

DOPORUČENÍ SÚJB

bezpečné využívání jaderné energie a ionizujícího záření

Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejnou potřebu a v balené vodě

radiační ochrana

DR-RO-5.1(Rev. 0.0)

HISTORIE REVIZÍ

Revize č.	Účinnost od	Garant	Popis či komentář změny
0.0	1.11.2017	RNDr. Ženatá	Nově zpracované doporučení

Radiační ochrana

Doporučení MĚŘENÍ A HODNOŠENÍ OBSAHU PŘÍRODNÍCH RADIONUKLIDŮ V PÍTNÉ VODĚ PRO VEŘEJNOU POTŘEBU A V BALENÉ VODĚ

DR-RO-5.1(Rev. 0.0)

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, listopad 2017

Č. j.: SÚJB/OS/19078/2017

Účelová publikace bez jazykové úpravy, připomínky směřujte na adresu:

pripominky_doporuceni@sujb.cz

Předmluva

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů, (dále zákon) a vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, (dále vyhláška), které nabyly účinnosti k 1.1.2017, stanoví dodavatelům vody a výrobcům a dovozcům balené vody povinnosti vztahující se k ochraně před ozářením z přírodních radionuklidů v pitné vodě dodávané pro veřejnou potřebu a v balené vodě dodávané na trh v České republice (§ 100 zákona a § 98 až § 101 vyhlášky).

Podrobnosti k měření obsahu přírodních radionuklidů ve vodě stanoví § 98 a 99 a příloha č. 27 vyhlášky. Měření mohou provádět pouze subjekty (laboratoře), které mají pro tuto činnost povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost podle § 9 odst. 2 písm. h) bodu 6 zákona.

Doporučení „Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejnou potřebu a v balené vodě“ uvádí postupy k provádění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné a balené vodě a zásady postupů při překročení nejvyšší přípustné hodnoty a referenčních a vyšetřovacích úrovní obsahu přírodních radionuklidů ve vodě. Je zejména určeno pro držitele povolení k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě a pro dodavatele pitné vody pro veřejnou potřebu a výrobce a dovozce vody balené. Bude-li jimi toto Doporučení používáno a dodržováno, bude Státní úřad pro jadernou bezpečnost při své kontrolní činnosti považovat tuto jejich praxi za naplňující požadavky radiační ochrany.

Při zpracování tohoto Doporučení byly zohledněny zkušenosti pracovníků Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a Státního ústavu radiační ochrany, v.v.i. z kontrolní a měřicí činnosti v této oblasti, a rovněž připomínky vznesené ze strany držitelů povolení k provádění služeb - měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě. Toto Doporučení nahrazuje Doporučení SÚJB pro danou oblast činnosti vydaná v roce 2012.

Připomínky uživatelů Doporučení k jeho obsahu jsou vítány.

Ing. Karla Petrová
ředitelka sekce radiační ochrany

Obsah

Úvod	7
1.1. Názvosloví a zkratky	7
1.1.1. Názvosloví	7
1.1.2. Zkratky	8
2. Právní předpisy	8
2.1. Atomový zákon	8
2.2. Prováděcí předpis	9
2.2.1. Poznámky a komentáře:	11
3. Odběr a úprava vzorků	13
3.1. Odběrová místa	13
3.2. Postup odběru	13
3.3. Úprava vzorků	14
3.4. Záznam o odběru	14
4. Měření vzorků	14
4.1. Rozsah měření	14
4.1.1. Základní rozbor	14
4.1.2. Doplnující rozbor	15
5. Postup měření	18
5.1.1. Metody měření	18
5.1.2. Zpracování výsledků	19
5.1.3. Podklady pro odhad nejistoty měření	19
5.1.4. Vyjadřování výsledků	21
6. Hodnocení výsledků	21
6.1.1. Objemová aktivita radonu	21
6.1.2. Celková objemová aktivita alfa	22
6.1.3. Celková objemová aktivita beta	22
6.1.4. Indikativní dávka ID	23
Stanovení indikativní dávky	23
7. Protokol o měření, oznamování údajů SÚJB, evidenční list	25
8. Postup při překročení vyšetřovacích a referenčních úrovní a nejvyšší přípustné hodnoty ..	26
8.1. Zásady postupu při překročení vyšetřovacích úrovní	26
8.1.1. Celková objemová aktivita alfa	26
8.1.2. Celková objemová aktivita beta	26
8.2. Zásady postupu při překročení referenčních úrovní	26
8.2.1. Objemová aktivita radonu	26
8.2.2. Indikativní dávka	27
8.3. Zásady postupu při překročení nejvyšší přípustné hodnoty	28
8.4. Optimalizace radiační ochrany	28
9. Související dokumenty	28
9.1. Zákony a vyhlášky	28
9.2. Technické normy	29
9.3. Ostatní dokumenty	29
10. Seznam příloh	29
10.1. Příloha 1: Cost-benefit analýza	30
a) Analýza nejvyššího možného přínosu	30
b) Analýza nákladů a nejvyššího možného přínosu	30
c) Analýza nákladů a reálného přínosu	31
10.2. Příloha 2: Kontakt na inspektory SÚJB	33
10.3. Příloha 3: Informace pro objednatele měření	34

10.4. Příloha 4: Záznam o odběru vzorku (vzor)	35
10.5. Příloha 5: Evidenční listy	37

Úvod

Doporučení stanoví postupy k provádění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě dodávané pro veřejnou potřebu a v balené vodě dodávané na trh v České republice a zásady postupu při překročení nejvyšší přípustné hodnoty objemové aktivity radonu a referenčních a vyšetřovacích úrovní obsahu přírodních radionuklidů ve vodě. Nevztahuje se na minerální vody specifikované v § 1 odst. 2 písm. a) zákona.

Je zejména určeno pro držitele povolení k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě a pro dodavatele pitné vody pro veřejnou potřebu a výrobce a dovozce balené vody.

Nahrazuje Doporučení SÚJB pro danou oblast činnosti vydaná v roce 2012 [O1]. Současné Doporučení zohledňuje sjednocení regulace přírodní radioaktivity pitné vody dodávané pro veřejnou spotřebu a balené vody a postup hodnocení na základě

a) objemové aktivity radonu a

b) indikativní dávky jako ukazatele míry ozáření osob z některých přírodních radionuklidů přítomných ve vodě.

1.1. Názvosloví a zkratky

1.1.1. Názvosloví

Balená voda – voda stočená do láhve nebo kontejneru, která je určena k prodeji, tj. balená kojenecká, balená pitná a balená pramenitá voda

Celková objemová aktivita alfa – ukazatel obsahu přírodních radionuklidů emitujících záření alfa ve vodě; je definován postupem stanovení podle ČSN 75 7611, ČNI 2005 [N5]

Celková objemová aktivita beta – ukazatel obsahu přírodních radionuklidů emitujících záření beta ve vodě; je definován postupem stanovení podle ČSN 75 7611, ČNI 2004 [N6]

Dodávaná voda – pro účely tohoto Doporučení pitná voda dodávaná pro veřejnou potřebu a balená voda

Indikativní dávka – ukazatel míry ozáření osob z některých přírodních radionuklidů přítomných ve vodě - úvazek efektivní dávky z ročního příjmu všech radionuklidů přítomných ve vodě s výjimkou tritia, ^{40}K , ^{222}Rn a krátkodobých produktů jeho přeměny (§ 2 písm. v) vyhlášky) [L2]

Laboratoř – osoba, která provádí systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě a je držitelem povolení k této činnosti vydaného SÚJB (§ 9 odst. 2 písm. h) bod 6 zákona) [L1]

Optimalizace – postup vedoucí k dosažení a udržení takové úrovně radiační ochrany, aby ozáření osob z vody bylo tak nízké, jakého lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek (§ 3 odst. 1 písm. c) zákona) [L1]

Povinná osoba – Osoba povinná zajistit, aby dodávaná pitná voda měla jakost pitné vody podle zákona o ochraně veřejného zdraví – dodavatel vody, výrobce a dovozce balené vody (§ 100 odst. 2 zákona) [L1]

Pitná voda – zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti a jakost nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby fyzických osob [L6]

