**Příloha:**

**Měření na pracovištích v podzemí, na nichž se vykonává hornická činnost nebo činnost prováděná hornickým způsobem (dále pracoviště)**

Tato příloha uvádí metody a postupy, které se používají k měření na pracovištích a stanovení efektivní dávky:

1. (radiačních) pracovníků na pracovištích III. kategorie, na nichž se těží uranová ruda, a
2. pracovníků na pracovištích podle § 87 písm. b) vyhlášky č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů (dále vyhláška), v podzemí, na nichž se vykonává hornická činnost podle § 2 nebo činnost prováděná hornickým způsobem podle § 3 zákona č. 61/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Požadavek na monitorování pracoviště a osobní monitorování (radiačních) pracovníků na pracovištích III. kategorie, na nichž se těží uranová ruda stanoví § 17 odst. 1 písm. c) zákona č. 18/97 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), ve znění pozdějších předpisů a § 76 a 77 vyhlášky.

Požadavek na měření a stanovení efektivní dávky pracovníků na pracovištích podle § 87 písm. b) vyhlášky stanoví § 6 odst. 3 písm. b) atomového zákona a § 89 vyhlášky.

Tato příloha popisuje postupy používané na pracovištích v podzemí, na nichž se vykonává hornická činnost nebo činnost prováděná hornickým způsobem, např. ražba důlních děl, kolektorů, tunelů, štol, krytů, a jejich obnova nebo sanace, zpřístupňování jeskyní pro obě skupiny shora uvedených pracovišť a pracovníků.

1. **Používané metody:**
	1. Ozáření z radonu a z produktů přeměny radonu
		1. Stanovení koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu (KLE, μJ.m-3)
		2. Měření ekvivalentní objemové aktivity radonu (EOAR, Bq/m3)
		3. Stanovení objemové aktivity radonu (OAR, Bq/m3)
	2. Měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu, dávkového příkonu zevního záření gama (Hx, Sv/h, Dg, Gy/h)
	3. Stanovení objemové aktivity směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady (av,alfa, Bq/m3)
	4. Osobní dozimetrie (efektivní dávka mSv/kalendářní rok)

Popisy jednotlivých metod jsou uvedeny v závěru této přílohy.

1. **Postupy měření a stanovení efektivní dávky pracovníků na pracovištích podle bodu A.**

Postupy měření na pracovišti i postupy pro určení efektivní dávka/ úvazek efektivní stanoví program monitorování schválený SÚJB.

1. **Postupy měření a stanovení efektivní dávky pracovníků na pracovištích podle bodu B.**

**První měření**

* 1. Měření na pracovišti mají posoudit překročení vyšetřovací úrovně 400 Bq/m3 pro průměrnou objemovou aktivitu radonu v ovzduší.
	2. Stanovení se provádí měřením okamžitých hodnot OAR, KLE nebo EOAR, a to na všech pracovních místech a ve všech uzlových bodech větrní sítě.
	3. Četnost měření je minimálně jedenkrát týdně během první pracovní sezóny nebo běžného roku.
	4. Výsledky měření podle bodu 3.2. se porovnávají s vyšetřovací úrovní OAR = 400 Bq.m-3, resp. EOAR = 160 Bq.m-3 nebo KLE = 1,3 μJ.m-3.

**Opakovaná měření**

* 1. Jestliže se těmito měřeními neprokáže překročení vyšetřovací úrovně, provádí se následná měření pouze při změnách na pracovišti, které mají vliv na odvětrání pracoviště, a to způsobem podle bodů 3.1. až 3.4.
	2. V případě překročení vyšetřovací úrovně se současně provedou také měření Hx nebo Dg, a odběry ke stanovení av,alfa.
	3. Měření Hx ( Dg) podle bodu 3.6. se provádí při pochůzce na pracovišti, zaznamenává se průměrná a maximální hodnota. Jestliže na pracovišti nebyly na žádném pracovním místě zjištěny hodnoty Hx (Dg)významně převyšující přírodní pozadí 0,14 Sv/hod, efektivní dávka pracovníka v důsledku zevního ozáření zářením gama se považuje za nevýznamnou a nestanovuje se.
	4. Odběry ke stanovení av,alfa podle bodu 3.6. se provádí na všech pracovních místech a uzlových bodech větrní sítě (stejně jako u KLE nebo EOAR). První měření se provede min. dvakrát za směnu nebo den, a to v první a ve druhé polovině směny nebo ráno a odpoledne při nepřetržitém provozu.
	5. Z výsledků měření podle bodů 3.6, 3.7 a 3.8 se odhaduje efektivní dávka pracovníka:

Efektivní dávka z inhalace radonu a produktů jeho přeměny ERn

1. ERn = EOAR. T. 1,2. 20 / (2,5.10-6)

ERn – efektivní dávka v mSv

EOAR – ekvivalentní objemová aktivita radonu (Bq.m-3)

T – doba pobytu zaměstnanců na pracovišti (hod.)

