této práci pracoval By S. M. Han, C.-S. Huh, a J.-S. Choi, kteří zde studovali výkonnost doplňkových ochranných zařízení ESD / Lightning vystavených EMP. Studovali ochranná zařízení jako:

- GDT (Gas Discharge Tube),
- TVS (Transient Voltage Suppressor) a
- Varistor.

Pro experiment zvolili systém, který se skládá ze tří částí: generátor, měřicí a ochranné zařízení. Pulzní generátor EMP generuje puls o náběhu 100 psec a maximální špičkové napětí 2 kV. Výsledkem měření zjistili, že GDT nemohl chránit signál EMP. Varistor

vykazoval asi 35% ochranné schopnosti a TVS vykazoval asi 50% ochranné schopnosti. Experimentem tedy bylo zjištěno, že GDT tedy není vhodným zařízením k ochraně EMP. Všechna ochranná zařízení však nevykazovala své nelineární vlastnosti [50].

3.2.4 Další materiály

Letter from Dr. William R. Graham, Chairman, to the U.S. Nuclear Regulatory Commission. August 5, 2011.

V tomto dopise od Dr. Williama R. Grahama, který adresoval Americké jaderné regulační komisi do rukou Gregory B. Jaczko Chairmanovi píše o určitých periodách u elektromagnetických bouří, které by mohly vytvořit EMP s ničivou silou pro jaderné elektrárny podobného typu jako je Fukušima v Japonsku. Popisuje, že EMP může být přirozeně generován sluneční erupcí nebo vyhazováním koronální hmoty ze Slunce, které může na Zemi vytvořit velkou geomagnetickou bouři v některých aspektech podobnou vlastnostem EMP při použití jaderné zbraně i s podobnými katastrofickými důsledky. Účinky bouře by mohla způsobit zhroucení elektrické sítě a další kritickou infrastrukturu přepravu, komunikace, bankovníctví a finance, jídlo a vodu - po delší dobu měsíce nebo roky. Jeho tvrzení nezávisle potvrdila Studie Národní akademie věd. Odkazuje se zde na již zmíněnou událost Carrington z roku 1859, která kdyby nastala dnes, tak **obnovení národní elektrické rozvodné sítě v USA bude trvat 4 až 10 let**. Něco takového v současném stavu nepřipravenosti, by mohlo způsobit, že všech 108 jaderných elektráren ve Spojených státech ztratí schopnost provádět bezpečné a řízené odstavení jejich energetických reaktorů, což by vedlo k podobné katastrofě jako ve Fukušimě. Zároveň varuje nad hrozbou použití jaderných zbraní nad USA s podobnými účinky. Dopisem popisuje tedy znepokojení a žádá a zpětnou odezvu, jak na toto budou reagovat [50].

Letter from Dr. William R. Graham, Chairman, to Secretary of Energy Rick Perry. April 20, 2017.

Tento dopis je adresován ministru energetiky Ricku Perrymu, kterému gratuluje v nové funkci a nabízí mu pomoc v dané problematice EMP a znepokojení nad současným stavem. Vypisuje mu zákonné povinnosti, že je povinnost vypracovat plány, chránit elektrickou síť a další kritické infrastruktury před EMP. Dále je potřeba vzdělávat a trénovat federální, státní a místní havarijní plánovače, kteří budou jako první reagovat na hrozbu EMP.

Zmiňuje, že jaderný útok EMP je uveden ve vojenských doktrínách a plánech Ruska, Číny, KLDK a Iránu. Zmiňuje chybné studie Obamovy administrativy, které hrubě podceňují jadernou hrozbu EMP a opětovně nabízí svou pomoc [51].

3.2.5 Knihy

Disaster Preparedness for EMP Attacks and Solar Storms (Expanded Edition)

Arthur T. Bradley

Pojednává o myšlence, co by se stalo, kdyby teroristé odpálili jadernou bombu vysoko nad Spojenými státy, nebo když Slunce vyvrhne velké množství koronální hmoty, které mělo za následek silnou geomagnetickou bouři? V obou případech by byla elektrická energie ztracena několik měsíců i let. Během pár dnů nedostatek vody, jídla i paliva.

Tato kniha vám pomůže připravit se na dvě události útok EMP a sluneční bouře. Jsou zde nastíněny praktické přípravy, včetně kroků ke splnění čtrnácti základních potřeb při neexistenci moderních nástrojů a použití Faradayových klecí. Uvádí několik technik pro konstrukci ad-hoc Faradayových klecí. Měří a porovnává účinnost stínění domácích Faradayových klecí, včetně kovových plechovek na odpadky, krabic zabalených do fólie, protipožárních trezorů, antistatických sáčků, muničních plechovek, mikrovlnných trub a ochranných prostor v plné velikosti [53].

3.3 Vojenské dokumenty USA

Pro konkretizaci a lepší použitelnost v armádě USA byly publikovány normy, které se vztahují konkrétně k armádním zařízením.

1. MIL-STD-188/125 [S/S MIL-STD-188/125A]

Tato norma stanoví minimální požadavky a konstrukční cíle pro (HEMP) otužení pevných a přepravitelných pozemních zařízení, která provádějí kritické, časově naléhavé příkazy, řízení, komunikace, funkce počítače a inteligence (C41). Zařízení potřebná k úplnému dodržování ustanovení normy určí společní náčelníci štábu, velitelství vojenského oddělení nebo hlavní velení [54].

2. Mil-STD- 461 EMI Subsystems

Tato norma zahrnuje požadavky a zkušební limity pro měření a stanovení elektromagnetických interferenčních charakteristik (emise a susceptibilita) elektronických, elektrických, a elektromechanická zařízení [54].

3. Mil-STD- 464 EMI System

Stanoví požadavky na rozhraní elektromagnetického prostředí pulzu (E3) a kritéria pro ověřování palubních, námořních, kosmických a pozemních systémů, včetně přidružené munice. Určuje specifické požadavky na vojenské systémy s elektromagnetickým účinkem na životní prostředí. Systém má širokou definici, protože zahrnuje několik platform, včetně lodí, letadel, vozidel, jakož i zbraní a vyhlášek [54].

3.4 Dokumenty NATO

Dokumenty NATO, které odkazují na EMP mají označení SCI. **SCI** (Mission of the System Concepts and Integration) rozšiřuje znalosti o pokročilých systémech, koncepcích, integraci, inženýrských technikách a technologiích napříč spektrem platform a operačních prostředí.

1. SCI 227

V reakci na žádost Skupiny pro vyzbrojování ozbrojených sil NATO (NAFAG) byla vypracována technická zpráva NATO pod značkou **SCI-227**, aby ukázala, zda by technologie řízené energetické zbraně (DEW) mohly poskytnout odpověď na současné nedostatky NATO.

Tato zpráva poskytla NATO přehled a rozsah technologických možností DEW v kontextu pozemního, vzdušného a námořního prostředí a podle kategorií mise NATO, pokud jde o současné, blízké, střednědobé a dlouhodobé časové plány. SCI-227 jasně ukázala, že DEW může nabídnout nové možnosti zaměstnání ve vojenských a bezpečnostních operacích. Několik skupin SCI bylo zapojeno do technologického zrání vysoce výkonných mikrovln (HPM) [55].

2. SCI-132/198

Zprávy popisují společné úsilí a zjištění SCI-198 / RTG o „ochraně vojenských sítí před vysokovýkonnými mikrovlnnými útoky“, zejména komplexní společné pokusy o testování taktického síťového systému TITAAN (Theatre Independent Tactical Army and Air Force

Network) poskytované královskou nizozemskou armádou (RNLA). V Norsku byla provedena demo studie, a k doplnění experimentálních výsledků z hlavních pokusů byly jednotlivé komponenty testovány v několika laboratořích. Práce byla prováděna v návaznosti na podobné testy prováděné SCI-132 / RTG s využitím zařízení TLATIC pro lokální síť RNLA (TALANFA). TITAAN představuje tvrzenou verzi TALANFA, ale jinak je podobná TALANFA, což znamená, že bylo možné přímé porovnání susceptibility před a po kalení. Testy byly provedeny v různých zařízeních v rámci členských států, které pokrývaly širokou škálu frekvencí a dalších charakteristik tvaru vlny [55].

3. SCI-249

Radiofrekvenční směrované energetické zbraně (RFDEW) představují rostoucí hrozbu pro infrastrukturu a elektronická zařízení v civilních i vojenských komunitách. Ohrožení systémů C4I (Command, Control, Communications, Computers and Intelligence) je obzvláště znepokojivé vzhledem k zásadní důležitosti těchto systémů. Vznikající technologie RFDEW proto vyžaduje informovanost o důsledcích jejího používání a znalosti o tom, jak chránit před tímto druhem elektronických útoků. Kromě toho lze elektromagnetické zbraně považovat za součást budoucího inventáře útoků na aktiva kyberprostoru [55].

4. SCI-250

Rada pro vědu a techniku NATO určila schopnost ochrany sil Aliance před použitím směrovaných energetických zbraní (DEW) a zařízení jako jednu z priorit souvisejících s DEW. V současné době neexistuje žádný zkušební postup a standard NATO týkající se požadavků a metod ověřování pro vyhodnocení elektronických zařízení, systémů a platform proti hrozbě RFW. Za účelem dosažení tohoto cíle se SCI-250 TG rozhodl vyvinout doporučení postupu testu citlivosti NATO proti hrozbám RFW. Tato zpráva poskytuje obecné zkušební postupy pro RFW, včetně požadavků a metod testování, které mohou být základem pro budoucí testování SCI DEW a mají být považovány za vstup pro budoucí testovací a hodnotící standard RFW NATO [55].

DÍLČÍ ZÁVĚR

Dle výše uvedeného je patrné, že dokumentů o vzniku, působení a účincích EMP je spousta. Většina z nich vychází z pokusů Spojených států a jimi zveřejněných dat. Některé dokumenty popisují pouze EMP, jiné řeší zbraňové systémy, ochranu před EMP hrozbou. Z jiných je patrná obava z nedostatečné ochrany a nutnosti vytvoření určitých opatření, jako například záložní komponenty pro případnou výměnu EMP poškozených součástí. Byť je EMP známo desítky let, tak než dojde k plnému porozumění, tak vytvoření účinných ochranných opatření bude ještě nějakou dobu trvat.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU – HEMP

Během studené války se Spojené státy obávaly následků útoku EMP, pokud by SSSR použil třeba jen jednu jadernou zbraň ve vysokých výškách. Pomocí útoku EMP bylo možné paralyzovat činnosti národního velení a zbavit jej schopnosti reagovat na jaderný útok. Během posledního desetiletí se však objevili nové země s jaderným arzenálem, včetně Severní Koreje, která rozvíjí své schopnosti a hrozí, že provede útok EMP proti Spojeným státům, nebo Japonsku. Takový útok by umožnil zemím s malým arzenálem jaderných zbraní způsobit rozsáhlé a dlouhodobé poškození kritické národní infrastruktury a samotným Spojeným státům a ohrozit přežití velké části populace.

Útok využívající jaderné elektromagnetické zbraně je součástí vojenských doktrín, plánů a cvičení Ruska, Číny, Severní Koreje a Íránu, které je berou jako revoluční a nový způsob boje. Tato nová metoda se nazývá válka šesté generace, nekontaktní válka, elektronická válka, válka totálních informací a kybernetická válka.

4.1 USA

Ve Spojených státech amerických vyšlo již mnoho zpráv o možných následcích v případě HEMP a byl zahájen legislativní proces pro minimalizaci ztrát pro případ jaderného HEMP, nebo přírodního GMD. Mezi nejdůležitější zprávy ředíme ty z let 2004, 2008 a 2017, které byly předneseny v kongresu, aby posoudili hrozbu pro USA způsobenou EMP. Ze zprávy vyplynulo, že tato událost by za současného stavu znamenala smrt většiny obyvatel Spojených států amerických.

Velkou pozornost tomuto tématu věnuje prezident Spojených států amerických Donald Trump, který již vydal „Výkonného nařízení o koordinaci národní odolnosti vůči elektromagnetickým pulsům“ 26. března 2019“ k ochraně národní elektrické sítě a dalších životně důležitých kritických infrastruktur. Nejnovější návrh zákona o obraně, podepsaný prezidentem Trumpem dne 20. prosince, obsahuje nová opatření vyžadující federální vládu, aby chránila národ před nebezpečím útoků elektromagnetických pulzů vyrobených jaderným výbuchem (EMP) a podobných elektronických poruch způsobených sluneční energií. Výklad zákona dává právní autoritu výkonnému nařízení pana Trumpa z března 2019, kterým se vládě přikazuje, aby zpřísnila kritickou infrastrukturu proti stávce EMP. Podle zákona je správce Federální agentury pro řízení mimořádných událostí (Federal Emergency Management Agency administrator) zodpovědný za koordinaci reakcí a zotavení z útoků

EMP nebo velkých slunečních bouří, které jsou schopny narušit všechna elektronická zařízení v rozsáhlých oblastech.

Jedním z nejdůležitějších mužů, kteří se dlouhodobě zabývali a stále zabývají EMP, zpracovávají zprávy pro vládu USA a neustále upozorňují na nedostatky v systému zabezpečení v USA je **Dr. William R. Graham**.

Dr. Graham je předsedou Komise hodnocení hrozeb pro Spojené státy americké způsobené EMP. Je bývalým předsedou představenstva a generálním ředitelem společnosti National Security Research Inc. (NSR), společnosti se sídlem ve Washingtonu, která prováděla technický, provozní a politický výzkum a analýzy související s národní bezpečností USA. V současné době slouží jako člen rady obrany vědy a rady národních akademií pro armádu vědy a techniky. V nedávné minulosti působil jako člen několika studijních skupin, včetně studijní skupiny ministerstva obrany pro transformaci, v Komisi pro posuzování správy a organizace vesmírné bezpečnosti Spojených států a v Komisi pro posuzování hrozby balistických raket pro Spojené státy [56].

