Gamaspetrometrické měření obsahu radionuklidů po imitaci výbuchu špinavé bomby

Hana Sýbková, Michaela Kozlovská, Petr Otáhal

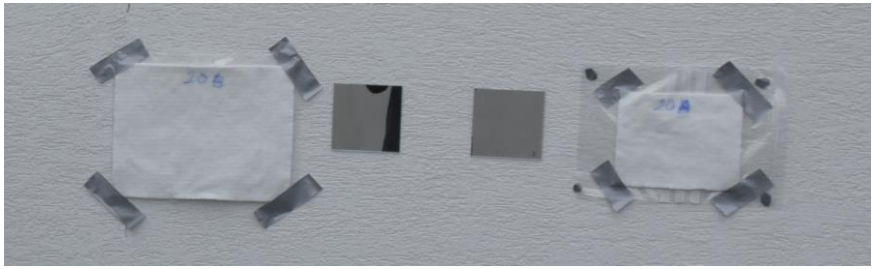
XLII. DNY RADIAČNÍ OCHRANY 2021

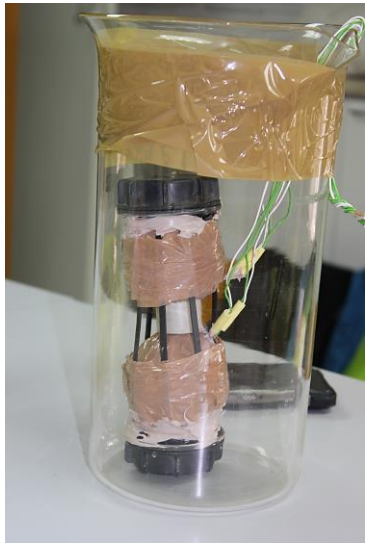
Výsledky vychází z řešení projektu VH20182021036 v rámci programu Ministerstva vnitra České republiky:

Moderní metody detekce a identifikace nebezpečných CBRN látek a materiálů, metody snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; moderní prostředky ochrany osob

Výbušnina: Pyrotechnický výrobek kategorie KP3‘, 75 mm
ekvivalent 130 g TNT

Filtrační materiál: třída F9 pro vzduchotechniku
plošná hmotnost 300 g/m^2
jemný prach od 0,5 µm

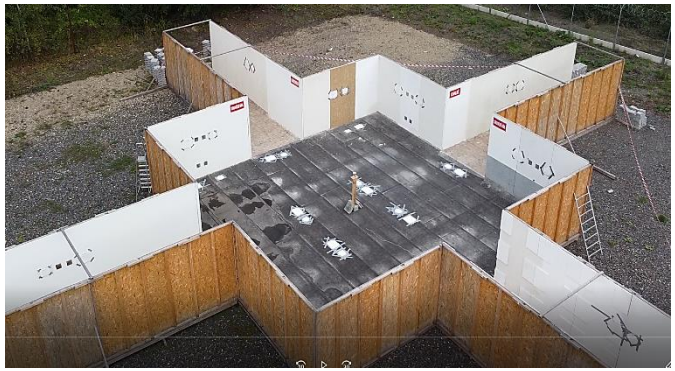


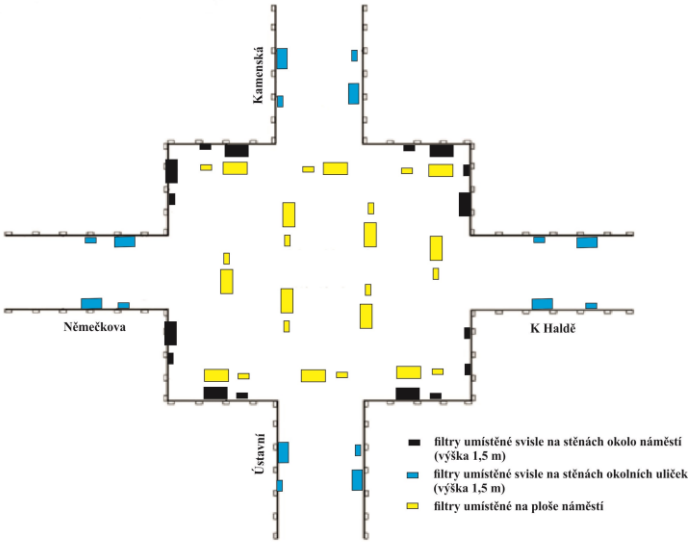


Předem definovaný postup složení filtrů do měřících nádobek

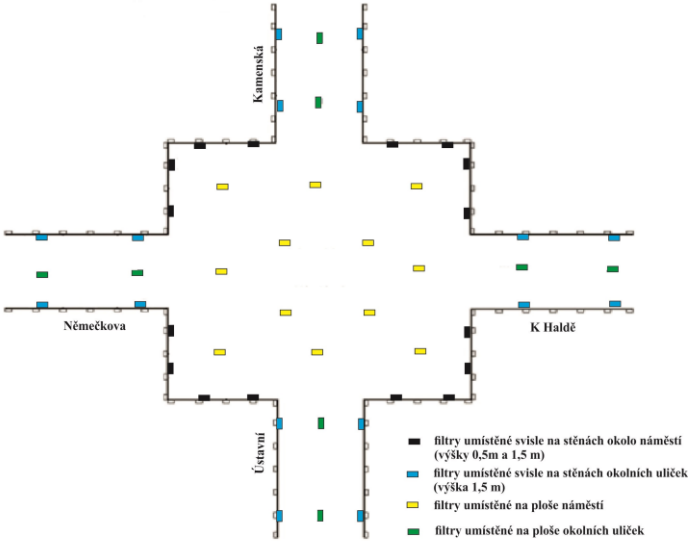
Použitý radionuklid: ^{99m}Tc ve formě roztoku
poločas přeměny 6,01 h
kermová konstanta Γ = 0,016 mGy.m^2 .GBq^{-1} .h^{-1}
při přeměně - pouze gama záření
jediná gamaspektrometricky měřitelná linka - E 140,5 keV (výtěžek 89 %)

