

Monitorování obsahu tritia v povrchových vodách v okolí jaderné elektrárny Temelín

Eva Šindelková, CSc. (1),
Karel Zeman (2),
Mgr. Jiří Havránek (1)

(1) - RC SÚJB České Budějovice,
(2) – SÚRO Praha, pracoviště České Budějovice

Litomyšl, květen 2007

Monitorování okolí jaderných elektráren v ČR

Monitorování okolí jaderných elektráren v ČR se provádí na základě právních norem :

2. Atomový zákon č. 18/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů
3. Vyhláška o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů
4. Vyhláška o radiační monitorovací síti č. 319/2002 Sb. ve znění vyhlášky č. 27/2006 Sb.

Rozpracovaných do vnitřní dokumentace SÚJB – směrnic a metodických instrukcí:

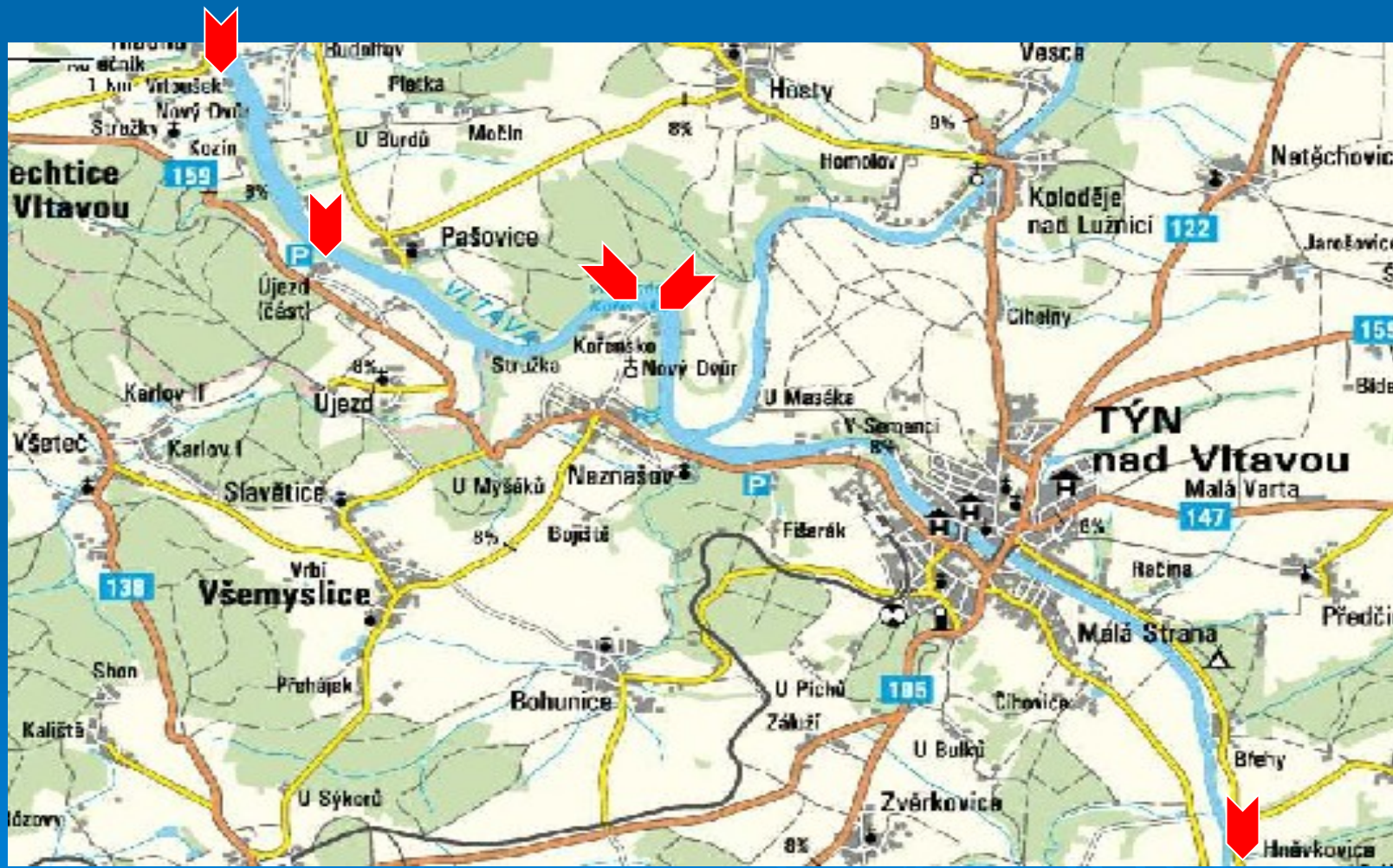
- VDS 052 – monitorování radiační situace v ČR
- VDMI 095 – program monitorování za normální radiační situace
- Metodiky odběrů , měření a vyhodnocení vzorků
- Zadávání výsledků do centrální databáze

