



Co říkají bioindikátory o vlivu provozu jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí?

Lenka Thinová

Lenka Dragounová

Jaroslav Klusoň

*Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření ČVUT v
Praze*

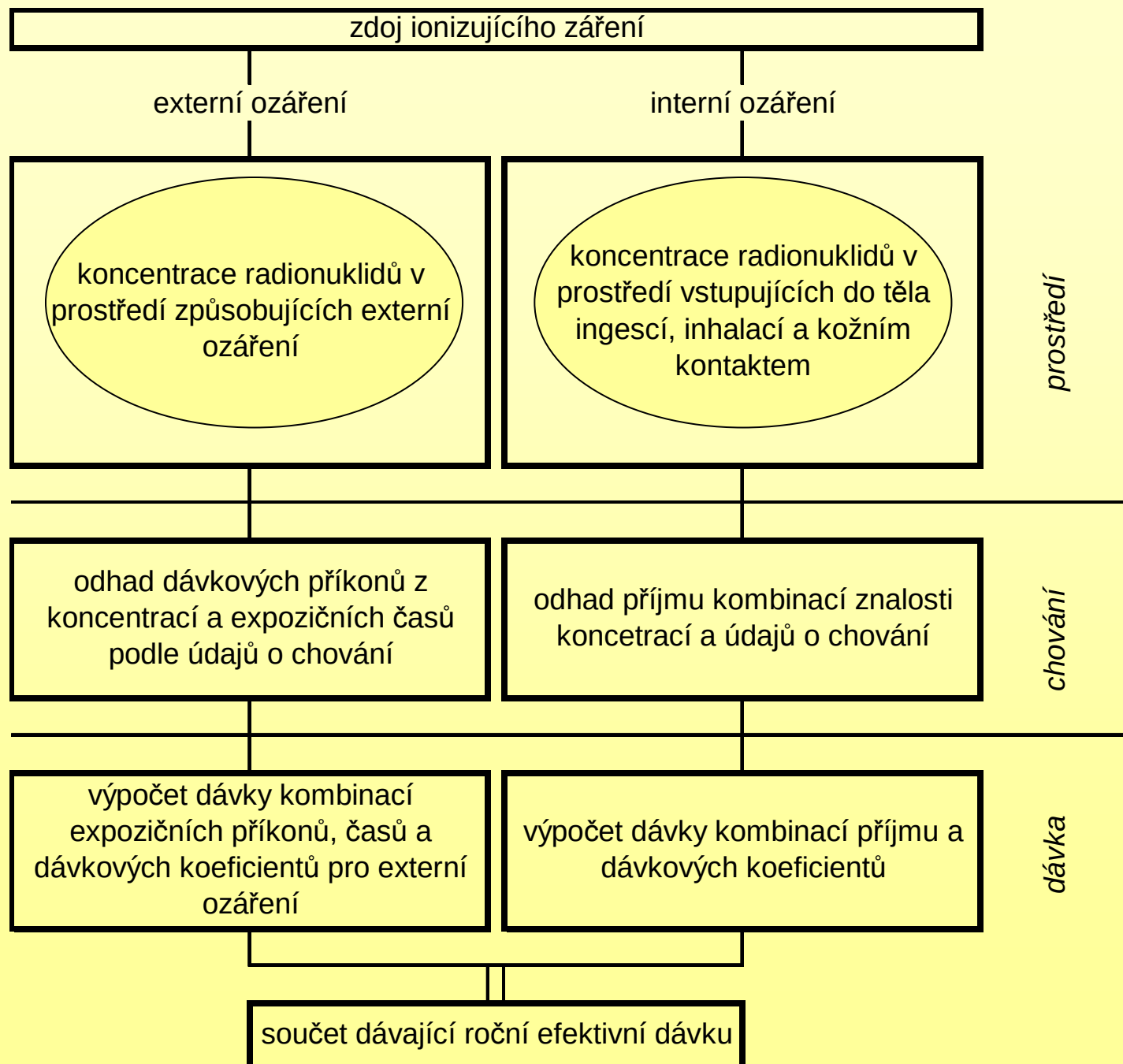
A o tom to je...

V roce 2001 došlo k jednání mezi ČR a Rakouskem v Melku. Součástí uzavřeného protokolu bylo i 21 opatření, které se zavázala česká strana splnit. Předepsáno bylo mimo jiné i monitorování složek životního prostředí a v bodě 15 je přímo požadováno

„Nadále zajišťovat sledování kumulace radionuklidů v biologickém materiálu – mechorosty, lesní hrabanka a borová kůra, a zachovat monitoring radionuklidů v rybách“ .

MŽP

- Interakce mezi člověkem a ŽP
 - Poznávání procesů a vztahů
 - Analýza stavu
 - Koncepce ochrany
 - **Dlouhodobé koncepce** (trendová analýza)
 - Multidisciplinární
 - Oddělení kontaminace od terestriálních radionuklidů (^{14}C , ^3H , ^{222}Rn +dcery, ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{238}U)



Příspěvek k dávce

- Nutriční analogy
 - Ca : ^{45}Ca , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{140}Ba , ^{226}Ra
 - K : ^{40}K , ^{86}Rb , ^{137}Cs
 - H : ^3H
 - nejsou nutričními analogy ^{85}Kr , ^{95}Zr , ^{144}Ce , ^{106}Ru
- Příspěvek k dávce - výpustě
 - Celé tělo (ingescí) ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{65}Zn
 - Celé tělo (vnější oz.) ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{144}Ce , ^{51}Cr , ^{125}Sb , ^{106}Ru (sedimenty)
 - Zažívací trakt ^{60}Co , ^{54}Mn
 - Kostí ^{32}P , ^{89}Sr , ^{239}Pu
 - Kostní buňky ^{90}Sr
 - Štítná žláza ^{129}I , ^{131}I
- Akumulace (metabolismus, fyziologie, vlastnosti povrchu organismu ovlivňují příjem, vstřebávání, tkáňovou distribuci a záchyt radionuklidu)
- Efektivní poločas

Šíření radionuklidů v ŽP

Zdroje:

- Palivo
 - Kvalita inženýrských bariér, kvalita paliva, transport, skladování, trvalé uložení
 - Únik plynů a aerosolů do atmosféry
 - Šíření kapalných výpustí ve vodních cestách
- Přepřacování
 - ^{85}Kr , ^9H , ^{129}I , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , těkavé izotopy Ru, Pu a aktinidy
- Incident – druh a rozsah
 - Trvalý únik malého množství (radionuklidy s delším poločasem)
 - Jednorázový únik většího množství (i krátkodobé r.)

Šíření :difúze, rozptyl, akumulace, pokles se vzdáleností, formy radionuklidů

(počasí resp. srážky, sezóna, charakter zasažených oblastí, směr větru, spodní vody, v místě havárie převažuje suchý spad-hojně větší pevné horké částice se sníženým obsahem těkavých radionuklidů, snížená migrace radionuklidů tj. jejich dostupnost roste s časem)

Půda

- Půdní mapy
- Statistika
- Hloubka odběru 10-30 cm
- Sondovací zařízení
- Různé metodiky
- Hlavním médiem přenosu atmosféra a hydrosféra
- Adsorpce závisí na fyzikálně-chemické formě a vlastnostech kontaminantu (nepřímá úměra s kyselostí a slaností půdy, kationty pomaleji)

Bioindikátory

- Předpoklady
- Reprezentativnost
- Nerovnoměrné rozložení kontaminantů
- Organismy nebo jejich části
- Potravní řetězce, heterotrofní organismy
- Vhodný obalový materiál
- Spolupráce s odborníky

Výběr a odběr bioindikátoru

- kritéria pro výběr bioindikátoru
 - vybereme takový bioindikátor, u kterého je možné prokázat roční přírůstek
 - kritériem při výběru může být ingesce bioindikátoru
 - dostatečné množství
 - zhruba rovnoměrné rozšíření
 - snadná dostupnost vybraného bioindikátoru v širším okolí
- pravidla pro odběr
 - reprezentativní
 - homogenní
 - nekontaminovaný nebo jinak změněný odběrem vzorků a přepravou
 - stanovení polohy GPS

Monitorování kontaminace in situ

- **odběr vzorků-proces**
 - plán odběru
 - dokumentace
 - transport
 - úprava před analýzou
 - analýza
 - chyba analýzy
 - archivace
- **odběr vzorků-metodika**
 - lokalizace odběru
 - frekvence odběru
 - typ vzorku charakterizující kontaminaci
 - typ analýzy-metody
 - reprezentativnost
 - reprodukovatelnost
 - chyba odběru

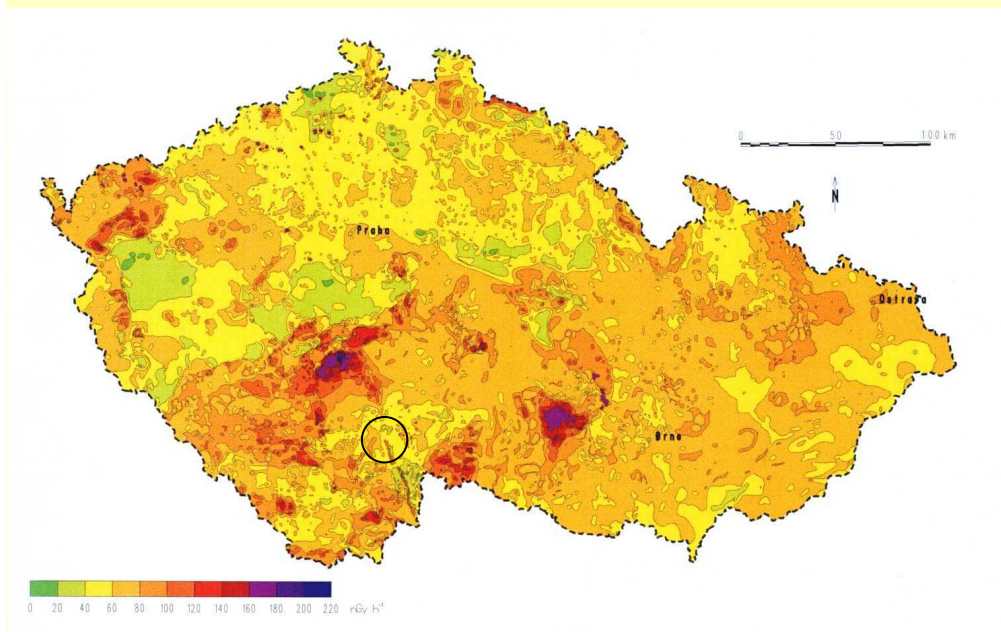
Názvy monitorovaných bodů

Body ležící na 8 profilech paprskovitě se rozbíhajících z místa JETE do vzdálenosti 20 km

(měřící body jsou vzdáleny 2-5-10-20 km od elektrárny, vzdálenost 20 km je považována za referenční bod přirozeného radiačního pozadí).