Exp. č. 1: 27. 08. 2021 – rozptýlená A 0,63 GBq
28 filtrů 30x40 cm – měřeny v Marinelliho nádobě
28 filtrů 20x25 cm – měřeny v masťovce
1 výška - cca 150 cm od země





Exp. č. 2: 15. 09. 2021 – rozptýlená A 0,92 GBq
68 filtrů 20x25 cm – měřeny v masťovce
2 výšky - cca 50 a 150 cm od země

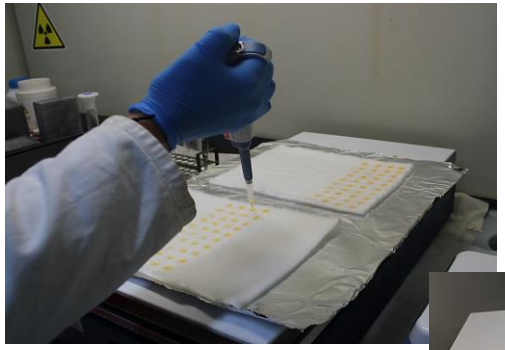


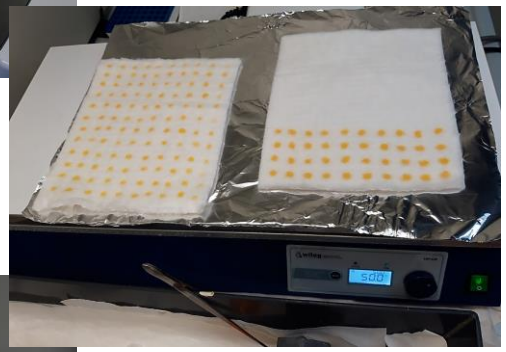
Použité měřící přístroje

GT-40: multifunkční digitální spektrometr (GEORADIS s.r.o.)
scintilační detektor NaI(Tl) 3x3“
měření PPDE – rozsah 1 nSv/h - 0,5 mSv/h
spektrometrické měření - 1 024 kanálů
energetický rozsah od 25 keV do 3 MeV

HPGe spektrometr: germaniový detektor
(CANBERRA-PACKARD, s. r. o.)
relativní účinnost 35 – 40%
8 192 kanálů
energetický rozsah od 20 keV do 3 MeV

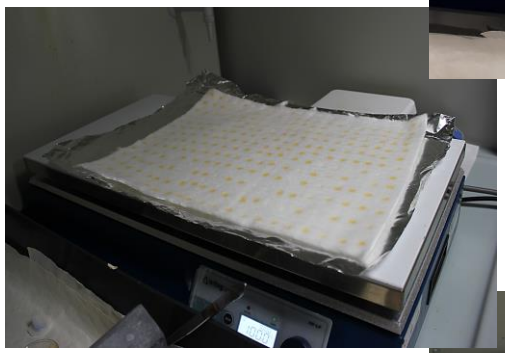
Příprava etalonu radionuklidu ^{99m}Tc



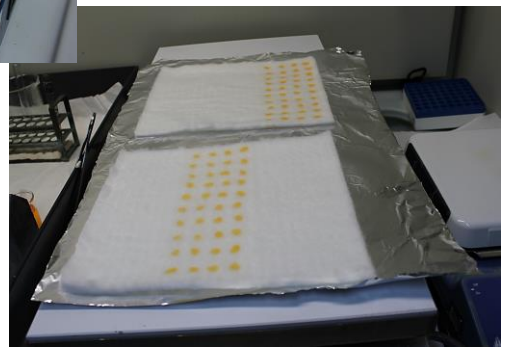


Masťovka: 120 bodů
1 kapka = 100 µl
A 6,62 kBq k ref. času

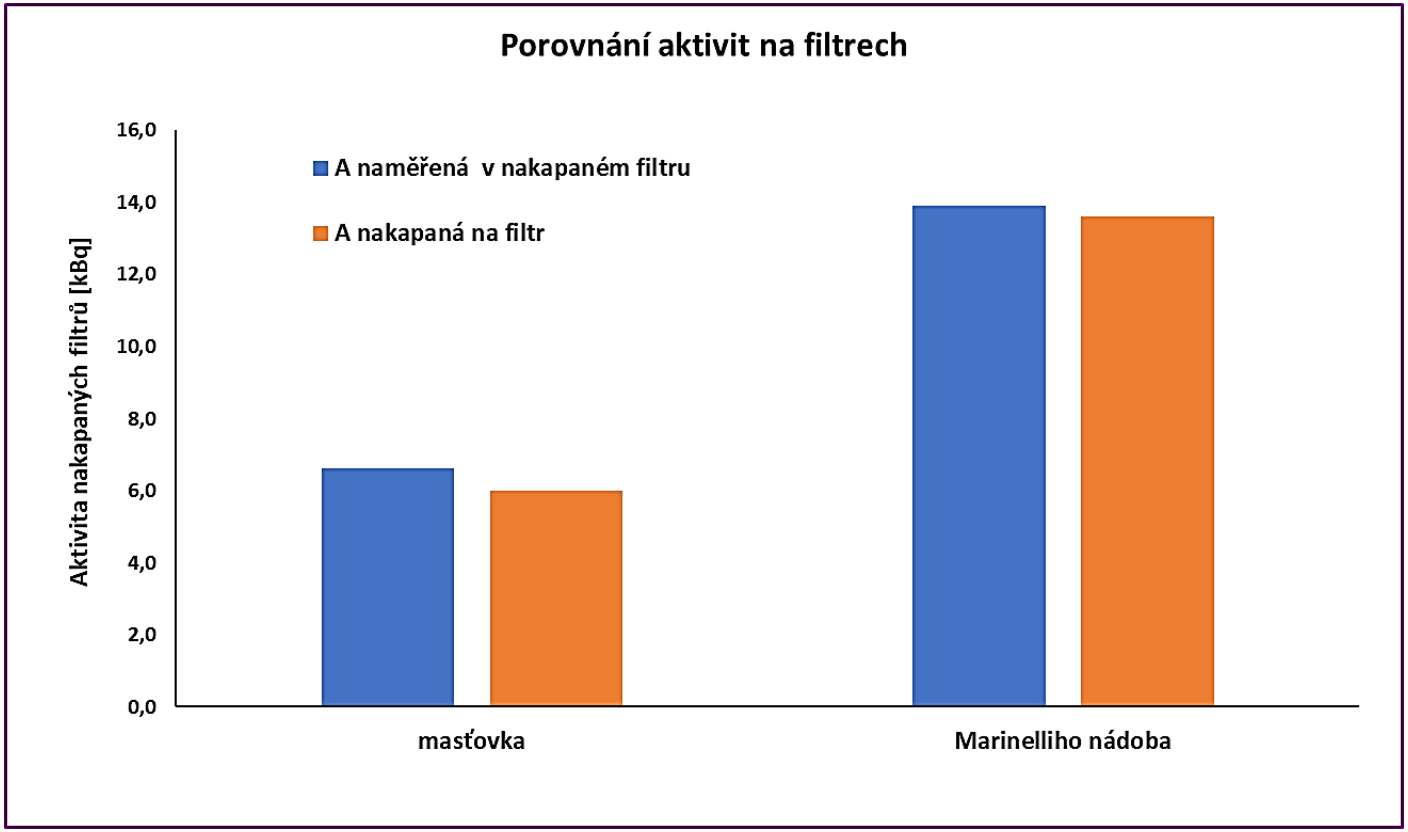
Marinelliho nádoba:
273 bodů
1 kapka = 100 µl
A 13,91 kBq k ref. času