Odběry vzorků

- Od ledna 2000 je sledováno šíření tritia v řece Vltavě pracovníky Regionálního centra (RC) SÚJB České Budějovice. Jedenkrát měsíčně byly odebírány bodové vzorky v místech Hněvkovice pravý břeh pod hrází a Kořensko levý břeh nad hrází, kde řeka Vltava ještě není ovlivněna kapalnými výpustmi JE Temelín, v Kořensku pod hrází (levý břeh) pod místem zaústění odpadního kanálu a na dalších odběrových místech po proudu řeky - Újezd a Hladná (obě lokality levý břeh). Výsledky monitorování obsahu tritia v toku řeky Vltavy byly uvedeny v přednáškách na konferencích v Hrotovicích 2005 a v Českých Budějovicích v roce 2006.
- V září 2005 bylo provedeno dvoudenní měření obsahu tritia ve vodě odebírané v profilu Újezd na levém břehu s hodinovým intervalem v denních hodinách a s dvouhodinovým intervalem v nočních. Výsledky tohoto měření v návaznosti na skutečně vypouštěné aktivity z kontrolních nádrží z JE Temelín byly prezentovány na konferenci DRO v Luhačovicích v roce 2006.
- Od února 2006 se zvýšila frekvence odběru vzorků pro měření obsahu tritia v lokalitách Kořensko pod hrází a Újezd (tedy ovlivněných výpustmi z JE Temelín) z původně měsíční na týdenní, při zachování měsíčních bodových vzorků v ostatních lokalitách.
- Odběry jsou prováděny na stálém místě, z hladiny 3 m od břehu pomocí odběrového teleskopického zařízení, avšak pohyb výšky hladiny ve vodní nádrži Orlík může ovlivnit místo odběru řádově o několik metrů.

Odběrová místa povrchových vod v okolí ETE – řeka Vltava - detail

(Hněvkovice, Kořensko, Újezd, Hladná)





Kořensko 3.5.2006

348,6 m.n.m.

Kořensko 18.4.2006

349,4 m.n.m.





Košensko 4.7.2006

349,8 m.n.m.

936 Bq/l

Košensko 29.5.2006

350,4 m.n.m.





Košensko 11.12.2006

346,3 m.n.m.

Košensko 27.11.2006

347,1 m.n.m.