1	Týn nad Vltavou, U Píchů	16	Těšínov, Chocholouš
2	Jarošovice, Širočiny	17	Milenovice
3	Bechyně, Marunka	18	Pivkovice, Hrad
4	Březí, Velký les	19	Temelín, U Sýkorů
5	Hněvkovice	20	Všeteč
6	Horní Kněžeklady	21	Paseky
7	Borkovice	22	Ptačkovna u Písku
8	Nová Ves, Pakostov	23	Nad Hromadou
9	Zahájí	24	U Myšáků
10	Dasný, Borek	25	Doubrava, Kamenný vrch
11	Kočín, Pod Dubencem	26	Bernartice
12	Strachovice	27	Coufalka
13	Malovičky	28	Purkrabec
14	Netolice	29	Lhotice
15	Lhota Pod Horami		

Lokalizace



50 – 60 nGy/h

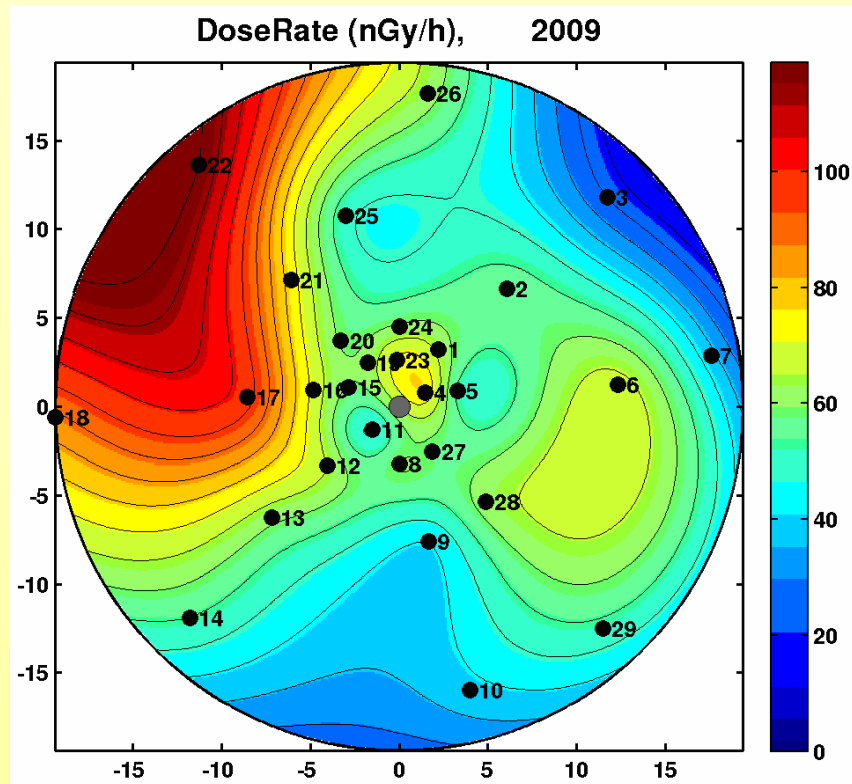
0,31 – 0,37 mSv/rok

60 – 90 nGy/h

0,37 – 0,55 mSv/rok

Lze porovnat s extrémní radioaktivitou regionálních geologických těles na území ČR: pro radioaktivitu durbachitů středočeského plutonu v oblasti Milevska dosahuje dávkový příkon záření gama 200 nGy/h a odpovídající roční efektivní dávka je 1,23 mSv, pro nízkoradioaktivní metabazity mariánskolázeňského komplexu o hodnotách do 20 nGy/h je odpovídající roční efektivní dávka 0,12 mSv.

Příspěvek hornin



Bechyňská Smoleč – Marunka

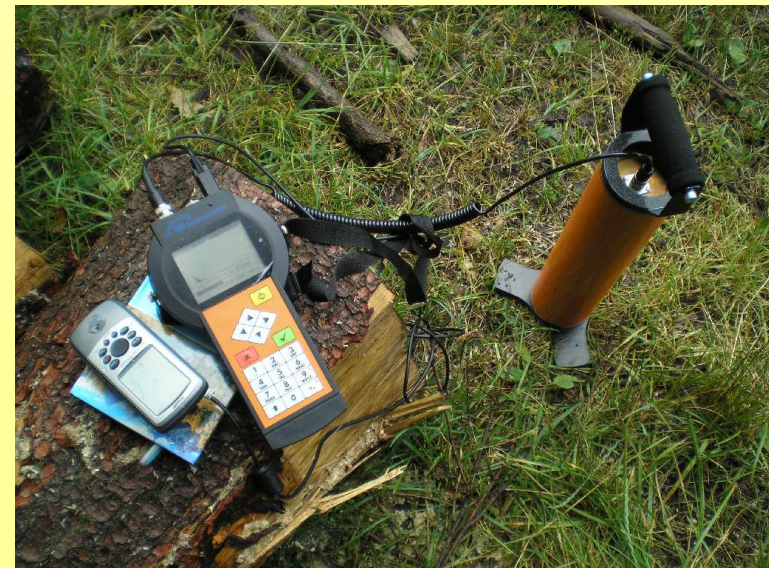
Mezozoikum – křída

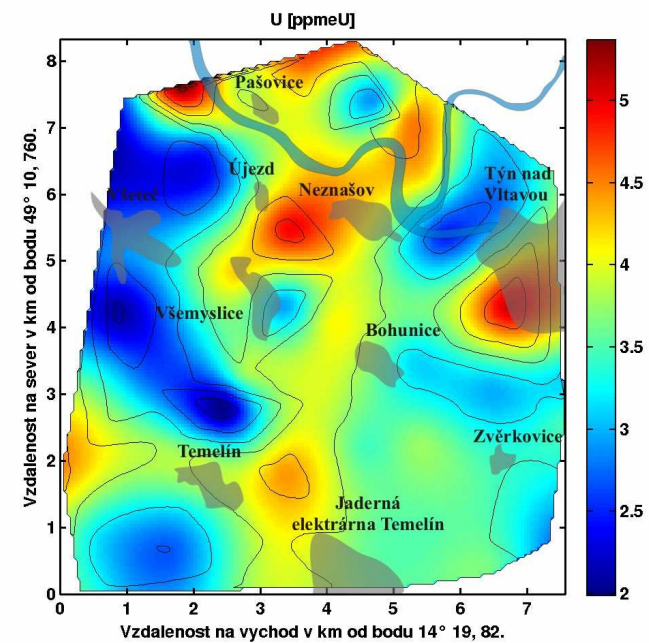
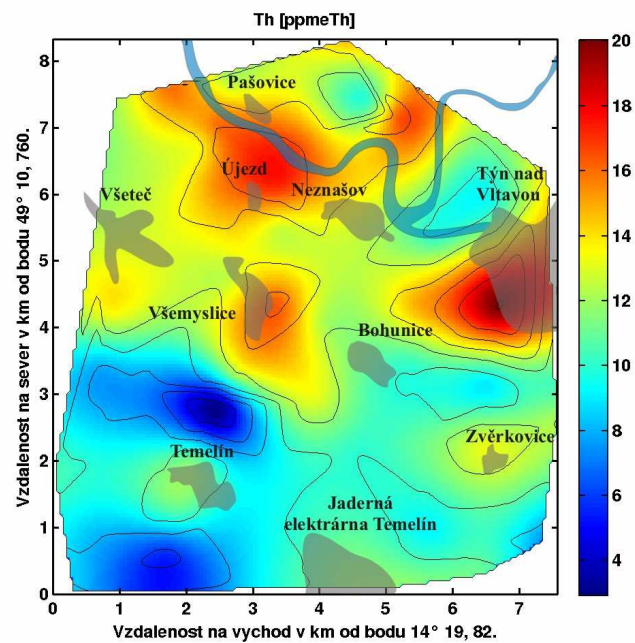
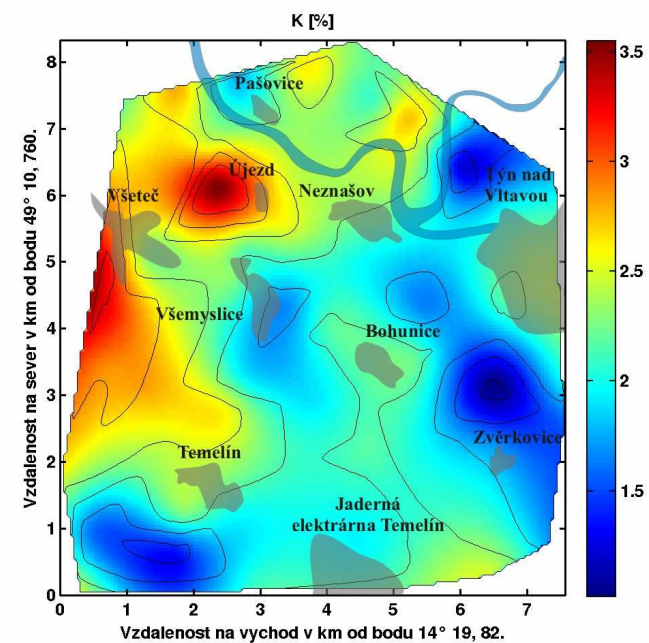
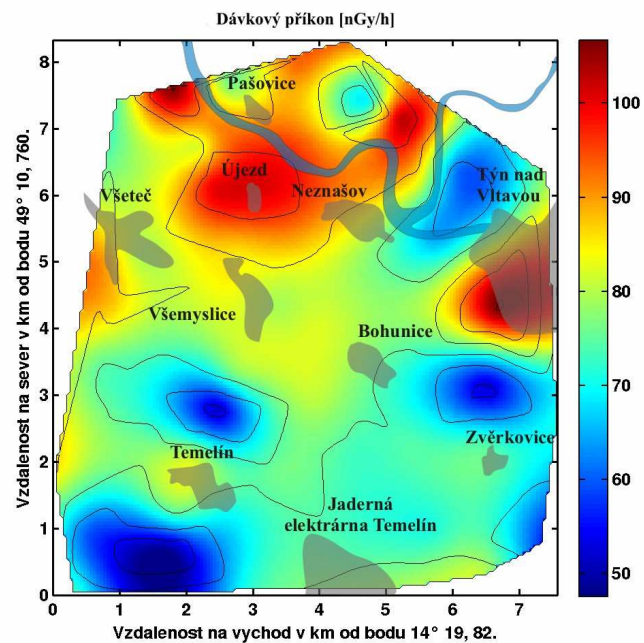
Pískovce, slepence, jílovce a
prachovce

