

**VÝZKUM POKROČILÝCH METOD DETEKCE,  
STANOVENÍ A NÁSLEDNÉ ZVLÁDNUTÍ  
RADIOAKTIVNÍ KONTAMINACE  
(METODIKY A DOPORUČENÍ  
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ)**

Ing. M. Bartusková, Ph.D. (SÚRO, v.v.i.), Ing. J. Hůlka (SÚRO, v.v.i.),  
Ing. J. Rosmus (SVÚ Praha), Ing. I. Malátová, CSc. (SÚRO, v.v.i.)

V roce 2015 dokončen projekt bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra ČR VF20102015014 „Výzkum pokročilých metod detekce, stanovení a následného zvládnutí radioaktivní kontaminace“,

V rámci projektu (oblast kontaminace hospodářských zvířat) byla zpracovávána 3 témata:

- **Metodika pro systém odběrů vzorků zemědělských/potravinářských produktů z hlediska radioaktivní kontaminace po radiační mimořádné události, včetně sběru kritických informací pro navržení opatření**
- **Doporučení ke snížení obsahu radionuklidů ve zvířatech a v živočišných produktech**
- **Metodika pro likvidaci odpadů ze živočišné výroby v případě radiační mimořádné události**

**METODIKA PRO SYSTÉM ODBĚRŮ VZORKŮ  
ZEMĚDĚLSKÝCH/POTRAVINÁŘSKÝCH PRODUKTŮ  
Z HLEDISKA RADIOAKTIVNÍ KONTAMINACE PO  
RADIČNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI, VČETNĚ SBĚRU  
KRITICKÝCH INFORMACÍ PRO NAVRŽENÍ OPATŘENÍ**

Podle míry kontaminace – tři hlavní typy kontaminovaných oblastí z hlediska managementu zacházení s hospodářskými zvířaty:

**Oblast I** - území, kde oprávněně *dojde k evakuaci osob* (a potrvá minimálně několik dní) !

**Oblast II** - území, kde bude:

- *možný pobyt osob* (byť i dočasný, může však dojít následně k přesídlení), avšak
- *potraviny/zvířata s vysokou pravděpodobností přesáhnou nejvyšší přípustné úroveň radioaktivní kontaminace*, nebude možné je uvést na trh (do spotřeby) a bude nutné také přistoupit k likvidaci potravin, eventuálně některých zvířat

**Oblast III** - území, kde:

- *není důvodu k omezení pobytu osob*, ale
- *mohlo dojít nebo došlo místně ke kontaminaci potravin a hospodářských zvířat* v rozsahu, který neumožní uvolnění na trh (je překročena nejvyšší přípustná úroveň radioaktivní kontaminace potravin).

**Oblasti jsou vymezeny referenčními hodnotami radioaktivního spadu a dávkového příkonu**

## Strategie monitorování:

- kontaminace nejprve teoreticky predikována modely na základě odhadů uvolněného množství radionuklidů, meteorologických podmínek (směr a síla větru, déšť atd.)
- primárně za pomoci LeS získat údaje z co největšího území, minimálně ze ZHP. Zde je nutno brát v úvahu technická a fyzikální omezení HPGe detektoru
- souběžně či bezprostředně následně využít i monitorování MS – zejména na hranicích predikované zasažené oblasti (na základě SW)
- ve třetím sledu následuje analýza odebraných vzorků LS, přičemž omezeně z oblasti II., na hranicích oblasti II. a III. a dále v oblasti III.



## Vzorkování a měření

### Zajištění vzorkování:

- primárně inspektoři SVS ČR (živočišné komodity), SZPI (rostlinné komodity) a UKZÚZ (krmiva, krmné suroviny). Očekává se, že inspektoři budou vstupovat jen do neevakuované oblasti, vzorky s aktivitami cca jednotek – desítek kBq/kg. (tj. nebudou vstupovat do kontaminované evakuované oblasti)

### Doprava:

- vozidla SVÚ s možností chlazení

### Odběry:

- systém SVÚ: asi **1000/ vzorků na den** (cca 50 vzorků/inspektora a den)

