

**Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity
v Českých Budějovicích**



**Vliv drsnosti povrchu na emisi znečištění v rámci
výpočetního modelu aplikace RTARC-ETE**

Bakalářská práce

Jaroslav Selinger

Vedoucí práce: Ing. Jiří Pospíchal

České Budějovice 2012

Selinger, J., 2012: Vliv drsnosti povrchu na emisi znečištění v rámci výpočetního modelu aplikace RTARC-ETE. [Influence of the surface roughness length on the emission of pollution in computer code RTARC for ETE NPP. Bc. Thesis, in Czech] – 36 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

The RTARC (Real Time Accident Release Consequence) computer code uses the values of roughness length based on readings of printed maps. The goal of this work was to determine the real roughness length based on digital map records. The work describes the influence of the values of roughness length on the processes of atmospheric dispersion and on the exposure of the population in close vicinity of Nuclear Power Plant Temelin during winter and summer season. The influence of roughness length is simulated by the Monte Carlo method. Sensitivity of computer code RTARC to the uncertainties of roughness length and other inputs (wind speed, plume rise, category stability of atmosphere and deposition velocity) is analyzed by the SU (sensitivity and uncertainties) statistical methods.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou - 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 kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 21. 4. 2012

Jaroslav Selinger

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Pospíchalovi a RNDr. Juraji Ďúranovi, CSc. z VUJE Trnava za odborné vedení a za cenné rady a připomínky. Dále bych rád poděkoval Ing. Marcelu Čavojskému z VUJE Trnava a kolektivu LRKO České Budějovice za pomoc a rady při řešení úkolů.

Obsah:

1. ÚVOD.....	1
1.1 SOUČASNÝ STAV.....	1
1.2 JADERNÉ HAVÁRIE A NEHODY.....	1
1.3 ŠÍŘENÍ RADIONUKLIDŮ ATMOSFÉROU A OVLIVŇUJÍCÍ FAKTORY.....	2
1.4 VLIV DRSNOSTI TERÉNU NA ŠÍŘENÍ ATMOSFÉROU.....	4
1.5 VÝPOČETNÍ SYSTÉM RTARC.....	9
1.5.1 Popis funkce programu a řešeného problému.....	9
1.5.2 Model vlivu drsnosti terénu na šíření atmosférou používaný výpočetním systémem RTARC	11
1.6 PRAVDĚPODOBNOSTNÍ MODEL.....	14
1.6.1 Definice analýz citlivosti.....	14
1.6.2 Míry citlivosti.....	15
1.6.3 Pearsonův a Spearmanův koeficient korelace.....	16
1.6.4 Statistický test Smirnova.....	17
1.6.5 Vzorkování hodnot parametrů.....	18
1.7 SPECIFIKACE LOKALITY ETE V SOUVISLOSTI S ŘEŠENÝM PROBLÉMEM.....	19
2. CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY.....	20
2.1 CÍLE PRÁCE.....	20
2.2 HYPOTÉZA.....	20
3. METODIKA.....	20
3.1 ZÍSKÁNÍ DAT Z DIGITÁLNÍHO MODELU ÚZEMÍ (DMÚ25).....	20
3.1.1 Rozdělení bodů vrstvy „ETE_drsnost“ do sektorů a zón.....	22
3.2 ZPRÁVY O MONITOROVÁNÍ OKOLÍ - ZEMĚDĚLSKÉ VYUŽITÍ POZEMKŮ.....	23
3.2.1 Legislativní požadavky.....	23
3.2.2 Zemědělské plodiny.....	23
3.3 METODIKA STANOVENÍ OBLASTI V OKOLÍ ETE, KDE JE VÝZNAMNÝ VLIV DRSNOSTI POVRCHU NA ŠÍŘENÍ ZNEČIŠTĚNÍ.....	23
3.3.1 Využití drsnosti terénu při výpočtu ozáření obyvatelstva aplikací RTARC.....	23
3.3.2 Metoda minimálně konzervativního odhadu parametrů drsnosti v zónách ETE.....	24
4. VÝSLEDKY.....	27
4.1 POROVNÁNÍ NOVÝCH A STÁVAJÍCÍCH DRSNOSTÍ POVRCHU V OBDOBÍ VEGETAČNÍHO KLIDU.....	27
4.2 POROVNÁNÍ NOVÝCH A STÁVAJÍCÍCH DRSNOSTÍ POVRCHU VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ.....	28
4.3 PROMĚNLIVOST DRSNOSTI POVRCHU BĚHEM ROKU.....	29

4.4	STANOVENÍ OBLASTI V OKOLÍ ETE, KDE JE VÝZNAMNÝ Vliv DRSNOSTI POVRCHU NA ŠÍŘENÍ ZNEČIŠTĚNÍ.....	30
5.	DISKUSE	31
6.	POUŽITÉ ZKRATKY	34
7.	CITOVANÁ LITERATURA	35
	PŘÍLOHY	37

1. Úvod

1.1 Současný stav

Jaderné elektrárny v současné době patří díky neustále se zdokonalující technické realizaci a mnohačetným bezpečnostním opatřením k nejbezpečnějším technickým zařízením. I přes všechna opatření však nelze vyloučit vznik radiační havárie.

Proto byl pro tento případ vyvinut program RTARC, který slouží k predikci a modelování vývoje pohavarijní radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín v případě porušení všech ochranných bariér a úniku radioaktivních látek do životního prostředí.

Cílem této práce je aktualizace vstupních souborů popisujících drsnost terénu pomocí digitálních mapových podkladů, vyhodnocení drsnosti terénu v závislosti na ročním období a stanovení oblasti významného vlivu drsnosti povrchů na šíření RAL. Práce bude sloužit jako podklad pro aktualizaci programu RTARC.

1.2 Jaderné havárie a nehody

Jako každá lidská činnost i používání zdrojů ionizujícího záření je spojeno s možností vzniku nehod i havárií. Je jen málo oblastí lidské činnosti, kde byla zároveň s rozvojem aplikací věnována taková pozornost zajištění jejich bezpečnosti z hlediska ochrany zdraví, jako je používání zdrojů ionizujícího záření. Přesto však nelze absolutně vyloučit, že k neplánovanému ozáření lidí dojde. Likvidace radiačních nehod i havárií vyžaduje velmi rychlé operativní rozhodování vedoucí k realizaci opatření na ochranu zdraví pracovníků a obyvatel a opatření na ochranu majetku.

Neplánované ozáření či rozptyl radioaktivních látek je mimořádnou situací, vznikající najednou překvapivými a nepředpokládanými mechanismy a končící velmi různorodými následky. Základní rozdělení mimořádných situací je rozdělení na radiační nehody a radiační havárie [1].

- Radiační nehodou rozumíme událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřístupné ozáření osob.
- Jako radiační havárii označujeme radiační nehodu, která vyžaduje opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí [2].

1.3 Šíření radionuklidů atmosférou a ovlivňující faktory

Za normálního provozu je zdrojem vzdušných výpustí ventilační komín jaderné elektrárny. V průběhu anomálních a havarijních stavů je ventilační komín uzavřen a vzdušné výpusti unikají do okolí netěsnostmi ochranné obálky (kontejnmentu) nebo jiných izolačních zařízení elektrárny. V obou uvedených případech je uniklá vzdušina unášena větrem a postupně rozptylována v ostatní okolní atmosféře. Současně dochází k relativně pomalému vypadávání radioaktivních látek na povrch země (suchý spad) nebo v případě srážek k jejich rychlému vymývání ze vzduchu. Důsledkem obou procesů je kontaminace povrchu země radionuklidy a tím vstup radionuklidů do potravinových řetězců. Jedinec nacházející se na povrchu země tak může být vystaven vnějšímu ozáření z postupujícího kontaminovaného vzduchu (tzv. ozáření z mraku) a od radionuklidů deponovaných na zemi (tzv. ozáření z depa).

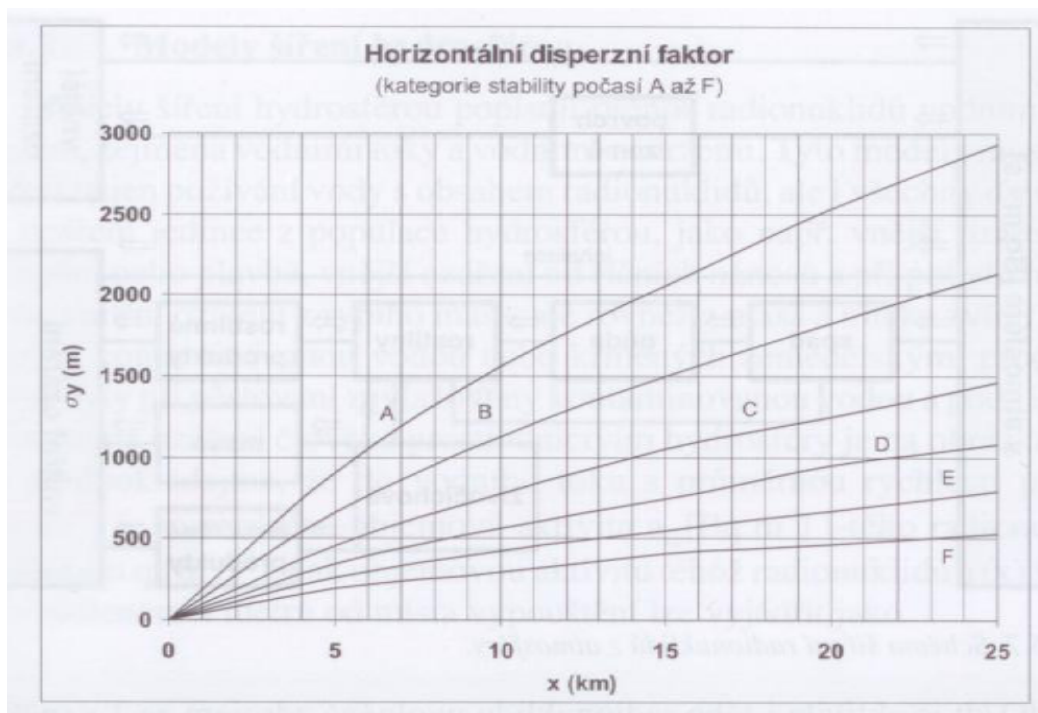
Šíření atmosférou je nejvýznamněji ovlivněno jejím stavem, který je popsán především kategorií stability atmosféry, rychlostí přízemního i výškového větru a množstvím srážek. Kategorie stability atmosféry jsou (podle Pasquilla) definovány v závislosti na výškovém teplotním zvrstvení vzduchu a označují se jako extrémně nestabilní (A), středně nestabilní (B), mírně nestabilní (C), neutrální (D), slabě nestabilní (E) a středně stabilní (F). Větší stabilita atmosféry (E, F) má za následek menší ředění výpusti ve vzduchu, neboli pokles objemové aktivity postupujících vzdušných mas je pomalejší než v případě kategorií nestabilních, což představuje větší riziko pro obyvatele nacházející se ve směru postupu mraku. Proto se při predikčních odhadech vlivu havarijních výpustí z jaderné elektrárny konzervativně předpokládá kategorie stability F. Kategorie stability atmosféry závisí na konkrétních podmínkách počasí. Čím stabilnější je kategorie stability, tím dále se šíří oblak radionuklidů, neboť je znemožněn jeho rozptyl ve vertikálním směru. Kategorie stability atmosféry je jeden z nejcitlivějších parametrů při modelování [1].

V různých směrech od zdroje jsou různé podmínky šíření dané vlastnostmi terénu (jeho reliéfem a v bezprostřední vzdálenosti od zdroje také přítomností stojících objektů). Rovněž demografické údaje pro výpočet kolektivních efektivních dávek se v jednotlivých směrech liší. Z tohoto důvodu je praktické rozdělit okolí jaderné elektrárny do více úhlových výsečí určujících sektory, obvykle je voleno 16 sektorů po 22,5° (stejně je tomu tak i u jaderné elektrárny Temelín).

Většina modelů šíření látek atmosférou je založena na gradientové přenosové teorii, tj. na skutečnosti, že tok kontaminantu v daném místě je úměrný lokálnímu gradientu koncentrace. Existuje řada modelů, které se liší účelem použití. Pro praktické účely ocenění

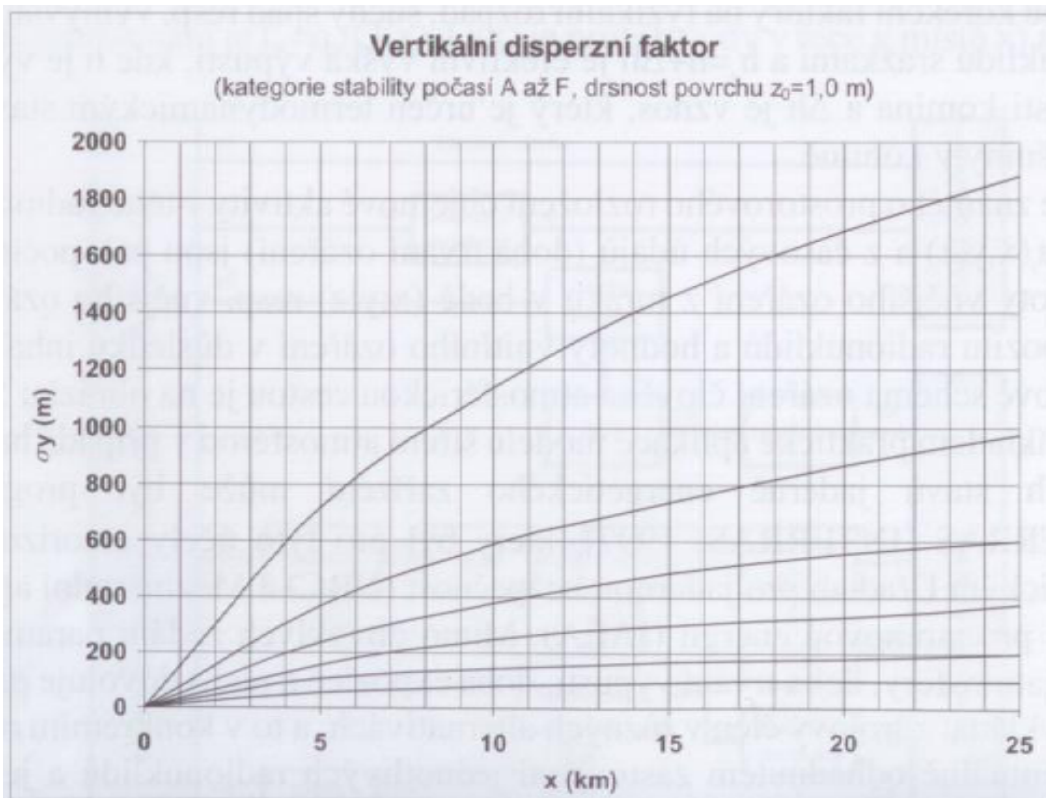
vlivu výpustí z jaderné elektrárny na okolí do cca 100 km se nejčastěji používá model gaussovský. V tomto modelu je rozptyl (turbulentní difuze) kontaminovaného vzduchu v horizontálním i vertikálním směru osy modelován gaussovskou funkcí tak, aby byl symetrický v obou směrech šíření v prostoru, tj. vzhledem k ose x i vzhledem k rovině $z = h$. V dané vzdálenosti x od zdroje je pak rozptyl (rozměr mraku podél i na výšku) dán tzv. horizontálním $\sigma_y(x)$ a vertikálním $\sigma_z(x)$ disperzním faktorem.