Pivkovice –

Moldanubikum Českého lesa
Migmatity

Pararuly a migmatity





Monitorování životního prostředí v okolí JE Temelín – laboratorní gama spektrometrie

- Odebírané vzorky bioty:
 - vnější kůra *Pinus sylvestris* (2x) 1x ročně
 - Mech *Pleurozium schreberi* (2x) 1x ročně
 - Lesní humus (2x) 1x ročně
 - Lesní plody sezónně
 - Hřib hnědý *Xerocomus badius* a koš hub sezónně
 - Do roku 2006 cca 220 vzorků
 - Nyní cca 150 vzorků



Stanovované veličiny

- Hmotnostní aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v mechu** –
 - *trávník Šreberův (2000-2011)*
- Hmotnostní aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v kůře borovic**
 - *(2000-2011)*
- Hmotnostní aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v lesním humusu** –
 - *horizont A litter (2000-2011)*
- Hmotnostní aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v lesním humusu** –
 - *horizont B fermenton (2000-2011)*
- Plošná aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v lesním humusu**
(2001-2011)
- Hmotnostní aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v borůvkách**
(2000-2011)
- Hmotnostní aktivita ^{137}Cs (Bq/kg) **v houbách** (2000-2011)

Laboratorní gama spektrometrie

HPGe detektor

**Zdroj, ADC a
analýzátor firmy
Canberra**

**Předzesilovač firmy
Ortec**

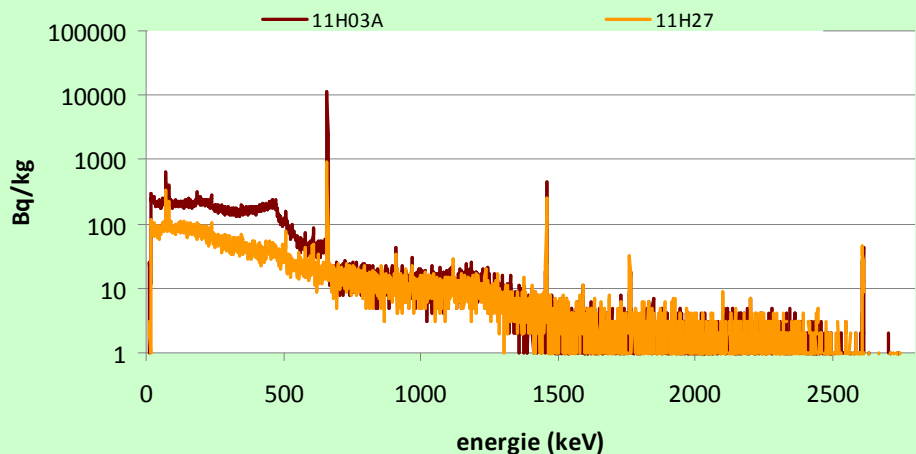
**Geometrie
Marinelliho nádob
velikosti 0,6 l a 0,28 l**

**Doba měření 14 –
50tis sekund**



Úvazek efektivní dávky po konzumaci sušených hub dané hmotnostní aktivity ^{137}Cs (μSv)

Spektra z laboratorní spektrometrie gama 2011 - vzorek hub -
bod 03 Marunka 2000 Bq/kg, bod 27 Coufalka 429 Bq/kg



Zpracování:

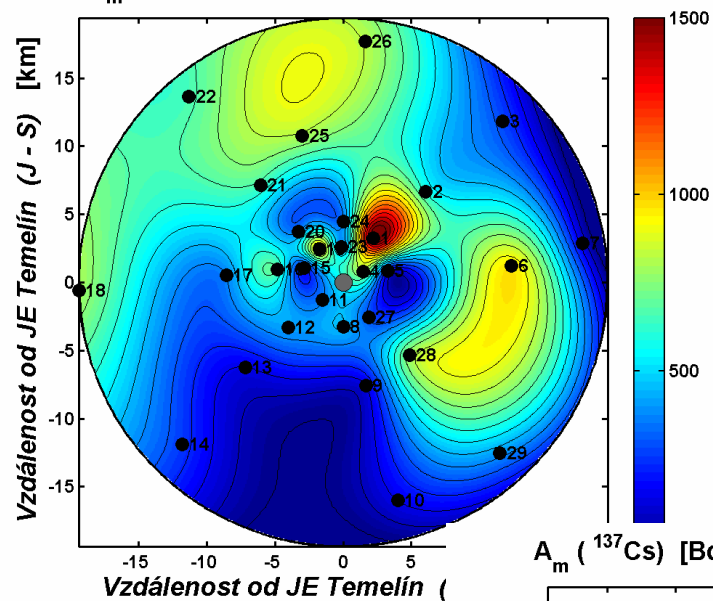
SW Genie2000

Korekce na hustotu

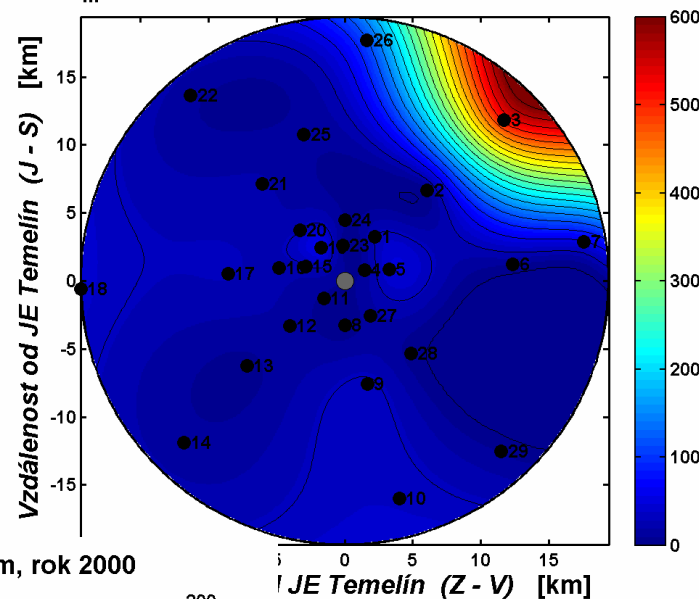
Bq/kg	1 kg	0,5 kg	0,1 kg
100	1	1	0
200	3	1	0
500	7	3	1
1000	13	7	1
1500	20	10	2
2000	26	13	3
2500	33	16	3
3000	39	20	4
4000	52	26	5
5000	65	33	7

ROK 2000

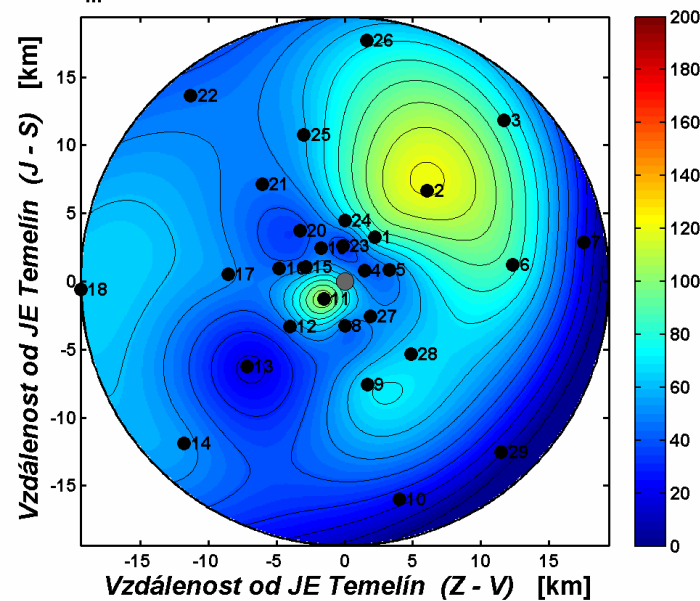
$A_m (^{137}\text{Cs})$ [Bq·kg⁻¹]. Humus-B, rok 2000



