ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Analýza zabezpečení společnosti Bioster a.s., se zaměřením na radiační sterilizaci

Security Analysis of Bioster a.s., Focusing on Radiation Sterilization

Diplomová práce

Studijní program:	Ochrana obyvatelstva
Studijní obor:	Civilní nouzové plánování
Autor diplomové práce:	Bc. Eliška Sotonová
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Petra Kadlec Linhartová

Kladno 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	**Sotonová**	Jméno:	**Eliška**	Osobní číslo:	**456731**
Fakulta:	**Fakulta biomedicínského inženýrství**				
Garantující katedra:	**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**				
Studijní program:	**Ochrana obyvatelstva**				
Studijní obor:	**Civilní nouzové plánování**				

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Analýza zabezpečení společnosti Bioster a.s., se zaměřením na radiační sterilizaci

Název diplomové práce anglicky:

Security Analysis of Bioster a.s., Focusing on Radiation Sterilization

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude posouzení zabezpečení objektu společnosti Bioster a.s. a zhodnocení aktuálních rizik, se zaměřením na radiační sterilizaci pomocí gama záření. V teoretické části bude popsán z hlediska legislativy aktuální stav dané problematiky, samotný popis objektu a jeho okolí. Dále budou popsány průmyslové aplikace ionizujícího záření, především princip radiační sterilizace formou gama záření a jeho možné dopady v případě nehody. V praktické části práce bude analyzován současný stav zabezpečení objektu, především v oblasti působení centrální sterilizace a jeho okolí. Následně bude provedena multikriteriální analýza a analýza rizik. Na základě získaných výsledků budou navrženy technické a organizační opatření, vedoucí ke zlepšení stávající situace a k eliminaci rizik. Dále budou navrženy možnosti zvýšení bezpečnosti a informovanosti týkající se radiační ochrany v souvislosti s působením společnosti Bioster a.s

Seznam doporučené literatury:

[1] COHEN-UNGER, Susan a Ayhan EVRENSEL, Ionizující záření: Účinky a zdroje. 2016. OSN: © Program OSN pro ochranu životního prostředí, 2016, 2016. ISBN 978-92-807-3600-7.
[2] BLAŽKOVÁ, Kateřina, Ochrana obyvatelstva a krizové řízení. MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. 322 s. ISBN 978-80-86466-62-0.
[3] BERNATÍK, Aleš, a Lenka MALEŘOVÁ, Analýza rizik území, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, ISBN 978-80-7385-082-1.

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Petra Kadlec Linhartová

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **24.09.2019**
Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2021**

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Analýza zabezpečení společnosti Bioster a.s., se zaměřením na radiační sterilizaci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 21.05.2020

…….
Bc. Eliška Sotonová

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala své vedoucí práce Ing. Petře Kadlec Linhartové za její trpělivost, vstřícné jednání, pozitivní energii, a především za její cenné rady a připomínky, které mi věnovala v průběhu zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi Ing. Petru Schmutzerovi za jeho čas, spolupráci a odborné rady, které přispěly ke zpracování mé diplomové práce. Zároveň děkuji Janu Peškovi za odborné rady, týkající se bezpečnostního systému. V neposlední řadě také děkuji své rodině za podporu.

ABSTRAKT

Obsahem diplomové práce je analýza rizik společnosti Bioster a.s., se zaměřením na radiační sterilizaci a návrh zabezpečení společnosti. V úvodu práce jsou vysvětlené a přiblížené základní pojmy, týkající se ionizujícího záření, včetně účinků záření na člověka či průmyslových aplikací v podobě radiační sterilizace. Závěr teoretické části se zabývá bezpečností objektu.

V praktické části je nejprve popsáno okolí společnosti Bioster a.s., do okruhu 5 km. Na základě popisu okolí byla vybrána rizika, která jsou pro lepší přehlednost rozdělena na externí a interní. Rizika jsou zpracována pomocí analýzy FMEA, na kterou navazuje Paretova analýza. Výsledky analýz jsou následně v práci blíže popsány. Na základě výsledků analýzy FMEA, je vybráno pět konkrétních rizik, které jsou dále zpracované pomocí multikriteriální analýzy. Na základě zmiňovaných výsledků analýz, je dále navrženo zabezpečení společnosti. Zabezpečení je zaměřeno na klasickou, režimovou, fyzickou a technickou ochranu objektu. Je důležití zmínit, že vycházíme ze skutečnosti, že společnost je v současné době zabezpečena minimálně, nebo vůbec.

Klíčová slova

Ionizující záření; rizika; zabezpečení; zdroj ionizujícího záření I. kategorie zabezpečení; bezpečnostní prvky.

ABSTRACT

This diploma thesis analyzes the risks of Bioster a.s., focusing on radiation sterilization and a proposal for securing the company. The introduction explains and describes the basic concepts related to ionizing radiation, including the effects of radiation on humans or industrial applications in the form of radiation sterilization. The conclusion of the theoretical part concerns the security of the site.

The practical part first describes the 5 km radius surrounding Bioster a.s. Risks were selected based on the description of the environment, which are categorized as external and internal for better clarity. Risks are processed using an FMEA analysis, which is followed by a Pareto analysis. The results of the analysis are subsequently further described in the thesis. Based on the results of the FMEA analysis, five specific risks are selected, which are further processed using multi-criteria analysis. Based on the mentioned analysis results, the security of the company is further proposed. Security is focused on classic, regime, physical and technical security of the site. It is important to mention that we are working with the fact that the company is currently secured minimally, or not secured at all.

Keywords

Ionizing radiation; risks; security; category 1 source of ionizing radiation; safety features.

Obsah

1 ÚVOD 9

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY 10

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU 11

3.1 Důležitá legislativa 11

3.2 Státní úřad pro jadernou bezpečnost 14

3.2.1 Státní ústav radiační ochrany 15

3.3 Ionizující záření 15

3.3.1 Historie ionizujícího záření 17

3.3.2 Veličiny a jednotky SI charakterizující zdroje záření 18

3.3.3 Druhy ionizujícího záření 21

3.3.4 Lékařské zdroje záření 24

3.3.5 Stav v České republice 25

3.4 Účinky záření na člověka 25

3.4.1 Způsoby ozáření 26

3.4.2 Stochastické účinky 27

3.4.3 Deterministické účinky 28

3.4.4 Akutní nemoc z ozáření (radiační syndrom) 29

3.4.5 Další účinky ionizujícího záření 30

3.5 Průmyslové aplikace ionizujícího záření 30

3.5.1 Radiační sterilizace 31

3.5.2 Nehody v průmyslu 33

3.6 Bezpečnost objektu 34

3.6.1 Druhy ochrany objektů 37

3.7 Společnost Bioster a.s. 38

3.7.1 Enviromentální politika 38

4 METODIKA 40

4.1 Analýza rizik (FMEA) 40
4.2 Multikriteriální analýza 40
4.3 Paretova analýza 41
5 VÝSLEDKY 42
5.1 Popis okolí společnosti Bioster a.s. do okruhu 5 km 42
5.2 Postup při analýze FMEA 44
5.3 Scénáře a následky vycházející z analýzy rizik (FMEA) 46
5.4 Postup – Paretova analýza 55
5.5 Postup – multikriteriální analýza 57
5.6 Navrhovaná zabezpečení 60
5.6.1 Klasická ochrana objektu Bioster a.s. 60
5.6.2 Plášťová ochrana 64
5.6.3 Režimová ochrana 66
5.6.4 Fyzická ochrana 67
5.6.5 Technická ochrana 68
5.7 Hypotézy 72
6 DISKUZE 73
7 ZÁVĚR 78
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 80
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 81
10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ 86
11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK 87
12 SEZNAM PŘÍLOH 88

1 ÚVOD

Současná doba nám přináší mnoho nejrůznějších rizik, nepředvídatelných událostí či nebezpečí. I z tohoto důvodu se klade velký důraz na bezpečnost. Společnost Bioster a.s., která sídlí ve Veverské Bítýšce, byla pro tuto diplomovou práci vybrána především z důvodu svého specifického a ojedinělého zaměření, kterým je radiační sterilizace. V objektu se nachází zdroj ionizujícího záření I. kategorie zabezpečení. Pokud by došlo ke zneužití eventuálně napadení společnosti Bioster a.s., mohlo by to mít pro naši společnost fatální následky. Aktuální situace v podobě onemocnění COVID-19, nám zamezila i možnou návštěvu firmy. Z tohoto důvodu bylo nutné práci přizpůsobit nynější situaci. Cílem práce tak bude zhodnocení vybraných rizik a následný návrh zabezpečení, na základě dostupných informací. Návrh zabezpečení se bude opírat především o vyhlášku č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.

V práci se nejprve zaměříme na popis blízkého okolí vybrané společnosti a na jeho základě budou vybrána konkrétní rizika, která následně pro lepší přehlednost rozdělíme na externí a interní. Rizika budou zpracována pomocí analýzy rizik, konktrétně metodou FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) a bude použita i Paretova analýza. Výsledky analýz budou v práci blíže specifikovány. Podle výsledků analýzy FMEA, je vybráno pět konkrétních rizik, které jsou dále zpracované pomocí multikriteriální analýzy. Na jejich základě pak budeme navrhovat konkrétní zabezpečení, které bude rozděleno na klasickou, režimovou, fyzickou a technickou ochranu.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

V této diplomové práci bylo stanoveno několik cílů. Prvním cílem bylo v teoretické části představit problematiku ionizujícího záření, včetně radiační sterilizace a bezpečnosti objektu. Dále se v práci budeme zabývat účinky ionizujícího záření na člověka, aby bylo zřejmé, proč je důležité samotné zabezpečení objektu.

V praktické části je prvním cílem analýza rizik. Konkrétní rizika budou vybrána na základě popisu okolí a pro lepší přehlednost dále rozdělena na externí a interní. Rizika budou blíže specifikována, včetně scénářů a výsledků analýz. Hlavním cílem je návrh zabezpečení, který se bude opírat o vyhlášku č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Zabezpečení bude rozděleno na klasickou, režimovou, fyzickou a technickou ochranu.

Cíle práce

- Představit problematiku ionizujícího záření a bezpečnosti objektu.
- Stanovení si okruhu, pro následný popis okolí společnosti Bioster a.s.
- Definovat konkrétní rizika a provést jejich analýzu.
- Vybrána rizika na základě analýz blíže specifikovat, včetně scénářů a výsledků analýz.
- Na základě výsledků analýz navrhnout zabezpečení společnosti Bioster a.s.

Hypotézy

HYPOTÉZA 1 *Společnost Bioster a.s. je dostatečně technicky vybavená pro případné neoprávněné vniknutí do budovy a do areálu.*

HYPOTÉZA 2 *Personální zabezpečení společnosti Bioster a.s. je teoreticky dostatečně funkční.*

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Důležitá legislativa

Tato kapitola se věnuje právnímu rámci, týkající se dané problematiky, řešené v diplomové práci. Součástí této kapitoly jsou také důležité a s touto problematikou související dokumenty, které jsou následně blíže charakterizovány. Blíže je charakterizováno i Evropské společenství pro atomovou energii tzv. Euratom, které je úzce spjato s týkající se legislativou v České republice.

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon

Tento zákon navazuje na příslušné předpisy a přímo použitelné předpisy Evropského společenství pro atomovou energii (dále jen „Euratom“) a Evropské unie. Upravuje podmínky mírového využívání jaderné energie, podmínky vykonávání činností v rámci expozičních situací, nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem, schvalování typu některých výrobků v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky přepravy radioaktivní nebo štěpné látky, radioaktivního odpadu nebo vyhořelého jaderného paliva. Dále upravuje monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události, podmínky zabezpečení jaderného zařízení, jaderného materiálu a zdroje ionizujícího záření. A v neposlední řadě také upravuje požadavky k zajištění nešíření jaderných zbraní a výkon státní správy v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření. V zákoně jsou mimo jiné také popsány požadavky na bezpečný provoz pracoviště se zdrojem ionizujícího záření. Jejichž součástí je tzv. kontrolované pásmo. Držitel povolení je povinen vymezit kontrolované pásmo v případě, kde na pracovišti se zdrojem ionizujícího záření, lze předpokládat, že by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo že by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu pro radiačního pracovníka pro kůži, končetiny nebo 15 mSv pro oční čočku. Držitel je také povinen provoz kontrolovaného pásma dokumentovat a zároveň zajistit radiační ochranu fyzické osoby, která do pásma vstupuje. V případě tzv. sledovaného pásma se liší pouze limity, kdy by efektivní dávka mohla být vyšší než 1 mSv ročně nebo by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro radiačního pracovníka. Je potřeba zmínit, že sledované pásmo se nevymezuje v případě, pokud by jeho rozsah nepřesáhl vymezení kontrolovaného pásma [1].

Z hlediska bezpečného provozu pracoviště, je povinen držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace, registrant nebo ohlašovatel, který používá schválený typ drobného zdroje ionizujícího záření zajistit, aby pracoviště, kde má být vykonávána radiační činnost, bylo navrženo, postaveno a uvedeno do provozu tak, aby byla zajištěna dostatečná radiační ochrana fyzických osob na pracovišti, ale i fyzických osob, které pobývají v jeho okolí. Dále je povinen umožnit bezpečné nakládání se zdroji ionizujícího záření a dodržovat podmínky bezpečného provozu pracoviště. Provoz pracoviště I. kategorie nebo II. kategorie smí ukončit, až po očistě pracoviště od radioaktivní látky [1].

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje

V této vyhlášce jsou zapracovány předpisy Euratomu. Jsou zde stanoveny požadavky na zajišťování radiační ochrany v expozičních situacích a způsob zabezpečení radionuklidového zdroje, včetně radionuklidového zdroje I. až III. kategorie. Vyhláška také obsahuje kategorizaci zdrojů ionizujícího záření, kategorizaci pro účely přeshraničního pohybu a zabezpečení, kategorizaci pracovišť a kategorizaci radiačních pracovníků. Dále také například obsahuje rozsah sledování, měření, hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin a skutečností důležitých z hlediska radiační ochrany; skutečnosti uvedené v osvědčení uzavřeného radionuklidového zdroje; skutečnosti uvedené v průvodním listu otevřeného radionuklidového zdroje nebo také zkoušky zdroje ionizujícího záření. Druhá část vyhlášky obsahuje mimo jiné obecné limity pro obyvatele, kdy za jeden kalendářní rok jsou pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření **1 mSv**. Limity pro radiačního pracovníka jsou pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření **20 mSv** za kalendářní rok, nebo nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok. Dodržení limitů pro žáka a studenta musí posuzovat držitel povolení, na jehož pracovišti žák a student v průběhu svého studia pracuje se zdrojem ionizujícího záření. Pokud se jedná o žáka a studenta ve věku od 16 do 18 let, jsou limity součtu efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření **6 mSv**, v případě žáka a studenta mladšího 16 let, platí zde limity shodné s obecnými limity pro obyvatele a pro starší 18 let jsou limity shodné s limity pro radiačního pracovníka. [2].

Vyhláška č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné události

Vyhláška zapracovává příslušné předpisy Euratomu. Upravuje například pravidla pro zařazení jaderného zařízení, pracoviště se zdroji ionizujícího záření nebo činnosti v rámci expozičních situací do kategorie ohrožení; podrobná pravidla provádění analýzy a hodnocení radiační mimořádné události; postupy a opatření k zajištění připravenosti k odezvě na radiační mimořádnou událost. Dále také například upravuje způsob a četnost ověřování účinnosti a vzájemného souladu vnitřního havarijního plánu, vnějšího havarijního plánu a národního radiačního havarijního plánu; podrobné požadavky na obsah dokumentace týkající se zajištění zvládání radiační mimořádné události pro povolovanou činnost a obsah zásahové instrukce, či pravidla pro vybavení obyvatelstva antidoty k jódové profylaxi [3].

Další významné dokumenty

Právních předpisů a významných dokumentů, které se týkají této problematiky je velké množství. Jedním z nich je zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, který zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie; zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a o změně některých zákonů; zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému, dále také vyhlášku č. 360/2016 Sb. o monitorování radiační situace. Této problematiky se dále dotýká například zákon č. 18/2004 Sb. o uznávání odborné kvalifikace a jiné způsobilosti státních příslušníků členských států Evropské unie. Z hlediska bezpečnosti je důležitý mimo jiné například zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně, jejichž účelem je vytvořit podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku před požáry a pro poskytování pomoci při živelních pohromách a jiných mimořádných událostech stanovením povinností ministerstev a jiných správních úřadů, právnických a fyzických osob, postavení a působnosti orgánů státní správy a samosprávy na úseku požární ochrany, rovněž i postavení a povinností jednotek požární ochrany [4]. Součástí je také smlouva o Euroatomu, jehož hlavním cílem je nastavení principů pro kontrolu možného zneužití jaderných materiálů a vytvoření podmínek důležitých pro rychlé vybudování a růst jaderného průmyslu [5].

Ze členských států Euratomu jsou dva státy, které disponují jadernými zbraněmi (Francie a Velká Británie). Dále z toho patnáct států v současnosti využívá na produkci elektrické energie, jadernou energii. Např. Česká republika, Bulharsko, Maďarsko, Německo, Finsko, Švédsko nebo Francie. Dva státy uvažovaly o vybudování vlastního jaderného programu, ovšem z důvodu havárie japonské jaderné elektrárny Fukušima, byl další rozvoj takového programu v Itálii v celostátním referendu zamítnut, nicméně Polsko se navzdory událostem od rozvoje jaderné energetiky neodvrátilo. Ostatní členské státy využívají například ionizující záření ve zdravotnictví atd. [6].

3.2 Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) je ústředním orgánem státní správy ve smyslu zákona č. 2/1969 Sb. (Zákon České národní rady o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy České socialistické republiky). V čele úřadu stojí předsedkyně Ing. Dana Drábová, Ph.D., která je jmenována vládou České republiky. Úřad je přímo podřízen vládě České republiky a má samostatný rozpočet. SÚJB vykonává státní správu při využívání jaderné energie, zdrojů ionizujícího záření a v oblasti nešíření jaderných, chemických a biologických zbraní. Do jeho působnosti patří například: kontrola zajišťování radiační ochrany, monitorování radiační situace, zajišťování jaderné bezpečnosti, povolování výkonu činností, podle již výše zmíněného atomového zákona. Jedná se například o nakládání se zdroji ionizujícího záření a radioaktivním odpadem, včetně schvalování a posuzování týkající se dokumentace. Dále sledování stavu ozáření obyvatelstva a pracovníků se zdroji ionizujícího záření, odborná spolupráce s Mezinárodní agenturou pro atomovou energii atd. [7, 8].

Organizační členění úřadu je dle věcného zaměření tedy: Sekce jaderné bezpečnosti, Sekce radiační ochrany a Sekce řízení a technické podpory. SÚJB je zřizovatelem dvou veřejných výzkumných institucí – Státního ústavu radiační ochrany, v.v.i., se sídlem v Praze a Státního ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i. (SÚJCHBO, v.v.i.) se sídlem v Příbrami – Kamenné. Součástí úřadu jsou Regionální centra, která se nacházejí v Praze, Plzni, Ústní nad Labem, Českých Budějovicích, Hradci Králové, Ostravě a v Brně. Součástí jsou také dvě lokalitní pracoviště na JE Dukovany a JE Temelín, která zajišťují plnění úkolů SÚJB v přímé vazbě na regiony, ve kterých se nacházejí jaderná zařízení a velmi významné zdroje ionizujícího záření (jaderný reaktor) [7].

3.2.1 Státní ústav radiační ochrany

Státní ústav radiační ochrany (SÚRO, v.v.i.), je veřejná výzkumná instituce, která se zabývá odbornou činností v oblasti ochrany obyvatelstva před ionizujícím zářením [9]. „Ochrana před ionizujícím zářením vychází z poznatků o biologických účincích ionizujícího záření, jeho vlivu na lidské zdraví, z rozboru podmínek ovlivňujících výši ozáření v různých skupinách obyvatelstva a ze společných principů, organizačních a právních zásad, jimiž je řízena ochrana zdraví ve společnosti. Cílem radiační ochrany je u zdůvodněných činností spojených s expozicí zabránit vzniku škodlivých deterministických účinků a omezit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na přijatelnou úroveň“ [8, s. 193].

Zřizovatelem SÚRO, v.v.i. je, jak je již výše uvedeno SÚJB. Výzkum této instituce, pokrývá komplexně radiační ochranu i vývoj progresivních detekčních metod ionizujícího záření. Dlouhodobě se jedná o výzkum pro potřeby státu, a to především výzkum bezpečnostní i výzkum pro dozorovou a správní činnost SÚJB [9].

3.3 Ionizující záření

V našem životním prostředí je ionizující záření jeho důležitou součástí. Na přírodních podmínkách místa na Zemi, ve kterém se nacházíme a žijeme, závisí úroveň tzv. přírodního pozadí. Přes 80 % naší expozice pochází z přírodního pozadí. Pro obyvatele České republiky (ČR) se průměrný dávkový příkon ionizujícího záření z přírodního pozadí pohybuje v rozmezí cca 3,0-3,5 mSv/rok. Týká se to především záření, které je uvolněné z přírodních radionuklidů, převážně z radonu a kosmické záření. Přes 20 % naší expozice pochází z umělých zdrojů, a to převážně z aplikací lékařského záření. Na zmíněné roční dávce se podílí ozáření radionuklidy, které vznikají v souvislosti se štěpením uranu v jaderném průmyslu a ozářením v důsledku kontaminace radioaktivním spadem po jaderných haváriích, a to v desetinách procenta. Nejvýznamnější složkou ozáření obyvatelstva ČR je lékařské ozáření, které se nezapočítává do limitu ozáření, a uplatňují se na něj diagnostické referenční úrovně. V tomto případě nejsou stanoveny žádné limity, je pouze povinné při lékařských ozáření respektovat dva ze základních principů radiační ochrany, což je princip zdůvodnění a princip optimalizace dávky. Jak je již v práci uvedeno, zákonem jsou přesně stanoveny

limity ozáření pro obyvatelstvo, pro radiační pracovníky a jsou stanoveny i obecné limity pro radiační zátěž životního prostředí [10, 11].

Další možná cesta kategorizace expozic je dána způsobem, jakou cestou jsme ozařováni. Radioaktivní látky a záření kolem nás, tedy v prostředí, nás může ozařovat z vnějších zdrojů. V tomto případě hovoříme o zevním ozáření. Nebo můžeme radioaktivní látky požívat v podobě potravy či nápojů, můžeme je vstřebávat kůží nebo otevřenými poraněními. Radioaktivní látky nás potom ozařují zevnitř čili se jedná o vnitřní ozáření. Dávky ze zevního a vnitřního záření jsou z celosvětového pohledu přibližně v rovnováze [11].

Obrázek 1 - Celosvětové rozdělení radiační expozice [11]

K monitorování obdržené dávky ionizujícího záření, slouží především metody fyzikální dozimetrie. Pokud dochází k malým odchylkám od limitu, provádí se přeměření již získaných hodnot, následné kontrole dotyčného zdroje ionizujícího záření a zavedení opatření, která povedou k zajištění radiační ochrany. V případě radiační nehody nebo havárie, kdy dojde k významnému úniku radionuklidů, je tato událost hlášena SÚJB. Pomocí předem připravených havarijních plánů je řízena její likvidace. Velmi důležité je přesné určení obdržených dávek ionizujícího záření, je nutné zvážit především heterogenitu různých typů ionizujícího záření. Jejich fyzikální vlastnosti jako je: hmotnost, energie, charakter, vlnová délka, velikost náboje, jsou přímo určující pro vzdálenost doletu ionizujícího záření v ovzduší i pro prostupnost záření různým

typem tkání. Což může následně ovlivňovat přenos energie v tkáni. Lze tedy říct, že při nižší prostupnosti záření, předá větší část své energie na kratší vzdálenost [10].