Horizontální disperzní faktor $\sigma_y(x)$ je pro malé vzdálenosti (řádově stovky metrů) přímo úměrný této vzdálenosti x a pro větší vzdálenost úměrný $x^{1/2}$, přičemž velikost konstanty úměrnosti závisí na kategorii stability atmosféry. Průběh funkce $\sigma_y(x)$ je pro jednotlivé kategorie stability znázorněn na obrázku č.1



Obrázek č. 1: Závislost horizontálního disperzního faktoru na vzdálenosti od zdroje pro různé kategorie stability. Zdroj [1]

Vertikální disperzní faktor $\sigma_z(x)$ není tak jednoduše definován jako horizontální disperzní faktor, je přirozeně výrazněji závislejší na kategorii stability atmosféry a závisí rovněž na parametru drsnosti povrchu. Průběh funkce $\sigma_z(x)$ je pro jednotlivé kategorie stability atmosféry a pro parametr drsnosti terénu $z_0 = 1$ m znázorněn na obrázku č. 2 [1].



Obrázek č. 2: Závislost vertikálního disperzního faktoru na vzdálenosti od zdroje pro různé kategorie stability. Zdroj [1]

1.4 Vliv drsnosti terénu na šíření atmosférou

Dle slovníku je drsnost povrchu definována jako charakteristika nerovnosti aktivního povrchu vystupujících jako činitel brzdící proudění vzduchu v přízemní vrstvě atmosféry. Kvantitativně je určována parametrem drsnosti Z_0 . Někdy se tento parametr uvádí jako drsnost malých měřítek, která je v přízemní vrstvě vyvolána rostlinným porostem, nerovnostmi půdy, malými objekty apod. Drsnost velkých měřítek v mezní vrstvě atmosféry, pro kterou se zavádějí jiné kvantitní charakteristiky je způsobena vertikálním členitým terénem, velkými objekty aj.

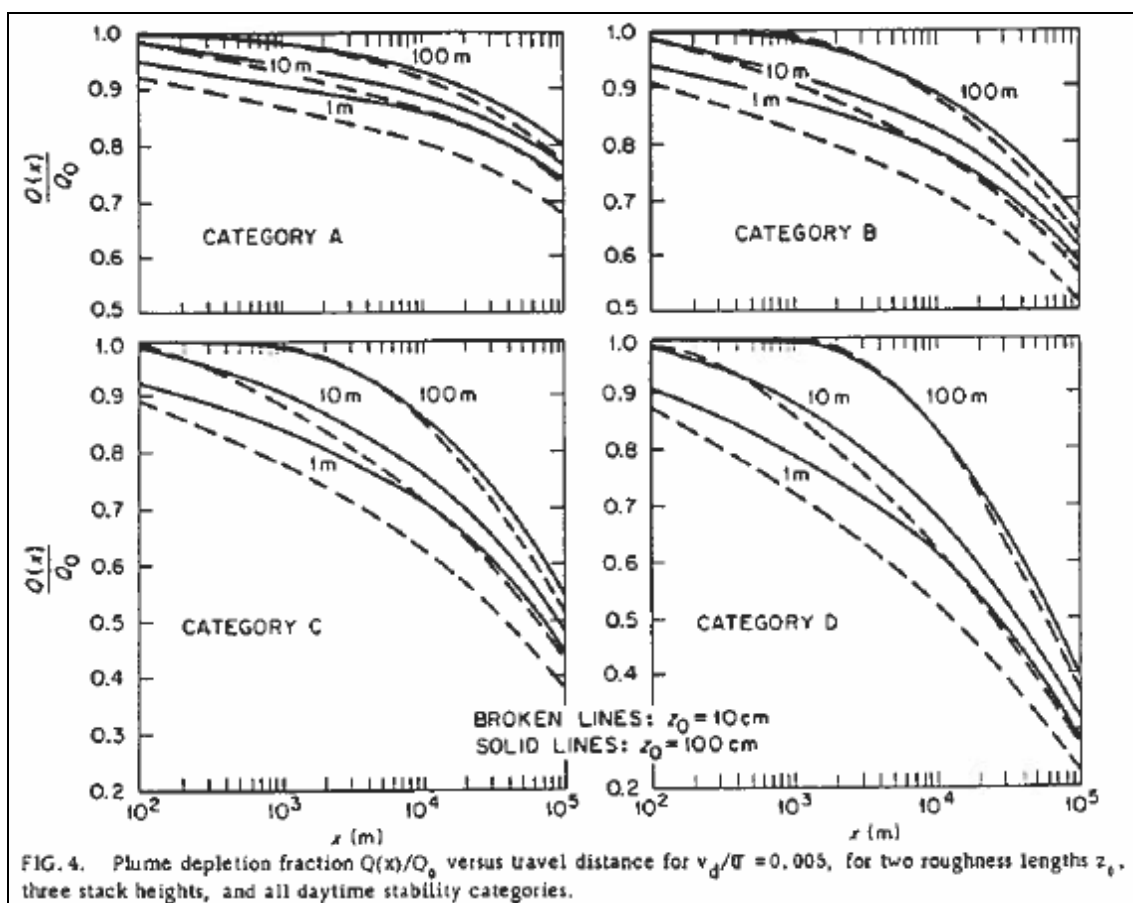
Hodnota drsnosti se používá v matematických modelech k označení drsnosti povrchu terénu. Ta ovlivňuje intenzitu turbulentních fluktuací a různá proudění vzduchu nad povrchem země. Větší hodnota drsnosti znamená větší výměnu turbulentní energie mezi povrchem terénu a atmosférou, ale také silnější vítr blízko země (standardní výška např. 10 m). Klasifikace terénu na základě hodnoty drsnosti nám udává tabulka č. 1

Tabulka č. 1: Klasifikace terénu

Třída	Drsnost z_0[m]	Typ povrchu
1	0,0002	vodní plocha
2	0,005	led
3	0,03	travnatý plochý terén s nízkou vegetací
4	0,1	obdělávaná plocha, nízké plodiny
5	0,25	otevřená krajina
6	0,5	mladý hustý les
7	1	vzrostlý les, nízká zástavba
8	přes 2.0	nepravidelné vysoké objekty, centra velkých měst

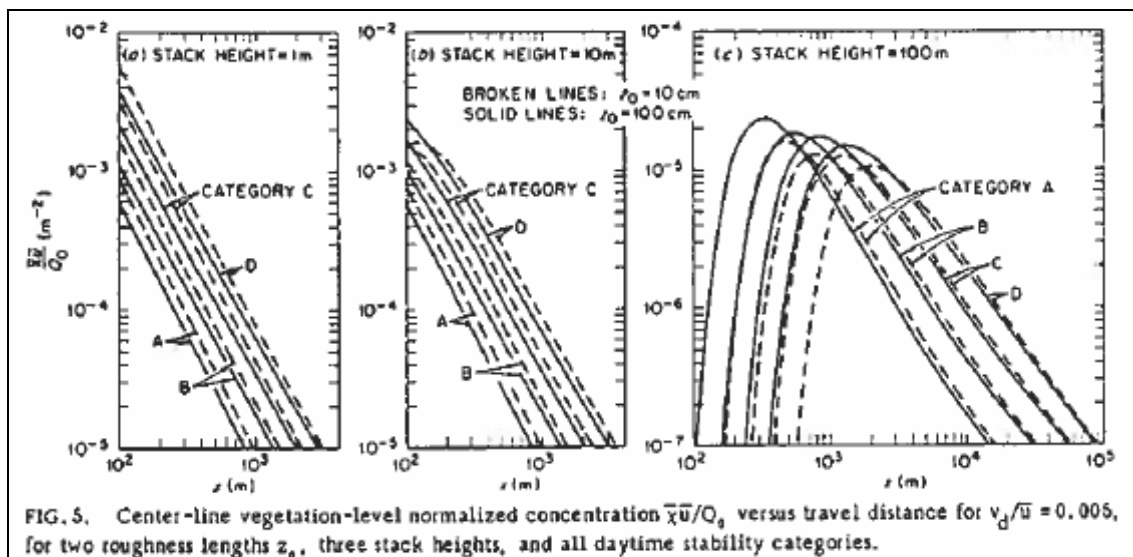
Grafy 4 a 5 na obrázku č. 3 a 4 nám ukazují vliv drsnosti povrchu terénu na ochuzování oblaku $Q(x)/Q_0$ a normalizovanou koncentraci X_u/Q_0 .

Obrázek č. 3 ukazuje závislost $Q(x)/Q_0$ na vzdálenosti od zdroje pro jednotný poměr rychlosti deponice a rychlosti větru v_d/u . A to pro dvě drsnosti, 3 různé výšky komínů a všechny druhy stability atmosféry během dne (A, B, C, D). Na grafu je vidět, že ochuzování vlečky (oblaku) pro vysoký komín není výrazně ovlivněno hodnotou drsnosti povrchu terénu. Rozdíly začnou být významné až na velmi velkých vzdálenostech ve směru větru. Ovšem pro nízké komíny je drsnost povrchu terénu významná pro všechny vzdálenosti. Se zvyšováním stability atmosféry se zvětšuje délka nutná pro výraznější ochuzování vlečky. To je rychlejší a kompletnější, pokud stabilita směřuje k neutralitě.



Obrázek č. 3, Zdroj [3]

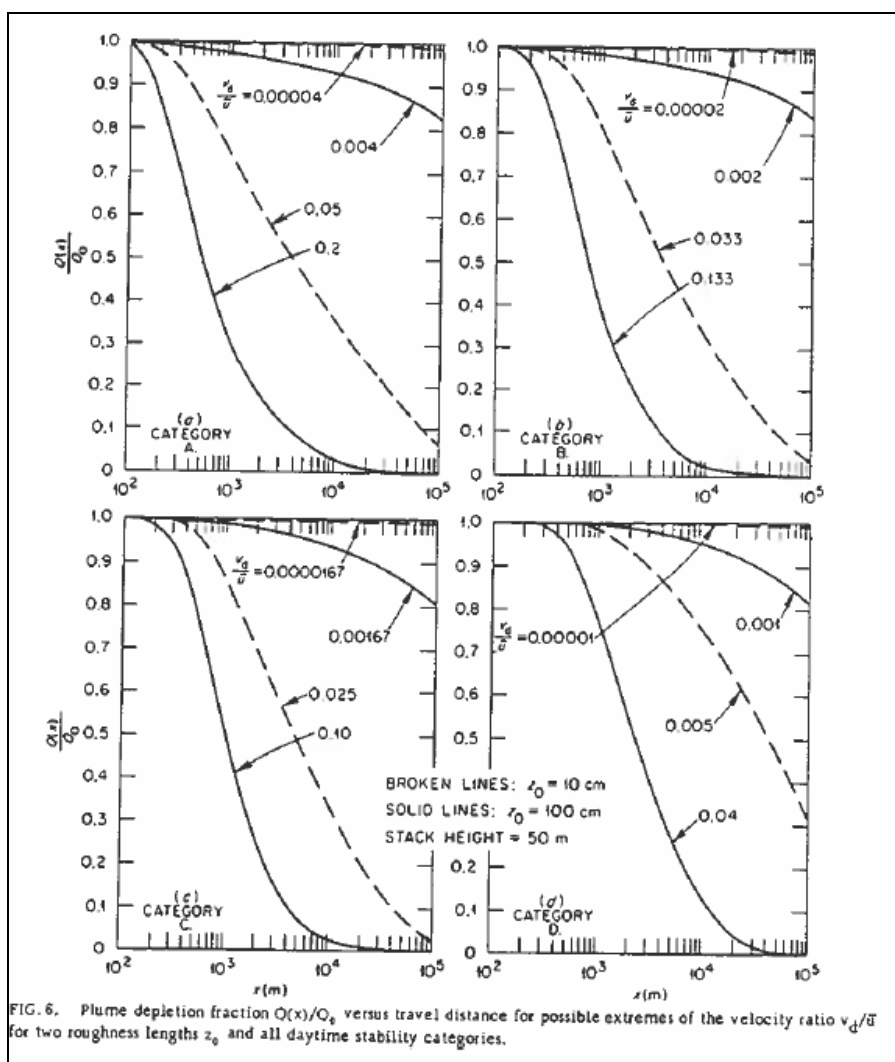
Graf 5 na obrázku č. 4 nám udává závislost normalizované koncentrace na vzdálenosti od zdroje. Závislost je vykreslená pro hodnotu poměru rychlostí $v_d/u = 0,005$, pro pole a lesy a pro jakoukoliv kategorii stability atmosféry vyskytující se v denních hodinách. Velikost drsnosti 10 cm a 100 cm odpovídá otevřeným travnatým plochám a lesním porostům. Ve vzdálenosti více než několik desítek výšek komínu směrem po větru je normalizovaná koncentrace pro $Z_0=10$ cm nepatrně vyšší než pro $Z_0=100$ cm.