4.1.1 Výkonný příkaz ke koordinaci národní odolnosti vůči elektromagnetickým pulzům vydaný 26. března 2019

„Účel. Elektromagnetický puls (EMP) má potenciál narušit, degradovat a poškodit technologii a systémy kritické infrastruktury. EMP vytvořené člověkem nebo přirozeně se vyskytující EMP mohou ovlivnit velké zeměpisné oblasti, narušit prvky kritické pro bezpečnost a ekonomickou prosperitu národa a mohly by nepříznivě ovlivnit globální obchod a stabilitu. Federální vláda musí podporovat udržitelné, efektivní a nákladově efektivní přístupy ke zlepšení odolnosti národů vůči účinkům EMP“ [57].

V dokumentu je definováno:

- Co je kritickou infrastrukturou, systémy a aktiva, které jsou nezbytné pro chod Spojených států, že její zničení či omezení by znamenalo oslabení vnitřní národní bezpečnosti, ekonomické bezpečnosti, bezpečnosti státu jako celku,
- popisuje přirozené EMP i HEMP, jaký mají potenciál ovlivnit technologie na zemi i ve vesmíru,
- Jaké je funkce vlády a soukromého sektoru, které jsou pro chod země důležité a co by je mohlo negativně ovlivnit,

- zastřešující povinnosti federální vlády jak vést a udržovat národ před katastrofou, v průběhu a po ní,
- opatření pro plánování, organizaci, vybavení, výcvik a cvičení za účelem budování a udržování schopností nezbytných k prevenci, ochraně před nimi, zmírnění účinků, reakci na ně a jejich zotavení pro EMP,
- sektorově specifická agentura (SSA) je odpovědná za poskytování znalostí a za vedení, souvisejících činností určených kritických subjektů odvětví infrastruktury,
- politikou Spojených států je připravovat se na účinky EMP prostřednictvím cílených přístupů, vláda musí upozornit na hrozící EMP, chránit před účinky EMP, reagovat na ně a zotavovat se z něj,
- vláda usnadňuje sdílení informací mezi výkonnými odděleními a agenturami, vlastníky a provozovateli kritické infrastruktury a případně další relevantní zúčastněné,
- asistent prezidenta pro záležitosti národní bezpečnosti koordinuje vývoj, stanovuje priority a řídí rizika EMP, každoročně předkládá předsedovi zprávu identifikující mezery ve schopnostech a doporučující, jak tyto mezery řešit.
- koordinaci diplomatického úsilí se spojenci Spojených států a mezinárodními partnery, pokud jde o zvýšení odolnosti vůči účinkům EMP,
- posílit úsilí o nešíření jaderných zbraní a zastrasování,
- ministr obrany: musí se spojenci Spojených států zlepšovat a rozvíjet schopnost poskytovat varování EMP, včetně účinků na kosmické systémy. Být připraven na přirozené EMP, poskytovat, získávat informace o těchto jevech. Provádět výzkum a vývoj a testování za účelem porozumění účinkům EMP na systémy a infrastrukturu ministerstva obrany, zlepšit schopnosti modelovat a simulovat prostředí a účinky EMP a vyvíjet technologie na ochranu systémů a infrastruktury ministerstva obrany před účinky EMP zajistit úspěšné provedení misí ministerstva obrany,
- Dále jsou obsaženy lhůty do kdy mají být zpracovány všechny obsažené požadavky [57].

4.1.2 Jaderná výzbroj USA

Spojené státy vlastní „jadernou triádu“ pozemních a vzdušných dopravních systémů, která zahrnuje mezikontinentální balistické rakety (ICBM), ponorky s balistickými raketami (SSBN) a strategické bombardéry.

Ministerstvo obrany USA udržuje odhadovanou zásobu přibližně 3 800 hlavic. Z nich je rozmístěno pouze 1 750 hlavic, zatímco přibližně 2 050 je umístěno v rezervě, pak čeká demontáž přibližně 2 000 hlavic, což vede k celkovému inventáři přibližně 5 800 jaderných hlavic. Z přibližně 1 750 hlavic, které jsou rozmístěny, je 400 na pozemních mezikontinentálních balistických raketách, zhruba 900 na balistických raketách umístěných v ponorkách, 300 na bombardovacích základnách ve Spojených státech a Spojené státy rovněž rozmístili přibližně 150 jaderných bomb v pěti zemích NATO: v Belgii, Německu, Itálii, Nizozemsku a Turecku, jako součást svého závazku k dlouhodobému odstrašení.

V současnosti je ve výzbroji nejnovější hlavici s označením W76-2, která je umístěna na Amerických ponorkách, kde má působit jako odstrašující prvek pro případného agresora. Technické specifikace Pentagon tají [58].

Tabulka 1 – současný stav jaderného arsenálu v USA [59]

Typ / označení	Ne.	Rok nasazení	Hlavice x výnos (v kilogramech)	Počet hlavic a
ICBM				
LGM-30G Minuteman III				
Mk12A	200	1979	1-3 W78 x 335 (MIRV)	600 b
Mk21 / SERV	200	2006 c	1 W87 x 300	200 d
Celkem	400 e			800 f
SLBM				
UGM-133A Trident II D5 / LE	240 g			
Mk4A		2008 h	1-8 W76-1 x 90 (MIRV)	1 486 i
Mk4A		2019	1-2 W76-2 x nízká (MIRV) j	50 k
Mk5		1990	1-8 W88 x 455 (MIRV)	384
Celkem	240			1 920 l
Bombardéry				
Stratofortress B-52H	87/44 m	1961	ALCM / W80-1 x 5-150	528
B-2A Spirit	20/16	1994	B61-7 x 10-360 / -11 x 400	322
			B83-1 x nízká-1200	
Celkem	107/60 n			850 o
Celkem strategické síly				3,57
Nonstrategic forces				
F-15E, F-16 DCA	n / a	1979	1-5 B61-3 / -4 bomby x 0,3–170 s	230
Celkem				230 q
Celková zásoba				3,8
Nasazeno				1750 r
Rezerva (zajištění a náhradní díly)				2 050
Vyřazena a čeká na demontáž				2 000
Celkový součet				5800

Doplňující informace k tabulce:

„ALCM: řízená střela řízená vzduchem;

DCA: letadla schopná dvojího letu;

ICBM: mezikontinentální balistická raketa;

LGM: silo-vypuštěná raketa pro pozemní útok;

MIRV: vícenásobně nezávisle zaměřitelný reentry vozidlo;

SERV: bezpečnostní reentry vozidlo se zvýšenou bezpečností;

SLBM: balistická raketa vypuštěná z ponorky.

a - Uvádí celkový počet dostupných hlavic.

b - V centrálním úložišti.

c - W87 byl původně nasazen na MX / Peacekeeper v roce 1986, ale nejprve byl převeden do Minuteman v roce 2006.

d - Z 567 vyrobených W87s zbývá 540. Každá ICBM s 200 Mk21 může mít každý jeden W87. Zbývajících 340 W87 je uložena. Nadbytečné jámy W87 jsou plánovány pro použití v programu W78 Replacement Program, který byl dříve označen IW-1, ale nyní se nazývá W87-1.

e - Dalších 50 ICBM je uloženo pro případné nasazení v 50 prázdných silech.

f - Z těchto hlavic ICBM je 400 nasazeno na operační rakety a zbytek je v dlouhodobém skladování. “ [59].

4.2 Rusko

Rusko si je dlouhodobě vědomo zvyšující se síly okolních států a „nepřátelských“ aliancí a dál vyvíjí zbraně, které mají sloužit jako odstrašující faktor, pro případné agresory. O použití jaderných zbraní, nebo nutnosti jejich udržování se hovoří i ve Válečné doktríně Ruské federace. Dokument klade důraz na to, aby mělo Rusko vysoce přesné zbraně, které budou považovány za klíčový prvek strategického odstrašení. Vyvíjí a buduje nové a přesnější rakety, které se stávají větší hrozbou. Ve zprávách zahraničních odborníků se uvádí, že Ruská federace staví výkonné jaderné bomby určené k výrobě vln super-elektromagnetických pulzů (EMP) schopných zničit veškerou elektroniku - od počítačů po elektrické sítě - na stovky kilometrů.

4.2.1 Vojenská doktrína Ruské federace

25. prosince 2014 - № Pr.-2976

Jde o jeden z nejvýznamnějších strategických dokumentů ruské bezpečnostní politiky, zavazující ke své činnosti důležité aktéry ruského politického systému a bezpečnostních sil.

Existence tohoto dokumentu je zakotvena v ústavě Ruské federace, která předává stvrzení dokumentu do rukou prezidenta Ruské federace. Dokument lze rozdělit do čtyř základních částí, které jednotlivě konkretizují cíle a hrozby pro Ruskou federaci. Tento dokument způsobil mnoho problémů v okolních státech, jejich spojencům, ale i velení NATO či EU. Jde totiž o jediný dokument, který nepřímo pojednává o hybridní válce, kterou vede Rusko a jeho orgány se zahraničím.

Body zmiňující jaderné zbraně a jejich potenciál:

VOJENSKÁ RIZIKA A VOJENSKÉ HROZBY PODLE RUSKÉ FEDERACE

„Hlavní vnější vojenská rizika jsou:

d) zřízení a rozmístění strategických systémů protiraketové obrany, které narušují globální stabilitu a narušují zavedenou rovnováhu sil souvisejících s jadernými raketami, provádění koncepce globálního stávky, úmysl umístit zbraně do kosmického prostoru, jakož i rozmístění strategických nejaderných systémů vysoce přesných zbraní

Hlavní vojenské hrozby jsou:

b) brání fungování systémů státní správy a vojenského velení a kontroly Ruské federace, narušení fungování jejích strategických jaderných sil, raketových výstražných systémů, systémů sledování vesmíru, skladovacích zařízení jaderné munice, jaderných energetických zařízení, jaderných, zařízení chemického, farmaceutického a zdravotnického průmyslu a další potenciálně nebezpečná zařízení;

Charakteristické rysy a specifika současných vojenských konfliktů jsou:

b) masivní používání zbraní a systémů vojenského vybavení, vysoce přesných a nadzvukových zbraní, prostředků elektronického boje, zbraní založených na nových fyzikálních principech, které jsou srovnatelné s jadernými zbraněmi, pokud jde o účinnost, informační a kontrolní systémy, jakož i drony a autonomní námořní vozidla, řízené robotické zbraně a vojenské vybavení;

16. Jaderné zbraně zůstanou důležitým faktorem, který zabrání vypuknutí jaderných vojenských konfliktů týkajících se používání konvenčních zbraní (rozsáhlá válka nebo regionální válka).

III. VOJENSKÁ POLITIKA RUSKÉ FEDERACE

Činnosti Ruské federace s cílem zabránit vojenským konfliktům a předcházet jim

Prevence jaderného vojenského konfliktu a jakýchkoli jiných vojenských konfliktů je základem vojenské politiky Ruské federace.

Hlavní úkoly Ruské federace, pokud jde o předcházení a předcházení vojenským konfliktům, jsou:

c) udržovat globální a regionální stabilitu a potenciál jaderného zastrašování na dostatečné úrovni;

k) vytvořit mechanismy oboustranně výhodné dvoustranné a mnohostranné spolupráce v boji proti potenciálním raketovým hrozbám, v případě potřeby včetně vytvoření společných systémů protiraketové obrany s ruskou účastí na jaderné rovnosti;

Zaměstnávání ozbrojených sil, dalších vojsk a těl a jejich hlavní úkoly v době míru za podmínek bezprostřední hrozby agrese a války

Ruská federace si vyhrazuje právo používat jaderné zbraně v reakci na použití jaderných a jiných typů zbraní hromadného ničení proti nim a / nebo jeho spojencům, jakož i v případě agrese vůči Ruské federaci použití konvenčních zbraní, když je ohrožena samotná existence státu.

O použití jaderných zbraní rozhoduje prezident Ruské federace.

Hlavními úkoly ozbrojených sil, dalších vojsk a těl v době míru jsou:

b) zajistit strategické (jaderné a nejaderné) odstrašení, včetně prevence vojenských konfliktů;

c) udržovat složení, stav bojové a mobilizační připravenosti a výcvik strategických jaderných sil a jejich podpůrných sil a zařízení, jakož i velení a řídicí systémy na úrovni, která zaručuje způsobení nepřijatelného poškození agresorovi v jakémkoli ohledu situace;

Hlavními úkoly ozbrojených sil, dalších vojsk a těl v podmínkách bezprostřední hrozby agrese jsou:

b) udržovat potenciál jaderného zastrašování na požadované úrovni připravenosti; “ [60].