3.3.1 Historie ionizujícího záření

Zásadní roli v oblasti zdrojů záření hraje pan profesor Wilhelm Conrad Röntgen a jeho objev, který publikoval v roce 1895 a významně tak změnil současnou fyziku. Jeho záření X, dnes známé spíše jako rentgenové záření, bylo prvním poznaným druhem ionizujícího záření. Jednalo se o paprsky, které umožňovaly pohledu do lidského těla. I přes to, že nebyla známa jeho podstata, dostalo se velmi rychle do centra pozornosti fyziků a samozřejmě i lékařů. Objev byl znamením lékařského využívání záření, které se začalo posléze široce rozšiřovat. Tzv. rentgenka se stala součástí vybavení několika ordinací a laboratoří. V roce 1901 byla Röntgenovi udělena první Nobelova cena za fyziku, jako přiznání jeho mimořádného přínosu lidstvu. V souvislosti s používáním rentgenového záření se začaly objevovat i první poznatky o účincích ionizujícího záření a o nezbytnosti radiační ochrany [11, 12].

Již pouhý jeden rok po Röntgenovu objevu, profesor pařížské polytechniky Antonie Henri Becquerel představil své zjištění, že soli uranu vysílají jakési paprsky, které způsobují zčernání fotografické emulze a ionizaci vzduchu. Tento jev nazval radioaktivitou, která se projevuje tím, že energie se z atomu uvolňuje samovolně. Radioaktivita je v současné době měřena v jednotkách zvaných becquerel (Bq), po Henrim Becquerelovi. Pierre a Marie Curieovi, posléze navázali na jeho objevy a výzkumy. Jako další zdroje ionizujícího záření, tak byly poznány přírodní radioaktivní nuklidy. Marie díky svému intenzivnímu zkoumání a pozorování nového jevu zjistila, že radioaktivní látky nevyzařují pouze jeden druh záření, ale hned tři. Druhy záření začaly být označovány symboly α, β a γ. Marie Skłodowska-Curie v r. 1903 spolu s manželem Pierrem Curie a Henri Becquerelem obdržela Nobelovu cenu v oboru fyziky. Takto vyznamenána byla jako první žena. Nobelovu cenu, pak obdržela znovu v r. 1911 za své objevy, a to tentokrát v oboru radiační chemie [11, 12].

Dalším krokem byl v roce 1919 objev jaderné reakce, což vedlo k větší proměnlivosti dostupných zdrojů ionizujícího záření. K produkci prvních umělých radionuklidů a k objevu neutronu vedlo studium jaderných reakcí. Konec třicátých let minulého století byl z hlediska vývoje zdrojů ionizujícího záření dalším zlomovým okamžikem,

jelikož Fritz Strassmann spolu s Otto Hahnem interpretovali poprvé štěpení jader. Jednalo se o ozařování těžkých jader neutrony. Jako další druh radioaktivní přeměny, bylo v následujícím roce zjištěno samovolné štěpení těžkých jader. Velký zájem způsobilo obrovské množství uvolněné energie, při této radioaktivní přeměně. Nejmonumentálnějšími člověkem vyrobenými zdroji v průběhu 2. světové války, byl vývoj dvou zařízení. Účelem těchto zařízení nebyla produkce ionizujícího záření. Jedná se o jaderný reaktor a jadernou pumu [12].

„Exploze jaderných pum v Hirošimě a Nagasaki jsou dodnes jedním ze základních zdrojů informací o následcích jednorázového celotělového ozáření člověka pro potřeby radiační ochrany. A jaderný palivový cyklus je dnes nejvýznamnějším polem, na němž se musí zásady radiační ochrany uplatňovat“ [12, s. 16].

3.3.2 Veličiny a jednotky SI charakterizující zdroje záření

Radioaktivní prvky, látky, či radionuklidy můžeme popsat pomocí klasických chemických značek s údaji o chemických vlastnostech, ale i pomocí údajů o radioaktivních vlastnostech každého radionuklidu. Atomové číslo je charakteristikou každého již zmíněného radionuklidu, zapisujeme ho jako levý horní index u symbolu chemického prvku. Mezi další důležité charakteristiky každého radionuklidu patří jeho poločas přeměny, množství radionuklidu v gramech nebo molech, typ vysílajícího záření a aktivita určitého množství radionuklidu s udáním data měření [13].

Nukleonové (hmotové či hmotnostní) číslo, je dáno součtem protonů a neutronů v atomovém jádru, udává tedy počet stavebních částic čili nukleonů [13].

Aktivita je veličina, která představuje počet radioaktivních přeměn v určitém radionuklidu za jednotku času. Bývá označována písmenem „a“. Jednotkou aktivity je becquerel (Bq), jehož rozměr je s^{-1}. Jednotka Bq představuje jednu přeměnu za sekundu, je tedy velmi malá a z tohoto důvodu se v praxi používají převážně její násobky v podobě: kBq, MBq, GBq apod. V minulosti se také používala jednotka curie (Ci), kdy 1 Ci = $3{,}7.10^{10}$ Bq. Aby byla určena přesná charakteristika radionuklidu je nutné uvést aktivitu k vhodné objemové, hmotnostní nebo plošné jednotce např.: na kg, m^2, m^3. Následně obdržíme např. hmotnostní aktivitu: a_m ($Bq.kg^{-1}$), objemovou aktivitu: a_v ($Bq.m^{-3}$, $Bq.l^{-1}$) nebo plošnou aktivitu: a_s ($Bq.m^{-2}$) [14].

Poločas radioaktivní přeměny je veličina, která udává dobu, za kterou klesne počet atomů, tedy hmotnost či aktivita na polovinu prvotní hodnoty. Tuto veličinu označujeme T. Sekunda (s) nebo jiná patřičná časová jednotka nám označuje poločas přeměny. Čím pomaleji se radionuklid rozpadá, tím je poločas přeměny delší. Poločasy přeměny radionuklidů mohou být velmi odlišné. Mohou se pohybovat od extrémně krátkých, kdy se jedná o mikrosekundy, až po extrémně dlouhé, v tomto případě se může jednat až o miliardy let. S poločasem přeměny se používá i přeměnová konstanta (λ), vyjadřující relativní rychlost rozpadu (přeměny) radionuklidů [14].

Energie emitovaných částic, či **kvant** daným radionuklidem je jeho jasnou charakteristikou. Vlastnosti emitovaného záření, mezi které patří např. počet vytvářených iontů v dané látce, působení záření na člověka, dolet částice apod., významně závisí na energii. Jednotka pro energii je joule (J). Můžeme se setkat i s jednotkou elektronvolt (eV), která se používá zejména v jaderné a atomové fyzice, včetně jeho násobků (keV, MeV atd.) a platí 1 eV = $1{,}602.10^{-19}$ J. Mnoho radionuklidů nevyzařuje monoenergetické záření, což znamená, že neemituje pouze záření o jedné energii. Patřičný radionuklid proto charakterizujeme energetickým spektrem, které podle jejich energie udává rozdělení vyzařovaných částic. Maximální nebo střední energií, jsou charakterizována spojitá spektra všech radionuklidů vyzařující beta záření [14, 15].

Dávka je veličina charakterizující energii záření absorbovanou v hmotnostní jednotce ozařované látky. Veličinu označujeme písmenem D. Jednotkou této veličiny je gray (Gy), který má rozměr $J.kg^{-1}$, což znamená, že dávka jednoho Gy v jednom kilogramu ozařované látky, odpovídá absorpci energie záření u velikosti 1 J. Můžeme se setkat i s dříve používanou jednotkou rad, kdy dávka 1 rad v konkrétním prostředí pro danou energii a typ záření fotony odpovídala 0,01 Gy. S dávkou souvisí i **dávkový příkon**. Jedná se o veličinu, která nám udává změnu dávky za jednotku času. Jednotkou dávkového příkonu je $Gy.s^{-1}$, případně $Gy.h^{-1}$ [13, 14].

„Veličiny charakterizující působení ionizujícího záření na člověka vycházejí z veličiny dávka, tj. z energie, kterou ionizující záření předá buňkám, tkáním a orgánům lidského organizmu. Škodlivé účinky ionizujícího záření primárně souvisí s ionizací atomů prostředí, kterým prochází“ [14, s. 12]. Stejná dávka, sdělená konkrétnímu orgánu

nebo tkáni může vést k rozdílným biologickým účinkům. Je to z důvodu rozdílné ionizační schopnosti záření různých energií a různých typů. To bylo důvodem zavedení veličin radiační ochrany, definované jako součin dávky a koeficientů. Tyto veličiny charakterizují jak rozdílnou citlivost biologických tkání k různým typům a energiím ionizujícího záření, tak i rozdílnou radiosenzitivitu různých tkání nebo orgánů ke konkrétnímu typu, energií ionizujícího záření [14].

Ekvivalentní dávka má jednotku sievert (Sv). Jedná se o veličinu, která nám charakterizuje citlivost konkrétní tkáně k různým druhům ionizujícího záření. Je formulována vztahem:

$$H_T = D_{T,R} \cdot W_R$$

kde:

- D_{TR} – nám označuje střední dávku záření typu R v orgánu či tkáni T (Gy),
- W_R – jedná se o veličinu bezrozměrnou – čili jeden z výše dotyčných koeficientů – *radiační váhový faktor* – příslušný k ionizujícímu záření [14].

Efektivní dávka slouží k vyjádření hodnocení celotělového ozáření. Jednotkou je sievert (Sv). V případě ozáření lidského organismu, dochází ke vzniku tzv. biologických účinků, které mohou vést až k určitému poškození zdraví. Samozřejmě v závislosti na druhu ionizujícího záření, velikosti dávky, včetně její časoprostorové distribuci. Na danou ekvivalentní dávku má vliv citlivost ozářených tkání a orgánů, které přispívají k celkovému poškození zdraví. Jedná se o tzv. rozdílnou radiosenzitivitu. Např. červená kostní dřeň má vyšší citlivost k ionizujícímu záření než povrchy kostí nebo kůže. Díky radiobiologickým studiím účinků celotělového ozáření při jaderných výbuších v Japonsku, při radiačních nehodách, ale i při radioterapiích, došlo k zavedení koeficientů charakterizující již zmíněnou rozdílnou radiosenzitivitu konkrétního orgánu nebo tkáně k ionizujícímu záření. Jedná se o tkáňové váhové faktory (W_T). Efektivní dávka (E), byla definována pomocí těchto koeficientů. Je přesně určena jako součet vážených středních hodnot ekvivalentních dávek H_T v tkáních či orgánech lidského těla [14, 15].

„Tkáňový váhový faktor vyjadřuje relativní příspěvek daného orgánu nebo tkáně k celkové zdravotní újmě způsobené rovnoměrným celotělovým ozářením; tkáňové faktory W_T jsou tedy definovány tak, že jejich součet přes všechny orgány a tkáně je roven jedné“ [14, s. 15].

3.3.3 Druhy ionizujícího záření

Radioaktivní látky jsou ty látky, které obsahují nestabilní izotopy prvků. Radionuklidy, což jsou jádra těchto prvků, se přeměňují v jádra jiných izotopů a vysílají ionizující záření v podobě fotonů – záření gama, částic alfa, částic beta a eventuálně neutronů. Toto záření bývá mnohdy označováno jako radioaktivní záření, ale není to zcela správně. Ionizující záření má dvojí povahu. Má vlastnosti částic a zároveň i elektromagnetického vlnění, rozlišujeme tedy záření typu elektromagnetických vln a částic. Do elektromagnetických vln, které jsou schopné ionizovat hmotu, patří záření gama a rentgenové záření (RTG). Jako fotony označujeme jednotlivé elektromagnetické vlny. Částicové záření, je obstaráno alfa a beta částicemi a neutrony, rovněž i fragmenty rozštěpených jader [13].

Částice alfa jsou jednoduchými heliovými jádry, která jsou složená ze dvou protonů a dvou neutronů. Mají tedy kladný elektrický náboj. Při jejich vzájemném působení s atomy, předávají elektronům část své energie [13]. „Tyto elektrony v orbitech atomů jsou převážně ionizovány, tj. odloučí se od atomu za vzniku iontu, anebo excitovány, přejdou do vyšší energetické hladiny (a zpravidla se vrací do původního místa na orbitě za vyzáření části své energie pomocí fotonů). Emitované elektrony mohou předávat část své energie dalším orbitálním elektronům a sekundárně tak způsobit další ionizace. Vzhledem k husté interakci alfa částic s elektrony není jejich dolet velký“ [13, s. 9]. Z důvodu velmi malého dosahu částic, stačí ke stínění tenká vrstva materiálu v podobě papíru či plastu, v řádech několika mm. Jelikož je ale radioaktivní přeměna alfa často doprovázena pronikavým zářením gama, je nutné stínit materiálem, který je vhodné pro stínění gama záření, což dokonale odstíní i alfa záření [16].

Částice beta vznikají při štěpení atomových jader, a proto jsou totožné s orbitálními elektrony. Svoji energii mohou předávat orbitálním elektronům, rovněž jako alfa částice. Tzv. brzdné záření je dalším vzájemným působením beta částic s hmotou. Takovéto záření vzniká, když beta částice narazí do atomových jader. Při tomto nárazu

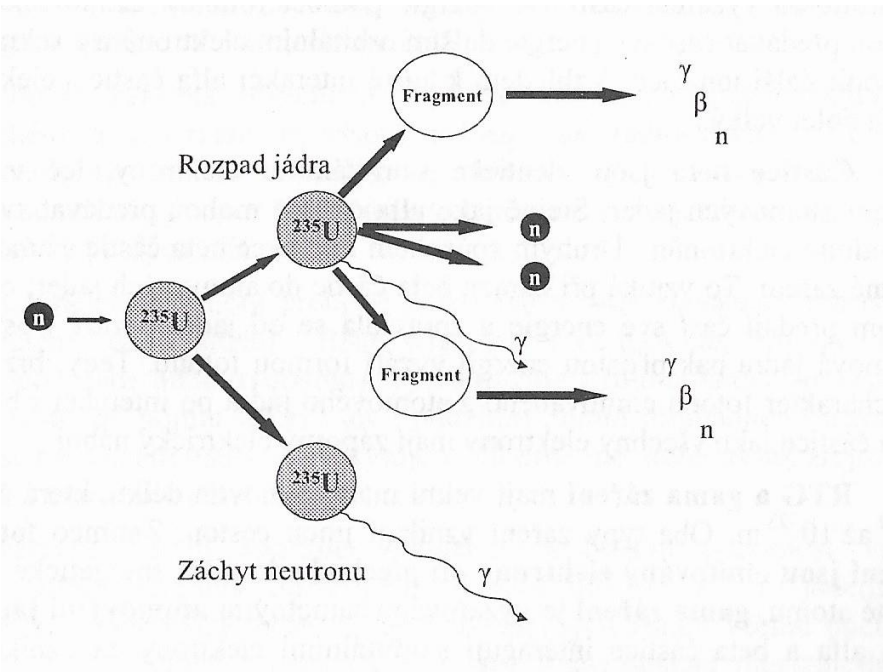
předají beta částice část své energie a většinou se v ostrém úhlu odrazí od jádra. Přijatou energii pak následně atomová jádra vyzáří formou fotonu. Brzdné záření má povahu fotonu vyzářeného z atomového jádra po vzájemném působení s beta částicí. Stejně jako všechny elektrony mají i beta částice záporně nabitý elektrický náboj. Z tohoto důvodu mohou pronikat živou tkání až do hloubky dvou centimetrů [11, 13]. Ke stínění záření beta je vhodné použít lehký materiál v podobě například plexiskla, plastu nebo hliníku širokého několik mm. Z důvodu vzniku brzdného záření ve stínícím materiálu, je nutné použít také materiál, který je určený pro stínění gama záření [16].

Gama záření a RTG záření mají velmi malou vlnovou délku, kratší než 0,1 nm. Každý z těchto dvou záření vzniká odlišnou cestou. Fotony RTG záření jsou vyzařovány elektrony, při přechodu do nižší energetické hladiny na orbitě atomu, oproti gama záření, které je emitováno samotnými atomovými jádry. Stejně jako za vzniku ionizace atomu (Comptonův jev) nebo excitace elektronu (fotoefekt), alfa a beta částice vzájemně působí s orbitálními elektrony. Za vzniku dalších fotonů s nižší energií se energie, která je uvolňována RTG a gama zářením může sjednocovat s atomovými jádry. Z důvodu nízké hustoty ionizace atomů, mají gama a RTG záření vysoký dolet [13, 17]. Proto je v tomto případě nutné ke stínění použít materiály, které mají vysokou hustotu a vysoké nukleonové číslo. Například olovo, železo, ochuzený uran, beton, baryt atd. Je důležité podotknout, že záření gama nelze nikdy zcela odstínit. Vždy určitá část záření projde. Na pracovištích se k odstínění používá např. olovnaté sklo, které obsahuje vysoký obsah oxidu olova. Olověné kryty se pak využívají například v případě přepravy gama zdrojů atd. [16].

Neutrony jsou elektricky neutrální částice. Tvoří stavební kameny atomových jader. Důležitý je účinek neutronů při nárazu do atomových jader, i přes to, že interagují s orbitálními elektrony. Atomová jádra mohou neutron úplně pohltit, kdy se jedná o tzv. záchyt neutronu nebo ho odrazit v různých úhlech. Další možností je, že se může jádro působením neutronu rozštěpit. Záchyt neutronu je obvykle provázen vznikem nestability jádra, což zapříčiňuje jeho další radioaktivní rozpad. Tento průběh procesu vysvětluje vznik indukované radioaktivity v různých materiálech, místech působení neutronového záření, především v epicentrech jaderných výbuchů. Jádro po srážce s neutronem a jeho následném odrazu, vysílají ve formě gama záření přebytečnou energii fotony. Velmi důležitým a zároveň posledním typem vzájemného působení

neutronů je rozštěpení atomových jader [13]. „Při rozštěpení atomových jader vznikají dva nestabilní a různě velké fragmenty, které bezprostředně reagují s okolní hmotou. Praktické využitelnosti bylo dosaženo při štěpení velmi těžkých jader, ^{235}U a ^{239}Pu. Při štěpení těchto jader jsou uvolňovány další 2 až 3 neutrony, které aktivně rozštěpí okolní atomy. Tepelná energie uvolňovaná v průběhu štěpení jader je využívaná k mírovým i vojenským účelům“ [13, s. 10].

Stínění neutronů se oproti předchozím typům záření trochu liší. Nejprve je nutné do cesty neutronů vložit materiál, který dokáže neutrony zpomalit. K tomuto účelu je vhodný materiál bohatý na vodík, jako je voda, parafín, plast atd. Na jádrech vodíku dochází hlavně k pružnému a nepružnému rozptylu, díky kterému neutrony ztrácejí energii. Další vrstvou je tzv. absorbátor. Jedná se o materiál, který obsahuje velké množství kadmia či bóru a ve kterém probíhá reakce (n, λ). Jako poslední vrstva je vhodný materiál, který se využívá pro stínění gama záření, vznikající při radiačním záchytu neutronů [16].



Obrázek 2 - Příklad štěpení jádra ^{235}U [13]

K již zmíněným fyzikálním zásadám ochrany před zářením je důležité využívat také tzv. **aktivní prostředky ochrany**, mezi které patří dodržování a splňování stanovených

technologických postupů, dle zákona také odborná způsobilost pracovníků k práci s ionizujícím zářením, kvalitní organizace práce, spolupráce mezi pracovníky apod. Dále je třeba také dodržovat **pasivní prostředky ochrany**, v podobě vhodného stavebního řešení pracoviště, bezpečnostní prvky, olověné dveře, hrubé betonové stěny, pracovní ochranné prostředky, mobilní stínící kryty, zástěny, prvky apod. [16].

3.3.4 Lékařské zdroje záření

Z hlediska určování diagnózy a léčbě některých onemocnění, má ionizující záření významné postavení. Lékařské ozáření v průměru odpovídá 98 % ozáření ze všech umělých zdrojů. Z pohledu procent se stává druhým největším přispívatelem k celosvětové expozici populace. Na prvním místě jsou přírodní zdroje záření. Většina lékařských expozic se uskutečňuje v ekonomicky vyspělých zemích, které mají k dispozici více prostředků na lékařskou péči, díky tomu jsou ve větším rozsahu využívaná radiologická zařízení [11].

Mezi využívané zdroje záření v lékařství patří např. diagnostická radiologie, která spočívá v analýze obrazů, získaných pomocí záření-X. Jedná se např. o počítačovou tomografii (CT). Tomografie pomocí magnetické rezonance nebo ultrazvuku využívají zobrazovací metody neionizujícího záření. Dále také nukleární medicína, která je založena na otevřených radionuklidových zdrojů. Jedná se o zdroje, které jsou neuzavřené, nezapouzdřené a jsou rozpustné. Používání těchto zdrojů spočívá v zavádění do těla, v nejčastějších případech za účelem získání obrazu, který informuje o struktuře nebo funkci orgánu. Zřídka kdy se využívají za účelem léčby některých onemocnění, jako je např. zvýšená funkce nebo rakovina štítné žlázy [11, 18]. „Zpravidla je radionuklid upraven tak, aby mohl být podán jako kolektivní radiofarmakum do žíly nebo orálně. Radiofarmakum potom putuje v těle a ukládá se do tkání a orgánů podle své fyzikální a chemické charakteristiky. Záření vysílané radionuklidem uvnitř těla se analyzuje, aby se získala diagnostická zobrazení, nebo se využívá jeho schopnosti léčit“ [11, s. 35].

K léčbě některých onemocnění především rakovin ale někdy i nezhoubných nádorů, se využívá záření v radioterapii. V této oblasti se využívá tzv. zevní radioterapie, kdy léčba pacienta probíhá způsobem, kdy je zdroj záření umístěn mimo tělo pacienta. V tomto případě je využíváno zdroje, který obsahuje vysoce radioaktivní zdroj,

konktrétně ^{60}Co, případně se použije vysokonapěťového přístroje. Existují také jiné způsoby léčby, například brachyterapie. Jedná se o léčbu, kdy dochází ke krátkodobému přiložení nebo trvalému umístění kovových radionuklidových zdrojů nebo uzavřených radionuklidových zdrojů na chorobné ložisko [11].

3.3.5 Stav v České republice

V České republice je od roku 1995 vytvářen systém, který se týká expozic obyvatel v souvislosti s použitím ionizujícího záření v lékařství a který slouží pro registraci údajů. Základem tohoto systému jsou data poskytovaná zdravotní pojišťovnou. Struktura dat umožňuje jejich snadné využití pro následné zpracování v podobě výpočtů a analýz. Automatické třídění dat podle stanovených požadavků umožňuje speciálně vytvořená aplikace. Všechny shromážděné údaje jsou anonymní, nicméně poskytují informaci o pohlaví a věku pacienta. Informace jsou speciálně kódovány a umožňují nám zjistit, zdali konkrétní osoba podstoupila v určitém období více vyšetření. Při znalosti frekvence jednotlivých druhů vyšetření v rentgenové diagnostice, ale také v nukleární medicíně, je možné stanovit kolektivní efektivní dávky pomocí jednoduchých výpočtů, a to pomocí konverzních faktorů mezi dávkou a veličinami, které charakterizují jednotlivá vyšetření. Celkové riziko, které vyplývá z využívání zdrojů ionizujícího záření v lékařství v ČR, lze hodnotit pomocí znalosti věkové a pohlavní distribuce s použitím koeficientů rizika vztažených k věku a pohlaví [12].

3.4 Účinky záření na člověka

Abychom mohli hodnotit účinky ionizujícího záření na člověka, je nutné zavedení výstižného popisu podmínek expozice ionizujícímu záření, nejen bližší charakteristiky tkáňových systémů, které vytvářejí kompletní organismus. Pokud se jedná o podmínky ozáření, je potřeba dávku záření blíže charakterizovat. Klinické projevy nemoci z ozáření jsou tedy závislé na geometrii, dávce a příkonu ozáření. Dále také na věku, pohlaví, celkovém zdravotním stavu, ale i dalších biologických faktorech blíže specifikujících konkrétní ozářený objekt. Důležitou roli hrají i případná další onemocnění, případně i poranění, která doprovázejí nemoc z ozáření. Mezi způsoby ozáření řadíme:

- celotělové ozáření, jednorázovým, většinou nerovnoměrným zevním ozářením nebo při vnější a vnitřní kontaminaci;
- celotělové, přerušované, zpravidla také nerovnoměrné;
- lokální, jednorázovým ozářením;
- místně radiačním poškozením, vždy dlouhodobé;
- sdruženým a kombinovaným radiačním poškozením [8, 12].