### Měření:

- SVÚ, laboratoře:
  - Praha - 3 trasy, 4 týmy – při MDA = 100 Bq/kg kapacita asi **600 vzorků za 24 h**
  - Olomouc – 1 trasa, pouze 1 směna - při MDA = 100 Bq/kg kapacita asi **200 vzorků za 24 h**
- V případě volné kapacity laboratoře SÚRO (Praha, Ostrava, Hradec Králové, České Budějovice) a SÚJB RC (Brno) – asi **1000 vzorků za den**

**SNÍŽENÍ OBSAHU RADIONUKLIDŮ  
VE ZVÍŘATECH A V ŽIVOČIŠNÝCH PRODUKTECH**

## *Dávka pro nekrytá zvířata v průběhu prvního týdne v oblasti asi 5 km kolem jaderné elektrárny:*

V zóně havarijního plánování - nepředpokládá se, že by došlo k takovému ozáření zvířat, které by nutně mělo vést k jejich likvidaci, jde jen o otázku ekonomickou

Snaha zabránit nebo zmírnit kontaminaci hospodářských zvířat a krmiv radionuklidy. Tím účinnější, čím dříve jsou realizována.

Zajistit:

- ochranu před vnějším ozářením a vnitřní kontaminací (ukrytí zvířat)
- zajištění potřebného množství nezávadného krmiva a vody pro přežití
- nezbytnou ošetrovatelskou péči
- kontrolu zdravotního stavu včetně případného ošetření
- v nutných případech může být rozhodnuto i o utracení a likvidaci zvířat

V případě, že se na území ZHP nachází chovatelsky významný chov, je nutné provést jeho přemístění do náhradních prostor nebo na volné pastviny mimo ZHP.



# Opatření ke snížení kontaminace zvířat a živočišných produktů

## a) prováděná přímo u zvířete

- dekontaminace povrchové kontaminace zvířat
- snížení ingesce kontaminovaného krmiva změnou krmného režimu (využití náhradních plodin)
- snížení přestupu radionuklidu ve střevech (některá aditiva, v některých zemích EU problém)
- snížení existující vnitřní kontaminace zvířat, dosaženou krmením zvířat nekontaminovaným krmivem anebo krmivem s nízkým obsahem radionuklidů určitou dobu před porážkou
- odložení doby porážky pro snížení aktivity radionuklidu v živočišných produktech, s ujištěním se, že aktivita masa je pod limitními hodnotami

## b) prováděná s produkty živočišné výroby

- využití potravinářských technologií

## a) Opatření pro snížení koncentrace radionuklidů, prováděná přímo u zvířete

### 1) Měření živých zvířat

Opatření	Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty
Měření živých zvířat	Roztřídit zvířata podle míry kontaminace, rozhodnout, která možno porazit a která nutno nejprve dekontaminovat	Cs (RN gama)	Závisí na míře kontaminace	Závisí na vybavenosti jatek, mlékáren, zemědělců detektory	Nelze rozlišit vnější a vnitřní kontaminaci v první fázi po havárii (přítomnost I, Te, Cs, Ru) V ČR prozatím nezavedeno, zatím vypracovány obecné metodiky, na zavedení se pracuje