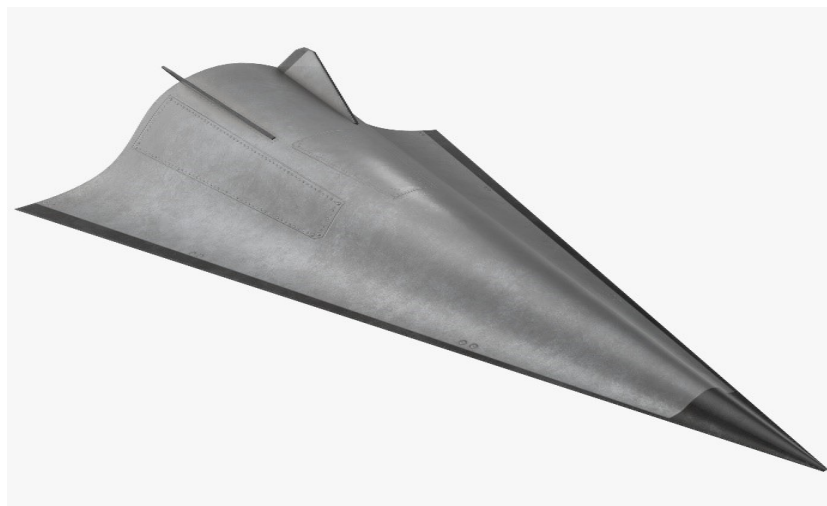
4.2.2 Nové zbraně

Rusko disponuje obrovským územím a pro udržení stávajícího stavu a odstrašení případných agresorů, muselo přijít s něčím jiným, než budováním obrovské armády a snaze vyrovnat se USA, na což nebude mít nikdy prostředky. Ruská federace se tedy zaměřila na raketové systémy, jejichž vlastnostmi jsou hlavně přesné navádění, rychlost, schopnost manévrovat, odolnost proti EMP a rozmanitost v nainstalovaných hlavicích. Nejvíce nás zajímá, že se uvádí o možnostech být vybaveny jak hlavicemi elektromagnetických pulzů (EMP), tak jadernými hlavicemi pro větší účinek.

AVANGARD

Avangard je strategický systém s mezikontinentální balistickou raketou, který je vybaven plánovanou hypersonickou křídlovou bojovou jednotkou. Je schopen létat v hustých vrstvách atmosféry nadzvukovou rychlostí, manévrovat podél kurzu a nadmořské výšky a překonávat protiraketovou obranu.

Podle armády je Avangard schopen létat 27krát rychleji než rychlost zvuku. Dokáže nést jadernou zbraň až 2 megatony. Avangard je navržen s využitím nových kompozitních materiálů, aby vydržely teploty až 2 000 Celsia, které vyplývají z letu atmosférou při nadzvukových rychlostech [61].



Obr. 9. - Střela Avangard [62]

ISKANDER-M

Existují dvě verze rakety, Iskander-M a Iskander-E, druhá pouze pro export. Iskander-M byl uveden do provozu v roce 2006 a v současné době je veden ruskou armádou. Taktické balistické raketové systémy Iskander-M jsou schopné zasáhnout malé i velké cíle ve vzdálenosti až 500 km, aby zničily raketové a vícenásobné odpalovací raketové systémy, dělostřelecké děla dlouhého dosahu, letadla a vrtulníky na letištích, velení poštovních a komunikačních center. Může nést konvenční a jaderné hlavice až do 700 kg a používá manévrovatelné návratové vozidlo (MaRV)

Mezi konvenční hlavice, které mohou být vybaveny Iskanderem, patří jaderné hlavice, výbušné hlavice, ale i další [63].



Obr. 10. - Iskander-M [63]

BULAVA

Samotná střela byla navržena a vyvinuta jako základní kámen ruské jaderné triády do roku 2040 a je nejdražším zbraňovým projektem v historii země. Návrh Bulavy vychází z balistické střely SS-27 (Topol M), je ale lehčí a složitější kvůli použití na ponorkách. Přesné taktické a technické vlastnosti "Bulavy" nebyly formálně zveřejněny. Podle různých médií je IDB třístupňová raketa na pevné palivo, která může nést šest až deset jaderných zaměřovacích jednotlivých bloků. Spouštěcí hmotnost - asi 36,8 t, házená hmotnost - 1 150 kg, délka ve startovacím kontejneru 12,1 metrů. Podle médií je maximální rozsah 10 000 Km.

Raketa může být také vypuštěna v nakloněné poloze, což umožňuje ponorkám třídy Borei, pro které je určena k odpálení rakety při pohybu. Jakmile je Bulava vypuštěna, zaujímá na rozdíl od jiných balistických raket nízkou trajektorii letu a má řadu pokročilých obranných schopností, aby byla odolná vůči raketovým obranným systémům. Mezi jeho schopnosti patří vyhýbající se manévrování, protiopatření a návnady v polovině kurzu a plně stíněná hlavička, která je chrání před poškozením fyzickými a elektromagnetickými pulzy (EMP). Spolu s Bulavovou schopností přežít jaderný výbuch na vzdálenost 500 metrů, protiopatření zbraně z něj činí jednu z nejobávanějších raket na světě [64].



Obr. 11. - Bulava vypuštěná z ponorky [65]

4.2.3 Jaderná výzbroj Ruské federace

Tab. 8. Současný stav jaderného arsenálu Ruské federace [59]

Typ / jméno	označení	Odpalovací zařízení	Rok nasazení	Hlavice x výtěžek (kilotony)	Počet hlavic
<i>Strategické útočné zbraně</i>					
ICBM					
SS-18 M6 Satan	RS-20V	46	1988	10 x 500/800 (MIRV)	460 a
SS-19 M3 Stiletto	RS-18 (UR-100NUTTH)	0	1980	6 x 400 (MIRV)	0 b
SS-19 M4	? (Avangard)	2	2019	1 x HGV	2
Sickle SS-25	RS-12M (Topol)	36	1988	1 x 800	36
SS-27 Mod 1 (mobilní)	RS-12M1 (Topol-M)	18	2006	1 x 800?	18
SS-27 Mod 1 (silo)	RS-12M2 (Topol-M)	60	1997	1 x 800	60
SS-27 Mod 2 (mobilní)	RS-24 (Yars)	126	2010	4 x 100? (MIRV)	504 c
SS-27 Mod 2 (silo)	RS-24 (Yars)	14	2014	4 x 100? (MIRV)	56
SS-X-28 (mobilní)	RS-26 (Yars-M)	-	-	4 x 100? (MIRV)	-
SS-X-29 (silo)	RS-28 (Sarmat)	-	-2020	10 x 500? (MIRV)	-
Mezisosčet			302		1136 d
SLBM					
SS-N-18 M1 Stingray	RSM-50	led.16	1978	3 x 50 (MIRV)	48 e
SS-N-23 M1	RSM-54 (Sineva)	čvn.96	2007	4 x 100 (MIRV) f	384 g
SS-N-32	RSM-56 (Bulava)	bře.48	2014	6 x 100 (MIRV)	288 hodi n
Mezisosčet			10/160 i		720 j
Bombardéry / zbraně					
Bear-H	Tu-95 MS	21/30	1984	6-16 x AS-15A ALCM	196
Bear-H Mod	Tu-95 MSM	18/20	2015	14 x AS-23B ALCM	252
Blackjack	Tu-160	lis.13	1987	12 x AS-15B ALCM nebo AS-23B, bomby	132
Mezisosčet		50/68 k			580 l
Dílčí strategické útočné síly		530 m			~ 2 426 n
<i>Netradiční a obranné zbraně</i>					
ABM / Letecká / pobřežní obrana					
SA-20 / SA-21	S-300 / S-400	~ 1 000	1992/2007	1 x nízká	~ 290
Gazela	53T6	68	1986	1 x 10	68 o
SSC-1B Sepal	Redut	8 str	1973	1 x 350	4
Stohování SSC-5 (SS-N-26)	K-300P / 3M-55	48	2015	(1 x 10) q	20
Pozemní vzduch					

Bombardéry / stíhačky (Tu-22M3 / Su-24M / Su-34 / MiG-31K)		~ 300	1974/2006 /1983	ASM, bomby	~ 500
Pozemní					
Scarab SSM SS-21	9K79, Tochka	-	1981	1 x 10-100	-
SS-26 Stone SSM	9K720, Iskander-M	132	2005	1 x 10-100	70
SSC-7 GLCM r	9M728				
SSC-8 GLCM s	9M729	20 t	2017	1 x 10-100	20
Námořní					
Ponorky / povrchové lodě / vzduch (LACM, SLCM, ASW, SAM, DB, torpéda)					~ 900
Mezisoučet netrategických a obránných sil					~ 1 870 u
CELKEM SKLADEM					~ 4 310 v
Nasazeno					1,572
Rezervovat					2,74
Vyřazené hlavice čekají na demontáž					2 060
Celkový inventář					6,37

Doplňující informace k tabulce:

„ABM = antibalistická raketa; ALCM = řízená střela řízená vzduchem; AS = vzduch-povrch; ASM = raketa vzduch-povrch; ASW = antisubmarinová zbraň; DB = hloubková bomba; GLCM = řízená řízená střela; ICBM = mezikontinentální balistická raketa; LACM = řízená raketa pro pozemní útok; MIRV = vícenásobně nezávisle zaměřitelný reentry vozidlo; SAM = raketa z povrchu na vzduch; SLBM = balistická raketa vypuštěná z ponorky; SLCM = námořní řízená střela; SRAM = útočná raketa krátkého doletu; SSM = raketa z povrchu na povrch“ [59].

4.3 Čína

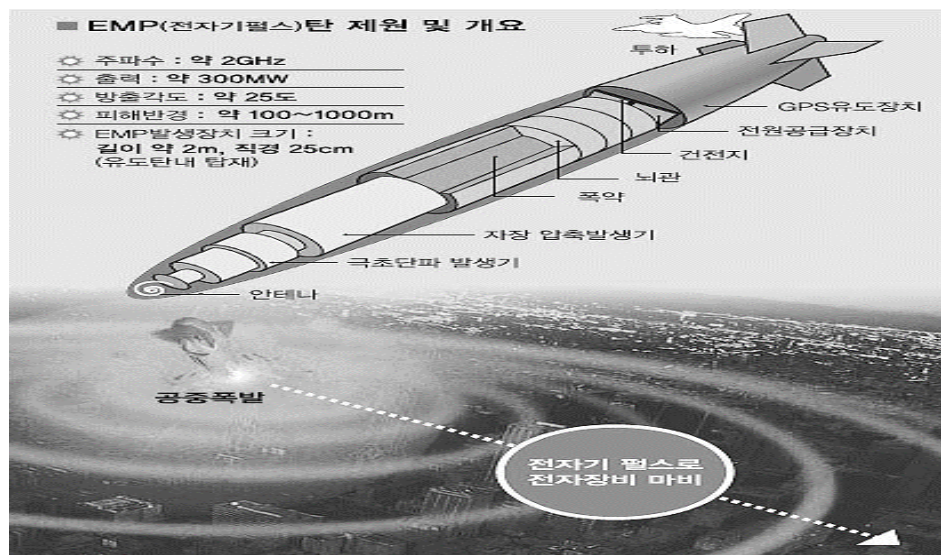
Čína vyvinula zbraně s nízkým výnosem podobné těm, o kterých tvrdí Rusko, že je má. Navíc, na začátku roku 2015 předložila Čína technologický průlom, který by mohl být klíčem k vytvoření arzenál EMP zbraní. Čínští vůdci považují útok EMP za revoluci ve vojenských záležitostech a odkazují na tuto změnu s názvy jako válka šesté generace, nekontaktní válka nebo elektronické válčení. Dále je útok EMP zakotven v Čínské válečné doktríně.

Například Čínská lidová osvobozenecá armáda (PLA) zveřejnila referát, v němž tvrdí, že útok EMP lze považovat za „Pearl Harbor“ 21. století a že „Spojené státy jsou vůči útokům EMP zranitelnější než jakákoliv jiná zem na světě. Další čínský článek vysvětlil, že útok EMP lze použít ke zničení „telefonní sítě nepřítele, palivových potrubí, elektrické sítě, systému řízení dopravy“ a dalších.

Kromě tradičních jaderných bomb, které mohou způsobit ničivý útok EMP, Čína údajně také vyvinula hlavice Super-EMP. Jedná se o jaderné bomby, které se specializují na dosažení vyššího EMP. Super-EMP bomby produkují gama paprsky, které generují špičkové EMP pole až 200 000 voltů na metr – což je dost na usmažení strategických komunikačních a zpravodajských systémů protivníka.

O existenci této zbraně mluví i několik článků, které byly zpracovány pro kongres USA a zveřejněny. Podle tohoto bývalého analytika CIA Čína dosáhla technologických průlomů ve vývoji elektromagnetických pulzních bomb. Tradiční elektromagnetické pulsy jsou doprovodným efektem výbuchu jaderné bomby, ale vzhledem k politice jaderného sdružování moderní společnosti nelze jaderné zbraně snadno použít. Proto všechny země urychlují vývoj nejaderných elektromagnetických pulzních bomb. Čína v tomto ohledu dosáhla relativně velkých úspěchů. Analytik uvedl, že Čína již může simulovat elektromagnetický pulsní efekt způsobený jadernou explozí, což znamená, že čínská zbraň není daleko od reálné použití. Uvádí se, že tato nejaderná elektromagnetická pulsní bomba má krátkou dobu trvání, ale velký rozsah útoku. Podle výpočtů vojenských odborníků může elektromagnetický pulsní efekt trvat přibližně jednu sekundu, ale může překonat tisíce kilometrů a je extrémně destruktivní. Současně prohlásil, že během války je Čína už nyní schopna používat elektromagnetické pulsní bomby k provádění elektromagnetických útoků proti Spojeným státům [7] [16].

Kvůli čínské propagandě a ne dobře ověřeným informacím, nelze tyto spekulace potvrdit, či vyvrátit.



