



ESTE CBRN - modelovanie radiačnej situácie po aplikácii špinavej bomby

Ľudovít Lipták, Mária Marčišovská, Peter Čarný, Eva Fojčíková.

ABmerit, s.r.o., Trnava

DRO 2021, 8.-12.11.2021

ESTE CBRN

Softwarový nástroj na modelovanie šírenia rádioaktívnych látok v mestskej zástavbe po aplikovaní radiologického disperzného zariadenia (RDD – radiological dispersion device) a výpočet následných dopadov na obyvateľstvo.

CBRN: vyjadruje množinu hrozieb pre obyvateľstvo, pri ktorej by sa aplikovali látky z nasledovných kategórií:

C = Chemical (jedy, komerčné a priemyselné chemikálie)

B = Biological (infekčné choroby)

R = Radiological (lekárske a komerčné zdroje)

N = Nuclear (improvizované alebo skutočné nukleárne zbrane).

ESTE CBRN

Základné udalosti spadajúce do množiny CBRN udalostí:

- Teroristické/zlomyselné útoky.
- Havarijné úniky v priemyselných objektoch.

Základné aplikácie ESTE CBRN:

- a) Cvičenie pre krízové štáby,
- b) Vykonávanie analýz,
- c) Odozva na krízové situácie v reálnom čase.

ESTE CBRN - funkcionality

Základné charakteristiky/funkcionality SW nástroja ESTE CBRN:

- Modelovanie inicializačnej fázy udalosti (poskytnutie zdrojového člena pre výpočet dopadov).
- Generovanie poľa vetra (+ polí turbulentných parametrov) pre danú mestskú zástavbu.
- Modelovanie šírenia uvoľnených látok v atmosfére mestskej zástavby.
- Výpočet radiologických dopadov.

RDD udalosti

- Prípád zlomyseľného použitia: Radiological Dispersion Device (RDD)
= nekonvenčná zbraň využívajúca klasickú výbušninu na rozptýlenie rádioaktívneho materiálu.
- Cieľ použitia RDD: vyvolať paniku v populácii a spôsobiť ekonomické škody.
- Parametre:
 - Typ a množstvo trhaviny.
 - Typ rádioaktívneho materiálu.
 - Geometria zariadenia.
 - Lokálne meteorologické podmienky a iné.
- Kombinácia týchto parametrov bude definovať závažnosť udalosti na základe celkových dávok (externe aj interne), stupeň kontaminácie a rozloha kontaminovanej oblasti.

Kategórie rádioaktívnych zdrojov

Pravdepodobnosť použitia (na základe dostupnosti)

vysoká

- Priemyselné: Cs-137, Co-60, Ir-192, Sr-90, Ra-226
- Medicínske: Tc-99m, Tl-201, Tl-201, Ga-67, I-123, I-125, I-131, In-111, Cs-137, Co-60, Ir-192

- Prírodné zdroje žiarenia: K-40, U-238, Th-232 a ich rozpadové produkty

nízka

- Špeciálne štiepne materiály: U-235, Pu-239, U-233

Modelový príklad šírenia v prípade CBRN

“Green Field” projekt (Izrael, 2010-2014)

Zdroj: Sharon, A., Halevy, I., Sattinger, D., Berenstein, Z., Neuman, R., Banaim, P., Pinhas, M., & Yaar, I. (2014). Ground deposition pattern of an explosive radiological dispersal device (RDD). 27 Conference of the Nuclear Societies in Israel Program and Papers, (p. 367). Israel: NSI.

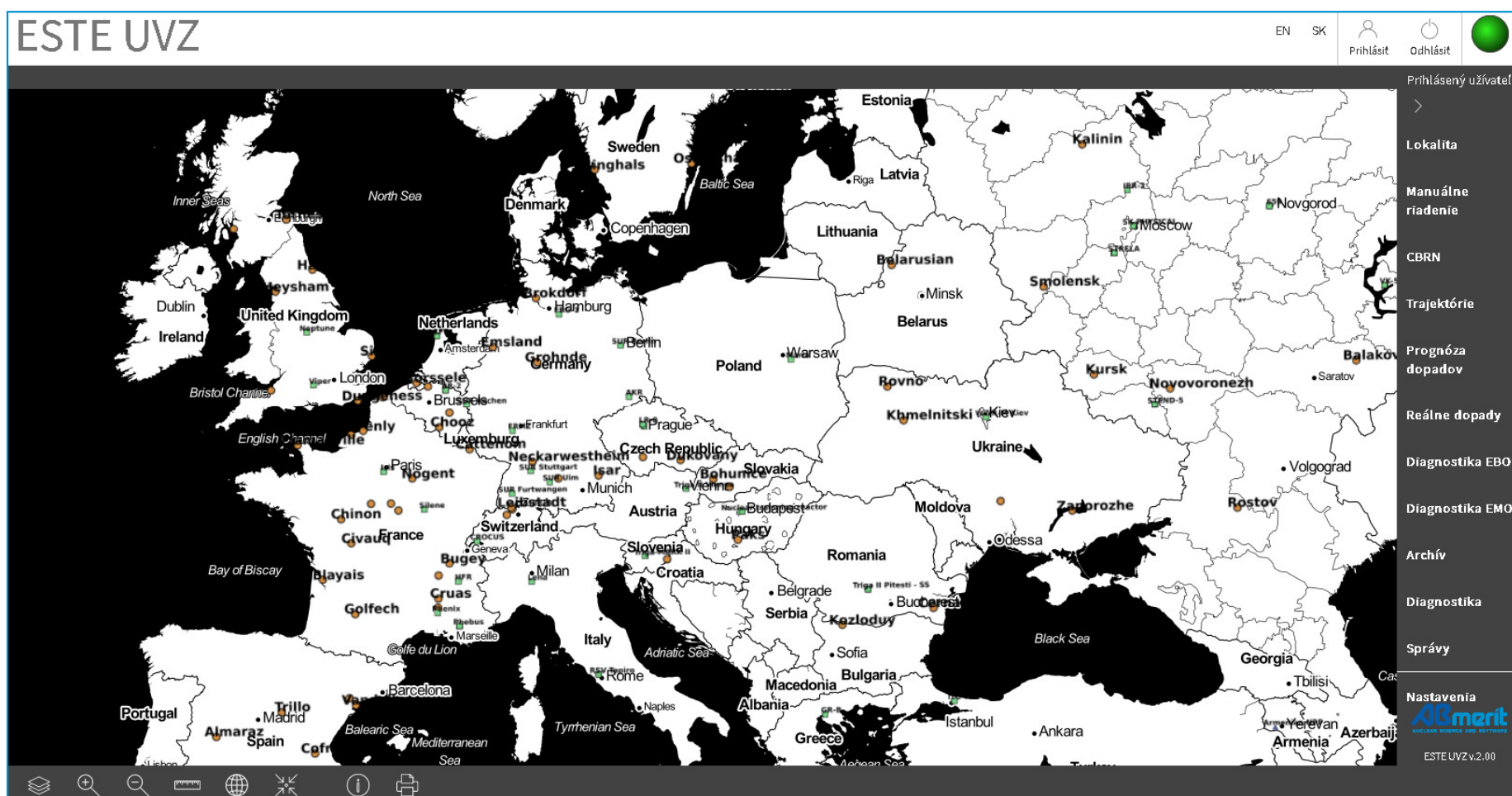
-parametre:

- 2-3E+11 Bq Tc-99m ($T_{1/2}=6.02$ h)
- TNT (0.25-25 kg)
- Rôzne povrchové materiály:
pôda, tráva, betón, asfalt.
- Obrázok: oblak prachu
4 s po detonácii 25 kg TNT.



ESTE - Modul CBRN

Implementácia vo verzii ESTE UVZ (Úrad verejného zdravotníctva SR)



ESTE CBRN

ESTE UVZ

[EN](#)
[SK](#)

Prihlásiť
 Odhlásiť

Prihlásený užívateľ: abmerit_expert

Súradnicový systém: WGS84 Web-Mercator
 2 km

Zadanie udalosti CBRN

Čas udalosti	Co-60	19. 10. 2021 , 18:00
Zem. dĺžka [°]	Sr-90	17,108
	Cs-137	
Zem. šírka [°]	Ir-192	48,1549
	Po-210	2,1
Rýchlosť vetra	Ra-226	337,7
Smer vetra [°]	Pu-238	E
Kategória stav	Am-241	0,0002
Zrážky [mm/h]	Cf-252	
ZDČ	Vyhoruté palivo	
Použitý zdroj:	Cs-137	Aktivita [Bq]

Zrušiť

Potvrdiť

Lokalita

Manuálne riadenie

CBRN

Trajektórie

Prognóza dopadov

Reálne dopady

Diagnostika EBO

Diagnostika EMO

ESTE UVZ v.2.00

ESTE CBRN

ESTE UVZ

EN SK

Prihlásiť Odhlásiť

Prihlásený užívateľ: abmerit_expert

Lokality

Manuálne riadenie

CBRN

Trajektórie

Prognóza dopadov

Reálne dopady

Diagnostika EBO

Diagnostika EMO

ABmerit Archiv

ESTE UVZ v.2.00

Mapa Bratislava - Devín

Súradnicový systém: WGS84 Web-Mercator

2 km

Zadanie udalosti CBRN

Čas udalosti CBRN (UTC)

19. 10. 2021, 18:00

Zem. dĺžka [°]

17,108

Zem. šírka [°]

48,1549

Rýchlosť vetra [m/s]

2,1

Smer vetra [°]

337,7

Kategória stability [A-F]

E

Zrážky [mm/h]

0,0002

ZDČ

Použitý zdroj: Cs-137

Aktivita [Bq]

1.0E+10

1.0E+11

1.0E+12

1.0E+13

1.0E+14

Zrušiť

ESTE CBRN – počítané parametre

▲ DÁVKA, INTEGRÁL OD ZAČIATKU UDALOSTI

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
EXTERNÁ Z MRAKU
Z DEPOZITU NA TERÉNE
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, >16R
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 6-15R
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 0-5R
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, PLOD