$A_m (^{137}\text{Cs})$ [Bq·kg⁻¹]. Mech-podzim, rok 2000

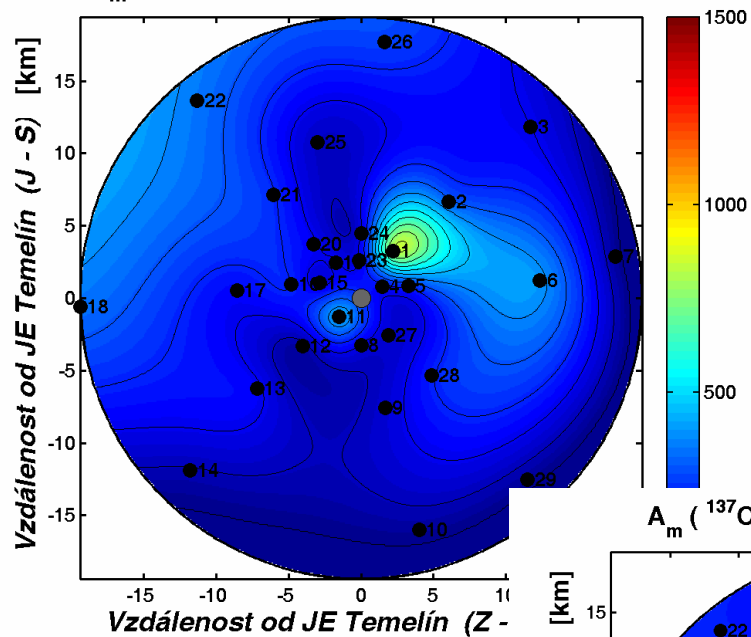


$A_m (^{137}\text{Cs})$ [Bq·kg⁻¹]. Kura-podzim, rok 2000

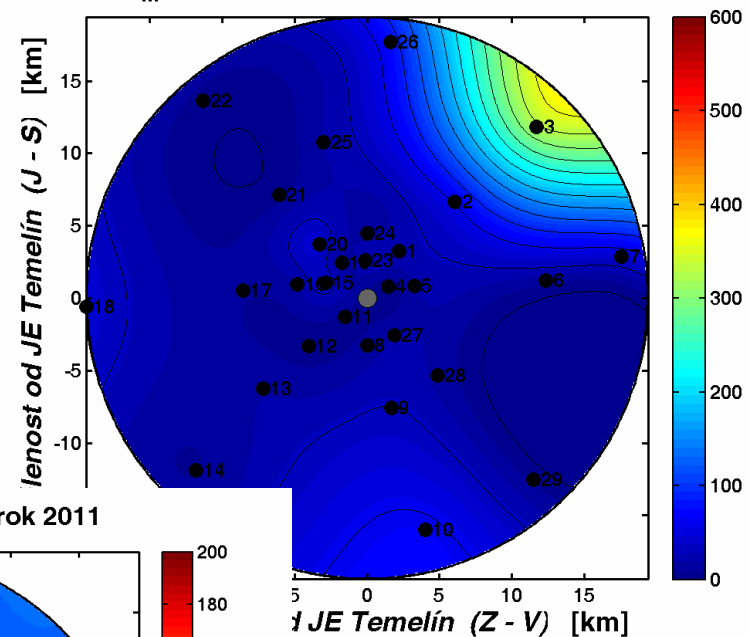


Rok 2011

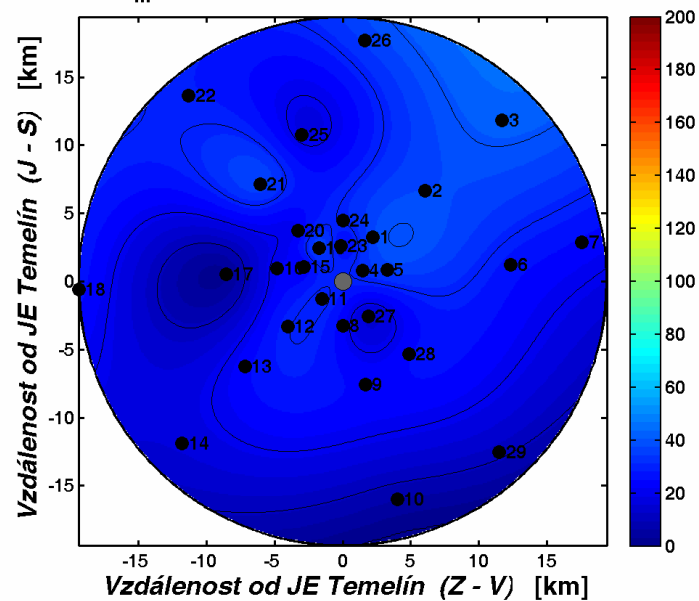
$A_m (^{137}\text{Cs}) [\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}]$. Humus-B, rok 2011



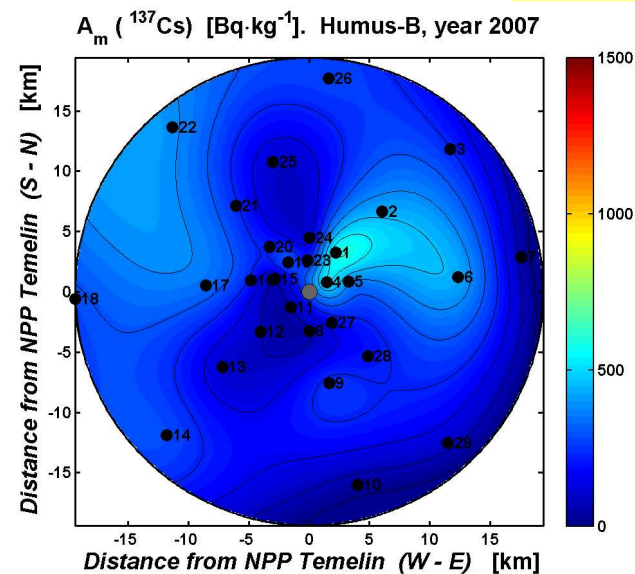
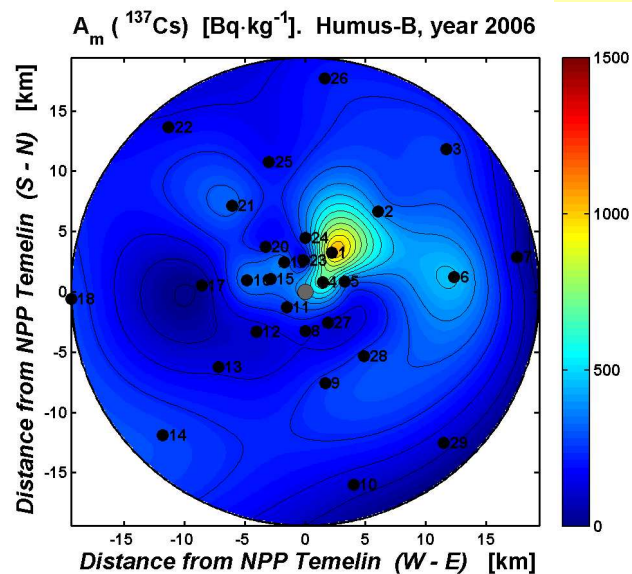
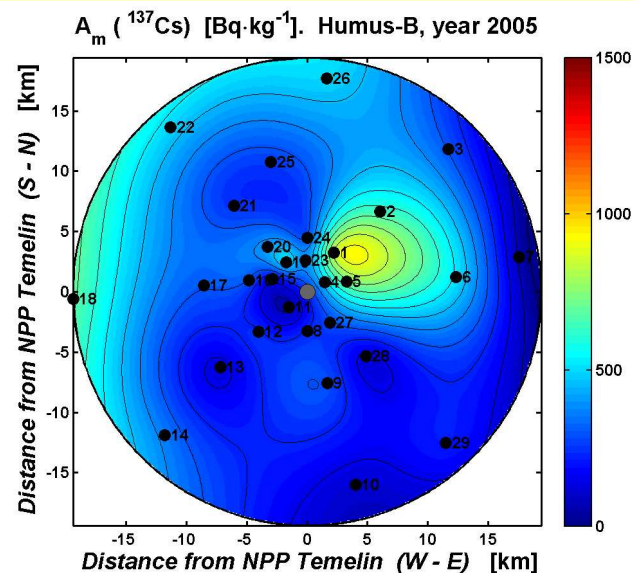
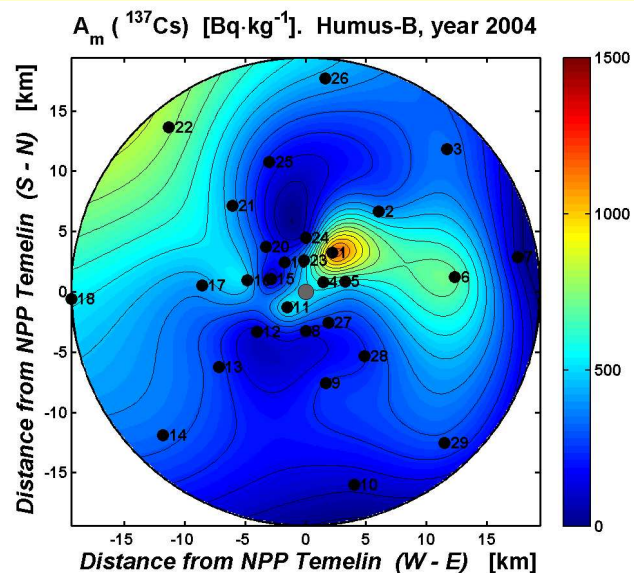
$A_m (^{137}\text{Cs}) [\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}]$. Mech, rok 2011



$A_m (^{137}\text{Cs}) [\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}]$. Kura, rok 2011



Efektivní poločas izotopu ^{137}Cs



Efektivní poločas izotopu ^{137}Cs

Efektivní poločas pro všechny měřené body za dobu sledování 12 let:

Medián 8,96 let

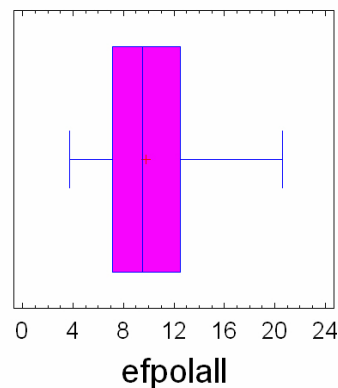
Průměr 9,55 let

Doba sledování 8 let:

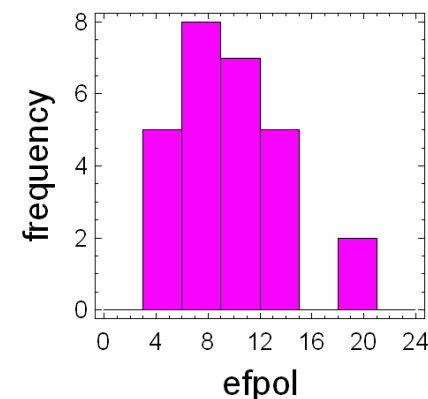
Albertov: 6 let

Temelín: 6 let

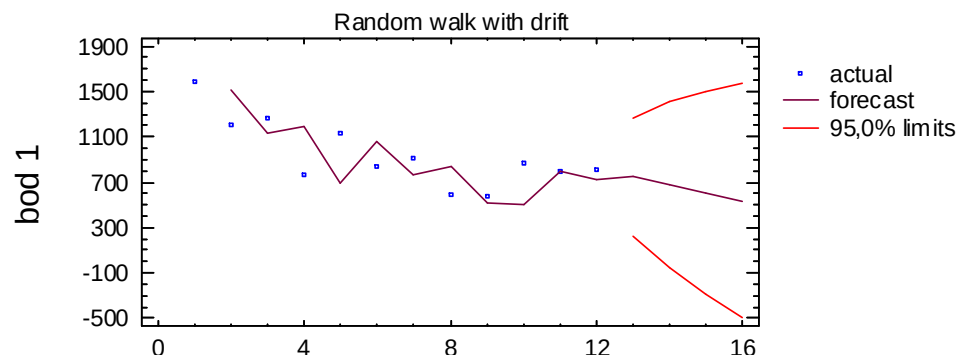
Box-and-Whisker Plot



Histogram

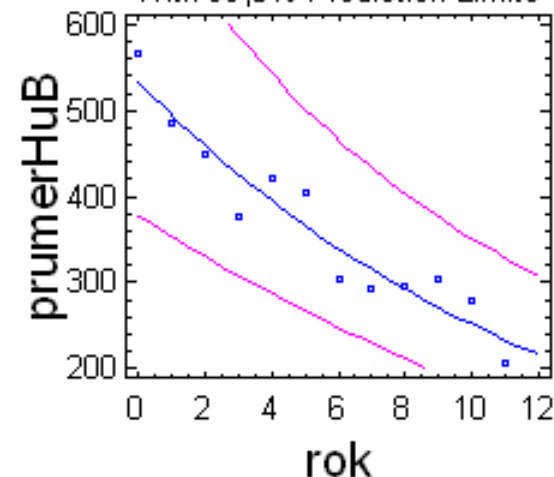


Time Sequence Plot for bod 1



Plot of Fitted Model

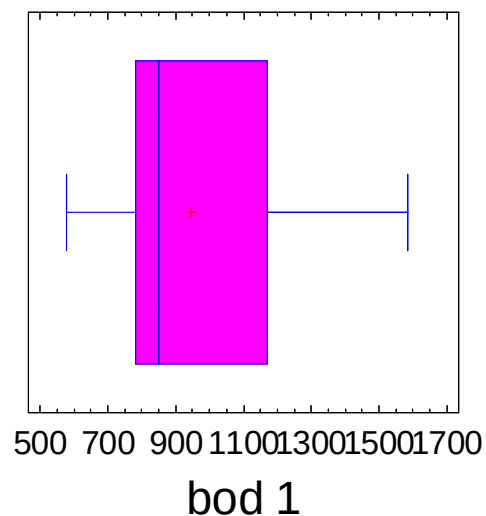
With 99,0% Prediction Limits



Příklad výsledků měření na bodě 1 – u Píchů

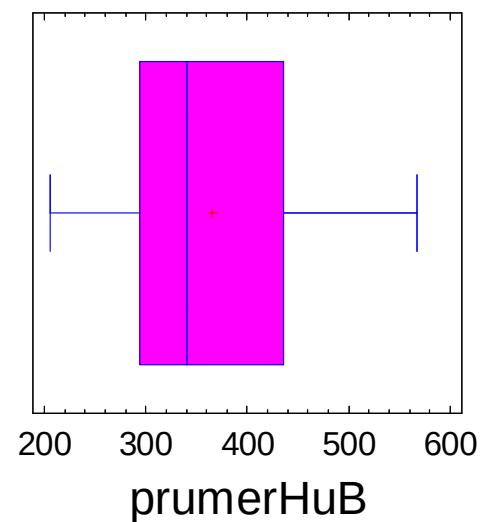
Box diagram pro
aktivity v jednotlivých
letech na bodě 1 –
odlehle hodnoty
nenalezeny

Box-and-Whisker Plot



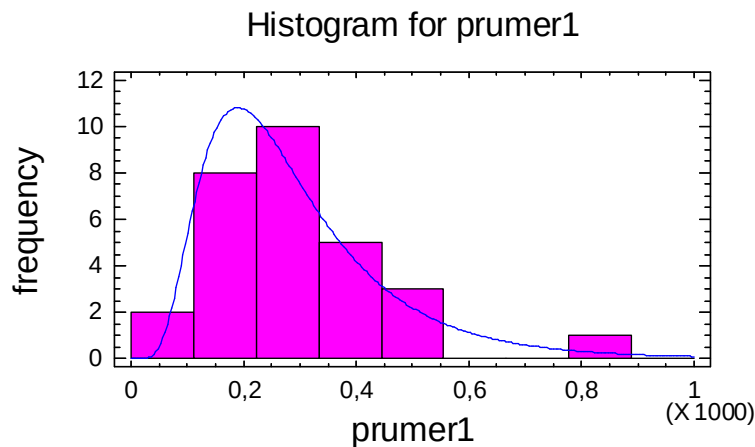
Box diagram pro
průměry v jednotlivých
bodech pro všechny
roky – odlehle hodnoty
nenalezeny

Box-and-Whisker Plot



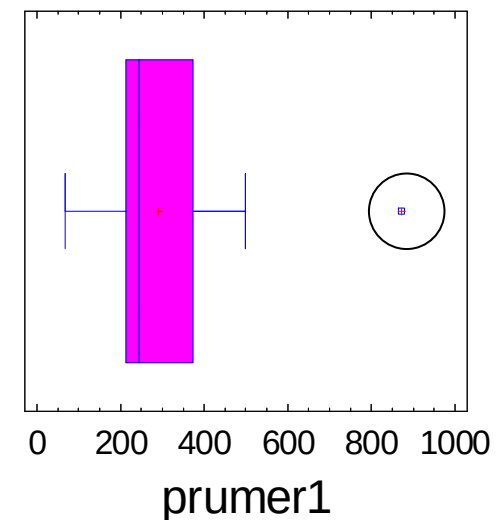
Příklad výsledků měření na bodě 1 – u Píchů

Histogram průměrů
aktivit jednotlivých
bodech, počet tříd 9,
lognormální rozdělení



Box diagram pro průměry aktivit
v jednotlivých letech ve všech
bodech – nalezení odlehlé hodnoty v
bodě 1

Box-and-Whisker Plot

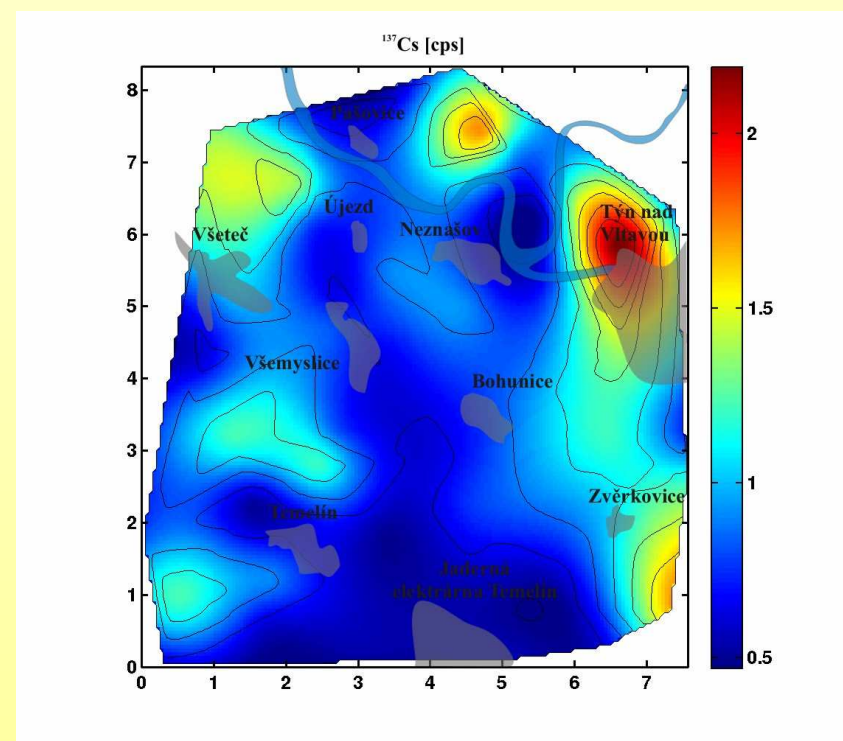
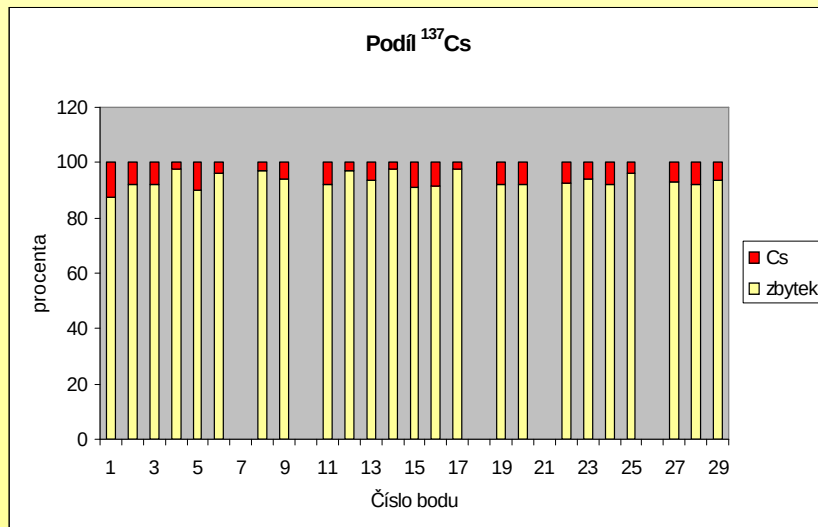


Podíl ^{137}Cs na celkovém příkonu kermy (gama spektrometrie in situ)

