



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

**Vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz
dopadů radiační mimořádné události na okolí
jaderného zařízení v ČR.**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: **OCHRANA OBYVATELSTVA**

Autor: Bc. Kláudia Frištíková

Vedoucí práce: Ing. Eva Zemanová, Ph.D.

České Budějovice 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „**Vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů radiační mimořádné událostí na okolí jaderného zařízení v ČR**“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záZNAM o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské/diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské/diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 10. 05. 2021

.....

Bc. Klaudia Frištiková

Poděkování

Tento cestou bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Evě Zemanové, Ph.D., za odborné rady a cenné připomínky během vedení této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat konzultantce Mgr. Barboře Marešové za cenné rady při práci s SW nástrojem ESTE EU a také za zpřístupnění mnoha užitečných dokumentů a informací. Také děkuji mé rodině a přátelům, kteří mně po celou dobu studia podporovali.

Vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů radiační mimořádné událostí na okolí jaderného zařízení v ČR.

Abstrakt

Cílem diplomové práce je vytvořit knihu výsledků z modelování a prognóz dopadů radiační mimořádné události na okolí jaderného zařízení v ČR a posouzení vybraných veličin na výsledky výpočtů. Diplomová práce je rozdělená na teoretickou část, praktickou část a diskuzi.

V teoretické části jsou použitá informace z odborné literatury, pomocí které je popsáno ionizující záření, jeho vlastnosti a vliv na obyvatelstvo a životní prostředí. Dále jsou pomocí platných právních předpisů definována jaderná zařízení, jejich provoz a možné radiační mimořádné události. Závěr teoretické části popisuje postup při zásahu v případě, že k radiační mimořádné události dojde.

V praktické části jsou popsány modelové situace mimořádných radiačních událostí v okolí jaderného zařízení v ČR. Pro potřeby diplomové práce jsem zvolila jaderné zařízení JE Dukovany, pro které jsou modelovány radiační mimořádné události. Pomocí SW nástroje jsou vyhodnocovány výsledky a dopady modelových situací a následně jsou stanovena ochranná opatření a postupy pro řešení nebo eliminaci následků daných mimořádných události. Na základě praktické části je vytvořen analogový katalog, který je možno využít jako zálohu při výpadku SW nástroje.

Klíčová slova:

radiační mimořádná událost, ionizující záření, jaderné zařízení, jaderná bezpečnost, ochranná opatření

Creation the results book by the modeling and predictions of the effects of a radiological emergency situation on a nuclear power plant in the Czech Republic.

Abstract

The aim of the thesis is creation the results book by the modeling and predictions of the effects of a radiological emergency situation on a nuclear power plant in the Czech Republic and assessment of selected input values on the results of calculations. The thesis is divided into the theoretical part, practical part and discussion, which evaluates the results of the thesis.

The theoretical part uses information from the literature, which describes the ionizing radiation, its properties and effect on the population and the environment. Then, nuclear power plants, their service and possible radiation emergencies are described per valid legal regulations. End of theoretical part describes the activity for intervention in the event of a radiation emergency.

The practical part describes model situations of radiological emergency situation in the vicinity of a nuclear power plant in the Czech Republic. For this thesis is selected a nuclear power plant Dukovany, for which these events are created. The results and impacts of model situations will be evaluated with the help of SW tool and then will be determined protective measures and procedures for eliminating aftermath of these incidents. Per the practical part is created an analog catalog, which will act as a backup in case of SW tool malfunction.

Key words:

radiological emergency situation, ionizing radiation, nuclear power plant, nuclear safety, protective measures

Obsah

Úvod.....	9
1. Teoretická část.....	11
1.1 Ionizující záření.....	11
1.1.1 Záření alfa	11
1.1.2 Záření beta	12
1.1.3 Záření gama	12
1.1.4 Neutronové záření	12
1.1.5 Rentgenové záření.....	12
1.2 Zdroje záření	13
1.2.1 Přírodní zdroje ionizujícího záření	13
1.2.2 Umělé zdroje ionizujícího záření	13
1.3 Dozimetrické veličiny	14
1.3.1 Veličiny charakterizující zdroje ionizujícího záření	14
1.3.2 Veličiny charakterizující působení ionizujícího záření na látku	14
1.3.3 Veličiny charakterizující působení ionizujícího záření na člověka	14
1.4 Detekce ionizujícího záření	15
1.5 Biologické účinky ionizujícího záření	15
1.6 Radiační ochrana.....	18
1.6.1 Princip odůvodnění	19
1.6.2 Princip optimalizace ochrany.....	19
1.6.3 Princip nepřekročení dávkových limitů	19

1.6.4	Princip zabezpečení zdrojů	19
1.7	Radiační mimořádná událost a její stupně	20
1.7.1	Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti RMU	21
1.8	Jaderná zařízení a jaderná bezpečnost.....	22
1.8.1	Instituce garantující jadernou bezpečnost v ČR	23
1.8.2	Jaderná energetika a jaderné zařízení v ČR	23
1.8.3	Jaderná elektrárna Dukovany.....	24
1.8.4	Jaderná elektrárna Temelín	25
1.9	Monitorování radiační situace v ČR	25
1.9.1	Historie monitorování radiační situace v ČR.....	26
1.9.2	MonRaS	27
1.9.3	Monitorování umělých radionuklidů v ČR.....	27
1.10	Ochrana obyvatelstva, ochranná opatření	28
1.10.1	Neodkladná ochranná opatření	28
1.10.2	Následná ochranná opatření.....	30
1.11	Zvládání radiační mimořádné událostí.....	31
1.11.1	Analýza a hodnocení radiační mimořádné události	31
1.11.2	Vnitřní havarijní plán.....	33
1.11.3	Vnější havarijní plán	33
1.11.4	Zóna havarijního plánování	33
1.11.5	Národní radiační havarijní plán	34
1.12	Havarijní plány JE Dukovany	34
1.12.1	Vnější havarijní plán JE Dukovany	34

1.12.2	Zóna havarijního plánování JE Dukovany.....	35
1.12.3	Vnitřní havarijní plán JE Dukovany	35
2.	Cíle práce a výzkumné otázky.....	36
3.	Metodika.....	37
4.	Výsledky výzkumného šetření	43
5.	Diskuze	74
6.	Závěr.....	77
7.	Seznam použité literatury.....	79
8.	Seznam příloh:.....	86
9.	Seznam tabulek.....	97
10.	Seznam obrázků.....	98
11.	Seznam grafů	99
12.	Seznam použitých zkratek	102

Úvod

Jaderná energetika je v dnešní době velmi kontroverzní téma, které má díky jaderným zbraním a haváriím v jaderných elektrárnách velký dopad na veřejné mínění. Mezi obyvatelstvem stále prevládá strach z jaderných havárií, a to i navzdory přísným opatřením a soustavným dozorem nad provozem jaderných zařízení. Při současných typech reaktorů a zajištění jaderné a radiační ochrany jaderní experti předpokládají pravděpodobnost vzniku jaderné havárie třikrát za 15 000 let. Navzdory tomu, však může v objektu jaderného zařízení docházet k závadám menšího rozsahu, ale i k vážnějším mimořádným událostem, které mohou mít negativní dopad na okolí a životní prostředí. I přes výše uvedený předpoklad nízké pravděpodobnosti je nezbytně nutnou součástí provozu jaderných elektráren připravenost a analýza radiačních mimořádných událostí (risk management), schopnost takové události operativně hodnotit a přijímat opatření na odvrácení potenciálních rizik a poškození zdraví obyvatel či životního prostředí. (National Geographic Česko, 2018)

Nejzávaznějším rizikem v jaderné energetice je uvolnění radioaktivních látek do okolí a následné působení ionizujícího záření na obyvatelstvo a životní prostředí. S technickým vývojem jaderného zařízení se stále vyvíjí i ochranné a bezpečnostní systémy, které by měly těmto rizikům a následkům zabránit. Díky práci mnoha odborníků byly založené mezinárodní organizace, které se zasloužily o vytváření kritérií, doporučení a požadavků na radiační ochranu a jadernou bezpečnost.

Teoretická část diplomové práce se venuje definici pojmu z oblasti jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, havarijní připravenosti, ochranným opatřením a legislativě související s danou oblastí. Čerpáno je ze zákonů a na ně navazujících prováděcích předpisů, odborné literatury a mezinárodních ustanovení a doporučení pro danou problematiku.

Smyslem diplomové práce je snaha o vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů radiační mimořádné události na okolí jaderného zařízení v ČR. Kniha má formu analogového katalogu, jehož cílem je zmapovat vliv meteorologických podmínek na dopady těchto mimořádných událostí v okolí jaderného zařízení. Dopady a prognózy byly vypočtené pomocí SW nástroje ESTE EU, kterému bylo zadáno 11 typů vstupních meteorologických podmínek. Pomocí těchto výpočtů jsou zobrazeny konkrétní následky události na okolí jaderného zařízení, a s tím související rozsah ochranných

opatření, včetně situací, kdy je nutno vyhlásit neodkladná ochranná opatření na ochranu obyvatelstva. Výsledky jsou prezentovány pomocí tabulek a grafů, ze kterých lze odvodit doporučení a postupy v případě konkrétních událostí. Ochranná opatření vycházejí z platné legislativy ČR a doporučení mezinárodních společností, zejména Mezinárodní agentury pro atomovou energii a Mezinárodní komise pro radiační ochranu. Kniha by měla být přínosná zejména v situacích, kdy nebude možné použít SW nástroje pro výpočet prognózy vývoje havarijní radiační situace a šíření radioaktivního mraku např. z důvodů „black out“ nebo jiných provozních omezení. Dále může sloužit informativně pro osoby, které tuto problematiku studují, zabývají se problematikou připravenosti k odezvě na radiační mimořádnou událost, resp. se učí tento SW nástroj používat v rámci svého povolání.

1. Teoretická část

Teoretická část popisuje fyzikální vlastnosti ionizujícího záření, jeho účinky na lidský organismus a druhy stínění tohoto typu záření. Dále je zde definován pojem jaderné zařízení a jaderná bezpečnost. Pomocí platných právních předpisů je dále pospána radiační mimořádná událost, její dělení, její stupně a základní ochranná opatření z nich vyplývající. Veškeré informace jsou v souladu s právními předpisy vycházející z aktuální legislativy, zejména zákona č.263/2016 Sb. atomový zákon, a na něj navazujícími vyhláškami. Závěr teoretické části je věnován činnostem zasahujících složek. Pozornost je zde zaměřená na ochranná opatření stanovená v okolí jaderné elektrárny Dukovany, které se týkají modelové situace zpracované v praktické části.

1.1 Ionizující záření

Ionizující záření je souhrnné označení pro záření, které je schopné při přechodu prostředím způsobit jeho ionizaci, tedy vytvořit z elektricky neutrálních atomů kladné a záporné ionty za vzniku iontových párů. Ionizující záření dělíme na přímo a nepřímo ionizující záření, kdy za přímo ionizující záření považujeme nabité částice alfa a beta záření, a mezi nepřímo ionizující záření patří nenabité částice, zejména fotony a neutrony. K ionizujícímu záření řadíme záření alfa α , záření beta β , záření gama γ , neutronové a rentgenové záření. (KUBINYI, 2018)

Zákon č. 263/2016 Sb. atomový zákon definuje ionizující záření jako přenos energie v podobě častic, nebo elektromagnetických vln vlnové délky rovnající se 100 nm nebo nižší s frekvencí rovnající se 3×10^{15} Hz nebo vyšší, který je schopen vytvářet ionty. (zákon č. 263/2016 Sb., 2016)

1.1.1 Záření alfa

Záření alfa je korpuskulární záření, které je tvořeno jádry helia (heliony). Částice alfa je složená ze dvou protonů a dvou neutronů, spojována velkou vazebnou energií. Záření alfa má velkou ionizační schopnost, ale malý dolet. Dolet ve vzduchu je maximálně 11 cm a ve tkáních pouze několik desítek nanometrů. Nepronikne listem papíru ani tenkou vrstvou naší pokožky, ale může ohrozit organismus při otevřených poraněních nebo při vdechnutí a polknutí, kdy může přímo ozářit vnitřní tkáně a způsobit jejich poškození. (PROUZA, 2008)

1.1.2 Záření beta

Záření beta se rozděluje na dva základní podtypy, podle elektrického náboje částic emitovaných při radioaktivní přeměně jader. Je tvořeno rychle letícími elektrony, tedy záporně nabitymi částicemi nebo pozitrony, tedy kladně nabitymi antičásticemi elektronů emitovaných z jádra atomu. Kontaminace kůže beta zářičem může způsobit popáleniny. Ke stínění záření beta postačí papír, tenký kovový plech, 1 cm plexiskla nebo desetiny až jednotky metru silná vrstva vzduchu. (PELCLOVÁ, 2014)

1.1.3 Záření gama

Jedná se o elektromagnetické záření, kde jde o emisi fotonů z jádra. Záření gama nemá elektrický náboj, není tedy přímo ionizující. Záření gama je zpravidla při rozpadu jádra doprovázeno přímo ionizujícím zářením alfa nebo beta. Gama záření má vysokou pronikavost a pronikne prostředím méně hutným než ocelová deska. Jako stínění používáme olovo, barit nebo vrstvu betonu. (PROUZA, 2008)

1.1.4 Neutronové záření

Neutronové záření vzniká při jaderném štěpení nebo při jaderné fúzi, kdy je z jader emitován proud neutronů. Vzhledem k tomu, že neutrony nemají elektrický náboj, má záření vysokou pronikavost látkou nebo živou tkání. Pronikající neutrony prostředím jsou vysoce reaktivní čímž látku nepřímo ionizují. Ochrana před tímto druhem záření je v první řadě stínění, nejúčinnějšími materiály je voda, uhlovodíky a parafín. V praxi se nejčastěji používá beton, díky značnému množství molekul vody. (PROUZA, 2008)

1.1.5 Rentgenové záření

Rentgenové záření je definováno jako elektromagnetické záření o velmi krátkých vlnových délkách a vysokých frekvencích. Je velice pronikavé, prochází hmotou i vakuem. Intenzita rentgenového záření slabne se čtvercem vzdálenosti od zdroje. Využívá se zejména ve zdravotnictví k diagnostickým a terapeutickým účelům. (SEIDL, 2012)

1.2 Zdroje záření

Zdroje ionizujícího záření rozdělujeme na přírodní a umělé. Populace je vystavená nepřetržitému působení ionizujícího záření. Toto záření pochází jak z umělých, tak i přírodních zdrojů, kdy expozice ze zdrojů přírodního původu tvoří přes 80 % našeho ozáření a jen 20 % připadá na umělé zdroje, a to zejména z oblasti lékařské expozice. Je také důležité zmínit cesty ozáření, kdy rozlišujeme ozáření zevní (externí) a vnitřní (interní). Zevním ozářením se rozumí ozáření zdrojem mimo ozářenou osobu a vnitřní ozáření nastává při požívaní radioaktivních látek v potravě a nápojích, při vstřebávání kůží nebo otevřeným poraněním. (UNEP, 2016)

1.2.1 Přírodní zdroje ionizujícího záření

Naše prostředí je od nepaměti vystavováno záření z kosmického prostoru a z radioaktivního materiálu obsaženého v zemské kůře a v zemském jádru. Dávky z přírodních zdrojů mají různé hodnoty, což je zapříčiněno výstavbou obytných a pracovních prostor, zeměpisní polohou a geologickými podmínky. Významným přírodním zdrojem zevního ozáření je tedy kosmické záření, které se vychyluje magnetickým polem severního a jižního pólu, a proto jsou mu polární oblasti vystaveny více než rovníkové pásmo. Dále je kosmické záření ovlivněné nadmořskou výškou, kdy s nadmořskou výškou expozice stoupá, protože se zeslabuje vrstva vzduch, působící jako stínění. Nejzávažnějším přírodním zdrojem ionizujícího záření, který způsobuje téměř polovinu radiační zátěže obyvatelstva je radon. Radon je přítomen všude v atmosféře, jako radioaktivní plyn běžně uniká z půdy a může pronikat přes různé prostředí budov, a to následkem teplotního a tlakového rozdílu uvnitř budov a mimo nich. Po vdechnutí se dostává do plic, kde způsobuje vážné poškození, je tedy základní příčinou vzniku rakoviny plic. Také potraviny a nápoje obsahují některé radionuklidy převážně z přírodních zdrojů, které mohou přecházet do rostlin a odtud do živočišných organismů z hornin a minerálů přítomných v půdě a vodě. (UNEP, 2016)

1.2.2 Umělé zdroje ionizujícího záření

Využití umělého záření má v posledních desetiletích vzrůstající tendenci, kdy se začalo využívat energie atomu v mnoha oborech. Díky principům radiační ochrany je expozice tímto zářením pod dobrou kontrolou. Z umělých zdrojů představují největší zátěž lékařské expozice, z nichž nejvyšší podíl má rentgenová diagnostika. Radiační zátěž

v medicíně je závislá na technické úrovni zařízení, organizačních podmínekách na pracovišti, a především na dodržování zásad a opatření radiační ochrany jak pracovníků, tak pacientů. K dalším umělým zdrojům patří jaderné zbraně, jaderná energetika a průmysl, které však představují přibližně 1 % z celkového ozáření obyvatelstva. Testování jaderných zbraní je kontrolované a regulovány mezinárodními úmluvami a dohodami. Jaderná energetika je v dnešní době kontroverzní téma a obyvatelstvem považována za velké nebezpečí. Pravdou však je, že za normálního provozu je expozice v globálním měřítku minimální a pořád má klesající tendenci. Nové technologie a přísnější opatření v rámci radiační ochrany mají za následek snižování expoziční úrovně elektráren. (UNEP, 2016)

1.3 Dozimetrické veličiny

Dozimetrické veličiny je nutno znát pro charakteristiku biologických účinků ionizujícího záření a definici míry tohoto účinku.

1.3.1 Veličiny charakterizující zdroje ionizujícího záření

Veličina charakterizující zdroj ionizujícího záření je emise, tedy celkový tok částic. Její jednotkou je reciproká sekunda [s^{-1}]. Radionuklidové zdroje ionizujícího záření charakterizuje veličina aktivita A, která je určena počtem nepřeměněných jader v daném okamžiku. Její jednotkou je becquerel (Bq), odpovídá přeměně za 1 sekundu. (NAVRÁTIL, 2019)

1.3.2 Veličiny charakterizující působení ionizujícího záření na látku

Veličina popisující energii záření absorbovanou v hmotnostní jednotce ozářené látky je dávka D. Její jednotkou je gray (Gy), ten odpovídá $J \cdot kg^{-1}$. Přírůstek dávky za čas, tedy její příkon za jednotku času definuje dávkový příkon, jehož jednotkou je Gy. s^{-1} . (NAVRÁTIL, 2019)

1.3.3 Veličiny charakterizující působení ionizujícího záření na člověka

Veličiny popisující působení záření na člověka jsou veličiny radiační ochrany, které vycházejí z veličiny dávka. Energie, kterou předá ionizující záření různým buňkám lidského těla, vede k rozdílným biologickým účinkům. Z tohoto důvodu jsou definovány veličiny radiační ochrany jako součin dávky a koeficientů, charakterizujících rozdílnou radiosenzitivitu různých tkání či orgánů k danému typu ionizujícího záření. Proto byly

pro radiační ochranu stanovené veličiny ekvivalentní a expoziční dávka, jejichž jednotkou je sievert (Sv). Ekvivalentní dávka je veličina charakterizující citlivost dané tkáně nebo orgánu k různým druhům ionizujícího záření. Efektivní dávka je veličina, která uvažuje rozdílnou radiosenzitivitu jednotlivých tkání a orgánů a slouží k hodnocení účinků celotělového ozáření. (PROUZA, 2008)

1.4 Detekce ionizujícího záření

K detekci ionizujícího záření slouží detekční metody a přístroje založeny na změnách vlastnosti látky tvořící detektor v důsledku interakce této látky s ionizujícím zářením. Z naměřených změn pak lze kvalitativně i kvantitativně posuzovat vlastnosti zdroje záření, pole záření a míru působení ionizujícího záření na prostředí a objekty, na které ionizující záření dopadá. (ULLMANN, 2009)

Detektory ionizujícího záření, lze rozdělit podle časového průběhu detekce na kontinuální a integrální detektory. Kontinuální detektory informují o okamžitém ozáření, zatímco integrální detektory zvyšují odezvu úměrně s mírou ozáření. (ULLMANN, 2009)

Dalším kritériem, podle kterého lze rozdělit detektory je způsob detekce ionizujícího záření. Detektory mohou pracovat na základě fotochemického účinku záření, různých změnách vlastností užitých materiálů v detektoru, či je záření převáděno na elektrické impulsy. (ULLMANN, 2009)

Detektory lze rozdělit také podle komplexnosti měřené informace, na detektory záření, jež poskytují pouze informaci o intenzitě záření, avšak nejsou schopny informovat uživatele o druhu záření či jeho energii. Takovou vlastností disponují tzv. spektrometry. Podle tohoto kritéria lze detektory ještě rozdělit na zobrazovací, které určují intenzitu záření v prostoru, a na dráhové detektory částic, které vyhodnocují pohyb jednotlivých částic. (ULLMANN, 2009)

1.5 Biologické účinky ionizujícího záření

Škodlivý účinek ionizujícího záření popsal již v roce 1897 Henri Becquerel, který zpozoroval poškození kůže v místě, kde měl v kapse uložen radioaktivní materiál. Biologický význam účinku ionizujícího záření je závislý na dávce záření, jeho typu a doby, po kterou záření působí. Biologické účinky záření probíhají na buněčné úrovni, kdy může působit zánik buněk nebo buňky modifikovat (somatické účinky) nebo způsobit

mutace buňky, které se mohou projevovat až po generace (genetické účinky). Důsledkem ozáření organismu tedy dochází k chemickým a biologickým změnám, které vedou k poruše funkcí různých buněk, jejich inaktivaci či smrti. Biologické účinky ionizujícího záření dělíme z hlediska ochrany před zářením na stochastické, tedy pravděpodobnostní a nestochastické, tedy deterministické účinky. V případě stochastických účinků se předpokládá bezprahový vztah mezi dávkou a účinkem. Vznik poškození či onemocnění je náhodný proces s určitou pravděpodobností a může být vyvolán i malými dávkami záření. Za stochastické účinky záření jsou považována nádorová onemocnění, leukémie a různé genetické změny. Deterministické účinky se zjevují až po dosáhnutí určité hodnoty dávky záření, tzv. prahové dávky. K deterministickým účinkům patří akutní nemoc z ozáření, akutní lokalizované poškození, radiační dermatitida, poruchy plodnosti, poškození vývoje plodu a nenádorová pozdní poškození. (PROUZA, 2008)

Výsledkem poškození organismu může být akutní nebo chronická nemoc z ozáření.

Akutní nemoc z ozáření

Akutní nemoc z ozáření (ANO) neboli akutní postradiační syndrom vzniká po jednorázové dávce ozáření celého organismu dávkou, která je větší než 0,7 Grey (Gy). Podkladem ANO je poškození důležitých tkání a orgánů, jako jsou červená kostní dřeň, epitel tenkého střeva a centrální nervová soustava (CNS). V důsledku tohoto poškození vznikají základní klinické formy, syndromy tohoto onemocnění – dřeňová, gastrointestinální, neurovaskulární a jejich kombinace. Vedle tyhle klinických forem popisujeme také čtyři stádia ANO a to prodromální, latentní, manifestní a rekonvalescenční stádium. Prodromální stádium se rozvíjí nejdříve po ozáření (minuty až hodiny) a vyskytuje se tady všeobecně neurčité příznaky, jako je bolest hlavy, nevolnost, nechutenství zvracení a poruchy spánku, které jsou důsledkem poruch regulačních mechanismů organismu. V latentním stádiu většina klinických příznaků vymizí. Během manifestního stádia dochází k rozvoji onemocnění, rozvíjí se hemoragický syndrom a infekční onemocnění podmíněná poruchou krvetvorby, převážně granulocytopenií a trombocytopenií. Dále dochází k hnisavým infekcím, hlenovým a krvavým průjmem, krvácivým stavům, poruchám srdečního rytmu, kožním erytémům a přecitlivělosti na světlo a hluk. Ve stádiu rekonvalescence postupně dochází k úpravě krevního obrazu, poruch GIT a krvetvorby. Při vysokých supraletálních dávkách dochází během několika hodin k úmrtí, z důvodů selhání regulačních funkcí CNS. Při letálních dávkách dominují

v klinickém obraze poruchy gastrointestinálního traktu (GIT) s letálními komplikacemi, jako perforace a ileus. Při subletálních dávkách se vyskytuji poruchy krvetvorby. Mohou přetrvávat poruchy krevního obrazu, hlavně pokles bílých krvinek nebo pokles krevních destiček. V případě nejnižších dávek záření (0,7-8 Gy) nastává dřeňový syndrom jako důsledek poškození kmenových buněk krvetvorby v kostní dřeni. Dřeňová forma onemocnění je jediná forma, kterou lze efektivně léčit. Následky gastrointestinální formy (8-30 Gy) se objevují podstatně dříve, než je u dřeňového syndromu. Zde dochází k úbytku střevního epitelu a k porušení sliznice, což se projeví bolesti břicha, průjmem, zvracením, během manifestního stádia pak k dehydrataci, neprůchodnosti střev, sepsi, renálnímu selhání a následně smrti. Neurovaskulární syndrom (30 Gy a více) patří k nejtěžší formě ANO. Dochází zde k poškození cév a CNS a vždy končí smrtí, která nastává během několika hodin nebo dní. (ŠTĚTINA, 2014)

Chronická nemoc z ozáření

Chronická nemoc z ozáření vzniká při dlouhodobém ozáření malými dávkami. U tohoto onemocnění se také rozlišují tři stádia. Stádium prvotních změn se projevuje malátností, únavou, bolestmi hlavy, nechutenstvím a poruchou soustředění. V pokročilém stádiu se přidružují změny v krevním obrazu, jako jsou pokles červených a bílých krvinek nebo pokles krevních destiček. Dále se zde vyskytují lokální změny poškození kůže s trofickými změnami a nehojícíma se vředy. V chronickém stádiu onemocnění jsou změny trvalé. K formám pozdní radiační patologii můžeme řadit pozdní nenádorová onemocnění, nádorová onemocnění a zkrácení doby života. Nenádorová důsledky patří k deterministickým účinkům ozáření a mohou se projevovat jako funkční poruchy nervového systému, sklerotické a dystrofické změny, hyperplastické procesy nebo jako radiační šedý zákal. Stupeň závažnosti je závislý na míře radiačního poškození buněk tkání a orgánů. V prevenci je prvořadou podmínkou zachování radiační ochrany a hygieny s dodržováním limitů absorbovaných dávek. (HAVRÁNKOVÁ, 2020)

1.6 Radiační ochrana

V ČR je radiační ochrana zakotvená v zákoně č. 263/2016 Sb., atomový zákon a na něj navazujících vyhláškách a prováděcích předpisech. Vyhláškou pro dodržování principů radiační ochrany je vyhláška č. 422/2016 Sb., vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje a vyhláška č. 409/2016 Sb., vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta. V rámci jaderného zabezpečení je důležitá vyhláška č. 361/2016 Sb. vyhláška o zabezpečení jaderného zařízení a jaderného materiálu a vyhláška č. 21/2017 Sb., vyhláška o zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení. Dalšími prováděcími předpisy významnými pro radiační ochranu je vyhláška č. 360/2016 Sb., vyhláška o monitorování radiační situace, vyhláška č. 359/2016 Sb., vyhláška o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné událostí a vyhláška č. 266/2019 Sb., vyhláška o koncepci nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderním palivem.

Radiační ochrana je soubor technických a organizačních opatření, jejichž cílem je omezit nebo zabránit ozáření osob a životního prostředí a také zabránit vzniku nehod nebo omezit následky těchto nehod. V dnešní době vycházejí principy radiační ochrany z mezinárodních doporučení International Commission on Radiological Protection (ICRP), publikace ICRP 103, což je doporučení mezinárodní komise pro radiační ochranu. Jedná se o novelizovaná doporučení, která nahrazuje doporučení z roku 1991, a aktualizují pokyny pro nakládání se zdrojem ionizujícího záření vydané od Publikace 60. Primárním cílem tohoto doporučení je přispět k přijatelné úrovni ochrany obyvatelstva a životního prostředí proti škodlivým účinkům ionizujícího záření bez nadmerného omezování potřebných lidských činností, které mohou vést k expozici ionizujícího záření. V rámci ochrany obyvatelstva jde primárně o řízení a usměrňování expozice ionizujícího záření do takové míry, aby se předešlo deterministickým účinkům a snížilo riziko stochastických účinků na přijatelnou míru. Systém radiační ochrany pracuje s třemi základními principy ochrany, a to principem odůvodnění, optimalizace ochrany a využívání dávkových limitů. (ICRP, 2007) Dalším principem, který je uplatňován dle implementace Směrnice Rady 2013/59/Euratom ze dne 5. prosince 2013 do atomového zákona č. 263/2016 Sb., je zabezpečení zdroje ionizujícího záření. (zákona č. 263/2016 Sb., 2016)

1.6.1 Princip odůvodnění

Každá osoba využívající jadernou energii, pracující s jadernou položkou nebo vykonávající činnosti v rámci expozičních situací je povinná provést vyhodnocení záměru vykonávaní činnosti a jejich očekávaných výsledků z hlediska přínosu pro jednotlivce a společnost. V rámci odůvodnění je nutno vzít v úvahu také postupy nevyužívající ionizující záření, díky kterým je možné dosáhnout srovnatelné výsledky. Za odůvodnění činnosti se považují pouze vykonané činnosti, kterých přínos pro jednotlivce a společnost převažuje nad rizikem, které v důsledku této činnosti vzniká. (zákona č. 263/2016 Sb., 2016)

1.6.2 Princip optimalizace ochrany

Každá osoba využívající jadernou energii, pracující s jadernou položkou nebo vykonávající činnosti v rámci expozičních situací je povinná postupovat tak, aby riziko ohrožení fyzické osoby a životního prostředí bylo minimální nebo tak nízké, jak ho lze nejlépe dosáhnout při zohlednění současné úrovně vědeckých a technických poznatků a uvážení všech hospodářských a společenských hledisek. (zákona č. 263/2016 Sb., 2016)

1.6.3 Princip nepřekročení dávkových limitů

Každá osoba využívající jadernou energii, pracující s jadernou položkou nebo vykonávající činnosti v rámci expozičních situací je povinná omezit ozáření fyzické osoby tak, aby celkové ozáření způsobené kombinací ozáření z těchto činnosti nepřekročovalo v součtu příslušné limity ozáření. (zákona č. 263/2016 Sb., 2016)

1.6.4 Princip zabezpečení zdrojů

Každá osoba využívající jadernou energii, pracující s jadernou položkou nebo vykonávající činnosti v rámci expozičních situací je povinná primárně zajišťovat jadernou bezpečnost, bezpečnost jaderných položek a radiační ochranu, a to při zohlednění stávající úrovně vědy, techniky a správné praxe. (zákona č. 263/2016 Sb., 2016)

,Držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace a ohlašovatel používající schválený typ drobného zdroje ionizujícího záření jsou povinni:

- zabezpečit radionuklidový zdroj před nepovoleným přístupem, použitím a*

přemístěním odstupňovaným přístupem s ohledem na kategorii zabezpečení a způsob nakládání s radionuklidovým zdrojem

- *poučit pracovníka s přístupem k radionuklidovému zdroji o jeho zabezpečení a ověřit jeho znalosti a*
- *provést zabezpečení radionuklidového zdroje 1. až 3. kategorie zabezpečení.“*

(zákon č. 263/2016 Sb., § 164, 2016)

Vyhláška č. 422/2016 Sb. stanoví požadavky na způsob zabezpečení radionuklidového zdroje. Vlastnosti zdroje ionizujícího záření musí být sledovány, měřeny, hodnoceny, ověřovány a zaznamenávány.

