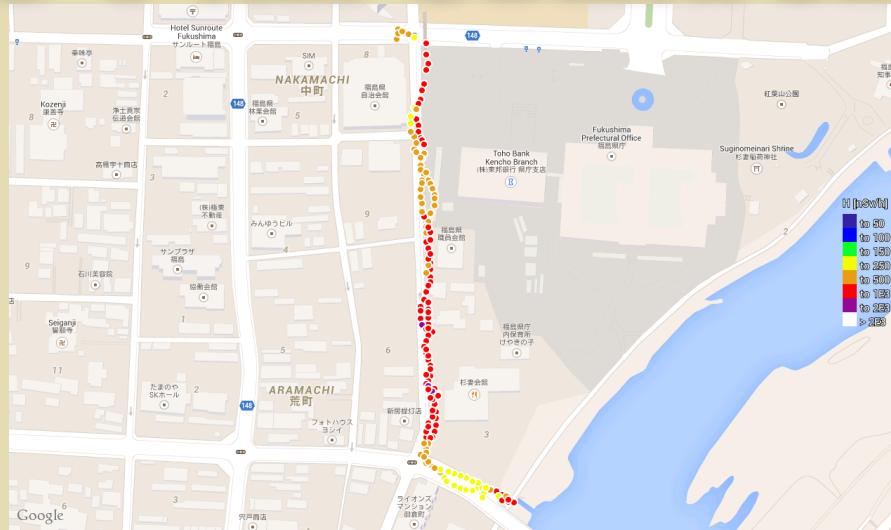


NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU V REPUBLIKI SLOVENIJI



ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY MONITORING IN REPUBLIC OF SLOVENIA

dr. Benjamin Zorko

Institut "Jožef Stefan", Jamova cesta 39, Ljubljana, Slovenija

✗ Uvod

- + (sevalni) monitoring (nadzor) radioaktivnosti okolja: splošno, načrt
- + Monitoring radioaktivnosti okolja v Sloveniji: zakonodaja, izvajalci

✗ Izvedba monitoringa radioaktivnosti okolja (IJS) – pooblaščeni izvajalec (obratovalni monitoring v okolini NEK)

- + Vzorčevanje
- + Priprava vzorcev
- + Analitske metode

✗ Ocena vplivov (Evalvacija)

- + Ocena efektivne doze po posameznem mediju prenosnih poti

✗ Zaključek

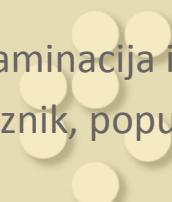


MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA - SPLOŠNO

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

✗ Kaj je (sevalni) monitoring (nadzor) radioaktivnosti okolja in zakaj se izvaja?

- + Omogoča spremljanje radioaktivnosti v okolju (globalno (testni poskusi, Černobil, itd.), lokalno onesnaženje zaradi uporabe virov ionizirajočega sevanja (jedrski in sevalni objekti), naravna radioaktivnost, tehnološko povišana radioaktivnost)
- + Izredni dogodek: nenadno povišanje radioaktivnosti, nesreča, itd.: zagotavlja podatke za pravočasno izvajanje zaščitnih ukrepov; zagotavljanje pripravljenosti (mreža za zgodnje opozarjenje)
- + Obseg (nadzora) monitoringa radioaktivnosti okolja mora biti sorazmeren z značilnostmi vira ("source term"), pričakovanimi izpusti radioaktivnih snovi in sestavo radionuklidov v izpustih, upoštevajoč njihovo pomembnost pri različnih poteh izpostavljenosti, oziroma prenosni poteh:
 - ✗ Vzorčevanje
 - ✗ Merske metode (radioaktivna kontaminacija in zunanje sevanje)
 - ✗ Ocena vplivov (na človeka (posameznik, populacija), floro in fauno, okolje -splošno)



MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA - SPLOŠNO

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

- ✖ člen 35 Pogodbe Euratom zahteva monitoring radioaktivnosti okolja za članice EU
- ✖ člen 36 Pogodbe Euratom zahteva, da nacionalni organi redno sporočajo informacije o meritvah, navedenimi v členu 35. komisiji
- ✖ Nadzor radioaktivnosti okolja se izvaja znotraj in izven objekta (ograje), kar omogoča spremljanje potencialne izpostavljenosti prebivalstva in ugotavljanje prisotnosti umetnih radionuklidov v okolju
- ✖ **Sevalni vpliv jedrskega objekta v normalnem delovanju vrednotimo z:**
 - + letno efektivno dozo na človeka iz referenčne ali kritične skupine ljudi, ki živijo, ali delajo v okolini objekta, ki se primerja z mejnimi dozami, ki je predpisana v zakonodaji
 - + kolektivna doza (prebivalstva)
- ✖ **Program obratovalnega okoljskega (radiološkega) nadzora je izdelan posebej za vsak jedrski (ali sevalni) objekt, ob upoštevanju karakterističnih značilnosti, kot so:**
 - + podnebje
 - + lokacija objekta
 - + vrsta in način gradnje takšnega objekta z njegovimi zaščitami
 - + geološki, geomorfološki in seizmični dejavniki
 - + okolica objekta
 - + gostota prebivalstva



MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA - SPLOŠNO

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

- ✖ **Potrebno je razlikovati med podatki iz okoljskega monitoringa (nadzora) pridobljenimi v pogojih:**
 - + normalnega delovanja nekega jedrskega (sevalnega) objekta
 - + v izrednih razmerah (nesreča, itd.), saj so kriteriji za evalvacijo povsem različni
- ✖ **Glede na normalne in izredne pogoje:**
 - + Redni okoljski nadzor radioaktivnosti v okolju (“routine monitoring”)
 - + Zagotovitev pripravljenosti (“emergency preparedness”)
 - + Izredni monitoring (“emergency monitoring”)
- ✖ **Cilji rutinskega spremljanja radioaktivnosti v okolju:**
 - + Zagotoviti informacijo za izdelavo ocene primernosti zaščite prebivalstva pred izpostavitvijo ionizirajočega sevanja
 - + izpolnjevati zahteve upravnih organov in agencij,
 - + kontrolirati shranjevanje radionuklidov in/ali gospodarjenje z jedrskimi odpadki,
 - + izpolnjevati obveznosti pravne odgovornosti
 - + zagotoviti splošno varnost

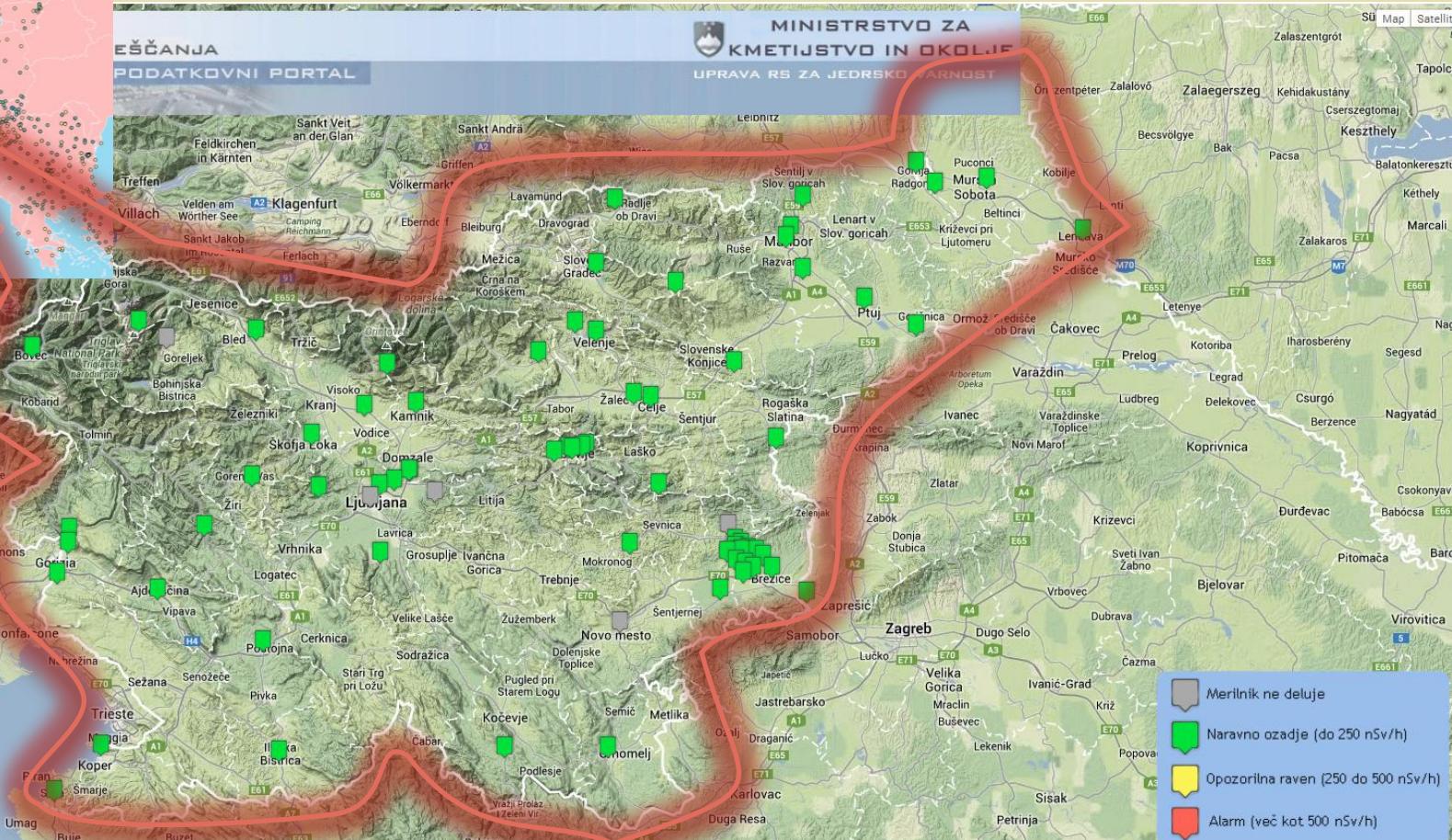


MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA - SPLOŠNO

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



Mreža zgodnjega obveščanja / Early Warning System



MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA - SLOVENIJA

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

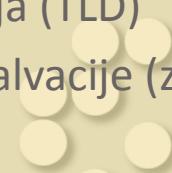
- + **ZAKON O VARSTVU PRED IONIZIRAJOČIMI SEVANJI IN JEDRSKI VARNOSTI
(uradno prečiščeno besedilo) (ZVISJV-UPB2)**
- + **PRAVILNIK O MONITORINGU RADIOAKTIVNOSTI (JV10)**
 - ✗ Usklajeno z zahtevami EURATOM
 - ✗ Pooblaščene organizacije (IJS, ZVD, IRB)
 - ✗ Monitoring (nadzor) radioaktivnosti okolja – širši, splošnejši pojem (vrste meritev, metode vzorčenja, pogoji za pridobitev pooblastila za izvajanje monitoringa, namen, način in obseg monitoringa, poročanje, izredno obveščanje)
 - ✗ Obratovalni monitoring radioaktivnosti okolja (jedrska elektrarna, RUŽV, CSRAO, drugi objekti)
 - ✗ Meritve na izvoru: emisije (**emission**)
 - ✗ meritve v okolju – imisije (**imission**)
 - ✗ Izredni monitoring + zagotovitev pripravljenosti
 - ✗ Predobratovalni in poobratovalni monitoring



