

**MOŽNOST VELMI RYCHLÉHO  
SEMIKVANTITATIVNÍHO ODHADU  
VYSOKÉ KONTAMINACE VODY A ŽIVOTNÍHO  
PROSTŘEDÍ ALFA-RADIONUKLIDY**

**– MĚŘENÍ IN SITU**

**Jiří Hůlka, Irena Malátová**  
***Státní ústav radiační ochrany***  
***Praha***

# Předpokládané scénáře pro potřebu rychlých metod $\alpha/\beta$

**pracoviště s  $\alpha/\beta$  nuklidy** (po nějaké mimořádné události) - inventář radionuklidů zpravidla dobře zdokumentován, tj. je známo nuklid a pracovní proces)

**použití „dirty bomb“** (zde se ovšem očekával spíše psychologický efekt než skutečné významné ozáření)

**havárie JEZ** ( $\alpha/\beta$  -spíše doplňková informace, dojde k dominantnímu uvolnění dobře stanovitelných radionuklidů emitujících gama a ty budou dominantní z hlediska expozice osob)

# Událost (Po-210, Litviněňko)

celkem nečekaně ukázala, že:

- mohou být použity neobvyklé zářiče (zvláště, když se do toho vloží patrně tajné služby),
- může dojít k akutnímu vnitřnímu ozáření (téměř čistým alfa nuklidem),
- který (např. Po-210) nemusí být zachytitelný jinak než detekcí alfa (tj. ne prostřednictvím gama) a to i při aktivitách způsobujících dávku na úrovni deterministických účinků

*Např. Po-210 při aktivitě, která je akutně radiotoxická (100 MBq tj. 0,6  $\mu$ g  $^{210}\text{Po}$  odpovídá dávce při ingesi řádově jednotky Gy), kvůli velmi slabému zastoupení gama linie 803 keV ( $10^{-5}$ ), způsobí dávkový příkon gama v 1 m asi 0,14 nGy/h, v 10 cm asi 14 nGy/h, což je na běžném přírodním pozadí 50-100 nGy/h prakticky neměřitelné.*

**Proto rychlé  $\alpha/\beta$  .....pro měření in situ**

# Potřeba velmi rychlé screeningové metody pro měření in situ a vysoké aktivity (kBq/kg-MBq/kg)

## Princip:

Využít monitory plošné kontaminace (např. velkoplošné plynové detektory, velkoplošné scintilační detektory apod., pro další úvahy použít měřič RADOS Microcont).

Tyto přístroje mohou posloužit k rychlému odhadu aktivity alfa (beta)

- *na površích*
- *v tenkých vrstvách materiálu s nízkou plošnou hmotností (filtry, nebo materiály v tenké vrstvě, a tím zprostředkovaně např. objemové aktivity ve vzduchu apod)*
- *přímo k odhadu hmotnostní aktivity z měření měrné aktivity povrchové vrstvy.*

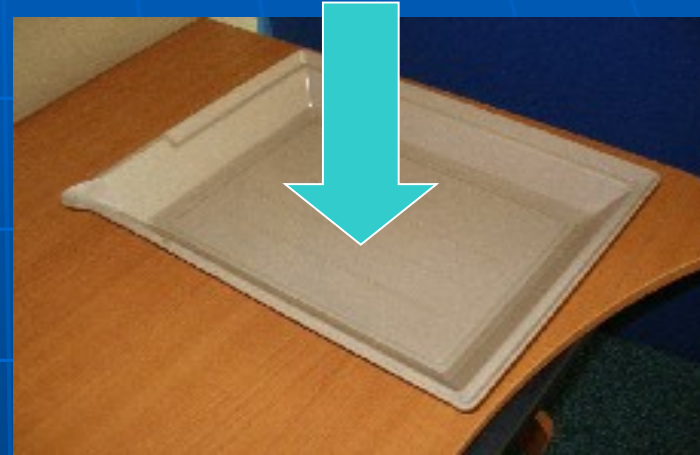
# RADOS Microcont - popis



Sonda alfa: průtokový HGZ 190 (butan/propan),  
Mylar folie 0,7mg/cm<sup>2</sup>

Nízké pozadí 0,01 imp/s (v alfa režimu)  
det.účinnost 25%, det.plocha 185 cm<sup>2</sup>  
zanedbatelná odezva na gama

# RADOS Microcont – možné použití



# Použití 1: pro měření celkové objemové aktivity alfa ve vzduchu



Sierra Misco  
(cca 100 m<sup>3</sup>/h)

## Použití 2:

pro odhad hmotnostní aktivity

na základě měření měrné aktivity v  
povrchové vrstvě

za předpokladu, že aktivita je homogenně  
rozdělena.





