



# RadBio

Software pro predikci kontaminace rostlin na  
území zasaženém jadernou havárií

## Dokumentace programu

Vydání 0.1

2022

RadBio - software	Stránka 2 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## Anotace

**RadBio** je volně šiřitelný softwarový nástroj umožňující předpovědět kontaminaci rostlin radionuklidy na základě informací o velikosti kontaminace půdy a půdních charakteristikách obhospodařované půdy, který je určen pro pozdní fázi jaderné havárie, kdy dochází ke kontaminaci rostlin radionuklidy přes kořenový systém.

SW **RadBio** se skládá ze 2 samostatných částí **RadBio-JE** a **RadBio-CR**.

**RadBio-JE** (SW pro okolí JE) je tvořen existující desktopovou aplikací QGIS, doplněnou o vyvinutý plugin (v jazyce Python) a detailní datové sady pro prostorovou vizualizaci predikce aktivity RN v rostlinách pro zadaný rok po havárii pro celou oblast okolí EDU a ETE rozdělenou na díly půdních bloků, jež jsou charakterizovány sadou atributů s hodnotami.

**RadBio-CR** (SW pro celou ČR) je tvořen desktopovou aplikací vytvořenou v jazyce Python s tabulkovým a grafickým výstupem pro predikci aktivity RN v rostlinách a jejího časového vývoje v závislosti na vstupních hodnotách zadaných uživatelem.

Dokumentace je rozdělena na uživatelský manuál, technickou dokumentaci a programátorský manuál.

### Autoři

RNDr. Petr Rulík

Ing. Jan Škrkal

Ing. Jan Helebrant

RNDr. Petra Hesslerová, Ph.D.

Ing. Jan Procházka, Ph.D.

doc. Ing. Jakub Brom, Ph.D.

**SW RadBio vznikl v rámci výzkumného projektu MV ČR VI20192022153  
(2019-2022)**



MINISTERSTVO VNITRA  
ČESKÉ REPUBLIKY

RadBio - software	Stránka 3 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## **Obsah**

Seznam zkratk.....	4
Definice a vysvětlení pojmů.....	5
1 Úvod .....	7
2 Uživatelský manuál.....	8
2.1 Instalace RadBio .....	8
2.1.1 Instalace <i>RadBio-CR</i> .....	8
2.1.2 Instalace <i>RadBio-JE</i> .....	13
2.2 Databáze vstupních hodnot .....	15
2.2.1 Radionuklidy a jejich poločasy přeměny .....	15
2.2.2 Půdní typy a půdní druhy .....	16
2.2.3 Typy kultur a agrochemické charakteristiky (AGRCH).....	17
2.2.4 Rostliny .....	17
2.2.5 Klimatické podmínky .....	18
2.2.6 Databáze pozemků pro okolí JE a jejich atributy.....	18
2.2.7 Aktivita radionuklidů ve spadu a v půdě pro SW <i>RadBio-JE</i> .....	19
2.3 RadBio-CR .....	20
2.4 RadBio-JE .....	25
2.5 Postup při práci s SW po havárii JE.....	29
2.6 Možná úskalí použití SW.....	30
3 Technická dokumentace.....	32
3.1 Agregovaný TK - $TK^{Agr}$ .....	33
3.2 Závislost TK na době od havárie - $TK_{Time}$ .....	33
3.3 Závislost TK na agrochemických charakteristikách - $TK_{AGRCH}$ .....	34
3.4 Korekce na fyzikální přeměnu - $C_{Přeměna}$ .....	35
3.5 Korekce na zúrodnění půdy - $C_{Půda}$ .....	35
3.6 Korekce na klimatické podmínky - $C_{Klima}$ .....	37
3.7 Ostatní korekce - $C_{Ostatní}$ .....	37
3.8 Predikce roku poklesu aktivity pod nastavenou mez .....	38
3.9 Přehled vztahů.....	39
3.10 Nejistoty stanovení aktivity v rostlinách a nejistoty TK.....	40
4 Programátorský manuál .....	41
4.1 RadBio-JE .....	41
4.1.1 Struktura programu.....	42

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	4 / 82

4.1.2	Složky .....	42
4.1.3	Soubory.....	42
4.2	RadBio-CR .....	45
4.2.1	Struktura programu .....	45
4.2.2	Složky .....	45
4.2.3	Soubory.....	45
4.2.4	Moduly.....	46
4.2.5	Vytváření tabulek JSON .....	50
5	Licence .....	52
6	Poděkování .....	60
7	Literatura .....	61
8	Přílohy.....	62
	Příloha 1 - Hodnoty agrochemických charakteristik v závislosti na kultuře a druhu půdy .....	63
	Příloha 2 – Seznam rostlin a jejich členění do skupin a podskupin .....	66
	Příloha 3 - Závislost TK na době od havárie a na AGRCH .....	68
	Příloha 4 - Aktivity radionuklidů ve spadu a v půdě pro SW <i>RadBio-JE</i> .....	73
	Příloha 5 - Databáze okolí JE - Seznam atributů a naplnění databáze daty .....	74
	Příloha 6 - RadBio-JE, příprava fiktivních dat a ukázky vstupů a výstupů .....	78

## **Seznam zkratk**

AGRCH	Agrochemická charakteristika (půdy)
BPEJ	Bonitované půdně ekologické jednotky
DPB	Díl půdního bloku
EDU	JE Dukovany
ETE	JE Temelín
IRB	Institut radiobiologie, Bělorusko
JE	Jaderná elektrárna
LPIS	Databáze Land Parcel Identification System
RadBio-CR	Název SW určeného pro celou ČR
RadBio -JE	Název SW určeného pro okolí JE
RN	Radionuklid
SW	Software
TK	Transferový koeficient přestupu RN z půdy do rostliny

RadBio - software	Stránka 5 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## **Definice a vysvětlení pojmů**

**Agrochemické charakteristiky (AGRCH)** – zde soubor 6 vybraných charakteristik půdy - pH, obsah Cox, Ca, K, Mg, P, jejichž hodnoty mohou významněji ovlivnit přestup RN z půdy do rostliny.

**Atributy dílů půdních bloků (DPB).** DPB je přiřazena sada atributů, jejichž hodnoty charakterizují každý DPB. Pro okolí JE jsou hodnoty atributů uloženy v databázi, pro ostatní území ČR jsou hodnoty atributů ručně zadávány.

**BPEJ.** Bonitované půdně ekologické jednotky jsou pětimístným číselným kódem, vyjadřujícím pedologické, sklonitostní a klimatické podmínky na dané lokalitě, tzn. podmínky mající vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení (<http://bpej.vumop.cz/>).

Data jsou volně k dispozici na stránkách Státního pozemkového úřadu <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>, případně ve formě webové aplikace <https://bpej.vumop.cz/>. Aplikace interpretuje jednotlivé části kódu BPEJ a vysvětluje informace uvedené ve vyhlášce MZe ČR č. 227/2018 Sb., kterou se stanoví charakteristika BPEJ a postup pro jejich vedení a aktualizaci.

**Díl půdního bloku (DPB).** Základní jednotkou LPIS je tzv. **půdní blok (PB)**. PB je souvislá zemědělsky využívaná plocha o minimální výměře 0,1 ha, zřetelně oddělená v terénu. PB se může dělit na díly (DPB), na kterých hospodaří odlišní zemědělci, nebo je u nich odlišné zemědělské využití. Ke každému PB resp. DPB je pak v evidenci LPIS veden jeho uživatel. Hranice PB neodpovídají hranicím pozemků evidovaných v katastrálním operátu. Jeden PB zpravidla zahrnuje několik parcel a není neobvyklé, že jedna parcela zasahuje do několika PB. V SW je oblast okolo JE rozdělena na DPB v souladu s LPIS a dále může být DPB rozdělen ještě na menší části, „políčka“, protože k DPB často přísluší více půdních typů. Ke každému útvaru („políčku“) je přiřazena sada atributů. V textu jsou pro zjednodušení i tato políčka označována jako „DPB“.

**Havárie.** V tomto dokumentu je jí míněna vážná jaderná havárie EDU nebo ETE spojená s uvolněním radioaktivních látek do okolí. SW je ale využitelný i při havárii v jiné zemi při významné kontaminaci území ČR.

**Hlavní půdní jednotka.** Hlavní půdní jednotka je definována jako syntetická agronomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým (agronomickým) seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti, hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfizmu a reliéfem území (<https://bpej.vumop.cz/>).

**Interpolace dat, Multilevel B-spline.** Hodnoty některých atributů byly získány zpracováním dat pomocí SAGA GIS interpolační metodou *Multilevel B-Spline* a políčkům přiřazeny nástrojem *Grid Statistics for Polygons*. Interpolačních metod existuje více a stejně tak je i více variant metod „B-Spline“. Pro účely tohoto projektu nicméně nebyla použita jiná interpolační metoda než „*Multilevel B-Spline*“; v textu se vyskytují zjednodušená označení „*interpolované hodnoty*“, „*Spline*“ nebo „*B-Spline*“. *Multilevel B-Spline* - [http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/7.9.0/grid\\_spline\\_4.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/7.9.0/grid_spline_4.html).

Spline interpolace provede proložení bodových dat; výsledkem je plošná „mapa“ - v principu „pixelový obrázek“, kde každý pixel obsahuje 1 hodnotu (pixel je čtverec např. o rozměru 100x100 m). Velikost pixelu je kompromisem mezi snahou o co největší detail a náročností zpracování dat. Snahou je, aby do plochy pozemku spadalo více pixelů, jejich vyhodnocení provádí již zmíněný nástroj „*Grid Statistics for Polygons*“, který pro pozemek vypočítá požadované hodnoty (průměry, minima, maxima,...).

**LPIS.** Land Parcel Information System (LPIS) je geografický informační systém, který slouží pro evidenci využití zemědělské půdy. Jedná se o informační systém o hospodařících subjektech. Jedním z účelů registru je shromažďování informací o půdě, nezbytných pro vyplácení zemědělských dotací. Jeho správu zajišťuje Ministerstvo zemědělství (MZe). Celkem je tak evidováno cca 90 % půdy. Pro veřejnost

RadBio - software	Stránka 6 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

je LPIS dostupný ve 3 základních modulech. Veřejná část LPIS je rovněž pro celou ČR k dispozici ve vektorové podobě formátu .SHP na stránkách MZe <https://eagri.cz/public/web/mze/farmer/LPIS>.

**Okolí JE (EDU, ETE).** Jedná se o kruh okolo JE, pro který jsou v databázi SW evidovány DPB (dělených v některých případech ještě na menší části, kde je jednoznačně určen typ a druh půdy, a kde lze předpokládat pěstování 1 druhu rostliny), ke kterým je přiřazena sada atributů. Kružnice přesahuje tzv. zónu havarijního plánování; část DPB leží i vně kružnice.

- Okolí EDU - kruh o poloměru 24 km s 42 912 položek. Data z LPIS z roku 2021.
- Okolí ETE - kruh o poloměru 18 km s 78 996 položek. Data z LPIS z roku 2021.

**Registr územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN).** Registr je jedním ze základních registrů veřejné správy (<https://www.cuzk.cz/ruian>). Je veřejným seznamem, nevede žádné osobní údaje a obsahuje také údaje o územních prvcích, územně evidenčních jednotkách a jejich vzájemných vazbách.

**Transferový koeficient (TK)** je definován jako podíl aktivity daného radionuklidu (RN) v rostlině a aktivity RN v půdě a bývá uváděn v různých jednotkách. V SW je použita jednotka  $(\text{Bq/kg})/(\text{Bq/m}^2)$ , kde aktivita v rostlině (v Bq/kg) je vztažena na nativní hmotnost rostliny a aktivita v půdě (v Bq/m<sup>2</sup>) je celkovou aktivitou obsaženou v 1 m<sup>2</sup> půdy do hloubky 20 cm.

Důvodem užití této definice a jednotky je, že se jeví jako nejpraktičtější jak z hlediska získávání informací v době havárie, kdy není čas stanovovat obsah sušiny v rostlinách, tak z hlediska porovnání s nejvyššími přípustnými hodnotami aktivit RN v potravním řetězci uvedenými v [Nařízení Rady \(Euratom\) 2016/52](#), které jsou rovněž vztaženy k nativní hmotnosti produktu. Nevýhodou vztažení aktivity v rostlině na nativní hmotnost rostliny je očekávaný vyšší rozptyl hodnot TK.

RadBio - software	Stránka 7 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

# 1 Úvod

**RadBio** je volně šiřitelný softwarový nástroj umožňující předpovědět kontaminaci rostlin radionuklidy na základě informací o velikosti kontaminace půdy a půdních charakteristikách obhospodařované půdy, který je určen pro pozdní fázi jaderné havárie, kdy dochází ke kontaminaci rostlin radionuklidy přes kořenový systém.

SW provádí výpočty pro 70 druhů rostlin rozdělených do 8 skupin a 20 podskupin pěstovaných na 15 typech a 5 druzích půdy v závislosti na 6 agrochemických charakteristikách půdy (hodnotě pH a obsahu Cox, Ca, K, Mg a P).

Ke stanovení aktivity v rostlině SW využívá sadu transferových koeficientů (TK) popisujících přestup radionuklidu (RN) z dané půdy do dané rostliny, závisících na řadě proměnných a koeficientů dalších funkcí, které přestup RN z půdy do rostliny blíže specifikují. Tyto závislosti jsou poměrně komplikované a často ani nejsou známy. Proto je v SW zavedena i jejich jednodušší varianta, tzv. agregované transferové koeficienty, které v sobě všechny závislosti agregují a jsou závislé pouze na době od havárie.

SW **RadBio** se skládá ze 2 samostatných částí **RadBio-JE** a **RadBio-CR**.

**RadBio-JE** (SW pro okolí JE) je tvořen existující desktopovou aplikací QGIS, doplněnou o na míru vyvinutý plugin (v jazyce Python) a detailní datové sady pro prostorovou vizualizaci predikce aktivity RN v rostlinách pro zadaný rok po havárii pro celou oblast okolí EDU a ETE rozdělenou na tzv. díly půdních bloků (DPB), resp. ještě podrobněji na jejich části, jež jsou charakterizovány sadou atributů s hodnotami. Zdrojem vstupních dat je především půdní databáze, LPIS a databáze aktivit ve spadu a v půdě po havárii.

SW používá data ve standardním GIS formátu OGC GeoPackage ([www.geopackage.org](http://www.geopackage.org); jeden soubor - SQLite kontejner - obsahuje vektorové mapové prvky, atributovou tabulku i styl zobrazení vrstvy), maximálně využívá stávající funkce QGIS tam, kde je to možné, a do pluginu jsou implementovány pouze specifické funkce, kterými QGIS nedisponuje. Výpočty **RadBio-JE** jsou vytvářeny vždy do nové vrstvy a ze zdrojových dat jsou převzaty jen potřebné vektorové prvky (hranice, souřadnicový systém) a informativní sloupce a sloupec se zobrazenými daty.

**RadBio-CR** (SW pro celou ČR) je tvořen desktopovou aplikací vytvořenou v jazyce Python, bez možnosti prostorové vizualizace výstupů, ale s tabulkovým a grafickým výstupem pro predikci aktivity RN v rostlinách a jejího časového vývoje v závislosti na vstupních hodnotách zadaných uživatelem. Vstupními hodnotami jsou druh nebo typ půdy, agrochemické charakteristiky, typ kultury, druh rostliny, aktivita v půdě, doba od havárie a počet let, pro který je predikce vytvářena.

Dokumentace je rozdělena na uživatelský manuál, technickou dokumentaci a programátorský manuál.

**Funkční závislosti přestupu RN z půdy do rostliny.** Funkční závislosti přestupu RN z půdy do rostliny byly konstruovány na základě zkušeností získaných po havárii JE Černobyl, zkušeností pracovníků IRB v Gomelu (Bělorusko) a z literatury a za zjednodušujících předpokladů. Je třeba zdůraznit, že koeficienty těchto funkcí nejsou v současné době dostatečně přesně známy, a že byly defaultně odhadnuty ze stejných zdrojů jako byly konstruovány funkční závislosti. Jejich přesnější stanovení je náročným dlouhotrvajícím úkolem, který může být řešen buď v rámci výzkumných projektů, nebo i až po skutečné havárii. Nicméně SW **RadBio** je nástrojem, který po naplnění reálnými daty bude poskytovat reálné předpovědi.

Protože je SW napsán v obecně dnes užívaném jazyce Python a využívá databázi externích údajů, nebude v budoucnu problém SW průběžně upgradovat a databázi doplňovat. Pokud v době do havárie budou získány nové informace, resp. nová data využitelná v SW, je doporučeno je průběžně doplňovat do vstupních souborů a pravidelně prověřovat funkčnost SW. V každém případě bude nutno provést

RadBio - software	Stránka 8 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

upgrade vstupních hodnot, zejména hodnot týkajících se pozemků, půd a jejich AGRCH, krátce po havárii.

K SW byla vydána Metodika „Optimalizace postupů pro realizaci rostlinné výroby na území zasaženém jadernou havárií“, která byla schválena SÚJB; abstrakt a osvědčení je uvedeno na <https://www.sujb.cz/dokumenty-a-publikace/schvalene-metodiky/optimalizace-postupu-pro-realizaci-rostlinne-vyroby-na-uzemi-zasazenem-jadernou-havarii>.

## 2 Uživatelský manuál

Uživatelský manuál je koncipován jako návod pro uživatele programu **RadBio**. Manuál popisuje práci s SW a upozorňuje na důležité zásady při zadávání dat a nastavení parametrů pro odhad radioaktivní kontaminace rostlin.

### 2.1 Instalace RadBio

Instalace programu RadBio je vcelku jednoduchá, vzhledem k tomu, že je program vytvořen v jazyce Python jako samostatně spustitelný (**RadBio-CR**), resp. je koncipován jako plug-in programu QGIS. Odpadá tak potřeba instalovat další software nutný pro práci programu.

Program **RadBio** je ke stažení na GitHub: <https://github.com/juhele/RadBio>.

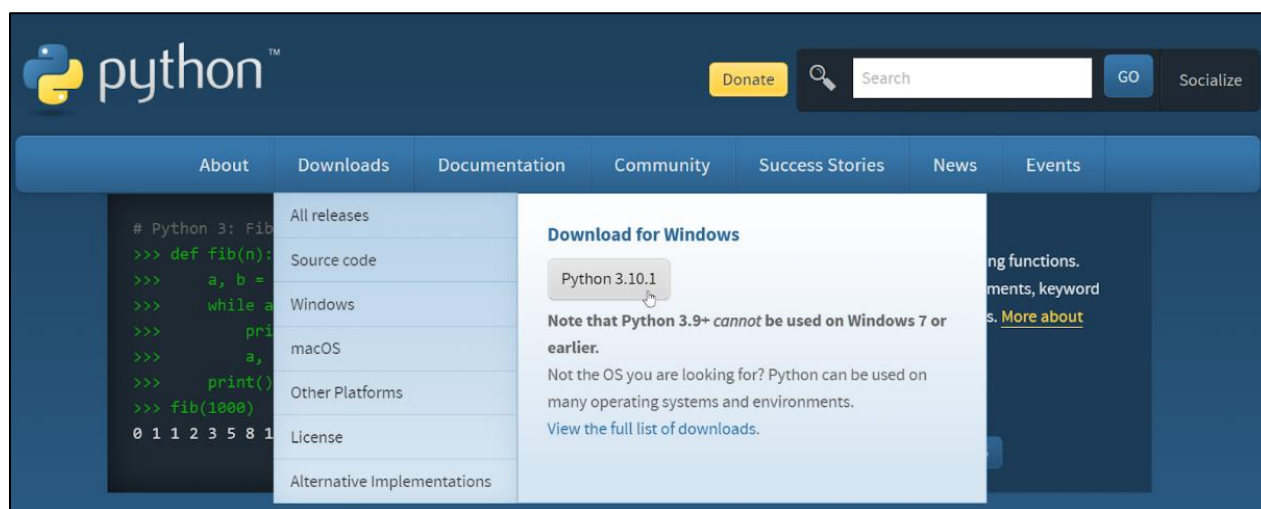
#### 2.1.1 Instalace RadBio-CR

Následující návod popisuje zprovoznění dodaného software v operačním systému Windows 10 64bit, testováno bylo na verzi „Home“, bez problému tedy musí fungovat i na vyšší verzi „Pro“ aplikovaných ve firmách a organizacích.

##### 1) Stažení instalace Python

stáhněte aktuální instalační soubor pro 64bit Windows

<https://www.python.org/ftp/python/3.10.1/python-3.10.1-amd64.exe>



##### 2) Instalace Python

- nainstalujte Python spuštěním staženého exe souboru (vyžaduje admin práva)
- dole v okně je potřeba zaškrtnout „Install launcher...“ a „Add Python 3.10 to PATH“ \*
- a pak už jen klepnout na „Install Now“

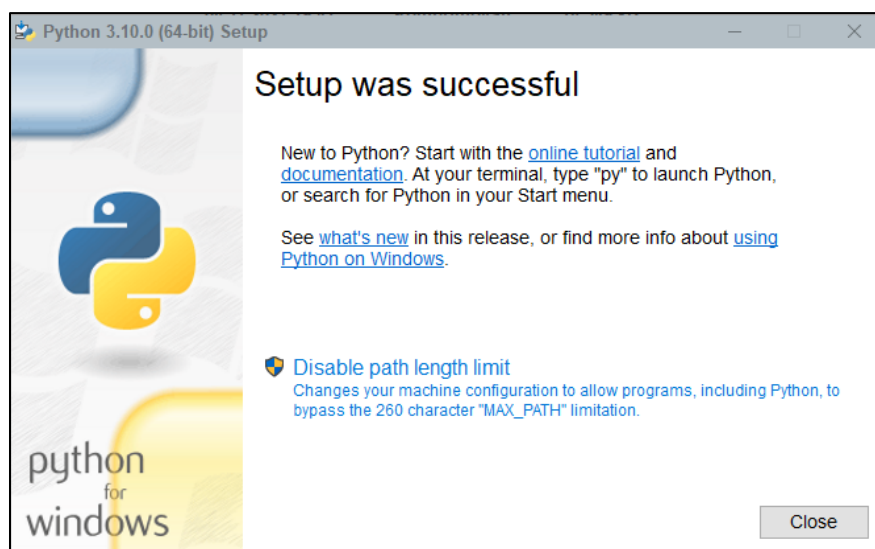


RadBio - software	Stránka 9 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	



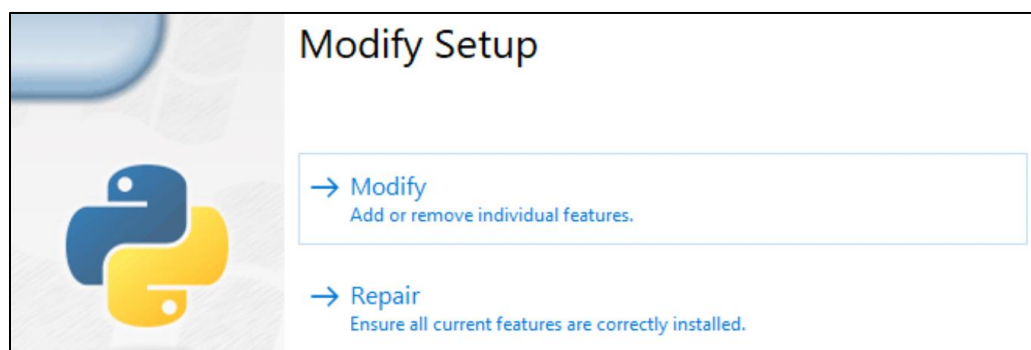
\* pokud jste to zapomněli při instalaci zaškrtnout, jde to opravit

- samotná instalace už proběhne automaticky a po uživateli nic dalšího nepožaduje:



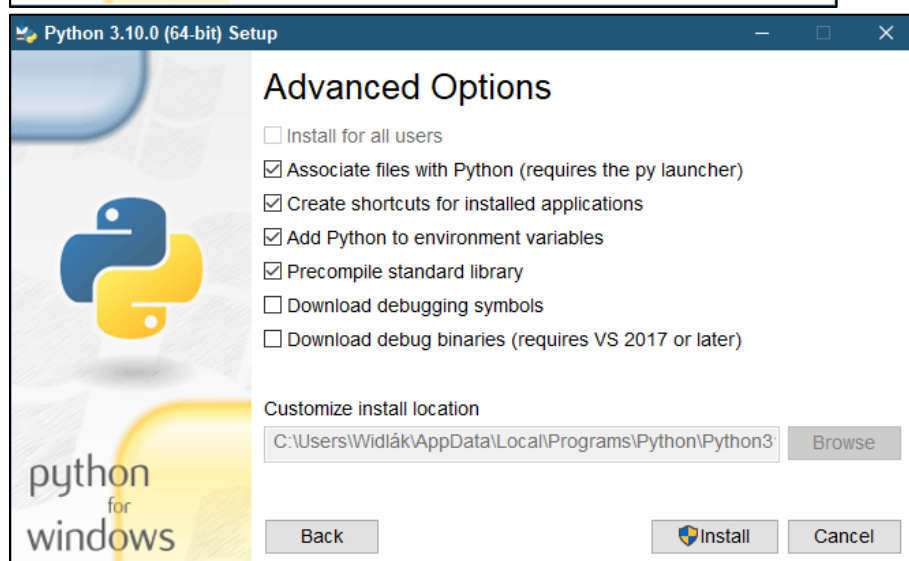
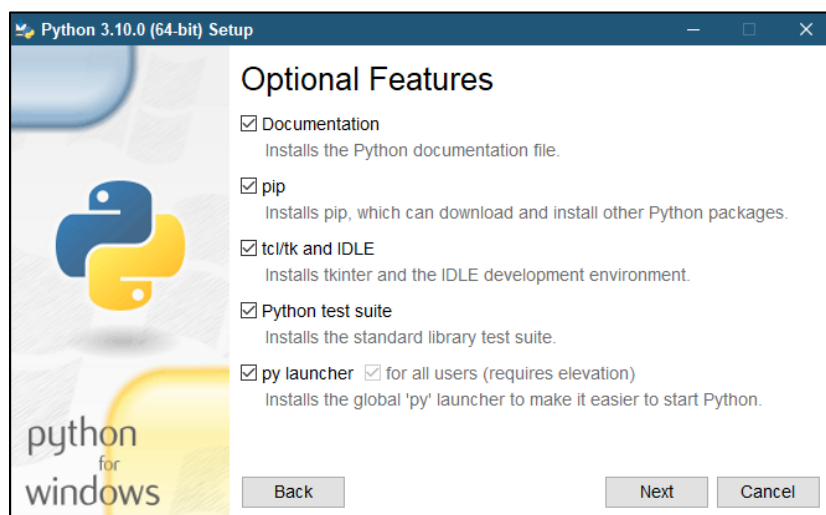
### 3) Úprava instalace Python aneb něco jste zapomněli zaškrtnout

- stačí znovu spustit instalační EXE soubor Python získaný v bodě 1) a z nabídky vybrat “Modify setup”

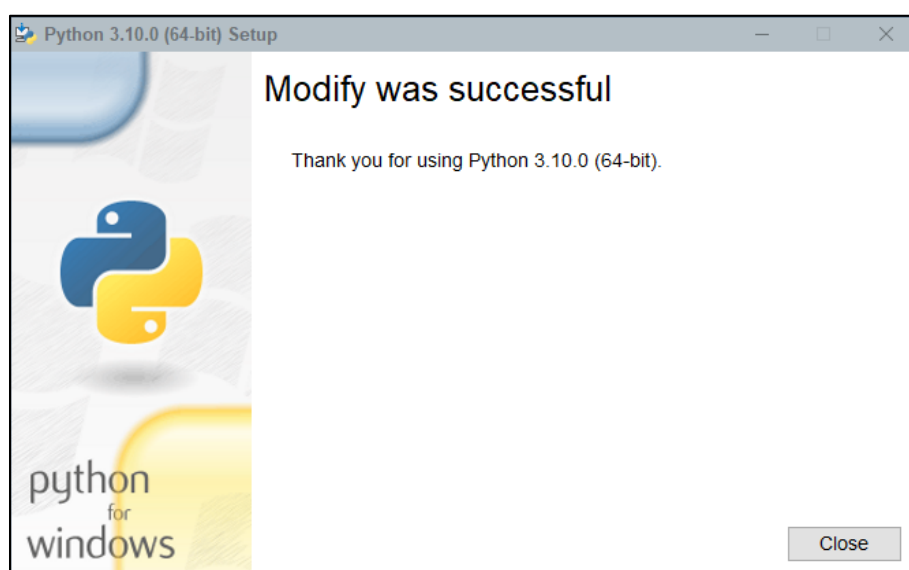


- pak zaškrtnat potřebné položky:

RadBio - software	Stránka 10 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	



a potvrdit klepnutím na "Install"

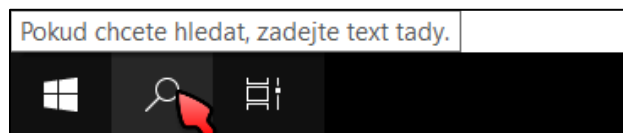


RadBio - software	Stránka 11 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

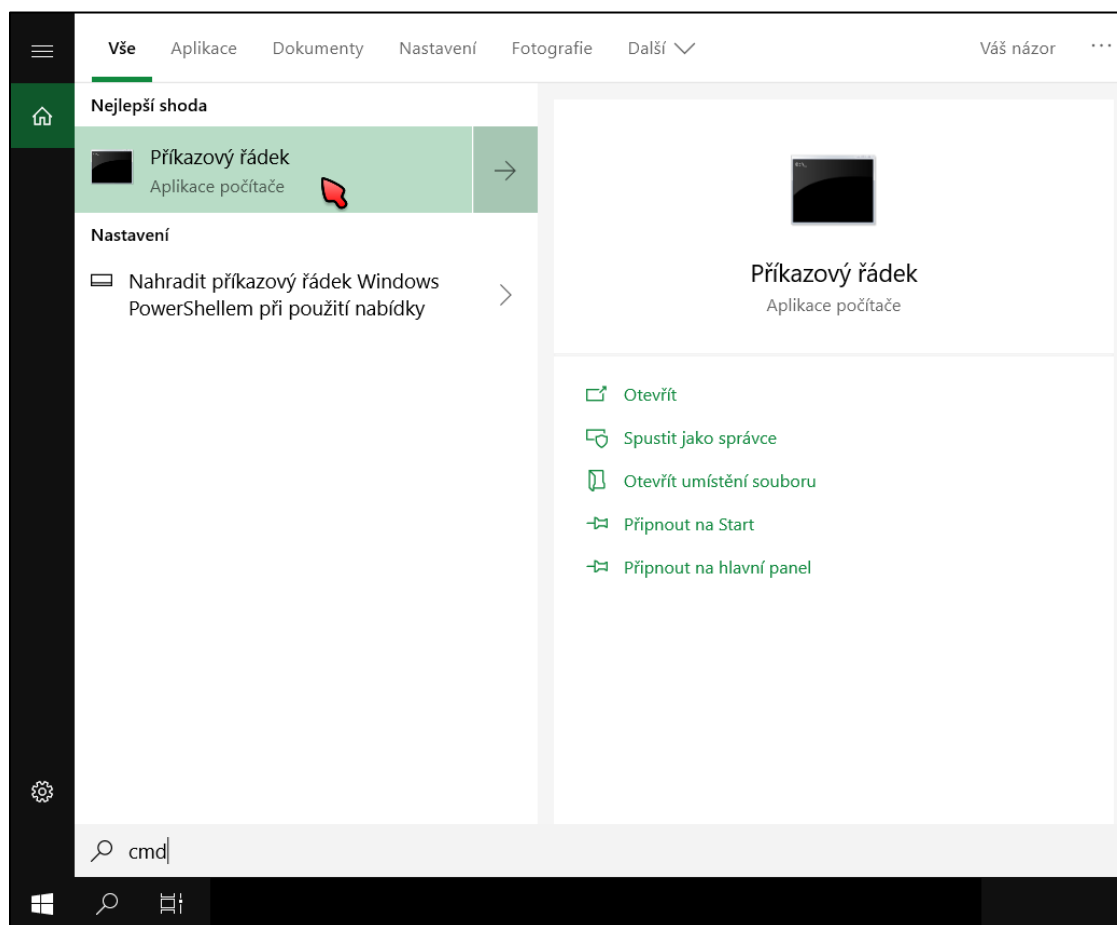
#### 4) instalace Python knihoven požadovaných SW

POZOR, instalace knihoven Python se neprovádí zadáním příkazu do Python konzole, ale do příkazového řádku Windows!