Obrázek č. 4, Zdroj [3]

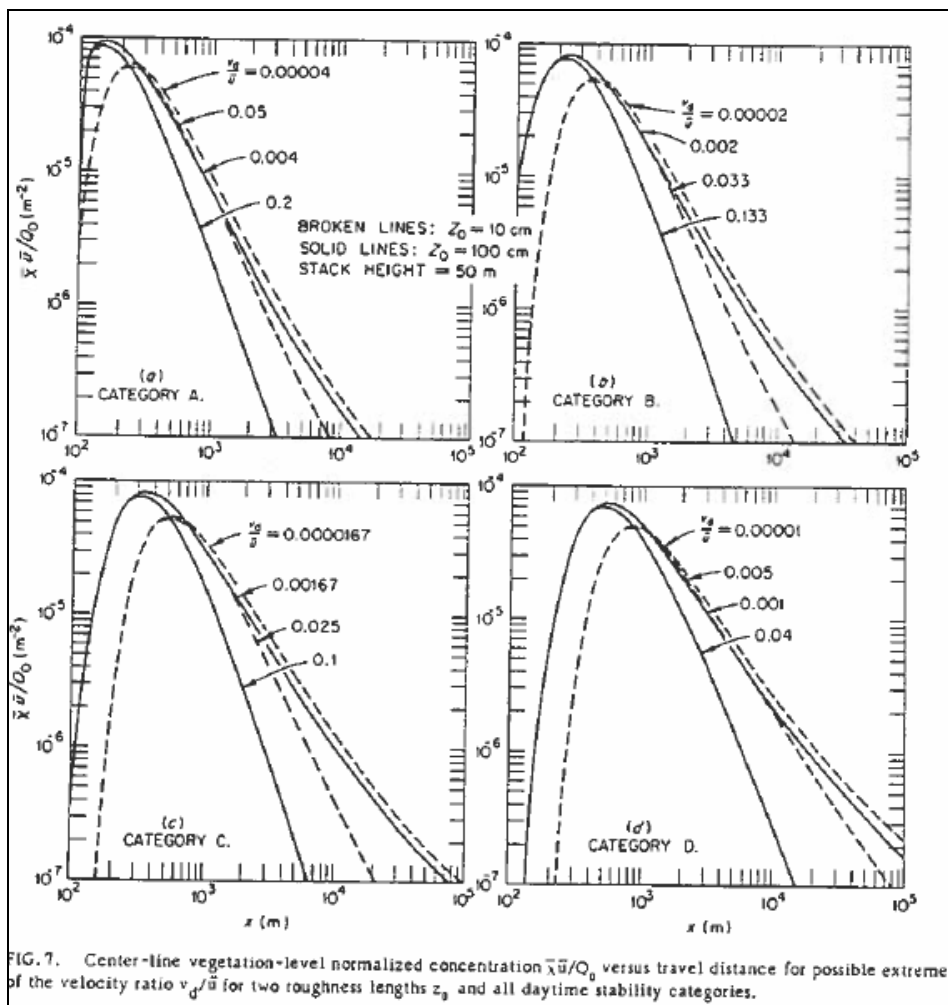
Na obrázku č. 4 je taktěž znázorněn vliv tří proměnných (kategorie, výška komínu, drsnost) na vzdálenost maxima povrchové koncentrace X_m . S rostoucí výškou komínu (graf 5a až 5c) je vidět posun maxima směrem po větru. Při použití vyššího komínu koncentrace naměřená na daném čidlu spíše roste, než klesá. Posun se zvětšuje se zvyšováním stability, vrcholy se pohybují směrem po větru. Velikost maxima koncentrace nepatrně klesá se zvyšováním stability směrem k neutralitě. Ze zmíněných vlivů (stabilita atmosféry, výška komínu, drsnost terénu) má drsnost nejmenší účinek. Pro menší drsnost je hodnota maxima menší a maximum se vyskytuje na větší vzdálenosti (obrázek 5c). Je nutné zdůraznit, že v grafech na obrázcích č. 3-6 se předpokládá, že drsnost terénu je stejná na všech vzdálenostech od zdroje.

Graf 6 a 7 na obrázku č. 5 a 6 znázorňuje vliv drsnosti povrchu při daném poměru rychlostí depozitu na ochuzování vlečky $Q(x)/Q_0$ a normalizovanou koncentraci X_u/Q_0 . Na obrázku č. 5 může úbytek vlečky pro travnatý povrch ležet mezi dvěma extrémny indikovanými přerušovanou čarou, zatímco pro lesnatý povrch jsou ohraničeny čarou spojitou. Stejně jako na obrázku č. 3 je evidentní, že vzdálenost nutná pro výraznější ochuzování oblaku roste směrem ke stabilnější atmosféře. V dané kategorii stability vede vysoká rychlost depozice k rychlejšímu ochuzení oblaku. Spodní ohraničení $Q(x)/Q_0$ pro les ($z_0=100$ cm) je nižší než pro otevřenou krajinu ($z_0=10$ cm), protože les způsobí stejné ochuzení oblaku na mnohem menší vzdálenosti než louky a pastviny.



Obrázek č. 5, Zdroj [3]

Graf 7 na obrázku č. 6 nám udává závislost normalizované koncentrace za daných poměrů rychlosti, dvě drsnosti a výšku komínu 50 m. Hodnoty poměrů rychlostí v_d/u vybrané pro každou kategorii stability atmosféry reprezentují pravděpodobné extrémy tohoto poměru pro denní kategorie stability a obě hodnoty drsnosti [3].



Obrázek č. 6, Zdroj [2]

Na obrázku č. 6 (graf 7) se maximum koncentrace pohybuje dále směrem po větru se zvyšováním stability a proti větru se zvyšováním drsnosti. Vysoká rychlost depozice má tendenci posouvat maximum křivky blíže ke zdroji, ale tento efekt je velmi malý [3].

1.5 Výpočetní systém RTARC

1.5.1 Popis funkce programu a řešeného problému

Programový systém RTARC 6.0 je novou verzí programu RTARC (Real Time Accident Release Consequence), který je určen na ocenění radiační situace v první fázi havárie, tj. v době mezi okamžikem poznání potenciálního ozáření obyvatelstva a únikem podstatné části radioaktivity do okolí. Tato verze umožňuje zahrnout do výpočtů on-line měření radiačních a meteorologických dat z teledozimetrického systému (TDS) a měření

mobilních skupin na rekonstrukci zdrojového členu, ale dá se použít i v případě nefunkčnosti TDS. Data z TDS jsou potom nahrazena ručně vloženými údaji o meteorologické situaci. Skládá se z balíku programů aází vstupných údajů.

Hlavní úlohy programu RTARC jsou:

- prognóza koncentrací, dávkových příkonů a efektivních, resp. ekvivalentních dávek
- aktualizace a zobrazení vývoje radiační situace v grafické nebo tabulkové formě
- určení a zobrazení zón ohrožení, vyžadujících provedení opatření
- určení a zobrazení zón ohrožení po přijetí ochranných opatření
- výpočet a zobrazení trajektorií, resp. stopy radioaktivního oblaku při měnících se meteorologických podmínkách

Pro vykonání těchto operací jsou potřebná:

- předem napočítané charakteristiky úniku RAL pro daný typ havárie, případně odhadnuté charakteristiky úniku vzácných plynů a jódu, resp. údaje měřené TDS
- aktuální meteorologické údaje
- údaje charakterizující vzniklou situaci z hlediska přijímání ochranných opatření
- on-line vstupní údaje z TDS nebo interaktivní zadávání následujících vstupů:
 - aktuální meteorologické údaje dodávané do LRKO z měření ČHMÚ on-line každých 5 min;
 - aktuální měřené dávkové příkony dodávané do LRKO z měření TDS on-line každých 5 min;
 - předpovězeny meteorologické údaje dodané do LRKO z měření ČHMÚ na požádání při havárii na nejbližších 1, 3, 6, 9, 12 a 24 hod

V programech se uvažují ty cesty expozice, které jsou nejvýznamnější v první fázi havárie, a to:

- vnější ozáření gama z oblaku a depozitu
- vnitřní ozáření z inhalace z oblaku a z resuspendované aktivity z povrchu země

Standardně je možné počítat efektivní dávky, ekvivalentní dávky na štítnou žlázu a na kostní dřeň pro šest věkových kategorií obyvatelstva (kojenci (0 - 1 rok), děti do dvou let (1 -2 roky), děti ve věku do 7 let, děti ve věku do 12 let, mládež ve věku do 17 let, dospělí).

V případech, kde je to z hlediska účelu programu nutné, je možné modelovat zavedení ochranných opatření typu ukrytí a jódová profylaxe. Tato opatření je možné zavádět při jejich simulaci současně nebo nezávisle na sobě.

Program počítá i očekávaný počet včasných úmrtí na chorobu z ozáření kostní dřeně pro zóny 1-5km, 5-10 km, 10-20 km a 20-40 km.

Z hlediska rozptylu radioaktivních látek jsou programy systému RTARC určeny pro přenos znečištění v atmosféře na krátké, střední a velké vzdálenosti. Programy pro vzdálenosti do 30-40 km využívají gaussovský model rozptylu příměsí v atmosféře, program pro střední a velké vzdálenosti využívá Lagrangeovský model, ve kterém je vertikální difuze modelována numerickou metodou konečných rozdílů a horizontální difuze je modelována s použitím parametru difuze, který je na rozdíl od parametrů Hoskera závislý na čase. Oba modely počítají se zahrnutím suchého spadu a vymývání atmosférickými srážkami pro aerosoly a jednotlivé formy jódu, jakož i se zahrnutím vlivu komplexního terénu na šíření radioaktivních látek (RAL) z jaderně-energetických zařízení (JEZ) v atmosféře. Rozumí se tím vliv převýšení a drsnosti povrchu (rovinný terén, města, kopce...) na šíření RAL v okolí JEZ [4].

1.5.2 Model vlivu drsnosti terénu na šíření atmosférou používaný výpočetním systémem RTARC

Základem výpočtů přenosu RAL v atmosféře v programu RTARC je Gaussovský model šíření. Při popisu šíření v orograficky členitém terénu jsou vlastnosti terénu definovány v polární souřadnicové síti se středem v bodě úniku, 16-ti sektory identickými se směry větru a 26-ti volitelnými poloměry, které ohraničují prostorové intervaly (zóny). Maximální poloměr má hodnotu 40 km. Pro všechny zóny sektorů směru větru jsou definovány střední hodnoty převýšení terénu zóny nad úrovní základny zdroje a střední hodnota drsnosti povrchu terénu v zóně. Při určování střední hodnoty převýšení terénu v zóně je možné použít geografické mapy okolí JEZ s dostatečně hustými izoliniemi.

Při určování střední hodnoty drsnosti povrchu terénu je v současné verzi kódu RTARC přiřazena každému sektoru směru větru hodnota 0,1 m až 1,0 m v závislosti na tom, zda v daném sektoru směru větru převládají pole a louky s vesnicemi, nebo hory, lesy, města a případně závody. Předpokládá se, že osa x je totožná se směrem větru a osa y je na ni kolmá. Výška těžiště oblaku h_i odpovídá reálné výšce těžiště oblaku nad středem i -té zóny

orograficky členitého terénu, v němž se nachází bod se souřadnicemi (x,y,z). Rychlost pohybu těžiště oblaku u_i nad středem i-té zóny je určena vztahem (1):

$$u_i = \frac{I}{h_i - 10} \int_{10}^{h_i} u_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^a dz \quad (1)$$

kde h_i je výška těžiště oblaku, u_{10} je rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem terénu a a je parametr závislý na kategorii stability atmosféry a drsnosti povrchu terénu. Hodnoty parametru a jsou uvedeny v tabulce č. 2 [4]

Disperzní (rozptylové) parametry $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$:

Rozptylové parametry se určují podle vztahů:

$$\sigma_y(x) = c_3 x (1 + x 10^4)^{-1/2} [\text{m}] \quad (2)$$

kde:

- $\sigma_y(x)$ - horizontální disperzní parametr
- c_3 - koeficient, který závisí na kategorii stability atmosféry (Tabulka č. 3)

$$\sigma_z(x) = F(z_0, x) g(x) [\text{m}] \quad (3)$$

kde:

- $\sigma_z(x)$ - vertikální disperzní parametr

$$F(z_0, x) = \begin{cases} \ln \{c_1 x^{d1} [1 + (c_2 x^{d2})^{-1}]\} & \text{pro } z_0 > 0.1 \text{ m} \\ \ln [c_1 x^{d1} (1 + c_2 x^{d2})^{-1}] & \text{pro } z_0 \leq 0.1 \text{ m} \end{cases} \quad (4)$$

kde:

- $c1, c2, d1, d2$ - koeficienty funkce $F(z_0, x)$, které závisí na drsnosti povrchu terénu (Tabulka č. 4)

$$g(x) = a_1 x^{b_1} (1 + a_2 x^{b_2})^{-1}$$

(5)

kde:

a_1, a_2, b_1, b_2 - koeficienty funkce $g(x)$, které závisí na kategorii stability atmosféry (Tabulka č. 5) [4]

Tabulka č. 2: Závislost parametru a na kategorii stability atmosféry a drsnosti povrchu terénu z_0 . [4]

Kategorie stability	Porost $z_0 = 0,1 \text{ m}$	Města a hory $z_0 = 1 \text{ m}$
A	0,10	0,16
B	0,15	0,24
C	0,20	0,32
D	0,25	0,40
E	0,35	0,56
F	0,40	0,64

Tabulka č. 3: Koeficient c_3 na výpočet horizontálního disperzního parametru [4]

Kategorie stability	c_3
A	0,22
B	0,16
C	0,11
D	0,08
E	0,06
F	0,04

Tabulka č. 4: Koeficienty funkce $F(z_0, x)$ na výpočet vertikálního disperzního parametru [4]

Drsnost povrchu z_0 [m]	c_1	d_1	c_2	d_2
0,01	1,560	0,048	$6,25 \cdot 10^{-4}$	0,450
0,04	2,020	0,269	$7,76 \cdot 10^{-4}$	0,370
0,10	2,718	0,000	0,000	0,000
0,40	5,160	-0,098	18,600	-0,220
1,00	7,370	-0,096	$4,29 \cdot 10^3$	-0,600
4,00	11,700	-0,128	$4,59 \cdot 10^3$	-0,780

Tabulka č. 5: Koeficienty funkce $g(x)$ na výpočet vertikálního disperzního parametru [4]

Kategorie stability	a_1	b_1	a_2	b_2
A	0,112	1,060	$5,38 \cdot 10^{-4}$	0,815
B	0,130	0,950	$6,52 \cdot 10^{-4}$	0,750
C	0,112	0,920	$9,05 \cdot 10^{-4}$	0,718
D	0,098	0,889	$1,35 \cdot 10^{-3}$	0,688
E	0,609	0,895	$1,96 \cdot 10^{-3}$	0,684
F	0,064	0,783	$1,36 \cdot 10^{-3}$	0,672

1.6 Pravděpodobnostní model

1.6.1 Definice analýz citlivosti

V odborné literatuře se nejčastěji používá následovná definice analýzy citlivosti (SA): „určení změny v odezvě modelu vzhledem ke změnám v parametrech modelu“. Tato definice obsahuje kromě obvyklé lokální míry citlivosti i výstupní parciální derivaci $\delta Y / \delta X_j$ v okolí definovaného bodu X_0 . (Lokální mírou citlivosti je citlivost na změnu jednoho lokálního parametru. Pod parciální derivací se rozumí globální citlivost.)

Ve skutečnosti pro komplexní modely celých systémů, které obsahují velmi velké neurčitosti parametrů, rozsah neurčitosti jednoho parametru může převážet tak, jako derivace modelu. Účelem navrhovaných metod SA je ocenit celkový dopad každého daného parametru na výstupní distribuci. V tomto smyslu se analýza citlivosti omezuje na rozhodnutí o pořadí důležitosti různých parametrů, takže cílem SA je seřazení parametrů podle významnosti jejich vlivu na výslednou distribuci. Mírou citlivosti je přitom libovolná statistická veličina, která poskytuje možnost takového seřazení parametrů [5].

1.6.2 Míry citlivosti

V dané práci byly použity následovné postačující a doplňující techniky na stanovení míry citlivosti:

- Spearmanův korelační koeficient zatřídění
- Smirnovův statistický test

Tyto techniky byly aplikovány na sadu údajů, která se skládá ze vstupní matice:

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2K} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{NK} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Hodnoty vstupní matice jsou přiřazené ke K proměnným v N výpočtových cyklech a na výstupní vektor $Y = (Y_1 Y_2 \dots Y_n)$.