Obr. 12. - Ilustrace čínské EMP bomby [66]

4.3.1 Jaderná výzbroj Číny

Tab. 9. Současný stav jaderného arsenálu Číny [59]

Typ	Označení NATO	Počet odpalovacích zařízení	Rok nasazení	Dosah (kilometry)	Hlavičky x výnos	Počet hlaviček
Balistické rakety na pevnině						
DF-4	CSS-3	5	1980	5 500+	1 x 300	10
DF-5A	CSS-4 Mod 2	10	1981	13 000	1 x 4000-5000	10
DF-5B	CSS-4 Mod 3	10	2015	13 000	3 x 200-300	30
DF-5C	?	na	-2020	?	?	na
DF-15	CSS-6	?	1990	600	1 x?	22
DF-21	CSS-5 Mods 2, 6	40	2000, 2016	2,15	1 x 200-300	803
DF-26	?	68	-2017	4 000	1 x 200-300	344
DF-31	CSS-10 Mod 1	6	2006	7 200	1 x 200-300	6
DF-31A	CSS-10 Mod 2	24	2007	11 200	1 x 200-300	24
DF-31AG	(CSS-10 Mod 3?) 5	24	-2017	11 200	1 x 200-300	24
DF-41	CSS-X-20	na	?	?	na	na

<i>Mezisoučet</i>		187				218 6
Balistické rakety vypuštěné z ponorky						
JL-2	CSS-N-14	48 (72) 7	-2016	7 000+	1 x 200–300	48
Z letadel						
H-6K 8	B-6	20	1965/2009	3 100+	1 x bomba	20
					(1 x ALBM)	na
Bojovníci 9	?	?	?	na	1 x bomba	?
Celkový		255				~ 290 11

4.4 Severní Korea - KLDK

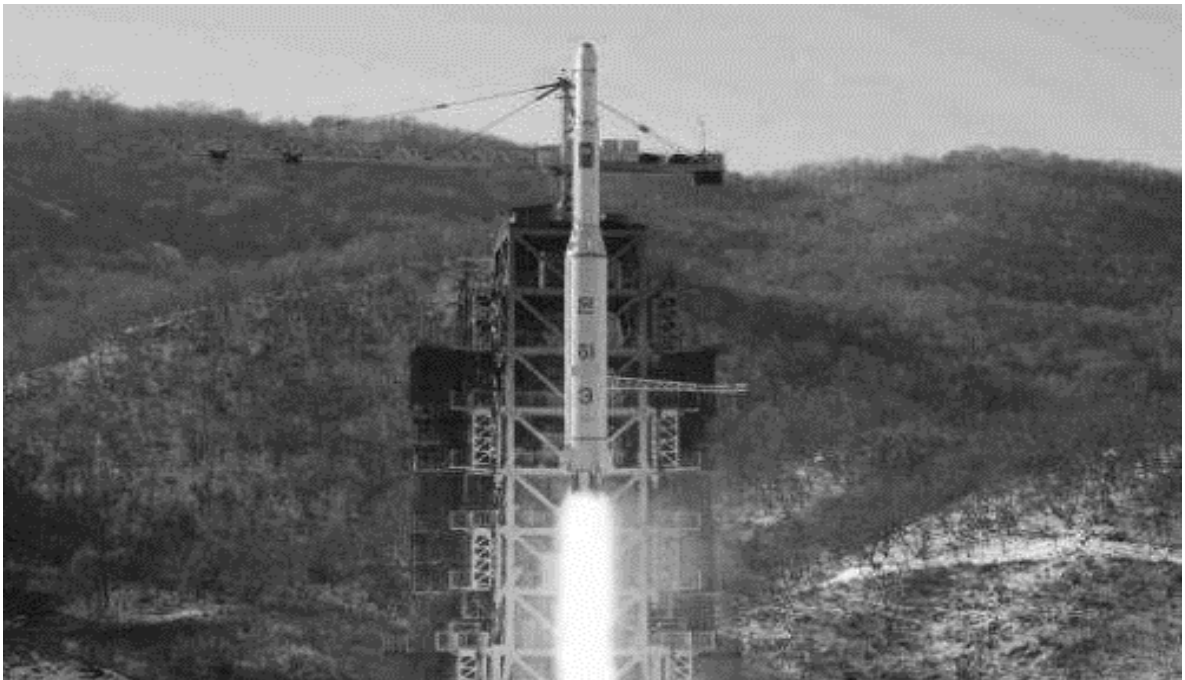
Kvůli rostoucí zastaralosti konvenčních vojenských schopností Severní Koreje se Severní Korea posunula směrem k národní bezpečnostní strategii založené na asymetrických schopnostech a zbraních hromadného ničení. Pyongyang významně investoval do vývoje balistických raket s dlouhým doletem a do miniaturizace vznikajících zásob jaderných zbraní. Severní Korea využívá tyto schopnosti k tomu, aby udržovala nepřátelské síly dál od svých hranic a jako prostředek k zachování rodinného režimu Kim.

Severní korejské systémy krátkého a středního doletu zahrnují řadu dělostřeleckých raket a raket krátkého doletu, včetně starých raket Scud a No-Dong. V roce 2019 testovala Severní Korea řadu nových raket na tuhá paliva krátkého doletu, jako jsou KN-23 a KN-25. Severní Korea jednostranně odstoupila od Smlouvy o nešíření jaderných zbraní (NPT) v lednu 2003. Od roku 2006 provedla šest jaderných zkoušek. V červenci 2017 Severní Korea úspěšně otestovala svou první mezikontinentální balistickou raketu (ICBM).

Severní Korea by mohla zahájit útok EMP proti nepřítelům mezikontinentální balistickou raketou (ICBM), nebo vypuštěním rakety krátkého doletu z nákladního vozidla nebo ponorky nebo vztyčením hlavice do výšky 30 kilometrů výbuchu balónem. Zatímco takové útoky EMP v nižší nadmořské výšce nepokrývají takovou oblast jako útok ve vyšších nadmořských výškách (300 kilometrů), i balonová hlavice odpálená na 30 km by mohla způsobit obrovské škody na elektrické síti.

Útok EMP lze také zahájit pomocí severokorejského satelity Kwangmyongsong-3 (KMS-3) a Kwangmyongsong-4 (KMS-4) v Severní Koreji. Tyto dva satelity v současnosti obíhají nad Spojenými státy. Jižní polární trajektorie KMS-3 a KMS-4 se vyhýbá americkým balistickým raketovým radarům včasného varování a národní protiraketové obraně. Pyongyang vypustil KMS-4 7. února 2017, krátce po svém čtvrtém jaderném testu dne 6. ledna 2017, který zahájil současnou dlouhodobou jadernou krizi s Pyongyngem. Tyto satelity připomínají ruskou tajnou zbraň vyvinutou během studené války, nazvanou Fractional Orbital Bombardment System (FOBS) [7] [16].

Američtí představitelé nedávno varovali, že ofenzivní válečné plány Severní Koreje zahrnují použití zbraní EMP a že USA jsou cílem. Zpráva a američtí experti uvedli, že Severní Korea dodá zbraň buď satelitem nebo na lodi vybavené raketometem. Zbraň by pak byla odpálena 30 až 100 kilometrů vysoko, což by elektronickému pulzu poskytlo široký prostor, který by mohl rozebrat technologii a elektrickou síť na východním pobřeží. Kongresová zpráva varovala, že útok EMP může trvat rok a vést k úmrtím 90 procent lidí v jeho výbuchu, protože lidé bojují o život bez elektřiny, tekoucí vody a zdravotnických zařízení, stejně jako chaosu [7] [16].



Obr. 13. - Severokorejská raketa nesoucí satelit Kwangmyongsong-3 [67]

4.4.1 Jaderná výzbroj KLDK

Tab. 10. *Současný stav jaderného arsenálu KLDK [59]*

Typ / jméno a	US / jiná označení	Rok nasazení	Dosah (km) b	Fáze (palivo)	Užitečné zatížení × kapacita (kg)	Odpalovací zařízení c
Balistické rakety na pevnině d						
ICBM (rozsah 5 500+ km)						
(Bukkeukseong-3)	?	Dev.	?	? (pevný)	1 ×?	TEL (C) e
Hwasong-15	KN-22 \	Dev.	13 000	2 × kapalina	1 × 1 000?	TEL
Hwasong-14	KN-20	Dev.	10 400	2 (kapalina)	1 ×?	TEL
Hwasong-?	KN-14	Dev.	-9 000	3 (kapalina)	1 ×?	TEL
Hwasong-13	KN-08 f	Dev.	5 500+	3 (kapalina)	1 ×?	TEL
Taepo Dong-2	Taepo Dong-2 g	-2012	12 000+	3 (kapalina)	1 × 800+	Pevný
IRBM (rozsah 3 000–5 500 km)						
Hwasong-12	KN-17	Dev.	3 300–4 500	1 (kapalina)	1 × 1 000	TEL
Hwasong-10 hodin	Musudan, BM-25	-2017	3 000+	1 (kapalina)	1 × 1 000	<50 TEL
MRBM (rozsah 1 000–3 000 km)						
Bukkeukseong-2 i	KN-15	Dev.	1 000+	1 (pevná)	1 ×?	TEL (C)
Hwasong-7	Nodong j	-1993	1200+	1 (kapalina)	1 × 1 000	<100 TEL
Hwasong-9	Scud ER, KN-4	-2016	1 000 k	1 (kapalina)	1 × 500	TEL
<i>Balistické rakety vypuštěné z ponorky (SLBM)</i>						
Bukkeukseong-1 l	KN-11	Dev.	(1 000+)	1 (pevná)	na	(1) SSB

Doplňující informace k tabulce:

„Dev: Ve vývoji; ICBM: mezikontinentální balistická raketa; km: kilometr; IRBM: balistická raketa střední velikosti; kt: kiloton; na: Nelze použít; MRBM: balistická střela středního doletu; TEL: Transport Erector Launcher; TEL (C): Transportní raketomet s raketovým kanystrem; SLBM: Balistická raketa zahájená na moři; SSB: Ballistic Missile Submarine.“ [59].

4.5 Irán

Zájem Íránu o jadernou technologii se datuje do padesátých let, kdy íránský šáh obdržel technickou pomoc v rámci amerického programu „Atom pro mír“. Zatímco tato pomoc skončila íránskou revolucí z roku 1979, Írán se i nadále zajímal o jadernou technologii a vyvinul rozsáhlý jaderný program, včetně sofistikovaných možností obohacování, který se stal předmětem intenzivních mezinárodních jednání a sankcí mezi lety 2002 a 2015 [68].

Střely na které by bylo možné umístit EMP zbraně, či jaderné hlavice:

- Fateh-110
- Fateh 313
- Shabab 2
- Shabab 3
- Ghadr
- Sjjil

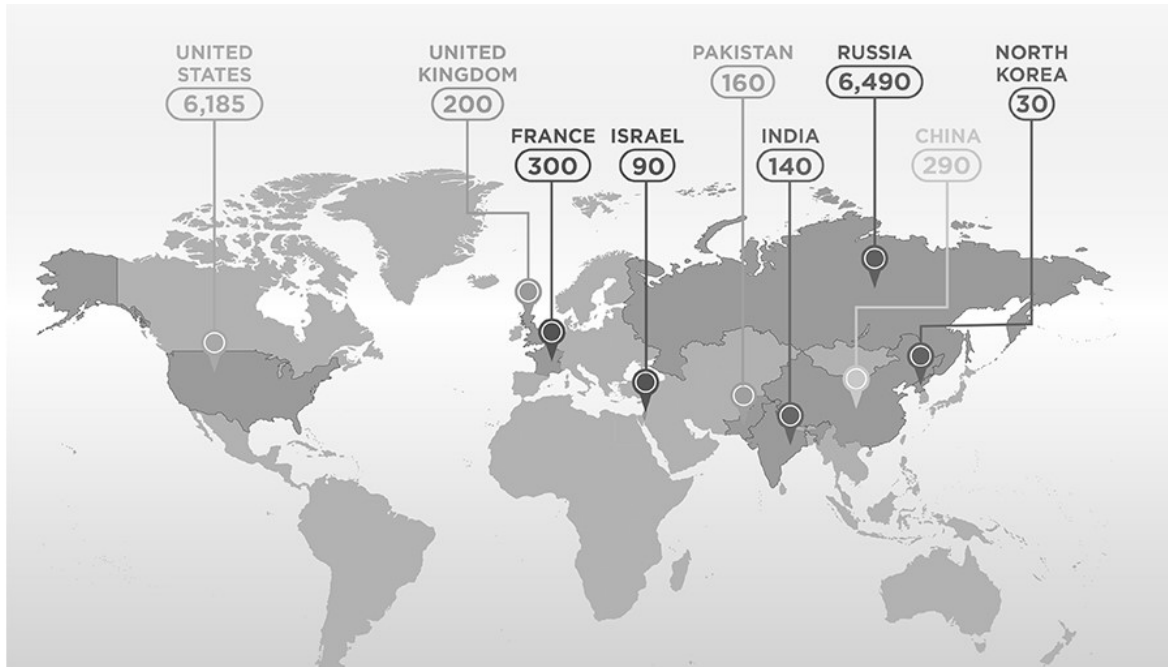
„Írán ve více než 20 pasáží nedávno přeložené vojenské učebnici ironicky nazvané „Pasivní obrana (2010“) podporuje teorie ruského generálního Slipchenko a potenciálně rozhodující účinky jaderného EMP útoku k rozhodné porážce protivníka. EMP je nejúčinnější při vyřazení kritické infrastruktury, i když nevede přímo k poškození životního prostředí nebo k poškození lidského života, podle íránského pasivní obrany“ [7].

Dne 22. dubna Írán úspěšně vypustil svůj první vojenský satelit, který vypustila Islámská revoluční garda (IRGC), zvláštní část ozbrojených sil Íránu, nebo také označována za nejsilnější státem podporovanou teroristickou organizaci na světě. Satelit na své první oběžné dráze zjevně prošel nad Spojenými státy. Trajektorie IRGC „Nour“ („Light“) překrývá Spojené státy z jihu na sever, ze slepé a bezbranné strany USA, kde nejsou žádné radary systému včasného varování balistických raket a žádné interceptory národní protiraketové obrany. Nadmořská výška satelitu je 425 kilometrů. Pokud by byl Nour vyzbrojen elektromagnetickým pulzním útokem, mohl by projektovat pole EMP pokrývající většinu Severní Ameriky, potenciálně vyřadit energetické sítě a další kritické infrastruktury, které podporují elektronickou civilizaci a životy 330 milionů Američanů [68].