Při vnější a vnitřní kontaminaci organismu dochází k celotělovému nerovnoměrnému ozáření organismu. Množstvím radionuklidů, poločasem, typem kontaminace, kvalitou dekontaminace a skladnou náležitých radionuklidů je dána dávka. Při inhalační **vnitřní kontaminaci** jsou nejvýznamněji postiženy radiací oblasti vstupních cest, což znamená dutina ústní, sliznice nosu a horních cest dýchacích. Až $^{2}/_{3}$ kontaminantů se činností řasinkového epitelu vrací do nosohltanu, polykají a vylučují gastrointestinálním traktem, který je tím také poškozován. Závažnost poškození organismu při kontaminaci je dána fyzikálními vlastnostmi radioizotopů, charakterem konkrétní kontaminující látky jako je např. písek, prach. Dále také stupněm ochrany pokožky ve chvíli, kdy dochází ke kontaminaci v podobě druhu oděvu, případně zdali byly použité ochranné prostředky [8].

3.4.1 Způsoby ozáření

K **celotělovému, jednorázovému zevnímu ozáření, s různým stupněm rovnoměrnosti,** při kterém nastává poškození organismu, dochází ve volném prostoru, kdy zasažený je od zdroje minimálně stíněn případně se nachází v oblasti čerstvě vypadlé radioaktivní stopy. V případě **celotělového, přerušovaného a zpravidla nerovnoměrného zevního ozáření**, dochází ve volném prostoru za podobných podmínek jako při jednorázovém ozáření. Jedná se o případ, kdy se zasažený na kontaminované místo vrací vědomě, nejčastěji za účelem záchranných prací nebo z neznalosti [8].

K **lokálnímu jednorázově silnému nerovnoměrnému ozáření** dochází především v důsledku jeho ozáření, a to v případě, kdy je účinně zakrytá část postiženého. Laboratorní i klinický obraz spolu s průběhem nemoci závisí mimo jiné také na tom, která část těla byla ozářena. Jak bylo již zmíněno, nejcitlivější jsou tkáně a orgány,

ve kterých probíhá diferenciace buněk. Naopak méně citlivé jsou malé cévy, spojivka a buňky, které se v dospělosti již prakticky dále nedělí např. buňky jater, kostí, chrupavky nebo svalové a nervové buňky [8].

O **místním radiačním poškození**, které je vždy dlouhodobé, hovoříme při vysoké hodnotě f_n (faktor nerovnoměrného rozložení), kdy byla ozářena pouze menší část těla, velmi často k tomu dochází při aktinoterapii (léčba lymfomů). Takovéto záření působí hlavně do hloubky tkání. V případě, kdy je ozářena oblast, kde se nachází životně důležité tkáně, dochází k výraznému zhoršení klinického i laboratorního obrazu. Velmi významnou roli hraje také skutečnost, zdali došlo k jednorázovému ozáření nebo častěji opakovanému [8].

Velmi často také dochází ke **sdruženému a kombinovanému radiačnímu ozáření,** a to na základě zkušeností z havárií zdrojů ionizujícího záření a zkušeností z případného válečného využití v roce 1945. Zkušenosti ukázaly, že často dochází právě ke zmíněnému sdruženému radiačnímu poškození. Což znamená, že dochází k zevnímu ozáření a k povrchové a vnitřní kontaminaci radionuklidy. První příznaky poškození jsou určeny zevním ozářením, následné projevy poškození po zevní i vnitřní kontaminaci radionuklidy nastupují obvykle s časovým odstupem. Kombinovaným radiačním ozářením organismu je myšleno další poškození v podobě různých poranění nebo popálenin apod. [8].

3.4.2 Stochastické účinky

Z pohledu dávky, účinku i ochrany před zářením rozlišujeme dva základní typy účinků. Stochastické a deterministické [8].

Stochastické (náhodné) účinky označujeme takové účinky, u kterých s dávkou roste míra účinku. Jsou důsledkem poškození malého počtu buněk, případně i jedné buňky a mohou se projevit po jednorázovém ozáření podprahovou dávkou nebo při chronickém ozařování konkrétní tkáně, eventuálně celého těla malými dávkami. Podprahové dávky jsou dávky, které nevyvolávají v krátké době po ozáření žádné klinicky prokazatelné poškození. Nicméně mohou s jistou pravděpodobností způsobit poškození, které se může projevit až za dlouhou dobu po ozáření. Ke stochastickým účinkům zařazujeme vznik nádorových onemocnění, leukémie a genetické poškození

týkající se další generace. Pro představu se v případě leukémie uvádí délka latentního období 5–20 roků a u nádorových onemocnění to může být 10–40 roků [20].

Stochastické účinky jsou charakterizovány podprahovými dávkami záření, které spočívají v tom, že máme skupinu ozářených osob a pouze u některých jedinců se projeví poškození, ovšem nikdy nemůžeme dopředu odhalit u koho. Pro stochastické účinky je charakteristické, že čím menší dávkou byla skupina ozářena, tím je pravděpodobnost vzniku poškození menší. Rostoucí dávka záření ovlivňuje pouze pravděpodobnost vzniku poškození, a ne jeho závažnost. Z tohoto důvodu lze stochastické účinky záření odhalit pouze, pokud budeme sledovat velké skupiny ozářených osob. Pokud dojde k ozáření poměrně větší dávkou je pravděpodobné, že se v konkrétní ozářené populaci po určité době mohou projevit různá poškození zdraví, v souvislosti vlivu ozáření. Příkladem mohou být události v Japonsku, kde se objevil zvýšený výskyt leukémie mezi osobami, které přežili exploze atomových zbraní, dále zvýšený výskyt rakoviny štítné žlázy mezi obyvateli Marshallových ostrovů, kteří konzumovali potravu zamořenou radioaktivními látkami v Tichomoří, v období zkoušek atomových zbraní. Dalším příkladem je Ukrajina a Bělorusko a zvýšený výskyt rakoviny štítné žlázy u dětí, které byly vystavěny vyššímu příjmu radioaktivních izotopů jódu, jako následek po havárii černobylského reaktoru nebo zvýšený výskyt rakoviny plic u mezi horníky uranových dolů. V neposlední řadě je důležité zmínit i havárii ve Fukušimě v roce 2011, kde bylo s odstupem pár let zaznamenáno výrazné zvýšení výskytu rakoviny štítné žlázy u mladistvých a dětí. Tyto patrné stochastické účinky se používají k výpočtu míry rizika vzniku specifického poškození [20, 21].

3.4.3 Deterministické účinky

Deterministické účinky nebo někdy uváděné jako nestochastické účinky, jsou takové, kdy účinek roste s růstem obdržené dávky záření. Účinky se projeví po ozáření celého těla nebo konkrétní tkáně, velmi často tomu bývá jednorázově, a to ekvivalentní dávkou záření, která v zasaženém jedinci během krátké doby po ozáření vyvolá s vysokou pravděpodobností klinicky pozorovatelné účinky. Klinicky pozorovatelný účinek se za takovýchto podmínek projeví proto, že v ozářených tkáních je ve stejnou dobu současně zasaženo mnoho buněk. Za podmínek, kdy nemohou zahájit a uplatnit opravné postupy. Tyto účinky můžeme vyloučit, pokud nebude u konkrétního

organismu překročena určitá prahová hodnota. Do této skupiny můžeme zařadit například akutní nemoc z ozáření (radiační syndrom) nebo radiační poškození kůže. Z důvodu existence dávkového prahu jsou z pohledu času zpravidla akutní, výjimkou je například katarakta (šedý zákal) [8, 20].

3.4.4 Akutní nemoc z ozáření (radiační syndrom)

Akutní nemoc z ozáření nastává pouze za zcela výjimečných podmínek a okolností, kdy dochází k jednorázovému ozáření celého těla, a to vysokými dávkami záření. Dle závažnosti ozáření se následně projevuje poškozením krvetvorných orgánů, trávicího ústrojí a může vést až poškození centrálního nervového systému. Nemoc z ozáření probíhá ve čtyřech fázích. Délka fází včetně závažnosti závisí na dávce ozáření. Je nutné zmínit a zdůraznit, že klinický projev nemusí v každém případě odpovídat závažnosti laboratorních nálezů, významnou roli hraje i individuální odolnost jedince [8, 20].

V první fázi tzv. **fáze prodromální**, se jedná o bezprostřední stresovou reakci organismu a je projevem humorální a neurovegetativní reakce na první projevy poškození. Klinicky se projevuje zvracením, nauzeou, nechutenstvím případně při vyšších dávkách i bolestmi hlavy a průjmy. Pokud jsou dávky vyšší než 6 Gy, dochází k rozvoji poškození organismu mnohem rychleji a můžeme navíc pozorovat výrazné funkční poruchy vedoucí až k zneschopnění zasažených. V tomto případě se jedná o poruchu centrálního nervového systému. **Ve druhé fázi, fázi latentní,** dochází k dočasnému ústupu dosavadních příznaků. Toto období může trvat 1-2 týdny. Nicméně i přes to laboratorní nálezy dokumentují rozvíjející se poškození životně důležitých systémů. Jedná se především o poškození systému krvetvorby a zažívacího traktu. Ve **třetí fázi (manifestní), dochází** k plnému rozvoji onemocnění. Jedná se o projev komplexního poškození, které je doprovázeno odezvou na úrovni neurohumorálních regulačních mechanismů a v oblasti látkové výměny. Postižený člověk je unavený, má třesavku, krvácí z nosu, ale i z dásní, má vředy na ústní sliznici. Celkový stav je doprovázen průjmem a horečkou. Postižený je náchylnější na virová, plísňová a mikrobiální onemocnění. Pokud se jedná o velmi závažnou formu onemocnění, kdy byla dávka záření vyšší, mezi 6 Gy až 10 Gy, je celý průběh mnohem bouřlivější a smrt nastává mezi 20. - 30. dnem. Pokud byla dávka záření nižší, nastává **fáze**

rekonvalescence. V tomto období dochází dle závažnosti nemoci z ozáření k částečnému nebo úplnému uzdravení organismu. Celkové uzdravení závisí na individuální citlivosti jedince vůči ionizujícímu záření. Mezi nejčastější poruchy, která jsou často doživotní patří například spermatogeneze [8].

3.4.5 Další účinky ionizujícího záření

Nejčastějším typem poškození, ke kterému dochází při nehodách se zdroji záření, patří **lokální akutní poškození kůže**. Je označována jako radiační dermatitida. Může mít různé formy, které záleží na závažnosti ozáření. Mohou se projevovat od zarudnutí kůže až po hlubší poškození kožní tkáně. Může také nastat vznik vředů, které jsou velmi bolestivé a těžce se hojí. Dalším negativním účinkem ionizujícího záření může být **poškození plodu**. V prvních třech týdnech po početí, je počet buněk zárodku malý a buňky nejsou ještě specializované. Poškození těchto buněk se nejčastěji projeví neschopností implantace nebo zánikem oplozeného vajíčka. V období mezi třetím až osmým týdnem těhotenství, kdy se začínají tvořit orgány, je lidský zárodek vůči záření mimořádně senzitivní. Poškození je závislé na velikosti dávky a na tom, v jakém období vývoje k ozáření došlo. Děti narozené matkám, které byly během těhotenství ozářeny, bývají postiženy mikrocefalií (vývojová porucha růstu mozku), očními vadami, rozštěpem patra a celkovým zaostáváním. To je důvodem proč se ženy nemají podrobovat rentgenovému ošetření v břišní krajině, pouze v těch nejnutnějších případech. U mužů může při ozáření docházet k **poruše plodnosti**. Opět záleží na velikosti dávky. Pokud dojde k ozáření ekvivalentními dávkami mezi 0,1-1 Sv, může nastat přechodná aspermie. Trvalá aspermie se projevuje od 3 Sv. Ženy jsou v oblasti plodnosti méně vnímavé. Trvalou sterilitu u žen způsobují s 60-70 % pravděpodobností dávky, které jsou vyšší než 2,5 Sv. Mezi biologické účinky záření patří také **zákal oční čočky**. Prahová dávka se pohybuje mezi 1,5-2 Sv a má dlouhou dobu latence [20, 21].

3.5 Průmyslové aplikace ionizujícího záření

Zdroje ionizujícího záření se také využívají v širokém rozsahu průmyslových aplikací. Zařazujeme sem např. průmyslové ozařování, pomocí kterého se provádí sterilizace zdravotnických přípravků a farmaceutických výrobků, ale také udržování kvality potravin ve snaze odstranit zamoření hmyzem. Dalším příkladem používání zdrojů ionizujícího záření je např. defektoskopická radiografie (nedestruktivní

testování), kdy se kontroluje kvalita svárů kovových dílů. Jiné zdroje ionizujícího záření se užívají v zaměřovacích přístrojích (světélkující materiály) a jako zdroje orientačního osvětlení východů apod. Radioaktivní zdroje se také používají ve výzkumu a v průmyslu např. v zařízeních na měření tloušťky, vlhkosti, hutnosti a hladin a rovněž tak i při geologických vrtech (průzkum těžby minerálů, ropy či zemního plynu) [11].

I přes to, že jsou podobné aplikace velice rozšířené, výroba radionuklidů pro jejich použití v průmyslu a lékařské praxi způsobuje pouze velmi nízké expozice široké veřejnosti. Přirozeně, pokud dojde k radiační nehodě, může dojít ke kontaminaci ploch a vysoké expozici přítomných osob. Z pohledu expozice počtu pracovníků, kteří přicházejí do styku s průmyslovými zdroji, činil v prvních deseti letech tohoto století asi jeden milion s průměrnou roční efektivní dávkou na pracovníka přibližně 0,3 mSv [11].

3.5.1 Radiační sterilizace

Radiační sterilizace se používá při průmyslové výrobě sterilního jednorázového materiálu, eventuálně ke sterilizaci exspirovaného zdravotnického materiálu. Na mikroorganismy působí záření velmi rozdílně. Může dosáhnout sterilizačních účinků, nebo naopak může být záření růstovým stimulátorem. Účinky záření jsou závislé především na druhu a intenzitě záření a na délce jeho působení. Cílem radiační sterilizace je inaktivace životaschopných mikroorganismů. Jediným požadavkem jejich smrti je nevratná ztráta reprodukční schopnosti. Výsledek vlivu záření se projeví zásahem do buněčného metabolismu. Tyto interference probíhají na molekulární úrovni a způsobují zásadní změny ve struktuře nukleových kyselin, aminokyselin a bílkovinných komplexů [22].

Ionizující záření má tu vlastnost a výhodu, že penetruje neboli proniká, ale zároveň nezahřívá daný sterilizovaný předmět a dále nemění vlastnosti u většiny sterilizovaných látek. Gama záření se používá k průmyslové sterilizaci výrobků, jako je např. obvazový materiál či plasty. Jako zdroj gama záření se v praxi používá především radioaktivní kobalt ^{60}Co. Mezinárodně stanovená sterilizační dávka je 27 kGy. Sterilizace pomocí ionizujícího záření má oproti nejčastěji používaným způsobům sterilizace (teplem, parou pod tlakem, chemickými prostředky nebo plyny) mnohé výhody, např. radiačním zářením lze sterilizovat i teplotně labilní materiály, výrobky mohou být sterilizovány

v konečném obalu (ozařování po celých paletách) a možnost okamžitého použití vysterilizovaných výrobků (radiační proces nevyvolává sekundární radiaci, zboží proto není nutno ani odvětrávat a je vhodné i pro ošetření potravin, léků atd.). Společnost Bioster a.s. také v každém okamžiku garantuje průkaznou způsobilost procesu sterilizace. S ozářeným materiálem je dodáván protokol o obdržené sterilizační dávce. Bioster a.s. je od roku 1996 držitelem certifikace, která je v souladu s normami Evropského společenství, a kromě radiační sterilizace v současné době také nabízí i jiné ozařovací služby. Spolupracuje s tuzemskými i zahraničními zákazníky [23, 24].

V případě, že nedojde k mechanickému poškození obalu, tak nám radiačně sterilizované materiály, které jsou hermeticky uzavřené do vhodných obalových materiálů, zaručují sterilitu na neomezeně dlouhou dobu. Jak je již výše zmíněno, během sterilizačního procesu na daných předmětech neulpívají toxická residua a sterilizované výrobky tak nevykazují žádné zbytkové sekundární záření a radiační sterilizace tak nezpůsobuje radioaktivitu materiálů. Vlastní sterilizační proces je možné snadno kontrolovat pomocí mechanických, fyzikálních, chemických, případně i biologických dozimetrů. Výsledek sterilizačního procesu je závislý na absorbované dávce záření. Čím je dávka vyšší, tím je větší pravděpodobnost zásadní změny kvality, která je zahrnuta pod pojmem sterilita. Ionizující záření ovšem nemá ničivý vliv pouze na mikroorganismy, ale také na podložní materiál. Jelikož jsou tyto ničivé změny nežádoucí, je stanovena tzv. minimální sterilizační dávka, která nezpůsobuje degradační procesy a poskytuje tak určitý stupeň bezpečnosti. V mnoha státech je minimální sterilizační dávka stanovena na 25 kGy [22, 24].

Řada testovacích mikrobiologických metodik, byla navržena v souvislosti s kontrolou účinnosti a efektivnosti radiační sterilizace, které přímo i nepřímo souvisí s dosažením dané sterility. Obdobně jako je tomu i u jiných sterilizačních postupů, je účinnost radiační sterilizace závislá na počtu, druhu a rezistenci mikroorganismů, které jsou přítomny na předmětech určených ke sterilizaci a na prostředí, ve kterém sterilizační proces probíhá [22]. „Jednou z metod, která dává obraz o hygienických podmínkách výroby a která umožní určit sterilizační dávku vzhledem k požadovanému stupni bezpečnosti je stanovení průměrné a maximální hladiny předsterilizační kontaminace. Počet předsterilizačních kontaminantů je definován jako počet

životaschopných buněk, přítomných uvnitř a vně výrobku a ve vnitřní straně obalu, ve kterém se výrobek nachází. Mikroorganismy se liší svojí citlivostí k záření“ [21, s. 22]. Rozhodující roli v průběhu inaktivace hraje i vnější prostředí. Je zjevné, že záření je absorbováno nejen mikroorganismy, ale také v okolním prostředí, kde dochází k ionizacím a vzniku silného oxidoreakčního potenciálu. Odsud pak pocházejí následky tzv. „nepřímého účinku“ záření [22].

3.5.2 Nehody v průmyslu

Nehody, ke kterým dochází právě při průmyslovém využívání zdrojů ionizujícího záření, jsou mnohem častější než nehody v jaderných elektrárnách. Paradoxně se o nich nemluví tak často, i přes to, že mohou způsobovat významné radiační expozice pracovníkům, ale i jednotlivcům z řad obyvatelstva. Pro představu bylo mezi roky 1945-2007 zaznamenáno přibližně 80 nehod v průmyslových provozech, které používají zdroje záření, urychlovače nebo rentgenové přístroje. O život při těchto nehodách přišlo devět lidí a 120 pracovníků utrpělo radiační poškození. Poškození se nejčastěji projevovala na pokožce rukou a musela být mnohdy řešena amputací končetiny. UNSCEAR se domnívá, že některé nehody vedoucí k poškození zdraví nebo úmrtí v průmyslových zařízeních nebyly hlášeny [11].

Mnoho nehod bylo také způsobeno ztracenými, ukradenými nebo opuštěnými zdroji. Například mezi lety 1966 až 2007 tyto zdroje způsobily úmrtí 42 lidí, mezi kterými byly i děti. U dalších osob došlo k akutní nemoci z ozáření, vážným lokálním poškozením, vnitřní kontaminaci či psychologickým problémům. Stovky osob muselo vyhledat psychologickou pomoc. V současné době není přesně známo, kolik opuštěných zdrojů se na světě nachází, jejich počet se odhaduje na tisíce [11]. „Dozorný orgán USA (Nuclear Regulatory Commission) podal zprávu o tom, že v rozmezí let 1996-2008 se ztratilo takřka 1 500 radioaktivních zdrojů, z čehož více než polovinu se nikdy nepodařilo najít. Ve studii Evropské unie se odhaduje, že v rozsahu její působnosti se ročně ztratí až 70 zdrojů z běžné kontroly. Většina těchto zdrojů neznamená sice mimořádné radiační riziko, nicméně nehody jimi způsobené zůstávají hlavním problémem opuštěných zdrojů“ [11, s. 53]. Důvodem, proč lidé sbírají a následně prodávají uzavřené zdroje či jejich pouzdra jako kovový odpad je, že se mimo jiné domnívají, že se jedná o předměty z cenného kovu, jelikož jsou na pohled velmi

atraktivní, a navíc se na některých z nich ani nenachází varovný radiační symbol. Případy neobezřetných sběratelů šrotu nebo dokonce náhodných občanů, kteří se zapletou do manipulací s takovými nálezy, vedou k vážným poškozením zdraví a v některých případech i k úmrtí. Příkladem je událost, ke které došlo v Goianii v Brazílii v r. 1987. Na začátku celé události byla krádež opuštěného teleterapeutického přístroje – ozařovače s vysoceaktivním uzavřeným radionuklidovým zdrojem ^{137}Cs o aktivitě cca 50 TBq. Nálezce poté porušil olovněné stínění a kovové opouzdření zdroje (kapsle) a radionuklid se ve formě prášku uvolnil do prostředí. V následujících dvou týdnech se rozpustný prášek chloridu cesia rozptýlil po celém prostoru sběrny kovů, a v okolních domech. Velký počet lidí trpěl zdravotními obtížemi a kožními chorobnými změnami, 110 000 lidí bylo monitorováno pro radioaktivní kontaminaci. Mnoho z nich bylo vnitřně kontaminováno. Při této nehodě zemřeli čtyři lidé, včetně jednoho dítěte [11].

Celosvětové vyhodnocení vážných radiačních nehod*

Typ nehody	1945–1965	1966–1986	1987–2007
Nehody v jaderných zařízeních	19	12	4
Nehody v průmyslových provozech	2	50	28
Nehody s opuštěnými zdroji	3	15	16
Nehody při výuce/výzkumu	2	16	4
Nehody ve zdravotnictví	Neznámé	18	14

* Založeno na nehodách, o kterých byla podána oficiální zpráva, nebo které byly publikovány. Lze se domnívat, že počet neohlášených nehod, zejména ve zdravotnictví je mnohem vyšší.