POOBLAŠČENI IZVAJALEC IJS

✗ INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS)

- + Pooblaščeni izvajalec za monitoring radioaktivnosti (odseka F2 in O2)
- + Odsek o znanostih o okolju O2 (akreditacijska listina LP-090):
 - ✗ Sr-89/Sr-90
 - ✗ H-3, C-14 (zrak)
 - ✗ H-3 (tekočine)
 - ✗ Aktinidi (U, Pu, Ra, ...)
- + Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij F2 (akreditacijski listini LP-022 in LK-017):
 - ✗ Vzorčevanje in priprava vzorcev (SIST 17025)
 - ✗ visokoločljivostna spektrometrija gama (VLG)
 - ✗ Tekočinsko-scintilacijska spektrometrija (LSC) (H-3 in OBT, C-14 v gorivih, celokupni sevalci α in β)
 - ✗ Termoluminiscenčna dozimetrija (TLD)
 - ✗ Priprava končnega poročila (evalvacije (zunanji, SVPIS, F2, ...))
 - ✗ Radiološka mobilna enota
 - ✗ kalibracije merilnikov hitrosti doze in površinske kontaminacije (SSDL)



POOBLAŠČENI IZVAJALEC (IJS)

✖ Monitoringi radioaktivnosti v okolju v Sloveniji

- + Nadzor radioaktivnosti v okolici NEK – obratovalni monitoring (NEK)
- + Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju (URSJV)
- + Monitoring radioaktivnosti živil in pitne vode (URSVS)
- + Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa (NEK + URSJV)
- + Monitoring radioaktivnosti krme (MKO)
- + Monitoring radioaktivnosti v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju (ARAO)
- + Meritve koncentracij radionuklidov v plinastih efluentih (NEK)
- + Vzdrževanje in zagotavljanje pripravljenosti mobilne enote (NEK, URSZR - MORS)
- + *Monitoring radioaktivnosti v okolici Žirovskega Vrha*



POOBLAŠČENI IZVAJALEC (IJS)

✗ Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij F2

- + programska skupina "Hadronski sistemi"
- + Laboratorij za radiološke meritve radioaktivnosti (LMR) <http://ol.ijs.si/lmr>
nosilec nacionalnega etalona za področje ionizirajočega sevanja (za enoto Bq) pri MIRS Best Calibration and Measurement Capabilities (CMC) were approved and reported by BIPM in 2015
- + Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (LSC) <http://ol.ijs.si/lsc>
- + Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) <http://ol.ijs.si/elme>
- + Laboratorij za rentgensko spektrometrsko analizo <http://ol.ijs.si/org>
- + Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo (TLD) <http://ol.ijs.si/tld>
- + Laboratorij za dozimetrične standarde (NDS) <http://ol.ijs.si/nds>
nosilec nacionalnega etalona za področje ionizirajočega sevanja (za enote Sv, Gy) pri MIRS Best Calibration and Measurement Capabilities (CMC) were approved and reported by BIPM in 2015



✗ Odsek za znanosti o okolju O-2 <http://www.environment.si/home/>



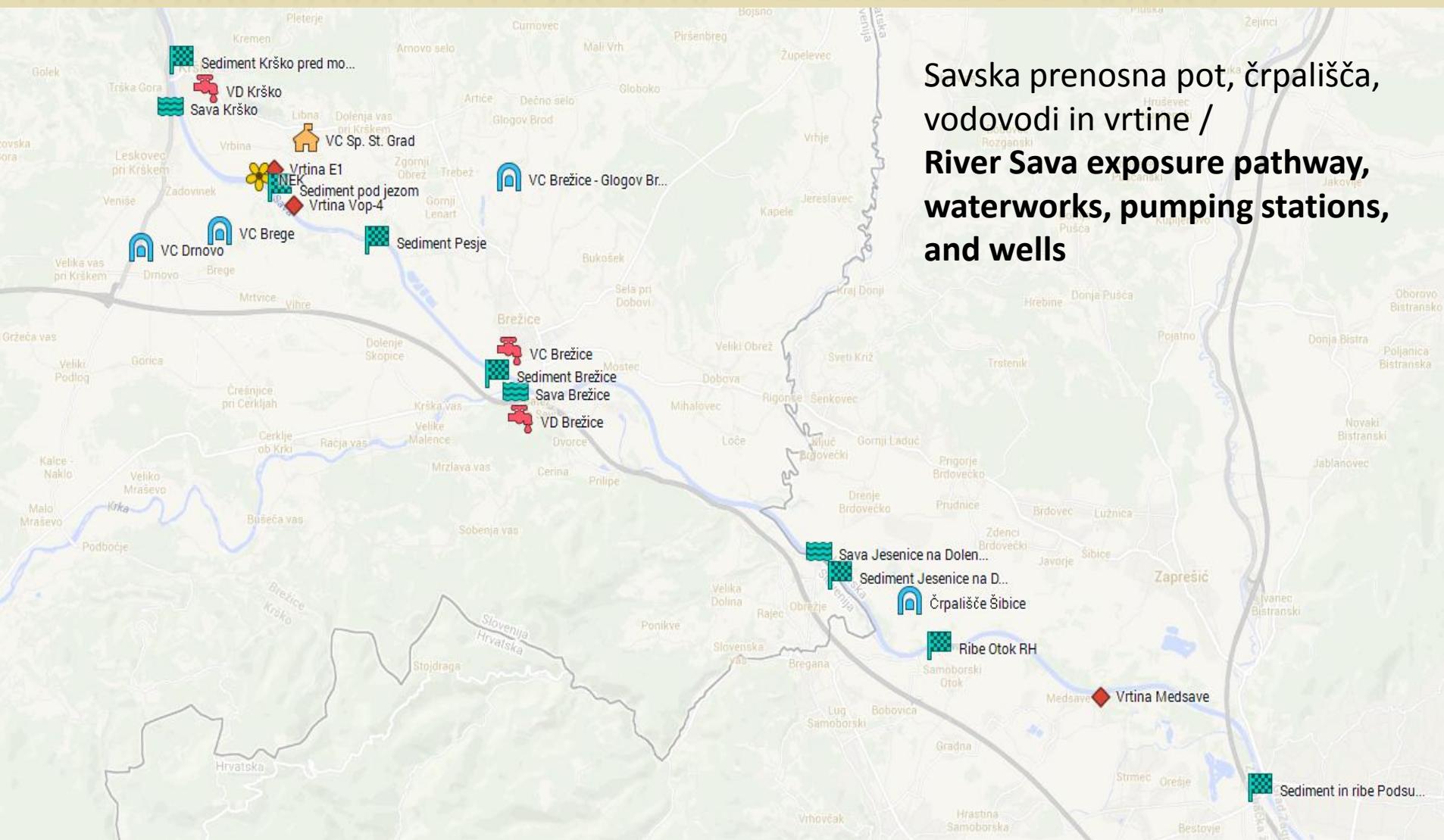
OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

- ✖ Obratovalni monitoring radioaktivnosti obsega meritve radioaktivnosti, zbiranje radioloških in drugih podatkov ter izračune razširjanja radioaktivnih snovi v okolje z uporabo modelov razširjanja radioaktivnih snovi
- ✖ Pooblastilo za izvajanje monitoringa: IJS, Zavod za varstvo pri delu (ZVD) in Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška (IRB)
- ✖ Z izvajanjem obratovalnega monitoringa radioaktivnosti NEK dokazuje, da aktivnosti izpustov pri normalnem obratovanju ne presegajo avtoriziranih mej in mejnih vrednosti, določenih s predpisi, da obratovanje objektov ne povzroča izpostavitve sevanju prebivalstva nad avtoriziranimi mejami in drugimi mejami, določenimi s predpisi, in da so izpolnjene druge zahteve pristojnih upravnih organov glede radiološkega vpliva objekta na prebivalstvo in okolje
- ✖ Obseg obratovalnega monitoringa radioaktivnosti je sorazmeren z značilnostmi vira, pričakovanimi izpusti radioaktivnih snovi in sestavo radionuklidov v izpustih, upoštevajoč njihovo pomembnost pri različnih poteh izpostavljenosti
- ✖ Obratovalni monitoring radioaktivnosti se izvaja z nadzorom samega vira, ki obsega meritve izpustov radioaktivnih snovi (emisij) v zrak in vode ter meritve zunanjega sevanja iz objekta in z meritvami v okolju (imisije), ki obsegajo zunanje sevanje in vsebnost radionuklidov v zraku, padavinah, površinskih vodah, zemlji, sedimentih, bioindikatorjih, pitni vodi, živilih in krmi.