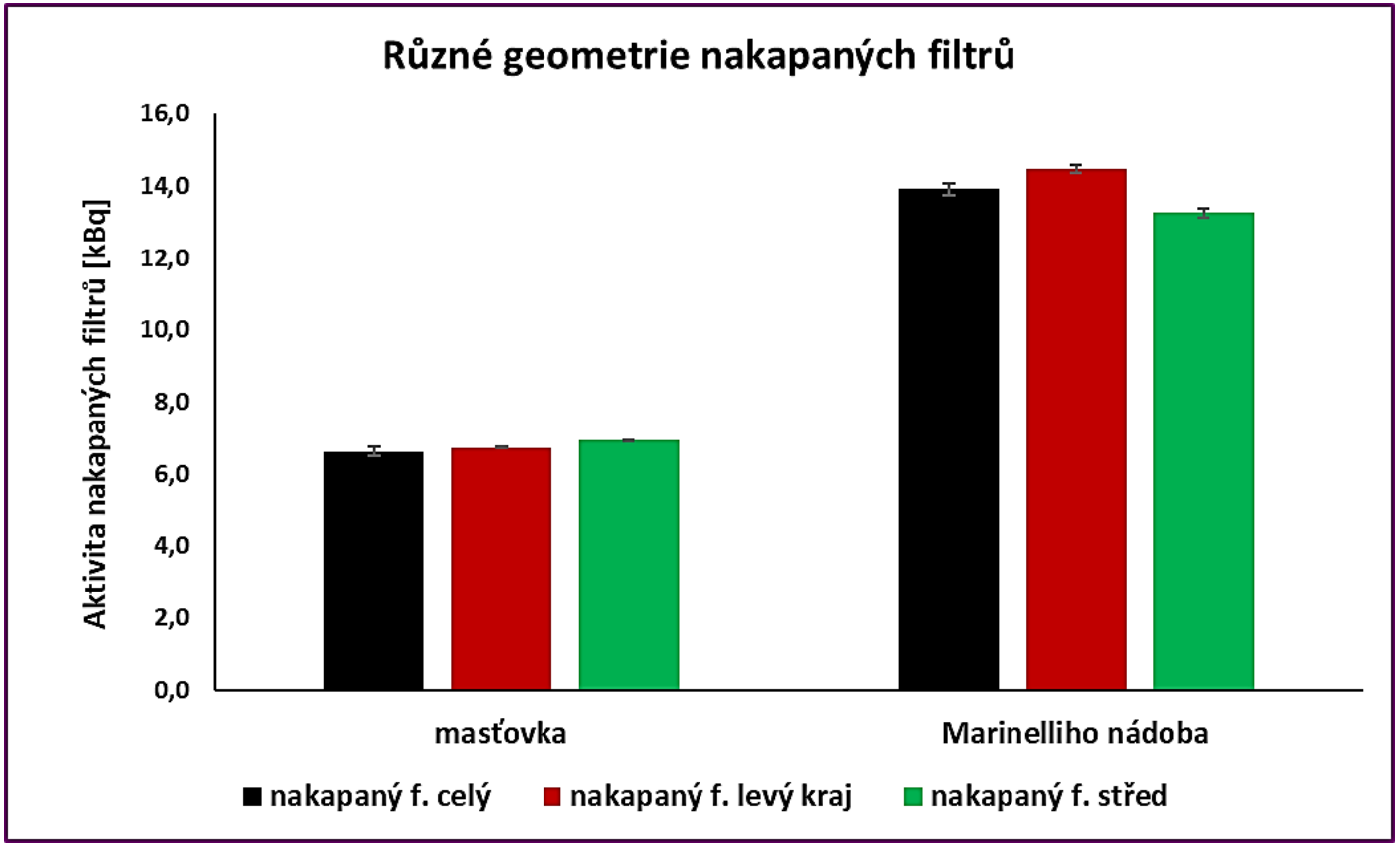
Odhad vlivu nehomogenity pokrytí:
nakapaný celý filtr
střed filtru
okraj filtru



Porovnání nakapaných a naměřených aktivit ^{99m}Tc na filtru



Účinnost jednotlivých geometrií rozložení ^{99m}Tc na filtru



odchylky A nerovnoměrně nakapaných filtrů od A nakapaného celého filtru < 5 %

Vyhodnocování výsledků měření

Vyhodnocování spekter naměřených HPGe spektrometry

- doba měření 60 – 1 200 s (čistá plocha píku > 1 000 impulsů)
- korekce na rozpad během měření
- aktivita k referenčnímu času (čas výbuchu)
- nejvyšší A při exp. 1 podhodnoceny vlivem vysoké mrtvé doby o 15 – 80 %

