

Význam kosmické bezpečnostní politiky pro budoucnost bezpečnosti lidstva

The Importance of a Cosmic Security Policy for the Mankind's
Future Security

Bc. & Bc. Jana Klůjová

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana KLŮJOVÁ**
Osobní číslo: **A10901**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Význam kosmické bezpečnostní politiky pro
budoucnost bezpečnosti lidstva**

Zásady pro vypracování:

Cíl: Představte kosmickou bezpečnostní politiku bezpečnostní komunitě a uveďte její význam pro budoucnost bezpečnosti lidstva.

- 1. Pojem kosmická bezpečnostní politika a její právní rámec.**
- 2. Uveďte řešení kosmické bezpečnostní politiky v ČR.**
- 3. Popište bezpečnostní využití kosmu – výhody a nevýhody, možnosti a hrozby.**
- 4. Popište problematiku technických řešení bezpečnostní ochrany proti hrozbám z kosmu/modelování situací, futuristické vize a pod.**
- 5. Provedte syntézu problému a závěr.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. LAUCKÝ, Vladimír. **Bezpečnostní futurologie**. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 93 s. ISBN 978-807-3185-602.
2. LAUCKÝ, Vladimír. **Technologie komerční bezpečnosti II**. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004, 122 s. ISBN 80-7318-231-9.
3. REES, Martin. **Naše poslední hodina**. Praha: Dokořán, 2005. ISBN 80-7363-004-4.
4. REES, Martin. **Náš neobyčejný vesmír**. Praha: Dokořán, 2002. ISBN 80-86569-17-9.
5. TOFFLEROVI, Alvin a Heidi. **Nová civilizace**. Praha: Dokořán, 2002. ISBN 80-86569-00-4.
6. WARD, Peter; BROWNLEE, Donald. **Život a smrt planety Země**. Praha: Dokořán, 2005. ISBN 80-86569-85-3.
7. MOORE, Patrick. **Hvězdy a planety**. Praha: Slovart, 2001. ISBN 80-7200-309-6.

Vedoucí diplomové práce:

JUDr. Vladimír Laucký

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012

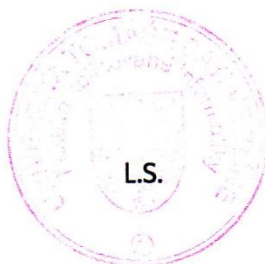
Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce přibližuje kosmickou bezpečnostní politiku; jejím cílem je vystihnout důležitost kosmické bezpečnostní politiky pro budoucnost bezpečnosti lidstva.

V teoretické části je nejprve kosmická bezpečnostní politika definována. Dále je uvedeno, jakým způsobem je zakotvena v právních úpravách a je představen index vesmírné bezpečnosti. Následující kapitola se věnuje kosmické bezpečnostní politice v rámci České republiky, popisuje smlouvy ratifikované ČR a také přibližuje financování kosmických programů.

Dále práce ukazuje bezpečnostní využití kosmu z hlediska bezpečnosti lidstva. Jedná se hlavně o využití navigačního systému Galileo a o program Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti. V poslední kapitole teoretické části je práce zaměřena na futuristické vize týkající se nebezpečí, které lidstvu v budoucnu z vesmíru hrozí. Součástí jsou také futuristická řešení záchrany planety Země v daleké budoucnosti.

Praktická část je zaměřena na simulace dopadů meteoritů na Zemi a popis následků, které by událost tohoto typu měla. Praktická část čtenáři fakticky přibližuje důležitost kosmické bezpečnostní politiky, protože konkrétně ukazuje katastrofické následky dopadu daných těles.

Klíčová slova:

Kosmická bezpečnostní politika, Kosmická smlouva, navigační systém Galileo, GMES, dopad meteoritu, objekty blízké Zemi

ABSTRACT

The thesis describes space security policy; its aim is to show the importance of the space security policy for the mankind's future security.

In the theoretical part I define the space security policy, describe the legal bases and I introduce Space Security Index. The next chapter focuses on space security policy in the Czech Republic, describes contracts ratified by the Czech Republic as well as the funding of space programs.

The thesis also demonstrates the use of space for the mankind's future security. This part is mainly about the navigation system Galileo and Global Monitoring for Environment and Security.

The last chapter of the theoretical part is focused on futuristic visions of danger which will threaten mankind in the future. I also describe the futuristic solutions how to save the Earth.

In the practical part there are simulations of meteorite impacts and a description of the consequences. This part shows the importance of space security policy.

Keywords:

Space Security Policy, Outer Space Treaty, navigation system Galileo, GMES, impact of a meteorite, Near-Earth Objects

„Naše Galaxie obsahuje miliony bílých trpaslíků a mnozí z nich jsou náhrobními kameny světů, jako je ten náš.“

Peter Ward a Donald Brownlee

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce JUDr. Vladimíru Lauckému za rady a podněty v průběhu tvorby práce. Dále děkuji svým rodičům a příteli za podporu nejen během studia, bez které by vše bylo mnohem složitější.

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 předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- 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 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

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRÁVNÍ ASPEKTY KOSMICKÉ BEZPEČNOSTNÍ POLITIKY	13
1.1 KOSMICKÁ BEZPEČNOSTNÍ POLITIKA – VYMEZENÍ POJMU	14
1.2 FÓRUM PRO OTÁZKY KOSMICKÉ BEZPEČNOSTI	16
1.3 INDEX VESMÍRNÉ BEZPEČNOSTI.....	17
2 ŘEŠENÍ KOSMICKÉ BEZPEČNOSTNÍ POLITIKY V ČR	21
2.1 FINANCOVÁNÍ PROGRAMŮ ESA A VÝHODY PRO ČESKOU REPUBLIKU	21
2.2 ČR JAKO ČLEN EU A JEJÍ VZTAH KE KOSMICKÉ BEZPEČNOSTI	22
2.3 EVROPSKÁ OBRANNÁ AGENTURA	23
2.4 SMLOUVY RATIFIKOVANÉ ČESKOU REPUBLIKOU.....	23
2.5 PROGRAM SSA.....	24
3 BEZPEČNOSTNÍ VYUŽITÍ KOSMU	25
3.1 GMES = GLOBÁLNÍ MONITORING ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A BEZPEČNOSTI.....	25
3.1.1 Historický vývoj GMES.....	25
3.1.2 Tři rychlé služby	26
3.1.2.1 GMES monitoring Země	26
3.1.2.2 Krizová reakce	26
3.1.2.3 Námořní služby.....	27
3.1.3 Další plánované služby v rámci GMES	28
3.1.3.1 Monitorování atmosféry	28
3.1.3.2 Monitorování změn klimatu.....	28
3.1.3.3 Bezpečnost	29
3.1.4 Služby GMES využitelné v bezpečnostních aplikacích.....	29
3.1.4.1 Přírodní zdroje a s nimi související konflikty.....	30
3.1.4.2 Migrace a pohraniční monitorování.....	31
3.1.4.3 Kritická aktiva.....	31
3.1.4.4 Jaderná energie a sledování dodržování smluv týkajících se této problematiky	32
3.1.4.5 Krizové řízení a hodnocení	33
3.1.5 Struktura GMES	34
3.1.5.1 Vesmírné komponenty	34
3.1.5.2 Pozemní komponenty	36
3.2 SNAHY O ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI KOSMICKÉHO PROSTORU	36
3.2.1.1 Aktuální trendy v bezpečnosti	37
3.3 GALILEO.....	38
3.3.1 Důvody vzniku	38
3.3.2 Poskytované služby	39
3.4 POHYB DRUŽIC V KOSMU A PRINCIP FUNKCE NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ	41
3.4.1 Princip funkce satelitních navigačních systémů	44
4 TECHNICKÁ ŘEŠENÍ BEZPEČNOSTNÍ OCHRANY PROTI HROZBÁM Z KOSMU, MODELOVÁNÍ SITUACÍ, FUTURISTICKÉ VIZE	47

4.1	NEBEZPEČÍ PLYNOUCÍ ZE SRÁŽEK S ASTEROIDY	47
4.2	INDEX ZÁVAŽNOSTI NEPRAVDĚPODOBNÝCH KATASTROF	49
4.3	POSTUPNÝ KONEC ŽIVOTA NA ZEMI	50
4.4	SRÁŽKA S GALAXIÍ M31	53
4.5	SLUNCE VE STADIU ČERVENÉHO OBRA A DEFINITIVNÍ KONEC PLANETY ZEMĚ	55
4.6	JINÉ ALTERNATIVY KONCE SVĚTA	55
4.7	VÝBUCH SUPERNOVY	57
4.8	ČETNOST ŽIVOTA V KOSMU A DRAKEOVA ROVNICE	58
4.9	TECHNICKÁ ŘEŠENÍ ÚNIKU Z UMÍRAJÍCÍ ZEMĚ.....	59
4.9.1	Kolonizace Marsu	60
4.9.2	Přesunutí Země.....	61
4.10	SOUČASNÝ VÝZNAM KOSMICKÉ BEZPEČNOSTÍ POLITIKY	62
4.11	PŘÍKLADY METEORITŮ POTENCIÁLNĚ KŘÍŽUJÍCÍCH DRÁHU ZEMĚ	65
II	PRAKTICKÁ ČÁST	67
5	NÁSLEDKY SRÁŽKY PLANETY ZEMĚ S METEORITY	68
5.1	ZPŮSOB SIMULACE	68
5.2	DOPADY MODELOVÝCH TYPŮ METEORITŮ.....	73
	ZÁVĚR	82
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	85
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	87
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	90
	SEZNAM OBRÁZKŮ	92
	SEZNAM TABULEK.....	93

ÚVOD

Cílem diplomové práce je představit kosmickou bezpečnostní politiku bezpečnostní komunitě a vystihnout důležitost a význam celé záležitosti. Proto se v práci věnuji nejprve právním aspektům bezpečnostní politiky, kde pojem kosmická bezpečnostní politika vymezuji, a popisuji index kosmické bezpečnostní politiky, který vzniká díky společné snaze širokého okruhu odborníků a každoročně hodnotí stav vesmírné bezpečnosti.

V další části práce popisuji postavení České republiky na poli mezinárodní kosmické politiky. Česká republika je členem Evropské kosmické agentury, ale kromě programů zašitovaných touto agenturou se věnuje také vlastním národním programům.

Dále se již zaměřuji přímo na oblast bezpečnosti. Uvádím, jak je možné využít kosmických programů pro zvýšení bezpečnosti lidstva v návaznosti na bezpečnostní komunitu. Jedná se o dva základní pilíře evropské kosmické politiky, a to navigační systém Galileo a Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti. Tyto dva systémy mohou ve vzájemné kombinaci výrazně přispět ke kvalitnějšímu sledování klimatických změn na Zemi, k hodnocení rizik, která mohou přinést povodně, lesní požáry nebo zemětřesení. Spadají sem také námořní služby, které umožňují rychlejší hledání a záchranu osob nebo mohou být využity při námořních operacích. Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti umožňuje lépe odhadnout hrozby plynoucí z růstu chudinských čtvrtí a také lze s jeho pomocí monitorovat hranice státu z důvodu eliminace nezákonných přechodů.

V poslední kapitole teoretické části popisuji futuristické vize týkající se zániku planety Země. Věnuji se převážně vymírání živočišných i rostlinných druhů z důvodu zvětšujícího se Slunce, ale zmiňuji také náhlé konce způsobené paprsky gama-zářením nebo dopadem meteoritu na Zemi. Popis těchto skutečností má za cíl ukázat, jak je nezbytné věnovat síly a prostředky na zlepšení kosmické bezpečnosti. V současné době se jedná zejména o výzkum objektů blízkých Zemi. Lidstvo by sice nyní nejspíš nebylo schopné odvrátit katastrofu, kterou by některé meteority mohly způsobit, nedá se však vyloučit, že v budoucnu takovými možnostmi disponovat bude. Pokud dojde k takové situaci, bude velmi užitečné mít k dispozici data z pozorování pohybů objektů blízkých Zemi, která sbíráme již nyní.

Práce také obsahuje futuristická řešení úniku lidstva z umírající Země. Jedná se sice o zajímavé myšlenky, ale v současné době jsou pro lidstvo naprosto nerealizovatelné. Proto

je nutné soustředit se na ty záležitosti, které v současnosti pro budoucí bezpečnost můžeme učinit.

Tuto skutečnost podporuje i praktická část práce. Simuluji zde dopady meteoritů o různé velikosti na planetu Zemi a popisuji, jaké důsledky by jejich dopad způsobil. Ač z praktické části práce vyplývá, že frekvence dopadů větších těles jsou velmi malé, následky, které by takový dopad měl, jsou dostatečně závažné na to, aby se lidstvo o kosmickou bezpečnostní politiku zajímalo.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRÁVNÍ ASPEKTY KOSMICKÉ BEZPEČNOSTNÍ POLITIKY

V průběhu 20. století se objevila nutnost vytvořit právní úpravy týkající se kosmu. Dnes je kosmický prostor využíván za mnoha různými účely, jako příklad můžeme uvést komerční využití, obranné využití, vědecké zkoumání samotného kosmického prostoru a podobně. V dřívějších dobách nebylo nutné přesně vymezovat, co to kosmický prostor je a kde přesně začíná, protože lidstvo nebylo na takové technické úrovni, aby mohlo lety do vesmíru podnikat. V současnosti již je třeba definovat, co to vlastně je kosmický prostor, ovšem taková definice ještě nebyla přes veškeré snahy vytvořena.

Když se vědci poprvé začali zabývat otázkou, jak vymezit kosmický prostor, nejprve zastávali názor, že kosmický prostor náleží pod svrchovanost státu, který leží na Zemi – tedy svrchovanost daného státu sahá nekonečně vysoko. Taková definice by však způsobovala zásadní problémy při vysílání družic a jiných kosmických objektů do vesmíru, protože by vyžadovala souhlas všech států, které by ležely pod plánovanou trajektorií letu vypouštěného objektu. Tato praxe je dnes běžná v leteckém právu. Stačilo by tak, aby se vyskytl jediný stát, který by s letem daného objektu do vesmíru nesouhlasil, a jeho odmítnutí by zmařilo celý projekt.

Navíc by rozhodnutí, že prostor nad daným státem, spadající pod jeho svrchovanost, sahá do nekonečna, odpovídalo již dávno překonanému středověkému názoru, že Země je středem vesmíru a ostatní planety a Slunce kolem ní obíhají. Takový názor je přinejmenším nekorektní.

Následně se objevily dva možné návrhy na řešení problému s vymezením kosmického prostoru – tzv. prostorové a funkční řešení.

Prostorové řešení bere v úvahu fyzikální, přírodovědná nebo technická kritéria. Navrhuje tak stanovit hranici kosmického prostoru např. podle linie, kde se již nevyskytují molekuly vzduchu, nebo podle úrovně, kde nastává kosmický soumrak. Jedním z návrhů byla také výška, kde je hodnota zemské přitažlivosti nulová. Tyto návrhy však nejsou zdaleka ideální; předně jsou proměnlivé (např. zemská přitažlivost je ovlivňována okolními kosmickými tělesy) nebo se nedají jednoznačně určit. Mezi technická kritéria by spadalo určení hranice kosmického prostoru podle toho, kde ještě na křídlech letadel vzniká vztlak, který jim umožňuje letět; jedná se o tzv. aeronautický strop. Podobnou koncepcí je

Karmánova linie, která využívá více faktorů¹ než aeronautický strop. Objekt, který se dostane za tuto linii, se pohybuje díky odstředivé síle.

Cílem funkčního řešení bylo definovat „kosmickou činnost“, nikoliv „kosmický prostor“. Stoupenci funkčního řešení zastávali názor, že v případě, kdy budeme přesně vědět, co je kosmická činnost, nepotřebujeme již definovat, kde se tato činnost odehrává. Pokud by se jednalo např. o výzkumnou činnost v kosmu, pak by takový projekt měl volnost a nemusel by se zodpovídat níže ležícím státům. Pokud by se však účel činnosti netýkal kosmu, nýbrž by se jednalo o účel pozemský, potom by činnost spadala pod pravomoc jednotlivých států (např. balistické rakety by spadaly pod pravomoc států, nad kterými by přelétaly).

Proti používání funkčního řešení je možné uvést následující argument: „Lze nadto oprávněně namítnout, že veškerá dnešní činnost v kosmu má do určité míry svůj „pozemský účel“ spojený s životem, hospodářstvím nebo vědeckým rozvojem lidstva. Jako ryze „pozemsky motivovanou“ činnost můžeme uvést telekomunikační činnost družic na geostacionární dráze. Je proto správné považovat zmíněnou činnost ve výši téměř 36 000 km nad Zemí za spadající do výlučné a plné pravomoci jednotlivých níže ležících rovníkových zemí?“²

1.1 Kosmická bezpečnostní politika – vymezení pojmu

V době studené války kosmickou bezpečnostní politiku definovaly zájmy USA a Sovětského svazu. Vesmír se v té době využíval k vojenským i zpravodajským účelům.

Dnes poskytuje základní rámec pro mezinárodní kosmické právo tzv. Kosmická smlouva (celým názvem *Smlouva o zásadách činnosti států při výzkumu a využívání kosmického prostoru včetně Měsíce a jiných nebeských těles*³, anglicky *The Outer Space Treaty*). V této smlouvě je zakotveno právní využívání kosmického prostoru jednotlivými státy; smlouva stanovuje, že kosmický prostor je k dispozici všem státům ke svobodnému zkoumání a nesmí být součástí národní suverenity. Také zakazuje rozmístění jaderných zbraní a zbraní hromadného ničení v kosmickém prostoru. Na druhou stranu se smlouva netýká konvenčních zbraní, což jsou například proti-satelitní zbraňové systémy. Avšak

¹ Jde o kombinaci faktorů fyzikálních, termodynamických, mechanických, fyziologických...

² MALENOVSKÝ, J.: Otazníky kosmického práva: Kosmický prostor, viz [8]

³ Vyhláška Ministerstva zahraničních věcí 40/1968 Sb.

kosmický prostor musí být využíván výlučně pro mírové účely a je zakázáno budovat v něm vojenské základny a podobná zařízení. Smluvní státy se touto smlouvou také zavázaly, že v případě nouze poskytnou pomoc kosmonautům jakékoliv národnosti bez ohledu na to, jaký stát je do vesmíru vyslal. Pokud stát vázaný touto smlouvou plánuje jakoukoliv kosmickou činnost, je povinen informovat generálního tajemníka Organizace spojených národů o povaze (a následně o výsledcích) dané činnosti.

Z těchto vlastností uvedených ve smlouvě vyplývá, že se kosmický prostor zásadně liší od prostoru vzdušného, který náleží níže ležícímu státu. Právě proto je třeba jednoznačně definovat, kde končí vzdušný prostor a začíná prostor kosmický.

Kosmická smlouva byla schválena v roce 1963 Valným shromážděním OSN a podepsána byla v roce 1967 Sovětským svazem, Spojenými státy americkými a Velkou Británií. K 1. lednu 2008 byla smlouva ratifikována 98 státy a podepsalo ji dalších 27 států.

Avšak v současné době neexistuje jednotný právní rámec týkající se bezpečnosti v kosmickém prostoru, který by byl závazný pro všechny světové státy. Jsou k dispozici pouze nejrůznější normy, doporučení či obecné principy, které by v případě dodržování měly vést ke vzájemné důvěře mezi zúčastněnými státy, avšak dodržování těchto principů není vynutitelné.

Na základě uvedených informací bychom mohli definovat evropskou kosmickou bezpečnostní politiku jako souhrn činností a předpisů, jejichž cílem je zajištění míru a stability ve vesmíru. Technická zařízení umístěná v kosmu a činnosti ve vesmíru provozované se také podílí na zajištění bezpečnosti na Zemi, přesněji řečeno kosmická aktiva musí být použita k ochraně obyvatel, zdrojů a území. Vesmírná bezpečnostní politika je úzce propojena s technickým rozvojem.

Při vymezení vesmírné bezpečnosti není kladen důraz na některé soukromé či národní subjekty, ale jedná se o zajištění bezpečnosti tak, aby mohl být vesmír využíván bezpečně a zodpovědně všemi.

V Evropské unii existuje tzv. kód chování EU pro aktivity v kosmu, který se snaží, aby i ostatní země aktivně operující v kosmickém prostoru uznávaly podobná pravidla.

Oproti tomu politika USA sice teoreticky souhlasí s tímto směrem, ale aktivně se nepodílí na prosazování dalšího mezinárodního postupu. Na druhou stranu do svých kosmických

programů zahrnuje využití nebo odstranění kosmického odpadu, který vzniká při všech činnostech v kosmickém prostoru.

Rozdíl mezi Evropou a USA v přístupu ke kosmické bezpečnosti je historicky zapříčiněn; USA se v době studené války soustředily převážně na bezpečnost a obranu, a k tomu se snažily využívat možnosti, které jim působení v kosmu přinášelo. Oproti tomu Evropa je v kosmických aktivitách zaměřena spíše na oblast ekonomiky, vědy a výzkumu.

V návrhu Ruska se objevují názory, že je třeba ustanovit panel expertů, jehož činností by byla prevence proti zbrojení. Také jsou zde patrné snahy o dohodu s ostatními zeměmi, která by též byla zaměřena proti tomuto zbrojení.

Ani v České republice neexistuje jednotné řešení kosmické politiky, což stěžuje vědecko-výzkumné činnosti v této oblasti. Vesmírné aktivity jsou natolik rozsáhlé a komplexní, že těžko mohou spadat pod působnost jediného ministerstva. V ČR je problematiku kosmických aktivit možné zařadit pod působnost Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, Ministerstva dopravy, Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva životního prostředí, případně Ministerstva obrany. Vzhledem k tomu by bylo optimální, aby byla v České republice vytvořena jednotná struktura, která by umožnila efektivní spolupráci mezi jednotlivými ministerstvy a také, což je důležité, efektivní čerpání finančních prostředků.

Dalším právním aspektem, který se přímo dotýká kosmické politiky v ČR, je osvobození od daně pro mezinárodní organizace působící v České republice. Právě Evropská kosmická agentura (ESA) jako taková organizace je na základě smluv uzavřených s ČR osvobozena od spotřební daně a také od daně z přidané hodnoty.

1.2 Fórum pro otázky kosmické bezpečnosti

V současné době existuje fórum pro otázky kosmické bezpečnosti. Jeho součástí jsou nejrůznější mezinárodní organizace, například Generální shromáždění OSN, První výbor OSN, UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (zkratka COPUOS), Mezinárodní telekomunikační unie (zkratka ITU) nebo Konference o odzbrojení (zkratka CD). „Po více než desetiletí bez hmatatelných výsledků byl v roce 2009 přijat alespoň program dalšího postupu, který by mohl zlepšit prevenci závodů ve zbrojení v kosmu

(...).“⁴ V přijetí jednotných směrnic nebo vytvoření příslušných zákonů brání jednak neochota Konference o odzbrojení dovést danou problematiku ke kýženému cíli a jednak snahy COPUOS o vytváření nezávazných technických norem, které nejsou právně vynutitelné a záleží pouze na „dobré vůli“ zúčastněných subjektů, zda se jimi budou řídit.