Provozovatel vodovodu – osoba, která provozuje vodovod pro veřejnou potřebu nebo jiným způsobem dodává pitnou vodu pro veřejnou potřebu a je držitelem povolení k provozování

vodovodu vydaného krajským úřadem [L5, L6]; provozovatele vodovodu je obvykle možno považovat za dodavatele vody dle zákona č. 263/2016 Sb.[L1]

Referenční úroveň – úroveň rizika ozáření osob z vody, při jejímž překročení nesmí být pitná voda dodávána pro veřejnou potřebu a balená voda nesmí být dodávána na trh v České republice, pokud nebylo provedeno opatření, které snižuje míru ozáření na úroveň tak nízkou, jaké lze rozumně dosáhnout při zohlednění všech hospodářských a společenských hledisek (§ 60 odst. 2 písm. b) zákona) [L1]

Radon – ^{222}Rn

Vyhláška – vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [L2]

Veřejné zásobování pitnou vodou – dodávání pitné vody vodovodem pro veřejnou potřebu nebo dodávání pitné vody pro veřejnou potřebu jiným způsobem [L5, L6]

Vodovod – vodovod pro veřejnou potřebu nebo jiný způsob dodávání pitné vody pro veřejnou potřebu [L5, L6]

Zákon, atomový zákon – zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů [L1]

1.1.2. Zkratky

ČSN – Česká technická norma

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Úřad

TNV – Technická norma vodohospodářská

ID – indikativní dávka

VÚ – vyšetřovací úroveň (§ 98 odst. 6 vyhlášky) [L2]

NPH – nejvyšší přípustná hodnota (§ 98 odst. 1 vyhlášky) [L2]

2. Právní předpisy

2.1. Atomový zákon

Požadavky na měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejnou potřebu a pro dodávání balené vody na trh v České republice jsou stanoveny v § 100 zákona [L1] takto:

Dodavatel vody a výrobce a dovozce balené vody je povinen zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě z podzemního zdroje a ve směsi vody z podzemního zdroje a vody povrchové a v dodávané balené vodě v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem, vést o výsledcích evidenci a oznamovat tyto údaje Úřadu. Výsledky měření je povinen na vyžádání poskytnout veřejnosti.

Pitná voda nesmí být dodávána pro veřejnou potřebu a balená voda nesmí být dodávána na trh v České republice, pokud objemová aktivita radonu překročí nejvyšší přípustnou hodnotu, nebo obsah přírodních radionuklidů překročí referenční úroveň objemové aktivity radonu nebo indikativní dávky a nebylo provedeno opatření, které snižuje míru ozáření na úroveň tak nízkou, jaké lze rozumně dosáhnout při zohlednění všech hospodářských a společenských hledisek. Příslušné hodnoty sledovaných veličin stanoví § 98 odst. 1 a 2 a příloha č. 27 vyhlášky [L2].

2.2. Prováděcí předpis

Požadavky atomového zákona specifikuje prováděcí předpis, vyhláška č. 422/2016 Sb. [L2], v § 98 až 101 a v příloze č. 27. Ustanovení prováděcího předpisu vztahující se k systematickému měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě jsou pro potřeby tohoto Doporučení shrnuta v následujících tabulkách č. 1, 2 a 3 a v podrobnostech k těmto tabulkám.

Tabulka č. 1
Sledované veličiny

Ukazatel obsahu radionuklidů	Nejvyšší přípustná hodnota	Referenční úroveň	Vyšetřovací úroveň	Jednotka
celková objemová aktivita alfa			0,2	Bq/l
celková objemová aktivita beta			0,5	Bq/l
objemová aktivita ²²² Rn	300	100		Bq/l
indikativní dávka (ID)		0,1		mSv/rok

Tabulka č. 2
Četnost systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě

Objem vody denně dodávané či vyráběné [m ³]	Počet vzorků za kalendářní rok
objem ≤ 1 000	1
1 000 < objem ≤ 10 000	1 +1 pro každých 3 300 m ³ /den včetně započatých z celkového objemu
10 000 < objem ≤ 100 000	3 +1 pro každých 10 000 m ³ /den včetně započatých z celkového objemu
Objem >100 000	10 +1 pro každých 25 000 m ³ /den včetně započatých z celkového objemu

Podrobnosti k tabulce č. 2:

- Četnost systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě závisí na objemu vody dodávané nebo vyráběné, odběr se provádí poprvé před zahájením dodávání vody a následně podle přílohy č. 27 vyhlášky (tab. č. 2).
- Objem vody se počítá jako průměrná hodnota za kalendářní rok. Četnost lze rovněž určit podle počtu zásobovaných obyvatel za předpokladu spotřeby vody 200 l/den fyzickou osobou.

Nepřekročí-li výsledky v pěti po sobě jdoucích letech (zohlední se i výsledky získané podle zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů) referenční úrovně stanovené v tabulce č. 1, systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě se nemusí dále provádět, nedošlo-li ke změně, která by mohla ovlivnit obsah přírodních radionuklidů ve vodě. Toto zproštění ze systematického měření a hodnocení se nevztahuje na vodu, která pro-

chází úpravou vedoucí ke snížení obsahu přírodních radionuklidů. Tato voda se měří v četnosti podle přílohy č. 27 vyhlášky (viz tabulka č. 2).

Pozn. Ve vodě procházející úpravou vedoucí ke snížení obsahu přírodních radionuklidů se za dostačující považuje stanovení pouze toho radionuklidu/radionuklidů, jejichž obsah je snižován.

Tabulka č. 3

Způsob a rozsah systematického měření obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejnou potřebu a v balené vodě:

rozbor	ukazatel obsahu radionuklidů	provádí se
základní	celková objemová aktivita alfa	vždy
	celková objemová aktivita beta	vždy
	objemová aktivita ^{222}Rn	vždy
doplňující	obsah uranu	pokud celková objemová aktivita alfa převyšší vyšetřovací úroveň
	objemová aktivita ^{226}Ra	pokud celková objemová aktivita alfa po odečtení příspěvku uranu převyšší vyšetřovací úroveň
	objemová aktivita ^{228}Ra	pokud objemová aktivita ^{226}Ra převyšší vyšetřovací úroveň celkové objemové aktivity alfa
	objemová aktivita dalších radionuklidů emitujících záření alfa	pokud celková objemová aktivita alfa po odečtení příspěvku ^{226}Ra a uranu převyšší vyšetřovací úroveň
	obsah draslíku	pokud celková objemová aktivita beta převyšší vyšetřovací úroveň
	objemová aktivita dalších radionuklidů emitujících záření beta	pokud převyšší celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku od ^{40}K vyšetřovací úroveň

Podrobnosti k tabulce č. 3:

- Systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů se provádí ve vodě z podzemního zdroje a ve směsi vody z podzemního zdroje a vody povrchové.
- Stanovení ID se provádí, nelze-li na základě základního rozboru (a případně stanovení příspěvku ^{40}K) prokázat, že úroveň ID je nižší než její referenční úroveň.
- Referenční úroveň ID se považuje za nepřekročenou, pokud celková objemová aktivita alfa nepřekračuje vyšetřovací úroveň a překročení vyšetřovací úrovně celkové objemové aktivity beta je způsobeno pouze přítomností ^{40}K . V těchto případech nemusí být ID stanovována.
- Bylo-li prokázáno, že při překročení vyšetřovacích úrovní není překročena referenční úroveň indikativní dávky nebo při překročení této referenční úrovně bylo prokázáno, že radiační ochrana je optimalizována, může být systematické měření prováděno v rozsahu základního rozboru.