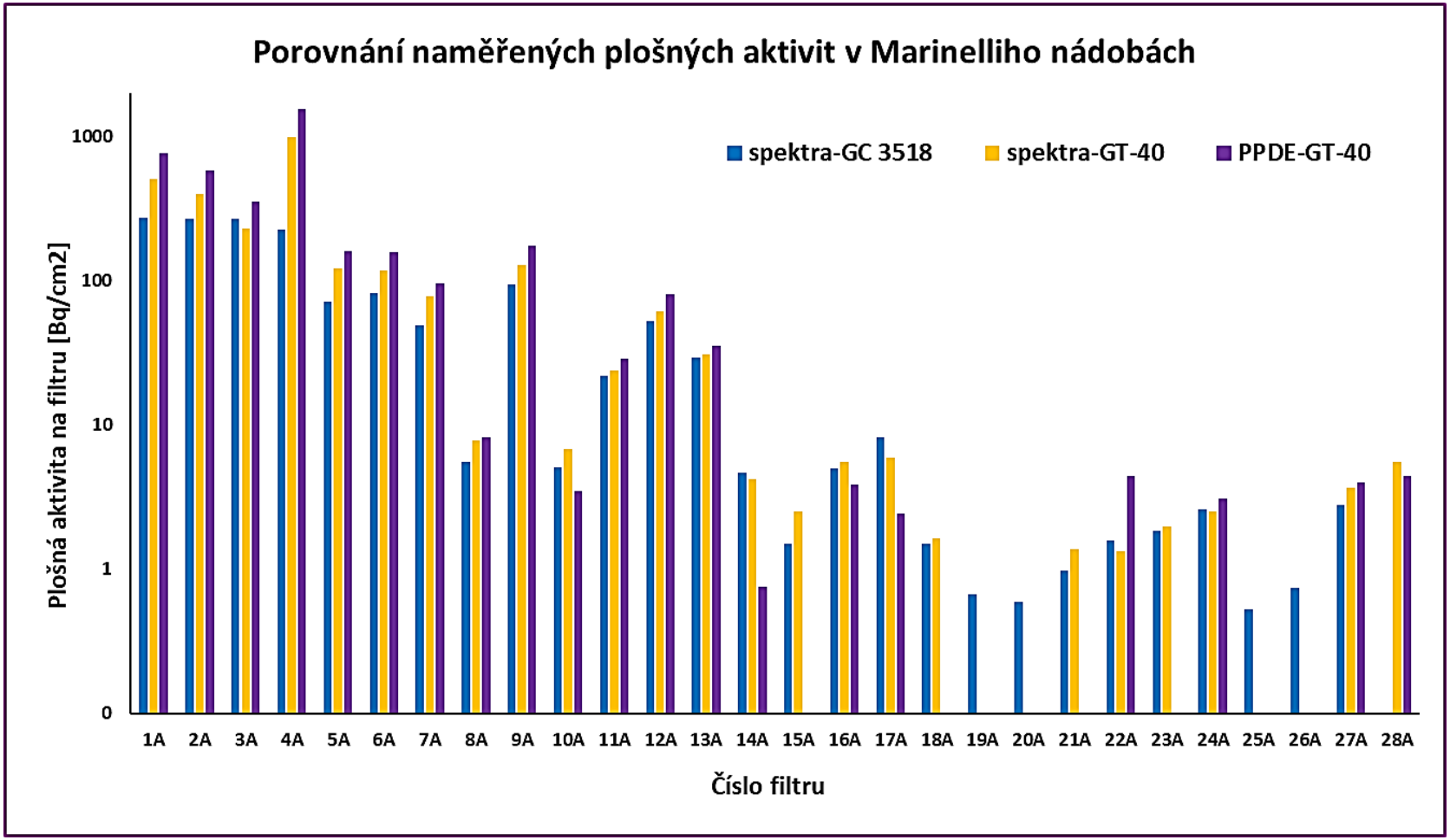
Vyhodnocování spekter naměřených GT-40

- doba měření 300 s
- vyhodnocení čisté plochy píku radionuklidu ^{99m}Tc k referenčnímu času
- průměrná hodnota plošné aktivity a čisté plochy celého nakapaného filtru k referenčnímu času jako etalon účinnosti