Podle způsobu zpracování údajů možno rozdělit použité techniky do dvou skupin. V první skupině technik je zkoumaný vztah mezi Y a libovolnou proměnnou X_j pro $j=1,2, \dots, k$ analyzování bivariantního vzorku (Y_j, x_{ij}) pro $i = 1,2, \dots, N$, nehledíc na údaje od ostatních proměnných X_m , $m \neq j$. Tato skupina zahrnuje Spearmanův korelační koeficient zatřídění.

Ve druhé skupině technik je matice X rozčleněná na dva podvzorky, v závislosti od hodnot vypočítaných pro výstupní proměnnou Y. Jedna možná podskupina vznikne např., pokud se vezmou v jedné matici všechny řadové vektory (vzorky) $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$, pro které Y_i je pod 50-tým percentilem jeho distribuce F (Y) a všechny vektory odpovídající hodnotám Y_i nad 50-tým percentilem v jiné matici (v poměru 50 : 50). Statistika v této skupině pracuje se dvěma monovariantními vzorky (obecně) různých velikostí N_1 a N_2 : (x_{ij}) , $i = 1, 2, \dots, N_1$ a (x_{nj}) , $n = 1, 2, \dots, N_2$, bez ohledu na ostatní proměnné X_m , $m \neq j$ a pokouší se odhadnout, jestli je nebo není rozdíl mezi těmito dvěma vzorky (statisticky významný). Pokud se takový rozdíl dá zjistit, tak uvažovaný parametr je uznán jako významný.

Pro účely SA není poměr výsledků 50 : 50 nejvhodnější. Protože extrémní hodnoty Y jsou všeobecně nejdůležitější, co se rizika týče, upřednostňuje se poměr 90 : 10, kde se 10% podvzorku skládá z výpočtových cyklů s nejvyššími hodnotami Y. Do této skupiny statistických technik patří statistický test Smirnova [4].

1.6.3 Pearsonův a Spearmanův koeficient korelace

Nejčastěji používanou mírou korelace je Pearsonův korelační koeficient (PEAR), který je definovaný jako

$$PEAR = (Y, X_j) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{i,j} - \bar{x}_j)(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^N (x_{i,j} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \quad (7)$$

kde \bar{X}_j a \bar{Y} jsou střední hodnoty vzorku.

V případě nelineárních modelů je jako míra korelace upřednostňován Spearmanův koeficient (SPEA), který se v podstatě shoduje s PEAR, ale namísto řadových hodnot používá pořadová čísla R obou veličin Y a X_j seřazených podle velikosti jejich hodnot

$$SPEA = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^N d_i^2}{N \cdot (N^2 - 1)} \quad (8)$$

kde

$$d_i = R(Y) - R(X_j) \quad (9)$$

$R(Y_j)$ jedné hodnoty Y je např. číslo, které označuje pořadové číslo hodnoty y_1 , jak jsou všechny hodnoty y_i ($i = 1, 2, \dots, N$) seřazené od nejnižší po nejvyšší hodnotu. V případě výskytu dvou nebo více stejných hodnot y_i je těmto hodnotám přiřazená průměrná hodnota pořadového čísla.

Číselná hodnota SPEA, všeobecně známá jako Spearmanův koeficient, může být též použit pro testování hypotéz na kvantifikaci důvěry k samotné korelaci. Základní testovaná hypotéza má přitom následovný tvar:

„neexistuje žádná korelace mezi Y a X_j “

Koeficient SPEA (Y, X_j) je vypočítán z výsledků simulace (např. 500 výpočetních cyklů) a s jeho pomocí je vypočítána hodnota testovacího kritéria W_S , která má tvar:

$$W_s = SPEA \cdot \sqrt{\frac{N-2}{1-SPEA^2}} \quad (10)$$

Hodnota testovacího kritéria W_s je porovnaná s kvantily distribuce Spearmanova testu. Porovnání je udělané na předem stanovené úrovni významnosti a hypotéza „žádná korelace“ je zamítnutá (tzn., že korelace existuje a je významná) pokud W_s je buď menší než $W_{\alpha/2}$, nebo větší než $W_{1-\alpha/2}$, kde W jsou kvantily distribuce testu. Úroveň významnosti je pravděpodobnost chybného zamítnutí hypotézy, v tomto kontextu to odpovídá pravděpodobnosti, že test indikuje korelaci kdy Y a X_j nejsou ve skutečnosti v korelaci.

Kvantily distribuce Spearmanova testu pro soubory s více než 120 vzorky jsou prakticky stejné jako kvantily pro normální distribuci a pro potřeby testů na hladině významnosti 0.05 se proto používají následovné hodnoty $W_{0.025}$ a $W_{0.975}$:

$$W_{0.025} = -1.96 \quad (11)$$

$$W_{0.975} = +1.96 \quad (12)$$

[5]

1.6.4 Statistický test Smirnova

Statistický test Smirnova SMIR (Y, X_j) je založený na porovnání empirických kumulativních distribucí $F(X_j)$ dané vstupní proměnné X_j pro dva různé podvzorky.

Pokud chceme použít tento statistický test, hodnoty Y , které vznikly při dané simulaci (vzorku), se musí nejdřív rozdělit do dvou podskupin, např. na hodnoty přesahující 90 – tý percentil $F(Y)$ do jednoho vzorku a zbývající hodnoty do druhého vzorku v poměru (10 : 90).

Pro každou proměnnou X_j jsou empirické kumulativní distribuce $F(X_j)$ počítané ze dvou vzorků a tyto dvě distribuce jsou navzájem porovnané. Intuitivně je možné předpokládat, že pokud daný parametr X_j nemá žádný vliv na výstup, tak dva vzorky budou mít podobnou distribuci anebo přesněji řečeno, budou to dva odhady toho samého skutečného rozložení (tzn. vstupní distribuce pro parametr X_j v tomto případě). Pokud jsou dvě distribuce různé, je možné říct, že hodnota parametru má vliv na výstup a že vysoké výstupní hodnoty jsou přednostně přiřazené k vysokým (anebo nízkým) hodnotám parametrů. Statistický test je schopný rozhodnout – kvantitativně na dané úrovni statistické významnosti – jestli dva vzorky pocházejí anebo nepocházejí z té samé populace. Míra

Smirnova je definovaná jako maximální vertikální vzdálenost mezi kumulativními distribucemi dvou vzorků. Testová hypotéza (tzn., že **není žádná korelace mezi X_j a Y**) může být přijata, pokud dvě distribuce nejsou významně rozdílné.

Statistický test Smirnova SMIR (Y, X_j) je možné vyjádřit vztahem:

$$SMIR(Y, X_j) = \max_{X_j} |F_1(X_j) - F_2(X_j)| \quad (13)$$

kde $F_1(X_j)$ a $F_2(X_j)$ jsou distribuce X_j odhadnuté z podvzorků Z_1 a Z_2 .

Kritériem pro přijetí anebo odmítnutí hypotézy, že $F_1(Z) = F_2(Z)$ na úrovni statistické významnosti α , je porovnání hodnoty SMIR s hodnotou testovacího kvantilu $W_{1-\alpha}$ Smirnovovy distribuce, který je zadaný ve statistických tabulkách nebo je ho možné vypočítat s použitím asymptotického vzorce. Pokud $SMIR(Y, X_j) = 0,65$, $N_1=10$ a $N_2=20$ a za předpokladu že asymptotický vztah pro $\alpha = 0,05$ má tvar:

$$W_{1-\alpha} = W_{0,95} = 1,36 \left(\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2} \right)^{1/2} \quad (14)$$

potom hodnota $W_{0,95} = 0,527$ a protože $SMIR(Y, X_j) > W_{0,95}$, hypotéza musí být zamítnutá, tzn. dva vzorky jsou různé, nebo jinými slovy, parametr X_j je významný. Pravděpodobnost výskytu chyby při odmítnutí hypotézy se rovná úrovni významnosti (v tomto případě 0,05). Porovnání hodnot SMIR pro různé proměnné umožňuje zařadit důležitost proměnné přesně jako s předcházejícími mírami citlivosti [4].

1.6.5 Vzorkování hodnot parametrů

Jeden ze základních kroků simulace metodou Monte Carlo je vytvoření sady parametrů modelu, které mají být vzorkované z jejich rozdělení. V pravděpodobnostním vyhodnocování jsou rozšířené dvě důležité techniky vzorkování:

náhodné vzorkování (RS)

vrstevné vzorkování (LHS)

Při náhodném vzorkování (RS) jsou vytvořené čistě náhodné vzorky hodnot parametrů. Tato metoda má tu výhodu, že její výsledky jsou statisticky správné. Důležitou nevýhodou je, že tato metoda vyžaduje velké množství výpočetních cyklů, aby se zabezpečilo, že byla uvažovaná většina kombinací hodnot parametrů.

Vrstvová technika vzorkování (LHS) Latin Hypercub Sampling je zaměřená na optimalizaci výběru vzorků s cílem dosáhnout, aby závažnější hodnoty parametrů a jejich kombinace byly zahrnuté do výpočtu při relativně malém počtu cyklů výpočtu [4].

1.7 Specifikace lokality ETE v souvislosti s řešeným problémem

Lokalita jaderné elektrárny Temelín je umístěna v Jihočeském kraji v severní části bývalého okresu České Budějovice poblíž obce Temelín. Oblast patří ke Středočeské pahorkatině - Jihočeské vysočině s mírně zvlněným reliéfem terénu. Nadmořská výška území prostoru ETE se pohybuje v rozmezí 485 až 511 m n. m. Do vzdálenosti 10 km od lokality se nevyskytují žádné výrazné výškové body. Převažuje zde zemědělská půda s drobnými lesními porosty a soustavou menších rybníků. Větší lesní komplexy se nacházejí severně od obce Temelín (Habří) a ve směru jihovýchodním (Velký les).

ETE je vzdálena 45 – 50 km od státní hranice s Rakouskem a Německem. Nejbližším okolím ETE je území nazývané "Vltavotýnsko" s městem Týn nad Vltavou, ležícím cca 6 km severovýchodně od elektrárny, které je nejbližším střediskem osídlení obvodního významu. Od krajského města České Budějovice ležícího jižně od ETE je lokalita elektrárny vzdálená cca 22 km. Nejbližšími středisky místního významu jsou obce Dříteň (vzdálená cca 4 km), Zliv (cca 12 km) a Hluboká nad Vltavou (cca 14 km od ETE). Nestředisková sídla trvalého významu jsou v bezprostředním okolí elektrárny obce Temelín, Kočín, Litoradlice a Zvěrkovice. Území je slabě urbanizováno, převažují malá venkovská sídla [6].



Obrázek č. 7: Letecký snímek okolí ETE. Zdroj vlastní.

2. Cíle práce a hypotézy

2.1 Cíle práce

1. Aktualizace vstupních souborů popisujících drsnost terénu pomocí digitálních mapových podkladů
2. Vyhodnocení drsnosti terénu v závislosti na ročním období
3. Stanovení oblasti významného vlivu drsnosti povrchů na šíření RAL

2.2 Hypotéza

Dosah významného vlivu drsnosti terénu v okolí ETE na radiační situaci nepřevyšuje 10 km

3. Metodika

3.1 Získání dat z digitálního modelu území (DMÚ25)

Digitální mapy DMÚ25 jsou souborem geografických informací (geodat), odpovídají měřítku 1 : 25 000 a obsahují 7 logických vrstev:

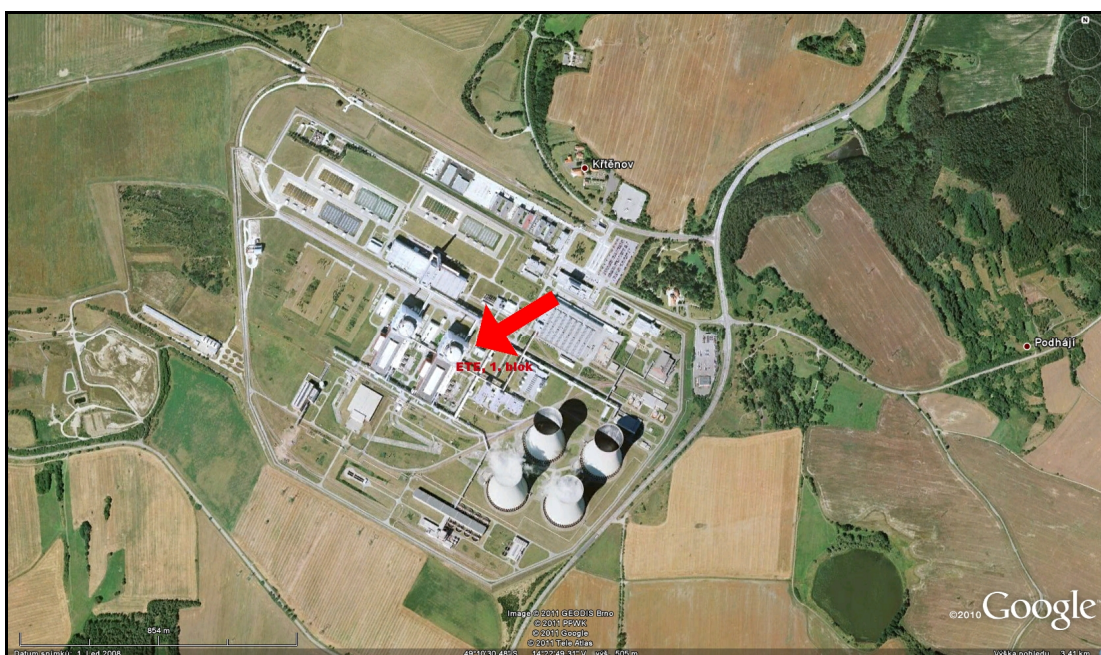
- vodstvo
- komunikace
- potrubní, energetické a telekomunikační trasy
- rostlinný a půdní kryt
- sídla, průmyslové a jiné topografické objekty
- hranice a ohrady
- terénní reliéf

Od pracovníků VUJE Trnava jsem získal vrstvu *ETE_drsnost*. Ta obsahuje území o rozloze 20 km x 20 km, které bylo rozděleno na jednotlivé body vzdálené od sebe 50 m. Každý bod obsahuje informaci o své zeměpisné šířce, zeměpisné délce, vzdálenosti od středu měření, azimut ke středu měření a hodnoty AVALUE (**0**-pole a louky, **2**-vodní plochy, **4**-sídla, **6**-lesy), kterým jsme přiřadili odpovídající hodnoty drsnosti (viz tabulka č. 6)