Postupem času se ovšem mění také pohled jednotlivých států na kosmickou bezpečnost. Státy jako USA nebo Čína považují kosmické systémy za součást národní kritické infrastruktury. Je důležité, aby toto chápání kosmu s sebou přineslo již zmíněná jasná pravidla, která budou posilovat vzájemnou důvěru mezi státy, nikoliv nevraživost a podezírání. Právní rámec je zatím zaveden v rámci EU v souvislosti s navigačním systémem Galileo; řeší případy mimořádných situací, pokud by došlo k ohrožení Evropské unie nebo některého z jejích členských států.

1.3 Index vesmírné bezpečnosti

Index vesmírné bezpečnosti je komplexní roční ukazatel pro posuzování vesmírné bezpečnosti. Je schopen poskytovat hodnotné informace, protože je založen na devíti ukazatelích kosmické bezpečnosti. Každý rok se vydává zpráva o aktuálním stavu kosmické bezpečnosti, na níž se podílí široký okruh odborníků. Cílem projektu je vytvořit „základnu faktů“ týkajících se trendů a vývoje v oblasti bezpečnosti. Díky poskytování přesných a jasných informací by mělo dojít k usnadnění dialogu mezi všemi zúčastněnými stranami a tím i k lepší dohodě o tom, jak by se kosmická bezpečnost měla dále vyvíjet.

Kosmická bezpečnost je pro účely tohoto projektu definována jako bezpečný a udržitelný přístup k vesmíru a jeho využití, a také eliminování vesmírných hrozeb.

Mezi devět indikátorů, které slouží ke stanovení indexu vesmírné bezpečnosti, patří:

1) Vesmírné prostředí

V současné době trvale roste množství kosmického odpadu na oběžných drahách Země. I poměrně malý objekt může vážně poškodit zařízení, která se v tomto prostoru pohybují.

Navíc každý satelit na oběžné dráze vyžaduje část kmitotočtového spektra, aby mohl plnit svou funkci a komunikovat se Zemí. Rozšiřující se nabídka

⁴ Šilhan, V.: Stav a trendy zajišťování bezpečnosti kosmického prostoru, viz [2]

družicových aplikací vede ke stále větším požadavkům na další části kmitočtových spekter, kterých se přestává dostávat.

Zmíněné aspekty mohou ovlivnit bezpečnost v kosmu, proto se ve formě tohoto indikátoru berou v úvahu při stanovování indexu vesmírné bezpečnosti.

2) Právní předpisy, politiky a doktríny pro kosmickou bezpečnost

V průběhu let došlo k postupnému vývoji právního rámce v kosmickém prostoru. Jsou uzavřeny smlouvy, které upravují činnosti států v kosmu, nicméně žádná z nich neupravuje použití konvenčních zbraní z a do vesmíru. V roce 2009 na Konferenci o odzbrojení, která je mezinárodní institucí zmocněnou k projednávání otázek o bezpečnosti ve vesmíru, došlo k dohodě na postupu v otázkách vesmírné bezpečnosti v následujících letech; cílem je přijetí jednotné právní úpravy týkající se vesmírné bezpečnosti.

Rostoucí závislost na kosmických systémech, které umožňují satelitní navigaci, komunikaci a další dnes běžné technologie, vedla některé státy k tomu, aby kosmické systémy zařadily do národní kritické infrastruktury.

3) Civilní vesmírné programy

Civilní vesmírné programy jsou zásadní pro udržení vědeckého a mírového využití kosmu. Počet subjektů, které mají přístup do vesmíru, neustále roste. S vesmírnými programy již dávno nejsou spojeny jenom státy jako USA, Rusko nebo Čína; například Brazílie, Nigérie a JAR vidí v satelitních systémech podporu pro svůj ekonomický a sociální rozvoj. Základním znakem civilních vesmírných programů je mezinárodní spolupráce, kterou můžeme pozorovat například na vesmírné stanici ISS.

4) Komerční vesmír

Položka Komerční vesmír ve stanovování indexu vesmírné bezpečnosti popisuje, jakým způsobem do vesmírných činností zasahuje komerční sféra a jak naopak vesmírné systémy ovlivňují běžný život. Množství vynaložených financí v této oblasti stále roste. Zatímco v roce 1980 byly náklady na vypouštění zařízení do vesmíru, jejich vývoj a výrobu, na nutné pojištění a podobně okolo 2,1 miliardy USD, tak v roce 2008 tato částka narostla na 145 miliard.

Rozvoj kosmického průmyslu byl spojen s poklesem nákladů (jako příklad můžeme uvést cenu, za jakou byl kilogram geostacionární družice uveden na

oběžnou dráhu Země – v roce 1990 se jednalo o 40 000 dolarů, zatímco v roce 2000 už „jenom“ 26 000 dolarů).

5) Vesmírná podpora pro pozemní vojenské operace

Vesmírné systémy poskytují klíčovou podporu pro vojenské operace a funkce, jako jsou například komunikace, navigace, systém včasného varování, průzkum a pozorování. To umožňuje armádám států, které dané služby využívají, provádět vojenské operace rychle a přesně, a hlavně s eliminací vedlejších účinků a škod. Nejvíce využívají kosmické systémy pro své vojenské operace USA a Rusko, nicméně (převážně v oblasti pozorování a dohledu) se přidávají i další státy – Kanada, Francie, Německo, Čína, Spojené království či Španělsko.

6) Vesmírné systémy ochrany

Pro vesmírné systémy je klíčová schopnost detekovat, odolat a případně se rychle „zotavit“ z útoků pocházejících ze Země nebo z kosmu. USA a Rusko mají k dispozici systémy pro detekci raket, USA navíc vyvíjí pokročilejší systémy, které jsou schopny detekovat přímý útok na satelity. Obecně se stále zlepšuje ochrana satelitů vůči přímým hrozbám, například díky využití vyšších oběžných drah a lepším systémům zálohování.

Zatímco ochrana satelitní komunikace je sice stále slabá a nedostatečná, ale zlepšuje se, tak ochrana satelitních pozemních stanic zůstává špatná.

7) Předcházení útokům na vesmírné systémy

Vesmírné systémy mohou být poškozeny mnoha způsoby. Náchylnější na nejrůznější útoky jsou převážně pozemní stanice a také vzájemná komunikace mezi těmito stanicemi a satelity, než samotná zařízení ve vesmíru. Zaútočit na pozemní stanici či snažit se přerušit komunikaci může poměrně velké množství osob, kdežto provést útok na samotný satelitní systém na oběžné dráze je nepoměrně náročnější. V obou případech se státy snaží nejrůznějšími způsoby takové útoky odhalit a zabránit jim.

8) Zbraně ve vesmíru

Vesmírné zbraně mohou teoreticky zasáhnout cíle na Zemi nebo na cestě do vesmíru pomocí vyslání hmoty nebo energie. Ačkoliv doposud nebyly žádné takové zbraně testovány ani použity, nemůžeme předpokládat, že taková situace vydrží natrvalo. Například USA vyvíjí systémy protiraketové obrany, které by měly být umístěny v kosmu.

9) Povědomí o situaci v kosmu

Povědomí o situaci v kosmu je nezbytné pro zajištění bezpečnosti. Nutnost systematicky sledovat a pochopit měnící se prostředí je jedinou cestou, jak zajistit bezpečnost jak na Zemi, tak v jejím okolí. Součástí tohoto bodu je sledování kosmického odpadu, aby bylo možné zabránit případným srážkám (např. se satelity). V současné době je sledováno přes 19 000 objektů větších než 10 cm v průměru.

O vesmíru můžeme uvažovat jako o prostoru, který sousedí s každým státem či krajinou na planetě Zemi. Postupně se stává důležitým prostředím z hlediska ekonomiky, vojenství, výzkumu... Avšak navzdory těmto skutečnostem vesmír stále není plně pochopen včetně všech svých principů. Jedná se o poměrně křehké životní prostředí, které je třeba chránit tak, jako se snažíme chránit životní prostředí na planetě Zemi. Je tedy třeba se zamyslet nad způsoby využívání kosmu a uzpůsobit je tak, aby byly dlouhodobě udržitelné a aby byl vesmír přístupný i pro další generace.

Cílem Indexu vesmírné bezpečnosti je poskytovat informace o současném stavu ve vesmíru týkající se devíti popsanych oblastí. Účelem je usnadnit diskuzi a následné dohody mezi jednotlivými státy a jejich politickými představiteli, které se týkají zajištění vesmírné bezpečnosti a vytvoření konzistentních bezpečnostních politik.

Index vesmírné bezpečnosti je vydáván konsorciem vládních, nevládních a akademických organizací, které se jmenuje Spacesecurity.org. Jeho členskými organizacemi jsou například Ústav leteckého a vesmírného práva na McGill University nebo Secure World Foundation (Nadace Bezpečnější svět). Spacesecurity.org také spolupracuje s ministerstvem zahraničních věcí a mezinárodního obchodu Kanady.

Na tvorbě Indexu vesmírné bezpečnosti se podílí odborníci ze všech členských organizací a prezentované výsledky a názory jsou jejich vlastní prací. Je tedy možné, že se nebudou shodovat například s oficiálními stanovisky Kanady či dalších partnerských organizací.

2 ŘEŠENÍ KOSMICKÉ BEZPEČNOSTNÍ POLITIKY V ČR

Přístup České republiky ke kosmickým aktivitám se výrazně proměnil v minulých dvaceti letech. Byl ovlivněn hlavně vstupem ČR do Evropské kosmické agentury v listopadu 2008. ČR by vzhledem k nákladům, které je třeba na kosmické programy vynaložit, nebyla schopna zařítovat vlastní kosmický program. Proto je velmi výhodná spolupráce na aktivitách ESA spolu s dalšími evropskými státy. Na druhou stranu vedle kosmického výzkumu prováděného pod Evropskou kosmickou agenturou se Česká republika věnuje také vlastním – národním kosmickým plánům, koncipovaným jako doplněk pro aktivity ESA.

2.1 Financování programů ESA a výhody pro Českou republiku

ESA je mezinárodní organizace řídící mírové projekty ve vesmíru a podporuje vědecký výzkum kosmu. Jejími členy je 18 evropských států a Kanada, která má status přidruženého členského státu. Tyto státy se jednak podílí na programech samotné Evropské kosmické agentury, ale ESA také podporuje jejich národní kosmické programy. Díky tomu se zvyšuje konkurenceschopnost evropského kosmického průmyslu v celosvětovém měřítku.

Aktivity ESA můžeme z pohledu členských států rozdělit na povinné a nepovinné. Povinných aktivit se všechny členské státy musí účastnit a také je musí financovat, a to v určitém poměru vzhledem ke svému hrubému domácímu produktu. Nepovinných aktivit (neboli volitelných programů) se jednotlivé státy účastní dle svých možností a zájmů a podle toho je také financují. Na financování volitelných programů spadá více než 70% všech finančních prostředků, kterými ESA disponuje. V roce 2009 přispěla Česká republika do rozpočtu ESA částkou přes 7 milionů Euro, což tvoří asi 0,24% rozpočtu Evropské kosmické agentury.

Výhodou spolupráce s ESA je princip „návratnosti do průmyslu“ neboli „spravedlivé návratnosti“, který vyznává. Jde o jistotu, že se členskému státu vrátí 84% prostředků, které vložil do povinných programů, poté, co si ESA odečte režijní náklady. Tato částka „bude navrácena do příslušného státu ve formě zakázek na realizaci aktivit ESA“⁵.

⁵ Národní kosmický plán, viz [5]

V případě volitelných aktivit bude do členského státu vráceno 94% příspěvku. Tento princip zůstane zachován, i kdyby stát, kterému jsou příspěvky navraceny, byl méně konkurenceschopný než státy ostatní.

Česká republika je součástí přechodového programu s názvem *Pobídkový program pro český průmysl*. Jedná se o program, jehož cílem je zlepšit konkurenceschopnost ČR v porovnání s ostatními státy, což zlepší její možnosti zapojit se do povinných a volitelných programů ESA. Speciálně pro tento program byla v roce 2009 zřízena rada Czech-ESA Task Force; plánuje se, že bude funkční do roku 2014, kdy by měl Pobídkový program pro český průmysl skončit.

2.2 ČR jako člen EU a její vztah ke kosmické bezpečnosti

Předně je nutné podotknout, že pojmy EU a ESA nejsou zaměnitelné. Členy ESA nejsou všechny státy Evropské Unie, a naopak jejím členem je Norsko nebo Švýcarsko.

Vesmírná politika se dostala do popředí zájmu Evropské Unie poté, co byla přijata Lisabonská smlouva. Evropská Unie začala více spolupracovat s Evropskou kosmickou agenturou, koordinovat s ní svou vesmírnou politiku. Kosmická politika totiž má významný potenciál, a to nejen v oblasti politické, ale i bezpečnostní a ekonomické.

Nad rozvojem evropské vesmírné politiky bdí Rada pro vesmír (*Space Council*), která vznikla na základě Rámcové dohody mezi EU a ESA. Českou republiku v rámci této rady zastupuje Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.

Česká republika se jako člen Evropské Unie zavazuje podílet na následujících cílech:

- „rozvíjet a využívat kosmické aplikace sloužící cílům evropské veřejné politiky a potřebám evropských podniků a občanů, včetně potřeb v oblasti životního prostředí, rozvoje a globální změny klimatu;
- plnit evropské bezpečnostní a obranné požadavky, pokud jde o vesmír;
- zajistit silný a konkurenceschopný kosmický průmysl, který podněcuje inovace, růst a rozvoj a poskytuje udržitelné, vysoce kvalitní a hospodárné služby;
- podporovat znalostní společnosti rozsáhlými investicemi do kosmického výzkumu a tím, že bude hrát vedoucí úlohu v mezinárodním průzkumném úsilí;

- zabezpečit neomezený přístup k novým a kriticky důležitým technologiím, systémům a schopnostem s cílem zajistit nezávislost evropských kosmických aplikací.⁶

2.3 Evropská obranná agentura

Cílem Evropské obranné agentury (EDA) je podporovat spolupráci evropských států ve zbrojení a zlepšovat obranné schopnosti a technologie. Také se podílí na rozvoji Evropské bezpečnostní a obranné politiky (European Security and Defence Policy). EDA spadá pod Radu EU a jejími členy jsou ministři obrany jednotlivých členských států kromě Dánska, a také Evropská komise.

V rámci Evropské bezpečnostní a obranné politiky je často nutné přijímat zásadní rozhodnutí. Důležitá data a analýzy pro tato rozhodnutí, ale i pro úkony související s řešením krizových situací, poskytuje Družicové středisko EU (European Union Satellite Center – EUSC).

2.4 Smlouvy ratifikované Českou republikou

ČR ratifikovala čtyři z pěti existujících smluv, které se týkají bezpečnosti a mírového využití kosmického prostoru. Nad dodržováním dohod bdí Výbor OSN pro mírové využití kosmického prostoru.

Zmíněnými pěti smlouvami jsou:

- 1) Kosmická smlouva – pojednává o zásadách, které musí jednotlivé státy dodržovat při svých činnostech a výzkumu v kosmu
- 2) Dohoda o pomoci – státy se zavazují pomoci kosmonautům ve vesmíru i v případě jejich návratu na Zemi
- 3) Úmluva o odpovědnosti – jedná se o odpovědnost za škodu, která by byla způsobena kosmickými objekty

⁶ Národní kosmický plán, viz [5]

- 4) Registrační úmluva – pojednává o registraci objektů, které jsou vypouštěny do kosmického prostoru
- 5) Smlouva o Měsíci – týká se činností jednotlivých států na Měsíci; Českou republikou nebyla zatím podepsána

Česká republika dále podporuje Kontrolní režim raketových technologií (Missile Technology Control Regime – MTCR) a Haagský kodex chování proti šíření balistických technologií (Hague Code of Conduct Against Ballistic Missile Proliferation – HCoC). Jedná se o „mezinárodní kontroly vývozu“⁷, které se snaží zabránit zneužití vesmírných technologií k hromadnému ničení nebo jiným vojenským účelům. Pokud by došlo ke všeobecnému rozšíření informací o dostupných zbraních a technologiích, pravděpodobně by tato situace měla za následek výrazné problémy v bezpečnostní i ekonomické sféře.

2.5 Program SSA

Program SSA neboli Informovanost o situaci v blízkosti Země (Situational Awareness Preparatory Programme), byl založen v roce 2008. Jeho cílem je do deseti let zajistit, aby byla Evropská unie samostatná a soběstačná ve svých kosmických aktivitách, aby měla k dispozici potřebné informace, údaje z družic, analýzy bezpečnostního stavu apod.

V současné době, kdy ještě tento program nedospěl k naplnění cílů, pro které byl založen, spadá pod působnost Evropské kosmické agentury, která má na starost jeho vývoj. V momentě, kdy bude SSA plně připraven k použití, bude se o něj dále „starat“ EU. „Přípravný program SSA má čtyři elementy: hlavní element, kosmické počasí, předběžné vývojové aktivity s navrhováním kritických subsystémů radaru a pilotní datová centra.“⁸

Česká republika se nikterak nepodílí na programu SSA, nicméně podle Národního kosmického plánu je důležité, aby se do tohoto programu zapojila, bude-li to možné. Hlavním důvodem je strategická důležitost programu, jeho plánované využití zahrnující monitoring prostoru v okolí Země, který může mít zásadní vliv na bezpečnost na Zemi.

⁷ Národní kosmický plán, viz [5]

⁸ Národní kosmický plán, viz [5]

3 BEZPEČNOSTNÍ VYUŽITÍ KOSMU

3.1 GMES = Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti

GMES (zkratka z anglického Global Monitoring for Environment and Security) má zásadní význam pro bezpečnost lidstva. Bezpečnost v celosvětovém pojetí totiž nelze zajistit pouze s využitím dosavadních technologií v rámci jednotlivých států, ale je třeba vzít v úvahu globální měřítko a využít monitorování potenciálních hrozeb z kosmického prostoru, ať již přírodních, či umělých.

Kosmická politika v Evropě má dva základní pilíře. Jedním je navigační systém Galileo, za druhý se dá považovat právě Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti.

Jedním z cílů GMES je dosáhnout jisté konzistence v rámci monitoringu životního prostředí a bezpečnosti v Evropě; v současnosti má každý stát vlastní bezpečnostní standardy a neexistuje směrnice, která by je efektivně sjednotila.

Na základě informací převzatých z [1] a [25] můžeme popsat historický vývoj, služby i strukturu GMES.

3.1.1 Historický vývoj GMES

První myšlenka, která vedla ke zrodu Globálního monitoringu životního prostředí a bezpečnosti, vznikla v roce 1998 v Itálii. Toho roku byl zde vydán Bavorský manifest, který vytvořili představitelé několika institucí, které jsou orientované na kosmický výzkum. Bavorský manifest vyzdvihoval důležitost přesných geografických informací získaných z nástrojů monitorujících Zemi, a to jak ve vztahu k životnímu prostředí, tak ve vztahu k bezpečnosti na Zemi. Na vývoji programu GMES se dále podílela hlavně Evropská komise, Evropská kosmická agentura a EUMETSAT.

V roce 2001 se program GMES dostal do okruhu zájmu politiků v Radě EU. Rozhodnutí ohledně GMES padlo zanedlouho na Goteborském summitu; „ustanovit do roku 2008 evropskou kapacitu pro Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti – GMES“. Na rozvoj GMES byla přiřazena částka 200 milionů euro.

Jedním z pilířů evropské kosmické politiky tak, jak bylo zmíněno výše, se program GMES stal v roce 2003.

Spolupráce Evropské unie a Evropské kosmické agentury vedla ke vzniku tzv. tří rychlých služeb. Těmito službami jsou monitoring Země, krizová reakce a námořní služby. Postup

zavádění a implementace těchto služeb sestával z pořádání seminářů, kde byly identifikovány problémy v implementaci a jejichž výstupem byly podkladové materiály pro zavedení těchto rychlých služeb. Následovala výzva k předložení návrhů na projekty, které by rychlé služby mohly implementovat. V závěru bylo provedeno předoperační posouzení rychlých služeb. Tyto čtyři kroky se odehrály v průběhu čtyř let (v letech 2005 až 2008).

Cílem je vytvořit širší spektrum služeb, než jsou tři rychlé služby; jedná se například o monitorování atmosféry či dohled nad vnější hranicí.

ESA plánuje systém GMES uvést do provozu v průběhu pěti misí, z nichž první by se měla uskutečnit v roce 2013. Už po této první misi by však měl být systém GMES v provozu. Předpokládá se, že plně funkční bude tento systém v roce 2014.

3.1.2 Tři rychlé služby

3.1.2.1 *GMES monitoring Země*

Základním cílem monitoringu Země je rychle poskytovat přesné informace o změnách probíhajících na zemském povrchu či zjišťování klimatických změn. Konkrétně dochází k monitorování využití půdy a jejím vlivu na krajinu a její biodiverzitu, sledování stavu a změn složení lesů nebo úrovně vodstva, konkrétně hloubky řek a jezer, průtoků vodních toků, výšky sněhové pokrývky a podobně.

U monitoringu Země dochází k integraci v horizontálním i vertikálním smyslu. Horizontální integrace znamená propojení environmentálních, ekonomických a sociálních hledisek; oproti tomu vertikální integrace zahrnuje pochopení potřeb subjektů od úrovně lokální až po globální.

Předchůdcem monitoringu Země v rámci GMES je projekt geoland2, který je v současnosti v provozu.

3.1.2.2 *Krizová reakce*

Cílem rychlé služby „krizová reakce“ je zajistit v Evropě dostatečné kapacity, které budou schopny efektivně se vypořádat s krizovými situacemi, ať už způsobenými přírodními živly nebo člověkem. Do budoucna by služba měla garantovat systém včasného varování, humanitární pomoci i pomoci při rekonstrukcích po katastrofách, a to nejen v Evropě, ale i

jinde ve světě. Takové plány ovšem vyžadují přesné a hlavně rychlé (téměř okamžité) informace ze zasažených oblastí. Jedná se o mapy a prostorová data, ale také ekonomická a sociologická data.

Díky krizové reakci by vytvořené kapacity v Evropě měly být schopny reagovat na katastrofy spojené s meteorologickými jevy, tsunami, sopkami či zemětřeseními; z katastrof způsobených člověkem jsou to pak požáry, úniky chemických látek či havárie v průmyslových oblastech.

V současnosti již existují služby, které poskytují krizové řízení v případě mimořádných událostí. Jsou zajišťovány projektem s názvem SAFER, který je financovaný Evropskou unií.

V rámci tohoto projektu jsou sledovány záplavy, lesní požáry, sesuvy půdy, zemětřesení, výbuchy sopek a humanitární krize.