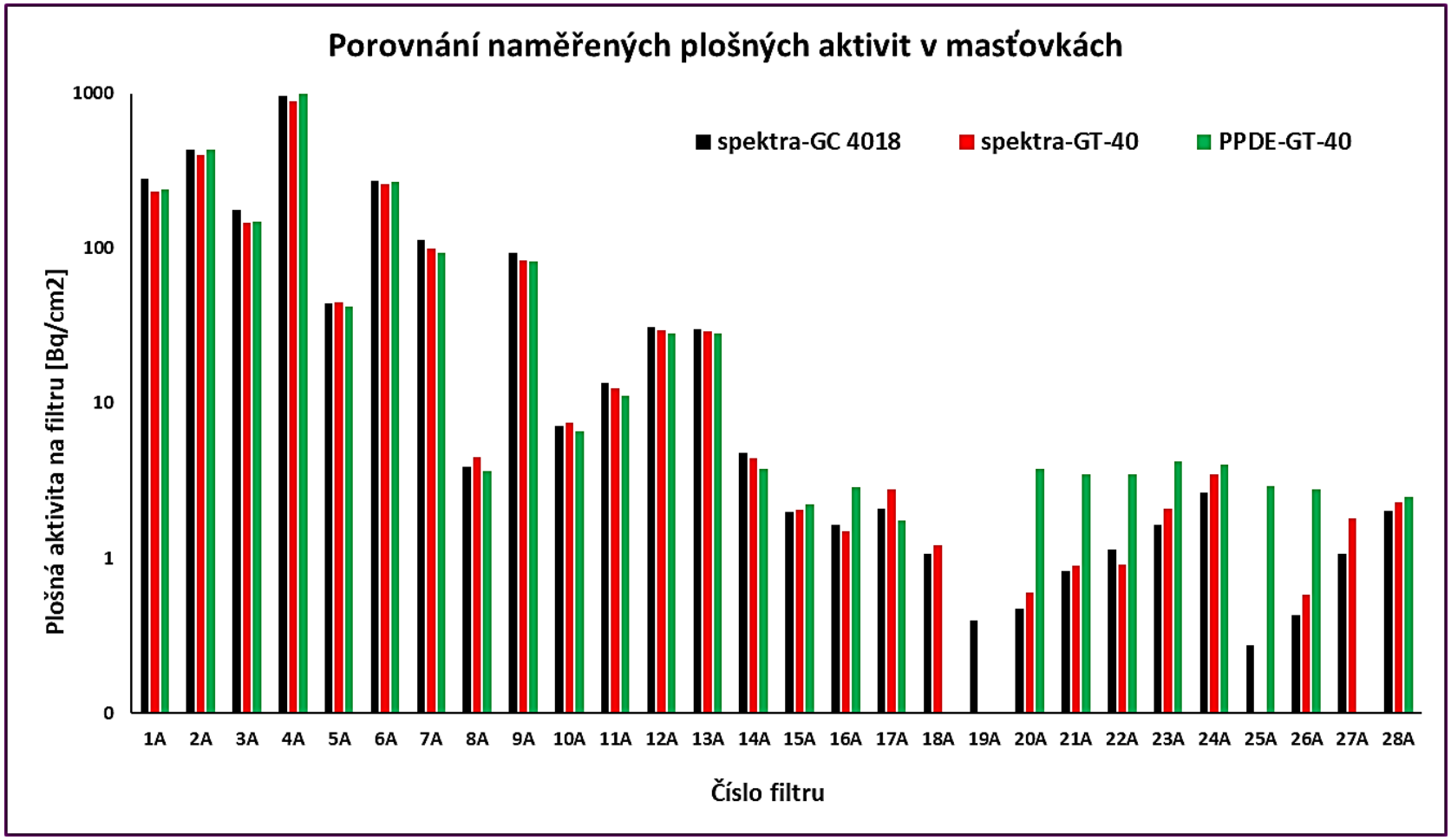
Vyhodnocování PPDE naměřených GT-40

- průměrné PPDE během doby měření spektra
- průměrné PPDE po odečtu pozadí k referenčnímu času
- průměrné PPDE nakapaných celých filtrů po odečtu pozadí k referenčnímu času a k tomu přiřazená plošná aktivita jako etalon účinnosti
- takto získaná plošná aktivita odpovídá naměřené plošné aktivitě na filtrech do hodnot cca 1 Bq.cm^{-2}