Tabulka č. 6: Přiřazení drsností z_0 hodnotám Avalue

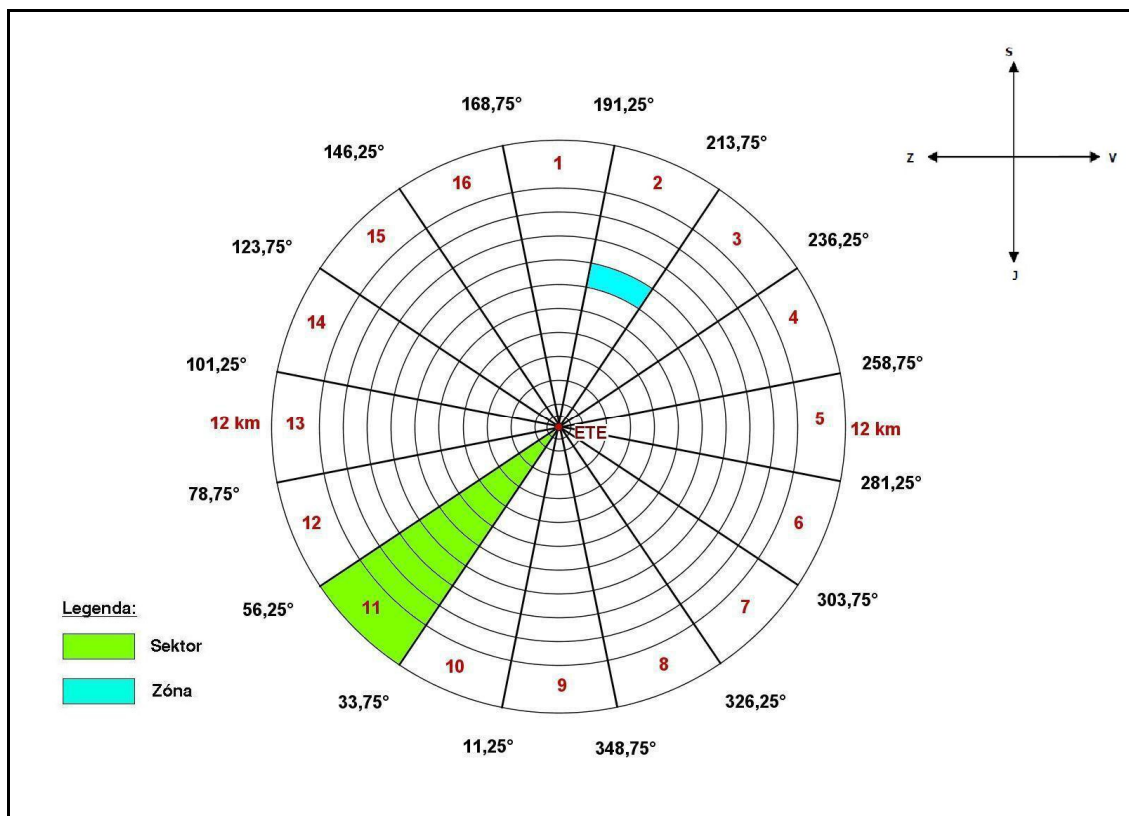
Avalue	Barva na mapě	Typ povrchu	Drsnost z_0 [m]
0	žlutá	pole, louky	0,20
2	modrá	vodní plochy	0,02
4	šedá	zástavba	2,00
6	zelená	lesy	1,00

Jako střed byl určen bod u paty 1. bloku Jaderné elektrárny Temelín (červená šipka na obrázku č. 8)



Obrázek č. 8: Střed měření. Zdroj: Google Earth, vlastní úprava

Území, na kterém budeme provádět výpočty, tvoří kružnice o poloměru 12 km s výše jmenovaným pomyslným středem. Poloměr 12 km byl stanoven po konzultaci s RNDr. Jurajem Ďúranem, CSc. z VUJE Trnava. Dále bylo nutné rozdělit toto území na 16 sektorů tak, jak je popsáno v kapitolách 1.3 a 1.5.2, tzn. na 16 výsečí po $22,5^\circ$ s 1. sektorem směřujícím k severu a jednotlivými zónami vzdálenými od středu 0,5 km; 1 km; 2 km; 3 km; 4 km; 5 km; 6 km; 7 km; 8 km; 9 km; 10 km a 12 km (viz obrázek č. 9). Tyto parametry jsou také součástí vstupního souboru aplikace RTARC *Teren.inp*



Obrázek č. 9: Rozdělení sektorů a zón podle azimutu a dálky

3.1.1 Rozdělení bodů vrstvy „ETE_drsnost“ do sektorů a zón

Jednotlivé vrstvy digitálních map jsou tvořeny soubory: *.dbf; *.prj; *.sbn; *.sbx; *.shp; *.shx. Všechny potřebné údaje o bodech vrstvy *ETE_drsnost* (zeměpisné souřadnice, azimut, vzdálenost, avalue) jsou uloženy v databázovém souboru *ETE_drsnost.dbf*. Po načtení souboru v aplikaci MS Access jsem začal vytvářet dotazy podle následujících kritérií:

- výšeče mezi krajními hodnotami azimutů podle obrázku č. 9 - tvoří hranici mezi sektory
- vzdálenost jednotlivých mezikruží od středu měření do 12 km - tvoří hranici mezi jednotlivými zónami v daných sektorech.

Výsledkem těchto dotazů jsou informace o tom, kolik bodů jednotlivých hodnot drsnosti je v každé zóně všech 16-ti sektorů. Tyto údaje jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 1

3.2 Zprávy o monitorování okolí - zemědělské využití pozemků

3.2.1 Legislativní požadavky

Požadavky na zajištění radiační ochrany při uvádění radionuklidů do životního prostředí jsou stanoveny vyhláškou SÚJB č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně §56. Tímto paragrafem je stanoveno, že toto uvádění je možné pouze na základě, v rozsahu a za podmínek stanovených v povolení SÚJB k uvádění radionuklidů do životního prostředí.

Řízené vypouštění radionuklidů do životního prostředí je možné pouze za splnění podmínky, že u příslušné kritické skupiny obyvatel nepřekročí roční efektivní dávky v důsledku plyných výpustí do ovzduší hodnotu 200 mikroSv za rok (resp. hodnotu autorizovaného limitu 40 mikroSv/rok) a v případě kapalných výpustí do hydrosféry hodnotu 50 mikroSv za rok (resp. hodnotu autorizovaného limitu 3 mikroSv/rok). [7]

3.2.2 Zemědělské plodiny

V předkládaných ročních zprávách jsou uvedeny výsledky monitorování plyných a kapalných výpustí a hodnocení radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín. Roční zprávy vydává od roku 2003 LRKO České Budějovice, jejíž pracovníci měření a monitorování situace provádějí. Jednou z oblastí je i kontrola zemědělských plodin. V příloze č.2 je přehled monitorovaných plodin v jednotlivých lokalitách v letech 2003-2010. Tyto podklady nelze použít statisticky, ale dávají nám alespoň částečný přehled o pěstovaných kulturách v okolí ETE. Z nich převažují zejména obiloviny a řepka.

3.3 Metodika stanovení oblasti v okolí ETE, kde je významný vliv drsnosti povrchu na šíření znečištění.

3.3.1 Využití drsnosti terénu při výpočtu ozáření obyvatelstva aplikací RTARC

Současná verze modelu Izotds (součást výpočetního systému RTARC) předpokládá, že drsnost povrchu terénu je konstantní v celém sektoru směru větru. Ve skutečnosti se však drsnost terénu se vzdáleností od zdroje úniku mění a mění se i procentuální zastoupení ploch s různými drsnostmi povrchu terénu v rámci jednotlivých zón.

Cílem práce bylo nadefinovat hodnoty drsnosti povrchu terénu v jednotlivých zónách tak, aby byly tyto drsnosti co nejbliž k realitě a aby byl stupeň konzervativnosti odhadu dávek s použitím těchto drsností co nejmenší.

Drsnost povrchu terénu má vliv na intenzitu vertikálního turbulentního promíchávání atmosféry a tím ovlivňuje okamžité hodnoty vertikálních parametrů difúze (σ_z).

Model Izotds byl upravený tak, aby bral v úvahu změnu parametru drsnosti terénu v závislosti od zóny - tzn., aby bral v úvahu, že v každé zóně může být jiná drsnost povrchu terénu. Přitom se předpokládá, že v celé zóně je konstantní hodnota parametru drsnosti povrchu terénu. Model simuluje vliv změny drsnosti povrchu terénu od zóny k zóně změnou rychlosti růstu hodnoty vertikálního parametru difúze, přičemž se využívá metoda výpočtu virtuální vzdálenosti od zdroje.

Kromě toho v modelu Izotds předpokládáme, že v první zóně (vzdálenost do 0,5 km od zdroje) je drsnost povrchu terénu rovná 2 metry, což odpovídá drsnosti terénu se zástavbou.

3.3.2 Metoda minimálně konzervativního odhadu parametrů drsnosti v zónách ETE

Statistickou podstatou gaussovského modelu difúze je to, že model nám poskytuje průměrné hodnoty koncentrací na dané vzdálenosti od zdroje, které by vznikly při nekonečném počtu realizací dané meteorologické situace a parametrů úniku. Jinými slovy, gaussovský model nám nevypočítá hodnotu koncentrace, která by vznikla při přesně nadefinované rychlosti a směru větru, ale hodnotu koncentrace, která je průměrem z velkého počtu různých realizací rychlostí a směrů větru, které jsou blízké k nadefinované průměrné rychlosti a směru větru.

Pro každý sektor směru větru a každou zónu je procentuálně nadefinované, na jaké části plochy je drsnost terénu rovná parametru z_0 .

V závislosti na změně drsnosti v zónách dochází i ke změnám v rychlosti růstu vertikálního parametru difúze, a proto je možné říci, že okamžitá hodnota parametru σ_z na dané vzdálenosti není závislá jen na hodnotě z_0 v daném bodě, ale i na tom, jak se hodnota z_0 měnila v prostoru mezi bodem výpočtu a bodem úniku.

Dále budu popisovat způsob simulace vlivu reálného rozložení pole drsnosti terénu na procesy difuze modelem MCLHS (Monte Carlo - Latin Hypercube Sampling). Model MCLHS se skládá z tří částí:

- Z modelu vzorkování LHS, který vybírá hodnoty vstupných parametrů pro 500 realizací (výpočtů). V modelu se předpokládá, že při jednotlivých výpočtech se mění hodnota rychlosti větru, výška vrstvy promíchávání, výška výpuste vlečky znečištění, rychlost suchého spadu a drsnost povrchu terénu v dané zóně.
- Model Monte Carlo cykluje 500 výpočtů s použitím sad vstupných dat náhodně vybraných modelem LHS. Pro každou sadu vstupních dat jsou vypočteny hodnoty dávek s použitím upraveného modelu Izotds, který je součástí výpočetního systému RTARC.
- Výsledné hodnoty dávek jsou zpracovány statistickými metodami SA analýz, které jsou podrobně popsány v kapitole 1.6.

Během výpočtů simulujeme 500 realizací systému (tj. vzorků), přičemž při každé realizaci předpokládáme jinou hodnotu drsnosti v dané zóně. Velmi zjednodušeně řečeno, pokud máme v dané zóně 60% plochy s drsností 1 metr, 20% plochy s drsností 2 metry a 20% s drsností 0,2 metru, uděláme 500 výpočtů, přičemž 300 výpočtů s hodnotou drsnosti 1 metr pro celou plochu zóny, 100 výpočtů s hodnotou drsnosti 2 metry na celé ploše a 100 výpočtů s drsností 0,2 metru na celé ploše zóny. Nakonec z takto provedených 500 výpočtů získáme průměrnou hodnotu koncentrací a dávek v dané zóně. Až potom můžeme určit, v případě jakých drsností povrchu terénu v jednotlivých zónách se nejvíc přiblížíme k takto získaným průměrným hodnotám koncentrací a dávek.

Ve skutečnosti však pro potřeby výpočtů musíme použít v dané zóně pouze jednu hodnotu parametru drsnosti povrchu terénu, ovšem nemůže to být průměrná hodnota drsnosti získaná vážením na základě plochy, protože hodnoty vertikálních parametrů difúze je možné vypočítat jen pro přesně nadefinované diskrétní hodnoty parametrů drsnosti.

Průměrné hodnoty dávek získané metodou MCLHS při reálném, procentuálně vyjádřeném rozložení drsností terénu v jednotlivých zónách v daném sektoru směru větru použijeme pro potřeby odhadu takových konstantních hodnot drsností terénu v jednotlivých zónách, které budou vést ke stejným anebo k minimálně konzervativním následkům havárií. Přitom postupujeme v následujících krocích:

- první krok, uděláme výpočet ozáření metodou MCLHS pro reálné procentuální rozložení drsností terénu v jednotlivých zónách daného sektoru směru větru (tzv. nultý odhad)

- druhý krok, v daném sektoru směru větru nadefinujeme v každé zóně drsnost terénu rovnou hodnotě drsnosti s maximálním procentuálním výskytem a provedeme výpočet ozáření pro takto získané rozložení drsností v zónách

- třetí krok, porovnáme výsledky výpočtů ozáření nultého odhadu s výsledkem výpočtu v druhém kroku. Na první vzdálenosti (v první zóně), kde budou hodnoty dávek vypočítané v druhém kroku menší než hodnoty dávek z nultého odhadu, nahradíme drsnost povrchu terénu větší hodnotou drsnosti. Provedeme výpočet s takto upravenými hodnotami drsností v zónách.

- čtvrtý krok, porovnáme výsledky výpočtů ozáření z třetího kroku s nultým odhadem. Pokud změna drsnosti ve třetím kroku nevedla k očekávané hodnotě dávky na dané vzdálenosti, tak jak se to dá, upravíme drsnost na ještě větší hodnotu a zopakujeme výpočet. Pokud bude výpočet dávat stále menší hodnotu dávky na dané vzdálenosti jak nultý odhad a větší hodnoty drsnosti už nebude možné použít, tak se budeme muset vrátit do třetího kroku a změnit hodnotu drsnosti na větší než na první vzdálenosti (zóně), kde budou hodnoty dávek z druhého kroku menší, ale v zóně, která se nachází před danou vzdáleností.

- výpočty opakujeme postupně zónu po zóně do té doby, dokud nebudou výsledné hodnoty dávek ve všech zónách rovné nebo větší než hodnoty dávek z nultého odhadu. Je nevyhnutelné, abychom zóny kontrolovali a upravovali v narůstajícím pořadí (od první po poslední), protože našim cílem není získat jen konzervativní odhad, ale minimálně konzervativní odhad (co nejbližší k realitě) dávek. Pouze konzervativní odhad dávek bychom mohli jednoduše získat náhradou všech drsností povrchu terénu jednou konstantní hodnotou (například maximální drsností).

4. Výsledky

4.1 Porovnání nových a stávajících drsností povrchu v období vegetačního klidu

Postupy uvedené v předchozích kapitolách a s použitím informací z digitálních map jsem vytvořil nový soubor teren.inp (vstupní soubor pro program RTARC). Z mapových podkladů v místech, kde byly pole a louky jsem zvolil (po konzultaci s RNDr. Ďúranem) drsnosti $z_0 = 0,2$ odpovídající nízkému porostu (např. tráva).