Újezd 29.5.2006

Újezd 18.4.2006



FOTO 7, 8



Újezd 11.12.2006

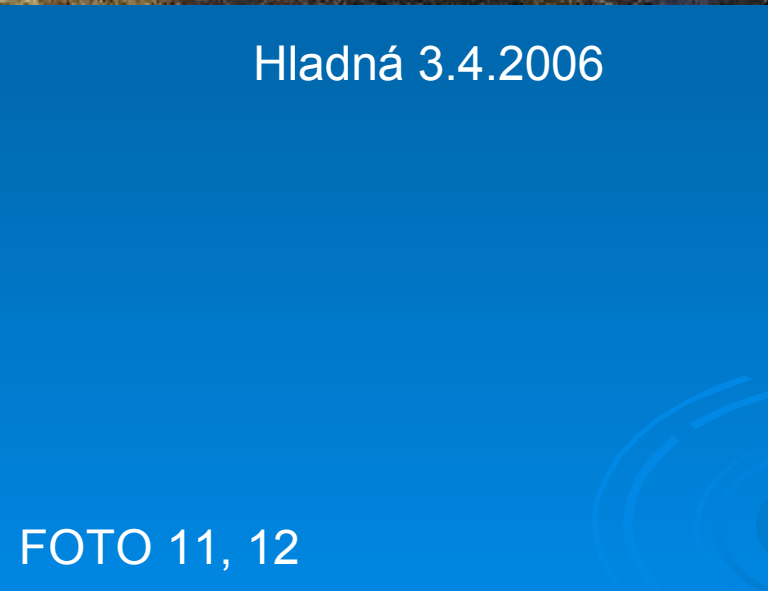
Újezd 4.7.2006



FOTO 9, 10



Hladná 3.5.2006



Hladná 3.4.2006





Hladná 19.12.2006

Hladná 4.7.2006



FOTO 13, 14

Metodika měření - Tritium

- Objemová aktivita tritia v povrchových vodách se měří podle vnitřní metodiky SÚJB - VDMI 070 v souladu s ČSN ISO 9698 (757635).
- K měření aktivity tritia je používán kapalinový scintilační spektrometr beta TriCarb od firmy Canberra Packard typ 2560 TR/XL nebo 3170 TR/SL , kyvety o objemu 20 ml, kapalný scintilátor Ultima gold LLT. Předestilované vzorky vod se míchají se scintilátorem v poměru 1:1 (10 +10 ml), měřicí časy jsou 1 až 10 hodin v závislosti na aktivitě vzorku.
- Vzorky jsou měřeny pracovníky SÚRO a SÚJB RC Brno, kam jsou v pravidelných měsíčních intervalech předávány po odběru z RC České Budějovice. Na pracovišti RC SÚJB Brno se provádí stanovení tritia v technologických vodách z JE Temelín (měsíční slévané vzorky vod z kontrolních nádrží, jejichž aktivita slouží k bilančním výpočtům), dále ve vodách z odpadního kanálu, kterým se kapalně vypustí uvolňují do životního prostředí (týdenní slévané vzorky) a ve vodách z vrtů v objektu JE. Způsob ředění kapalných vypustí je sledován na profilu řeky Vltava. Vliv tritia uvolněného v rámci plynných vypustí je sledován nepřímo, formou odběrů srážkových vod a měřením aktivity tritia ve vodách „nebeských rybníků“ v zóně havarijního plánování.

Výsledky měření

- Laboratoř radiační kontroly okolí (LRKO) ETE v Českých Budějovicích poskytla RC SÚJB České Budějovice data o vypouštění kontrolních nádrží v roce 2006, vypouštěných aktivitách a průtocích vodním dílem Kořensko.
- Objemová aktivita tritia ve vzorcích vody z odběrových míst Hněvkovice, Kořensko nad hrází byla vždy pod mezí detekce (2 Bq/l při době měření 600 minut), čímž je potvrzeno neovlivnění toku Vltavy nad výpustí odpadních vod z JE Temelín. Na ostatních odběrových místech kolísá aktivita tritia v závislosti na výpustech z JE Temelín, na průtoku vody ve Vltavě, na době odběru bodového vzorku. Výsledky měření obsahu tritia ve vodách z lokalit Kořensko pod hrází, Újezd a Hladná jsou uvedeny v následujících tabulkách a grafech, včetně vybraných výpočtů a srovnání vypočtených vypouštěných aktivit s naměřenými hodnotami.

Aktivity tritia (Bq/l) v povrchové vodě v Kořensku pod hrází a v Újezdě v týdenních vzorcích v roce 2006

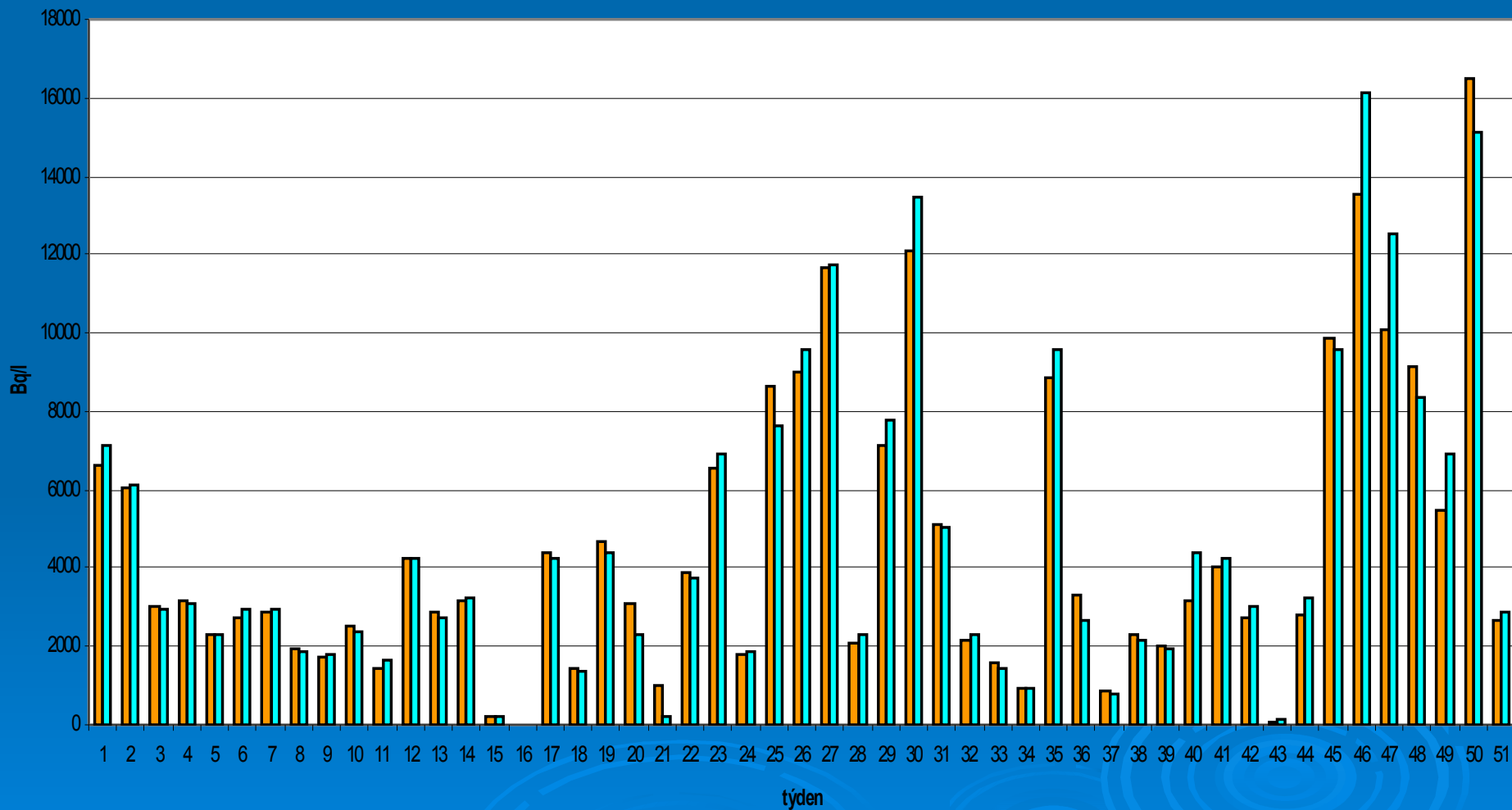
(ostatní hodnoty MDA; zeleně jsou označeny hodnoty, pro které byl proveden výpočet)