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

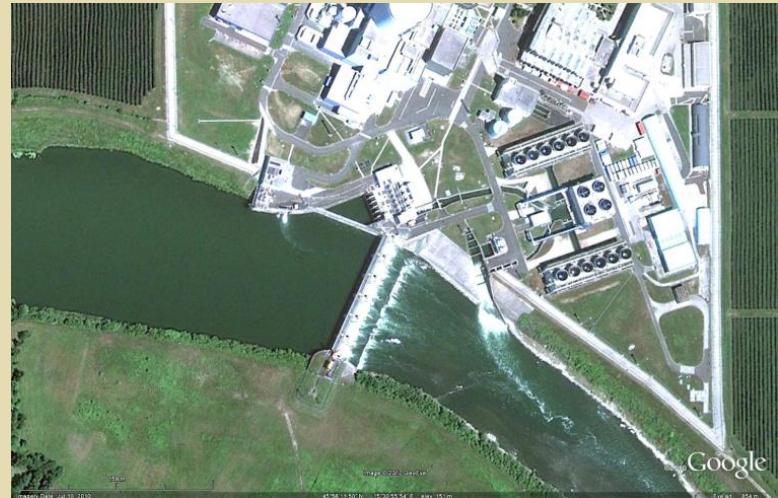
Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



Savska prenosna pot, črpališča,
vodovodi in vrtine /
**River Sava exposure pathway,
waterworks, pumping stations,
and wells**

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



Izhod bistvene
oskrbne vode, kjer
se izpuščajo
radioaktivne
tekočine iz WMT in
**SGBD / liquid
effluents (WMT,
SGBD) discharges to
river Sava**



Kontinuirna vzorčevalna
postaja reke Save pri
Brežicah / **Sampling
station for liquid
effluents in Brežice**



OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

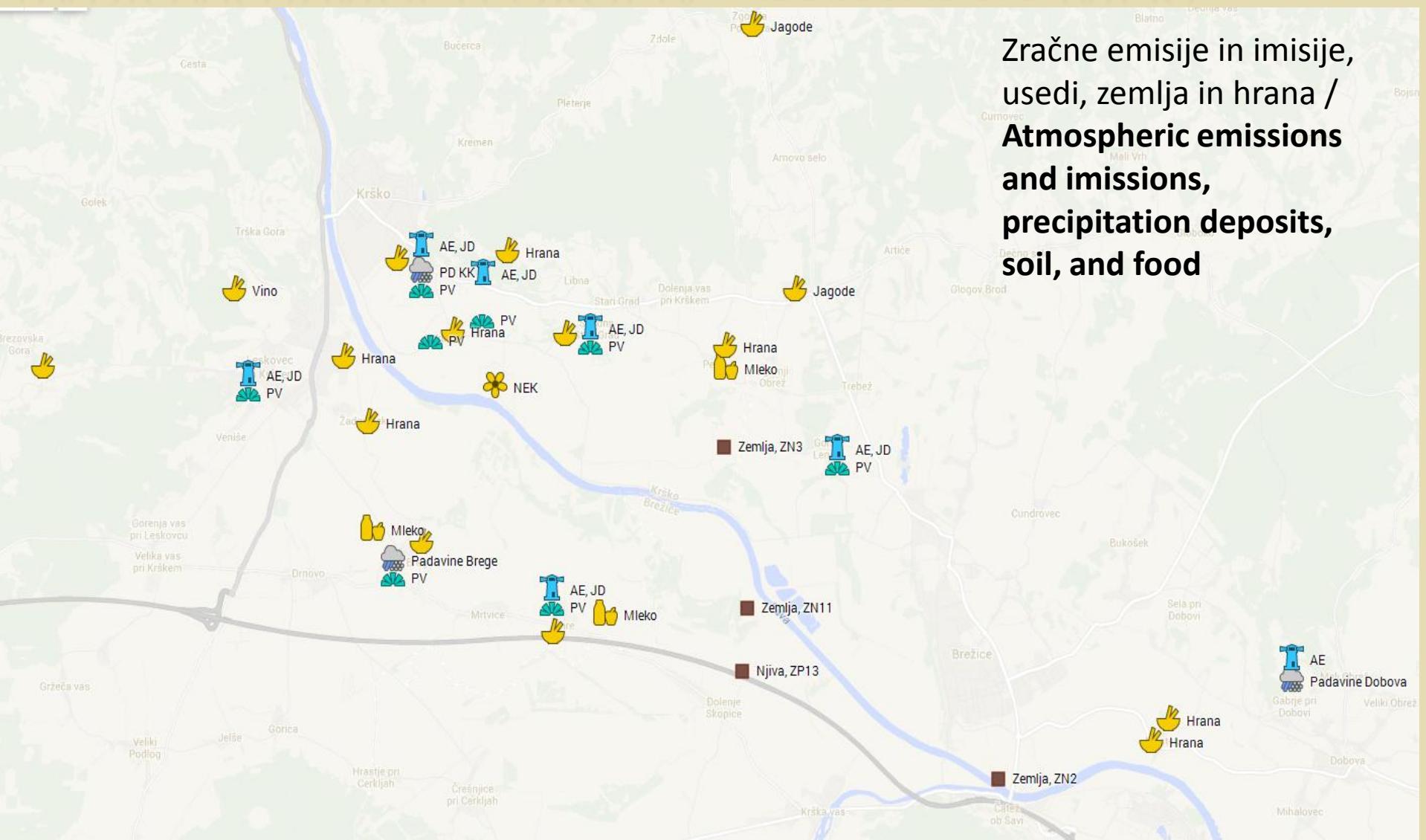
V črpališčih Brege, Rore in Brežice ter na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki. Avtomatski vzorčevalniki na vsake tri ure dodajo približno 190 mL vzorca pitne vode v 50 litrski sod. Tako dobimo povprečno mešanico vzorca pitne vode, ki pomeni celotno mesečno obdobje. /

Automatic sampler for drinking water in the area around NPP



OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



Zračne emisije in imisije,
usedi, zemlja in hrana /
**Atmospheric emissions
and imissions,
precipitation deposits,
soil, and food**



in drugih predmetov. Oblikovan je tako, da so izgube padavin zaradi pršenja vode iz lijaka minimalne. Ob lovilniku padavin je vedno tudi meritnik količine padavin, ki se ga dnevno odčitava. / **Precipitation sampler**

Lovilniki padavin so v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (park IJS). Lovilnik padavin je sestavljen iz lijaka in neprozornega temnega 50-litrskega plastičnega soda, ki sta povezana z neprozorno plastično cevjo. Zbiralni sod se med obilnimi padavinami po potrebi pogosteje zamenja. Lijak iz polirane nerjavne pločevine, ki zajema padavine na efektivni površini $0,25 \text{ m}^2$, je opremljen s kovinsko mrežico za prestrezanje listja



OBRATOVALNI MONITORING

RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani poteka vzorčevanje z zračnimi črpalkami, ki skozi aerosolne filtre prečrpajo od 100 000 m³ do

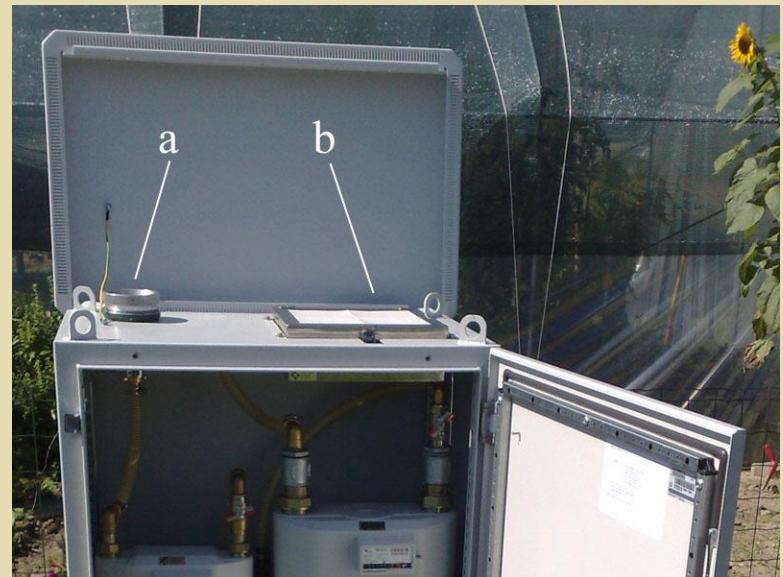
150 000 m³ zraka mesečno /

high volume flow rate aerosol pumps placed in Dobova and Ljubljana.



Ogleni filter

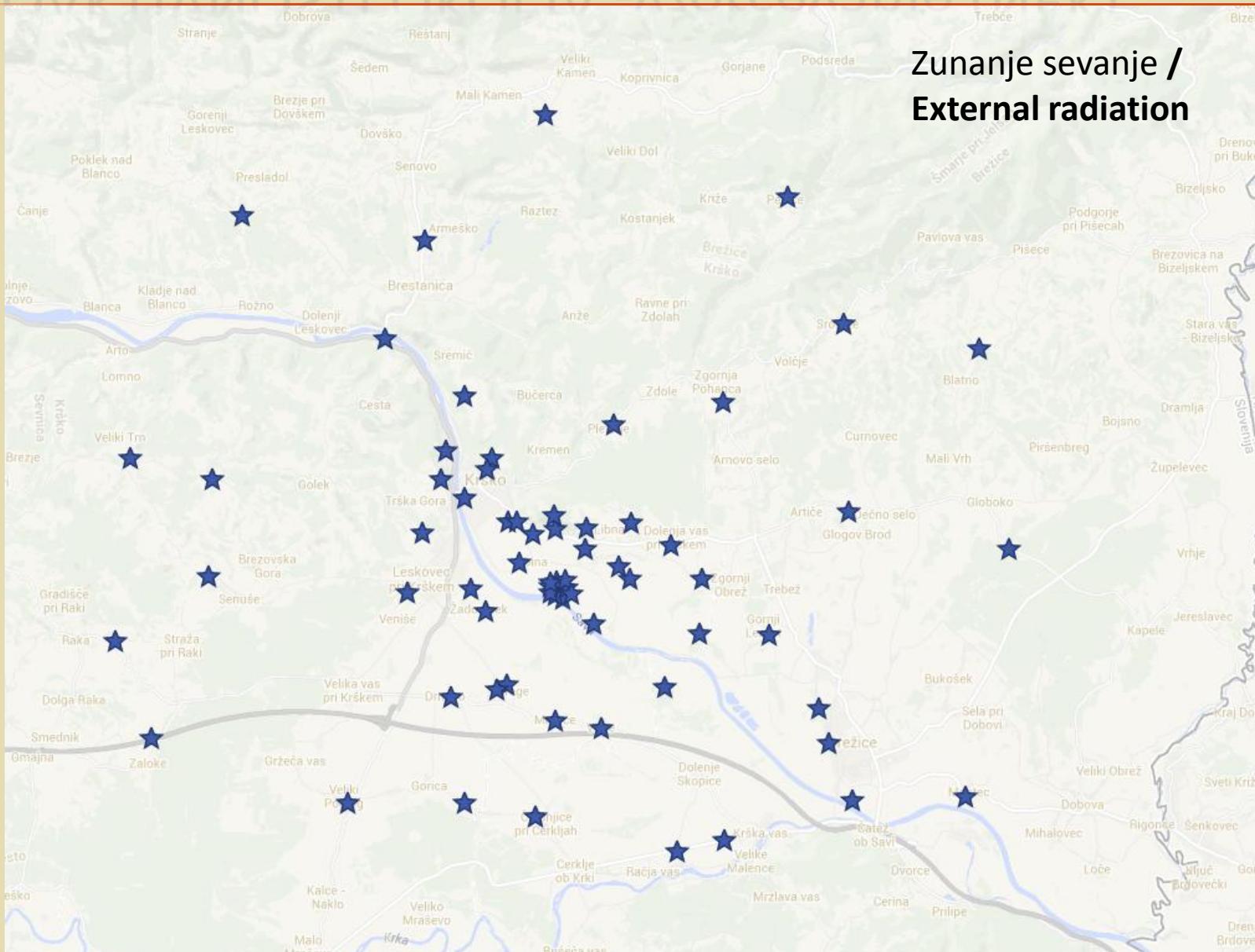
Aerosolni filter



Vzorčevanje joda I-131 in aerosolov poteka s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi oglene in aerosolne filtre. Filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi oglene filtre prečrpa ~ 1000 m³ zraka mesečno, skozi aerosolne filtre pa ~10 000 m³ zraka mesečno. / **Combined Iodine I-131 and aerosol sampler.**