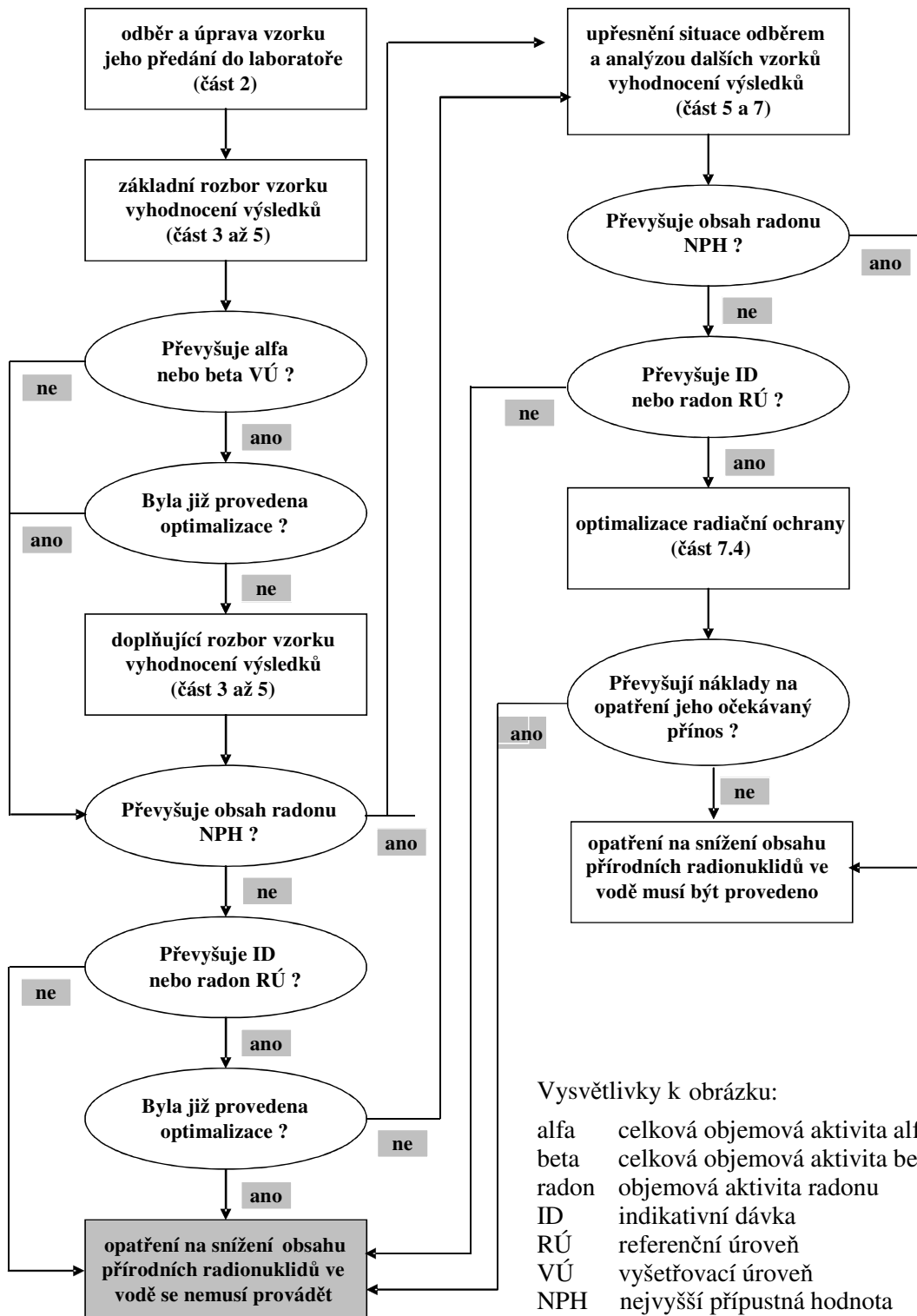
2.2.1. Poznámky a komentáře:

Cílem uvedených ustanovení zákona a vyhlášky je regulovat ozáření z přírodních radionuklidů přítomných v dodávané vodě.

Povinné osoby zajišťují systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů prostřednictvím laboratoří, jež jsou držiteli povolení SÚJB dle § 9 odst. 2 písm. h) bodu 6 zákona.

Obecné schéma systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě je znázorněno na obrázku č. 1. K jednotlivým činnostem jsou ve schématu v závorce uvedeny odkazy na příslušnou část Doporučení, která se k dané problematice vztahuje.

Obrázek č. 1 :
Rozhodovací schéma pro měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě



3. Odběr a úprava vzorků

Odběr vzorků vody provádí zpravidla pracovník k tomu pověřený povinnou osobou nebo laboratoří. Obecné zásady pro odběr a konzervaci vzorků stanoví ČSN EN ISO 5667-1 [N1], ČSN EN ISO 5667-3 [N2], ČSN 75 7600 [N3] a na ni navazující technické normy [N5 až N16]. Konkrétní postupy odběru vzorků, jejich úpravy, skladování a přepravy se řídí v jednotlivých případech požadavky laboratoře.

3.1. Odběrová místa

Podle § 99 odst. 6 vyhlášky musí být vzorky vody pro systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě odebírány tak, aby byly reprezentativní pro:

- a) vodu dodávanou během celého kalendářního roku a pro celou vodou zásobovanou oblast a
- b) veškerou vyrobenou vodu stáčenou do lahví nebo kontejnerů.

Přesnější lokalizaci odběrových míst udává § 99 odst. 5 vyhlášky takto:

- a) u vody dodávané z vodovodní sítě na místě, kde voda vytéká z kohoutku,
- b) u vody dodávané z cisterny na místě jejího výtoku z cisterny,
- c) u vody stáčené do láhve nebo kontejneru, které jsou určeny k prodeji, na místě plnění do láhve nebo kontejneru a
- d) u vody používané k přípravě potravin v potravinářském podniku na místě, kde se voda v tomto podniku používá.

V případě vodovodní sítě se volí odběrová místa se stálým odběrem vody, odebírá se studená voda, která neprošla bojlerem nebo zásobníkem. Odběr vzorku přímo ze zdroje je možný pouze v případech, kdy voda není dále upravována způsobem, který může ovlivnit obsah radionuklidů. Za dostačující se považuje odebrání jednoho vzorku dodávané vody. Pokud jsou však různé části vodovodní sítě zásobovány z různých zdrojů, je třeba zvolit více odběrových míst tak, aby byly získány úplné informace o obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě.

V případě, že není možno odebrat vzorek vody stáčené do obalů určených k prodeji na místě plnění obalů, je přípustné odebrat vodu v originálním obalu.

Za správnou volbu odběrových míst odpovídá povinná osoba. V případě nejasností se doporučuje konzultovat s inspektory SÚJB (viz Příloha 2).

Pro účely posouzení účinnosti zařízení na odstraňování přírodních radionuklidů z vody se, kromě vzorku dodávané vody odebraného v době provozu zařízení, odebírá i vzorek neupravené vody, například ze zdroje. Účinnost zařízení na odstraňování přírodních radionuklidů je obvykle posuzována na základě požadavku dodavatele vody při zprovoznění tohoto zařízení či po jeho opravách.

Pro účely hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě dosud nezprovozněného zdroje se odebírá vzorek vody přímo ze zdroje, optimálně v době čerpací zkoušky.

3.2. Postup odběru

Vzorky vody pro stanovení objemové aktivity radonu se odebírají do skleněných nebo plastových nádob vhodného objemu a tvaru. Pokud je to možné, voda se před odběrem nechá několik minut odtéci. Nádoba se plní malým proudem vody tak, aby nedocházelo k jejímu rozstříkání a ke ztrátám radonu. Před odběrem je třeba odstranit perlátor. Ihned po ukončení odběru se vzorkovnice hermeticky uzavře.

Vzorky vody pro stanovení ostatních ukazatelů se odebírají do plastových nádob vhodného objemu. Vzorkovnice se předem vymyje horkou vodou, vypláchne kyselinou chlorovodíkovou zředěnou (1 + 5) a následně destilovanou vodou.

3.3. Úprava vzorků

Vzorky vody pro stanovení objemové aktivity radonu se neupravují. Vzorky vody pro stanovení ostatních ukazatelů se co nejdříve po odběru konzervují postupem podle ČSN EN ISO 5667-3 [N2] (okyselení, ochlazení) nebo podle pokynů měřicí laboratoře. Uchovávají se v temnu a chladu. K měření se vzorky předávají co nejdříve po odběru (nejpozději do 4 dnů od odběru, pokud měřicí laboratoř nestanoví jinak).

3.4. Záznam o odběru

O každém odběru vzorku pro měření obsahu přírodních radionuklidů ve vodě se provede záznam (viz Příloha 4) s vyznačením všech údajů potřebných pro zpracování úplného protokolu o měření.

Záznam o odběru se předává spolu se vzorkem laboratoři, jeho kopie zůstává u povinné osoby jako součást evidence o systematickém měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě.