Obrázek 3 - Celosvětové vyhodnocení vážných radiačních nehod, vždy po 20 letech [11]

3.6 Bezpečnost objektu

„Bezpečnost, respektive dosažený stupeň bezpečnosti, je možno obecně považovat za mnohostrannou vlastnost prostředí. Můžeme ji chápat jako komplexní výsledek hodnocení dílčích bezpečnostních faktorů, přesněji dílčích bezpečností zajišťujících sociálně přijatelnou úroveň bezpečnostních rizik. Za riziko můžeme v tomto případě považovat možnost nežádoucího vývoje bezpečnostní situace“ [25 s. 18]. Riziko

technologického zařízení pak můžeme definovat jako určitou míru ekonomických ztrát případně či jako poškození lidského zdraví vyjádřenou pomocí pravděpodobnosti havárie a velikosti ztráty nebo poškození. Bezpečnost můžeme označit jako protiklad rizika. Bezpečnostní systém je systém zbavený všech patrných faktorů, které mohou zapříčinit zranění osob, ztráty majetku případně i znečištění životního prostředí. Riziko je nutné eliminovat na co nejmenší možnou akceptovatelnou míru. Pro každé jednotlivé zařízení případně objekt bude přijatelná míra rizika odlišná, a proto jí nelze jednoduše definovat. Z důvodu finančních prostředků, technického zařízení, individuálního vlivu na prostředí apod. Při posuzování rizika by vždy na prvním místě měl být život a zdraví člověka [26, 27]. V praxi se prokázal a zároveň osvědčil jako funkční následující systém hodnocení dílčích bezpečností:

- **Bezpečnost personální** patří mezi ty nejméně spolehlivé faktory bezpečnostního prostředí. Člověk, který je základním článkem personální oblasti, je bohužel značně subjektivně ovlivnitelný. Co z něj dělá přirozeně nestabilní prvek. Téměř denně se v praxi můžeme setkat například se snahou motivovat člověka k nekalému jednání. Může se jednat jak o podobu lákavé finanční nabídky nebo případně v podobě nátlaku, vydírání. Významnou roli zde hrají dvě oblasti. Oblast personálního výběru a oblast personální práce s těmito osobami. Personální výběr vychází z požadavků, které jsou potřeba k výkonu práce na konkrétních pozicích a následující předpoklad schopnosti budoucího zaměstnance zastávat požadované pracovní povinnosti. Řadíme sem i jeho osobní způsobilost a bezúhonnost. Následná personální práce představuje v první řadě vstupní školení a následnou péči v podobě prohlubování profesních znalostí, odborné přípravy, školení zaměstnanců, ale i průběžné hodnocení a kontrola zaměstnanců.
- **Bezpečnost objektová** je dána výsledkem analýzy objektových rizik a souvisejících opatření, která vedou ke zvýšení tohoto typu bezpečnosti. Hodnocení i zajištění objektové bezpečnosti spadá zcela do působnosti velitelů konkrétních objektů a jejich nadřízených.
- **Bezpečnost organizační** vychází z podmínek zadaných klientem se závislostí na charakter provozu. A má vazbu, na činnosti klienta, ke kterým je objekt využíván. Hovoříme především o provozní době, vjezd a výjezd vozidel, materiální transport, samozřejmě také oprávněnost osob ke vstupu do objektu atd.

- **Bezpečnost transportní** je dána výsledkem analýzy transportních rizik, včetně souvisejících opatření přijatých ke zvýšení tohoto typu bezpečnosti. Hodnocení, plánování včetně realizace transportní bezpečnosti, podobně jako u bezpečnosti objektové, zajišťují ve své působnosti velitele/vedoucí přeprav a jejich nadřízení.
- **„Bezpečnost režimová** je dána jednak charakterem objektu, jednak podmínkami klienta. Mezi základní režimová hodnocení je možno zařadit rozhodnutí o utajení činnosti v objektech, respektive ustanovení o obchodním, výrobním, personálním či jiném typu tajemství. Mezi režimová ustanovení řadíme i respektování závěrů zákona o ochraně utajovaných informací, tedy ustanovení, která by v případech zneužití mohla způsobit újmu zájmům našeho státu. V podmínkách bezpečnostních služeb (BS), se může jednat o prověření na stupně nakládání s informacemi typu Vyhrazené, respektive Důvěrné, případně (výjimečně) i stupňů vyšších“ [25 s. 20].
- **Bezpečnost administrativní.** Její hodnocení je závazně stanoveno zákonem o spisově a skartační službě, včetně navazujících vyhlášek. Volitelně je následně administrativní bezpečnost vymezena vnitřními předpisy klienta, eventuálně vnitřními předpisy bezpečnostní služby k nakládání s informacemi umístěnými na jakýchkoli typech nosičů, především na nosičích elektronického i listinného charakteru.
- **Bezpečnost technická** je často úzce spjata s bezpečností objektovou, transportní i režimovou. Ve velké míře se týká úložných prostor, jako jsou např. trezory a dále zabezpečovací ochranných zařízeních, ať už mechanických, technických nebo kamerových. Je velmi důležitě, aby se jednalo o prostředky, které jsou certifikované a mají stanovené systémy ověřování spolehlivosti.
- **Bezpečnost informatická,** jejíž význam neustále roste a představuje především ochranu všech druhů informací. Tedy přesně podle hlavního úkolu bezpečnostních služeb – ochránit oprávněná práva, zájmy a majetek klienta. Mezi hlavní zásady informatické bezpečnosti patří: dostupnost (právo přístupu vymezených osob k vymezeným informacím), důvěrnost (vymezení okruhů osob s rozdílnou mírou odpovědnosti), integrita (soulad všech informací vedených v informačních systémech tak, aby byla vyloučena jakákoli pochybnost o informacích poskytovaných uživatelům) a odpovědnost (osobní vztah uživatelů informačního systému vůči majiteli informačního systému s jediným cílem a to nedopustit únik informací legální případně i nelegální cestou).

- **Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP) a požární ochrana (PO)** jsou ve smyslu souvisejících zákonných a dalších norem hodnoceny samostatně [25].

3.6.1 Druhy ochrany objektů

Abychom byli schopni zajistit účinnou realizaci požadavků na ostrahu, je základním předpokladem provedení tzv. průzkumu v návaznosti na výsledky předchozích zkušeností, již zmiňované analýzy možných rizik, místních vlivů a bezpečnostní situace s ohledem na funkci zkoumaného objektu a charakter majetku. Následně je nutné na základě vyhodnocených poznatků vypracovat bezpečnostní projekt fyzické ochrany. Projekt by měl definovat konkrétní podobu celého systému fyzické ostrahy. Opatření, která byla přijata, se pak stávají důležitou součástí dokumentu, ve kterém jsou blíže popsána všechna organizační a režimová opatření ochrany. Především charakteristika objektu, bezpečnostní rizika včetně jejich možného řešení, způsob zabezpečení objektu, předmět výkonu služby a povinnosti zaměstnanců ostrahy. Součástí jsou také režimy vstupu osob, vjezdu a výjezdu vozidel, klíčového hospodářství, obchůzkové činnosti, protipožární prevence či poskytování informací. Dokumentace musí obsahovat jasně stanovená pravidla určení pravomocí a kompetencí, postupy při řešení mimořádných událostí např. narušení objektu nepovolanou osobou, hrozby jiného útoku (bombou apod.), požárem atd. Nejdůležitějším prostředkem, který zajistí komplexní ochrany objektů je kombinace fyzické ostrahy a technické ochrany pomocí jednotlivých prvků elektrických a mechanických zabezpečovacích systémů perimetrické ochrany. Významnou součástí zmiňovaných systémů jsou tzv. ochranné vrstvy, které představují organizační, technická a systémová opatření [25, 28].

Fyzická ostraha je v současné době stále nejčastěji používanou formou zajišťování ochrany objektů. Lze ji definovat pomocí několika forem fyzické ostrahy, jako je strážní služba, bezpečnostní dohled, ochranný doprovod, kontrolní propustková činnost a bezpečnostní výjezd. Ve většině případů, je zajišťována vyškolenými zaměstnanci, příslušníky ozbrojených sil případně zaměstnanci pověřených bezpečnostních služeb. Fyzická ostraha chrání před neoprávněným vstupem, vandalismem, únikem informací, krádeží případně jinou majetkovou újmou, ale také chrání například před sabotáží, ohněm, havárií či následky přírodní katastrofy [25].

Technická ochrana budov je chápána jako soubor přijatých bezpečnostních opatření, jejichž využití v praxi zabraňuje, omezuje nebo oznamuje narušení ochrany konkrétního objektu, včetně celé zabezpečené oblasti. Neodmyslitelnou součástí ochrany budov je tzv. klasická ochrana. Ta spočívá v používání mechanických prostředků, zařízení a komponentů. Svou konstrukcí znemožňují jejich snadné překonání. Nazýváme je mechanické zábranné systémy. Další možností technického zabezpečení objektu je využívání zařízení elektrických zabezpečovacích systémů, poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (PZTS), elektrické zabezpečovací systémy (EZS). Můžeme je charakterizovat jako soubor detektorů, tísňových hlásičů, ústředen řídících jednotek, prostředků poplachové signalizace a přenosových zapisovacích a ovládacích zařízení, pomocí kterých je jakékoliv narušení střeženého objektu či konkrétního prostoru opticky i akusticky signalizováno [25].

3.7 Společnost Bioster a.s.

„Společnost BIOSTER, a.s. je tradičním českým výrobcem širokého spektra zdravotnických prostředků, od speciálního vojenského obvazového materiálů přes program první pomoci, až po unikátní produktovou řadu hemostatik a přípravků pro léčbu akutních a chronických ran Traumacel. Dlouhodobě spolupracuje s řadou akademických pracovišť a klade velký důraz na vlastní vědecký vývoj a kontinuální inovace produktů. Jako první uvedla na trh moderní krytí Traumacel Biodress na bázi oxidované celulózy z bavlny, pro léčbu akutních a chronických ran. BIOSTER, a.s., rovněž poskytuje na českém a slovenském trhu službu radiační sterilizace“ [23].

3.7.1 Enviromentální politika

„Ochrana životního prostředí a vytváření bezpečných a zdravých pracovních podmínek patří k prioritám BIOSTER, a. s. Vedení BIOSTER, a.s. Veverská Bítýška ustanovuje v rámci své strategie ochrany životního prostředí ke snižování dopadů svých činností, zboží a služeb environmentální politiku, v rámci, níž se zavazuje: k dodržování souladu s právními a jinými požadavky, ke kterým se BIOSTER , a. s. zavázala a které se vztahují k environmentálním aspektům společnosti, k neustálému zlepšování enviromentálního profilu organizace, ke snižování dopadů svých činností a služeb na životní prostředí, k prevenci znečišťování životního prostředí, ke zvyšování povědomí zaměstnanců a v oblasti ochrany pracovního a životního prostředí, o všech

dopadech výrobních i nevýrobních činností a poskytovaných služeb a výrobků na životní prostředí, k poskytování relevantních informací všem zainteresovaným stranám“ [23].

4 METODIKA

4.1 Analýza rizik (FMEA)

„Analýza rizik je rozbor, zkoumání nežádoucích stavů, nebezpečí, která mohou s danou pravděpodobností nastat a způsobit škody. Analýzou hledáme nejvýznamnější rizika, která potřebujeme vhodnými opatřeními eliminovat nebo zcela zamezit jejich vzniku, je-li to možné“ [29]. V této práci byla vybrána jako nejvhodnější analýza rizik **metoda FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis), neboli analýza selhání a jejich dopadů, jejíž historie sahá až do 40. let. Jedná se o metodu, která hodnotí případné problémy a selhání jednotlivých kroků procesů. Hledá konkrétní příčiny vzniku vad, problémů a zamezení vzniků následných ztrát [29]. V našem případě bude hodnotit konkrétní vybraná rizika, která byla vybrána ve vztahu k okolí, ve kterém se společnost Bioster a.s. nachází a která patří mezi ty nejpravděpodobnější a jejichž dopad, byl měl zásadní vliv na další fungování společnosti. Výběr rizik pro společnost Bioster a.s., bude vycházet pouze z dostupných zdrojů a informací.

4.2 Multikriteriální analýza

Řadí se mezi kvantitativní typ analýzy rizika, jejímž cílem je bližší stanovení míry rizika. Využívá se v ní semikvantitavního odhadu rizika konkrétní události, např. v našem případě se bude jednat o kategorii frekvencí možné aktivace nebezpečí, smrtelných dopadů, ohrožení osob, možného koeficientu dopadu na životní prostředí, ekonomických dopadů a koeficientu společenských dopadů. Dalším koeficientem, podle kterého budeme stanovovat míru rizika, je předpokládaná doba trvání omezujícího stavu a možného omezení společnosti. Následky jsou vyjádřené pomocí agregovaných veličin, které budou vybírané pomocí tabulek (viz. příloha 1-8), a následně je budeme dosazovat do konkrétního vztahu. Součástí multikriteriální analýzy je také popis možných scénářů, které v našem případě budou vycházet z předchozí zmiňované analýzy FMEA. Míra rizika pak bude stanovena obdobně, jako u analýzy FMEA. Budeme mít stanovenou kategorii závažnosti následků. Pro tuto práci byla multikriteriální analýza zvolena především jako doplňující možnost způsobu, jak daná rizika podrobněji analyzovat [28].

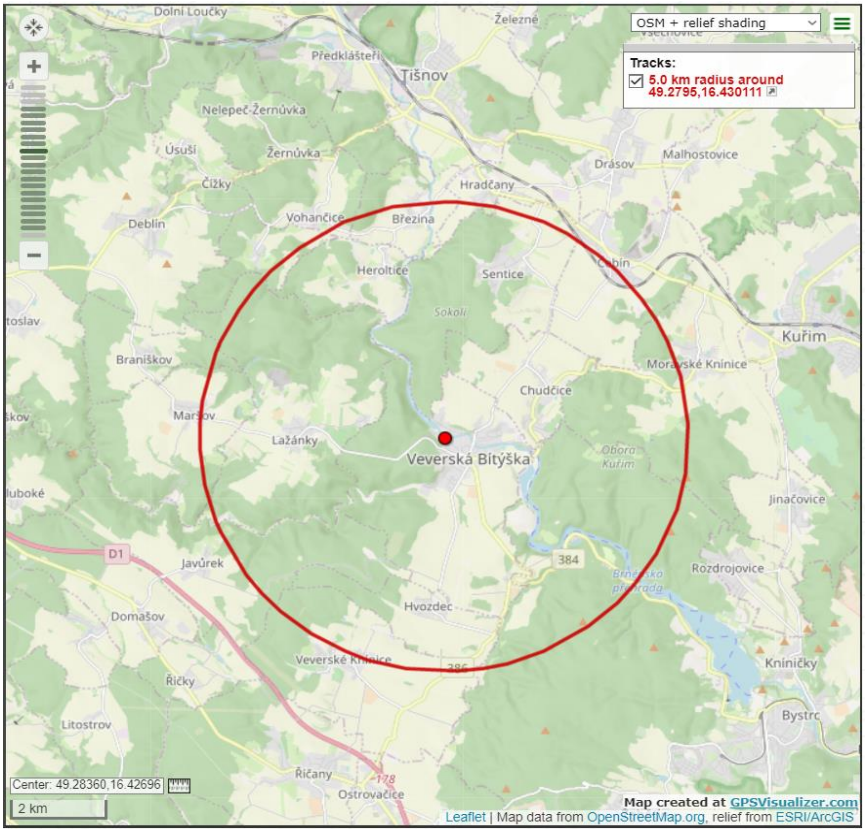
4.3 Paretova analýza

„Paretovu analýzu definoval italský ekonom Vilfredo Pareto. V roce 1897 přišel na to, že 80% bohatství země je v rukou 20 % lidí. Byl tvůrcem sociologického systému a tvrdil, že vůdčí postavení mají elity. Elity, které existují ve všech oblastech společenského života“ [29]. Princip, ze kterého Paretova analýza vychází, nám říká, že 20 % všech našich činností přináší 80 % zisku. Tímto principem tak vyvrátil základní rovnováhu mezi vynaloženým úsilím a následující odměnou. Do té doby platilo všeobecné mínění, že 50 % úsilí následně vede k 50 % zisku [33]. Související Paretův diagram je nástroj, který umožní každému, kdo ho efektivně využívá, získat přínosy v podobě například identifikace nejvýznamnější příčiny daného problému, efektivní ilustrace přínosů procesu zlepšování, případně poskytnutí pomocí jednoduchého principu argumentů pro pracovníky, kteří mají nějaký nápad, jak zlepšit stávající procesy, ale chybí jim argumenty [29]. Paretova analýza bude v této práci navazovat na výsledky analýzy FMEA. Pomocí Paretova diagramu budou znázorněna rizika s nejvyšší prioritou.

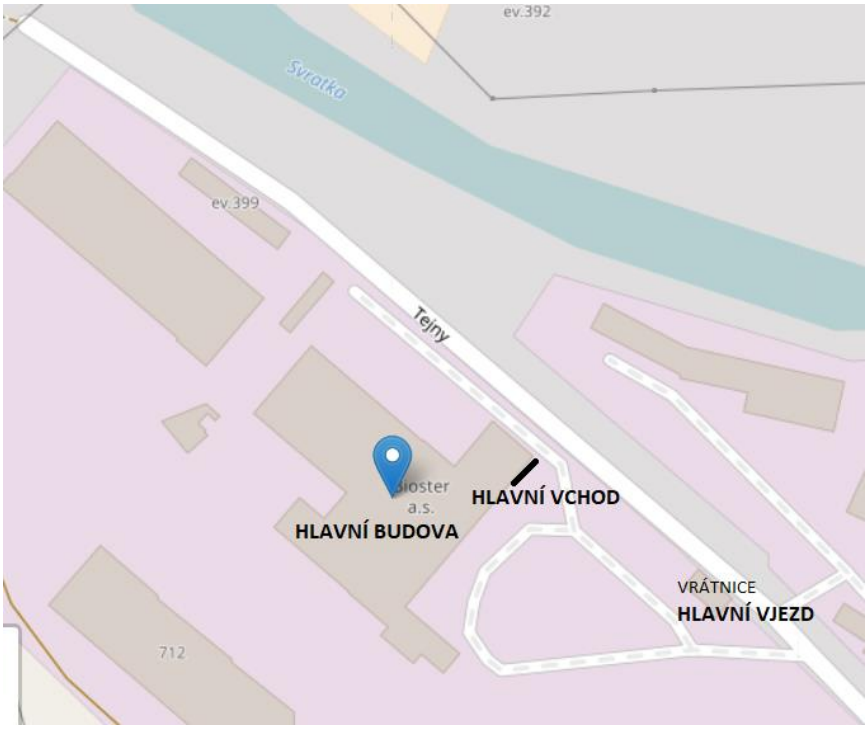
5 VÝSLEDKY

5.1 Popis okolí společnosti Bioster a.s. do okruhu 5 km

Aby bylo možné určit případná rizika, je důležité si blíže představit a popsat samotné okolí, ve kterém se naše vybraná společnost nachází. Pomocí funkce GPS Visualizer byl kolem sídla společnosti Bioster a.s. stanoven okruh 5 km, viz obr. 3. V okruhu se nachází město Veverská Bítýška s přibližně 2800 obyvateli. Město se nachází na soutoku řeky Svratky a Bílého potoka v Jihomoravském kraji, v okrese Brno – venkov. Samotná společnost Bioster a.s. leží na severozápadě okraje města. V blízkém okolí Biosteru sídlí společnost HARTMANN – RICO a.s., která se zabývá výrobou zdravotnických a hygienických výrobků. Konkrétní závod ve Veverské Bítýšce, patří k největším závodům v okolí a vyrábí jednorázové operační roušky a jednorázové sety pro operační zákroky CombiSet. Dále se ve stejné oblasti nachází také výrobní závod společnosti Pěkný – Unimex s.r.o., zabývající se výrobou koření. V blízkosti zmíněných společností protéká řeka Svratka. Ve městě se dále nachází několik restauračních zařízení, obchodů s potravinami, pár specializovaných obchodů, základní škola – celkem 18 tříd. Z toho 10 tříd prvního stupně a 8 tříd na stupni druhém. Dále také základní umělecká škola, dvě ordinace praktických lékařů a zubní ordinace, lékárna, drogerie, Česká pošta, Česká spořitelna, farní kostel sv. Jakuba Většího, čerpací stanice, hřbitov, sportovní hřiště a Camping Hana. Do oblasti 5 kilometrů kromě města Veverské Bítýšky patří také obec Březina, která leží severně od společnosti Bioster, s přibližně 800 obyvateli, dále severozápadně ležící obec Heroltice, kde je k datu 3.1.2020 přihlášeno 211 obyvatel, na severovýchodě obec Sentice – 636 obyvatel, na východě obec Chudčice s počtem obyvatel k 1.6. 2014 - 895, na jihu od společnosti Bioster se pak nachází obec Hvozdec, který má cca 308 obyvatel a na západě se nakonec nachází poslední obec Lažánky, kde žije více než 700 obyvatel, k ní patří i opodál ležící vesnice Holasice s 37 obyvateli [30, 31]. Celkově se tedy v okolí 5 kilometrů od společnosti Bioster, nachází přibližně 6400 obyvatel a můžeme tak říct, že oblast není hustě zabydlená. Je zde mimo jiné i mnoho kulturních a přírodních památek. Jak můžeme vidět na obr. č. 4, oblast je poměrně hodně zalesněná s velkým podílem polí a luk.



Obrázek 4 - Znázornění okruhu 5 km, od společnosti Bioster a.s. [32]



Obrázek 5 – Obrys budovy společnosti Bioster a.s. [32]

5.2 Postup při analýze FMEA

Nejprve je důležité stanovení si parametrů, podle kterých budeme vybraná rizika hodnotit. Následující tabulka (tab. č. 1), je rozdělena do čtyř kategorií, kde se nachází výsledná míra rizika **(R)**, závažnost následků **(N)**, pravděpodobnost vzniku rizika **(P)** a odhalitelnost rizika **(H)**. Při této metodě se především v průmyslu častěji používá deset hodnotících parametrů. Pro tuto práci bylo vybráno do interních rizik deset kategorií a do externích také deset kategorií, které jsou v tabulce blíže specifikovány. Již zmíněné parametry jsou pro tuto práci upraveny tak, aby následný výsledek lépe odpovídal našemu zadání. Pro lepší přehlednost bylo konkrétně zvoleno pět hodnotících parametrů (viz. tab. č. 1).

Tabulka 1 - Parametry metody FMEA [33]

R	Výsledná míra rizika	N	Závažnost následků
0–10	bezvýznamné riziko	**1**	malý delikt, mála škoda, malý úraz
11–25	akceptovatelné riziko	**2**	větší delikt, větší škoda, větší újma na zdraví
26–59	mírné riziko	**3**	střední delikt, vyšší, úraz s převozem do nemocnice
60–100	nežádoucí riziko	**4**	těžší delikt, vysoká, trvalé následky
101–125	nepřijatelné riziko	**5**	smrt osob, velmi vysoká škoda na majetku
P	**Pravděpodobnost vzniku rizika**	**H**	**Odhalitelnost rizika**
1	velice nepravděpodobná	**1**	riziko odhalené v době jeho páchání
2	spíše nepravděpodobná	**2**	snadno odhalitelné riziko (pár minut)
3	pravděpodobná, reálná hrozba	**3**	odhalitelné riziko do jednoho dne
4	velmi pravděpodobná hrozba	**4**	nesnadno odhalitelné riziko (den a více)
5	trvalá hrozba	**5**	neodhalitelné riziko

Pro lepší přehled a pro následující analýzy jsou vybraná rizika rozdělena na **interní** a **externí**. V následujících dvou tabulkách č. 2 a 3 jsou rizika pak ohodnocena pomocí již výše určených parametrů. Velikost rizikového čísla (R), nám určí závažnost či prioritu, s jakou je potřeba konkrétní riziko řešit. Čím je hodnota vyšší, tím je potřeba konkrétní riziko řešit co nejdříve a následně hledat případná nápravná opatření. Vzhledem k aktuální situaci ve světě ohledně onemocnění COVID-19, byl do interních rizik zařazen i infikovaný člověk. Při hodnocení rizik hraje významnou roli skutečnost, že se v objektu nachází radioizotop ^{60}Co. Z tohoto důvodu jsou některá rizika

hodnocena vysoko. Jednotlivá vybraná rizika budou následně blíže představena, včetně konkrétních scénářů, s ohledem na výsledky analýzy.