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -vzorčevanje (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



TLD in environment



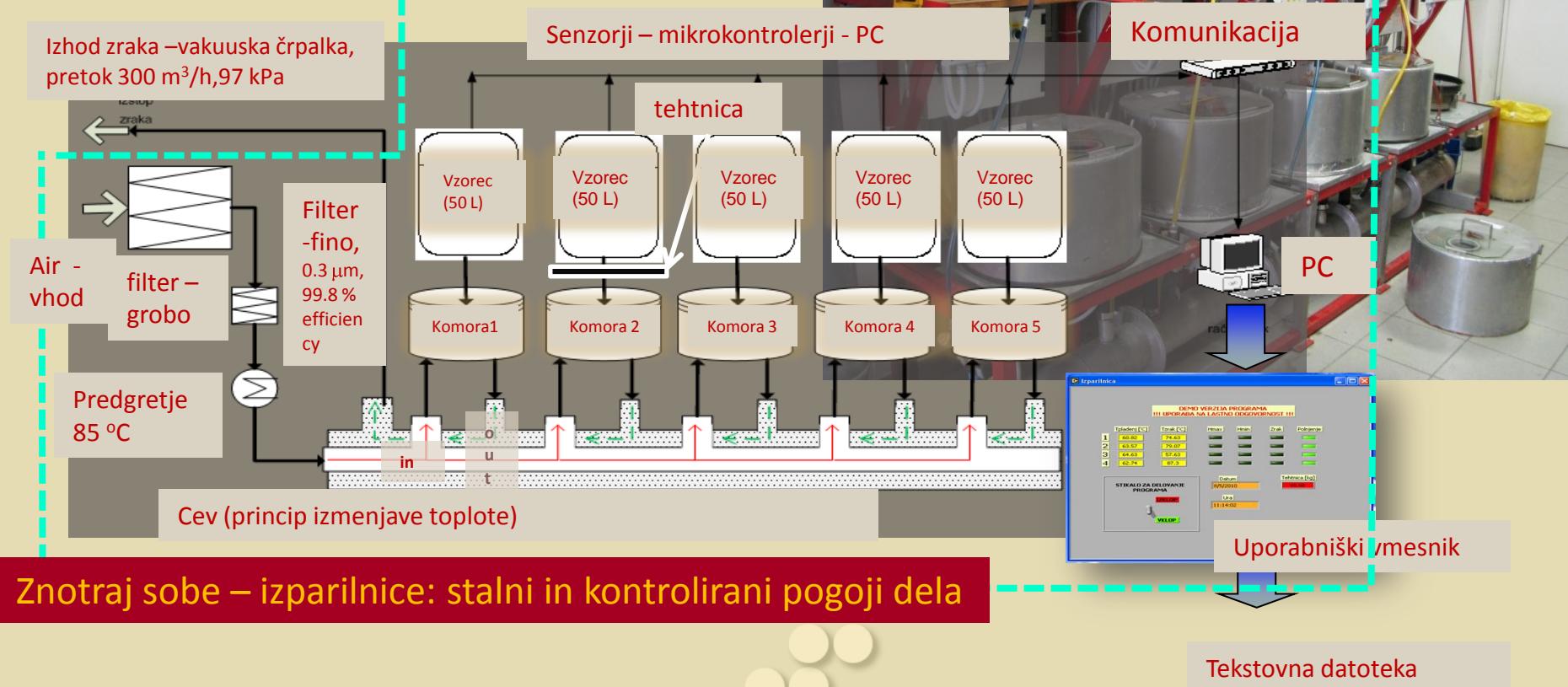
Equipment for soil sampling



OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -priprava (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016

Low temperature automatic
liquid evaporating system



OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA -priprava (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia; Trieste, Italy, 18th
October 2016



Pripravljalnica vzorcev /
Sample preparation room



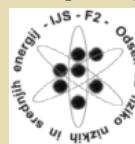
Homogeniziran cilindrični vzorec
pripravljen za meritev /
homogenized cylindrical sample
ready for the measurement



OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI OKOLJA –obdelava podatkov (NEK)

Management of
Radiological Emergency in
Trieste and Friuli Venezia
Giulia, Trieste, Italy, 18th
October 2016

Baza podatkov – RAD-DATA (zbirka podatkov o vzorčevanju, pripravi in merskih rezultatih; omogoča kronološki pregled, statistično obdelavo podatkov, itd.)



RADIOLOSKI PODATKI

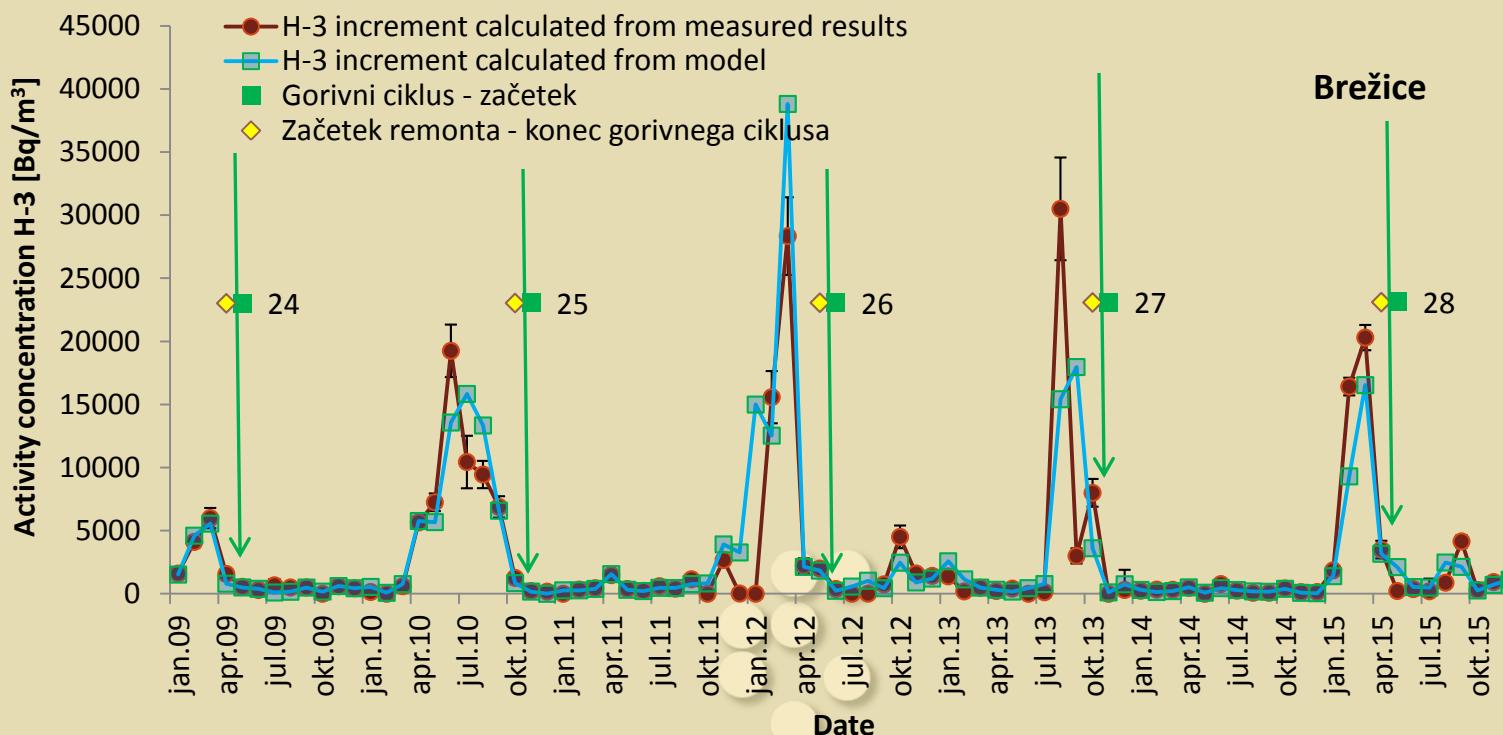
	Nov	Obstoječ	Tipi
Nov vzorec			
Obstoječ vzorec			
Podjetja		ki13wwm31	
Predloge		✗	
Selekcije		Tekocene	
Skupine			
Struktura			
Tabele			
Tipi			
UJV			
Uporabniki			
GIS pregled			
Spremeni geslo			
Delovni Nalogi			
<hr/>			
Logiran uporabnik			
bzorko			
Odjava			
<hr/>			
Nazaj na seznam			
<hr/>			
Oznaka		ki13wwm31	
Onesposobljen		✗	
Tip vzorca		Tekocene	
Vzorčevanje			
Leto vzorčevanja		2013	
Mesec vzorčevanja		Marec	
Naročnik analize		URSJV	
Vrsta vzorca		WMT	
Vzorčevalno mesto		WMT 2	
Datum vzorčevanja (menjave)- začetek		28.3.2013	
Ura vzorčevanja - začetek		9:25:00	
Datum vzorčevanja (menjave) - konec		28.3.2013	
Ura vzorčevanja - konec		9:25:00	
Masa celotnega vzorca - bruto [kg]		1	
Količina vzorca za analizo H-3 [L]		1	
Datum oddaje v pripravo		28.3.2013	
Vzorčevanje opravil		Marijan Nečemer	
Zaključni nivo		✓	
<hr/>			



EVALVACIJA – OCENA VPLIVOV(NEK)