datum	Kořensko	Újezd	datum	Kořensko	Újezd
10.1.2006	19,2	3	7.8.2006	21,4	48,2
13.3.2006	14,8	28,4	21.8.2006	3,5	20,8
20.3.2006	10,7	93,7	4.9.2006	10,5	4,9
16.5.2006	25,0	3,5	11.9.2006	80,8	11,0
5.6.2006	202,0	3,5	18.9.2006	12,5	3,5
13.6.2006	86,3	7,8	9.10.2006	8,7	34,0
4.7.2006	935,7 foto	31,8 foto	6.11.2006	4,0	159,7
10.7.2006	93,3	3,5	14.11.2006	7,6	82,7
23.7.2006	255,5	3,5	21.11.2006	12,0	233,1
31.7.2006	3,5	44,5	27.11.2006	80,4 foto	108,7

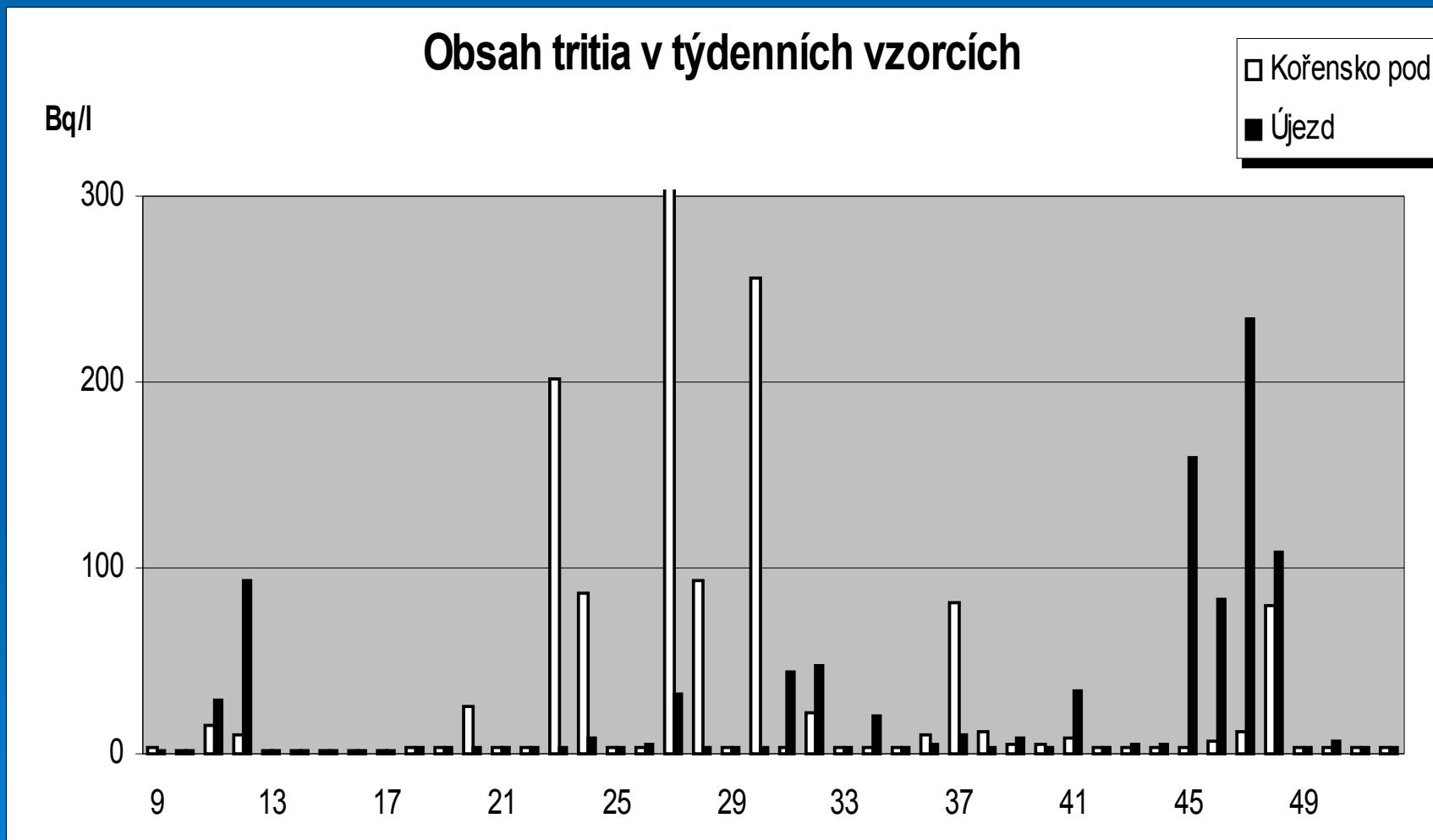
Průtoky (m³/s) vodním dílem Kořensko, denní průměry z desetiminutových průtoků v den odběru a konkrétní průtok v časech odběru