Výsledná míra rizika (R), vychází ze vzorce, který je základem této analýzy:

R = P x H x N

Pro upřesnění:

R – míra rizika **P – pravděpodobnost**

H – odhalitelnost **N – závažnost**

Tabulka 2 - INTERNÍ vybraná rizika společnosti Bioster a.s. [Vlastní]

INTERNÍ vybraná rizika společnosti Bioster a.s.				
RIZIKA	**P** (pravděpodobnost)	**H** (odhalitelnost)	**N** (závažnost)	**R** (výsledná míra rizika)
1. Blackout	3	1	3	**9**
2. Infikovaný člověk	4	4	4	**64**
3. Krádež (ze strany zaměstnanců)	3	4	3	**36**
4. Kyberútok	3	3	4	**36**
5. Lidský faktor (BOZP)	4	3	4	**48**
6. Neoprávněný vstup do budovy	5	4	4	**80**
7. Pokus o sebevraždu	2	2	5	**20**
8. Požár	4	2	5	**40**
9. Únik záření/nebez. chemických látek	4	3	5	**60**
10. Zneužití/únik informací	3	4	4	**48**

Tabulka 3 - EXTERNÍ vybraná rizika společnosti Bioster a.s. [Vlastní]

EXTERNÍ vybraná rizika společnosti Bioster a.s.				
RIZIKA	**P** (pravděpodobnost)	**H** (odhalitelnost)	**N** (závažnost)	**R** (výsledná míra rizika)
1. Aktivní střelec	2	2	5	**20**
2. Narušitel	5	3	3	**45**
3. Nehody	3	2	4	**24**
4. Neoprávněné vniknutí na pozemek	5	3	3	**45**
5. Organizovaná skupina	5	4	4	**80**
6. Povodeň	4	1	5	**20**
7. Teroristický útok	4	5	5	**100**
8. Zvěř	3	2	3	**18**
9.Živelné pohromy	3	2	4	**24**
10. Kyberútok	3	3	4	**36**

5.3 Scénáře a následky vycházející z analýzy rizik (FMEA)

INTERNÍ:

1) Blackout

Scénář: z technických důvodů, při nějaké revizi, případně z důvodů živelních pohrom, může dojít k rozsáhlému výpadku dodávky elektrické energie.

Následek: dojde k výpadku bezpečnostních systémů, společnost nebude dostatečně zabezpečena, vyšší stupeň ohrožení.

Závažnost (N): 3 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 1

Míra rizika (R): 9 – jedná se o bezvýznamné riziko

Doporučená opatření: mít vhodný a dostatečně výkonný záložní zdroj proudu, nejčastěji se používá dieselagregát, který je schopný při výpadku elektrické energie naskočit v řádech milisekund.

2) Infikovaný člověk

Scénář: vstup a následný pohyb po budově infikovaného člověka, vzhledem k aktuálnímu stavu ve světě, velice pravděpodobná situace.

Následek: může dojít k ohrožení zdraví zaměstnanců společnosti, což může mít za následek dlouhodobého oslabení fungování společnosti, které povede k finančním ztrátám.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 4 **Odhalitelnost (H):** 4

Míra rizika (R): 64 – jedná se o nežádoucí riziko

Doporučená opatření: u vchodu do budovy mít kontrolní stanoviště, kde budou zabudované kamery s možností snímání teploty, případně mít možnost provést namátkové testy, přizpůsobit chod firmy aktuální situaci v podobě zamezení styku mezi zaměstnanci např. z jiných směn (dochází tak ke snížení rizika hromadné nákazy).

3) Krádež ze strany zaměstnanců

Scénář: z důvodu sabotáže zaměstnance, nečestných úmyslů za účelem například vlastního obohacení.

Následek: finanční ztráty, negativní vliv na provoz společnosti s ohledem na závažnost a důležitost odcizené věci.

Závažnost (N): 3 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 4

Míra rizika (R): 36 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: mít zabudovaný kamerový systém, systém kontroly vstupu, případně provádět nepravidelné prověrky zaměstnanců.

4) Kyberútok

Scénář: může se jednat o pasivní kyberútok v podobě odposlouchávání, čtení citlivých údajů společnosti atd. nebo o aktivní kyberútok, kdy dochází k cílenému útoku na veškeré systémy společnosti ve snaze např. vyřadit bezpečnostní systém z provozu. V tomto případě, se jedná o útok **vnitřní**, ze strany zaměstnance.

Důvodem může být pomsta, legrace ve smyslu ověření si IT schopností nebo vydírání za účelem zisku.

Následek: zneužití citlivých informací, oslabení fungování společnosti, ohrožení bezpečnosti, například zveřejněním bezpečnostní dokumentace, finanční ztráty.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 3

Míra rizika (R): 36 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: zavedení interní sítě, do které se dá připojit pouze uvnitř budovy, mít zřízené IT oddělení, provádět pravidelné aktualizace softwaru, mít dostatečné antivirové zabezpečení, firewall – bezpečnostní opatření, které koriguje odchozí i příchozí komunikaci do interní sítě. Dále také z hlediska bezpečnosti používat pouze autorizovaná firemní zařízení (telefony, notebooky atd.) Zajistit autorizovaný přístup. Uplatnit zavedení odstupňovaného přístupu k různým informacím, podle funkce a potřeb zaměstnanců.

5) Lidský faktor (BOZP)

Scénář: nedostatečné proškolení o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci, nedodržení bezpečnostních pravidel, bezohlednost.

Následek: může dojít ke zranění zaměstnance, ohrožení bezpečnosti, dominoefektu, ohrožení společnosti s následkem omezení fungování provozu a následným finančním ztrátám.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 4 **Odhalitelnost (H):** 3

Míra rizika (R): 48 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: dostatečné školení o BOZP, které nebude jednorázové, ale bude probíhat v pravidelných časových intervalech.

6) Neoprávněný vstup do budovy

Scénář: souvisí s neoprávněným vstupem na pozemek, neoprávněná osoba vstupuje do budovy za účelem nekalých úmyslů v podobě krádeže, průmyslové špionáže sloužící k získání utajovaných informací, z oblasti konkrétních průmyslových technologií, finančnictví a dalších specifických oblastí. K takovéto špionáži může docházet i na zakázku pro konkurenční firmy. Dále také za účelem sabotáže ve snaze úmyslného poškození předmětů denní potřeby, případně za účelem poškození důležitého technického systému. Důvodem může být také snaha se zviditelnit, při takovém jednání může být použito násilí, pohrůžky,

překonání překážky, jejímž účelem je zabránit takovému vniknutí. Další možností, ale už méně pravděpodobnou vzhledem k umístění společnosti, jsou např. bezdomovci, kteří hledají přístřešek, případně náhodní lidé (opilci, zvědavci, děti atd.)

Následek: ohrožení zaměstnanců, poškození majetku a materiálu, ztráta důležitých a citlivých informací, ohrožení fungování společnosti, ztráta důvěry klientů, finanční ztráty.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 5 **Odhalitelnost (H):** 4

Míra rizika (R): 80 – jedná se o nežádoucí riziko

Doporučená opatření: bezpečnostní dveře včetně zámků, pohybové detektory, fyzická ochrana, ochrana spodních oken alespoň v podobě mříží, kamerový systém, osvětlení budovy, elektronická kontrola vstupu.

7) Pokus o sebevraždu

Scénář: v tomto případě se může jednat především o skok do kontaminované nádrže, případně skok z okna.

Následek: újma na zdraví až s následkem smrti, psychická zátěž ostatních zaměstnanců, omezení provozu společnosti, které mohou vést k menším finančním ztrátám.

Závažnost (N): 5 **Pravděpodobnost (P):** 2 **Odhalitelnost (H):** 2

Míra rizika (R): 20 – jedná se o akceptovatelné riziko

Doporučená opatření: vstupní psychologické testy (z důvodu specifického pracoviště – zdroj ionizujícího záření 1. kategorie), možnost firemního psychologa, který bude do společnosti pravidelně docházet, případně bude k dispozici po domluvě. Dále také maximální zabezpečení oblasti, kde se nachází radiační sterilizace a uplatnění požadavku na kontrolu vstupu osob podle vyhlášky č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.

8) Požár

Scénář: nežádoucí hoření uvnitř budovy, z důvodu technické závady, hrubé nedbalosti v podobě nedodržení zákazu kouření, úmyslného zapálení (žhářství); možný konkurenční boj, ale důvodem může být i přírodní neštěstí například bouřka.

Následek: ohrožení zdraví osob uvnitř budovy, poškození majetku, znehodnocení výrobků i materiálů, omezení výroby a celkového fungování společnosti, finanční ztráty.

Závažnost (N): 5 **Pravděpodobnost (P):** 4 **Odhalitelnost (H):** 2

Míra rizika (R): 40 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: školení požární ochrany, dostatečné množství protipožární techniky (např. hasící přístroje, hydranty apod.) – označení, kde se tato technika nachází, rozmístění EPS (elektrická včasná požární signalizace), zařízení pro trvalé snížení obsahu kyslíku (firepass), Sprinklerová zařízení.

9) Únik záření/nebezpečných chemických látek

Scénář: nedodržení BOZP, technická závada, neodborné zacházení.

Následek: ohrožení zdraví zaměstnanců, ale i obyvatelstva, eventuálně může dojít k poškození životního prostředí. Dále je možný vznik dominoefektu, poškození majetku, omezení fungování společnosti, finanční ztráty.

Závažnost (N): 5 **Pravděpodobnost (P):** 4 **Odhalitelnost (H):** 3

Míra rizika (R): 60 – jedná se o nežádoucí riziko

Doporučená opatření: elektronická zabezpečovací signalizace (čidla, která detekují únik konkrétních chemických látek), dohled na dodržování BOZP, pravidelné kontroly zařízení a systémů, souvisejících s používáním ionizujícího záření a chemických látek, proškolený personál, pravidelné testování a revize bezpečnostních systémů.

10) Zneužití/únik informací

Scénář: nečestné úmysly např. s cílem poškození společnosti. Sabotáž ze strany zaměstnance.

Následek: poškození spolehlivosti a bezpečnosti společnosti Bioster, možný negativní vliv na další fungování společnosti. Negativní dopad na samotné zabezpečení.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 4

Míra rizika (R): 48 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: podobná jako u kyberútoku – systémy pro kontrolu příchozí i odchozí datové pošty (kontroluje např. odeslané emaily a zprávy, zdali někdo neodesílá citlivá data). Přísná omezení pro možnost nahlédnutí případně

půjčení si důležitých dokumentů, plánů, s tím související evidence každého, kdo s dokumenty přijde do styku.

EXTERNÍ:

1) Aktivní střelec

Scénář: může se jednat o zaměstnance, eventuálně bývalého zaměstnance, který má interpersonální či osobní konflikty. Možností jsou i náboženské nebo politické motivy, vzhledem ke specializaci pracoviště.

Následek: ohrožení zdraví a života zaměstnanců, negativní psychické následky zaměstnanců.

Závažnost (N): 5 **Pravděpodobnost (P):** 2 **Odhalitelnost (H):** 2

Míra rizika (R): 20 – jedná se o akceptovatelné riziko

Doporučená opatření: systém kontrol vstupu do budovy včetně bezpečnostních rámů, ozbrojená fyzická ostraha, důkladné prověrky zaměstnanců, úsekové rozdělení budov např. oddělené kancelářské prostory, výrobní prostory atd. včetně zabezpečených vstupů s ověřovacím systémem identity – zamezí se tím volnému pohybu a v tomto případě se i zredukují případné ztráty na životech.

2) Narušitel s cílem poškození

Scénář: může se jednat o člověka, který má radiofobii a do objektu se dostává za účelem poškozeni majetku, či za účelem omezení fungování společnosti.

Následek: poškození majetku, eventuálně bezpečnostních prvků.

Závažnost (N): 3 **Pravděpodobnost (P):** 5 **Odhalitelnost (H):** 3

Míra rizika (R): 45 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: oplocení pozemku, pohybové detektory, kamerový systém, osvětlení pozemku, fyzická ochrana, elektronická kontrola vstupu.

3) Nehody

Scénář: může se jednat o pád letadla, paraglidista, který přistane v objektu – nekontrolovaný pohyb (událost, která byla vybrána na základě skutečné události), pád stromu do objektu, silniční nehoda – poškození části areálu u přilehlé komunikace, případně se může jednat o havárii vodovodního nebo kanalizačního řádu.

Následek: poškození majetku, materiálu i hotových výrobků, omezení fungování provozu společnosti, ohrožení zdraví zaměstnanců, finanční ztráty.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 2

Míra rizika (R): 24 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: zavedené směrnice pro postup pří řešení mimořádné události, s tím související školení zaměstnanců, možnost zřízení podnikového hasičského sboru, přístupné dokumenty pro kontaktování příslušných orgánů.

4) Neoprávněné vniknutí na pozemek

Scénář: viz. neoprávněný vstup do budovy.

Následek: možné získání technických informací o objektu (zjištění bezpečnostních prvků v daném objektu), poškození majetku.

Závažnost (N): 3 **Pravděpodobnost (P):** 5 **Odhalitelnost (H):** 3

Míra rizika (R): 45 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: bezpečnostní oplocení pozemku, pohybové senzory, fyzická ochrana, kamerový systém, dostatečné osvětlení objektu.

5) Organizovaná skupina

Scénář: skupina tří a více osob, která se ve vzájemné součinnosti snaží dostat do objektu a budovy za účelem poškození majetku, krádeže případně získání informací. Členové takovéto skupiny mají rozdělené úlohy a z tohoto důvodu se zvyšuje pravděpodobnost úspěšného provedení takovéto akce.

Následek: poškození majetku, finanční ztráty (odcizený materiál, výrobky), ztráta citlivých dat a dokumentů, v případě nebezpečného a neodborného zásahu do oblasti systému radiační sterilizace může dojít k ohrožení zaměstnanců a veřejnosti (ionizující záření).

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 5 **Odhalitelnost (H):** 4

Míra rizika (R): 80 – jedná se o nežádoucí riziko

Doporučená opatření: viz. neoprávněné vniknutí na pozemek. V případě takového rizika je mimo jiné podstatná dostatečná fyzická ochrana v počtu minimálně dvou osob.

6) Povodeň

Scénář: v těsné blízkosti společnosti Bioster a.s. protéká řeka Svratka, v případě zvýšení hladiny řeky hrozí zaplavení objektu.

Následek: přerušení provozu společnosti, znehodnocení majetku, finanční ztráty, ohrožení veřejného zdraví, jelikož se v budově nachází zářič první kategorie zabezpečení.

Závažnost (N): 5 **Pravděpodobnost (P):** 4 **Odhalitelnost (H):** 1

Míra rizika (R): 20 – jedná se o akceptovatelné riziko

Doporučená opatření: základní protipovodňová opatření, čidla, která hlídají hladinu řeky, a především udržovat kontakt s vodohospodáři, v případě že riziko povodní je aktuální.

7) Teroristický útok

Scénář: z důvodu, že se v objektu nachází zdroj ionizujícího záření, je pravděpodobnost teroristického útoku vyšší. Důvodem mohou být politické motivy, jejíž cílem je upozornit na konkrétní problematiku, a především vyvolat u veřejnosti pocit strachu a nejistoty. Dalším důvodem může být získání publicity. V tomto případě by se jednalo spíše o menší teroristické skupiny, případně jednotlivce, kteří mají omezené zdroje a společnost Bioster a.s. by využili k dosažení svých cílů.

Následek: ztráty na životech, ohrožení veřejného zdraví, negativní vliv na životní prostředí, s velkou pravděpodobností nenávratné poškození celého objektu, včetně budovy a hrozí i dominoefekt.

Závažnost (N): 5 **Pravděpodobnost (P):** 4 **Odhalitelnost (H):** 5

Míra rizika (R): 100 – jedná se o nepřijatelné riziko

Doporučená opatření: souhrn veškerých již zmiňovaných bezpečnostních prvků na vysoké úrovni, omezit zveřejňování informací o zdroji ionizujícího záření, který se ve společnosti nachází.

8) Zvěř

Scénář: s ohledem na okolí byla i zvěř zahrnuta mezi rizika, jedná se především o zbloudilou zvěř v objektu, menší hlodavce apod.

Následek: v tomto případě se může jednat především o poškození externího majetku (kabelů), poškození bezpečnostních prvků, falešné poplachy.

Závažnost (N): 3 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 2

Míra rizika (R): 18 – akceptovatelné riziko

Doporučená opatření: podobná jako při neoprávněném vniknutí na pozemek, pohybové senzory, které lze nastavit na nedetekování nízké zvěře, z důvodu falešných poplachů. Externí zařízení by měla být chráněna proti poškození malými hlodavci tzn. zakrytá kabeláž a citlivé části těchto zařízení.

9) Živelné pohromy

Scénář: příkladem může být silný vítr – vichřice, krupobití.

Následek: škody na majetku, mohou ohrozit zdraví či život osob.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 2

Míra rizika (R): 24 – jedná se o akceptovatelné riziko

Doporučená opatření: ochrana proti živelným pohromám vyplývá již ze stavebního zákona. Je tu možnost propojení meteorologické stanice s bezpečnostním systémem, který případně při zvýšeném větru automaticky zatáhne venkovní rolety, které jinak může vítr poškodit, eventuálně by se mohly utrhnout a někoho zranit, bezpečnostní rolety mohou v případě vichřicích a orkánech ochránit okna i dveře. V případě silných dešťů mít vybudovaný kvalitní kanalizační systém.

10) Kyberútok

Scénář: v tomto případě, se jedná o **vnější** kyberútok. Může dojít k zavirování dat za účelem výkupného. Dále k získání citlivých informací v podobě přístupových kódů, informací o společnosti, zaměstnancích atd.

Následek: ztráta či zašifrování dat, zneužití citlivých informací, oslabení fungování společnosti, ohrožení bezpečnosti, například zveřejněním bezpečnostní dokumentace, finanční ztráty.

Závažnost (N): 4 **Pravděpodobnost (P):** 3 **Odhalitelnost (H):** 3

Míra rizika (R): 36 – jedná se o mírné riziko

Doporučená opatření: stejná jako v případě vnitřního kyberútoku.

5.4 Postup – Paretova analýza

Pomocí tabulky číslo 1 byla vybraná rizika jednotlivě obodována. Na základě jednotlivých hodnot a pomocí výše zmíněného vzorce, nám vyšly jednotlivé výsledné hodnoty R neboli pro nás podstatná riziková čísla. Tato čísla nám v analýze FMEA značí míru nebezpečí. Získané hodnoty, které jsou uvedené v tabulkách č. 2 a 3 jsou následně uspořádány pro další analyzování. V tomto případě pro Paretovu analýzu.

Prostřednictvím Paretova principu 80/20 jsou zdůrazněna konkrétní vybraná rizika, která byla vybrána na základě pravděpodobnosti jejich vzniku a na okolí, ve kterém se společnost Bioster a.s. nachází. Jejich výběr je také významný pro realizátora analýzy. Data, která byla získána na základě předchozí metody FMEA jsou dále zpracovány v následujících tabulkách č. 4 a 5. Tabulky jsou opět pro lepší přehlednost rozděleny na interní a externí rizika.

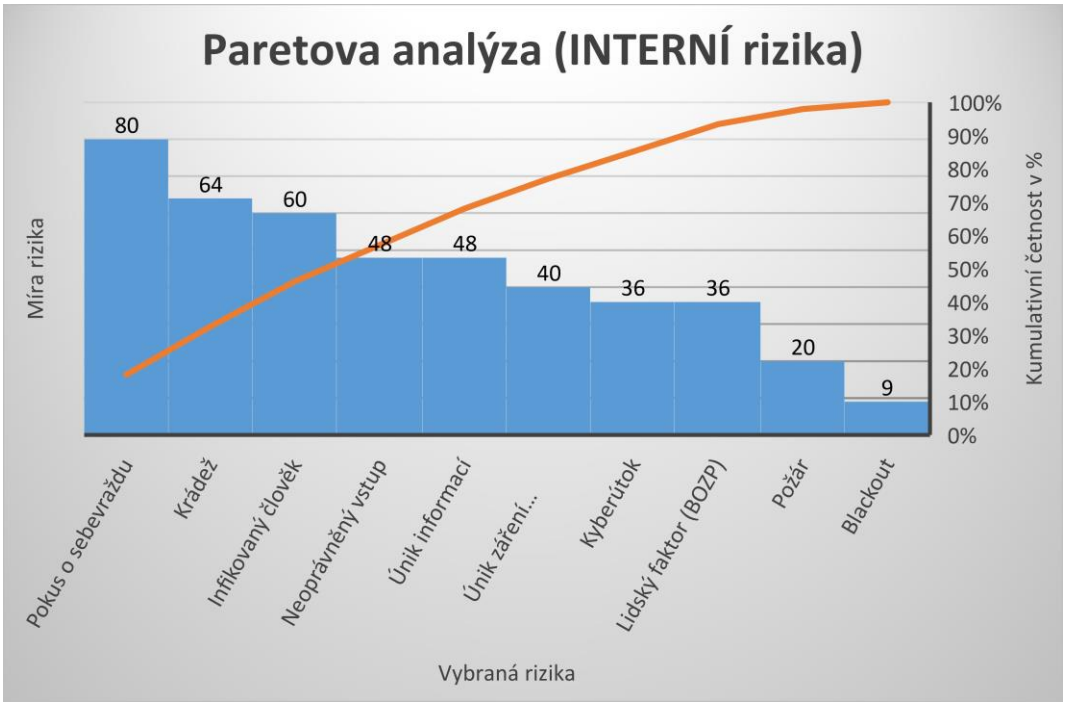
V tabulkách se ve sloupci riziko nachází čísla, která poukazují na vyjmenovaná rizika, která jsou uvedena v předchozích tabulkách č. 2 a 3. Četnost nám pak značí výslednou míru rizika (R).

Tabulka 4 - Četnosti jednotlivých hodnot pro INTERNÍ rizika [Vlastní]

Riziko	Četnost	Kumulativní četnost	Kumulativní četnost v %
1	9	9	2
2	64	73	17
3	36	109	25
4	36	145	33
5	48	193	44
6	80	273	62
7	20	293	66
8	40	333	76
9	60	393	89
10	48	441	100
Celkem	441	2262	

Pro vytvoření Paretova diagramu jsme si nejprve identifikovali již konkrétní zmiňovaná rizika. Využili jsme získaná data z předchozí analýzy a určili jsme kumulativní četnost jednotlivých rizik. Hodnoty, které jsou uvedeny ve sloupci „kumulativní četnost v %“, jsou pro lepší přehlednost a následné zpracování zaokrouhleny. V Excelu jsme získaná data převedly do grafu – Paretův diagram.

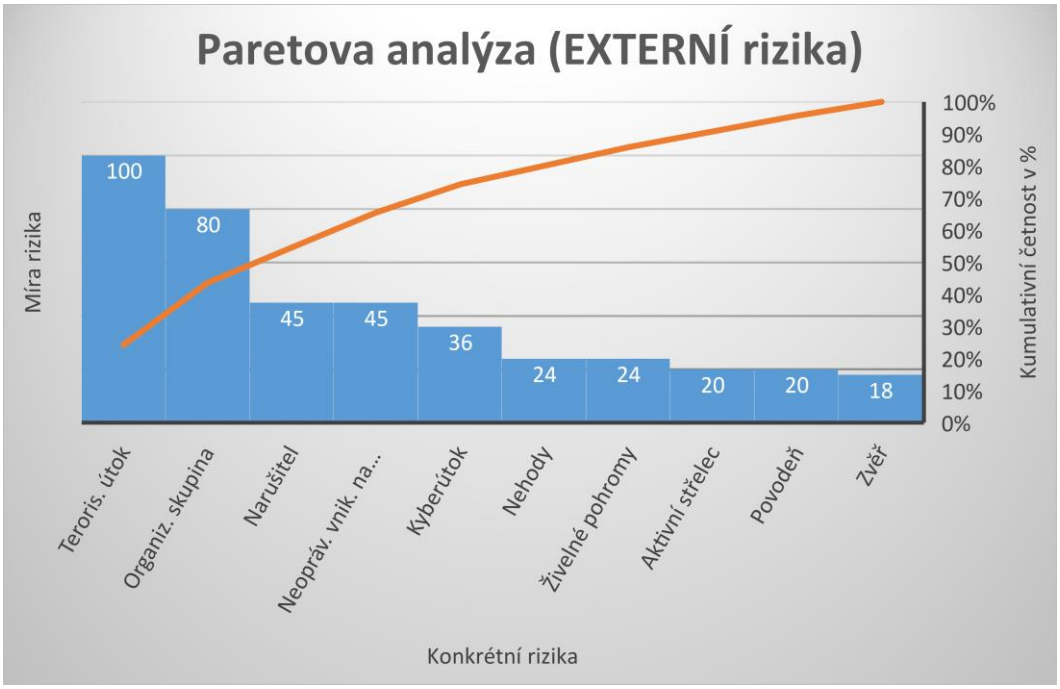
Získaná data jsou uspořádána podle nejvyšší hodnoty po nejnižší. Přičemž rizika s nejvyšší prioritou jsou ta, která jsou v diagramu zařazena do stanoveného limitu 80 %. Na taková rizika je nutné brát zřetel a v co nejkratší době zahájit a přijmout opatření, která povedou k jejich eliminaci. V případě interních rizik se jedná především o pokus o sebevraždu, krádež ze strany zaměstnanců, vstup do budovy a následný pohyb po budově infikovaného člověka, neoprávněný vstup do budovy a únik informací (viz. obr. č. 5). V případě externích rizik se jedná především o teroristický útok, organizovanou skupinu, narušitele a o neoprávněné vniknutí na pozemek (viz. obr. č. 6). Získaná data nám pomohou při návrhu konkrétního zabezpečení.