Vedle nabídky start Windows si klepněte na ikonku lupy:



Do okénka napište “cmd” a klikněte na ikonu “Příkazový řádek”:



- software vyžaduje knihovny **PyQt5**, **matplotlib**, **pandas**, **openpyxl**:

- do cmd tedy zadáme příkaz **pip3 install PyQt5** a potvrdíme klávesou Enter:



a už se to rozeběhne:

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	12 / 82

```

C:\Windows\System32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19043.1348]
(c) Microsoft Corporation. Všechna práva vyhrazena.

C:\Windows\System32>pip3 install PyQt5
Collecting PyQt5
  Downloading PyQt5-5.15.6-cp36-abi3-win_amd64.whl (6.7 MB)
    | 6.7 MB 3.3 MB/s
Collecting PyQt5-sip<13,>=12.8
  Downloading PyQt5_sip-12.9.0-cp310-cp310-win_amd64.whl (84 kB)
    | 84 kB 121 kB/s
Collecting PyQt5-Qt5>=5.15.2
  Downloading PyQt5_Qt5-5.15.2-py3-none-win_amd64.whl (50.1 MB)
    | 50.1 MB 3.7 kB/s
Installing collected packages: PyQt5-sip, PyQt5-Qt5, PyQt5
Successfully installed PyQt5-5.15.6 PyQt5-Qt5-5.15.2 PyQt5-sip-12.9.0
WARNING: You are using pip version 21.2.3; however, version 21.3.1 is available.
You should consider upgrading via the 'C:\Users\Widlák\AppData\Local\Programs\Python\Python310\python.exe -m pip install --upgrade pip' command.

C:\Windows\System32>

```

V tomto případě jsme také dostali upozornění, že verze “pip” je stará, a že ji můžeme aktualizovat zadáním příkazu uvedeného v uvozovkách:

*WARNING: You are using pip version 21.2.3; however, version 21.3.1 is available.*

***You should consider upgrading via the 'C:\Users\Widlák\AppData\Local\Programs\Python\Python310\python.exe -m pip install --upgrade pip' command.***

Takže do cmd zadáme celý ten příkaz, co nám byl doporučen:

C:\Users\Widlák\AppData\Local\Programs\Python\Python310\python.exe -m pip install - upgrade pip

**POZOR - příkaz bude u každého uživatele trochu jiný, protože obsahuje název uživatele a cestu k programu Python!**

a během chvilky je hotovo:

```

C:\Windows\System32\cmd.exe - pip3 install matplotlib
C:\Windows\System32>C:\Users\Widlák\AppData\Local\Programs\Python\Python310\python.exe -m pip install --upgrade pip
Requirement already satisfied: pip in c:\users\widlák\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (21.2.3)
Collecting pip
  Downloading pip-21.3.1-py3-none-any.whl (1.7 MB)
    | 1.7 MB 819 kB/s
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 21.2.3
    Uninstalling pip-21.2.3:
      Successfully uninstalled pip-21.2.3
  Successfully installed pip-21.3.1

```

- ještě chybí knihovna **matplotlib**, takže cmd nezavíráme a rovnou zadáme příkaz **pip3 install matplotlib** a potvrdíme klávesou Enter:

```

C:\Windows\System32\cmd.exe
C:\Windows\System32>pip3 install matplotlib
Collecting matplotlib
  Downloading matplotlib-3.5.0-cp310-cp310-win_amd64.whl (7.2 MB)
    | 7.2 MB 11 kB/s
Collecting kiwisolver>=1.0.1
  Downloading kiwisolver-1.3.2-cp310-cp310-win_amd64.whl (52 kB)
    | 52 kB 71 kB/s
Collecting cycler>=0.10
  Downloading cycler-0.11.0-py3-none-any.whl (6.4 kB)
Collecting python-dateutil>=2.7
  Downloading python_dateutil-2.8.2-py2.py3-none-any.whl (247 kB)
    | 247 kB 595 kB/s
Collecting fonttools>=4.22.0
  Downloading fonttools-4.28.3-py3-none-any.whl (884 kB)
    | 884 kB 50 kB/s
Collecting packaging>=20.0
  Downloading packaging-21.3-py3-none-any.whl (40 kB)
    | 40 kB 91 kB/s
Collecting numpy>=1.17
  Downloading numpy-1.21.4-cp310-cp310-win_amd64.whl (14.0 MB)
    | 14.0 MB 119 kB/s
Collecting pillow>=6.2.0
  Downloading Pillow-8.4.0-cp310-cp310-win_amd64.whl (3.2 MB)
    | 3.2 MB 113 kB/s
Collecting setuptools>=4
  Downloading setuptools_scm-6.3.2-py3-none-any.whl (33 kB)
Collecting pyparsing>=2.2.1
  Downloading pyparsing-3.0.6-py3-none-any.whl (97 kB)
    | 97 kB 259 kB/s
Collecting six>=1.5
  Downloading six-1.16.0-py2.py3-none-any.whl (11 kB)
Requirement already satisfied: setuptools in c:\users\widlák\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from setuptools_scm>=4>matplotlib) (57.4.0)
Collecting tomli>=1.0.0
  Downloading tomli-1.2.2-py3-none-any.whl (12 kB)
Installing collected packages: pyparsing, tomli, six, packaging, setuptools_scm, python-dateutil, pillow, numpy, kiwisolver, fonttools, cycler, matplotlib
Successfully installed cycler-0.11.0 fonttools-4.28.3 kiwisolver-1.3.2 matplotlib-3.5.0 numpy-1.21.4 packaging-21.3 pillow-8.4.0 pyparsing-3.0.6 python-dateutil-2.8.2 setuptools_scm-6.3.2 six-1.16.0 tomli-1.2.2

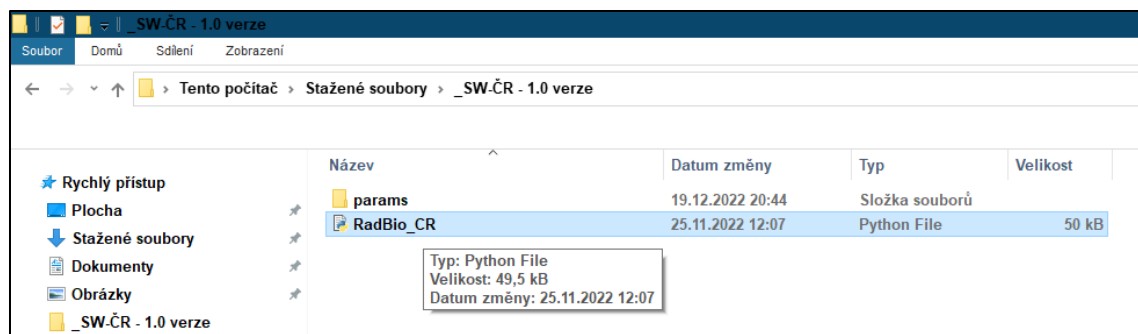
C:\Windows\System32>

```

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	13 / 82

Nyní bychom již měli mít vše potřebné z hlediska Pythonu a knihoven.

Stažený ZIP soubor s SW si rozbalíme někde na disk a program spustíme dvojklikem na **RadBio\_CR.py** (přípona není po instalaci Pythonu ve Windows už zobrazena):



## 2.1.2 Instalace RadBio-JE

Následující návod popisuje zprovoznění dodaného SW v operačním systému Windows 10 64bit, testováno bylo na verzi Home, bez problému tedy musí fungovat i na vyšší verzi Pro ap. ve firmách a organizacích.

### 0) instalace programu QGIS - vyžaduje admin. práva

Stáhněte aktuální instalátor QGISu verze 3.x pro Windows z <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html> - pro firemní nasazení se doporučují verze s prodlouženou podporou označené jako "LTR". Instalační soubor je klasický instalační balíček formátu \*.msi, instalace probíhá standardním způsobem.

### 1) stažení pluginu RadBio-JE

stáhněte aktuální verzi pluginu z webu <https://github.com/juhele/RadBio>

Plugin je ve formě souboru ZIP; ponechte jej nerozbalený

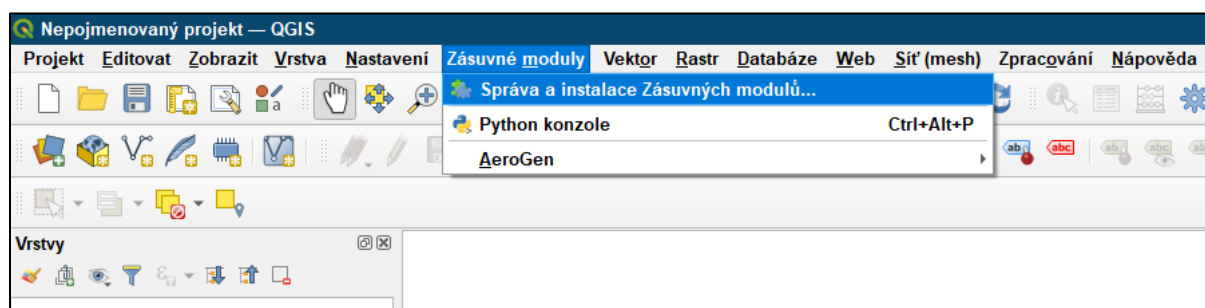
### 2) spuštění programu QGIS

Na ploše nebo v nabídce Start si najdete zástupce QGIS Desktop a spustíte program:



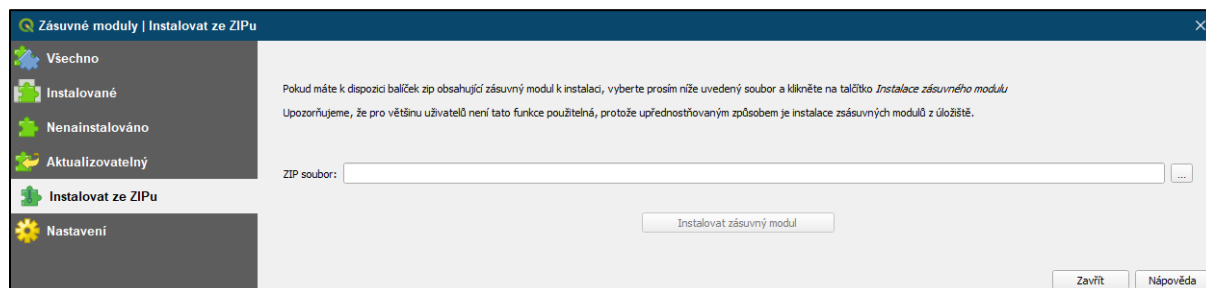
### 2) instalace pluginu RadBio-JE v QGISu

V hlavním okně QGISu přejděte do nabídky *Zásuvné moduly / Správa a instalace Zásuvných modulů*

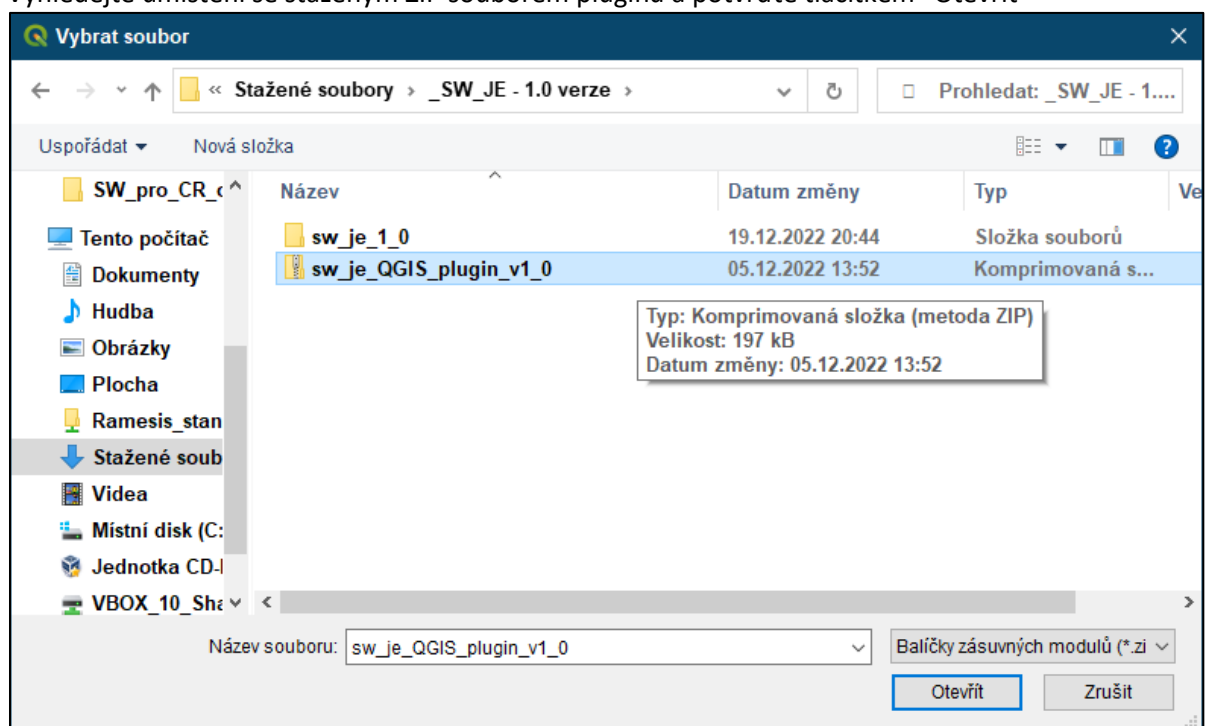


RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	14 / 82

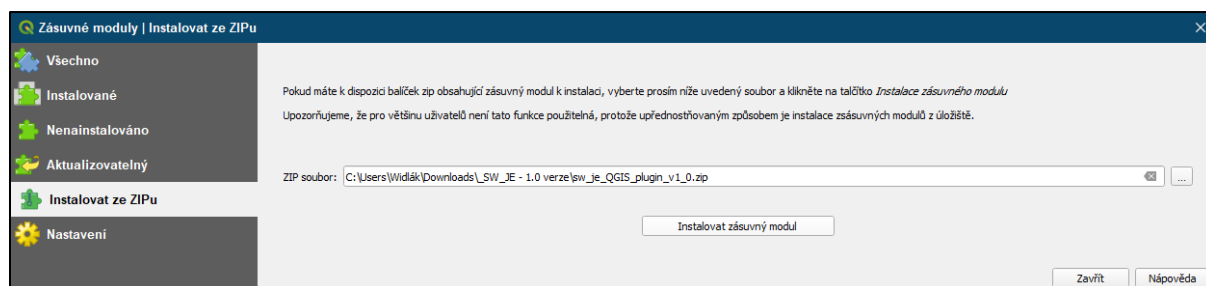
V dialogu Zásuvné moduly přejděte vlevo na kartu “Instalovat ze ZIPu”. Vpravo od prázdného políčka ZIP soubor klikněte na tlačítko “...”:



Vyhledejte umístění se staženým ZIP souborem pluginu a potvrďte tlačítkem “Otevřít”

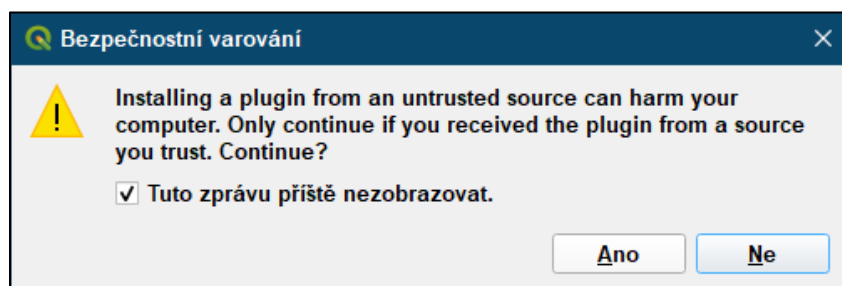


a nyní již stačí stisknout tlačítko Instalovat zásuvný modul:

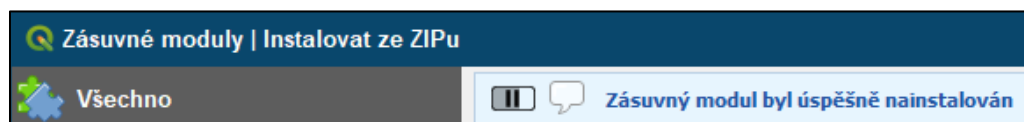



QGIS následně zobrazí varování, že provádíme instalaci zásuvného modulu z neověřeného zdroje, což může být potenciálně zdrojem škodlivého software a zda chceme pokračovat. V tomto případě jde o náš vlastní software, který již prošel bezpečnostní kontrolou, takže můžeme pokračovat stiskem tlačítka Ano:

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	15 / 82



O úspěšné instalaci jsme následně informováni zobrazením zprávy v dialogovém okně:



A v hlavní nástrojové liště QGISu se objeví ikona pluginu  :



## 2.2 Databáze vstupních hodnot

Tato část popisuje soubory vstupních údajů, s kterými SW pracuje, kromě hodnot koeficientů funkcí, jež jsou uvedeny v [kapitole 3 „Technická dokumentace“](#).

### Vstupní data SW (*RadBio-JE* i *RadBio-CR*)

SW obsahuje následující vstupní údaje

1. Radionuklidy a jejich poločasy přeměny
2. Půdní typy a půdní druhy
3. Typy kultur a agrochemické charakteristiky (AGRCH)
4. Druhy rostlin
5. Klimatické podmínky
6. Databáze pozemků a jejich atributy včetně aktivit RN ve spadu a v půdě (využívá jen **RadBio-JE**)
7. Koeficienty funkcí pro výpočet aktivity v rostlině

### 2.2.1 Radionuklidy a jejich poločasy přeměny

SW umožňuje provádět výpočty pro 3 RN, které se z dlouhodobého hlediska jeví nejzávažnějším kontaminantem životního prostředí a potravních řetězců. Jedná se o  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  a  $^{240}\text{Pu}$  (zástupce izotopů  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ; za aktivitu  $^{240}\text{Pu}$  se dosazuje součet aktivit izotopů Pu). U cesia může být závažným kontaminantem i  $^{134}\text{Cs}$  (poločas přeměny 2,06 roku), ale vzhledem k jeho krátkému poločasu přeměny ve srovnání s poločasem přeměny  $^{137}\text{Cs}$  v průběhu let postupně ubývá na významu. Poločasy přeměny jsou uvedeny v [tabulce 1](#).

[Nařízení Rady \(Euratom\) 2016/52](#), „kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace“ dělí dlouhodobé RN do 3 skupin a SW predikuje velikost přestupu pro zástupce RN z každé skupiny.

RadBio - software	Stránka 16 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

**Tabulka 1** Poločasy přeměny analyzovaných RN

Nuklid	Emise záření	Poločas přeměny (roky)
Cs – 137	beta	30,05
Sr – 90	beta	28,80
Pu – 240	alfa	6 561

**Poznámka:** poločas přeměny převzat z databáze LARA (<http://www.nucleide.org/Laraweb/index.php>).

## 2.2.2 Půdní typy a půdní druhy

Pedologická vstupní data pro SW představují půdní typy a půdní druhy, které se v ČR nejčastěji vyskytují. Jedná se o 13 typů půd a navíc typ „Ostatní“ a typ „Všechny“ (bez rozlišení typu). Dle druhu půdy byly půdy rozděleny do 4 kategorií a navíc typ „Všechny“. Seznam je uveden v [tabulce 2a-b](#).

**Tabulka 2a** Půdní typy

	Značení v SW	Popis
1	PT01	Černozemě
2	PT02	Hnědozemě
3	PT03	Luvizemě
4	PT04	Rendziny a pararendziny
5	PT05	Regozemě
6	PT06	Kambizemě
7	PT07	Kambizemě dystrické, podzoly, kryptopodzoly
8	PT08	Rankery, litozemě
9	PT09	Silně svažitě půdy
10	PT10	Pseudogleje
11	PT11	Fluvizemě
12	PT12	Černice
13	PT13	Gleje
14	PT14	Ostatní - pokud by půda nešla zařadit k žádnému typu 1-13
15	PT15	Všechny (PT1 až PT14)

**Tabulka 2b** Půdní druhy

Značení	Druh půdy	Kategorie
A	Písčité (písky, štěrky) až hlinitopísčité	Lehké půdy
B	Písčitohlinité až hlinité	Středně těžké půdy
C	Jílovitohlinité až jílovité	Těžké půdy
D	Jíly	Těžké půdy
E	Všechny (A až D)	Všechny půdy

Informace o půdním druhu nejsou k dispozici ve vektorové podobě. Proto byla tato informace odvozena z databáze BPEJ pomocí tzv. hlavní půdní jednotky. K ní je možno dle metodiky [Janeček a kol., 2012](#) (str. 29) přiřadit tzv. hydrologickou skupinu zemědělské půdy A-D, která je charakterizována převážně infiltrační schopností, tzn. je bráno do úvahy zrnitostní složení půdy.



RadBio - software	Stránka 17 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

### 2.2.3 Typy kultur a agrochemické charakteristiky (AGRCH)

Typ kultury charakterizuje způsob užití půdy a pro potřeby SW obsahuje 5 položek – viz [tabulka 3](#).

**Tabulka 3** Typy kultur

	Typ kultury		Typ kultury
1	Orná půda	4	Ovocný sad
2	Chmelnice	5	TTP (trvalý travní porost)
3	Vinice		

Pro potřeby SW bylo vybráno 6 agrochemických charakteristik (AGRCH), které ovlivňují přestup RN z půdy do rostliny. Jedná se o hodnotu pH a obsahy prvků Cox (obsah oxidovatelného uhlíku), Ca, K, Mg a P.

Pro stanovení pH je vybrána výměnná půdní reakce pH (stanovení v KCl). Hodnoty Ca, K, Mg a P představují obsah forem přístupných pro rostliny (hmotnostní koncentrace v mg na kg sušiny půdy). Jedná se o obsahy ve formě výluhu (pohyblivá frakce) stanovené dle Mehlich III.

Pro stanovení obsahu organiky je vybráno stanovení obsahu oxidovatelného uhlíku metodou dle [ČSN ISO 14 235](#) (Stanovení Cox v půdě oxidací kyselinou chromsírovou). Přepočtení na obsah humusu se pak provádí vynásobením hodnoty Cox koeficientem 1,724. Poznámka: při přejímání informací o obsahu uhlíku z literatury může dojít ke zmatkům; vždy je důležité zjistit, jakou metodikou je uhlík měřen, často je to zaměňováno za ztrátu žíháním.

Na typ kultury a druhy půd jsou v SW navázány optimální, průměrné, minimální a maximální hodnoty AGRCH. Jako podklad byla vzata databáze výsledků publikovaná v ([ÚKZÚZ, 2020](#)); statistické hodnocení a výpočty za daný rok jsou prováděny vždy z 6 předchozích let, konkrétně zde za roky 2014-19. Publikované statistické výsledky jsou pro jednotlivé AGRCH členěny podle kultur a zároveň je zohledněn půdní druh (lehká, střední či těžká půda). Z uvedené publikace byly převzaty hodnoty průměru, minima a maxima hodnot AGRCH. „Optimální“ hodnoty však nejsou známy. V souvislosti s tím, že TK při růstu **AGRCH** obecně klesá, byla zavedena defaultně „optimální“ hodnota jednotlivých AGRCH jako aritmetický průměr mezi maximální a průměrnou hodnotou. Hodnoty **AGRCH** pro jednotlivé dvojice „typ kultury - druh půdy“ jsou uvedeny v [Příloze 1](#).

**Limitní hodnoty agrochemických charakteristik.** Vymezují interval přípustných hodnot **AGRCH**; SW neprovádí výpočty mimo tento interval. Limitní hodnoty představují obvykle o něco širší interval než hodnoty minima a maxima pro jednotlivé dvojice „typ kultury - druh půdy“ a jsou uvedeny v [Příloze 1](#).

### 2.2.4 Rostliny

Celkem je do databáze zařazeno 70 druhů rostlin dělených do 8 skupin a 20 podskupin; u každé rostliny je specifikována část rostliny, pro kterou je výpočet prováděn. Struktura je 3-úrovňová, což umožňuje agregaci dat v případě jejich nedostatku (společné koeficienty funkcí pro skupiny rostlin).

Pro ostatní části rostliny, pokud to bude potřeba, bude stanoveno zastoupení aktivit v jednotlivých částech experimentálně. Předpokládáme, že rozdělení aktivity do částí rostliny bude stabilní.

Seznam rostlin je uveden v [Příloze 2](#). Pro snadnější orientaci je k rostlinám přiřazen typ kultury, ke kterému jsou v závislosti na druhu půdy přiřazeny defaultní hodnoty AGRCH (optimum, průměr, minimum, maximum) – viz [Příloha 1](#).

RadBio - software	Stránka 18 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

### 2.2.5 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky reprezentuje průměrná teplota a celkové srážky (průměrné) za delší období pro část roku duben-září (6 měsíců) jakožto hlavních měsíců běžného „vegetačního období“ (tzv. letní půlrok). Srážky jsou součtem za uvedených 6 měsíců, teploty průměrem v uvedených 6 měsících. V **RadBio-JE** jsou v databázi pro jednotlivé pozemky zadány průměrné hodnoty srážek a teplot a k nim i „6-ti měsíční“ minima a maxima z posledních 30 let (do roku 2020).

Funkce, která by popisovala vliv teploty a srážek na přestup RN z půdy do rostliny, není v současné době známa a **RadBio-JE** data zatím nevyužívá, nicméně SW je na zavedení této funkce připraven; vliv teploty a srážek je do rovnice nyní započítatelný pomocí faktoru  $C_{klima}$ , (defaultně nastavena hodnota „1“).

Poznámka: Pokud nebudou známy koeficienty závislosti přestupu RN na klimatických podmínkách před havárií, bude vliv teploty a srážek agregován do TK, přičemž povede květšímu rozptylu dat v jednotlivých letech a i středních hodnot v průběhu let.

### 2.2.6 Databáze pozemků pro okolí JE a jejich atributy

Pro vyhodnocení možností pěstování rostlin v okolí JE je určen SW **RadBio-JE**, přičemž toto okolí JE je vymezeno kruhem o poloměru větším, než je poloměr tzv. zóny havarijního plánování (ZHP).

- Okolí EDU - kruh o poloměru 24 km (ZHP má poloměr 20 km)
- Okolí ETE - kruh o poloměru 18 km (ZHP má poloměr 13 km)

K dispozici jsou celkem 3 databáze pro každou JE - reálná databáze (která není volně k dispozici a bude aktualizována a uvolněna až po případné havárii) a 2 fiktivní databáze pro testování SW. Velikosti souborů (počet pozemků, resp. přesněji počet DPB, který obsahuje okolí dané JE) jsou uvedeny v [tabulce 4](#).

**Tabulka 4** Počty DPB v okolí JE

	Reálné počty <sup>1)</sup>	Fiktivní data – plná verze <sup>2)</sup>	Fiktivní data – odlehčená verze <sup>3)</sup>
Okolí EDU	42 912	10 000	521
Okolí ETE	78 996	22 000	360
<b>Celkem</b>	<b>121 908</b>	<b>32 000</b>	<b>881</b>

#### Poznámky

1) Reálné počty DPB v okolí JE. Data byla aktualizována v roce 2021 a vyplňují plochu okolí JE jen v těch místech, pro která jsou zadány informace v databázi LPIS (cca 90% plochy).

2) Data vyplňují celou zájmovou oblast okolí JE.

3) Data nevyplňují celou zájmovou oblast okolí JE a jsou určena pro urychlení výpočtu při testování.

Data pro využití v SW jsou uvedena ve formátu dat „GeoPackage“.

Data byla aktualizována v roce 2021. Další aktualizace dat proběhne zřejmě až v případě havárie nebo na základě doporučení SÚJB.

Ke každému DPB je připojena sada 60 vstupních atributů; seznam je souhrnně uveden v [tabulce 5](#) a podrobněji s charakteristikou proměnných v [Příloze 5](#).

RadBio - software	Stránka 19 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

**Tabulka 5** Seznam atributů k DPB

Pořadí	Význam atributu
1	Pořadové číslo položky v databázi
2 - 3	Identifikátor DPB
4 - 5	Souřadnice středu DPB (těžiště) - severní šířka, východní délka
6 - 10	Název kraje, okresu, obce, číselné označení
11	Velikost DPB (ha)
12 - 14	Typ, podtyp a druh půdy
15 - 32	Agrochemické charakteristiky - pH, Cox, Ca, K, Mg, P - 6 x 3 hodnot (průměr, minimum, maximum)
33 - 38	Teplota, srážky - 2 x 3 hodnot (průměr, minimum, maximum)
39	Druh kultury
40 - 48	Plošná aktivita ve spadu - 3 RN (data z prokladu reálných hodnot spadu) - Cs, Sr, Pu; 3 x 3 hodnot (průměr, minimum, maximum)
49 - 51	Rok posledního stanovení aktivity RN v půdě (pokud je stanovována na konkrétním DPB) - Cs, Sr, Pu; 3 hodnoty
52 - 60	Plošná aktivita RN v půdě z měření na konkrétním DPB - 3 RN; tj. 3 x 3 hodnot (průměr, minimum, maximum)

#### Poznámky

- Každý DPB je definován hranicí.
- Teplota a srážky - 30ti letý průměr z definované části roku (duben - září).
- Plošná aktivita RN ve spadu na DPB je stanovena z prokladu naměřených hodnot aktivit ve spadu např. pomocí metody Multilevel B-spline. Hodnota je vztažena k roku spadu. Sběr dat bude probíhat během 1. roku po spadu.
- Plošná aktivita RN v půdě je zadávána jako celková aktivita půdy na ploše 1 m<sup>2</sup> do hloubky 20 cm. Uvedena bude jen pro ty DPB, ve kterých bude měřen vzorek půdy; aktivita bude vztažena k datu odběru vzorku. Sběr dat bude prováděn řadu let po spadu. Pokud nebude aktivita RN v půdě u konkrétního DPB stanovena, nebude položka vyplněna.
- Rok stanovení aktivity v půdě - vyplní se jen v případě, že bude měřen vzorek půdy z konkrétního DPB. Pokud nebude aktivita RN v půdě u konkrétního DPB stanovena, nebude položka vyplněna.

### 2.2.7 Aktivity radionuklidů ve spadu a v půdě pro SW RadBio-JE

Aktivity RN ve spadu a v půdě jsou ukládány v databázi údajů pro okolí JE v jednotkách Bq/m<sup>2</sup> a využívá je **RadBio-JE**. Uživatel zvolí, zda chce pro výpočet využít odhady aktivit RN získané z prokladu dat ze spadů nebo skutečně naměřené hodnoty v půdě pro daný pozemek (pokud jsou k dispozici).

**Plošná aktivita půdy stanovená ze spadu.** Hodnota pro daný DPB je odhadnuta z aktivit ve spadu získaných v krátkém období po havárii v odběrových místech z celého území ČR. K odhadu plošné aktivity na jednotlivých DPB pomocí aktivit stanovených pro odběrová místa se využije vhodná metoda, např. „Multilevel B-spline“. Aktivity odhadnuté ze spadů jsou definovány pro každý DPB a jsou korigovány na přeměnu a vztaženy k době spadu.

**Plošná aktivita půdy stanovená z naměřených hodnot v půdě daného DPB.** Aktivity jsou k dispozici jen u těch DPB, kde proběhlo měření půdních vzorků, a jsou vztaženy k roku odběru vzorku. Vzorky mohou být odebírány kdykoliv a i opakovaně v průběhu mnoha let. V databázi se zaznamená pouze poslední hodnota.

Důvodem dvojích dat je, že na daném DPB může dojít ke „skokovému“ snížení aktivity v půdě oproti okolním DPB např. tím, že část aktivity je sklizena po spadu s nadzemní biomasou nebo díky hluboké orbě pronikne do větší hloubky hůře dostupné pro rostliny.

RadBio - software	Stránka 20 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

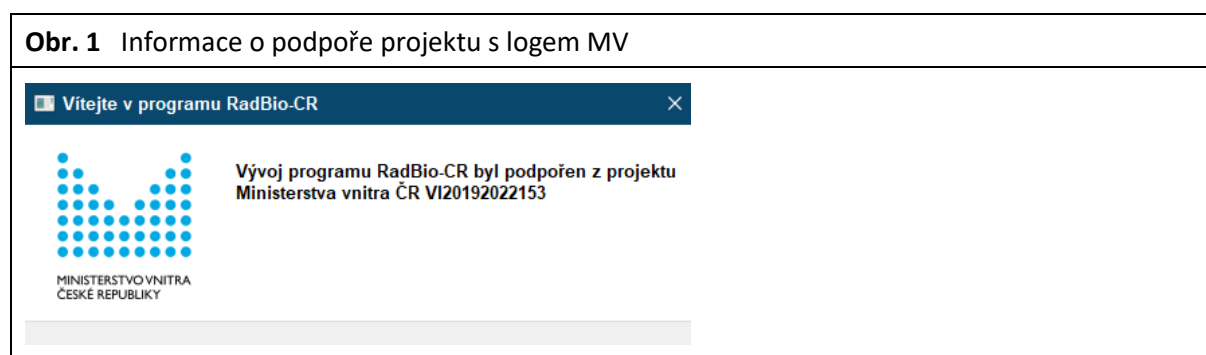
Plošná aktivita půdy stanovená ze spadu je vhodná pro výpočty při posuzování rozsáhlejších území, ale je méně spolehlivá, plošná aktivita půdy stanovená z naměřených hodnot v půdě je přesnější, ale bude použitelná jen pro DPB, z jehož vzorku byla stanovena nebo pro stejně obhospodařované DPB z blízkého okolí se stejnými půdami a blízkými AGRCH hodnotami.

Podrobnosti ke způsobu získání aktivity v půdě pro databázi okolí JE jsou uvedeny v [Příloze 4](#) a způsob naplnění databáze daty je uveden v [Příloze 5](#).

## 2.3 RadBio-CR

**RadBio-CR** je program vytvořený pro predikci aktivity RN v rostlinách pro celou ČR, je napsán v jazyce python a je spustitelný jako běžná aplikace na stolním PC. Výstup je tabulkový a grafický.

Před spuštěním programu problikne okno příkazové řádky a zobrazí se informace o podpoře projektu s logem MV ([obr. 1](#)) a následně se zobrazí uživatelské rozhraní programu.



Po otevření SW se na hlavní liště objeví 5 záložek se zobrazením nabídky 1. záložky - viz [obr. 2a](#).

**1. záložka „Predpověď obsahu radionuklidů v rostlinách“.** Záložka je rozdělena na 2 oblasti, a to na vstupní oblast s volbou vstupních hodnot proměnných a výběrem rostlin a na výstupní oblast se zobrazením časového průběhu aktivity v rostlině po zvolený počet let a s informacemi o vstupních hodnotách. Grafy závislostí se začnou zobrazovat už v průběhu výběru rostlin; pomocí grafických symbolů lze zobrazení upravovat. Součástí je i tlačítko umožňující export hodnot do tabulky. Popis vstupních položek 1. záložky je uveden v [tabulce 6](#).

**2. záložka „Nastavení hodnot koeficientů“** (

[obr. 2b](#)) umožňuje nastavení poločasu přeměny RN, hodnot koeficientů funkcí  $C_{půda}$ ,  $C_{ostatní}$  a hodnot mezních (limitních) hodnot AGRCH; součástí je i tlačítko „Uplatnění změny“, při jehož stisku se změny uplatní ve stávajícím výpočtu; změny se ale neukládají; tj. po znovuootevření SW je nutno úpravy provést znovu. Nové hodnoty lze uložit pouze přímo v kódu SW (administrátor). Tlačítko „Defaultní hodnoty“ vrátí změny provedené pouze v mezních hodnotách AGRCH. K návratu ke všem původním hodnotám je potřeba SW ukončit a opět otevřít. Popis položek 2. záložky je uveden v [tabulce 7](#).