datum	čas odběru	průměr	celkem	jez	MVE
16.5.	10:54	49,16	51,23	0,25	50,98
5.6.	10:50	108,44	85,19	15,31	69,88
13.6.	14:55	65,43	69,17	0,28	68,89
4.7.	13:56	199,68	201,57	201,57	0
10.7.	11:43	140,95	147,12	76,88	70,24
23.7.	14:35	42,49	48,09	0	48,09
31.7.	9:42	82,74	91,65	68,4	23,25
7.8.	11:07	174,29	210,64	140,83	69,81
21.8.	17:53	67,67	76,49	6,43	70,06
4.9.	10:35	54,46	40,68	0,08	40,6
11.9.	10:40	26,31	25,2	0	25,2
18.9.	10:00	25,87	24,8	24,8	0
9.10.	10:46	29,39	26,81	0	26,81
6.11.	15:20	34,0	33,04	0	33,04
14.11.	10:28	30,14	29,46	0,19	29,27
21.11.	10:15	21,26	19,62	0	19,62
27.11.	12:00	22,23	24,2	0	24,2

Vypouštěné aktivity tritia v odpadním kanále ETE v roce 2006 (týdenní slévané vzorky)

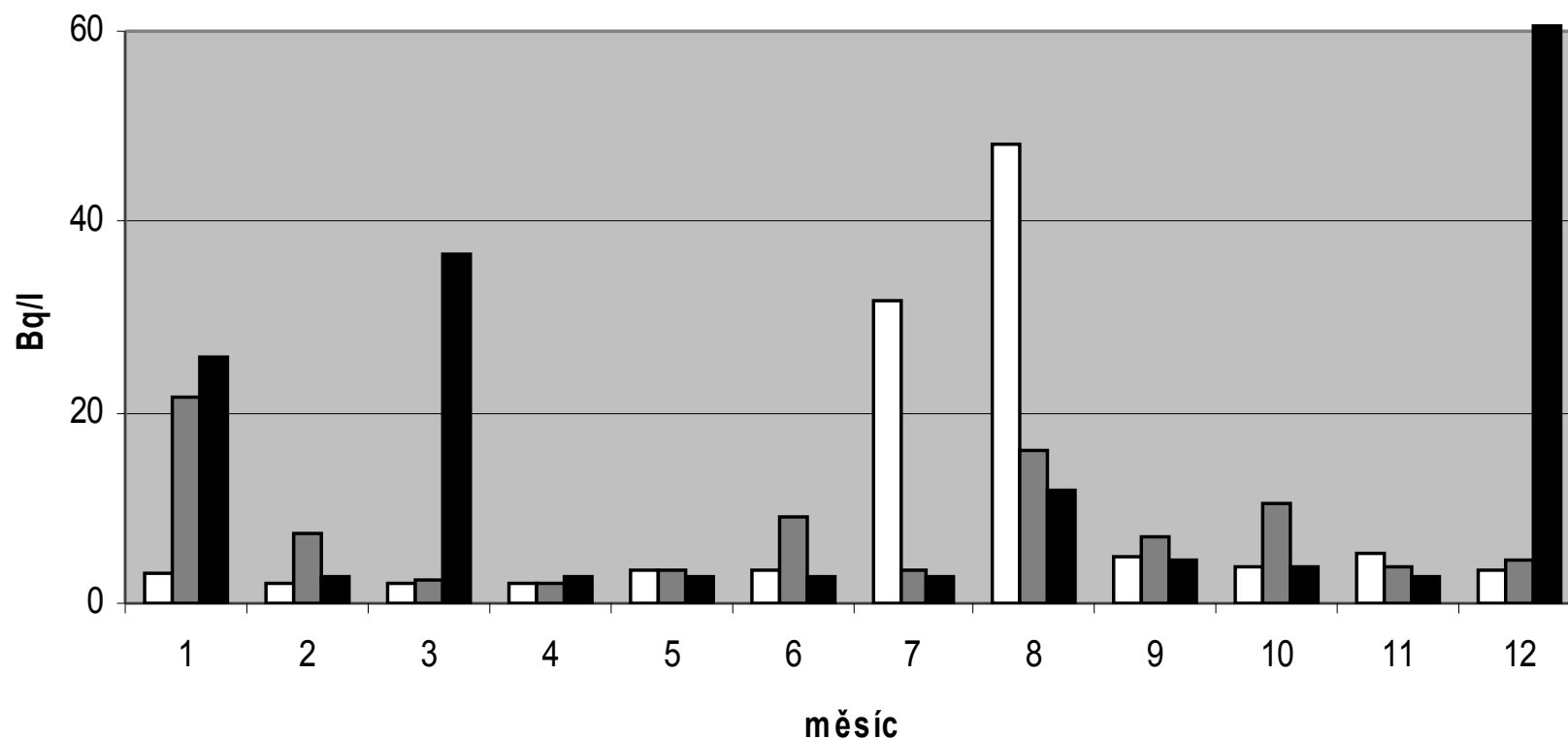


Výsledky měření obsahu tritia v týdenních bodových vzorcích vody z lokality Kořensko pod hrází a Újezd v roce 2006 (skutečná hodnota obsahu tritia v 27. týdnu z lokality Kořensko je 936 Bq/l)



Výsledky měření obsahu tritia v měsíčních bodových vzorcích vody z lokalit Újezd (bílá), Hladná (šedá) a Hladná LRKO (černá) v roce 2006 (skutečná hodnota obsahu tritia v 12. měsíci Hladná LRKO je 487 Bq/l – ze dne 12.12.)

Obsah H3 v povrchové vodě Vltava 2006



Předpoklady výpočtů

- Znalost vypouštěných objemů a aktivit, doby vypouštění a odpovídajících průtoků vodním dílem Kořensko
- Předpoklad rovnoměrné rychlosti vypouštění po celou dobu vypouštění dané nádrže
- Předpokládaná doba, za kterou aktivita „doteče“ do určitého místa odběru: (dle odhadu z měření provedených v roce 2005 pro vypouštění trvající cca 4 hodiny pro hladinu 348,5 m.n.m.)