1.7 Radiační mimořádná událost a její stupně

Pojem radiační mimořádné události (RMU) je definován zákonem č. 263/2016 Sb. atomovým zákonem, který RMU definuje jako událost, která vede nebo může vést k překročení limitů ozáření, a která vyžaduje opatření nutná k zabránění jejich překročení, eventuálně zabránění zhoršování stávající situace z pohledu zajištění radiační ochrany. Tento zákon dále definuje tři typy RMU a kategorizuje je na radiační mimořádnou událost prvního stupně, radiační nehodu a radiační havárii. (zákon 263/2016 Sb., 2016)

Za radiační mimořádnou událost prvního stupně je považována RMU zvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo personálu vykonávajícího práci v aktuální provozní směně, ve které RMU nastala. (zákon 263/2016 Sb., 2016)

Radiační nehodou rozumíme RMU nezvládnutelnou silami a prostředky obsluhy nebo personálu vykonávajícího práci v aktuální provozní směně, ve které RMU vznikla, nebo vzniklou z důvodu nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která ale nevyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo. (zákon 263/2016 Sb., 2016)

Radiační havárie je zákonem definována jako RMU nezvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo personálu vykonávajícího práci v aktuální provozní směně, ve které RMU vznikla, nebo vznikla z důvodu nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která již vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo. (zákon 263/2016 Sb., 2016)

1.7.1 Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti RMU

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí (INES – The International Nuclear Event Scale) byla původně v roce 1990 vytvořená Mezinárodní agenturou pro jadernou energii (IAEA – International Atomic Energy Agency) a Agenturou pro jadernou energii (NEA – The Nuclear Energy Agency), poté v roce 2008 provedla IAEA revizi tohoto dokumentu (INES MANUAL), jehož překlad publikoval SÚJB. Původně stupnice sloužila jen pro klasifikaci událostí na jaderných elektrárnách, poté však byla rozšířena k použití u všech zařízení souvisejících s civilním jaderným průmyslem. Dnes je rozšířena o význam všech událostí souvisejících s dopravou, skladováním a použitím radioaktivních látek a zdrojů záření. Je určená pro rychlé a srozumitelné hodnocení událostí z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany. Celkově má 8 stupňů (tabulka č.1), kdy stupně 7-4 jsou označované za havárie, stupně 3-1 jako nehody a stupeň 0 je označení pro odchylku, což znamená událost, která nemá žádný bezpečnostní význam. Podrobněji je stupnice INES zobrazená v příloze č. 2 této diplomové práce, kde jsou popsána obecná kritéria pro hodnocení událostí v INES. Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí slouží také k ulehčení komunikaci při RMU na mezinárodní úrovni. (SÚJB., 2016)

stupeň	událost
7	velmi těžká havárie
6	těžká havárie
5	havárie s účinkem vně zařízení
4	havárie bez vážného rizika vně zařízení
3	vážná nehoda
2	nehoda
1	anomálie
0	odchylka bez vlivu na bezpečnost

Tabulka č. 1. – Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES (SÚJB, 2016)

1.8 Jaderná zařízení a jaderná bezpečnost

Definice pojmu jaderného zařízení vychází ze zákona č. 263/2016 Sb. atomového zákona, pro které se jaderním zařízením rozumí

1. „stavba nebo provozní celek, jehož součástí je jaderný reaktor využívající štěpnou řetězovou reakci nebo jinou řetězovou jadernou reakcí,
2. sklad vyhořelého jaderného paliva,
3. sklad čerstvého jaderného paliva, pokud není součástí jiného jaderného zařízení,
4. obohacovací závod, závod na výrobu jaderného paliva nebo závod na přepracování vyhořelého jaderného paliva,
5. sklad radioaktivního odpadu, s výjimkou zařízení pro skladování radioaktivních odpadů, které je součástí jiného jaderného zařízení nebo jiného pracoviště, kde se vykonává radiační činnost,
6. úložiště radioaktivního odpadu, s výjimkou úložiště obsahujícího výlučně přírodní radionuklidy.“

(zákon 263/2016 Sb., § 3, odst. 2., 2016)

Jadernou bezpečnost definuje zákona č.263/2016 Sb. atomový zákon jako

1. „stav a schopnost jaderného zařízení a fyzických osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo úniku radioaktivních látek anebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezit následky nehod,
2. činnosti související s využíváním jaderné energie
 - projektování, umísťování, výstavba, uvádění do provozu, provoz, provádění změny nebo vyřazování z provozu jaderného zařízení,
 - navrhování, výroba, montáž, údržba, opravy a ověřování systémů jaderného zařízení nebo jejich součástí včetně materiálu k jejich výrobě,
 - navrhování, výroba, údržba, opravy a ověřování obalového souboru pro přepravy, skladování nebo ukládání štěpných látek nebo radioaktivních látek,

- *nakládání s jadernou položkou a provádění výzkumu a vývoje souvisejícího s jadernou položkou,*
 - *přeprava radioaktivní nebo štěpné látky,*
 - *uzavření úložiště radioaktivního odpadu,*
3. *činností zvláště důležitou z hlediska jaderné bezpečnosti činnost s přímým vlivem na jadernou bezpečnost vykonávaná v rámci řízení celého jaderného zařízení a jeho jednotlivých částí a při manipulaci s jaderným palivem.“*

(zákon 263/2016 Sb., § 4, odst. 2., 2016)

1.8.1 Instituce garantující jadernou bezpečnost v ČR

Státní dozor dodržování podmínek k zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany vykonává v ČR Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

SÚJB vznikl v roce 1993 po rozdělení České a Slovenské Federativní Republiky jako samostatný ústřední orgán státní správy a dozoru při mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření pro ČR. Tento úřad je přímo podřízen vládě ČR a slouží k výkonu státní správy a dozoru nad jadernou bezpečností a radiační ochranou. (SÚJB, 2018)

Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) vznikl v roce 1995 jako veřejná výzkumná instituce zřízená rozhodnutím předsedy SÚJB. Hlavním cílem SÚRO je zajištění odborné, vzdělávací, informační a výzkumné činnosti související s výkonem státní správy v ochraně před ionizujícím zářením v ČR. (SÚRO, 2020)

1.8.2 Jaderná energetika a jaderné zařízení v ČR

Mírové využívání jaderné energetiky má v poslední době významné místo pro energetickou nezávislost ve většině vyspělých zemí. Jaderná energetika byla na území Československa budovaná od 50. let 20. století. Provoz jaderných zařízení se opírá o zákony, předpisy a doporučení přijímané v jednotlivých státech, ale vycházejících z mezinárodních dokumentů. V ČR se jedná o atomový zákon a na něj navazující právní předpisy. Dozorem pro jadernou bezpečnost je v ČR jmenován Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Jediným provozovatelem jaderně-energetických reaktorů v ČR je společnost ČEZ, a.s., které patří dvě jaderné elektrárny (dále jen JE) - JE Dukovany a JE Temelín. Obě elektrárny provozují reaktory typu VVER (vodo-vodní energetický

reaktor), jedná se o tlakovodní reaktory, které využívají vodu jako chladivo i jako moderátor. V areálu obou elektráren jsou provozována další samostatná jaderná zařízení. V JE Dukovany je to Meziklad vyhořelého paliva (MVP) a Sklad vyhořelého paliva (SVP) a v JE Temelín Sklad vyhořelého jaderného paliva (SVJD), které slouží ke speciálnímu skladování použitého paliva. V ČR se dále nachází dva výzkumné reaktory LVR-15 a LR-0 v Centru výzkumu Řež (CV Řež s.r.o.) v Řeži a školní reaktor VR-1 na ČVUT na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, které slouží k výzkumným a studijním účelům. Jaderným zařízením jsou také úložiště radioaktivního odpadu (ÚRAO), jejichž provozovatelem je Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO). (SÚJB, 2020)

1.8.3 Jaderná elektrárna Dukovany

JE Dukovany je první JE vybudovaná na území ČR. Výstavba začala v roce 1974 a definitivně se čtyřmi bloky byla do provozu uvedená v roce 1987. Jaderná elektrárna se nachází na jižní Moravě v kraji Vysočina, přibližně 30 km od města Třebíč. Dodnes patří mezi nejvýznamnější energické zdroje skupiny ČEZ (České energetické závody). Elektrárna Dukovany dlouhodobě pokrývá kolem 20% celkové spotřeby energie ČR. V elektrárně jsou 4 výrobní bloky s tlakovodními reaktory typu VVER440/213 se současnou výkonností 4 x 510 MW. Díky průběžnému vylepšování a modernizaci elektrárny došlo k postupnému zkracování plánované doby odstávky pro výměnu paliva. V současné době se díky optimalizacím zkrátila doba odstávky pro výměnu paliva na 20 (případně 32) dní z původních 49 dní. Doba odstávky pro kontrolu vnitřního povrchu reaktorové nádoby, která se koná každé čtyři roky, se zkrátila na 63 dní z původních 77 dní. Do roku 2017 byla dokončena rozsáhlá modernizace elektrárny, systémů řízení i kontroly a elektrárna proto obdržela nové provozní licence pro všechny čtyři bloky na dobu neurčitou. I když byla předpokládaná životnost reaktoru cca 30 let díky modernizaci se životnost prodlužila na 60 let a předpokládaný provoz elektrárny je do roku 2037 s možnosti prodloužení do roku 2047. Vzhledem k očekávanému konci provozu elektrárny v období po roce 2030 se již v minulosti začalo uvažovat o možném rozšíření elektrárny, kdy proběhla řada průzkumů a studií, které zjišťovaly možnosti nové výstavby v této lokalitě. Podle výsledků studií společnosti ČEZ byl další rozvoj v lokalitě Dukovany možný a v roce 2019 vláda schválila výstavbu nových bloků, které by měli začít kolem roku 2030. (Skupina ČEZ, 2021), (ČTK, 2020)

1.8.4 Jaderná elektrárna Temelín

Výstavba JE Temelín probíhala od roku 1987, téměř ihned po dokončení výstavby dukovanské elektrárny. Původně byla plánovaná výstavba čtyř bloků, od které se ale upustilo z důvodu ukončení řady podniků energeticky náročného těžkého průmyslu. Spuštění do provozu probíhalo od roku 2000, kdy byl spuštěn první blok a v roce 2002 probíhalo spuštění druhého bloku. JE Temelín se nachází v jižních Čechách přibližně 25 km od Českých Budějovic a asi 40 km od hranic s Rakouskem. Temelínská elektrárna je vybavená dvěma tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320 s celkovým elektrickým výkonem 2110 MW. Během provozu došlo ke zlepšení mnoha bezpečnostních parametrů podobně jako v Dukovanech. Došlo ke zvýšení výkonu a zkrácení doby pravidelných odstávek. Životnost reaktoru byl původně 30 let, ale je v posledních letech se pojednává o jejím prodloužení na 60 let stejně jak to bylo v Dukovanech. Od roku 2003 je temelínská elektrárna největším energetickým zdrojem ČR. (Skupina ČEZ, 2021)

1.9 Monitorování radiační situace v ČR

Monitorováním radiační situace se rozumí pravidelné sledování úrovně ionizujícího záření, měření obsahu umělých radionuklidů ve složkách životního prostředí a potravních řetězcích a sledování radioaktivity v lidském těle. V ČR je monitorování radiační situace vymezeno zákonem č. 263/2016 Sb. atomovým zákonem a vyhláškou č. 360/2016 Sb. vyhláška o monitorování radiační situace. (SÚJB, 2018)

Monitorováno je vnější ozáření z přírodních i umělých zdrojů za použití sítě včasného zjištění, sítě termoluminiscenčních dozimetrů a mobilních skupin. Dále jsou monitorovány radioaktivní látky v potravinovém řetězci a radioaktivní látky v lidském těle. Systém monitorování v ČR pokrývá celé území a poskytuje komplexní informace o aktuální radiační situaci, ale v případě potřeby také údaje potřebné pro rozhodování a zavádění opatření pro ochranu před ozářením. Systém monitorování funguje ve dvou režimech, v režimu normálního monitorování a v režimu havarijního monitorování. (SÚJB, 2018)

Vyhláška 360/2016 Sb. o monitorování radiační situace definuje normální monitorování jako nehavarijní monitorování sloužící ke stanovení velikosti zevního a vnitřního ozáření obyvatelstva tak, aby bylo zajištěno systematické a trvalé měření úrovně ozáření a aby byly stanoveny obvyklé hodnoty ozáření. Dále je nutné, aby bylo umožněno

včasné zjištění zvýšené úrovně zevního ozáření nad obvyklé hodnoty a aby byl potvrzen vznik nehodové expoziční situace. (Vyhláška 360/2016 Sb., 2016)

Havarijní monitorování nastává při havarijní expoziční situaci, které může nastat v rámci plánované expoziční situace nebo existující expoziční situaci. Při havarijním monitorování je identifikován únik radioaktivní látky nebo šíření ionizujícího záření. Účelem havarijního monitorování je zhodnocení velikosti úniku, rychlé mapování radiační situace a zjišťování aktuální radiační situace pro potřeby zavádění neodkladných ochranných opatření. Nastane-li nehodová expoziční situace na území ČR je součástí monitorování radiační situace odhad šíření vzniklého úniku radioaktivní látky a ionizujícího záření v okolí místa, kde nehodová expoziční situace nastala. (Vyhláška 360/2016 Sb.)

1.9.1 Historie monitorování radiační situace v ČR

Systém monitorování radiační situace v ČR slouží k sledování radiační situace na území ČR za všech expozičních situací a k shromažďování a zhodnocení dat a souvisejících informací o radiační situaci. Jako začátek plošného systematického monitorování v Československu, které vyústilo v zřízení Radiační monitorovací sítě se datuje na duben 1986, kdy došlo k havárii v jaderné elektrárně Černobyl, během které došlo k úniku velkého množství umělých radionuklidů do atmosféry. Ze začátku probíhalo měření příkonu dávkového ekvivalentu, objemové aktivity ovzduší a objemové aktivity ve vodotečích a v povrchových vodách. Dále také probíhalo celotělové měření osob. V červnu 1986 bylo provedeno na celém území Československa podrobné stanovení povrchové aktivity radionuklidů zachycených v půdě. Od této události probíhalo monitorování radiační situace v normálním režimu. Další nehodová expoziční situace nastala v období březen–květen 2011, kdy byli v ČR monitorovány dopady havárie japonské jaderné elektrárny Fukušima. Od vzniku této události probíhalo v ČR intenzivnější sledování radionuklidů v ovzduší ČR. Vlivem meteorologických podmínek se na území ČR dostávali kontaminované vzdušné masy z různých směrů v různých časech, což vedlo k dosažení maxima i minima objemových aktivit v ovzduší. (Monitorování radiační situace, 2007).

1.9.2 MonRaS

Monitorování radiační situace v ČR je zajišťováno zejména prostřednictvím celostátní Radiační monitorovací sítě, jejíž řízením je pověřen SÚJB. Dále se na monitorování podílí SÚRO, v.v.i., provozovatel jaderných elektráren, Ministerstvo financí, Ministerstvo obrany, Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo Životného prostředí. Výsledné získaná data slouží pro hodnocení radiační situace, pro potřeby sledování a posuzování stavu ozáření a v případě radiační mimořádné události pro rozhodování o opatřeních, které sníží nebo odvrátí následky ozáření. Ukládání, zpracovávání a zveřejňování výsledků Monitorování Radiační Situace je v ČR realizováno pomocí programového prostředku MonRaS, zhodoveného realizačním týmem SÚJB. V rámci Evropy probíhalo radiační monitorování prostřednictvím evropské databáze EURDEP (The European Radiological Data Exchange Platform). Tato platforma slouží k výměně dat mezi většinou evropských zemí, kdy účast členských zemí EU je upravená rozhodnutím Rady EU č. 87/600/Euratom a doporučením komise EU 2000/473/Euratom. Účast ostatních zemí je však dobrovolná. (SÚJB, 2018)

V dnešní době jsou testované nové systémy, které vyvinuli odborníci ze SÚRO ve spolupráci s Ministerstvem vnitra (MV) ČR, se SÚJB a s dalšími firmami. K novým systémům patří např. RAMESIS, což je občanská radiační měřící síť určená pro občany, školy a další instituce k zajištění včasné informovanosti a bezpečnosti občanů, nízkonákladový pasivní dozimetr pro hodnocení externího ozáření osob, založeného na luminiscenci a systém JodDet pro hromadné měření radiojodu ve štítné žláze. (Tisková zpráva SÚRO, 2017)

1.9.3 Monitorování umělých radionuklidů v ČR

V současné době se ve složkách životního prostředí nachází řada umělých radionuklidů. Jedná se o cesium (^{137}Cs , ^{134}Cs), stroncium (^{90}Sr), tritium (^3H), uhlík (^{14}C), jód (^{131}I), plutonium (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu) a krypton (^{85}Kr). (SÚJB, 2018)

Důvodem kontaminace životního prostředí těmito radionuklidy byly především zkoušky jaderných zbraní, které se prováděly v 50. a 60. letech minulého století a havárie jaderných elektráren v Černobylu v roce 1986 a ve Fukušimě v roce 2011. (SÚJB, 2018)

1.10 Ochrana obyvatelstva, ochranná opatření

Ochrana obyvatelstva je stanovena dokumentem ministerstva vnitra s názvem Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030. Souhrnně se jedná o multiresortní disciplínu definovanou jako soubor činností a úkolů orgánů veřejné správy, samosprávy, právnických, podnikajících fyzických a fyzických osob vedoucí k zabezpečení ochrany života, zdraví, majetku a životního prostředí v souladu s platnými právními předpisy. (Koncepce ochrany obyvatelstva, 2013)

Ochrana obyvatelstva navazující na RMU má samozřejmě svá specifika, ale stejný stanovený cíl, a to zabezpečit ochranu života, zdraví, majetku a životního prostředí. Ochrancu v tomto případě zajišťují složky IZS, složky kraje nebo obce, zejména hejtman či starosta, SÚJB a ČEZ, a.s. jako právnická osoba a provozovatel JE Dukovany. Důležitou roli při provádění ochranných opatření má i obyvatelstvo samotné, jehož spolupráce je klíčová. (MV – GŘ HZS ČR 2013a)

Pokud tedy nastane RMU, je nutno uvážit ochranná opatření sloužící k ochraně obyvatelstva a životního prostředí stanovená zákonem č. 263/2016 Sb. atomový zákon. Ochranná opatření by měla vést k eliminaci ozáření obyvatelstva, eventuálně ke snížení expozice ionizujícího záření na nejmenší možnou a přijatelnou míru. Převládá snaha o eliminaci deterministických účinků a redukci účinků stochastických. Ochranná opatření při RMU se provádí vždy, jsou-li odůvodněna větším přínosem, než jsou náklady na opatření a škody jimi působené. Veškerá opatření vycházejí z mezinárodních doporučení a jsou uvedena v havarijních plánech obcí a pracovišť. V ČR jsou také definována ve vyhlášce 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, a ve vyhlášce č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné události.

1.10.1 Neodkladná ochranná opatření

Neodkladná ochranná opatření jsou zaváděna v časné fázi RMU. Patří k nim vyrozumění a varování obyvatelstva, ukrytí obyvatelstva, jodová profylaxe a evakuace obyvatelstva.

Ochranná opatření vycházejí z legislativy ČR, které stanovují vyhláška č. 359/2016 Sb., příloha č. 9 a § 107 odst. 3 vyhlášky č. 422/2016 Sb. Když vycházíme z těchto legislativních podmínek tak je dle vyhlášky č. 359/2016 Sb., přílohy č. 9

stanovená pro operační zásahovou úroveň hodnota příkonu dávkového ekvivalentu měřená ve vzdálenosti 1 m nad kontaminovaným terénem a rovnající se:

- pro evakuaci 1 mSv/h,
- pro ukrytí 0,1 mSv/h,
- pro použití jódové profylaxe při únicích obsahujících radioaktivní jody 0,1 mSv/h.

Dále dle § 107, odst. 3 vyhlášky 422/2016 Sb., pro ochranná opatření stanoveno

- „*ukrytí, pokud odvrácená efektivní dávka je větší než 10 mSv za období ukrytí trvající nejdéle 2 dny,*
- *jódová profylaxe, pokud 1. hrozí vnitřní kontaminace radioaktivním jodem a 2. odvrácený úvazek ekvivalentní dávky ve štítné žláze způsobený radioizotopy jódu je větší než 100 mSv,*
- *evakuace, pokud součet efektivní dávky dosud obdržené v nehodové expoziční situaci se započtením účinku již realizovaných ochranných opatření a efektivní dávky, která by mohla být odvrácená evakuací, je větší než 100 mSv za prvních 7 dní.“*

(§107 odst. 3, vyhláška 422/2016 Sb.,2016)

Varování obyvatelstva slouží k zajištění informovanosti obyvatelstva o hrozící nebo vzniklé RMU. Varování obyvatelstva patří k prvnímu a nejdůležitějšímu opatření, kdy jsou lidé v zóně havarijního plánování upozorněni na vzniklou RMU pomocí zařízení jednotného systému varování a vyrozumění. Základním prostředkem pro varování obyvatelstva jsou sirény a místní systémy jako obecní rozhlas. Cílem je zajistit, aby obyvatelstvo provedlo vyhlášená ochranná opatření vedoucí ke snížení působení následků RMU. (Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany 2020-2021)

Při vzniku RMU patří k důležitým opatřením zajišťující informovanost také vyrozumění. Vyrozumění složek IZS, státních orgánů a orgánů územních samosprávních celků, které jsou definovaná v plánu vyrozumění. Plán vyrozumění je součástí vnějšího havarijního plánu JE.

Ukrytím obyvatelstva se rozumí ukrytí v budovách u situací, kdy hrozí nebo již nastal únik radioaktivních látek a jejich přenos od zdroje ionizujícího záření k obydlím obyvatelstva. Toto opatření slouží k ochraně obyvatelstva proti účinkům a následkům RMU. Ukrytí v budovách podstatně snižuje vnější ozáření a možnost vdechování radioaktivních látek. Ukrytí obyvatelstva se plánuje na dobu nezbytně nutnou, nejvýše 2 dny. S ukrytím je spojená i individuální ochrana, pro kterou je stanovené používání prostředků improvizované ochrany, tedy pomocí věcí dostupných v každé domácnosti. Cílem individuální ochrany je ochrana povrchu těla s důrazem na sliznice, zejména oči a dýchací cesty. (Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany 2020-2021)

Jodová profylaxe výrazně přispívá ke snížení vnitřního ozáření požitím tablet jodidu draselného. K radioaktivním částicím, které mohou uniknout při RMU patří i radioaktivní izotopy jodu, které se mohou vdechováním usadit ve štítné žláze. Užitím tablet jodidu draselného se štítná žláza nasytí stabilními, neradioaktivními jodidovými anionty a tím se zabrání usazování radioaktivního jodu. Podmínky při požití jodové profylaxe stanovuje v §107 a v příloze č.29 vyhláška č.422/2016 Sb. (Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany 2020-2021)

Evakuací se rozumí soubor opatření, které slouží k bezpečnému přemístění osob, zvířat, předmětů kulturní hodnoty a podobně z míst ohrožených MU do místa, kde je zajištěné náhradní ubytování a stravování pro evakuované obyvatelstvo, ustájení pro zvířata a uskladnění pro věci. Vztahuje se na všechny osoby v místech ohrožených MU s výjimkou osob, podílejících se na záchranných a likvidačních pracích. (MV – GŘ HZS ČR, 2015).

Evakuace patří k nejúčinnějším opatřením a provádí se podle skutečné situace (úrovně kontaminace daného území) a časových možnostech s ohledem na připravenost podílejících se subjektů. Pokyny k evakuaci jsou vysílány hromadnými sdělovacími prostředky. K evakuaci jsou volené předem určené trasy, na kterých probíhá kontrola kontaminace, eventuálně se provádí dekontaminace do stanovených příjímacích středisek, do míst nouzového ubytování. (Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany 2020-2021)

1.10.2 Následná ochranná opatření

Následná ochranná opatření je možné zavést v případě nutné potřeby dlouhodobé

ochrany obyvatelstva v okolí jaderného zařízení. Tyto opatření vycházejí z regulací vnějšího ozáření obyvatelstva. Patří k nim přesídlování obyvatelstva, regulace pohybu osob, regulace používání kontaminovaných potravin, krmiv, vody a regulace zemědělské produkce. Skutečný rozsah provádění následných ochranných opatření vychází z průběhu a rozvoje radiační mimořádné události a reálných meteorologických podmínek a z komplexního monitorování zasaženého území. (Elektrárna Dukovany II, a.s., 2021)

1.11 Zvládání radiační mimořádné událostí

V § 151 zákona č.263/2016 Sb. atomový zákon jsou definované pojmy odezva na radiační mimořádnou událost a připravenost k odesvě na radiační mimořádnou událost.

Pro účely tohoto zákona se rozumí:

- „*připraveností k odesvě na radiační mimořádnou událost soubor organizačních, technických, materiálních a personálních opatření připravovaných podle pravděpodobného průběhu radiační mimořádné události k odvrácení nebo zmírnění jejich dopadů a zpracovaných ve formě zásahových instrukcí, vnitřního havarijního plánu, havarijního rádu, plánu k provádění záchranných a likvidačních prací v okolí zdroje nebezpečí (dále jen "vnější havarijní plán") a národního radiačního havarijního plánu.*
- *odezvou na radiační mimořádnou událost uplatnění souboru opatření ke zvládnutí situace související se vznikem radiační mimořádné události s cílem znovunabytí kontroly nad vzniklou situací a zabránění následkům vzniklé radiační mimořádné události, včetně neradiačních následků, nebo jejich zmírnění“*

(§ 151, zákon č.263/2016 Sb., 2016)

1.11.1 Analýza a hodnocení radiační mimořádné události

1.11.1.1 Připravenost k odesvě na radiační mimořádnou událost

Připravenost k odesvě na radiační mimořádnou událost zahrnuje odbornou přípravu a přípravu na zjištění a kategorizace vzniklé radiační mimořádné události. Následně pak vyrozumění dotčených orgánů, řízení a provádění odesvě na radiační mimořádnou událost, omezení havarijního ozáření, zdravotnické zajištění a předběžné informování obyvatelstva za účelem jeho ochrany. Dále pak prověrování připravenosti k radiační mimořádné události a její dokumentování včetně zpracování vnitřního havarijního plánu,

vnějšího havarijního plánu, národního havarijního plánu a havarijního řádu. (Zákon č. 263/2016 Sb., 2016)

Držitel povolení k vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a k vykonávání činnosti v rámci expozičních situací je povinen spolupracovat a předávat podklady orgánům státní správy a samosprávy a složkám integrovaného záchranného systému (IZS) k zajištění připravenosti k odezvě na radiační mimořádnou událost. Dále je povinen zajistit monitorování radiační situace v areálu jaderného zařízení, v zóně havarijního plánování a podílet se na monitorování na celém území ČR. Ve spolupráci s orgány státní správy a samosprávy dále zajistit vybavení a informování obyvatelstva a složek IZS, a zajistit systém vyrozumění dotčených orgánů. (Zákon č. 263/2016 Sb., 2016)

1.11.1.2 Odezva na radiační mimořádnou událost

Držitel povolení k vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a k vykonávání činnosti v rámci expozičních situací je povinen při vzniku RMU neprodleně zajistit a zaznamenávat odezvu na RMU, pokud dojde k překročení nejvyšší monitorovací úrovně. Dále pak vyrozumět dotčené orgány, osoby stanovené vnitřním havarijným plánem a fyzické osoby nacházející se v areálu zařízení nebo pracovišti se ZIZ. Je nutností realizovat veškerá nutná opatření k jejich ochraně a informovat o těchto osobách příslušné úřady a orgány dotčené danou události. Součástí varování musí být také návrh na zavedení neodkladných ochranných opatření. V případě RMU jsou vyrozuměny také místně příslušní starostové obcí s rozšířenou působností a místně příslušní hejtmani kraje prostřednictvím krajského operačního střediska Hasičského záchranného sboru (dále jen HZS) ČR. V spolupráci s HZS ČR je neprodlenou povinností varovat obyvatelstvo v zóně havarijního plánování (dále jen ZHP) a zajistit odvysílání tísňové informace, která vydá pokyny k zavedení neodkladných ochranných opatření. Během odezvy na RMU je povinností držitele povolení kontrolovat, vyhodnocovat a regulovat ozáření fyzických osob a osob podílejících se na této odezvě. Držitel povolení k vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a k vykonávání činnosti v rámci expozičních situací je povinen při vzniku radiační mimořádné události předávat úřadům touto události dotčeným údaje pro hodnocení a prognózu vývoje RMU a údaje o meteorologické situaci v místě vzniku RMU. Dále je povinen informovat o činnostech jím vykonaných v průběhu odezvy na RMU dotčené úřady, HZS ČR a další dotčené orgány a osoby stanovené vnitřním havarijným plánem nebo havarijním řadem. Povinnosti je dále

monitorování radiační situace v ZHP podle příslušného programu monitorování a předávat data z tohoto monitorování dalším úřadům a orgánům. Povinnosti držitele povolení je také zajistit likvidaci následků RMU, zpracovat průběh odezvy na RMU formou zprávy a evidovat záznam o průběhu této odezvy po dobu nejméně 5 let od vyhlášení radiační mimořádné události nebo po dobu 30 let od vyhlášení v případě radiační havárie. (Zákon č. 263/2016 Sb., 2016)

1.11.2 Vnitřní havarijní plán

Vnitřní havarijní plán (VHP) je zpracováván pro areál jaderného zařízení nebo pracoviště se zdrojem ionizujícího záření. V rámci VHP jsou stanovená opatření přijímaná uvnitř objektu jaderného zařízení při vzniku radiační mimořádné události pro zmírnění jejich dopadů. Požadavky na obsah vnitřního havarijního plánu pro držitele povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření (dále jen ZIZ) jsou popsány ve vyhlášce č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné události. (Vyhláška č. 359/2016 Sb., 2016)

1.11.3 Vnější havarijní plán

Vnější havarijní plán (VněHP) je zastřešující dokument, sloužící k zajištění havarijní připravenosti okolí objektu jaderného zařízení. Předkládá ho SÚJB a stanovuje základní postupy složek IZS a dalších dotčených subjektů pro případ vzniku RMU. VněHP je zpracováván dle vyhlášky č. 328/2001 Sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému ve znění pozdějších předpisů, v souladu se zákonem č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákonem č. 263/2016 Sb. atomový zákon a dalšími právními předpisy. (MV- GŘHZS ČR, 2021)

1.11.4 Zóna havarijního plánování

Pojmem důležitým pro havarijní připravenost u RMU je také pojem zóna havarijního plánování (dále jen ZHP), který je definován vyhláškou č. 359/2016 Sb., vyhláška o podrobnostech k zajištění radiační mimořádné události. Tato vyhláška vymezuje požadavky na stanovení zóny havarijního plánování. ZHP je stanovená jako kruhová plocha v okolí areálu jaderného zařízení nebo pracoviště IV. kategorie a stanovuje ji SÚJB. Jedná se tedy o plochu v okolí objektu nebo zařízení, ve které krajský úřad, v jehož působnosti se objekt nachází, stanovuje požadavky havarijního plánování formou

vnějšího havarijního plánu. (vyhláška č. 359/2016 Sb., 2016)

ZHP je území v okolí objektu, kde jsou uplatňovány požadavky ochrany obyvatelstva a územního rozvoje z hlediska plánování formou vnějšího havarijního plánu (zákon č. 263/2016 Sb.).