Platforma zabývající se povodněmi poskytuje analýzu rizik, které mohou záplavy v dané oblasti přinést, dále také mapování minulých povodní, znázornění minulých škod a odhady škod, které mohou způsobit očekávané povodně. Navíc zahrnuje i informační služby, které umožňují lepší ochranu před záplavami.

V rámci sledování lesních požárů jsou mapovány tzv. „horké skvrny“, které ukazují rozsah a šíření požáru, a následně rychlé mapování spálených oblastí. Tyto informace jsou důležité nejen při hodnocení dopadu požáru a vyčíslení zničené vegetace, ale také je možné je využít při plánech obnovy a předpovědích dalších případných požárů, které mohou pomoci připravit lepší protipožární opatření.

Služba pro monitorování zemětřesení má velký význam hlavně při stanovování oblastí, které je třeba evakuovat před přicházejícím zemětřesením. Poté, co zemětřesení nastane, lze využít sledování ke stanovení způsobených škod v městských oblastech.

3.1.2.3 Námořní služby

Námořní služba byla ustanovena k podpoře Evropské agentury životního prostředí, Mezinárodní rady pro výzkum moří a oceánů, Světového programu výzkumu klimatických změn a dalších evropských a mezinárodních organizací. Jedná se o monitoring stavu a vývoje životního prostředí moří a oceánů a vytvoření jak lokálních, tak globálních databází obsahujících tyto informace. Cíle námořních služeb můžeme rozdělit do čtyř oblastí:

- Námořní bezpečnost, která se týká hledání a záchrany osob, úniku ropy, námořních operací apod.;
- Zdroje nacházející se pod hladinou moře, v tomto případě se jedná převážně o rybolov;
- Životní prostředí moře a jeho okolí, sleduje se kvalita vody, znečištění, potenciálně nebezpečné aktivity soustředěné na pobřeží ;
- Klima a sezónní předpovědi.

Podobně jako u služby týkající se krizových reakcí, také námořní služby jsou v současné době v podstatě již v provozu. Jsou zajišťovány projektem MyOcean, který je také financován Evropskou unií.

3.1.3 Další plánované služby v rámci GMES

3.1.3.1 Monitorování atmosféry

Jedná se o službu poskytující data o složení atmosféry v několika posledních letech, aktuální informace a také předpovědi na několik dní dopředu. Sleduje se množství skleníkových a reaktivních⁹ plynů, aerosolů ovlivňujících teplotu a kvalitu ovzduší a také ozonová vrstva a UV záření. V současnosti jsou tyto služby zajišťovány projektem MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate, tedy Sledování složení atmosféry a klimatu). MACC byl zahájen 1. června 2009 a je naplánováno, že potrvá 29 měsíců.

3.1.3.2 Monitorování změn klimatu

Sledování jednotlivých subsystémů, které jsou popsány výše (monitorování atmosféry, vodních toků, využití půdy, stavu oceánů apod.) napomáhá k lepšímu pochopení změn v klimatu, které na naší planetě probíhají.

⁹ Např. troposférický ozon a oxid uhličitý.

3.1.3.3 *Bezpečnost*

Projekt GMES má poměrně široké využití také v oblasti bezpečnosti lidstva. Tato problematika je popsána v samostatné kapitole *Služby GMES využitelné v bezpečnostních aplikacích*.

3.1.4 **Služby GMES využitelné v bezpečnostních aplikacích**

System GMES lze z pohledu bezpečnosti využít v několika oblastech, např. v ostraze hranic, námořním dozoru a při podpoře vnějších vztahů Evropské unie. V oblasti ostrahy hranic je hlavním cílem snížit počet nelegálních přistěhovalců, kteří do Evropské unie přicházejí. Předpokládá se, že díky popisovaným systémům dohledu dojde k poklesu příhraniční trestné činnosti, což bude mít za následek zvýšení bezpečnosti uvnitř EU. GMES by měl přispět i k implementaci systému EUROSUR (Evropský systém ostrahy hranic) díky mapování a sledování pohraničních oblastí.

Celkovým cílem EU v oblasti námořního dohledu je zajistit evropské námořní hranice a celkové bezpečné využívání moří. Kromě zmíněné celkové bezpečnosti se bude program soustředit převážně na bezpečnost plavby, kontrolu a řešení znečištění moří a také na vymáhání práva.

Evropa má významné postavení na mezinárodní politické scéně, s čímž souvisí jistá zodpovědnost. Očekává se, že bude podporovat a vytvářet optimální podmínky vedoucí k rozvoji lidstva, demokracie, základních lidských práv a svobod. Prakticky to znamená snahy pomoci zemím třetího světa řešit již nastalé krize a také bránit jak regionálním, tak neregionálním bezpečnostním hrozbám (jedná se například o šíření zbraní hromadného ničení). Právě v oblasti bezpečnosti se nachází velký potenciál GMES; systém je schopen zjišťovat a monitorovat bezpečnostní hrozby a díky tomu zlepšit prevenci i rychlost reakce v případě krizové události.

V současné době budoucí funkci GMES v bezpečnostní oblasti z části zastupuje projekt G-MOSAIC, který je financován Evropskou unií. G-MOSAIC poskytuje včasné varování, ale hlavně zpravodajské služby, díky kterým je možné analyzovat příčiny krizí v současné době; jde např. o šíření jaderných zbraní, znehodnocování půdy nebo boj o přírodní zdroje.

Podle oficiální webové stránky [23] má projekt G-MOSAIC vyvinuté vlastní krizové indikátory:

- Přírodní zdroje a s nimi související konflikty
- Migrace a pohraniční monitorování
- Jaderná energie a sledování dodržování smluv týkajících se této problematiky
- Kritická aktiva
- Krizové řízení a hodnocení

3.1.4.1 Přírodní zdroje a s nimi související konflikty

Využívání přírodních zdrojů je ukazatelem potenciálního konfliktu. Služba, která se využitím přírodních zdrojů zabývá, zkoumá souvislost mezi degradací půdy a změnami jejího využívání s konflikty probíhajícími v provinciích Kivu v Demokratické republice Kongo. Změny ve využívání půdy jsou odvozeny z časové analýzy dat získaných pozorováním Země. Získané informace potom kombinuje s dalšími údaji získanými jiným způsobem a aplikuje při hledání možných ohnisek dalších konfliktů v zemi. Podobnou službou je také sledování degradace půdy; sem spadají dvě zkoumané oblasti – znehodnocování půdy a změny ve využívání půdy ve východní Zimbabwe a územní plánování a změny krajinného pokryvu a jejich vliv na kvalitu vody v jižním Mosambiku.

Do této skupiny spadá také služba, která se zabývá počty obyvatel. Zaměřuje se na městské části a zkoumá jejich vývoj v čase. Sleduje se jak obsah zastavěné plochy, tak její strukturální charakteristiky. Cílem je zjistit nejen počty obyvatel, ale také jejich ekonomický status, tedy kolik osob žije ve slumech, kolik spadá do střední třídy atp. Budeme-li mít k dispozici dostatek pozorování z více let, je možné odvodit budoucí růst měst a následné bezpečnostní hrozby plynoucí např. z růstu chudinských čtvrtí.

Další konflikty související s přírodními zdroji mohou být způsobeny nelegální těžbou. Využívání přírodních zdrojů často přesahuje udržitelnou úroveň. To nejenže negativně ovlivňuje životy lidí svým škodlivým vlivem na životní prostředí, ale také může vést dokonce až k ozbrojeným konfliktům. V některých regionech je obtížné získat spolehlivá data. Proto je významným přínosem získání map obsahujících polohy potenciálních

důlních lokalit prostřednictvím satelitních systémů. Obdobným způsobem je možné v problematických lokalitách získat informace např. o nelegální těžbě dřeva.

3.1.4.2 Migrace a pohraniční monitorování

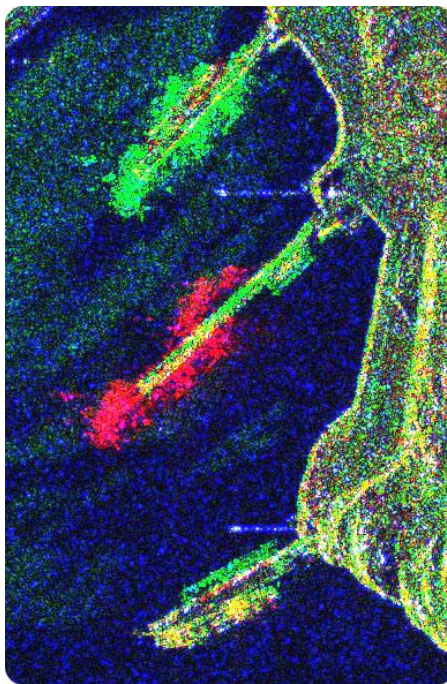
Jedná se o systém pro sledování nejen hranic, ale i související infrastruktury, která je využívána k migraci obyvatelstva, a osad podél těchto tras. Tyto služby mohou být poskytovány po celém světě, ale zájem G-MOSAICu je zaměřen převážně na východní Evropu a střední Afriku. Program G-MOSAIC poskytuje tzv. mapy hraniční propustnosti (Border Permeability Maps – BPM). Jedná se o mapy znázorňující, jak snadné je v daném místě překročit státní hranici, a to s ohledem na typ krajiny, na topografii i na pohraniční stráž. Existují tři základní kritéria, podle kterých je „propustnost“ hodnocena. Jedná se o proveditelnost, možnost zůstat skrytý a o efektivnost pohraničních hlídek. Kritérium proveditelnosti říká, zda a jak obtížně je vůbec možné pěšky danou hranici překonat. Zahrnuje v sobě terén dané oblasti, hustotu řek a silnic, vegetaci apod. Kritérium, které udává možnost zůstat skrytý, vyjadřuje pravděpodobnost, že osoby snažící se překonat hranici zůstanou nezpozorovány. Zohledňuje např. hustotu obyvatelstva nebo noční osvětlení. Poslední kritérium týkající se efektivity pohraničních hlídek udává, kolik času hlídka potřebují k tomu, aby začaly pronásledovat a zadržely osoby snažící se o překročení hranic.

3.1.4.3 Kritická aktiva

Monitorování kritických aktiv pomocí G-MOSAICu přímo odkazuje na bezpečnostní rámec GMES. Kritická infrastruktura, ať už přírodní nebo vytvořená člověkem, je zcela zásadní pro bezpečnost lidstva a fungování států. Mezi kritická aktiva patří elektrárny, energetická potrubí, vodní nádrže, čistírny odpadních vod, dopravní uzly, významné průmyslové objekty a budovy. Kritická aktiva přírodního původu jsou zde monitorována z toho důvodu, že jejich porušení by mohlo vést k přírodní nerovnováze, narušení hospodářství nebo k humanitárnímu chaosu. Jedná se například o likvidaci lesů, tropické bouře nebo nestabilitu geologického podloží.

3.1.4.4 Jaderná energie a sledování dodržování smluv týkajících se této problematiky

Služby v této oblasti jsou zaměřeny na sledování určitých lokalit s cílem ověřit, že činnosti týkající se jaderných zařízení probíhají v souladu se smlouvami o jejich nerozšiřování. Analýzy obrazů získaných ze satelitů pomáhají ověřit, zda jsou dané smlouvy dodržovány. Sledované lokality jsou vytipovány na základě přítomnosti jaderných zařízení; jedná se například o uskladnění jaderných zbraní nebo o vyřazování jaderného materiálu. Zjišťují se probíhající změny, které mohou vypovídat o činnosti provozované v zájmové oblasti; jedná se o porovnávání v dlouhém časovém rozpětí, např. půl roku. Změny jsou na obrázku zachycovány pomocí barevných oblastí. Červené oblasti představují prvky, které byly v dané lokalitě odstraněny (v porovnání s posledním snímkem), zelené oblasti naproti tomu ukazují prvky, které byly přidány. Modrá barva značí oblasti, kde nedošlo od doby, kdy byl pořízen poslední snímek, k žádné změně. Vzniká tzv. MTC mapa (z anglického Multi-temporal Coherence Map), viz obr. 1.



Obr. 1: Multi-temporal Coherence Map¹⁰

¹⁰ Převezato z [22]

V rámci této služby se také ověřuje, zda je ve vybraných lokalitách jaderný materiál a zařízení, která ho využívají, používán pro civilní účely a zda jsou dodržovány platné smlouvy.

3.1.4.5 Krizové řízení a hodnocení

Krizové řízení a hodnocení zahrnuje řízení krize a jejích důsledků a následné rekonstrukce. Služba je určena pro situace, kdy se krize blíží nebo již nastala, zabývá se oblastmi, kde je potřeba okamžitá reakce. Poskytuje komplexní informace o dopravních sítích, logistických zařízeních (např. nemocnice), kritické infrastruktury, ale i o prostorech, kde se mohou shromažďovat lidé nebo o místech vhodných pro přistání helikoptéry. Tyto údaje jsou nezbytné pro podporu humanitárních operací. Po skončení krizové situace služba umožňuje odhadnout vzniklé škody. Při následné obnově poškozené oblasti umožňuje dálkové monitorování Země kontrolovat vývoj rekonstrukce, což může pomoci sledovat využití finančních prostředků. To je důležité hlavně z hlediska dárců, kteří přispívají na obnovu poškozených oblastí.

Služby systému G-MOSAIC poskytují referenční mapy, které popisují situaci v poškozené oblasti poté, co došlo ke krizové události. Na požádání je možné získat také kartografické údaje o dané oblasti týkající se doby před samotným vypuknutím krizové události. Tyto informace jsou manuálně extrahovány jak z obrazů, tak i z pomocných dat.

V případě krize je často potřeba nasadit různá vozidla a techniku. Z toho důvodu je třeba znát povrch a infrastrukturu poškozené oblasti, která však může být právě díky nastalým událostem změněna. Proto služby G-MOSAICu poskytují informace, které zlepšují pozemní mobilitu; jedná se o data o výšce terénu, o povrchu, o existujících silnicích.

Téměř všechny informace poskytované tímto systémem mají prostorovou složku, ale ne vždy je pro uživatele nejvhodnější mít k dispozici pouze mapu. Proto je v rámci této služby k dispozici tzv. inteligentní zpravodajství (Intelligence Reporting). Uživatel dostává soubor geoprostorových informací, které mohou zahrnovat detailní poznámky vysvětlující provedenou analýzu obrazu.

Také je možné využít radarová data. Jejich výhoda spočívá v tom, že vlnění o frekvenci používané k získání informací tímto způsobem prochází skrz oblačnost, proto je možné využít radarové snímky i v případě nevhodných klimatických podmínek. Např. po

zemětřesení v Chile v únoru 2010 bylo ještě týden po zemětřesení nemožné využít optické snímky, proto zde radarová data sehrála klíčovou roli.

3.1.5 Struktura GMES

Program GMES bude mít poté, co bude plně funkční, dva základní pilíře – pozemní a vesmírný segment. Je velmi důležité, aby byly tyto segmenty efektivně propojeny a aby byla potřebná data integrována a kvalitně zpracovávána.

3.1.5.1 Vesmírné komponenty

Základem vesmírného segmentu bude pět satelitů *Sentinel 1* až *5*, které budou navazovat na stávající satelity ERS-2 a ENVISAT. Pro GMES monitoring Země se počítá s využitím *Sentinelu 2* a *3* a v omezené míře také *Sentinelu 1*, krizovým reakcím bude příslušet *Sentinel 1* a *2* a poslední rychlá služba, námořní služby, budou využívat *Sentinel 1* a *3*. *Sentinel 4* a *5* budou podle současných plánů využity pro atmosférické služby.

Sentinel 1

Satelitní systémy s označením *Sentinel 1* mají za úkol hlavně „zajišťovat kontinuitu širokého spektra radarových dat“¹¹. Je plánováno, že *Sentinel 1* bude zajišťovat monitorování následujících oblastí:

- Evropská moře a otevřené oceány
- Arktické prostředí a oblasti plovoucího ledu
- Pohyby zemského povrchu
- Lesní porosty
- Urbánní oblasti
- Stav vodních nádrží a toků
- Záležitosti týkající se prevence požárů lesů a povodní

¹¹ Mirovský, O.: Co je program GMES?, viz [1].

- Zemědělská produkce



Obr. 2: Sentinel 1¹²

Sentinel 2

Satelity typu *Sentinel 2* budou zajišťovat geoprostorová data, pomocí kterých bude možné lépe předcházet požárům či povodním (tento bod je podobný jako u *Sentinelu 1*), monitorovat lesní porosty, ale také mohou být využity k humanitární pomoci. Služba by měla být v dlouhodobém horizontu schopná poskytovat včasné varování a následně pomoci mapovat, kam zaměřit okamžitou humanitární pomoc. To vyžaduje rychlé mapování po již nastalé katastrofické události, což je v této situaci stejně důležité jako mít k dispozici dostatek informací o socio-ekonomickém charakteru ohrožené oblasti.



Obr. 3: Sentinel 2¹³

¹² Převzato z [24].

¹³ Převzato z [21].

Sentinel 3

Sentinel 3 je primárně zaměřený na monitoring oceánů. Nejen že bude schopen sbírat ty informace a data, která jsou v současné době zajišťována satelitem ENVISAT, ale navíc bude obsahovat součást měřicí výškové zakřivení, dále bude měřit barevnost oceánů a určovat jejich teplotu.

Sentinely 4 a 5

Tyto systémy zatím nemají konkrétní podobu, avšak jejich cílem bude monitoring atmosférické chemie – to znamená zjištění aktuálního stavu ozónu, znečištění atmosféry apod.

Jedná se také o variantě, v rámci které by *Sentinely 4 a 5* nebyly samostatné satelity, ale pouze zařízení přidaná na družice EUMETSATu.

3.1.5.2 Pozemní komponenty

Pozemní komponenty systému GMES se někdy také nazývají komponenty in-situ. Jedná se o zařízení, která slouží k měření a monitorování na zemském povrchu. Data získaná prostřednictvím těchto zařízení využívá systém GMES, ale hlavně umožňují monitorovat životní prostředí, posuzovat kvalitu ovzduší a obecně napomáhat k dodržování směrnic Evropské unie, které se týkají ochrany životního prostředí.

3.2 Snahy o zajištění bezpečnosti kosmického prostoru

Bezpečnostní hlediska nejrůznějších aktivit v kosmu můžeme obecně rozdělit na dvě části – zaprvé využití těchto činností tak, aby vedly ke zvýšení bezpečnosti lidstva (této problematice jsme se věnovali v kapitole o projektu G-MOSAIC), a zadruhé zajištění samotné bezpečnosti těchto aktivit.

3.2.1.1 Aktuální trendy v bezpečnosti

Bezpečnost kosmu je na základě výše zmíněné smlouvy z roku 1967 definována z hlediska „bezpečného a udržitelného přístupu a využívání kosmického prostoru a osvobození od nebezpečí hrozeb z kosmu.“¹⁴

Lidstvo se postupem doby stává více a více závislé na funkcích kosmických systémů, ať už se jedná o navigační systémy, televizní signál nebo předpovědi počasí. Proto se do popředí zájmu dostávají situace, kdy pozůstatky nefunkčních družic nebo zbytky kosmického odpadu mohou porušit či poškodit fungující družice. Také je nezanedbatelné nebezpečí, že tyto části kosmického šrotu dopadnou na Zemi; v průměru k této situaci dochází jednou denně, avšak v naprosté většině případů k dopadu dochází do oceánu či neobydlených oblastí.

Množství částic, které jsou pozůstatky kosmických těles na oběžných drahách, se neustále zvyšuje. V devadesátých letech sice byl nárůst jejich počtu pomalejší, hlavně díky zvyšujícímu se povědomí o nebezpečí, které tyto částice mohou způsobit. Nicméně několik kolizí v následujících letech (např. kolize mezi družicemi Kosmos a Iridium v roce 2009) opět rapidně zvýšilo množství kosmického odpadu. V dnešní době je katalogizováno přes 15000 objektů, které jsou větší než 10 cm, a dokonce půl milionu objektů větších než 1 cm. Mohlo by se zdát, že takto malé částice pohybující se v kosmu nejsou příliš nebezpečné, ale opak je pravdou – právě díky jejich velikosti je obtížnější tyto částice pozorovat a předpovídat, jak se budou dále pohybovat.

„V katalogu US SSN (Space Situation Network) bylo ke konci minulého roku registrováno asi 16200 objektů, které jsou důsledkem 4765 registrovaných vypuštění těles a z nich 251 rozpadlých na menší části. Celková hmotnost těchto objektů se odhaduje asi na 6700 tun.“¹⁵

V poslední době roste povědomí o nebezpečí, které mohou tyto částice způsobit. Jako příklad bych uvedla situaci, kdy vedlejší produkt raketového motoru o velikosti 0,01 cm narazil do okna raketoplánu a způsobil jeho poškození. Jednalo se sice o otvor o velikosti cca 1mm, nicméně okno muselo být vyměněno.

Takové situace vedou k pochopení rizika, které může kosmický odpad přinášet. Také díky tomu vytvořila Čína, Japonsko, Rusko, USA i EU směrnice, které snižují množství kosmického šrotu na oběžných drahách. Problémem ovšem zůstává, že tyto snahy nejsou

¹⁴ Šilhan, V.: Stav a trendy zajišťování bezpečnosti kosmického prostoru, viz [2].

¹⁵ Šilhan, V.: Stav a trendy zajišťování bezpečnosti kosmického prostoru, viz [2].

nijak centralizované. Chybí společná směrnice pro všechny státy, u které by bylo vynuceno její dodržování. Díky tomu nejsou snahy o řešení dané situace efektivní tolik, jak by mohly být.

Jednou z možností, jak redukovat kosmický odpad, je přesunout části družic, které již neslouží svému účelu, buď na oběžné dráhy blíže Zemi, kde části zaniknou v průběhu 25 let, nebo naopak přesunout je 300 km nad geosynchronní orbity. Takové oblasti se někdy nazývají pohřebiště.

Dalším problémem je radiová interference. V současné době vysílá družice stále více států, a pokud družice komunikují prostřednictvím radiových vln, může docházet k vzájemnému ovlivňování. Může však dojít i k interferenci uměle vyvolané, přímo za účelem ovlivnění komunikace družic. Tyto situace zhoršují bezpečnost působení v kosmickém prostoru.

S bezpečností v kosmickém prostoru i s bezpečností Země samotné souvisí povědomí o hrozbách, které mohou způsobit asteroidy a komety. Ty by mohly v některých případech Zemi i ohrozit, proto je důležité zaměřit se na možnosti odklonu drah těchto těles. Důležité je zvážit, jaké by měly metody použité k takovému odklonu důsledky na životní prostředí, právní důsledky a podobně – např. využití jaderných hlavic.

3.3 Galileo

3.3.1 Důvody vzniku

System Galileo je zamýšlený a vytvářený jako jediný evropský globální satelitní navigační systém. V současné době jsou v Evropě využívány signály převážně amerického navigačního systému GPS; je zde možnost také využít ruský systém GLONASS. Avšak poskytovatelé těchto signálů nikterak Evropě (ani nikomu jinému) nezaručují, že bude signál dodáván nepřetržitě. Pokud by došlo k nějakému problému mezi danými státy (například k válečnému konfliktu), v Evropě by nebyl signál navigačního systému dostupný.