# Teorie : dolet alfa částic

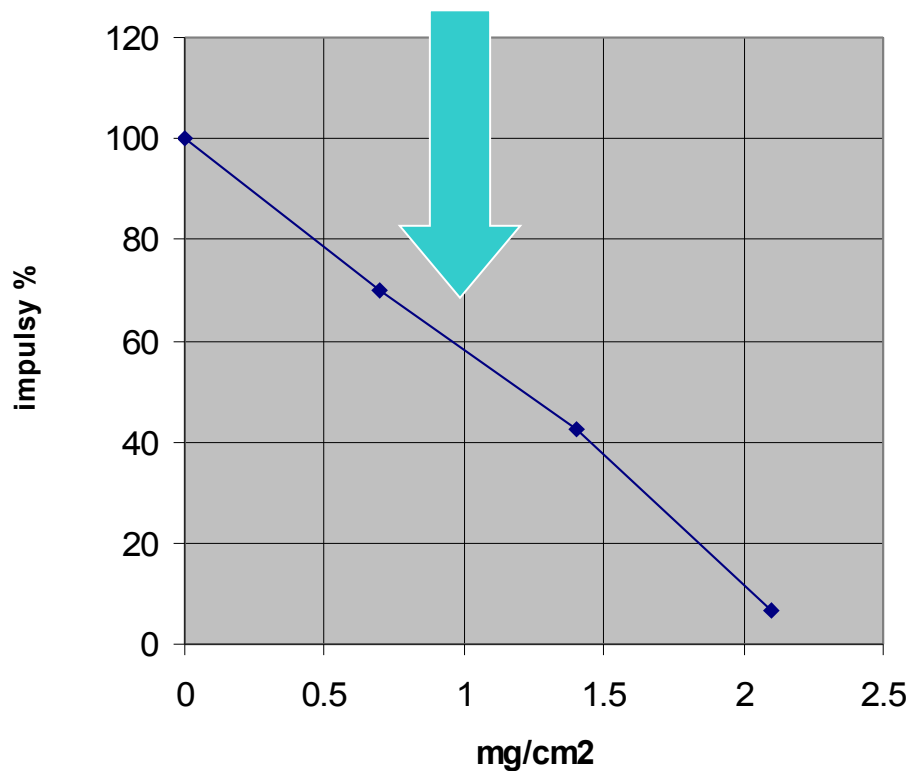
- $R(\text{cm}) = 0,32 \times E^{3/2} \text{ ( MeV)}$
- Pro typické energie 4-6 MeV  
...dolet ve vzduchu 2,5-5 cm  
(v materiálu (tkáň, voda,... desítky mikronů))
- v běžných materiálech  
efektivní tloušťka vzorku  $\sim$  **1 mg/cm<sup>2</sup>**  
*tj.ze které lze kvůli šikmým průchodům detekovat alfa přibližně v 2π geometrii*

# Experiment :

## plošný zdroj Pu-239

### mikroténová folie 0,7mg/cm<sup>2</sup>

Relativní odezva měřiče plošné kontaminace alfa při  
tloušťce stínící vrstvy PE (na plošném zdroji (Pu239) )



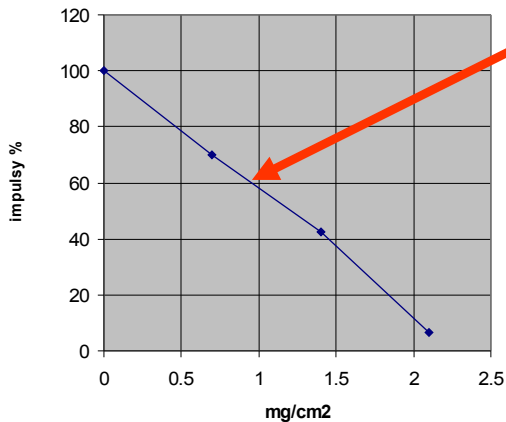
# Měření vzorků materiálu (voda, biologické materiály, apod.)



$$I = Am \cdot \varepsilon \cdot S \cdot d \cdot tm$$

$I$  ... počet impulsů za dobu měření  $t_m$   
 $Am$  ... hmotnostní měrná aktivita ( $Bq \cdot kg^{-1}$ )  
 $d$  ... tloušťka vrstvy ( $kg \cdot m^{-2}$ )  
(uvažujeme pro odhad  $1 mg/cm^2$  ..ve vodě cca 10 mikronů )  
 $S$  ... detekční plocha ( $0,0185 m^2$ )  
 $E$  ... účinnost detekce ( $0,25$ )  
 $T_m$  ... doba měření

Relativní odezva měřiče plošné kontaminace alfa při tloušťce stínící vrstvy PE (na plošném zdroji ( $Pu^{239}$ ))