 - pík aktivity v **Kořensku** pod hrází asi **4 hodiny** od ukončení vypouštění
 - pík aktivity v **Újezdě** za **8 až 10 hodin**
 - pík aktivity na **Hladné** za **19 až 24 hodin**
- Předpoklad rovnoměrného naředění v lokalitách Újezd a Hladná, v Kořensku pod hrází je odběrové místo v přílišné blízkosti zaústění odpadního kanálu v hrázi vodního díla a řeka se stáčí, mohou tudíž vznikat turbulentní vratné proudy, které budou ovlivňovat hodnoty aktivit v tomto odběrovém místě

TABULKA 3

Vypouštění před odběrem

objem m3	aktivita v nádrži Bq/l	začátek vypouštění	konec vypouštění	délka vypouštění	rychlost l/s	průtok m3/s	aktivita očekávaná
56	2344730	4.6. 5:10	4.6. 11:00	5h 50min	2,67	127,8	49 Bq/l
56	2145500	5.6 3:20	5.6. 9:17	5h 57min	2,6	120	46,4
56	612370	12.6. 21:57	13.6. 0:57	3h	5,2	80	39,8
56	1372920	13.6. 9:55	13.6. 12:55	3h	5,2	70	101,7
56	2918840	4.7. 2:45	4.7. 6:47	4h 2min	3,9	201,2	56,6
56	1664440	9.7. 14:05	9.7. 17:05	3h	5,2	139	62,3
5,8	269721	9.7. 17:06	9.7. 17:42	36min	2,7	139	5,2
56	3621820	22.7. 16:35	23.7. 1:46	9h 11min	1,7	46,7	131,4
5,7	838253	23.7. 1:52	23.7. 2:29	37min	2,57	38,25	56,3
56	3102810	23.7. 10:57	23.7. 19:20	8h 23min	1,86	47,14	122,1
56	1166930	6.8. 13:10	6.8. 16:09	3h	5,2	97,1	62,5
56	1191110	7.8. 1:40	7.8. 4:40	3h	5,2	97,1	63,6
52	1750110	8.11. 2:20	8.11. 7:46	5h 26min	2,66	29,92	155
56	832986	13.11. 13:25	13.11. 16:20	2h 55min	5,2	27	160,4
52	441284	13.11. 19:43	13.11. 22:43	3h	4,8	27,43	77,5
52	2915030	20.11. 12:57	20.11. 20:50	7h 53min	1,83	25,5	209,5
52	2960380	21.11. 1:25	21.11. 9:15	7h 50min	1,84	21,7	251,6
52	9458380	26.11. 14:47	27.11. 18:33	26h 46min	0,54	22,2	230