Výpočty byly prováděny pro konzervativní zdrojový člen ST_V, používaný při hodnocení radiologických dopadů havarijních sekvencí na ETE.

Výpočty byly prováděny pro tyto 3 meteorologické situace:

- 1) kategorie stability F, rychlost větru 2 m/s, beze srážek
- 2) kategorie stability D, rychlost větru 5 m/s, beze srážek
- 3) kategorie stability A, rychlost větru 2 m/s, beze srážek

Tabulka č. 7: Hodnoty drsnosti v souboru teren.inp pro zimu včetně porovnání s původní

sektor	vzdálenost [km]																							
	0,5		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		12 - 26	
	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový
1.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2
2.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
3.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
4.	0,4	2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	1	0,4	1	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2
5.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
6.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1
7.	0,4	2	0,4	2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	0,2	0,4	1	0,4	0,2	0,4	1	0,4	1
8.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	1
9.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2
10.	0,1	2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1	0,2
11.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
12.	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2
13.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	2
14.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2
15.	0,4	2	0,4	2	0,4	2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1
16.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,2

Oproti původnímu teren.inp jsou drsnosti v jednotlivých zónách daného směru proměnlivé a vesměs se nové drsnosti výrazně liší od starých drsností.

V Příloze č. 3 jsou uvedeny hodnoty ozáření obyvatelstva (v tomto případě pro 3. sektor a pro obě období), ke kterým vedly drsnosti skutečné a jejich minimálně konzervativní odhad. Z grafů je vidět rozdíly mezi skutečným ozářením a jeho minimálně konzervativním odhadem.

Pro zimní období a kategorii stability F je nejvyšší hodnota relativní difference 0,025 a to ve 12. sektoru, pro kategorii D je nejvyšší hodnota 0,599 ve 13. sektoru a pro kategorii A je nejvyšší hodnota 0,703 ve 3.sektoru.

4.2 Porovnání nových a stávajících drsností povrchu ve vegetačním období

V kapitole 4.1 jsem se zabýval drsností terénu a jejími důsledky na ozáření v období vegetačního klidu. Jak je vidět z Přílohy 2 zemědělské využití polí a luk se v jednotlivých letech mění a proto bylo nutno stanovit konzervativní odhad drsnosti v místech luk a polí. Tento odhad jsem (po konzultaci s RNDr. Ďúranem) provedl tak, že z mapových podkladů v místech, kde byly pole a louky, jsem zvolil drsnost $z_0 = 1$ odpovídající vysokému porostu (např. kukuřice).

Postupy uvedenými v předchozích kapitolách a s použitím informací z digitálních map jsme vytvořili nový soubor teren.inp pro léto (vstupní soubor pro program RTARC). Výpočty byly prováděny pro konzervativní zdrojový člen ST_V, používaný při hodnocení radiologických dopadů havarijních sekvencí na ETE.

Výpočty byly prováděny pro tyto 3 meteorologické situace:

- 1) kategorie stability F, rychlost větru 2 m/s, beze srážek
- 2) kategorie stability D, rychlost větru 5 m/s, beze srážek
- 3) kategorie stability A, rychlost větru 2 m/s, beze srážek

Tabulka č. 8: Hodnoty drsnosti v souboru teren.inp pro léto včetně porovnání s původní

sektor	vzdálenost [km]																							
	0,5		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		12 - 26	
	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový	pův.	nový
1.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
2.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
3.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
4.	0,4	2	0,4	2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1
5.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
6.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
7.	0,4	2	0,4	2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1
8.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
9.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1
10.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
11.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	1
12.	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
13.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
14.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
15.	0,4	2	0,4	2	0,4	2	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1	0,4	1
16.	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1

Oproti původnímu terenu jsou drsnosti v jednotlivých zónách daného směru proměnlivé a vesměs se nové drsnosti výrazně liší od starých drsností.

V Příloze č. 3 jsou uvedeny hodnoty ozáření, ke kterým vedly drsnosti skutečné a jejich minimálně konzervativní odhad. Z grafů je vidět rozdíly mezi skutečným ozářením a jeho minimálně konzervativním odhadem.

Pro letní období a kategorii stability F je nejvyšší rozdílná hodnota 0,013 a to v 11. sektoru, pro kategorii D hodnota 0,503 ve 3. sektoru a pro kategorii A hodnota 0,428 ve 4. sektoru.

4.3 Proměnlivost drsnosti povrchu během roku

Porovnáním ozáření v jednotlivých zónách a sektorech ve vegetačním období a v období vegetačního klidu jsem zjistil významnou změnu ozáření mezi těmito dvěma obdobími.

V příloze č. 4 jsou uvedeny rozdíly ozáření obyvatelstva mezi letním a zimním obdobím pro všechny sektory. Tabulka č. 9 nám znázorňuje jejich průměrné hodnoty.

Tabulka č. 9: Rozdíly v ozáření obyvatelstva (léto-zima) pro jednotlivé sektory a kategorie

Sektor	Kategorie stability		
	F	D	A
1	2%	35%	6%
2	2%	46%	15%
3	2%	64%	26%
4	1%	28%	12%
5	1%	35%	13%
6	1%	47%	17%
7	1%	37%	17%
8	1%	45%	18%
9	2%	64%	21%
10	3%	75%	25%
11	3%	65%	21%
12	3%	69%	20%
13	2%	47%	9%
14	1%	28%	9%
15	0%	19%	8%
16	1%	26%	5%
Celkový průměr	2%	46%	15%

Z výsledků uvedených v tabulce vyplývá doporučení používat jiný soubor popisující drsnost v okolí ETE pro vegetační období a období vegetačního klidu, zvláště pak při

výpočtech ozáření obyvatelstva s kategorií D. V případě výpočtů ozáření s kategorií A je možno používat soubor popisující drsnost v období vegetačního klidu i ve vegetačním období.

4.4 Stanovení oblasti v okolí ETE, kde je významný vliv drsnosti povrchu na šíření znečištění

S použitím pravděpodobnostního modelu MCLHS (viz kapitola 1.6) a s využitím testu Smirnova byly stanoveny oblasti v okolí ETE s významným vlivem drsnosti na šíření RAL.

V tabulce č. 10 jsou pro každý sektor 3 vybrané meteopodmínky, období vegetačního klidu (zima) nebo vegetační období (léto) uvedeny vzdálenosti (km), ve kterých změna drsnosti terénu má větší vliv na ozáření obyvatelstva než:

- Změna rychlosti větru
- Změna výšky výpusti
- Změna výšky směšovací vrstvy
- Změna koeficientu vymývání suchého spadu

Pokud je v tabulce uvedena nula, znamená to, že vliv změny drsnosti terénu byl vždy nižší než čtyři výše uvedené vlivy.

Tabulka č. 10: Vzdálenosti (km) s významným vlivem drsnosti

Sektor	kategorie F [2m/s]		kategorie D [5m/s]		kategorie A [2m/s]	
	Vzdálenost, kdy je ještě drsnost významná (ZIMA)	Vzdálenost, kdy je ještě drsnost významná (LÉTO)	Vzdálenost, kdy je ještě drsnost významná (ZIMA)	Vzdálenost, kdy je ještě drsnost významná (LÉTO)	Vzdálenost, kdy je ještě drsnost významná (ZIMA)	Vzdálenost, kdy je ještě drsnost významná (LÉTO)
1	0	0	12	8	4	2
2	0	0	10	6	2	1
3	12	0	0	0	2	0
4	0	0	7	0	2	0
5	0	0	12	0	12	1
6	0	0	10	0	3	1
7	0	0	1	0	9	1
8	0	0	8	0	3	1
9	0	0	10	0	2	8
10	0	0	0	0	3	0
11	6	0	9	0	5	0
12	10	0	12	0	9	1
13	0	0	10	7	3	3
14	0	0	6	12	6	5
15	0	0	6	3	3	5
16	0	0	12	3	3	4

Z výše uvedené tabulky je vidět, že význam vlivu drsnosti terénu závisí na směru šíření radioaktivních látek, meteoropodmínkách (rychlost a kategorie stability) a vegetačním období (léto/zima). Vliv drsnosti převyšující 10 km (viz hypotéza této práce) je v tabulce vyznačen červeně.

5. Diskuse

U výpočtů se v mnohých případech ukázalo, že důležitější úlohu než hodnota drsnosti terénu s maximálním procentem výskytu v dané zóně sehrává variabilita procentuálního zastoupení jednotlivých drsností v zónách k (změna procenta výskytu hodnoty drsnosti od zóny k zóně).

V některých případech u výpočtů pro kategorii stability A daná metoda odhadu funguje striktně pouze do vzdálenosti 10 km. V případě A kategorie stability dochází k rychlejšímu vypadávání deponátu a tím i k rychlejšímu poklesu hodnot koncentrace nuklidů se vzdáleností, a proto růst hodnot parametru σ_z už nevede vždy i k růstu sumární hodnoty dávky. K tomuto dochází hlavně tehdy, když se na třetí až páté zóně vyskytne u kategorie A vysoká hodnota drsnosti povrchu terénu. I když takto získané hodnoty dávek na

vzdálenostech 10 a 12 km jsou v některých případech A kategorie menší než hodnoty v nultém odhadu, tyto hodnoty se neliší od nultého odhadu o více než o pár procent z absolutní hodnoty nultého odhadu.

Vliv drsnosti terénu závisí na směru šíření radioaktivních látek, meteorologických (rychlost a kategorie stability) a vegetačním období (léto/zima). Z výsledků práce uvedených v kapitole 4 vyplývá, že nelze jednoznačně potvrdit nebo vyvrátit hypotézu této práce, tj. že dosah významného vlivu drsnosti terénu v okolí ETE na radiační situaci nepřevyšuje 10 km.

Avšak výsledky výpočtů uvedené v tabulce 9 poukazují na fakt, že jenom v sedmi výpočtech ze zkoumaných 96, se projevuje významný vliv drsnosti terénu na vzdálenosti 12 km od zdroje. Ve všech těchto 7 případech lze prokázat, že hodnota kritéria SMIR (vztah 14) s narůstající vzdáleností od zdroje klesá a ve vzdálenosti 12 km od zdroje se blíží k hodnotě testovacího kvantilu $W_{0,95}$ rovné 0,182. Například v případě sektoru č. 12, pro kategorii D v zimě je hodnota kritéria SMIR na vzdálenosti 12 km od zdroje rovna 0,187, přičemž ve vzdálenosti 1 km od zdroje je hodnota SMIR rovna 0,244. Z toho se dá usuzovat, že vliv drsnosti terénu na procesy difuze znečištění se vzdáleností klesá a dá se předpokládat, že na vzdálenostech 12 km a více od zdroje se ztrácí úplně.

Striktně řečeno, vzdálenost 12 km se jeví jakousi hranicí, na které dochází k úplné ztrátě závislosti procesů difuze na změně hodnot drsnosti povrchu terénu. Tento fakt se dá fyzikálně vysvětlit také tím, že na vzdálenosti 12 km a více se rozměry vertikálních parametrů difuze σ_z blíží k rozměrům výšek promíchávání a proto už změna parametrů σ_z , které jsou ovlivňovány hodnotami drsnosti terénu, nemá prokazatelný vliv na výsledky výpočtů.

Výsledky výpočtů ozáření vedly k tomu, že bylo nutno vytvořit dva vstupní soubory, jeden pro období vegetačního klidu (zima), druhý pro vegetační období (léto). Výsledky ozáření obyvatelstva s uvážením drsností v letním a zimním období se lišily až o 75% (viz tabulka č. 9).

Nově stanovené drsnosti terénu se značně liší od původních a to jak v zimním, tak letním období. Díky konzervativnímu předpokladu o letní drsnosti jsou hodnoty drsnosti v okolí ETE proměnlivější v zimním než letním období. Konzervativní předpoklad o letní drsnosti zaručuje, že ozáření v letním období nebude podhodnoceno (viz tabulka č. 9).

Průměrné hodnoty dávek získané metodou MCLHS při reálném, procentuálně vyjádřeném rozložení drsností terénu v jednotlivých zónách v daném sektoru směru větru

byly použity pro potřeby odhadu takových konstantních hodnot drsností terénu v jednotlivých zónách, které budou vést ke stejným anebo k minimálně konzervativním následkům havárií.

6. Použité zkratky

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMÚ	Digitální model území
ETE	Elektrárna Temelín
JEZ	Jaderně-energetické zařízení
LRKO	Laboratoř radiační kontroly okolí
RAL	Radioaktivní látky
RTARC	Real Time Accident Release Consequence
TDS	Teledozimetrický systém
VUJE	Výzkumný ústav jaderné energetiky Trnava

7. Citovaná literatura

- [1] KOLEKTIV AUTORŮ, Editor Klener V., *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Azin CZ pro SÚJB, 2000, ISBN 80-238-3703-6, 619 s.
- [2] ZÁKON č. 18/1997 Sb., *O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů*. Sbírka zákonů České republiky, roč. 1997, částka 5, Praha.
- [3] Hosker R.P., *Estimates of dry deposition and plume depletion over forests and grasslands*. In Proc. Symposium on Physical Behaviour of radioactive Contaminants in the Atmosphere, Vienna, Nov. 1976
- [4] Kusovská Z., Ďúran J., *RTARC - popis modelu šíření RAL v atmosféře a metodika výpočtu dávek při havarijním úniku RAL z JEZ do atmosféry*. Výzkumná zpráva, V01-663/2100, VUJE a.s., Trnava, leden 2010, 44 s
- [5] Ďúran a kol., *Vplyv praskania betónu VBK na dlohodobú bezpečnosť RÚ RAO Mochovce*. Technická správa, VJEA-1/TP4.8.2/SPR/010710/03/00, VUJE a.s., Trnava, november 2003, 55 s
- [6] ČEZ – ETE, PpBZ1, 2 revize 0, Díl 2 – *Charakteristiky lokality*, 47 s.
- [7] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2003*, ETE/7520/5/2003, 180 s.
- [8] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2004*, ETE/7520/5/2004, 181 s.

- [9] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2005*, ETE/V5020200/5/2005, 144 s.
- [10] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2006*, ETE/V5020200/5/2006, 127 s.
- [11] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2007*, ETE/V905002240/5/2007, 132 s.
- [12] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2008*, ETE/V5020200/5/2008, 131 s.
- [13] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2009*, ETE/V5020200/5/2009, 127 s.
- [14] Kolektiv autorů pracovníků LRKO ETE, *Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2010*, ETE/V5020200/5/2010, 143 s.