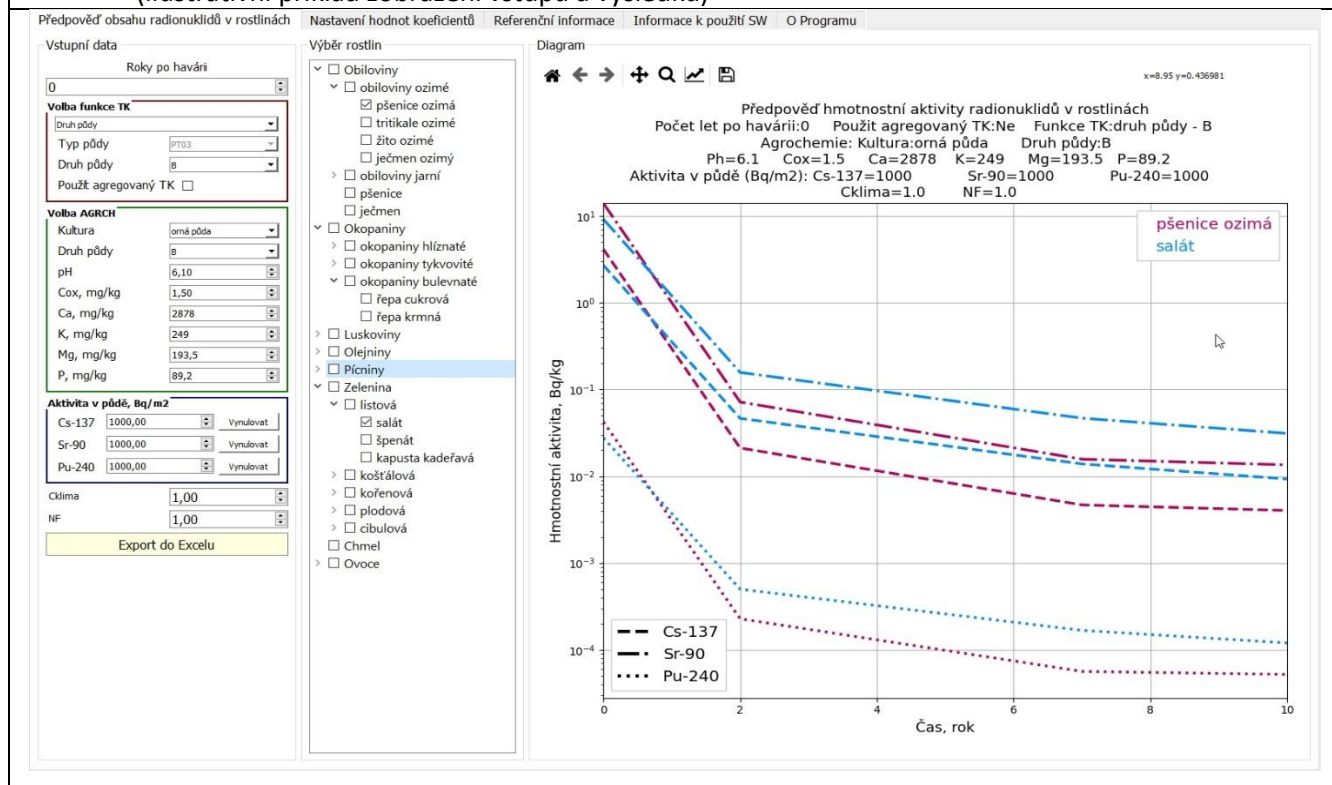
**3. záložka „Referenční informace“** je informativní a obsahuje přiřazení zkratk k plným názvům typů a druhů půd.

**4. záložka „Informace k použití SW“** obsahuje informace k zadávání proměnných

**5. záložka „O programu“** obsahuje informace o SW, autorech a kontaktech.

Popis možností vizualizace dat v grafu a příklad výstupní tabulky je uveden na [obr. 3](#).

**Obr. 2a RadBio-CR – 1. záložka „Předpověď obsahu radionuklidů v rostlinách“**  
(ilustrativní příklad zobrazení vstupu a výsledku)



**Tabulka 6 SW RadBio-CR - 1. záložka „Předpověď obsahu radionuklidů v rostlinách“ - vstupní oblast**

	Označení na obrazovce	Popis
1	Roky po havárii	Volba počtu let po havárii (libovolné celé číslo, nikoliv letopočet). Uvedenému počtu let po havárii je přiřazen v grafu rok = 0.
2	Volba funkce TK	Obsahuje 4 položky Poznámka: půda každého pozemku je charakterizována jak typem půdy, tak druhem půdy a koeficienty se pro typy a druhy půd obecně liší. Umožňuje vybrat, zda budou využity koeficienty funkce <b>TK<sub>Time</sub></b> stanovené pro typy půd nebo druhy půd. Popis tlačítka se změní dle volby.  1) Typ půdy (Druh půdy)  2) Typ půdy a vybraný typ Při volbě „Typ půdy“ v položce 1) je v položce 2) možno vybrat typ půdy. Při volbě „Druh půdy“ v položce 1) je položka 2) nepřístupná  3) Druh půdy a vybraný druh Při volbě „Druh půdy“ v položce 1) je v položce 3) možno vybrat druh půdy. Při volbě „Typ půdy“ v položce 1) je položka 3) nepřístupná  Použít agregovaný TK Možnosti Ano/Ne. Ano – SW provádí výpočet aktivity v rostlině dle <a href="#">rovnice 1a</a> s <b>TK<sup>Aggr</sup></b> , přičemž využívá databázi s koeficienty <b>TK<sub>Time</sub></b> jakoby se jednalo o <b>TK<sup>Aggr</sup></b> . Ne – SW provádí výpočet dle <a href="#">rovnice 1</a> (viz <a href="#">kapitola 3 „Technická dokumentace“</a> ). Poznámka: v závislosti na této volbě musí být v pracovní složce uložena odpovídající databáze.
3	Volba AGRCH	Volba hodnot agrochemických charakteristik půdy. Hodnoty průměru, minima a maxima AGRCH jsou závislé na dvojicích „Kultura-Druh půdy“. Kultura Výběr jedné z 5 druhů kultur.

	Označení na obrazovce	Popis
	Druh půdy Hodnoty AGRCH : pH, Cox, Ca, K, Mg, P	Výběr jednoho z 5 druhů půd. Hodnoty AGRCH je možno volit v rozsahu daném mezními (limitními) hodnotami, které jsou nastavitelné na 2. záložce. Defaultně jsou nastaveny průměrné hodnoty AGRCH v závislosti na volbě dvojice „Kultura-Druh půdy“. Poznámka: Při volbě hodnot AGRCH <b>pH</b> a <b>K</b> pod minimem nebo nad maximem pro danou dvojici „Kultura-Druh půdy“, ale v mezích „Limitních hodnot“ nabude funkce <b>TK<sub>AGRCH</sub></b> hodnoty mimo interval (0,5 - 1,0), který byl zvolen jako „přípustný“ interval hodnot <b>TK<sub>AGRCH</sub></b> . Hodnoty <b>K</b> a <b>pH</b> by neměly ležet mimo interval reálných minim a maxim <b>K</b> a <b>pH</b> dané dvojice „Kultura-Druh půdy“.
4	Aktivita v půdě, Bq/m <sup>2</sup> Cs-137 Sr-90 Pu-242	Volba aktivity v půdě. Jedná se o aktivitu v půdě vztaženou ke zvolenému roku po havárii (tj. k roku „0“ v grafu), nikoliv k roku havárie. Poznámka: volbou aktivity = 0 (tlačítko „Vynulovat“) lze grafy pro daný RN „zneviditelnit“ (zobrazení závislosti bude ležet v ose x).
5	Clima	<b>Clima</b> umožňuje nastavit koeficient zohledňující klimatické podmínky daného místa. Koeficientem je výsledek výpočtu aktivity v rostlině násoben.
6	NF	Násobící faktor. Umožňuje odhadnout interval aktivity RN v rostlině či pomocí expertního odhadu zahrnout další předpokládané vlivy do výpočtu (NF > 1 zvyšuje přestup aktivity RN z půdy do rostliny).
7	Export do Excel	Tlačítko umožňující export v grafu zobrazených hodnot do formátu MS Excel.
8	Vybrat rostlinu	Výběr skupin rostlin, podskupin a jednotlivých druhů rostlin v libovolné kombinaci. Při výběru rostliny se průběžně grafy zobrazují pro všechny 3 RN. Osa „y“ se defaultně přepne do logaritmické škály.
9	Výstupní graf	Je popsán v samostatné tabulce; je jej možno uložit ve formě obrázku.

**Obr. 2b RadBio-CR – 2. záložka „Nastavení hodnot koeficientů“**

<p>Poločas rozpadu (roky)</p> <table> <tr> <td>Cs-137</td> <td>Sr-90</td> <td>Pu-240</td> </tr> <tr> <td>30,167</td> <td>28,797</td> <td>6561,000</td> </tr> </table> <p>Resetovat hodnoty</p> <p>C-Půda</p> <table> <tr> <td>Cs-137</td> <td>Sr-90</td> <td>Pu-240</td> </tr> <tr> <td>a -0,50</td> <td>-0,50</td> <td>-0,50</td> </tr> <tr> <td>b 1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> </table> <p>Resetovat hodnoty</p> <p>C-Ostatní</p> <table> <tr> <td>Cs-137</td> <td>Sr-90</td> <td>Pu-240</td> </tr> <tr> <td>a 1,000</td> <td>1,000</td> <td>1,000</td> </tr> <tr> <td>b -0,020</td> <td>-0,020</td> <td>-0,020</td> </tr> </table> <p>Resetovat hodnoty</p>	Cs-137	Sr-90	Pu-240	30,167	28,797	6561,000	Cs-137	Sr-90	Pu-240	a -0,50	-0,50	-0,50	b 1,00	1,00	1,00	Cs-137	Sr-90	Pu-240	a 1,000	1,000	1,000	b -0,020	-0,020	-0,020	<p>Mezní hodnoty AGRCH</p> <table> <tr> <td></td> <td>Dolní mez</td> <td>Horní mez</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>2,50</td> <td>9,00</td> </tr> <tr> <td>Cox, %</td> <td>0,00</td> <td>6,60</td> </tr> <tr> <td>Ca, mg/kg</td> <td>30</td> <td>120 000</td> </tr> <tr> <td>K, mg/kg</td> <td>20</td> <td>8 500</td> </tr> <tr> <td>Mg, mg/kg</td> <td>10</td> <td>7 200</td> </tr> <tr> <td>P, mg/kg</td> <td>0</td> <td>10 000</td> </tr> </table> <p>Resetovat hodnoty</p> <p>Počet let pro zobrazení předpovědi 11</p> <p>Uplatnit změny</p>		Dolní mez	Horní mez	pH	2,50	9,00	Cox, %	0,00	6,60	Ca, mg/kg	30	120 000	K, mg/kg	20	8 500	Mg, mg/kg	10	7 200	P, mg/kg	0	10 000
Cs-137	Sr-90	Pu-240																																												
30,167	28,797	6561,000																																												
Cs-137	Sr-90	Pu-240																																												
a -0,50	-0,50	-0,50																																												
b 1,00	1,00	1,00																																												
Cs-137	Sr-90	Pu-240																																												
a 1,000	1,000	1,000																																												
b -0,020	-0,020	-0,020																																												
	Dolní mez	Horní mez																																												
pH	2,50	9,00																																												
Cox, %	0,00	6,60																																												
Ca, mg/kg	30	120 000																																												
K, mg/kg	20	8 500																																												
Mg, mg/kg	10	7 200																																												
P, mg/kg	0	10 000																																												

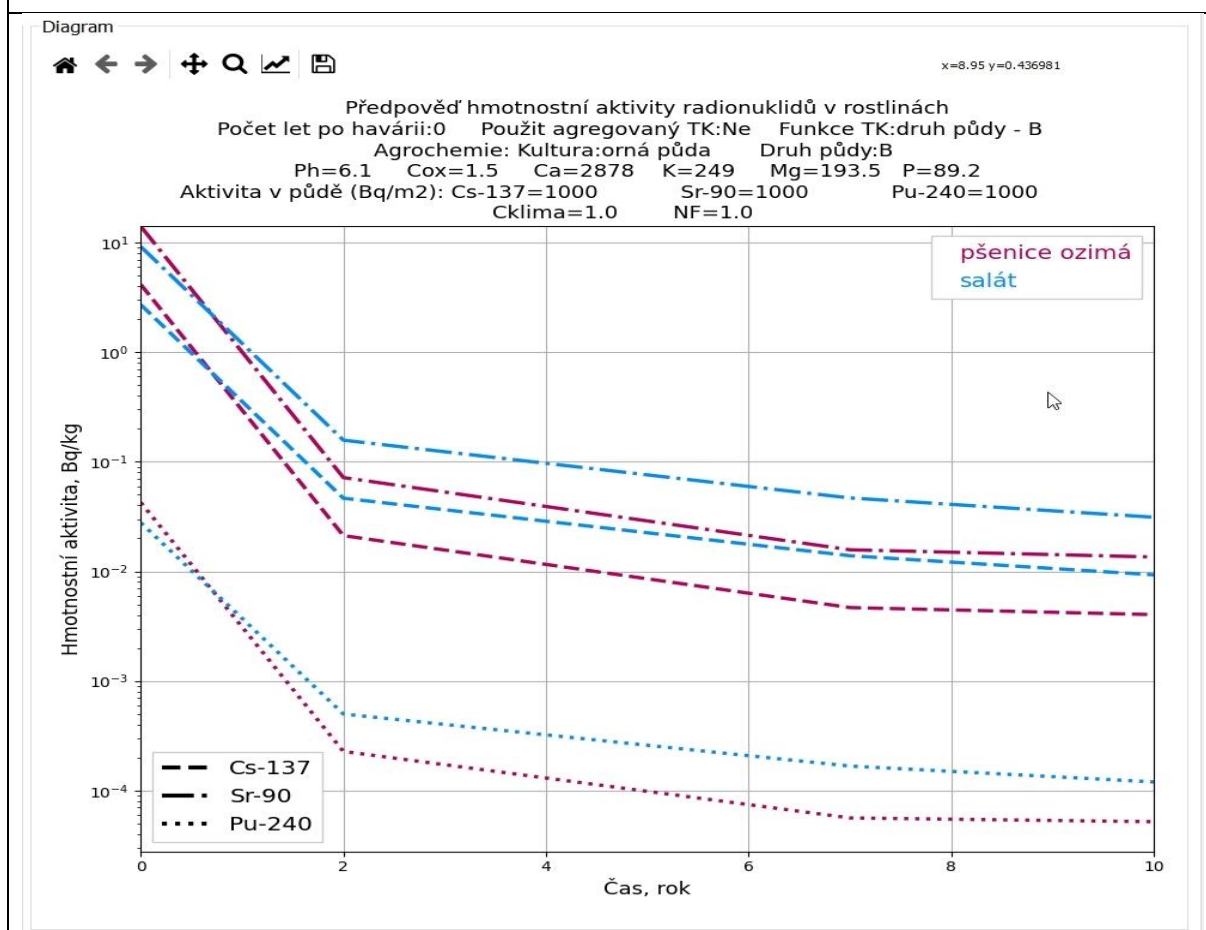
RadBio - software	Stránka 23 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

**Tabulka 7** SW *RadBio-CR* - 2. záložka „*Nastavení hodnot koeficientů*“

	Označení na obrazovce	Popis
1	<b>Poločas rozpadu (roky)</b> Cs-137, Sr-90, Pu-242	Umožňuje zadávat poločasy rozpadu (fyzikální přeměny) RN.
2	<b>C-Půda</b> Cs-137, Sr-90, Pu-242	<i>C<sub>půda</sub></i> - korekce na zúrodnění půdy. Umožňuje zadávat hodnoty koeficientů <i>a</i> , <i>b</i> pro každý RN.
3	<b>C-Ostatní</b> Cs-137, Sr-90, Pu-242	<i>C<sub>ostatní</sub></i> . Umožňuje zahrnout do výpočtu úbytek aktivity RN mimo oblast zájmu (odnos rostlinami, únik RN do větších hloubek půdy, eroze půdy).
4	<b>Mezní hodnoty AGRCH</b> pH, Cox, Ca, K, Mg, P	Mezní (limitní) hodnoty vymezují interval přípustných hodnot <b>AGRCH</b> ; SW neumožní nastavení hodnot mimo tento interval. Limitní hodnoty byly nastaveny tak, aby interval, který vymezují, obsahoval všechna minima a maxima AGRCH všech dvojic „Kultura-Druh půdy“. Limitní hodnoty jsou uvedeny v <a href="#">Příloze 1</a> v <a href="#">tabulce P1.4</a> .
5	<b>Počet let pro zobrazení předpovědi</b>	Zadání počtu let, pro který budou zobrazeny hodnoty v grafu a ve výstupní tabulce (označení roku = 0 na ose x grafu se počítá za 1. hodnotu).
6	<b>Uplatnit změny</b>	Volba způsobí přepočet a zobrazení výstupních dat v grafu na 1. záložce dle nově nastavených koeficientů.
7	<b>Resetovat hodnoty</b>	Stiskem tlačítka „Resetovat hodnoty“ se vrátí zpět nastavení vstupních hodnot. Stejný efekt má uzavření programu. K trvalé změně defaultních hodnot je nutný zásah přímo do SW.



**Obr. 3** Popis výstupu *RadBio-CR* a možnosti jeho úprav



#### Poznámky

V záhlaví grafu jsou uvedeny vstupní hodnoty, souřadnice v pravém horním rohu udává polohu kurzoru, takže je možno přibližně odečítat i hodnoty přímo z grafu.

V levém dolním rohu je popiska přiřazení druhů čar jednotlivým RN.

#### Popis ikon

	Obnovit původní zobrazení - vrací změněný graf do původního zobrazení.
	Zpět na předchozí zobrazení - vrací zobrazení v grafu o krok zpět.
	Vpřed k dalšímu zobrazení - posouvá zobrazení v grafu o krok vpřed.
	Posouvání os levou myší, zoomování pravou Osy se posouvají, resp. zoomují přidržením tlačítka myši a jejím posunem uvnitř hranic grafu buď ve vodorovném nebo svislém směru.
	Přiblížit na obdélník - přidržením levého tlačítka myši a jejím potažením se vymezí obdélník, na který je zoomováno při uvolnění tlačítka.
	Nastavení os grafu - volba lineární nebo logaritmické škály a mezí.
	Uložte obrázek - uloží graf s popisem do zvoleného formátu. <b>Jaké možnosti?</b>



RadBio - software	Stránka 25 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## 2.4 RadBio-JE

**RadBio-JE** je program vyvinutý pro okolí JE, který umožňuje i prostorovou vizualizaci predikce aktivity RN v rostlinách pro zadaný rok v prostředí QGIS.

V prostředí QGIS se otevrou požadované vrstvy – buď pro výpočty pro okolí EDU nebo ETE.

Vrstvy

- Centrální body – umístění EDU a ETE
- Kružnice ohraničující oblast okolí EDU nebo ETE
- Data z databáze okolí EDU nebo ETE – pro testování jsou dostupná testovací (fiktivní) data EDU nebo ETE v plné nebo odlehčené verzi; reálná data nejsou volně k dispozici a budou aktualizována a uvolněna až po případné havárii. Velikosti souborů (počet pozemků, resp. přesněji počet DPB, který obsahuje okolí dané JE) jsou uvedeny v [tabulce 4](#).

SW provádí výpočet pro všechny 3 RN, barevné zobrazení v mapě je realizováno standardním vestavěným stylováním vektorových vrstev dostupným v QGIS.

V QGIS lze pracovat se všemi vstupními atributy, mapový výstup je realizován prostřednictvím standardního nástroje tvorby mapových výstupů QGIS a QGIS umožňuje jak vrstvu výpočtu, tak i vrstvu vstupních dat (políček) exportovat v různých formátech; kromě GIS formátů, jako např. OGC GeoPackage nebo Esri Shapefile, lze exportovat data ve formě obrázků (doporučeno PNG), souborů .PDF nebo i samostatná data atributové tabulky, např. ve formátu MS Excel nebo CSV. Exportovat lze jak kompletně celou vrstvu, tak pouze vybrané zemědělské plochy, u atributů je možnost exportu všech atributů (sloupců) nebo jen vybraných. Tato funkce není nijak závislá na pluginu **RadBio-JE**; mapa může tedy obsahovat kombinaci různých datových vrstev dle potřeby uživatele.

Pokud je potřeba více tematických map stejného měřítka a rozsahu, lišících se pouze zobrazeným atributem, je potřeba export mapy provést v několika krocích. Postup lze zjednodušit předpřipravenými šablonami map na míru konkrétní organizaci / uživateli.

Stylování lze připravit zcela na míru uživateli a konkrétním datům ručně, nebo lze využít styly předpřipravené v rámci projektu. Práci lze dále zjednodušit použitím předpřipraveného souboru projektu QGIS, případně kopírováním barevných stylů z existujících vrstev.

V dokumentaci QGIS je popsáno, jak vytvořit danou vrstvu a styl (tj. přiřazení hodnot barvám). Barevné třídy lze definovat dopředu fixně, pak je potřeba počítat se situací, kdy budou hodnoty mimo tento rozsah, nebo lze barevnou klasifikaci provést pro konkrétní data přímo v QGIS (lze využít existující barevný styl, jen je nutno upravit rozsahy hodnot).

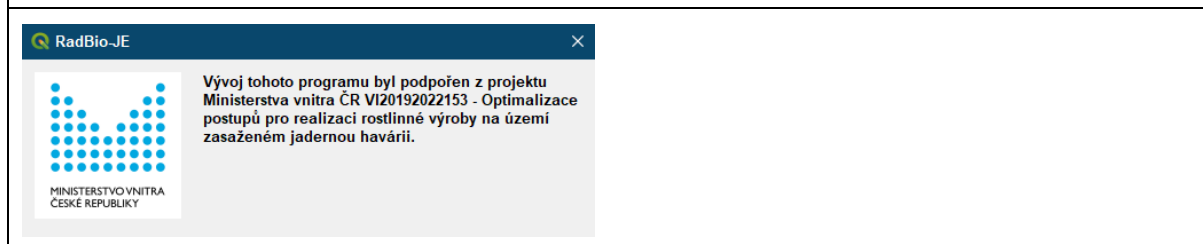
Výstupem je mapová vrstva exportovatelná ve formě obrázku v různých formátech a možný je i export tabulky s výsledky.

Program **RadBio-JE** se spustí v prostředí QGIS pomocí ikony programu



Při prvním spuštění se zobrazí informace o projektu s logem MV ([obr. 4](#)) a následně se zobrazí uživatelské rozhraní pluginu ([obr. 5](#)). Popis vstupní obrazovky je uveden v [tabulce 8](#).

**Obr. 4** Informace o podpoře projektu s logem MV



**Obr. 5** Uživatelské rozhraní plug-inu **RadBio-JE** - Ikona programu



Vrstva s atributy dílů půdních bloků  
DEMO2\_ETE\_fields\_18km\_UTM33N\_v2  
Rok havárie: 2020  
Volba funkce TK: Typ půdy

C-Půda  
Cs-137: a -0,50, b 1,00  
Sr-90: a -0,50, b 1,00  
Pu-240: a -0,50, b 1,00  
C-Ostatní  
Cs-137: a 1,00, b -0,02  
Sr-90: a 1,00, b -0,02  
Pu-240: a 1,00, b -0,02  
C-Klima: 1,00  
NF: 1,00  
☐ Použít agregovaný TK ☒ Použít aktivity ve spadu (B-Spline)

Výběr rostliny  
Skupina: Zelenina, Podskupina: Všechny, Druh rostliny: Všechny  
Popis: Zelenina všechny, Část rostliny: plod  
Rok predikce aktivity v rostlinách: 2021  
Mezní aktivity  
Cs-137: 1000, Sr-90: 100, Pu-240: 10  
Mezní aktivity v jednotkách [Bq/kg] v rostlinách pro predikci roku.  
Výpočet aktivit radionuklidů se provádí na základě výše zvolených parametrů. Výsledky výpočtů jsou přidány do vybrané vektorové vrstvy s přidáním dalších sloupců s odpovídajícími názvy.  
Provést výpočet

**Tabulka 8** Popis vstupní obrazovky **RadBio-JE** a možnosti volby

	Označení na obrazovce	Popis
1	Vrstva s atributy dílů půdních bloků	Volba vrstvy (mapy) okolí JE, pro kterou bude výpočet proveden – s reálnými pozemky okolí EDU (v případě reálné havárie, odborník) – s reálnými pozemky okolí ETE (v případě reálné havárie, odborník) – s fiktivními (testovacími) pozemky okolí EDU (plná a odlehčená verze, běžný uživatel) – s fiktivními (testovacími) pozemky okolí ETE (plná a odlehčená verze, běžný uživatel)
2	Rok havárie	Zadání roku havárie. Poznámka: při nezaškrtnutí políčka na spodním řádku vstupní obrazovky „Použít aktivity ve spadu (B-spline)“ je doporučeno zadat rok havárie ≤ 2021. Důvod: do databáze byly vloženy u vybraných pozemků cvičně i aktivity RN v půdě s rokem odběru 2021 (sloupce databáze Excel AW až BH) a při zadání pozdějšího roku havárie, než je rok 2021, by při výpočtu aktivity v rostlině z těchto dat došlo k chybnému výpočtu. Po skutečné havárii poznámka už platit nebude.
3	Volba funkce TK	Volba funkce TK <sub>Time</sub> ze 2 variant. - TK <sub>Time</sub> stanovený pro typy půd - TK <sub>Time</sub> stanovený pro druhy půd Poznámka: půda každého pozemku je charakterizována jak typem půdy, tak druhem půdy a koeficienty se pro typy a druhy půd obecně liší. Volba je využita jen pro výběr funkce TK <sub>Time</sub> , jinou část výpočtu neovlivňuje.
4	C-Půda (Cs-137, Sr-90, Pu)  C-Ostatní (Cs-137, Sr-90, Pu)	Volba koeficientů funkcí. Koeficienty funkce <b>C<sub>Půda</sub></b> (korekce na zúrodnění půdy) pro ČR nejsou známy; defaultně byly nastaveny všechny stejně tak, aby funkce neměla podstatný vliv na TK.  Funkce <b>C<sub>Ostatní</sub></b> umožňuje do výpočtu zahrnout úbytek aktivity RN z oblasti zájmu (odnos rostlinami, únik do větších hloubek půdy, eroze půdy). Koeficienty byly defaultně nastaveny všechny stejně tak, aby funkce měla jen zanedbatelný vliv na TK.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	27 / 82

	C-Klima	<i>C<sub>Klima</sub></i> . SW v této verzi nevyužívá hodnot srážek a teplot v oblastech kolem JE uložených v databázi; jejich vliv je možno zahrnout do výpočtu expertním odhadem zadáním koeficientu <i>C<sub>Klima</sub></i> (defaultně <i>C<sub>Klima</sub></i> = 1). ( <i>C<sub>Klima</sub></i> > 1 zvyšuje přestup aktivity RN z půdy do rostliny).
	NF	Násobící faktor <i>NF</i> umožňuje odhadnout interval hodnot aktivity RN v rostlině či pomocí expertního odhadu zahrnout další předpokládané vlivy do výpočtu (NF > 1 zvyšuje přestup aktivity RN z půdy do rostliny).
5	Použít agregovaný TK	Možnosti Ano/Ne. Ano - zaškrtnuté políčko. Ano – SW provádí výpočet aktivity v rostlině dle <a href="#">rovnice 1a</a> s <i>TK<sup>Agr</sup></i> , přičemž využívá databázi s koeficienty <i>TK<sub>Time</sub></i> jakoby se jednalo o <i>TK<sup>Agr</sup></i> . Ne – SW provádí výpočet dle <a href="#">rovnice 1</a> .  Poznámky: v závislosti na této volbě musí být v pracovní složce uložena odpovídající databáze. Při volbě „Ano“ nelze měnit koeficienty funkcí <i>C<sub>Půda</sub></i> , <i>C<sub>Ostatní</sub></i> , <i>C<sub>Klima</sub></i> a hodnoty funkcí <i>TK<sub>AGRCH</sub></i> = <i>C<sub>Půda</sub></i> = <i>C<sub>Klima</sub></i> = <i>C<sub>Ostatní</sub></i> = 1.
6	Použít aktivity ve spadu (B-Spline)	Možnosti Ano/Ne. Ano - zaškrtnuté políčko. Ano – SW provádí výpočet aktivity v rostlině s aktivitami v půdě odhadnutými ze spadu (např. metodou Multilevel B-spline). Ne – SW provádí výpočet aktivity v rostlině jen pro ty pozemky, u kterých byla aktivita v půdě přímo zadána (spolu s rokem stanovení); nejedná se tedy o využití hodnot aktivit ze spadu zpracovaných metodou B-spline.  Poznámka: Do databáze byly z cvičných důvodů a pro prověření funkčnosti SW vloženy u vybraných pozemků aktivity RN půdy s rokem odběru 2021 (sloupce databáze v Excel AW až BH).
7	Výběr rostliny Skupina Podskupina Druh rostliny	Pro jeden výpočet lze vybrat jednu z 8 základních skupin rostlin, konkrétní podskupinu včetně „všechny“ a druh rostliny včetně „všechny“.
8	Popis Část rostliny	V kolonce „Popis“ se zobrazí výběr rostliny a v kolonce „Část rostliny“ ta část rostliny, pro kterou byly stanoveny TK.
9	Rok predikce aktivity v rostlinách	Libovolný rok, pro který uživatel požaduje predikovat aktivitu ve vybrané rostlině. Rok predikce musí být vyšší než rok havárie.
10	Mezní aktivity (Bq/kg) v rostlinách pro predikci roku Cs-137, Sr-90, Pu-240	Umožňuje zadat mezní aktivitu RN pro predikci roku, kdy aktivita v rostlině poklesne pod tuto mezní hodnotu.
11	Provést výpočet	Po stisknutí se provede výpočet. Výpočet v závislosti na možnostech PC a velikosti databáze může trvat sekundy až minuty.

V exportovatelné tabulce (Excel) mohou být uvedeny všechny vstupní hodnoty (60 atributů) a dále za posledním sloupcem se vstupními hodnotami sloupce s výstupními hodnotami – viz [tabulka 9](#). Ukázka grafického vstupu a výstupu a způsob exportu dat jsou uvedeny v [Příloze 6](#).

**Tabulka 9** Názvy sloupců s výstupními hodnotami tabulky exportované z QGIS do Excel

Označení sloupce v Excel	Název sloupce	Popis
BI	rostlina	Druh rostliny, pro který je proveden výpočet
BJ	rok_predikce	Rok, pro který je provedena predikce
BK	aktivita_Cs_avg	Aktivita Cs v rostlině - průměr
BL	aktivita_Cs_min	Aktivita Cs v rostlině - minimum
BM	aktivita_Cs_max	Aktivita Cs v rostlině - maximum
BN	aktivita_Sr_avg	Aktivita Sr v rostlině - průměr
BO	aktivita_Sr_min	Aktivita Sr v rostlině - minimum
BP	aktivita_Sr_max	Aktivita Sr v rostlině - maximum
BQ	aktivita_Pu_avg	Aktivita Pu v rostlině - průměr
BR	aktivita_Pu_min	Aktivita Pu v rostlině - minimum
BS	aktivita_Pu_max	Aktivita Pu v rostlině - maximum
BT	meza_Cs	Mezní aktivita Cs v rostlině (pro předpověď roku, kdy aktivita klesne pod mezní hodnotu)
BU	rok_Cs_min	Nejbližší rok, kdy aktivita Cs v rostlině klesne pod mezní hodnotu
BV	rok_Cs_max	Nejvzdálenější rok, kdy aktivita Cs v rostlině klesne pod mezní hodnotu
BW	meza_Sr	Mezní aktivita Sr v rostlině (pro předpověď roku, kdy aktivita klesne pod mezní hodnotu)
BX	rok_Sr_min	Nejbližší rok, kdy aktivita Sr v rostlině klesne pod mezní hodnotu
BY	rok_Sr_max	Nejvzdálenější rok, kdy aktivita Sr v rostlině klesne pod mezní hodnotu
BZ	meza_Pu	Mezní aktivita Pu v rostlině (pro předpověď roku, kdy aktivita klesne pod mezní hodnotu)
CA	rok_Pu_min	Nejbližší rok, kdy aktivita Pu v rostlině klesne pod mezní hodnotu
CB	rok_Pu_max	Nejvzdálenější rok, kdy aktivita Pu v rostlině klesne pod mezní hodnotu

#### Poznámky

- Sloupce A až AH obsahují vstupní hodnoty.
- V případě nastavení vstupu „Použít aktivity ve spadu (B-spline)“ na hodnotu „**Ne**“ jsou ve výstupní části tabulky uvedeny aktivity v rostlině jen pro ty pozemky, pro které je aktivita v půdě zadána; ostatní buňky s výstupními hodnotami aktivit v rostlině obsahují hodnotu „0“.

**Návod pro začínající uživatele s QGIS pro zobrazení výsledku (příklad):** Pro zobrazení výsledku po dokončení výpočtu je nutno nastavit zobrazení požadovaných hodnot aktivit zvoleného RN v rostlině. Postup může být následující

- 2x kliknout na řádek vybrané komodity. Objeví se tabulka „Vlastnosti vrstvy“
- V levém sloupci tabulky zvolit „Symbolologie“ a dále upravovat nastavení pravého sloupce
- V horním menu místo „Jednoduchý symbol“ zvolit „Odstupňovaný“
- V horním řádku „Hodnota“ zvolit název sloupce atributové tabulky pro zobrazení, např. „aktivita\_Cs\_avg“ pro zobrazení aktivity Cs v rostlině
- V menu „Barevný rozsah“ zvolit „Všechny barevné rozsahy“ a v nich „SAGA\_blue\_red“
- V menu „Režim“ zvolit „Natural breaks (Jenks)“
- Zvolit počet tříd – obvykle 5 až 8 (po volbě se zobrazí rozdělení do tříd a jejich barevné označení)
- Dvojitým proklikem na hodnotu ve sloupci „Hodnoty“ nebo „Legenda“ je možno upravit rozsahy skutečného dělení a dělení zobrazené v legendě mapy
- Tlačítkem „Použít“ se zvolené nastavení aplikuje do zobrazené mapy
- Nastavení je možno uložit a opětovně importovat pomocí tlačítka „Styl“
- Tlačítky „+“ a „-“ je možno přidat nebo ubrat třídu a její barevnou reprezentaci

RadBio - software	Stránka 29 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## 2.5 Postup při práci s SW po havárii JE

Je třeba zdůraznit, že i když je SW volně dostupný, výpočet a následnou interpretaci by měla provádět skupina odborníků na geoinformatiku a radiační ochranu. Důležitý je aspekt interpretace výsledků a diskuse jejich věrohodnosti.