Výsledky experimentu č. 1 – plošná aktivita ^{99m}Tc

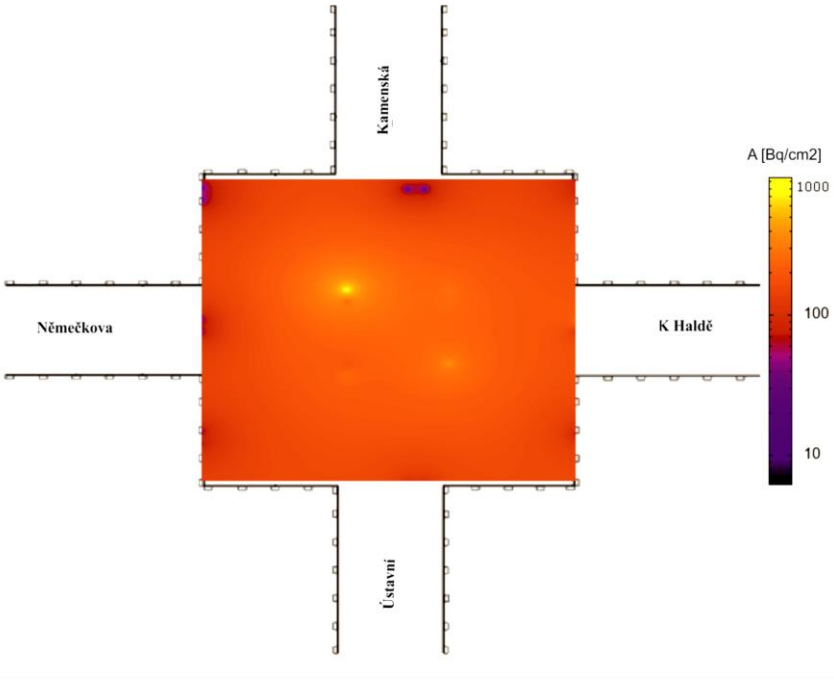


Výsledky experimentu č. 1 – plošná aktivita ^{99m}Tc

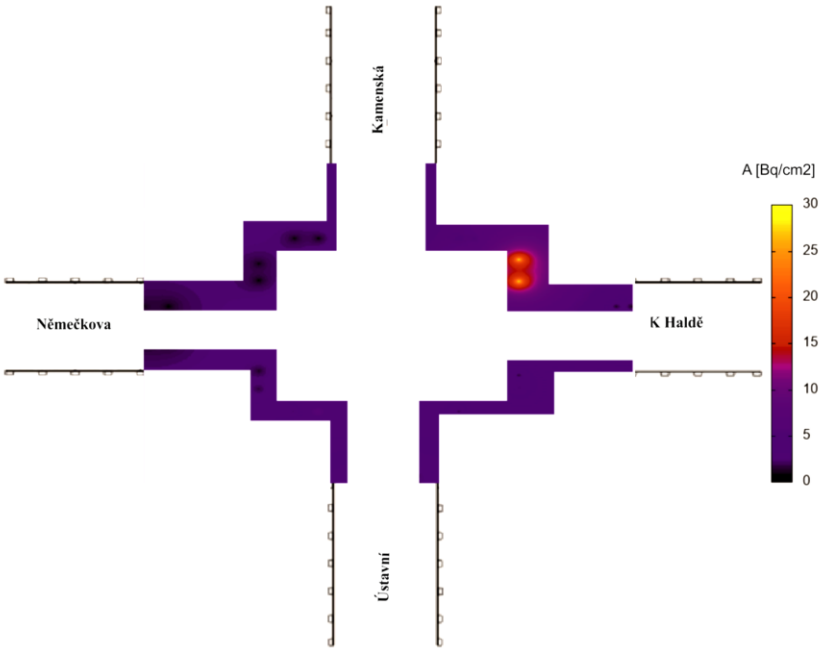


Rozložení naměřených plošných aktivit ^{99m}Tc na polygonu

Software GNUPLOT

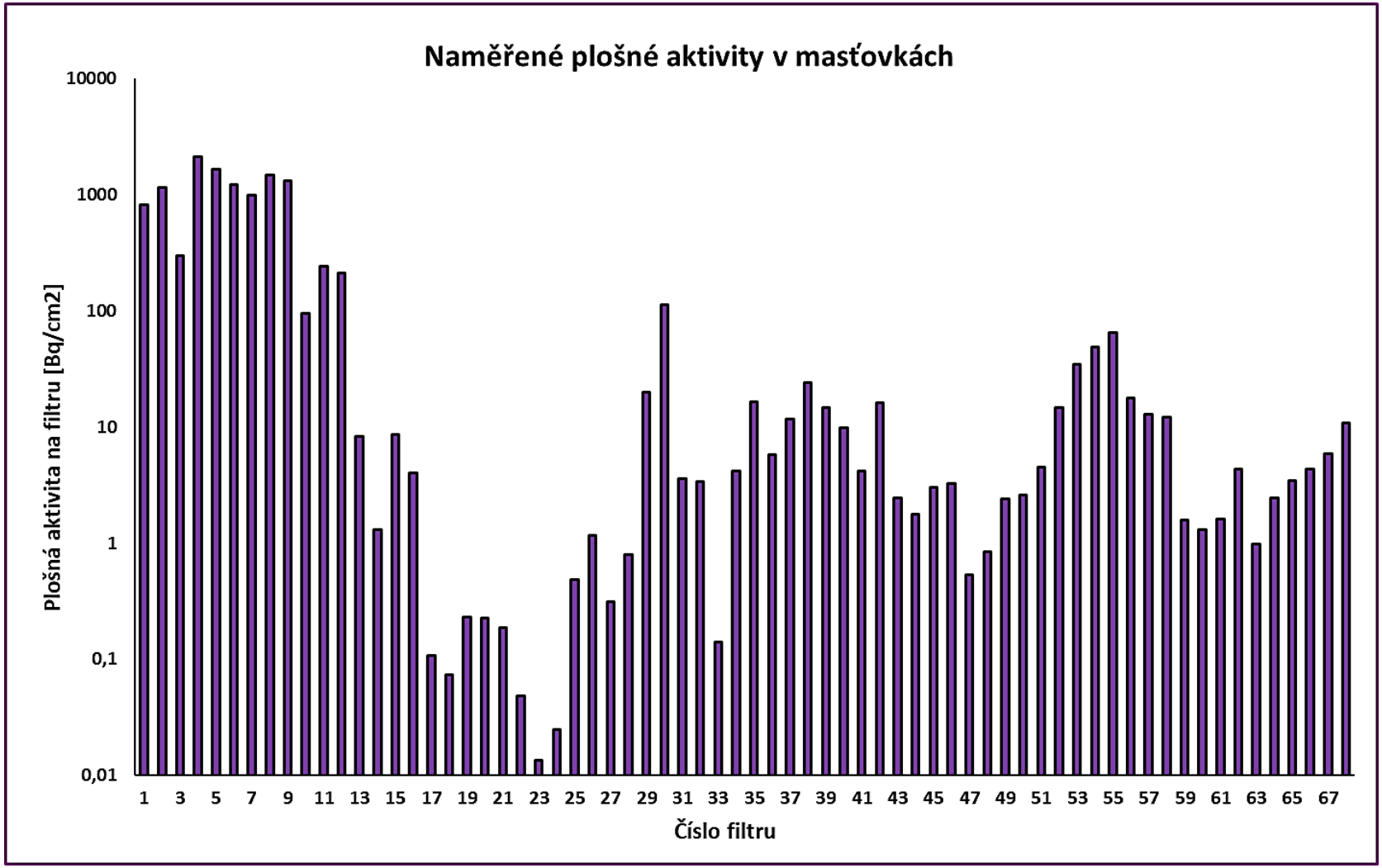