▲ DÁVKOVÝ PRÍKON

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
Z MRAKU
Z DEPOZITU NA TERÉNE
PRÍKON ÚVÄZKU, >16R

▲ AKTIVITY

- ▷ AKTIVITY - MRAK
- ▷ AKTIVITY - DEPOZIT

▷ DÁVKA, INTEGRÁL OD ZAČIATKU UDALOSTI

▷ DÁVKOVÝ PRÍKON

▲ AKTIVITY

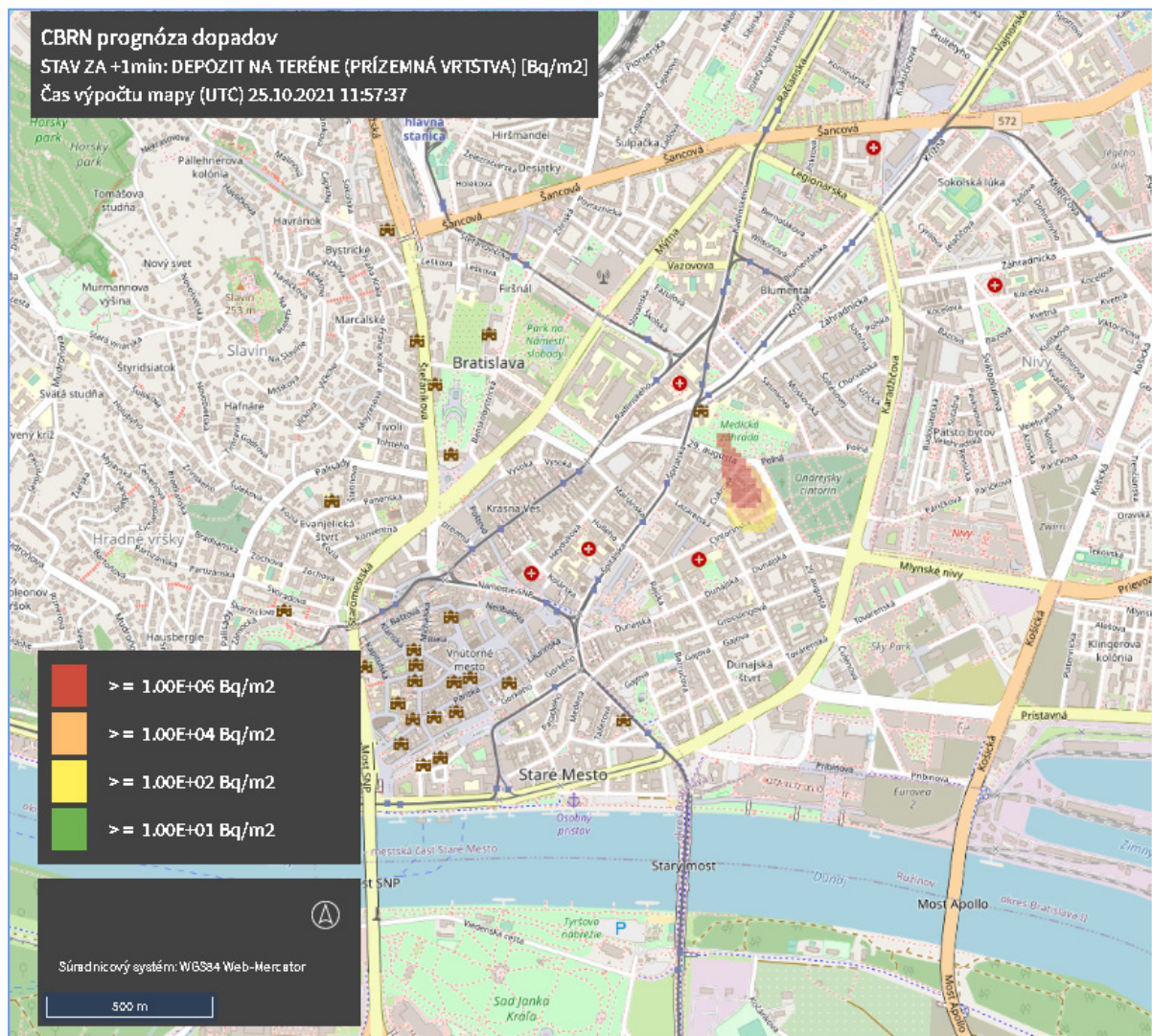
▲ AKTIVITY - MRAK

PRÍZEMNÁ VRSTVA
VRSTVA 6-15 m
VRSTVA 16-25 m
VRSTVA 25-45 m
VRSTVA 45-65 m
TIC, PRÍZEMNÁ VRSTVA
TIC, 6-15 m
TIC, 16-25 m
TIC, 25-45 m
TIC, 45-65 m

▲ AKTIVITY - DEPOZIT

TERÉN
STRECHY DO 6 m
STRECHY 6-15 m
STRECHY 16-25 m
STRECHY 25-45 m
STRECHY 45-65 m

ESTE CBRN



CBRN

▣ DÁVKA, INTEGRÁL OD ZAČIATKU UDALOSTI

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
 EXTERNÁ Z MRAKU
 Z DEPOZITU NA TERÉNE
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, >16R
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 6-15R
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 0-5R
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, PLOD

▣ DÁVKOVÝ PRÍKON

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
 Z MRAKU
 Z DEPOZITU NA TERÉNE
 PRÍKON ÚVÄZKU, >16R

▣ AKTIVITY

▸ AKTIVITY - MRAK

▣ AKTIVITY - DEPOZIT

TERÉN

STRECHY DO 6 m
 STRECHY 6-15 m
 STRECHY 16-25 m
 STRECHY 25-45 m
 STRECHY 45-65 m

Aktuálna mapa

25.10.2021 11:57:37 (UTC)

Archív 1

...

Archív 2

...