1.11.5 Národní radiační havarijní plán

Národní radiační havarijní řád byl schválen Usnesením vlády ČR č.1276 dnem 7.12.2020. Na vytvoření plánu se podíleli SÚJB, Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství HZS ČR, krajské HZS ČR, krizové útvary krajských úřadů a řada dalších spolupracujících resortů. Tento plán významně doplňuje stávající systém zvládání RMU v ČR. Obsahuje odpovědnosti dotčených správních úřadů za přípravu na řízení a provádění odezvy na RMU, ke které může dojít v zahraničí i v ČR, a která může být tak velkého rozsahu, že bude nutné přijímat opatření ve vztahu k obyvatelstvu i mimo ZHP, tedy v oblastech, kde nejsou zpracovány havarijní plány. Tento plán je zpracován pro celé území ČR a bude pravidelně ověřován v rámci havarijních cvičení. (SÚJB, 2020)

1.12 Havarijní plány JE Dukovany

1.12.1 Vnější havarijní plán JE Dukovany

Vnější havarijní plán JE Dukovany (VněHP JE Dukovany) je zastřešující dokument, sloužící k zajištění havarijní připravenosti. Je rozdělen na informační a operativní část. VněHP JE Dukovany definuje základní postupy složek IZS a dalších dotčených subjektů pro případ RMU. Dále stanovuje opatření k eliminaci nebo likvidaci dopadů RMU v ZHP, ve které jsou prováděna ochranná opatření. (MV – GŘHZN ČR, 2021)

Nebezpečí pro obyvatelstvo představuje přímé ozáření z nestíněných ZIZ nebo únik radioaktivní látky a její rozptýlení do životního prostředí. Pokud tedy nastane RMU je nezbytně nutné rychle předpovědět radiační situaci a vyhodnotit její možné následky. I když je to málo pravděpodobné, pokud dojde k prodlevě, může dojít k ozáření obyvatelstva, které by za nepříznivých podmínek a v blízkosti zdroje ionizujícího záření mohlo způsobit deterministické účinky. Výsledky analýz možných RMU byly předloženy SÚJB jako příloha k žádosti o stanovení ZHP JE Dukovany. Ozáření fyzických osob v expozičních situacích během RMU musí být omezeno prováděním individuální ochrany, omezením pohybu a pobytu fyzických osob na zasaženém území a zavedením

ochranných opatření. (MV – GŘHZS ČR, 2021)

1.12.2 Zóna havarijního plánování JE Dukovany

Zóna havarijního plánování JE Dukovany je z organizačního hlediska rozdělená do tří pásem, kde pásma představují kružnice o poloměrech 5 km, 10 km a 20 km od JE Dukovany. Tyhle pásma jsou dále rozdělená do kruhových výsečí po 22,5 stupně tak, aby osy těchto výsečí odpovídaly směrem větru počínaje stupněm 0 (příloha č. 1). Primárním cílem jaderné bezpečnosti je odstavení reaktoru, a tedy okamžité přerušení štěpné reakce. Tento požadavek zajišťuje bezpečnostní systém, který zastaví štěpnou reakci do 12 sekund. (MV – GŘHZS ČR, 2021)

VněHP pro ZHP JE Dukovany byl schválen hejtmanem kraje Vysočina v březnu 2019 a na jeho zpracovávání a aktualizacích se podíleli složky IZS, hygienické stanice, SÚJB, krajské a okresní úřady. (MV – GŘHZS ČR, 2021)

1.12.3 Vnitřní havarijní plán JE Dukovany

Vnitřní havarijní plán (VHP) je zpracováván dle požadavků ustanovení zákona č. 263/2016 Sb. atomový zákon, vyhlášky č. 422/2016 Sb. vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje a vyhlášky č. 359/2016 Sb. vyhláška o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné události. Jedná se o dokument, který je zpracováván pro areál JE Dukovany. Obsahem VHP je stručná charakteristika zdrojů ionizujícího záření, organizační struktura provozovatele, popis a zařazení jaderného zařízení, výčet expozičních činností při nakládání se zdroji ionizujícího záření a údaje o osobách určených k řízení odezvy na RMU. VHP obsahuje také požadavky na monitorování radiační situace při vzniku RMU, způsoby vyrozumění dotčených úřadů, zaměstnanců a obyvatelstva. Dále obsahuje výčet a popis všech typů RMU s uvedením způsobů jejich zjišťování, popis zajištění připravenosti k odezvě, zásady radiační ochrany pro existující nehodovou expoziční situaci a zásady zahájení nápravy stavu po RMU v areálu JE Temelín. (SÚJB, MV-GŘ HZS ČR, 2014.)

2. Cíle práce a výzkumné otázky

Cílem diplomové práce je vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů RMU na okolí jaderného zařízení v ČR. Pro tuto diplomovou práci bylo vybráno okolí JE Dukovany. Tato kniha by měla mít formu analogového katalogu, který bude sloužit k posouzení vlivu vstupních veličin na výsledky výpočtů.

Pro tuto práci byla stanovená hlavní výzkumná otázka, která zní:

„Lze na základě citlivostní analýzy modelování a prognóz radiační mimořádné události vytvořit analogový katalog výsledků pro dopady na okolí jaderného zařízení?“

3. Metodika

V rámci teoretické části diplomové práce byla využitá analýza odborných informačních zdrojů a mezinárodních doporučení. Vybrané jsou zejména platné právní předpisy, vycházející z mezinárodních a evropských doporučení pro danou problematiku, internetové zdroje a odborná literatura zabývající se danou problematikou. Na dané teoretické poznatky navazuje výzkumná část práce.

Praktická část diplomové práce je založena na vytvoření vstupních podmínek, které jsou postupně vkládaná do SW nástroje ESTE EU, který používá krizový štáb SÚJB a SÚRO pro případ vzniku RMU. V úvodu byla vytvořena matice vstupních podmínek, které jsou postupně vkládaná do SW nástroje. Jako vstupní podmínky bylo definováno 11 typů meteorologických podmínek, které byly vybrány na základě poznatků ČHMÚ jako nejpravděpodobnější podmínky letních měsíců v okolí JE Dukovany. Veškeré modelové situace byly vytvořené v letních dnech s různou variabilitou srážek za jednotku času, kategorii stability počasí a sílou větru. Tyhle meteorologické podmínky jsou dále aplikované na okolí jaderného zařízení a ukazují dopady modelových RMU v obcích kolem jaderného zařízení. Na základě variability vstupních zadávaných podmínek můžeme v rámci modelových situací pozorovat různé výpočty SW nástroje, a tedy různé dopady RMU. Směr větru byl ponechán kontinuální, abychom mohli poukázat na intenzitu a vliv meteorologických podmínek u daných obcí, které jsme si zvolili v daném směru. Následně jsou zpracovávány výstupní modely ze SW nástroje do formy tabulek a grafů, na kterých můžeme pozorovat rozmanitost dopadů RMU na základě různorodosti vstupních podmínek.

Program ESTE EU

Program ESTE EU patří do skupiny programů ESTE, jejichž autorem je firma ABmerit, Trnava, Slovensko. Jedná se o programy, které slouží ke stanovení zdrojového člena, výpočtu dopadů a k návrhu ochranných opatření při RMU kdykoliv v Evropě. Pro JE Temelín a JE Dukovany je v ČR používán program ESTE ETE a ESTE EDU, pro účely Krizového štábu SÚJB a SÚRO, Praha. ESTE EU je softwarový nástroj používán k oceňování možných dopadů RMU, s využitím odhadů zdrojového člena na základě symptomů a dostupných reálných měření. Program ESTE EU nám umožňuje pomocí dostupných informací odhadnout možnou nebo reálně vzniklou RMU pro kterékoliv místo v Evropě. Slouží také k modelování radiologických dopadů možného nebo už

reálně vzniklého úniku radioaktivních látek do atmosféry a zobrazuje je v geografickém informačním systému (GIS). ESTE EU nám tedy nabízí výpočet dopadů reálného úniku nebo prognózu dopadů z prognózy úniku. Pro tuto práci byly vytvářené prognózy, které k výpočtu používaly manuálně zadávané vstupní meteorologické podmínky. V programu ESTE EU je implementován Lagrangeovský model trajektorií, popisující pohyb těžiště diskrétních obláčků (puff-ů), PTM (puff trajectory model), které jsou složené ze vzácných plynů, jodů a aerosolů. Tento model slouží pro výpočet šíření radioaktivních látek emitovaných do atmosféry během normálního provozu jaderného zařízení tak i během havarijní situace. Dále model zohledňuje mechanismy radioaktivně proměny, vymývání srážkami a suchého spádu.

Zdrojový člen

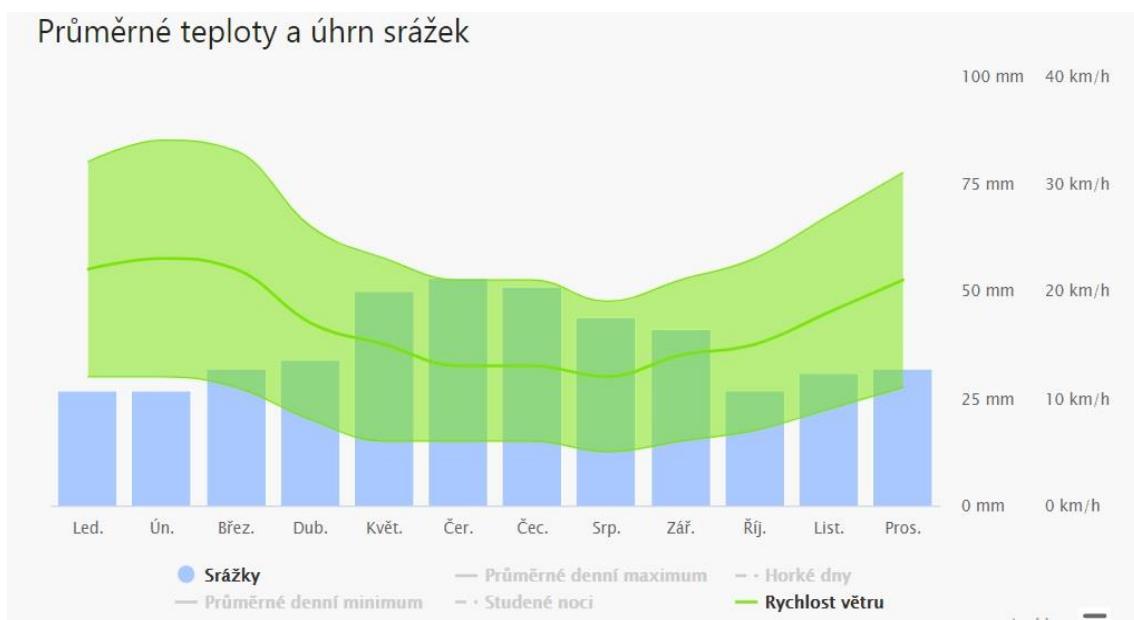
Jako zdrojový člen bylo určeno množství radioaktivního materiálu uvolněného z jaderného zařízení do okolního prostředí během RMU. Jako hlavní zástupci zdrojového člena pro tuhle práci byl vybrán ^{131}I , jako hlavní zástupce aerosolů bylo zvoleno ^{137}Cs a jako hlavní zástupce vzácných plynů byl vybrán ^{133}Xe . Pro modelování rozptylu látek je navržena tabulka stability atmosféry podle vnějších podmínek ze šesti stabilitních tříd v rozsahu od A (extrémně nestabilní) po F (extrémně stabilní). Pokud se počasí pohybuje v třídě E, F nebo D, tak obecně platí, že uniklé látky budou putovat na delší vzdálenosti, než se jejich koncentrace významně sníží. Z tohoto důvodu se třídy D, E a F považují z hlediska rozptylu nebezpečných látek za „špatné“ povětrnostní podmínky.

Vstupní podmínky

Jako matici vstupních podmínek bylo zvoleno 11 typů meteorologických podmínek, pojmenovaných jako Meteo 1-11, kdy každé Meteo definuje popis meteorologických podmínek při vzniku RMU. Meteorologické podmínky jsou definovány podle počtu srážek, rychlosti větru a kategorie stability, kdy u všech je ponechán kontinuální směr větru. Tyto podmínky jsou zadávány jako vstupní podmínky do SW systému ESTE EU a na jejich základě jsou vypočteny prognózy dopadů RMU.

Vstupní meteorologické podmínky se opírají o průměrné roční klimatické podmínky v okolí JE Dukovany, kdy průměrný roční úhrn srážek za období 20 let (1981-2010) je 534,7 mm/hod. Z toho nejdeštivějším měsícem je červen a nejmíň srážek je v únoru. Srážky jsou nejnižší v jihozápadní části sledovaného objektu, a naopak nejvyšší

v severozápadní části. Průměrná roční rychlosť větru se v oblasti pohybuje od 2,4 m/s do 4,2 m/s. U směru větru převládá v celoročním průměru severozápadní proudění (320°-340°). V podzimních měsících má velmi výrazný podíl i jihovýchodní a východní proudění. Jako konstantní směr větru byl pro tuto práci zvolen jihovýchodní vítr (135°), který byl vybrán kvůli hustotě osídlení v daném směru.



Obrázek č. 1 – průměrný úhrn srážek a rychlosti větru v okolí JE Dukovany

(Zdroj: Meteoblue, © 2006 – 2021, *Podnebí Dukovany* [online]. [cit-2021-04-08].

Dostupné z:

https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodele d/dukovany_%C4%8Cesko_3076305)

Pro definici síly větru byla použita Beaufortova stupnice (tabulka č.2), která definuje 12 stupňů intenzity větru, kdy stupeň 0 odpovídá bezvětrí a stupeň 12 orkánu. Dále jsou klasifikovány srážky podle jejich intenzity (tabulka č. 3) a kategorie stability počasí podle Pasquill – Giffordova modelu (tabulka č. 4)

Stupeň	název	m/s	km/h	účinky větru
0	bezvětrí	<0,5	<1	kouř stoupá kolmo vzhůru
1	vánek	0,5-1,5	1-5	směr poznatelný dle pohybu kouře
2	slabý vítr	1,5-3	5-11	listí stromů šelestí
3	mírný vítr	3-5	11-19	listí stromů v trvalém pohybu
4	dosti čerstvý vítr	5-7	19-28	zdívá se prach
5	čerstvý vítr	7-9,5	28-39	listnaté keře se začínají hýbat
6	silný vítr	9,5-12	39-49	používání deštníku je nesnadné
7	prudký vítr	12-14	49-61	chůze proti větru je nesnadná
8	bouřlivý vítr	14-17	61-74	ulamují se větve, chůze proti větru nemožná
9	vichřice	17-21	74-88	vítr strhává komíny, porází člověka na zem
10	silná vichřice	21-25	88-102	vítr vyvrací stromy, působí škody na obydlích
11	mohutná vichřice	25-29	102-114	rozsáhlá pustošení
12	orkán	>30	>114	ničivé účinky větru

Tabulka č.2 – Beaufortova stupnice síly větru (Štětina, 2014)

název srážek	trvání srážek		
	1 hod.	2 hod.	3 hod.
	množství srážek		
slabý déšť	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$
mírný déšť	1,1 - 5,0	1,6 - 7,5	2,1 - 9,0
silný déšť	5,1 - 10,0	7,6 - 10,0	9,1 - 11,5
velmi silný déšť	10,1 - 15,0	14,1 - 21,0	11,6 - 23,5
Liják	15,1 - 23,0	21,0 - 30,5	23,6 - 33,0
Příval	23,1 - 58,0	30,6 - 64,0	33,1 - 72,0
průtrž mračen	$\geq 58,1$	$\geq 64,1$	$\geq 72,1$

Tabulka č. 3 - Klasifikace srážek podle intenzity (Havlíček a kol. 1986)

Třída počasí	Míra stability	Typické povětrnostní situace	Charakteristická rychlosť větru
A	Vysoko nestabilní	Velmi sluneční letní den	1
B	Středně nestabilní	Slunečný teplý den	2
C	Slabě nestabilní	Částečně zataženo- ve dne	5
D	neutrální	Zataženo- den i noc	5
E	Slabě stabilní	Noční hodiny s částečnou oblačností	3
F	stabilní	Jasná studená noc	2

Tabulka č. 4 – Pasquillův – Giffordův model stability počasí (Chambers, 2015)

Definice vstupních meteorologických podmínek

Meteo 1 - slunečný teplý den (kategorie stability B), slabý vítr (2,5 m/s), bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 2 - částečně zataženo (kategorie stability C), dosti čerstvý vítr (6 m/s), bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 3 - zataženo den i noc (kategorie stability D), mírný vítr (5 m/s), silný déšť (10 mm/hod.).

Meteo 4 - částečně zataženo (kategorie stability C), vánek až slabý vítr (1,5m/s), od 10:00 mírný déšť (3 mm/hod.), od 14:00 bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 5 - zataženo den i noc (kategorie stability D), slabý vítr (2 m/s), silný až intenzívní déšť (15 mm/hod.).

Meteo 6 - slunečný teplý den (kategorie stability B), silný vítr (11 m/s), bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 7 - slunečný teplý den (kategorie stability B), mírný až dosti čerstvý vítr (5,5 m/s), bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 8 - zataženo den i noc (kategorie stability D), mírný vítr (4 m/s), liják (25 mm/hod.).

Meteo 9 - částečně zataženo (kategorie stability C), od 8:00slabý vítr (2 m/s) bez srážek (0 mm/hod.), od 12:00 mírný vítr (5 m/s) silný déšť (10 mm/hod.), od 16:00 mírný vítr (4 m/s) bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 10 - zataženo den i noc (kategorie stability D), od 10:00 mírný vítr (4 m/s) liják (20 mm/hod.), od 12:00 slabý vítr (3 m/s) mírný déšť (5 mm/hod.), od 14:00 slabý vítr (2 m/s) bez srážek (0 mm/hod.).

Meteo 11 - částečně zataženo (kategorie stability C), od 11:00 slabý vítr (2 m/s), bez srážek (0 mm/hod.), od 16:00 pořád slabý vítr (3 m/s), liják (25 mm/hod.).

4. Výsledky výzkumného šetření

Výsledky výzkumného šetření jsou výstupní data ze SW nástroje ESTE EU, využívaného k výpočtu prognóz RMU. Tyto data jsou v diplomové práci vkládána do tabulek a grafů, díky kterým by v budoucnu mohla být vytvořena citlivostní analýza a na jejím základě přehledný analogový katalog pro ukázku dopadu RMU. Na základě těchto tabulek a grafů by bylo možné předpokládat dopad daných RMU, což by mohlo pomoci se stanovením ochranných opatření v různých oblastech a obcích okolí jaderného zařízení.

Jako výstupní data byly zvolené hodnoty celkové dávky, dávkového příkonu a celkového inhalačního úvazku, také byl hodnocen depozit jódu a cezia a jejich mokré depozit, které jsou hodnocena 8, 16 a 24 hodin od začátku úniku. Výstupní data jsou vztažená na obce nacházející se v oblasti 3,5km, 6,8km, 10,5km, 18,18km, 24,2 a 54,16 km od jaderného zařízení. Jedná se o obec Slavětice, které se svou vzdáleností 3,57 km od JE nacházejí v prvním pásmu zóny havarijního plánování JE Dukovany. Obec Dalešice, která je od JE vzdálená 6,85 km se nachází v druhém pásmu zóny havarijního plánování. Další je obec Váleč, která je od JE vzdálená 10,54 km a nachází v třetím pásmu zóny havarijního plánování spolu s obcí Vladislav, která je od JE vzdálená 18,18km. Jako další byly zvolené města mimo zónu havarijního plánování, ale ve směru stanoveného větru. Město Třebíč, které je od JE Dukovany vzdáleno 24,19 km a město Jihlava, vzdálené 54,16 km. Tyto města jsou vzdálená a ve většině případů nejsou ohrožená RMU, ale byly zde doplněna z důvodu osídleností.

K zhodnocení veškerých podmínek a výsledků dopadů byly vytvořeny tabulky, které vychází z informací o dopadech na daném území za předem definovaných podmínek. Na základě těchto tabulek byly vytvořeny grafy, díky kterým lze analyzovat dopady RMU. Tabulka tedy obsahuje obce a města v různých vzdálenostech od jaderného zařízení a jako druhou proměnnou 11 typů meteorologických podmínek ovlivňující dopady RMU. Tabulky jsou vytvořeny jako výstupní výsledky ze SW nástroje a vytvořeny pro přehlednost míry dopadů, dále je s nimi pracováno k vyhodnocování výsledků dopadů a k pomocí při stanovení vhodných doporučení v rámci bezpečnosti a ochranných opatření na daném území.

Následující tabulky definují podle obrázků stupeň ochranných opatření, která by měla být stanovena na základě výsledných hodnot, kde červený obrázek stanovuje evakuaci

obyvatelstva, žlutý ukrytí a jodovou profylaxi a zelený nevyžaduje ochranná opatření.
Ochranná opatření vychází z hodnot efektivní dávky a dávkového příkonu.

Legenda:



- evakuace obyvatelstva



- ukrytí obyvatelstva, jodová profylaxe



- nevyžaduje ochranná opatření

	mete o1	mete o2	mete o3	mete o4	mete o5	mete o6	mete o7	mete o8	mete o9	meteo 10	meteo 11
Slavěti ce											
Daleši ce											
Valeč											
Vladisl av											
Třebíč											
Jihlava											

Tabulka č.5 – Dávkový příkon všemi cestami za 8 hodin (mSv/h)

	mete o1	mete o2	mete o3	mete o4	mete o5	mete o6	mete o7	mete o8	mete o9	meteo 10	meteo 11
Slavěti ce											
Daleši ce											
Valeč											
Vladisl av											
Třebíč											
Jihlava											

Tabulka č. 6 - Dávkový příkon všemi cestami za 16 hodin (mSv/h)

	mete o1	mete o2	mete o3	mete o4	mete o5	mete o6	mete o7	mete o8	meteo 10	meteo 11
Slavěti ce										
Daleši ce										
Valeč										
Vladisl av										
Třebíč										
Jihlava										

Tabulka č. 7 - Dávkový příkon všemi cestami za 24 hodin (mSv/h)

	mete o1	mete o2	mete o3	mete o4	mete o5	mete o6	mete o7	mete o8	meteo 10	meteo 11
Slavěti ce										
Daleši ce										
Valeč										
Vladisl av										
Třebíč										
Jihlava										

Tabulka č. 8 – Efektivní dávka za 8 hodin (mSv)

	mete o1	mete o2	mete o3	mete o4	mete o5	mete o6	mete o7	mete o8	meteo 10	meteo 11
Slavěti ce										
Daleši ce										
Valeč										
Vladisl av										
Třebíč										
Jihlava										

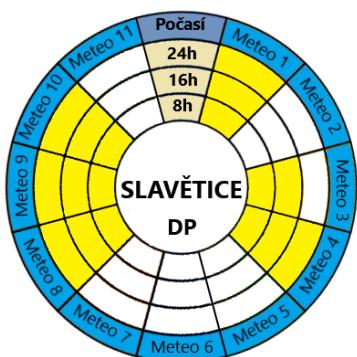
Tabulka č. 9 – Efektivní dávka za 16 hodin (mSv)

	mete o1	mete o2	mete o3	mete o4	mete o5	mete o6	mete o7	mete o8	meteo 10	meteo 11
Slavěti ce										
Daleši ce										
Valeč										
Vladisl av										
Třebíč										
Jihlava										

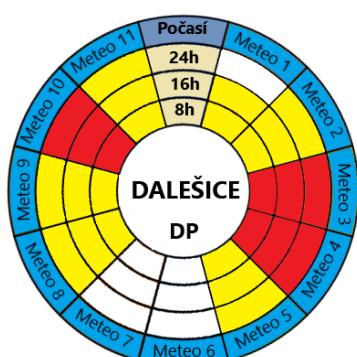
Tabulka č. 10 – Efektivní dávka za 16 hodin (mSv)

Výsečové grafy k určení dopadů RMU pro vytvoření knihy

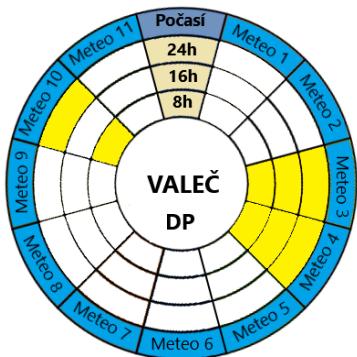
Pro vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů RMU byly vytvořené přehledné výsečové grafy, které pomocí vybarvených polí pomáhají určit, jaké jsou doporučená ochranná opatření za různých typů RMU pro námi definované obce. Každý graf definuje jednu obec, kdy kužely tohoto grafu definují typy meteorologických podmínek, a okruhy stanovují dobu uplynulou od začátku úniku. Tyto výsečové grafy by byly uvedené v podkapitolách knihy, ale pro její vytvoření by byla potřeba vytvořit mnohem obsáhlější grafy. Prázdná pole nevyžadují žádná ochranná opatření, žlutá pole stanovují ukrytí obyvatelstva a jodovou profylaxi a červená pole ukazují na nutnost evakuace obyvatelstva. Pro dávkový příkon obcí nejbližších od JE Dukovany v námi zadaném směru:



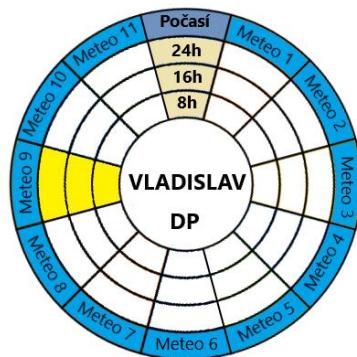
Graf č. 1 - Dávkový příkon Slavětice



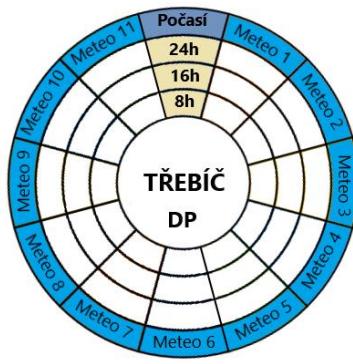
Graf č. 2 - Dávkový příkon Dalešice



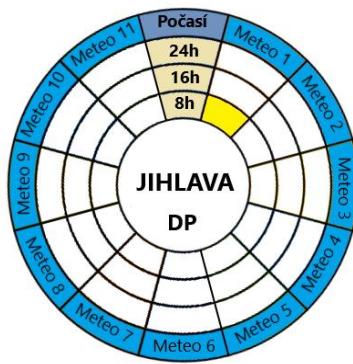
Graf č. 3 - Dávkový příkon Valeč



Graf č. 4 - Dávkový příkon Vladislav

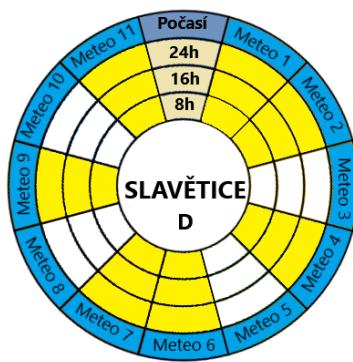


Graf č. 5 - Dávkový příkon Třebíč

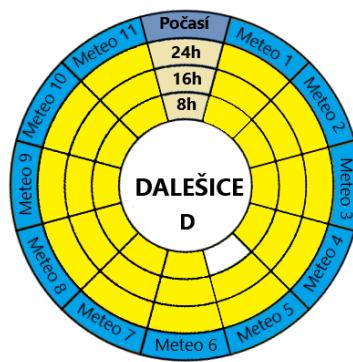


Graf č.6 - Dávkový příkon Jihlava

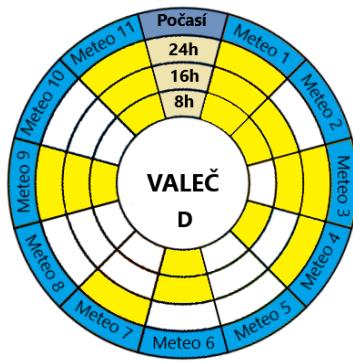
Výsečové grafy pro efektivní dávku (mSv) od nejbližších obcí od JE Dukovany v námí zadaném směru:



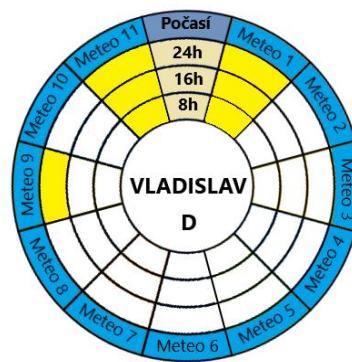
Graf č. 7 – Efektivní dávka Slavětice



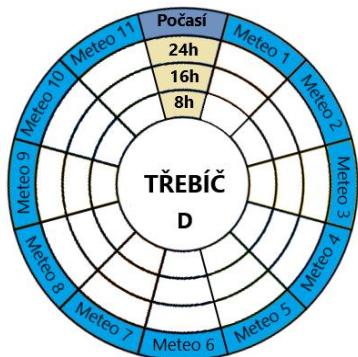
Graf č. 8 – Efektivní dávka Dalešice



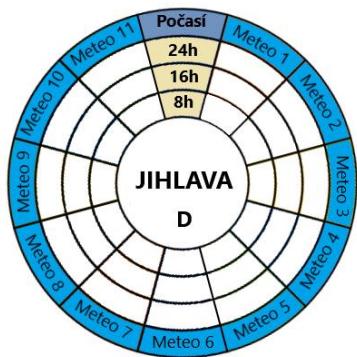
Graf č. 9 – Efektivní dávka Valeč



Graf č. 10 – Efektivní dávka Vladislav



Graf č. 11 – Efektivní dávka Třebíč



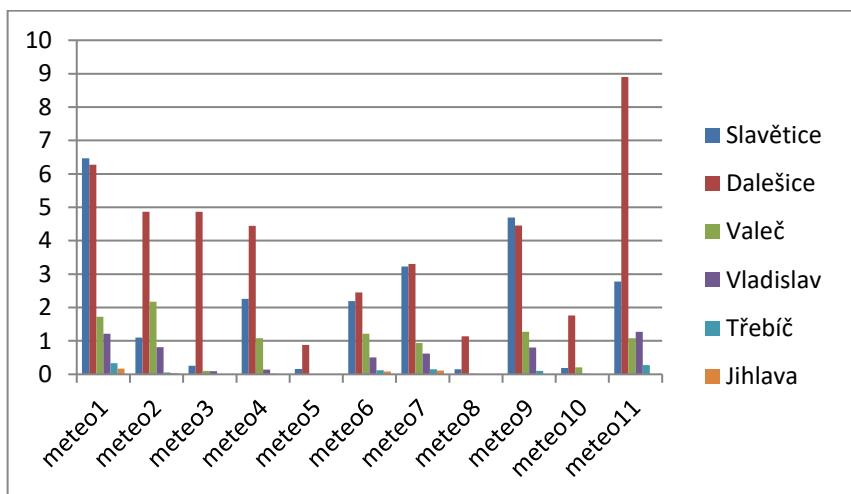
Graf č. 12 – Efektivní dávka Jihlava

Vyhodnocování výsledků dopadů RMU na okolí JE Dukovany

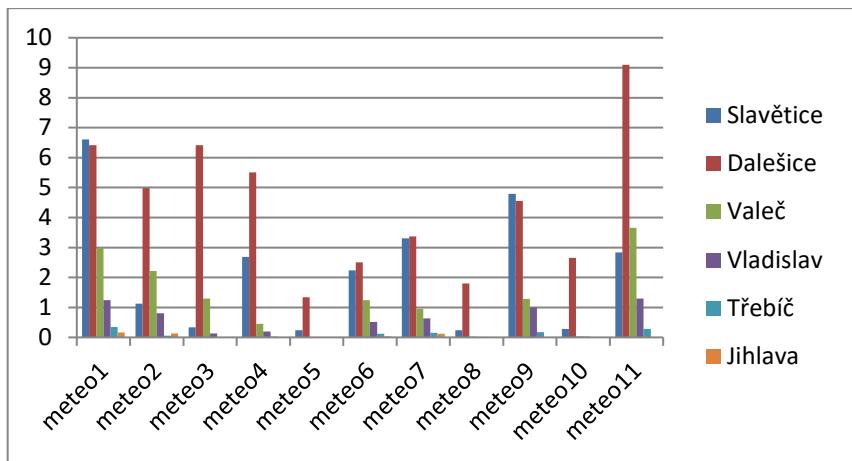
Všeobecně zde zhodnotíme vliv všech námi určených meteorologických podmínek na jednotlivé výsledné hodnoty stanovení SW nástrojem ESTE EU. Pro dopady RMU na okolí jaderného zařízení byla vybrána efektivní dávka, úvazek inhalací, dávkový příkon, depozit cezia a jodu a také mokrý depozit cezia a jodu.