4. Měření vzorků

Systematické měření obsahu přírodních radionuklidů ve vodě se člení na základní rozbor a doplňující rozbor (viz tabulka č. 3). Základní rozbor se provádí u všech vzorků vody a zahrnuje stanovení celkové objemové aktivity alfa, celkové objemové aktivity beta a stanovení objemové aktivity radonu. Stanovení objemové aktivity radonu a celkových objemových aktivit alfa a beta je prvním podkladem pro hodnocení vody. Doplňující rozbor se provádí v situacích, kdy celková objemová aktivita alfa nebo beta převyšuje vyšetřovací úroveň. Zahrnuje stanovení objemových aktivit jednotlivých přírodních radionuklidů a jeho výsledky jsou, s výjimkou ^{40}K , podkladem pro výpočet ID. Ta se spočítá z výsledků doplňujícího rozboru a porovná se s referenční úrovní ID stanovenou vyhláškou.

Systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě mohou provádět jenom laboratoře, které mají pro tuto činnost povolení SÚJB. Pokud laboratoř není v souladu s rozsahem svého povolení oprávněna provést úplný rozbor dle tabulky č. 3 (má například pouze povolení pro provádění základního rozboru), upozorní v relevantních případech objednavatele měření na to, že jí provedené měření není úplné a že je třeba, aby si povinná osoba dokončení systematického měření a hodnocení zajistila u jiné laboratoře, případně provedení úplného rozboru zajistí laboratoř sama subdodavatelsky.

4.1. Rozsah měření

4.1.1. Základní rozbor

Provádí se u všech vzorků odebraných v rámci systematického měření a hodnocení a rovněž pro účely hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě z dosud nezprovozněného zdroje. Základní rozbor zahrnuje:

- stanovení celkové objemové aktivity alfa c_α
- stanovení celkové objemové aktivity beta c_β
- stanovení objemové aktivity radonu $c_{\text{Rn}222}$

4.1.2. Doplnující rozbor

Doplňující rozbor slouží k identifikaci radionuklidů odpovědných za překročení vyšetřovací úrovně a k získání podkladů nezbytných pro stanovení indikativní dávky. Jeho výsledky jsou rovněž využívány jako vstupy pro optimalizaci radiační ochrany. Indikativní dávka slouží k hodnocení ozáření z některých přírodních radionuklidů přítomných v dodávané vodě. Stanovuje se v situacích, kdy celková objemová aktivita alfa nebo celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku ^{40}K převyšuje vyšetřovací úroveň. Podrobný postup stanovení tohoto ukazatele a jeho hodnocení jsou popsány v kapitole 6.1.4.

Doplňujícím rozbohem nestanovené přírodní radionuklidy, jež jsou odpovědné za zbytkovou celkovou objemovou aktivitu alfa nebo za zbytkovou celkovou objemovou aktivitu beta menší než příslušná vyšetřovací úroveň, se při stanovení celkové indikativní dávky nezohledňují.

Není-li možno provést ve vzorku základní a posléze i doplňující rozbor, odebere se další vzorek dodávané vody a v něm se znovu stanoví celková objemová aktivita, u níž bylo v rámci základního rozboru zjištěno překročení vyšetřovací úrovně. Pokud se překročení hodnoty potvrdí, provede se doplňující rozbor.

Komentář k postupu a rozsahu doplňujícího rozboru:

Rozsáhlým sledováním obsahu přírodních radionuklidů v pitných vodách [O5] byly v ČR zjištěny níže uvedené průměrné poměry objemových aktivit radionuklidů s nejvyšším konverzním faktorem (viz tabulka č. 8) k celkovým objemovým aktivitám:

- ^{210}Pb :beta < 0,1,
- ^{210}Po :alfa = 0,03,

a rovněž následující průměrné poměry výskytu izotopů radia a uranu

- ^{228}Ra : ^{226}Ra = 1,
- ^{234}U : ^{238}U = 1,5.

Tyto informace byly zohledněny při stanovení hodnot vyšetřovacích úrovní a rovněž při určení pořadí stanovování radionuklidů v rámci doplňujícího rozboru. Vzhledem k uvedeným nízkým průměrným aktivitám ^{210}Po a ^{210}Pb v pitné vodě v ČR lze jejich příspěvek, pokud by jejich aktivita byla součástí zbytkové aktivity celkové objemové aktivity alfa nebo beta, i přes jejich vysoký konverzní faktor, zanedbat. Naopak častý výskyt ^{228}Ra spolu s ^{226}Ra a vysoký výskyt ^{234}U jsou důvodem, proč jejich stanovení bylo v rámci doplňujícího rozboru upřednostněno.

Doplňující rozbor zahrnuje:

- a) Stanovení objemové aktivity c_{U234} (Bq/l) radionuklidu ^{234}U a objemové aktivity c_{U238} (Bq/l) radionuklidu ^{238}U nebo hmotnostní koncentrace uranu ρ_U (mg/l) a odhad příspěvku uranu $c_{\alpha,U}$ (Bq/l) k celkové objemové aktivitě alfa:

$$c_{\alpha,U} = p_{\alpha,U} \cdot \rho_U = 25 \cdot \rho_U \quad (1)$$

$$c_{\alpha,U} = c_{U234} + c_{U238}$$

Provádí se, když výsledek měření celkové objemové aktivity alfa převyšuje vyšetřovací úroveň, tj. když: $c_{\alpha} > 0,2$ Bq/l.

Pozn. Umožňuje-li to vybavení laboratoře, upřednostňuje se stanovení izotopů ^{234}U a ^{238}U před stanovením hmotnostní koncentrace uranu.

- b) Stanovení objemové aktivity c_{Ra226} (Bq/l) radionuklidu ^{226}Ra a odhad jeho příspěvku $c_{\alpha, \text{Ra226}}$ (Bq/l) k celkové objemové aktivitě alfa:

$$c_{\alpha, \text{Ra226}} = p_{\alpha, \text{Ra226}} \cdot c_{\text{Ra226}} = 1,7 \cdot c_{\text{Ra226}} \quad (2)$$

Provádí se, když výsledek měření celkové objemové aktivity alfa po odečtení příspěvku uranu převyšuje vyšetřovací úroveň, tj. když: $(c_{\alpha} - c_{\alpha, \text{U}}) > 0,2$ Bq/l.

- c) Stanovení objemových aktivit c_i (Bq/l) dalších radionuklidů emitujících záření alfa, například ^{234}U (pokud již nebyl stanoven podle písm. a)), ^{224}Ra nebo ^{210}Po a odhad jejich příspěvku $c_{\alpha, i}$ (Bq/l) k celkové objemové aktivitě alfa:

$$c_{\alpha, i} = p_{\alpha, i} \cdot c_i \quad (3)$$

Provádí se, když výsledek měření celkové objemové aktivity alfa po odečtení příspěvků uranu a ^{226}Ra převyšuje 0,2 Bq/l, tj. když: $(c_{\alpha} - c_{\alpha, \text{U}} - c_{\alpha, \text{Ra226}}) > 0,2$ Bq/l. Pořadí a rozsah těchto rozborů se volí tak, aby bylo vysvětleno zvýšení celkové objemové aktivity alfa, tj. aby byla splněna podmínka:

$$c_{\alpha} - \sum_i c_{\alpha, i} \leq 0,2 \quad (4)$$

Hodnoty parametru $p_{\alpha, i}$ charakterizující příspěvek jednotlivých radionuklidů k celkové objemové aktivitě alfa jsou uvedeny v tabulce č. 4.

- d) Stanovení hmotnostní koncentrace draslíku ρ_K (mg/l) a odhad příspěvku $c_{\beta, K}$ (Bq/l) radionuklidu ^{40}K k celkové objemové aktivitě beta:

$$c_{\beta, K} = p_{\beta, K} \cdot \rho_K = 0,028 \cdot \rho_K \quad (5)$$

Provádí se, když výsledek měření celkové objemové aktivity beta převyšuje vyšetřovací úroveň, tj. když: $c_{\beta} > 0,5$ Bq/l.

- e) Stanovení objemové aktivity c_{Ra228} (Bq/l) radionuklidu ^{228}Ra a odhad jeho příspěvku $c_{\beta, \text{Ra228}}$ (Bq/l) k celkové objemové aktivitě beta. Provádí se, když výsledek měření objemové aktivity radionuklidu ^{226}Ra převyšuje vyšetřovací úroveň celkové objemové aktivity alfa, tj. když: $c_{\alpha, \text{Ra226}} > 0,2$ Bq/l nebo když nastane situace podle bodu f).