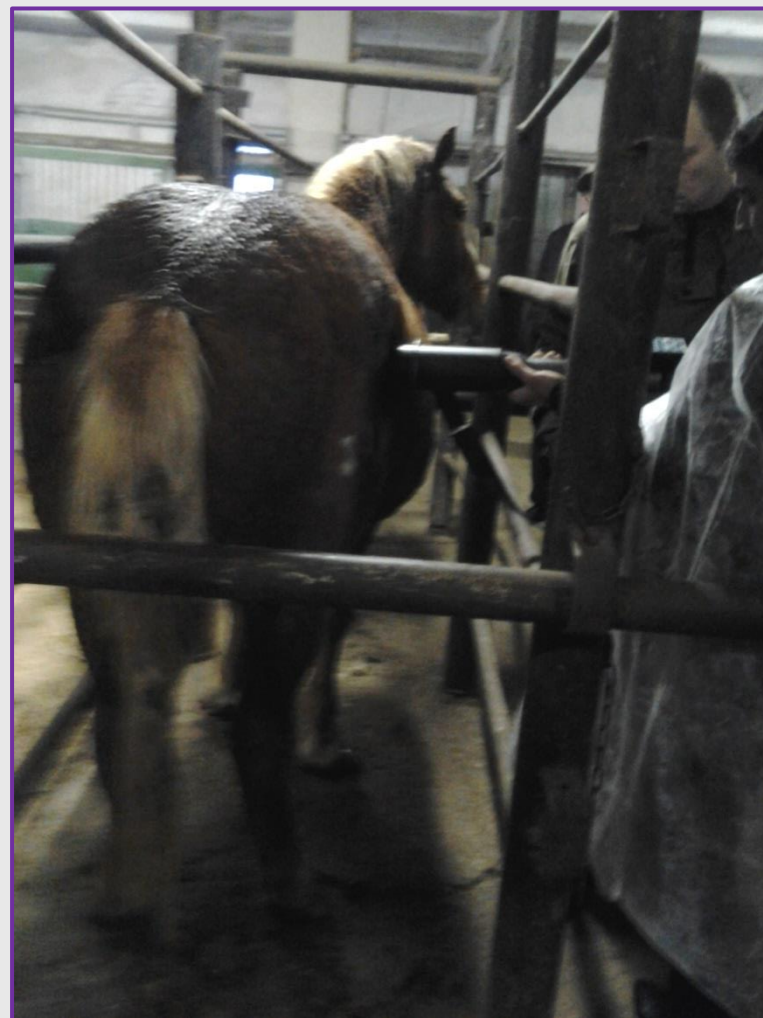
#### Příklady používaných přístrojů pro měření zvířat za živa

Bartusková, M. – praktická část IAEA TC Project RER/9/137 - Regional training course in the application, the use and the maintenance of field survey instruments, Gomel, Bělorusko, 2017



### **Měření aktivity cesia u živých krav a ovcí**

(Brynildsen, L. I. and Strand P.: A Rapid Method for the Determination of Radioactive Caesium in Live Animals and Carcasses, and its Practical Application in Norway after the Chernobyl Nuclear Reactor Accident, Acta vet. Scand. 1994, 35, 401 – 408)



### **Měření aktivity u živých koní**

Bartusková, M. – praktická část IAEA TC Project RER/9/137 - Regional training course in the application, the use and the maintenance of field survey instruments, Gomel, Bělorusko, 2017

## 2) Krmení čistým krmivem

Opatření	Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty
Krmení čistým krmivem	Zabránění nebo snížení aktivit radionuklidů (nepřidáváním dalších RN zvířeti s krmivem)	Všechny RN	Velmi účinné jednoduché	<p>Nutná dostatečná zásoba nekontaminovaného krmiva</p> <p>Skot:                      - 5 až 6 kg sena nebo 4 až 5 kg sena s 1 až 2 kg koncentrátů,                      - 20 až 30 litrů vody</p> <p>Ovce a kozy:                      - 0,5 až 1 kg sena,                      - 4 až 5 l vody,</p> <p>Prasata:                      - 2 až 3 kg koncentrátů,                      - 6 až 8 l vody.</p>	v případě dovozu nekontaminovaného krmiva náklady s dopravou a následným uložením krmiva tak, aby se nekontaminovalo dodatečně veřejností přijímáno dobře

Nejvyšší úrovně obsahu radionuklidů v krmivu <sup>(1)</sup>, stanovené v japonských právních předpisech od dubna 2012 dosud (Prováděcí nařízení komise (EU) č. 996/2012), (Prováděcí nařízení komise (EU) č. 322/2014)

Ukazatel	Nejvyšší úrovně [Bq/kg]			
	Krmivo určené pro			
	Skot a koně	prasata	drůbež	Krmivo pro ryby <sup>(3)</sup>
Suma <sup>134</sup> Cs a <sup>137</sup> Cs	100 <sup>(2)</sup>	80 <sup>(2)</sup>	160 <sup>(2)</sup>	40 <sup>(2)</sup>