DÍLČÍ ZÁVĚR

Většina zemí si je velmi vědoma vojenské nadřazenosti Spojených států amerických a proto některé státy vyvíjí úsilí k vyvinutí nových zbraní, nebo vylepšení stávajících jaderných zbraní nebo EMP zbraní, tak aby jediným úderem mohli protivníka paralyzovat, nebo už jenom odstrašit tím, že dané zbraně mají. Jak bylo uvedeno, tak málo která země, která vlastní jaderné zbraně, tak na jejich použití pohlíží zřídka jako zbraně, která zničí techniku, města, přírodu a jejich obyvatele a zamoří krajinu na dlouhá desetiletí. Dnes se na tyto zbraně pohlíží jako EMP zbraně, které se dají v případě potřeby použít ve vysokých výškách a vyřadit zařízení a celou infrastrukturu protivníka s minimálními ztrátami na životech. Ztráty na životech by samozřejmě přišly, ale byly by už způsobené vlastní neschopností dané země, vypořádat se se zajištěním základních potřeb pro své obyvatele bez elektřiny a veškerých odvětví na ní závislých.

Na obrázku č. 14 je znázorněno držení jaderných zbraní jednotlivých států ve světě. Reálné rozmístění by vypadalo jinak, jelikož například USA má své jaderné zbraně rozmístěné u svých spojenců jako jsou Itálie, Německo, Turecko a další.



Obr. 14 – Rozmístění a počty jaderných zbraní ve světě [69]

5 MOŽNÝ SCÉNÁŘ POUŽITÍ HEMP

V poslední kapitole je prezentován jeden scénář použití HEMP v Asii a jedena ukázka síly HEMP nad střední Evropou.

Jak bylo uvedeno v první kapitole, tak při detonaci jakékoliv jaderné zbraně o síle alespoň 10 kilotunve výšce:

30 km bude poloměr účinku EMP 600 km,

48 km bude poloměr účinku EMP 772 km,

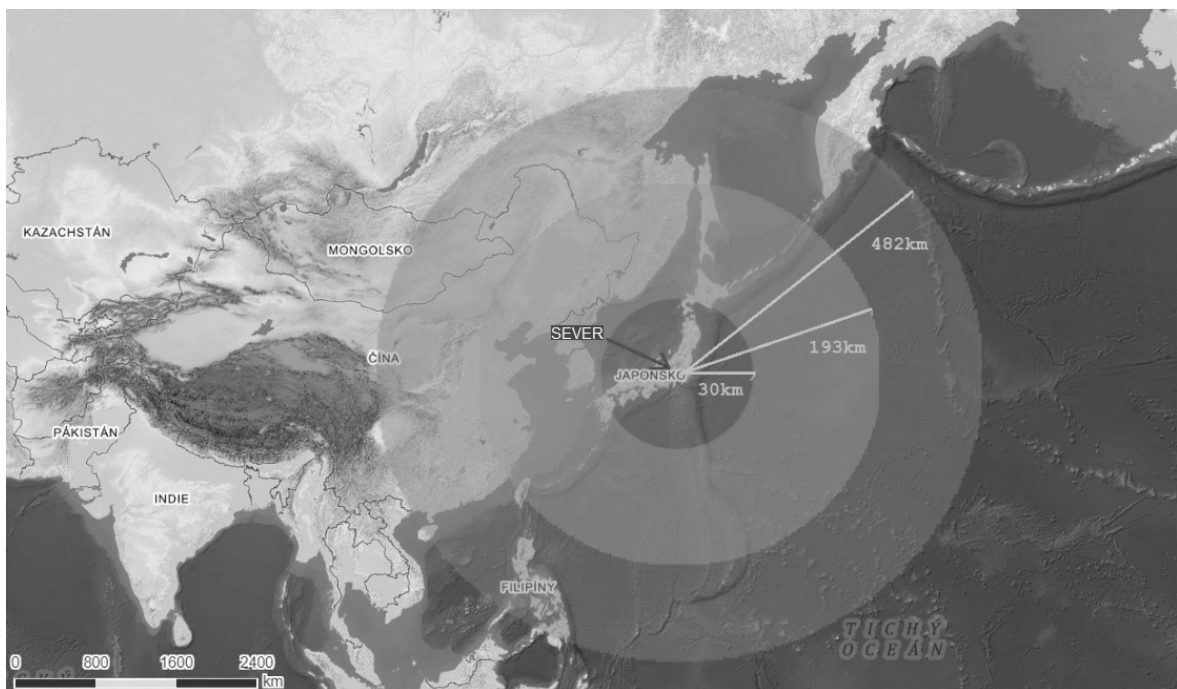
193 km bude poloměr účinku EMP 1609 km,

482 km bude poloměr účinku EMP 2376 km.

Poloměry jsou orientační, jelikož poloměr se mění v závislosti na zeměpisné šířce, magnetickému poli země, typu zemské kůry a dalším faktorům. Neplatí zde, že zbraň o síle 1000 kilotun vyprodukuje EMP 100x silnější než zbraň o síle 10 kilotun

5.1 HEMP nad Východním státem v Asii

Východní stát (napadený) leží na dosah nestabilnímu režimu Severního státu (útočník), který už nesčetněkrát vyhrožoval napadením Severoamerického státu a jeho spojenců. Východní stát je nejbližším spojencem Severoamerického státu v regionu, kde navíc sídlí základny pro námořnictvo tohoto spojence. Severní státi se svým spojencem největší Asijskou ekonomikou i vojenskou velmocí neustále obviňují a oživují debaty ohledně zločinů, které Východní stát páchal za druhé světové války. Severní stát v čele s jeho fanatickou propagandou a vládou komunistické strany, provede , provede v 6:00 hod. dne 22.8.2030 na Východní stát útok ze msty za anexi z data 22.8.1910 a to tak, že odpálí jadernou bombu i síle 10 kilotun ve výšce 30km nad městem „T“. Útok provede střelou Hwasong-14 (KN-20). Poloměr výbuchu účinku EMP 600 km. Intenzita EMP bude 100kV.



Obr. 15 – Poloměr HEMP ve výšce 30km, 193km a 482km nad Východním státem - vlastní

Jak je patrné z obrázku, tak útok ve vyšší výšce než je 30km už je pro Severní stát riskantní, protože by zasáhl i sebe a také mnoho dalších zemí v Asii a Tichomoří. Pokud by Severní stát zacílil jinak a lépe, tak i s touto nebo lehce větší výškou by byl schopen zasáhnout jednou ranou Východní stát i Jižním státem sousedícím se Severním státem.

EMP zasáhne téměř celý Jižní stát i s přilehlými ostrovy, včetně vojenských základen. Zůstává tedy bez vlastní obrany a jakékoliv možnosti o koordinaci sil. Selhává výroba elektřiny a tím se spustí řetězec událostí v propojenosti systému, kdy přestává fungovat vše, protože vše je závislé na dodávkách elektrické energie. Nefunguje řízení letového provozu a tím je zastavena letecká doprava i železniční doprava. Na komunikacích stojí zasažená vozidla, nefunguje komunikační systémy, neteče pitná voda, není jak zásobovat obyvatelstvo potravinami. Dle údajů z roku 2018 má Východní stát 126,5 milionu obyvatel. Dále dochází k požárům v elektrárnách, plynovodech a dalších průmyslových zařízeních, kde je nutný provoz prostřednictvím elektrické energie.

Jelikož se na území Východního státu nacházely i základny Severoamerického státu, tak přichází okamžitá odpověď a přichází útok na Severní stát a to i z obavy, aby stejný osud jako Východní stát nepotkal i další spojence. Severní stát už další jaderný útok neprovádí.

Po tomto útoku je nutná okamžitá pomoc z celého světa, protože jde o čas. Je nutné, aby země neupadla na dlouhé roky do doby kamenné a nevymřela většina populace Východního státu v důsledku hladomoru, nedostatku vody a násilností. Celý Východní stát bude v prvních etapách po události závislé na dodávkách potravin a veškerého materiálu k obnově od spojenců, jelikož si samo nic nevyrobí a i kdyby ano, nebude možná distribuce. Dopady budou globální, protože Východní stát patří mezi ekonomicky nejvyspělejší země světa a to ovlivní život na celé planetě. Ekonomická a humanitární krize bude nejrozsáhlejší v historii lidstva.

5.2 Průběh

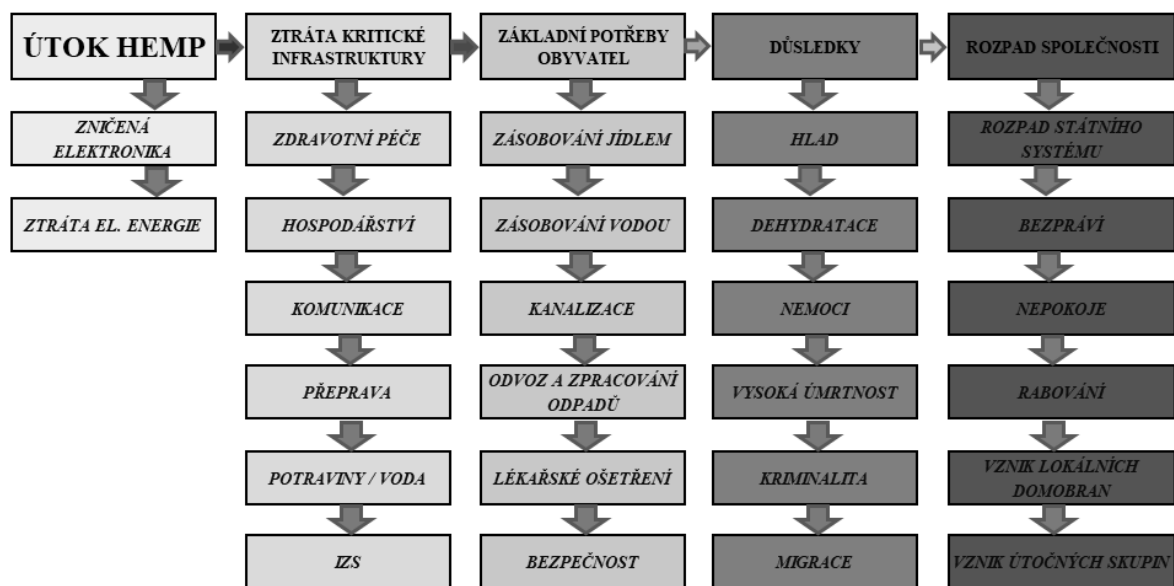
E1 poškozuje nebo narušuje elektroniku, jako je SCADA, DCS a PLC, jakož i komunikaci a do určité míry i přepravu (nezbytné pro spotřební materiál a personál). To naruší řídicí systémy, senzory, komunikační systémy, ochranné systémy, generátorové systémy, palivové systémy, systémy pro zmírnění životního prostředí a jejich související počítače, jakož i schopnost opravy,

E2 je ve frekvenčním režimu podobný klasickému blesku při bouřce, s tím rozdílem, že nebude jeden ale tisíce až miliony současných úderů blesku. Elektrický systém má existující ochranná opatření pro blesky, ale nejvýznamnější riziko je však synergické, protože impuls **E2** následuje po **E1**. Tam, kde **E1** obešlo ochranu před bleskem, by tedy dopad **E2** mohl přejít přímo do hlavních součástí systému a poškodit je.

Impuls **E3** je v mnoha ohledech podobný geomagnetickým efektům vyvolaným slunečními bouřkami. Sluneční bouře a jejich dopady na elektrické systémy s dlouhými vedeními byly důkladně vyhodnoceny a je známo, že způsobují vážné poškození hlavních součástí elektrické soustavy na mnohem nižších úrovních, než je rozumně možný dopad **E3**. Zde opět platí, že pro **E3** už je jednodušší působit škody, jelikož následuje za **E1** a **E2**.

5.3 Dopady

Dopady budou rozsáhlé, protože v jeden okamžik přestane fungovat společnost, jak ji známe. Bez nadsázky se dá říct, že už ani nikdy nebude taková, jako před událostí.



Obr. 16 – Posloupnost následků – zdroj: vlastní

Od provedení útoku jsou okamžitě mimo provoz elektrárny a elektrické sítě. Komunikace funguje jen v omezenou dobu pár dnů, než dojde palivo do generátorů. Vozidla která nezničila vlna EMP, tak budou k dispozici jen na omezenou dobu, protože nebude možné natankovat palivo. V důsledku toho se pomalu zaplní cest nepojízdnými „vraky“. Zásoba potravin bude omezená a ta co bude, tak bude jen pro ty, co budou mít hotovost, protože elektronické platby nebudou možné. Voda poteče jen chvíli a pak už nic, protože nepojedou čerpadla, která by ji dopravila do domácností a ani nebude jak tuto vodu čistit. V důsledku těchto událostí, kdy selžou všechny státní služby začnou po celé zemi masivní demonstrace, na které ale vláda nemůže reagovat, protože nefunguje komunikace a pořádkové síly nemají prostředky pro přesun ani koordinaci. V důsledku toho vznikne společnost rozdělená do skupin, které si navzájem zajišťují ochranu i obstarávání potravin a vody. V této fázi už by byla obnova systému i s pomocí zahraničních partnerů téměř nemožná.