Stav za +1min

Stav za +2min

Stav za +3min

Stav za +10min

Stav za +30min

Stav za +60min

☐ Závěterná strana

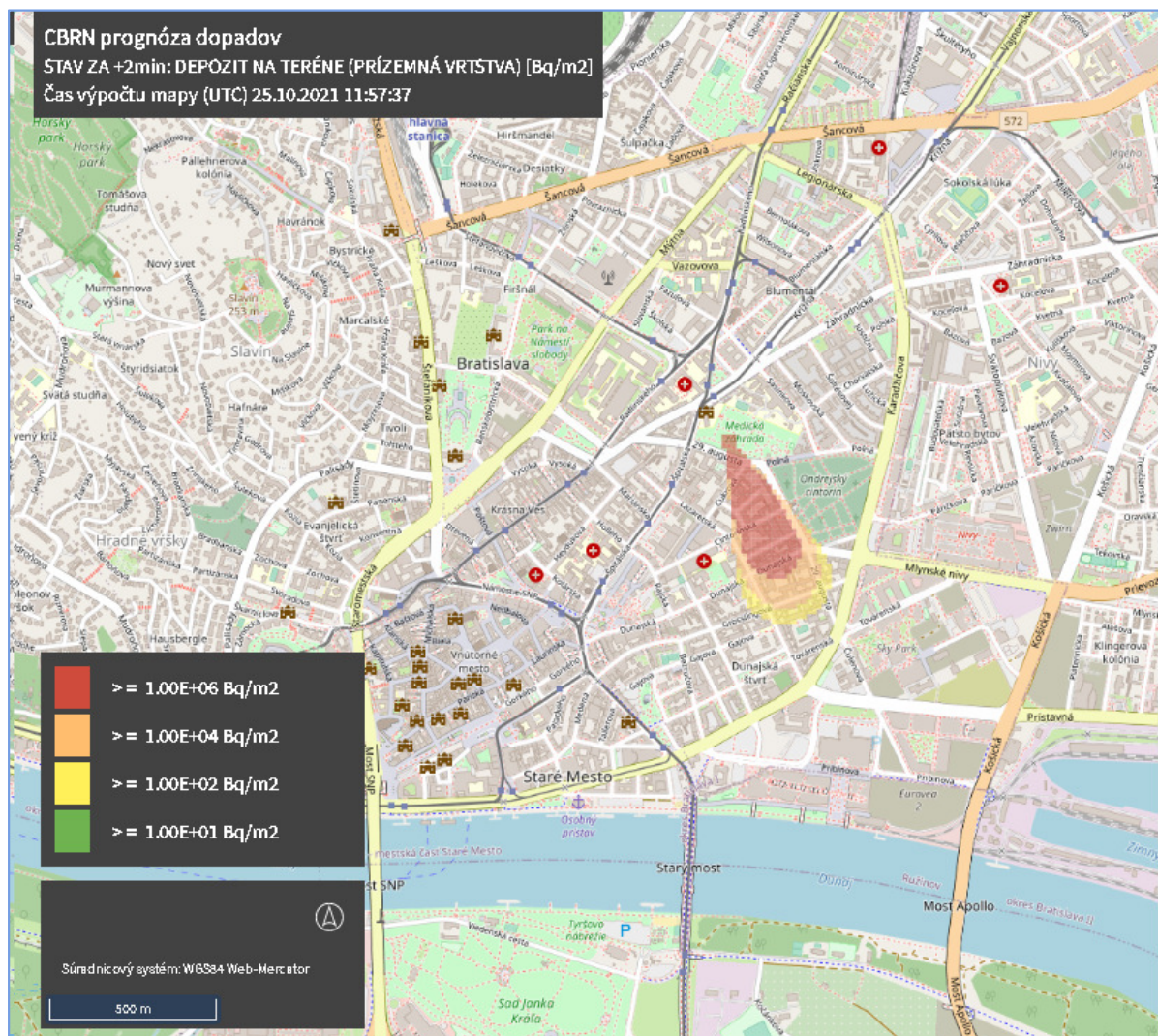
Použitý zdroj

Cs-137

Aktivita [Bq]

1.00E+14

ESTE CBRN



CBRN

▣ DÁVKA, INTEGRÁL OD ZAČIATKU UDALOSTI

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
 EXTERNÁ Z MRAKU
 Z DEPOZITU NA TERÉNE
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, >16R
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 6-15R
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 0-5R
 ÚVÄZOK INHALÁCIOU, PLOD

▣ DÁVKOVÝ PRÍKON

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
 Z MRAKU
 Z DEPOZITU NA TERÉNE
 PRÍKON ÚVÄZKU, >16R

▣ AKTIVITY

▢ AKTIVITY - MRAK

▣ AKTIVITY - DEPOZIT

TERÉN

STRECHY DO 6 m
 STRECHY 6-15 m
 STRECHY 16-25 m
 STRECHY 25-45 m
 STRECHY 45-65 m

Aktuálna mapa

25.10.2021 11:57:37 (UTC)