- f) Stanovení objemových aktivit c_i (Bq/l) dalších radionuklidů emitujících záření beta, například ^{228}Ra nebo ^{210}Pb , a odhad jejich příspěvku $c_{\beta, i}$ (Bq/l) k celkové objemové aktivitě beta:

$$c_{\beta, i} = p_{\beta, i} \cdot c_i \quad (6)$$

Provádí se, když výsledek měření celkové objemové aktivity beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K převyšuje vyšetřovací úroveň, tj. když: $(c_{\beta} - c_{\beta, K}) > 0,5$ Bq/l. Pořadí a rozsah těchto rozborů se volí tak, aby bylo vysvětleno zvýšení celkové objemové aktivity beta, tj. aby byla splněna podmínka:

$$c_{\beta} - \sum_i c_{\beta, i} \leq 0,5 \quad (7)$$

Hodnoty parametru $p_{\beta, i}$ charakterizující příspěvek jednotlivých radionuklidů k celkové objemové aktivitě beta jsou uvedeny v tabulce č. 4. Na celkové objemové aktivitě beta se mohou podílet také některé krátkodobé produkty přeměny radionuklidů emitujících záření alfa, například radionuklidů ^{224}Ra , ^{226}Ra nebo ^{238}U . Podklady pro odhad jejich příspěvku jsou rovněž uvedeny v tabulce č. 4.

Uvedené pořadí rozborů je možno měnit v situacích, kdy změna povede ke zjednodušení nebo k urychlení doplňujícího rozboru. Například pořadí rozborů podle písmene a) a b) je možno vzájemně zaměnit, když je známo (třeba na základě dříve provedených rozborů), že zdrojem záření alfa ve vzorku je především ^{226}Ra .

Tabulka č. 4
Některé podklady pro doplňující rozbor a pro hodnocení výsledků

ukazatel obsahu radionuklidů	odhad příspěvku k celkové aktivitě		referenční hodnota r_i	jednotky
	$p_{\alpha,i}$	$p_{\beta,i}$		
hmotnostní koncentrace draslíku	0	0,028		mg/l
objemová aktivita ^{210}Pb	0	1	0,2	Bq/l
objemová aktivita ^{210}Po	1	0	0,1	Bq/l
objemová aktivita ^{224}Ra	4,1	2,2	2,1	Bq/l
objemová aktivita ^{226}Ra	1,7	0,5	0,5	Bq/l
objemová aktivita ^{228}Ra	0	1	0,2	Bq/l
objemová aktivita ^{228}Th	1	0	1,9	Bq/l
objemová aktivita ^{230}Th	1	0	0,6	Bq/l
objemová aktivita ^{232}Th	1	0	0,6	Bq/l
objemová aktivita ^{234}U	1	0	2,8	Bq/l
objemová aktivita ^{238}U	1	$2 \cdot k_{U,\beta}$	3,0	Bq/l
hmotnostní koncentrace uranu	25	$25 \cdot k_{U,\beta}$	0,12	mg/l

Podrobnosti k tabulce č. 4:

- Hodnoty parametrů $p_{\alpha,i}$ a $p_{\beta,i}$ jsou vztaženy na jednotkovou objemovou aktivitu (Bq/l) radionuklidu resp. na jednotkovou hmotnostní koncentraci (mg/l) prvku.
- Referenční hodnotou r_i se zde rozumí objemová aktivita (v případě uranu hmotnostní koncentrace), která odpovídá úvazku efektivní dávky 0,1 mSv/rok. Postup odvození je popsán v kapitole 5.
- Hodnota p_{α} pro převod hmotnostní koncentrace uranu na celkovou objemovou aktivitu alfa byla odvozena za předpokladu přirozeného zastoupení izotopů uranu ve vzorku. U reálných vzorků vody může být skutečný příspěvek uranu k celkové objemové aktivitě alfa až několikanásobně větší díky nerovnováze ^{234}U a ^{238}U ve vodě.
- Hodnoty p_{α} a p_{β} pro odhad příspěvků radionuklidu ^{226}Ra k celkové objemové aktivitě alfa a beta předpokládají, že měření celkové objemové aktivity se provádí v intervalu 24 až 48 hodin od ukončení přípravy preparátů.
- Hodnoty p_{α} pro odhad příspěvků radionuklidů k celkové objemové aktivitě alfa byly odvozeny za předpokladu, že stanovení celkové objemové aktivity alfa se provádí měřením směsi odparku se scintilátorem ZnS(Ag). Při použití alternativního postupu podle ČSN 75 7611 [N5] případně postupu podle ČSN 75 7610 [N4] mohou být hodnoty p_{α} odlišné od uvedených a měly by být pro danou metodu (měření záření alfa v tlusté vrstvě) stanoveny experimentálně.
- Při použití hodnot p_{α} a p_{β} pro odhad příspěvků radionuklidu ^{224}Ra k celkové objemové aktivitě alfa a beta je třeba výsledek měření objemové aktivity ^{224}Ra přepočítat k času měření příslušné celkové objemové aktivity.
- Pro stanovení hodnoty parametru $k_{U,\beta}$ který popisuje závislost příspěvku radionuklidu ^{238}U nebo uranu k celkové objemové aktivitě beta na době t (dny) mezi odběrem vzorku a měřením celkové aktivity beta se doporučuje použít vztah:

$$k_{U,\beta} = 1 - \exp(-0,0288 \cdot t) \quad (8)$$

5. Postup měření

5.1.1. Metody měření

Při stanovení celkové objemové aktivity alfa a celkové objemové aktivity beta ve vodě se postupuje výhradně podle normalizovaných metod [N5, N6, N4]. Pro stanovení ostatních ukazatelů obsahu přírodních radionuklidů ve vodě se přednostně používají normalizované postupy [N7 až N14]. Nenormalizované metody nebo modifikované normalizované metody používané pro systematické měření musí být v přiměřeném rozsahu validovány [N15, O2] včetně ověření správnosti měření formou mezilaboratorního porovnání a předloženy Úřadu k vyjádření v rámci schvalovacího procesu. Požadavky na mez detekce a nejistoty měření používaných měřících metod jsou uvedeny v tabulce č. 5, některé další požadavky na používané analytické postupy jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 5

Požadavky na mez detekce a nejistotu měření:

ukazatel obsahu radionuklidů	mez detekce	nejistota
celková objemová aktivita alfa	< 0,05 Bq/l	< 10 %
celková objemová aktivita beta	< 0,10 Bq/l	< 10 %
hmotnostní koncentrace draslíku	< 1 mg/l	< 10 %
objemová aktivita ^{210}Pb	< 0,07 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{210}Po	< 0,04 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{222}Rn	< 15 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{224}Ra	< 0,10 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{226}Ra	< 0,03 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{228}Ra	< 0,05 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{228}Th	< 0,05 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{230}Th	< 0,05 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{232}Th	< 0,05 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{234}U	< 0,05 Bq/l	< 10 %
objemová aktivita ^{238}U	< 0,05 Bq/l	< 10 %
hmotnostní koncentrace uranu	< 0,002 mg/l	< 10 %

Poznámky k tabulce č. 5:

- Mezi detekce se rozumí nejmenší detekovatelná objemová aktivita c_{ND} nebo nejmenší detekovatelná hmotnostní koncentrace ρ_{ND} stanovené na hladině významnosti 95 % ($\alpha = \beta = 0,05$).
- Nejistotou se rozumí relativní kombinovaná standardní nejistota u_r (%) při hodnotě objemové aktivity nebo hmotnostní koncentrace rovné nebo vyšší než je čtyřnásobek v tabulce uvedené nejmenší detekovatelné hodnoty.