**Pozn.:**

<sup>(1)</sup> Nejvyšší přípustná úroveň se vztahuje na krmivo s 12 % -ním obsahem vlhkosti

<sup>(2)</sup> Pro zajištění souladu s nejvyššími úrovněmi uplatňovanými v dané době v Japonsku, nahradila tato hodnota dočasně hodnotu stanovenou v nařízení Rady (Euratom) 770/90

<sup>(3)</sup> S výjimkou krmiv pro okrasné ryby

### 3) Optimalizace použití kontaminované píče v kombinaci s dekontaminací

Opatření	Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty
Optimalizace použití kontaminované píče v kombinaci s dekontaminací	Krmení krmivem nepřekračujícím limitní hodnoty	Krátko a střednědobé radionuklidy (Cs)	Závisí na kontaminaci (množství, fyz. i chem. forma kontaminantu) Na době sklizně (1., 2. seč, možnost odložení sklizně ...) Nutná dostatečně dlouho doba pro pokles obsahu RN	nevhodné pro dlouhodobé radionuklidy (Am, Pu) pravděpodobně nutné kompenzace zemědělcům za použití výpěstků pro lidi na krmení pro zvířata	vznik kontaminovaných výkalů možná změna chuti a vzhledu živočišných produktů změnou krmiva možný odpor veřejnosti proti krmení výpěstky původně určenými pro lidi

Dočasné krmení mladého dobytka před zabřeznutím a dobytka nepoužívaného pro produkci mléka kontaminovaným krmivem. Nějakou dobu před porážkou dobytek dekontaminován změnou složení krmiva.

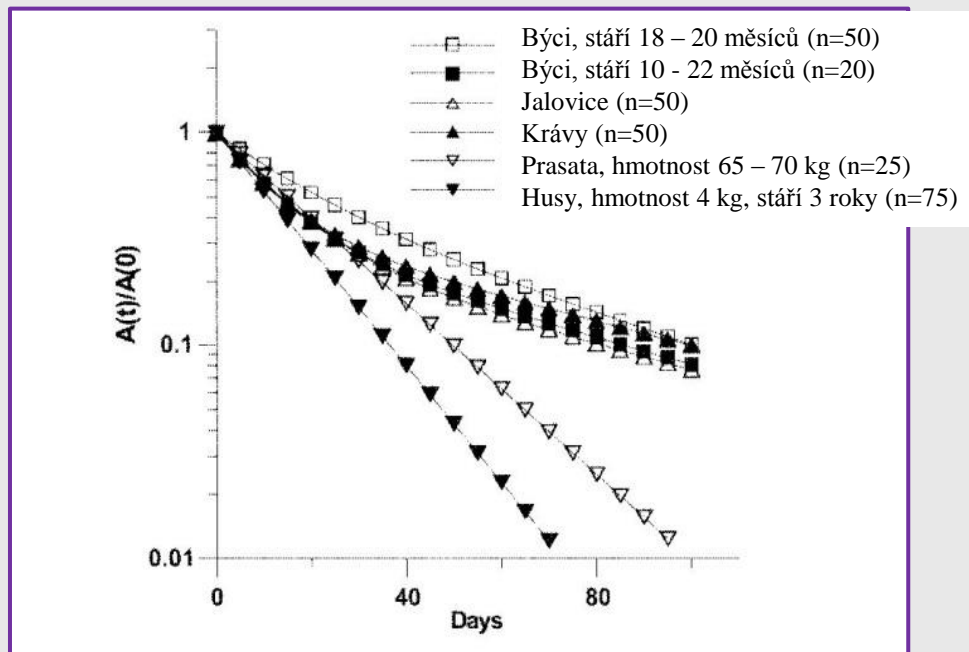
Pokles aktivity radionuklidu v čase - předpovězen pomocí modelů anebo na základě dříve reálně pozorovaných případů. Bude se řídit biologickým poločasem radionuklidu v dané tkáni zvířete.

**Biologický poločas,  $T_{1/2}^b$**  = pokles koncentrace radionuklidu v živočišných produktech (maso, mléko, vejčička anebo i jiné tkáně, např. vnitřnosti) po převedení zvířete na nekontaminované krmivo. Doba potřebná k tomu, aby obsah radionuklidu ve tkáni poklesl na polovinu, s vyloučením fyzikálního poločasu. Poměr mezi příjmem a ztrátou radionuklidu je různý pro různé tkáně i pro různé druhy zvířat.