Obrázek 6 – Paretův diagram pro INTERNÍ rizika [Vlastní]

Tabulka 5 - Četnosti jednotlivých hodnot pro EXTERNÍ rizika [Vlastní]

Riziko	Četnost	Kumulativní četnost	Kumulativní četnost v %
1	20	20	5
2	45	65	16
3	24	89	22
4	45	134	33
5	80	214	52
6	20	234	57
7	100	334	81
8	18	352	85
9	24	376	91
10	36	412	100
Celkem	412	2230	



Obrázek 7 - Paretův diagram pro EXTERNÍ rizika [Vlastní]

5.5 Postup – multikriteriální analýza

Dalším možným způsobem analýzy rizik, je provedení multikriteriální analýzy. Na základě výsledků výše provedené analýzy (FMEA), bylo podle výsledné míry rizika vybráno pět konkrétních rizik, které budou dále zpracovány pomocí již zmiňované multikriteriální analýzy. V tomto případě nám míru rizika stanoví následující vztah:

$$\mathbf{R = F \times N}$$

R – míra rizika

F – frekvence (koeficientem četnosti možné aktivace konkrétního typu nebezpečí)

N – následky (souhrnné vyjádření nepříznivých účinků události či jevu schopného poškodit chráněné zájmy) [34].

Pro detailnější vytvoření multikriteriální analýzy využijeme následujícího vztahu:

$$\mathbf{N} = (\mathbf{K_O} \times \mathbf{VK_O}) + (\mathbf{K_{ŽP}} \times \mathbf{VK_{ŽP}}) + (\mathbf{K_E} \times \mathbf{VK_E}) + (\mathbf{K_S} \times \mathbf{VK_S})$$

K_O – Koeficient dopadu na životy a zdraví osob

$K_{ŽP}$ – Koeficient dopadu na životní prostředí

K_E – Koeficient ekonomických dopadů

K_S – Koeficient společenských dopadů

Hodnoty jednotlivých koeficientů dopadu jsou stanoveny expertním odhadem, v podobě hodnotící škály 0 až 10. Zatímco hodnota 0 má u každého výše zmíněného koeficientu neexistující význam, či se jedná pouze o zanedbatelný dopad. V našem případě se jedná o dopad na společnost Bioster a.s. Všechny hodnoty ve stupnici 0–10 nemusí mít odpovídající vyjádření, ale i přesto, tyto hodnoty můžeme použít v případě, kdy se nemůžeme přesně rozhodnout. Je pochopitelné, že dominantním chráněným zájmem jsou především životy a zdraví osob. Pro vyjádření různého významu jednotlivých oblastí chráněných zájmů reprezentovaných koeficientem dopadu, jsou do výpočtu zavedeny váhové koeficienty. Váhové koeficienty jsou stanoveny za využití Fullerovy metody. Jejich výsledné vyjádření je uvedeno v následující tabulce č.4 [34].

Tabulka 6 - Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků [34]

CHRÁNĚNÝ ZÁJEM	VÁHOVÝ KOEFICIENT	
	Označení	**Hodnota**
životy a zdraví osob	VK_O	0,4
životní prostředí	$VK_{ŽP}$	0,2
ekonomika (majetek)	VK_E	0,2
společenská stabilita	VK_S	0,2

Tabulka 7 - Hodnoty úrovně rizika [34]

Hodnoty úrovně rizika	
R = 10 a méně	PŘIJATELNÉ RIZIKO
R = 10–30	PODMÍNEČNĚ PŘIJATELNÉ RIZIKO
R = 30 a více	NEPŘIJATELNÉ RIZIKO

Tabulka 8 - Výsledné hodnoty multikriteriální analýzy [Vlastní]

Vybraná rizika	**Frekvence**	**Následky**	**Míra rizika**
Organizovaná skupina	9	0,8	**7,2**
Narušitel	10	0,66	**6,6**
Teroristický útok	5	5,6	**28**
Infikovaný člověk	7	0,86	**6,02**
Únik záření/chem. látek	5	1,86	**9,3**

Pro detailnější multikriteriální analýzu, jsme využili výše zmíněného vztahu, do kterého byly dosazovány hodnoty na základě tabulek viz. příloha 1-8. Jak můžeme vidět v tabulce č. 5, mezi nejvýznamnější rizika patří jednoznačně teroristický útok, s hodnotou míry rizika 28. Jedná se o podmínečně přijatelné riziko. Ostatní rizika se pohybují na přibližně stejné úrovni, tedy pod hodnotu 10. Jak můžeme vidět na tab. č. 7, jedná se o přijatelné riziko Výsledky jsou tedy v porovnání téměř stejné, jako při předchozí metodě FMEA.

Příklad detailnějšího postupu výpočtu pro „organizovanou skupinu“

Nejprve je důležité zmínit, že při dosazování do koeficientu dopadu na životy a zdraví osob, nám platí doplňující vztah v podobě: $\mathbf{K_O = (KO_{01} + KO_{02}) /2}$ a v případě koeficientu společenských dopadů: $\mathbf{K_S = (K_{S1} + K_{S2} + K_{S3}) /3}$. V první řadě jsme si na základě tabulky viz. příloha č. 1, určili hodnotu pro frekvenci **(F)**. Následně postupně dosazujeme:

F = 9

N = ((0 +1) / 2) + 1 + 1 + (1 + 1 + 1) /3

N = (0,5 x 0,4) + (1 x 0,2) + (1 x 0,2) + (1 x 0,2)

N = 0, 8

R = F x N

R = 9 x 0,8

R = 7,2 výsledná míra rizika

5.6 Navrhovaná zabezpečení

V této kapitole se budeme zabývat komplexním zabezpečením společnosti Bioster a.s. Zabezpečení bude zaměřeno jak na vnější prostory, tedy celý objekt, ale i na prostory vnitřní. Budeme vycházet z faktu, že společnost je v současné době zabezpečena minimálně, případně vůbec. Zabezpečení bude navrhováno především na základě výsledků předchozích analýz (metoda FMEA a použití Paretova principu), kde byla jednotlivá rizika blíže představena, včetně základních doporučených bezpečnostních opatření. Jelikož se jedná o budovu, ve které se nachází radionuklidový zdroj 1. kategorie zabezpečení, je podstatné vycházet také z doporučení vydaných Mezinárodní agenturou pro atomovou energii. Jedná se o požadavky, které vedou k zabezpečení radionuklidových zdrojů. Tyto požadavky jsou v České republice zakotveny ve vyhlášce o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje č. 422/2016 Sb., ve které jsou uvedeny i konkrétní postupy k uskutečnění požadavků. Na dodržování povinností, které ukládá atomový zákon držitelům povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace a ohlašovatelům, kteří používají schválený typ drobného zdroje ionizujícího záření, dohlíží SÚJB, který mimo jiné vydává i doporučení týkající se právě zabezpečení takovýchto zdrojů [39].

5.6.1 Klasická ochrana objektu Bioster a.s.

„Klasická ochrana, která bývá označena také jako mechanické zábranné systémy, je jedním z nejstarších typů ochrany používaných již v dávné historii a jejím účelem bylo zabránit či zpomalit vstupu nežádoucích subjektů a ochránit hodnoty umístěné v objektu. Postupem času získala tato ochrana svou neopominutelnou roli v bezpečnostním celku“ [35]. V dnešní moderní době bývá tento typ ochrany doplněn o detekční či monitorovací systémy, což zvyšuje účinnost zabezpečení. V této kapitole

se následně zaměříme především na obvodovou a plášťovou ochranu. Obvodovou ochranou je myšleno především oplocení případně ohrazení kolem celého objektu. Součástí obvodové ochrany jsou také například branky, závory. V našem případě se v této části zaměříme i na hlavní vjezd a vrátnici. V současné době máme několik možností výběru obvodové ochrany. Mezi nejčastěji používané patří drátěné oplocení, které většinou sahá do výšky dvou metrů a nejčastěji používaným materiálem je zinkový drát. Tento druh oplocení, ale není pro náš vybraný objekt příliš vhodný, jelikož je lehce překonatelný a nesplňoval by naše požadavky na zabezpečení. Tento typ oplocení je nejčastěji využíván především v civilním prostředí, kde se nejedná o významné objekty (např. parky, zahrady). Další možností je vysoce bezpečnostní oplocení, které je využíváno hlavně pro ochranu důležitých objektů, například těch vojenských nebo objektů, které se vyznačují vysokou rizikovostí, příkladem mohou být věznice. Takový druh oplocení sahá až do výšky pěti metrů a je specifický svou konstrukcí. Vyznačuje se vysokou úrovní ochrany. Tento druh oplocení není ovšem pro náš vybraný objekt nutností.

Pro tento objekt bylo jako nejvhodnější varianta vybráno tzv. bezpečnostní oplocení, které svou konstrukcí, tloušťkou a materiálem splňuje naše požadavky na zabezpečení. Jedná se o oplocení, které je tvořeno kombinací dvou materiálů, kterými jsou beton a ocel. Vhodné by bylo oplocení, které sahá do výšky 2,5 - 3 metrů. Oplocení by bylo doplněno o žiletkový drát o průměru (výšce) 50 cm, který by byl umístěný přímo na betonové konstrukci a díky kterému by překonání oplocení bylo mnohem obtížnější. Tento drát by plnil i funkci odrazujícího efektu. Jedním z důvodů výběru takového typu oplocení je také nemožnost náhledu do prostor objektu. Součástí takového oplocení by mohly být i tzv. podhrabové překážky, které by byly zasazeny do hloubky jednoho metru. Překážky zabraňují především případnému podkopávání, podhrabávání. V tomto případě je to zaměřeno především na zvěř. Jak již bylo uvedeno, vybraný druh bezpečnostního oplocení byl zvolen na základě vybraných rizik, a proto by tak mohl v našem případě plnit i částečnou funkci protipovodňové zábrany.

Obrázek 8 - Současné oplocení objektu Bioster a. s. (červen 2019) [36]

Vstup a vjezd do objektu by měl být z bezpečnostního i kontrolovaného hlediska možný pouze na jednom místě. Ale z důvodu pravděpodobného zásobování a vyvážení produktů, by v objektu mohl být možný ještě jeden operativně kontrolovaný a prostornější vjezd. Tento vjezd by měl být tvořen odolnými vraty, které by byly ve stejné výšce s již zvoleným oplocením. Aby nebyla znehodnocena bezpečnost již zmiňovaného zvoleného oplocení, měl by být tento vedlejší vjezd doplněn infračervenou závorou. Takovéto zařízení je zpravidla bezdrátově propojeno s bezpečnostními alarmy. Jeho instalace je velmi snadná a je určeno pro venkovní i vnitřní využití. Uvedené zařízení je schopné pokrýt velké vzdálenosti, a proto se velmi často využívá jako bezpečnostní doplnění právě u oplocení. Infračervený paprsek je vysílán pulzně, tudíž se tak zvyšuje odolnost proti narušení a povětrnostním podmínkám. Poplach je vyvolán pouze tehdy, pokud jsou oba paprsky přerušeny současně. Poplach je tedy obvykle vyhlášen ještě před vlastním narušením objektu. Nemusí tak vůbec dojít k nějakému poškození, jelikož je narušitel včas lokalizován. Součástí je také elektronická ochrana proti případnému rozebrání, včetně odolnosti proti nepříznivým vlivům. Zařízení je schopné fungovat i při ztrátě 99 % energie paprsku, důvodem takové ztráty může být například silný déšť nebo mlha. Na trhu je v současné době velké množství druhů infračervených závor, liší se především počtem a vzdáleností dosahu paprsků. Pro zajištění bezpečnosti našeho objektu bych zvolila infračervenou závoru, která obsahuje tři paprsky a má venkovní dosah 15–30 m. Cena jednoho takového zařízení se pohybuje okolo 2000 Kč. Tímto zařízením bych doplnila

každý možný vjezd do areálu, včetně vjezdu hlavního, jelikož se jedná o náchylnější místa k nežádoucímu vniknutí na pozemek. Aby zařízení splňovalo dostatečně svoji funkci, bylo by vhodné ho umístit cca jeden metr od vjezdu [37].

Hlavní vjezd do objektu, by měl být dále z bezpečnostního hlediska opatřen tzv. bezpečnostní propustí. Pro vozidla by byla nejvhodnější hliníková vjezdová, automaticky poháněná, posuvná, a především bezúdržbová brána. Hliníkovou variantu navrhuji především proto, že tento materiál nekoroduje a je velmi odolný vůči povětrnostním podmínkám. Do budoucna by firmě ušetřil nemalé finanční prostředky, týkající se například zmiňované údržby. Brána by byla ovládána pomocí čipu, který by vlastnili někteří zaměstnanci, kteří by měli případné oprávnění k vjezdu do areálu. Pomocí tohoto systému by docházelo k přehlednějšímu zaznamenávání vstupů. Pokud by se jednalo o někoho jiného, obsluhu brány by měla na starosti fyzická ostraha objektu, sídlící ve vrátnici. Brána by mohla být doplněna o automatickou závoru, která by fungovala na stejném principu.

Obrázek 9 - Současný hlavní vjezd a vchod do areálu Bioster a.s. (červen 2019) [36]

Pro osoby, které vstupují do areálu, bych navrhla bezpečnostní turniket. Typu MTB 1. Jedná se o turniket s nejvyšším stupněm bezpečnosti. Je určený pro plnou ochranu před neoprávněným vniknutím do areálu. Umožňuje průchod v jednosměrném i obousměrném režimu. Průchod je možný pouze po jedné osobě. Je vybaven zařízením pro nouzové odblokování v případě nutnosti uvolnění průchodu. Turniket má i tzv. funkci Antipanik, která v případě výpadku nebo odpojení napájení odblokuje otočné

těleso turniketu k volnému průchodu osob. Konstrukce turniketu a materiálů je obvykle ocel s komaxitovým nástřikem (elektrostatickém nanášení jemného plastového prášku) s možností výběru nerez nebo žárového zinku. Turniket je z praktických i bezpečnostních důvodů samostatně osvětlen. Mezi základní technické parametry patří například: hmotnost 320 kg, pracovní teplota -20 °C až +70 °C, šíře průchodu cca 600 mm a maximální kapacita 20 průchodů za minutu. Pořizovací cena tohoto typu bezpečnostního turniketu se pohybuje okolo 220 000 Kč bez DPH [37]. Takovéto vstupy jsou typické například pro banky nebo jaderné elektrárny.

5.6.2 Plášťová ochrana

V případě, že se podaří narušiteli překonat výše zmíněné obvodové zabezpečení, včetně zabezpečovacích prvků a on se tak dostane do chráněného areálu, je důležité mít dostatečně zabezpečeny objekty, které se v něm nacházejí. Plášťová ochrana je tvořena stavebními prvky, jako jsou stěny budov, střechy, podlahy. Odolnost takových prvků je určena například použitým materiálem, či tloušťkou. Dále je také tvořena z otvorových výplní, jako jsou okna, dveře. V našem případě budeme vycházet z faktu, že budova, kterou zabezpečujeme je starší a zaměříme se na prvky, které lze vylepšit, eventuálně změnit a díky kterým bude budova dostatečně zabezpečena [35].

Jak můžeme vidět na obrázku č. 9, budova má poměrně velké množství oken, která jsou umístěna těsně vedle sebe. Nejvíce ohrožená okna z důvodu neoprávněno vniknutí jsou okna v suterénu. V současné době máme několik možností, jak okna zabezpečit. V našem případě bych navrhovala bezpečnostní fólii, která nám zajistí stejný efekt jako například mříže. Zvolila bych bezpečnostní fólii typu SCX. Jedná se o nejsilnější třívrstvou bezpečnostní fólii na okna a sklo o tloušťce 0,35 mm. Tato fólie má bezpečnostní atest P2A, což znamená, že:

- zpomalí postup pachatele do objektu;
- zamezí prohození předmětů (kameny, zápalné lahve, výbušniny);
- zpevní zasklení, sklo s bezpečnostní fólií se nevysype, fólie drží sklo kompaktní;
- fólie jsou čiré, nežloutnou;
- zadrží 98 % škodlivého UV záření;

- nabízené fólie na okno, sklo jsou schváleny Státním zdravotním ústavem;
- bezpečnostní fólie na sklo jsou akceptovány pojišťovacími společnostmi;
- instalace možná na všechny typy zasklení;
- fólie jsou opařeny unikátní vrstvou proti poškrábání [35].

Fólie tedy snižuje riziko rozbití a napadení. Výhodou bezpečnostní fólie na okna je, že zároveň udrží rozbité sklo a jeho střepy pohromadě a chrání tak osoby před poraněním rozbitým sklem. Pokud pachatel do takto chráněného skla udeří, objeví se praskliny, ale sklo zůstane dále nalepené na fólii. Vzhledem k tomu, že se pachatel snaží dostat do budovy co nejrychleji a tak, aby nebyl zadržen ostrahou, může být toto jeden z důvodů, který pachatele odradí od další snahy se do objektu dostat. Prostup světla tohoto typu fólie se uvádí 85 % [35]. Ceny za 1 m^2, se pohybují okolo 940 Kč bez DPH. Tento typ bezpečnostní fólie bych aplikovala na všechna okna v suterénu. Okna budovy jsou plastová, tudíž aplikace fólie je velice jednoduchá. Před aplikací stačí pouze přesné naměření plochy skel. Tento typ bezpečnostního prvku je naprosto bezúdržbový a cenově mnohem přijatelnější než například instalace neestetických mříží. Okna tak budou chráněna i před nepříznivými přírodními vlivy, které máme zařazené mezi vybranými riziky.

Součástí plášťové ochrany jsou také vhodné bezpečnostní dveře. Z praktického hlediska bych do hlavního vchodu do budovy zvolila, částečně prosklené dveře, aby případná fyzická ostraha nebo osoba na recepci u vchodu měla dostatečný a včasný přehled o tom, kdo do budovy vstupuje. Prosklená část dveří by byla opatřena již zmiňovanou bezpečnostní fólií. V současné době nás bezpečnostní dveře chrání nejen před případným vloupáním, ale také kouřem, požárem či hlukem. Veškeré vedlejší vchody do budovy, by byly opatřeny klasickými bezpečnostními dveřmi, které obsahují několika bodový bezpečnostní zámek se závorou. Ceny bezpečnostních dveří, se podle typu v současné době pohybují přibližně mezi částkou 20 000 Kč – 80 000 Kč. V našem případě by se u hlavního vchodu jednalo o dveře dvoukřídlé, tudíž by se cena pohybovala ve vyšší cenové kategorii.

5.6.3 Režimová ochrana

„Soubor organizačně administrativních opatření a postupů směřujících k zajištění podmínek pro funkci zabezpečovacího systému a jeho sladění s provozem chráněného objektu. V praxi se jedná o psaná pravidla pro pohyb osob a dopravních prostředků do a z objektu, jejich pohyb v samotném areálu, pokyny pro manipulaci s materiálem a jeho dalším nakládáním, pro užívání informací, provoz technických ochran apod.“ [35].

V našem případě bych režimovou ochranu rozdělila na vnější a vnitřní. **Vnější režimová ochrana** by spočívala v přesně daných podmínkách pro vstup a výstup z chráněného objektu. Jedná se tedy o místa, kde se osoby dostávají do areálu nebo z areálu. Týká se to především hlavního vjezdu a vjezdu vedlejšího, určeného pro zásobování. Fyzickou kontrolu by prováděli zaměstnanci fyzické ostrahy. Jednalo by se především o evidenci fyzických osob a automobilů. Ostraha by ověřovala účel návštěvy a případně by kontaktovala zaměstnance firmy, za kterým konkrétní osoba jde. Z důvodu bezpečnosti a v případě nutné evakuace, bych doporučila eliminaci vozidel nacházejících se v areálu společnosti Bioster a.s. Co se týká zásobování, eventuálně jiného účelu použití vedlejšího vjezdu, navrhovala bych s ohledem na bezpečnost vždy nutnou přítomnost člena fyzické ostrahy, která by ovládala vjezdovou bránu a zároveň zajišťovala kontrolu dokladů a vnitřku vozidel. Pro zajištění přehlednosti, a především již několikrát zmiňované bezpečnosti, by bylo vhodné písemně evidovat odjezd nákladních vozidel z areálu, například pomocí formuláře, kde by se zaznamenal čas odjezdu a podpis řidiče. Brána u hlavního vjezdu by mohla být z praktického hlediska stále otevřena v čase, kdy zaměstnanci přijíždějí do práce a pak následně v čase, kdy z práce odjíždějí. V provozu by však stále zůstala alespoň automatická závora, která funguje mnohem rychleji.

Ohledně **vnitřní režimové kontroly** bych navrhovala zákaz samostatného pohybu po budově osob, kteří nejsou zaměstnanci společnosti. Dále by taková osoba měla dostat při vstupu do budovy identifikační visačku například s nápisem „NÁVŠTĚVA“. Visačka by měla být umístěna na dobře viditelném místě na těle. Do některých prostor, například kde se nachází zdroj ionizujícího záření, byl měl být vstup maximálně omezený. A to na mimo jiné základě vyhlášky č. 422/2016 Sb. [38].

5.6.4 Fyzická ochrana

Tento druh ochrany je prováděn fyzicky strážnými, které jsem již v práci zmiňovala. Patří mezi nejstarší, nejpoužívanější ale také mezi nejdražší typy ochrany. Jeho hlavní úlohou je zabezpečení a ochrana majetku a osob, střežených objektů a veřejného pořádku. I v současné moderní době je bez kvalitní účinnosti fyzické ostrahy výsledná reakce na různé druhy detekovaných hrozeb nedostačující. Fyzická ostraha je ale z dlouhodobého hlediska nejdražší. Cena se odvíjí od základních nákladů (výstroj, výzbroj a výcvik pracovníků) a průběžné režie (mzdy) [34].

Aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost vybraného objektu je důležité kombinovat fyzickou ochranu s ostatními prvky zabezpečení. Pro náš vybraný objekt bych navrhovala tři členy fyzické ostrahy, a to především z důvodu, že se v budově nachází zdroj ionizujícího záření. I přes to, že se nejedná o příliš velký prostor, je důležité zajistit fyzickou ostrahu u hlavního vjezdu do areálu, dále v případě potřeby u vedlejšího vjezdu a jeden člen ostrahy by měl být k dispozici v hlavní budově. Nemělo by se stát, že by jeden ze zmiňovaných prostorů nebyl chráněný. Funkci takového režimu, by nám zajišťovaly předem stanovené podnikové směrnice (dokumenty).

Z časového hlediska bych doporučila nepřetržitou fyzickou ochranu. V případě nočních hodin nebo víkendů a státních svátků, by fyzickou ostrahu zajišťoval pouze jeden člen ostrahy, případně členové dva. Úkolem fyzické ochrany u hlavního vjezdu a vchodu, by byla především:

- kontrola a evidence přijíždějících vozidel;
- kontrola a evidence přicházejících a odcházejících osob;
- vedení knihy, do které by se zaznamenával příchod a odchod;
- zajišťovala by eventuální provoz vstupní brány či zábrany (v případě osoby, která by neměla k dispozici čip, sloužící k ovládání těchto prvků);
- zajištění operativní kontroly v případě využití vedlejšího vjezdu;
- hlídání venkovních kamerových systémů;
- ohlášení veškerých mimořádných událostí v areálu např. požárů;
- komunikace s velínem uvnitř budovy;

- noční obchůzky.