Přílohy

Příloha č. 1: Tabulky bodů jednotlivých hodnot drsnosti všech 16-ti sektorů

Příloha č. 2: Přehled zemědělských plodin z výročních zpráv z let 2003 – 2010

Příloha č. 3: Hodnoty ozáření obyvatelstva [Sv]

Příloha č. 4: Rozdíly v ozáření v jednotlivých zónách a sektorech ve vegetačním období a v období vegetačního klidu (léto-zima) pro všechny kategorie stability atmosféry

Příloha č. 1: Tabulky bodů jednotlivých hodnot drsnosti všech 16-ti sektorů

Sektor 1

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	3	15	17	85	0	0	20
2	147188	0	0	0	0	60	100	0	0	60
3	588750	75	32	1	0	143	60	20	8	239
4	981250	375	94	0	0	0	0	23	6	398
5	1373750	419	75	0	0	120	22	19	3	558
6	1766250	560	79	0	0	7	1	144	20	711
7	2158750	359	42	64	7	150	17	295	34	868
8	2551250	512	50	165	16	46	4	304	30	1027
9	2943750	438	37	29	2	19	2	700	59	1186
10	3336250	946	70	0	0	62	5	339	25	1347
11	3728750	922	61	3	0	77	5	502	34	1504
12	8635000	2804	81	0	0	261	8	410	12	3475

Sektor 2

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	1	5	20	95	0	0	21
2	147188	35	58	0	0	25	42	0	0	60
3	588750	174	74	0	0	15	6	48	20	237
4	981250	329	83	0	0	0	0	67	17	396
5	1373750	457	82	0	0	14	3	86	15	557
6	1766250	201	28	2	0	77	11	432	61	712
7	2158750	230	26	103	12	369	42	171	20	873
8	2551250	417	40	57	6	207	20	352	34	1033
9	2943750	592	49	43	4	34	3	521	44	1190
10	3336250	801	60	27	2	190	14	325	24	1343
11	3728750	903	60	21	1	151	10	434	29	1509
12	8635000	1653	48	50	1	121	3	1651	48	3475

Sektor 3

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	18	100	0	0	18
2	147188	52	90	0	0	6	10	0	0	58
3	588750	220	94	0	0	0	0	15	6	235
4	981250	343	87	0	0	31	8	22	5	396
5	1373750	468	85	0	0	41	7	45	8	554
6	1766250	353	50	0	0	62	9	295	41	710
7	2158750	261	30	0	0	29	3	581	67	871
8	2551250	448	43	0	0	2	0	585	57	1035
9	2943750	1092	92	0	0	57	5	41	3	1190
10	3336250	1165	86	0	0	48	4	138	10	1351
11	3728750	1347	89	0	0	108	7	61	4	1516
12	8635000	1813	52	3	0	40	1	1619	47	3475

Sektor 4

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	2	10	0	0	19	90	0	0	21
2	147188	41	67	0	0	3	5	17	28	61
3	588750	114	48	3	1	0	0	123	51	240
4	981250	86	22	0	0	0	0	312	78	398
5	1373750	74	13	0	0	0	0	483	87	557
6	1766250	374	52	16	2	39	6	286	40	715
7	2158750	675	78	44	5	53	6	98	11	870
8	2551250	390	38	0	0	39	4	600	58	1029
9	2943750	579	49	0	0	22	2	589	49	1190
10	3336250	1165	87	0	0	99	7	80	6	1344
11	3728750	1326	88	0	0	88	6	92	6	1506
12	8635000	2438	70	69	2	158	5	812	23	3477

Sektor 5

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	19	100	0	0	19
2	147188	31	53	0	0	27	47	0	0	58
3	588750	173	73	0	0	0	0	63	27	236
4	981250	290	74	0	0	0	0	104	26	394
5	1373750	227	41	0	0	14	3	312	56	553
6	1766250	183	26	25	3	0	0	500	71	708
7	2158750	66	8	176	20	0	0	626	72	868
8	2551250	35	3	8	1	0	0	985	96	1028
9	2943750	637	54	0	0	17	1	531	45	1185
10	3336250	1256	93	0	0	71	5	19	1	1346
11	3728750	1457	97	25	2	22	1	1	0	1505
12	8635000	2750	79	58	2	191	5	469	14	3468

Sektor 6

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	19	100	0	0	19
2	147188	36	62	0	0	22	38	0	0	58
3	588750	211	90	22	10	0	0	1	0	234
4	981250	348	88	0	0	0	0	46	12	394
5	1373750	256	46	0	0	24	4	277	50	557
6	1766250	179	25	0	0	0	0	537	75	716
7	2158750	341	39	133	15	4	0	398	46	876
8	2551250	756	74	138	13	4	0	138	13	1036
9	2943750	492	41	2	0	0	0	696	59	1190
10	3336250	710	52	0	0	147	11	494	37	1351
11	3728750	954	64	10	1	0	0	543	36	1507
12	8635000	387	11	24	1	6	1	3054	88	3471

Sektor 7

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	21	100	0	0	21
2	147188	43	70	0	0	18	30	0	0	61
3	588750	230	96	3	1	0	0	6	3	239
4	981250	270	67	19	5	33	8	79	20	401
5	1373750	11	2	4	1	0	0	548	97	563
6	1766250	16	2	0	0	0	0	695	98	711
7	2158750	261	30	0	0	29	3	581	67	871
8	2551250	530	51	3	0	19	2	482	47	1034
9	2943750	502	42	144	12	55	5	485	41	1186
10	3336250	738	55	64	5	52	4	486	36	1340
11	3728750	569	38	75	5	34	2	830	55	1508
12	8635000	549	16	67	2	39	1	2819	81	3474

Sektor 8

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	21	100	0	0	21
2	147188	39	65	0	0	21	35	0	0	60
3	588750	231	97	6	3	0	0	0	0	237
4	981250	377	95	16	4	2	1	0	0	395
5	1373750	200	36	7	1	0	0	345	63	552
6	1766250	241	34	0	0	0	0	473	66	714
7	2158750	113	13	0	0	0	0	759	87	872
8	2551250	448	43	0	0	2	0	585	57	1035
9	2943750	662	56	4	0	85	7	439	37	1190
10	3336250	343	25	0	0	0	0	1009	75	1352
11	3728750	362	24	3	0	8	1	1139	75	1512
12	8635000	267	8	79	2	0	0	3129	90	3475

Sektor 9

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	20	100	0	0	20
2	147188	45	75	0	0	15	25	0	0	60
3	588750	232	97	6	3	0	0	0	0	238
4	981250	396	99	0	0	0	0	2	1	398
5	1373750	317	57	0	0	0	0	241	43	558
6	1766250	492	69	0	0	48	7	173	24	713
7	2158750	701	81	8	1	0	0	158	18	867
8	2551250	864	84	12	1	34	3	116	12	1026
9	2943750	1011	85	12	1	130	11	33	3	1186
10	3336250	683	50	64	5	197	15	402	30	1346
11	3728750	894	60	14	1	73	5	516	34	1497
12	8635000	826	24	253	7	222	6	2166	63	3467

Sektor 10

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	20	100	0	0	20
2	147188	51	88	0	0	7	12	0	0	58
3	588750	228	97	1	0	0	0	7	3	236
4	981250	329	84	0	0	53	13	12	3	394
5	1373750	460	83	36	6	2	0	60	11	558
6	1766250	488	68	41	6	146	21	38	5	713
7	2158750	813	93	0	0	55	6	8	1	876
8	2551250	931	90	0	0	51	5	53	5	1035
9	2943750	1068	90	28	2	98	8	0	0	1194
10	3336250	947	70	337	25	2	0	60	5	1346
11	3728750	962	64	395	26	150	10	0	0	1507
12	8635000	3036	88	212	6	73	2	148	4	3469

Sektor 11

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	21	100	0	0	21
2	147188	52	84	0	0	10	16	0	0	62
3	588750	196	81	0	0	0	0	46	19	242
4	981250	211	53	0	0	26	7	159	40	396
5	1373750	501	91	0	0	50	9	0	0	551
6	1766250	658	93	0	0	0	0	53	7	711
7	2158750	830	95	10	1	0	0	33	4	873
8	2551250	727	70	120	12	16	2	162	16	1025
9	2943750	950	80	10	1	5	0	221	19	1186
10	3336250	656	49	370	27	103	8	222	16	1351
11	3728750	1093	73	101	7	112	7	202	13	1508
12	8635000	2826	82	255	7	147	4	247	7	3475

Sektor 12

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	19	100	0	0	19
2	147188	42	70	0	0	18	30	0	0	60
3	588750	226	95	0	0	13	5	1	0	240
4	981250	296	74	0	0	0	0	104	26	400
5	1373750	549	99	0	0	8	1	0	0	557
6	1766250	567	80	13	2	88	12	46	6	714
7	2158750	634	73	112	13	98	11	30	3	874
8	2551250	808	78	140	14	39	4	45	4	1032
9	2943750	778	66	9	1	15	1	384	32	1186
10	3336250	767	56	21	2	28	2	533	40	1349
11	3728750	1229	81	38	3	16	1	229	15	1512
12	8635000	2439	70	288	8	227	7	521	15	3475

Sektor 13

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	20	100	0	0	20
2	147188	7	12	7	12	46	76	0	0	60
3	588750	147	61	12	5	75	32	4	2	238
4	981250	391	98	0	0	0	0	7	2	398
5	1373750	510	92	0	0	45	8	0	0	555
6	1766250	622	87	16	2	65	9	15	2	718
7	2158750	522	60	90	10	0	0	265	30	877
8	2551250	292	28	49	5	0	0	693	67	1034
9	2943750	477	40	4	0	30	3	680	57	1191
10	3336250	1160	86	0	0	39	3	152	11	1351
11	3728750	1382	92	0	0	107	7	22	1	1511
12	8635000	2018	59	12	0	224	6	1219	35	3473

Sektor 14

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	0	0	21	100	0	0	21
2	147188	0	0	0	0	60	100	0	0	60
3	588750	102	43	0	0	114	48	21	9	237
4	981250	330	83	9	2	46	12	12	3	397
5	1373750	463	84	4	1	28	5	60	10	555
6	1766250	464	65	7	1	10	1	231	33	712
7	2158750	20	2	0	2	0	2	851	98	871
8	2551250	102	10	0	0	0	0	931	90	1033
9	2943750	277	23	0	0	63	5	848	72	1188
10	3336250	350	26	6	0	0	0	991	74	1347
11	3728750	891	59	53	4	63	4	502	33	1509
12	8635000	2129	61	214	6	244	7	891	26	3478

Sektor 15

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	1	5	18	95	0	0	19
2	147188	0	0	6	10	54	90	0	0	60
3	588750	152	63	0	0	89	37	0	0	241
4	981250	219	55	0	0	100	25	77	20	396
5	1373750	298	54	2	0	29	5	227	41	556
6	1766250	275	38	0	0	27	4	417	58	719
7	2158750	67	8	0	0	0	0	811	92	878
8	2551250	267	26	2	0	11	1	752	73	1032
9	2943750	77	6	0	0	0	0	1115	94	1192
10	3336250	1	0	0	0	0	0	1354	100	1355
11	3728750	94	6	0	0	56	4	1356	90	1506
12	8635000	1334	38	4	0	94	3	2040	59	3472

Sektor 16

Zóna	Plocha zóny [m2]	AVALUE=0		AVALUE=2		AVALUE=4		AVALUE=6		Σ bodů
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	
1	49063	0	0	3	15	17	85	0	0	20
2	147188	0	0	1	2	59	98	0	0	60
3	588750	139	59	3	1	84	36	10	4	236
4	981250	150	38	0	0	0	0	244	62	394
5	1373750	333	60	0	0	18	3	201	37	552
6	1766250	461	65	0	0	109	15	146	20	716
7	2158750	396	46	1	0	53	6	420	48	870
8	2551250	484	47	0	0	76	7	475	47	1035
9	2943750	233	20	47	4	31	3	881	73	1192
10	3336250	438	33	60	4	25	2	829	61	1352
11	3728750	1104	73	49	3	146	10	209	14	1508
12	8635000	2006	57	134	4	22	1	1314	38	3476

Hodnoty AVALUE odpovídají drsnostem z_0 uvedeným v tabulce č. 6, barvy jsou v tabulkách použity pro lepší přehlednost a odpovídají barvám použitým na mapě ve vrstvě *ETE_drnost*.

Příloha č. 2: Přehled zemědělských plodin z výročních zpráv z let 2003 - 2010

Zemědělské plodiny r. 2003. Zdroj [6]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Březí (5862)	hrách
Březí (5859)	ječmen
Březí (5879)	ječmen
Bohunice (5943)	pšenice
Kočín (5847)	jetel
Křtěnov čp. 39	pšenice
Temelín (6151)	řepka
Temelínec (5876)	ječmen

Zemědělské plodiny r. 2004. Zdroj [7]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Březí (5862)	pšenice
Březí (5859)	ječmen
Březí (5860)	řepka
Kočín (5847)	pšenice
Sedlec (5895)	pšenice
Temelín (5909)	kukuřice
Temelín (6098)	tráva
Temelínec (5901)	ječmen

Zemědělské plodiny r. 2005. Zdroj [8]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Březí (5879)	pšenice
Kočín (5848)	řepka
Temelín (5947)	kukuřice
Temelín (6098)	tráva
Temelínec (5901)	jetel bílý
Temelínec (5876)	ječmen

Zemědělské plodiny r. 2006. Zdroj [9]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Březí (5862)	pšenice
Poluží (6002)	pšenice
Temelín (6099)	tráva
Temelín (5909)	kukuřice

Zemědělské plodiny r. 2007. Zdroj [10]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Kočín (5848)	pšenice
Temelín (5947)	kukuřice
Temelín (6098)	tráva
Temelínec (5876)	ječmen

Zemědělské plodiny r. 2008. Zdroj [11]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Kočín (5847)	pšenice
Temelín u sadů	kukuřice
Temelín (6098)	tráva
Temelínec (5876)	žito

Zemědělské plodiny r. 2009. Zdroj [12]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Březí (5866)	ječmen
Bohunice (5943)	kukuřice
Sedlec (5895)	pšenice
Temelín (6098)	tráva

Zemědělské plodiny r. 2010. Zdroj [13]

Lokalita (číslo pozemku)	Druh
Knín (5848)	ječmen
Křtěnov	kukuřice
Temelín (6098)	tráva
Temelínek (5901)	pšenice

Příloha č. 3: Hodnoty ozáření obyvatelstva [Sv]