TABULKA 4

Aktivity očekávané a měřené

Datum odběru	Doba po ukončení vypouštění	Očekávaná aktivita (Bq/l)	Košensko (Bq/l)	Újezd (Bq/l)	Hladná (Bq/l)
5.6. 10:50	24h	49	202,1	3,5	9,1
	1,5h	46,4			
13.6. 14:55	14 h	39,8	86,3	7,8	
	2 h	101,7			
4.7. 13:56	7h	56,6	935,7	31,8	3,5
10.7. 11:43	18,5h	62,3	93,3	3,5	
	18h	5,2			
23.7. 14:35	13h	131,4	255,5	3,5	
	12h	56,3			
	5h do, 3h po začátku	122,1			
7.8. 11:07	19h	62,5	21,4	48,2	15,9
	6,5h (6,5h)	63,6 63,6			
8.11. 15:26	8h (8h)	155 155	4	159,7	
14.11. 10:28	18h	160,4	7,6	82,7	
	12h (12h)	77,5 77,5			
21.11. 10:15	13h (13h)	209,5 209,5	12	233,1	
	1h	251,6			
27.11. 12:00	6,5h do, 20h po zač.	230	80,4	108,7	

objem m3	aktivita v nádrži Bq/l	začátek vypouštění	konec vypouštění	délka vypouštění	rychlost l/s	průtok m3/s	aktivita očekávaná
52	5177320	10.12. 8:55	10.12. 16:13	7h 18min	1,98	27,12	378 Bq/l
56	1099320	10.12. 18:45	10.12. 21:50	3h 5min	5,05	24,58	226
52	5685600	11.12. 4:18	11.12. 13:05	8h 47min	1,64	? (25)	374
56	771794	11.12. 15:20	11.12. 18:24	3h 4min	5,07	? (25)	157
52	5470700	11.12. 18:41	12.12. 2:48	8h 7min	1,78	? (25)	389

Datum odběru	Doba po ukončení vypouštění	Očekávaná aktivita (Bq/l)	Hladná (Bq/l)
12.12. 10:00	42h	378	487
	36h	226	
	21h	374*	
	16h	157*	
	7h	389*	

* Neznámý průtok , předpokládáme 25 m3/s

Diskuze

- Z dat uvedených v tabulce 2 je zřejmé, že denní průměry průtoku a konkrétní průtok v čase odběru bodového vzorku se příliš neliší, značné rozdíly jsou v průtocích jezem a MVE. Průtok MVE kolísá od 0 do 71,46 m³/s, roční průměr je 37,3 m³/s. Celkový průtok je také značně variabilní (v dny našich odběrů byl od cca 20 do 200 m³/s), nikdy však neklesl pod 9,5 m³/s, což je garantovaný průtok pro povolení vypouštění.
- Odběry a měření bodových vzorků Hladná LRKO byly provedeny laboratoří radiační kontroly okolí JE Temelín, jedná se většinou o odběr v jiný den než vzorky odebírané RC SÚJB České Budějovice, proto jsou některé hodnoty v lokalitě Hladná a Hladná LRKO značně odlišné. Zajímavé jsou hodnoty za 7. a 8. měsíc v lokalitách Újezd a Hladná, kdy v Újezdě byly naměřeny hodnoty několikanásobně vyšší než na Hladné, což může být objasněno tím, že odběr byl uskutečněn v téměř totožných časech (rozdíl několika minut), zatímco aktivita od Újezdu do Hladné „doteče“ až po několika hodinách (11 až 14 hodin mezi Újezdem a Hladnou - viz předpoklad z měření v roce 2005).

Diskuze

➤ K tabulce 3:

- Na základě předpokladů uvedených výše byly vypočteny očekávané aktivity v řece při vypouštění určité nádrže, aktivity se pohybovaly od několika desítek do stovek Bq/l (maximum 390 Bq/l) pro námi sledované nádrže.
- Rychlost vypouštění je variabilní od cca 0,5 l/s do 5 l/s v závislosti na vypouštěných aktivitách v nádrži, délce vypouštění a na průtoku řekou.
- Minimální doba vypouštění byla cca 30 minut, maximální více než 26 hodin.