Aby se něčemu takovému dalo částečně předejít, bude nutné okamžitá reakce zvenčí, kdy dostane Východní stát okamžité dodávky potravin, lékařského vybavení, komunikační techniku pro státní složky, náhradní díly do elektráren, trafostanic a dalšího pro nejrychlejší obnovu dodávek.

Čím delší prodleva bude, tím budou ztráty na životech a škody na majetku vyšší, že by mohla nastat situace, kdy by byly k dispozici součástky k opravě, ale nebyl by personál pro obnovu a udržení systému.

5.3.1 Elektrická energie

Na dostupnosti elektřiny je závislá celá moderní společnost i ekonomika. Každé odvětví průmyslu, domácnosti, doprava to vše je závislé a vyžaduje elektrickou energii a není možné zajistit všechny základní potřeby bez elektřiny. Trvalé zásobování elektřinou je důležité pro úpravu a distribuci vody, výroba a distribuce potravin, paliva, komunikace a vše co je součástí ekonomiky. Elektrická energie je tedy důležitá pro udržení současného stavu, ale i pro budoucí vývoj společnosti.

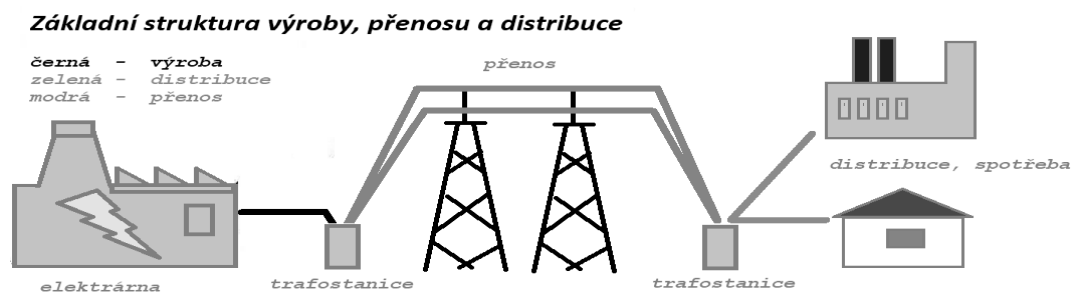
Pro většinu zasažené populace to znamená, že se vše úplně zastaví. Celková výroba ve všech odvětvích průmyslu, až po každodenní domácí činnosti. Pro žádnou jinou infrastrukturu by neznamenal útok HEMP takový kolaps, jako pro energetiku. Moderní elektronika, komunikace, obrana, ovládání a počítače umožnily plné využití fyzického systému s menšími rezervami na chyby. Proto relativně skromné rozrušení systému může způsobit funkční kolaps.

Důsledky budou pravděpodobně pro civilní společnost katastrofické. Stroje se zastaví, doprava a komunikace budou přísně omezeny, topení, chlazení a osvětlení nebude, dodávky potravin a vody budou přerušeny a mnoho lidí zřejmě zemře. Celý systém společnosti přestane po pár dnech existovat v důsledku boje o přežití, získání vody a potravin. Například v USA vyslovili předpoklad až 90% úmrtnosti obyvatelstva a návrat do „doby kamenné“. Otázka, zda by se společnost z takové apokalypsy vzpamatovala v případě příliš dlouhé obnovovací doby.

V tomto případě by nepomohly ani nouzové generátory, protože bez dodávek paliva, by stejně neměly po pár dnech co spalovat.

5.3.1.1 Hlavní prvky

Existují tři hlavní prvky infrastruktury elektrické energie: výroba, přenos (relativně vysoké napětí na velké vzdálenosti) a distribuce.



Obr. 17. - Výroba, přenos a distribuce elektřiny [70]

Výroba

Moderní elektrárny využívají komplexní ochranné a řídicí systémy k maximalizaci účinnosti a zajištění bezpečnosti s použitím elektroniky. Elektrárny, jsou velmi náchylné k útoku EMP. Identifikace a lokalizace poškozeného zařízení na generaci s elektronickými senzory a komunikace, která je přerušena, by byla složitá na opravu a časově náročná, i když je personál a díly snadno dostupné.

Přenos

Elektrická energie z různých elektráren putuje přes soustavu vedení a rozvodů do regionů a míst, kde bude spotřebována. Transmisním systémem se pohybuje velké množství energie obecně po značné vzdálenosti. Přenos zahrnuje vedení na věžích nebo pod zemí a rozvodny. V rozvodnách jsou transformátory (které transformují energii z jednoho napětí na druhé), jističe, ochranná zařízení, měřiče a systémy pro přenos a kontrolu dat. Ochranná zařízení chrání elektrické komponenty před neobvyklými elektrickými poruchami, které se čas od času vyskytují z mnoha různých důvodů, jakož i z obecných bezpečnostních důvodů.

Distribuce

Zatížení nebo koncoví uživatelé elektřiny (rezidence, komerční zařízení a dokonce i většina průmyslových odvětví) vyžadují, aby byla k dispozici elektrická energie v napětích potřebných při dostatečném napájení, když ji potřebují. To často znamená v relativně malém množství při nízkém napětí a proudu.

5.3.1.2 Blackout

Jedná se o termín, kdy nějakou oblast postihne úplný výpadek dodávky elektrického proudu do elektrické sítě v důsledku nerovnováhy mezi výrobou energie a spotřebou energie, nebo může jít o řízené vypnutí napájení v dané oblasti, aby nedošlo k výpadku proudu. V případě výpadku proudu se obvykle můžeme spolehnout na naše sousední země, které jsou schopné

poslat část své nadbytečné energie do naší sítě. Pokud se však bavíme o HEMP nad celou Evropou, tak by nebyl nikdo, kdo by poslal elektrickou energii a kdyby náhodou někdy takový byl, tak by neměl jak tuto energii poslat, protože celá distribuční síť by byla zničená.

Příklad „Blackoutu“ – Venezuela

V roce 2019 byla Venezuela zasažena celonárodním výpadkem elektrického systému. Výpadky zasáhly nejméně 14 z 24 venezuelských států, včetně hlavního města Caracasu. To způsobilo chaos na silnicích města, protože semaforey a metro přestaly fungovat během dopravní špičky. Ropný průmysl byl také tvrdě zasažen nedostatkem energie. Hyperinflační ekonomická krize země bohaté na ropu vedla k rozsáhlému nedostatku potravin a medicíny, což přimělo více než čtyři miliony venezuelských obyvatel opustit zemi.

S částečnou nebo žádnou elektřinou, tekoucí vodou nebo funkční telekomunikací byly podmínky uvnitř Venezuely podobné podmínkám v zemi po ničivé přírodní katastrofě. Počet obětí způsobených výpadkem proudu rychle rostl, zejména v nemocnicích, které potřebují elektřinu, aby udržely pacienty naživu. Choroby související s vodou, jako je cholera a horečka dengue, se zvýšily. Hledání jídla v popelnicích a drancování se stávalo normou, protože hladovějící Venezuelané se zoufale snažili najít cokoli k jídlu, takže docházelo i k drancování.

Příklad z Venezuely je jen malou ukázkou toho, co by v případě HEMP na Evropou, zasáhlo všechny její obyvatele, ale v mnohem větším měřítku [71].

Východní stát je na elektřině mnohonásobně závislejší než Venezuela, takže i srovnatelný „Blackout“ by pro něj znamenal katastrofální následky.

5.3.2 Telekomunikace

Telekomunikace je pro dnešní společnost zásadní systém pro konektivitu, řízení a spojení mezi sektory společnosti. Telekomunikace je důležitá pro fungování národní finanční infrastruktury, protože transakce představující miliardy v digitálních měnách, které proudí denně prostřednictvím telekomunikací. Umožňuje institucím státní samosprávy a vlády plnit své povinnosti. Lidé mohou komunikovat na cestách, téměř kdykoli a prakticky kdekoli. Bez komunikace nemůže Východní stát koordinovat žádnou ze složek státní správy, proto se stává činnost všech složek laxní a soustředěná do malých lokalit, kdy nejsou schopny navzájem spolupracovat.

5.3.3 Bankovníctví a finance

Východní stát patří mezi nejsilnější ekonomiky světa a proto potřebují stabilní a fungující bankovníctví a finance. Finanční služby představují síť organizací a dalších systémů, zpracovávajících nástroje peněžní hodnoty ve formě vkladů, převodů, úspor, půjček a dalších. Jelikož jsou všechny významné transakce prováděny elektronicky, tak závislost na elektronické ekonomice přispívá k nepříznivým dopadům účinků EMP. Jejich zranitelnost vůči EMP spočívá na závislosti na dalších systémech jako je elektrická energie a telekomunikace. Tato situace neznamena vymazání účtů, jelikož dochází v určitých intervalech k zálohování, problém by byl v tom, že by byla digitální měna nepoužitelná. Nebylo by možné vybrat hotovost ani platit platebními kartami, či jinými digitálními metodami. Lidé bez vybrané hotovosti, by vlastně byli jak nemajetní.

5.3.4 Ropa a zemní plyn

Východní stát patří mezi největší odběratele ropy na světě a samo ji těží od roku 2013 z břidlic. Těžba, výroba, rafinace, přeprava a distribuce je závislá na zařízeních, která pro svůj provoz potřebují elektrickou energii (např. čerpadla) a bez těchto komponent tedy není možné ropu zpracovat a vyrábět dále palivo (benzín, plyn, naftu) důležitých pro další odvětví. Pro Východní stát to tedy znamená nesoběstačnost a absolutní závislost na dodávkách od svých zahraničních partnerů.

5.3.5 Dopravní infrastruktura

Jelikož je Východní stát na vysoké technologické úrovni a většina dopravy je závislá na dodávkách elektrické energie, tak EMP bezpochyby okamžitě vyřadí vlakovou dopravu, nepůjdou semaforey, výhybky, nepojízdné vlaky zablokují všechny železnice i nástupiště, ale i část automobilů a nákladních vozidel, které jsou v provozu. Lze očekávat, že vozidla deaktivovaná při provozu na silnici způsobí nehody a tím vzniknou zácpy na všech typech komunikací. Nebudou fungovat semaforey, vlaková doprava také zkolabuje, jelikož elektrické lokomotivy zablokují tratě. Veškerá doprava je závislá na dodávkách paliva či elektrické energie, které nebudou k dispozici. Od nefungující dopravy se dále odvíjí neschopnost zásobování obyvatelstva potravinami, léky a dalším materiálem nutným k přežití dnešní moderní společnosti.

Dalšími důležitými součástmi systému, které ztratí schopnost fungování jsou:

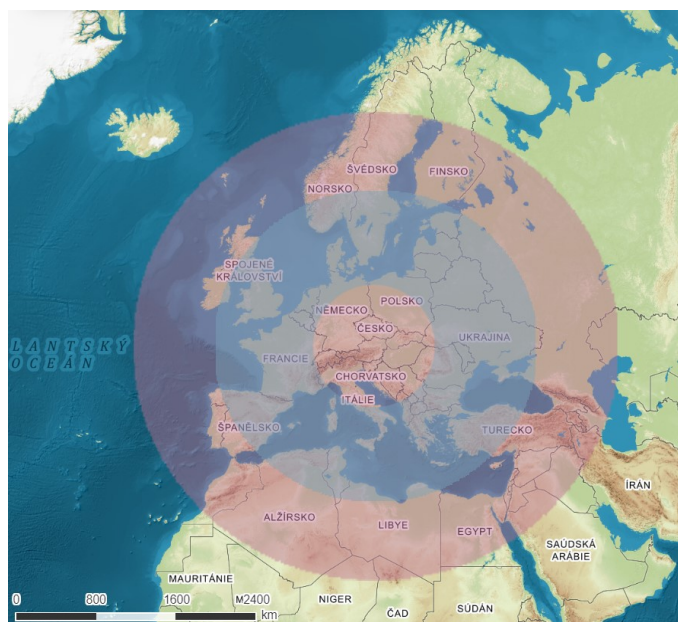
- Potravinová infrastruktura

- Vodní infrastruktura
- Pohotovostní služby
- Vláda

Úplná doba obnovy by byla i přes pomoc spojenců na několik let. Ztráty na životech by byly v kvůli vysoké populaci milionové, další desítky milionů obyvatel budou dlouhodobě bez dodávek elektřiny. Největší ztráty na životech by byly ve městech. Obnova bude pomalá a nebude ihned ve všech regionech současně. Škody budou v bilionech dolarů a další budou muset být vynaloženy na obnovu.

5.4 HEMP – ukázka rozsahu nad Střední Evropou

Pro představu je zde rozsah HEMP nad Střední Evropou. Lokalita imaginárního výbuchu jaderné bomby ve vysoké výšce, bude umístěna nad zeměmi Střední Evropy ve výšce 30km, 193km a 482km km. Pro představu bude provedena vizualizaci ve třech různých výškách.



Obr. 18. - Rozsah EMP podle výšky odpálení nad Střední Evropou – zdroj: vlastní

Jak lze na obrázku č. 9 vidět, tak HEMP ve výšce 482km by měl katastrofální následky nejen pro Střední Evropu, ale pro celý kontinent, část severní Afriky i Asii. EMP při tomto útoku by způsobil kolaps celé civilizace, protože obnovit celý kontinent a část dalších nelze

v krátkém časovém horizontu a celé Evropa by se vrátila technologicky i počtem obyvatel o stovky let zpět.

Průběh scénáře by byl obdobný jako u asijským scénářem po útoku Severního státu na Východní stát, jen s mnohonásobně většími dopady.

HEMP ve výšce 30km by zasáhl 15 států Evropy, což je cca 200 milionů obyvatel. Ve výšce 193km by byla zasažena téměř celá Evropa a část Severní Afriky, což je necelá miliarda obyvatel a ve výšce 482km kdy je zasažena celá Evropa, Západní Asie a velká část Severní Afriky už je zasažena populace přes miliardu.