Toto opatření je neúčinnější pro radionuklidy s krátkým biologickým poločasem v maso a ostatních tkáních, jako je radiocesium.

#### 4) Odložení času porážky

Opatření	Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty
Odložení času porážky	Vyčkání poklesu množství radionuklidu v těle zvířete	Krátko a střednědobé radionuklidy (Cs)	Účinnost proměnlivá: snížení v Norsku : 3 – 4 x, v bývalém SSSR: 1,5 – 4 x.	Závisí na počtu zvířat na farmě, jejich delší ošetřování může přinést logistické těžkosti	Prodloužení pasení může přinést změny v hospodaření s krajinou, tedy i možnou větší potřebu lidských zdrojů.

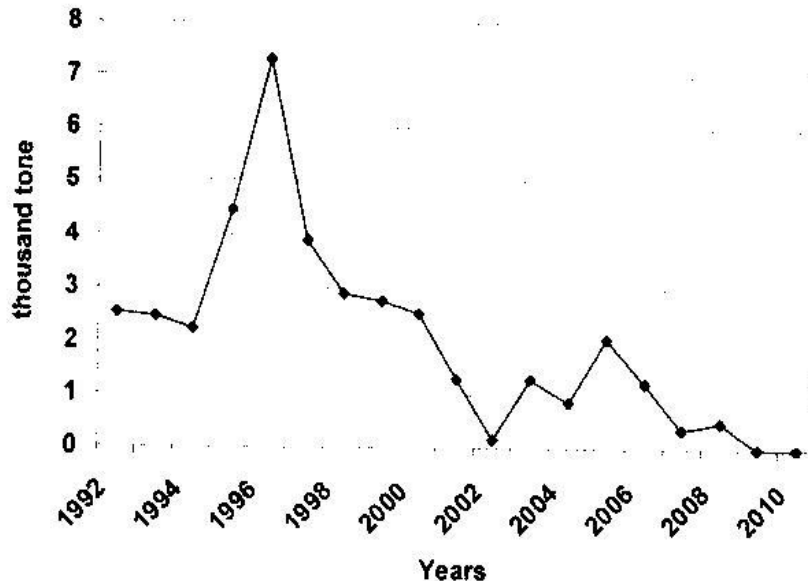


## 5) Příklad přídavek vazebných aditiv do krmiva

pro *radiocesium* jsou to vychytávače, které v sobě zachytí cesium ve střevě před tím, než se může rozptýlit do těla. Tato aditiva jsou nejčastěji používána u zvířat, která už kontaminována byla. Některé z těchto sloučenin mají velký účinek, a proto byly široce použity po černobylské havárii.

Ferrokyanidy:

- AFCF - hexakynoželeznatan amonno-železitý,  $\text{NH}_3\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$
- Berlínská (pruská) modř - hexakynoželeznatan tetraželezitý,  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ,



**Množství Berlínské modři podávané na Ukrajině s krmivem v letech 1992 – 2010**

(Lashparov a kol., v tisku)

Opatření	Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty	
Přídavek vazebných aditiv do krmiva	Berlínská modř – většinou ve formě AFCF ( <i>AFCF – hexakynoželeznatán amonno-železitý</i> )					
	AFCF ve formě prášku, pelet	Zachycení Cs ve střevě zvířete, před jeho vstřebáním a rozptýlením se do těla	Cs	Vysoce efektivní, stačí podat malé množství	Drahá výroba a tedy i aplikace	Nemá nepříznivé účinky na člověka ani zvířata  Dle legislativy ČR lze podávat
	AFCF ve formě boli			Velmi účinné, pomalé a dlouhodobé uvolňování do organismu zvířete  Snížení obsahu RN 2 – 5 x.	Nelze aplikovat u zvířat s jedním žaludkem (prasata)  Neexistuje firma pro komerční výrobu boli	Veřejností přijímáno dobře
	Solný liz s AFCF			Snížení obsahu RN asi 2 x Velmi individuální podle potřeby přijímat liz	Pro výrobu je možno využít firmy vyrábějící běžný liz, i když budou vyšší náklady	