Scintilační spektrometr

MCA μ NOMAD EG &G Ortec

Výška 1m



Scintilační spektrometr

Gamma Surveyor

Povrch

Trendová analýza

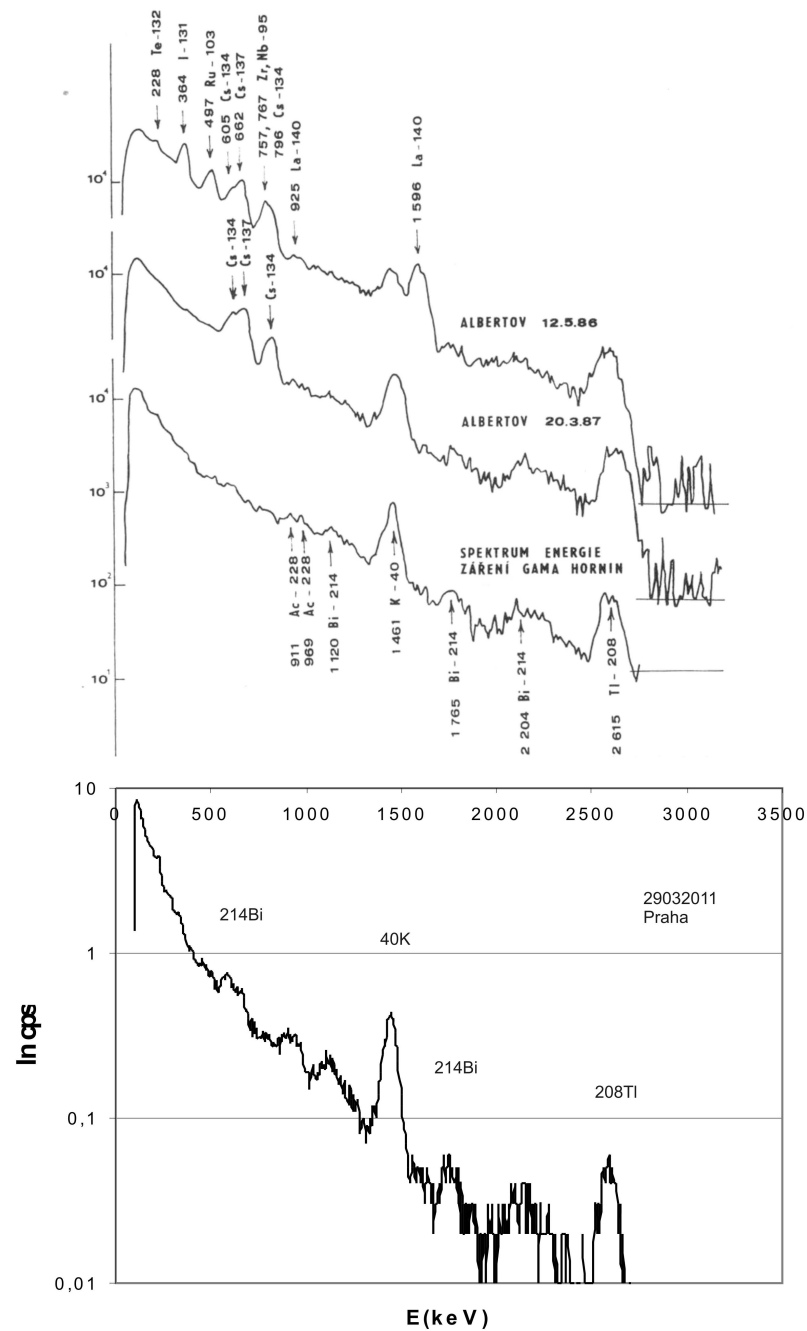
- Vychází z dat laboratorní spektrometrie gama
- Jsou studovány dva modely možného incidentu:
- ***První* : případ jednorázového většího úniku**
- ***Druhý* : případ dlouhodobého stálého menšího úniku**
způsobeného nepřetržitým únikem a depozicí
především dlouhodobých radionuklidů
- Testování hypotéz, výběr kritéria každoročně

Tabulka výsledků trendové analýzy

Rok	litter humus	fermenton humus	mech - jaro	mech - podzim	kůra - jaro	kůra - podzim
2002	3	--	3	10	17	--
2003	--	--	--	8; 23; 29	--	--
2004	--	14	15	20;23	17;23	--
2005	14	14	1	14	--	10
2006	--	--	4;15	--	--	--
2007	--	--	-x	--	-x	--
2008	--	--	x	--	x	--
2009	-	-	x	-	x	-
2010	-	-	x	-	x	-
2011	-	-	x	-	x	-

Monitorování životního prostředí v okolí JE Temelín – gama spektrometrie in situ

- stanovení příkonu kermy ve vzduchu (přímým měřením a výpočtem ze spektrometrických dat),
- měření fotonových spekter scintilačním spektrometrem
- V sérii měření z roku 2010 pak byla provedena na všech měřících bodech i srovnávací nespektrometrická měření pomocí přenosného monitoru RadEye PRD, firmy Thermo Electron
- Současná série měření byla doplněna srovnávacím měřením pomocí přenosného spektrometru InSpector 1000 firmy Canberra ve verzi se sondou IPROS-2 (s detektorem NaI(Tl) Ø 2"x2").
- Od roku 2000 s periodou 2 roky + rok 2011



Albertov –
neobdělávaná
půda
1986,1987,pozadí

Nábřeží
Rudolfinum –
neobdělávaná
půda
Březen 2011

Dozimetrické a spektrometrické charakteristiky fotonových polí



Scintilační spektrometr

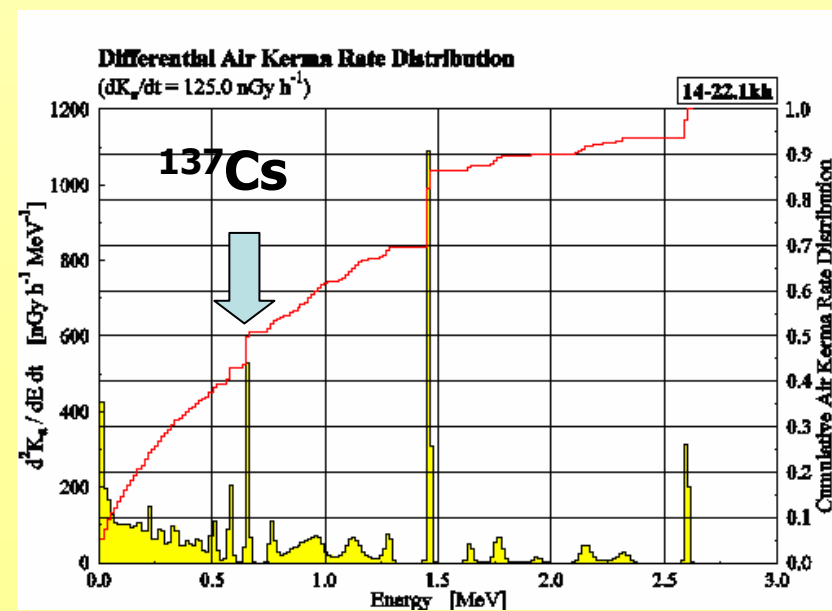
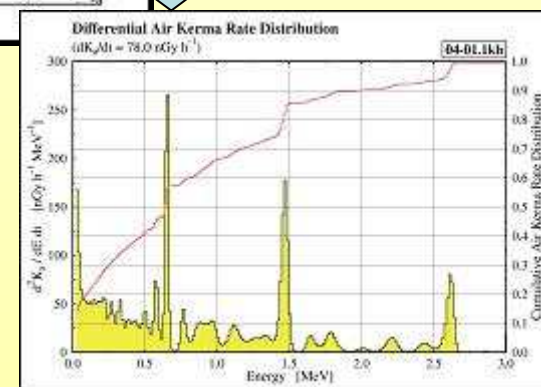
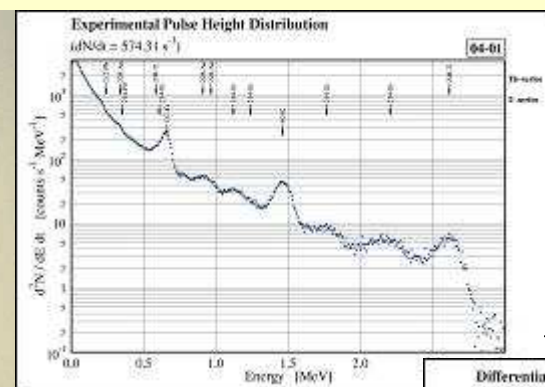
MCA μ NOMAD EG &G Ortec