Efektivní dávka

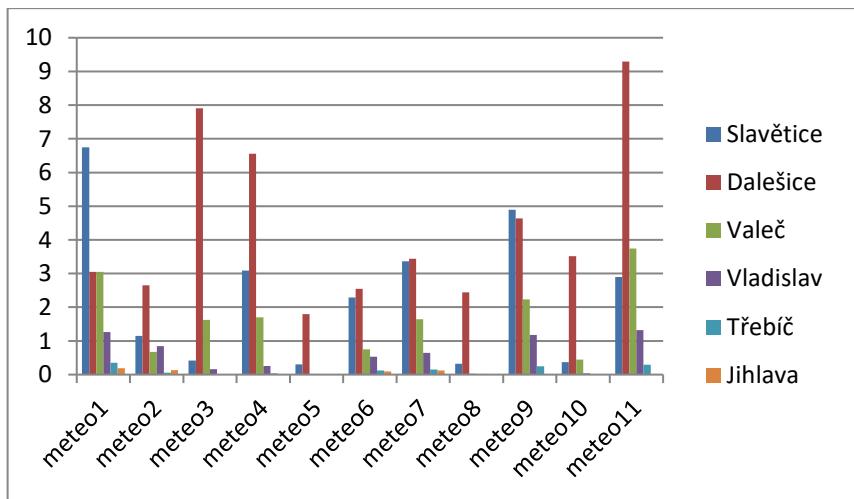
Tato hodnota nám definuje biologické účinky jakéhokoliv typu ionizujícího záření, používá se pro účely radiační ochrany, jednotkou je Sievert [Sv]. Z analýzy dopadů RMU při různých meteorologických podmínkách nám vychází 3 grafy hodnotící stav efektivní dávky během prvních 8, 16 a 24 hodin. Tyto grafy nám ukazují závislost efektivní dávky na meteorologických podmínkách Meteo 1-11 a jejich vliv na jednotlivé obce. Na grafu č. 13 vidíme, že nejvyšší efektivní dávka postihuje obec Dalešice, kdy vrchol této dávky je za podmínek Meteo 11, definované slabým větrem bez srážek a nejnižší dávka je za podmínek Meteo 5, kdy od začátku úniku vydatně prší. Naopak nejméně zasaženým je město Jihlava a Třebíč, které jsou nejvzdálenější a z toho důvodu jsme ani nepředpokládali vysokou efektivní dávku. Graf č. 14 a č. 15 ukazuje, že obec Dalešice je zasáhnutá nejvíce i po 16 a 24 hodinách. Změna však nastává v hodnotách efektivní dávky, kdy dávka pomalu stoupá s nárůstem času.



Graf č. 13 - Celková efektivní dávka po 8 hod. (E-2) [Sv]



Graf č. 14 - Celková efektivní dávka po 16 hod. (E-2) [Sv]

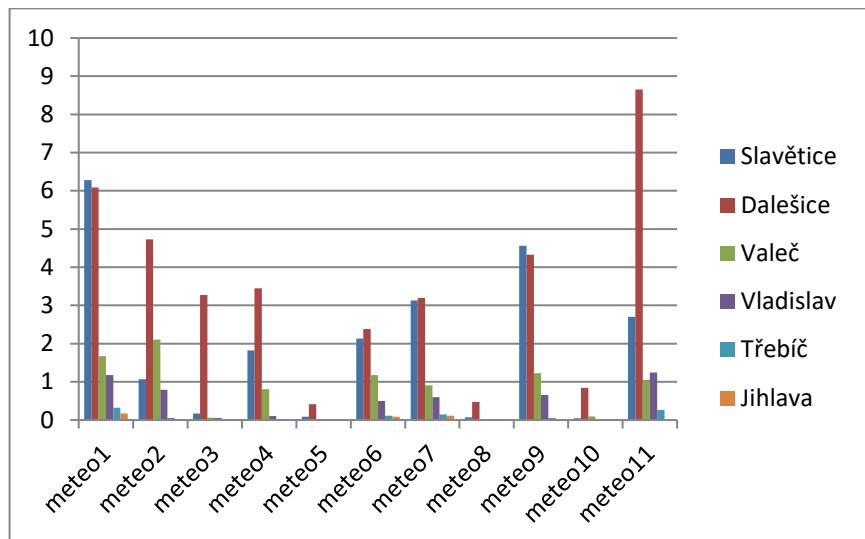


Graf č. 15 - Celková efektivní dávka po 24 hod. (E-2) [Sv]

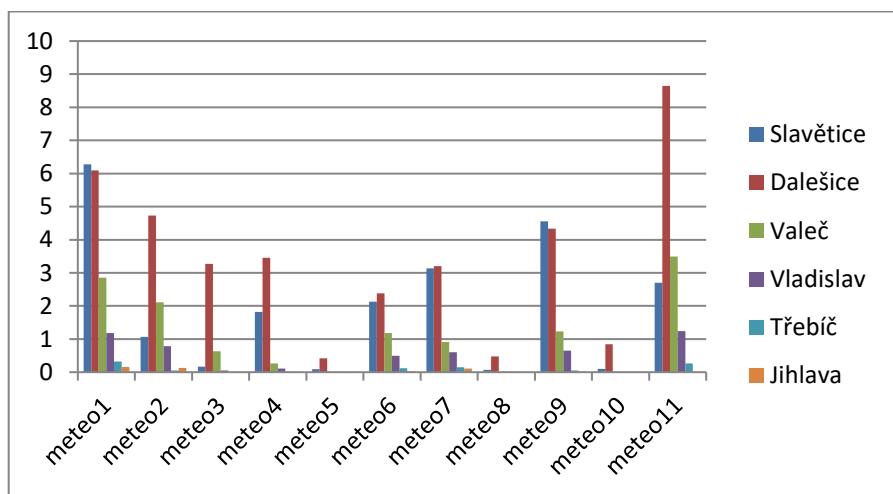
Úvazek inhalací

Úvazek inhalací nám definuje dávku přijímanou plicní absorpcí, tedy inhalační cestou (vdechnutím), jednotkou je Sievert [Sv]. Z analýzy dopadů RMU při různých meteorologických podmínkách nám vychází 3 grafy hodnotící stav této dávky přejímané inhalačně během prvních 8, 16 a 24 hodin. Závislé jsou opět na meteorologických podmínkách Meteo 1-11 a hodnocen je vliv na jednotlivé obce. Úvazek inhalací dosahuje nejvyšších hodnot u obcí Slavětice a Dalešice, a to zejména ve vstupních podmínkách Meteo 1 a 11, kdy od začátku úniku pozorujeme slabý vítr, bez srážek v těchto oblastech.

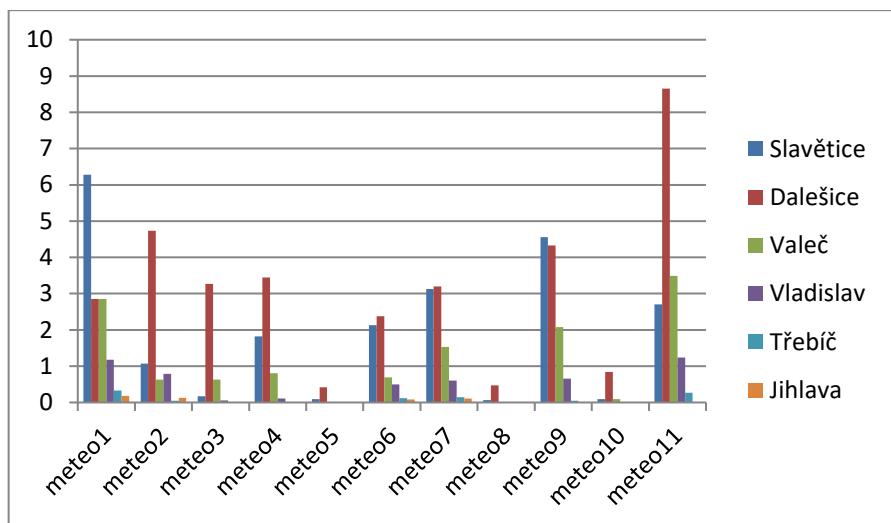
Naopak nejnižších hodnot nabývá u podmínek Meteo 5 a 8, kdy sice převládá slabý až mírný vítr, ale už od začátku úniku pozorujeme silný až intenzívní déšť. Na grafech 17. a 18. vidíme opět pomalý nárůst hodnot s přibývajícím časem.



Graf č. 16 - Úvazek inhalací od začátku úniku za 8 hod. (E-2) [Sv]



Graf č. 17 - Úvazek inhalací od začátku úniku za 16 hod. (E-2) [Sv]

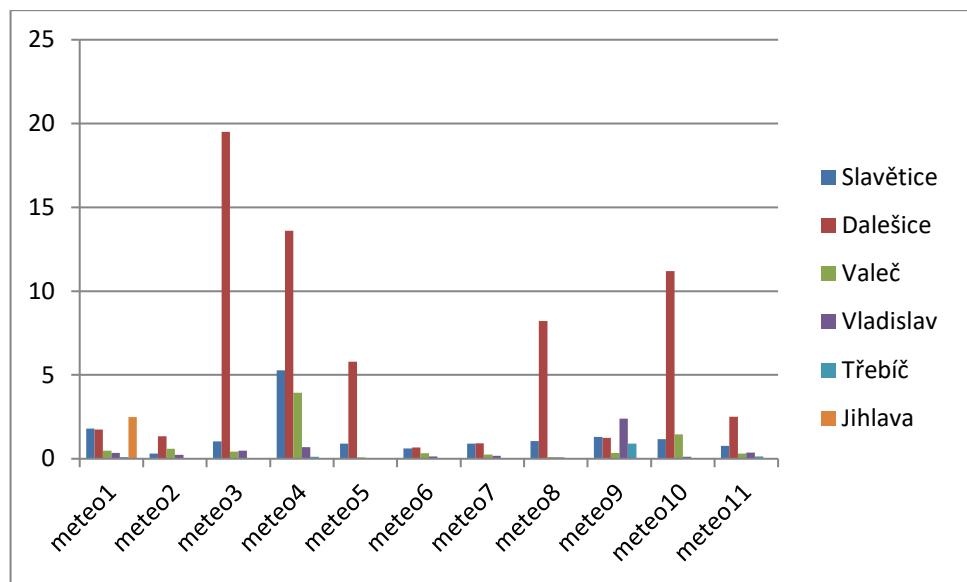


Graf č. 18 - Úvazek inhalací od začátku úniku za 24 hod. (E-2) [Sv]

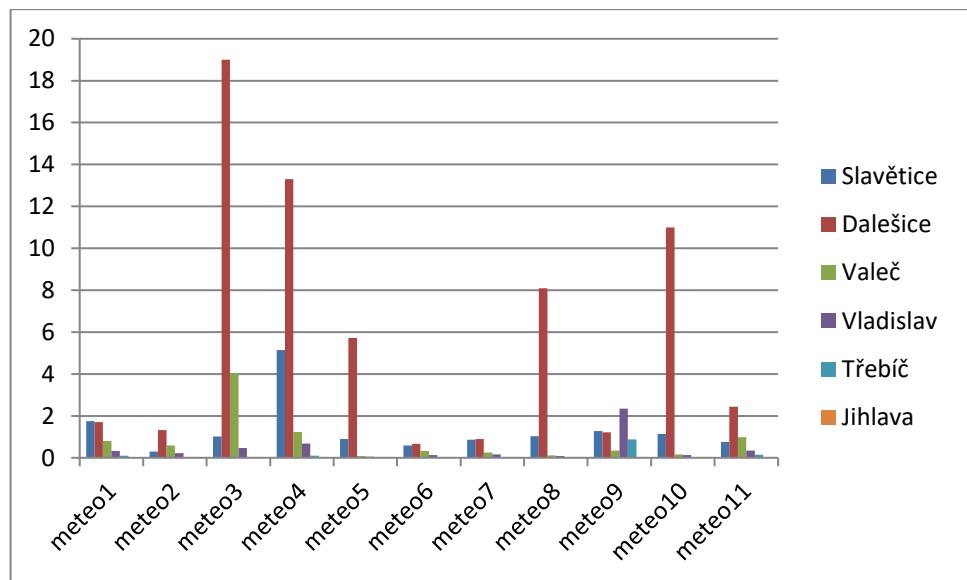
Dávkový příkon

Dávkový příkon neboli příkon dávkového ekvivalentu nám definuje přírůstek dávky za jednotku času. Tedy pomocí této veličiny vyjadřujeme radiační situaci prostředí. Jednotkou je sievert za hodinu [Sv/hod].

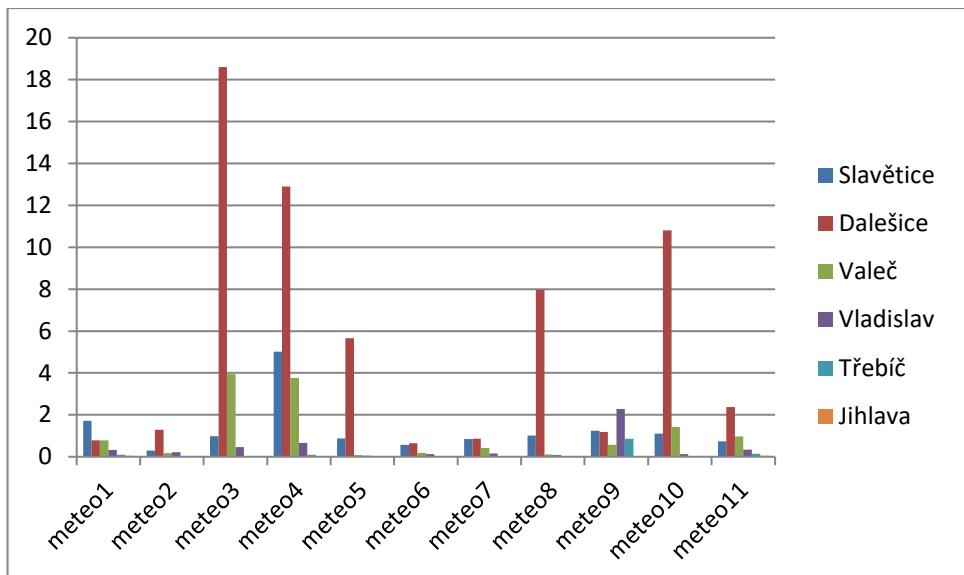
Pro stanovení dávkového příkonu v okolí JE Dukovany byly opět použité různé typy meteorologických podmínek. Pomocí grafů je hodnocen dávkový příkon na předem určené obce a města v okolí jaderného zařízení. Grafy nám znázorňují dávkový příkon na tomto území po dobu 8,16 a 24 hodin od vzniku RMU. Díky grafům 19 - 21 můžeme pozorovat závislost dávkového příkonu na srážkách. Dávkový příkon nabývá nejvyšších hodnot u podmínek Meteo 3,4,8 a 10, u kterých pozorujeme srážky od vzniku události. Naopak nejnižších hodnot nabývá u podmínek Meteo 1,2,6 a 7, kdy se jedná o jasné slunečné dni bez srážek. Dávkový příkon se s narůstajícím časem výrazně nemění.



Graf č. 19 - Příkon dávky všemi cesty za 8 hod. (E-4), [Sv/hod]



Graf č. 20 - Příkon dávky všemi cesty za 16 hod. (E-4), [Sv/hod]



Graf č. 21 - Příkon dávky všemi cesty za 24hod. (E-4), [Sv/hod]

Depozit jódu a cesia, mokrý depozit

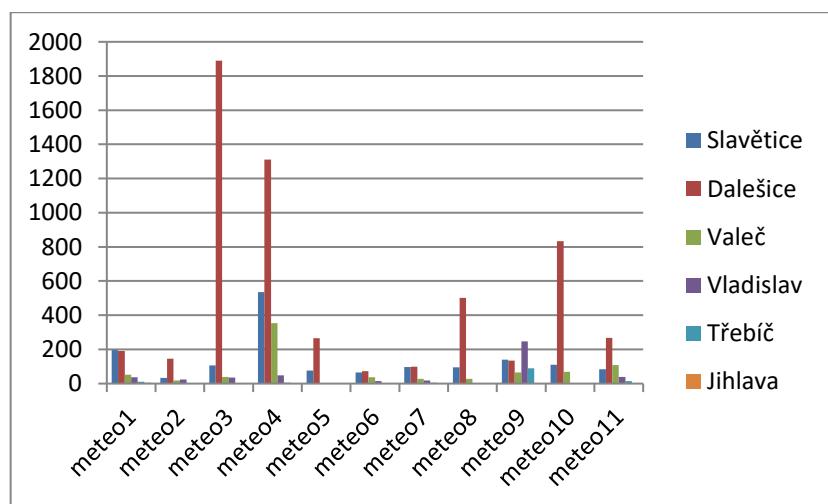
Při úniku radioaktivních látek do okolí jaderného zařízení se podle meteorologických podmínek rozptýlí velké nebo malé množství těchto látek v atmosféře. Mrak, který radioaktivní látky obsahuje, se pohybuje ve směru větru, a radioaktivní látky z něho vypadávající a kontaminují terén. Podle rozptylu pak vznikne plocha s menší nebo větší kontaminací. K určení kontaminace terénu nám SW nástroj dokáže vypočítat depozit v dané oblasti. Pro diplomovou práci byl zvolen depozit jódu (I^{131}) a cesia, (Cs^{137}), který se udává v jednotkách becquerel na meter čtverečný [Bq/m^2]. V programu ESTE EU můžeme rozlišovat tzv. suchý spád z oblaku (depozit) a vymývaní atmosférickými srážkami (mokrý depozit).

Pomocí grafů znova zhodnotíme vliv meteorologických podmínek na obce a města v okolí jaderného zařízení. Pomocí tabulek a grafů zhodnotíme jak suchý depozit, tak mokrý depozit. Grafy nám tyto depozity zhodnotí na území předem daných obcí a měst po dobu 8,16 a 24 hodin od vzniku RMU.

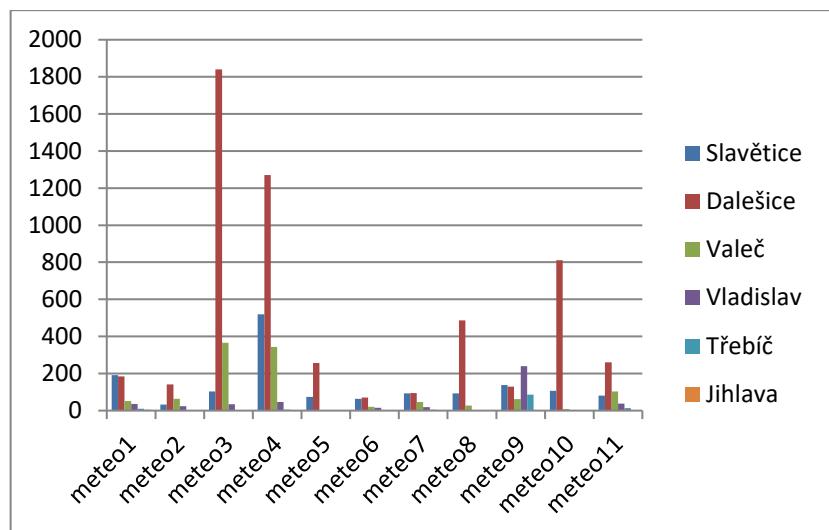
Suchý depozit jódu můžeme pomocí grafů č. 22, 23 a 24 zhodnotit tak, že nejvyšší hodnot dosahuje u podmínek Meteo 3 a 4, které jsou definována mírným až silným deštěm. Nejnižších hodnot nabývá depozit jódu u podmínek bez srážek, kdy dojde k dobrému rozptylu radioaktivních látek do atmosféry a území je nejmíň kontaminováno

jodem. Podobně na tom je i mokrý depozit jódu, který nabývá velice podobných hodnot jako suchý depozit jodu, ale v meteorologických podmínkách bez srážek je nulový, což můžeme vyvodit z grafů č. 25, 26 a 27. Hodnoty suchého i mokrého depozitu s časem pomalu klesají.

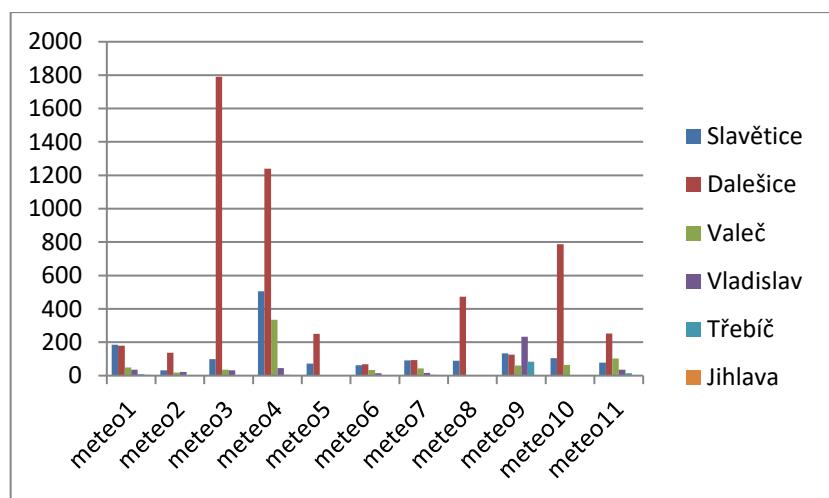
Suchý depozit cesia je podobně jako depozit jódu ovlivněn srážkami, jak můžeme pozorovat v grafech č. 28, 29 a 30. Nejvyšších hodnot však nenabývá u mírných až silných dešťů, ale při větší srážkové činnosti u podmínek Meteo 5, 8 a 10, které definují lijáky a intenzívni deště již od začátku úniku. Poté jsou hodnoty vysoké u silných a mírných dešťů a minimálních až zanedbatelných hodnot nabývá u meteorologických podmínek bez srážek, tedy podmínek Meteo 1, 2, 6, 7 a 11. Podobné hodnoty nabývá i mokrý depozit cesia, avšak pro mokrý depozit jsou podmínky bez srážek opět nulové. Nejvíce zasáhnutou oblastí je obec Dalešice, která se nachází ve vzdáleností 6-8km od jaderného zařízení.