Archív 1

Archív 2

Stav za +1min

Stav za +2min

Stav za +3min

Stav za +10min

Stav za +30min

Stav za +60min

☐ Záveterná strana

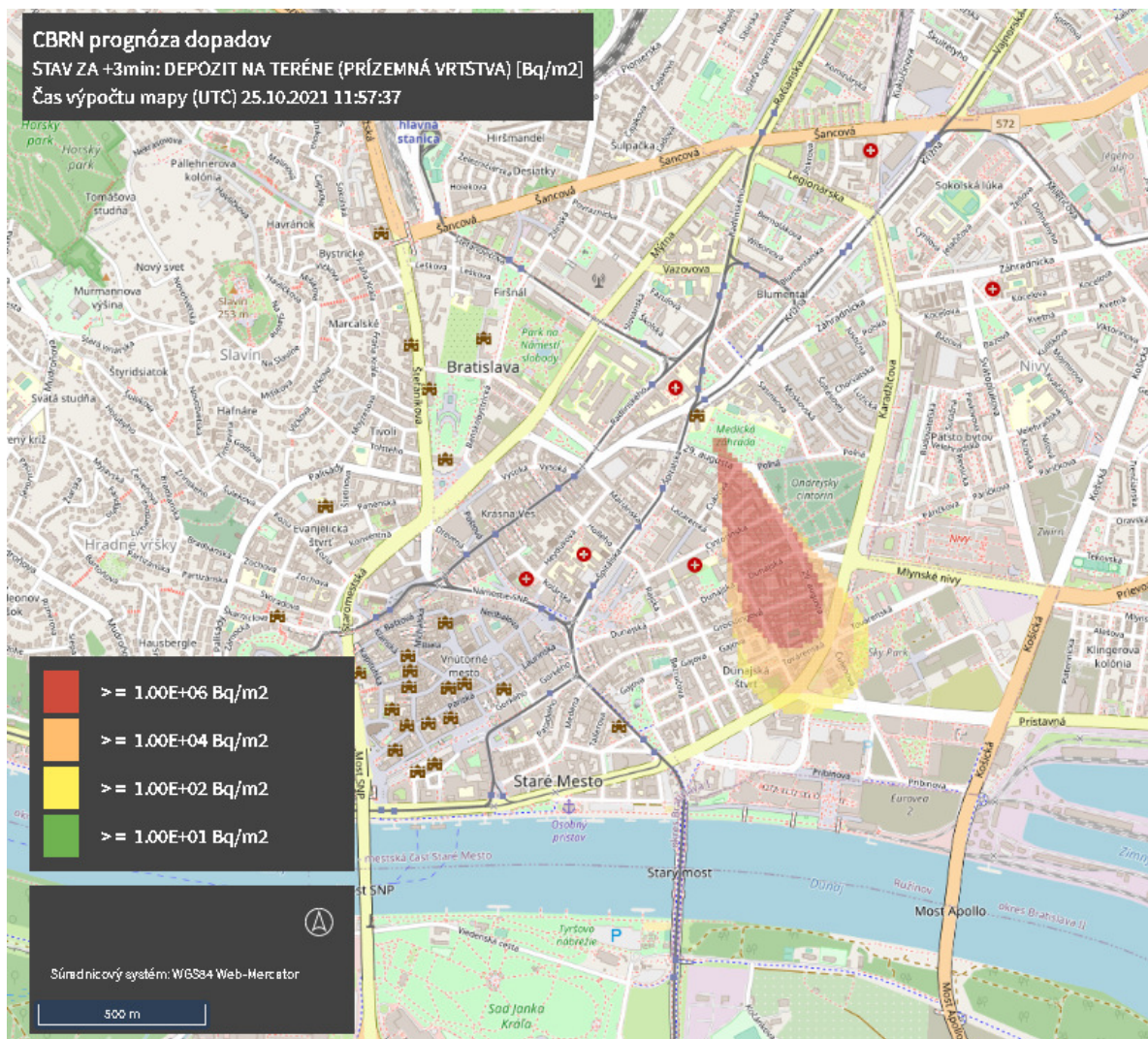
Použitý zdroj

Cs-137

Aktivita [Bq]

1.00E+14

ESTE CBRN



CBRN

▲ DÁVKA, INTEGRÁL OD ZAČIATKU UDALOSTI

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
EXTERNÁ Z MRAKU
Z DEPOZITU NA TERÉNE
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, >16R
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 6-15R
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, 0-5R
ÚVÄZOK INHALÁCIOU, PLOD

▲ DÁVKOVÝ PRÍKON

VŠETKÝMI CESTAMI, >16R
Z MRAKU
Z DEPOZITU NA TERÉNE
PRÍKON ÚVÄZKU, >16R

▲ AKTIVITY

▷ AKTIVITY - MRAK

▲ AKTIVITY - DEPOZIT

TERÉN

STRECHY DO 6 m
STRECHY 6-15 m
STRECHY 16-25 m
STRECHY 25-45 m
STRECHY 45-65 m

Aktuálna mapa

25.10.2021 11:57:37 (UTC)

Archív 1

...

Archív 2

...