1,2 – množství vdechovaného vzduchu zaměstnancem (m3/hod.)

20 / 2,5. 10-6 – převodní faktor expozice produktům radonu na dávku (mSv/Bq.h.m-3)

1. ERn = KLE. T. 1,2. 20 / (17.10-3)

ERn – efektivní dávka v mSv

KLE – koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu (μJ.m-3)

T – doba pobytu zaměstnanců na pracovišti (hod.)

1,2 – množství vdechovaného vzduchu zaměstnancem (m3/hod.)

20 / (17. 10-3) – převod odvozeného limitu příjmu latentní energie produktů přeměny radonu (mSv/µJ)

Při známé hodnotě KLE lze spočítat OAR

OAR = KLE . k / F

OAR – objemová aktivita radonu (Bq.m-3)

KLE – koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu (μJ.m-3)

k = 181 – převodní faktor z μJ.m-3 na Bq.m-3

F = 0,4 – faktor nerovnováhy pro podzemní pracoviště mezi radonem a jeho krátkodobými produkty přeměny

Efektivní dávka z vnějšího ozáření zářením gama Eg

K odhadu efektivní dávky se použije maximální naměřená hodnota.

Eg = (Hx – Hxp). T

Eg = efektivní dávka v mSv

Hx – příkon fotonového dávkového ekvivalentu v mSv/h

Hxp – přírodní pozadí v dané lokalitě v mSv/h

T – doba pobytu zaměstnanců na pracovišti (hod.)

Efektivní dávka z příjmu emitujících záření alfa uran-radiové řady Ea

Ea = av,alfa. T. 1,2. 20 / 1850

Ea – efektivní dávka v mSv

(av,alfa) – objemová aktivita směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady (Bq/m3)

T – doba pobytu zaměstnanců na pracovišti (hod.)

1,2 – množství vdechovaného vzduchu zaměstnancem (m3/hod.)

20 / 1850 – převodní faktor příjmu aktivity směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady na dávku (mSv/Bq)

Efektivní dávka pracovníka E

je dána součtem efektivních dávek u jednotlivých složek ozáření:

E = ERn + Eg + Ea

* 1. Pokud ýsledky měření vedou ke zjištění, že efektivní dávky všech pracovníků budou menší než 6 mSv/rok, další měření se provede pouze po každé změně pracovních podmínek a pracovních postupů.

**Měření podle § 89 odst. 3 písm. e) vyhlášky**

* 1. Pokud výsledky měření vedou ke zjištění, že efektivní dávka pracovníka bude vyšší než 6 mSv/rok, radiační ochrana na pracovišti se zajišťuje v rozsahu a způsobem podle § 90 vyhlášky. Současně se v souladu s ustanovením § 88 vyhlášky provádí optimalizace radiační ochrany a přijímají se opatření ke snížení ozáření.
	2. Na pracovišti je zavedeno osobní monitorování (dozimetry ALGADE, popřípadě OD 88 s TLD nebo OSL) s vyhodnocovacím obdobím 1 měsíc a současně také monitorování pracoviště podle bodů 3.2, 3.6, 3.7 v četnosti 1x měsíčně.
	3. Pokud výsledky měření vedou ke zjištění, že efektivní dávka pracovníka bude větší než 15 mSv/rok, musí být současně přijata opatření vedoucí k zajištění nepřekročení limitů pro radiační pracovníky.
	4. Osobní monitorování podle bodu 3.12 je možno v některých případech nahradit výpočtem efektivní dávky z výsledků měření kontinuální měření OAR v intervalu měření jeden pracovní týden v době výkonu práce, objemové aktivity směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové a příkonu fotonového dávkového ekvivalentu.

Efektivní dávka z inhalace radonu a produktů jeho přeměny ERn se provede z průměrné OAR zjištěné za měřené období v době výkonu práce.

ERn = OAR. T. 1,2. 6 / (2.106)

ERn – efektivní dávka v mSv

OAR – objemová aktivita radonu (Bq/m3)

T – doba pobytu zaměstnanců na pracovišti (hod.)

1,2 – množství vdechovaného vzduchu zaměstnancem (m3/hod.)

1. / 2. 106 – převodní faktor pro přepočet časového integrálu příjmu radonu na efektivní dávku

**4 Popis používaných metod**

**Stanovení KLE metodou NRL - J**

Použitý materiál a měřicí přístroje:

odběrové čerpadlo typu Quick Take 30 nebo NOPV – 20

radiometr MAAF neboanalyzátor produktů přeměny radonu RPA - 50

odběrový mikrovláknitý filtr AFPC

Měření a odběr:

Pomocí odběrového čerpadla typu Quick Take 30 a NOPV-20 je prováděn odběr po dobu

5 minut a to objemovou rychlostí 20 l/min. Odběr provádíme ve výšce dýchací zóny.

a) měření pomocí radiometru MAAF

Následuje manipulační přestávka v délce 1minuty. Tento čas je kontrolován, tolerovaná

odchylka ±5 sekund. Filtr je umístěn do měřicího přístroje a je spuštěn v režimu NRL - J. Počty impulsů jsou uchovány v paměti přístroje MAAF a mohou být vyvolány v režimu READ. Po skončení měření se zapíše výsledek N3.