Tesla NB 3201

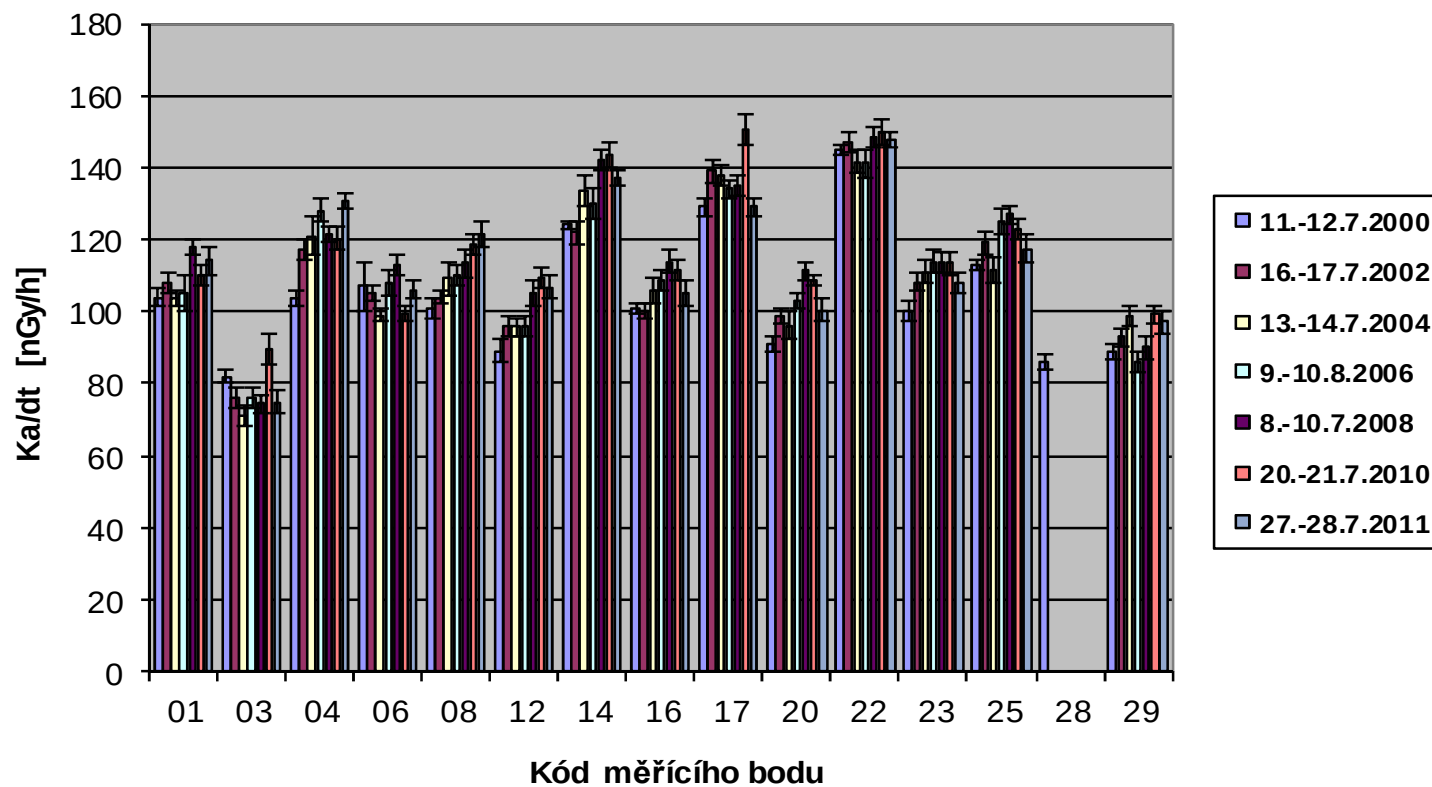


Příspěvek
jednotlivých
radionuklidů k
dávkovému
příkonu



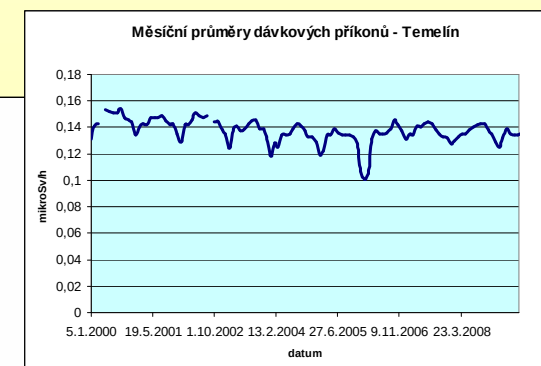
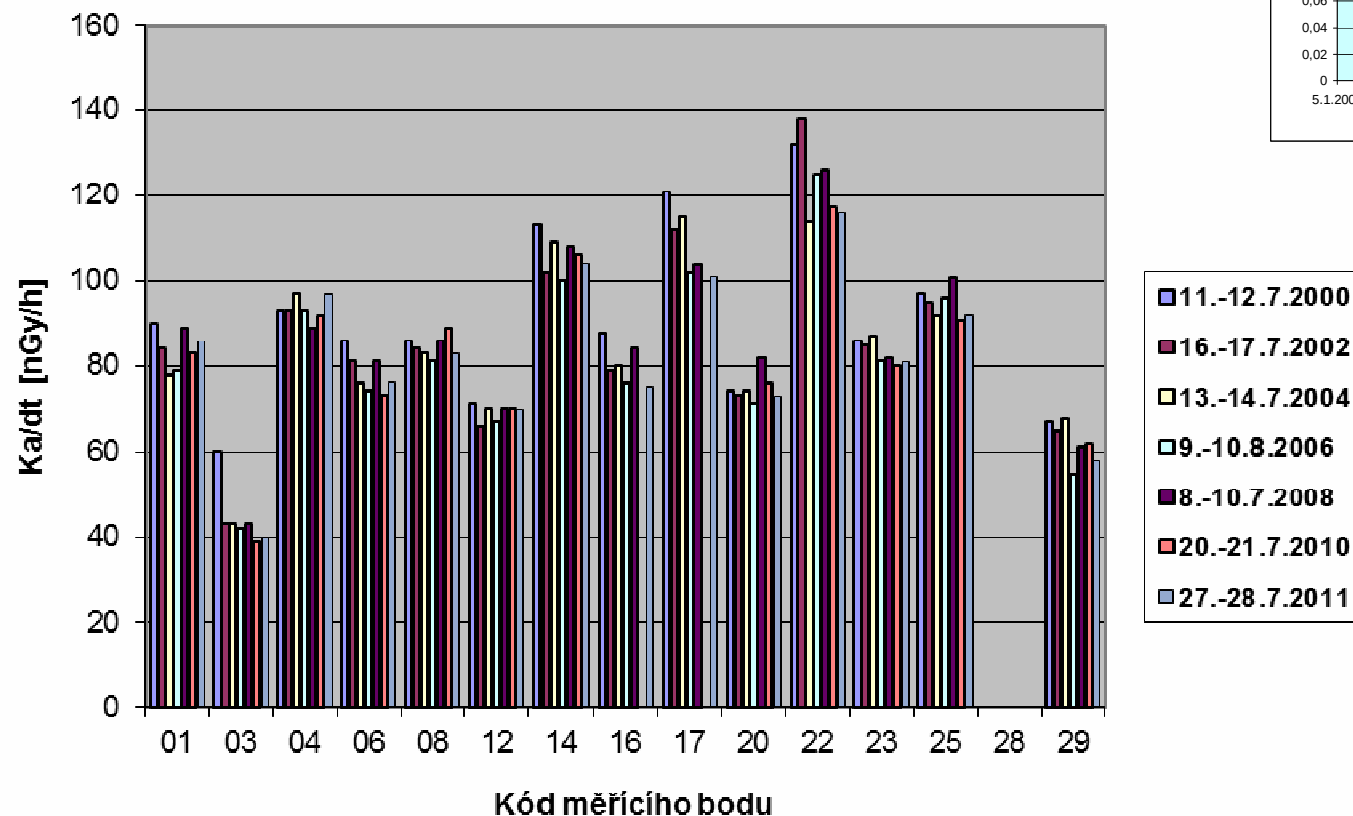
Příkon kermy ve vybraných bodech během 12-ti let provozu JETE

*Srovnání výsledků měření pozadí (přístroj Tesla NB 3201) ve vybraných
měřicích bodech k 11.-12.7.2000, 16.-17.7.2002, 13.-14.7.2004, 9.-10.8.2006,
8.-10.7.2008, 20.-21.7.2010 a 27.-28.7.2011*



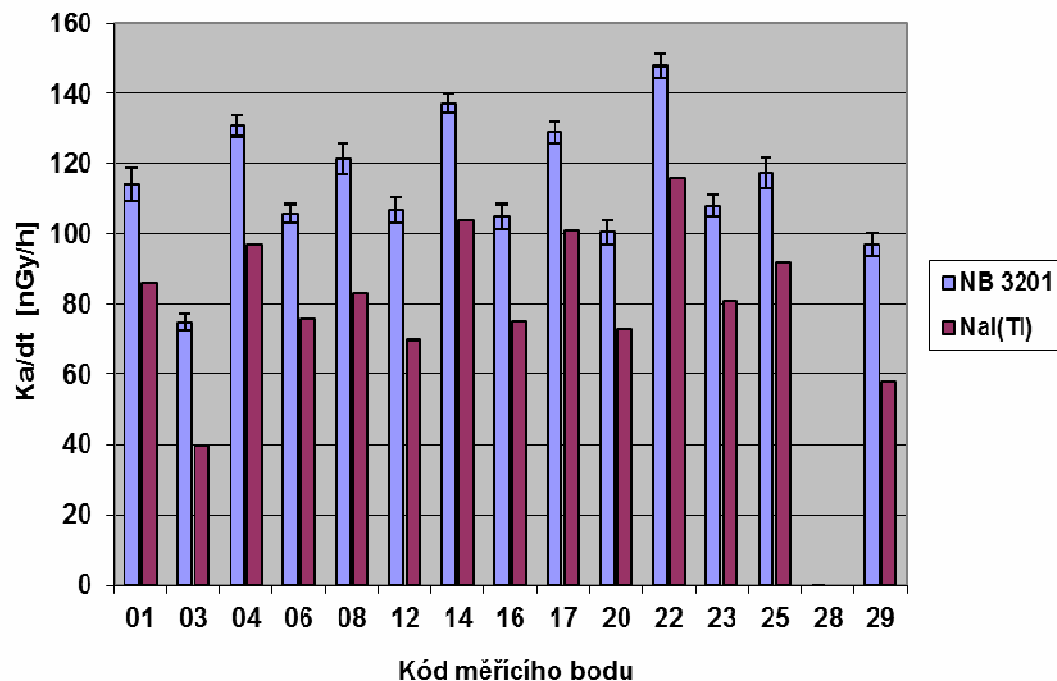
Příkon kermy ve vybraných bodech během 12-ti let provozu JETE

*Srovnání výsledků měření pozadí (spektrometr NaI(Tl) 3"x3") ve vybraných
měřících bodech k 11.-12.7.2000, 16.-17.7.2002, 13.-14.7.2004, 9.-10.8.2006,
8.-10.7.2008, 20.-21.7.2010 a 27.-28.7.2011*