Opatření	Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty	
<b>Přírodní sorbenty</b>						
Přídavek vazebných aditiv do krmiva	obecně	Zachycení Cs ve střevě zvířete, před jeho vstřebáním a rozptýlením se do těla	Cs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Z experimentů doporučené dávkování 0,5 g/kg/den – sníží množství radionuklidu 2 x.</li> <li>- Maximální dávkování 1 – 2 g/kg/den – sníží množství radionuklidu asi 5 x, ale má už vedlejší účinky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Používány v průmyslových aplikacích – jsou tedy levně dostupné</li> <li>- Bude potřebná určitě doba na přivyknutí si zvířete na změnu krmiva</li> <li>- Nepraktické pro volně se pasoucí dobytek</li> </ul>	Pokud se použije větší množství přídavku, může dojít k poklesu až nedostatku množství základních stavebních prvků v těle zvířete
	bentonit				Maximální povolená obsah je 20 000 mg/kg ČR jsou ložiska, levný	
	Vermikulit				Bez časového i množstvího omezení	
	Zeolity (např. clinoptilolit)				Dobře použitelný jen v omezeném dávkování	Může dojít k přesycení organismu sodíkem



## Různé typy aditiv, připravované v Bělorusku

(Bartusková, M. – praktická část IAEA TC Project RER/9/137 - Regional training course in the application, the use and the maintenance of field survey instruments, Gomel, Bělorusko, 2017)

pro *stroncium* se používá zvýšení příjmu konkurenčního prvku, vápníku, protože tím se ve střevě sníží přestup radiostroncia. V tomto případě účinnost a dekontaminační poměr závisí na rozsahu navázání případně konkurence, i na biologickém poločase.

Zvýšení příjmu vápníku může být realizováno:

- přimícháním vápníku do denní krmné dávky
- krmení peletovanými koncentráty se zvýšeným obsahem vápníku
- krmení složkami, které přirozeně obsahují zvýšené množství vápníku, např. luštěninami
- Zvýšení příjmu vápníku bylo použito ve velkém rozsahu po havárii v Kyštymu v bývalém SSSR.

**Efektivita opatření:** Zdvojnásobení příjmu vápníku vede ke dvojnásobnému snížení přestupu radiostroncia do mléka,

Opatření		Cíl	Vhodné pro radionuklid	Účinnost	Uskutečnitelnost a nákladnost	Omezení, vedlejší účinky, sociální aspekty
Přídavek chemického ekvivalentu radionuklidu	Zvýšení denní dávky vápníku	Zvýšení příjmu vápníku sníží příjem stroncia	Sr	Zvýší-li se příjem vápníku na dvojnásobek, sníží se 2 x příjem stroncia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Snadno dostupné preparáty</li> <li>- Není možné pro volně se pasoucí dobytek</li> </ul>	Nesmí se dlouhodobě překročit doporučené denní dávky (1 – 2 % příjmu sušiny)
	Přídavek alginátů	Obecně navazují těžké kovy, alginát sodný se váže ve střevech se stronciem		Snížení přestupu Sr do mléka 1,5 – 1,7 x.	Vyrábějí se z řas, jsou ve vnitrozemí dražší, stálý výzkum pro určení nejvhodnější formy	Bez časového a množstvího omezení

Opatření pro snížení koncentrace radionuklidů,  
prováděná s produkty živočišné výroby

*1) Mléko a mléčné výrobky*

**Mléko s obsahem radionuklidů**

```
graph TD; A[Mléko s obsahem radionuklidů] --> B[Vodná fáze  
(odstředěné mléko,  
podmáslí, syrovátka)  
Přechází Cs]; A --> C[Proteiny, kasein (Ca)  
(odtučněné mléko,  
nízkotučný sýr)  
Přechází Sr]; A --> D[Tuk  
(máslo, smetana, sýr Cottage,  
tvrdý přírodní sýr, sýr Feta)  
Přechází jen minimum  
radionuklidů];
```