- Provést výpočet pro všechny rostliny, které pro pěstování připadají v uvedeném roce v úvahu při použití agregovaného TK ( $TK^{Agr}$ ).
- Seřadit aktivity daného RN v rostlině dle velikosti a vybrat vhodné rostliny porovnáním s nejvyššími přípustnými úrovněmi radioaktivní kontaminace potravin (týká se rostlin pro lidskou spotřebu nebo jako krmivo; pro jiné využití, např. pro bioplynové stanice není zatím nejvyšší přípustná hodnota přesně stanovena).
- Provést znovu výpočet pro vybrané rostliny se zadáním násobícího faktoru  $NF > 1$  zohledňujícího neznámé faktory jako jsou rozptyl aktivity v půdě (zejména, pokud je k odhadu aktivity použita metoda B-spline), rozptyl  $TK^{Agr}$  a vliv klimatických podmínek.
- Znovu vybrat vhodné rostliny porovnáním s nejvyššími přípustnými úrovněmi.
- Pokud budou známy koeficienty dalších funkcí, provést výpočet s neagregovanými TK včetně uvážení rozptylu hodnot.
- Pokud se jedná o pozemek v okolí JE, zkontrolovat, zda zadané hodnoty AGRCH odpovídají skutečnosti. Pokud neodpovídají, použít pro výpočet **RadBio-CR** a zadat hodnoty AGRCH ručně (netýká se varianty při použití  $TK^{Agr}$ , u kterých hodnoty AGRCH nehrají roli).
- Pokud žádná z rostlin nevyhovuje požadavkům, je vhodné zpřesnit stanovení aktivity v půdě odběrem vzorků z konkrétního pozemku a jejich změřením, případně se pokusit snížit obsah RN v půdě některou z metod uvedených v literatuře.
- Zvážit možnost ovlivnění přestupu RN ošetřením půdy aditivou (hnojením).
- Pokud predikované aktivity v rostlině příliš nepřekračují nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin, zkusit na malé ploše pěstovat požadovanou rostlinu a experimentálně ověřit predikci pro konkrétní podmínky.

### Zásady, které je vhodné dodržovat při použití SW

- Při zadávání změn koeficientů funkcí prověřit vliv jejich změny na výslednou hodnotu zadáním krajních mezí vstupních hodnot.
- Zvažovat možný rozptyl vstupních hodnot a využít SW ke stanovení rozmezí výsledných hodnot (využitím násobícího faktoru  $NF$ ).
- Při predikci zvážit i vliv klimatických podmínek na výsledné hodnoty.
- Pokud to jen lze, porovnávat výsledky predikce s hodnotami zjištěnými přímo v terénu.
- Průběžně zahrnovat nové znalosti z experimentů nebo z literatury do zdrojových dat.
- Z počátku využívat zejména agregované  $TK^{Agr}$ , které v sobě mají implicitně zahrnuté i dosud neznámé koeficienty funkcí  $TK_{AGRCH}$ ,  $C_{půda}$ ,  $C_{klima}$ ,  $C_{ostatní}$ .
- Zlomové body funkcí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$ . Problémem zvláště v prvních letech může být predikce aktivity v rostlině pro rok následující za „bodem zlomu“ funkcí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$  (změna směrnice funkce v semilogaritmickém zobrazení), neboť bod zlomu není dopředu znám, ale jen „očekáván“; např. prodloužení první části funkce do dalšího roku může vést k řádovému podhodnocení aktivity v rostlině. Vhodnější je provést prognózu na následující rok pomocí znalostí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$  stávajícího

RadBio - software	Stránka 30 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

roku nebo přinejmenším pomocí znalostí TK v rozmezí stávajícího roku a TK předpovězeného pro následující rok. Až v 3. období nebo v pozdějších letech 2. období lze provádět sofistikovanější dlouhodobější předpovědi.

- Po havárii nebudou koeficienty  $TK^{Agr}$  (a i koeficienty dalších funkcí) získány pro všechny rostliny najednou. Bude proto vhodné odlišit reálně získané koeficienty od těch defaultních tím, že reálné koeficienty budou zaváděny do samostatné databáze a u rostlin, kde nebudou známy, budou nahrazeny „0“, takže vypočtená aktivita v rostlině bude také „0“.
- Při použití **RadBio-JE** nastavit „Mezní aktivitu pro predikci roku“ (kdy dojde k poklesu aktivity pod zadanou mez) nižší, než jsou nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin ([Nařízení Rady \(Euratom\) 2016/52](#)), aby se zvýšila spolehlivost stanovení tohoto roku.
- Hodnoty AGRCH volit v rozpětí uvedeného minimem a maxima stanoveného pro dvojice „kultura x druh půdy“. Při volbě hodnot vně jejich hranic může dojít k významnému podhodnocení aktivity v rostlině.

## 2.6 Možná úskalí použití SW

Vzhledem k tomu, že SW pracuje s daty získávanými v přírodním prostředí s významnou jejich dynamikou a variabilitou a musí tedy zohlednit spolupůsobení mnoha rozličných faktorů, jsou při jeho použití možné značné nejistoty. Tyto nejistoty a úskalí při pracovních postupech mohou být následující.

**Koeficienty funkcí.** Protože řada koeficientů funkcí popisujících přestup RN z půdy do rostliny není v současné době známa, jsou tyto koeficienty pouze odhadnuty. Hodnoty proměnných  $TK_{AGRCH}$ ,  $C_{Půda}$  a  $C_{ostatní}$  jsou nastaveny tak, aby jejich vliv na přestup RN z půdy do rostliny nebyl příliš výrazný. Při neznalosti koeficientů těchto funkcí je lépe využívat SW s agregovanými TK ( $TK^{Agr}$ ), čímž se uvedeným funkcím uživatel vyhne. Koeficienty všech funkcí by se měly stanovovat při aktivitách RN v půdě vyšších než cca 40 kBq/m<sup>2</sup> z důvodu menšího rozptylu dat; při aktivitách nižších je vhodné použít pro stanovení středních hodnot rozsáhlejší soubor dat (doporučení IRB).

**Smíchání reálných koeficientů s defaultními.** Po havárii nebudou koeficienty  $TK^{Agr}$  (a i koeficienty dalších funkcí) získány pro všechny rostliny najednou. Pro zabránění smíchání reálně získaných koeficientů od defaultních zavést reálné koeficienty do samostatné databáze a u rostlin, kde nebudou hodnoty známy, nahradit je „0“, takže vypočtená aktivita v rostlině bude také „0“.

**Metoda B-spline.** Použití metody B-spline pro odhad aktivity v půdě. Pokud hustota bodů, ve kterých je stanovena aktivita ve spadu, není dostatečně velká, může dojít ke značnému podhodnocení nebo nadhodnocení aktivit ve spadu. Zvláště se to týká oblastí na hranici srážek v době průchodu kontaminované vzdušiny.

**Hluboká orba a sklizeň po spadu a použití metody B-spline.** Hluboká orba nebo sklizeň kontaminované rostliny krátce po spadu může aktivitu v půdě dostupnou pro rostliny podstatně snížit, takže aktivita půdy odhadnutá pomocí metody B-spline, a tím i aktivita v rostlině, může být několikanásobně nadhodnocena.

**Zadání hodnot AGRCH v půdě mimo doporučené meze.** Zadání hodnot AGRCH v půdě mimo doporučené meze, i když v rámci limitních hodnot, může vést k výraznému nadhodnocení nebo podhodnocení výsledné aktivity v rostlině.

**Zlomové body funkcí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$ .** Problémem zvláště v prvních letech může být predikce aktivity v rostlině pro rok následující za „bodem zlomu“ funkcí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$  (změna směrnice funkce v semilogaritmickém zobrazení), neboť bod zlomu není dopředu znám, ale jen „očekáván“; např. prodloužení první části funkce do dalšího roku může vést k řádovému podhodnocení aktivity v rostlině.

RadBio - software	Stránka 31 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

Vhodnější je provést prognózu na následující rok pomocí znalostí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$  stávajícího roku nebo přinejmenším pomocí znalostí TK v rozmezí stávajícího roku a TK předpovězeného pro následující rok. Až v 3. období nebo v pozdějších letech 2. období lze provádět sofistikovanější dlouhodobější předpovědi.

**Aktivita v půdě.** Koeficienty  $TK_{Time}$  jsou v SW definovány v  $(Bq/kg)/(Bq/m^2)$ , kde aktivita RN v rostlině je vztažena na **nativní** hmotnost rostliny a aktivita RN v půdě je vztažena na jednotku plochy půdy a představuje aktivitu v půdní vrstvě do hloubky 20 cm pro všechny druhy rostlin včetně travin (TTP). Aktivita v půdní vrstvě 20 cm pro stanovení TK je v tomto SW definována pro

- Cs jako celková aktivita v půdní vrstvě pro Cs
- Sr a Pu jako aktivita pohyblivé frakce (aktivita vodného roztoku) přístupné rostlinám v půdní vrstvě. Proto musí být aktivita v půdě při využití v SW stanovena výše uvedeným způsobem. Při zadání celkové aktivity Sr nebo Pu v půdní vrstvě místo aktivity v pohyblivé fázi dojde k nadhodnocení aktivity v rostlině.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	32 / 82

### 3 Technická dokumentace

V této kapitole je popsán vztah pro výpočet aktivity RN v rostlině na základě znalosti aktivity RN v půdě a znalosti funkčních závislostí přestupu RN z půdy do rostliny na jednotlivých proměnných. Tyto funkční závislosti jsou obecně nazvány agregovanými transferovými koeficienty ( $TK^{Agr}$ ), které se při podrobnější analýze dají rozložit do několika samostatných funkcí.

Funkce popisující přestup RN z půdy do rostliny jsou obecně specifické pro každou dvojici „typ půdy - druh rostliny“, resp. „druh půdy - druh rostliny“ pro daný radionuklid; pro možnost agregace dat jsou tyto funkce stanovovány i pro nadřazené skupiny a podskupiny rostlin.

TK jsou v SW definovány v  $(Bq/kg)/(Bq/m^2)$ , kde aktivita RN v rostlině je vztažena na nativní hmotnost rostliny a aktivita RN v půdě je vztažena na jednotku plochy půdy.

Pro stanovení TK je v SW plošná aktivita (v  $Bq/m^2$ ) definována jako aktivita RN ve vrstvě půdy do hloubky 20 cm na ploše  $1 m^2$  pro všechny druhy rostlin včetně travin, přičemž se jedná

- pro Cs o celkovou aktivitu v půdní vrstvě 20 cm
- pro Sr a Pu o aktivitu pohyblivé složky přístupné rostlinám v půdní vrstvě do hloubky 20 cm.

Důvodem rozdílné definice aktivity v půdní vrstvě pro Cs a pro další 2 RN Sr a Pu je způsob stanovení těchto RN v situaci, kdy je potřeba analyzovat velké množství vzorků. Aktivita Cs se stanovuje pomocí spektrometrie gama v nativním vzorku, kdežto aktivity Sr a Pu po složité radiochemické separaci z matrice následované měřením beta (Sr) a alfa (Pu). Stanovení Sr a Pu jen v pohyblivé složce přístupné rostlinám (ve vodném roztoku) celý proces stanovení urychlí; stanovení Cs jen v pohyblivé složce by proces zpomalilo.

**Aktivita RN v rostlině se stanoví pomocí vztahu**

$$A_{Rostlina} = TK_{Time} \cdot TK_{AGRCH} \cdot A_{P\dot{u}da} \cdot C_{P\ddot{r}em\acute{e}na} \cdot C_{P\dot{u}da} \cdot C_{Klima} \cdot C_{Ostatn\acute{i}} \cdot NF \quad (1)$$

kde

$A_{Rostlina}$  - aktivita RN v rostlině v  $(Bq/kg)$  nativní hmotnosti rostliny, resp. její části

$TK_{Time}$  - transferový koeficient - závislost TK na době od depozice (havárie) v  $(Bq/kg)/(Bq/m^2)$

$TK_{AGRCH}$  - transferový koeficient - závislost TK na hodnotách AGRCH (bezrozměrná hodnota)

$A_{P\dot{u}da}$  - plošná aktivita RN v  $(Bq/m^2)$  ve spadu, resp. v půdě (celková aktivita v půdě do hloubky 20 cm na ploše  $1 m^2$ )

$C_{P\ddot{r}em\acute{e}na}$  - korekce na fyzikální přeměnu RN v půdě

$C_{P\dot{u}da}$  - korekce na zúrodnění půdy

$C_{Klima}$  - korekce na klimatické podmínky (teplota, srážky)

$C_{Ostatn\acute{i}}$  - korekce na ostatní vlivy

$NF$  - násobící faktor (umožňuje do výpočtu zahrnout i nejistoty stanovení a rozptyl dat)

Ve výstupu **RadBio-JE** je uvedena průměrná, minimální i maximální predikovaná hodnota  $A_{Rostlina}$ ; ve výpočtu jsou použity takové hodnoty zadaných parametrů, které k uvedeným hodnotám vedou. Týká se to proměnných  $TK_{AGRCH}$ ,  $A_{P\dot{u}da}$  a  $C_{P\dot{u}da}$ .



RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	33 / 82

### 3.1 Agregovaný TK - $TK^{Agr}$

Pokud nebude dostatek údajů pro přesnější stanovení hodnot koeficientů všech závislostí TK na typu nebo druhu půdy a jejich charakteristikách (zejména v prvních letech po havárii), budou pro odhad aktivity v rostlině využívány agregované transferové koeficienty  $TK^{Agr}$  různé obecně pro každou dvojici „typ půdy x rostlina“, resp. dvojici „druh půdy x rostlina“.

Vztah (1) se tím zjednoduší na

$$A_{Rostlina} = TK^{Agr} \cdot A_{Půda} \cdot C_{Přeměna} \cdot NF \quad (1a)$$

Tj.  $TK^{Agr}$  bude zahrnovat implicitně funkce uvedené ve vztahu (2) bez jejich bližší specifikace

$$TK^{Agr} = TK_{Time} \cdot TK_{AGRCH} \cdot C_{Půda} \cdot C_{Klima} \cdot C_{Ostatní} \quad (2)$$

SW pracuje jak s funkcí definovanou [vztahem \(1\)](#), tak s funkcí definovanou [vztahem \(1a\)](#).

Pokud uživatel zvolí použití  $TK^{Agr}$ , SW nastaví funkční závislosti ostatních proměnných na hodnotu „1“, tj. bude platit

$$TK_{AGRCH} = C_{Půda} = C_{Klima} = C_{Ostatní} = 1 \quad \text{a} \quad TK^{Agr} = TK_{Time}$$

tj. všechny další vlivy na TK budou zahrnuty v  $TK^{Agr}$  a koeficienty pro  $TK^{Agr}$  bude SW hledat v místě databáze  $TK_{Time}$ .

Tvar funkce pro  $TK^{Agr}$  v závislosti na době od depozice je stejný jako u funkce  $TK_{Time}$ ; liší se jen koeficienty - viz [část 3.2](#).

Způsob stanovení koeficientů a jejich hodnoty jsou uvedeny v [Příloze 3](#).

### 3.2 Závislost TK na době od havárie - $TK_{Time}$

Závislost  $TK_{Time}$  na čase (době od havárie) pro daný RN je obecně rozdílná pro každou dvojici „typ půdy-rostlina“ a „druh půdy-rostlina“ a je dána třemi na sebe navazujícími exponenciálními funkcemi a dvěma „body zlomu“ (časy), ve kterých exponenciály na sebe navazují. Funkce je dána vztahem

$$TK_{Time} = a_{Time} \cdot e^{b_{Time} \cdot T} \quad (3)$$

kde

$TK_{Time}$  část TK závislá na době od havárie v (Bq/kg)/(Bq/m<sup>2</sup>); aktivita v rostlině je vztažena na nativní hmotnost rostliny

$T$  doba od havárie (v rocích)

$a_{Time}$ ,  $b_{Time}$  koeficienty platné v časovém intervalu vymezeném „body zlomu“ (breakpoint)

**Body zlomu** oddělují jednotlivé funkční závislosti dané [vztahem \(3\)](#) a jsou vyjádřeny v rocích

Způsob stanovení koeficientů a jejich hodnoty jsou uvedeny v [Příloze 3](#).

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	34 / 82

**Konflikt mezi funkcemi  $TK_{Time}$  pro dvojice „typ půdy-rostlina“ a „druh půdy-rostlina“.** Protože k jednomu půdnímu typu může příslušet více půdních druhů a naopak, dojde takto ke konfliktu uvedených TK. Zavedení závislostí TK pro různé kombinace trojic „typ půdy - druh půdy - rostlina“ by bylo příliš složité a v praxi nereálné vzhledem k množství dat, která by byla pro stanovení TK potřeba. Konflikt je řešen tak, že uživatel zadá při zadávání vstupů SW, zda chce při výpočtu využít  $TK_{Time}$  stanovený pro dvojice „typ půdy-rostlina“ nebo „druh půdy-rostlina“.

### 3.3 Závislost TK na agrochemických charakteristikách - $TK_{AGRCH}$

Přestup RN z půdy do rostlin v závislosti na AGRCH je rozdělen na 2 části a vychází ze zkušeností v IRB. Jedná se o závislost exponenciální, popsanou v této části a o závislost lineární popsanou v [části 3.5 Korekce na zúrodnění půdy](#).

Funkce  $TK_{AGRCH}$  je zavedena jen pro dvojice „druh půdy-rostlina“, protože pro typy půd není jednoduše získatelná databáze hodnot agrochemických charakteristik (AGRCH). Dále hodnoty minima a maxima AGRCH nejsou známy pro každou rostlinu, ale jen pro danou kulturu, takže databáze koeficientů pro dvojice „druh půdy-rostlina“ byla sice defaultně vyplněna celá, ale hodnoty koeficientů jsou stejné pro rostliny pěstované v rámci jedné kultury (viz [část 2.2.3](#)).

$TK_{AGRCH}$  Cs exponenciálně závisí pouze na pohyblivém draslíku ( $K$ ) a  $TK_{AGRCH}$  Sr a Pu na  $pH$ . Další závislosti přestupu RN do rostlin na AGRCH nebyly zjištěny nebo nebyly sledovány (převzato z IRB).

Konkrétní koeficienty funkcí z IRB převzaty nebyly, nicméně předpokládáme, že charakter závislosti bude podobný, jako byl zjištěn v IRB (funkce bude monotónně klesající s maximem  $TK_{AGRCH}$  pro nízké hodnoty  $pH$ , resp. nízké hodnoty obsahu  $K$ ). Po havárii budou stanoveny reálné koeficienty pro dvojice „druh půdy-rostlina“, případně „agregovaněji“ pro dvojice „druh půdy-typ kultury“.

Funkční závislosti jsou dány vztahy

$$TK_{AGRCH-Cs} = a_{Cs} \cdot e^{b_{Cs} \cdot K} \quad (4a)$$

$$TK_{AGRCH-Sr} = a_{Sr} \cdot e^{b_{Sr} \cdot pH} \quad (4b)$$

$$TK_{AGRCH-Pu} = a_{Pu} \cdot e^{b_{Pu} \cdot pH} \quad (4c)$$

kde

$K$  obsah draslíku v mg/kg půdy (obsah draslíku přístupného pro rostliny)

$pH$  hodnota pH (pH KCl)

$a_{RN}$ ,  $b_{RN}$  koeficienty funkce, přičemž  $a_{RN} > 0$  a  $b_{RN} \leq 0$

Defaultně platí  $a_{Pu} = a_{Sr}$  a  $b_{Pu} = b_{Sr}$

Defaultně byla hodnota koeficientů funkce nastavena tak, aby

- maximum  $TK_{AGRCH} = 1,0$
- minimum  $TK_{AGRCH} = 0,5$ .

Podrobnosti ke způsobu defaultního nastavení hodnot koeficientů je uveden v [Příloze 3](#).

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	35 / 82

### 3.4 Korekce na fyzikální přeměnu - $C_{Přeměna}$

Pro stanovení aktivity v rostlině se aktivita v půdě musí přepočítat k požadovanému roku prognózy aktivity v rostlině, popřípadě k jednotlivým rokům prognózy jejího časového vývoje.

Korekce na fyzikální přeměnu RN v půdě je dána exponenciální funkcí

$$C_{Přeměna} = e^{\frac{-\ln(2) \cdot T_P}{T_{1/2}}} \quad (5)$$

$C_{Přeměna}$  korekce na fyzikální přeměnu RN v půdě

$T_P$  doba v rocích mezi datem, ke kterému je vztažena aktivita v půdě, a rokem predikce aktivity v plodině

$T_{1/2}$  poločas přeměny daného RN

Poznámka:  $T_P$  nemusí být totožný s dobou od spadu  $T$  vystupující ve vztahu (3). Totožné jsou pouze v případě, že aktivita v půdě je vztažena k roku havárie (k roku spadu).

Poznámka: přeměnou se za rok sníží aktivita  $^{137}\text{Cs}$  o 2,3%,  $^{90}\text{Sr}$  o 2,4% a  $^{240}\text{Pu}$  o 0,01%.

### 3.5 Korekce na zúrodnění půdy - $C_{Půda}$

Korekce na zúrodnění půdy je funkcí komplexního ukazatele úrodnosti půdy tzv. „indexu agrochemického zúrodnění“, který zohledňuje celkový vliv AGRCH na přestup RN z půdy do rostliny. Odráží vliv AGRCH na objem biomasy a na možnost „naředění“ či „zkoncentrování“ RN v biomase vzhledem k její celkové hmotnosti vzrostlé na jednotkové ploše.

Pojem „index agrochemického zúrodnění“ není v ČR definován ani znám, nicméně, byl zaveden na základě zkušeností IRB podobným způsobem.

Korekce na zúrodnění půdy  $C_{Půda}$  je určena pro daný RN pouze lineární závislosti (2 koeficienty) bez ohledu na typ nebo druh půdy nebo typ kultury rostliny. Závislost na druhu půdy a typu kultury rostlin se projevuje jen v různých hodnotách indexu agrochemického zúrodnění  $I_{zúrodnění}$ , které jsou závislé na minimální a optimální hodnotě jednotlivých AGRCH v závislosti na dvojici „druh půdy x typ kultury“.

Předpokládá se, že závislost přestupu RN do rostlin na „zúrodnění půdy“ nebude příliš významná, a že se vzrůstajícím indexem agrochemického zúrodnění bude korekce na zúrodnění  $C_{Půda}$  klesat.

Korekce na zúrodnění půdy je dána vztahem

$$C_{Půda} = a \cdot I_{zúrodnění} + b \quad (6)$$

kde  $C_{Půda}$  korekce na zúrodnění půdy

$I_{zúrodnění}$  index agrochemického zúrodnění; nabývá hodnot od 0 do 1

$a, b$  koeficienty z prokladu experimentálních dat

Index agrochemického zúrodnění je dán vztahem

$$I_{zúrodnění} = \frac{I_{pH} + I_{Cox} + I_P + I_K + I_{Ca} + I_{Mg}}{6} \quad (7)$$

kde  $I_{pH}$  – relativní index pH (KCl) půdy

$I_{Cox}$  – relativní index obsahu oxidovatelného uhlíku

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	36 / 82

$I_P$  – relativní index obsahu pohyblivé formy fosforu

$I_K$  – relativní index obsahu pohyblivé formy draslíku

$I_{Ca}$  – relativní index obsahu pohyblivé formy vápníku

$I_{Mg}$  – relativní index obsahu pohyblivé formy hořčíku

Relativní index pro každou z veličin AGRCH se vypočítá podle vztahů

$$I_{rel} = \frac{H_{skut} - H_{min}}{H_{opt} - H_{min}} \quad \text{pro } H_{min} < H_{skut} < H_{opt} \quad (7a)$$

$$I_{rel} = 1 \quad \text{pro } H_{skut} \geq H_{opt} \quad (7b)$$

$$I_{rel} = 0 \quad \text{pro } H_{skut} \leq H_{min} \quad (7c)$$

kde  $H_{skut}$  – skutečná hodnota dané veličiny AGRCH

$H_{min}$  – minimální hodnota dané veličiny AGRCH

$H_{opt}$  – optimální hodnota dané veličiny AGRCH

$I_{rel}$  a  $I_{zúrodnění}$  nabývají hodnot v intervalu od 0 do 1.

Hodnoty AGRCH  $H_{opt}$  nejsou známy, proto jsou odhadnuty. Pro potřeby SW jsou zavedeny předpisem (střed mezi průměrnou a maximální hodnotou)

$$H_{opt} = H_{prům} + \frac{H_{max} - H_{prům}}{2} = \frac{H_{max} + H_{prům}}{2} \quad (7d)$$

Hodnoty minim, maxim, průměru a optimálních hodnot AGRCH jsou uvedeny v [tabulce P1.1](#) v [Příloze 1](#).

Defaultně jsou koeficienty **a** a **b** funkce  $C_{půda}$  ve [vztahu \(6\)](#) zavedeny stejně pro všechny 3 RN a všechny dvojice „typ kultury – druh půdy“ následovně

**Cs:**  $a_{Cs-zúr} = -0,5$   $b_{Cs-zúr} = 1$

**Sr:**  $a_{Sr-zúr} = -0,5$   $b_{Sr-zúr} = 1$

**Pu:**  $a_{Pu-zúr} = -0,5$   $b_{Pu-zúr} = 1$

Funkce  $C_{půda}$  tedy nabývá hodnot v rozpětí 0,5 – 1,0 a je klesající; minima rovnému „**a+b**“ (se záporným koeficientem **a** dosahuje pro  $I_{zúrodnění} = 1$ ).

Poznámka: Hodnota funkce  $I_{zúrodnění}$  je závislá na  $I_{rel}$  a funkce  $I_{rel}$  je závislá na  $H_{min}$  a  $H_{opt}$  a  $H_{min}$  a  $H_{opt}$  závisí na kombinaci „typ kultury x druh půdy“, takže i při zadání skutečných hodnot jednotlivých AGRCH bude hodnota  $C_{půda}$  různá v závislosti na kombinaci „typ kultury x druh půdy“.

RadBio - software	Stránka 37 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

### 3.6 Korekce na klimatické podmínky - $C_{Klima}$

Přestup RN z půdy do rostlin závisí i na klimatických podmínkách (teplota a srážky) a je dán korekcí označenou  $C_{Klima}$ . Závislost bude specifická pro každou rostlinu, nebude záviset na typu nebo druhu půdy.

Funkce závislosti přestupu na klimatických podmínkách není známa ani v IRB, a proto je v SW zatím definován vztahem

$$C_{Klima} = 1 \quad (8)$$

s možností zavedení funkce v budoucnosti.

Předpokládá se, že závislost na klimatických podmínkách nebude příliš „výrazná“.

Každá rostlina bude mít zřejmě odlišné optimum, minimum a maximum teplot a srážek, které vymezí interval hodnot korekce. Součinitel  $C_{Klima}$  tak umožní v budoucnu postihnout rozdíly na různých místech ČR při pěstování téže plodiny či možnou variabilitu klimatických podmínek při prognóze přestupu RN z půdy do rostlin. Přestup bude záviset i na rozložení teplot a srážek během sledovaného období; tento vliv se ale zřejmě nepodaří do závislosti zabudovat.

Optimem teplot a srážek jsou myšleny hodnoty, kdy je výnos maximální. Není jisté, zda maximální výnos bude odpovídat minimu přestupu RN z půdy do rostliny, ale je to pravděpodobné. Je možné, že nepůjde funkce sloučit, a že se bude jednat o součin 2 nezávislých funkcí.

Optimální, minimální a maximální teploty a srážky vhodné pro pěstování dané rostliny nebudou do databáze SW přímo doplňovány, nicméně pokud budou nějaká data k dispozici, vznikne přehledová tabulka mimo tento SW. Vliv klimatických podmínek může být zohledněn v nejistotě přestupu RN z půdy do rostliny.

### 3.7 Ostatní korekce - $C_{Ostatní}$

Korekce na další vlivy  $C_{Ostatní}$ , které mohou snížit aktivitu v půdě proti očekávané hodnotě. Jedná se o korekci na „únik“ RN mimo oblast zájmu (oblast, ze které se stanovuje plošná aktivita pro odhad TK) například sklizenými rostlinami nebo při hluboké orbě, kdy se část RN dostane do hloubky větší než 20 cm, nebo odnosem RN povrchovým nebo podpovrchovým odtokem nebo erozí půdy s RN a jejím odnosem větrem.

Korekce na ostatní vlivy  $C_{Ostatní}$  není příliš významná a je zavedena ve tvaru

$$C_{Ostatní} = a_{RN} \cdot e^{b_{RN} \cdot T_P} \quad (9)$$

kde

$a_{RN}$ ,  $b_{RN}$  - koeficienty pro jednotlivé RN - Cs, Sr a Pu

$T_P$  - doba v rocích mezi datem, ke kterému je vztažena aktivita v půdě, a rokem predikce aktivity v plodině

Defaultní hodnoty koeficientů byly odhadnuty na základě analýzy výše uvedených jevů a jsou nastaveny stejně pro všechny RN.

**Cs:**  $a_{Cs-Ost} = 1,00$   $b_{Cs-Ost} = -0,02$

**Sr:**  $a_{Sr-Ost} = 1,00$   $b_{Sr-Ost} = -0,02$

**Pu:**  $a_{Pu-Ost} = 1,00$   $b_{Pu-Ost} = -0,02$

Tyto defaultní hodnoty způsobí meziroční snížení přestupu RN z půdy do rostliny faktorem 0,980.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	38 / 82

### 3.8 Predikce roku poklesu aktivity pod nastavenou mez

Predikce roku poklesu aktivity v rostlině pod nastavenou mez se stanoví úpravou vztahu (1) s rozepsanými vztahy proměnných závislými na době od havárie  $TK_{Time}$  (3) a na době stanovení aktivity v půdě  $C_{Přeměna}$  (5) a  $C_{Ostatní}$  (9). Rok poklesu aktivity v rostlině pod nastavenou mez je dán vztahem

$$R_P = R_H + \left( \ln \left( \frac{A_{Rost}}{K \cdot a_{Time} \cdot a_{Ost}} \right) + \left( b_{Ost} - \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} \right) \cdot \Delta \right) \cdot \frac{1}{(b_{Ost} + b_{Time} - \ln(2)/T_{1/2})} \quad (10)$$

kde proměnná  $K$  zahrnuje časově nezávislé proměnné ze vztahu (1)

$$K = TK_{AGRCH} \cdot A_{Půda} \cdot C_{Půda} \cdot C_{Klima} \cdot NF \quad (10a)$$

kde

$R_P$	rok predikce poklesu aktivity pod zadanou mez
$\Delta$	doba (v rocích) mezi rokem, ke kterému je vztažena aktivita $A_{Půda}$ a rokem havárie $R_H$
$a_{Ost}, b_{Ost}$	koeficienty funkce $C_{Ostatní}$
$a_{Time}, b_{Time}$	koeficienty funkce $TK_{Time}$

Protože koeficienty  $b_{Ost}$  a  $b_{Time}$  jsou  $\leq 0$ , jsou výrazy  $(b_{Ost} - \ln(2)/T_{1/2})$  a  $(b_{Ost} + b_{Time} - \ln(2)/T_{1/2})$  záporné, takže jejich podíl je kladný a leží vždy v intervalu (0 - 1) včetně krajních hodnot. Hodnota součinu tohoto podílu s parametrem  $\Delta$  leží v intervalu (0 -  $\Delta$ ).

Logaritmus ve funkci (10) může být kladný i záporný v závislosti na proměnné  $K$ . Pokud by hodnota části vztahu (10) za proměnnou  $R_H$  byla záporná a tedy  $R_P < R_H$ , pak je jako výsledek uvedena hodnota  $R_H$ .

Ve výstupu **RadBio-JE** je uvedena minimální hodnota  $R_{P-Min}$  (nejrychlejší pokles, nejnižší rok) i maximální hodnota  $R_{P-Max}$  (nejpomalejší pokles, nejvyšší rok) predikce roku poklesu aktivity v rostlině, tj. vztah (10a) je použit ve formě

- pro minimální hodnotu roku predikce  $R_{P-Min}$ 

$$K_{Min} = TK_{AGRCH-Min} \cdot A_{Půda-Min} \cdot C_{Půda-Min} \cdot C_{Klima} \cdot NF \quad (10b)$$

- pro maximální hodnotu roku predikce  $R_{P-Max}$ 

$$K_{Max} = TK_{AGRCH-Max} \cdot A_{Půda-Max} \cdot C_{Půda-Max} \cdot C_{Klima} \cdot NF \quad (10c)$$

Poznámky

- Funkce  $TK_{AGRCH}$  a  $C_{Půda}$  dosahují maxima pro minimální hodnoty AGRCH a minima pro maximální hodnoty AGRCH.
- V případě použití agregovaných TK, je rok havárie totožný s rokem, ke kterému je stanovena aktivita v půdě, takže interval  $\Delta = 0$ , a tím i 2. část vztahu (10).
- V Programátorském manuálu a v samotném SW je význam funkcí  $TK_{AGRCH}$  a  $C_{Půda}$  opačný; jako minimální hodnota  $TK_{AGRCH}$  a  $C_{Půda}$  je označena hodnota, kde jsou dosazeny minima hodnot AGRCH. Jelikož jsou ale funkce  $TK_{AGRCH}$  a  $C_{Půda}$  neklesající, jsou po dosazení minim AGRCH hodnoty  $TK_{AGRCH}$  a  $C_{Půda}$  maximální, i když indexace je označena jako „min“.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	39 / 82

### 3.9 Přehled vztahů

Přehled použitých vztahů bez popisu proměnných je uveden v [tabulce 10](#).