Zajistit dostatečnou a rychlou pomoc při tom největším útoku pro obnovu celého kontinentu a části dvou dalších už je nemožná. Jedinou možností by byla preventivní opatření jednotlivých států.

DÍLČÍ ZÁVĚR

Je potřeba si uvědomit, že taková událost změní celou společnost dané lokality na společnost, která tady nebyla ani před stovkami let. Vláda přestane existovat i spolu s celým státním systémem podporujícím plynulý chod společnosti. Každý jednotlivec se bude starat o své vlastní přežití, o to jak zabezpečí své nejbližší potraviny a vodou. Nebude možné koordinovat ozbrojené složky, aby zajišťovaly pořádek ve státě, protože nebude jak komunikovat a jak jim dávat příkazy a úkoly. Samotní policisté a vojáci by asi ani nenastoupili do služby, protože by se starali pouze o své rodiny, které by asi těžko nechali nezaopatřené ve svých domovech. Mimo komunikace a koordinace by po chvíli ani neměli prostředky pro přepravu na místa problémů. Nikdo by netušil, kde problém je, protože by nebylo možné toto jakkoliv ohlásit.

Nemocnice by měly ten samý problém, když už by se našel lékař, který by nechal rodinu samotnou a šel do práce. Bez dodávek elektřiny a léků by stejně nebylo možné poskytovat základní lékařské úkony a docházelo by ke ztrátám na životech u dnes banálních úrazů či nemocí. Bez toho, aby stát zaručil svým občanům bezpečí a lékařskou péči, vlastně žádný stát neexistuje. Celá města by lehla popelem, protože by je neměl kdo hasit atd. Vznikla by společnost, která tu nebyla stovky let, kdy přežívají jen ti nejsilnější. Lidé by se asi uchýlovali k vytváření skupin, které by se staraly sami o sebe. Obnovení takto rozpadlé společnosti by byl téměř nemožný úkol, už jen proto že by byly obrovské ztráty na životech.

Bylo by dobré začít tento problém řešit legislativně a najít nejschůdnější cestu k rychlé obnově. Vytvoření koncepce, jak zařídit co nejrychlejší obnovu výroby a dodávek elektřiny, zajistit fungující komunikační síť (např. komunikace pomocí optických vláken, která jsou proti EMP odolná, vytvoření Faradayových klecí v prostorách s důležitou technikou a zařízeními atd.) pro IZS a armádu, aby bylo možné tyto složky dále koordinovat. Vytvořit dostatečné rezervy potravin a vody a jejich distribuci pro dobu nutnou k obnově hlavních systémů, tak aby se zajistilo že lékaři, policisté, hasiči a vojáci vůbec nastoupí do zaměstnání, beze strachu o své rodiny.

Nebude jednoduché takovou koncepci vytvořit a už vůbec ne ji realizovat. Možné hrozby a náš systém závislý na elektřině taková opatření potřebují.

ZÁVĚR

Tato práce je věnován a tématu účinků elektromagnetického pulzu ve vysokých nadmořských výškách. Sice otázka jaderného konfliktu zní nemyslitelně, ale jak bylo v práci uvedeno, tak není nutné útočit jadernými zbraněmi s využitím účinků jako tomu bylo v Hirošimě a Nagasaki. Stačí odpálit jadernou bombu vysoko v atmosféře a cílená oblast napadená pulzy EMP se zhroutí sama bez základních dodávek energií, materiálu, potravin, vody a fungujícího státního systému. V úvodní části je zodpovězeno, co to vlastně výškový elektromagnetický impulz - HEMP je a jaké základní typy EMP jsou. Samotný HEMP se skládá z několika složek, které působí na veškeré systémy ve vlnách, které se doplňují a v tom je jeho obrovská síla. Výškový elektromagnetický impulz způsobený odpálením jaderné bomby je v jistých ohledech podobný geomagnetickým bouřím, s jejichž účinky již lidstvo má. Právě geomagnetické bouře a hrozba HEMP vedou ke spoustě diskuzím o nutných opatřeních na národních úrovních. V práci jsou zmíněny zbraně EMP, které nesouvisí s vysokými výškami ani jadernou explozí a také nemají takový účinek s obrovským rozsahem jako výše uvedené. O existenci EMP, které provází jaderné exploze, či provázející geomagnetické bouře se ví již dlouho, ale hlavní poznatky a rozsáhlá měření proběhly v době studené války a rozsáhlého testování ze strany USA a SSSR. V dalších částech práce jsou uvedeny a popsány základní dokumenty odkazující na účinky a hrozby HEMP, kterých již vznikl nespočet. Problematikou HEMP se zabývají civilní dokumenty, normy, vědecké studie, ale také vojenské dokumenty. Praktická část se skládá ze dvou částí. Analýzou současného stavu, kde je popsáno dle dostupných zdrojů, jak jednotlivé země k této problematice přistupují. Dle zjištěného patří tato problematika k velmi aktuálním tématům většiny zemí, které jaderným arzenálem disponují. Tyto země řeší jak otázku ochrany a rychlé obnovy po útoku HEMP, ale také vývojem dalších strategických zbraní, schopných tyto útoky provádět. Ve druhém bodě praktické části jsou vytvořeny scénáře útoků jadernými zbraněmi ve vysokých výškách jedné země proti druhé či celému kontinentu s cílem paralyzovat tuto zemi, nebo oblast a zastavit její další fungování a vývoj na dlouhé roky. Byť je takový útok velmi nepravděpodobný, jelikož každého agresora by měl odradit už jen globální dopad nedozírných rozměrů. Takový útok může úplně vymazat celou jednu zemi, nebo celý kontinent a to by mělo fatální ekonomické, materiální, technologické, humanitární dopady na celé lidstvo včetně útočícího státu. Je tady ale pravděpodobnější scénář a to geomagnetická bouře, která by dokázala způsobit stejnou či větší katastrofu, než jaderná bomba odpálená ve vysoké výšce. Musíme jen doufat,

že taková událost nenastane, nebo pokud ano, tak v době, kdy již bude existovat rozsáhlý systém ochrany a obnovy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VALOUCH, Jan. MIKROVLNÝ VYSOKÉHO VÝKONU JAKO HROZBA PRO OBJEKTY KRITICKÉ INFRASTRUKTURY. *Researchgate*. 2015, 6, (on-line). Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/305495762>
- [2] Jaké znáte druhy blesků? *Elektrika* [online]. © 1998-2020 [cit. 8.11.2019]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/jake-znate-druhy-blesku>
- [3] Základy elektromagnetické kompatibility Část 2 - Zdroje rušivých signálů a vazební mechanismy jejich přenosu. *Elektrorevue* [online] © 2019 [cit. 18.11.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00031/index.html>
- [4] WILSON, Clay. *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments..* USA: Congressional Research Service, 2008. 25 p.ext, CRS Report RL 32544
- [5] China, Russia Building Super-EMP Bombs for 'Blackout Warfare'. *Freebeacon* [online]. Copyright ©2020 [cit. 07.02.2020]. Dostupné z: <https://freebeacon.com/national-security/china-russia-building-super-emp-bombs-for-blackout-warfare/>
- [6] EMANUELSON, Jerry. E1, E2 and E3. <http://www.futurescience.com/> [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://www.futurescience.com/emp/E1-E2-E3.html>
- [7] PRY, Peter Vincent. Nuclear EMP attack scenarios and combined arms cyber warfare. Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack. USA: DoD Office of Prepublication and Security Review, 2017. 65 p.
- [8] L. GANNON, Jennifer. Geomagnetic Storms and Geomagnetically Induced Currents. *Electricenergyonline.com* [online]. ©2019 [cit. 18.11.2019]. Dostupné z: <https://electricenergyonline.com/energy/magazine/966/article/Geomagnetic-Storms-and-Geomagnetically-Induced-Currents.htm>
- [9] Space weather. sciencelearn.org.nz/ [online]. New Zeland: Univerzita Waikato Te Whare Wānanga o Waikato, 2014 [cit. 18.11.2019]. Dostupné z: www.sciencelearn.org.nz/images/247-solar-wind-plasma-and-the-magnetosphere
- [10] Geomagnetic storms: An introduction to the risk - The GiveWell Blog. *The GiveWell Blog* [online] 2019 [cit. 26.11.2019]. Dostupné z: <https://blog.givewell.org/2015/06/29/geomagnetic-storms-an-introduction-to-the-risk/>

- [11] SWS - Space Weather - Power Failure in Canada During 1989. SWS - *Radio and Space Services* [online]. Copyright © 2019 [cit. 26.11.2019]. Dostupné z: <https://www.sws.bom.gov.au/Educational/1/3/12>
- [12] The Day the Sun Brought Darkness | NASA. *NASA* [online]. Copyright © 2011 [cit. 26.11.2019]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/topics/earth/features/sun_darkness.html
- [13] A Perfect Solar Superstorm: The 1859 Carrington Event. *History* [online]. Copyright © 2020 [cit. 07.02.2020]. Dostupné z: <https://www.history.com/news/a-perfect-solar-superstorm-the-1859-carrington-event>
- [14] The solar storm of 2012 that almost sent us back to a post-apocalyptic Stone Age - ExtremeTech. *ExtremeTech* [online]. Copyright © 1996 [cit. 07.02.2020]. Dostupné z: <https://www.extremetech.com/extreme/186805-the-solar-storm-of-2012-that-almost-sent-us-back-to-a-post-apocalyptic-stone-age>
- [15] Electromagnetic Pulse or EMP and the E1, E2 and E3 Components | EMP Shield. *EMP Protection & Defense Technology | EMP Shield* [online]. 2019 [cit. 7.2.2020]. Dostupné z: <https://www.empshield.com/electromagnetic-pulse-or-emp-and-the-e1-e2-and-e3-components/>
- [16] HARRISON, R. 2018 ELECTROMAGNETIC THREATS: *Current capabilities and emerging threats*, USA: The American Foreign Policy Council (AFPC), 2018. 19 p.
- [17] VALOUCH, Jan. Zbraně se směřovanou energií jako prostředek rozvoje schopností ozbrojených sil. *Vojenské rozhledy*. 2016, 25 (3), 61-81. ISSN 1210-3292 (print), 2336-2995 (on-line). Dostupné z: www.vojenskerozhledy.cz
- [18] U.S. Air Force deploys new weapon to deal with Iran, North Korea . *Student News Daily | Current events articles for teachers and students* [online]. 2019 [cit. 30.11.2019]. Dostupné z: <https://www.studentnewsdaily.com/daily-news-article/u-s-air-force-deploys-new-weapon-to-deal-with-iran-north-korea/>
- [19] Procurement, Science and Technology Q2-2014 | MSIAC. *Munitions Safety Information Analysis Center | MSIAC* [online]. Copyright © Copyright Munitions Safety Information Analysis Center 2020 [cit. 09.02.2020]. Dostupné z: <https://www.msiac.nato.int/news/procurement-science-and-technology-q2-2014>
- [20] The Nuclear Testing Tally. *Arms control* [online] © 2020 [citace 9.02.2020]. Dostupné z: www.armscontrol.org/factsheets/nucleartesttally

- [21] Nuclear Test-Ban Treaty. *History*. [online]. Copyright © 2020 A [cit. 09.02.2020]. Dostupné z: <https://www.history.com/topics/cold-war/nuclear-test-ban-treaty>
- [22] High-altitude nuclear explosions. *Johnston's Archive* [online]. Copyright © 2005 [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/hane.html>
- [23] Nuclear Test-Ban Treaty. *History*. [online]. Copyright © 2020 A [cit. 09.02.2020]. Dostupné z: <https://www.history.com/topics/cold-war/nuclear-test-ban-treaty>
- [24] GALLERY OF U.S. NUCLEAR TESTS: MAIN MENU. *RADIOCHEMISTRY SOCIETY - Specialized Courses in Radiochemistry* [online] [cit. 10.02.2020].. Dostupné z: https://www.radiochemistry.org/history/nuke_tests/index.shtml
- [25] GLADECK F.R., GOULD K.G., HALLOWELL J .H., MARTIN E.J., McMULLAN F.W., MILLER R.A., OSBORN J., SHELTON C.F., BERKHOUSE L., CALHOUN F.S., *OPERATION HARDTACK I 1958, United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests*. Prepared by the Defense Nuclear Agency as Executive Agency for the Department of Defense 1982, 460 p.ext, CRS Report DNA 6038F
- [26] Operation Castle. *Nuclearweaponarchive, 1954*. Pacific Proving Ground [online] © 2020 [cit.10.02.2020]. Dostupné z: <https://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Castle.html>
- [27] Nuclear Testing and Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT) Timeline. *Arms control* [online]. © 2020 [cit. 10.02.2020]. Dostupné z: www.armscontrol.org/factsheets/Nuclear-Testing-and-Comprehensive-Test-Ban-Treaty-CTBT-Timeline
- [28] Starfish Prime: The nuclear test that introduced the world to EMPs | SOFREP. | *Military Grade Content* [online]. Copyright © 2019 The Crate Club Group. All Rights Reserved. [cit. 10.02.2020]. Dostupné z: <https://sofrep.com/news/starfish-prime-nuclear-test-introduced-world-emps/>
- [29] The Cold War nuke that fried satellites - BBC Future. *BBC - Homepage* [online]. Copyright © 2020 BBC. [cit. 10.02.2020]. Dostupné z: www.bbc.com/future/article/20150910-the-nuke-that-fried-satellites-with-terrifying-results
- [30] SonicBomb. *SonicBomb* [online]. © 2020 [cit. 13.02.2020]. Dostupné z: <http://sonicbomb.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=320>
- [31] Electromagnetic Pulse - Soviet Test 184 - EMP. *Futurescience* [online]. © 2020 [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: www.futurescience.com/emp/test184.html