Taková situace by byla velmi problematičtá, protože v dnešní době na satelitních navigačních systémech závisí mnohem více, než „jen“ navigace např. v mobilním telefonu nebo v autech. Komplettní výpadek signálu navigačních systémů by měl za následek nedozírné komplikace v navigaci lodní a letecké dopravy, čímž by došlo k ohrožení životů a zdraví lidí, ale také k velkým ekonomickým ztrátám. Tyto důvody vedly k snahám o vznik globálního satelitního systému, který by kontrolovala Evropa.

Navíc, Galileo bude schopen spolupráce se systémy GPS a GLONASS, tedy se velmi pravděpodobně stane jedním ze základních kamenů globálního družicového navigačního systému (GNSS). Jedná se o celosvětový systém pod civilní kontrolou; jeho využití tedy nespočívá ve vojenských účelech.

Systém Galileo také nabízí několik výhod oproti GPS či GLONASSu. Nejdůležitější je, že bude poskytovat vyšší přesnost a větší odolnost proti rušení (interferenci a odrazům). Také znamená kvalitnější signál pro severské země, jako je např. Norsko, než poskytuje GPS, protože jeho satelity budou mít větší sklon vůči rovníkové rovině.

Podle původních plánů měl být systém Galileo v provozu již v roce 2010, ale nyní je jeho spuštění posunuto na rok 2014. Předpokládá se, že tou dobou bude ve vesmíru připraveno 18 družic, které může Galileo využít. Galileo slibuje nejen samotný signál, ale také nejrůznější služby s navigačním systémem spojené. V roce 2014 by měly být k dispozici tři připravované služby, a to „otevřená služba, služba pátrání a záchrany a veřejná regulovaná služba.“¹⁶

3.3.2 Poskytované služby

Mnoho z následujících služeb, které Galileo plánuje poskytovat uživatelům, již dnes umožňuje systém GPS. Zásadní rozdíl mezi těmito systémy spočívá ve větší spolehlivosti a přesnosti Galilea, ale také v tom, že GPS poskytuje pouze pasivní signál, zatímco Galileo bude „aktivní“ – umožňuje komunikaci uživatele se systémem, oznámí, pokud dojde k výpadku či jinému problému. Tato možnost bude využívána především v záchranných službách.

Služby týkající se polohy a umístění

Hlavní služby, které Galileo poskytuje, jsou tzv. LBS (Location Based Services, neboli služby týkající se polohy). Dnes tyto služby nevyužívají jen společnosti a firmy, ale jsou rozšířeny mezi běžnou populaci jakou součást mobilních telefonů, mp3 přehrávačů, fotoaparátů apod. Proto se jedná o službu, kterou využívá největší množství lidí; tyto lidé také představují potenciálně největší zdroj příjmů.

Plánuje se, že služby tohoto typu budou schopné nabídnout uživateli umístění nejbližších restaurací či jiných podniků na základě jeho polohy, poskytnutí informací o turistických zajímavostech v okolí, muzeích nebo nákupních centrech.

¹⁶ Plán zavádění programu Galileo, viz [18].

Do této oblasti také spadá využití v bezpečnostním průmyslu, systém umožňuje určit lokaci ukradeného předmětu nebo ztraceného zvířete, případně je možné zjistit i polohu osob. Takové sledování bude kontrolováno třetí stranou a bezpečnostními orgány, aby nedošlo ke zneužití.

Každý satelit systému Galileo je schopen přenášet tísňový signál, a to z vysílače uživatele do koordinačního střediska. To pak danou situaci příslušným způsobem řeší. Funkce přenosu tísňového signálu se nazývá SAR (Search and Rescue).

Doprava

Systém Galileo může přinést pozitivní změny také do oblasti dopravy. Protože Galileo poskytuje přesnější signál, je možné využívat detailnější mapy než doposud. Systém také nabízí službu týkající se správy vozového parku.

Energie

Nedá se pochybovat o tom, že je dnes nezbytné zajistit stabilní dodávky energií, ať už se jedná o elektřinu, ropu nebo zemní plyn. Projektování i provoz sítí pro rozvod těchto energií využívá lokační systémy; pokud by totiž došlo k přerušení rozvodu nebo k zeslabení na některém místě, je důležité mít okamžité informace o nastalé situaci – kde přesně došlo k problému a jakého je rozsahu, ale také jak se do dané lokality efektivně dostat a tento stav vyřešit. Díky systému Galileo bude možné nejen s vysokou přesností určit místo poruchy, ale také časově synchronizovat potřebné přístroje.

Bankovníctví a pojišťovnictví

Ve finančním sektoru, v bankách i v pojišťovnictví jsou dennodenně důležité, utajované informace přenášeny elektronickou cestou. Proto je podstatné, aby byla zajištěna jejich bezpečnost, protože zneužití citlivých informací by mohlo vést nejen k ekonomickým ztrátám. Systém Galileo může poskytnout metody ověřování, díky kterým bude přenos informací a dokumentů bezpečnější.

Stavebnictví

Důležitými vlastnostmi ve stavebnictví je přesnost a spolehlivost, proto může Galileo nabídnout nové možnosti, například využití přesnějšího digitálního mapování. Efektivnější systémy povedou ke snížení nákladů, aniž by docházelo k porušování norem.

Zemědělství

Na první pohled není zřejmé, jak využít detailního určení polohy, které Galileo nabízí, v zemědělství. Nicméně i zde je možné systém využít, například při sledování, kde a kolik chemických látek bylo v zemědělství použito.

Rybářství

Zatímco o využití systému Galileo v zemědělství by se snad dalo pochybovat, jeho využití v rybářském průmyslu je více než jasné. Přesnější signál přinese efektivnější komunikaci mezi loděmi a stanicemi, ale také dokonalejší navigaci pro rybářské čluny.

Životní prostředí

Zásadní význam pro budoucnost bezpečnosti lidstva má životní prostředí. Služby poskytované systémem Galileo budou schopny sledovat změny v životním prostředí, například zvýšené množství znečišťujících látek, ale také pohyb a tání ledovců, mořské proudy, vlny a výšku hladiny moří. Do této oblasti lze také zahrnout monitorování atmosféry a případně předpovídání počasí.

Časová synchronizace

Informace o přesném čase poskytnuté systémem Galileo najdou využití v mnoha oblastech. Za zmínku stojí využití v bezdrátových komunikačních sítích, v systémech monitorování a řízení, ale i v řízení dopravních světél (semaforů). Certifikovaná časová razítka zase najdou uplatnění v bankovních transakcích, na akciovém trhu.

3.4 Pohyb družic v kosmu a princip funkce navigačních systémů

Abychom mohli využívat navigační systémy typu Galileo, je nezbytně nutné uvést do provozu kosmický segment, který byl popsán výše. V této části uvedu základní fyzikální principy, které umožňují pohyb družic kolem Země. Nejprve předpokládejme, že chceme spočítat rychlost, která je potřeba k tomu, abychom družici vůbec dostali na oběžnou dráhu kolem Země. Musíme položit do rovnosti gravitační sílu F_g a odstředivou sílu F_o :

$$F_g = F_o$$

$$\frac{\kappa m_Z m}{r^2} = \frac{mv_k^2}{r},$$

kde κ je Newtonova gravitační konstanta, m je hmotnost družice, m_z je hmotnost Země a r je vzdálenost od středu Země. Po osamostatnění dostáváme $v_k = \sqrt{\frac{\kappa m_Z}{r}}$ a budeme-li dosazovat $m_z = 5,9736 \cdot 10^{24}$ kg, $\kappa = 6,67428 \cdot 10^{-11}$ m³kg⁻¹s⁻² a $r = 6\,378$ km, získáme první kosmickou rychlost $v_k = 7\,906$ m s⁻¹.

Základní podmínkou je tedy udělit družici minimálně první kosmickou rychlost. Ve skutečnosti však potřebujeme rychlost až o 16,5% větší než je v_k , protože je nutné překonat zemskou přitažlivost a aerodynamický odpor prostředí. Poté, co je družice vynesena na

oběžnou dráhu Země (tzn. asi 200 km nad zemský povrch), nepotřebuje k tomu, aby Zemi obíhala, již žádnou další energii (samozřejmě, nyní uvažujeme ideální podmínky).

Pokud však bude mít družice rychlost větší, začne se pohybovat po elipse a při tzv. druhé kosmické rychlosti po parabole, což má za následek únik tělesa (v našem případě družice) z dosahu gravitačního pole Země.

Druhou kosmickou rychlost odvodíme na základě úvahy, že součet kinetické a potenciální energie družice musí být nulový. Je to proto, že kinetická energie v nekonečnu je nulová (zjednodušeně řečeno: uvažujeme pouze gravitační pole Země a v nekonečnu na těleso již nepůsobí žádné síly, tedy těleso se zastaví) a potenciální energie je rovněž nulová. To je stanovenou dohodou: „Dvě nekonečně vzdálená tělesa mají nulovou potenciální energii.“¹⁷

Tedy:

$$E_k + E_p = 0$$

$$\frac{mv_p^2}{2} - \frac{\kappa m_Z m}{r} = 0$$

$$v_p = \sqrt{\frac{2\kappa m_Z}{r}} = \sqrt{2} \cdot v_k$$

Dosadíme-li $v_k = 7\,906 \text{ ms}^{-1}$, dostáváme $v_p = 11\,181 \text{ ms}^{-1}$.

Nyní se vraťme zpátky k první kosmické rychlosti. Zde jsem zmínila, že se jedná o rychlost, díky které se v teoretické rovině může družice dostat na oběžnou dráhu Země ve výšce 200 km. Pro družice telekomunikačních systémů je však mnohem vhodnější výška asi 36 000 km nad rovníkem, a to proto, že v této výšce je doba oběhu družice 24 hodin; to znamená, že poloha družice vůči Zemi zůstává stále stejná.

Tuto výšku lze poměrně jednoduše spočítat. Opět budeme vycházet ze skutečnosti, že odstředivá síla se rovná síle gravitační:

$$F_g = F_o$$

$$\frac{\kappa m_Z m}{r^2} = \frac{mv^2}{r},$$

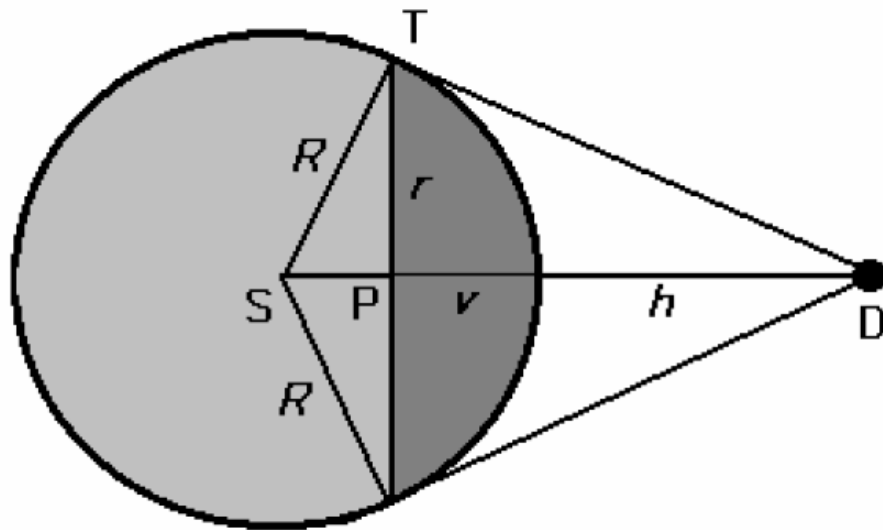
Odtud vyjádříme poloměr r (jedná se o poloměr Země plus výšku, ve které družice obíhá) a dále využijeme vztahu $v = \frac{2\pi r}{T}$, kde T je doba, za kterou družice oběhne Zemi, v našem případě se jedná o 24 hodin, a $2\pi r$ je dráha, kterou tato družice urazí. Dostáváme tedy:

¹⁷ Šulc, M.: První, druhá a třetí kosmická rychlost, viz [16].

$$r = \frac{\kappa m_Z}{v^2} = \frac{\kappa m_Z}{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{\kappa m_Z T^2}{4\pi^2}}$$

Po dosazení číselných hodnot uvedených výše dostáváme $r = 42\,244\text{ km}$. Odečteme-li od tohoto výsledku poloměr Země, dostáváme výšku družice nad povrchem, a to $35\,866\text{ km}$. Stejně snadno lze spočítat, kolik procent zemského povrchu je možné pozorovat pomocí jedné družice. Pro zjednodušení předpokládejme, že Země má tvar koule, a využijme následujícího obrázku:



Obr. 4: Ilustrace k odvození povrchu Země, který je možné pozorovat z družice D¹⁸

Povrch S zvýrazněné části koule lze vyjádřit jako $S = 2\pi Rv$, kde R tentokrát označuje poloměr Země a v výšku kulového vrchlíku. Protože platí vztah $R^2 = (R - v)(R + h)$, kde h je výška družice nad Zemským povrchem, tak $v = \frac{Rh}{R+h}$. Po dosazení dostáváme:

$$S = 2\pi R \frac{Rh}{R+h} = 2\pi R^2 \frac{h}{R+h}.$$

¹⁸ Převzato z [17].

Protože povrch celé koule můžeme vyjádřit jako $S' = 4\pi R^2$, potom platí, že z družice můžeme vidět $\frac{2\pi R^2 \frac{h}{R+h}}{4\pi R^2} \cdot 100\% = \frac{1}{2} \frac{h}{R+h} \cdot 100\%$ povrchu Země. Po dosazení číselných hodnot získáváme 42,45%.

3.4.1 Princip funkce satelitních navigačních systémů

Aby mohly satelitní navigační systémy fungovat a spolehlivě plnit své funkce, musí se skládat ze tří základních podsystémů; jedná se o kosmický, řídicí a pozemní segment.

Do kosmického segmentu zahrnujeme soustavu družic, které krouží na oběžných drahách kolem Země. V případě systému Galileo jsou družice umístěny na kruhové oběžné dráhy ve výšce 23 222 km, jejichž sklon k rovníku je asi 56°. U systému GPS je výška oběžných drah podobná, jedná se o 20 200 km. Srovnáme-li tato čísla s výpočtem v přecházející části, vidíme, že doba oběhu družice kolem Země nemůže být 24 hodin. Podle mých výpočtů využívajících předcházející vztahy oběhne družice systému Galileo Zemi za 14,08 hodin, zatímco družice systému GPS za 11,98 hodin.

Družice Galileo „vidí“ ve výšce 23 222 km nad Zemí 39,22% zemského povrchu. Mohli bychom tedy říct, že nám stačí jen několik málo družic k tomu, abychom pokryli celou Zemi. Opak je však pravdou. Předpokládá se, že systém Galileo bude využívat 30 družic, z nichž 3 budou záložní. Družice budou obíhat Zemi tak, aby v každý okamžik bylo z jakéhokoliv bodu na Zemi možné pozorovat minimálně čtyři z nich, a to alespoň 15° nad obzorem. Družice vysílají navigační signály, jejichž frekvence jsou generovány pomocí přesných¹⁹ atomových hodin. Každá z družic bude mít k dispozici čtvery hodiny, z nichž dvoje budou vodíkové a dvoje rubidiové. V jeden okamžik budou využívány vždy jedny od každého typu hodin, zatímco zbývající dvoje budou záložní. Díky tomu systém Galileo může v podstatě zaručit, že navigační signál bude neustále k dispozici.

Jak je uvedeno výše, dalším segmentem je řídicí segment. Spadá sem hlavní řídicí stanice (pro systém GPS je umístěna v Colorado Springs) a několik monitorovacích stanic, jejichž součástí jsou antény, které vysílají signály a komunikují tak s družicemi; řeší případné

¹⁹ Odchylka vodíkových hodin je asi 0,45 ns za 12 hodin, odchylka rubidiových hodin za stejnou dobu je asi 1,8 ns, viz [19].

odchyly dráhy družic, kalibrují atomové hodiny a signály jimi vysílané obsahují údaje o trajektorii satelitu pro následujících 24 hodin.

Pozemním segmentem rozumíme přijímače, které jsou schopné signály družic identifikovat a dekódovat. Sem spadají i běžné přijímače v mobilních telefonech, automobilových navigacích apod. Signál, který přichází do přijímače uživatele, obsahuje informaci o tom, ze kterého satelitu pochází a v jaký časový okamžik byl vyslán. Mikropočítač přijímače je schopen spočítat vzdálenost satelitu na základě přijatých informací a za pomoci tzv. almanacu, který obsahuje údaje o drahách všech družic. Tyto informace jsou v průběhu postupně zpřesňovány prostřednictvím dat přicházejících z monitorovacích stanic (tzv. efemeridy).

Pomocí poměrně jednoduchého vztahu můžeme vyjádřit vzdálenost d_i přijímače od i -tého satelitu:

$$d_i = \sqrt{(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2 + (z - z_s)^2} = P_{RS} + T + E_S,$$

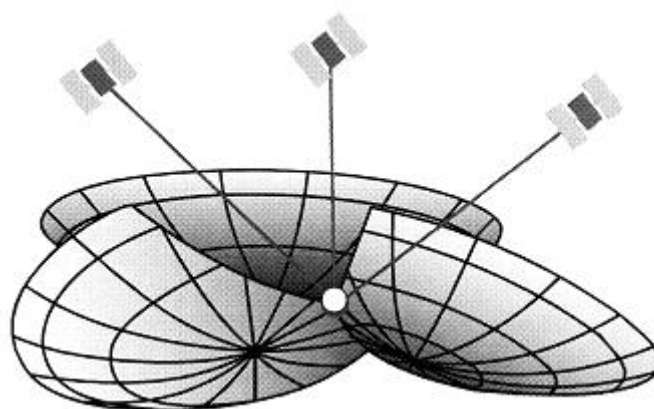
kde x, y, z jsou určované souřadnice, x_s, y_s, z_s jsou souřadnice satelitu získané pomocí efemerid, P_{RS} je pseudovzdálenost mezi přijímačem a satelitem a T a E_S jsou chyby – T časová chyba přijímače a E_S suma všech chyb systému satelitní navigace²⁰. Fakticky je vzdálenost zjišťována na základě času, který potřebuje signál k tomu, aby doletěl od družice k přijímači; označme ho t_{di} . Dále necht' c je rychlost šíření elektromagnetických vln. Potom můžeme vzdálenost d_i zapsat jako²¹

$$d_i = t_{di} \cdot c.$$

Získáme-li takto vzdálenost od tří satelitů, pak můžeme pomocí kulových ploch získat aktuální polohu přijímače. Princip je znázorněn na obr. 5. Okolo každé družice opišeme kulovou plochu s poloměrem, kterým je vzdálenost d_i . Průsečík takto vzniklých kulových ploch udává polohu přijímače.

²⁰ Převzato z [20].

²¹ Převzato z [20].



Obr. 5: Získání polohy přijímače pomocí kulových ploch²²

²² Převzato z [20].

4 TECHNICKÁ ŘEŠENÍ BEZPEČNOSTNÍ OCHRANY PROTI HROZBÁM Z KOSMU, MODELOVÁNÍ SITUACÍ, FUTURISTICKÉ VIZE

Zrod planety Země a vůbec vznik celé Sluneční soustavy je v současnosti datován do doby před čtyřmi miliardami let. Kondenzací kosmického mračka vzniklo Slunce a v jeho blízkosti obíhající planety, které původně nebyly ničím než prachem, který se formoval do podoby velkých „kamenů“. Nejprve měly všechny planety natolik vysokou teplotu, že z části sestávaly z roztavených hornin. Vezmeme-li dále v úvahu, že v tomto období byly poměrně časté srážky nových planet s jinými velkými kosmickými tělesy, byly části roztavených hornin vymrštěvány do prostoru kolem planet, kde chladly a vznikala z nich tělesa obíhající kolem původní mateřské planety. Popsaná teorie vysvětluje vznik Měsíce, který byl původně také jenom roztavenou horninou na naší Zemi.

Trvalo přes miliardu let, než se v atmosféře objevil kyslík, a to jako produkt jednobuněčných organismů. Kyslík dále umožnil rozvoj rostlinných a živočišných organismů. Vývoj byl v průběhu milionů let ovlivňován občasnými dopady asteroidů nebo výbuchy sopek, které měly za následek zviření prachu v atmosféře natolik, že na povrch Země téměř nepronikalo sluneční světlo. Je patrné, že všechny tyto změny probíhaly velice pomalu, např. po dopadu asteroidu trvalo několik let, než se atmosféra Země zase ustálila ve své původní podobě.

Vezmeme-li v úvahu popsané skutečnosti, je kontrast s dnešní společností více než výrazný. Změny, které na Zemi vznikají v důsledku lidské činnosti, jsou překotné a nezadržitelné. Proto je nutné uvažovat o následcích, které lidská činnost, pokrok v technologiích a vědecké vynálezy můžou přinést.

4.1 Nebezpečí plynoucí ze srážek s asteroidy

Naše Země se pohybuje v kosmickém prostoru spolu s obrovským množstvím jiných objektů, ať už planet, asteroidů či komet. Právě poslední dva zmíněné by Zemi mohly přivodit potíže nebývalých rozsahů, pokud by došlo ke srážce s nimi. Jako příklad je možné uvést známou srážku s objektem, který v průměru měřil zhruba deset kilometrů, před šedesáti pěti miliony let, jež vedla k vyhynutí dinosaurů – tzv. Chicxulubský náraz.

Způsobila jednak zemětřesení a vlny tsunami, ale hlavně zvířila mračna prachu, který zabránil slunečnímu svitu dostat se na povrch Země v období delším než rok.

Uvědomění si potenciální možnosti katastrofy takového dosahu vede k nutnosti zabývat se monitorováním těch objektů (a jejich trajektorií), které by se mohly dostat do blízkosti Země. Takové objekty můžeme obecně rozdělit na dva typy, a to na asteroidy a komety. Zatímco asteroidy jsou povětšinou kamenné a jejich dráhy poměrně přesně předvídatelné (pohybují se zjednodušeně řečeno v kruhových drahách okolo Slunce), komety mohou přinést větší překvapení. Naprostá většina komet se pohybuje po drahách na okraji Sluneční soustavy, ovšem čas od času se některá vydá směrem ke Slunci. Je obtížné předpovědět, jak se přesně bude pohybovat, protože její pohyb není možné v průběhu její existence nijak odpozorovat. Vědci většinou zpozorují kometu blížící se ke Slunci (a tudíž i blíže Zemi) jen s ročním předstihem; tato doba nestačí k vytvoření uspokojivé předpovědi, jak se bude kometa dále pohybovat. Přesnému propočítání pohybu komety nepřispívá ani fakt, že komety jsou z velké části složeny z ledu a zmrzlých plynů²³, které slepují dohromady nejrůznější kamenné úlomky, takže pokud se přiblíží ke Slunci, začnou se pomalu rozpouštět. Prach a částičky, které takto z komety unikají, jsou odnášeny energeticky nabitými částicemi směrem od Slunce, odráží sluneční světlo a na obloze je pak možné pozorovat typický ohon komety²⁴; ten je ve skutečnosti velice řídký. Nicméně také vzniká riziko odlomení většího kusu komety, které může mít za následek nepředvídatelnou změnu směru pohybu komety.