Rozložení plošných aktivit na ploše polygonu

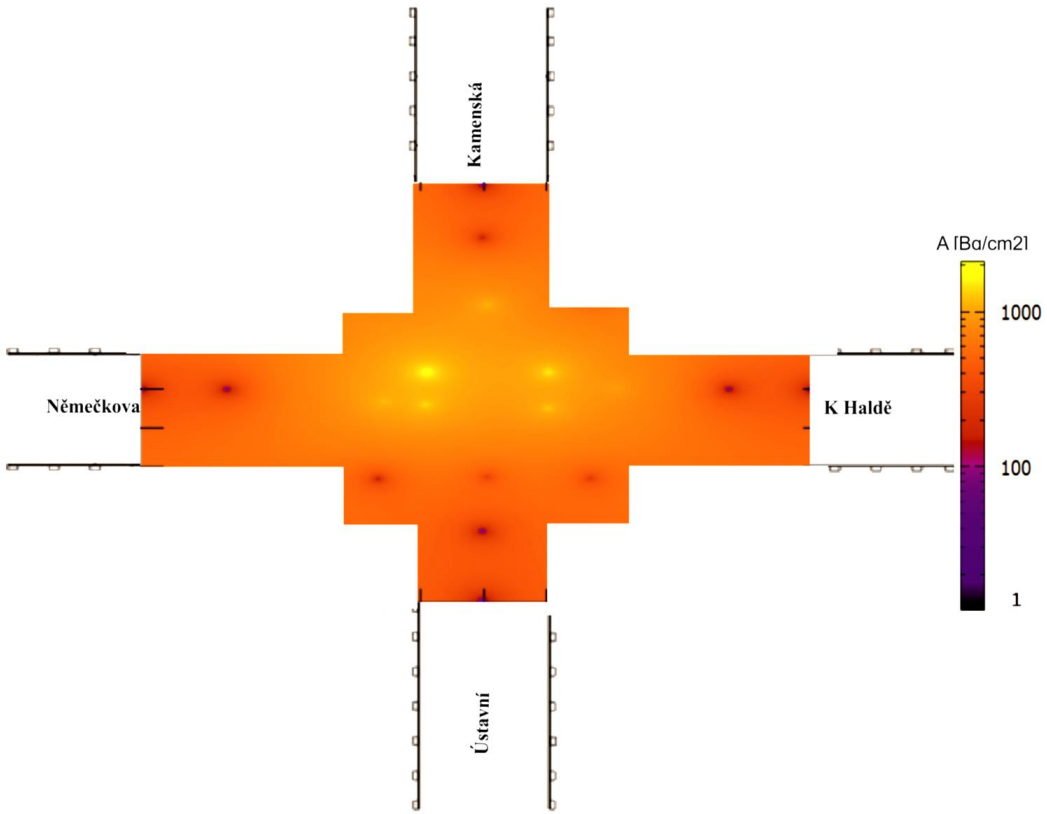


Rozložení plošných aktivit na stěnách okolo polygonu – ve výšce 1,5 m

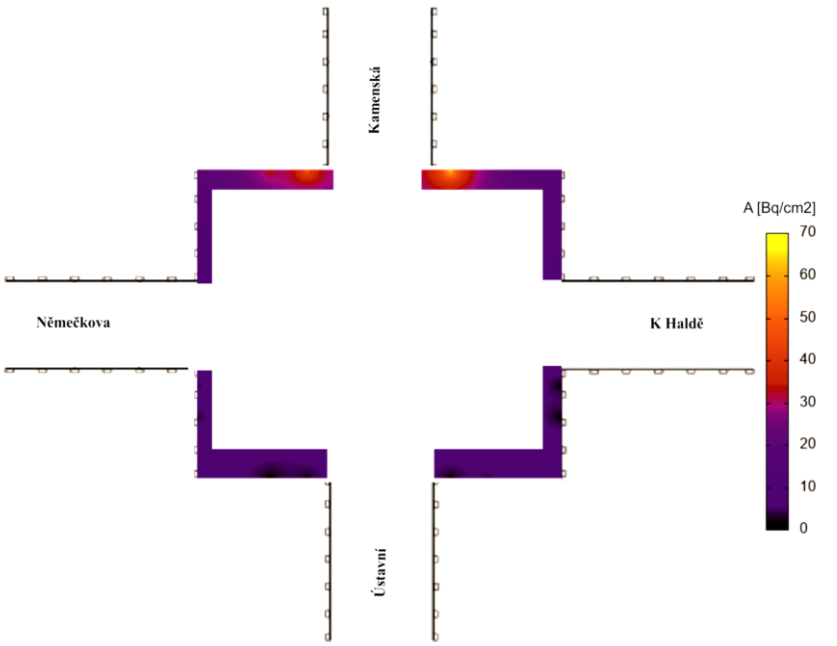
Výsledky experimentu č. 2 – plošná aktivita ^{99m}Tc



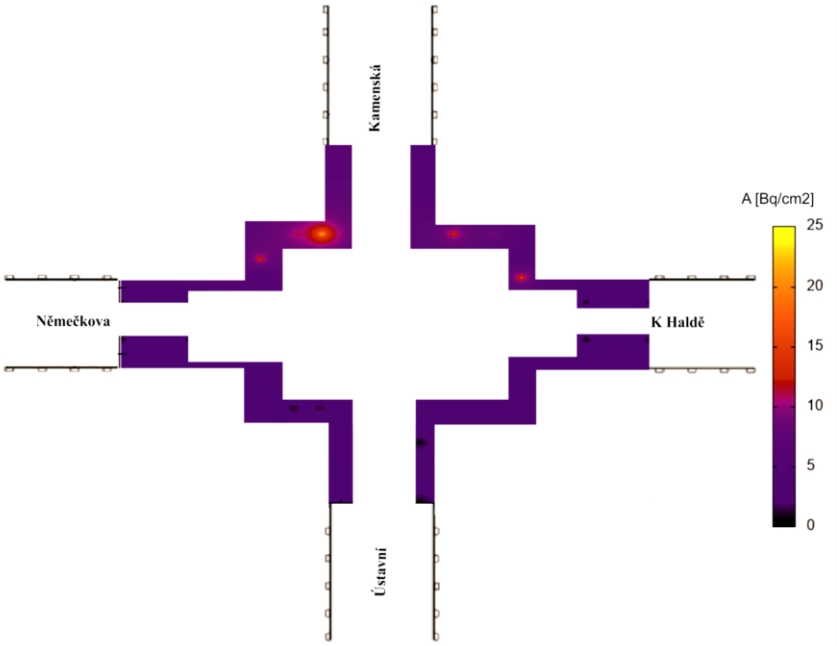
Rozložení plošné aktivity ^{99m}Tc na ploše polygonu