**Tabulka 10** Přehled vztahů

Vztah	Číslo vztahu
$A_{Rostlina} = TK_{Time} \cdot TK_{AGRCH} \cdot A_{Půda} \cdot C_{Přeměna} \cdot C_{Půda} \cdot C_{Klima} \cdot C_{Ostatní} \cdot NF$	1
$A_{Rostlina} = TK^{Agr} \cdot A_{Půda} \cdot C_{Přeměna} \cdot NF$	1a
$TK^{Agr} = TK_{Time} \cdot TK_{AGRCH} \cdot C_{Půda} \cdot C_{Klima} \cdot C_{Ostatní}$ Poznámka: $TK^{Agr}$ je určen experimentálně a funkce v pravé části vztahu obsahuje implicitně.	2
$TK_{Time} = a_{Time} \cdot e^{b_{Time} \cdot T}$ Poznámka: pro 3 časové intervaly	3
$TK_{Cs-AGRCH} = a_{Cs} \cdot e^{b_{Cs} \cdot K}$ $TK_{Pu-AGRCH} = a_{Pu} \cdot e^{b_{Pu} \cdot pH}$ $TK_{Sr-AGRCH} = a_{Sr} \cdot e^{b_{Sr} \cdot pH}$ Poznámka: defaultně $a_{Pu} = a_{Sr}$ a $b_{Pu} = b_{Sr}$ $a = TK_{AGRCH-Max} \cdot e^{\frac{-\ln(\frac{TK_{AGRCH-Min}}{TK_{AGRCH-Max}}) \cdot X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}}}$ $b = \frac{\ln(\frac{TK_{AGRCH-Min}}{TK_{AGRCH-Max}})}{X_{Max}-X_{Min}}$ Defaultně maximum $TK_{AGRCH} = 1$ a minimum $TK_{AGRCH} = 0,5$	4a, 4b 4c 4d, 4e
$a = e^{\frac{\ln(2) \cdot X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}}}$ $b = \frac{-\ln(2) \cdot X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}}$	4f
$C_{Přeměna} = e^{\frac{-\ln(2) \cdot T_p}{T_{1/2}}}$ Poznámka: $C_{Přeměna}$ - korekce na přeměnu RN v půdě	5
$C_{Půda} = a \cdot I_{zúrodnění} + b$	6
$I_{zúrodnění} = \frac{I_{pH} + I_{Cox} + I_P + I_K + I_{Ca} + I_{Mg}}{6}$	7
$I_{rel} = \frac{H_{skut} - H_{min}}{H_{opt} - H_{min}}$ pro $H_{min} < H_{skut} < H_{opt}$ $I_{rel} = 1$ pro $H_{skut} \geq H_{opt}$ $I_{rel} = 0$ pro $H_{skut} \leq H_{min}$ Defaultně zavedena funkce $H_{opt} = H_{prům} + \frac{H_{max} - H_{prům}}{2} = \frac{H_{max} + H_{prům}}{2}$ Defaultní hodnoty koeficientů $a, b$ <b>Cs:</b> $a_{Cs-zúr} = -0,5$ $b_{Cs-zúr} = 1$ <b>Sr:</b> $a_{Sr-zúr} = -0,5$ $b_{Sr-zúr} = 1$ <b>Pu:</b> $a_{Pu-zúr} = -0,5$ $b_{Pu-zúr} = 1$	7a 7b, 7c 7d
$C_{Klima} = 1$ (konstanta, kterou je možno měnit)	8
$C_{Ostatní} = a_{RN} \cdot e^{b_{RN} \cdot T_p}$ Defaultní hodnoty koeficientů $a, b$ <b>Cs:</b> $a_{Cs-Ost} = 1,00$ $b_{Cs-Ost} = -0,02$ <b>Sr:</b> $a_{Sr-Ost} = 1,00$ $b_{Sr-Ost} = -0,02$ <b>Pu:</b> $a_{Pu-Ost} = 1,00$ $b_{Pu-Ost} = -0,02$	9
$NF$ – násobící faktor	
Predikce roku poklesu aktivity v rostlině pod nastavenou mez $R_P = R_H + \left( \ln \left( \frac{A_{Rost}}{K \cdot a_{Time} \cdot a_{Ost}} \right) + \left( b_{Ost} - \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} \right) \cdot \Delta \right) \cdot \frac{1}{(b_{Ost} + b_{Time} - \ln(2)/T_{1/2})}$	10

RadBio - software	Stránka 40 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

$K = TK_{AGRCH} \cdot A_{P\ddot{u}da} \cdot C_{P\ddot{u}da} \cdot C_{Klima} \cdot NF$	10a
---------------------------------------------------------------------------------------	-----

### 3.10 Nejistoty stanovení aktivity v rostlinách a nejistoty TK

Velikost přestupu RN z půdy do rostlin je závislá na mnoha proměnných a parametrech, jejichž závislosti a hodnoty nejsou často dostatečně spolehlivě známy. Proto jsou přestupy RN z půdy do rostliny, a tím i předpovědi aktivity v rostlině, zatíženy velkou nejistotou. Teprve postupem času v rámci dalšího výzkumu nebo po skutečné havárii bude možno některé nejistoty podstatně snížit.

Nejistotu bude mít samotný TK stanovený jako střední hodnota ze souboru jednotlivých TK daného roku pro konkrétní rostlinu nebo skupinu rostlin a jeho časový vývoj, dále do celkové nejistoty vstoupí nejistota závislosti přestupu na hodnotách AGRCH (jak ve funkci  $TK_{AGRCH}$ , tak v korekci  $C_{P\ddot{u}da}$ ) a nejistota závislosti přestupu na klimatických podmínkách. Dalším faktorem vstupujícím do nejistoty předpovědi aktivity v rostlinách bude nejistota, resp. rozptyl aktivit a hodnot AGRCH v půdě na sledovaném území, a také nejistota ve vztahu k předpovídanému roku v budoucnu, kdy ani hodnoty AGRCH ani klimatické podmínky nejsou přesně předpověditelné.

Výhodou bude v tomto směru, alespoň v prvních letech po havárii využití agregovaných  $TK^{Agr}$ , ve kterých je většina proměnných již zahrnuta; nevýhodou je statisticky vyšší rozptyl hodnot  $TK^{Agr}$ .

Velikost nejistoty předpovědi bude záviset i na stupni agregace TK pro více typů a druhů půd a více druhů rostlin,

K posouzení vlivu rozptylu dat, resp. ke stanovení rozmezí hodnot aktivit v rostlině je do SW zaveden násobící faktor  $NF$  (defaultně  $NF = 1$ ), kterým se původní výsledek vynásobí.

Literatura uvádí pro jednotlivé druhy půd a druhy rostlin rozpětí TK i několik řádů, takže lze očekávat, zvláště v prvních letech po havárii, že i pro konkrétní půdy v ČR bude rozpětí predikovaných hodnot aktivit v rostlině (poměr maxima a minima) minimálně několika násobné.



RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	41 / 82

## 4 Programátorský manuál

**RadBio** je softwarový nástroj umožňující předpovědět kontaminaci rostlin radionuklidy na základě informací o velikosti kontaminace půdy a půdních charakteristikách obhospodařované půdy a je určen pro pozdní fázi jaderné havárie, kdy dochází ke kontaminaci rostlin radionuklidy přes kořenový systém. SW provádí výpočty pro 70 druhů rostlin rozdělených do 8 skupin a 20 podskupin pěstovaných na 15 typech a 5 druzích půdy v závislosti na 6 agrochemických charakteristikách půdy (hodnotě pH a obsahu Cox, Ca, K, Mg a P). Ke stanovení aktivity v rostlině SW využívá sadu transferových koeficientů (TK) popisujících přestup radionuklidu (RN) z dané půdy do dané rostliny, záviselých na řadě proměnných a koeficientů dalších funkcí, které přestup RN z půdy do rostliny blíže specifikují. Tyto závislosti jsou poměrně komplikované a často ani nejsou známy. Proto je v metodice a v SW zavedena i jejich jednodušší varianta, tzv. agregované transferové koeficienty, které v sobě všechny závislosti agregují a jsou závislé pouze na době od havárie.

SW **RadBio** se skládá ze 2 samostatných částí **RadBio-JE** a **RadBio-CR**.

### 4.1 RadBio-JE

Software **RadBio-JE** (SW pro okolí JE) byl vytvořen jako QGIS Python plug-in a je tvořen existující desktopovou aplikací QGIS, doplněnou o na míru vyvinutý plugin (v jazyce Python) a detailní datové sady pro prostorovou vizualizaci predikce aktivity RN v rostlinách pro zadaný rok po havárii pro celou oblast okolí EDU a ETE rozdělenou na tzv. díly půdních bloků (DPB), resp. ještě podrobněji na jejich části, jež jsou charakterizovány sadou atributů s hodnotami. Zdrojem vstupních dat je především půdní databáze, LPIS a databáze aktivit ve spadu a v půdě po havárii. SW používá data ve standardním GIS formátu OGC GeoPackage ([www.geopackage.org](http://www.geopackage.org); jeden soubor - SQLite kontejner - obsahuje vektorové mapové prvky, atributovou tabulku i styl zobrazení vrstvy), maximálně využívá stávající funkce QGIS tam, kde je to možné, a do pluginu jsou implementovány pouze specifické funkce, kterými QGIS nedisponuje. Výpočty **RadBio-JE** jsou vytvářeny vždy do nové vrstvy a ze zdrojových dat jsou převzaty jen potřebné vektorové prvky (hranice, souřadnicový systém) a informativní sloupce a sloupec se zobrazenými daty.

Poznámky ke značení funkcí v samotném kódu programu a v dokumentaci.

- Funkce označené v dokumentaci pro daný radionuklid jako  $TK_{AGRCH-Min}$  a  $TK_{AGRCH-Max}$  jsou v kódu programu **RadBio-JE** zavedeny jako  $TKagrch\_RN\_min$  a  $TKagrch\_RN\_max$ , ale s opačným významem.  $TKagrch\_RN\_min$  je hodnota  $TK_{AGRCH}$  vypočtená pro minimální hodnotu odpovídajícího agrochemického parametru této funkce, takže platí  $TKagrch\_RN\_min = TK_{AGRCH-Max}$  a naopak  $TKagrch\_RN\_max$  je hodnota  $TK_{AGRCH}$  vypočtená pro maximální hodnotu odpovídajícího agrochemického parametru, takže platí  $TKagrch\_RN\_max = TK_{AGRCH-Min}$ .
- Funkce označené v dokumentaci pro daný radionuklid jako  $C_{Půda-Min}$  a  $C_{Půda-Max}$  jsou v kódu programu **RadBio-JE** zavedeny jako  $Cpuda\_rn\_min$  a  $Cpuda\_rn\_max$ , ale s opačným významem. Funkce  $Cpuda\_cs\_min$  je hodnota  $C_{Půda}$  vypočtená s využitím minimálních hodnot agrochemických parametrů (AGRCH), takže platí  $Cpuda\_rn\_min = C_{Půda-Max}$ , a naopak  $Cpuda\_cs\_max = C_{Půda-Min}$ .

Důvodem tohoto opačného chápání výkladu značení bylo to, že programátorské práce zajišťovala externí zahraniční organizace.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	42 / 82

#### 4.1.1 Struktura programu

Software RadBio-JE má následující strukturu:

```
sw_je\
  params\
    cs-time.json
    sr-time.json
    pu-time.json
    c-puda.json
    pu-agrch.json
    sr-agrch.json
    rostliny.json
    cs-agrch.json
    MV_CR.PNG
  i18n\
    af.ts
  scripts\
    update-strings.sh
    run-env-linux.sh
    compile-strings.sh
  __init__.py
  icon.png
  sw_je.py
  Makefile
  metadata.txt
  pb_tool.cfg
  plugin_upload.py
  resources.py
  resources.qrc
  sw_je_dialog.py
  sw_je_dialog_base.ui
```

#### 4.1.2 Složky

- i18n: obsahuje data pro překlad
- scripts: obsahuje skripty shellu
- params: obsahuje soubory json s databázemi

#### 4.1.3 Soubory

Soubory obsažené ve složce RadBio-JE jsou popsány níže:

- icon.png: pictogram
- metadata.txt: Metadata RadBio-JE potřebná pro čtení rozšíření plug-in QGIS. Soubor obsahuje informace o RadBio-JE.
- sw-je.py: Hlavní modul zajišťující UI komunikaci a výpočty.
- sw\_je\_dialog.py: Obsahuje informace o čtení uživatelského rozhraní ze zdroje QT
- sw\_je\_dialog\_base.ui: Zdrojový soubor uživatelského rozhraní. Používá se QT5.
- resources.py: Modul pro konfiguraci zdrojů.
- resources.qrc: Metadata pro konfiguraci zdrojů.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	43 / 82

#### 4.1.4 Moduly

`__init__.py`

**classFactory**(*iface*)

Spouští software RadBio-JE

`sw_je_dialog.py`

**class softwareDialog**(*QtWidgets.QDialog, FORM\_CLASS*)

Otevření dialogového okna softwaru RadBio-JE.

`sw_je.py`

**class software**

Hlavní třída softwaru RadBio-JE

**\_\_init\_\_**(*self, iface*)

Inicializace pluginu pro QGIS.

**tr**(*self, message*)

Metoda pro překlad do jiných jazyků (nepoužívá se)

**add\_action**(*self, icon\_path, text, callback, enabled\_flag=True, add\_to\_menu=True, add\_to\_toolbar=True, status\_tip=None, whats\_this=None, parent=None*)

Nastavení akce při kliknutí na ikonu RadBio-JE v menu QGIS.

**initGui**(*self*)

Přidání ikony do QGIS menu pro spuštění RadBio-JE.

**unload**(*self*)

Odstranění ikony RadBio-JE z QGIS menu při vypnutí pluginu.

**showInfo**(*self*)

Otevření informačního okna při spuštění RadBio-JE.

**run**(*self*)

Metoda, která spouští RadBio-JE. Inicializace vizuálních komponent. Přiřazení tlačítek k procedurám.

**mainAction**(*self*)

Metoda pro zahájení výpočtu. Kliknutím na tlačítko "Provést výpočet".

**chb\_agregovany\_state**(*self*)

Funkce reakce na použitý TKagregovany.

**calculate**(*self*)

Funkce výpočtu předpovědi měrné aktivity radionuklidů a předpovědi roku, kdy měrná aktivita klesne pod danou prahovou hodnotu za uživatelem definovaných podmínek. Výpočet je proveden pro každou elementární oblast na mapě.

**progdiallog**(*self, progress*)

Funkce pro zobrazení ukazatele průběhu

Parametr

*progress* – Číselná hodnota v %

**corr\_Index**(*self, index*)

Funkce pro opravu indexů při výpočtu Izurodneni

Parametr

*index* – Číselná hodnota.

Vrátí upravené číslo.

**getJSONDBintegrateIntoDictR**(*self*)

Funkce načítání dat pro rostliny.

Vrátí datový slovník s rostlinami.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	44 / 82

#### **read\_CS\_AGRCH(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TK pro  $^{137}\text{Cs}$  v závislosti na půdní agrochemii.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

#### **read\_CS\_TIME(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TF pro  $^{137}\text{Cs}$  jako funkce času po radioaktivním spadu.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

#### **read\_SR\_AGRCH(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TK pro  $^{90}\text{Sr}$  v závislosti na půdní agrochemii.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

#### **read\_SR\_TIME(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TF pro  $^{90}\text{Sr}$  jako funkce času po radioaktivním spadu.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

#### **read\_PU\_AGRCH(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TK pro  $^{240}\text{Pu}$  v závislosti na půdní agrochemii.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

#### **read\_PU\_TIME(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TF pro  $^{240}\text{Pu}$  jako funkce času po radioaktivním spadu.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

#### **read\_C\_PUDA(self)**

Funkce načítání půdních dat: Kultura, Typ půdy, Druh půdy, minimální, maximální, průměrné a optimální agrochemické parametry.

Vrátí slovník půdních dat.

#### **generate(list1)**

Funkce pro generování setříděného a formátovaného seznamu.

Parametr

*list1* – Seznam s údaji

Vrátí seznam hodnot.

#### **getSkupina(self, dictionary)**

Funkce pro generování seznamu skupin rostlin.

Parametr

*dictionary* – Slovník rostlin.

Vrací seznam hodnot skupin rostlin.

#### **getPodskupina(self, dictionary, skupina)**

Funkce pro generování seznamu podskupin rostlin.

Parametr

*dictionary* – Slovník rostlin.

*skupina* – Řetězcová hodnota. Vybraná skupina rostlin.

Vrátí seznam hodnot podskupin rostlin ve vybrané skupině.

#### **init\_cb\_funkce\_tk(self)**

Funkce inicializace ComboBoxu "Funkce TK".

#### **init\_cb\_layers(self)**

Funkce inicializace ComboBoxu s vektorovými vrstvami.

#### **initComboSkupina(self)**

Funkce pro inicializaci ComboBoxu se skupinami rostlin.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	45 / 82

#### **initComboPodskupina(self)**

Funkce pro inicializaci ComboBoxu s podskupinami rostlin

#### **getDruh(self, dictionary, skupina, podskupina)**

Funkce pro generování seznamu druhů rostlin.

Parametr

*dictionary* – Slovník rostlin.

*skupina* – Řetězcová hodnota. Vybraná skupina rostlin.

*podskupina* – Řetězcová hodnota. Vybraná podskupina rostlin.

Vrátí seznam hodnot rostlinných druhů ve vybrané podskupině.

#### **initComboDruh(self)**

Funkce pro inicializaci ComboBoxu s druhy rostlin

#### **changedDruh(self)**

Funkce pro odvození "Popis" a "Cast" rostliny.

#### **getInfo(self, dictionary, wanted)**

Parametr

*dictionary* – Slovník rostlin.

*wanted* – Řetězcová hodnota. ID vybraná rostlina.

Vrátí tuple hodnot rostlin "Popis" a "Cast" rostliny.

## **4.2 RadBio-CR**

**RadBio-CR** je software pro predikci časového vývoje aktivity (v Bq/kg) radionuklidů  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  a  $^{240}\text{Pu}$  v rostlinách od zadaného roku po havárii po zvolený počet let.

, typ a druh půdy, agrochemické ukazatele půdy a další faktory ovlivňující akumulaci radionuklidů. Výsledky předpovědi se zobrazují v grafu a lze je uložit jako obrázek a také je lze exportovat do souboru Excel pro další zpracování dat.

### **4.2.1 Struktura programu**

Software RadBio-CR má následující strukturu:

```
RadBio_CR\
    params\
        params.zip
    RadBio_CR.py
```

### **4.2.2 Složky**

- params: obsahuje archiv zip se soubory json (databáze s koeficienty pro výpočty)

### **4.2.3 Soubory**

Soubor *RadBio\_CR.py* je hlavní modul zajišťující UI komunikaci a výpočty

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	46 / 82

#### 4.2.4 Moduly

*RadBio\_CR.py*

##### **class Colors**

Třída pro vytvoření seznamu barev pro zobrazení v grafu.

**\_\_init\_\_(self)**

Inicializace s výchozími hodnotami.

**next(self)**

Metoda pro přechod na další barvu.

Vrátí řetězcovou reprezentaci barvy.

**prev(self)**

Metoda pro přechod na předchozí barvu.

Vrátí řetězcovou reprezentaci barvy.

**first(self)**

Metoda pro přechod na první barvu.

Vrátí řetězcovou reprezentaci barvy.

**last(self)**

Metoda pro přechod na poslední barvu.

Vrátí řetězcovou reprezentaci barvy.

**current(self)**

Metoda pro určení aktuální barvy.

Vrátí řetězcovou reprezentaci barvy.

##### **class Looper**

Třída pro vytvoření vlastního iterátoru.

**\_\_init\_\_(self, items)**

Inicializace iterátoru.

Parametr

*items* – Hodnoty pro vytvoření iterátoru.

**\_\_iter\_\_(self)**

Metoda pro zobrazení aktuální hodnoty v iterátoru.

Vrátí hodnotu v iterátoru.

**\_\_next\_\_(self)**

Metoda pro přesun na další prvek v iterátoru.

Vrátí hodnotu v iterátoru.

##### **class UplatnitDialog(QDialog)**

Třída pro vytvoření dialogového okna pro potvrzení změn parametrů.

**\_\_init\_\_(self, parent=None)**

Inicializace dialogového okna

##### **class MyToolBar(NavigationToolBar)**

Třída nastavení nabídky navigace v grafu

##### **class MainWindow(QtWidgets.QMainWindow)**

Třída obsahující všechny výpočetní metody pro software.

**\_\_init\_\_(self, \*args, \*\*kwargs)**

Metoda inicializace rozhraní a komponent, načítání počátečních dat a parametrů, vazba tlačítek na metody.

**vynulovat\_aktivitu\_cs(self)**

Nastavte <sup>137</sup>Cs aktivitu na nulu.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	47 / 82

**vynulovat\_aktivitu\_sr(*self*)**

Nastavte <sup>90</sup>Sr aktivitu na nulu.

**vynulovat\_aktivitu\_pu(*self*)**

Nastavte <sup>240</sup>Pu aktivitu na nulu.

**chb\_agregovany\_state(*self*)**

Změna rozhraní softwaru, pokud se uživatel rozhodne používat *TKagregovany*.

**showInfo(*self*)**

Při spouštění softwaru zobrazit informační okno.

**set\_defaultni\_hodnoty\_polocas(*self*)**

Funkce pro nastavení výchozích hodnot koeficientů poločasu rozpadu radionuklidů.

**set\_defaultni\_cpuda(*self*)**

Funkce pro nastavení výchozích hodnot pro koeficienty *a* a *b* při výpočtu *Cpuda*.

**set\_defaultni\_costatni(*self*)**

Funkce pro nastavení výchozích hodnot pro koeficienty *a* a *b* při výpočtu *Costatni*.

**set\_defaultni\_hodnoty\_agrch(*self*)**

Funkce pro nastavení výchozích mezních hodnot pro agrochemické parametry.

**agrch\_changed(*self*)**

Funkce pro spuštění výpočtu prognózy specifické aktivity, když uživatel změní agrochemické parametry.

**agrch\_druh\_changed(*self*)**

Změna softwarového rozhraní, když uživatel změní hodnotu v ComboBoxu "Druh pudy"

**funkce\_tk\_changed(*self*)**

Reakce na změnu Funkce TK (druh pudy, typ pudy) uživatelem.

**uplatnitClicked(*self*)**

Zobrazí okno s potvrzením změny výchozích údajů

**uplatnitZmeny(*self*)**

Funkce aplikace nových referenčních hodnot pro agrochemické parametry, poločasy radionuklidů, koeficienty pro výpočet *Cpuda* a *Costatni*.

**exportVysledku(*self*)**

Funkce pro uložení výsledků výpočtu prognózy konkrétní aktivity do souboru Excel.

**resizeEvent(*self*, *event*)**

Funkce pro překreslení pracovního okna softwaru při změně jeho velikosti.

Parametr

*event* – referenční třída obsahující danou událost.

**create\_list(*self*)**

Funkce pro vytvoření seznamu s popisem rostlin.

Vrátí seznam rostlin.

**init\_components(*self*)**

Inicializace softwarových komponent: ComboBoxy (Funkce TK, Typ pudy, Druh pudy, Kultura), stromu rostlin a agrochemických indikátorů.

**passing(*self*)**

Funkce pro deaktivaci zpracování událostí při změně agrochemických parametrů, aby se zabránilo vícenásobnému spuštění při nastavování výchozích hodnot.

**un\_passing(*self*)**

Připojení zpracování událostí při změně agrochemických ukazatelů.

**init\_agrh\_values(*self*)**

Funkce pro nastavení výchozích hodnot agrochemických parametrů při změně půdy nebo kultury.

**createGraph(*self*)**

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	48 / 82

Funkce pro vytvoření grafu s čarami změny předpokládané specifické aktivity radionuklidů pro vybrané rostliny a vytvoření štítku na grafu s hodnotami, které byly použity pro výpočty.

**funkce\_podle**(*self*, *funkce\_tk*)

Funkce pro vytvoření popisu FunkceTK v souboru aplikace Excel při exportu.

Parametr

*funkce\_tk* – Celé číslo, používá se v softwaru ke kontrole vybrané funkce pro výpočet TK (1 - typ půdy, 2 - druh půdy).

Vrátí formátovaný řetězec.

**title\_funkce\_podle**(*self*, *funkce\_tk*)

Funkce pro vytvoření popisu FunkceTK v názvu diagramu.

Parametr

*funkce\_tk* – Celé číslo (1 - typ půdy, 2 - druh půdy).

Vrátí formátovaný řetězec.

**pouzit\_TKagr**(*self*, *pouzit\_TKagr*)

Funkce pro vytvoření slovního popisu použití agregované TK.

Parametr

*pouzit\_TKagr* – Booleovský.

Vrátí formátovaný řetězec.

**init\_cb\_funkce\_tk**(*self*)

Inicializační funkce ComboBox "Funkce TK".

**init\_cb\_typ\_pudy**(*self*)

Inicializační funkce ComboBox "Typ půdy".

**init\_cb\_druh\_pudy**(*self*)

Inicializační funkce ComboBoxu "Druh půdy" v sekci "Volba funkce TK".

**init\_cb\_druh\_pudy\_2**(*self*)

Inicializační funkce ComboBoxu "Druh půdy" v sekci "Volba AGRCH".

**init\_cb\_kultura**(*self*)

Inicializační funkce ComboBox "Kultura".

**init\_tree\_rostliny**(*self*)

Funkce pro inicializaci stromu se seznamem rostlin.

**setup\_container**(*self*, *item*)

Funkce určení rostlin vybraných uživatelem ve stromu a spuštění reakce, když se změní.

**get\_rostliny**(*self*)

Funkce načítání dat pro rostliny.

Vrátí datový slovník s rostlinami.

**read\_CS\_AGRCH**(*self*)

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TK pro <sup>137</sup>Cs v závislosti na půdní agrochemii.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

**read\_CS\_TIME**(*self*)

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TF pro <sup>137</sup>Cs jako funkce času po radioaktivním spadu.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

**read\_SR\_AGRCH**(*self*)

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TK pro <sup>90</sup>Sr v závislosti na půdní agrochemii.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

**read\_SR\_TIME**(*self*)



RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	49 / 82

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TF pro  $^{90}\text{Sr}$  jako funkce času po radioaktivním spadu.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

**read\_PU\_AGRCH(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TK pro  $^{240}\text{Pu}$  v závislosti na půdní agrochemii.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

**read\_PU\_TIME(self)**

Funkce pro načítání dat o koeficientech pro výpočet TF pro  $^{240}\text{Pu}$  jako funkce času po radioaktivním spadu.

Vrátí datový slovník s koeficienty.

**read\_C\_PUDA(self)**

Funkce načítání půdních dat: Kultura, Typ půdy, Druh půdy, minimální, maximální, průměrné a optimální agrochemické parametry.

Vrátí slovník půdních dat.

**cut\_pudy\_to\_orna(dictionary)**

Funkce přípravy databáze půd z hlediska indexace pomocí klíče (Kultura, Druh půdy)

**corr\_Index(self, index)**

Funkce pro opravu indexů při výpočtu Izurodneni

Parametr

*index* – Číselná hodnota.

Vrátí upravené číslo.

**calculations(let\_po\_havarie, let\_do\_predikce, funkce\_tk, v\_typ\_pudy, v\_druh\_pudy, v\_kultura, v\_ph, v\_cox, v\_ca, v\_k, v\_mg, v\_p, v\_cs, v\_sr, v\_pu, v1, v2, v3, c\_klima, nasobichi\_faktor, rostlina, db\_short\_puda, db\_cs\_agrch, db\_sr\_agrch, db\_pu\_agrch, db\_cs\_time, db\_sr\_time, db\_pu\_time, use\_TKagr, params)**

Funkce výpočtu předpokládaných hodnot specifických aktivit radionuklidů  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  a  $^{240}\text{Pu}$ .

Parametr

*let\_po\_havarie* – Číselná hodnota. Počet let od radioaktivního spadu.

*let\_do\_predikce* – Číselná hodnota. Počet let, pro které se prognóza vytváří.

*funkce\_tk* – Číselná hodnota. Vybraná funkce pro výpočet TK (1 - typ půdy, 2 - druh půdy).

*v\_typ\_pudy* – Hodnota řetězce. Vybraný typ půdy.

*v\_druh\_pudy* – Hodnota řetězce. Vybraný druh půdy.

*v\_kultura* – Hodnota řetězce. Vybraná kultura.

*v\_ph* – Číselná hodnota pH.

*v\_cox* – Číselná hodnota. Obsah uhlíku v půdě.

*v\_ca* – Číselná hodnota. Obsah vápníku v půdě.

*v\_k* – Číselná hodnota. Obsah draslíku v půdě.

*v\_mg* – Číselná hodnota. Obsah hořčíku v půdě.

*v\_p* – Číselná hodnota. Obsah fosforu v půdě.

*v\_cs* – Číselná hodnota. Kontaminace půdy  $^{137}\text{Cs}$ .

*v\_sr* – Číselná hodnota. Kontaminace půdy  $^{90}\text{Sr}$ .

*v\_pu* – Číselná hodnota. Kontaminace půdy  $^{240}\text{Pu}$ .

*v1* – Seznam pro vyplnění předpokládaných specifických aktivit  $^{137}\text{Cs}$  pro vybrané rostliny.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	50 / 82

v2 – Seznam pro vyplnění předpokládaných specifických aktivit  $^{90}\text{Sr}$  pro vybrané rostliny.

v3 – Seznam pro vyplnění předpokládaných specifických aktivit  $^{240}\text{Pu}$  pro vybrané rostliny.

*c\_klima* – Číselná hodnota. Klimatický faktor.

*nasobichi\_faktor* – Číselná hodnota. Nasobící faktor.

*rostlina* – Číselná hodnota. ID rostliny, pro které se předpověď vytváří.

*db\_short\_puda* – Seznam hodnot. Data s agrochemickými parametry z databáze půd.

*db\_cs\_agrch* – Seznam hodnot s koeficienty pro výpočet TK pro  $^{137}\text{Cs}$  v závislosti na půdní agrochemii.

*db\_sr\_agrch* – Seznam hodnot s koeficienty pro výpočet TK pro  $^{90}\text{Sr}$  v závislosti na půdní agrochemii.

*db\_pu\_agrch* – Seznam hodnot s koeficienty pro výpočet TK pro  $^{240}\text{Pu}$  v závislosti na půdní agrochemii.

*db\_cs\_time* – Seznam hodnot s koeficienty pro výpočet TF pro  $^{137}\text{Cs}$  v závislosti na čase.

*db\_sr\_time* – Seznam hodnot s koeficienty pro výpočet TF pro  $^{90}\text{Sr}$  závislosti na čase.

*db\_pu\_time* – Seznam hodnot s koeficienty pro výpočet TF pro  $^{240}\text{Pu}$  v závislosti na čase.

*use\_TKagr* – Booleovská hodnota udávající, zda je použit agregovaný TK či nikoli.

*params* – Seznam výchozích hodnot pro agrochemické ukazatele, poločasy radionuklidů, koeficienty pro výpočet Cpuda a Costatni.

Vrátí tři sady (seznamy) dat s výpočty předpokládaných hodnot specifických aktivit radionuklidů  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  a  $^{240}\text{Pu}$  pro rostlinu s přenášenými parametry za daný počet let.

#### 4.2.5 Vytváření tabulek JSON

Podkladem pro přípravu souborů JSON jsou excelovské tabulky umístěné v souboru s označením „Databáze TK a další koeficienty funkcí k SW RadBio“; popis je uveden v [Příloha 9 - Doplnující informace k SW RadBio Závěrečné technické zprávy projektu](#). Listy pro export jsou pojmenované názvem souborů (cs-agrch.csv, sr-agrch.csv, pu-agrch.csv, cs-time.csv, sr-time.csv, pu-time.csv, c-puda.csv, rostliny.csv). Hodnoty koeficientů v těchto tabulkách jsou určeny jen pro převod do formátu CSV a jsou navázány na předchozí listy, ve kterých je možno data aktualizovat.

Hodnoty v tabulkách musí být před exportem v obecném formátu, a jako oddělovač desetinných míst nastavena tečka. Při exportu je nutné nastavit jako oddělovač buněk čárku, což Excel při exportu do tohoto formátu v současnosti neumožňuje. Po exportu z Excelu je proto nezbytné provést hromadné nahrazení středníku v exportovaném CSV souboru pomocí libovolného textového editoru. Alternativou je přímý export v programu LibreOffice, který umožňuje výběr oddělovače.

Vzhledem k tomu, že tabulka „rostliny.csv“ obsahuje diakritiku, je nezbytné nastavení exportovaného formátu UTF-8.

Pro převod dat ze souborů CSV do formátu JSON jsou určeny skripty „makejson\_\*.py“ (makejson\_cs-agrch.py, makejson\_sr-agrch.py, makejson\_pu-agrch.py, makejson\_cs-time.py, makejson\_sr-time.py, makejson\_pu-time.py, makejson\_c-puda.py, makejson\_rostliny.py).

Při převodu musí být soubory \*.csv, \*.py, \*.json umístěny ve stejném pracovním adresáři (nikoli v adresáři se softwarem).

RadBio - software	Stránka 51 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

Příklad: V adresáři se zdrojovými CSV soubory spustíte příkazový řádek (cmd.exe). Po spuštění makejson\_cs-agrch.py se soubor cs-agrch.csv převede na cs-agrch.json. Převedené soubory \*.json je nutné přepsat do adresáře softwaru „params“. Pro RadBio musí být soubory JSON komprimovány do souboru „params.zip“.

RadBio - software	Stránka 52 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## 5 Licence

Program **RadBio** je dostupný na <https://github.com/juhele/RadBio>.

Při vývoji software byly využity open-source nástroje QGIS Plugin Builder, dostupné v rámci QGIS (licence GNU GPL) a open-source distribuce Qt Frameworku (The Qt Company, licence GNU GPL) - konkrétně vývojový nástroj Qt Creator.

### Licenční ujednání

Licenční podmínky se řídí platnou legislativou České republiky, zejména zákonem č. 121/2000 Sb. v platném znění. Dílo (softwarové nástroje RadBio-JE a RadBio-ČR) je nabízeno v souladu s mezinárodní otevřenou licencí GNU GPL v.3, jejíž plné znění je uvedeno níže. Datové vrstvy pro software RadBio-JE nejsou přímou součástí programu, jsou distribuovány samostatně a licenční ujednání dat je součástí daného distribučního balíčku.

### GNU GENERAL PUBLIC LICENSE

Version 3, 29 June 2007

Copyright (C) 2007 Free Software Foundation, Inc. <<https://fsf.org/>>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

### **Preamble**

The GNU General Public License is a free, copyleft license for software and other kinds of works.

The licenses for most software and other practical works are designed to take away your freedom to share and change the works. By contrast, the GNU General Public License is intended to guarantee your freedom to share and change all versions of a program--to make sure it remains free software for all its users. We, the Free Software Foundation, use the GNU General Public License for most of our software; it applies also to any other work released this way by its authors. You can apply it to your programs, too.

When we speak of free software, we are referring to freedom, not price. Our General Public Licenses are designed to make sure that you have the freedom to distribute copies of free software (and charge for them if you wish), that you receive source code or can get it if you want it, that you can change the software or use pieces of it in new free programs, and that you know you can do these things.

To protect your rights, we need to prevent others from denying you these rights or asking you to surrender the rights. Therefore, you have certain responsibilities if you distribute copies of the software, or if you modify it: responsibilities to respect the freedom of others.

For example, if you distribute copies of such a program, whether gratis or for a fee, you must pass on to the recipients the same freedoms that you received. You must make sure that they, too, receive or can get the source code. And you must show them these terms so they know their rights.

Developers that use the GNU GPL protect your rights with two steps: (1) assert copyright on the software, and (2) offer you this License giving you legal permission to copy, distribute and/or modify it.

For the developers' and authors' protection, the GPL clearly explains that there is no warranty for this free software. For both users' and authors' sake, the GPL requires that modified versions be marked as changed, so that their problems will not be attributed erroneously to authors of previous versions.