Stav za +1min

Stav za +2min

Stav za +3min

Stav za +10min

Stav za +30min

Stav za +60min

☐ Závěterná strana

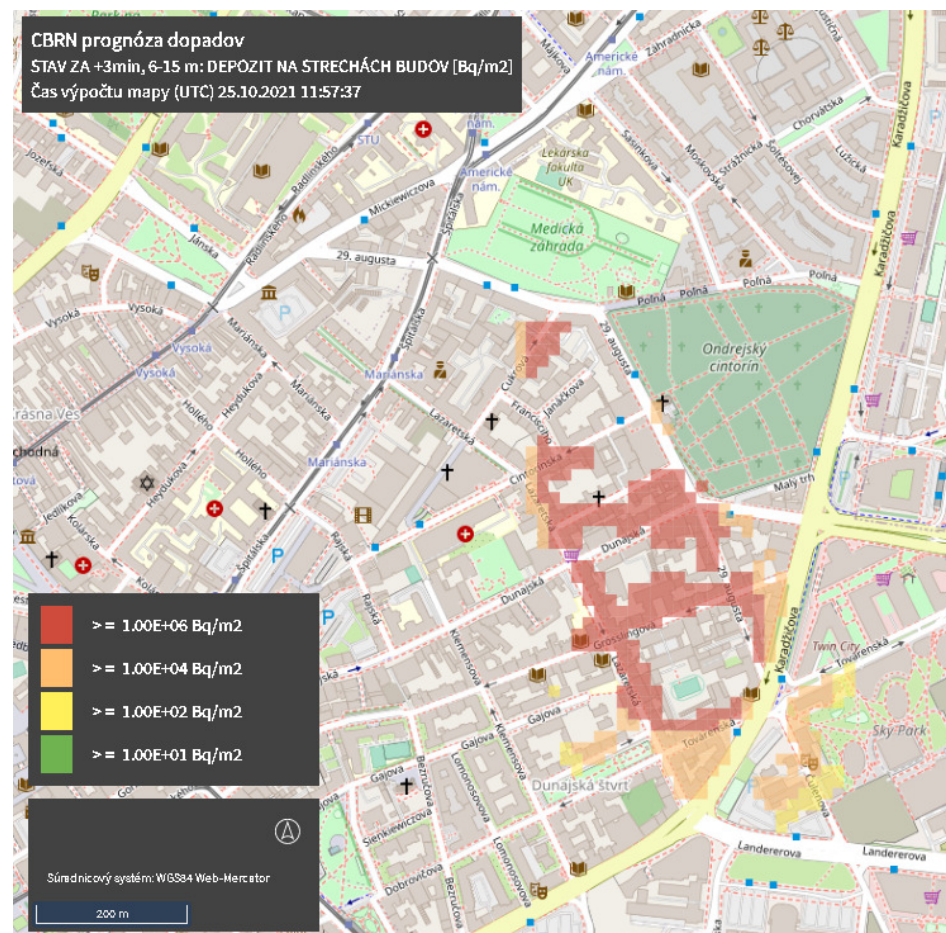
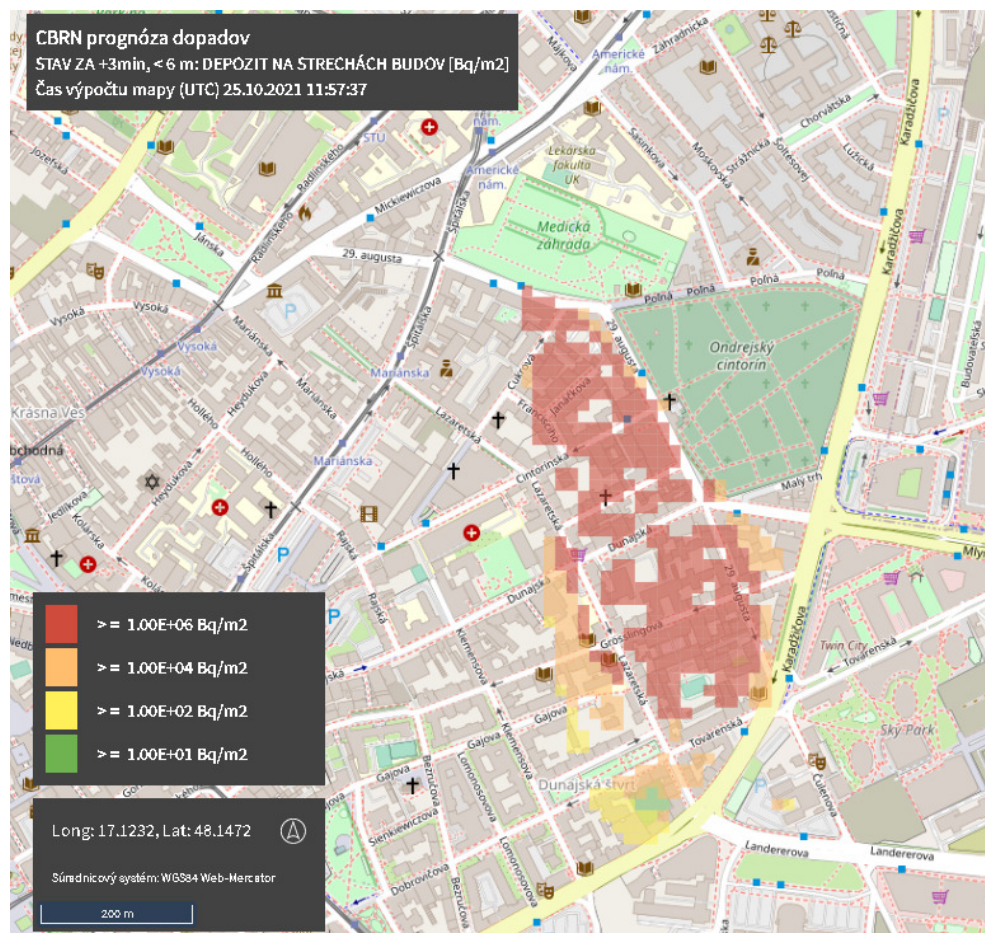
Použitý zdroj

Cs-137

Aktivita [Bq]

1.00E+14

ESTE CBRN



Depozit na strechách v rôznych výškach (vľavo – do 6 m, vpravo – medzi 6 až 15 m).

ESTE CBRN - projekty

Aktívna účasť a riešenie projektov v oblasti modelovania šírenia a výpočet dopadov v mestskej zástavbe po aplikácii výbušného zariadenia s rádioaktívnym materiálom:

1. **Cvičenia INEX 4** (OECD NEA) – téma: aplikovanie špinavej bomby (dirty bomb) v mestskej zástavbe. Príprava a vedenie/moderovanie cvičení (Písek, Mikulov, Praha, Plzen a Litoměřice) pre príslušné krízové štáby v Českej republike.

2. **Projekt UDINEE** (The **U**rban **D**ispersion **I**nternational **E**valuation **E**xercise), organizovanej DG JRC EC (Európska komisia), zameranej na vyhodnotenie atmosferických disperzných modelov pre aplikáciu v havarijnej pripravenosti a odozvy.

Využité boli výsledky experimentov z okamžitých únikov plynu SF₆ , uskutočnených v Oklahoma City, USA.