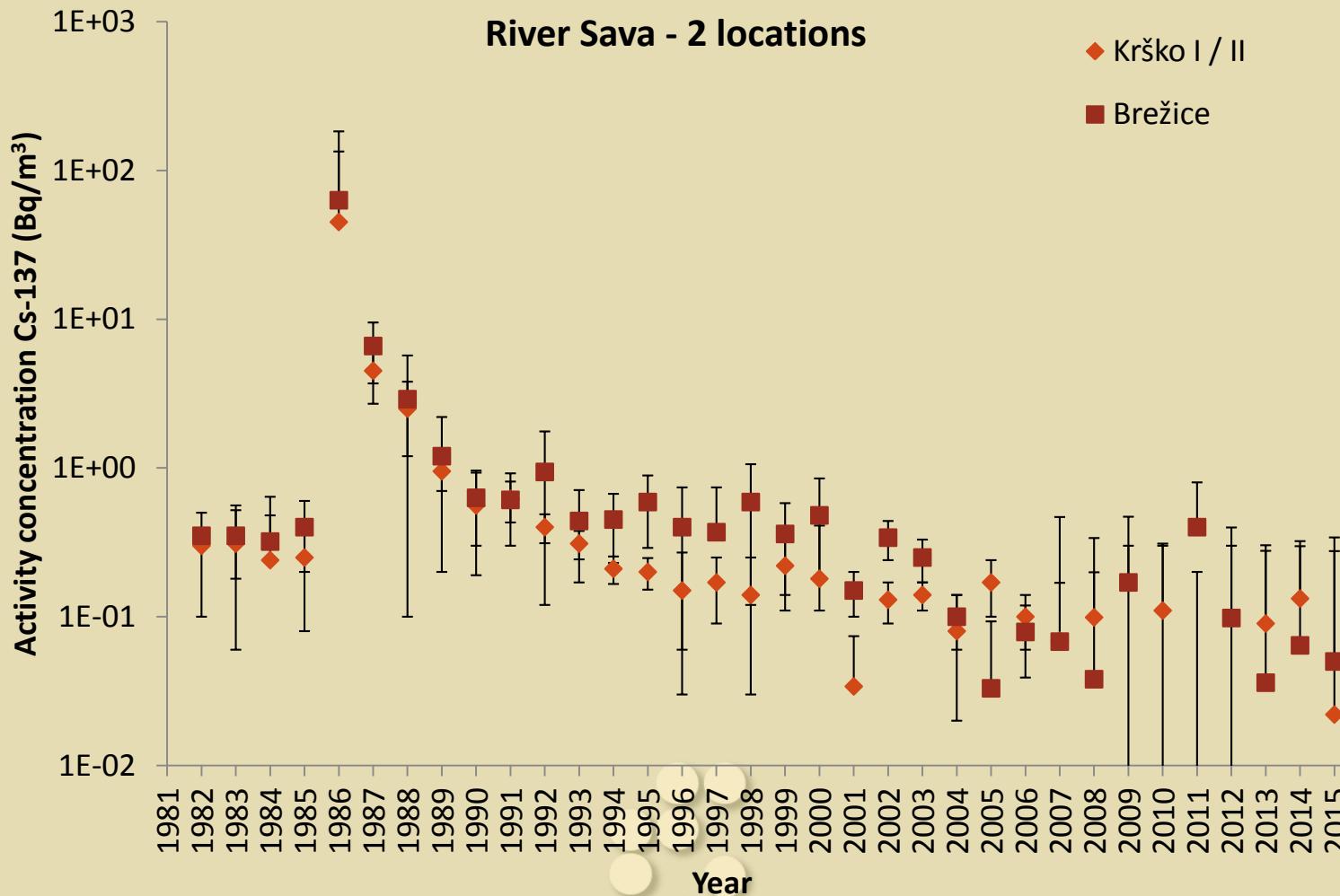
1) Reka Sava – namen (savska prenosna pot)

- ✗ Nadzorni program meritev na reki Savi obsega meritve v okolju in meritve tekočinskih izpustov na samem viru v NEK, saj pri normalnem obratovanju NEK občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev (WMT, SGBD)
- ✗ Vplive na okolje in ljudi ocenujemo z modificiranim modelom, ki je opisan v SRS-19 IAEA
 - + Največ k celotni dozi prispevata ingestija in zadrževanje na bregu
- ✗ Tritij ($H-3$) je redno prisoten v tekočinskih izpustih; Mejna vrednost izpusta je 45 TBq.



EVALVACIJA(NEK)

1) Reka Sava – Cs-137 (celotni; nizki izpusti iz NEK ⇒ nemerljivo v reki)



EVALVACIJA(NEK)

1) Reka Sava – značilne koncentracije, mejne vrednosti in prispevki k celotni dozi

Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (> 17 let)	0,06 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,004 μSv Prispevek ingestije rib: 0,055 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,046 μSv	0,13 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,02 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 μSv Prispevek ingestije rib: 0,017 μSv	0,08 μSv
dijkenčki (1 leto)	0 μSv	0,17 μSv

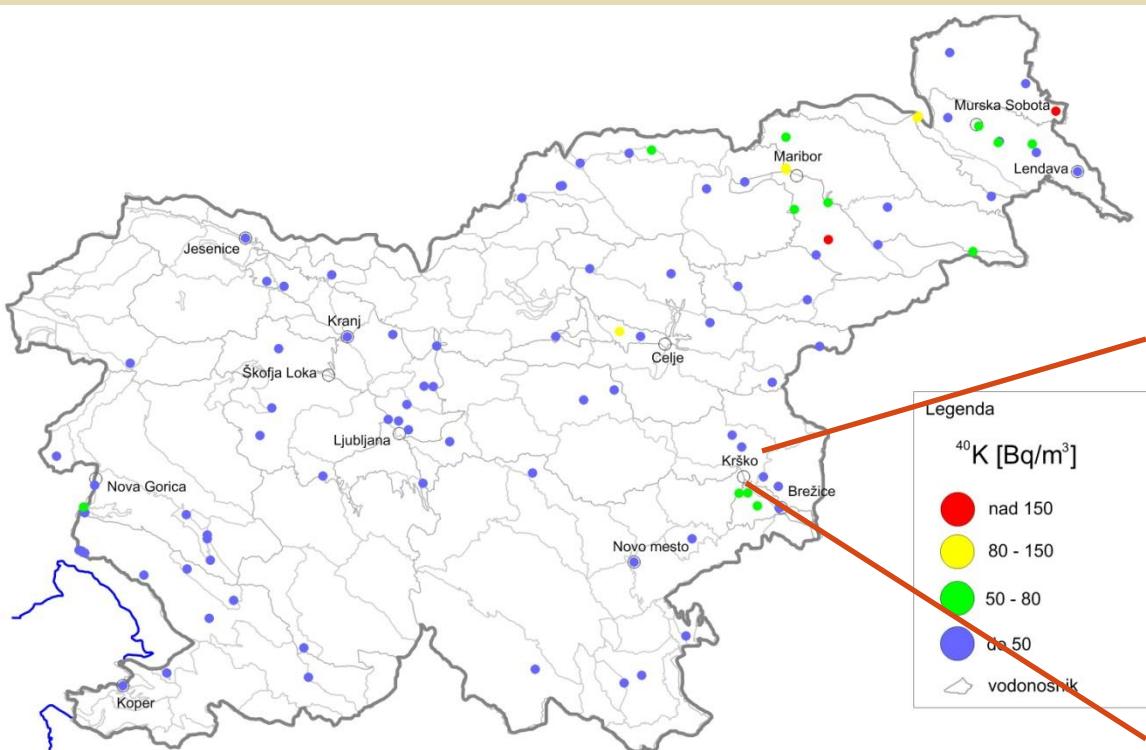
Ob pričajoči predstavitvi smo udeleženci prejeli dozo okrog $< 0,1 \mu\text{Sv}$ zaradi naravnega sevanja

Maksimalno izpostavljeni posameznik v okolini NEK je v vsem letu 2015 prejel dozo 0,06 μSv zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo!

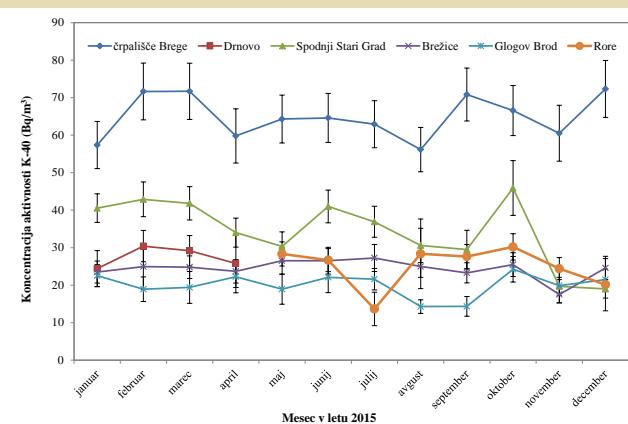
EVALVACIJA(NEK)

2) Vodovodi, črpališča, zajetja, vrtine - namen

- ✗ Namen vzorčevanja in analiz mesečnih sestavljenih vzorcev vode iz črpališč in zajetij je nadzor najpomembnejših virov pitne vode v okolini NEK.
- ✗ Študije v preteklih letih so pokazale, da lahko z naravnimi radionuklidi posredno opazujemo tudi zunanje vplive na okolje (prekomerno gnojenje kmetijskih površin nad vodonosniki, poplave, ...)