Tabulka č. 6

Některé další požadavky na používané analytické postupy:

měřený ukazatel	poznámky, požadavky, komentáře
celková objemová aktivita alfa	přednostně se použije metoda měření odparku ve směsi se scintilátorem ZnS(Ag). Pokud se očekává zvýšený obsah izotopů radia ve vodě, doporučuje se zpracovat vzorek na preparát pro měření v intervalu 2 až 6 dnů od jeho odběru
celková objemová aktivita beta	pokud se očekává zvýšený obsah izotopů uranu ve vodě, doporučuje se zpracovat vzorek na preparát pro měření v intervalu 2 až 6 dnů od jeho odběru
objemová aktivita ^{226}Ra	použitá metoda musí eliminovat interference ostatních izotopů radia a interference zbytkového radonu
objemová aktivita ^{210}Pb	pokud se očekává zvýšený obsah radonu ve vodě, je třeba potlačit vliv ^{210}Pb vytvořeného přeměnou ^{222}Rn ve vzorku v době od odběru do zpracování (např. rychlé stanovení nebo odstranění radonu ze vzorku co nejdříve po jeho odběru)

5.1.2. Zpracování výsledků

Nejmenší významná objemová aktivita c_{NV} nebo nejmenší významná hmotnostní koncentrace ρ_{NV} se stanoví na hladině významnosti 95 % ($\alpha = 0,05$) podle vzorců uvedených v ČSN 75 7600 [N3] a v souvisejících technických normách [N4 až N16]. Nejmenší detekovatelná objemová aktivita c_{ND} a nejmenší detekovatelná hmotnostní koncentrace ρ_{ND} se stanoví na hladině významnosti 95 % ($\alpha = \beta = 0,05$) podle vzorců uvedených v ČSN 75 7600 [N3] a v souvisejících technických normách [N4 až N16].

Relativní kombinovaná standardní nejistota u_r (%) se vypočte na základě dílčích standardních nejistot u_{ri} (%) spojených s provedením měřicí metody rozebraných níže s použitím vztahu:

$$u_r = \sqrt{\sum_i u_{ri}^2} \quad (9)$$

Kombinovaná standardní nejistota u vyjádřená ve stejných jednotkách jako výsledek měření c se vypočte s použitím vztahu:

$$u = \frac{u_r \cdot c}{100} \quad (10)$$

Relativní rozšířená nejistota U_r (%) a rozšířená nejistota U vyjádřená ve stejných jednotkách jako výsledek měření c se vypočtou s použitím vztahů:

$$U_r = 2 \cdot u_r \quad U = 2 \cdot u \quad (11)$$

5.1.3. Podklady pro odhad nejistoty měření

Kombinovaná standardní nejistota a rozšířená nejistota se stanoví s použitím vztahů (9) až (11) na základě identifikace a kvantifikace jednotlivých zdrojů nejistot spojených s provedením měřicí metody. V tabulce č. 7 jsou uvedeny některé zdroje nejistot, které se obvykle uplatní při měření obsahu přírodních radionuklidů ve vodě, možné způsoby jejich stanovení a obvyklé hodnoty relativní standardní nejistoty u_{ri} vyjádřené v %. Je třeba zdůraznit, že uvedený výčet nemusí být úplný a v tabulce uvedené obvyklé hodnoty nemusí odpovídat skutečným hodnotám v praxi té které laboratoře. Při odhadu nejistot by laboratoř měla vycházet vždy z rozboru provedeného pro konkrétní metodu stanovení a pro konkrétní způsob jejího provedení.

Tabulka č. 7
Podklady pro odhad relativní standardní nejistoty

zdroj nejistoty	způsob stanovení	obvyklá nejistota u_{ri} (%)
odměření objemu vzorku pro zpracování	z kalibračního listu, z údajů na použité odměrné nádobě	0,5 až 2
zpracování vzorku na preparát pro měření	z rozptylu výsledků opakované analýzy téhož vzorku	3 až 6
měření preparátu ze vzorku a měření pozadí	podle vztahu (14)	2 až 30
aktivita etalonu použitého pro stanovení účinnosti	z certifikátu etalonu	0,5 až 2
příprava kalibračního roztoku ředěním etalonu	z kalibračního listu, z údajů na použitých odměrných nádobách	0,2 až 2
dávkování kalibračního roztoku	z kalibračního listu	0,5 až 2
příprava preparátu pro stanovení účinnosti	z rozptylu výsledků opakované přípravy preparátu	2 až 4
měření preparátu pro stanovení účinnosti	podle vztahu (15)	1 až 2
měření preparátu ze vzorku s přídavkem	podle vztahu (16)	1 až 2

Odhad relativní standardní nejistoty u_{ri} (%) spojené s měřením preparátu ze vzorku (vzorku bez přídavku) a s měřením pozadí:

$$u_{ri}(\%) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{N_V}{t_V^2} + \frac{N_P}{t_P^2}}}{\frac{N_V}{t_V} - \frac{N_P}{t_P}} \quad (12)$$

Odhad relativní standardní nejistoty u_{ri} (%) spojené s měřením preparátu pro stanovení účinnosti a s měřením pozadí:

$$u_{ri}(\%) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{N_E}{t_E^2} + \frac{N_P}{t_P^2}}}{\frac{N_E}{t_E} - \frac{N_P}{t_P}} \quad (13)$$

Odhad relativní standardní nejistoty u_{ri} (%) spojené s měřením preparátu ze vzorku s přídavkem a s měřením preparátu ze vzorku bez přídavku:

$$u_{ri}(\%) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{N_{PR}}{t_{PR}^2} + \frac{N_V}{t_V^2}}}{\frac{N_{PR}}{t_{PR}} - \frac{N_V}{t_V}} \quad (14)$$

Označení proměnných použité v rovnicích (12) až (14):

N_P	počet impulsů za celkovou dobu měření pozadí
N_V	počet impulsů za celkovou dobu měření preparátu ze vzorku (vzorku bez pří- davku)
N_{PR}	počet impulsů za celkovou dobu měření preparátu ze vzorku s přídavkem
N_E	počet impulsů za celkovou dobu měření preparátu pro stanovení účinnosti
t_P	celková doba měření pozadí, v sekundách
t_V	celková doba měření preparátu ze vzorku (vzorku bez přídavku), v sekundách
t_{PR}	celková doba měření preparátu ze vzorku s přídavkem, v sekundách
t_E	celková doba měření preparátu pro stanovení účinnosti, v sekundách

5.1.4. Vyjadřování výsledků

Výsledky měření objemových aktivit se vyjadřují v becquerelech na litr (Bq/l). Je-li objemová aktivita c nižší než nejmenší detekovatelná objemová aktivita c_{ND} , uvede se jako výsledek stanovení „nižší než c_{ND} “ nebo „< c_{ND} “. V ostatních případech se uvede jako výsledek stanovení objemová aktivita c a rozšířená nejistota U (Bq/l) nebo relativní rozšířená nejistota U_r (%).

Výsledky měření hmotnostních koncentrací se vyjadřují v miligramech na litr (mg/l). Je-li hmotnostní koncentrace ρ nižší než nejmenší detekovatelná hmotnostní koncentrace ρ_{ND} , uvede se jako výsledek stanovení „nižší než ρ_{ND} “ nebo „< ρ_{ND} “. V ostatních případech se uvede jako výsledek stanovení hmotnostní koncentrace ρ a rozšířená nejistota U (mg/l) nebo relativní rozšířená nejistota U_r (%).

Výsledek stanovení indikativní dávky se vyjadřuje v miliSievertch za rok (mSv/rok). Neuvádí se, pokud celková objemová aktivita alfa nepřevyšuje vyšetřovací úroveň a současně celková objemová aktivita beta nebo celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku ^{40}K nepřevyšuje vyšetřovací úroveň. V ostatních případech se uvede jako výsledek stanovení indikativní dávka ID_c (mSv/rok) a rozšířená nejistota U_{Dc} (mSv/rok) vypočtené postupem podle kapitoly 6.1.4.

6. Hodnocení výsledků

Výsledky systematického měření obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě se hodnotí ve vztahu k hodnotám uvedeným v tabulce č. 1. Hodnocení může být buď vloženo do protokolu o měření, například jako „odborné stanovisko“, nebo může být uvedeno v příloze k protokolu. Výsledky se uvádějí s rozšířenou nejistotou měření a tato skutečnost se v hodnocení zohledňuje formulací „převyšuje/nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření“. Příklady hodnocení jsou pro jednotlivé ukazatele uvedeny dále.

6.1.1. Objemová aktivita radonu

Výsledky měření objemové aktivity ^{222}Rn se hodnotí porovnáním s nejvyšší přípustnou hodnotou 300 Bq/l a s referenční úrovní 100 Bq/l. Hodnocení ve vztahu k nejvyšší přípustné hodnotě se nemusí uvádět, pokud výsledek měření nepřevyšuje referenční úroveň. Hodnocení ve vztahu k referenční úrovni se nemusí uvádět, pokud výsledek měření převyšuje nejvyšší přípustnou hodnotu.