ESTE CBRN - Projekt UDINEE

Validovanie modelov pre ESTE CBRN:

- Výpočet poľa vetra pre mestskú zástavbu, založený na riešení Navier-Stokesových rovníc (Boussinesq approximation + K-epsilon turbulentný model).

$$u_j \frac{\partial}{\partial x_j} (u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i + \frac{\partial}{\partial x_j} R_{ij}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad (2)$$

$$R_{ij} = -\overline{u'_i u'_j} = \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \left(k + \nu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) \delta_{ij}, \quad (3)$$

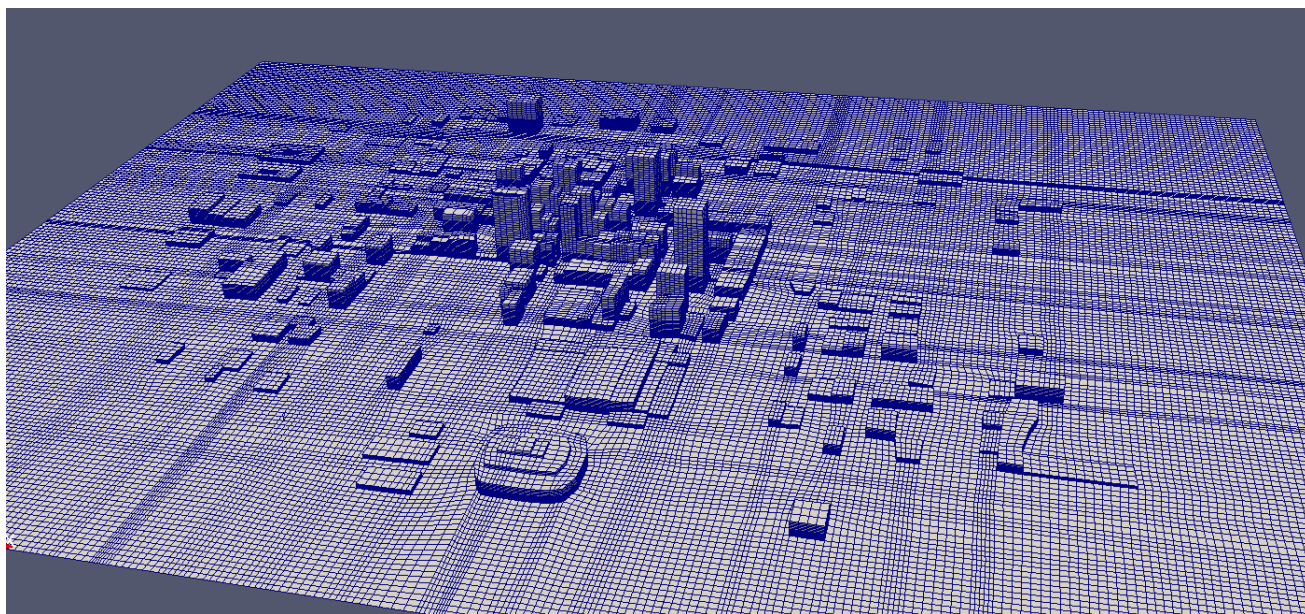
- Eulerov prístup/model pre advekčno-difúzny proces pasívneho trcera

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (u_i C) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(d_t \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + s$$

Grant Agentúry na podporu výskumu a vývoja (Min. školstva SR): Modelovanie šírenia rádioaktívnych látok v zastavanom prostredí po aplikácii špinavej bomby

- Obdobie projektu: r. 2021-2023.
- zdokonalenie metód výpočtu poľa vetra v prostredí mestskej zástavby;
- vývoj metodológie a aplikácia metód GIS na prepojenie 3D dát s programom ESTE;
- implementácia Lagrangeovej metódy modelovania disperzie RA látok v prostredí mestskej zástavby;
- implementácia modelu popisujúceho fyzikálne javy v dôsledku aplikácie špinavej bomby v prvotnej fáze;
- vývoj zdokonaleného dozimetrického modelu na výpočet dopadov v zastavanom prostredí;
- implementácia metód paralelného výpočtu na báze GPGPU (výpočet dopadov v reálnom čase).

APVV projekt - Vývoj metodológie a aplikácia metód GIS na prepojenie 3D dát s programom ESTE



APVV projekt: implementácia Lagrangeovej metódy modelovania disperzie RA látok v prostredí mestskej zástavby

Eulerov model

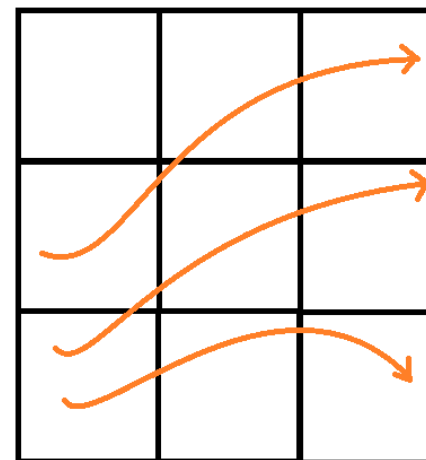
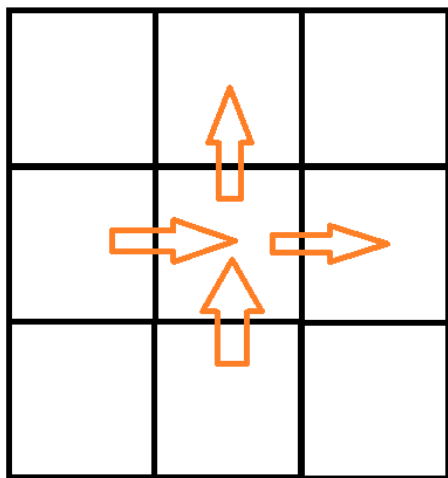
$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(u_i C) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(d_t \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + s,$$