# Měrná aktivita a MDA

$$A_m = \frac{I}{d \cdot \varepsilon \cdot S \cdot t_m}$$

Minimálně detekovatelný počet impulsů

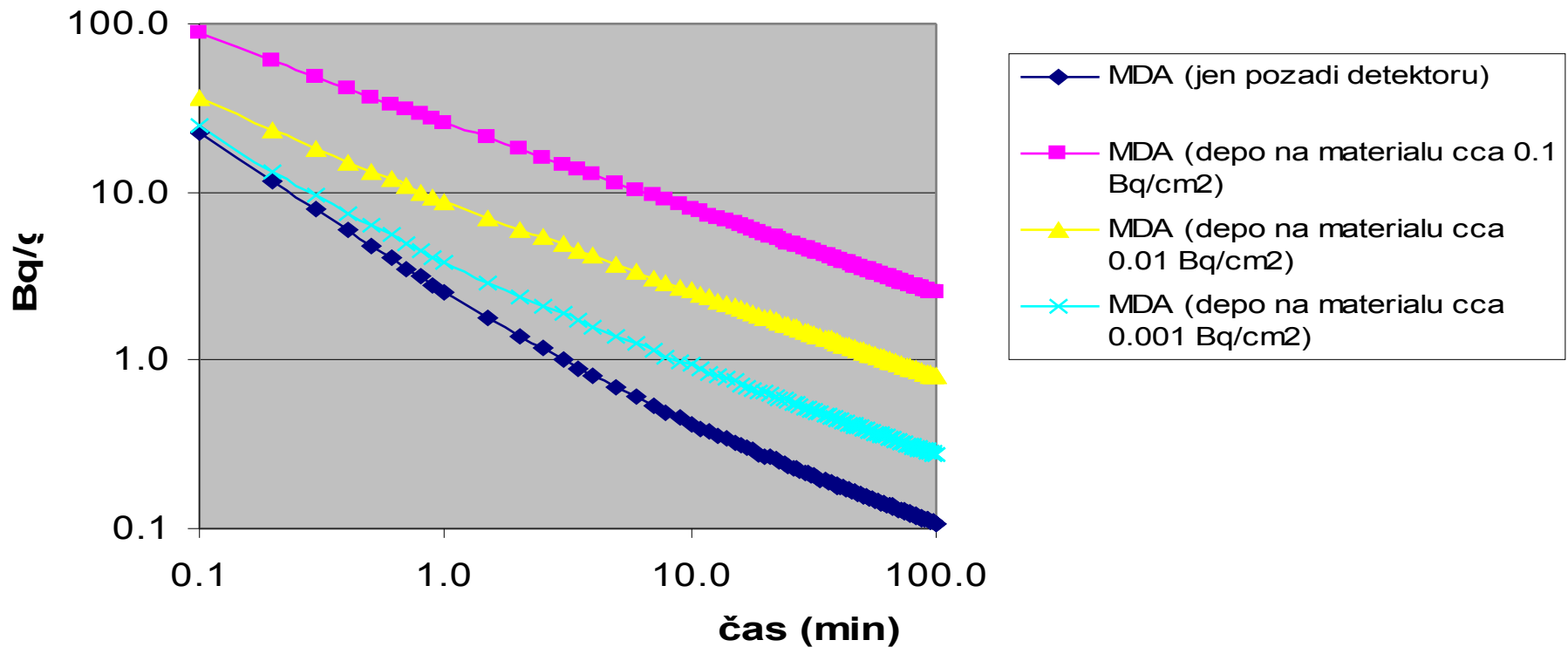
$$Ld = 2,86 + 4,78 \cdot \sqrt{b + 1,36}$$

kde  $b$  je počet impulsů v pozadí za dobu měření  $t_m$  ( $b = 0,05 \cdot t_m$ )

$$MDA_m = \frac{Ld}{d \cdot \varepsilon \cdot S \cdot t_m}$$

# MDA

Hmotností měrná MDA - sumární alfa



# Diskuse

Odhad sumární hmotnostní aktivity (z hlediska havarijních metod) komplikuje vliv několik faktorů