***Vodná fáze***

(odstředěné mléko,  
podmáslí, syrovátka)

**Přechází Cs**

***Proteiny, kasein (Ca)***

(odtučněné mléko,  
nízkotučný sýr)

**Přechází Sr**

***Tuk***

(máslo, smetana, sýr Cottage,  
tvrdý přírodní sýr, sýr Feta)

**Přechází jen minimum  
radionuklidů**

## Opatření pro snížení obsahu radionuklidů v mléce

Opatření	Princip	Účinnost	Vhodné pro	Výhody	Nevýhody
Skladování (lednice nebo mrazicí boxy anebo kondenzování/sušení)	Počkání na snížení obsahu RN díky jejich přirozenému fyzikálnímu rozpadu	$^{131}\text{I}$ – skladování 2 měsíce – snížení obsahu RN až o 99 % $^{90}\text{Sr}$ – vhodné jen pro sušené mléko a některé dlouhozrající sýry	Především pro krátkodobé ( $^{131}\text{I}$ ), omezeně i pro střednědobé RN ( $^{90}\text{Sr}$ )	Vhodné zejména pro jogurty a dlouhozrající sýry	Při vyšších aktivitách původního mléka (cca kBq) pozorován pokles aktivity mikroflory
Oddělování	Přestup RN do různých složek mléčných výrobků, podle jejich chemické podobnosti	<u>Do smetany přechází:</u> 4% $^{131}\text{I}$ 3% $^{134}\text{Cs}$ 3% $^{137}\text{Cs}$ <u>Do másla přechází:</u> 1 – 3,5 % radionuklidů <u>Do sýra přechází:</u> při koagulaci syřidlem: 80 – 85 % Sr při kyselém srážení: asi 10 % $^{90}\text{Sr}$ asi 30 % $^{131}\text{I}$ asi 18 % $^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$ $^{131}\text{I}$ $^{137}\text{Cs}$		

Opatření	Princip	Účinnost	Vhodné pro	Výhody	Nevýhody
Iontová výměna	Záměna iontů radionuklidů mezi živočišným produktem a iontoměničem	Snížení obsahu pro: $^{90}\text{Sr}$ : 90 – 95 % $^{137}\text{Cs}$ : 60 % $^{131}\text{I}$ : 99 %	$^{90}\text{Sr}$ $^{131}\text{I}$ $^{137}\text{Cs}$		Malé změny v chuti a struktuře mléka Je nutno použít vhodný iontoměnič pro příslušný radionuklid
Membránové procesy	<u>Elektrodialýza</u> – úprava obsahu iontů radionuklidu při průchodu elektrického proudu  <u>Ultrafiltrace</u> – protlačování vzorku přes membrány	<u>Elektrodialýza</u> – snížení obsahu RN pro $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ okolo 90 %  <u>Ultrafiltrace</u> : o něco nižší než pro iontové výměně, lze s ní s výhodou kombinovat – při kombinaci snížení obsahu $^{137}\text{Cs}$ na méně než 0,3 %.		Nejsou změněny senzorycké a nutriční vlastnosti	Objeví se lehce nahořklá příchut' kvůli vyššímu obsahu vápníku

## 2) Maso a masné produkty

- Pro snižování obsahů radionuklidů v mase jsou důležitější opatření přímo u zvířete, následná opatření při zpracování masa a masných produktů nejsou příliš účinná.
- Vařením masa se obsah  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  sníží zhruba na polovinu, obdobné účinnosti byly zaznamenány pro  $^{137}\text{Cs}$  při smažení, pečení nebo grilování masa, při mikrovlnném vaření a při konzervaci na mokro (viz Retenční faktory procesu zpracování ( $F_r$ ) a účinnost procesu zpracování ( $P_e$ ) pro maso (IAEA TRS 427, 2010)



**METODIKA PRO LIKVIDACI ODPADŮ  
ZE ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY  
V PŘÍPADĚ RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI**

## Odhad množství, které by bylo nutné zlikvidovat v případě radioaktivní kontaminace území jednoho kraje:

- asi desetitisíce krav (resp. deseti až statisíce prasat) - objemově představuje jednotky tisíc (resp. desetitisíce) m<sup>3</sup> kontaminovaného masa.