Tzv. velín – ústředna elektrických zabezpečovacích systémů, by se měl nacházet uvnitř budovy, nejvhodnější umístění by mělo být někde v zázemí. Velín by ovládal jeden člen fyzické ostrahy, nepřetržitě 24 hodin, 7 dní v týdnu. Zajišťoval by kontakt se členy ostrahy, kteří se nacházejí ve vrátnici u hlavního vjezdu/ vchodu. V této místnosti by byly umístěny veškeré výstupy z kamerových systémů a hlásičů. Vstup do tohoto prostotu, by měl být maximálně zabezpečený.

Pro zajištění maximální fyzické ostrahy bych navrhovala spolupráci s některou bezpečnostní agenturou. V současné době je nabídka bezpečnostních služeb velmi široká. Z důvodu specifického zaměření společnosti Bioster a.s. a z důvodu, že se v budově nachází zdroj ionizujícího záření, by bylo nutné si vybrané bezpečnostní agentury důkladně prověřit. Mnoho bezpečnostních agentur se plně přizpůsobuje potřebám klienta. V našem případě bych členy fyzické ostrahy z důvodu zajištění plnohodnotné bezpečnosti ozbrojila. I z tohoto důvodu je důležité, aby členové fyzické ostrahy byli v dobré fyzické kondici a úspěšně absolvovali psychologické testy, k tomuto povolání určené. Fyzická ostraha je v tomto případě nedílnou součástí pro zajištění bezpečnosti. Nevýhodou jsou výrazné finanční náklady.

5.6.5 Technická ochrana

V současné době se jedná o nejvíce používanou formu zabezpečení. Technická ochrana v souvislosti s vědeckotechnickým vývojem zaznamenává rychlý rozvoj, díky kterému její kvalita a rozmanitost stále roste. Výběr technické ochrany je závislý například na typu střežených aktiv, možnostem vniknutí, požadavkům majitele, ale i pojišťovatele. V našem konkrétním případě je závislá také na související legislativě. Technickou ochranu tvoří například:

- systémy průmyslové televize (CCTV) – kamerové bezpečnostní systémy;
- elektronické zabezpečovací systémy;
- elektronická požární signalizace (EPS);
- systémy kontroly vstupu;

- poplachové zabezpečovací a tísňové systémy;
- osvětlení [35].

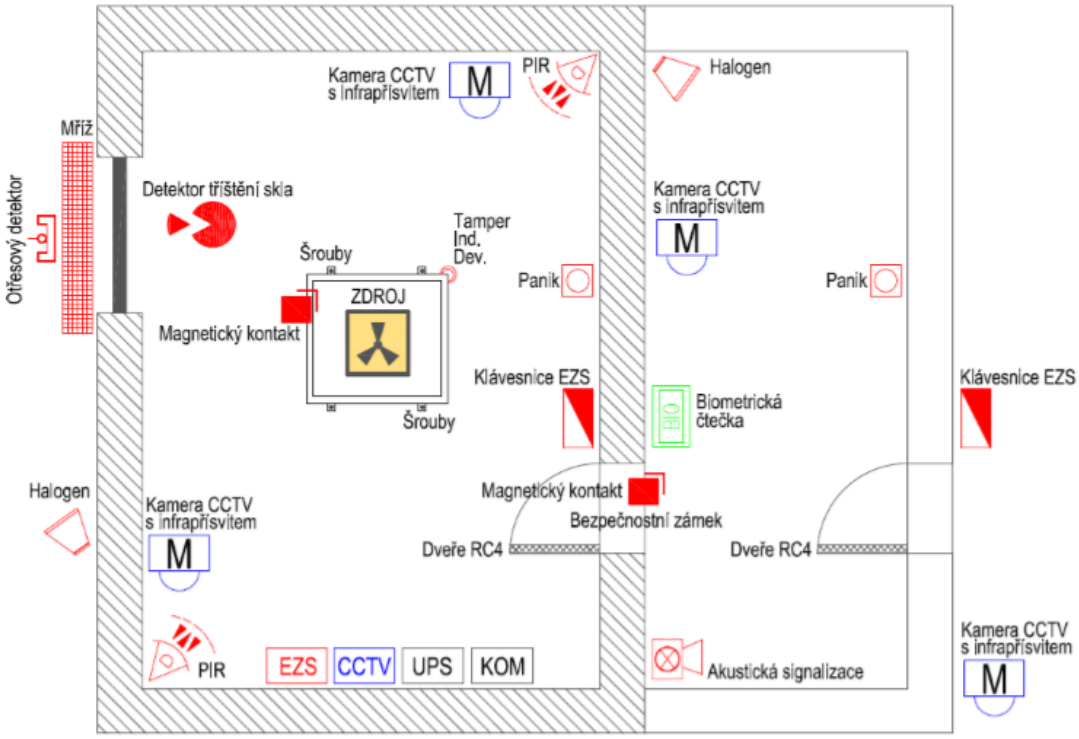
Systémy průmyslové televize (CCTV) nám zajistí monitorování situace především na místech, která jsou z hlediska bezpečnosti a fungování firmy významná, ale také na místech, která jsou náchylná ke kriminalitě. V našem případě bych pomocí kamerového systému zajistila především hlavní vjezd/vchod do areálu a vjezd vedlejší. Významná místa, která by měla být opatřena kamerovým systémem jsou také vchody do budovy – hlavní vchod a vchod vedlejší. Z pohledu venkovního zabezpečení je nutné se zaměřit i na zajištění obvodové ochrany, parkoviště a samotnou budovu, případně na riziková místa. Významným krokem takového zabezpečení je správný výběr konkrétního kamerového systému. Pro venkovní účely bych zvolila bezpečnostní kamery s nočním viděním a infračerveným přisvícením. Kamerové systémy mohou narušitele odradit, případně pomoc s jeho identifikací a následným dopadením. Jako prevence by mohlo fungovat i upozornění, že objekt je střežen kamerovým systémem, které by bylo umístěno před vjezdy do areálu. Obraz z kamer by se přenášel do ústředny elektrických zabezpečovacích systémů, kde by se následně ukládal na záznamová zařízení, na předem určenou dobu.

Tímto systémem bych zajistila i některé významné prostory uvnitř budovy. V první řadě s ohledem na vyjmenovaná rizika v podobě infikované osoby, by bylo nutné umístit spolu s klasickou bezpečnostní kamerou i termovizní kameru k hlavnímu vstupu do budovy. Výhodou takových kamer je, že není nutná asistence například člena ochranky nebo recepční. Operátor pouze sleduje monitor (není ale nutné, alarmem je i zvukový výstup, barevný alarm, příp. zastavení funkce turniketů, neotevření dveří apod.). Systém pracuje nezávisle na případných změnách okolní teploty (otevírání dveří, vzduchové clony, průchozí prostory atd.). Jejich měření je tedy vysoce stabilní a přesné v různých teplotách okolí. Teplotní screening nám zajistí automatickou detekci osob se zvýšenou teplotou a tím se zamezí následnému vstupu do prostor budovy a případnému šíření choroby. Zařízení se využívá především pro vstupní prostory kritické infrastruktury, výrobních a administrativních subjektů [40]. K využívání tohoto systému by mohlo docházet pouze eventuálně, v reakci na případnou situaci, například v podobě aktuálního onemocnění COVID – 19. V současné době jsou firmy, které nabízejí pouze pronájem takového zařízení, jelikož pořizovací ceny jsou poměrně vysoké.

Kamerovým systémem by měly být zajištěny také administrativní, výrobní, a skladovací prostory, včetně prostoru, kde se nachází vstup do ústředny elektrických zabezpečovacích systémů. Nejdůležitější částí budovy, kterou je potřeba mít tzv. pod dohledem je oblast, kde se nachází zdroj ionizujícího záření. Na základě vyhlášky o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, musí držitel povolení provést zabezpečení radionuklidového zdroje a zajistit ochranu informací důležitých z hlediska zabezpečení radionuklidového zdroje proti případnému zneužití a dále musí také přijmout opatření k odhalení a zdržení nepovolaného přístupu k radionuklidovému zdroji [39].

S tím souvisí i **elektronické zabezpečovací systémy (EZS)**, které nám pomohou odhalit každý pokus o nepovolený přístup k radionuklidovému zdroji, který musí být na základě vyhlášky zajištěn vhodným zařízením, včetně přenosu signálu do již několikrát zmiňované ústředny elektrických zabezpečovacích systémů (ÚEZS) [39]. Zadní vchod do budovy by měl být opatřen poplachovým zabezpečovacím a tísňovým systémem (PZTS), v podobě LCD ovládací klávesnice. Pomocí číselného kódu by se mohla povolaná osoba dostat do budovy, v případě nesprávných opakovaných pokusů, by se v ÚEZS spustila signalizace. Zařízení bych navrhovala instalovat i na dveře hlavního vchodu do budovy. K jeho aktivaci by z praktického hlediska docházelo pouze v určitém čase, například mimo pracovní dobu. Co se týká prostor, kde se nachází administrativa, výroba či sklady, navrhovala bych vstup pomocí bezdotyková kovové čtečky identifikačních karet.

Do místnosti, kde se nachází radionuklidový zdroj, by měli mít povolený vstup pouze vybrané osoby. Vstup by byl možný pomocí snímače otisků prstů (biometrie). Místnost by měla být opatřena dvojitým vstupem (předmístnost) s bezpečnostními dveřmi, včetně bezpečnostního zámku a kamerovým systémem. Samotný prostor se zdrojem, by měl být zabezpečen pomocí magnetického kontaktu, v případě přerušení kontaktu, dochází ke spuštění alarmu. Další možností, jak zajistit bezpečnost uvnitř budovy je rozmístění detektorů pohybu, které jsou schopné monitorovat i rozsáhlé prostory. Detekují pohyb předmětů nebo osob, které vyzařují teplo. Ve vnitřních prostorách by měla být rozmístěná paniková tlačítka, která by byla napojena na akustickou signalizaci. Z bezpečnostního hlediska, je také vhodné mít veškeré důležité vstupy, včetně samotné budovy, dostatečně osvětlené.



Obrázek 10 - Modelový plán zabezpečení prostoru s rad. zdrojem I. kat. zabezpečení [39]

Elektrická požární signalizace (EPS) slouží k rychlé a spolehlivé detekci ohrožení osob a majetku požárem a jeho účinky. Dále ke spuštění zařízení pomocných k evakuaci osob a omezení požáru [41]. V takových prostorách se jedná o nepostradatelnou součást bezpečnostního systému. Je určena zákonem o požární ochraně č. 133/1985 Sb. V této souvislosti bych navrhovala do areálu umístění alespoň jednoho hydrantu, který by v případě nutnosti mohl využít Hasičský záchranný sbor (HZS). Podle výše uvedeného zákona by uvnitř budovy mělo být umístěno několik hydrantů. Z hlediska udržitelnosti bych navrhovala nerezové hydranty určené k instalaci do zdi. Pro včasné zvládnutí vzniklého požáru bych po budově rozmístila také Sprinklerové hasicí zařízení. Zařízení se otevře při reakci na vzniklé teplo a následně je schopné lokálně hasit vzniklý požár. Nutností je také rozmístění detektorů kouře. Na předem určená místa, jako jsou např. laboratoře, bych doporučovala všechna již zmíněná opatření doplnit o detektory úniku plynů se sirénou. Cena jednoho takového zařízení se pohybuje okolo 1000 Kč bez DPH. Všechny zmiňované bezpečnostní prvky musí být napojeny na ÚEZS, aby mohlo být zahájeno včasné řešení vzniklé mimořádné události.

5.7 Hypotézy

V diplomové práci byly stanoveny dvě hypotézy, které jsme na základě vypracování práce potvrdili či vyvrátili:

Hypotéza 1 *Společnost Bioster a.s. je dostatečně technicky vybavená pro případné neoprávněné vniknutí do budovy a do areálu.*

Tato hypotéza byla potvrzena. Při návrhu technického zabezpečení byly splněny požadavky na zajištění ochrany výše uvedeného typu zařízení s vysokoaktivním radionuklidovým zdrojem 1. kategorie zabezpečení a rovněž byly splněny požadavky vyhlášky 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Jedná se o areál, ale i vnitřní prostory budovy. Navrhované technické vybavení, bylo dále doplněno o klasickou, režimovou a fyzickou ochranu, bez které by technické vybavení nemohlo naplno plnit svoji funkci. Společnost Bioster a.s. nově navrženým řešením podstatně minimalizuje rizika a je dostatečně technicky vybavená proti vzniknu mimořádných událostí.

Hypotéza 2 *Personální zabezpečení společnosti Bioster a.s. je teoreticky dostatečně funkční.*

Tato hypotéza byla částečně potvrzena. Na základě zmíněné vyhlášky byla navržena doporučená opatření, která se týkají personálního zabezpečení. Personální zabezpečení, je především v režii vedení společnosti Bioster a.s. Z tohoto důvodu nelze přesně určit, zdali je personální zabezpečení dostatečně funkční. Aby tato hypotéza mohla být jednoznačně potvrzena, bylo by potřeba námi navržené personální zabezpečení uvést do praxe. Bohužel z důvodu vyhlášeného nouzového stavu, kvůli onemocnění COVID-19, nám nebyla umožněna návštěva společnosti Bioster a.s.

6 DISKUZE

V této části diplomové práce budou shrnuty získané výsledky, v souvislosti s ohledem na stanovené cíle práce. Cílem práce bylo v teoretické části především představení problematiky týkající se ionizujícího záření, spolu s radiační sterilizací a bezpečností objektu. V práci jsou dále popsány účinky ionizujícího záření na člověka. Důvodem je poukázání na skutečnost, proč je velmi důležité zabezpečení objektu, ve kterém se nachází zdroj ionizujícího záření I. kategorie zabezpečení. Pokud by zabezpečení nebylo dostatečné a došlo by například k neoprávněnému vniknutí do budovy a následnému zneužití, či poškození zářiče, mohlo by být ohroženo zdraví a život velkého počtu osob. Ekonomický dopad by se posléze netýkal pouze firmy Bioster a.s., ale také významné části společnosti.

Prvním cílem v praktické části práce, bylo stanovení si okruhu kolem společnosti Bioster a.s., a na základě jeho popisu pak následně vybrat nejpravděpodobnější rizika. S ohledem na zdroj, který se v budově nachází a s porovnáním zón havarijního plánování pro JE Dukovany (20 km) a JE Temelín (13 km), byl pro naši vybranou společnost stanoven okruh 5 km. Při popisu okolí do pěti kilometrů, nebylo zaznamenáno žádné přímo ohrožující riziko pro společnost Bioster a.s., například v podobě elektrárny nebo chemického průmyslu. Vybraná rizika byla pak následně rozdělena. Celkem bylo vybráno 10 externích a 10 interních rizik. Do interních rizik byl zařazen: blackout, infikovaný člověk, krádež (ze strany zaměstnanců), kyberútok, lidský faktor (BOZP), neoprávněný vstup do budovy, pokus o sebevraždu, požár, únik záření/nebezpečných chemických látek a zneužití/únik informací. Do externích pak: aktivní střelec, narušitel s cílem poškození, nehody, neoprávněné vniknutí na pozemek, organizovaná skupina, povodeň, teroristický útok, zvěř, živelné pohromy a kyberútok. Dalším stanoveným cílem bylo provedení analýz rizik. Na základě výsledků analýzy rizik FMEA, byla jednotlivá rizika blíže specifikována.

V případě interních rizik, byla s vysokou mírou rizika hodnocena infikovaná osoba. Riziko v podobě infikovaného člověka, bylo vybráno na základě aktuální situace ohledně onemocnění COVID-19. Scénářem byl vstup a možný pohyb infikovaného člověka po budově, ohroženi by byli především zaměstnanci společnosti. To by mohlo mít za následek oslabení fungování společnosti, které by vedlo k finančním ztrátám.

Takový scénář vychází z aktuálních dějů, týkající se českého průmyslu v souvislosti s coronavirem. V tomto případě nám analýza stanovila míru rizika 64, což bylo pro nás vyhodnoceno jako nežádoucí riziko. Jako doporučená opatření jsme navrhli zřídit u vchodu do hlavní budovy stanoviště, kde by byla zabudována tzv. termokamera. Pořízení takovéto kamery je ale velmi nákladné a z ekonomického hlediska by bylo vhodnější, zajistit případný pronájem takového zařízení. Možností by bylo také provádění namátkových testů. Mnoho firem na aktuální problém týkající se infekčního onemocnění zareagovalo změnami v podobě omezení směn tak, aby zaměstnanci přišli navzájem co nejméně do styku. Tímto jsme se inspirovali i v případě návrhu bezpečnostních opatření pro tento případ rizika.

Vysokou mírou rizika byl dále hodnocen neoprávněný vstup do budovy. Scénářem je varianta, kdy takový člověk vstupuje do budovy za účelem nekalých, nečestných úmyslů. Například krádeže, průmyslové špionáže, sloužící k získání utajovaných informací, sabotáže, případně může být důvodem i snaha se zviditelnit. Následkem je ohrožení zaměstnanců, poškození majetku, a především může dojít k odcizení citlivých informací a k následnému ohrožení bezpečnosti a fungování společnosti. Míra rizika byla stanovena 80, kdy se jedná o nepřijatelné riziko. V této souvislosti byla doporučena především instalace bezpečnostních dveří, včetně bezpečnostních zámků. Samozřejmostí je pak kamerový systém a rozmístění pohybových detektorů. Dále také zajištění oken, dostatečného osvětlení, a především zřízení elektronické kontroly vstupu.

Jako poslední vysoce hodnocené interní riziko, byl analýzou určen únik záření/nebezpečných chemických látek. Důvodem bylo uvedeno například nedodržení BOZP, technická závada nebo neodborné zacházení. Analýza nám stanovila míru rizika 60, tedy nežádoucí riziko. Únik by mohl ohrozit zdraví zaměstnanců, ale také obyvatelstva a mohl by mít negativní dopad na životní prostředí. Jako doporučená opatření byla navržena elektronická zabezpečovací signalizace. V průmyslovém odvětví jsou nehody většinou způsobeny lidským faktorem. Proto je důležité zaměřit se na dostatečné proškolení o BOZP a provádět důkladné a odborné kontroly zařízení a systémů a předcházet tak vzniku podobných mimořádných událostí.

Mezi vysoce hodnocená externí rizika, patří narušitel, s cílem poškození. Toto riziko je úzce spjato s neoprávněným vstupem do budovy. Scénáře mohou být podobné. V tomto případě se vzhledem ke specifikaci působení společnosti Bioster a.s., kterým je radiační sterilizace, může jednat o člověka, který trpí radiofobií. Následky jeho jednání mohou být v podobě poškození majetku, bezpečnostního systému, ale také mohou zapříčinit mnohem závažnější problémy, které by mohly ohrozit fungování společnosti a v krajním případě i zdraví osob. Míra rizika byla stanovena 45, tedy se jedná o mírné riziko. Stejně hodnocený byl i neoprávněný vstup do na pozemek. Pro oba tyto případy bylo navrhováno dostatečné oplocení pozemku, kamerový systém, a především fyzická ostraha.

Hodnota míry rizika pro organizovanou skupinu, nám vyšla 80, tedy se jedná o nežádoucí riziko. Takto vysoko hodnocená je z důvodu zrádnosti a potřebě zapojení veškerých bezpečnostních prvků na vysoké úrovni. S tím souvisí i nejvíce hodnocené riziko, kterým je teroristický útok. Míra rizika je v tomto případě 100, čili nepřijatelné riziko. Pro tento případ rizika je důležitá především prevence a mít zabezpečovací systém na nejvyšší možné úrovni. Navrhována je kombinace veškerých dostupných bezpečnostních prvků. Je podstatné ale zmínit, že zabezpečení proti tomuto typu rizika, není nikdy 100%.

Tato nejvíce hodnocená rizika byla dále analyzována pomocí multikriteriální analýzy. Pomocí této analýzy jsme mohli získat data konkrétních dopadů. Například dopady týkající se poškození a ohrožení životního prostředí, ekonomické dopady, s tím související náklady nebo možného omezení společnosti. Multikriteriální analýza nám potvrdila teroristický útok, jako nejzávažnější riziko.

Hlavním cílem práce bylo navrhnout celkové zabezpečení společnosti Bioster a.s. Zabezpečení jsme rozdělili na klasickou, režimovou, fyzickou a technickou ochranu. Klasická ochrana je dále tvořena obvodovou a plášťovou ochranou. Při navrhování bezpečnostního systému, jsme vycházeli pouze z dostupných informací (např. doporučení SÚJB „Zabezpečení radionuklidových zdrojů a jejich kategorizace“) a opírali jsme se o vyhlášku č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. V návrhu zabezpečování jsme se zaměřili nejprve na oplocení vybraného areálu. Oplocení areálu je základním předpokladem dobrého zabezpečení.

V bakalářské práci s názvem *Inovativní návrh technického zabezpečení rodinného domu*, z roku 2018, upozorňuje Radek Novák na nejzávažnější riziko v podobě přelezení oplocení, který je nedostatečně vysoký, což platí i v našem případě. Určitě je podstatné si nejdříve určit míru zabezpečení. V tomto případě jsme se řídili již zmíněnou vyhláškou. V návrhu oplocení jsme vycházeli z faktu, že se v budově nachází zdroj ionizujícího záření. Obvodová ochrana slouží jako prvotní prevence proti vzniku zmíněných rizik. To, že nedostatečné oplocení bývá časté a podceňované, nám dokazuje i Kristína Ivanová ve své bakalářské práci s názvem *Posouzení bezpečnosti a ochrany objektu* z roku 2011. Ve své práci také poukazuje na nedostatečnou výšku oplocení, které je posléze lehce překonatelné. A proto doporučuje doplňující ochranné prostředky, které by zajistily včasné zachycení například nepovolané osoby. V našem případě jsme navrhli oplocení doplnit o infračervené závory tak, aby byla ochrana maximálně účinná. V plášťové ochraně se čím dál častěji využívají ochranné fólie na sklo. Fólie se začínají využívat i při zajištění bezpečnosti například rodinných domů, jak ve své práci uvádí Radek Novák (2018). Ochranné fólie jsme proto navrhli instalovat na všechna okna, která se nacházejí v suterénu. Samozřejmostí jsou bezpečnostní dveře, včetně bezpečnostních zámků.

Režimová ochrana je pro každý podnik specifická. V našem případě byla navržena tak, aby bylo maximálně zajištěno zabezpečení podniku, kde se nachází zdroj ionizujícího záření. Zároveň se přihlédlo k tomu, aby režimová ochrana neměla negativní vliv na fungování běžného provozu ve společnosti. Režimová ochrana byla zaměřena především na místa, kde se osoby dostávají do areálu nebo z areálu. Byla doporučená regulace vozidel uvnitř areálu a kontrolovaný pohyb osob (návštěv) po budově. S režimovou ochranou je úzce spjatá fyzická ochrana. V podnicích podobného typu, jako je společnost Bioster a.s. je fyzická ochrana nezbytností. I přesto, že se nejedná o velký areál a budovu, navrhli jsme pro denní režim tři členy fyzické ostrahy. Na nedostatky v oblasti fyzické ochrany upozorňuje autorka Kristína Ivanová (2011). Upozorňuje například na nedůkladné kontroly dokladů totožnosti nebo na neefektivní pravidelné obchůzky členů fyzické ostrahy, jelikož probíhají každý den a ve stejných časech. S autorkou jsme se shodli, že je důležité, aby členové fyzické ostrahy byli v dobré fyzické, ale i psychické kondici. Vzhledem k míře našeho zabezpečení a s tím souvisejících rizik, doporučuji ozbrojení ostrahy a provádět pravidelné psychologické testy u všech osob, které vykonávají fyzickou ostrahu. Psychologické testy také

doporučujeme pro zaměstnance společnosti. Běžné u zaměstnanců jiných firem nejsou, nicméně zde jsou navrženy především z důvodu neobvyklého zaměření společnosti Bioster a.s., kterým je radiační sterilizace. Navržená bezpečnostní opatření souvisí s vybranými riziky, která jsou v práci popsány.