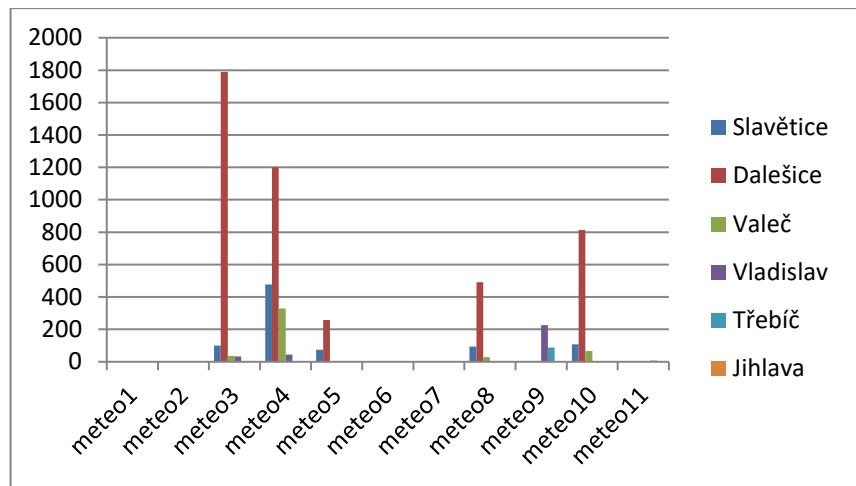
Graf č. 22 - Depozit jodu během 8 hod. (E06), [Bq/m²]



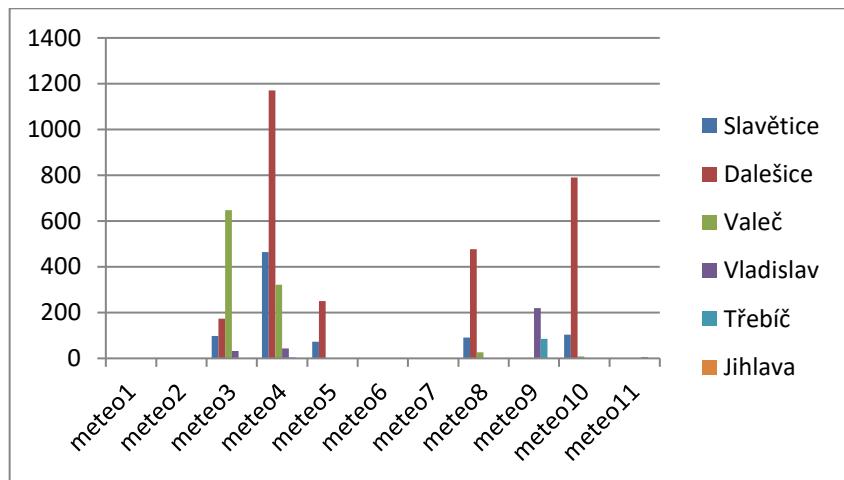
Graf č. 23 - Depozit jodu během 16 hod. (E06), [Bq/m²]



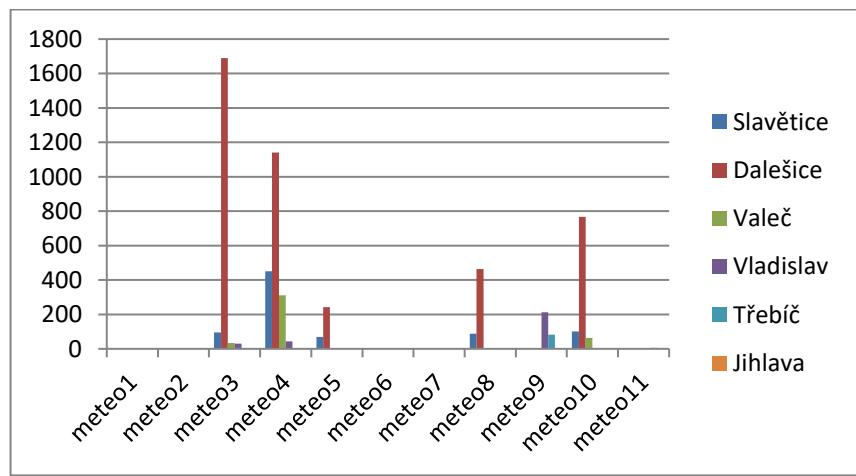
Graf č. 24 - Depozit jodu během 24 hod. (E06), [Bq/m²]



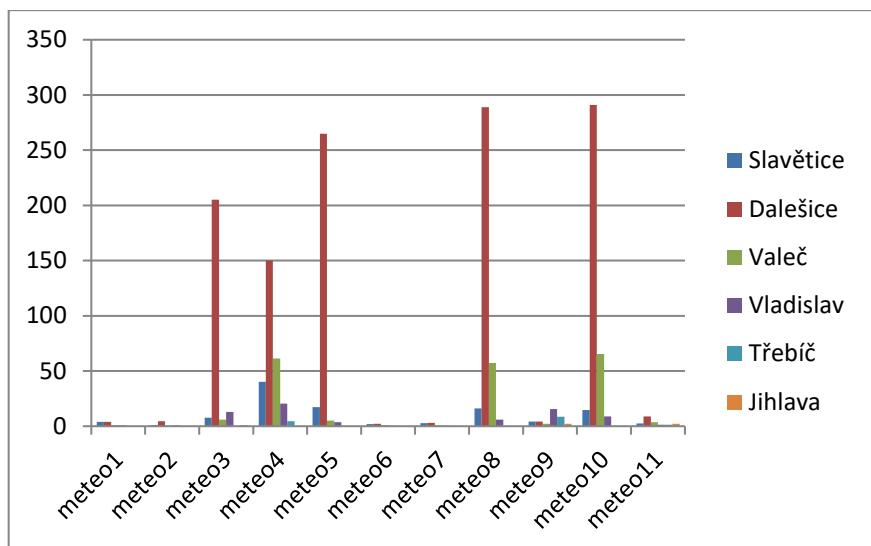
Graf č.25 - Mokrý depozit jodu během 8 hod. (E06), [Bq/m²]



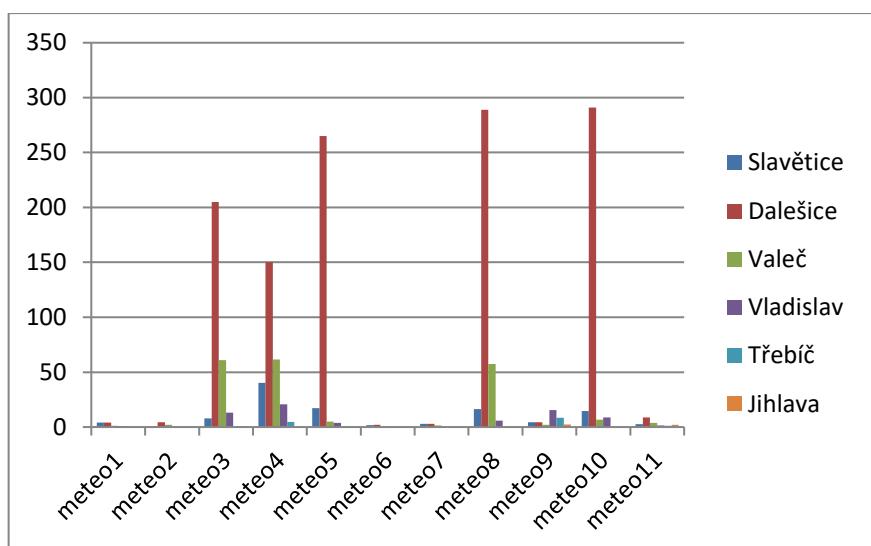
Graf č. 26 - Mokrý depozit jodu během 16 hod. (E06), [Bq/m²]



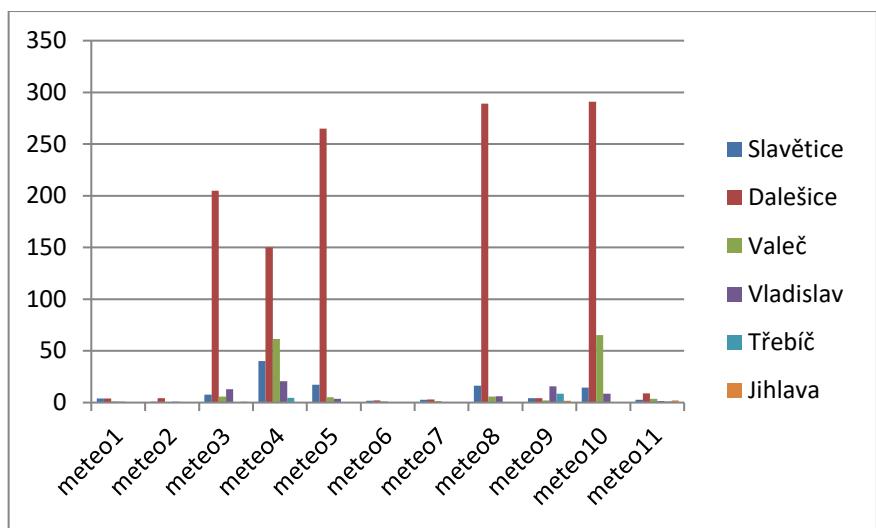
Graf č. 27 - Mokrý depozit jodu během 24 hod. (E06), [Bq/m²]



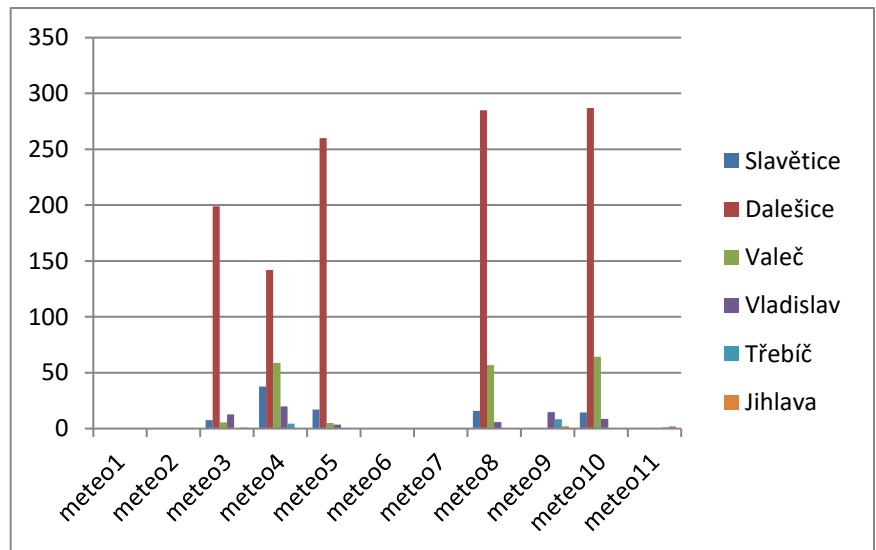
Graf č. 28 - Depozit cesia během 8 hod. (E06), [Bq/m^2]



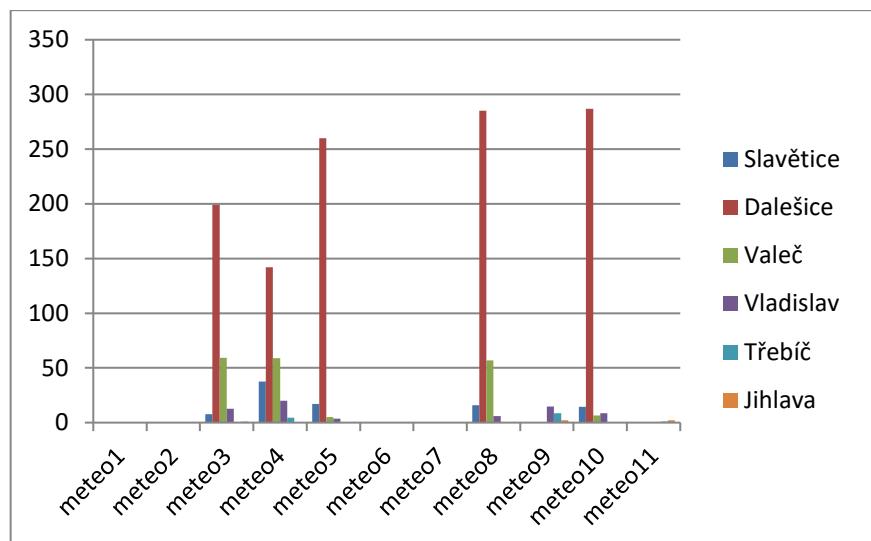
Graf č. 29 - Depozit cesia během 16 hod. (E06), [Bq/m^2]



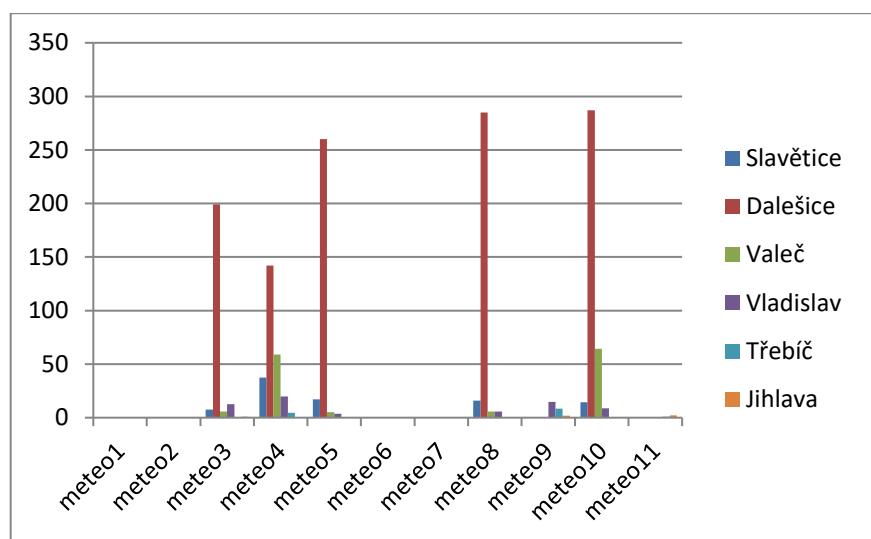
Graf č. 30 - Depozit cesia během 24 hod. (E06), [Bq/m^2]



Graf č. 31 - Mokrý depozit cesia během 8 hod. (E06), [Bq/m^2]



Graf č. 32 - Mokrý depozit cesia během 16 hod. (E06), [Bq/m^2]



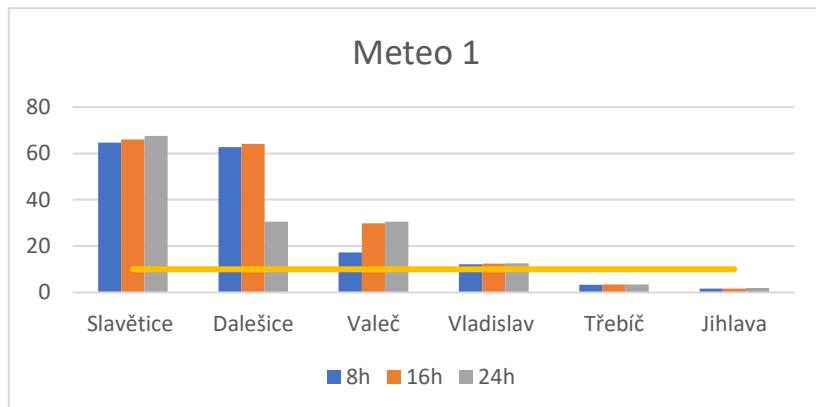
Graf č. 33 - Mokrý depozit cesia během 24 hod. (E06), [Bq/m^2]

Zhodnocení vstupních dat na dopady RMU a ochranná opatření

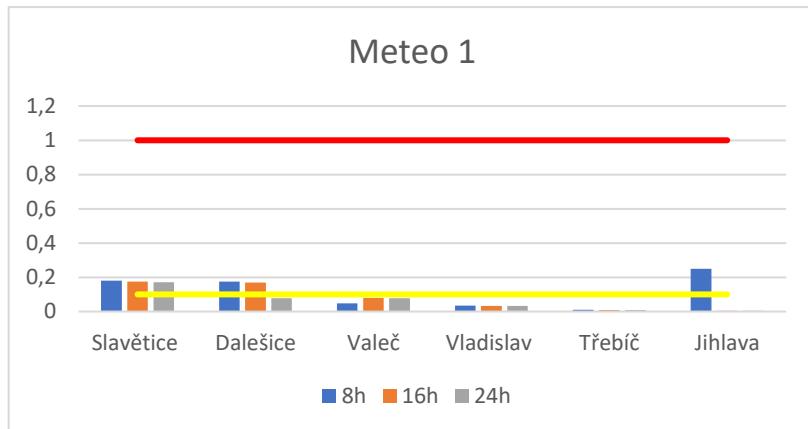
Zhodnotíme zde meteorologické podmínky samostatně a jejich vliv na dopady RMU a dále si zde stanovíme doporučené ochranné opatření stanovené platnými právními předpisy. Ke stanovení ochranných opatření jsou využívána hodnoty dávky a dávkového příkonu a výsledky jsou stanovená pouze do 24 hodin od vzniku události. Za pomocí grafů jsou zde znázorněna doporučená ochranná opatření v jednotlivých obcích. Na grafech je znázorněna žlutá spojnice, která definuje ochranné opatření ve smyslu ukrytí a jodové profylaxe a červená spojnice, která definuje evakuaci obyvatelstva. Tohle hodnocení je však jenom orientační, z důvodu, že skutečné stanovení ochranných opatření je mnohem složitější a vyžaduje zejména havarijní monitorování v daných oblastech.

Meteo 1

Jako Meteo 1 byl stanoven sluneční teplý den se slabým větrem a bez srážek. K stanovení ochranných opatření byly vybrány hodnoty dávky a dávkového příkonu. Pomocí prvního grafu pozorujeme, že za daných meteorologických podmínek nám dávka dosahuje nejvyšších hodnot v obcích Slavětice a Dalešice, které jsou součástí zóny havarijního plánování. Tento graf nám hezky ukazuje, jak se vzdáleností od jaderného zařízení klesá i dávka a s časem nijak zásadně neroste. Na dalším grafu zase vidíme doporučená ochranná opatření dle platné legislativy, kde tedy vidíme, že doporučené ochranné opatření jodové profylaxe a ukrytí obyvatelstva by mělo být stanovené pro obce Slavětice a Dalešice, Valeč a Vladislav. Jelikož jsou tyto obce v zóně havarijního plánování automaticky zde při RMU nastávají neodkladná ochranná opatření, ve smyslu vyrozumění, ukrytí obyvatelstva a také jodové profylaxe. V rámci hodnocení dávkového příkonu (graf č. 35) by ukrytí obyvatelstva a jodová profylaxe nastala jen v obcích Slavětice a Dalešice, ale vidíme, že během prvních osmi hodin by bylo potřeba ukrýt obyvatelstvo i ve městě Jihlava, evakuace by nebyla potřebná nikde.



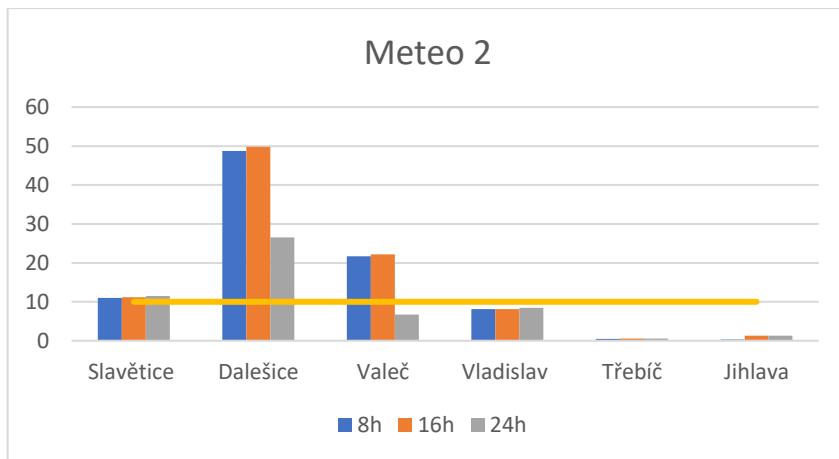
Graf č.34 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 1 (v mSv)



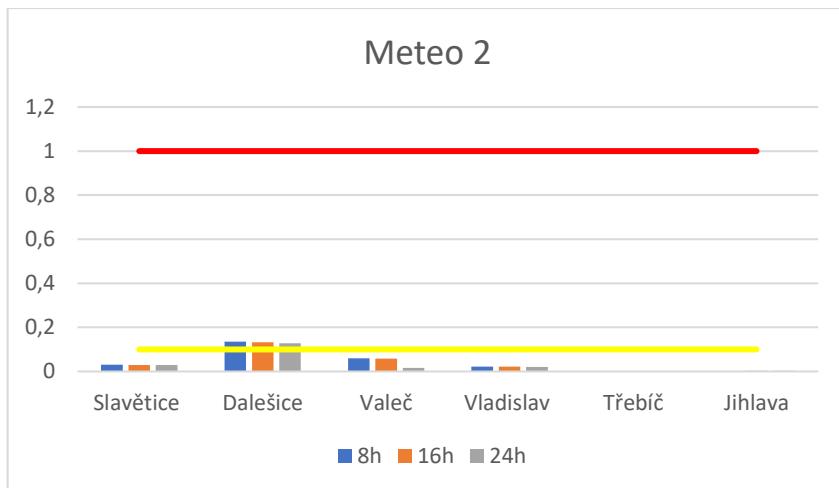
Graf č.35 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 1 (mSv/h.)

Meteo 2

Jako Meteo 2 byly stanovené podmínky, kdy je částečně zataženo, bez srážek, ale proudí dosti čerstvý vítr rychlostí 6 m/s. Podmínky Meteo 2 nám pomocí grafů ukazují vliv silného větru na hodnoty dávky. Jak je vidět z grafů, mrak od jaderného zřízení se rychle pohybuje, a proto nám nejvyšší hodnoty dosahuje až obec Dalešice, která se nachází v druhém pásmu zóny havarijního plánování. Při zhodnocení dalších grafů vidíme, že ochranná opatření znova nedosahují k hranicím evakuace obyvatelstva. Jednalo by se tedy pouze o ukrytí obyvatelstva a jodovou profylaxi, v obcích Dalešice, Slavětice a Valeč. V tomto případě by také došlo k včasnému vyrozumění obyvatelstva a následnému ukrytí a jodové profylaxi, jelikož jsou obce v zóně havarijního plánování a při vypuknutí RMU by zde došlo k témtoto opatřením automaticky.



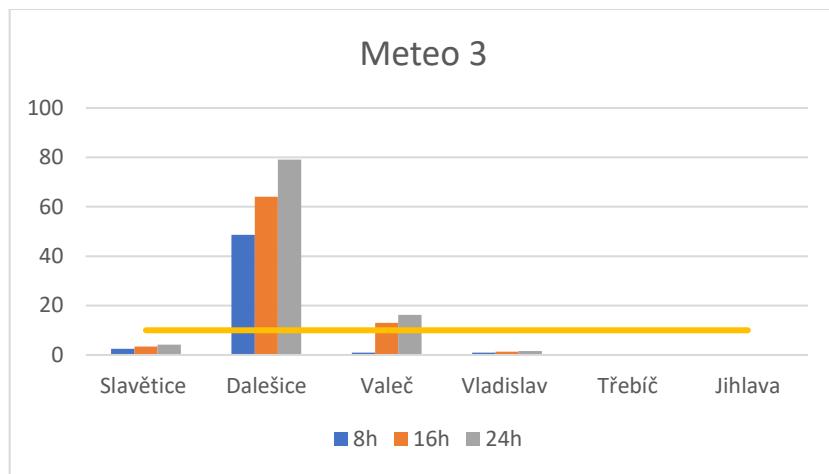
Graf č. 36 - Vliv dávky na ochranná opatření u Meteo 2 (v mSv)



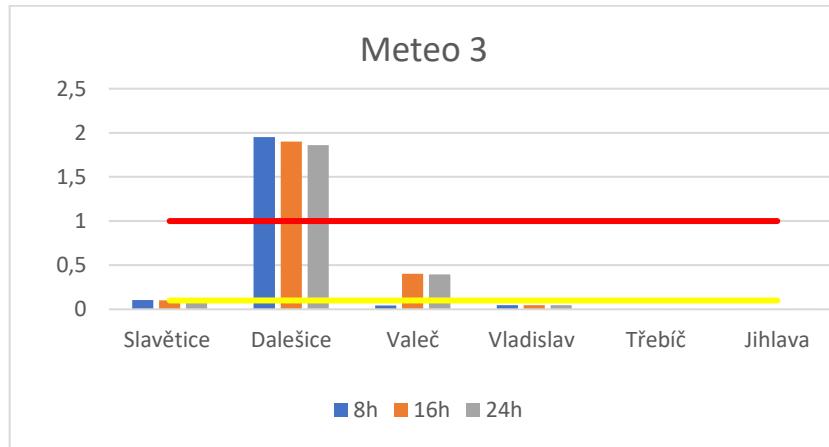
Graf č. 37 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 2 (mSv/h.)

Meteo 3

Pro Meteo 3 byl vybrán oblačný den se silným deštěm a mírným větrem. Zde pozorujeme opět nejvyšších hodnot v obci Dalešice vzdálené 6,8 km od jaderného zařízení. Můžeme zde vidět, že i mírný vítr stačí na to, aby dávka měla svou špičku až v druhém pásmu zóny havarijního plánování. Opět jsou zde automaticky zaváděna neodkladná ochranná opatření, ve smyslu ukrytí a jodové profylaxe, ale jak můžeme pozorovat na vlivu dávkového příkonu, bylo by potřeba zde evakuovat obyvatelstvo. Tedy je zde nutné zpřísnit ochranná opatření v zóně havarijního plánování. Naopak ale vidíme, že silný déšť a mírný vítr zabránil přesunu rizika do vzdálenějších oblastí. Vladislav, Třebíč a Jihlava tedy nemusí podstupovat žádná ochranná opatření.



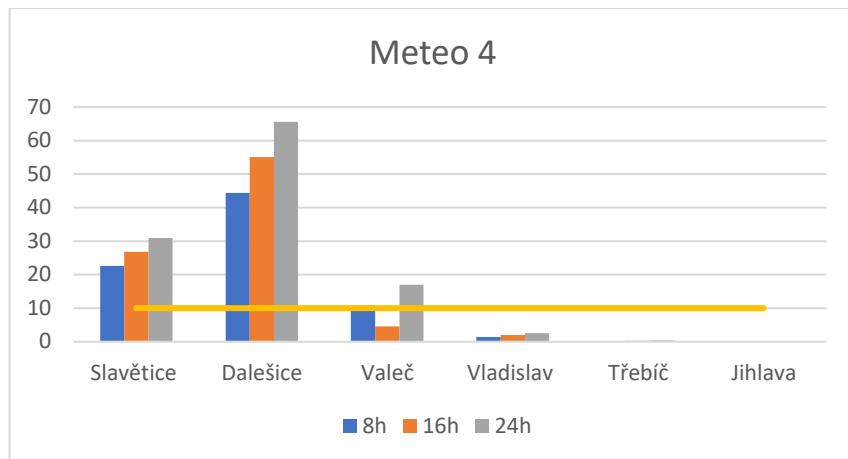
Graf č. 38 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 3 (v mSv)



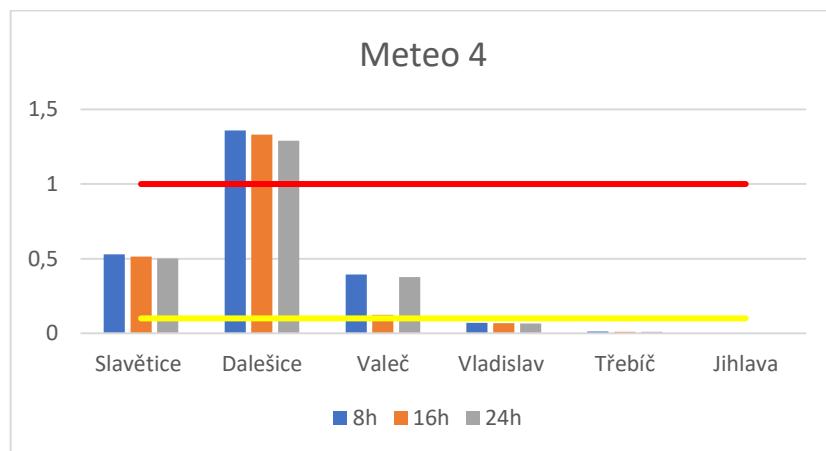
Graf č. 39 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 3 (mSv/h.)

Meteo 4

Meteo 4 je definováno jako částečně zatažený den se slabým větrem a mírným deštěm. Pomocí grafu opět vidíme, že slabý pomalý déšť nám zvyšuje dávku v obci Slavětice a nejvyšší dávka je v obci Dalešice. Pomalý pohyb větru tedy udržuje nejvyšší dávky v obcích nejbliže jadernému zařízení. Opět zde můžeme pozorovat, jak vlivem pouze mírného deště klesá dávka se vzdáleností. Opět zde vidíme, že v obci Dalešice by byly hodnoty dávkového příkonu takové, kvůli kterým by byla evakuace doporučena.



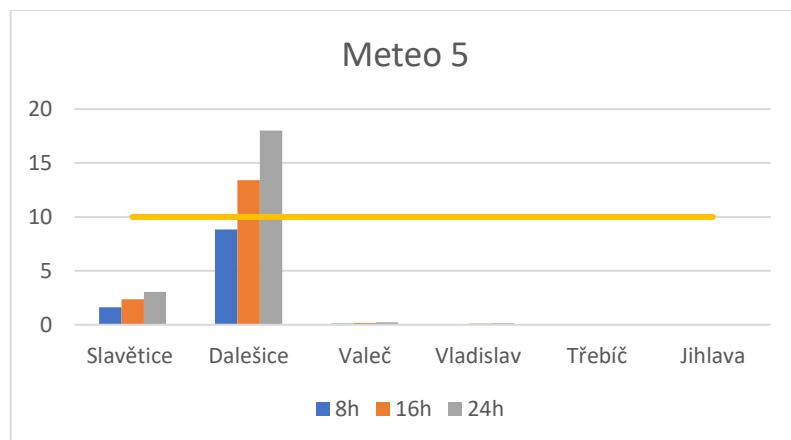
Graf č. 40 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 4 (v mSv)



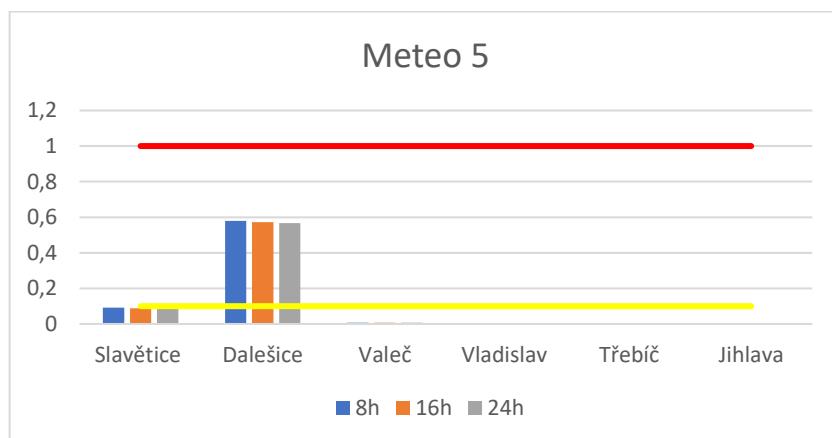
Graf č. 41 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 4 (mSv/h.)

Meteo 5

Jako Meteo 5 byl definován oblačný den se slabým větrem, ale intenzívním deštěm. V tomhle případě vidíme opět nejvyšších hodnot v obci Dalešice, ale také zde pozorujeme, že pomocí intenzívního deště dojde k vypršení na daném území a vzdálenější obce a města nejsou vystavená ani minimální dávce nebo dávkovému příkonu. Za těchto podmínek by byla ochranná opatření postačující, protože pouze v jedné obci by bylo potřeba jodové profylaxe a ukrytá obyvatelstva, jinak jsou podmínky bezpečná a nevyžadují neodkladná ochranná opatření ve smyslu zákona.



Graf č. 42 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 5 (v mSv)

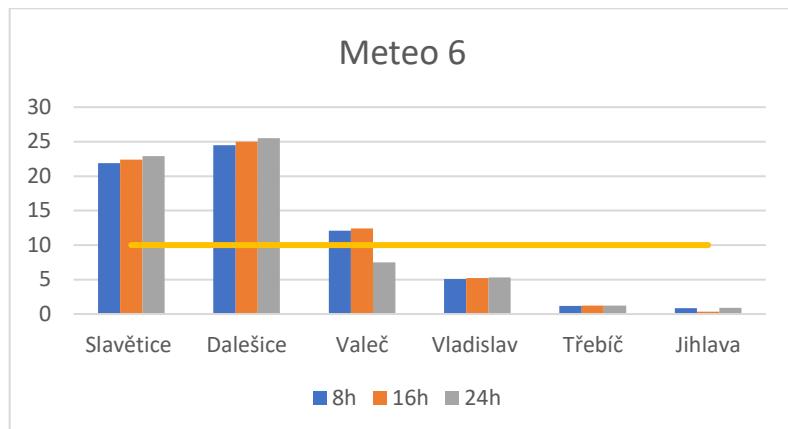


Graf č. 43 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 5 (mSv/h.)