Příklad 1:

výsledek měření (Bq/l)	rozšířená nejistota (Bq/l)	příklady hodnocení
25	±5	Objemová aktivita radonu nepřevyšuje referenční úroveň 100 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
97	±6	Objemová aktivita radonu nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření referenční úroveň 100 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
103	±6	Objemová aktivita radonu převyšuje s výhradou nejistoty měření referenční úroveň 100 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. Objemová aktivita radonu nepřevyšuje nejvyšší přípustnou hodnotu 300 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
120	±10	Objemová aktivita radonu převyšuje referenční úroveň 100 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. Objemová aktivita radonu nepřevyšuje nejvyšší přípustnou hodnotu 300 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
290	±25	Objemová aktivita radonu převyšuje referenční úroveň 100 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. Objemová aktivita radonu nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření nejvyšší přípustnou hodnotu 300 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
310	±30	Objemová aktivita radonu převyšuje s výhradou nejistoty měření nejvyšší přípustnou hodnotu 300 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
400	±38	Objemová aktivita radonu převyšuje nejvyšší přípustnou hodnotu 300 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.

6.1.2. Celková objemová aktivita alfa

Výsledky měření celkové objemové aktivity alfa se hodnotí porovnáním s vyšetřovací úrovní 0,2 Bq/l. Hodnocení se uvádí vždy.

Příklad 2:

výsledek měření (Bq/l)	rozšířená nejistota (Bq/l)	příklady hodnocení
0,110	±0,020	Celková objemová aktivita alfa nepřevyšuje vyšetřovací úroveň 0,2 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,180	±0,035	Celková objemová aktivita alfa nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření vyšetřovací úroveň 0,2 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,220	±0,040	Celková objemová aktivita alfa převyšuje s výhradou nejistoty měření vyšetřovací úroveň 0,2 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,450	±0,080	Celková objemová aktivita alfa převyšuje vyšetřovací úroveň 0,2 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.

6.1.3. Celková objemová aktivita beta

Výsledky měření celkové objemové aktivity beta se hodnotí porovnáním s vyšetřovací úrovní 0,5 Bq/l.

Příklad 3:

výsledek měření (Bq/l)	rozšířená nejistota (Bq/l)	příklady hodnocení
0,250	±0,040	Celková objemová aktivita beta nepřevyšuje vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.

výsledek měření (Bq/l)	rozšířená nejistota (Bq/l)	příklady hodnocení
0,450	$\pm 0,080$	Celková objemová aktivita beta nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,550	$\pm 0,090$	Celková objemová aktivita beta převyšuje s výhradou nejistoty měření vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,87	$\pm 0,16$	Celková objemová aktivita beta převyšuje vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.

Celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku ^{40}K

Výsledky měření celkové objemové aktivity beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K se hodnotí porovnáním s vyšetřovací úrovní 0,5 Bq/l.

Příklad 4:

výsledek měření (Bq/l)	rozšířená nejistota (Bq/l)	příklady hodnocení
0,250	$\pm 0,040$	Celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K nepřevyšuje vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,450	$\pm 0,080$	Celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,550	$\pm 0,090$	Celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K převyšuje s výhradou nejistoty měření vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,87	$\pm 0,16$	Celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K převyšuje vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.

6.1.4. Indikativní dávka

Hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě ve vztahu k referenční úrovni indikativní dávky 0,1 mSv/rok se provádí porovnáním výsledků měření získaných v rámci doplňujícího rozboru s referenčními hodnotami uvedenými v tabulce č. 3. Referenční úroveň indikativní dávky 0,1 mSv/rok se pokládá za nepřekročenou, pokud celková objemová aktivita alfa prokazatelně (výsledek měření objemové aktivity alfa ve vodě převyšuje vyšetřovací úroveň o více než je jeho rozšířená nejistota) nepřevyšuje vyšetřovací úroveň 0,2 Bq/l a současně celková objemová aktivita beta nebo celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku ^{40}K prokazatelně nepřevyšuje hodnotu 0,5 Bq/l. V tomto případě se hodnocení ID nemusí uvádět.

Stanovení indikativní dávky

Indikativní dávka je definována jako roční úvazek efektivní dávky z příjmu požitím všech radionuklidů (přírodních i umělých) přítomných ve vodě s výjimkou radionuklidů ^3H , ^{40}K , ^{222}Rn a krátkodobých produktů jeho přeměny. Pro účely tohoto Doporučení se pro stanovení indikativní dávky používají výsledky měření objemových aktivit přírodních radionuklidů stanovených v rámci doplňujícího rozboru (kromě ^{40}K). Výpočet ID se provádí podle vztahů (15) nebo (17).

Indikativní dávka ID_c (mSv/rok) souvisí s objemovými aktivitami radionuklidů ve vodě c_i (Bq/l) vztahem:

$$ID_c = 0,73 \cdot \sum_i h_i \cdot c_i = \sum_i D_i \cdot c_i \quad (15)$$

kde značí:

- h_i** konverzní faktor (μSv/Bq) pro přepočet příjmu i-tého radionuklidu požitím dospělými jednotlivci z obyvatelstva na úvazek efektivní dávky (jeho hodnoty jsou uvedeny ve vyhlášce [L2] – příloha č. 3)
- D_i** konverzní faktor (mSv/rok na Bq/l) pro přepočet objemové aktivity i-tého radionuklidu na roční úvazek efektivní dávky ($D_i = 0,73 \cdot h_i$).

Sčítá se přes všechny radionuklidy stanovené ve vodě s výjimkou radionuklidů ³H, ⁴⁰K a ²²²Rn. Uvedený vztah předpokládá (v souladu se směrnicí [L3]) příjem vody 730 litrů za rok.

Z hlediska praktického použití je vhodné zavést pro jednotlivé radionuklidy referenční hodnoty **r_i** jako objemové aktivity (Bq/l), které způsobí celkovou indikativní dávku rovnou směrné hodnotě 0,1 mSv/rok:

$$r_i = \frac{0,1}{0,73 \cdot h_i} \quad (16)$$

Pro výpočet indikativní dávky se použijí vztahy:

$$ID_c = 0,1 \cdot \sum_i \frac{c_i}{r_i} \quad (17)$$

$$U_{IDc} = 0,1 \cdot \sqrt{\sum_i \frac{U_i^2}{r_i^2}} \quad (18)$$

- kde značí:
- c_i** objemovou aktivitu i-tého radionuklidu (Bq/l)
- U_i** rozšířenou nejistotu měření i-tého radionuklidu (Bq/l)
- r_i** referenční hodnotu i-tého radionuklidu (tabulka č. 4)

Sčítá se přes všechny radionuklidy stanovené v rámci doplňujícího rozboru, pro které je v tabulce č. 4 uvedena referenční hodnota.

Výsledky výpočtu konverzních faktorů **D_i** a referenčních hodnot **r_i** jsou uvedeny pro některé přírodní radionuklidy v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8
Konverzní faktory a referenční hodnoty

radionuklid (ukazatel)	konverzní faktor h_i (μSv/Bq)	konverzní faktor D_i (mSv/rok na Bq/l)	referenční hodnota r_i (Bq/l na 0,1 mSv/rok)
²¹⁰ Pb	0,69	0,50	0,2
²¹⁰ Po	1,2	0,88	0,11
²²⁴ Ra	0,065	0,048	2,1
²²⁶ Ra	0,28	0,20	0,5
²²⁸ Ra	0,69	0,50	0,20
²²⁸ Th	0,072	0,053	1,9
²³⁰ Th	0,21	0,15	0,65
²³² Th	0,23	0,17	0,60
²³⁴ U	0,049	0,036	2,8
²³⁸ U	0,045	0,033	3,0
uran	1,18*	0,86*	0,12*

*v případě uranu je konverzní faktor h_i uveden v jednotkách $\mu\text{Sv}/\text{mg}$, konverzní faktor D_i v jednotkách mSv/rok na mg/l a referenční hodnota v jednotkách mg/l na $0,1 \text{ mSv}/\text{rok}$

Výsledky stanovení indikativní dávky se hodnotí porovnáním s referenční úrovní $0,1 \text{ mSv}/\text{rok}$.