➤ K tabulce 4:

- Jsou porovnány aktivity vypočtené = očekávané dle tabulky 3 a skutečně naměřené s použitím dat o pohybu aktivity řekou (viz Hort a kol., 2005)
- Pro 5 hodnot v lokalitě Újezd (červeně zvýrazněno) je dosaženo velmi dobré shody mezi oběma aktivitami s využitím 8-10 hodinového zpoždění píku aktivity od konce vypouštění
- Pro Kořensko je jedna hodnota v dobré shodě, pro další hodnoty je třeba zvlášť posoudit případy, kdy je aktivita naměřená nižší než očekávaná, a na základě časových posunů se pokusit určit, zda hodnota odpovídá poklesu aktivity po ukončení vypouštění (4 případy - žluté zvýraznění), nebo druhý případ, kdy aktivita naměřená je několikrát vyšší než očekávaná (5.6., 4.7.!).

Diskuze

Vzhledem k tomu, že pracovníci RC SÚJB České Budějovice nemají přehled o vypouštěných aktivitách a době vypouštění odpadních vod z JE Temelín v době odběru vzorků povrchových vod z řeky Vltavy v lokalitách Kořensko pod hrází a Újezd a vzorky jsou odebírány bodově, není možné očekávat, že se podaří přesně sledovat průběh aktivity v řece Vltavě, popřípadě vliv konkrétně vypuštěné nádrže na obsah tritia v řece. Pro řešení takového úkolu by bylo třeba znát dobu vypouštění (jakož i vypouštěné aktivity, průtok vody Vltavou a rychlost vypouštění) před samotným vypouštěním a odběry pak přizpůsobit těmto znalostem. Dále by bylo třeba četnost odběrů zvýšit podobně, jak bylo prezentováno na DRO v Luhačovicích 2006. Také otázky spojené s místem, časem a způsobem odběru by bylo vhodné upřesnit, popřípadě dořešit a odběry standardizovat. Vzorky z lokalit Újezd a Hladná je možné považovat za charakterizující průtok vypouštěných aktivit z JE Temelín řekou Vltavou, neboť v těchto lokalitách je možné předpokládat dostatečné a téměř rovnoměrné promíchání vypouštěných vod s říční vodou. Tento předpoklad jistě není splněn v lokalitě Kořensko pod hrází. Bylo by vhodné při stanovení času odběru vzorků v jednotlivých lokalitách počítat s časovou prodlevou v závislosti na průtoku „aktivit“ řekou, což však není vždy snadno realizovatelné.

V neposlední řadě je také třeba brát v úvahu:

- změny ve výšce hladiny v Orlíku o více než 3 m, čímž se může změnit konkrétní místo odběru o desítku metrů
- v závislosti na průtoku (desetinásobné kolísání) se může měnit rychlost pohybu aktivity řekou
- rozdílnost toku u břehu a uprostřed řeky

Přes všechny výše zmíněné nedostatky a problémy je možné konstatovat, že shoda mezi výsledky vypočtenými a skutečně naměřenými hodnotami je nad očekávání dobrá.

Závěr

- ❖ Z prezentovaných dat vyplývá, že pro lokality Újezd a Hladná je možné dosáhnout dobré shody mezi aktivitami očekávanými a naměřenými i přes určité nedostatky v odběru vzorků a některá fakta, která nemůžeme ovlivnit.
- ❖ Domníváme se, že pokus o zpětné provázání dat o vypouštěných aktivitách, průtocích a naměřených hodnotách v bodových vzorcích je přínosem pro pochopení skutečností a prohloubení znalostí, týkajících se nejen šíření radionuklidů v životním prostředí, ať už je jejich původcem jaderná elektrárna, či jiný subjekt, ale také přispívajících k potvrzení faktu, že JE Temelín při svém provozu neporušuje zákonem stanovené limity vypouštění radionuklidů do životního prostředí a že tudíž neohrožuje kritickou skupinu obyvatelstva.

Literatura

- M. Hort a kol. Monitorování tritia ve Vltavě při vypouštění kontrolních nádrží ETE. XXVIII. dny radiační ochrany, Luhačovice, 2006.
- H. Bílková a kol. Radionuklidy v hydrosféře v okolí jaderných elektráren. Hrotovice, 2005.
- E. Šindelková a kol. Monitorování povrchových vod v okolí JE prováděné SÚJB. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, České Budějovice, 2006.

Děkujeme za pozornost.
Dotazy ?

Eva Šindelková, RC SÚJB České Budějovice
Karel Zeman, SÚRO Praha, pracoviště Č.Budějovice
Jiří Havránek, RC SÚJB Č.Budějovice