Koncentracija aktivnosti K-40 v pitnih in podzemnih vodah po Sloveniji / Activity concentration of K-40 in Slovenia



EVALVACIJA(NEK)

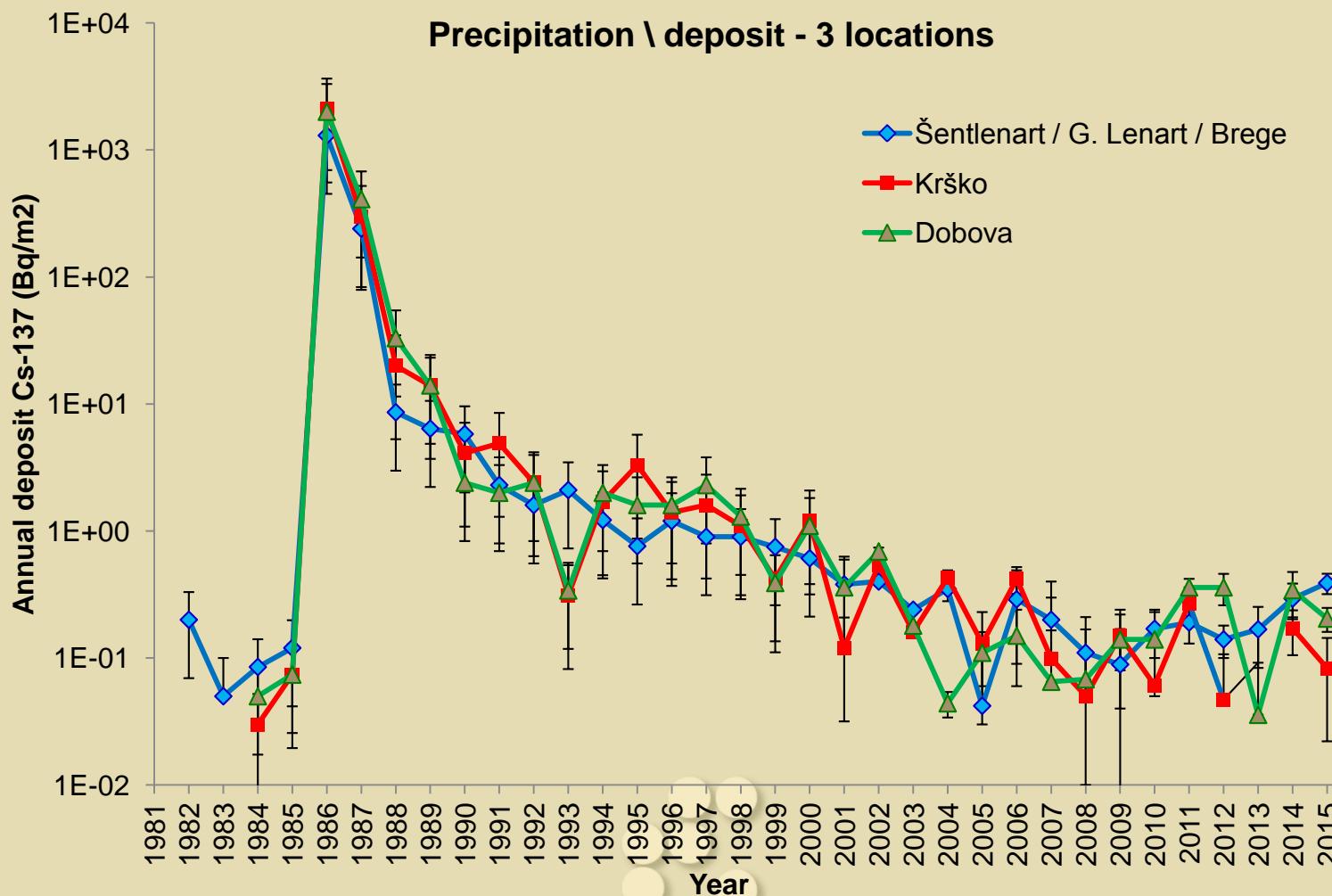
3.) Padavine – usedi - namen

- ✖ Padavine so nepogrešljiv element pri kroženju vode in transportno sredstvo za pline in aerosole iz ozračja na površino Zemlje.
- ✖ Zračni izpusti
 - + Padavinski usedi (zbiranje deževnice)
 - + Sushi usedi (vazelinske plošče - gravitacija)
- ✖ Usedle radioaktivne snovi s sevanjem neposredno prispevajo k izpostavitvi ljudi:
 - + Vsrkane v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užitnimi deli v *prehrambno verigo ljudi*
 - + Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, ki jo potem uporabljamо kot *pitno vodo*



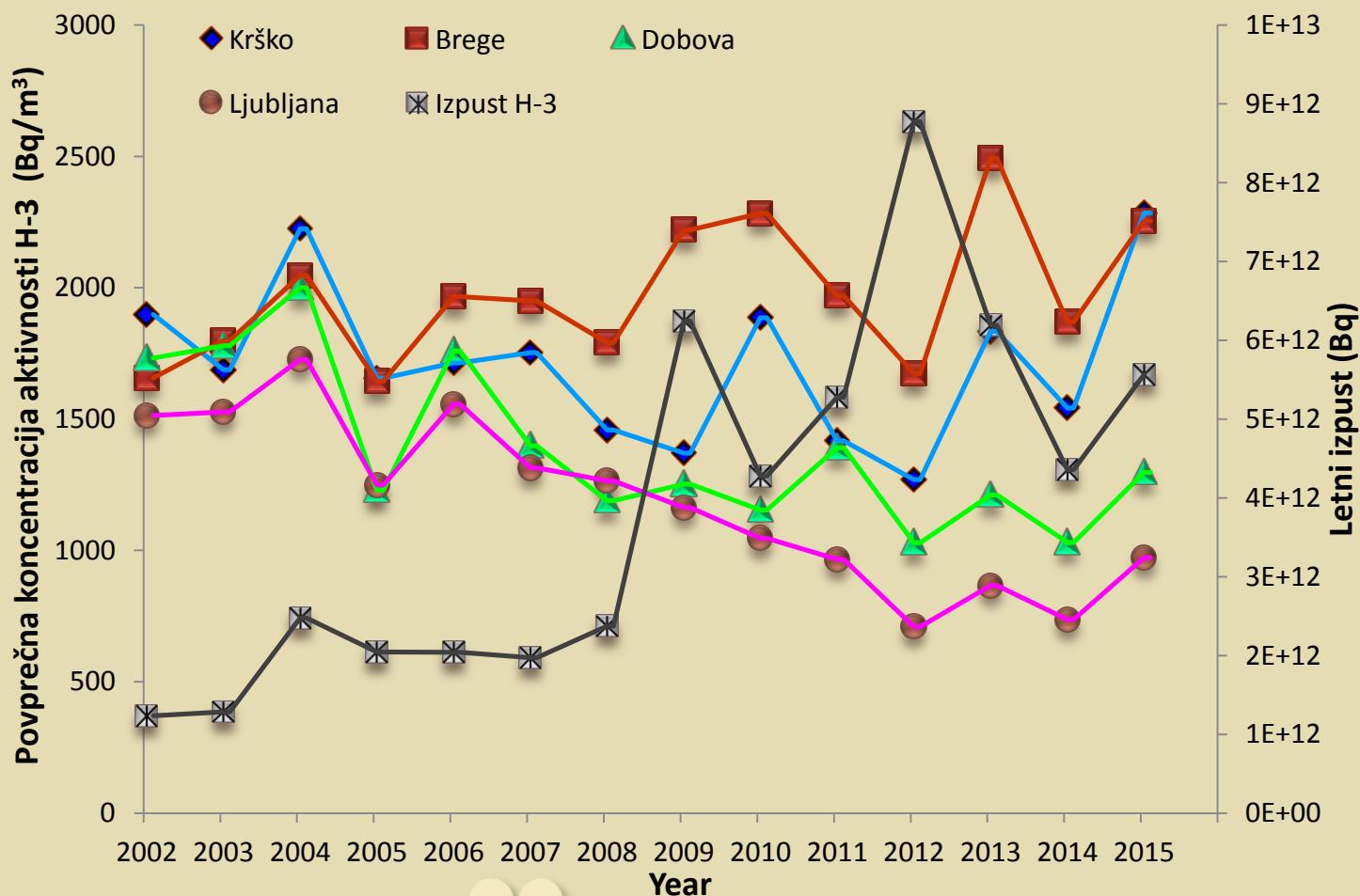
EVALVACIJA(NEK)

3.) Padavine – usedi – Cs-137



EVALVACIJA(NEK)

3.) Padavine – H-3



Povprečje letnih koncentracij aktivnosti H-3 v padavinah za zadnje desetletje (2002–2015) /
Annual activity concentration of H-3 in precipitation for the last decade (2002 - 2015)

EVALVACIJA(NEK)

4. Zrak - namen

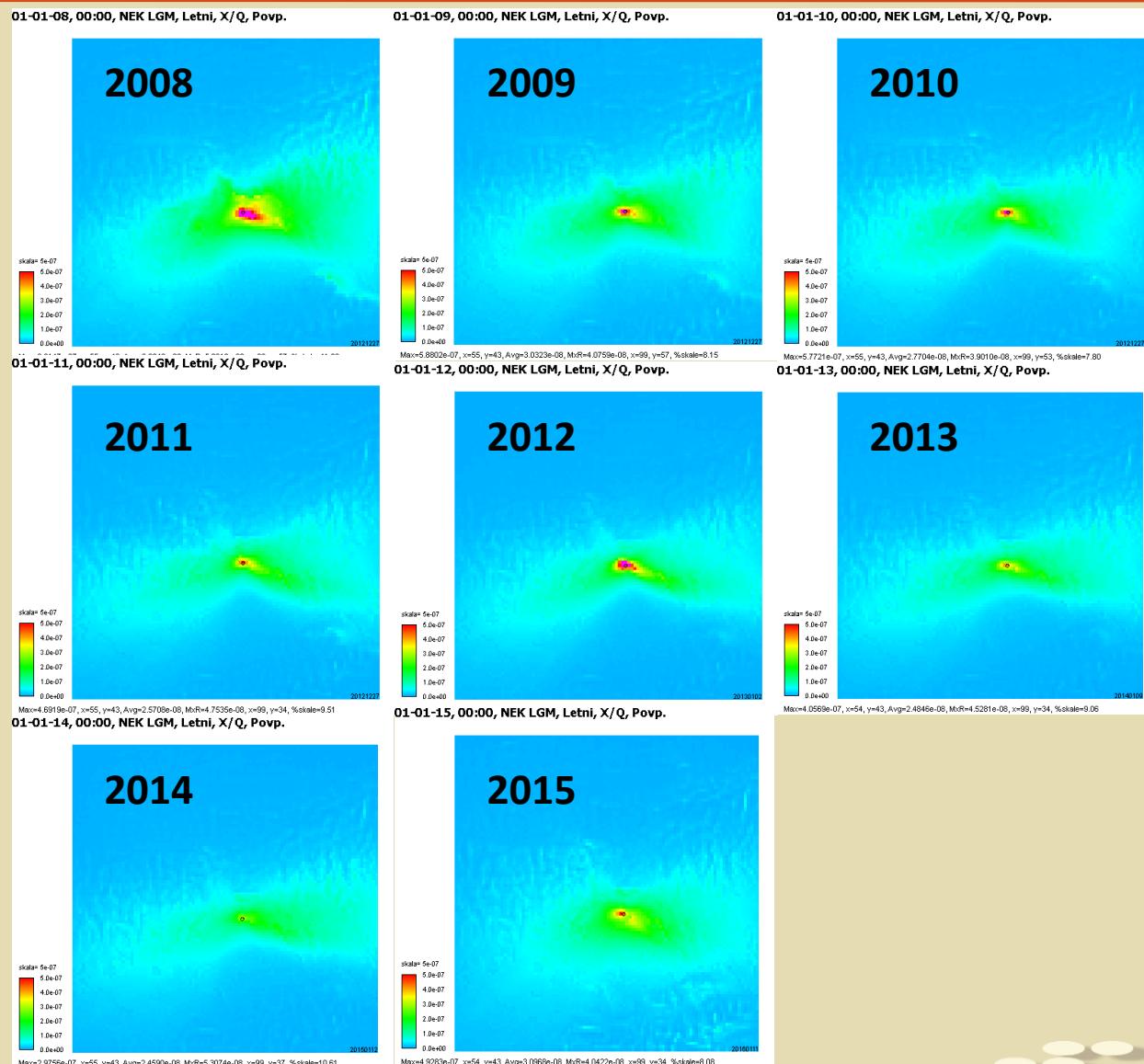
- ✖ Meritve radioaktivnosti zraka v okolici NEK (imisije) se izvajajo z namenom, da se oceni doze posameznika iz referenčne skupine prebivalstva po inhalacijski in imerzijski prenosni poti.
- ✖ Meritve se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK, kar omogoča spremeljanje razširjanja zračnih efluentov v vseh smereh. Kontrolne meritve aerosolov se izvajajo na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan".
- ✖ Vzorčevanje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odvzemajo vzorci za meritve jodov, tritija ($H-3$), ogljika C-14, aerosolov ter opravlja meritve žlahtnih plinov.
- ✖ Za oceno doze se uporablja Lagrangeev disperzijski model