Some devices are designed to deny users access to install or run modified versions of the software inside them, although the manufacturer can do so. This is fundamentally incompatible with the aim of protecting users' freedom to change the software. The systematic pattern of such abuse occurs in the area of products for

RadBio - software	Stránka 53 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

individuals to use, which is precisely where it is most unacceptable. Therefore, we have designed this version of the GPL to prohibit the practice for those products. If such problems arise substantially in other domains, we stand ready to extend this provision to those domains in future versions of the GPL, as needed to protect the freedom of users.

Finally, every program is threatened constantly by software patents. States should not allow patents to restrict development and use of software on general-purpose computers, but in those that do, we wish to avoid the special danger that patents applied to a free program could make it effectively proprietary. To prevent this, the GPL assures that patents cannot be used to render the program non-free.

The precise terms and conditions for copying, distribution and modification follow.

## TERMS AND CONDITIONS

### 0. Definitions.

"This License" refers to version 3 of the GNU General Public License.

"Copyright" also means copyright-like laws that apply to other kinds of works, such as semiconductor masks.

"The Program" refers to any copyrightable work licensed under this License. Each licensee is addressed as "you". "Licensees" and "recipients" may be individuals or organizations.

To "modify" a work means to copy from or adapt all or part of the work in a fashion requiring copyright permission, other than the making of an exact copy. The resulting work is called a "modified version" of the earlier work or a work "based on" the earlier work.

A "covered work" means either the unmodified Program or a work based on the Program.

To "propagate" a work means to do anything with it that, without permission, would make you directly or secondarily liable for infringement under applicable copyright law, except executing it on a computer or modifying a private copy. Propagation includes copying, distribution (with or without modification), making available to the public, and in some countries other activities as well.

To "convey" a work means any kind of propagation that enables other parties to make or receive copies. Mere interaction with a user through a computer network, with no transfer of a copy, is not conveying.

An interactive user interface displays "Appropriate Legal Notices" to the extent that it includes a convenient and prominently visible feature that (1) displays an appropriate copyright notice, and (2) tells the user that there is no warranty for the work (except to the extent that warranties are provided), that licensees may convey the work under this License, and how to view a copy of this License. If the interface presents a list of user commands or options, such as a menu, a prominent item in the list meets this criterion.

### 1. Source Code.

The "source code" for a work means the preferred form of the work for making modifications to it. "Object code" means any non-source form of a work.

A "Standard Interface" means an interface that either is an official standard defined by a recognized standards body, or, in the case of interfaces specified for a particular programming language, one that is widely used among developers working in that language.

The "System Libraries" of an executable work include anything, other than the work as a whole, that (a) is included in the normal form of packaging a Major Component, but which is not part of that Major Component, and (b) serves only to enable use of the work with that Major Component, or to implement a Standard Interface for which an implementation is available to the public in source code form. A "Major Component", in this context, means a major essential component (kernel, window system, and so on) of the specific operating system

(if any) on which the executable work runs, or a compiler used to produce the work, or an object code interpreter used to run it.

RadBio - software	Stránka 54 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

The "Corresponding Source" for a work in object code form means all the source code needed to generate, install, and (for an executable work) run the object code and to modify the work, including scripts to control those activities. However, it does not include the work's System Libraries, or general-purpose tools or generally available free programs which are used unmodified in performing those activities but which are not part of the work. For example, Corresponding Source includes interface definition files associated with source files for

the work, and the source code for shared libraries and dynamically linked subprograms that the work is specifically designed to require, such as by intimate data communication or control flow between those subprograms and other parts of the work.

The Corresponding Source need not include anything that users can regenerate automatically from other parts of the Corresponding Source.

The Corresponding Source for a work in source code form is that same work.

## **2. Basic Permissions.**

All rights granted under this License are granted for the term of copyright on the Program, and are irrevocable provided the stated conditions are met. This License explicitly affirms your unlimited permission to run the unmodified Program. The output from running a covered work is covered by this License only if the output, given its content, constitutes a covered work. This License acknowledges your rights of fair use or other equivalent, as provided by copyright law.

You may make, run and propagate covered works that you do not convey, without conditions so long as your license otherwise remains in force. You may convey covered works to others for the sole purpose of having them make modifications exclusively for you, or provide you with facilities for running those works, provided that you comply with the terms of this License in conveying all material for which you do not control copyright. Those thus making or running the covered works for you must do so exclusively on your behalf, under your direction and control, on terms that prohibit them from making any copies of your copyrighted material outside their relationship with you.

Conveying under any other circumstances is permitted solely under the conditions stated below. Sublicensing is not allowed; section 10 makes it unnecessary.

## **3. Protecting Users' Legal Rights From Anti-Circumvention Law.**

No covered work shall be deemed part of an effective technological measure under any applicable law fulfilling obligations under article 11 of the WIPO copyright treaty adopted on 20 December 1996, or similar laws prohibiting or restricting circumvention of such measures.

When you convey a covered work, you waive any legal power to forbid circumvention of technological measures to the extent such circumvention is effected by exercising rights under this License with respect to

the covered work, and you disclaim any intention to limit operation or modification of the work as a means of enforcing, against the work's users, your or third parties' legal rights to forbid circumvention of technological measures.

## **4. Conveying Verbatim Copies.**

You may convey verbatim copies of the Program's source code as you receive it, in any medium, provided that you conspicuously and appropriately publish on each copy an appropriate copyright notice; keep intact all notices stating that this License and any non-permissive terms added in accord with section 7 apply to the code;

keep intact all notices of the absence of any warranty; and give all recipients a copy of this License along with the Program.

You may charge any price or no price for each copy that you convey, and you may offer support or warranty protection for a fee.

## **5. Conveying Modified Source Versions.**

You may convey a work based on the Program, or the modifications to produce it from the Program, in the form of source code under the terms of section 4, provided that you also meet all of these conditions:

- a) The work must carry prominent notices stating that you modified it, and giving a relevant date.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	55 / 82

b) The work must carry prominent notices stating that it is released under this License and any conditions added under section 7. This requirement modifies the requirement in section 4 to "keep intact all notices".

c) You must license the entire work, as a whole, under this License to anyone who comes into possession of a copy. This License will therefore apply, along with any applicable section 7 additional terms, to the whole of the work, and all its parts, regardless of how they are packaged. This License gives no permission to license the work in any other way, but it does not invalidate such permission if you have separately received it.

d) If the work has interactive user interfaces, each must display Appropriate Legal Notices; however, if the Program has interactive interfaces that do not display Appropriate Legal Notices, your work need not make them do so.

A compilation of a covered work with other separate and independent works, which are not by their nature extensions of the covered work, and which are not combined with it such as to form a larger program, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the compilation and its resulting copyright are not used to limit the access or legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. Inclusion of a covered work in an aggregate does not cause this License to apply to the other

parts of the aggregate.

## 6. Conveying Non-Source Forms.

You may convey a covered work in object code form under the terms of sections 4 and 5, provided that you also convey the machine-readable Corresponding Source under the terms of this License, in one of these ways:

a) Convey the object code in, or embodied in, a physical product (including a physical distribution medium), accompanied by the Corresponding Source fixed on a durable physical medium customarily used for software interchange.

b) Convey the object code in, or embodied in, a physical product (including a physical distribution medium), accompanied by a written offer, valid for at least three years and valid for as long as you offer spare parts or customer support for that product model, to give anyone who possesses the object code either (1) a copy of the Corresponding Source for all the software in the product that is covered by this License, on a durable physical

medium customarily used for software interchange, for a price no more than your reasonable cost of physically performing this conveying of source, or (2) access to copy the Corresponding Source from a network server at no charge.

c) Convey individual copies of the object code with a copy of the written offer to provide the Corresponding Source. This alternative is allowed only occasionally and noncommercially, and only if you received the object code with such an offer, in accord with subsection 6b.

d) Convey the object code by offering access from a designated place (gratis or for a charge), and offer equivalent access to the Corresponding Source in the same way through the same place at no further charge. You need not require recipients to copy the Corresponding Source along with the object code. If the place to

copy the object code is a network server, the Corresponding Source may be on a different server (operated by you or a third party) that supports equivalent copying facilities, provided you maintain clear directions next to the object code saying where to find the Corresponding Source. Regardless of what server hosts the Corresponding Source, you remain obligated to ensure that it is available for as long as needed to satisfy these requirements.

e) Convey the object code using peer-to-peer transmission, provided you inform other peers where the object code and Corresponding Source of the work are being offered to the general public at no charge under subsection 6d.

A separable portion of the object code, whose source code is excluded from the Corresponding Source as a System Library, need not be included in conveying the object code work.

A "User Product" is either (1) a "consumer product", which means any tangible personal property which is normally used for personal, family, or household purposes, or (2) anything designed or sold for incorporation

into a dwelling. In determining whether a product is a consumer product, doubtful cases shall be resolved in favor of coverage. For a particular product received by a particular user, "normally used" refers to a typical or

RadBio - software	Stránka 56 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

common use of that class of product, regardless of the status of the particular user or of the way in which the particular user actually uses, or expects or is expected to use, the product. A product is a consumer product regardless of whether the product has substantial commercial, industrial or non-consumer uses, unless such uses represent the only significant mode of use of the product.

"Installation Information" for a User Product means any methods, procedures, authorization keys, or other information required to install and execute modified versions of a covered work in that User Product from

a modified version of its Corresponding Source. The information must suffice to ensure that the continued functioning of the modified object code is in no case prevented or interfered with solely because modification has been made.

If you convey an object code work under this section in, or with, or specifically for use in, a User Product, and the conveying occurs as part of a transaction in which the right of possession and use of the User Product is transferred to the recipient in perpetuity or for a fixed term (regardless of how the transaction is characterized), the Corresponding Source conveyed under this section must be accompanied by the Installation Information. But this requirement does not apply if neither you nor any third party retains the ability to install modified object code on the User Product (for example, the work has been installed in ROM).

The requirement to provide Installation Information does not include a requirement to continue to provide support service, warranty, or updates for a work that has been modified or installed by the recipient, or for

the User Product in which it has been modified or installed. Access to a network may be denied when the modification itself materially and adversely affects the operation of the network or violates the rules and protocols for communication across the network.

Corresponding Source conveyed, and Installation Information provided, in accord with this section must be in a format that is publicly documented (and with an implementation available to the public in source code form), and must require no special password or key for unpacking, reading or copying.

## 7. Additional Terms.

"Additional permissions" are terms that supplement the terms of this License by making exceptions from one or more of its conditions. Additional permissions that are applicable to the entire Program shall be treated as though they were included in this License, to the extent that they are valid under applicable law. If additional permissions apply only to part of the Program, that part may be used separately under those permissions, but the entire Program remains governed by this License without regard to the additional permissions.

When you convey a copy of a covered work, you may at your option remove any additional permissions from that copy, or from any part of it. (Additional permissions may be written to require their own removal in certain cases when you modify the work.) You may place additional permissions on material, added by you to a covered work, for which you have or can give appropriate copyright permission.

Notwithstanding any other provision of this License, for material you add to a covered work, you may (if authorized by the copyright holders of that material) supplement the terms of this License with terms:

a) Disclaiming warranty or limiting liability differently from the terms of sections 15 and 16 of this License; or

b) Requiring preservation of specified reasonable legal notices or author attributions in that material or in the Appropriate Legal Notices displayed by works containing it; or

c) Prohibiting misrepresentation of the origin of that material, or requiring that modified versions of such material be marked in reasonable ways as different from the original version; or

d) Limiting the use for publicity purposes of names of licensors or authors of the material; or

e) Declining to grant rights under trademark law for use of some trade names, trademarks, or service marks; or

f) Requiring indemnification of licensors and authors of that material by anyone who conveys the material (or modified versions of it) with contractual assumptions of liability to the recipient, for any liability that these contractual assumptions directly impose on those licensors and authors.



RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	57 / 82

All other non-permissive additional terms are considered "further restrictions" within the meaning of section 10. If the Program as you received it, or any part of it, contains a notice stating that it is governed by this License along with a term that is a further restriction, you may remove that term. If a license document contains a further restriction but permits relicensing or conveying under this License, you may add to a covered work material governed by the terms of that license document, provided that the further restriction does not survive such relicensing or conveying.

If you add terms to a covered work in accord with this section, you must place, in the relevant source files, a statement of the additional terms that apply to those files, or a notice indicating where to find the applicable terms.

Additional terms, permissive or non-permissive, may be stated in the form of a separately written license, or stated as exceptions; the above requirements apply either way.

## **8. Termination.**

You may not propagate or modify a covered work except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to propagate or modify it is void, and will automatically terminate your rights under this License (including any patent licenses granted under the third paragraph of section 11).

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, you do not qualify to receive new licenses for the same material under section 10.

## **9. Acceptance Not Required for Having Copies.**

You are not required to accept this License in order to receive or run a copy of the Program. Ancillary propagation of a covered work occurring solely as a consequence of using peer-to-peer transmission

to receive a copy likewise does not require acceptance. However, nothing other than this License grants you permission to propagate or modify any covered work. These actions infringe copyright if you do not accept this License. Therefore, by modifying or propagating a covered work, you indicate your acceptance of this License to do so.

## **10. Automatic Licensing of Downstream Recipients.**

Each time you convey a covered work, the recipient automatically receives a license from the original licensors, to run, modify and propagate that work, subject to this License. You are not responsible for enforcing compliance by third parties with this License.

An "entity transaction" is a transaction transferring control of an organization, or substantially all assets of one, or subdividing an organization, or merging organizations. If propagation of a covered work results from an entity transaction, each party to that transaction who receives a copy of the work also receives whatever

licenses to the work the party's predecessor in interest had or could give under the previous paragraph, plus a right to possession of the Corresponding Source of the work from the predecessor in interest, if the predecessor has it or can get it with reasonable efforts.

You may not impose any further restrictions on the exercise of the rights granted or affirmed under this License. For example, you may not impose a license fee, royalty, or other charge for exercise of rights granted under this License, and you may not initiate litigation (including a cross-claim or counterclaim in a lawsuit) alleging that

RadBio - software	Stránka 58 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

any patent claim is infringed by making, using, selling, offering for sale, or importing the Program or any portion of it.

#### **11. Patents.**

A "contributor" is a copyright holder who authorizes use under this License of the Program or a work on which the Program is based. The work thus licensed is called the contributor's "contributor version".

A contributor's "essential patent claims" are all patent claims owned or controlled by the contributor, whether already acquired or hereafter acquired, that would be infringed by some manner, permitted by this License, of making, using, or selling its contributor version, but do not include claims that would be infringed only as a consequence of further modification of the contributor version. For purposes of this definition, "control" includes the right to grant patent sublicenses in a manner consistent with the requirements of this License.

Each contributor grants you a non-exclusive, worldwide, royalty-free patent license under the contributor's essential patent claims, to make, use, sell, offer for sale, import and otherwise run, modify and propagate the contents of its contributor version.

In the following three paragraphs, a "patent license" is any express agreement or commitment, however denominated, not to enforce a patent (such as an express permission to practice a patent or covenant not to sue for patent infringement). To "grant" such a patent license to a party means to make such an agreement or commitment not to enforce a patent against the party.

If you convey a covered work, knowingly relying on a patent license, and the Corresponding Source of the work is not available for anyone to copy, free of charge and under the terms of this License, through a publicly available network server or other readily accessible means, then you must either (1) cause the Corresponding Source to be so available, or (2) arrange to deprive yourself of the benefit of the patent license for this particular work, or (3) arrange, in a manner consistent with the requirements of this License, to extend the patent license to downstream recipients. "Knowingly relying" means you have actual knowledge that, but for the patent license, your conveying the covered work in a country, or your recipient's use of the covered work in a country, would infringe one or more identifiable patents in that country that you have reason to believe are valid.

If, pursuant to or in connection with a single transaction or arrangement, you convey, or propagate by procuring conveyance of, a covered work, and grant a patent license to some of the parties receiving the covered work authorizing them to use, propagate, modify or convey a specific copy of the covered work, then the patent license you grant is automatically extended to all recipients of the covered work and works based on it.

A patent license is "discriminatory" if it does not include within the scope of its coverage, prohibits the exercise of, or is conditioned on the non-exercise of one or more of the rights that are specifically granted under this License. You may not convey a covered work if you are a party to an arrangement with a third party that is in the business of distributing software, under which you make payment to the third party based on the extent of your activity of conveying the work, and under which the third party grants, to any of the parties who would receive the covered work from you, a discriminatory patent license (a) in connection with copies of the covered work conveyed by you (or copies made from those copies), or (b) primarily for and in connection with specific products or compilations that contain the covered work, unless you entered into that arrangement, or that patent license was granted, prior to 28 March 2007.

Nothing in this License shall be construed as excluding or limiting any implied license or other defenses to infringement that may otherwise be available to you under applicable patent law.

#### **12. No Surrender of Others' Freedom.**

If conditions are imposed on you (whether by court order, agreement or otherwise) that contradict the conditions of this License, they do not excuse you from the conditions of this License. If you cannot convey a covered work so as to satisfy simultaneously your obligations under this License and any other pertinent obligations, then as a consequence you may not convey it at all. For example, if you agree to terms that obligate you to collect a royalty for further conveying from those to whom you convey the Program, the only way you could satisfy both those terms and this License would be to refrain entirely from conveying the Program.

#### **13. Use with the GNU Affero General Public License.**

RadBio - software	Stránka 59 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

Notwithstanding any other provision of this License, you have permission to link or combine any covered work with a work licensed under version 3 of the GNU Affero General Public License into a single combined work, and to convey the resulting work. The terms of this License will continue to apply to the part which is the covered work, but the special requirements of the GNU Affero General Public License, section 13, concerning interaction through a network will apply to the combination as such.

#### **14. Revised Versions of this License.**

The Free Software Foundation may publish revised and/or new versions of the GNU General Public License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns.

Each version is given a distinguishing version number. If the Program specifies that a certain numbered version of the GNU General Public License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that numbered version or of any later version published by the Free Software

Foundation. If the Program does not specify a version number of the GNU General Public License, you may choose any version ever published by the Free Software Foundation.

If the Program specifies that a proxy can decide which future versions of the GNU General Public License can be used, that proxy's public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Program.

Later license versions may give you additional or different permissions. However, no additional obligations are imposed on any author or copyright holder as a result of your choosing to follow a later version.

#### **15. Disclaimer of Warranty.**

THERE IS NO WARRANTY FOR THE PROGRAM, TO THE EXTENT PERMITTED BY APPLICABLE LAW. EXCEPT WHEN OTHERWISE STATED IN WRITING THE COPYRIGHT HOLDERS AND/OR OTHER PARTIES PROVIDE THE PROGRAM "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE PROGRAM IS WITH YOU. SHOULD THE PROGRAM PROVE DEFECTIVE, YOU ASSUME THE COST OF ALL NECESSARY SERVICING, REPAIR OR CORRECTION.

#### **16. Limitation of Liability.**

IN NO EVENT UNLESS REQUIRED BY APPLICABLE LAW OR AGREED TO IN WRITING WILL ANY COPYRIGHT HOLDER, OR ANY OTHER PARTY WHO MODIFIES AND/OR CONVEYS THE PROGRAM AS PERMITTED ABOVE, BE LIABLE TO YOU FOR DAMAGES, INCLUDING ANY GENERAL, SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THE PROGRAM (INCLUDING BUT NOT LIMITED TO LOSS OF DATA OR DATA BEING RENDERED INACCURATE OR LOSSES SUSTAINED BY YOU OR THIRD PARTIES OR A FAILURE OF THE PROGRAM TO OPERATE WITH ANY OTHER PROGRAMS), EVEN IF SUCH HOLDER OR OTHER PARTY HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

#### **17. Interpretation of Sections 15 and 16.**

If the disclaimer of warranty and limitation of liability provided above cannot be given local legal effect according to their terms, reviewing courts shall apply local law that most closely approximates an absolute waiver of all civil liability in connection with the Program, unless a warranty or assumption of liability accompanies a copy of the Program in return for a fee.

### **END OF TERMS AND CONDITIONS**

#### **How to Apply These Terms to Your New Programs**

If you develop a new program, and you want it to be of the greatest possible use to the public, the best way to achieve this is to make it free software which everyone can redistribute and change under these terms.

To do so, attach the following notices to the program. It is safest to attach them to the start of each source file to most effectively state the exclusion of warranty; and each file should have at least the "copyright" line and a pointer to where the full notice is found.

RadBio - software	Stránka
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	60 / 82

<one line to give the program's name and a brief idea of what it does.>

Copyright (C) <year> <name of author>

This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the

GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<https://www.gnu.org/licenses/>>.

Also add information on how to contact you by electronic and paper mail.

If the program does terminal interaction, make it output a short notice like this when it starts in an interactive mode:

<program> Copyright (C) <year> <name of author>

This program comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; for details type `show w'.

This is free software, and you are welcome to redistribute it under certain conditions; type `show c' for details.

The hypothetical commands `show w' and `show c' should show the appropriate parts of the General Public License. Of course, your program's commands might be different; for a GUI interface, you would use an "about box".

You should also get your employer (if you work as a programmer) or school, if any, to sign a "copyright disclaimer" for the program, if necessary. For more information on this, and how to apply and follow the GNU GPL, see <<https://www.gnu.org/licenses/>>.

The GNU General Public License does not permit incorporating your program into proprietary programs. If your program is a subroutine library, you may consider it more useful to permit linking proprietary applications with the library. If this is what you want to do, use the GNU Lesser General Public License instead of this License. But first, please read <<https://www.gnu.org/licenses/why-not-lgpl.html>>

## **6 Poděkování**

Vývoj programu RadBio byl podpořen z projektu **MV ČR VI20192022153 „Optimalizace postupů pro realizaci rostlinné výroby na území zasaženém jadernou havárií“** (2019-2022).





RadBio - software	Stránka 62 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

**TecDoc 1497, (2006).** IAEA, TECDOC 2006. Classification of soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants, IAEA, 2006.

**TecDoc 1616 (2009).** IAEA, TECDOC 1616. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments, Vienna 2009. Jedná se o soubor jednotlivých příspěvků. Dokument podává podrobnější výklad a obsírnější přehledy veličin než TRS 472.

**Timková (2015).** Timková, J., Škrkal, J., Hůlka, J., Rulík, P. Štatistický preklad prestupových koeficientov rádionuklidu <sup>137</sup>Cs z pôdy do pol'nohospodárskych a lesných plodín 28 rokov po Černobyle. Zpráva SÚRO č. 48/2015. Praha: SÚRO, 2015.

**TRS 472 (2010).** IAEA, Technical report series 472. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Vienna 2010. Dokument má zásadní význam. Obsahuje souhrnné přehledy dat a výklady k jednotlivým faktorům určujícím přestup ze spadu do potravního řetězce. TRS 472 nahrazuje předchozí příručku Technical Reports Series No. 364.

**Vinciková a kol. (2016).** Vinciková, H., Hesslerová, P., Nedbal, V., Křováková, K., Procházka, J., Pechar, L. a Pokorný, J. (2016). Systém monitoringu zemědělské krajiny a aktualizace databáze plodin v zóně havarijního plánování jaderné elektrárny, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, ENKI, o.p.s., Lesnická práce, s.r.o., České Budějovice, Třeboň.

**ÚKZÚZ, 2020.** Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2014 - 2019, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Zpracovala M. Smetanová, Brno 2020.

**Zprávy z IRB (2019-2022).** Zprávy Institutu radiobiologii, Gomel, Bělorusko.

## **8 Přílohy**

### **Seznam příloh**

Příloha 1 - Hodnoty agrochemických charakteristik v závislosti na kultuře a druhu půdy

Příloha 2 - Seznam rostlin a jejich členění do skupin a podskupin

Příloha 3 - Závislost TK na době od havárie a na AGRCH

Příloha 4 - Aktivita radionuklidů ve spadu a v půdě pro SW RadBio-JE

Příloha 5 - Databáze okolí JE - Seznam atributů a naplnění databáze daty

Příloha 6 - RadBio-JE, příprava fiktivních dat a ukázky vstupů a výstupů

## **Příloha 1 - Hodnoty agrochemických charakteristik v závislosti na kultuře a druhu půdy**

Hodnoty agrochemických charakteristik **pH**, **Cox**, **Ca**, **K**, **Mg** a **P** jsou uvedeny v [tabulkách P1.1 až P1.3](#) a limitní hodnoty agrochemických charakteristik [tabulce P1.4](#).

**Tabulka P1.1** Hodnoty agrochemických charakteristik **pH** a **Cox** v závislosti na typu kultury a druhu půdy (průměr, minimum, maximum, optimum)

Kultura	Druh půdy		pH				Cox			
	Značení	Popis	Průměr	Min	Max	Opt	Průměr	Min	Max	Opt
							%	%	%	%
<b>Orná půda</b>	A	Lehká	5,8	3,6	7,9	6,9	1,68	0,35	4,43	3,06
	B	Střední	6,1	2,9	8,3	7,2	1,50	0,00	5,05	3,28
	C, D	Těžká	6,3	3,1	8,3	7,3	1,76	0,35	4,90	3,33
	E	<b>Všechny</b>	<b>6,1</b>	<b>2,9</b>	<b>8,3</b>	<b>7,2</b>	<b>1,55</b>	<b>0,00</b>	<b>5,05</b>	<b>3,30</b>
<b>Chmelnice</b>	A	Lehká	6,4	4,6	7,6	7,0	1,52	1,08	1,98	1,75
	B	Střední	6,3	3,7	7,7	7,0	1,50	0,39	2,57	2,04
	C, D	Těžká	6,5	4,7	7,6	7,1	1,43	1,30	1,48	1,46
	E	<b>Všechny</b>	<b>6,3</b>	<b>3,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,0</b>	<b>1,50</b>	<b>0,39</b>	<b>2,57</b>	<b>2,04</b>
<b>Vinice</b>	A	Lehká	7,0	4,1	7,8	7,4	1,47	0,99	2,31	1,89
	B	Střední	7,3	4,1	8,0	7,7	1,59	0,35	2,66	2,13
	C, D	Těžká	7,3	4,4	7,9	7,6	2,10	1,17	2,28	2,19
	E	<b>Všechny</b>	<b>7,2</b>	<b>4,1</b>	<b>8,0</b>	<b>7,6</b>	<b>1,58</b>	<b>0,35</b>	<b>2,66</b>	<b>2,12</b>
<b>Ovocný sad</b>	A	Lehká	6,2	4,1	7,6	6,9	1,26	0,75	2,44	1,85
	B	Střední	6,3	3,9	7,8	7,1	1,53	0,73	3,35	2,44
	C, D	Těžká	6,6	3,7	7,7	7,2	1,69	0,92	3,20	2,45
	E	<b>Všechny</b>	<b>6,3</b>	<b>3,7</b>	<b>7,8</b>	<b>7,1</b>	<b>1,56</b>	<b>0,73</b>	<b>3,35</b>	<b>2,46</b>
<b>TTP</b>	A	Lehká	5,3	3,8	7,7	6,5	1,86	0,45	3,97	2,92
	B	Střední	5,4	3,4	8,4	6,9	2,12	0,35	4,15	3,14
	C, D	Těžká	5,4	3,9	7,9	6,7	2,10	0,76	4,31	3,21
	E	<b>Všechny</b>	<b>5,4</b>	<b>3,4</b>	<b>8,4</b>	<b>6,9</b>	<b>2,10</b>	<b>0,35</b>	<b>4,31</b>	<b>3,21</b>

### **Poznámky**

- pH - stanovení pH v KCl nebo CaCl<sub>2</sub> je zcela identické. V tabulkách je značeno jako „pH“
- % Cox jsou vztažena na hmotnost sušiny půdy
- TTP - trvalý travní porost

RadBio - software	Stránka 64 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

**Tabulka P1.2** Hodnoty agrochemických charakteristik **Ca** a **K** v závislosti na typu kultury a druhu půdy (průměr, minimum, maximum, optimum)

Kultura	Druh půdy		Ca				K			
	Značení	Popis	Průměr	Min	Max	Opt	Průměr	Min	Max	Opt
			mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg
<b>Orná půda</b>	A	Lehká	2 118	60	55 400	28 759	234	20	2 430	1 332
	B	Střední	2 878	74	67 900	35 389	249	20	6 800	3 525
	C, D	Těžká	4 113	60	75 000	39 556	291	30	3 220	1 755
	E	<b>Všechny</b>	<b>3 000</b>	<b>60</b>	<b>75 000</b>	<b>39 000</b>	<b>254</b>	<b>20</b>	<b>6 800</b>	<b>3 527</b>
<b>Chmelnice</b>	A	Lehká	3 027	1 160	10 400	6 714	422	96	1 200	811
	B	Střední	3 577	787	27 000	15 289	471	96	2 010	1 240
	C, D	Těžká	3 984	776	12 700	8 342	514	135	1 460	987
	E	<b>Všechny</b>	<b>3 600</b>	<b>776</b>	<b>27 000</b>	<b>15 300</b>	<b>473</b>	<b>96</b>	<b>2 010</b>	<b>1 241</b>
<b>Vínice</b>	A	Lehká	6 195	338	62 400	34 297	280	41	959	619
	B	Střední	8 659	263	91 100	49 879	297	27	1 760	1 029
	C, D	Těžká	9 561	308	55 500	32 530	313	47	1 410	862
	E	<b>Všechny</b>	<b>8 517</b>	<b>263</b>	<b>91 100</b>	<b>49 809</b>	<b>299</b>	<b>27</b>	<b>1 760</b>	<b>1 030</b>
<b>Ovocný sad</b>	A	Lehká	3 113	219	31 500	17 307	298	47	1 840	1 069
	B	Střední	3 557	250	41 100	22 329	341	53	1 900	1 121
	C, D	Těžká	5 499	360	39 300	22 399	423	53	1 310	866
	E	<b>Všechny</b>	<b>3 833</b>	<b>219</b>	<b>41 100</b>	<b>22 467</b>	<b>352</b>	<b>47</b>	<b>1 900</b>	<b>1 126</b>
<b>TTP</b>	A	Lehká	1 717	86	35 000	18 358	277	20	3 550	1 914
	B	Střední	2 057	78	51 400	26 728	264	20	4 360	2 312
	C, D	Těžká	2 398	116	38 500	20 449	271	20	4 800	2 536
	E	<b>Všechny</b>	<b>2 088</b>	<b>78</b>	<b>51 400</b>	<b>26 744</b>	<b>263</b>	<b>20</b>	<b>4 800</b>	<b>2 531</b>

**Poznámky**

- Hmotnosti Ca a K jsou vztaženy na hmotnost sušiny půdy
- TTP - trvalý travní porost



**Tabulka P1.3** Hodnoty agrochemických charakteristik **Mg** a **P** v závislosti na typu kultury a druhu půdy (průměr, minimum, maximum, optimum)

Kultura	Druh půdy		Mg				P			
	Značení	Popis	Průměr	Min	Max	Opt	Průměr	Min	Max	Opt
			mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg	mg / kg
Orná půda	A	Lehká	157,7	13	2 500	1 329	113,9	3,5	2 602	1 358
	B	Střední	193,5	10	2 500	1 347	89,2	3,5	8 397	4 243
	C, D	Těžká	239,7	13	5 310	2 775	78,7	0,0	3 076	1 577
	E	Všechny	<b>196,8</b>	<b>10</b>	<b>5 310</b>	<b>2 753</b>	<b>90,8</b>	<b>0,0</b>	<b>8 397</b>	<b>4 244</b>
Chmelnice	A	Lehká	267,3	95	489	378	301,8	48,0	735	518
	B	Střední	311,9	26	1 130	721	305,9	6,0	1 125	715
	C, D	Těžká	362,9	87	918	640	284,4	34,0	844	564
	E	Všechny	<b>315,6</b>	<b>26</b>	<b>1 130</b>	<b>723</b>	<b>303,4</b>	<b>6,0</b>	<b>1 125</b>	<b>714</b>
Vinice	A	Lehká	262,4	25	1 290	776	109,2	3,5	670	390
	B	Střední	352	31	2 320	1 336	90,4	3,5	1 743	917
	C, D	Těžká	367,2	36	1 550	959	73,9	3,5	1 226	650
	E	Všechny	<b>342,3</b>	<b>25</b>	<b>2 320</b>	<b>1 331</b>	<b>91,8</b>	<b>3,5</b>	<b>1 743</b>	<b>917</b>
Ovocný sad	A	Lehká	178,7	29	695	437	121,5	13,0	1 019	570
	B	Střední	248	31	1 510	879	113,9	3,5	1 328	721
	C, D	Těžká	298,7	37	1 310	804	111,1	3,5	514	313
	E	Všechny	<b>251,5</b>	<b>29</b>	<b>1 510</b>	<b>881</b>	<b>114,5</b>	<b>3,5</b>	<b>1 328</b>	<b>721</b>
TTP	A	Lehká	182	13	3 100	1 641	97,7	3,5	1 090	594
	B	Střední	228,9	10	1 940	1 084	78,3	3,0	2 382	1 230
	C, D	Těžká	258,6	14	2 140	1 199	71,6	3,0	2 074	1 073
	E	Všechny	<b>227,3</b>	<b>10</b>	<b>3 100</b>	<b>1 664</b>	<b>79,6</b>	<b>3,0</b>	<b>2 382</b>	<b>1 231</b>

**Poznámky:**

- Hmotnosti Mg a P jsou vztaženy na hmotnost sušiny půdy
- TTP - trvalý travní porost

**Tabulka P1.4** Limitní hodnoty agrochemických charakteristik

	Jednotky	Limitní hodnota	Limitní hodnota	Rozpětí reálných dat *)	
		Od	Do	Minimum	Maximum
pH	-	2,5	9,0	2,9	8,4
Cox	%	0,0	6,6	0,00	5,05
Ca	mg / kg suš	30	120 000	60	91 100
K	mg / kg suš	20	8 500	20	6 800
Mg	mg / kg suš	10	7 200	10	5 310
P	mg / kg suš	0,0	10 000	0,0	8 400

- **Poznámka:** \*) rozpětí dat je převzato z [tabulek 4](#).