KLE = N3 . 2/ɳ . k1 = N3. f. k1

KLE – koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu (μJ.m-3)

N3 – počet impulzů měřeného vzorku

ɳ – účinnost detekce částic α

f – faktor účinnosti

k1 = 1,6.10-4 – převod z MeV.l-1 na μJ.m-3

b) měření pomocí analyzátoru produktů přeměny radonu RPA - 50

Filtr je umístěn do měřicího přístroje a je spuštěn v režimu MINE. U měření na RP 50 je konečný výsledek po ukončení měření odečten přímo z displeje přístroje v μJ.m-3.

K provedení odhadu efektivní dávky se použije maximální zjištěná hodnota KLE.

**Stanovení EOAR metodou BUHS**

Použitý materiál a měřicí přístroje:

odběrové čerpadlo typu Quick Take 30 nebo NOPV – 20

radiometr MAAF neboanalyzátor produktů přeměny radonu RPA - 50

odběrový mikrovláknitý filtr AFPC.

Odběr:

Pomocí odběrového čerpadla typu Quick Take 30 nebo NOPV-20 je prováděn odběr po dobu

20 minut a to objemovou rychlostí 20 l/min. Odběr provádíme ve výšce dýchací zóny.

Měření:

a) měření pomocí radiometru MAAF

Následuje manipulační přestávka v délce 1minuty. Tento čas je kontrolován, tolerovaná odchylka ± 5 sekund. Filtr je umístěn do měřicího přístroje a je spuštěn v režimu BUHS. Počty impulsů jsou uchovány v paměti přístroje MAAF a mohou být vyvolány v režimu READ.

EOAR = *(N – Np)/ɳ . 0,0032*

EOAR – ekvivalentní objemová aktivita (Bq.m-3)

Np – odezva pozadí, počet impulzů měřeného vzorku -*pozadí*

N – odezva, počet impulzů měřeného vzorku

ɳ – účinnost detekce částic α

 0,0032 - (přepočtový koeficient)

b) měření pomocí analyzátoru produktů přeměny radonu RPA - 50

U měření s RP 50 je konečný výsledek po ukončení měření v režimu OUTDOOR odečten

přímo z displeje přístroje v Bq.m-3.

**Měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu, dávkového příkonu zevního záření gama (Hx, Dg)**

K měření se používají přístroje obsahující G-M trubici ev. krystal NaI(Tl).Výsledná hodnota je odečtena s displeje přístroje.

**Stanovení objemové aktivity směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady (av,alfa)**

Použitý materiál a měřicí přístroje:

odběrové čerpadlo typu Quick Take30

analyzátor JKA 300 se sondou NS 9502E, měničem vzorků NCR 311 a scintilačním

detektorem SAD 13 U04

radiometr PSDA

etalon typu EM 22 s obsahem Unat

odběrový mikrovláknitý filtr AFPC

Odběr:

Odběr vzdušniny se provádí odběrovým čerpadlem typu Quick Take30 přes odběrový filtr

typu AFPC. Objemová rychlost při odběru je 20 l/min. Odběr provádíme ve výšce dýchací zóny. Doporučené minimální odebrané množství je 500 l.

Měření:

Měření aktivity alfa na filtru se provádí nejméně po 24 hodinách od odběru vzorků.

Výpočet aktivity:

av, alfa = (nv – np )/(ŋ.ε.V)

av, alfa - stanovení objemové aktivity směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa

 uran-radiové řady (Bq/m3)

Nv - počet impulsů měřeného vzorku

tv – čas měření vzorku (s)

nv =Nv/tv - četnost impulzů měření vzorku (s-1)

Np - počet impulsů pozadí

tp – čas měření pozadí (s)

np =Np/tp -četnost impulzů měření pozadí (s-1)

- účinnost měření (%)

ɛ – účinnost záchytu dceřiných produktů radonu filtrem (ɛ = 1)

V - objem vzduchu prosátého přes filtr (m3)

**Stanovení objemové aktivity radonu (OAR)**

Ke  kontinuálnímu měření OAR se používají různé měřicí přístroje založené na odlišných principech, např. spektrometrické stanovení alfa aktivity (RADIM 3, RADIM 3A, RADIM 5), měřící komora s polovodičovým detektorem (monitor TERA) atd.

SÚJB, 18.8.2016