Srážka s asteroidem o velikosti, která by odpovídala Chicxulubskému nárazu, je velmi nepravděpodobná. Nicméně dá se spočítat, že v průměru jednou za sto let se Země srazí s objektem velkým v průměru padesát metrů. Naposledy událost takového rozsahu nastala v roce 1908, kdy tunguzský meteorit dopadl do sibiřské tajgy. Jeho dopad sice vzhledem k odlehle oblasti nezpůsobil výrazné ztráty na životech, nicméně způsobil vyhlazení tisíců hektarů lesa.

Pro příští století je spočtena padesátiprocentní pravděpodobnost, že nastane další střet Země s podobně velkým objektem. Proto je nutné sledovat a zaznamenávat pohyby objektů ve vesmíru, jejichž dráhy by se mohly časem zkřížit s dráhou Země. Při

²³ Jedná se např. o čpavek, oxid uhličitý nebo metan.

²⁴ Ač by se z laického pohledu mohlo zdát, že ohon komety je natočený po směru letu komety, ve skutečnosti na tomto směru vůbec nezávisí – je otočený vždy ve směru od Slunce.

dostatečném množství informací v dostatečném předstihu je možné předpokládat, že v budoucnosti budeme schopni ovlivnit trajektorii meteoritu natolik, aby tento objekt Zemi buď úplně minul, nebo alespoň dopadl do neobydlených oblastí planety. I v případě, že by nebyly vynalezeny žádné možnosti, jak odklonit meteorit z jeho kurzu, tak by dostatečný předstih a informovanost o budoucím dopadu umožnil evakuovat i velké množství lidí z ohrožených oblastí. Ovšem pro všechny tyto možnosti je nutné dlouhodobě vynakládat finanční prostředky na monitorování vesmírných objektů.

Dalším důvodem, proč zaznamenávat pohyb asteroidů, je následující myšlenka, citovaná v knize Martina Reese *Naše poslední hodina* ze zprávy britské vlády: „Pokud by byla dopadem objektu o průměru 1 kilometru ohrožena čtvrtina světové populace, pak by riziko takové katastrofy i při průměrném výskytu jednou za 100 000 let podle současných bezpečnostních norem Spojeného království výrazně přesáhlo přípustnou míru. Kdyby tak vysokou rizikovost vykazovala nějaká oblast spadající do kompetence vedoucího výrobního podniku nebo jiného zařízení, byl by donucen přijmout urychlená opatření ke snížení tohoto rizika.“²⁵

4.2 Index závažnosti nepravděpodobných katastrof

V současnosti se využívají dvě stupnice pro posouzení, jak velké riziko představuje katastrofa velkého rozsahu, která je ovšem velmi nepravděpodobná.

První číselný index, tzv. Turínská škála, byla představena Richardem Binzelem, profesorem z Massachusetts Institute of Technology. Daná událost se umísťuje na stupnici od jedné do deseti nejen podle toho, jak rozsáhlá by potenciální katastrofa byla, ale také, jaká je pravděpodobnost, že tato událost nastane. Pokud je katastrofa zařazena do Turínské škály, neznamená to, že se její umístění na stupnici již nemůže změnit – ba naopak s přibývajícím množstvím informací se posunuje buď k vyšším číslům, která znamenají „horší“ katastrofu, nebo k číslům nižším, když např. vyjde najevo, že trajektorie asteroidu nejspíš mine Zemi.

Vedle Turínské škály existuje ještě škála Palermská, která bere v úvahu nejen rozsah a pravděpodobnost katastrofy, ale také časové období, v jakém daná situace může nastat.

²⁵ Reese, M.: *Naše poslední hodina* (viz [6]), str. 108

Pokud by byl např. předpovězen pád asteroidu s kilometrovým průměrem, ale v roce 4 128, potom by takováto událost, ač závažná, stála na Palermské škále nízko. Než by totiž došlo k takové události, je pravděpodobné, že Zemi postihne dříve událost jiná, které bychom se měli věnovat spíš.

4.3 Postupný konec života na Zemi

S přibývajícím tisíciročími planety Země se Slunce stává pro život na Zemi čím dál tím nebezpečnějším. Jde o to, že čím déle Slunce vyzařuje teplo a energii, fyzikálně jde o přeměnu vodíku na helium, čím teplejší se stává. Na začátku své existence bylo Slunce „jen“ obrovským množstvím vodíku s mnohem menším množstvím helia a několika dalšími prvky. Díky obrovské hmotnosti, kterou zmíněný vodík v takovém množství má, došlo k jeho smrštění a zahřátí jádra natolik, že začala probíhat termonukleární reakce, která mění atomy vodíku na helium. Energie, která v nitru Slunce vzniká, je kompenzována energií, kterou Slunce vyzařuje do vesmíru. Avšak tato rovnováha není nekonečná. Pointa spočívá v tom, že Slunce se snaží zachovat svou stabilitu, tudíž musí zachovat tlak panující v jeho jádře. Ten je ovlivněn počty atomů, které se v jádře pohybují, a teplotou, která uvnitř Slunce panuje. Čím více atomů vodíku se přemění na helium, tím více musí narůst teplota, aby tlak zůstal konstantní. Nakonec, až Slunce spálí veškerou svou zásobu vodíku, stane se z něj červený obr, protože bude muset svou velikost a jasnost zvětšit mnohotisíckrát. Tato skutečnost ovšem nastane za nepředstavitelných pět miliard let.

Postupný konec pozemského života však započne o mnoho dříve; půjde o vymírání rostlin díky měnícímu se množství CO_2 . Každá rostlina potřebuje oxid uhličitý ke svému životu a růstu. Jak jsem vysvětlila v předcházejícím odstavci, postupem času bude docházet k většímu a většímu ohřívání planety naším rozpínajícím se Sluncem. A čím teplejší planeta bude, tím rychleji budou zvětrávat horniny z důvodu silnějšího větru a větších erozí. Celá situace ve svém důsledku povede podle Jamese Lovelocka a Mika Whitfielda k úbytku CO_2 . Až následkem těchto jevů dojde k poklesu oxidu uhličitého pod 150 dílů na milion dílů vzduchu, většina rostlin začne vymírat, protože takové množství pro ně již není dostatečné. Hromadné vymírání rostlin by podle zmíněné koncepce mělo začít již za sto milionů let. Podle Lovelocka a Whitefielda by hromadné vymírání rostlin za sto milionů let znamenalo, že rostlinám zbývá pouhých 5% doby, která jim pro život a rozvoj byla

vyměřena. Tento poměrně extrémní názor byl následně zmírněn v práci Kena Caldeira a Jamese Kastinga, kteří uvedli, že existuje nezanedbatelné procento rostlin, kterým stačí pro život jen 10 dílů CO₂ na jeden milion dílů vzduchu. Navíc na základě přesnějších výpočtů zjistili, že pod kritickou hodnotu 150 dílů oxidu uhličitého na milion dílů vzduchu poklesne koncentrace až za 500 milionů let.

V této fázi života planety Země bude nějakou dobu docházet k následujícím oscilacím. Hodnota CO₂ klesne pod kritickou hodnotu a naprostá většina rostlin vyhyne. Avšak bez rostlin bude hodnota CO₂ samovolně růst, až se opět dostane na hodnoty, které rostlinný život umožňují. Potom z přeživších semen vzklíčí rostliny nové a na čas se znovu obnoví vegetace, i když v mnohem chudší formě, než ji známe dnes. Nakonec dojde k vymření rostlinného života natrvalo, přežijí jen jednoduché jednobuněčné organismy, které jsou schopné existovat i ve velmi nepříznivých podmínkách.

Vymření rostlin nakonec zásadním způsobem ovlivní teplotu na Zemi. Nejen, že bude teplota růst kvůli silicímu záření od Slunce, ale navíc bez rostlin bude růst množství oxidu uhličitého, který způsobuje skleníkový efekt. Rostliny také dokážou pohlcovat sluneční záření, kdežto povrch bez rostlin jej odráží zpět do atmosféry, což opět napomáhá nezdravému zahřívání planety.

Další skutečností, která bude následovat po vymření rostlin, bude poměrně rychlý úbytek kyslíku v atmosféře. Ze současných 21% kyslíku v atmosféře na 1% se bez rostlin dostaneme za pouhých 15 milionů let. To způsobí jednak smrt živočichů závislých na kyslíku, ale také umožní ultrafialovému záření pronikat na povrch Země.

Živočichové, kteří budou přežívat v období po zániku rostlin, se budou postupně stávat „hloupějšími“, a to proto, že nejvíce kyslíku v těle spotřebuje právě nervový systém. V momentě, kdy bude nutné kyslíkem šetřit, protože se ho organismu nebude dostávat v hojné míře, bude jako první obětována nervová soustava.

S dalším zvyšováním globální teploty dojde k evolučnímu přizpůsobení živočichů na měnící se podmínky. Postupně se živočichové promění na noční tvory, kteří budou většinu svého času trávit pod zemí, aby unikli panujícím horku. Základem jejich jídelníčku budou lišejníky, řasy a houby. Až za cca jednu miliardu teplota překročí 70°C, tak zaniknou i doposud existující prvoci a nižší obratlovci a jedinou živou masou na Zemi budou bakterie.

V oceánech tou dobou bude život ještě v omezené formě existovat, ale postupem času se odpaří i samy oceány. Se zvyšující se teplotou se bude voda z oceánů odpařovat a

v atmosféře dojde k rozdělení molekul vody na vodík a kyslík působením ultrafialového záření. Molekula vody tedy musí vystoupat dostatečně vysoko, aby ultrafialové záření bylo dostatečně silné – vrstva atmosféry totiž brání jeho průniku na povrch Země. Protože vodík je mnohem lehčí než kyslík, odpoutá se po rozštěpení z gravitačního pole Země a nenávratně zmizí v kosmu; oproti tomu kyslík zůstane u zemského povrchu. Planeta Země tedy znovu získá dostatečné množství kyslíku, avšak ten bude vzhledem ke své hmotnosti působit vysokým tlakem na povrch.

Ve skutečnosti dochází k odpařování oceánů již v současné době – asi jeden milimetr za milion let. Takové tempo je z pohledu běžného lidského života skutečně nepozorovatelné. Naneštěstí se zvyšující se globální teplotou Země tato rychlost rapidně vzroste. Čím vyšší teplotu má atmosféra, tím více vody v sobě může *udržet*. Tedy v současnosti je tempo odpařování do vesmíru tak pomalé, protože teplota atmosféry s rostoucí výškou radikálně klesá. Voda se tak nedostane dostatečně vysoko, aby se díky ultrafialovému záření mohla rozštěpit.

Poté, co se popsáním způsobem odpaří více než 75% oceánů, objeví se nová vulkanická pohoří, která budou splývat se středooceánskými hřbety.

Planetu v budoucnosti čeká vlhký a (případně) pádivý skleníkový efekt. Vlhký skleníkový efekt je v podstatě jev popsáný v předcházejících odstavcích. Pokud dojde k vymizení veškerých oceánů pomocí vlhkého skleníkového efektu, existuje zde poměrně reálná šance, že další miliardy let budou na Zemi přežívat mikrobi, které ke svému životu potřebují horko a sůl. Pokud však nastane pádivý skleníkový efekt, budou se zbytky oceánů vypařovat mnohem rychleji a dojde k pádivému nárůstu teploty, který ani mikrobi nemusí přežít.

Planeta Země je nejen jedinou planetou Sluneční soustavy, která umožňuje rozvinuté formy života, ale také jediná planeta s deskovou tektonikou. Není stoprocentně jisté, že spolu tyto dva fakty bezpodmínečně souvisí, avšak dá se předpokládat, že tomu tak je.

Desková tektonika nebude na planetě Zemi věčně. Její konec může být způsoben buď zmíněným odpařením oceánů do vesmíru anebo poklesem teploty v jádru Země. Zmizení vody z povrchu Země skutečně může zcela zastavit deskovou tektoniku, protože „změna ve složení hornin, kterou způsobuje přítomnost vody v nově vyvěrající lávě, zřejmě

umožňuje, aby horniny v subdukčních zónách klesaly zpátky do nitra Země.²⁶ V těchto zónách klesá zemská kůra (čedič) zpět do nitra Země díky své hmotnosti. Pokud Země ztratí veškerou vodu, neznamená to, že by byl čedič „lehčí“ a proto nemohl klesnout, ale bez vody není schopen ohnout se na hranici zemských desek tak, aby mohl klesat do nitra Země, tedy není pružný. Až zanikne desková tektonika, bude to pro naši planetu znamenat postupný zánik hor, planeta bude stále rovnější, až nakonec bude pokrytá tlustou neprostupnou kůrou, která se nakonec roztaví v důsledku stoupající teploty. Podle Warda a Brownleeho by měl konec deskové tektoniky nastat za 750 milionů až 1,2 miliardy let.

Avšak existuje ještě jiná situace, v důsledku které by desková tektonika mohla zaniknout mnohem dříve; a to pokud dojde k zastavení radioaktivních rozpadů v nitru Země, které poskytují deskové tektonice energii. Tato skutečnost by mohla nastat už za 500 milionů let. Nicméně pokud se naplní tato možnost, bude to znamenat, že zemská kůra bude pevná a neprostupná, ale na jejím povrchu ještě budou oceány. Protože by povrch Země byl pevný, přestaly by „růst“ pohoří a jejich výška by postupně klesala vlivem eroze. Tento proces by byl sice zpomalený principem izostáze²⁷, avšak eroze nakonec zvítězí a povrch Země se srovná. Díky tomu stoupnou doposud existující hladiny moří a oceánů, na jejichž dně se bude usazovat erodovaný materiál z pohoří. Nakonec bude povrch planety pokryt jediným oceánem. Takový celosvětový oceán způsobí vymření veškerého suchozemského života a postupně paradoxně i života mořského a oceánského, protože již nebudou žádné řeky, které by z pevniny přinášely do moří živiny.

Nakonec by opět došlo k vypaření popsaného oceánu do vesmíru, až by na Zemi zbyl jenom jednolitý solný povrch.

4.4 Srážka s galaxií M31

Již v současné době je zřejmé, že existuje poměrně vysoká pravděpodobnost srážky naší galaxie – Mléčné dráhy – s jinou galaxií, pojmenovanou jako M31 (viz obr. 6). Tato galaxie byla poprvé pozorována a pojmenována astronomem Charlesem Messierem. Jedná se o galaxii se spirálovitou strukturou, která je podobná naší vlastní galaxii. M31 se

²⁶ Ward, P., Brownlee, D.: Život a smrt planety Země (viz [7]), str. 169

²⁷ Izostáze – pokud hora přijde o svůj vrcholek, podobně jako ledovec se „posune“ o kus nahoru, aby vyrovnala daný rozdíl.

pohybuje směrem k Mléčné dráze rychlostí 300 kilometrů za sekundu. Protože vzdálenost mezi těmito galaxiemi je 2,2 milionu světelných let, bude trvat ještě 3 miliardy let, než se spolu galaxie srazí. Samozřejmě nemůžeme si být stoprocentně jistí, že se galaxie srazí, ani že v případě srážky Sluneční soustava zůstane součástí nové galaxie, která pravděpodobně vznikne ze dvou původních. Může se také stát, že na naši Sluneční soustavu budou působit síly, které ji „odešlou“ do mezihvězdného prostoru.

Je třeba vzít v úvahu, že srážka dvou galaxií a srážka dvou planet jsou zcela odlišné záležitosti. Srážka dvou planet nebo planety s asteroidem je velmi dramatická a rychlá; pokud se na planetě vyskytuje život, často vede k jeho vyhubení nebo alespoň významné redukci. Oproti tomu srážka dvou galaxií je děj velmi pomalý a dlouhodobý. Podle Warda a Brownleeho trvá stovky milionů let. Hvězdy a planety, které jsou v galaxii obsaženy, tvoří nepatrnou část celé galaxie; vzdálenosti mezi nimi jsou obrovské, a proto je vysoce nepravděpodobné, že při průniku dvou galaxií dojde k fyzickému kontaktu hvězd či planet. Nicméně srážka galaxií ovlivní samotné uspořádání v galaxii, na hvězdy působí jiné gravitační síly (které jsou důsledkem působení tzv. temné hmoty²⁸) než v původní galaxii.



Obr. 6: M31: Galaxie v Andromedě²⁹

²⁸ „My však stále nevíme, co je tato hmota zač. Nápady, co by to mohlo být, sahají od nesvítících planet a objektů o hmotnosti hvězd označovaných jako MACHO (což je zkratka z anglického *massive compact halo objects* = masivní kompaktní halo objekty) až k neznámým elementárním částicím známým pod zkratkou WIMP (zkratka z *weakly interacting massive particles* = slabě se navzájem ovlivňující masivní částice). Jelikož slovo *macho* znamená v angličtině zároveň pořádného chlapa a slovo *wimp* slabocha, je zjevné, že astronomům nechybí smysl pro humor.“ – Ward, P., Brownlee, D.: op. cit. str. 177

²⁹ Převzato z [33]

4.5 Slunce ve stadiu červeného obra a definitivní konec planety Země

Jedná se o období, které nastane jedenáct miliard let po vzniku Země. Jak je popsáno v předchozích kapitolách, život na Zemi již dávno zanikl. Slunce se již nachází ve stadiu červeného obra a při pohledu ze Země vyplňuje celou oblohu. Teplota na samotné Zemi bude okolo 2000°C, což bude mít za následek roztavení jejího povrchu; planeta bude mít povrch dokonale hladký.

Nakonec, až se heliové jádro Slunce, nynějšího červeného obra, zahřeje na sto miliard stupňů, tak vybuchne a dojde ke stále se zrychlující nukleární reakci. V této fázi však nedochází k expanzi jádra, a tedy nedojde ke snížení teploty – to je důvod, proč reakce stále zrychluje. Následně se Slunce zbaví části své hmoty jejím vyvrhnutím do vesmíru a zmenší se jeho jasnost i velikost (ale i tak bude stále větší než v současnosti).

Poté, co uplyne 200 milionů let, Slunce začne být velmi nestabilní a jeho rozměry opět začnou narůstat; tentokrát velikost Slunce dosáhne až k oběžné dráze Země. Takto obrovské Slunce zničí všechny planety, které k němu mají blíže než Země. Naše planeta se nachází na pomezí, kdy zničena být může, ale také může přežít jako spálený zbytek kdysi modré Země.

Nakonec Slunce v několika pulzech uvolní do vesmíru velké množství hmoty, které se nazývá planetární mlhovina. Ve skutečnosti se jedná o množství svítícího plynu unikajícího z hvězdy. Toto záření je velice silné – tak, že by bylo schopné zahubit život až za oběžnou dráhou Pluta.

Poté se Slunce scvrkne na setinu svého dnešního průměru a dostane se do stadia bílého trpaslíka. Další miliardy let bude svítit přízračně bledou září.

4.6 Jiné alternativy konce světa

Konec světa, který nastane za sedm miliard let, je sice vědecky odůvodněný a v rámci našich znalostí bychom mohli říct, že i vysoce pravděpodobný – pokud se ovšem nestane něco jiného. Touto jinou alternativou je apokalyptický konec světa, který přivodí „nečekaná“ katastrofa.

V knize Život a smrt planety Země, jejímiž autory jsou Peter Ward a Donald Brownlee je popsána katastrofa, kterou by vyvolal dopad meteoritu o průměru deset kilometrů do vod Mexického zálivu.

Nejprve by několik dní na obloze zářila jasná hvězda s dlouhým zářivým chvostem, která by se neustále zvětšovala. Poté, co by se tato hvězda, ve skutečnosti meteorit, střetla se Zemí, nejprve bychom viděli sloupec světla, který by vytvořily roztavené horniny, ať už původem ze Země nebo z dopadnuvšího meteoritu. Teprve chvíli poté by vzdálený pozorovatel uslyšel ránu, která by dopad provázela; ta by byla následována nárazovou vlnou. Následně by se nebe zaplnilo menšími meteority, které by dopadaly na zemský povrch a na souši způsobovaly požáry, zatímco v mořích ohřev vody na vysokou teplotu. Na místo v zálivu, kam dopadl meteorit, by se začala slévat voda z okolních moří, aby se nakonec vrátila v několika set metrů vysoké přílivové vlně.

Poté, co by se uklidnila popsaná první vlna této katastrofy, obloha by byla postupně zahalena prachem, který zabránil slunečnímu svitu minimálně na rok ohřívat zemský povrch.

Statisticky vzato, obdobně velký asteroid (cca o průměru 10 kilometrů) narazí do Země jednou za 100 milionů let. Naposledy se taková událost stala před 65 miliony let, kdy tato katastrofa způsobila vyhynutí dinosaurů. Méně pravděpodobnou variantou (avšak ne zcela nemožnou) je srážka s tělesem větším, například o průměru 150 kilometrů. Kdyby k takové srážce došlo, znamenalo by to téměř okamžitý konec veškerého pozemského života. Dopad tělesa takových rozměrů do oceánu by měl za následek vypaření veškeré jeho vody. V atmosféře by se vyskytovalo množství páry, které by způsobilo ohřátí zemského povrchu na teplotu několika set stupňů. Taková teplota by vyhubila všechny živé organismy.

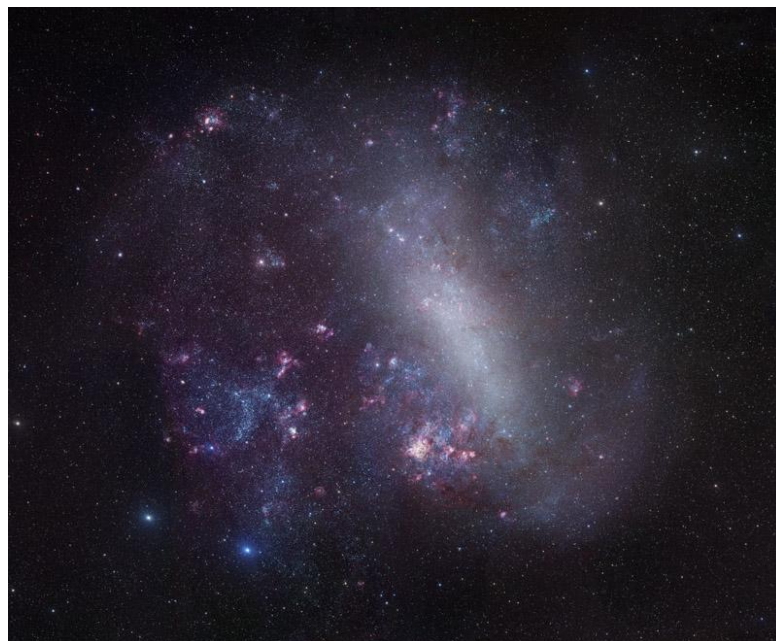
Další variantou, jak může skončit veškerý život na naší planetě, je vymření živých organismů na následky ozáření. Při explozi hvězd se uvolňuje gama-záření, které putuje vesmírem. Doposud nebyly plně prozkoumány všechny okolnosti vzniku paprsků gama-záření. Ve skutečnosti prochází toto záření skrze Zemi několikrát každý den. Zdroji těchto paprsků jsou energeticky bohatá tělesa ve velké vzdálenosti od Země (mimo naši Mléčnou dráhu), nepříliš velkých rozměrů. Kdyby však došlo k výbuchu hvězdy v blízkosti planety Země, to znamená ve vzdálenosti menší než dvacet pět tisíc světelných let, z jejích pólů by vyšly opačnými směry dva silné paprsky gama-záření, které by dokázaly zahubit život na planetě, která by jim „stála v cestě“.