EVALVACIJA(NEK)

4. Zrak – Model računanja koncentracij aktivnosti radionuklidov v zraku in ocenjevanja doz

Povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2008–2015 (Lagrangeev model) / average dispersion coefficients calculated by using Lagrange modelling



v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra tudi večkrat na dan, prevladujoči smeri vetra proti jugozahodu in proti severovzhodu; nizke hitrosti vetra

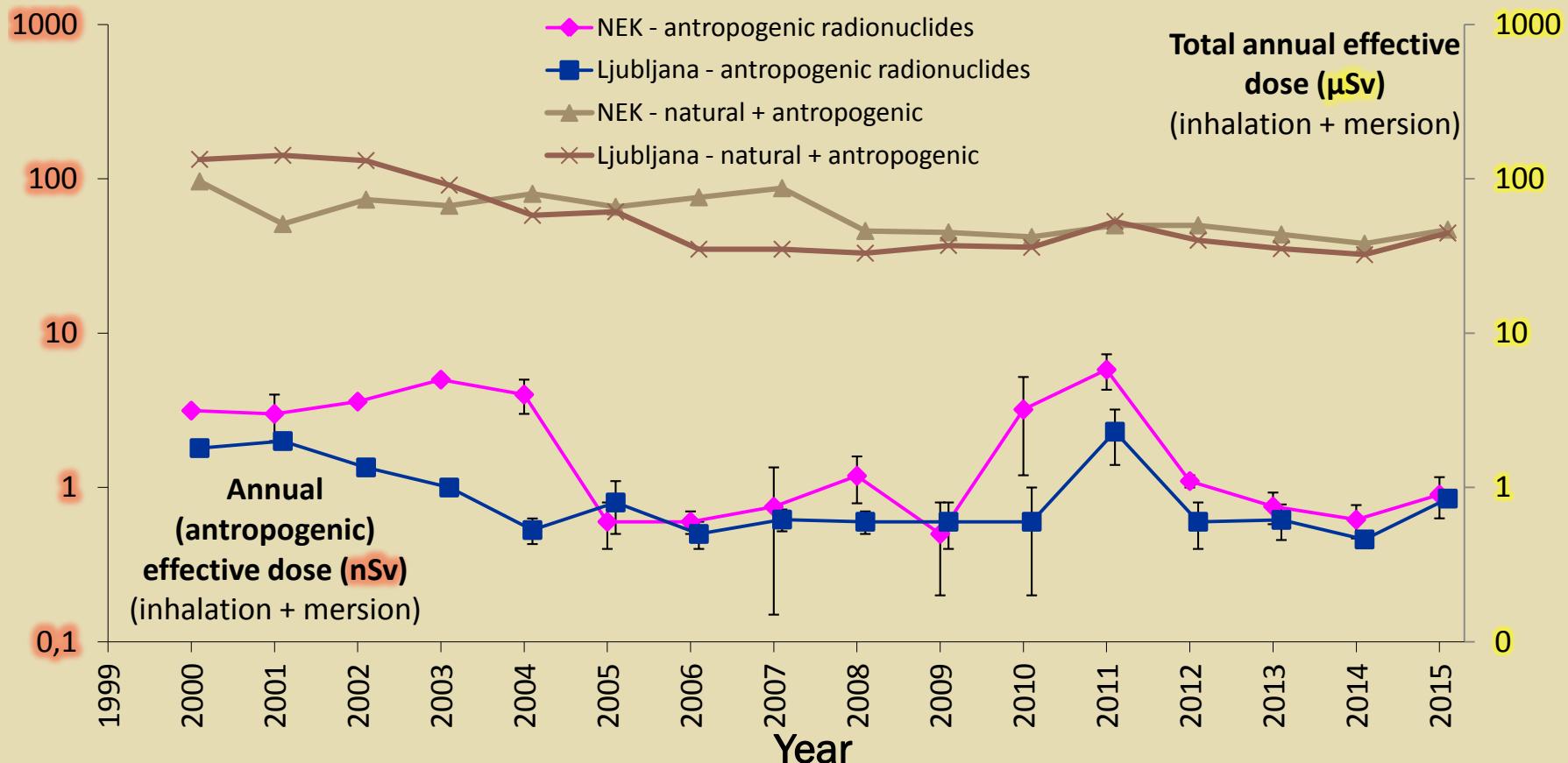
EVALVACIJA(NEK)

4. Zrak – letne efektivne doze na ograji in v najbližjem naselju

	Izotop / isotope	Annual discharge (Bq)	Izotop / isotope	Annual effective dose (μSv)	
				Spodnji Stari Grad	Ograja NEK
Pare, plini (inhalacija) / Vapors, gases (inhalation)	I-131	2,0E+08	I-131	5,6E-05	6,0E-05
	I-132	5,5E+08	I-132	2,4E-06	1,8E-06
	I-133	1,8E+07	I-133	9,4E-07	2,0E-06
	I-135	–	I-135	–	–
	HTO	5,4E+12	HTO	3,9E-03	1,5E-02
	HT + CHT	1,5E+11	HT + CHT	1,1E-06	2,5E-06
	C-14 v CO ₂	6,8E+10	C-14 v CO ₂	1,6E-05	3,8E-05
	C-14 v CH ₄	1,1E+10	C-14 v CH ₄	2,6E-04	6,4E-04
Aerosoli (inhalacija) / Aerosols (inhalation)	Mn-54	2,7E+03	Mn-54	1,5E-10	3,7E-10
	Co-57	–	Co-57	–	–
	Co-58	4,2E+03	Co-58	3,1E-10	7,9E-10
	Co-60	2,0E+04	Co-60	2,0E-08	2,5E-08
	Nb-95	–	Nb-95	–	–
	Ru-103	2,9E+05	Ru-103	3,9E-08	1,7E-07
	Ag-110m	–	Ag-110m	–	–
	Sb-125	–	Sb-125	–	–
	Te-125m	–	Te-125m	–	–
	Te-127m	–	Te-127m	–	–
	Cs-137	1,1E+06	Cs-137	1,7E-06	6,7E-06
	Fe-55	1,4E+04	Fe-55	4,7E-10	7,2E-10
	Sr-90	1,5E+03	Sr-90	1,0E-08	3,8E-08
Žlahtni plini (imerzija) / Noble gases (imersion)	Se-75	2,0E+05	Se-75	1,1E-08	6,9E-08
	Xe-131m	8,6E+11	Xe-131m	4,1E-05	1,0E-04
	Xe-133	2,6E+12	Xe-133	5,0E-04	4,1E-04
	Xe-133m	3,7E+10	Xe-133m	6,7E-06	1,1E-05
	Xe-135	1,3E+11	Xe-135	1,7E-04	1,9E-04
	Xe-135m	9,8E+09	Xe-135m	2,2E-05	3,3E-05
	Ar-41	1,0E+10	Ar-41	8,1E-05	2,3E-04
	Kr-85	6,6E+10	Kr-85	1,4E-06	1,5E-06
	Kr-85m	–	Kr-85m	–	–
Inhalacija – skupna izpuščena aktivnost		5,6E+12	inhal. Dose	4,2E-03	1,6E-02
Imerzija – skupna izpuščena aktivnost		3,7E+12	imer. Dose	8,2E-04	9,8E-04
Skupna izpuščena aktivnost		9,4E+12	Total dose	5,1E-03	1,7E-02

EVALVACIJA(NEK)

4. Zrak – Značilne koncentracije, mejne vrednosti in prispevki k celotni dozi



Primerjava predvidenih celotnih letnih efektivnih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide. Ordinatna os je v logaritemski skali. / Comparison of total annual effective doses to adult person around the NPP and in Ljubljana

EVALVACIJA(NEK)