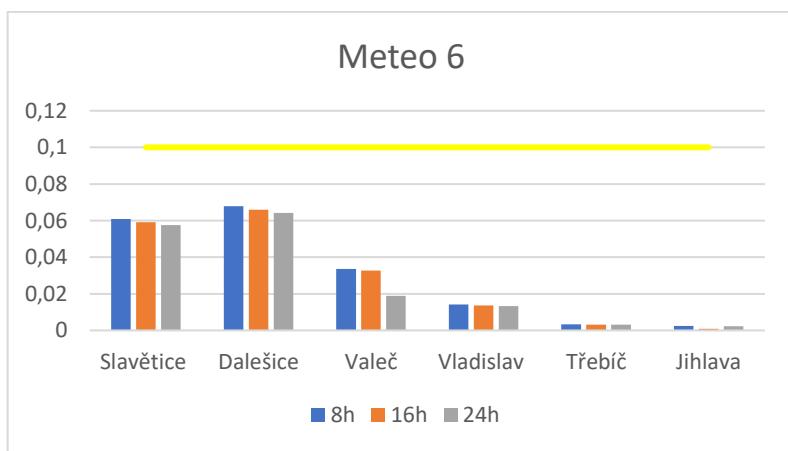
Meteo 6

Meteo 6 je definováno jasným slunečným dnem bez srážek, ale s velice silným větrem (11 m/s). Pomocí grafů můžeme pozorovat nejvyšší hodnoty v prvních 8 km od místa události, tedy v obcích Slavětice a Dalešice, tedy v prvních dvou pásmech zón havarijního plánování. Nedojde zde, ale k tzv. vypršení a vyšších hodnot pozorujeme i v obci Valeč a mírnějších v obci Vladislav, které jsou také v zóně havarijního plánování. Vidíme tedy dopad silného větru, který drží hodnoty vyšší i ve vzdálenějších oblastech, ale i navzdory tomu je únik bezpečný, protože jsou zde dodržována ochranná opatření. Z pohledu vlivu dávky a dávkového příkonu pozorujeme, že jsou pro dávku doporučené ochranná opatření ve smyslu ukrytí a jodové profylaxe od místa jaderného zařízení až po

obec Valeč, z dávkového příkonu jsou hodnoty nedosahující nutnost ochranných opatření v žádné z našich obcí.



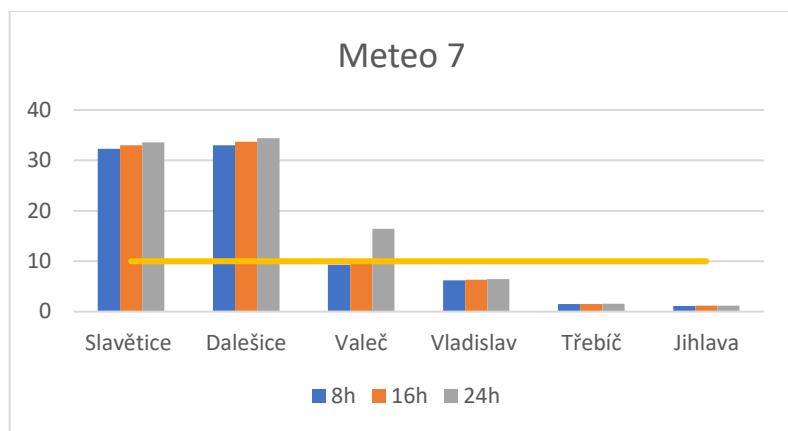
Graf č. 44 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 6 (v mSv)



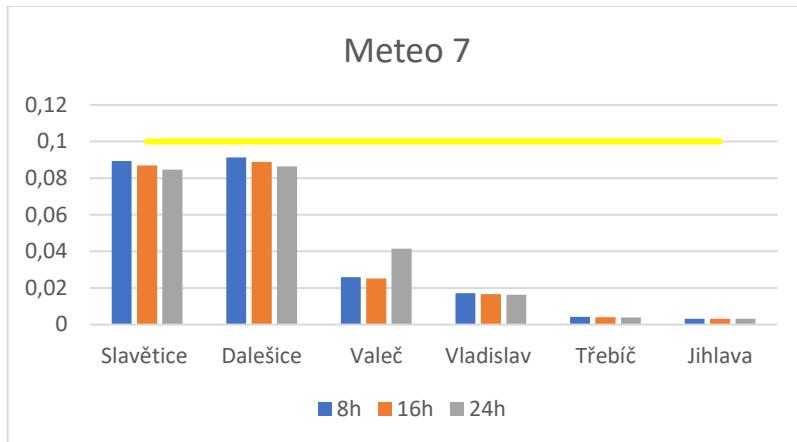
Graf č. 45 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 6 (mSv/h.)

Meteo 7

Pro Meteo 7 je stanoven jasný sluneční den, bez srážek s mírným až dosti čerstvým větrem. Nejvyšší dávky jsou změřená v prvním a druhém pásmu zóny havarijního plánování, a výrazně nižší ve třetím pásmu této zóny. Ochranná opatření jsou tedy dostačující. Protože ochranná opatření, která jsou automaticky stanovená pro vnější zónu havarijního plánování, se tykají ukrytí a jodové profylaxe je evidentní, že jsou dostačující. Na grafu s ukázkou dávkového příkonu vidíme tak nízkých hodnot, že nejsou ani doporučená ochranná opatření pro tyto podmínky.



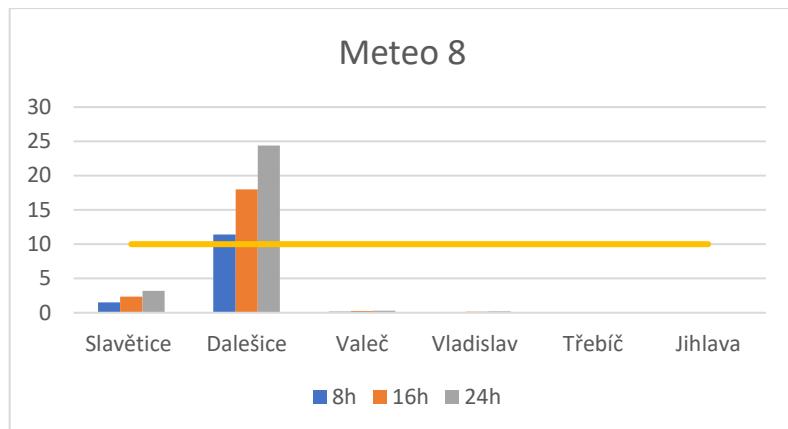
Graf č. 46 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 7 (v mSv)



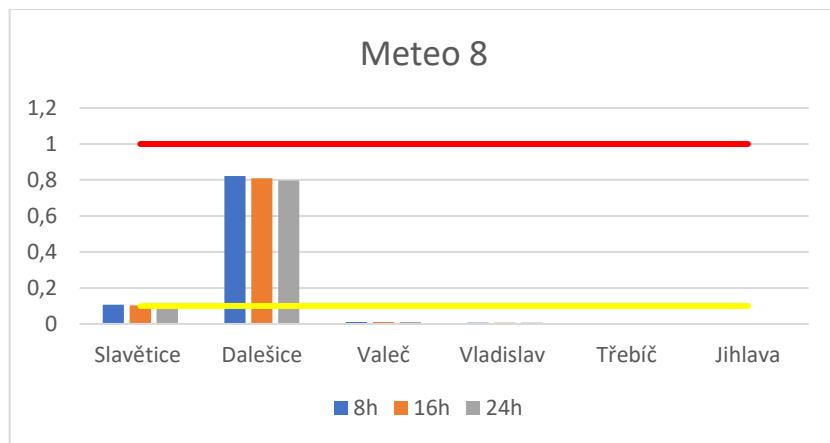
Graf č. 47 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 7 (mSv/h.)

Meteo 8

Meteo 8 je definováno oblačným dnem s mírným větrem, ale silným lijákem. I tady vidíme, jak nám silný déšť způsobí tzv. vypršení v dané oblasti, tedy v obci Dalešice, kde pozorujeme výrazně vyšších hodnot než v jiných obcích. Další vzdálenější oblasti jsou deštěm chráněná a hodnoty jsou zanedbatelné. Ochranná opatření se opět vztahuje pouze na zónu havarijního plánování, pozorujeme zde, ale mnohem vyšší hodnoty než v předchozích meteorologických podmínkách.



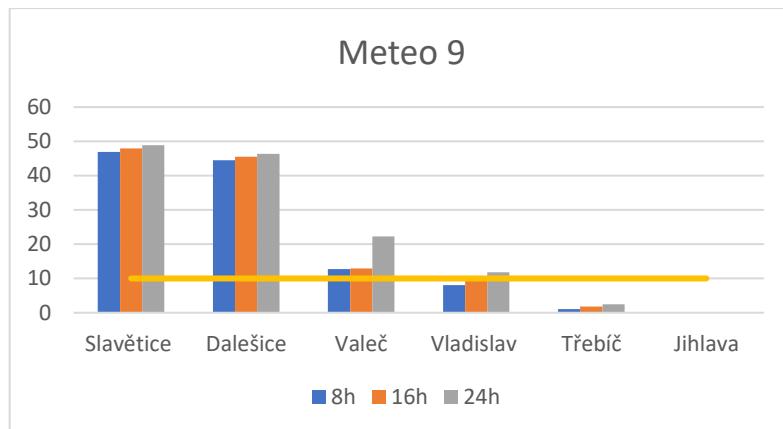
Graf č. 48 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 8 (v mSv)



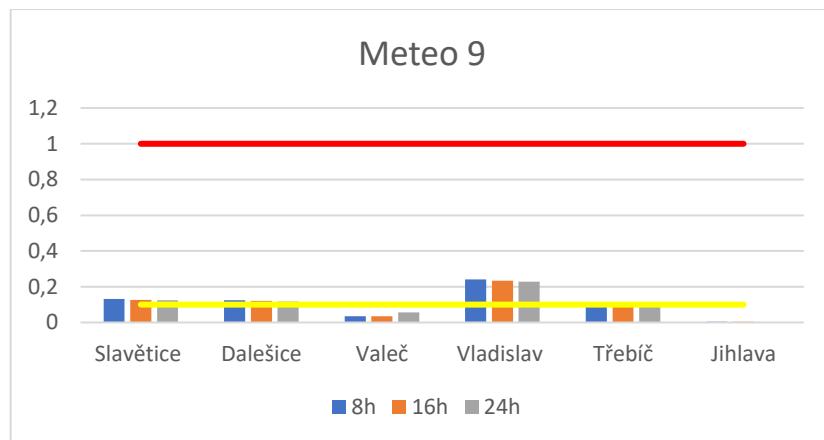
Graf č. 49 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 8 (mSv/h.)

Meteo 9

Meteo 9 je definováno jako polooblačno, kdy ráno při vzniku událostí nejsou žádné srážky se slabým větrem, kolem oběda přichází silný déšť s mírným větrem a odpoledne pak zase srážky ustávají. Slabý vítr přispívá k tomu, že nejvyšší hodnoty dávky jsou ve Slavěticích, poté je posouvají k Dalešicím, ale díky srážkám a mírnému větru dosahují viditelných hodnot i v obcích Valeč a Vladislav, kde však pozorujeme nejvyšší hodnoty po 24 hodinách. Ochranná opatření probíhají pořád v zóně havarijního plánování a jsou zde stanovená na ukrytí obyvatelstva a jodovou profylaxi, které jsou v těchto obcích stanovená automaticky. Bylo by vhodné zvážit i ukrytí obyvatelstva ve městě Třebíč, z důvodu hraničních hodnot.



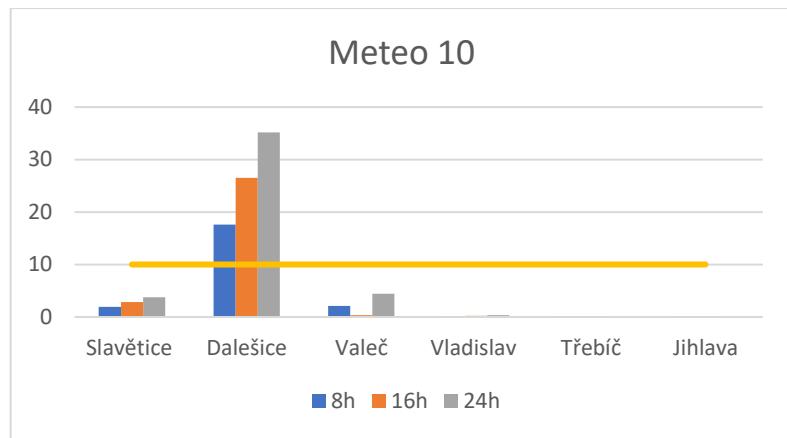
Graf č. 50 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 9 (v mSv)



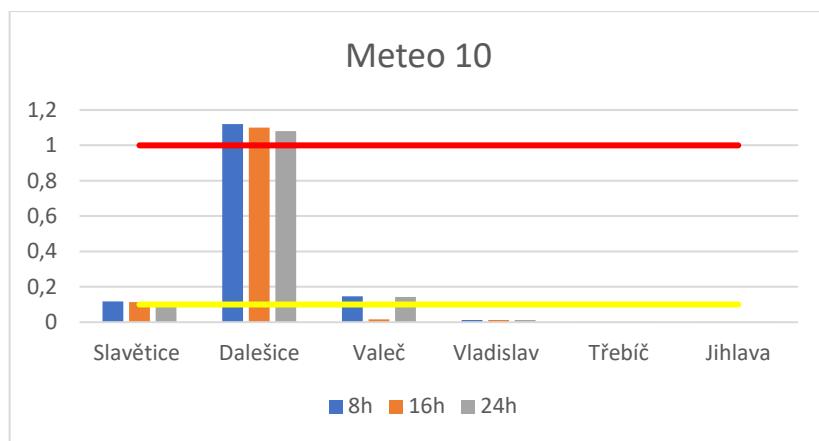
Graf č.51 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 9 (mSv/h.)

Meteo 10

Jako Meteo 10 je definován oblačný den, kdy ráno při vzniku událostí pozorujeme intenzívní dešť s mírným větrem, odpoledne pak mírný dešť se slabým větrem a kolem 14:00 hod srážky ustávají. Opět zde pozorujeme, že vzdálenější oblasti se díky vlivu deště vyhnuli dávkám expozice. Ochranná opatření jsou postačující, kromě obce Dalešice, pro kterou by měli být ochranná opatření navýšená na evakuaci obyvatelstva. Pro obce Vladislav, Třebíč a Jihlava nejsou potřebná žádná ochranná opatření.



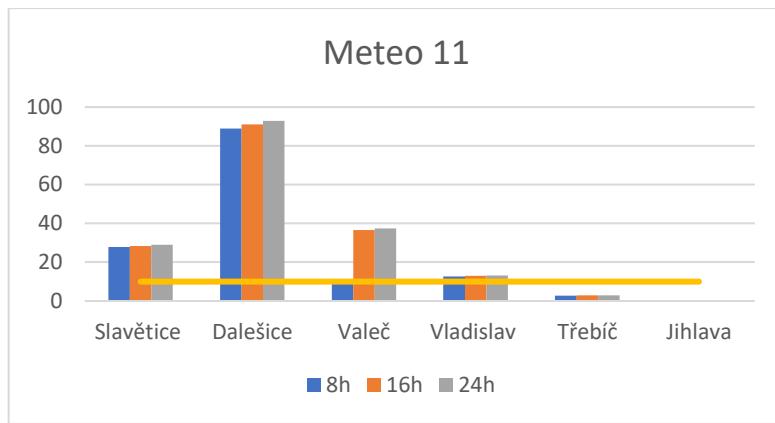
Graf č. 52 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 10 (v mSv)



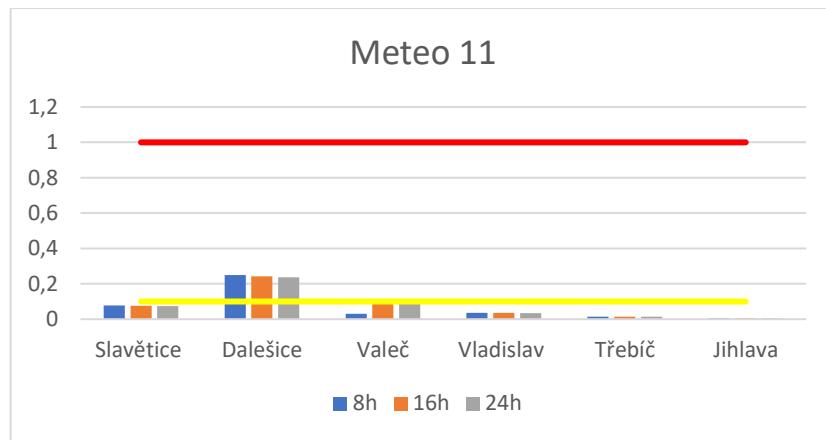
Graf č. 53 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 10 (mSv/h.)

Meteo 11

Pro Meteo 11 byl stanoven oblačný den bez srážek se slabým deštěm, kdy po 16:00 hodině přichází liják. Na grafech tedy vidíme vypršení, ale z důvodu, že déšť přichází později od začátku úniku, jsou viditelné hodnoty i ve vzdálenějších obcích. Tyhle obce jsou, ale pořád v zóně havarijního plánování, tedy jsou zde zaváděna ochranná opatření automaticky při vzniku RMU. Tyto ochranná opatření by byly opět na základě našeho měření postačující pro danou oblast.



Graf č. 54 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 11 (v mSv)



Graf č. 55 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 11 (mSv/h.)

Při analyzování grafů by bylo možné zhodnotit, jestli jsou ochranná opatření postačující, avšak jak již bylo zmíněno výsledky jsou jen pomocní nástroj k vytváření a stanovování ochranných opatření pro danou oblast.

V případě, že bychom analyzovali výsledky diplomové práci bylo by možné porovnat, jestli jsou daná ochranná opatření dostatečná a odpovídající havarijnímu plánu. Na základě našeho výsledků by byl návrh na zlepšení definován jenom jako udržování a zachovávaní současného trendu zabezpečení a dodržování stanovených norem.

5. Diskuze

Radiační ozáření je jednou z největších hrozeb dnešní doby, z důvodu neviditelného záření a tým pro obyvatelstvo nerozpoznatelné hrozby, která působí na veškeré živé organizmy zhoubně. Ke strachu samozřejmě přispívají nedávné historické zneužití jaderného štěpení při používání jaderných zbraní a nedávné havárie jaderných elektráren, které měli za následek úmrtí mnoha lidí. Tyto události zanechaly v paměti lidstva strach a zároveň odpor vůči jaderným zbraním, ale také vůči jaderné energetice.

Během posledních let byla přijata různá opatření a postupy, které dbají jak na správný a bezpečný chod jaderného zařízení, tak i na ochranu obsluhujícího personálu, obyvatelstva a životního prostředí. Kromě ochranných opatření udělala velký pokrok i technika jaderných zařízení. S pokrokem ve vývoji, fungují JE s vyšší výkonností, ale také je pořád snižována produkce radioaktivního odpadu a tým se stávají JE ekologičtější a bezpečnější. V dnešní době je téměř nemožné, aby došlo k jadernému výbuchu, ale pořad je zde malé riziko, že dojde k radiační mimořádné události, u které nastane nekontrolovaný únik radioaktivních látek do ovzduší a okolí jaderného zařízení.

Rokem 2000 byla v ČR přijatá legislativa o krizovém řízení, havarijném plánování a havarijná připravenosti a na ně navazující právní předpisy. Díky této legislativě byly stanoveny principy vyhlašování krizových stavů, úkoly orgánů statní správy a samosprávy, provozovatelů a odpovědných resortů. Dále byla vytvořena základní struktura havarijná připravenosti v rámci prevence před mimořádnými událostmi a krizovými situacemi. Důležitou součásti v rámci celostátního systému řízení v případě RMU je SÚJB, který je přímo podřízen vládě ČR. SÚJB jako orgán vlády na základě platné legislativy vyhodnocuje údaje a technická informace o stavu jaderného zařízení, vývoji situace a monitoruje radiační situaci na celém území ČR. K plnění těchto úkolů je vybaven vyhodnocující technikou, jako je SW nástroj HAVAR, ESTE, RODOS, které jsou schopné na základě vstupních dat připravit prognózu o vývoji RMU a jejích dopadech.

Diplomová práce si kladla za cíl vytvořit jakýsi pomocný nástroj k stanovování ochranných opatření v okolí jaderného zařízení JE Dukovany. Ve skutečné praxi však k stanovování těchto opatření nestačí modelování prognóz, ale je potřeba reálných dat naměřených mobilními skupinami, které jsou předem určené k monitorování radiační situace v okolí jaderného zařízení.

Z mého pohledu je jaderná bezpečnost zvládána díky bezpečnostním a ochranným opatřením velmi precizně jak v ČR, tak celosvětově. Jaderná energetika je pro naši populaci velmi důležitá a je nutné, abychom si toho byly vědomí. Na druhé straně je však potřeba zdůraznit, že se jedná o dosti specifickou hrozbu, jejíž řešení je náročné z organizačního, personálního, ekonomického i technického hlediska.

Výsledky diplomové práce přinesli přehled možných dopadů RMU na okolí JE Dukovany. Tyto výsledky byly analyzovány pomocí tabulek a grafů. Analýza vycházela ze zadaných vstupních hodnot, které však tvořili jen minimální procento možných podmínek. Vstupní data byly zpracovaná pouze v jednom směru větru, jako zdrojový člen byly použité pouze 3 typy radionuklidů a také meteorologické podmínky v dané oblasti mohou být mnohem rozmanitější. Práce by tedy měla být rozšířena o různou kombinaci daných meteorologických podmínek, pro různé typy radionuklidů a samozřejmě by byla vypočtená pro všechny možné směry větru. Podmínek možných pro tyto výpočty je však příliš mnoho a bylo by nutné se soustředit na nejpravděpodobnější meteorologické situace. Pracovalo by se s velkým objemem informací, které by museli být analyzována do přehledných tabulek, díky kterým by se dalo orientovat ve výpočtech, pomocí kterých by bylo možné stanovovat ochranná opatření.

Přínos diplomové práce

Smyslem diplomové práce bylo vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů RMU na okolí jaderného zařízení v ČR. Pro diplomovou práci bylo zvoleno jaderné zařízení JE Dukovany. Kniha by měla formou katalogu přinést ucelený a přehledný pohled na dopady RMU. Za pomocí SW nástroje by byly vytvořeny modelové prognózy, které pomocí nejpravděpodobnějších vstupních dat ovlivňují dopady RMU. Kniha by teda na základě nejpravděpodobnějších meteorologických situací mohla mít veliký přínos pro havarijní připravenost, eventuálně by mohla být součástí havarijního plánu. Kniha by měla efektivní využití v případě, že nebude možné použít SW nástroje, tedy při výpadků energie nebo poruše systému.

Po zhodovení velkého množství dat bych si představovala, že pro ČR by byly vyhotovené 2 knihy, pro JE Dukovany a JE Temelín. Tyto knihy by měly v úschově SÚJB, SÚRO, provozovatele JE a samosprávní orgány. V situaci, kdyby nastala RMU a nebylo by možné použít SW nástroje, mohli by tyto knihy pomáhat dotčeným orgánům stanovovat ochranná opatření v okolí jaderného zařízení. Knihu by měla formu

analogového katalogu, který bych si představovala jako katalog, který by před otevřením bylo možné rozdělit na 8 části dle směru větru, který by byl reálny v dané situaci při vzniku RMU. Poté co by byl zvolen směr větru na základě dané hydrometeorologické situace, a tedy směr působení radiačního mraku, by probíhalo rozdělení podle kategorie stability počasí na 6 kapitol dané části knihy. Každá z těchto kapitol by měla definované různé podmínky v rámci intenzity větru a počtu srážek na další podkapitoly. Tyto podkapitoly by obsahovali mapy s modelovým radiačním mrakem pro danou meteorologickou podmínkou, kdy radiační mrak měl barevný obsah. Obsahoval by červenou, žlutou a zelenou barvu a každá z těchto barev by definovala dopad radioaktívých látek pro oblast na mapě. Dále by podkapitoly obsahovali výsečové grafy (stejné, jak byly vytvořené v této diplomové práci), které by znázorňovali dopady RMU pro vybrané obce a města v okolí jaderného zařízení. Pro vytvoření jasně definovaných obrázků a grafů by však byla potřeba velkého počtu dat, které by nám vyhovovali výsledky modelování.

Dle mého názoru by se mohlo jednat o užitečný dokument v oblasti havarijní připravenosti a v oblasti ochrany obyvatelstva během RMU. Je však velice náročné tuto knihu vytvořit, z důvodu velkého počtu a velké variability vstupních dat. Proto by se pro tuto knihu zpracovávali jenom nejpravděpodobnější možnosti na základě průměrného počasí v daných oblastech během posledních let. I přesto by kniha musela zpracovávat velký objem dat, a pro zachování přehlednosti by bylo náročné ji vůbec zpracovat. Dále by mohla sloužit informativně pro osoby, které tuto problematiku studují, zabývají se problematikou připravenosti k odezvě na radiační mimořádnou událost, resp. se učí tento SW nástroj používat v rámci svého povolání.

6. Závěr

Jaderná bezpečnost si během posledních let prošla velkým vývojem, a i díky zneužívaní jaderných bomb a haváriím na jaderných zařízeních byla snaha o zlepšení tohoto zabezpečení v celosvětovém měřítku. Během posledních let vznikají nové obory, které mají za úkol zabezpečit ochranu obyvatelstva. Velkou roli v tom sehrála i jaderná energetika a dnes má své významné zastoupení v krizovém řízení a prevenci před událostmi ohrožujícími obyvatelstvo.

Diplomová práce si kladla za cíl zodpovědět předem stanovenou otázku, která zněla: Lze na základě citlivostní analýzy modelování a prognóz RMU vytvořit analogový katalog výsledků pro dopady na okolí jaderného zařízení?

S otázkou byly úzce spojené podotázky týkající se havarijního plánování, jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a ochrany obyvatelstva jako také. Vytvoření takové knihy je samozřejmě možné, avšak pro její vytvoření je nutno zpracovat veliký objem dat, který by trval moc dlouho. Vstupní data jsou velice rozmanitá, a proto by bylo vhodné pro vytvoření takové knihy vybrat pouze nejpravděpodobnější možné data. V rámci meteorologických podmínek je velký počet proměnných, které by mohli takovou knihu znepřehlednit.

Cíl práce, tedy vytvoření knihy výsledků z modelování a prognóz dopadů RMU na okolí jaderného zařízení v ČR se tedy nezdařil. I když by tato kniha mohla sloužit jako pomocný nástroj při zavádění ochranných opatření v okolí jaderného zařízení, je náročná na zhodovení a vytvoření přehlednosti daných výsledků modelování. Kniha by tedy byla přínosná pro praxi, ale pořád by se jednalo pouze o pomocný nástroj pro danou problematiku.

Úvod teoretické části diplomové práce byl věnován ionizujícímu záření, jeho vlastnostem a biologickým účinkům, které byly stručně popsány pomocí odborné literatury. Teoretická část se věnovala i havarijní připravenosti. Dále byl definován pojem jaderného zařízení a jaderné bezpečnosti podle aktuálně platných právních předpisů a také pojem radiační mimořádné události. Popsané byly typy RMU, jejich stupně a následky, které vyžadují ochranná opatření z nich vyplývající. Ochranná opatření byla také přesně definována na základě legislativy ČR. Závěr teoretické části je věnován postupům při zásahu u RMU.

V praktické části byla provedená analýza dopadů RMU, které byly ovlivněné různými vstupními meteorologickými podmínkami. Tyto meteorologické podmínky byly vybrány na základě nejpravděpodobnějších meteorologických situacích během období červen–září. Tyto vstupní data byla zadávána do SW nástroje ESTE EU, díky kterému byly vypočtené hodnoty dopadů RMU. Pomocí tabulek a grafů byl zhodnocen vliv daných meteorologických podmínek na následky dopadů v okolí JE Dukovany. Tyhle dopady by pak sloužili jako pomocný nástroj pro stanovení příhodných ochranných opatření k zabezpečení ochrany personálu, obyvatelstva a životního prostředí. V praktické části bylo pracováno s velkým objemem dat, co se proměnlivosti týče. Jako vstupní data jsou zadaná různé typy meteorologických podmínek, které ale mají širokou variabilitu, a proto se pracovalo s podmínkami jen do doby 24 hodin od začátku události.

7. Seznam použité literatury

1. BARAN, Václav, 2002. Jaderná energetika a další problémy moderní civilizace. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 80-200-1048-3
2. BENEŠ, Pavel, 2002. Ochrana člověka za mimořádných událostí: havárie s únikem nebezpečných látek: radiační havárie: pro chemii a fyziku na ZŠ. Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-818-5.
3. ČTK, 2020, *Výstavba nových jaderných bloků se řeší přes deset let* [online]. o Energetice. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/vystavba-novych-jadernych-bloku-se-resi-pres-deset-let>
4. DIENSTBIER, Zdeněk, 2010. *Hiroshima a zrod atomového věku: cesta od atomových zbraní k nukleární medicíně a jaderným elektrárnám*. Praha: Mladá fronta. Kolumbus. ISBN 978-80-204-2224-8.
5. Elektrárna Dukovany II, a.s., 2021. *Záměr zajištění zvládání radiační mimořádné událostí* [online]. ČEZ, a.s., 2021 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/2021/03/zamer-zajisteni-zvladani-radiacni-mimoridne-udalosti_compressed.pdf
6. ENERGY: Nuclear safety, 2014. *European commission* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/nuclear-energy/nuclear-safety>
7. Evropská komise, 2005. *Nařízení Komise (Euratom) č. 302/2005: o uplatňování dozoru nad bezpečností v rámci Euratomu*. In: Úřední věstník Evropské unie, 2005.
8. HALAŠKA, Jiří a Rebeka RALBOVSKÁ, a kol., 2019. *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru VII*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-06651-5.
9. HAVLÍČEK, Vladimír a kol., 1986. *Agrometeorologie: celostátní vysokoškolská učebnice pro vysoké školy zemědělské*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství)

10. HAVRÁNKOVÁ, Renata a kol., 2020. *Klinická radiobiologie*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4098-0.
11. HOLÁ, Oľga a Karol HOLÝ, 2010. *Radiačná ochrana: ionizujúce žiarenie, jeho účinky a ochrana pred ionizujúcim žiarením*. Bratislava: Nakladateľstvo STU. Edícia vysokoškolských učebníč. ISBN 978-80-227-3240-6.
12. Chambers, Scott & Williams, Alastair & Crawford, Jagoda & Griffiths, Alan. (2015). *On the use of radon for quantifying the effects of atmospheric stability on urban emissions*. Atmospheric Chemistry and Physics. 15. /acp-15-1175-2015.
13. ICRP, 2007. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37
14. International Atomic Energy Agency. 2017. *The Database on Nuclear Power Reactors*. [online] IAEA, 2017. [cit-2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/pris>
15. ICRP, © 2020. *ICRP 2019 Annual Report*. [Online]. ICRP, 2020. [cit. 2020-07-03]. Dostupné z: <https://www.icrp.org/admin/2019%20ICRP%20Annual%20Report.pdf>
16. ICRP, 2020, *ICRP Strategic priorities 2020-2024* [Online]. ICRP, 2020. [cit. 2020-07-03]. Dostupné z: https://www.icrp.org/admin/icrp_sp2020.pdf
17. KLENER, Vladislav. 2000. *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. ISBN 80-238-3703-6.
18. KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA, 2010. *Průmyslové havárie*. 2. vyd. Praha: Armex. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-8679-587-4.
19. KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRAK, 2018. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0168-9.
20. MATAL, Oldřich a Hugo ŠEN, 2011. *Jaderná zařízení a jejich bezpečnost*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-214-4349-5.