Tato varianta konce světa je však velmi málo pravděpodobná; to lze usuzovat ze skutečnosti, že doposud nebyl život na Zemi prostřednictvím gama-zářením vyhuben.

4.7 Výbuch supernovy

Dojde-li k výbuchu supernovy, uvolní se energie 10^{46} J. Mohlo by se tedy zdát, že se jedná o reálné nebezpečí, které by mohlo vést ke zničení planety Země. Podle [26] však ohrožení života na Zemi mohou způsobit jen supernovy, které jsou blíže než 30 světelných let. Na základě dostupných informací víme, že v takové vzdálenosti se v současné době nenachází žádná supernova, která by mohla vybuchnout.

Výbuchy supernov jsou poměrně řídkým úkazem. Poslední supernova, která byla po svém výbuchu viditelná ze Země pouhým okem, byla v roce 1987 supernova 1987A, která byla součástí Velkého Magellanova mračka. Pro srovnání, stejně viditelný úkaz se předtím naposledy odehrál v roce 1604, kdy byl pozorován Janem Keplermem.



Obr. 7: Velké Magellanovo mračno³⁰

³⁰ Převzato z [32]

4.8 Četnost života v kosmu a Drakeova rovnice

Drakeova rovnice pochází z 50. let 20. století. Jedná se o matematický vztah, který by podle jeho autora, Franka Drakea, měl dát odpověď na otázku, kolik inteligentních civilizací se nachází v Mléčné dráze. V knize *Život a smrt planety Země* je rovnice uvedena v následující podobě:

$$N^* \times f_s \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times f_l = N,$$

kde

„ N^* je počet hvězd v galaxii Mléčná dráha,

f_s je podíl hvězd podobných Slunci,

f_p je podíl hvězd s planetami,

n_e je počet planet v obyvatelné zóně,

f_i je podíl obyvatelných planet, kde skutečně vzniká život,

f_c je podíl planet obývaných inteligentními bytostmi,

f_l je procento z délky života planety, které se vyznačuje přítomností komunikativní civilizace.“³¹

Pro Franka Drakea bylo cílem této rovnice určit pravděpodobnost toho, že zachytíme signál od jiné vyspělé civilizace.

Samozřejmě v padesátých letech bylo poměrně problematické získat přesné odhady veličin, které Drakeova rovnice vyžaduje. Vědci například předpokládali, že planetární systémy vůbec nejsou běžné, protože neměli dostatek informací, které by danou skutečnost potvrzovaly. Postupem let dospěli k závěru, že planety obíhající kolem svého slunce jsou ve vesmíru poměrně běžnou záležitostí; avšak planety, které jsou od svého slunce hodně daleko, obíhají po eliptických drahách. V tomto ohledu jsou planety naší Sluneční soustavy docela unikátní – pokud bychom totiž v jiných soustavách sledovali planety o velikosti našeho Jupitera, zjistili bychom, že buď se daná planeta nachází blíž slunci než „náš“ Jupiter, anebo obíhá nikoliv po kruhových drahách, nýbrž po eliptických. Právě to komplikuje existenci planet, které jsou vhodnými hostiteli pro život. Pokud je vzdálenost „Jupitera“ a slunce menší než tatáž vzdálenost v naší sluneční soustavě, neumožňuje

³¹ Ward, P., Brownlee, D.: op. cit. str. 217.

existenci kamenných planet. Jinou možností je, že zmíněná planeta podobná Jupiteru bude sice dostatečně daleko, nicméně potom obíhá po značně eliptických drahách. Tyto dráhy kříží dráhy ostatních planet, díky čemuž tyto planety přestanou obíhat okolo slunce, a buď se k němu po spirále přibližují, dokud nedojde ke srážce, nebo se naopak vzdalují do mezihvězdného prostoru.

Autoři knihy *Život a smrt planety Země* Drakeovu rovnici upravili, aby lépe zohledňovala další fakta – konkrétně skutečnost, že pro rozvoj vyšších forem života z forem bakteriálních je zapotřebí určitá stabilita bez výrazných změn teploty. Po této úpravě má rovnice následující tvar:

$$N^* \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times f_l = N,$$

kde

„ N^* je počet hvězd v galaxii Mléčná dráha,

f_p je podíl hvězd s planetami,

n_e je počet planet v obyvatelné zóně,

f_i je podíl obyvatelných planet, kde skutečně vzniká život,

f_c je podíl planet se životem, na nichž vznikají mnohobuněčné živočišné organismy,

f_l je procento z délky života planety, po které jsou přítomny mnohobuněčné živočišné organismy – tedy to, co bychom mohli nazvat „obyvatelnou délkou života“ planety.“³²

Ačkoliv popsané skutečnosti lépe vystihují existenci planety, na níž se může rozvíjet život, pořad není snadným úkolem zjistit, jaké přesně jsou požadované podíly a počty.

4.9 Technická řešení úniku z umírající Země

Jediným přirozeným způsobem, jak zachránit lidstvo před smrtícím Sluncem v době, kdy se z něj stane červený obr, je přestěhovat život do jiné části Sluneční soustavy či galaxie. Možná bychom mohli předpokládat, že takových přesunů v mezihvězdném prostoru budou lidé schopni, vycházíme-li z pokroku, který lidstvo v technice již učinilo. Avšak jsou zde jistá omezení, která není snadné, ba ani možné obejít. Jedná se o základní fyzikální zákony,

³² Ward, P., Brownlee, D.: op. cit. str. 219.

o rychlost světla, kterou nemůžeme překročit, o rozměry atomů, které nám definují, jak malé mohou součástky vytvořené člověkem být... Přesto se lidstvo jistě pokusí vyhnout zkáze, která ho na životodárné planetě Zemi v průběhu času čeká.

4.9.1 Kolonizace Marsu

Mars je jednou z možností, jak prodloužit existenci lidského bytí, až na Zemi nebude možné přebývat. Záměrně používám výraz prodloužit, nikoliv zachránit, protože jestliže Slunce zahubí život na Zemi, dá se předpokládat, že časem zahubí život i na Marsu, pokud tam vůbec kdy budou lidé schopni žít.

Mars, ač se jedná o blízkou planetu, není v té formě, v jaké dnes existuje, pro život vůbec vhodný. Jeho atmosféře chybí kyslík a také na povrchu není dostatečný tlak, který lidé potřebují; navíc nic nechrání povrch Marsu proti ultrafialovému záření. Mars sám o sobě neposkytuje žádnou potravu ani vodu. Další závažnou potíží je skutečnost, že se lidstvo zatím neumí vypořádat s negativním působením kosmického prostoru na lidský organismus. V prostředí bez dostatečné gravitace dochází k úbytku kostní hmoty. Pokud by se lidem povedlo vyřešit tento závažný problém, potom by teoreticky mohlo být přínosem, když se povede geneticky modifikovat rostliny tak, aby mohly existovat v nehostinném prostředí Marsu.

Tyto rostliny by mohly produkovat kyslík a postupem času vytvořit na Marsu atmosféru, která by umožnila lidem na této planetě žít. Také by bylo nutné postavit na Marsu elektrárny a využívat dostupné zdroje energie. Velmi pravděpodobně by se lidé snažili využívat sluneční energii a vítr, ale jednu z možností představuje i jaderná energie.

Jedná se zatím však o pouhou teorii. K tomu, aby se z Marsu stala planeta vhodná pro život, by bylo zapotřebí velkého úsilí všech států a obrovského množství finančních prostředků. Lidstvo si nemůže být jisté, zda se skutečně dokáže domluvit a investovat do proměny životního prostředí Marsu tolik úsilí a peněz; generace, které by musely proměnu Marsu financovat, by z ní totiž neměly v podstatě žádný užitek, kromě vědomí, že také díky nim lidstvo přetrvá zkázu své domácí planety.

Dalším problémem je nutnost vyrábět bezporuchové raketoplány a obecně bezporuchová zařízení, která bychom při kolonizaci Marsu používali. Bylo by velmi nesnadným úkolem snažit se opravovat poruchy na vesmírné lodi cestující k Marsu, převážně proto, že není

možné s takovou lodí zpátky na Zemi přistát, když se to zrovna hodí, nebo k ní dopravit potřebné součástky.

Vzhledem k problémům, které by případná kolonizace Marsu přinesla, z dnešního pohledu není pravděpodobné, že se v budoucnu stane „druhou Zemí“.

4.9.2 Přesunutí Země

Další možností, jak o miliardy let prodloužit existenci života na Zemi, je posunout celou planetu dál od Slunce. Ačkoliv se tato myšlenka jeví jako neproveditelná, teoreticky by byla možná. Technické řešení bylo navrženo v roce 2001 ve studii Dona Korycanského, Gregeoryho Laughlina a Freda Adamse. Obsahovalo popis těsných průletů komety kolem Země. Kometa by musela mít v průměru zhruba sto kilometrů, aby byla schopná Zemi posunout; k samotnému posunutí by došlo díky tzv. gravitační pomoci. Jedná se o vzájemné předávání energie. Při průletu komety kolem Země by tato kometa Zemi předala část orbitální energie, načež by letěla dál od Slunce, kde by se (až za oběžnou dráhu Pluta) otočila a vracela se zpět kolem Jupitera. Při průletu kolem Jupitera by zase část energie získala zpět³³. Energii pro řízení komety, ke kterému by docházelo pomocí malých změn rychlosti, by mohl produkovat jaderný reaktor. Podle propočtů by takto musela kometa kolem Země proletět milionkrát v časových intervalech tisíc let. Za tuto dobu by se Země dostala přibližně na oběžnou dráhu Marsu, bylo by tedy nutné zajistit, aby na ní již Mars nebyl.

Hlavními problémy tohoto řešení však není existence Marsu na jeho oběžné dráze – pokud by lidstvo bylo schopné posunout Zemi, jistě by si poradilo i s Marsem. Mnohem větší obtíže budou opět způsobovat finanční prostředky potřebné pro takto náročnou misi, a také rizika, která by s sebou těsné průlety komety nesly. Pokud by došlo k chybě a kometa se srazila se Zemí, došlo by k vyhubení veškerého života. Problém může způsobit také Měsíc. Kometa při průletech může vychýlit jeho dráhu a zapříčinit, že Měsíc začne obíhat kolem Slunce a nikoliv kolem Země. Nejen, že by se bez Měsíce vychýlila osa Země, což by vedlo ke změnám klimatu, ale také by se mohl Měsíc se Zemí srazit; následky takové srážky by zřejmě byly ještě závažnější než srážka s kometou.

³³ Samozřejmě, když kometa získá při průletu kolem Jupitera část své energie zpět, znamená to, že Jupiter posune pro změnu kousek ke Slunci. Vzhledem k velké hmotnosti Jupitera je však takový posun zanedbatelný.

I tato alternativa, stejně jako osídlení Marsu, je velice časově i finančně náročná. Opět by muselo dojít ke spolupráci mnoha států a ochotě k velkým investicím, ačkoliv v průběhu života každého z těchto lidí nebude mít posun Země žádný významný vliv na život. Než by se Země dostala na oběžnou dráhu Marsu, uplynula by od zahájení celého procesu minimálně miliarda let.

„Naše pozemská zkušenost se pravděpodobně v kosmu donekonečna opakuje. Život se na planetách vyvíjí, aby jej nakonec zničilo světlo pomalu se zjasňující hvězdy. Je drsným přírodním faktem, že se životodárné hvězdy nakonec vždycky nějak pokazí.“³⁴

4.10 Současný význam kosmické bezpečnosti politiky

V předchozí části jsem popsala, jakým způsobem by mohl výzkum kosmu pomoci lidstvu přežít stále se zvětšující Slunce. Jedná se však o skutečnosti, které nastanou sice nevyvratitelně, avšak z pohledu lidí za velice dlouhou dobu. Proto současný význam kosmické bezpečnosti politiky a kosmických výzkumů vidím spíše ve zkoumání tzv. NEO objektů (Near-Earth Objects), tedy objektů blízkých Zemi. Jedná se o komety a asteroidy, které se díky gravitaci jim blízkých planet dostaly do blízkosti Země. Komety složené převážně z ledu a obsahující prachové částice se tvořily ve vnějších chladných částech planetárního systému; velké vnější planety (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun) se tvořily v době vzniku Sluneční soustavy z aglomerace milionů komet. Zbytky těchto komet můžeme dnes pozorovat. Naopak kamenné asteroidy vznikaly v „teplejších“ vnitřních částech Sluneční soustavy mezi oběžnými drahami Marsu a Jupitera; jedná se o kousky, které zbyly při tvorbě vnitřních planet naší soustavy.

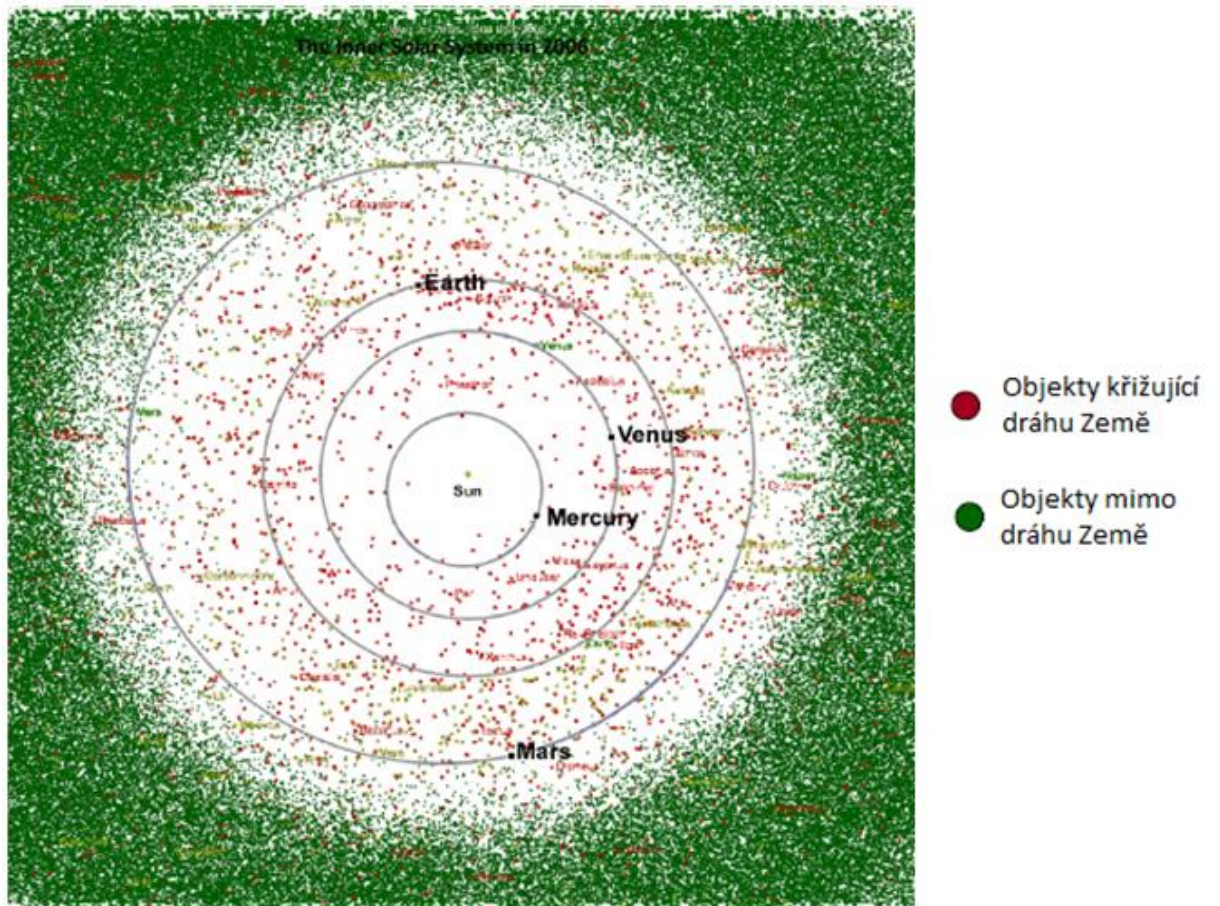
Právě komety a asteroidy mají velký význam pro výzkum počátků a vzniku Sluneční soustavy. Pokud totiž dokážeme důkladně prozkoumat materiály a chemické složky, ze kterých se skládají, potom budeme znát také chemické složení směsí, ze kterých před miliardami let vznikaly planety. Výzkum asteroidů a planet ovšem není důležitý pouze pro účely vědy a poznání počátků naší soustavy. Tato tělesa mohou být pro planetu Zemi nebezpečná, a jak bylo popsáno výše, mohou při srážce s planetou vyhladit téměř všechny život. Proto je důležité sledovat jejich dráhy a s předstihem předpovídat, jestli se nemohou křížit s oběžnou drahou Země.

³⁴ Ward, P., Brownlee, D.: op. cit. str. 235.

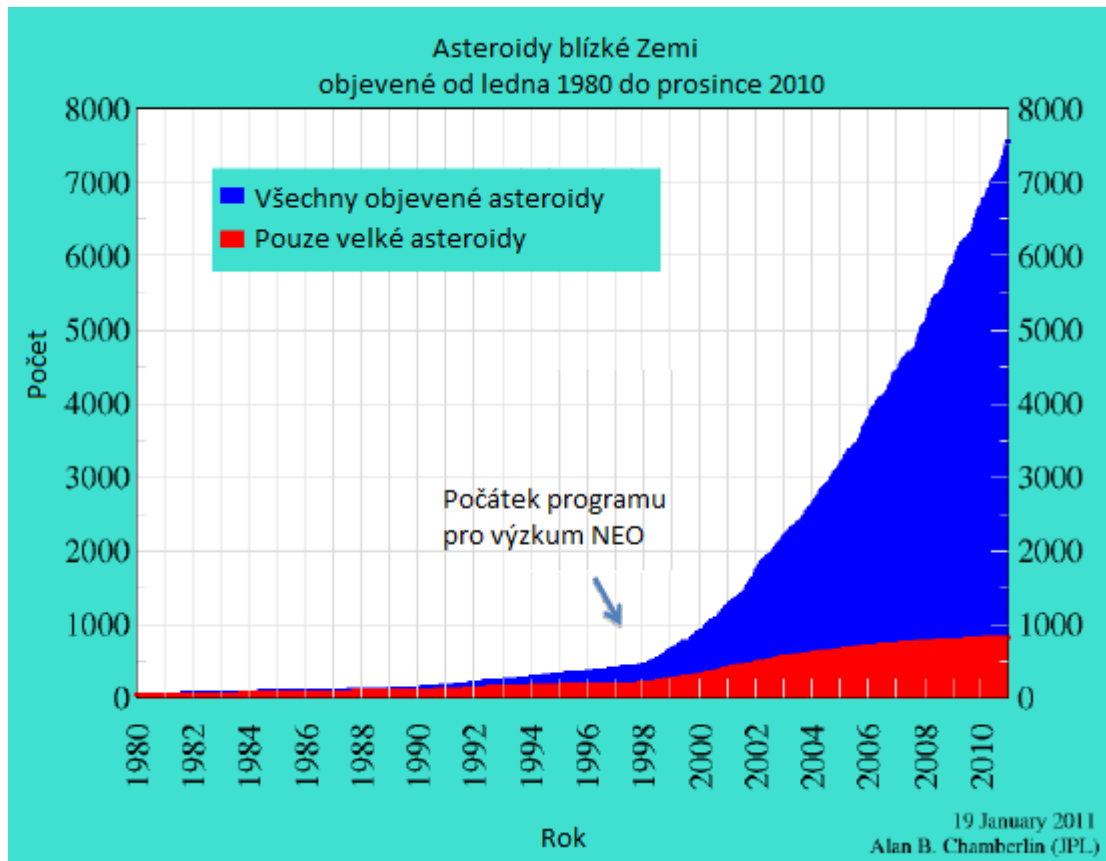
Důležitá je existence programu Spaceguard. Ten je zaštiťován NASA a zabývá se výzkumem NEO. Jeho součástí jsou jak týmy, které již fungují, tak i týmy, které se k práci teprve připravují. Dříve se při snaze objevit objekty blízké Zemi postupovalo tak, že byla focena tatáž část oblohy několikrát za sebou, v několika minutových intervalech. Následně došlo k porovnání snímků – hvězdy a galaxie byly na všech fotografiích na stejném místě, zatímco umístění NEO se muselo lišit.

V současnosti NEO týmy využívají spíše CCD kamery než fotografie. Jedná se o prvek běžně používaný ve videokamerách, avšak s větším rozlišením – používají se například kamery s rozlišením 2096 x 2096 pixelů (pro porovnání běžné kamery mají např. 1920x1080 pixelů). Ačkoliv CCD technologie dnešních detektorů umožňuje lepší citlivost a přesnost, samotný způsob, jakým dochází k vyhledávání NEO, je velmi podobný. Opět je snímána tatáž část oblohy v rozmezí několika málo minut a snímky jsou vzájemně porovnávány. Je-li takový objekt nalezen, určí se směr jeho pohybu prostřednictvím přesunutí jeho pozice do dalších snímků. Také jas nalezeného objektu je důležitý, lze z něj poznat, jak blízko Zemi se takový objekt nachází a jakou má velikost. Pro zjištění vzdálenosti od Země se dá využít i jiná skutečnost - například u objektu, který vypadá, že se velmi rychle pohybuje z jednoho snímku do druhého, se dá předpokládat, že je blízko Zemi.

Současným cílem NASA je objevit do 10 let minimálně 90% všech NEO, jejichž průměr je větší než 1km.

Obr. 8: Objekty nalezené k roku 2011³⁵

³⁵ Převzato z [13].

Obr. 9: Asteroidy blízké Zemi objevené v letech 1980 až 2010³⁶

Jak je vidět z posledního obrázku, program Spaceguard pro výzkum NEO má své opodstatnění. Počty objevených objektů blízkých Zemi, z nichž některé by Zemi mohly potenciálně ohrozit, začaly exponenciálně narůstat poté, co byl zahájen program pro výzkum NEO. To je jasným důkazem, že současná kosmická politika je důležitá pro budoucí bezpečnost planety Země.