- [32] Chronologie jaderných zkoušek v SSSR. *Military Russia*. [online]. 2020 [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: <http://militaryrussia.ru/blog/topic-788.html>
- [33] Big Ivan, The Tsar Bomba (“King of Bombs”). *Nuclearweaponarchive.org*, The World's Largest Nuclear Weapon [online]. 2020 [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: <https://nuclearweaponarchive.org/Russia/TsarBomba.html>
- [34] Britain's Nuclear Weapons. *Nuclearweaponarchive.org* [online]. 2020 [cit. 20.02.2020]. Dostupné z: <https://nuclearweaponarchive.org/Uk/UKTesting.html>
- [35] Francie. *Jaderné zbraně* [online]. 2020 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <http://plutonit.xf.cz/testyfrancie.htm>
- [36] The day China entered the nuclear age | South China Morning Post. *HK, China, Asia news & opinion from SCMP's global edition | South China Morning Post* [online]. 2020 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.scmp.com/news/china/article/1617933/day-china-entered-nuclear-age>
- [37] ČNS EN 61000-2-9: 1997. *Technické normy* [online]. © 2005-2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-2-9_4_22521.html
- [38] ČSN EN 61000-2-10. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2-10: Prostředí - Popis prostředí HEMP - Rušení šířená vedením. *Technické normy* [online]. © 2005-2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-2-10_4_56980.html
- [39] ČSN EN 61000-4-23. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-23: Zkušební a měřicí technika - Zkušební metody zařízení pro ochranu proti HEMP a jinému vyzářovanému rušení. *Technické normy* [online]. © 2005-2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-4-23_4_62712.html
- [40] ČSN EN 61000-4-24. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4: Zkušební a měřicí technika - Oddíl 24: Zkušební metody pro ochranné prostředky pro rušení HEMP šířené vedením - Základní norma EMC. *Technické normy* [online]. © 2005-2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-4-24_4_52923.html
- [41] ČSN EN 61000-4-25. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-25: Zkušební a měřicí technika - Zkušební metody odolnosti zařízení a systémů proti HEMP. *Technické normy* [online]. © 2005-2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-4-25_4_65988.html

- [42] ČSN EN 61000-5-5. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 5: Směrnice o instalacích a zmírňování vlivů - Oddíl 5: Specifikace ochranných prvků pro rušení HEMP šířené vedením - Základní norma EMC. *Technické normy* [online]. © 2005-2018 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-5-5_4_50297.html
- [43] Reports | EMP Commission.org. *Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack* [online]. 2020 [cit. 2020-04-2]. Dostupné z: <http://www.empcommission.org/reports.php>
- [44] Strategic Primer - Drones | American Foreign Policy Council. *AFPC | American Foreign Policy Council* [online]. Copyright © 2020 [cit. 07.04.2020]. Dostupné z: <https://www.afpc.org/publications/special-reports/strategic-primer-drones>
- [45] David Stuckenberg, Amb. R. James Woolsey, Col Douglas DeMaio 2019, *ELECTROMAGNETIC DEFENSE TASK FORCE (EDTF) 2.0, 2019 REPORT*, Air University, Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education, 2019, 130p, ISSN: 2575-6737 / AU Press Code: LP-4
- [46] GRAHAM William R., *Chairman, Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*, Chairman's Report, 2017, 48p
- [47] United States. Government Accountability Office. *CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION Electricity Suppliers Have Taken Actions to Address Electromagnetic Risks, and Additional Research Is Ongoing*, February 2018, GAO-18-67, 95p
- [48] Great Britain: Parliament: House of Commons: Defence Committee, *Developing Threats: Electro-Magnetic Pulses (EMP)*, Tenth Report of Session 2010–12, 96p. HC 1552
- [49] CARAFANO, James Jay and WEITZ, Richard Weitz. *EMP Attacks—What the U.S. Must Do Now*. The Heritage Foundation. 2010. 12p. No. 2491
- [50] S. M. Han, C.-S. Huh, and J.-S. Choi, "A Validation of Conventional Protection Devices in Protecting EMP Threats," *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 119, 253-263, 2011.
- [51] Commission to Assess the Threat. to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, *NRC: Home Page* [online]. Copyright © 2020 [cit. 06.07.2020]. Dostupné z: <https://www.nrc.gov/docs/ML1127/ML11279A118.pdf>
- [52] Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, Home | High Frontier. *Home | High Frontier* [online]. Copyright © 2020 High Frontier [cit. 06.07.2020]. Dostupné z: <http://highfrontier.org/wp-content/uploads/2018/02/PERRY-V-4-NEWEMPCltr2PERRY2017.pdf>

- [53] BRADLEY Arthur T. *Disaster Preparedness for EMP Attacks and Solar Storms (Expanded Edition)*. CreateSpace Publishing, 2012, 128p. ISBN13: 9781469941551
- [54] Military Standards MIL-STD, Military specifications MIL SPEC. *Military Standards MIL-STD, Military specifications MIL SPEC* [online]. Copyright © 2009 [cit. 12.05.2020]. Dostupné z: <http://everyspec.com/>
- [55] About the NATO Science & Technology Organization. *Document Moved* [online]. Copyright © STO 2020 [cit. 12.05.2020]. Dostupné z: <https://www.sto.nato.int/Pages/organization.aspx>
- [56] U.S. Department of State, *Dr. William Graham*. [online]. 2020 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://2001-2009.state.gov/t/isn/isab/68273.htm>
- [57] Executive Order on Coordinating National Resilience to Electromagnetic Pulses | The White House. *The White House* [online]. 2020 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-coordinating-national-resilience-electromagnetic-pulses/
- [58] Nuclear modernization speeding up as arms control on the brink: report. Defense News, Covering the politics, business and technology of defense | *Defense News* [online]. Copyright © 2020 Sightline Media Group [cit. 06.07.2020]. Dostupné z: <https://www.defensenews.com/smr/nuclear-arsenal/2020/06/14/nuclear-modernization-speeding-up-as-arms-control-on-the-brink-report/>
- [59] World Nuclear Weapon Stockpile | Ploughshares Fund. *Ploughshares Fund* [online]. Copyright © Ploughshares Fund 2020 [cit. 06.07.2020]. Dostupné z: <https://ploughshares.org/world-nuclear-stockpile-report>
- [60] Ruská Federace, *VOJENSKÁ DOKRINA RUSKÉ FEDERACE*, 2014, № Pr.-2976 Dostupné z <http://static.kremlin.ru/media/events/files/41d527556bec8deb3530.pdf>
- [61] Avangard (Hypersonic Glide Vehicle) – Missile Defense Advocacy Alliance. *Missile Defense Advocacy Alliance – Making the World a Safer Place* [online]. Copyright © Missile Defense Advocacy Alliance 2020 [cit. 12.06.2020]. Dostupné z: <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-proliferation/russia/avangard-hypersonic-glide-vehicle/>
- [62] Attention Required! | Cloudflare. *ArtStation* [online]. 2020 [cit. 12.06.2020]. Dostupné z: <https://www.artstation.com/artwork/Z5Rqk8>
- [63] Ruský dobyvatel světa: Raketový komplex 9K720 Iskander-M | 100+1 zahraniční zajímavost. *100+1 zahraniční zajímavost* [online]. Copyright © Extra Publishing, s. r.

- o. 2007 [cit. 12.06.2020]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/rusky-dobyvatel-sveta-raketovy-komplex-9k720-iskander-m>
- [64] Bulava (SS-NX-30) submarine-based ballistic missile. *RussianSpaceWeb.com* [online]. Copyright © 2010 Anatoly Zak [cit. 12.06.2020]. Dostupné z: <http://www.russianspaceweb.com/bulava.html>
- [65] Bulava: Problematická ruská jaderná raketa | ArmadniNoviny.cz. *ARMÁDNÍ NOVINY | Nejčtenější český vojenský web | ArmadniNoviny.cz* [online]. Copyright © 2018 Armadninoviny.cz [cit. 12.06.2020]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/rsm-56-bulava-problematicka-ruska-jaderna-raketa.html>
- [66] A Short Note On Chinese EMP Developments | Delhi Defence Review. *Delhi Defence Review | War and Ideas* [online]. 2020 [cit. 17.06.2020]. Dostupné z: <http://delhifencereview.com/2017/08/01/a-short-note-on-chinese-emp-developments/>
- [67] N. Korea satellite appears dead: scientist. *Phys.org* [online]. 2020 [cit. 17.06.2020]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2012-12-korea-satellite-dead-scientist.html>
- [68] Iran's Guards say launched first military satellite into orbit. *Home* [online]. 2020 [cit. 13.06.2020] Dostupné z: <https://www.dailymaverick.co.za/article/2020-04-22-irans-guards-say-launched-first-military-satellite-into-orbit/>
- [69] Nuclear Weapons: Who Has What at a Glance. *Arms control* [online] © 2020 [cit. 1.07.2020].
Dostupné <https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat>
- [70] Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack [online]. © 2020 [cit. 17.06.2020]. Dostupné z: http://www.empcommission.org/docs/A2473-EMP_Commission-7MB.pdf
- [71] Much of Venezuela in the Dark Again After Massive Blackout | Voice of America - English. *Home Page | Voice of America - English* [online]. 2020 [cit. 17.06.2020]. Dostupné z: <https://www.voanews.com/americas/much-venezuela-dark-again-after-massive-blackout>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HEMP	Výškový elektromagnetický impulz
EMP	Elektromagnetický impulz
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
GMD	Geomagnetická bouře
CME	Vystřelení koronární hmoty
AC	Střídavý proud
TDRS	Sledování a satelitní přenos dat
DEW	Zbraně se směřovanou energií
DEWRF	Zbraně se směřovanou energií v pásmu radiových vln
PBW	Částicové zbraně
HPM	Úzkopásmové zbraně
UWB	Širokopásmové zbraně
CHAMP	Counter-Electronics High Power Microwave Advanced Missile Project
AFRL	Air Force Research Laboratory
HPW	Výkonné mikrovlnné vlny
USA	Spojené státy americké
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
KLDR	Korejská lidově demokratická republika
AFCRC	Výzkumné středisko letectva Cambridge
TNT	Trinitrotoluen
Kt	Kilotuna
ČSN	České technické normy
AFPC	Americká rada pro zahraniční politiku

EDTF	Elektromagnetická obrana
SSO	Zvláštní bezpečnostní úřad
HPM	High Power Microwave
GAO	Government Accountability Office
NERC	Severoamerická korporace elektrické spolehlivosti
GDT	Plynová výbojka
TVS	Transient Voltage Suppressor
EMI	Elektromagnetická Interference
RTG	Rentgen
TITAAN	Theatre Independent Tactical Army and Air Force Network
RNLA	Královská nizozemská armáda
SSA	Sektorově specifická agentura
PLA	Čínská lidová osvobozená armáda
ICBM	Mezikontinentální balistická raketa
FOBS	System frakčního orbitálního bombardování
IRGC	Islámská revoluční garda
SCADA	Dispečerské řízení a sběr dat
DSC	Distribuovaný kontrolní systém
PLC	Programovatelný logický řadič
NATO	Severoatlantická aliance
EU	Evropská unie

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. - Rozsah EMP podle výšky odpálení nad USA [5]</i>	13
<i>Obr. 2. - Fáze E1, E2 a E3 [7]</i>	16
<i>Obr. 3. - Solární bouře [4]</i>	16
<i>Obr. 4. - CHAMP [18]</i>	23
<i>Obr. 5. - HPEMcarStop [19]</i>	24
<i>Obr. 6. - Test 184 [31]</i>	35
<i>Obr. 7. - Test Licorne, 914 kilotun, 1970, na atolu Fangataufa [35]</i>	39
<i>Obr. 8. - Komise EMP [43]</i>	46
<i>Obr. 9. - Střela Avangard [62]</i>	67
<i>Obr. 10. - Iskander-M [63]</i>	68
<i>Obr. 11. - Bulava vypuštěná z ponorky [65]</i>	69
<i>Obr. 12. - Ilustrace čínské EMP bomby [66]</i>	73
<i>Obr. 13. - Severokorejská raketa nesoucí satelit Kwangmyongsong-3 [67]</i>	75
<i>Obr. 14 – Rozmístění a počty jaderných zbraní ve světě [69]</i>	78
<i>Obr. 15 – Poloměr HEMP ve výšce 30km, 193km a 482km nad Východním státem.</i> .80	
<i>Obr. 16 – Posloupnost následků – zdroj: vlastní</i>	82
<i>Obr. 17. - Výroba, přenos a distribuce elektřiny [70]</i>	84
<i>Obr. 18. - Rozsah EMP podle výšky odpálení nad Střední Evropou – zdroj: vlastní</i> .87	

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Srovnání parametrů LEMP a NEMP [3]</i>	12
<i>Tab. 2. Srovnání EMP a GDM [33] [7]</i>	21
<i>Tab. 3. Počet testů nukleárních bomb ve světě [20]</i>	27
<i>Tab. 4. Počty a lokace testů USA [24]</i>	28
<i>Tab. 5. Série testů Fishbowl [30]</i>	32
<i>Tab. 6. Výškové testy SSSR [32]</i>	34
<i>Tab. 7. Atmosférické testy Británie [34]</i>	37
<i>Tab. 8. Současný stav jaderného arsenálu Ruské federace [59]</i>	70
<i>Tab. 9. Současný stav jaderného arsenálu Číny [59]</i>	73
<i>Tab. 10. Současný stav jaderného arsenálu KLDK [59]</i>	76