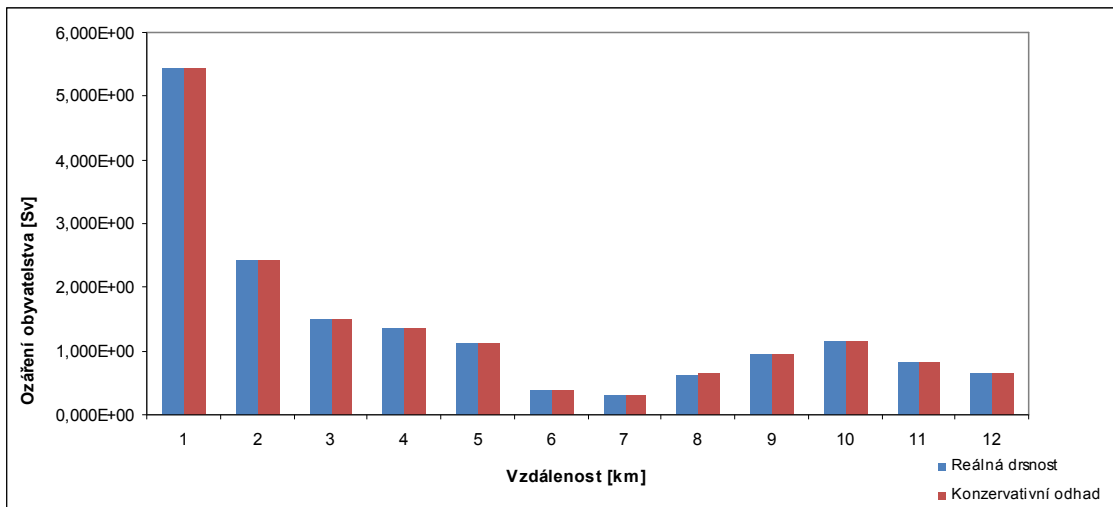
Ozáření obyvatelstva ve 3.sektoru v období vegetačního klidu (zima)

vzdálenost [km]	kategorie F [2m/s]			kategorie D [5m/s]			kategorie A [2m/s]		
	Ozáření pro reálnou drsnost dle map - 1. výpočet	Ozáření pro konzervativní odhad drsnosti pro RTARC-poslední výpočet	relativní dif	Ozáření pro reálnou drsnost dle map - 1. výpočet	Ozáření pro konzervativní odhad drsnosti pro RTARC-poslední výpočet	relativní dif	Ozáření pro reálnou drsnost dle map - 1. výpočet	Ozáření pro konzervativní odhad drsnosti pro RTARC-poslední výpočet	relativní dif
0,5	5,450E+00	5,450E+00	0,000	9,483E-05	9,483E-05	0,000	3,679E-05	3,679E-05	0,000
1	2,410E+00	2,419E+00	0,004	8,186E-05	9,266E-05	0,132	2,275E-03	7,656E-03	0,703
2	1,480E+00	1,486E+00	0,004	1,032E-04	1,320E-04	0,279	4,432E-02	6,577E-02	0,326
3	1,338E+00	1,342E+00	0,003	2,679E-04	3,332E-04	0,244	1,264E-01	1,439E-01	0,122
4	1,081E+00	1,083E+00	0,002	6,531E-04	7,497E-04	0,148	1,836E-01	1,922E-01	0,045
5	3,753E-01	3,784E-01	0,008	9,962E-04	1,206E-03	0,211	2,037E-01	2,135E-01	0,046
6	3,037E-01	3,073E-01	0,012	1,936E-03	2,345E-03	0,211	2,131E-01	2,203E-01	0,033
7	6,198E-01	6,266E-01	0,011	4,329E-03	5,253E-03	0,213	2,160E-01	2,211E-01	0,023
8	9,274E-01	9,340E-01	0,007	7,235E-03	8,347E-03	0,154	2,081E-01	2,104E-01	0,011
9	1,127E+00	1,132E+00	0,004	1,042E-02	1,154E-02	0,107	1,963E-01	1,972E-01	0,005
10	7,895E-01	7,935E-01	0,005	1,165E-02	1,258E-02	0,080	1,808E-01	1,811E-01	0,002
12	6,330E-01	6,329E-01	0,000	1,619E-02	1,635E-02	0,010	1,564E-01	1,563E-01	-0,001

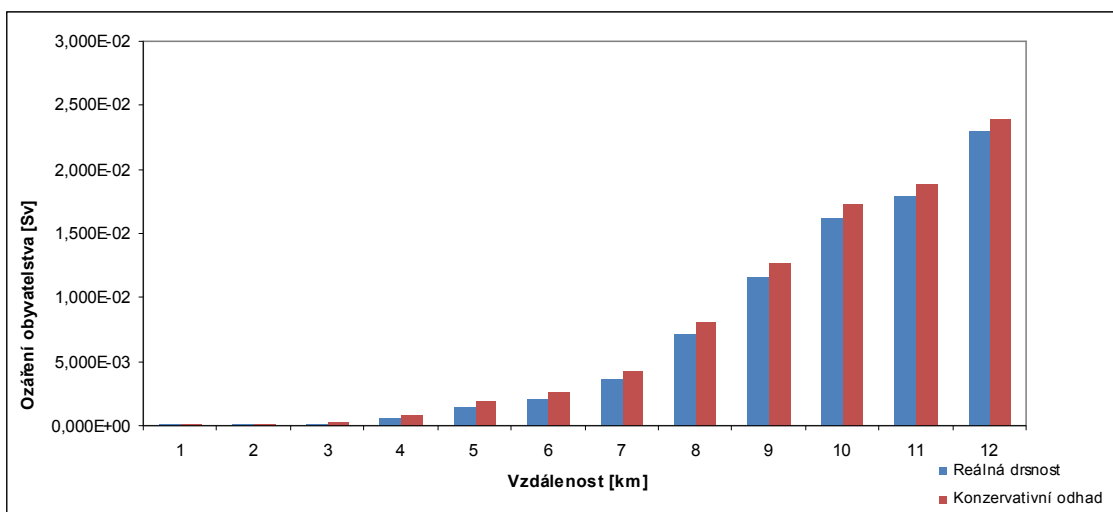
Ozáření obyvatelstva ve 3.sektoru ve vegetačním období (léto)

vzdálenost [km]	kategorie F [2m/s]			kategorie D [5m/s]			kategorie A [2m/s]		
	Ozáření pro reálnou drsnost dle map - 1. výpočet	Ozáření pro konzervativní odhad drsnosti pro RTARC-poslední výpočet	relativní dif	Ozáření pro reálnou drsnost dle map - 1. výpočet	Ozáření pro konzervativní odhad drsnosti pro RTARC-poslední výpočet	relativní dif	Ozáření pro reálnou drsnost dle map - 1. výpočet	Ozáření pro konzervativní odhad drsnosti pro RTARC-poslední výpočet	relativní dif
0,5	5,450E+00	5,450E+00	0,000	9,483E-05	9,483E-05	0,000	3,679E-05	3,679E-05	0,000
1	2,415E+00	2,419E+00	0,002	8,687E-05	9,266E-05	0,067	4,524E-03	7,656E-03	0,409
2	1,492E+00	1,495E+00	0,002	1,568E-04	1,818E-04	0,159	8,484E-02	9,783E-02	0,133
3	1,355E+00	1,362E+00	0,005	5,641E-04	8,479E-04	0,503	1,904E-01	2,222E-01	0,143
4	1,102E+00	1,108E+00	0,005	1,481E-03	1,977E-03	0,335	2,397E-01	2,565E-01	0,065
5	3,892E-01	3,923E-01	0,008	2,098E-03	2,604E-03	0,241	2,404E-01	2,488E-01	0,034
6	3,163E-01	3,188E-01	0,008	3,599E-03	4,236E-03	0,177	2,348E-01	2,390E-01	0,018
7	6,388E-01	6,421E-01	0,005	7,196E-03	8,126E-03	0,129	2,279E-01	2,298E-01	0,008
8	9,520E-01	9,553E-01	0,003	1,163E-02	1,273E-02	0,095	2,145E-01	2,151E-01	0,003
9	1,154E+00	1,157E+00	0,003	1,615E-02	1,730E-02	0,071	1,987E-01	1,987E-01	0,000
10	8,169E-01	8,193E-01	0,003	1,786E-02	1,887E-02	0,057	1,811E-01	1,809E-01	-0,001
12	6,591E-01	6,611E-01	0,003	2,302E-02	2,394E-02	0,040	1,541E-01	1,537E-01	-0,003

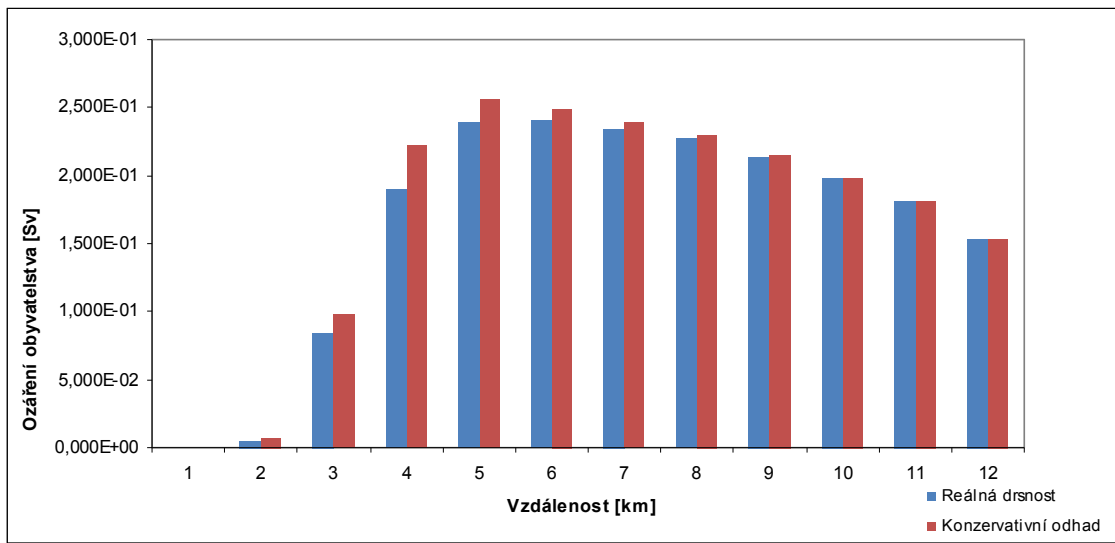
Graf ozáření obyvatelstva ve 3.sektoru pro kategorii stability F (léto)



Graf ozáření obyvatelstva ve 3.sektoru pro kategorii stability D (léto)



Graf ozáření obyvatelstva ve 3.sektoru pro kategorii stability A (léto)



Příloha č. 4 Rozdíly ozáření v jednotlivých zónách a sektorech ve vegetačním období a v období vegetačního klidu (léto-zima) pro všechny kategorie stability atmosféry

1.SEKTOR			2.SEKTOR			3.SEKTOR		
F	D	A	F	D	A	F	D	A
léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	4%	34%	0%	6%	99%
0%	8%	10%	0%	36%	52%	1%	52%	91%
1%	43%	19%	1%	79%	37%	1%	111%	51%
2%	55%	15%	2%	95%	24%	2%	127%	31%
2%	61%	11%	3%	76%	13%	4%	111%	18%
3%	54%	7%	3%	61%	8%	4%	86%	10%
3%	50%	4%	3%	50%	4%	3%	66%	6%
3%	40%	2%	3%	45%	2%	3%	61%	3%
2%	38%	1%	3%	40%	1%	2%	55%	1%
3%	35%	0%	4%	37%	0%	3%	53%	0%
4%	33%	-1%	4%	31%	-1%	4%	42%	-1%
2%	35%	6%	2%	46%	15%	2%	64%	26%

4.SEKTOR			5.SEKTOR			6.SEKTOR		
F	D	A	F	D	A	F	D	A
léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	4%	59%	0%	3%	24%	0%	4%	37%
0%	28%	41%	0%	36%	48%	0%	46%	69%
0%	37%	18%	1%	70%	33%	1%	95%	44%
1%	32%	9%	1%	66%	18%	1%	87%	23%
2%	37%	7%	2%	57%	11%	2%	70%	13%
2%	42%	6%	2%	42%	6%	3%	63%	8%
2%	35%	3%	1%	30%	3%	3%	58%	5%
1%	31%	2%	1%	27%	10%	2%	45%	2%
1%	32%	1%	2%	31%	1%	2%	41%	1%
2%	33%	0%	1%	31%	0%	2%	37%	0%
2%	29%	-1%	2%	28%	0%	1%	24%	0%
1%	28%	12%	1%	35%	13%	1%	47%	17%

7.SEKTOR			8.SEKTOR			9.SEKTOR		
F	D	A	F	D	A	F	D	A
léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	5%	47%	0%	4%	43%	0%	5%	58%
1%	51%	77%	1%	50%	76%	1%	53%	82%
1%	89%	41%	1%	108%	49%	1%	112%	51%
1%	63%	17%	1%	86%	23%	1%	101%	26%
1%	46%	8%	1%	69%	12%	1%	91%	16%
1%	39%	5%	1%	52%	6%	2%	88%	11%
2%	36%	3%	1%	44%	4%	3%	82%	7%
2%	34%	2%	2%	41%	2%	4%	76%	4%
2%	30%	1%	2%	35%	1%	4%	64%	2%
2%	27%	0%	1%	29%	0%	5%	57%	0%
1%	19%	-1%	2%	22%	-1%	6%	43%	-1%
1%	37%	17%	1%	45%	18%	2%	64%	21%

10.SEKTOR			11.SEKTOR			12.SEKTOR		
F	D	A	F	D	A	F	D	A
léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	6%	89%	0%	6%	76%	0%	5%	47%
1%	57%	91%	1%	47%	73%	1%	50%	75%
1%	107%	49%	1%	75%	36%	1%	94%	43%
2%	121%	30%	2%	97%	25%	2%	120%	29%
2%	111%	18%	3%	103%	17%	3%	113%	18%
3%	104%	12%	4%	101%	12%	3%	100%	12%
4%	95%	8%	4%	90%	8%	3%	88%	7%
5%	89%	5%	5%	82%	5%	4%	76%	4%
6%	80%	3%	5%	69%	2%	4%	66%	2%
6%	71%	1%	6%	63%	1%	5%	61%	1%
7%	61%	-1%	6%	52%	-1%	6%	51%	-1%
3%	75%	25%	3%	65%	21%	3%	69%	20%

13.SEKTOR			14.SEKTOR			15.SEKTOR		
F	D	A	F	D	A	F	D	A
léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima	léto/zima
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	1%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	17%	25%	0%	13%	14%	0%	19%	23%
1%	58%	29%	1%	41%	19%	0%	33%	17%
2%	81%	22%	1%	59%	15%	1%	38%	12%
2%	84%	15%	1%	54%	19%	1%	34%	13%
2%	73%	9%	1%	37%	26%	1%	26%	16%
2%	58%	5%	1%	31%	16%	0%	23%	12%
2%	50%	3%	1%	27%	1%	0%	18%	5%
4%	50%	2%	2%	25%	0%	0%	16%	0%
4%	48%	0%	2%	25%	0%	1%	14%	0%
5%	40%	-1%	3%	24%	-1%	1%	13%	-1%
2%	47%	9%	1%	28%	9%	0%	19%	8%

16.SEKTOR		
F	D	A
léto/zima	léto/zima	léto/zima
0%	0%	0%
0%	0%	0%
0%	18%	21%
0%	30%	15%
1%	40%	11%
1%	41%	8%
1%	39%	5%
2%	36%	3%
1%	29%	1%
2%	27%	1%
2%	27%	0%
3%	24%	-1%
1%	26%	5%