Pozadí ve vybraných bodech během 12-ti let provozu JETE - porovnání

Pozadí ve vybraných měřících bodech k 27.-28.7.2011



Studentské práce



Vybrané lokality

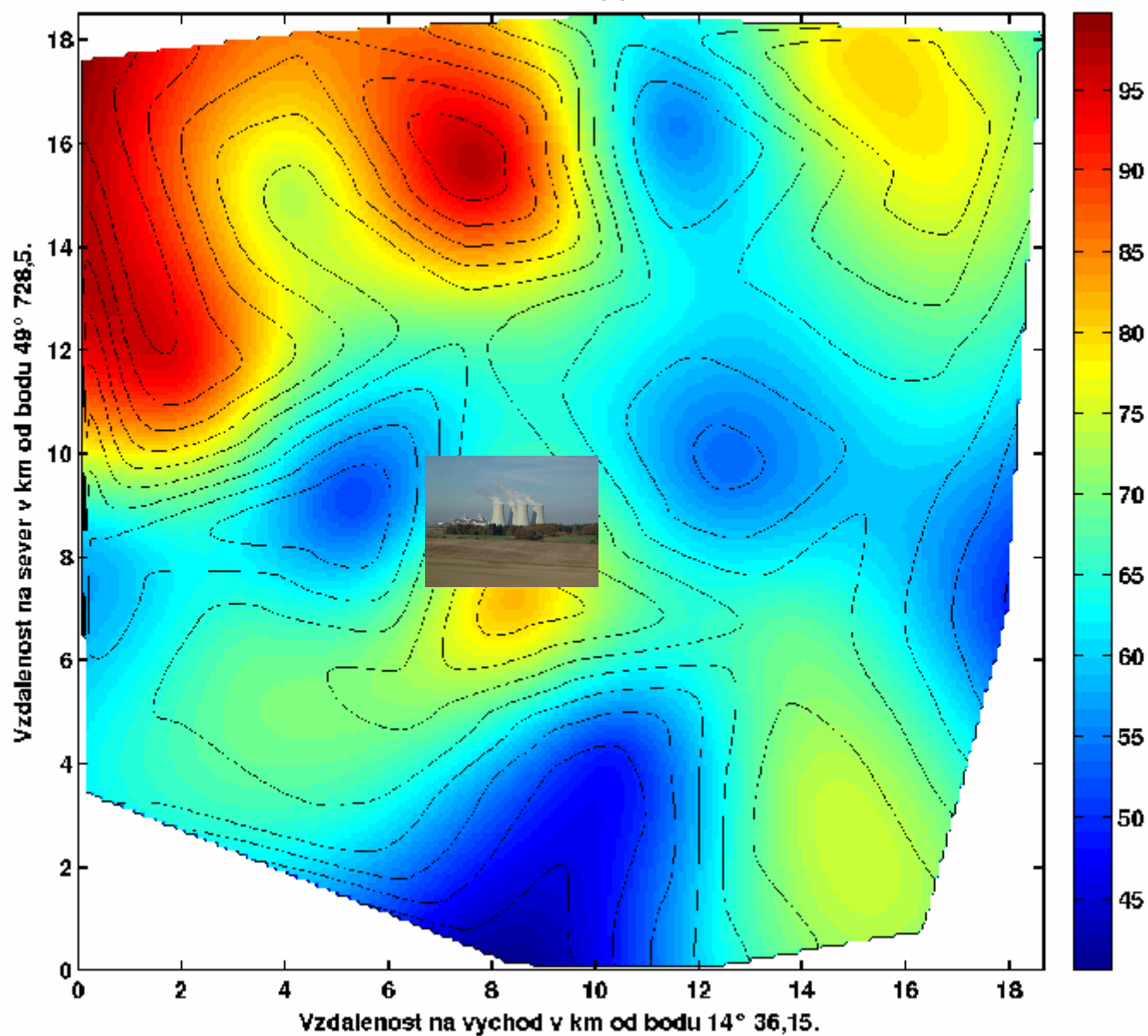
Okolí JE Temelín

Okolí TE Ledvice

Okolí teplárny Třebíč



Lokalita: Temelín, Davkový příkon, rok: 2011

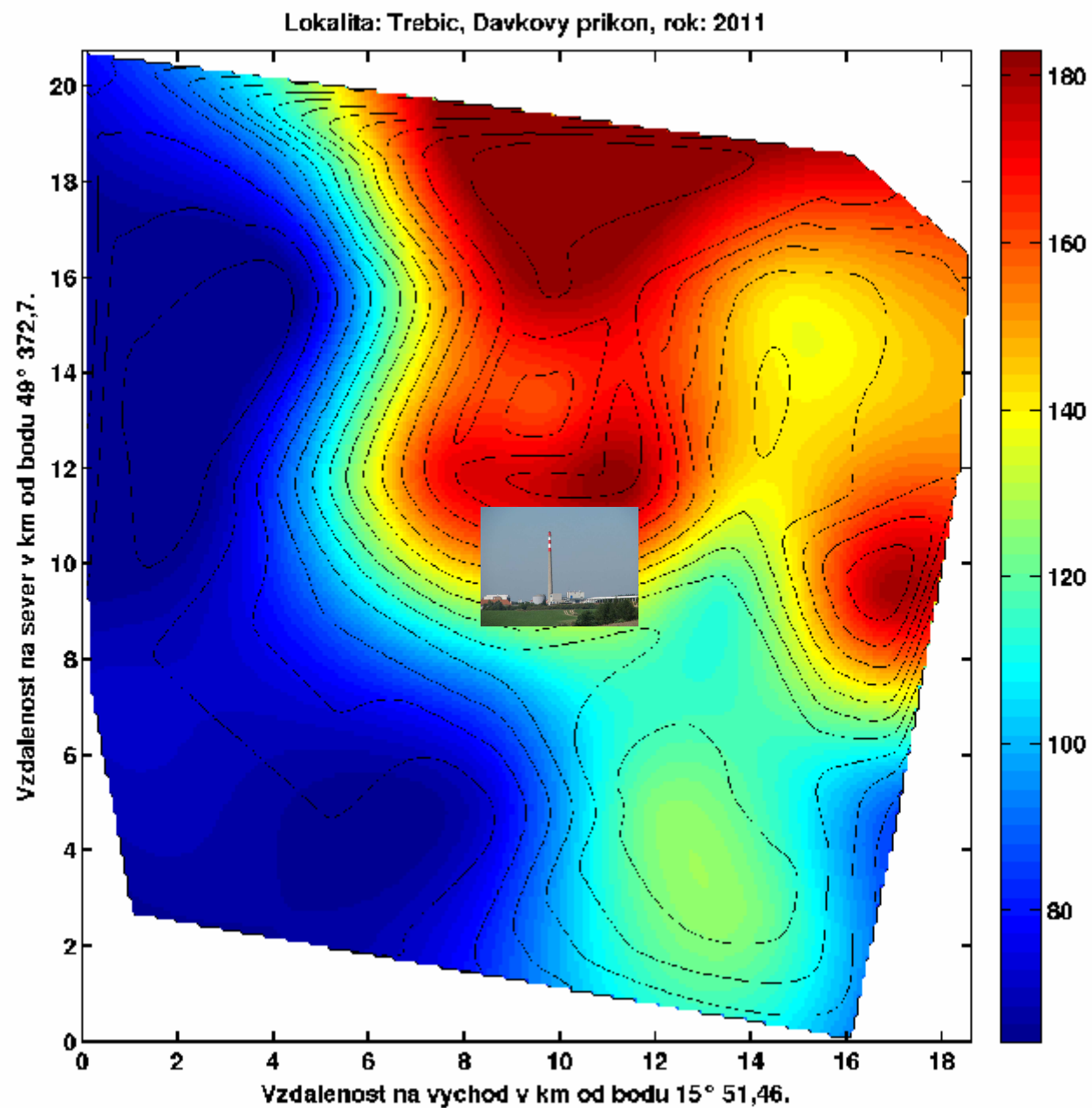


Okolí JE Temelín

průměrně
0,43mSv

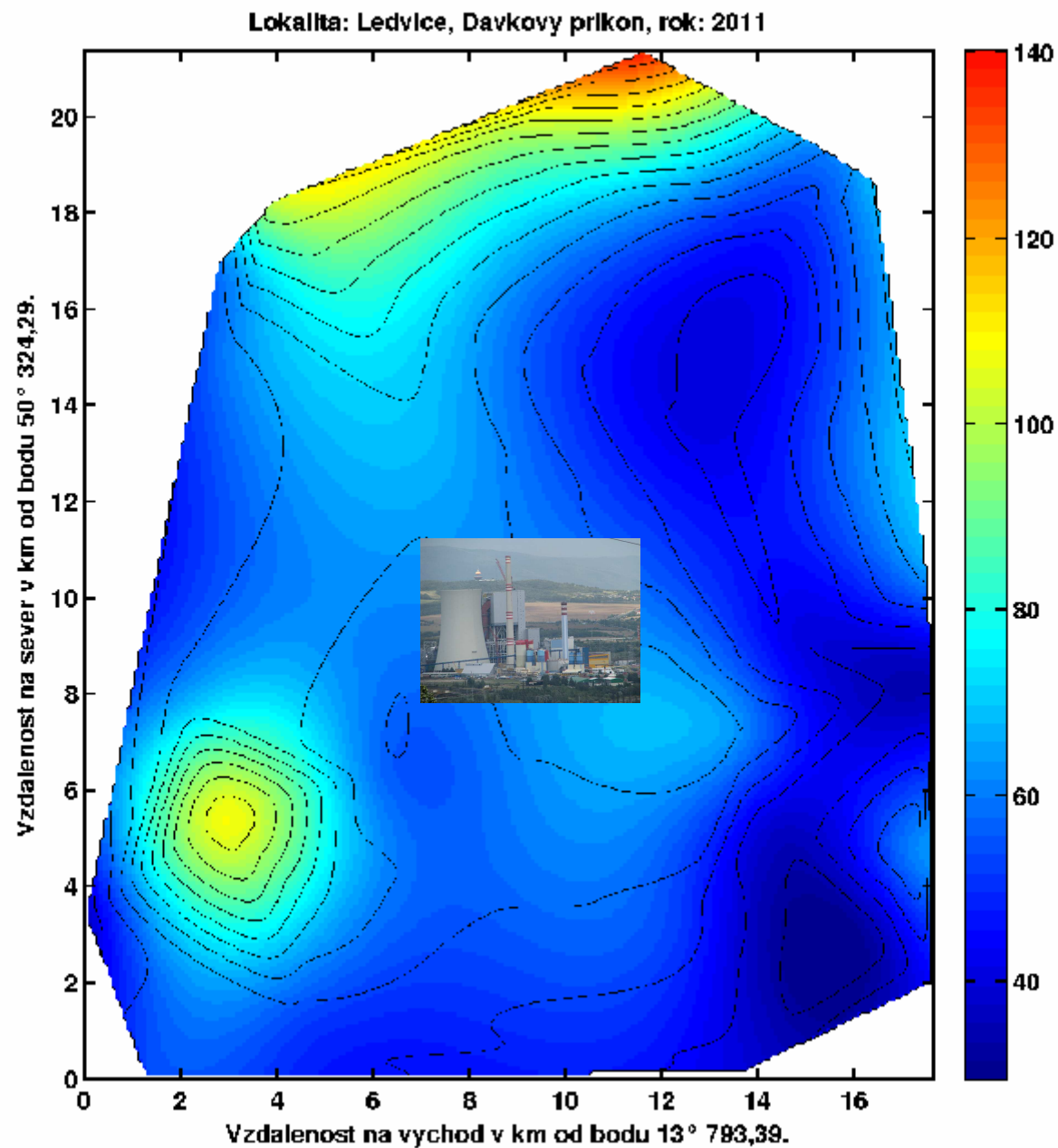
granitoidy
středočeského
plutonu a migmatity
ortorulového
vzhledu

-metabazity



Okolí
teplárny
Třebíč
průměrně
0,72 mSv

-granity
-pararuly



Okolí TE Ledvice

průměrně
0,37 mSv

- ortoruly
- bazalty
(fonolity) a
rekultivační
navážky

Děkuji za pozornost