## **Příloha 2 – Seznam rostlin a jejich členění do skupin a podskupin**

**Tabulka P2.1** Seznam rostlin

	Skupina	Podskupina	Druh rostliny	Část rostliny	Kultura
1	<b>Obiloviny</b>	Obiloviny ozimé	Pšenice ozimá	zrno	Orná půda
2			Tritikale ozimé	zrno	Orná půda
3			Žito ozimé	zrno	Orná půda
4			Ječmen ozimý	zrno	Orná půda
5		Obiloviny jarní	Pšenice jarní	zrno	Orná půda
6			Ječmen jarní	zrno	Orná půda
7			Oves jarní	zrno	Orná půda
8			Kukuřice na zrno	zrno	Orná půda
9		Pšenice	Ozimá a jarní	zrno	Orná půda
10		Ječmen	Ozimý a jarní	zrno	Orná půda
11	<b>Okopaniny</b>	Okopaniny hlíznaté	Brambor	hlíza	Orná půda
12			Topinambur	hlíza	Orná půda
13		Okopaniny tykvovité	Tykev	bobule	Orná půda
14			Meloun	bobule	Orná půda
15		Okopaniny bulevnaté	Řepa cukrová	bulva	Orná půda
16			Řepa krmná	bulva	Orná půda
17	<b>Luskoviny</b>	Luskoviny rozšířené	Hrách	zrno	Orná půda
18			Lupina	zrno	Orná půda
19		Luskoviny ostatní	Fazole	zrno	Orná půda
20			Čočka	zrno	Orná půda
21			Bob	zrno	Orná půda
22			Vikev	zrno	Orná půda
23	<b>Olejniny</b>		Řepka	semeno	Orná půda
24			Slunečnice	semeno	Orná půda
25			Mák	semeno	Orná půda
26			Sója	semeno	Orná půda
27			Hořčice	semeno	Orná půda
28			Len	semeno	Orná půda
29	<b>Pícniny</b>	Pícniny - orná půda	Vojtěška	celá	Orná půda
30			Bob na zeleno	celá	Orná půda
31			Jetel	celá	Orná půda
32			Jetelotráva	celá	Orná půda
33			Svazenka	celá	Orná půda
34			Luskovino-obilná směska	celá	Orná půda
35		Pícniny - louky a pastviny	TTP	celá	TTP
36	<b>Zelenina</b>	Listová	Salát	list	Orná půda
37			Špenát	list	Orná půda
38			Kapusta kadeřavá	list	Orná půda
39		Košťálová	Zelí	plod	Orná půda
40			Kapusta růžičková	plod	Orná půda
41			Květák	plod	Orná půda
42			Kedluben	plod	Orná půda
43			Brokolice	plod	Orná půda

RadBio - software	Stránka 67 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

	Skupina	Podskupina	Druh rostliny	Část rostliny	Kultura
44		Kořenová	Mrkev	kořen	Orná půda
45			Celer	kořen	Orná půda
46			Petržel	kořen	Orná půda
47			Ředkve	kořen	Orná půda
48		Plodová	Okurka	plod	Orná půda
49			Rajče	plod	Orná půda
50			Paprika	plod	Orná půda
51		Cibulová	Česnek	cibule	Orná půda
52			Cibule	cibule	Orná půda
53			Pór	cibule	Orná půda
54	<b>Chmel</b>	Chmelnice	Chmel otáčivý	plod	Chmelnice
55	<b>Ovoce</b>	Vínice	Vinná réva	plod	Vínice
56		Malvice	Jablka	plod	Ovocný sad
57			Hrušky	plod	Ovocný sad
58			Jeřabiny	plod	Ovocný sad
59		Peckovice	Švestky	plod	Ovocný sad
60			Třešně	plod	Ovocný sad
61			Višně	plod	Ovocný sad
62			Meruňky	plod	Ovocný sad
63			Broskve	plod	Ovocný sad
64		Bobule	Rybíz	plod	Ovocný sad
65			Angrešt	plod	Ovocný sad
66			Maliny	plod	Ovocný sad
67			Jahody	plod	Orná půda
68			Ostružiny	plod	Ovocný sad
69			Borůvky	plod	Ovocný sad
70		Suché plody	Ořechy	plod	Ovocný sad
71			Mandle	plod	Ovocný sad
72			Kaštany	plod	Ovocný sad
<b>Počet položek</b>					
	8	22	72		

#### Poznámky

- Celkový skutečný počet druhů rostlin je 70; podskupina pšenice a ječmen (viz 9. a 10. položka) byla vytvořena navíc, aby bylo možné sdružit ozimou a jarní variantu.
- Celkový počet lišících se „druhů“ položek je následující: 72 druhů rostlin + 17 podskupin (odečtena podskupina *Pšenice*, *Ječmen*, *Pícniny*, *Chmelnice* a *Vínice*, protože je již zahrnuta ve sloupci *Druh rostliny*) + 7 skupin (odečtena skupina *Chmel*, protože je již zahrnuta v položce *Druh rostliny*) = 96. Pro tento počet druhů rostlin jsou definovány koeficienty  $TK^{AGR}$ ,  $TK_{Time}$ , a  $TK_{AGRCH}$ .

## **Příloha 3 - Závislost TK na době od havárie a na AGRCH**

### **3.1 Závislost TK na době od havárie - $TK_{Time}$ a $TK^{Agr}$**

Ke konstrukci závislosti TK na čase (době od havárie) byly využity znalosti SÚRO získané po havárii JE Černobyl pro ČR a znalosti pracovníků IRB.

Závislost TK na čase byla v ČR zjištěna pouze pro „velmi“ agregované TK Cs ([Timková, 2015](#)). Pro Sr ani pro Pu závislost zatím zjištěna nebyla, nicméně v SW je zavedena.

Koeficienty funkcí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$  byly nastaveny defaultně stejně následujícím způsobem

- Ze zkušeností IRB byl převzat předpoklad, že závislost TK Cs na čase se může skládat až ze 3 na sebe navazujících exponenciál, a že 2. zlomový rok je 7 let po havárii. Ze zkušeností SÚRO byl převzat předpoklad, že v 1. období po havárii bude tvar funkční závislosti TK Cs odpovídat funkční závislosti TK Cs zjištěné v ČR pro 1. období po havárii JE Černobyl se stejným zlomovým rokem, a že v 3. období po havárii bude tvar funkční závislosti TK Cs odpovídat funkční závislosti TK Cs zjištěné v ČR pro 2. období po havárii JE Černobyl (trvajícím doposud). Hodnoty koeficientů funkcí TK Cs byly upravovány tak, aby funkce ve zlomových rocích na sebe navazovaly.
- Koeficienty  $a_1$  a  $b_1$  1. funkce TK Cs byly ponechány stejné, jako u funkce TK Cs získané po havárii JE Černobyl ( $a_{1-čB}$  a  $b_{1-čB}$ ) v ČR se stejným zlomovým rokem.
- Koeficienty 2. funkce TK Cs byly upraveny tak, aby 2. funkce navázala v roce zlomu na 1. funkci a byla méně strmá než 1. funkce, ale přitom strmější než 2. funkce získaná v ČR po havárii JE Černobyl. Koeficient  $a_2$  byl získán vynásobením koeficientu  $a_{2-čB}$  z funkce získané po havárii JE Černobyl číslem 1,2 až 1,7, a koeficient  $b_2$  byl získán vydělením koeficientu  $b_{2-čB}$  z funkce získané po havárii JE Černobyl číslem 10 (tedy platí také  $a_2 = 1/10 a_1$ ).
- Koeficienty 3. funkce byly upraveny tak, aby funkce navázala v roce zlomu (7 let po havárii) na 2. funkci a měla stejný sklon jako 2. funkce získaná v ČR po havárii JE Černobyl; konkrétně koeficient  $a_3$  byl získán vydělením koeficientu  $a_{2-čB}$  2. funkce získané po havárii JE Černobyl číslem 1,4 až 3,6 a koeficient  $b_3$  byl ponechán jako koeficient  $b_{2-čB}$  v 2. funkci získané v ČR po havárii JE Černobyl.
- Hodnota  $TK_{Time}$  Sr byla defaultně nastavena 5x vyšší než pro Cs; tj. koeficienty  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  byly nastaveny na 5x vyšší hodnotu než koeficienty pro Cs; koeficienty  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  zůstaly stejné jako pro Cs (nastavení vychází z průměrné hodnoty poměru TK Sr a Cs uvedené v ([TRS 472, 2010](#))).
- Hodnota  $TK_{Time}$  Pu byla defaultně nastavena 100x nižší než pro Cs; tj. koeficienty  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  byly nastaveny na 1/100 hodnoty koeficientů pro Cs; koeficienty  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  zůstaly stejné jako pro Cs (nastavení vychází z průměrné hodnoty poměru TK Sr a Cs uvedené v ([TRS 472, 2010](#))).
- Po černobylské havárii byly rostliny pro stanovení TK členěny pouze na 6 skupin, a to obiloviny, brambory, zeleninu, ovoce, borůvky a houby. Tyto hodnoty byly přiřazeny skupinám včetně podskupin a druhů rostlin následujícím způsobem (skupina borůvky a houby v současné verzi SW není zavedena).

Rozdělení do skupin po Černobylské havárii	Současné skupiny
Obiloviny	Obiloviny
Brambory	Okopaniny
Zelenina	Zelenina, luskoviny, olejnin, píce, chmel
Ovoce	Ovoce

Hodnoty koeficientů pro všechny 3 RN jsou uvedeny v [tabulce P3.1](#) a na ukázkou průběh funkcí pro TK Cs na [obr. P3.1](#).

**Tabulka P3.1** Nastavení koeficientů exponenciálních funkcí  $TK^{Agr}$  a  $TK_{Time}$  ( $v$  (Bq/kg)/(Bq/m<sup>2</sup>))

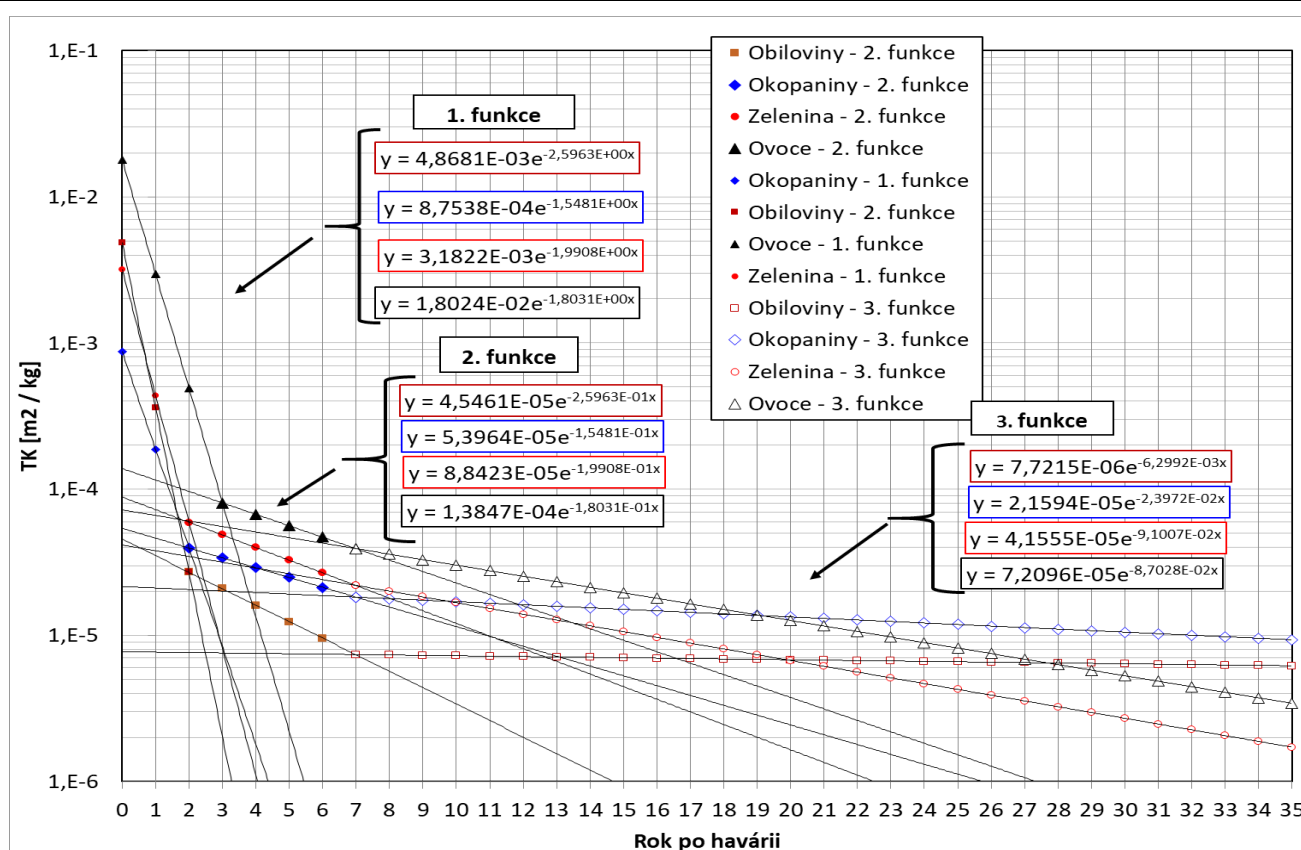
	1. období			2. období			3. období		
	Období	Lineární	Exponenc.	Období	Lineární	Exponenc.	Období	Lineární	Exponenc.
	roky	koef. (a1)	koef. (b1)	roky	koef. (a2)	koef. (b2)	roky	koef. (a3)	koef. (b3)
<b><sup>137</sup>Cs</b>									
Obiloviny	$T \leq 2$	4,8681E-03	-2,5963E+00	$T \in (3, 7)$	4,5461E-05	-2,5963E-01	$T \geq 8$	7,7215E-06	-6,2992E-03
Okopaniny	$T \leq 2$	8,7538E-04	-1,5481E+00	$T \in (3, 7)$	5,3964E-05	-1,5481E-01	$T \geq 8$	2,1594E-05	-2,3972E-02
Zelenina *)	$T \leq 2$	3,1822E-03	-1,9908E+00	$T \in (3, 7)$	8,8423E-05	-1,9908E-01	$T \geq 8$	4,1555E-05	-9,1007E-02
Ovoce	$T \leq 3$	1,8024E-02	-1,8031E+00	$T \in (4, 7)$	1,3847E-04	-1,8031E-01	$T \geq 8$	7,2096E-05	-8,7028E-02
<b>Sr Koeficienty "a" jsou nastaveny 5x vyšší než pro Cs, koeficienty "b" stejné jako pro Cs</b>									
Obiloviny	$T \leq 2$	2,4341E-02	-2,5963E+00	$T \in (3, 7)$	2,2731E-04	-2,5963E-01	$T \geq 8$	3,8607E-05	-6,2992E-03
Okopaniny	$T \leq 2$	4,3769E-03	-1,5481E+00	$T \in (3, 7)$	2,6982E-04	-1,5481E-01	$T \geq 8$	1,0797E-04	-2,3972E-02
Zelenina *)	$T \leq 2$	1,5911E-02	-1,9908E+00	$T \in (3, 7)$	4,4212E-04	-1,9908E-01	$T \geq 8$	2,0778E-04	-9,1007E-02
Ovoce	$T \leq 3$	9,0120E-02	-1,8031E+00	$T \in (4, 7)$	6,9235E-04	-1,8031E-01	$T \geq 8$	3,6048E-04	-8,7028E-02
<b>Pu Koeficienty "a" jsou nastaveny 100x nižší než pro Cs, koeficienty "b" stejné jako pro Cs</b>									
Obiloviny	$T \leq 2$	4,8681E-05	-2,5963E+00	$T \in (3, 7)$	4,5461E-07	-2,5963E-01	$T \geq 8$	7,7215E-08	-6,2992E-03
Okopaniny	$T \leq 2$	8,7538E-06	-1,5481E+00	$T \in (3, 7)$	5,3964E-07	-1,5481E-01	$T \geq 8$	2,1594E-07	-2,3972E-02
Zelenina *)	$T \leq 2$	3,1822E-05	-1,9908E+00	$T \in (3, 7)$	8,8423E-07	-1,9908E-01	$T \geq 8$	4,1555E-07	-9,1007E-02
Ovoce	$T \leq 3$	1,8024E-04	-1,8031E+00	$T \in (4, 7)$	1,3847E-06	-1,8031E-01	$T \geq 8$	7,2096E-07	-8,7028E-02

#### Poznámky

- Interval  $T \in (x, y)$  je včetně hraničních roků.
- \*) Zelenina zahrnuje zeleninu, luskoviny, olejoviny, píce, chmel
- Aktivita v rostlině je vztažena na nativní hmotnost rostliny

#### Poznámky

- Je nutno mít na paměti, že  $TK_{Time}$ , resp.  $TK^{Agr}$  jsou zadány dvěma koeficienty pro 15 typů a 5 druhů půd a pro 96 „druhů“ rostlin, což představuje  $2 \times (15 + 5) \times 96 = 3\,840$  koeficientů pro každé ze 3 předpokládaných časových období a pro každý RN. Je prakticky nereálné, aby byly všechny určeny ze samostatných funkčních závislostí (těch je  $3\,840 / 2 = 1\,920$ ). I pokud budou stanoveny jen pro druhy půd, bude se jednat o  $2 \times 5 \times 96 = 960$  koeficientů, tj. 480 funkčních závislostí pro každý RN a každý časový interval. Reálně lze očekávat, že pro méně se vyskytující rostliny budou využity koeficienty stanovené pro podskupiny či skupiny.
- V případě použití neagregovaného TK, musí být známy funkční závislosti dalších proměnných  $TK_{AGRCH}$ ,  $C_{Půda}$ ,  $C_{Klima}$ ,  $C_{Ostatní}$ .

**Obr. P3.1** Časový vývoj TK pro Cs (koeficienty funkcí – viz [tabulka 9](#))

**Poznámka:** funkce v bodu zlomu na sebe navazují; 1. bod následující funkce překrývá poslední bod předcházející funkce. Ve skutečnosti následující funkce bude začínat až v následujícím roce nikoliv v roce „překrytí“ bodů.

### Po havárii lze očekávat, že

- TK Cs budou významně záviset na době od havárie výše popsaným způsobem (aktivita v půdě je celkovou aktivitou, tj. aktivitou ve volné i vázané frakci)
- TK Sr budou vyšší než TK Cs; jejich závislost na době od havárie bude málo významná (Sr má vyšší pohyblivost v půdě než Cs a aktivita v půdě je vztažena jen k volné frakci)
- TK Pu budou řádově nižší než TK Cs; závislost na době od havárie bude málo významná (Pu má nižší pohyblivost v půdě než Cs a aktivita v půdě je vztažena jen k volné frakci)

### 3.2 Závislost TK na AGRCH - $TK_{AGRCH}$

Vzhledem ke zkušenostem z IRB, že  $TK_{AGRCH}$  příliš významně neovlivňuje celkový TK a vzhledem k tomu, že jeho vliv neznáme a pouze jej odhadujeme, byl nastaven defaultně rozsah  $TK_{AGRCH}$  malý.

#### Defaultní zadání hodnot koeficientů funkce $TK_{AGRCH}$

Defaultně byly koeficienty zavedeny pro dvojice „druh půdy-typ kultury“. Obecně je rozsah  $TK_{AGRCH}$  dán od minimální hodnoty  $TK_{AGRCH-Min}$  do maximální hodnoty  $TK_{AGRCH-Max}$ . Předpokládáme, že závislost je monotónně klesající pro vzrůstající hodnotu AGRCH. Při známých mezních hodnotách AGRCH a  $TK_{AGRCH}$  můžeme pro koeficienty  $a$  a  $b$  odvodit vztahy

$$a = TK_{AGRCH-Max} \cdot e^{\frac{-\ln\left(\frac{TK_{AGRCH-Min}}{TK_{AGRCH-Max}}\right) \cdot X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}}} \quad b = \frac{\ln\left(\frac{TK_{AGRCH-Min}}{TK_{AGRCH-Max}}\right)}{X_{Max}-X_{Min}}$$

kde  $X_{Min}$  a  $X_{Max}$  jsou minima a maxima hodnot AGRCH (obsah K nebo pH) dané dvojice „druh půdy-typ kultury“.

Hodnoty koeficientů funkce jsou zavedeny v prostředí Excel; při volbě hodnot  $TK_{AGRCH-Min}$  a  $TK_{AGRCH-Max}$  se hodnoty přepočítají. V Excel jsou dále hodnoty rozkopírovány pro všechny dvojice „druh půdy-druh rostliny“ (každá rostlina má přiřazen typ kultury). Z excel je poté nutno přepočítané koeficienty převést do databáze, kterou využívá SW (hodnoty načítá pro každou dvojici „druh půdy-druh rostliny“.

Defaultně byla hodnota koeficientů funkce nastavena tak, aby maximum  $TK_{AGRCH}=1$  a minimum  $TK_{AGRCH}=0,5$ . Z uvedených podmínek vyplývá, že koeficienty  $a$  a  $b$  lze stanovit následovně

$$a = e^{\frac{\ln(2) \cdot X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}}} \quad a \quad b = \frac{-\ln(2) \cdot X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}}$$

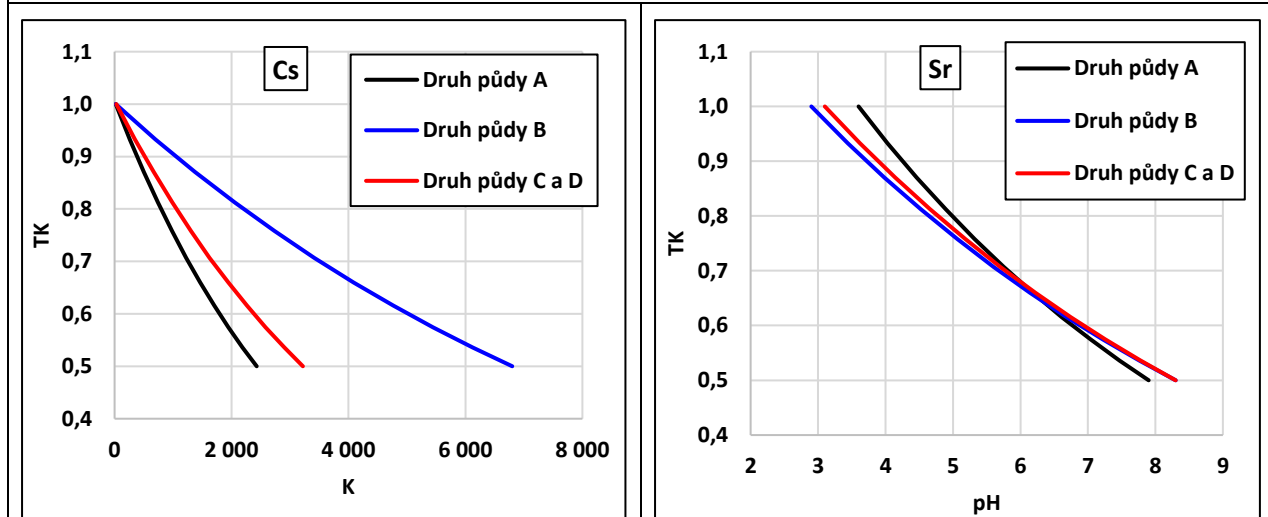
V [tabulce P3.2](#) jsou uvedeny hodnoty koeficientů  $a$  a  $b$  pro funkce  $TK_{AGRCH}$  pro Cs (závislost na obsahu K) a pro Sr a Pu (závislost na hodnotě pH) při volbě maxima  $TK_{AGRCH}=1$  a minima  $TK_{AGRCH}=0,5$ ; v tabulce je rovněž uvedena na ukázkou hodnota  $TK_{AGRCH}$  odpovídající průměrné hodnotě AGRCH (pro pH z [tabulky P1.1](#) a pro obsah K z [tabulky P1.2](#)).

**Tabulka P3.2** Hodnoty koeficientů  $a$  a  $b$  pro funkce  $TK_{AGRCH}$  pro Cs (závislost na obsahu K) a Sr a Pu (závislost na hodnotě pH) v závislosti na typu kultury a druhu půdy při volbě maxima  $TK_{AGRCH}=1$  a minima  $TK_{AGRCH}=0,5$ .

			Cs			Sr, Pu		
			K		$TK_{Cs-AGRCH}$	pH		$TK_{Sr-Pu-AGRCH}$
Kultura	Půdní druh	Druh půdy	a	b	pro průměr K	a	b	pro průměr pH
Orná půda	Lehká	A	1,00577	-0,000288	0,94	1,78659	-0,1612	0,7
Orná půda	Střední	B	1,00205	-0,000102	0,98	1,45099	-0,12836	0,66
Orná půda	Těžká	C, D	1,00654	-0,000217	0,94	1,51168	-0,1333	0,65
<b>Orná půda</b>	<b>Všechny</b>	<b>E</b>	<b>1,00205</b>	<b>-0,0001</b>	<b>0,98</b>	<b>1,45099</b>	<b>-0,12836</b>	<b>0,66</b>
Chmelnice	Lehká	A	1,06213	-0,000628	0,82	2,89454	-0,23105	0,66
Chmelnice	Střední	B	1,03538	-0,000362	0,87	1,89868	-0,17329	0,64
Chmelnice	Těžká	C, D	1,07318	-0,000523	0,82	3,07522	-0,23902	0,65
<b>Chmelnice</b>	<b>Všechny</b>	<b>E</b>	<b>1,03538</b>	<b>-0,00036</b>	<b>0,87</b>	<b>1,89868</b>	<b>-0,17329</b>	<b>0,64</b>
Vínice	Lehká	A	1,03144	-0,000755	0,84	2,15563	-0,18734	0,58
Vínice	Střední	B	1,01086	-0,0004	0,9	2,07237	-0,17773	0,57
Vínice	Těžká	C, D	1,02419	-0,000509	0,87	2,39022	-0,19804	0,56
<b>Vínice</b>	<b>Všechny</b>	<b>E</b>	<b>1,01086</b>	<b>-0,0004</b>	<b>0,9</b>	<b>2,07237</b>	<b>-0,17773</b>	<b>0,58</b>
Ovocný sad	Lehká	A	1,01834	-0,000387	0,91	2,25235	-0,19804	0,66
Ovocný sad	Střední	B	1,02009	-0,000375	0,9	2	-0,17773	0,65
Ovocný sad	Těžká	C, D	1,02966	-0,000551	0,82	1,89868	-0,17329	0,6
<b>Ovocný sad</b>	<b>Všechny</b>	<b>E</b>	<b>1,01774</b>	<b>-0,00037</b>	<b>0,89</b>	<b>1,86922</b>	<b>-0,16906</b>	<b>0,64</b>
TTP	Lehká	A	1,00393	-0,000196	0,95	1,96477	-0,17773	0,77
TTP	Střední	B	1,0032	-0,00016	0,96	1,60214	-0,13863	0,76
TTP	Těžká	C, D	1,0029	-0,000145	0,96	1,96564	-0,17329	0,77
<b>TTP</b>	<b>Všechny</b>	<b>E</b>	<b>1,0029</b>	<b>-0,00015</b>	<b>0,97</b>	<b>1,60214</b>	<b>-0,13863</b>	<b>0,76</b>

Ukázka průběhů funkcí  $TK_{AGRCH}$  pro kulturu "Orná půda" ve zvolených hranicích minima  $TK_{AGRCH} = 0,5$  a maxima  $TK_{AGRCH} = 1$  je uvedena na [obr. P3.2](#).

**Obr. P3.2** Průběhy funkcí  $TK_{Cs-AGRCH}$  a  $TK_{Sr-AGRCH}$  pro kulturu "Orná půda" ve zvolených hranicích minima  $TK_{AGRCH} = 0,5$  a maxima  $TK_{AGRCH} = 1$



#### Poznámky

- Funkce  $TK_{AGRCH} = 1$  pro hodnotu  $pH$ , resp.  $K$  rovnu minimu a se vzrůstajícím  $pH$  nebo  $K$  funkce  $TK_{AGRCH}$  klesá ke zvolené minimální hodnotě 0,5.
- Při volbě hodnot AGRCH pod minimem a nad maximem, ale v mezích „Limitních hodnot“ (které umožňuje zadat SW ČR) nabude  $TK_{AGRCH}$  hodnoty mimo interval (0,5 – 1,0), který byl zvolen jako defaultní. Pro  $K$  v rozmezí limitních hodnot je  $TK_{Cs-AGRCH}$  v rozmezí 0,0017 – 1,062; tj. mohlo by dojít k podhodnocení TK až cca 300x (místo minima 0,5 by mohlo být 0,0017). Pro  $pH$  v rozmezí limitních hodnot je  $TK_{Sr-AGRCH}$  v rozmezí 0,3578 – 1,6919). Stejně pro  $TK_{Pu-AGRCH}$ .

Je proto třeba dbát, aby v **RadBio-CR** nebyly zvoleny hodnoty AGRCH „příliš“ mimo interval reálných minim a maxim  $K$  a  $pH$ .

- Limitní hodnoty jsou nastaveny pro každý z AGRCH, ale nerozlišují druh půdy a druh kultury, takže je nelze použít pro definici  $TK_{AGRCH}$  místo maximálních a minimálních hodnot  $K$ , resp.  $pH$ .



## **Příloha 4 - Aktivita radionuklidů ve spadu a v půdě pro SW RadBio-JE**

**RadBio-JE** rozlišuje způsob pořízení plošných aktivit; výpočty provádí buď na základě aktivity stanovené ve spadu v krátkém období po havárii, nebo na základě aktivity stanovené pro konkrétní DPB v libovolném roce. Aktivita radionuklidů ve spadu a v půdě jsou ukládány v databázi údajů pro okolí JE v jednotkách Bq/m<sup>2</sup>. Uživatel zvolí, zda chce pro výpočet využít odhady aktivit RN získané z prokladu dat ze spadů nebo konkrétní naměřené hodnoty aktivity v půdě pro daný pozemek (pokud jsou k dispozici).

### **Aktivita ve spadu**

Po ukončení depozice RN z ovzduší po havárii vznikne podrobná mapa aktivit RN ve spadu pro celé území ČR s hustou sítí bodů zejména v oblastech, kde se bude rozhodovat o možném využití pro zemědělskou výrobu. Pro stanovení aktivity ve spadu bude odebírána jen povrchová vrstva 3-5 cm silná. Získaná data budou proložena vhodnou metodou, např. „Multilevel B-spline“ dělící území do čtvercové sítě tak, že každému bodu sítě bude přiřazena hodnota aktivity daného RN. Předpokládá se, že mapa bude doplňována během krátkého období po spadu a odběry budou většinou prováděny na travnatém (neoraném) povrchu. Aktivita budou korigovány na přeměnu k době spadu.

Aktivita v daném DPB bude stanovena jako vážený průměr aktivit pro jednotlivá pole čtvercové sítě, kde vahu bude plocha pole sítě zasahujícího do daného DPB. Minimum a maximum bude odhadnuto buď jako minimální, resp. maximální hodnota aktivity v poli sítě, které alespoň část zasahuje do daného DPB nebo nějakým násobícím a dělícím koeficientem, který bude aplikován na průměr.

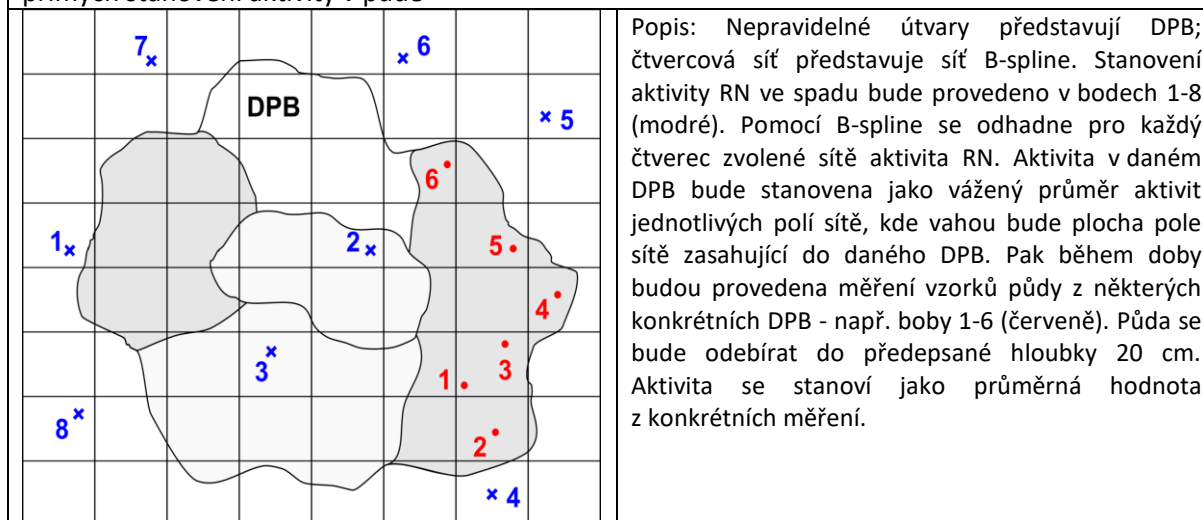
### **Aktivita v půdě**

Paralelně bude vznikat databáze měření aktivity RN v půdě odebrané na konkrétních DPB; ve většině případů se bude jednat o ornou půdu. Půda se bude odebírat do hloubky 20 cm. Důvodem je, že na půdě daného DPB může dojít ke skokovému snížení aktivity RN oproti okolí, resp. proti předpovědi z „Multilevel B-spline“ díky odnosu z oblasti zájmu. Ilustrativní příklad je uveden na [obr. P4.1](#).

Protože tato měření budou probíhat řadu let, je aktivita v půdě v databázi udána k datu odběru, přičemž do databáze je zaznamenán rok odběru pro možnost korekce na přeměnu.

Výpočty proběhnou jen pro ty DPB, pro které budou zadány aktivity v půdě, resp. pro DPB, kde nebudou uvedeny hodnoty aktivity v půdě, vyjde aktivita v rostlině rovna „0“.

**Obr. P4.1** Ilustrativní příklad stanovení aktivity ve spadu pro DPB pomocí B-spline a pomocí přímých stanovení aktivity v půdě



RadBio - software	Stránka 74 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

## **Příloha 5 - Databáze okolí JE - Seznam atributů a naplnění databáze daty**

Databáze okolí JE je databází, která musí být během doby aktualizována, neboť řada hodnot atributů se s časem může měnit. Zcela zásadní je její aktualizace po havárii.

V reálných databázích okolí JE byly k roku 2021 následující počty položek, každá se sadou atributů.

Okolí EDU - kruh o poloměru 24 km - 42 912 položek  
Okolí ETE - kruh o poloměru 18 km - 78 996 položek  
Celkem - 121 908 položek

Popis vstupních atributů je uveden v [tabulce P5.1](#).