4.11 Příklady meteoritů potenciálně křižujících dráhu Země

Následující tabulka ilustruje některé možné budoucí střety meteoritů se Zemí, které byly zjištěny pomocí systému Sentry. Jedná se o vysoce automatizovaný systém pro monitorování kolizí, který nepřetržitě snímá asteroidy, které by se v následujících sto letech mohly se Zemí střetnout. V tabulce číslo 1 jsou popsány meteority, které byly objeveny od poloviny února do poloviny dubna 2012. Je zde zaznamenáno jejich označení, roky, ve kterých může dojít k jejich střetu se Zemí, rychlost planetky vzhledem k Zemi a

³⁶ Převzato z [13]

odhadovaný průměr asteroidu. Tabulka také dává přehled o pravděpodobnosti, s jakou k dopadu dojde.

Samozřejmě, v uvedené tabulce nejsou uvedeny všechny objekty, které jsou mapovány a jejichž dráha by se mohla střetnout se Zemí. Neustále jsou zjišťovány nové informace, na základě kterých jsou objekty do seznamu přidávány nebo naopak vyřazovány – zjistíme-li, že již nejsou pro Zemi nebezpečné.

Objekt	Roky dopadu	Pravděpodobnost	Rychlost [km/s]	Průměr [km]
2012 DA14	2020-2057	$2 \cdot 10^{-4}$	6.14	0.045
2012 DW60	2083-2104	$1,6 \cdot 10^{-4}$	5.39	0.017
2012 ES10	2054-2064	$1,3 \cdot 10^{-6}$	24.36	0.061
2012 EK5	2070-2111	$3 \cdot 10^{-5}$	15.13	0.026
2012 DJ54	2068-2112	$1,8 \cdot 10^{-4}$	5.43	0.007
2012 BA102	2104-2112	$6 \cdot 10^{-6}$	7.24	0.017
2012 EP10	2063-2111	$9,2 \cdot 10^{-5}$	2.80	0.005
2012 CU	2040-2100	$1,3 \cdot 10^{-6}$	10.93	0.021
2012 EZ1	2079-2107	$1,9 \cdot 10^{-7}$	13.61	0.006
2012 GD	2036-2036	$6 \cdot 10^{-10}$	8.74	0.014

Tabulka 1: Příklady meteoritů křížujících dráhu Země³⁷

³⁷ Převzato z [37]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

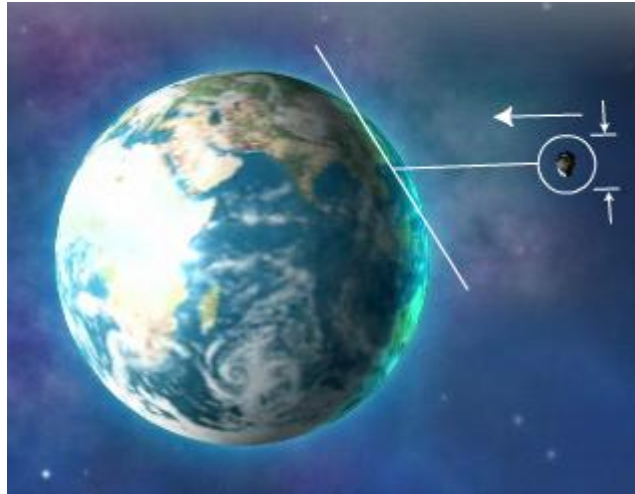
5 NÁSLEDKY SRÁŽKY PLANETY ZEMĚ S METEORITY

5.1 Způsob simulace

V praktické části jsem se zaměřila na simulace dopadu meteoritů na zemský povrch. K této simulaci jsem využila aplikaci, kterou v roce 2002 vytvořila NASA, ale byla upravena na Purdue University a Imperial College London tak, aby byla v online verzi dostupná běžným uživatelům. Je možné ji najít na adrese www.purdue.edu/impactearth.

Na úvodní stránce nastavíme vlastnosti meteoritu, jehož srážku se Zemí chceme zkoumat. Musíme zadat jeho průměr a hustotu materiálu, ze kterého se skládá. K dispozici je i několik předdefinovaných možností, a to led s hustotou 1000 kg/m^3 , porézní kámen s hustotou 1500 kg/m^3 , kámen s hustotou 3000 kg/m^3 a železo s hustotou 8000 kg/m^3 . Dále je nutné určit, jakou rychlostí a pod jakým úhlem vesmírný projektil na zemský povrch dopadne. Rozpětí úhlu dopadu je mezi 0° a 90° a rychlost můžeme volit od 11 km/s do 72 km/s . Na obrázku č. 10 vidíme meteorit, který dopadá na Zemi rychlostí 30 km/s pod úhlem 60° . V reálných podmínkách se meteority obvykle pohybují rychlostí od 20 do 30 km/s , avšak může se stát, že se bude pohybovat proti směru pohybu Země. Potom bychom museli k jeho rychlosti ještě přičíst rychlost pohybu naší planety, což je asi 30 km/s . Vidíme, že v takovém případě může meteorit dopadnout na Zemi až rychlostí 60 km/s .

Nyní již pouze zbývá zadat, do jakého typu oblasti meteorit dopadne. Může se jednat o vodní hladinu, kde je vyžadována dodatečná informace o hloubce vody, o sedimentární nebo o krystalické horniny. Nakonec udáváme vzdálenost pozorovatele od místa dopadu.

Obr. 10: Dopad meteoritu pod úhlem 60° ³⁸

V následující části porovnávám účinky dopadu ledového a kamenného meteoritu, které letí rychlostí 25 km/s a pod úhlem 40° dopadnou na sedimentární horninu. Dále srovnávám dopad kamenného a železného meteoritu, z nichž jeden dopadne do vody o hloubce 550 m, druhý o hloubce 1000 m, oba mají rychlost 50 km/s a dopadají pod úhlem 80° .

V tabulkách jsou uvedeny údaje o rychlostech meteoritů, výšce, ve které dochází k rozpadu na fragmenty, i o uvolněné energii. Dále obsahují frekvenci, s jakou daný typ tělesa dopadne na Zemi, a popis následků, které by jeho dopad způsobil, např. velikost a hloubku vzniklého kráteru, seizmické efekty a globální změny. Pod položkou globální změny v tomto případě rozumíme vliv na délku dne, na sklon zemské osy nebo na oběžnou dráhu Země. Nejedná se tedy o popis vlivu na život a životní prostředí na planetě, jak by mohl název mylně napovídat. Minimální vliv na globální změny znamená, že dopad meteoritu nemá viditelný vliv na sklon zemské osy (vliv je menší než 5 setin stupně), ani není posunuta oběžná dráha Země.

Pro srovnání dále u každého meteoritu uvádím efekty ve vzdálenosti 50, 500 a 5000 km; jedná se o čas, v jakém dorazí tlaková vlna do dané vzdálenosti, rychlost větru vyvolaného dopadem a hladinu hluku, který ve zvolené vzdálenosti uslyšíme. V některých případech je také popsána vyvolaná vlna tsunami (v případě, že dojde k dopadu do vody), důsledky tepelného záření a doba, za kterou bude v dané oblasti zaznamenáno zemětřesení.

³⁸ Převzato z [27]

Z důvodu lepší představivosti ještě uvedu několik tabulek, které popisují, jak se efekty, číselně popsané v další části, ve skutečnosti projevují.

Energie v J	Energie vyjádřená v množství TNT
$6,96 \cdot 10^{14}$	0,17 Mt
$6,23 \cdot 10^{16}$	14,9 Mt
$2,73 \cdot 10^{18}$	652 Mt
$4,09 \cdot 10^{19}$	9770 Mt

Tabulka 2: Energie vyjádřená v Mt TNT

Hladina intenzity zvuku	Příklad zvuku
0	Práh sluchu
20	Šum listí
40	Tlumený hovor
60	Hlasitý hovor
70	Frekventovaná ulice
80	Tunel metra
90	Jedoucí vlak
100	Hluk motorky
120	Start letadla
130	Práh bolesti

Tabulka 3: Příklady zvuků o dané intenzitě ³⁹

V následující tabulce je stručně uvedeno, jaké následky by měla tlaková vlna způsobená dopadem meteoritu, která vyvolá v dané vzdálenosti popsany hluk a vítr (bude uvedeno v tabulkách popisujících dopady meteoritů v následující kapitole).

³⁹ Převzato z [29]

Vzdálenost od místa dopadu [km]	Vyvolaná úroveň hluku [dB]	Rychlost větru [m/s]	Tlaková vlna [kPa]	Popis následků
50	86	45,6	21	Rozbitá okna, strženo asi 30% stromů
	93	101	116	Rozbitá okna, strženo až 90% stromů, zhroucení nosných stěn budov, poškození dálničních mostů
	123	904	1370	Rozbitá okna, strženo až 90% stromů, zhroucení nosných stěn budov a dálničních mostů, možnost odnesení osobních i nákladních automobilů
500	83	30,8	13,8	Rozbitá okna
	88	55,1	25,8	Stržení vnitřních příček dřevěných staveb, vážné poškození střech, rozbitá okna, strženo asi 30% stromů
	101	195	117	Rozbitá okna, strženo až 90% stromů, zhroucení nosných stěn budov, poškození dálničních mostů

Tabulka 4: Následky tlakových vln

V další tabulce jsou popsány následky zemětřesení v příslušné vzdálenosti.

Síla zemětřesení [stupně Richterovy škály]	Vzdálenost od ohniska zemětřesení [km]	Následky
5,4	50	Mírné poškození, posunutí nábytku, opadáva omítka; zanedbatelné poškození na kvalitně postavených budovách, poškození špatně postavených budov, rozbité komíny
	500	Lidé zemětřesení nepocítí, ale seizmografické přístroje ho mohou zachytit
	5000	Lidé zemětřesení nepocítí, ale

		seizmografické přístroje ho mohou zachytit
6,5	50	V budovách dobré konstrukce zanedbatelná škoda, budovy horší konstrukce poškozeny, pády komínů
	500	Téměř neznatelné, pozorovatelné pouze několika osobami zejména ve vyšších patrech budov
	5000	Lidé zemětřesení nepocítí, ale seizmografické přístroje ho mohou zachytit
8,3	50	Většina zdiva i konstrukce domů jsou poničeny, a to včetně základů; zničené mosty, vážné škody na přehradách, velké sesuvy půdy, ohnuté kolejnice; podzemní potrubí mimo provoz
	500	Citelné zejména uvnitř budov, v noci může některé obyvatele probudit; narušení oken i dveří, praskání nádobí, stojící automobily se výrazně třesou, nestabilní objekty se mohou převrátit, kyvadlové hodiny zastavit
	5000	Lidé zemětřesení nepocítí, ale seizmografické přístroje ho mohou zachytit
9,2	50	Většina zdiva i konstrukce domů jsou poničeny, a to včetně základů; zničené mosty, vážné škody na přehradách, velké sesuvy půdy, ohnuté kolejnice; podzemní potrubí mimo provoz
	500	Citelné zejména uvnitř budov, v noci může některé obyvatele probudit; narušení oken i dveří, praskání nádobí, stojící automobily se výrazně třesou, nestabilní objekty se mohou převrátit, kyvadlové hodiny zastavit
	5000	Téměř neznatelné, pozorovatelné pouze několika osobami zejména ve vyšších patrech budov

Tabulka 5: Následky zemětřesení

5.2 Dopady modelových typů meteoritů

V praktické části jsem se věnovala porovnání důsledků dopadů několika typů meteoritů. Nejprve srovnávám dopad ledového a kamenného meteoritu, oba letí rychlostí 25 km/s a pod úhlem 40° dopadají na sedimentární horninu.

Meteorit z ledu, letící rychlostí 25 km/s, dopadne na sedimentární horninu pod úhlem 40°			
Průměr	20 m	200 m	2000 m
Výška počínajícího rozpadu na fragmenty [km]	86,8	86,8	-
Výška rozpadu na mračno fragmentů [km]	32,8	-	-
Zbytková rychlost fragmentů po rozpadu nebo rychlost dopadu (pokud nedojde k rozpadu) [km/s]	17,1	5,46	-
Dopadová energie [J]	$6,96 \cdot 10^{14}$	$6,23 \cdot 10^{16}$	-
Průměr kráteru [m]	-	1540	20500
Hloubka kráteru [m]	-	327	734
Efekt ve vzdálenosti 50 km	Tlaková vlna 3,2 minuty po dopadu, rychlost větru 0,175 m/s, hladina hluku 37 dB	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru 7,7 m/s, hladina hluku 70 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru 904 m/s, hladina hluku 123 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu, popáleniny 3. stupně, hoří stromy i tráva
Efekt ve vzdálenosti 500 km	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 0,0654 m/s, hladina hluku 29 dB	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 0,637 m/s, hladina hluku 49 dB,	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 30,8 m/s, hladina hluku 83 dB,

		zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu	zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu
Efekt ve vzdálenosti 5000 km	Efekt ve vzdálenosti 5000 km nebude zaznamenán.	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 0,0631 m/s, hladina hluku 29 dB, zemětřesení 16,7 minut po dopadu	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 1,8 m/s, hladina hluku 58 dB, zemětřesení dorazí 16,7 minut po dopadu
Frekvence dopadu	44,9 let	$1,5 \cdot 10^4$ let	$1,9 \cdot 10^6$ let
Zemětřesení [stupně Richterovy škály]	-	5,4	8,3
Globální změny	-	Minimální	Minimální

Tabulka 6: Ledový meteorit s rychlostí 25 km/s

Meteorit z kamene, letící rychlostí 25 km/s, dopadne na sedimentární horninu pod úhlem 40°			
Průměr	20 m	200 m	2000 m
Výška počínajícího rozpadu na fragmenty [km]	60,2	60,2	-
Výška rozpadu na mračno fragmentů [km]	22,9	-	-
Zbytková rychlost fragmentů po rozpadu nebo rychlost dopadu (pokud nedojde k rozpadu) [km/s]	16,5	20,8	-
Dopadová energie [J]	$2,21 \cdot 10^{15}$	$2,73 \cdot 10^{18}$	-
Průměr kráteru [m]	-	3740	31100
Hloubka kráteru [m]	-	440	833
Efekt ve vzdálenosti 50 km	Tlaková vlna 2,78 minuty po dopadu, rychlost větru	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru

	0,986 m/s, hladina hluku 52 dB	45,6 m/s, hladina hluku 86 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu, popáleniny 1. stupně	1400 m/s, hladina hluku 130 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu, popáleniny 3. stupně, hoří stromy i tráva
Efekt ve vzdálenosti 500 km	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 0,0941 m/s, hladina hluku 32 dB	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 2,35 m/s, hladina hluku 60 dB, zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 55,1 m/s, hladina hluku 88 dB, zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu, popáleniny 1. stupně
Efekt ve vzdálenosti 5000 km	Efekt ve vzdálenosti 5000 km nebude zaznamenán.	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 0,223 m/s, hladina hluku 40 dB, zemětřesení 16,7 minut po dopadu	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 2,67 m/s, hladina hluku 61 dB, zemětřesení dorazí 16,7 minut po dopadu
Frekvence dopadu	104,7 let	$4,1 \cdot 10^4$ let	$4,4 \cdot 10^6$ let
Zemětřesení [stupně Richterovy škály]	-	6,5	8,6
Globální změny	-	Minimální	Minimální

Tabulka 7: Kamenný meteorit s rychlostí 25 km/s

Z tabulek vyplývá, že dopad ledového meteoritu o daných rozměrech je 2x až 3x častější než dopad stejně velkého kamenného meteoritu. Naopak způsobené následky budou u ledového tělesa menší; tato skutečnost logicky plyne z třikrát menší hustoty oproti kamennému meteoritu. Tlaková vlna dorazí do vzdálenosti 50, 500 i 5000 km za stejný časový interval, ale její následky budou několikrát slabší, např. u tělesa z ledu o průměru 200 m způsobí tlaková vlna ve vzdálenosti 500 km vítr o rychlosti 0,637 m/s, kdežto u kamenného meteoritu je to 2,35 m/s. Jedná se samozřejmě rychlosti o poměrně malé, ale v poměru vidíme, že u dopadu kamenného tělesa je vyvolaná rychlost téměř 4x větší.

V tabulkách není uvedeno, jak ovlivní následky změna úhlu dopadu meteoritu. Předpokládejme tedy, že se Země střetne s tělesem o průměru 5000 m, hustotě 1500 kg/m^3 , které letí rychlostí 45 km/s a dopadne na krystalickou horninu napřed pod úhlem 1° , pak pod úhlem 2° . Mohlo by se zdát, že efekt dopadu bude téměř stejný, opak je však pravdou. Při dopadu pod úhlem 1° vznikne kráter o průměru 3,13 km s hloubkou 666 m, zatímco při úhlu 2° je průměr 9,13 km a hloubka 575 m. Růst průměru kráteru však není lineární. Simulujeme-li dopad pod úhly 75° a 76° , dostáváme rozměry kráteru 80,9 km a 81,1 km v průměru; hloubka obou kráterů bude 1,11 km. Vidíme tedy, že rozdíl není zdaleka tak markantní jako při srovnání 1° a 2° .

Údaje v tabulce uvádí, že při dopadu ledového meteoritu letícího rychlostí 25 km/s o velikosti 200 m vznikne kráter s průměrem 1,54 km. Pro porovnání uvádím obrázek Barringerova kráteru v Arizoně, který byl vytvořen meteoritem o průměru 1,2 km.



Obr. 11: Barringerův kráter v Arizoně⁴⁰

V následujících tabulkách porovnávám dopad kamenného a železného meteoritu, oba letící rychlostí 50 km/s. Oba dopadnou na vodní hladinu, to znamená, že způsobí vlnu tsunami, která v předchozí části nenastala. Kamenný meteorit dopadne do vody o hloubce 550 m,

⁴⁰ Převzato z [31]

železný do vody o hloubce 1000 m. Zajímavou skutečností je, že v případě meteoritu o průměru 2000 m dorazí několikametrová vlna tsunami až do vzdálenosti 5000 km. Podíváme-li se však na frekvenci dob dopadu takových těles, vidíme, že se jedná řádově o 10^7 let; odtud plyne, že pravděpodobnost dopadu takového tělesa je velmi malá.

Meteorit z kamene, letící rychlostí 50 km/s, dopadne do vody o hloubce 550 m pod úhlem 80°			
Průměr	20 m	200 m	2000 m
Výška počínajícího rozpadu na fragmenty [km]	71,3	71,3	-
Výška rozpadu na mračno fragmentů [km]	17,2	-	-
Zbytková rychlost fragmentů po rozpadu nebo rychlost dopadu (pokud nedojde k rozpadu) [km/s]	28	46,9	-
Dopadová energie [J]	$1,08 \cdot 10^{16}$	$1,38 \cdot 10^{19}$	
Průměr kráteru [m]	-	3470	47100
Hloubka kráteru [m]	-	430	944
Efekt ve vzdálenosti 50 km	Tlaková vlna 2,67 minut po dopadu, rychlost větru 4,88 m/s, hladina hluku 66 dB, vlna tsunami menší než 10 cm	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru 109 m/s, hladina hluku 95 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu; popáleniny 3. stupně,	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru 2400 m/s, hladina hluku 139 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu, hrozí popáleniny

		hoří stromy i tráva, tsunami 11,4 minut od dopadu ve výšce 4,71 až 92,3 m	3. stupně, hořely by stromy i tráva, ale daná lokalita je uvnitř prostoru, kde vznikají vlny tsunami
Efekt ve vzdálenosti 500 km	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 0,0204 m/s, hladina hluku 19 dB, vlna tsunami menší než 10 cm	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 4,26 m/s, hladina hluku 65 dB, zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu, tsunami dorazí 1,91 hodin od dopadu, vlna menší než 9,23 m	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 117 m/s, hladina hluku 96 dB, zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu, popáleniny 3. stupně, hoří stromy i tráva, vlna tsunami dorazí 1,89 hodin po dopadu, výška 28,6 až 57,2 m
Efekt ve vzdálenosti 5000 km	Efekt ve vzdálenosti 5000 km nebude zaznamenán.	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 0,384 m/s, hladina hluku 44 dB, zemětřesení 16,7 minut po dopadu, tsunami dorazí 19,1 hodin od dopadu, vlna menší než 0,92 m	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 4,46 m/s, hladina hluku 66 dB, zemětřesení dorazí 16,7 minut po dopadu, vlna tsunami dorazí 18,9 hodin po dopadu, výška 2,86 až 5,72 m
Frekvence dopadu	304,5 let	$6,2 \cdot 10^4$ let	$1,3 \cdot 10^7$ let
Zemětřesení [stupně Richterovy škály]	-	6,2	8,9

Globální změny	-	Minimální	Minimální
----------------	---	-----------	-----------

Tabulka 8: Kamenný meteorit s rychlostí 50 km/s

Meteorit ze železa, letící rychlostí 50 km/s, dopadne do vody o hloubce 1000 m pod úhlem 80°			
Průměr	20 m	200 m	2000 m
Výška počínajícího rozpadu na fragmenty [km]	31,4	31,5	-
Výška rozpadu na mračno fragmentů [km]	6,18	-	-
Zbytková rychlost fragmentů po rozpadu nebo rychlost dopadu (pokud nedojde k rozpadu) [km/s]	23,6	49,4	-
Dopadová energie [J]	$3,26 \cdot 10^{16}$	$4,09 \cdot 10^{19}$	-
Průměr kráteru [m]	-	6260	69600
Hloubka kráteru [m]	-	514	1060
Efekt ve vzdálenosti 50 km	Tlaková vlna 2,54 minut po dopadu, rychlost větru 12,3 m/s, hladina hluku 75 dB, vlna tsunami menší než 10 cm	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru 193 m/s, hladina hluku 101 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu; popáleniny 3. stupně, hoří stromy i tráva, vlna tsunami 8,51 minut od dopadu ve výšce 15,9 až 199 m	Tlaková vlna 2,53 minut po dopadu, rychlost větru 3490 m/s, hladina hluku 146 dB, zemětřesení dorazí 10 s po dopadu, hrozí popáleniny 3. stupně, hořely by stromy i tráva, ale daná lokalita je uvnitř prostoru, kde vznikají vlny tsunami
Efekt ve vzdálenosti 500 km	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 0,923 m/s, hladina hluku 52 dB, vlna tsunami menší než	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 6,49 m/s, hladina hluku 69 dB,	Tlaková vlna 25,3 minut po dopadu, rychlost větru 195 m/s, hladina hluku 101 dB,

	10 cm	zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu, tsunami 1,42 hodin od dopadu, vlna menší než 19,9 m	zemětřesení dorazí 1,67 minut po dopadu, popáleniny 3. stupně, hoří stromy i tráva, vlna tsunami dorazí 1,4 hodin po dopadu, výška 72,1 až 144 m
Efekt ve vzdálenosti 5000 km	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 0,0908 m/s, hladina hluku 32 dB, vlna tsunami menší než 10 cm	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 0,553 m/s, hladina hluku 47 dB, zemětřesení 16,7 minut po dopadu, tsunami 14,2 hodin od dopadu, vlna menší než 1,99 m	Tlaková vlna 4,21 hodin po dopadu, rychlost větru 6,55 m/s, hladina hluku 69 dB, zemětřesení dorazí 16,7 minut po dopadu, tsunami dorazí 14 hodin po dopadu, výška 7,21 až 14,4 m
Frekvence dopadu	648,1 let	$1,3 \cdot 10^5$ let	$2,7 \cdot 10^7$ let
Zemětřesení [stupně Richterovy škály]	-	6,8	9,2
Globální změny	-	Minimální	Minimální

Tabulka 9: Železný meteorit s rychlostí 50 km/s

Dále můžeme pozorovat, že i při dopadu meteoritu o průměru 2000 km ze železa nastává minimální vliv na globální změny, tedy na délku dne, rotaci kolem zemské osy nebo oběh Země kolem Slunce. Aby se globální změny tohoto charakteru nějak výrazně projevíly, muselo by na Zemi dopadnout těleso mnohem větší.