21. Meteoblue, © 2006 – 2021, *Podnebí Dukovany* [online]. [cit-2020-04-08].
Dostupné z:
https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climate_modelled/dukovany_%C4%8Cesko_3076305
22. MIKA, Otakar J a Lubomír POLÍVKA. 2010. *Radiační a chemické havárie*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-321-5.
23. MIŠÍK, Matúš, 2013. *Energetická politika v rozšírenej Európskej únii: roly a preferencie Českej republiky, Polska a Slovenska*. Praha: Ústav mezinárodních vztahů. ISBN 978-80-87558-13-3.
24. MV – GŘHZS ČR, 2013. *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030* [online]. Praha, 2013 [cit. 2020-07.10]. Dostupné z:
https://www.vlada.cz/assets/ppov/brs/dokumenty/Koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030_1_.pdf
25. MV – GŘHZS ČR, 2013. *Vyhodnocení cvičení „ZÓNA 2013“* [online]. Praha, 2013 [cit-2017-04-08]. Dostupné z: www.hzscr.cz/soubor/vcnp-iii-mat-vyhodnoceni-zona2013-doc.aspx
26. MV – GŘHZS ČR, 2015. *Evakuace obyvatelstva* [online]. Praha, 2015 [cit. 2020-07.10]. Dostupné z: [https://www.hzscr.cz/clanek/evakuace-obyvatelstva.aspx](http://www.hzscr.cz/clanek/evakuace-obyvatelstva.aspx)
27. MV – GŘHZS ČR, 2017. *Bojový řád jednotek požární ochrany* [online]. Praha, 2017 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: [https://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx](http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx)
28. MV – GŘHZS ČR, ©2021. *Vnější havarijní plány* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-04-14].
Dostupné z: [https://www.hzscr.cz/clanek/vnejsi-havarijni-plany-vnejsi-havarijni-plany.aspx](http://www.hzscr.cz/clanek/vnejsi-havarijni-plany-vnejsi-havarijni-plany.aspx)
29. MV – Odbor bezpečnostní politiky a prevence kriminality. 2016b. *Terminologický slovník pojmu z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, environmentální bezpečnosti a plánování obrany státu*. [online]. Praha, 2016 [cit-2020-08-01]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník>

30. National Geographic Česko, 2018. *Jaké je reálné riziko atomové energetiky: přijdou další jaderné katastrofy?* [online]. VLAVA LABE MEDIA a.s, 2018. [cit-2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/magazining/jake-je-realne-riziko-atomove-energetiky-prijdou-dalsi-jaderne-katastrofy-20180926.html>
31. NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, 2019. *Medicínská biofyzika.* 2., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0209-9
32. OTŘÍSAL, Pavel a Radim ZAHRADNÍČEK, 2018. *Vyhodnocování radiační, chemické a biologické situace: studijní text.* Brno: Univerzita obrany v Brně. ISBN 978-80-7582-039-6.
33. PELCLOVÁ, Daniela. *Nemoci z povolání a intoxikace.* 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2597-3.
34. PITTERMANN, Pavel, 2001. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. *Patnáct let od havárie Černobylu: důsledky a poučení* [online]. SÚJB, 2001. [cit. 2020-08-04]. Praha. 2001 Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/15let_od_havarie_Cernobylu.pdf
35. PODZIMEK, František, 2013. *Radiologická fyzika.* Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05319-5.
36. PROUZA, Zdeněk a Jiří ŠVEC, 2008. *Zásahy při radiační mimořádné události.* V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-046-3.
37. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi.* Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
38. Skupina ČEZ, ©2021, *Historie a současnost EDU* [online]. ČEZ, a.s. [cit-2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/edu/historie-a-soucasnost>,

39. Skupina ČEZ, ©2021, *Historie a současnost elektrárny Temelín* [online]. ČEZ, a.s. [cit-2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republike/ete/historie-a-soucasnost>
40. SPILKA, Petr a Jan SUCHARDA, 2010. *Jaderná elektrárna Dukovany včera, dnes a zítra* [online]. Praha: Česká unigrafie, a.s. [cit-2020-06-08]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/brozura_edu.pdf
41. SÚJB, 2008. *INES, Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí, Uživatelská příručka* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2008. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/stupnice-ines/>
42. SÚJB., 2016. *Jaderná bezpečnost, Hodnocení závažnosti událostí v jaderných zařízeních, příručka pro hodnocení událostí dle INES* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES2008_cz_p_reklad.pdf
43. SÚJB, 2017. *Monitorování radiační situace* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2017. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/monitorovani-radiacni-situace/>
44. SÚJB, 2018. *25 let Státního úřadu pro jadernou bezpečnost* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2018 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/bro180723.pdf>
45. SÚJB, 2018. *Typový plán Radiační havárie* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2018. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/dokumenty-a-publikace/typovy-plan-radiacni-havarie/>
46. SÚJB, 2018. *Národní program monitorování* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2018 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/monitorovani-radiacni-situace/>

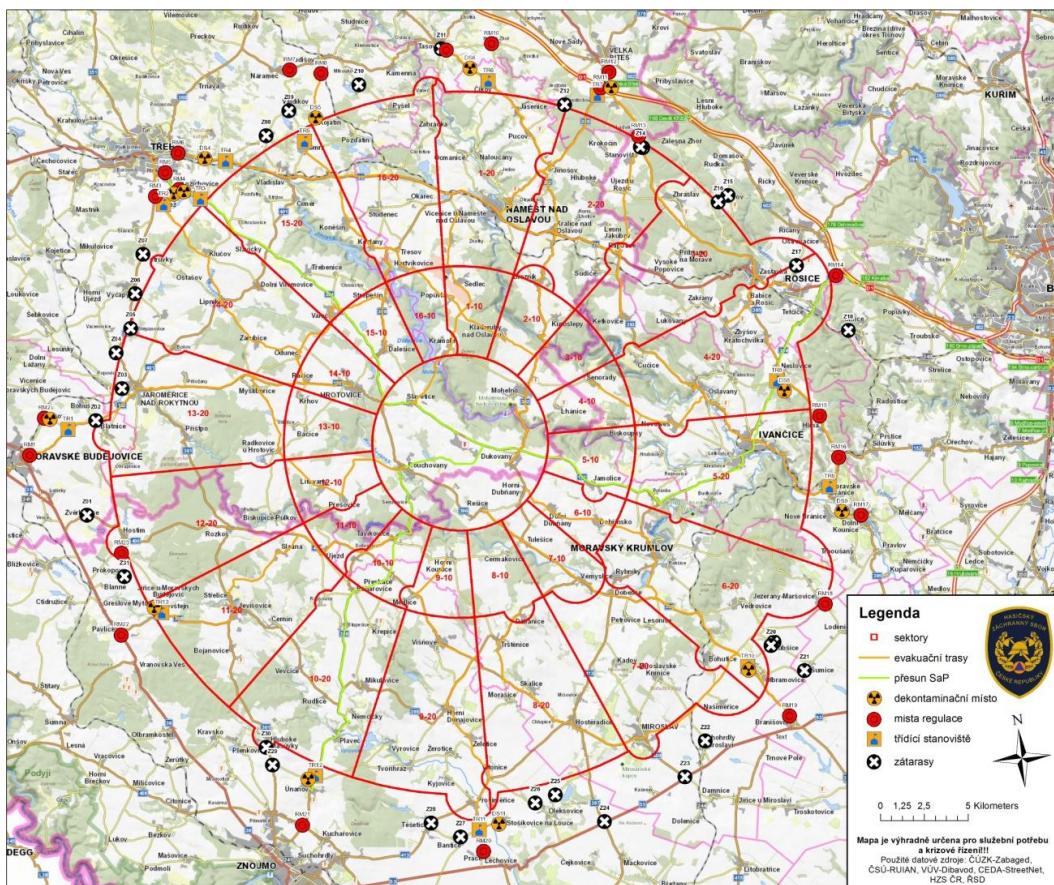
47. SÚJB., 2018. *Národní program monitorování* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2018. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/NPM/010119/NPM_text.pdf
48. SÚJB, 2020. *Jaderná zařízení v ČR* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2020. [cit. 2020-08-01] Dostupné z: [https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/jaderna-zariseni/jaderna-zariseni-v-cr/](https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/jaderna-zarizeni/jaderna-zarizeni-v-cr/)
49. SÚJB, 2020. *Národní radiační havarijní plán schválen!* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2020 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/aktualne/detail/narodni-radiacni-havarijni-plan-schvalen>
50. SÚJB, MV-GŘ HZS ČR, 2014. *Národní zpráva České republiky k havarijní připravenosti a odezvě*. [online]. Praha, 2014 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/narodni_zpravy/Zprava_EPR_final_cz.pdf
51. SÚRO, 2017. *Tisková zpráva Státního ústavu radiační ochrany* [online]. Státní ústav radiační ochrany, 2017. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: http://www.suro.cz/pub/Tiskova_zprava_2017.docx
52. SÚRO, 2020. *25 let Státního ústavu radiační ochrany*. [online]. Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. 2020. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: file:///C:/Users/j%C3%A1/Downloads/sbornik-2020-web.pdf
53. SVOBODA, Emanuel, 2005. *Přehled středoškolské fyziky*. 4., upr. vyd. Praha: Prometheus. ISBN 978-80-7196-307-3.
54. ŠAJTER Vít a kolektiv, 2006. *Biofyzika, biochémia a rádiológia*. Martin: Osveta. ISBN 80-8063-210-3
55. ŠTĚTINA, Jiří, 2014. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4578-7.
56. ULLMANN, Vojtěch, 2009. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií. ISBN 978-80-7368-669-7.

57. UNEP, 2016. *Ionizující záření: účinky a zdroje*. [online]. [cit. 2020-04-10]. ISBN 978-92-807-36007.
Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacniochrana/dokumenty/Radiation_Czech_27_Dec_2016_Web.pdf
58. URBANČÍK, Libor 2015. *Jaderná a radiační bezpečnost provozu českých jaderných elektráren*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-214-5238-1.
59. Vyhláška č. 226/ 2015 Sb.: Vyhláška o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře, In: *Sbírka zákonů České republiky*, ročník 2015
60. Vyhláška č. 328/2001 Sb.: o podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: *Sbírka zákonů České republiky*, ročník 2001
61. Vyhláška č. 359/2016 Sb.: o podrobnostech k zajištění zvládání radiační mimořádné události, In: *Sbírka zákonů České republiky*, ročník 2016
62. Vyhláška č. 422/2016 Sb.: o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, In: *Sbírka zákonů České republiky*, ročník 2016
63. World Nuclear Association. *Nuclear Power in Czech Republic*. [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-A/Czech-Republic/>
64. Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 73. ISSN 1211–1244.
65. Zákon č. 263/2016 Sb., Zákon atomový zákon. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 102/2016 Sb. ISSN 3938-4060
66. Zákon č. 320/2015 Sb.: Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru), 2015. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 135. ISSN 1211-1244.

8. Seznam příloh:

- **Příloha č. 1 - Zóna havarijního plánování JE Dukovany**
- **Příloha č. 2 - Obecná kritéria pro hodnocení radiační události v INES**
- **Příloha č. 3 - Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany**
- **Příloha č. 4 - Návrh knihy výsledků (práce autorky)**

Příloha č. 1 – Zóna havarijního plánování JE Dukovany



Zdroj: MV – GŘHZS ČR, ©2021. *Vnější havarijní plány* [cit. 2021-04-14].

Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/vnejsi-havarijni-plany-vnejsi-havarijni-plany.aspx>

Příloha č. 2 - Obecná kritéria pro hodnocení radiační události v INES

TABULKA 1 OBECNÁ KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ V INES

Popis a stupně INES	Obyvatelé a životní prostředí	Radiační bariéry a opatření v zařízení	Ochrana do hloubky
Ve velmi těžká havárie Stupeň 7	Velký únik radioaktivních látek s rozsáhlým rozpětím, účinky na zdraví obyvatel a životní prostředí vyžadují nasazení plánovaných a rezervních protopřetí.		
Těžká havárie Stupeň 6	Významný únik radioaktivních látek, který bude pravděpodobně vyžadovat nasazení plánovaných protopřetí.		
Havárie s širšími následky Stupeň 5	- Omezený únik radioaktivních látek, který bude pravděpodobně vyžadovat nasazení některých plánovaných protopřetí. - Několik útržků v důsledku radioaktivního záření.	- Vážné poškození aktivní zóny jaderného reaktoru - Uvolnění velkého množství radioaktivních látek uvnitř zařízení s vysokou pravděpodobností významného ozáření obyvatel, ke kteremu by mohlo dojít při velké kritické havárii nebo požáru.	
Havárie s místními následky Stupeň 4	- Malý únik radioaktivních látek, který nebude pravděpodobně vyžadovat nasazení plánovaných protopřetí jiných, než lokální kontroly potravin. - Minimálně jedna útržka v důsledku radioaktivního záření.	- Tavené paliva nebo poškození paliva, vedoucí k vyděstění více jak 1% hrany aktivní zóny - Uvolnění množství radioaktivních látek uvnitř zařízení s vysokou pravděpodobností významného ozáření obyvatel	
Vážná nehoda Stupeň 3	- Dávka přesahující desetkrát stanovený roční dávkový limit na pracovníka - Neletální deterministický zdrovní očínek (např. popáleniny) v důsledku záření.	- Dávkové příkony větší než 1 Sv/hod. v provozním prostoru - Vážná kontaminační v prostoru, kde to projekt nepredpokládá, ale s malou pravděpodobností významného ozáření obyvatel	- „Téměř havarijní stav“ v jaderném elektrárně, kdy nezůstala k dispozici žádná bezpečnostní opatření - Ztráta nebo krádež vysokouaktivního uzavřeného zářiče - Chybne donáření vysokouaktivního uzavřeného zářiče, kdy nejsou k dispozici příslušné postupy radiační ochrany pro manipulaci s ním
Nehoda Stupeň 2	- Ozáření jednotlivce z obyvatel přesahující 10mSv - Ozáření pracovníka přesahující stanovené roční limity	- Úroveň záření v provozním prostoru větší než 50 mSv/hod - Významná kontaminační uvnitř zařízení v prostoru, kde to projekt nepredpokládá	- Významné selhání bezpečnostních opatření (předpisů) bez skutečných následků - Nalezení vysokouaktivního opuštěného uzavřeného zářiče, zařízení nebo radioaktivní zásilky, bez porušení bezpečnostních opatření - Nedostatečný obalový soubor (obal) nebo kryt vysokouaktivního uzavřeného zdroje - Přežáření jednotlivce z obyvatel dávkou přesahující stanovené limity - Malé problémy s bezpečnostními komponentami s významnou zbyvající ochranou do hloubky - Ztráta nebo krádež nizkouaktivního zářiče, nebo radioaktivní zásilky
Anomálie Stupeň 1			Žádný bezpečnostní význam (pod stupnicí/stupeň 0)

Zdroj: SÚJB., 2016. In: Jaderná bezpečnost, Hodnocení závažnosti událostí v jaderných zařízeních, příručka pro hodnocení událostí dle INES [online]. Praha: Státní ústav pro jadernou bezpečnost [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES2008_cz_preklad.pdf

Příloha č. 3 - Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany

Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany 2020–2021

VÁZENÍ OBČANÉ,

v rukou držíte kalendář s základními informacemi pro případ radiační havárie, který je určen pro vás, obyvatele v zóně havarijného plánování Jaderné elektrárny Dukovany. Slouží k zajištění vaši připravenosti na případnou radiační havárii.

Doporučujeme vám:

- seznámit se s obsahem základních informací a nenajdete-li odpovědi na všechny otázky, které vás v této souvislosti napadají, obraťte se na Informační centrum Jaderné elektrárny Dukovany, které vám podá doplňující informace.
- mit základní informace na dostupném a zapamatovatelném místě tak, abyste je mohli kdykoliv najít a použít;
- věnovat pozornost formulářům, které jsou na konci základních informací, seznámit se s nimi a pečlivě je vyplnit dle pokynů.

SPOJENÍ NA INFORMAČNÍ CENTRUM JE DUKOVANY:

telefon: 561 105 519, 561 102 992
e-mail: infocentrum.edu@cez.cz
webové stránky: www.cez.cz, www.aktivnizona.cz

Otevřeno je každý den, včetně státních svátků, s výjimkou prvního pondělí v měsíci, pondělí velikonočního, 24.–26. 12. a 1. 1., a to: po–ne od 9.00 do 16.00 hodin
V období letních prázdnin je provozní doba prodloužena: po–ne od 9.00 do 17.00 hodin

SMS A INFORMAČNÍ SYSTÉM PRO OBYVATELE V OKOLÍ ELEKTRÁRNY

Registrace zde www.aktivnizona.cz

Registrovaní uživatelé dostanou informaci např. o:

- zkouškách siřén,
- zkouškách technologií spojených s hluškovým projevem,
- příp. další důležité informace o věcech majících vliv na okolí.

Systém nenařahuje, ale pouze doplňuje siřeny a další prvky havarijního vyrozmění.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE O IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍ A JEHO ÚČINCÍCH NA LIDSKÝ ORGANISMUS A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Radiopaktivita je přirozenou schopností některých látok (přírodních i umělých) samovolně se přeměňovat (rozpadat se). Při této přeměně radiopaktivní látky vysílají neviditelné záření (ionizující záření), které má schopnost pronikat hmotou, tedy i lidským organismem. Některé druhy ionizujícího záření jsou velmi malo pronikavé a k jejich ochraně stačí například tenká vrstva papíru. Jiné jsou však tak pronikavé, že na jejich pohlcení je nutná silná vrstva těžkých materiálů, například olova nebo betonu.



Průnik záření různými druhy materiálů

Ionizující záření může nepříznivě působit na lidský organismus. Nejlepší ochranou je snížení působení ionizujícího záření na lidský organismus.

Ionizující záření se vyskytuje všude kolem nás již od vzniku naší planety, nezávisle na existenci člověka. K přirozeným zdrojům ionizujícího záření patří kosmické záření a záření radioaktivních prvků obsažených v zemské kůře, ale i přirozené radioaktivní látky v nás samotných. Mezi umělé zdroje ionizujícího záření patří zdroje ionizujícího záření využívaného ve zdravotnictví, v průmyslu – včetně jaderných zařízení, ve vědě, výzkumu; a dále radionuklidů nacházející se v životním prostředí po havariích jaderných elektráren (spojených s únikem radioaktivních látek) a po zkouškách jaderných zbraní. Je nutno podotknout, že kromě lékařského ozáření se ostatní umělé zdroje ze ozáření člověka podílí minimálně.



Příspěvky různých zdrojů na ozáření člověka | 1

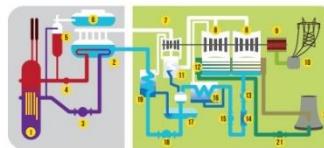


Schéma jaderné elektrárny Dukovany

Primární okruh:

- reaktor, ● parogenerátor, ● hlavní cirkulační čerpadlo, ● hlavní uzavírací armatura,
- kompenzátor objemu, ● barbotážní nádrž.

Sekundární okruh:

- vysokotlaký díl turbiny, ● nízkoatlaký díl turbiny, ● generátor,
- transformátor, ● separátor průlivu, ● kondenzátor,
- kondenzační čerpadlo 1. stupně, ● bloková úprava vody,
- kondenzační čerpadlo 2. stupně, ● ohřívací nízkoatlaké regenerace,
- napájecí nádrž, ● napájecí čerpadlo, ● ohřívací vysokotlaké regenerace

Terciální okruh:

- chladicí věž, ● čerpadla cirkulační chladicí vody

Přeměna radioaktivních látok může trvat zlomky sekund, ale také až tisíce let. Intenzita radioaktivnosti je vlastnosí dané látky a je označována vellíčinou A – aktivity. Aktivita charakterizuje množství radioaktivní látky, je to počet radioaktivních přeměn (rozpadů) v dané látkě za jednotku času. Jednotkou aktivity je becquerel (Bq).

aktivita 1 Bq = 1 přeměna za 1 sekundu

Zívá hmotu může být ionizujícím zářením poškozena, přičemž míra poškození závisí především na obdržené dávce záření.

Dávka je poměr energie předané ionizujícím zářením na jednotku hmotnosti. Jednotkou dávky je Gray (Gy).

POPIS PROVOZU JADERNÉ ELEKTRÁRNY

Jaderná elektrárna využívá přeměnu teplotné energie ziskané štěpením jaderného paliva v reaktoru k výrobě elektrické energie.

Celý proces vzniku tepla, výroby páry pro pohon turbín a ochlazování páry po průchodu turbinou se uskutečňuje ve třech navzájem oddělených okruzích.

První – primární (jaderný) okruh tvoří:

- reaktor (je zdrojem tepla),
 - cirkulační čerpadla, (čerpají vodu z reaktoru do parogenerátorů),
 - parogenerátor (hermeticky oddělují primární a sekundární okruh).
- Hlavní funkci primárního okruhu je odvedení tepla vznikajícího v reaktoru při štěpení jaderného paliva a jeho předání sekundárnímu okruhu prostřednictvím parogenerátorů, tj. tepelných výměníků, ve kterých se tvoří pára.

Druhý – sekundární (nejaderný) okruh tvoří:

- parovolta,
- turbína s generátorem elektrického proudu,
- kondenzační páry s pomocnými okruhy.

Funkci sekundárního okruhu je využit páru vzniklou v parogenerátorech k rozložení lopatek turbín. Turbína roztáčí generátor, který vyrábí elektrickou energii.

Třetí – terciární (nejaderný) okruh chladicí voda odvádí zbytkové teplo z kondenzační turbíny do chladicích věží.

Hlavní funkci tohoto okruhu je zpětná kondenzace páry prošlé turbínou na vodu.

ZAJÍŠTĚNÍ JADERNÉ BEZPEČNOSTI

Základním principem bezpečnosti jaderné elektrárny je zajistění neporušení ochranných bariér, které brání úniku radioaktivních látok, obsažených v jaderném palivu v reaktoru, do životního prostředí.

Při možných poruchách provozu jaderné elektrárny chrání tyto bariéry bezpečnostní systémy. Bezpečnostní systémy jsou zálohovány a do provozu jsou uváděny automaticky. I v případě havárie jsou radioaktivní látky zadřeny v prostoru ochranné obálky. Pravděpodobnost, že by přitom současně nastala i porucha ochranné obálky, je velmi malá. Pokud by však k takové malo pravděpodobné poruše přesto došlo, použijí se pro zabezpečení ochrany obyvatelstva předem naplánovaná ochranná opatření.

Základní informace pro případ radiační havárie | 2

STRAVOVÁNÍ V OBDOBÍ UKRYTÍ

- konzumujte pouze chráněné potraviny (uzavřené v obalech, v lahvích, uložené v ledničkách, konzervy a podobně),
- zásadně nekonzumujte potraviny, zejména zeleninu a ovoce, které se nacházely po vyhlášení radiační havárie mimo úryt, ve volné přírodě, na zahrádce nebo v nechráněném prostoru,
- vodu z vodovodu pro veřejnou potřebu můžete používat bez obav, bude kontrolována a v případě kontaminace budete vás informováni,
- vodu z uzavřených studni můžete v případě nutnosti použít, nejdříve ale vodu z povrchových zdrojů, neuzařených studni a neuzařených nádob, které se nacházely po vyhlášení radiační havárie mimo úryt.

PĚCE O ZVÍŘATA

- pokuste se zvířátkům zabránit v požívání nechráněného krmiva, zejména zelené pice a vody z povrchových zdrojů,
- další zásobní krmivo a vodu zabezpečte před kontaminací překrytím plachtou nebo plastovou folií,
- ošetřovatelskou péči provádějte pouze v nezbytně nutném rozsahu a pouze v případě, že neoohrozí zdraví lidí.

Viditelné označení objektu s ukrytými zvířaty vyvěšením formuláře C – označení opouštělého objektu pro péči o zvířata.

JÓDOVÁ PROFYLAXE

Tablety jódového pojíte po výzvě v hromadných sdělovačích prostředcích jednorázově v předepsaném dávkování. Zpozdění v požití má za následek snížení ochranných účinků. Bude-li to situace vyžadovat, budete prostřednictvím hromadných sdělovačů prostředků nebo orgánu veřejné správy vyzvání k požití další dávky v průběhu 24–48 hodin.

DÁVKOVÁNÍ

Předepsané dávkování jódového draselného je uvedeno v příbalové informaci, kterou si pozorně přečtěte. Jde o následující dávkování:



Novorozenci do 1 měsíce	Kojenci a děti do 3 let	Děti od 3 do 12 let	Osoby starší 12 let
1/4 tabletu 16 mg KI	1/2 tabletu 32 mg KI	1 tablet 65 mg KI	2 tabletu 130 mg KI

Tablety jsou dostali a jsou vám pravidelně obmlžovány před uplynutím doby jejich použitelnosti cestou obecného úřadu.

Jódové draselné nemá vedlejší účinky. Jódová profylaxe se proto provádí u všech osob včetně dětí, těhotných a kojicích matek, výjimou osob, které jsou vůči podávanému preparátu přecitlivělé. Osoby s prokázanou přecitlivělostí na jódové preparáty či s poruchou štítné žlázy (zejména po 40.–45. roce věku) by se měly už nyní poradit při nejbližší návštěvě lékaře, jak postupovat v případě vyhlášení opatření jódové profylaxe.

Upozornění k jódové profylaxi:

- Nepožívejte tablety jódového draselného zbytečně nebo ve větším množství než je stanoveno. Svému zdraví tím rizik nepropůjdejte.
- Novorozencům (do 1 měsíce) se další dávky jódového draselného nepodávají. Těhotným ženám a kojicím matkám se podávají vždyjí 2 dávky.
- V domácnosti uchovávejte tablety na chladném tmavém místě, nepřistupném pro malé děti.

Pokud z nejzákladnějšího důvodu nemáte tablety k dispozici v budově, ve které se v daném okamžiku nacházíte, nevyhýbejte se pro ně ven.

Ukrytý je v hledisku vaší ochrany důležitějším opatřením.

Základní informace pro případ radiační havárie | 6

EVAKUACE

Evakuace z ohrožené části území je nejúčinnějším opatřením. Pokyny k přípravě a zahájení provedení evakuace budou vysílány hromadnými sdělovacími prostředky a upřesňovány místními sdělovacími prostředky nebo jiným způsobem obvyklým v vaši obci.

Evakuace se provádí podle skutečné situace (úrovni kontaminace v daném území) a časových možností s ohledem na připravenost subjektů, které se na evakuaci podílí.

Pro evakuaci jsou voleny vhodné trasy, které vedou přes předměrně určená místa, kde se kontroluje kontaminace, případně se provádí dekontaminace. Takové místo nazýváme „místo dekontaminace“. Trasy dle pokračují přes předměrně stanovená přijímací střediska, do míst nouzového ubytování. Přijímací středisko se určuje podle obce, z které jste evakuováni. Přijímací střediska jsou uvedena v tabulce „Přehled přijímacích středisek a přijímacích obcí“ v závěru této základních informací. Organizovaný návrat se uskuteční, poněméně dle výdoby, pro které byla evakuace nařízena.

VÝZVA K PROVEDENÍ EVAKUACE

Jste-li vyzváni k provedení evakuace, dodržujte následující instrukce:

- Rádi se pokyny orgánu veřejné správy a záchranných složek (Policejní ČR, Hasičského záchranného sboru ČR, jednotky sboru dobrovolných hasičů obce, Armády ČR a městské policie).

Místo vaší přijímací obce si vyhledejte v tabulce „Přehled přijímacích středisek a přijímacích obcí“ a zaznameněte si ho do formuláře „A“.

- Do mapy, uvedené v této základních informacích, si zaznameněte doporučenou trasu evakuace s místem dekontaminace, které vám budou sděleny orgány veřejné správy, spolu s výzvou k provedení evakuace.
- Neprovádějte evakuaci, pokud vás k tomu nevyzvaly orgány veřejné správy, zbytečně byste tím komplikovali situaci, provádění ochranných opatření, a ohrozili své vlastní zdraví, zdraví rodiných příslušníků a jiných osob.
- Vzpomeňte si, zda ve vašem bezprostředním sousedství nežijí lidé, kteří by v důsledku stáří, upoutání na lžíci, zhoršeného sluchu či zdravotního stavu mohli přeslehčovat výzvu k evakuaci. Pomozte těmto lidem, pokud to potřebují, nebo na ně upozorněte starostu vaší obce.
- Obdobně se postarejte o děti bez dorozu.

ZÁSADY OPÚSTĚNÍ DOMÁCOSTI PŘI EVAKUACI

Pro případ opuštění domácnosti v důsledku vzniku radiační havárie a nařízené evakuace se připravte evakuaci zavazadlo.

Doporučený obsah zavazadla lze rozložit do několika logických skupin:

1. jídlo a pití + nádobi,
2. cennosti a dokumenty,
3. léky a hygiéna,
4. obléčení a vybavení pro přespání,
5. přístroje, nástroje a zábava.

1. skupina: trvalivé a dobré zabalené potraviny, pitná voda (vše od 2–3 dnů pro každého člena domácnosti), hrnek nebo miska, příbor a otvírák na konzervy.

2. skupina: osobní dokumenty (rodný list, občanský průkaz, cestovní pas, kartička zdravotní polis/ovoz), jiné důležité dokumenty (pojednání smlouvy, stavební sporění, emulovy o investicích, akcie, případně poslední lékařská zpráva) a peníze v hotovosti + platební karty.

3. skupina: pravidelně užívané léky nebo zdravotní pomůcky (brýle, kontaktní čočky atd.), hygienické potřeby ve případě množství.

4. skupina: obléčení odpovídající danému ročnímu období, náhradní prádlo a obuv, spací pytel, karimatka, pláštěnka nebo deštník.

5. skupina: mobilní telefon s nabíječkou, svítilna, zavírací nůž, šíři, psací potřeby a dálé předměty pro vyplnění volného času – knihy, hračky pro děti, společenské hry.

Každé zavazadlo opatřete cedulkou se jménem, adresou a číslem mobilního telefonu majitele. Obalte plastovou folií, nebo jej vložte do plastového pytla a těsně uzavřete. Cedulku se jménem a adresou dejte do kapsy s malým dětem. Do příručního dobrého uzavíratelného zavazadla si pro případ dekontaminace zavlečte jedno náhradní obléčení, včetně spodního prádla a obuv. Příruční zavazadlo také zabezpečte proti kontaminaci, stejně jako evakuaci zavazadlo.