**Tabulka P5.1** Popis vstupních atributů databáze pro okolí JE

	Atribut	Formát atributu	Jednotka	Parametr	Týká se
1	Fid	celé číslo		Pořadové číslo položky v databázi	DPB
2	ID_DPB	celé číslo		Identifikátor DPB	DPB
3	ID_pole	text		Identifikátor pole v rámci daného DPB (složeno z ID, podtržítka a dvojčíslí)	DPB
4	coord_SS	desetin.číslo	1	Souřadnice centrálního bodu pozemku - severní šířka	DPB
5	coord_VD	desetin.číslo	1	Souřadnice centrálního bodu pozemku - východní délka	DPB
6	Kraj	text		Název lokality - Kraj	DPB
7	Okres	text		Název lokality - Okres	DPB
8	Obec	text		Název lokality - Obec	DPB
9	Okres_kod	celé číslo		Číselné označení příslušné k názvu okresu	DPB
10	Ku_kod	celé číslo		Číselné označení příslušné k názvu obce (katastr obce)	DPB
11	Plocha_Ha	desetin.číslo	ha	Velikost dílu půdního bloku (DPB) - v hektarech	DPB
12	Typ_pudy	text		Typ půdy - 13 možných typů + "ostatní" + "všechny"	Půda
13	Podtyp_pud	text		Bližší určení typu půdy; je informativní a do výpočtů nevstupuje	Půda
14	Druh_pudy	text		Druh půdy - 4 druhy + "všechny"	Půda
15	pH_prum	desetin. číslo	1	pH - průměr - Agrochemická charakteristika půdy	AGRCH
16	pH_min	desetin. číslo	1	pH - minimum - Agrocharakteristika	AGRCH
17	pH_max	desetin. číslo	1	pH - maximum - Agrocharakteristika	AGRCH
18	Cox_prum	desetin. číslo	mg/kg	Cox - průměr - Agrocharakteristika (mg v kg sušiny)	AGRCH
19	Cox_min	desetin. číslo	mg/kg	Cox - minimum - Agrocharakteristika	AGRCH
20	Cox_max	desetin. číslo	mg/kg	Cox - maximum - Agrocharakteristika	AGRCH
21	Ca_prum	desetin. číslo	mg/kg	Ca - průměr - Agrocharakteristika	AGRCH
22	Ca_min	desetin. číslo	mg/kg	Ca - minimum - Agrocharakteristika	AGRCH
23	Ca_max	desetin. číslo	mg/kg	Ca - maximum - Agrocharakteristika	AGRCH
24	K_prum	desetin. číslo	mg/kg	K - průměr - Agrocharakteristika	AGRCH
25	K_min	desetin. číslo	mg/kg	K - minimum - Agrocharakteristika	AGRCH
26	K_max	desetin. číslo	mg/kg	K - maximum - Agrocharakteristika	AGRCH
27	Mg_prum	desetin. číslo	mg/kg	Mg - průměr - Agrocharakteristika	AGRCH
28	Mg_min	desetin. číslo	mg/kg	Mg - minimum - Agrocharakteristika	AGRCH
29	Mg_max	desetin. číslo	mg/kg	Mg - maximum - Agrocharakteristika	AGRCH
30	P_prum	desetin. číslo	mg/kg	P - průměr - Agrocharakteristika	AGRCH
31	P_min	desetin. číslo	mg/kg	P - minimum - Agrocharakteristika	AGRCH
32	P_max	desetin. číslo	mg/kg	P - maximum - Agrocharakteristika	AGRCH
33	Tepl_prum	desetin. číslo	C	Teplota - průměr z let 1991-2020 z průměrných teplot v duben - září	Klima
34	Tepl_min	desetin. číslo	C	Teplota - minimum z let 1991-2020 z průměrných teplot v duben - září	Klima
35	Tepl_max	desetin. číslo	C	Teplota - maximum z let 1991-2020 z průměrných teplot v duben - září	Klima
36	Srazk_prum	celé číslo	mm	Srážky - průměr z let 1991-2020 z celkových srážek v období duben-září	Klima
37	Srazk_min	celé číslo	mm	Srážky - minimum z let 1991-2020 z celkových srážek v duben - září	Klima
38	Srazk_max	celé číslo	mm	Srážky - maximum z let 1991-2020 z celkových srážek v duben - září	Klima

	Atribut	Formát atributu	Jednotka	Parametr	Týká se
39	Kultura	text		Typ kultury	Kultura
40	Cs_sp_prum	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Cs-137 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - průměr	Spad
41	Cs_sp_min	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Cs-137 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - minimum	Spad
42	Cs_sp_max	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Cs-137 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - maximum	Spad
43	Sr_sp_prum	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Sr-90 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - průměr	Spad
44	Sr_sp_min	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Sr-90 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - minimum	Spad
45	Sr_sp_max	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Sr-90 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - maximum	Spad
46	Pu_sp_prum	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	RN-3 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - průměr	Spad
47	Pu_sp_min	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	RN-3 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - minimum	Spad
48	Pu_sp_max	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	RN-3 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline) - maximum	Spad
49	Cs_rok	celé číslo	rok	Cs-137 - Rok posledního stanovení aktivity v půdě konkrétního DPB	Rok
50	Sr_rok	celé číslo	rok	Sr-90 - Rok posledního stanovení aktivity v půdě konkrétního DPB	Rok
51	Pu_rok	celé číslo	rok	RN-5 - Rok posledního stanovení aktivity v půdě konkrétního DPB	Rok
52	Cs_prum	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Cs-137 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - průměr - konkrétní DPB	Aktivita
53	Cs_min	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Cs-137 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - minimum - konkrétní DPB	Aktivita
54	Cs_max	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Cs-137 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - maximum - konkrétní DPB	Aktivita
55	Sr_prum	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Sr-90 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - průměr - konkrétní DPB	Aktivita
56	Sr_min	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Sr-90 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - minimum - konkrétní DPB	Aktivita
57	Sr_max	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	Sr-90 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - maximum - konkrétní DPB	Aktivita
58	Pu_prum	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	RN-3 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - průměr - konkrétní DPB	Aktivita
59	Pu_min	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	RN-3 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - minimum - konkrétní DPB	Aktivita
60	Pu_max	n.nn x 10 <sup>+nn</sup>	Bq/m2	RN-3 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm - maximum - konkrétní DPB	Aktivita

#### Poznámky

- Atribut „ID\_pole“ – slouží k rozlišení částí DPB, pokud má DPB více částí (části DPB rozlišeny pořadovým dvojčíslem počínaje od „01“).
- Teplota a srážky - 30 letý průměr z vegetační části roku (duben-září z klimatického normálu 1991-2020).
- Plošná aktivita RN ve spadu na DPB je stanovena z prokladu naměřených hodnot aktivit ve spadu.
- Plošná aktivita RN v půdě je zadávána jako celková aktivita v půdě do hloubky 20 cm na ploše 1m<sup>2</sup>.
- Rok posledního stanovení aktivity v půdě - vyplní se jen, pokud bude měřen vzorek půdy z konkrétního DPB.

#### Zdroje dat - Atributy související s aktivitami radionuklidů

Atributy související s aktivitami RN jsou uvedeny pod čísly 40 až 60 v [tabulce P5.1](#).

- **Aktivita ve spadu (z B-spline)** - Aktivita RN pro jednotlivé pozemky budou získány z rozsáhlého průzkumu krátce po spadu po havárii s využitím metody B-spline.
- **Aktivita v půdě** - Aktivita budou získány v průběhu řady let z měření vzorků půdy odebraných na jednotlivých pozemcích.

#### Zdroje dat - Atributy nesouvisející s aktivitami RN

Vstupními zdroji dat pro databázi pro **RadBio-JE** byly následující otevřené datové zdroje ve formátu SHP (skutečnost k 6/22).

- Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ): <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-database-bpej> (poskytovatel Státní pozemkový úřad).
- Veřejné exporty dat LPIS za celou ČR: <https://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/export-lpis-rocní-shp.html> (Poskytovatel Ministerstvo zemědělství).
- Katastrální mapa ČR: <https://geoportal.cuzk.cz> nebo <http://atom.cuzk.cz/>  
Poskytovatel Český úřad zeměměřický a katastrální nebo <http://services.cuzk.cz/shp/ku/epsg-5514/>.

RadBio - software	Stránka 76 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

- Pedologická data – půdní typy - zpoplatněná data.
- Vektorová data od České geologické služby - půdní mapa 1: 50 000 a GEO ČR 50 - Geologická mapa 1: 50 000 pro zájmová území rozšířených zón havarijního plánování ETE (poloměr 18 km) a EDU (poloměr 24 km). Celková rozloha území pokrytí geologickou mapou je 2 823 km<sup>2</sup>, tzn. je zajištěno kompletní pokrytí zájmových území. Pedologická data jsou dostupná pro celou rozšířenou oblast ZHP EDU; pro ETE jsou k dispozici data pouze pro jihozápadní část území.
- Registr územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN).
- Dostupná data ČHMÚ teplot a srážek pro jednotlivé kraje z klimatického normálu 1991-2020.
- Databáze ÚKZUZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský) „Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2014 - 2019“. Statistické hodnocení a výpočty za daný rok jsou prováděny vždy z 6 předchozích let, tj. v současné databázi za roky 2014-19. Data byla využita pro stanovení AGRCH následujícím způsobem:

Byly přiřazeny hodnoty v závislosti na druhu kultury a druhu půdy: lehká (A), střední (B), těžká (C,D), všechny (E). Do databáze k jednotlivým pozemkům byly vloženy hodnoty Průměr, Min a Max.

Podobně jako byl použit spline pro Cs, tak byla vytvořena fiktivní data metodou *Fractal Brownian Noise* ([http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/7.9.0/grid\\_calculus\\_17.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/7.9.0/grid_calculus_17.html)).

Pro každý parametr (Ph, Cox, Ca, K, Mg, P) byl generován samostatný "spline" v rozsazích dle tabulky AGRCH. Z toho pak pomocí SAGA a nástroje *Tool Grid Statistics for Polygons* ([http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/7.9.0/shapes\\_grid\\_2.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/7.9.0/shapes_grid_2.html)) byly získány hodnoty průměru, minima a maxima daného parametru pro každé políčko.

### Způsob pořízení dat

Způsob pořízení dat, defaultní hodnoty a časová náročnost naplnění databáze daty jsou uvedeny v [tabulce P5.2](#). Kromě informací uvedených v [tabulce P5.2](#) bylo provedeno

- opraveny neplatné geometrie pozemků (polygony - protínající se hranice 1 pozemku) v původních datech (počet položek „ID\_pole“ zůstal beze změny);
- opraveny názvy typů půd - část z nich při převodu byla zkomolena nealfabetickými znaky;
- vyřazeny podtypy půd „vodní plochy“ a „zastavěné plochy“;
- vyřazeny jiné typy kultur, než námi definované.

**Tabulka P5.2** Způsob pořízení dat, defaultní (fiktivní) hodnoty a časová náročnost na pořízení dat

Řádek	Označení parametru	Parametr	Způsob pořízení dat	Časová náročnost
1	Fid	Pořadové číslo položek v databázi	Doplněno SÚRO	1 den *)
2	ID DPB	Identifikátor DPB	Převzato z LPIS	1 den *)
3	ID pole	Identifikátor pole v rámci konkrétního DPB	Doplněno SÚRO dle počtu opakujících se ID	1 den *)
4 - 5	Souřadnice	Souřadnice centrálního bodu pozemku - severní šířka, východní délka	Doplněno z mapových podkladů v prostředí GIS. S ohledem na jejich tvar to není střed ani vždy centroid, ale vždy je to bod uvnitř políčka	1 den *)
6	Kraj	Název lokality - Kraj	Doplněny z databáze RÚIAN k číselným označením okresu	1 den *)
7	Okres	Název lokality - Okres	Doplněny z databáze RÚIAN k číselným označením okresu	1 den *)

RadBio - software	Stránka 77 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

Řádek	Označení parametru	Parametr	Způsob pořízení dat	Časová náročnost
8	Obec	Název lokality - Obec	Doplněny z databáze RÚIAN k číselným označením obce	1 den <sup>*)</sup>
9	Kód okresu	Číselné označení příslušné k názvu okresu	Převzato z LPIS.	1 den <sup>*)</sup>
10	Kód katastru	Číselné označení příslušné k názvu obce (katastr obce)	Převzato z LPIS.	1 den <sup>*)</sup>
11	Plocha	Velikost dílu půdního bloku (DPB) - v hektarech	Vypočteno v prostředí GIS.	1 den <sup>*)</sup>
12	Typ půdy	Typ půdy - 13 různých typů + "ostatní" + "všechny"	Přiřazeno na základě typu půdy z vektorové pedologické mapy 1:50 000 (nutno zakoupit u ČGS), případně 1:250 000 (poskytnuto ČZU).	2 dny <sup>**)</sup>
13	Podtyp půdy	Bližší určení typu půdy; je informativní a do výpočtů nevstupuje	viz. informace k řádce 13.	2 dny <sup>**)</sup>
14	Druh půdy	Druh půdy - 4 druhy + "všechny"	Vytvořeno z informací v BPEJ (nutná ruční editace). K hlavní půdní jednotce (HPJ; 2. a 3. číslice z BPEJ kódu) dle metodiky Janeček a kol. (2012) byl přiřazen druh půdy.	5 dnů
15 - 32	AGRCH	Agrochemické charakteristiky (pH, Cox, Ca, K, Mg, P)	Doplněny hodnoty (průměr, minimum, maximum) pro jednotlivé kultury z databáze ÚKZUZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský), který zpracoval 80 000 vzorků.	2 dny
33 – 35	Teplota	Teplota - z průměrných teplot v období duben-září	Přiřazeno na základě lokality z průměrných hodnot stanovených z dat ČHMÚ (1991-2020) pro jednotlivé kraje.	1 týden / 2 dny <sup>***)</sup>
36 – 38	Srážky	Srážky - z celkových srážek v období duben-září	Přiřazeno na základě lokality z průměrných hodnot stanovených z dat ČHMÚ (1991-2020) pro jednotlivé kraje.	1 týden / 2 dny <sup>***)</sup>
39	Kultura	Typ kultury	Převzato z LPIS.	1 den <sup>*)</sup>
40 – 42	Cs - 137 ve spadu	Cs-137 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline)	Reálná data: z B-spline po havárii. Fiktivní data: upravená data Cs z havárie JE Černobyl .	1 den <sup>*)</sup>
43 – 45	Sr – 90 ve spadu	Sr-90 - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline)	Reálná data: z B-spline po havárii. Fiktivní data: upravená data Cs z havárie JE Černobyl.	1 den <sup>*)</sup>
46 – 48	Pu ve spadu	Pu - Plošná aktivita ve spadu (z B-spline)	Reálná data: z B-spline po havárii. Fiktivní data: Pu - upravená data Cs z havárie JE Černobyl.	1 den <sup>*)</sup>
49 – 51	Rok	Rok stanovení aktivity RN (Cs, Sr, Pu) v půdě konkrétního DPB	Reálná data: z konkrétních odběrů po havárii na konkrétních DPB. Fiktivní data: vyplněno cca 100 DPB s rokem odběru 2021 (havárie datována na rok 2020).	Dle počtu hodnot
52 – 54	Cs – 137 v půdě	Cs-137 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm hloubky - konkrétní DPB	Reálná data: z konkrétních odběrů po havárii na konkrétních DPB. Fiktivní data: vyplněno cca 100 DPB aktivitou 5x nižší než je plošná aktivita ve spadu na témže místě.	Dle počtu hodnot
55 – 57	Sr - 90 V půdě	Sr-90 - Plošná aktivita v půdě do 20 cm hloubky - konkrétní DPB	Reálná data: z konkrétních odběrů po havárii na konkrétních DPB. Fiktivní data: vyplněno cca 100 DPB aktivitou 5x nižší než je plošná aktivita ve spadu na témže místě.	Dle počtu hodnot

RadBio - software	Stránka 78 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

Řádek	Označení parametru	Parametr	Způsob pořízení dat	Časová náročnost
58 – 60	Pu V půdě	Pu - Plošná aktivita v půdě do 20 cm hloubky - konkrétní DPB	Ostrá data: z konkrétních odběrů po havárii na konkrétních DPB. Fiktivní data: vyplněno cca 100 DPB aktivitou 5x nižší než je plošná aktivita ve spadu na témže místě.	Dle počtu hodnot

#### Poznámky

- Reálná data - data sloužící pro řešení skutečné havarijní situace
- \*) 1 den za všechny položky s \*)
- \*\*) 2 dny za všechny položky s \*\*)
- \*\*\*) 1 týden počáteční tvorba datasetu ze syrových dat ČHMÚ / 2 dny při aktualizaci o novější data
- Velikosti políček: do 100 m<sup>2</sup> jsou v databázi tisíce políček - většinou protáhlého tvaru.
- Velký počet políček neměl definován druh půdy; pracovní byl nedefinovaný druh půdy označen jako „E-Všechny“.

## **Příloha 6 - RadBio-JE, příprava fiktivních dat a ukázky vstupů a výstupů**

Jak vstupní mapová vrstva pro výpočty (ať již reálná nebo demo), tak mapová vrstva s výsledky výpočtu jsou standardní vektorové GIS vrstvy a lze s nimi v QGIS plnohodnotně pracovat.

Pro účely testování a zkoušení SW byla vytvořena „demoverzní“ varianta databáze pro SW **RadBio-JE** pro okolí JE. Okolí JE bylo rozděleno na menší počet fiktivních ploch, aby výpočty netrvaly příliš dlouho. Také databáze aktivit v půdě a i hodnoty agrochemických charakteristik jsou fiktivní. Dalším důvodem využití fiktivních dat je to, že data reálných ploch obsahují atributová data pořízená z komerčních zdrojů (jiné zdroje nebyly k dispozici), jejichž licence neumožňuje další šíření.

V průběhu testování SW se ukázalo, že dataset fiktivních políček je ještě příliš velký, a tak byly vytvořeny nové demo datasety. Ty vycházejí opět z reálných hranic katastrů, aby bylo možné použít existující administrativní údaje. V tomto případě bylo rozdělení na fiktivní políčka provedeno zjednodušenou metodou pomocí QGIS pluginu Polygon Divider, který rozdělení provádí za pomoci vodorovných a svislých čar.

### **SW - Příprava fiktivních dat okolí JE – větší varianta**

Databáze okolí ETE obsahuje cca 22 000 políček a databáze okolí EDU cca 10 000 políček

- Byl použit standardní GIS formát OGC GeoPackage ([www.geopackage.org](http://www.geopackage.org)) (jeden soubor - SQLite kontejner - obsahuje vektorové mapové prvky, atributovou tabulku i styl zobrazení vrstvy).
- Rozsah byl zvolen přibližně 20 km kolem ETE, přičemž katastrální území přesahující kruh s poloměrem 20 km byla ponechána vcelku.
- Byl zvolen standardní souřadnicový systém WGS 84 / UTM zone 33N (EPSG:32633) (<https://epsg.io/32633>).
- Pro rozčlenění terénu na „pozemky“ pro testování byly použity hranice katastrálních území a další informace k administrativnímu členění převzaté z RÚIAN (Registr územní identifikace, adres a nemovitostí) poskytovaných bezplatně v rámci Geoportálu ČÚZK, [geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz) (Český úřad zeměměřický a katastrální). V reálném případě však nepůjde o katastrální území, ale o DPB, která nijak nerespektují hranice katastrálních území.
- Pro zjednodušení tvoří zemědělská půda celou plochu zájmového území. Ve skutečnosti DPB budou vyplňovat něco přes 90% plochy kolem JE, protože ne všichni hospodařící subjekty do LPIS poskytují údaje (je to dobrovolné a oni to využívají jen, pokud chtějí získat dotace).

RadBio - software	Stránka 79 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

- Parcely byly generovány s využitím open-source programu QGIS a algoritmů pro tvorbu náhodných bodů v polygonu a Voronoi polygonů, čímž bylo zajištěno, že políčka respektují hranice katastrálních území (pro jednoduchost testování).
- Pro potřeby dalších výpočtů obsahuje databáze **data kontaminace <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr a <sup>240</sup>Pu**.

Pro data kontaminace byl využit upravený (viz níže) soubor dat z reálného vyhodnocení vzorků půd odebraných při podrobném průzkumu v roce 1986, krátce po černobylské havárii, viz

<https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/>.

Bodová data byla zpracována interpolační metodou Multilevel B-Spline v programu SAGA-GIS a hodnoty aktivit v Bq/m<sup>2</sup> přiřazeny jednotlivým políčkům. Pokud dané políčko zahrnovalo více interpolovaných dílů mřížky z B-spline, byla vypočítána střední hodnota daných buněk – použit byl modul Grid Statistics for Polygons

([http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/7.0.0/shapes\\_grid\\_2.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/7.0.0/shapes_grid_2.html)).

Použitá varianta výpočtu "polygon wise (cell area weighted)" bere v úvahu, která z více spline buněk zabírá víc políčka a zohledňuje to ve výpočtu střední hodnoty.

**Úprava souboru černobylských dat byla provedena následovně.**

#### Aktivita ve spadu (z B-spline)

- **Cs:** Průměrné hodnoty aktivity <sup>137</sup>Cs (parametr Cs\_sp\_prum) byly získány ze spline interpolace černobylských dat pomocí SAGA a nástroje Tool Grid Statistics for Polygons ([http://www.saga-gis.org/saga\\_tool\\_doc/7.9.0/shapes\\_grid\\_2.html](http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/7.9.0/shapes_grid_2.html)) a vynásoben hodnotou x1000, aby byly získány "havarijní" hodnoty.
- Minimum Cs: parametr Cs\_sp\_min = Cs\_sp\_prum / 2
- Maximum Cs: parametr Cs\_sp\_max = Cs\_sp\_prum x 2
- Do přenásobení byla zahrnuta "nejistota" ± 20%, která je pro každý RN v daném bodě jiná – jedná se o náhodně generovaný povrch. Takže simulované Cs je sice 1000x vyšší než měřené z černobylských spadů, ale hodnoty nebudou nikdy přesně 1000x vyšší,
- **Sr:** Postup byl stejný jako pro Cs jen s tím rozdílem, že černobylská data pro Cs byla vynásobena hodnotou x100.
- Podobně jako u Cs není ani Sr v každém bodě přesně 100x vyšší.
- **Pu:** Postup byl stejný jako pro Cs jen s tím rozdílem, že černobylská data pro Cs byla vynásobena hodnotou x10.
- V rámci daného konkrétního RN ale platí, že hodnota maxima je přesně dvojnásobek průměru a hodnota minima přesně polovina průměru.

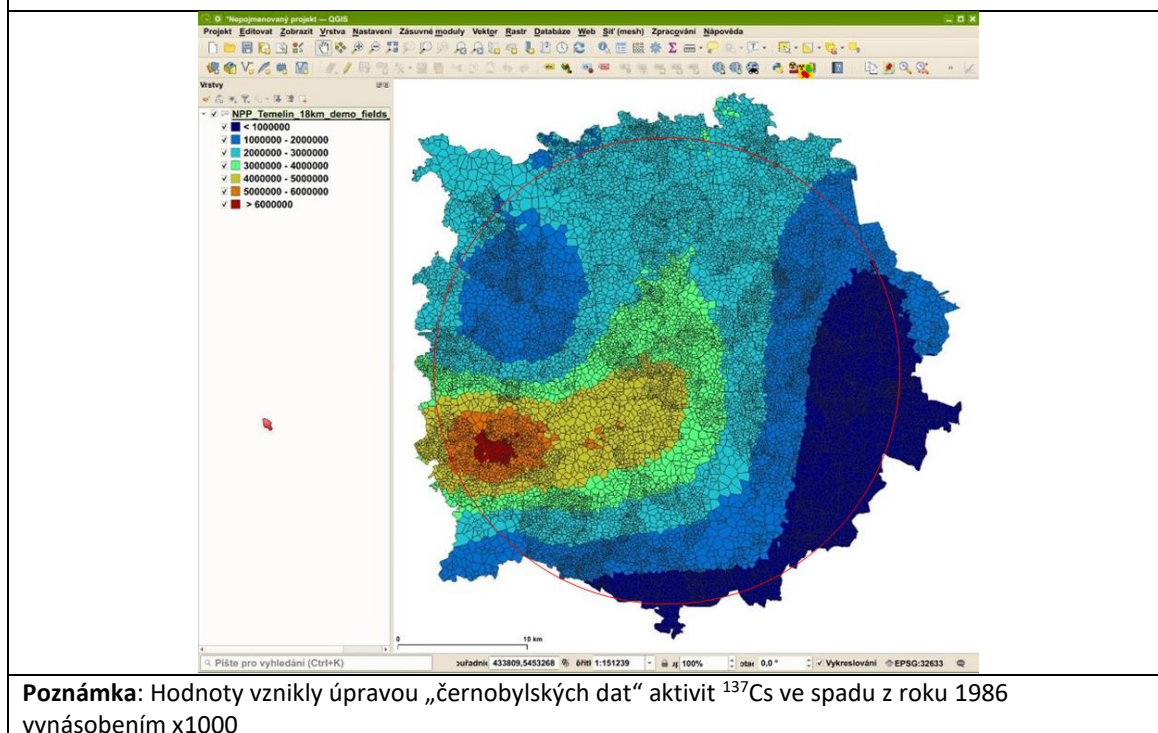
#### Aktivita v půdě

- Bylo vybráno cca 100 pozemků.
- Rok odběru byl zadán 2021.
- Aktivita zadána pro všechny RN 5x nižší pro dané místo než ve spadu (viz výše).

Ukázka rozdělení aktivity <sup>137</sup>Cs na fiktivních pozemcích v okolí ETE je uvedena na [obr. P6.1](#).



**Obr. P6.1** Ukázka rozdělení aktivity  $^{137}\text{Cs}$  na fiktivních pozemcích v okolí ETE

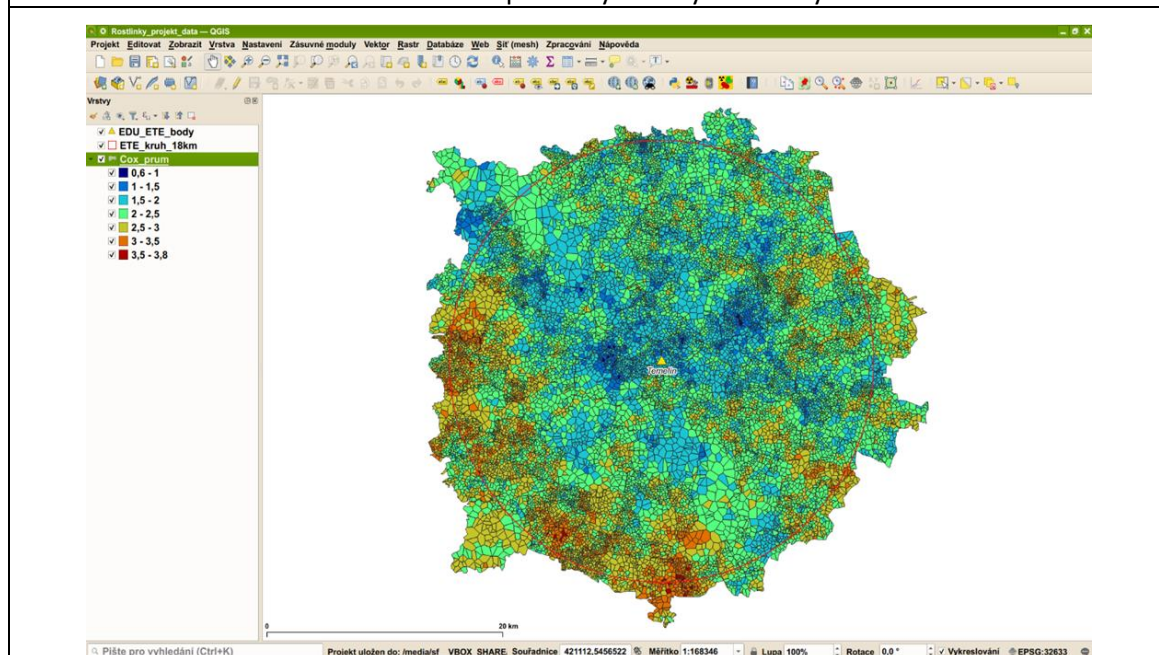


- **Klimatická data.** Srážková i teplotní data byla získána z otevřených dat, která roku 2020 uvolnil ČHMÚ. Atributy byly získané zpracováním denních dat ze stanic ČHMÚ za období 1961-2019 vlastními prostředky - využit byl software R-Project, SAGA GIS a další. Zpracování zahrnovalo interpolaci metodou Multilevel B-Spline a dávkové zpracování dat v SAGA GIS, další výpočty pak byly již provedeny v tabulkovém procesoru LibreOffice Calc (podrobnosti zpracování jsou uvedeny v předchozí části textu týkající se vrstvy reálných zemědělských ploch). Takto získaná data lze dále zpracovávat i poskytovat dalším uživatelům software při dodržení podmínek využití (budou součástí distribučního balíčku).
- **Fiktivní data typů a druhů půd, agrochemické charakteristiky.** Neexistují žádná volně dostupná a šiřitelná data tohoto typu a v patřičném rozlišení / formátu, a proto byla vytvořena fiktivní data, a aby bylo dosaženo co nejvíce reálně vypadajícího rozložení, byl použit program SAGA-GIS a algoritmus Fractal Brownian Noise (FBN), který generuje náhodné povrchy s hodnotami dat v zadaném rozsahu.

Protože FBN algoritmus umožňuje generovat náhodný povrch dle zadaného rozsahu hodnot, bylo takto možné vytvořit vrstvy jednotlivých agrochemických charakteristik (PH, obsahy vápníku, draslíku atd. a tyto hodnoty následně přiřadit jednotlivým políčkům. Přiřazením určitého počtu kategorií hodnotám FBN dat pak umožnilo vytvořit například fiktivní mapu půdních druhů, typů a kultur obsahující všechny uvažované varianty a mapu obsahu uhlíku (Cox); ukázka je na [obr.P6.2](#).



**Obr. P6.2** Ukázka okolí ETE s fiktivními pozemky s různými obsahy Cox



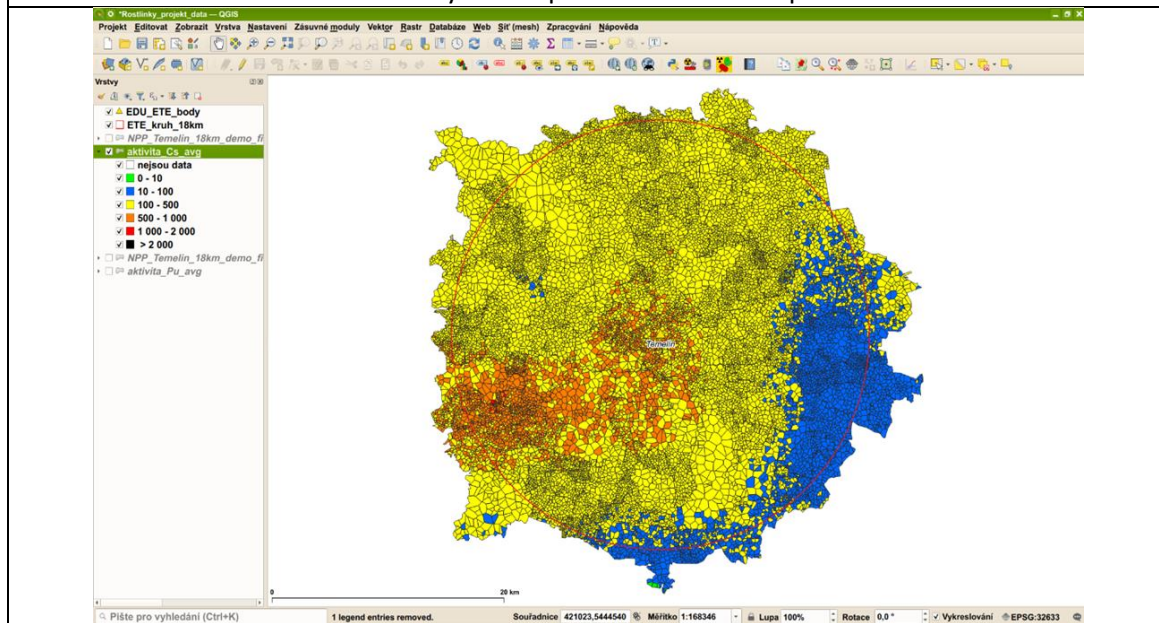
Výstupem RadBio-JE jsou mapy a tabulka se vstupními a výstupními hodnotami.

**Atributová tabulka.** Otevření atributové tabulky lze provést tlačítkem „F6“.

**Export vstupních a výstupních hodnot.** Export hodnot do Excel se provede následovně: myší najet na popis vrstvy (vlevo nahoře) -> pravé tlačítko myši -> Export -> Ulož prvky jako... -> Formát - Sešit MS Office Open XML (XLSX), Název souboru – zadat jméno -> Ok (uloží se na plochu).

Na [obr. P6.3](#) je uvedena ukázka výstupní mapy okolí ETE s aktivitou  $^{137}\text{Cs}$  v pšenici při použití vstupních aktivit z [obr. P6.1](#).

**Obr. P6.3** Ukázka rozdělení aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v pšenici na fiktivních pozemcích v okolí ETE



**Poznámka:** Jako vstupní hodnoty aktivity v půdě byly použity hodnoty z [obr. P6.1](#).

RadBio - software	Stránka 82 / 82
SW pro predikci kontaminace rostlin na území zasaženém jadernou havárií	

### SW - Příprava fiktivních dat okolí JE - menší varianta

Databáze okolí ETE obsahuje 360 políček a databáze okolí EDU 521 políček.

Data pro klimatické parametry i radionuklidy byla jednotlivým plochám přiřazena totožným způsobem jako předchozímu demo datasetu - klimatické parametry vycházejí z otevřených dat ČHMÚ, radionuklidová jsou pak odvozená z černobylské kontaminace.

S ohledem na malý počet ploch byl zjednodušen výpočet agrochemických charakteristik a přiřazení dalších zemědělských parametrů; toto bylo provedeno v tabulkovém procesoru LibreOffice Calc s využitím vestavěných funkcí.

Zatímco klimatické i radionuklidové charakteristiky by měly v obou sadách demo dat mít v daném místě srovnatelné hodnoty, agrochemické a zemědělské atributy byly vygenerovány pro druhou sadu demo dat odlišným způsobem tak, aby bylo zachováno víceméně plné pokrytí rozsahu hodnot agrochemických charakteristik i všech typů půd a kultur pro zájmovou oblast. Z hlediska použití toto není na překážku; sady demo dat nejsou spolu nijak propojeny ani není potřeba žádné vzájemné porovnávání výstupů.

Ukázka členění okolí JE na pozemky v menší variantě fiktivních dat se zobrazením aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v půdě (metoda B-spline) je uvedena na [obr. P6.4](#).

**Obr. P6.4** Ukázka rozdělení aktivity  $^{137}\text{Cs}$  na fiktivních pozemcích v okolí ETE (vlevo) a EDU (vpravo)