*a) vlastní kontaminace vzorku přírodními radionuklidy*

*b) možná depozice produktů přeměny radonu z ovzduší na povrch vzorku*

*c) možná sorpce radionuklidu na stěnách nádoby u kapalin*

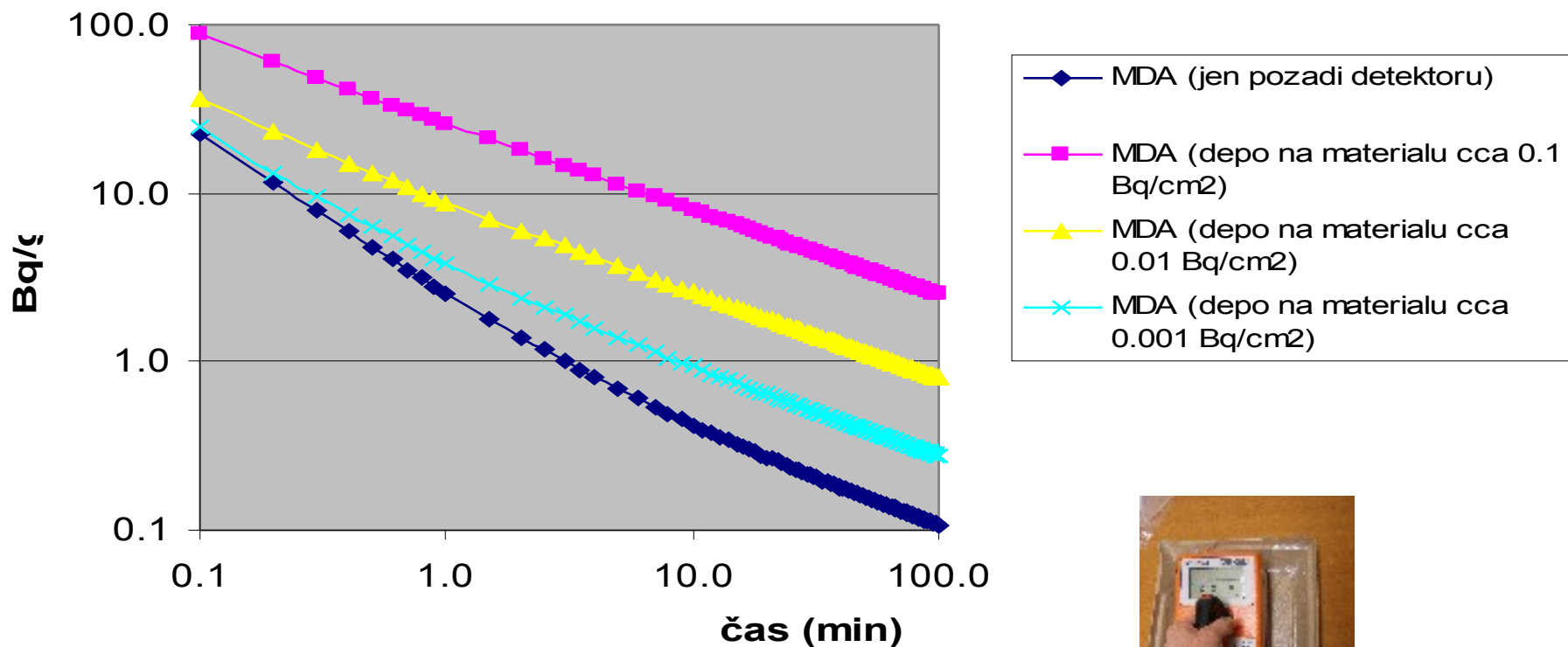
Případ (a) – vlastní kontaminace vzorku  
- nepředstavuje zpravidla problém.

*Běžné hmotnostní měrné aktivity přírodních radionuklidů ve vodách jsou zpravidla na úrovni mBq/l výjimečně Bq/l, a to je podstatně méně než MDA metody.*

*(výjimka radon a d.p.radonu u podzemní vody)*

Případ (b) – depozice p.p.radonu může představovat problém zejména u povrchů, které jsou elektricky nabitě a přitahují krátkodobé produkty přeměny radonu.

### Hmotností měrná MDA - sumární alfa





## Poslední případ (c) – sorpce na stěnách

může vést naopak k falešně negativní interpretaci. U kapalin je možná sorpce na stěnách (dně) nádoby, ve které je nalit vzorek. Odhad, zda je sorpce významná lze provést změřením aktivity alfa povrchu nádoby před nalitím a po vylití vzorku.

# Závěr:

Pokud se podaří eliminovat depo produktů přeměny Rn na povrch vzorku a zvolit vhodnou nádobu se zanedbatelnou sorpcí z roztoku, lze zhruba při minutovém měření vzorku bez jakékoliv úpravy stanovit měrné hmotnostní aktivity alfa na úrovni jednotek Bq/g tj. jednotek kBq/kg.

To je pro potřebu pilotního odhadu o tom, zda došlo k vysoké kontaminaci, která by vedla k ozáření na úrovni deterministických účinků, dostatečné.

Bez znalosti a rozboru deposice d.p.Rn metoda může vést k falešně pozitivnímu závěru (nahodnocení skutečné aktivity), naopak pokud bychom nevěnovali pozornost sorpci na dně a stěnách nádoby – k podhodnocení měrné aktivity ve vzorku.

**Děkuji za pozornost**