Pokud zvolíme pro simulaci kamenné těleso o průměru 10 km, které dopadne rychlostí 35 km/s a pod úhlem 60° na sedimentární horninu, vidíme, že se změní délka dne o 2,15 ms, ale na oběžné dráze Země se dopad opět neprojeví. Pro srovnání, meteorit o průměru zhruba 10 km vedl před 65 miliony let k vyhynutí dinosaurů.

Jak velký by tedy musel být objekt, který dokáže výrazněji pozměnit rotaci a oběžnou dráhu Země? Kdyby došlo ke srážce Země s objektem, jehož průměr by byl oproti Zemi desetinový (zhruba 1200 km), potom by se mohla délka dne změnit až o 6,66 hodin a došlo

by k roztavení 7,45% zemské hmoty. Ani takový náraz by však výrazněji nevychýlil oběžnou dráhu Země kolem Slunce. Uklidňující ovšem může být fakt, že průměrný interval mezi dopady objektů této velikosti je delší než věk Země; to znamená, že naposledy srážka s takto velkým tělesem mohla nastat v době formování Země někdy před 4 až 4,5 miliardami let.

Pro zajímavost ještě uvedu následky srážky s tělesem poloviční velikosti oproti Zemi, tedy s planetkou o průměru asi 6000 km. Ta by způsobila roztříštění celé Země na menší části, které by vytvořily nový pás asteroidů, které by obíhaly kolem Slunce mezi Venuší a Marsem.

ZÁVĚR

V diplomové práci jsem chtěla ukázat důležitost vesmírné bezpečnostní politiky. Abych dosáhla tohoto cíle, snažila jsem se přiblížit význam využití vesmírných programů pro zvýšení bezpečnosti lidstva. Jednalo se zejména o kombinaci navigačního systému Galileo a programu GMES (Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti). Zde jsem popsala nebo alespoň zmínila všechny funkce, které tyto programy nabízí a v budoucnu nabízet budou. Některé z nich se přímo nevztahovaly k bezpečnostní komunitě, jako například monitoring klimatických změn, znečištění moří apod., ale některé naopak spadaly přímo do této oblasti. Jednalo se zejména o možnost monitorovat ilegální přechody hranic, sledovat, kde vzniká ilegální těžba dřeva nebo nerostných surovin, což může přispívat ke zvýšení kriminality a napětí v dané oblasti. Také je možné pomocí vesmírného programu GMES urychlit vyhledávání osob na moři; obecně by k rychlejšímu vyhledávání osob měl přispět i systém Galileo, díky své podpoře obousměrné komunikace.

Dále jsem se v práci věnovala následkům, které by způsobil dopad meteoritu na Zemi. Je sice poměrně nepravděpodobné, že v nejbližší době dojde k dopadu meteoritu o takové velikosti, která by mohla silně ovlivnit život na planetě Zemi, ale to neznamená, že se jedná o skutečnost, o kterou bychom se neměli zajímat. V práci vysvětluji, proč je důležité již nyní objekty blízké Zemi monitorovat.

Jedním z cílů práce také bylo popsat futuristické vize ochrany proti hrozbám z kosmu. Největší a nevyhnutelnou hrozbou, která Zemi čeká, je naše „vlastní“ Slunce. Právě to se totiž postupem času zvětšuje a za určitou dobu se díky němu teplota na Zemi zvýší natolik, že se naše planeta stane neobyvatelnou. Lidé se zajisté budou snažit vynalézt způsob, jak zachránit svou existenci, bude-li to možné. V práci popisují zatím nerealizovatelné způsoby, jak by k záchraně lidstva v budoucnosti mohlo dojít. Dnes se stěhování na jinou planetu či posunutí samotné Země zdá nemožné, ale možná existuje nepatrná naděje, že by se lidstvu nakonec mohlo podařit smrt modré planety přežít.

Z výše zmíněných důvodů je jasné, že kosmická bezpečnostní politika je zásadní pilíř pro budoucí bezpečnost lidstva. K jejímu rozvoji došlo převážně v několika posledních desítkách let; v minulosti se sice vzdělanci vždy o vesmír a o jeho zákonitosti zajímali, avšak nebyli technicky na takové úrovni, aby mohli získat poznatky, jaké máme dnes.

Dle mého názoru je v oblasti vesmírné bezpečnostní politiky podstatné, že byla uzavřena tzv. Kosmická smlouva. Podle této smlouvy jsou státy zavázány využívat vesmír jen

k mírovým účelům, kosmický prostor nemůže být součástí národní suverenity a není možné v něm budovat vojenské základny nebo instalovat jaderné zbraně a zbraně hromadného ničení. Tato smlouva už však nemluví o konvenčních zbraních, které mohou být také nebezpečné (např. proti-satelitní zbraňové systémy by mohly vyřadit z provozu globální navigační systémy, což by mohlo výrazně narušit např. řízení letecké dopravy daného státu). Myslím, že by bylo vhodné použití konvenčních zbraní v kosmu právně upravit.

Dalším problémem je absence právního rámce, který by jednoznačně vymezoval bezpečnost v kosmickém prostoru a byl společný pro všechny státy. Dnes sice existují nejrůznější normy a doporučení, které se bezpečnosti v kosmickém prostoru týkají, ale nejsou nijak vynutitelné. Proto považuji za zásadní, aby v nejbližší době došlo k přijetí smlouvy tohoto typu.

Z hlediska budoucích generací je důležité, jak již bylo zmíněno výše, aby nedošlo k zastavení rozvoje výzkumu kosmu a kosmických objektů blízkých Zemi. Avšak tato činnost vyžaduje značné množství finančních prostředků, což může být problematické vzhledem k faktu, že se často nedostává financí na aktuálně potřebnější záležitosti. Z tohoto důvodu je zřejmé, že není možné, aby se kosmickému výzkumu věnovaly státy samostatně. Naopak je přímo nezbytná kooperace a vzájemná spolupráce, bez níž nelze úspěchů na tomto poli dosáhnout.

Budeme-li pohlížet na kosmickou bezpečnostní politiku z hlediska technologie komerční bezpečnosti, zjistíme, že se jedná o značně problematickou záležitost. V současnosti nepředpokládáme, že by byla Země v ohrožení nějakým druhem „útoků“ z vesmíru; sem zahrnuji jak nebezpečí přicházející ze samotného kosmu, jako je gama-záření nebo dopad meteoritu, tak činnost lidstva, která by bezpečnost Země mohla negativně ovlivnit. V tomto případě by se mohlo jednat například o snahu vyřadit z provozu satelity GPS (v budoucnu také družice systému Galileo a Sentinel, které využívá Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti). Takové napadení by mohlo mít nejen následky ve ztížení letecké dopravy, jak jsem zmínila už výše, ale v konečném důsledku by nastaly hlavně výrazné ekonomické ztráty. Také by státy využívající zmíněné navigační systémy ztratily významný zdroj relevantních informací, což by mohlo v krajním případě iniciátorovi útoku usnadnit napadení daného státu. Kdyby došlo k popsané situaci, její řešení by nejspíše spadalo pod pravomoc státních orgánů.

V práci jsem sice zdůraznila nezbytnost monitorování objektů blízkých Zemi, avšak výdaje na tyto aktivity jsou natolik vysoké, že není pravděpodobné, aby se jim věnovala právě sféra komerční bezpečnosti, ačkoliv se v konečném důsledku jedná právě o bezpečnost celého lidstva. Navíc, nejedná se o činnost, která by byla vhodným předmětem podnikání na trhu, z důvodu neexistence „klientů“, kteří by za dané služby platili. Opět se zde financování prostřednictvím státu (ideálně společně sdílené několika státy) jeví jako nezbytné.

Propojení vesmírné bezpečnostní politiky a průmyslu komerční bezpečnosti proto vidím spíše v činnostech souvisejících s futurologií, které se velká část mé práce také věnuje. Odborníci na poli futurologie jsou užiteční při vědeckém předvídání. Využití futurologických metod vede k vědecky podloženým závěrům, které napovídají, jakým směrem by se technologická řešení měla ubírat a nastiňuje problémy, které je nutné řešit. Samotné technologické provedení a řešení situací týkajících se budoucí bezpečnosti lidstva je však natolik komplexní, že není proveditelné pro jednotlivé podniky komerční bezpečnosti.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of my thesis is to show how important is space security and how can space security policy improve the mankind's future security. It is especially a combination of navigation system Galileo and GMES (Global Monitoring for Environment and Security). I have described or at least mentioned all the functions, which can be offered in future. Some of them are not connected directly to the security community, for example monitoring of climate changes, some of them can be used in security much better, such as the opportunity to observe illegal crossing of borders or illegal logging of timber. It is possible to improve the localization of people at sea by using program GMES. In general, system Galileo can help with localization of people, too.

I have also described consequences of a possible meteorite impact. It is improbable that there will be a meteorite impact in the next few years, which would seriously affect life on the Earth. But it doesn't mean that we shouldn't care about these facts. In my thesis I explain why it is so important to monitor the Near-Earth Objects (NEO).

One of the aims of the thesis is to describe futuristic visions of protection against threats from space. The biggest and unavoidable threat is our "own" Sun. The Sun is growing in size and during time it is going to cause such high temperature of the Earth that it will be inhabitable. I'm sure that people will try to save themselves – in the thesis I describe yet unfeasible ways how to save our mankind. Migration to another planet or moving of the Earth seems to be impossible but there might be a slight hope that people could survive the death of the Earth.

Because of the reasons described above cosmic security policy is a basic pillar for mankind's future security. Cosmic security policy has developed in the last few decades. In the past, scholars always were interested in space but the technical level was not so high as today.

In my opinion it is very important that The Outer Space Treaty was made. According to the Treaty, states have to use space for peaceful purposes, space cannot be a part of a national sovereignty and it is prohibited to build military bases or to install nuclear weapons in there. However, there is no mention about conventional weapons which could be also dangerous. For example, anti-satellite weapons could decommission global navigation systems which could cause problems in air traffic control. I think that the use of conventional weapons should be regulated.

There is no legal framework which would clearly define the security in space and which would be common for all states. Of course there are some standards and recommendations but none of them can be forced. Therefore I consider essential to enter into a contract of such type.

From the point of view of next generations it is important to continue the research of space and the NEO. This requires a certain amount of financial resources which can be problematic – there are not enough financial resources for currently more important matters. Because of this we can see that for states it is not possible to research space on their own. Cooperation and interaction between states is necessary for achieving success.

From the point of view of commercial security technology cosmic security is very complicated. Currently we do not expect any kind of “attack” from space. The “attack” means danger coming from space on the one hand (e.g. gamma-radiation or meteorite impact) and human activities on the other. In this case it could be decommissioning of the GPS satellites (in the future Galileo satellites or Sentinels important for GMES). This kind of attack would cause problems with air traffic control and consequently significant economic losses. The states which use satellite navigation systems would lose the source of relevant information which could be an advantage for other states planning an attack on this state. The state authorities would probably have to solve this kind of situation (not the commercial security industry).

In my thesis I have highlighted the necessity of monitoring the NEO. This kind of activity requires so much financial resources that it is impossible for commercial security industry to carry them out. Moreover, it is not suitable to run business in monitoring the NEO or something like this. There are no clients who would pay for these services. State funding is again necessary.

Therefore I see a connection between cosmic security policy and commercial security industry in futurology which is also a part of this work. Experts in futurology can offer scientifically based conclusions. It can show the problems which has to be solved. But the real solution of this kind of problems is so complex and expensive that it is not feasible for commercial security industry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MIROVSKÝ, Ondřej. Co je program GMES?. [online]. 7. 7. 2006[cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.czechspace.cz/cs/gmes>
- [2] ŠILHAN, Vladimír. Stav a trendy zajišťování bezpečnosti kosmického prostoru. In: [online]. 2011 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://ceses.cuni.cz/CESES-65-version1-TRS_WP_07.pdf
- [3] ORBITAL DEBRIS EDUCATION PACKAGE. NASA JOHNSON SPACE CENTER. *Orbital Debris Program Office* [online]. [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/EducationPackage.pdf>
- [4] European GNSS Agency. [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.gsa.europa.eu/>
- [5] Národní kosmický plán. [online]. [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/mezinarodni-vztahy/vyzkum-a-vyvoj-1/narodni-kosmicky-plan>
- [6] REES, Martin. *Naše poslední hodina : Přežije lidstvo svůj úspěch?*. První. Praha : Dokořán, s. r. o., 2005. 232 s. ISBN 80-7363-004-4.
- [7] WARD, Peter a Donald BROWNLEE. *Život a smrt planety Země*. První. Praha : Dokořán, s. r. o., 2004. 263 s. ISBN 80-86569-75-6.
- [8] MALENOVSKÝ, Jiří. Otazníky kosmického práva: Kosmický prostor. [online]. 1978[cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://mek.kosmo.cz/zaklady/pravo/malen78.htm>
- [9] *Kosmický kurýr: Informační měsíčník Czech Space Office*[online]. 2007 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://alv-cr.cz/Download/Kosmicky_kuryr.pdf
- [10] PINDJÁK, Peter. Kosmický prostor v dnešní bezpečnostní politice. In: *Natoaktual.cz: Oficiální portál Informačního centra o NATO* [online]. 18. 7. 2011 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://www.natoaktual.cz/kosmicky-prostor-v-dnesni-bezpecnostni-politice-fbs-/na_analyzy.aspx?c=A110718_144841_na_analyzy_m02
- [11] *Space Security 2011: Executive summary* [online]. 2011[cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.spacesecurity.org/executive.summary.2011revised.PDFversion.pdf>
- [12] *Space and security policy in Europe: Executive summary* [online]. 2003[cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.iss.europa.eu/uploads/media/occ48.pdf>
- [13] YEOMANS, Don. NASA's Near-Earth Object Program: Spaceguard. [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/pres/stsc2011/tech-42.pdf>
- [14] MINISTERSTVO DOPRAVY. *Odbor kosmických technologií a družicových systémů* [online]. 2011 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.spacedepartment.cz/3-sekce/galileo/>

- [15] Teorie letu: Jak teoreticky létat do kosmu a v kosmu?. HOLUB, Aleš. *MEK - kurz kosmonautiky* [online]. 2001 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://mek.kosmo.cz/zaklady/kurz/kurz2.htm>
- [16] ŠULC, Miroslav. První, druhá a třetí kosmická rychlost: <http://www.planetary.cz/2011/03/prvni-druha-a-treti-kosmicka-rychlost/>. Vladimír Kocour: *Optika ve službách astronomie* [online]. 2011 [cit. 2012-03-24].
- [17] Geostacionární družice. [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/astro/listy/geodruzice.pdf>
- [18] Plán zavádění programu Galileo. MINISTERSTVO DOPRAVY. *Odbor kosmických technologií a družicových systémů* [online]. 2011 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.spacedepartment.cz/3-sekce/galileo/plan-zavadeni-programu-galileo/>
- [19] Experimentální družice programu GALILEO. MINISTERSTVO DOPRAVY. *Odbor kritických technologií a družicových systémů* [online]. 2011 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.spacedepartment.cz/3-sekce/galileo/experimentalni-druzice-programu-galileo/>
- [20] Globální polohovací a navigační satelitní systémy. *Geoinformatika* [online]. 2006 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/geoinformatika/kap09.htm>
- [21] ESA - EUROPEAN SPACE AGENCY. *GMES: Observing the Earth* [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://www.esa.int/esaLP/SEMRR10DU8E_LPgmes_0.html
- [22] Monitoring of Nuclear Decommissioning Sites. *G-MOSAIC: GMES Pilot Services for Security* [online]. 2010 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.gmes-gmosaic.eu/project-overview/22>
- [23] *G-MOSAIC: GMES Pilot Services for Security* [online]. 2010 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.gmes-gmosaic.eu/>
- [24] ŠOBRA, Josef. Nová generace družic ESA pro GMES - Sentinel 1-5. CZECH SPACE OFFICE. *GMES Global Monitoring for Environment and Security: GMES v České republice* [online]. 2008 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.czechspace.cz/cs/gmes/nova-generace-druzic-esa-vyvijeny-ch-gmes-sentinely-1-5>
- [25] *GMES.info: Because we need to know* [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.gmes.info/pages-principales/services/>
- [26] GRYGAR, Jiří. Kosmické katastrofy v dějinách Země. In: [online]. 1996 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://www.learned.cz/userfiles/pdf/prednasky-cleny-odborne/jiri.grygar_0196.pdf
- [27] COLLINS, H. Jay MELOSH a Robert MARCUS. PURDUE UNIVERSITY. *Impact: Earth!* [online]. 2010 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.purdue.edu/impactearth/>

- [28] Až jednou přiletí návštěva z vesmíru aneb simulace dopadu planety na Prahu. *Exoplanety.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.exoplanety.cz/2010/11/05/simulace-dopadu-planety-na-prahu/>
- [29] BUREŠ, Jiří. Hluk: Příklady zvuků (intenzita hluku). *Converter* [online]. 2002 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/hluk.htm>
- [30] Česká republika. Vyhláška o Smlouvě o zásadách činnosti států při výzkumu a využívání kosmického prostoru včetně Měsíce a jiných nebeských těles. In: *40/1968 Sb.* Ministerstvo zahraničních věcí, 1968.
- [31] Český kráter. *Krajina domova* [online]. 2009 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://krajina.zivly.cz/prispevek.php?cid=500>
- [32] GENDLER, Robert. Astronomický snímek dne (APOD). *Česká astronomická společnost* [online]. 19. 12. 2008 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/apod/ap081219.html>
- [33] GENDLER, Robert. Astronomický snímek dne (APOD). *Česká astronomická společnost* [online]. 18. 7. 2004 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/apod/ap040718.html>
- [34] MOORE, Patrick. *Hvězdy a planety: encyklopedický průvodce*. 2., upr. české vyd. Překlad Jakub Rozehnal. Praha: Slovart, c2008, 255 s. ISBN 978-80-7391-014-3 (Váz.).
- [35] REES, Martin. *Náš neobyčejný vesmír*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2002, 199 s. ISBN 80-865-6917-9.
- [36] TOFFLER, Alvin. *Nová civilizace: Třetí vlna a její důsledky*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2001, 125 s. ISBN 80-865-6900-4.
- [37] National Aeronautics and Space Administration: Near Earth Object Program. [online]. 2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/#legend>
- [38] LAUCKÝ, Vladimír. *Bezpečnostní futurologie*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 93 s. ISBN 978-80-7318-560-2.
- [39] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti II*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2004, 122 s. ISBN 80-731-8231-9.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

USA	Spojené státy americké (United States of America).
OSN	Organizace spojených národů.
EU	Evropská unie.
ČR	Česká republika.
COPUOS	Committee on the Peaceful Uses of Outer Space.
ITU	Mezinárodní telekomunikační unie.
CD	Konference o odzbrojení.
JAR	Jihoafrická republika.
ISS	Mezinárodní vesmírná stanice (International Space Station).
USD	Americký dolar (United states dollar).
ESA	Evropská kosmická agentura (European Space Agency).
EDA	Evropská obranná agentura.
EUSC	Družicové středisko EU (European Union Satellite Center).
MTCR	Kontrolní režim raketových technologií (Missile Technology Control Regime).
HCoC	Haagský kodex chování proti šíření balistických technologií (Hague Code of Conduct Against Ballistic Missile Proliferation).
SSA	Informovanost o situaci v blízkosti Země (Situational Awareness Preparatory Programme).
GMES	Globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti (Global Monitoring for Environment and Security).
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.
MACC	Sledování složení atmosféry a klimatu (Monitoring Atmospheric Composition and Climate).
EUROSUR	Evropský systém ostrahy hranic.
BPM	Mapy hraniční propustnosti (Border Permeability Map).

MTC mapa	Multi-temporal Coherence Map.
ERS-2	The European Remote Sensing satellite.
ENVISAT	Environmental Satellite.
US SSN	Space Situation Network.
GPS	Global Positioning System.
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistra.
GNSS	Globální družicový navigační systém (Global Navigation Satellite System).
LBS	Služby týkající se polohy (Location Based Services).
SAR	Search and Rescue.
CO ₂	Oxid uhličitý.
MACHO	Masivní kompaktní halo objekty (massive compact halo objects).
WIMP	Slabě se navzájem ovlivňující masivní částice (weakly interacting massive particles).
NEO	Objekty blízké Zemi (Near-Earth Objects).
CCD	Charge-coupled device.
TNT	Trinitrotoluen.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Multi-temporal Coherence Map	32
Obr. 2: Sentinel 1	35
Obr. 3: Sentinel 2	35
Obr. 4: Ilustrace k odvození povrchu Země, který je možné pozorovat z družice D	43
Obr. 5: Získání polohy přijímače pomocí kulových ploch	46
Obr. 6: M31: Galaxie v Andromedě	54
Obr. 7: Velké Magellanovo mračno	57
Obr. 8: Objekty nalezené k roku 2011	64
Obr. 9: Asteroidy blízké Zemi objevené v letech 1980 až 2010.....	65
Obr. 10: Dopad meteoritu pod úhlem 60°	69
Obr. 11: Barringerův kráter v Arizoně.....	76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Příklady meteoritů křižujících dráhu Země	66
Tabulka 2: Energie vyjádřená v Mt TNT.....	70
Tabulka 3: Příklady zvuků o dané intenzitě	70
Tabulka 4: Následky tlakových vln	71
Tabulka 5: Následky zemětřesení	72
Tabulka 6: Ledový meteorit s rychlostí 25 km/s	74
Tabulka 7: Kamenný meteorit s rychlostí 25 km/s	75
Tabulka 8: Kamenný meteorit s rychlostí 50 km/s	79
Tabulka 9: Železný meteorit s rychlostí 50 km/s.....	80