Rozložení plošné aktivity ^{99m}Tc na stěnách ve výšce 0,5 m a 1,5 m

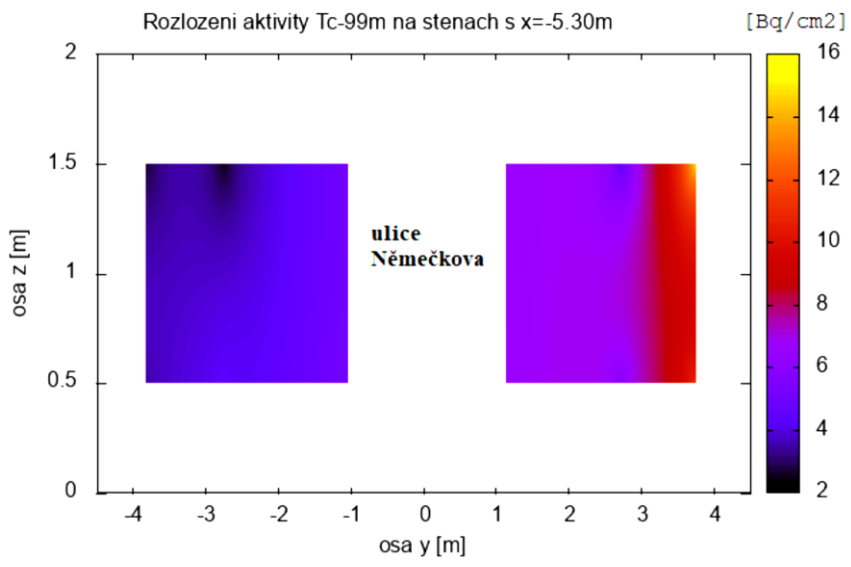


0,5 m nad plochou polygonu

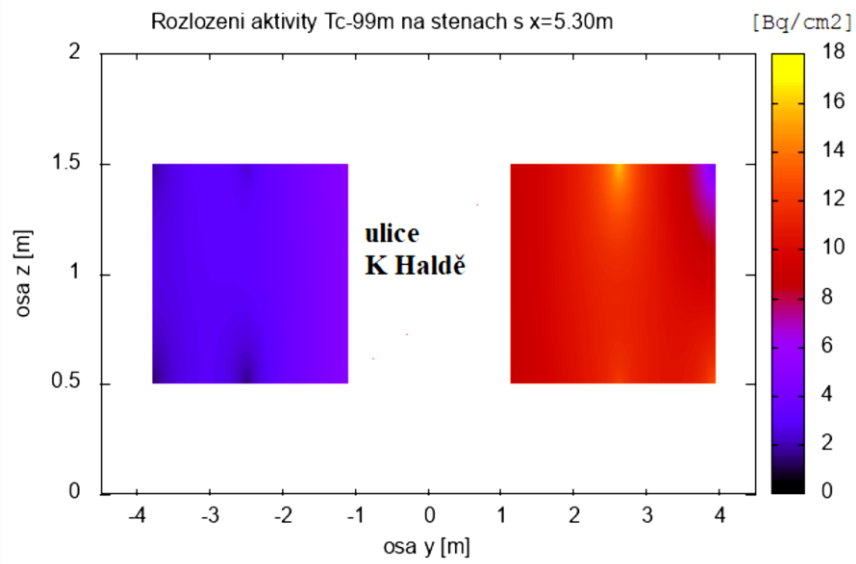


1,5 m nad plochou polygonu

Rozložení plošné aktivity ^{99m}Tc na stěnách náměstí

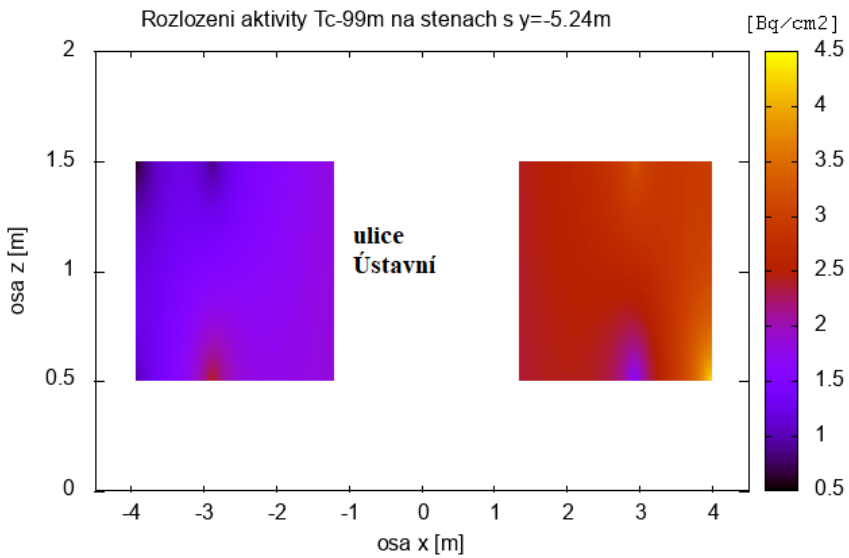


Stěny náměstí u Němečkovy ulice

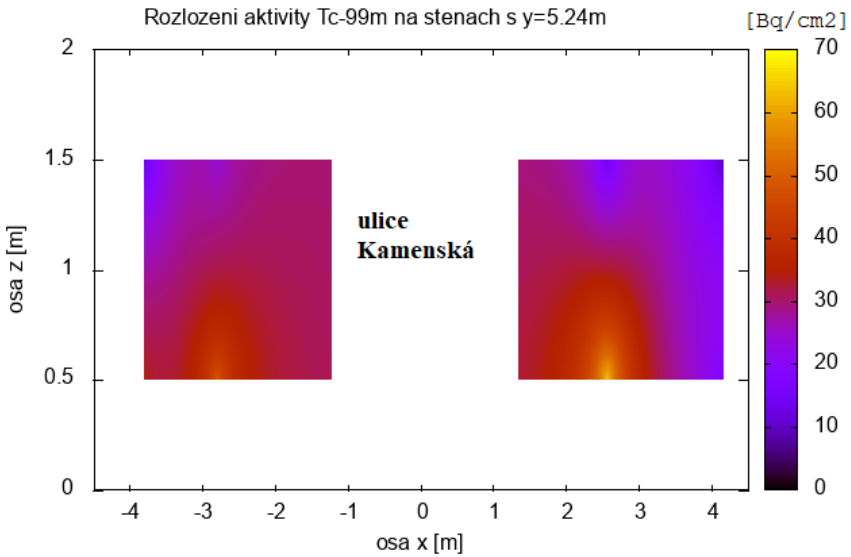


Protilehlé stěny náměstí u ulice K Haldě

Rozložení plošné aktivity ^{99m}Tc na stěnách náměstí



Stěny náměstí u ulice Ústavní



Protilehlé stěny náměstí u ulice Kamenská

Děkuji za pozornost