Z pohledu technického zabezpečení, patří mezi nejsilnější stránky kamerový systém. V bakalářské práci, s názvem *Ochrana a bezpečnost objektu s použitím technických prostředků střežení* z roku 2016, se autorce Lucii Procházkové toto zjištění na základě provedené SWOT analýzy potvrdilo. Kamerové systémy jsou schopné monitorovat veškeré prostory objektu. Kamerové systémy jsme navrhli rozmístit především na klíčová místa, jako jsou vjezdy do areálu nebo vchody do budovy. Dále by měly také monitorovat výše zmíněnou obvodovou ochranu se zaměřením na slabá (zranitelná) místa. Co se týká umístění kamer uvnitř budovy, bylo navrženo, aby se kamery nacházely na klíčových místech z hlediska bezpečnosti, např. vnitřní prostor vchodu do budovy, vstupy a prostory do laboratoří, administrativní prostory, a především pro nás nejpodstatnějším chráněným místem oblast, kde se nachází zdroj ionizujícího záření I. kategorie. Samozřejmostí jsou také prvky EPS, které jsou z hlediska bezpečnosti stejně důležité, jako již zmiňované kamerové systémy. Podle vyhlášky č. 422/2016 Sb., jsme navrhli rozmístění bezpečnostních prvků, jednalo se o kombinaci EZS a EPS. Bezpečnostní prvky by byly napojené na ÚEZS, ve které by se nacházel člen bezpečnostní ochrany. Jejich případná aktivace by byla zaznamenána pomocí signalizace. Aby bylo zajištěno dostatečné zabezpečení společnosti Bioster a.s., je velmi důležité vzájemné propojení zmíněných bezpečnostních prvků, což potvrzují i provedené analýzy a následné návrhy zabezpečení, zmiňovaných autorů.

7 ZÁVĚR

Bezpečnostních prostředků, které se dají využít k ochraně objektů, je v současné době mnoho. Bezpečnostní systémy tak mohou být velmi rozmanité a splňují obecné, ale i specifické požadavky klienta. K jejich využívání dochází v soukromém, ale i veřejném sektoru. Ceny jsou ovšem často velmi vysoké, a to může být jedním z důvodů, proč je zabezpečení mnohdy podceňované nebo nedostatečné. Avšak ve srovnání s případnými následky, je investice do vybudování systému zabezpečení přijatelná.

Cílem této práce bylo analyzovat konkrétní rizika pro firmu Bioster a.s. a na základě jejich vyhodnocení, navrhnout zabezpečení této společnosti. Rizik je v současné době čím dál tím více a je třeba, abychom se pokusili je eliminovat či snížit jejich následek ještě dříve, než se projeví. Pokud se tak již stane, je nutné umět včas a adekvátně reagovat na vzniklou situaci. Velkým rizikem je zneužití vysokoaktivního radionuklidového zdroje, se kterým společnost nakládá. Pokud by došlo například k napadení nebo ke zneužití zdroje záření, mohlo by to mít fatální následky (ozáření osob, ztráta životů). I přes to, že například teroristické útoky nejsou v České republice příliš časté, je důležité tuto oblast nepodceňovat.

Zabezpečení celé zmiňované společnosti je proto velmi důležité a je navrženo takovým způsobem, aby se v maximální možné míře zamezilo vzniku mimořádných událostí. Při návrhu systému zabezpečení jsem se mimo jiné opírala o vyhlášku č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, která stanovuje povinnost držitelům povolení vytvořit odpovídající systém zabezpečení.

Aby plnilo zabezpečení svoji funkci, byla při návrhu propojena klasická, režimová, fyzická a technická ochrana. Je také nutné správnou funkci instalovaného zabezpečovacího systému pravidelně ověřovat a v případě potřeby provést jeho modernizaci. Management společnosti Bioster a.s. by měl pravidelně ověřovat aktuální situaci s cílem odhalit případná rizika a nebezpečí. Pravidelné ověřování musí zahrnovat určení a vyhodnocení aktuální situace na pracovišti s radioaktivním zdrojem, ale i v jeho bezprostředním okolí.

Na základě vypracování této diplomové práce lze konstatovat, že cíl práce byl splněn. Dle mého názoru je navrhované zabezpečení na velmi dobré a odpovídající úrovni. Výše uvedený a navržený způsob zabezpečovacího systému ve společnosti Bioster a.s. je z tohoto pohledu funkční a splňuje současně i požadavky vyhlášky č. 422/2016 Sb.

Stanovená hypotéza č. 1 „*Společnost Bioster a.s. je dostatečně technicky vybavená pro případné neoprávněné vniknutí do budovy a do areálu"* byla potvrzena. Hypotéza č. 2 *„Personální zabezpečení společnosti Bioster a.s. je teoreticky dostatečně funkční"* byla potvrzena pouze částečně, neboť nebylo možné provést osobní návštěvu vzhledem k zavedeným opatřením v souvislosti s vyhlášením nouzového stavu v ČR s ohledem na COVID-19. Nicméně lze konstatovat, že personální zabezpečení, je především v režii vedení společnosti Bioster a.s. a pokud tato společnost bude postupovat v souladu s vyhláškou č. 422/2016 Sb., kde jsou uvedeny požadavky i na personální zabezpečení, dá se očekávat, že i tato hypotéza bude jednoznačně potvrzena.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CT	počítačová tomografie
ČR	Česká republika
DPH	daň z přidané hodnoty
EPS	elektrická požární signalizace
EZS	elektrické zabezpečovací systémy
EUROATOM	Evropské společenství pro atomovou energii
FMEA	analýza možného výskytu a vlivu vad
HZS	Hasičský záchranný sbor
JE	jaderná elektrárna
PO	požární ochrana
PZTS	poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
RTG	rentgenové záření
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SŮJCHBO	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
UNSCEAR	Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření
ÚEZS	ústředna elektrických zabezpečovacích systémů

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Zákony pro lidi. Zákony pro lidi: Zákon č. 263/2016 Sb. [online]. Česko: © AION CS, s.r.o. 2010-2020, 2016 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263

2. Sbírka zákonů Česká republika: Vyhláška č. 422/2016 o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Praha: MORAVIAPRESS s.r.o., 2016, 2016(172). ISSN 1211-1244.

3. Sbírka zákonů Česká republika: Vyhláška č. 359/2016 o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné události. Praha: MORAVIAPRESS s.r.o., 2016, 2016(143). ISSN 1211-1244.

4. ČESKO. § 1 odst. 1 zákona č. 133/1985 Sb., České národní rady o požární ochraně. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 3. 2. 2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133#p1-1

5. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Evropské společenství pro atomovou energii – Euratom [online]. Praha: SÚJB, [2018] [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/evropska-unie/evropske-spolecenstvi-pro-atomovou-energii-euratom/

6. NOVOTNÁ, Marianna a Jakub HANDRLICA. Zodpovednosť za jadrové škody: Výzvy pre medzinárodnú a národnú zodpovednostnú legislatívu v post-fukushimskom období. Bratislava: VEDA, 2011. ISBN 978-80-224-1218-6.

7. Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Úvod. Státní úřad pro jadernou bezpečnost [online]. Praha: SÚJB, [2016] [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/o-sujb/uvod/

8. KUNA, Pavel, Leoš NAVRÁTIL a kolektiv. Klinická radiobiologie. I. vydání. České Budějovice: MANUS, 2005. ISBN 80-86571-09-2.

9. Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.: Výzkum v SÚRO, v.v.i. a jeho hlavní orientace [online]. Praha: © 2020 SÚRO, [2015] [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: https://www.suro.cz/cz/vyzkum

10. ŠINKOROVÁ, Zuzana a Leoš NAVRÁTIL. Biomedicínská detekce ionizujícího záření: Organizace zdravotnické péče po zevní kontaminaci radionuklidy. I. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05626-4.

11. Ionizující záření: Účinky a zdroje. Austria: Copyright © Program OSN pro ochranu životního prostředí, 2016. ISBN 978-92-807-3600-7.

12. Principy a praxe radiační ochrany. Praha: Azin CZ, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 80-238-3703-6.

13. MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART. CBRN: Jaderné zbraně a radiologické materiály. I. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007. ISBN 978-80-7385-029-6.

14. PROUZA, Zdeněk a Jiří ŠVEC. Zásahy při radiační mimořádné události. I. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2008. ISBN 978-80-7385-046-3.

15. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná a radiační fyzika. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.

16. PODZIMEK, František. Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření. I. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.

17. FUKÁTKO, Tomáš. Detekce a měření různých druhů záření. I. vydání. Praha: Ben – technická literatura, 2007. ISBN 978-80-7300-330-2.

18. XLI. Dny radiační ochrany. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2019, 142 s. ISBN 978-80-01-06649-2.

19. Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Používání rentgenů-lékařské ozáření. SÚJB [online]. Praha: SÚJB, [2016] [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni/

20. HÁLA, Jiří. Radioaktivita, Ionizující záření, Jaderná energie. Brno: Konvoj, spol., 1998. ISBN 80-85615-56-8.

21. KUBINYI, Jozef, SABOL, Jozef, VONDRÁK, Andrej. Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.

22. NEUSCHLOVÁ, Kateřina. Vliv radiační sterilizace na polymerní obalové materiály. Brno, 2009. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Josef Kotlík, CSc.

23. Bioster. Bioster: Radiační sterilizace [online]. Veverská Bítýška: © 2009–2020 Bioster a.s, 2020 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: https://www.bioster.cz/radiacni-sterilizace

24. JANOVSKÝ, Igor. Výzkumné reaktory a radiační technologie v českých zemích. Praha: Národní technické muzeum, 2008. ISBN 978-80-7037-174-9.

25. KYNCL, Jaromír a kolektiv. Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky, 2014. ISBN 978-80-260-7115-0.

26. BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I. 2. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007, 172 s. ISBN 978-80-7385-005-5.

27. ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Pavel ŠENOVSKÝ. Ochrana kritické infrastruktury. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007, 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.

28. SKŘEHOT, Petr a kolektiv. Prevence nehod a havárií: 2. díl: mimořádné události a prevence nežádoucích následků. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce a T-SOFT, 2009, 595 s. ISBN 978-80-86973-73-9.

29. KOCUREK, Jaromír. Vlastní cesta Poradenský portál: FMEA. Vlastní cesta Poradenský portál [online]. Brno: Design & Code by LA TAUPE, 2012 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: https://www.vlastnicesta.cz/metody/fmea/

30. Veverská Bítýška: Poloha obce. Veverská Bítýška [online]. Veverská Bítýška: ouvb@obecveverskabityska.cz, 2019 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.obecveverskabityska.cz/page.php?section=oobci&show=oobci

31. HARTMANN: Kdo jsme. HARTMANN [online]. Česká republika: © 2020 HARTMANN – RICO a.s, 2019 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.hartmann.info/cs-cz

32. GPS Visualizer. GPS Visualizer [online]. Portland: ©2003-2019 Adam Schneider, 2002 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.gpsvisualizer.com/calculators?fbclid=IwAR2suGxtNTzpSomOMH7OJk3UDA_F8FEQKg3XG2WMxsTpVwn5hyeVLctbolU

33. IVANOVÁ, Kristína. Posouzení bezpečnosti a ochrany objektu. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Doc. Dr. Rostislav Kozílek, CSc.

34. HZS. Provedení analýzy rizik: Příloha č. 1. In: Hasičský záchranný sbor Český republiky [online]. Česká republika: © 2020 Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, s. 1-7 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: http://www.hzscr.cz/soubor/koncepcni-materialy-priloha-1-pdf.aspx

35. ŠIMÍČEK, Jíří. Bezpečnostní poradenství JŠ: Klasická ochrana (Mechanické zábranné systémy). Bezpečnostní poradenství JŠ [online]. Česká republika: Webnode, 2015 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.bp-js.cz/fyzicka-ochrana/klasicka-ochrana/

36. Alarmsecurity.cz. Alarmsecurity.cz [online]. Česká republika: webareal, 2020 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.alarmsecurity.cz/www-alarmsecurity-cz/eshop/7-1-SPECIALNI-DETEKTORY/0/5/21-Fotoelektricky-plot-infracervena-zavora-pro-alarm-GSM-alarm

37. MAGTRADE: Turniket MTB 1. MAGTRADE [online]. Praha: Copyright 2013 Magtrade, 2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://magtrade.cz/turnikety-89k/plnorozmerove-turnikety-119k/turniket-mtb-1-203/

38. Google. com: Bioster a.s. Google.com [online]. Česká republika: ©2020 Google, 2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.google.com/maps/place/Bioster,+a.s./@49.279161,16.4306814,3a,75y,185.56h,77.78t/data=!3m6!1e1!3m4!1swpV2_ovpNsl1Wlq1qvZwZw!2e0!7i16384!8i8192!4m5!3m4!1s0x47129a4b5a9d09e9:0xf37b744bc70ac76!8m2!3d49.2790382!4d16.4300837

39. Doporučení SÚJB: Zabezpečení radionuklidových zdrojů a jejich kategorizace. Česká republika, 2016.

40. TMV SS Medical. TMV SS Medical [online]. Praha: NETservis s.r.o. © 2020, 2020 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: https://www.tmvss.cz/vyrobci/tmv-ss/tmv-ss-medical?gclid=EAIaIQobChMI8qbGx_qw6QIVwp13Ch3YjAVMEAAYAyAAEgJU-_D_BwE

41. Sigem: Elektrická požární signalizace - EPS. Sigem [online]. Chýnov: © Sigem, 2019 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: https://www.sigem.cz/pozarni-signalizace?gclid=EAIaIQobChMIkJ7ay6Ox6QIVgaZ3Ch3H1gTeEAAYASAAEgIlUPD_BwE

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Celosvětové rozdělení radiační expozice [11] 16
Obrázek 2 - Příklad štěpení jádra ^{235}U [13] 23
Obrázek 3 - Celosvětové vyhodnocení vážných rad. nehod, vždy po 20 letech [11] . 34
Obrázek 4 - Znázornění okruhu 5 km, od společnosti Bioster a.s. [32]..... 43
Obrázek 5 – Obrys budovy společnosti Bioster a.s. [32] 43
Obrázek 6 – Paretův diagram pro INTERNÍ rizika [Vlastní] 56
Obrázek 7 - Paretův diagram pro EXTERNÍ rizika [Vlastní]..... 57
Obrázek 8 - Současné oplocení objektu Bioster a. s. (červen 2019) [36]..... 62
Obrázek 9 - Současný hl. vjezd a vchod do areálu Bioster a.s. (červen 2019) [36] ... 63
Obrázek 10 - Modelový plán zabez. prostoru s rad. zdrojem I. kat. zabezpečení [39] 71

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Parametry metody FMEA [33] 44
Tabulka 2 - INTERNÍ vybraná rizika společnosti Bioster a.s. [Vlastní] 45
Tabulka 3 - EXTERNÍ vybraná rizika společnosti Bioster a.s. [Vlastní] 46
Tabulka 4 - Četnosti jednotlivých hodnot pro INTERNÍ rizika [Vlastní] 55
Tabulka 5 - Četnosti jednotlivých hodnot pro EXTERNÍ rizika [Vlastní] 57
Tabulka 6 - Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků [34] 58
Tabulka 7 - Hodnoty úrovně rizika [34] 59
Tabulka 8 - Výsledné hodnoty multikriteriální analýzy [Vlastní] 59

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Koeficient četnosti (frekvence) možné aktivace nebezpečí [34]

Příloha 2 Dílčí koeficient smrtelných dopadů [34]

Příloha 3 Dílčí koeficient ohrožení osob [34]

Příloha 4 Koeficient dopadu na životní prostředí [34]

Příloha 5 Koeficient ekonomických dopadů [34]

Příloha 6 Dílčí koeficient omezení osob [34]

Příloha 7 Dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu [34]

Příloha 8 Dílčí koeficient omezení společnosti [34]

Příloha 9 Infračervená závora [36]

Příloha 10 Turniket typu MTB 1 [37]

Příloha 1: Koeficient četnosti (frekvence) možné aktivace nebezpečí [34]

ČASOVÉ ÚDOBÍ FREKVENCE MOŽNÉ AKTIVACE NEBEZPEČÍ	F
1 x za několik měsíců (cca 1-6 měsíců a častěji)	10
1 x za více měsíců až 1 rok (cca 7 až 12 měsíců)	9
1 x za několik málo let (cca 2-4 roky)	8
1 x za více let (cca 5-10 let)	7
1 x za několik málo desetiletí (cca 2-3 desetiletí = cca 1 generace)	6
1 x za více desetiletí (cca 4-9 desetiletí = cca 2-3 generace)	5
1 x za cca 100 let	4
1 x za několik málo století (cca 2-4 století)	3
1 x za více století	2
1 x za 1000 let a více	1

Příloha 2: Dílčí koeficient smrtelných dopadů [34]

SMRTELNÉ DOPADY	K_{O1}
bez úmrtí	0
jednotlivci (1-4 mrtví)	1
5 - 10 mrtvých	2
11- 20 mrtvých	3
21 - 50 mrtvých	4
51 - 100 mrtvých	5
101 - 500 mrtvých	6-7
501 - 1000 mrtvých	8
> 1 000 mrtvých	9-10

Příloha 3: Dílčí koeficient ohrožení osob [34]

OHROŽENÍ OSOB	K_{O2}
bez ohrožení osob	0
1 - 20 ohrožených osob	1
21 - 50 ohrožených osob	2
51 - 100 ohrožených osob	3
101 - 500 ohrožených osob	4
501 - 1 000 ohrožených osob	5
1 001 - 5 000 ohrožených osob	6
5 001 - 10 000 ohrožených osob	7
10 001 - 100 000 ohrožených osob	8
100 001 - 1 000 000 ohrožených osob	9
> 1 000 000 ohrožených osob	10

Příloha 4: Koeficient dopadu na životní prostředí [34]

POŠKOZENÍ A OHROŽENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	$K_{ŽPi}$
bez poškození a ohrožení	0
malé poškození a ohrožení, *např.:* - *ostatní biotické prostředí do 1 ha* - *vodní toky v délce do 2 km* - *vodní plochy (mimo vodárenských nádrží) do 1 ha*	1-2
střední poškození a ohrožení, *např.:* - *ostatní biotické prostředí 1 - 3 ha* - *chráněné oblasti přirozené akumulace vod* - *vodní toky v délce 2 - 5 km* - *vodní plochy (mimo vodárenských nádrží) více než 1 ha*	3-5
velké poškození a ohrožení, *např.:* - *zvláště chráněná území přírody a NATURA2000 o rozloze do 0,5 ha* - *ostatní biotické prostředí 3 - 100 ha* - *ochranná pásma vodních zdrojů včetně vodárenských nádrží* - *vodní toky v délce 5 - 10 km*	6-8
velmi velké poškození a ohrožení, *např.:* - *zvláště chráněná území přírody a NATURA2000 o rozloze větší než 0,5 ha* - *ostatní biotické území větší než 100 ha* - *vodní toky (mimo významné vodní toky) v délce více než 10 km* - *vodárenské nádrže*	9-10

Příloha 5: Koeficient ekonomických dopadů [34]

PŘÍMÉ ŠKODY A NÁKLADY	K_E
od 1 mil - 0,1 mld Kč	1
0,1 - 1 mld Kč	2
1 - 5 mld Kč	3
5 - 10 mld Kč	4
10 - 50 mld Kč	5
50 - 100 mld Kč	6
100 - 500 mld Kč	7
500 mld - 1 bilion Kč	8
1 - 5 bilionů Kč	9
více než 5 bilionů Kč	10

Příloha 6: Dílčí koeficient omezení osob [34]

OMEZENÍ OSOB	K_{S1}
bez omezení osob	0
do 1 000 omezených osob	1
1 001 - 5 000 omezených osob	2
5 001 - 10 000 omezených osob	3
10 001 - 50 000 omezených osob	4
50 001 - 125 000 omezených osob	5
125 001 - 250 000 omezených osob	6
250 000 - 500 000 omezených osob	7
500 001 - 1 000 000 omezených osob	8
1 000 001 - 5 000 000 omezených osob	9
> 5 000 000 omezených osob	10

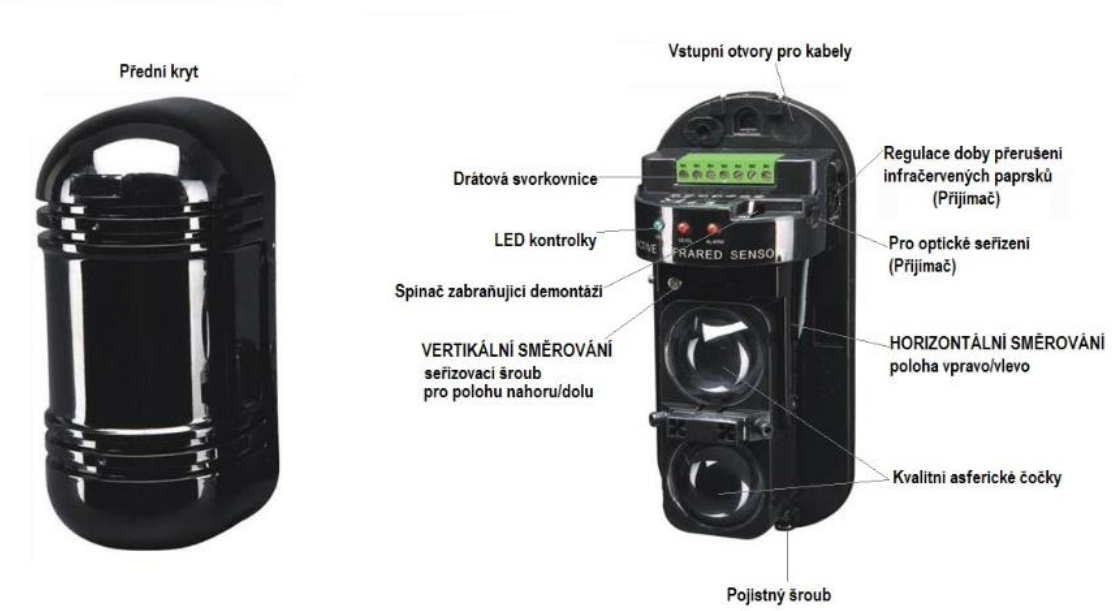
Příloha 7: Dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu [34]

ČASOVÉ OBDOBÍ PŘEDPOKLÁDANÉ DOBY TRVÁNÍ OMEZUJÍCÍHO STAVU	K_{S2}
bez omezujícího stavu	0
několik hodin (až půl dne)	1
až 1 den	2
několik málo dnů (cca 2-3 dny)	3
více dnů (cca 4 dny až 1 týden)	4
několik týdnů (až 1 měsíc)	5
více měsíců (do půl roku)	6
až 1 rok	7
více let (až 5 let)	8
mnoho let (až 25 let)	9
více než čtvrtstoletí (více než jedna generace)	10

Příloha 8: Dílčí koeficient omezení společnosti [34]

OMEZENÍ SPOLEČNOSTI	K_{S3}
bez omezení	0
velmi malé *bez pociťovaných výrazných dopadů; z pohledu obyvatelstva nedojde k významnějším omezením v poskytování veřejných služeb; jsou dotčeny jen jednotlivé osoby*	1
malé *dojde k minimálnímu omezení poskytování veřejných služeb; lehké znepokojení veřejnosti*	2-3
střední *částečné omezení poskytování některých veřejných služeb, např. dopravní obslužnost (výpadky v hromadné dopravě); omezení dostupnosti základních komodit (např. ropa, energie, potraviny, voda); výpadky telekomunikačních a informačních systémů; narušení pocitu bezpečí občanů*	4-5
závažné *významné omezení poskytování některých veřejných služeb; možné páchání trestné činnosti (např. rabování); možné regionální občanské nepokoje; regionální nezaměstnanost*	6-7
velmi závažné *velmi významné omezení poskytování veřejných služeb; páchání rozsáhlé trestné činnosti, velké občanské nepokoje; výrazné omezení základních lidských práv (např. právo nedotknutelnosti osoby, jejího soukromí, právo vlastnit majetek a nedotknutelnosti obydlí, svoboda pohybu a pobytu)*	8-9
extrémní *politická destabilizace země; narušení demokratických základů státu a svrchovanosti ČR*	10

Příloha 9: Infračervená závora [36]



Příloha 10: Turniket typu MTB 1 [37]