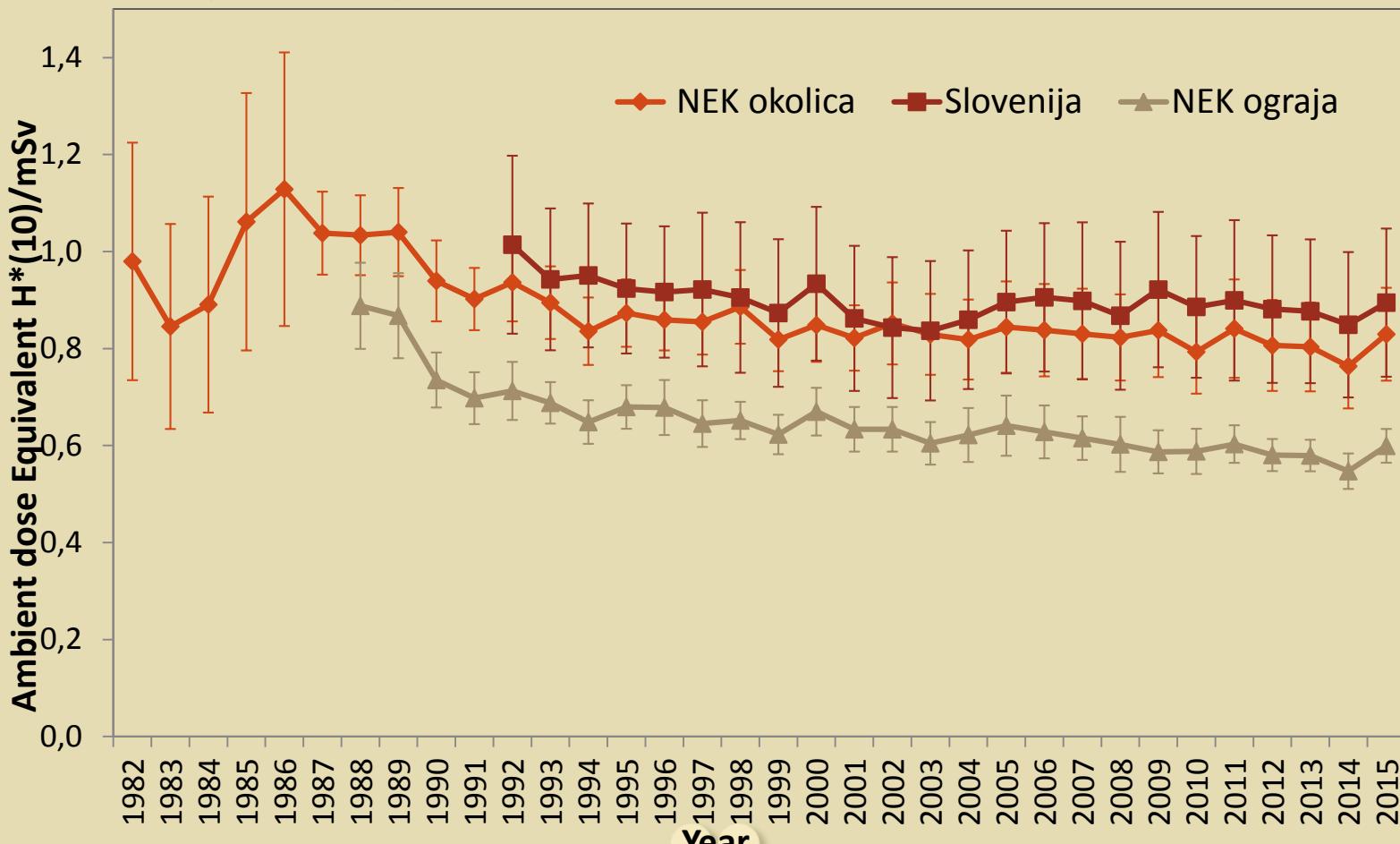
5. Zunanje sevanje in zemlja - namen

- ✖ Prebivalstvo v okolici NEK je izpostavljen različnim virom zunanjega sevanja, potencialno pa še zunanjemu sevanju zaradi vplivov NEK, kot so:
 - + neposredno sevanje žarkov gama in nevronov iz objektov znotraj ograje NEK,
 - + sevanje gama ob prehodu oblaka pri atmosferskih izpustih radioaktivnih snovi iz NEK,
 - + sevanje gama zaradi usedlih radioaktivnih snovi iz oblaka pri atmosferskih izpustih.
- ✖ Zunanje sevanje nadziramo z/s:
 - + meritve vsebnosti radionuklidov v zemlji
 - + Termoluminiscenčni dozimetri (TLD)
 - + kontinuirni meritniki hitrosti doze – MFM (hitrosti doze zunanjega sevanja, mreža zgodnjega obveščanja – Early Warning System)



EVALVACIJA(NEK)

5. Zunanje sevanje in zemlja



Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji od 1982 do 2015 / Average annual ambient dose equivalent $H^*(10)$ around NPP, at the fence perimeter of the NPP, and in Slovenia from 1982 to 2015

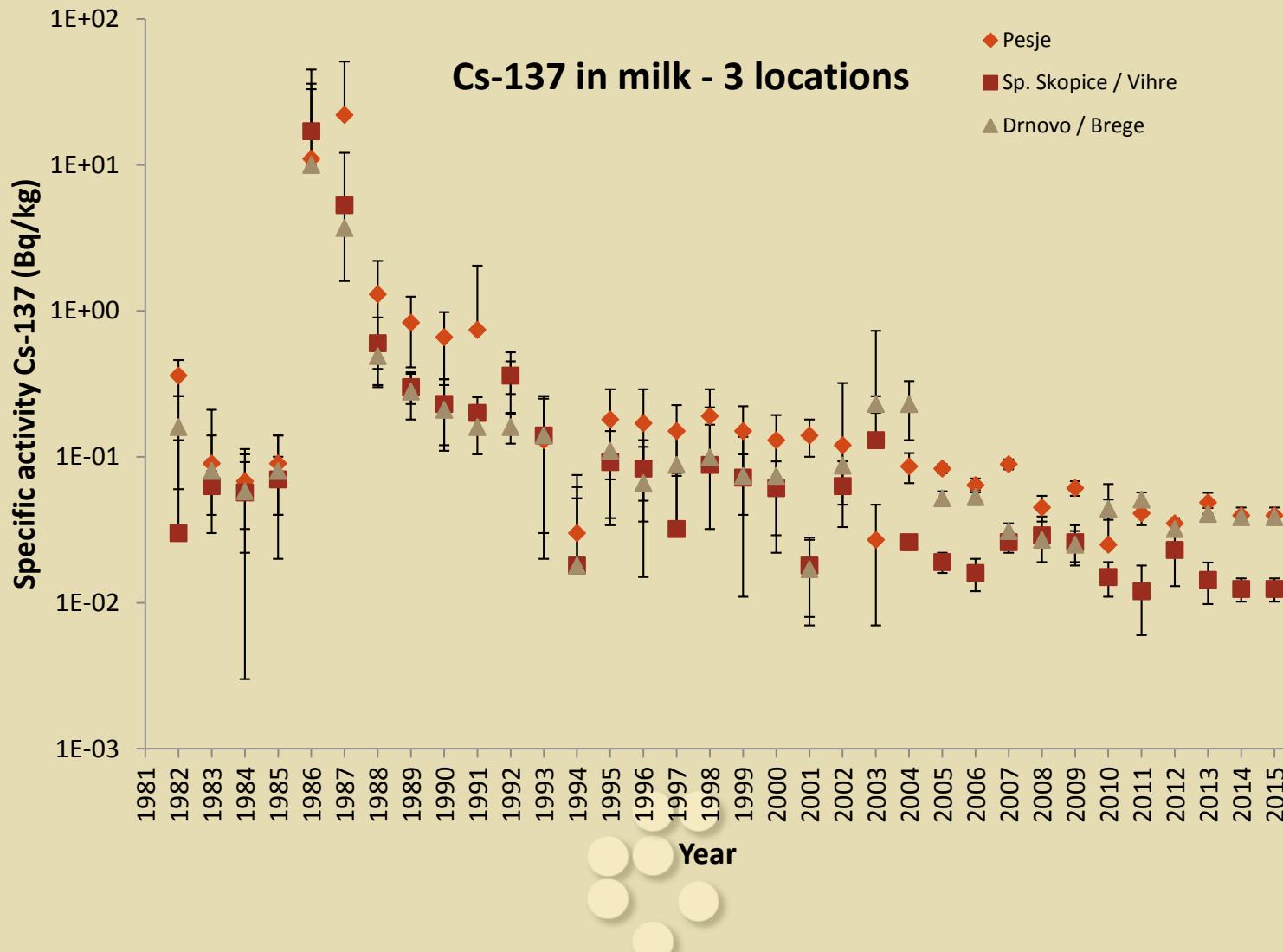
6. Hrana- namen

- ✖ Zaradi izpustov radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja nuklearnih objektov ali izrednih dogodkov, lahko posledično prihaja tudi do rastlinstva in živalstva
- ✖ V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem:
 - + preko koreninskega sistema rastlin (biodostopnost posameznih radionuklidov v tleh – topnost, biotski in abiotski talni dejavniki)
 - + s površine listov, kamor se odložijo kot usedline iz atmosfere (morphološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, dlakavost listov) in okoljski dejavniki, kot sta npr. količina padavin in vetrovnost
 - + površinska kontaminacija zaradi neposrednega stika z zemljo (gomolji, korenike, čebule in plodove, jagode)



EVALVACIJA(NEK)

6. Hrana- cezij v mleku od 1981 do 2015



6. Hrana – prispevki k celotni dozi

ingestija (K, U, Th) - “pričakovana” letna efektivna doza : 2,7E-1 mSv

Izračunana efektivna doza pri uživanju hrane s krško-brežiškega polja v letu 2012 / 2015:

Ingestija (C-14) :	2,9E-4 mSv / 1,0 E-4 mSv (samo NEK)
Ingestija (Sr-90):	3,5E-4 mSv / 6,0 E-4 mSv
Ingestija (Cs-137):	6,7E-4 mSv / 1,4 E-4 mSv
Ingestija (naravni brez K in C-14):	6,8E-2 mSv / 7,3 E-2 mSv
Ingestija (naravni s K):	2,8E-1 mSv / 2,1 E-1 mSv
Ingestija (v naravi prisotni C-14):	~ 1,5 E-1 mSv (testni jedrske poskusi)



ZAKLJUČEK

Ocena efektivne doze posameznika zaradi emisij jedrske elektrarne v letu 2015 na prebivalca ob ograji NEK:

- ✗ za atmosferske emisije: 0,12 µSv na leto
- ✗ Za tekočinske emisije: 0,06 µSv na leto.
- ✗ V letu 2015 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,18 µSv na leto, kar je 0,36 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK (50 µSv; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh).
- ✗ Ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne efektivne doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno **0,008 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.**

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	- gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.70****
	- neutron component of cosmic radiation	0.1
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
Total		2.37
Krško NPP - direct radiation at the fence of the Krško NPP	direct irradiation from the Krško NPP buildings	indeterminable
Krško NPP atmospheric releases* (at the fence of the Krško NPP)	<ul style="list-style-type: none"> - external dose (air immersion) - groundshine (I and Co isotopes, Cs-137) - inhalation (H-3, C-14) - ingestion (C-14) 	9.8E-7 5.9E-11 1.6E-5 1.0E-4
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	<ul style="list-style-type: none"> - reference group 350 m downstream from the NPP dam - adult in Brežice 	6.0 E-5 3.0 E-5
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	<ul style="list-style-type: none"> - external dose** - ingestion - inhalation 	< 0.04* 7E-4 9E-7

Copyright formalities:

All rights are reserved.

No part of this presentation may be disseminated, distributed, reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the author ©.