$$d_t = \frac{v_t}{Pr_t},$$

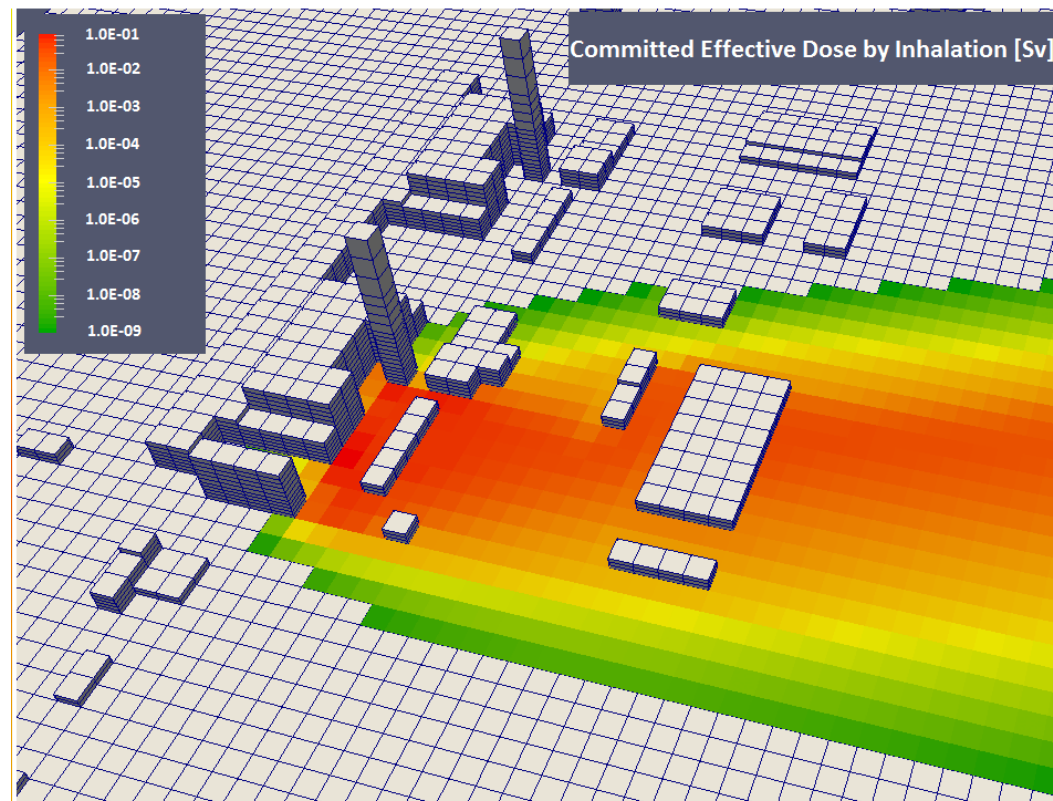
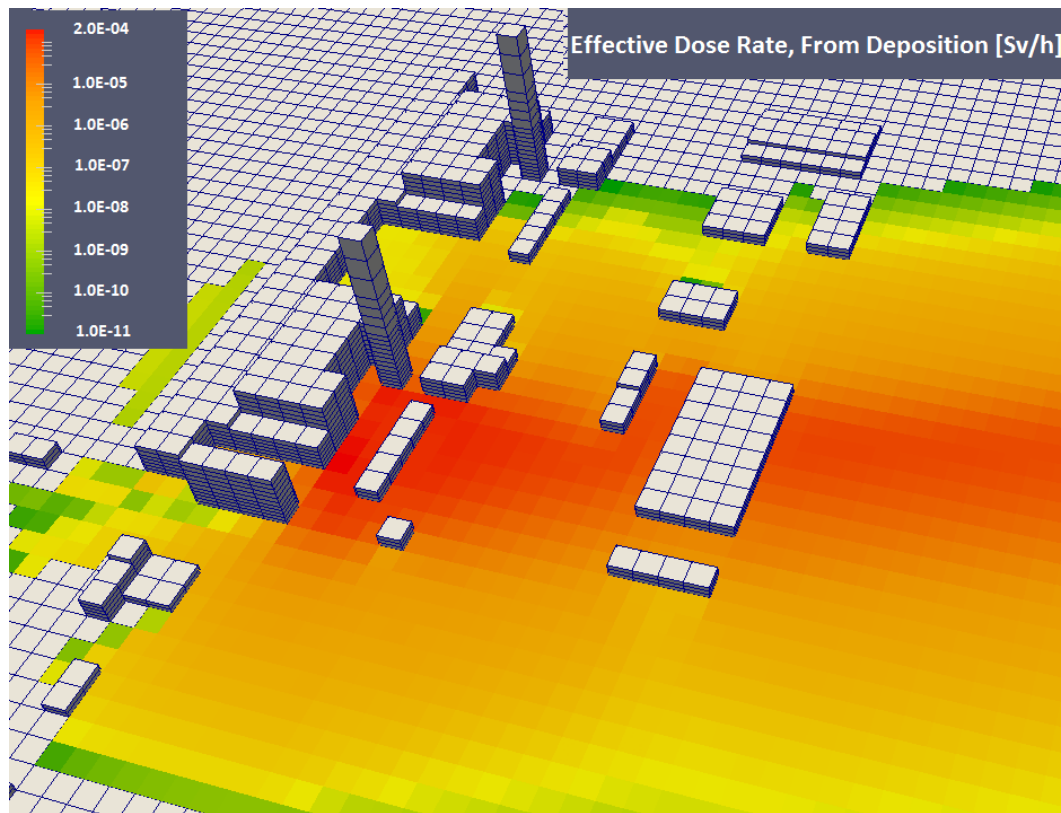


Lagrangeov časticový model

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(t) + U_i \Delta t + u_i \Delta t$$



APVV projekt: vývoj zdokonaleného dozimetrického modelu na výpočet dopadov v zastavanom prostredí



Ďakujeme za pozornosť

—

ABmerit

abmerit@abmerit.sk