Základní informace pro případ radiační havárie | 7

DOPRAVNÍ ZABEZPEČENÍ EVAKUACE

Evakuaci lze provést:

1. vlastním vozidlem za tétoč predpokladů:

- vozidlo je garážováno v dostatečné blízkosti úrytu,
- vozidlo je v dobrém technickém stavu,
- zásoba pohonných hmot je dostatečná (asi na 100 km jízdy),
- alešpon jeden člen posádky zná dobré cestu přes místo dekontaminace k cílovému místu evakuace (přijímací obec).
- řidič je způsobilý k jízdě dle pravidel silničního provozu;
- pokud máte ve vozidle autorádio, poslouchajte vysílané stanice Český rozhlas Radiažurnál (FM 90,7 MHz region Jihlava, 91,1 MHz region Brno nebo 101,2 MHz region Znojmo),
- při jízdě do místa dekontaminace mějte zavřená okna, nevteřejte, klimatizaci a topnou zařízení vozidla používejte jen v režimu vnitní cirkulace.

Dále:

- Po přjezdu na místo dekontaminace se proveď kontrola případné kontaminace.
- V případě zjištěné kontaminace bude vaše vozidlo dekontaminováno, případně sami projdete stanovištěm osobní dekontaminace. Postupujte podle pokynů záchranných složek na místě.

Můžete si zabezpečit vlastní ubytování, využijte této možnosti. V každém případě vás žádáme: **informujte o svém přjezdu obecní úřad obce v místě vašeho vlastního ubytování.** I v případě evakuace do míst vlastního ubytování musíte dodržet stanovenou evakuaci trasu v zóně havarijního plánování a projet místem dekontaminace.

Základní informace pro případ radiační havárie | 8

2. hromadnými dopravními prostředky určenými k evakuaci:

Do jednotlivých obcí budou přistaveny autobusy, které vás dopraví do určených míst.

S konkrétními místy přistavení vás seznámí váš obecní úřad. Jsou vám volena tak, aby vás požaly ve volném prostoru po opuštění úkrytu a přemístění k autobusu byl co nejkratší. **Nasedání do autobusu na určeném shromaždišti bude zahájeno klaksonem autobusu a upřesněno místním rozhlasem nebo jiným způsobem v místě obvyklém.**

Po výzvě k nasednutí do autobusu i při využití vlastního vozidla (pokud je zaparkováno mimo vaše obydlí), je třeba dodržovat tato opatření:

- nasadit ochranné návleky na obuv (plastový sáček apod.),
- nasadit prostředky pro ochranu dýchacích cest a povrchu téla (roušky a improvizované prostředky individuální ochrany),
- vztí se sebou evakuaci zavazadlo a příruční zavazadlo (nepokládejte je na zem), uzamknout dům a nejkratší cestou se odebrat k autobusu nebo vozidlu určenému k evakuaci,
- před vstupem do dopravního prostředku svíteknut prostředky k ochraně povrchu téla (pláštěník, gumové rukavice a jiné improvizované prostředky) sejmout z obvodu ochranné návleky a pojehu je mimo vozidlo,
- rousky a improvizované prostředky pro ochranu dýchacích cest si ponechat po celou dobu přesunu do místa dekontaminace,
- zachovávat klid, chovat se ukázněně, důsledně se řídit pokyny orgánů veřejné správy a složek provádějících evakuaci,
- upozornit starostu obce na případ, kdy spoluobčanům z jakýchkoliv důvodů zůstali v bytích a budovách.

Plánované evakuacní trasy přes místa dekontaminace do přijímacích středisek a příjmových obcí:

Evakuacní trasy jsou voleny tak, aby doprava po komunikacích byla plynulá, nedocházelo ke komplikacím, nebránilo se příjezdu technických prostředků, a v co nejkratší době mohlo být opuštěno ohrožené území přes místa dekontaminace. Konkrétní využití evakuacních tras bude upřesněno dle aktuálního vývoje situace. Od místa dekontaminace do přijímacího střediska budou trasy voleny operativně.

Evakuacní trasy (EVA):

1. Dukovany » Mohelno » Březník » Kralice n. Oslavou » Jinošov » Jasenice » Tasov
2. Rapotice » Kralice n. Oslavou » Náměšť n. Oslavou » Vladislav » Třebíč
3. Náměšť n. Oslavou » Jinošov » Velká Bíteš
4. Dalešice » Stropčín » Koněšín » Smrk » Budíšov
5. Hrotovice » Záručice » Lipník » Klúčov » Střítež » Třebíč
6. Rouchovany » Přešovice » Radkovice u Hrotovic » Mysliborce » Jaroměřice n. Rokytnou » Moravské Budějovice
7. Slavětice » Kramolín » Hartvíkovice » Koněšín
8. Mohelno » Kladenec » Sedlec » Vicenice u Náměště n. Oslavou
9. Stropčín » Valeč » Odunec » Radlice » Mysliborce
10. Tavíkovice » Ujezd » Statina » Střelice » Ježovice » Boskovštejn » Pavlice » Blízkovice
11. Horní Kounice » Medlovice » Vlštové » Horní Dunajovice » Zeletice » Vítovice » Prosiměřice » Stožkovice na Louce
12. Džbánice » Trstěnice » Hostěradice » Miroslav » Olbramovice » Branišovice
13. Rešice » Tulešice » Vémyslice » Dobelice » Olbramovice » Branišovice
14. Horní Dubňany » Dolní Dubňany » Dobřínsko » Moravský Krumlov » Olbramovice » Branišovice
15. Rapotice » Stanovště » Velká Bíteš
16. Zbraslav » Zastávka » Rosice » Autodrom Brno
17. Kettovice » Oslavany » Ivančice » Neslovice » Těžice » Autodrom Brno

V přijímacím středisku nebo v přijímové obci vám bude přiděleno místo nouzového ubytování. V místech nouzového ubytování pro vás bude zajištěno stravování včetně pitného režimu.

Základní informace pro případ radiační havárie | 9

PŘEHLED PŘIJÍMACÍCH STŘEDISEK A PŘÍJMOVÝCH OBCÍ

OBCE JIHMORAVSKÉHO KRAJE

Obce v 5km pásma v okoli JE Dukovany

Evakuovaná obec	Evakuacní a přijímací středisko
Horní Dubňany	Bmo, Králová 45
Rešice	Bmo, Kounicova 50

Obce v 5–10km pásma v okoli JE Dukovany

Evakuovaná obec	Evakuacní a přijímací středisko
Biskupky	Bmo, Mánesova 12c
Cermákovice	Bmo, nám. Miru 4
Dobřínecko	Bmo, J. Babáka 3/5
Dolní Dubňany	Bmo, Kohoutova 3–11
Džbánice	Bmo, Klácelova 2
Horní Kounice	Bmo, Sládkého 13
Jamolice	Bmo, Kounicova 46
Medlice	Bmo, Tvrdeho 7
Práškače	Bmo, Mánesova 12
Senorady	Bmo, Vlnářská 5
Tavíkovice	Bmo, Purkýhova 93
Tulešice	Bmo, Bratří Žürků 5
Ujezd	Bmo, Lomená 48
Vémyslice	Bmo, Kolejní 2

Obce v 10–20km pásma v okoli JE Dukovany

Evakuovaná obec	Přijímací obec
Babice u Rosic	Bilovice n. Svitavou
Běhařovice	Velké Pavlovice
Borutice	Pohorelice
Bojanovice	Olbramkostel
Boskovštejn	Šárov
Černín	Šárov
Čudice	Hrušovany u Brna
Dobelice	Rajhradice
Hluboké Mašůvky	Bitov
Horní Dunajovice	Lančov
Hostěradice	Dolní Dunajovice
Hostim	Pasohlávky
Ivančice	Brno
Jevišovice	Mikulov
Jezeřany-Maršovice	Klobouky u Brna
Jirice u Moravských Budějovic	Starý Petřín
Kadov	Těšany
Ketkovice	Lomnice
Kratouchovka	Drásov

Základní informace pro případ radiační havárie | 10

PŘEHLED PŘIJÍMACÍCH STŘEDISEK A PŘÍJMOVÝCH OBCÍ

OBCE JIHMORAVSKÉHO KRAJE

Obce v 10–20km pásma v okoli JE Dukovany

Evakuovaná obec	Přijímací obec
Křepice	Osnovice
Kyjovice	Olřany
Lesonice	Troubsko
Lukovany	Ujezd u Brna
Mikulovice	Stříbrná
Miroslav	Hustopeče
Miroslavské Knínice	Štíplice
Miroslavský Krumlov	Břeclav
Moravský Krumlov	Břežany
Morašice	Žabovřesky
Načeradec	Žabovřesky
Neslovice	Šlapanice
Němčícky	Horní Břečkov
Nová Ves u Oslavon	Sokolnice
Obramovice	Cejč
Oslavany	Hodonín
Petrovice	Ořechov
Plaveč	Vlasatice
Prosíkemřice	Drmholec
Příbram na Moravě	Boskovice
Rosice	Bzenec
Rozkoš	Šumava

Obce v 10–20km pásma v okoli JE Dukovany

Evakuovaná obec	Přijímací obec
Rudlice	Uhřetic
Rybniky	Želešice
Skalice	Jedovnice
Slatina	Hevlín
Stanovště	Mokrá-Horákov
Střelice	Vrbovce
Těžice	Třešnov
Trstěnice	Slavkov u Brna
Tvrdíhráz	Adamov
Újezd u Rosic	Orlovice u Brna
Vedrovice	Velké Bílovice
Vevčice	Velký Karlov
Vlštové	Zárovice (ORP Mikulov)
Vítovice	Sedlec
Výrovice	Břežany
Vysoké Popovice	Pozořice
Zákupy	Zidlochovice
Zastávka	Výškov
Zbraslav	Kuřim
Zbyšov	Kýlov
Zeletice	Rousínov
Zerotice	Měřín

Základní informace pro případ radiační havárie | 11

PŘEHLED PŘÍJMOVÝCH OBCÍ

OBCE KRAJE VYSOČINA

Obce v 5km zóně v okolí JE Dukovany

Evaluovaná obec	Přijmová obec
Dukovany	Třebíč
Mohelno	Třebíč
Rouchovany	Moravské Budějovice
Slavětice	Moravské Budějovice
Šemnickovice	Moravské Budějovice

Obce v 5–10km zóně v okolí JE Dukovany

Evaluovaná obec	Příjmová obec
Báčice	Třebíč
Březník	Velká Bíteš
Dalešice	Třebíč
Hrotovice	Třebíč
Kladeruby	Velká Bíteš
Kramolín	Třebíč
Krhov	Třebíč
Kuroslepy	Velká Bíteš
Lhánice	Třebíč
Litovany	Moravské Budějovice
Popůvky	Třebíč
Přešovice	Moravské Budějovice
Račice	Třebíč
Sedlec	Třebíč
Stropčice	Třebíč

Obce v 10–20km zóně v okolí JE Dukovany

Evakuovaná obec	Příjmová obec
Biskupice	Domamil
Blatnice	Police
Boňov	Menhartice
Častotice	Kojetice
Címěř	Okríšky
Dolní Vilémovice	Předín
Hartvíkovice	Staréč
Hluhácké	Pavlovice u Velkého Meziříčí
Horní Lhotice	Vidonín
Chroustov	Kouty
Jaroměřice n. Rokytnou	Jemnice
Jasenice	Bory
Jedov	Stránecká Zhoř
Jinošov	Stražek
Klučov	Martinkov

Základní informace pro případ radiační havárie | 12

PŘEHLED PŘÍJMOVÝCH OBCÍ

OBCE KRAJE VYSOČINA

Obce v 10–20km zóně v okolí JE Dukovany

Evakuovaná obec	Příjmová obec
Koněšín	Petrovice
Kožlany	Bransouze
Kralice n. Oslavou	Křižanov
Krokočín	Heřmanov
Lesní Jakubov	Kundratice
Lipník	Budkov
Mysliborce	Želetava
Naloučany	Netín
Náměšt n. Oslavou	Žďár n. Sázavou
Očmanice	Bohdalov
Odunec	Čáslavice
Ohrazenice	Mladonice
Okarec	Rimov
Okrasovice	Cechtin
Ostášov	Radotice
Otradice	Nová Ves
Petrůvky	Jiratice
Plešice	Kouty
Pozdátn	Chlistov
Pozdátky	Cechtin
Příložany	Kostníky

Obce v 10–20km zóně v okolí JE Dukovany

Evaluovaná obec	Přijímající obec
Přístož	Slavkovice
Pucov	Osvá Obleška
Pýšel	Rokytnice n. Rokytnou
Radošovice u Hrotovic	Lesonice
Rapošice	Měřín
Ratibořice	Třebelovice
Slavíčky	Cechťín
Smrk	Heralice
Střížov	Olkříšky
Studenec	Přibyslavice
Sudice	Radostin n. Oslavou
Stěpanovice	Oponešice
Trbenice	Kouty
Třesov	Čechčebovice
Valeč	Opotov
Vaneč	Rokytnice n. Rokytnou
Vicenice	Moravce
Vladislav	Olkříšky
Zahrádky	Kojetice
Záru比ice	Lhotice a Jemnice
Záhřeby	Pikáreč
Záhřeby	Pikáreč

Základní informace pro případ radiační havárie | 13

POZNÁMKY:

Zpracoval: Útvář hejmanové připravenosti ČEZ, a. s., Útvář jedná komunikace ČEZ, a. s., Útvář marketingové komunikace ČEZ, a. s.
Obsah byl odsouhlasen: SÚJB, hejmanem Jihomoravského kraje, hejmanem Kraje Vysočina, HZS Jihomoravského kraje, HZS Kraje Vysočina
Graficky navrhla: Moushould, a. s., ř. o., Triangl, a. s., Beranových 65, Praha 9, Obrázek v titulní straně: Aneta Hřízová, ZD Dukovany

Základní informace pro případ radiační havárie | 14

FORMULÁŘ „A“ / POZNÁMKY PRO VAŠI POTŘEBU**VYPLŇTE JIŽ TEĎ**

Tento formulář je určen k tomu, abyste si mohli zaznamenat údaje, které můžete potřebovat v případě vyhlášení evakuace. Vyplňte a ponechte v kalendáři pro vlastní potřebu!

Název evakuované obce:

Trasa evakuace do místa dekontaminace (doplňte až v případě radiační havárie – trasa vám bude sdělena současně s výzvou k evakuaci, na základě meteorologických podmínek):

Přijímací středisko / příjemová obec (dle uvedeného seznamu „Přehled přijímacích středisek / příjemových obcí“):

Název a adresa místa nouzového ubytování (bude vám sdělena v přijímacím středisku):

Přijímací středisko školského zařízení vašich dětí:

Přijímací středisko vašeho zaměstnání:

Důležitá telefonní čísla:

Starosta:

Obecní úřad:

*Přijímací středisko se určuje dle obce, ve které se objekt nachází, viz „Přehled přijímacích středisek a příjemových obcí“

Základní informace pro případ radiační havárie | 15**FORMULÁŘ „B“ PRO OBECNÍ ÚŘAD****VYPLŇÍ OSOBY VYŽADUJÍCÍ POMOC PŘI EVAKUACI
VYPLŇTE po obdržení tohoto kalendáře
A ODEVZDEJTE NA VÁŠ OBECNÍ ÚŘAD**

Vaše jméno:

Vaše adresa:

Vaše telefonní číslo:

Obec:

Místní část obce:

Jména a příjmení osob poskytujících vám péčí:

Telefonní číslo:

Adresa:

V případě ukrytí potřebuji zajistit pomoc: (jakou)

V případě evakuace potřebuji zajistit pomoc: (jakou)

Doplňující údaje a informace:

Základní informace pro případ radiační havárie | 16**FORMULÁŘ „C“ OZNAČENÍ OPOUŠTĚNÉHO DOMU PRO PĚČI O ZVÍRATA****VYPLŇTE PŘI EVAKUACI
– vyplň majitel zvířat po vyhlášení evakuace**

Při evakuaci tento lístek vyplňte a umístěte viditelně na dveřích vašeho bytu či domu. Ke zvíratům umožněte přístup!

Adresa:

Majitel (mobil, e-mail):

Druh zvířat:

Počet zvířat:

Umístění zvířat:

Zvířata, která vyžadují ošetření:

Umístění krmiv:

Základní informace pro případ radiační havárie | 17

FORMULÁŘ „D“ ZPRÁVA PRO OBECNÍ ÚŘAD

VYPLŇTE PŘI EVAKUACI

Při evakuaci vyplňte a umístěte viditelně na dveřích opouštěného domu či bytu.

Vaše evakuovaná obec (název):

Vaše adresa:

Jména a příjmení (osob žijících ve společné domácnosti):

Odjeli i sime dne:

Y-haplotype

Vlastním vozidlem: ano ne

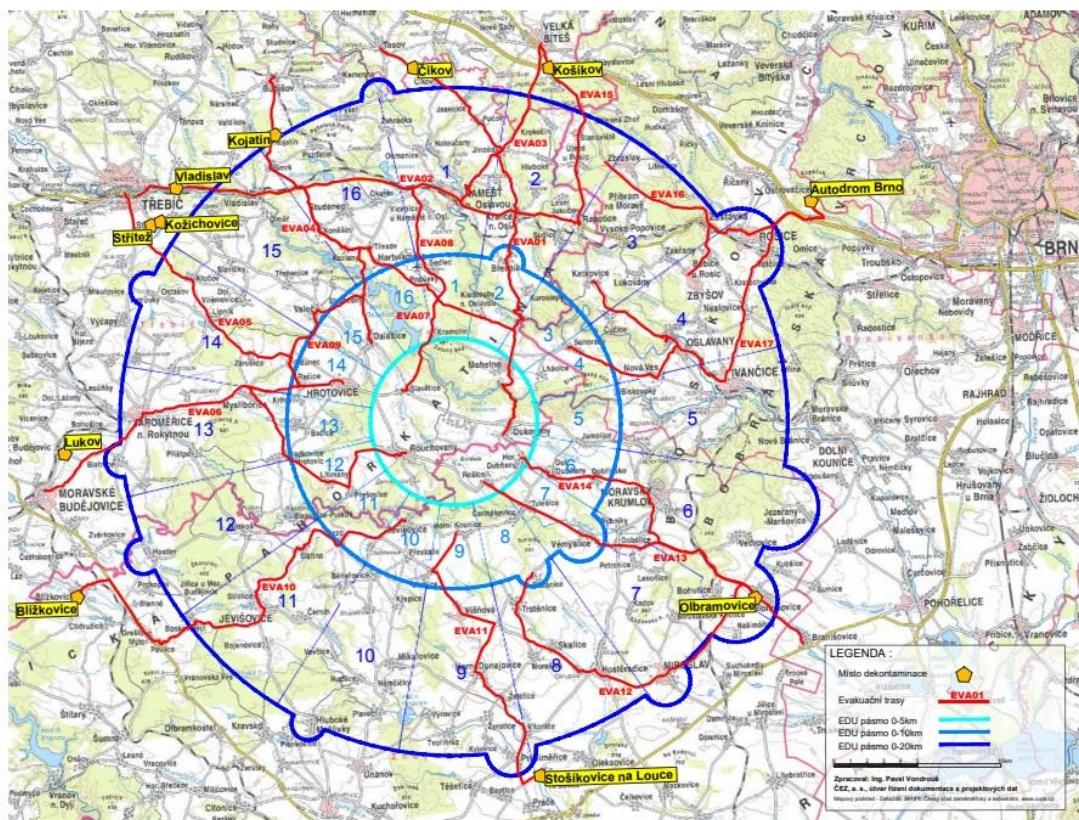
V případě evakuace vlastním vozidlem a vlastního ubytování se po příjezdu na místo přihlase na místním obecním úřadu. Budeme se zdržovat na adrese (kontakt, mobil, e-mail):

Podpis:

Tuto část v případě evakuace oddělte a ponechte při odchodu na dveřích bytu či domu.
Na základě vyplnění a připevnění tohoto formuláře nebudeste vyhledáváni ve svém bydlišti a ulehčíte práci záchrannářům.

Základní informace pro případ radiační havárie | 18

Zóna havarijního plánování Jaderné elektrárny Dukovany

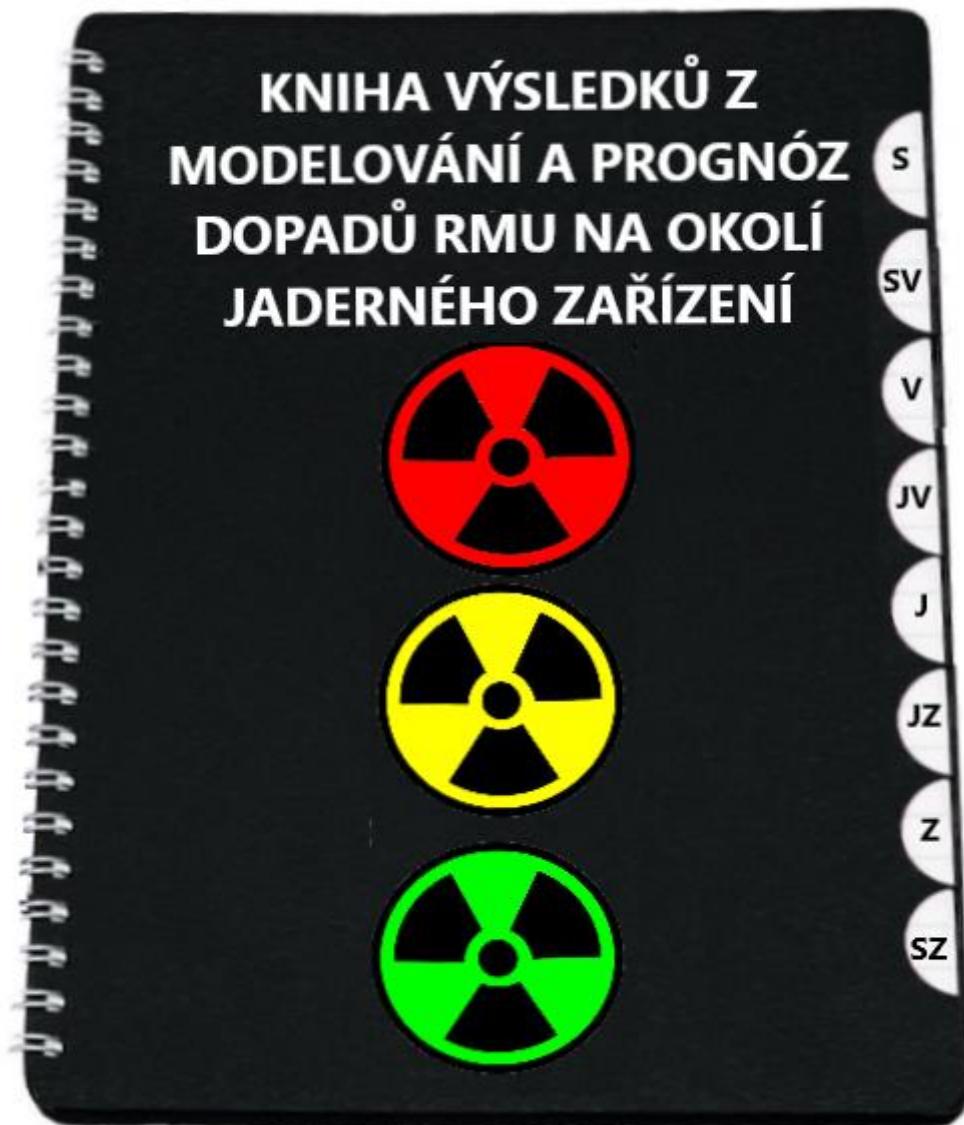


Základní informace pro případ radiační havárie | 19

Zdroj: Útvar havarijní připravenosti ČEZ, a.s., a Útvar komunikace EDU ČEZ a.s., 2020. *Základní informace pro případ radiační havárie JE Dukovany 2020-2021.* online. Dostupné z:

file:///C:/Users/j%C3%A1/Downloads/prirucka_jedu_2020_2021%20(4).pdf

Příloha č. 4 - Návrh knihy výsledků (práce autorky)



9. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES (SÚJB, 2016)	21
Tabulka č.2 – Beaufortova stupnice síly větru (Štětina, 2014)	40
Tabulka č. 3 - Klasifikace srážek podle intenzity (Havlíček a kol. 1986)	40
Tabulka č. 4 – Pasquillův – Giffordův model stability počasí (Chambers, 2015)	41
Tabulka č.5 – Dávkový příkon všemi cestami za 8 hodin (mSv/h)	44
Tabulka č. 6 - Dávkový příkon všemi cestami za 16 hodin (mSv/h)	44
Tabulka č. 7 - Dávkový příkon všemi cestami za 24 hodin (mSv/h)	45
Tabulka č. 8 – Efektivní dávka za 8 hodin (mSv)	45
Tabulka č. 9 – Efektivní dávka za 16 hodin (mSv)	46
Tabulka č. 10 – Efektivní dávka za 16 hodin (mSv)	46

10. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – průměrný úhrn srážek a rychlosti větru v okolí JE Dukovany.....39

11. Seznam grafů

Graf č. 1 - Dávkový příkon Slavětice (vlastní výzkum)	47
Graf č. 2 - Dávkový příkon Dalešice, (vlastní výzkum)	47
Graf č. 3 - Dávkový příkon Valeč, (vlastní výzkum)	47
Graf č. 4- Dávkový příkon Vladislav, (vlastní výzkum)	47
Graf č. 5 - Dávkový příkon Třebíč, (vlastní výzkum)	48
Graf č.6 - Dávkový příkon Jihlava, (vlastní výzkum)	48
Graf č. 7 – Efektivní dávka Slavětice, (vlastní výzkum)	48
Graf č. 8 – Efektivní dávka Dalešice, (vlastní výzkum)	48
Graf č. 9 – Efektivní dávka Valeč, (vlastní výzkum)	48
Graf č. 10 – Efektivní dávka Vladislav, (vlastní výzkum)	48
Graf č. 11 – Efektivní dávka Třebíč, (vlastní výzkum)	49
Graf č. 12 – Efektivní dávka Jihlava, (vlastní výzkum)	49
Graf č. 13 - Celková efektivní dávka po 8 hod. (E-2) [Sv], (vlastní výzkum)	50
Graf č. 14 - Celková efektivní dávka po 16 hod. (E-2) [Sv], (vlastní výzkum)	51
Graf č. 15 - Celková efektivní dávka po 24 hod. (E-2) [Sv], (vlastní výzkum)	51
Graf č. 16 - Úvazek inhalací od začátku úniku za 8 hod. (E-2) [Sv], (vlastní výzkum) ..	52
Graf č. 17 - Úvazek inhalací od začátku úniku za 16 hod. (E-2) [Sv], (vlastní výzkum) ..	52
Graf č. 18 - Úvazek inhalací od začátku úniku za 24 hod. (E-2) [Sv], (vlastní výzkum) ..	53
Graf č. 19 - Příkon dávky vsemi cesty za 8 hod. (E-4), [Sv/hod], (vlastní výzkum)	54
Graf č. 20 - Příkon dávky vsemi cesty za 16 hod. (E-4), [Sv/hod], (vlastní výzkum)	54
Graf č. 21 - Příkon dávky vsemi cesty za 24 hod. (E-4), [Sv/hod], (vlastní výzkum)	55
Graf č. 22- Depozit jodu během 8 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	56
Graf č. 23 - Depozit jodu během 16 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	57

Graf č. 24 - Depozit jodu během 24 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	57
Graf č.25 - Mokrý depozit jodu během 8 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	58
Graf č. 26 - Mokrý depozit jodu během 16 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	58
Graf č. 27 - Mokrý depozit jodu během 24 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	58
Graf č. 28 - Depozit cesia během 8 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	59
Graf č. 29 - Depozit cesia během 16 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	59
Graf č. 30 - Depozit cesia během 24 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	60
Graf č. 31 - Mokrý depozit cesia během 8 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	60
Graf č. 32 - Mokrý depozit cesia během 16 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	61
Graf č. 33 - Mokrý depozit cesia během 24 hod. (E06), [Bq/m ²], (vlastní výzkum)	61
Graf č.34 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 1 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	63
Graf č.35 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 1 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	63
Graf č. 36 - Vliv dávky na ochranná opatření u Meteo 2 (v mSv), (vlastní výzkum)	64
Graf č. 37 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 2 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	64
Graf č. 38 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 3 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	65
Graf č. 39 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 3 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	65
Graf č. 40 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 4 (v mSv), (vlastní výzkum) ..	66
Graf č. 41 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 4 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	66
Graf č. 42 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 5 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	67

Graf č. 43 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 5 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	67
Graf č. 44 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 6 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	68
Graf č. 45 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 6 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	68
Graf č. 46 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 7 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	69
Graf č. 47 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 7 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	69
Graf č. 48 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 8 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	70
Graf č. 49 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 8 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	70
Graf č. 50 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 9 (v mSv), (vlastní výzkum) ...	71
Graf č. 51 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 9 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	71
Graf č. 52 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 10 (v mSv), (vlastní výzkum) ..	72
Graf č. 53 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 10 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	72
Graf č. 54 - Vliv dávky na ochranná opatření pro Meteo 11 (v mSv), (vlastní výzkum) ..	73
Graf č. 55 - Vliv dávkového příkonu na ochranná opatření pro Meteo 11 (mSv/h.), (vlastní výzkum)	73

12. Seznam použitých zkratek

C - uhlík

Cs - cesium

CNS - centrální nervový systém

CV Řež - Centru výzkumu Řež

ČEZ a.s. - České energetické závody

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

ČR - Česká republika

ČVUT - České vysoké učení technické

GIS – Geografický informační systém

GIT - gastrointestinální trakt

HP - havarijní plán

HZS – Hasičský záchranný sbor

I – jód

IAEA – International Atomic Energy Agency

ICRP - International Commission on Radiological Protection

INES – International Nuclear Event Scale

IZS - integrovaný záchranný systém

JE - jaderná elektrárna

KS - krizová situace

MU - mimořádná událost

MV- ministerstvo vnitra

MVP - Meziklad vyhořelého paliva

PTM - puff trajectory model

RMU - radiační mimořádná událost

SW - software

SÚJB - Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRO - Státní ústav radiační ochrany

Sv - Sievert

SVP - Sklad vyhořelého paliva

SVJD - Sklad vyhořelého jaderného paliva

SÚRAO - Správa úložišť radioaktivních odpadů

ÚRAO - Úložiště radioaktivního odpadu

VHP – Vnitřní havarijní plán

VněHP - Vnější havarijní plán

VVER - vodo-vodní energetický reaktor

ZHP – Zóna havarijního plánování