**Objem kontaminovaných zvířat podstatně menší než objem kontaminovaných zemědělských plodin.**

Otázka likvidace zvířat řešena spíše z ekonomického hlediska, zvířata sama s největší pravděpodobností neobdrží takové dávky záření, aby onemocněla akutní nemocí z ozáření. Jejich maso a živočišné produkty pravděpodobně nebudou prodejné, budou veřejností odmítány.

Samotná likvidace kadáverů zvířat se provede v součinnosti SVS ČR s IZS (AČR). Likvidace bude provedena buď:

- zpracováním v určeném Asanačním podniku nebo
- zahrabáním kadáverů ve schváleném zahrabovišti.

*Významné je i množství odpadních produktů hospodářských zvířat, kde také lze očekávat zvýšené obsahy radionuklidů.*

- produkci pevných výkalů od 1DJ (kráva) odhad **9,0 t/DJ/rok**
- pro produkci moči **5,1 t/DJ/rok.**

## Způsoby likvidace kontaminovaného masa

Opatření	Princip	Zmenšení objemu	Výhody	Omezení
Likvidace v kafilérii a uložení vzniklé masokostní moučky	Zpracování zvířecích kadáverů a dalšího odpadu při teplotě do 130 °C	Asi 50 % původního objemu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nízká teplota, nedochází tedy k vytěkání Cs</li> <li>- Lze využít již existující provozy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Provozovány soukromými firmami – za havárie ale stát může nařídit</li> <li>- Vyšší cena (2 ks dobytka asi 10 – 20 tisíc Kč)</li> </ul>
Spálení vzniklé masokostní moučky	Spálení při teplotách cca 900 – 950 °C S výhodou lze využít jako návazné na předchozí opatření	Asi 10 % původního objemu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Další zmenšení objemu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Těká Cs, tedy nutnost jeho záchytu</li> <li>- Není v ČR zavedena, spalovny nemají zažité tyto postupy – nutno je předem kontaktovat a proškolit v zacházení</li> <li>- Nutnost zaplatit spalovnám (zřejmě se nevyplatí)</li> <li>- Aktivita výstupního odpadu pro uvedení do ŽP omezena hodnotami z Vyhlášky č. 307/2002 Sb., v platném znění</li> </ul>
Uložení (zahrabání) zvířat		Není. (je pouze asi 2 x větší než při likvidaci v kafilériích, není tedy výrazně vyšší)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Není třeba přemísťovat materiál ke kafilériím či spalovnám</li> <li>- Kapacita téměř dle potřeby (odhad plochy potřebné pro 1 kraj je 10 x 10 x desítky m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neexistují zahraboviště – vyhlášeje KVS</li> <li>- Nutno dbát na zamezení vstupu RN do spodních vod a do potraviního řetězce</li> </ul>

## Způsoby likvidace kontaminovaného mléka

Opatření	Proces	Vhodné pro	Výhody	Nevýhody
Zpracování a skladování mléčných produktů a následná likvidace	Sušení	$^{131}\text{I}$	Sušením mléka se sníží objem asi na 1/10	- Kontaminace odparek - Zakoncentrování aktivity
		Ostatní radionuklidy		Asi se nevyplatí, příliš dlouhé skladování
	Jiné procesy (odstředění, srážení)			Spíše ekonomicky nevýhodné
Hnojení mlékem nebo syrovátkou	Rozlití mléka přímo na půdu		- Levné - Snadno realizovatelné	- Chybí podrobná znalost dopadů na ŽP – vnášení RN i ostatních prvků do půdy a tím změna jejího složení a chemismu (Ca v mléce) – změna celého biotopu
Vylití mléka do kanalizace nebo vodoteče			- Závisí na parametrech a kapacitě čističek odpadních vod - Levné - Snadno realizovatelné	- Chybí podrobná znalost dopadů na ŽP – vnášení RN i ostatních prvků do povrchových a zprostředkovaně možno i do spodních vod – změna celého biotopu

**DĚKUJEME  
ZA POZORNOST!**