Příklad 5:

výsledek výpočtu (mSv/rok)	rozšířená nejistota (mSv/rok)	příklady hodnocení
0,050	$\pm 0,020$	Indikativní dávka nepřevyšuje referenční úroveň $0,1 \text{ mSv}/\text{rok}$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,090	$\pm 0,020$	Indikativní dávka nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření referenční úroveň $0,1 \text{ mSv}/\text{rok}$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,110	$\pm 0,020$	Indikativní dávka převyšuje s výhradou nejistoty měření referenční úroveň $0,1 \text{ mSv}/\text{rok}$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.
0,150	$\pm 0,020$	Indikativní dávka převyšuje referenční úroveň $0,1 \text{ mSv}/\text{rok}$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb.

7. Protokol o měření, oznamování údajů SÚJB, evidenční list

O měření každého ze vzorků vyhotoví laboratoř protokol, který odpovídá obsahu protokolu uvedenému v bodě 7.2 přílohy č. 19 vyhlášky s vyznačením alespoň následujících údajů:

- a) číslo protokolu
- b) identifikační údaje držitele povolení
- c) identifikační údaje objednatele měření
- d) identifikační údaje povinné osoby
- e) specifikace metodiky použité k měření a účel měření
- f) číslo vzorku, pod nímž je vzorek evidován v laboratoři
- g) identifikační údaje vodovodu (název, okres, obec)
- h) údaje o druhu vody, včetně údajů o odstraňování přírodních radionuklidů z vody
- i) místo odběru vzorku
- j) datum a čas odběru vzorku
- k) popis způsobu odběru vzorku
- l) identifikační údaje fyzické osoby, která vzorek odebrala,
- m) informace o úpravě vzorku mimo laboratoř, seznam použitých přístrojů a pomůcek, čísla ověřovacích listů a doba platnosti ověření
- n) identifikační údaje osoby, která měření provedla
- o) místo a datum provedení měření
- p) výsledky měření včetně indikativní dávky, je-li stanovena
- q) hodnocení výsledků měření (případně odborné stanovisko)
- r) v případě překročení hodnot podle § 98 odst. 1 a 2 vyhlášky informace o dalším postupu podle vzoru v Příloze 3.
- s) datum vystavení protokolu
- t) podpis fyzické osoby s dokladem zvláštní odborné způsobilosti provádějící měření, je-li fyzickou osobou, nebo statutárního orgánu držitele povolení, je-li právnickou osobou.

Údaje podle písm. h) až l) není třeba uvádět, pokud přílohou protokolu je záznam o odběru vzorku. Hodnocení výsledků (odborné stanovisko) může být uvedeno v příloze k protokolu.

V případech, kdy laboratoř neprovede úplný rozbor podle tabulky č. 3 (má například pouze povolení pro provádění základního rozboru), uvede tuto skutečnost do protokolu.

Protokol o měření včetně příloh se v souladu s ustanovením § 100 odst. 3 vyhlášky zakládá u povinné osoby jako součást evidence výsledků systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě. Stejnopis protokolu včetně příloh archivuje laboratoř v listinné nebo elektronicky nezměnitelné podobě (například soubory typu pdf nebo naskenované dokumenty).

V souladu s ustanovením §100 odst. 4 vyhlášky oznamuje povinná osoba aktuální evidované údaje podle § 100 odst. 1 resp. odst. 2 vyhlášky (jejich součástí je optimálně i protokol o měření či jeho kopie) SÚJB v každém kalendářním roce. Po dohodě s objednatelům může protokol o měření nebo jeho kopii odeslat SÚJB přímo laboratoř (§100 odst. 5 vyhlášky).

Evidenční listy uvedené v Příloze 5 mohou povinné osoby použít ke každoročnímu oznamování údajů uvedených v § 100 odst. 1 a 2 vyhlášky SÚJB podle požadavku § 100 odst. 4 vyhlášky.

8. Postup při překročení vyšetřovacích a referenčních úrovní a nejvyšší přípustné hodnoty

Postup při řešení těchto situací zahrnuje obecně: Ověření nebo zpřesnění situace odběrem a měřením dalších vzorků, identifikaci zdroje vody odpovědného za zvýšený obsah přírodních radionuklidů, analýzu situace, návrh a realizaci opatření. Za použití dále uvedených postupů zodpovídá povinná osoba. Konkrétní postup řešení uvedených situací by měl být vždy konzultován s inspektory SÚJB (viz Příloha 2). Postupy při překročení se řídí dále uvedenými zásadami.

8.1. Zásady postupu při překročení vyšetřovacích úrovní

8.1.1. Celková objemová aktivita alfa

Pokud celková objemová aktivita alfa prokazatelně převyšuje vyšetřovací úroveň 0,2 Bq/l, provede se doplňující rozbor. Na základě výsledků doplňujícího rozboru se zhodnotí výsledky měření ve vztahu k referenční úrovni indikativní dávky. Je-li překročena referenční úroveň indikativní dávky, postupuje se podle kapitoly 8.2.2.

8.1.2. Celková objemová aktivita beta

Pokud je celková objemová aktivita beta prokazatelně vyšší než vyšetřovací úroveň 0,5 Bq/l, provede se stanovení obsahu draslíku ve vodě. Pokud celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku radionuklidu ^{40}K prokazatelně nepřevyšuje vyšetřovací úroveň, má se referenční úroveň indikativní dávky za nepřekročenou. V opačném případě se provede doplňující rozbor a výsledky měření se zhodnotí ve vztahu k referenční úrovni indikativní dávky. Je-li překročena referenční úroveň indikativní dávky, postupuje se podle kapitoly 8.2.2.

8.2. Zásady postupu při překročení referenčních úrovní

8.2.1. Objemová aktivita radonu

Postup se použije v situacích, kdy objemová aktivita radonu ve vzorku odebraném pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě prokazatelně převyšuje referenční úroveň 100 Bq/l (výsledek měření objemové aktivity ^{222}Rn ve vodě převyšuje referenční úroveň o více než je jeho rozšířená nejistota).

Situace se ověří a zpřesní odběrem a analýzou dalších vzorků vody. Počet odběrů i rozhodnutí o tom, zda je v dodávané vodě překročena referenční úroveň objemové aktivity radonu, konzultuje povinná osoba s inspektory SÚJB.

Pokud je překročení referenční úrovně v dodávané vodě zjištěno v rámci systematického měření a hodnocení (poprvé), situace se ověří a zpřesní odběrem a analýzou dalších vzorků. Pro tento účel se v případě vodovodní sítě doporučuje odebrat v průběhu 1 roku ve čtvrtletních intervalech jednak vzorek dodávané vody na vstupu do sítě, jednak sadu vzorků ve vodovodní síti (tj. jedenkrát za rok alespoň dva vzorky na různých místech vodovodní sítě). Pokud je vodovod zásobován z více zdrojů, ověří se alespoň jednorázově obsah radonu ve všech zdrojích, je-li to technicky možné.

Rozsah měření postačí v daném případě omezit na stanovení objemové aktivity ^{222}Rn ve vodě. Pokud se potvrdí předchozí zjištění, musí povinná osoba provést opatření ke snížení ozáření z dodávané vody zvolené na základě optimalizace radiační ochrany.

Pokud je překročení referenční úrovně zjištěno v dodávané vodě, která prošla zařízením na odstraňování radonu z vody, je toto zařízení nedostatečně účinné a povinná osoba musí na základě optimalizace radiační ochrany zvážit jeho opravu či přijetí jiného opatření.

Pokud je překročení referenční úrovně zjištěno ve vodě dosud nezprovozněného zdroje, odběr vody se dle možností opakuje. Rozsah měření postačí v daném případě omezit na obsah radonu. Pokud se potvrdí předchozí zjištění, musí povinná osoba provést optimalizaci radiační ochrany a dále postupovat podle jejích výsledků.

8.2.2. Indikativní dávka

Postup se použije v situacích, kdy indikativní dávka ve vzorku odebraném pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě prokazatelně převyšuje referenční úroveň 0,1 mSv/rok (výsledek výpočtu celkové indikativní dávky provedeného postupem podle kapitoly 6.1.4 převyšuje referenční úroveň o více než je jeho rozšířená nejistota).

Situace se ověří a zpřesní odběrem a analýzou dalších vzorků vody. Počet odběrů i rozhodnutí o tom, zda je v dodávané vodě překročena referenční úroveň indikativní dávky, konzultuje povinná osoba s inspektory SÚJB.

Pokud je překročení referenční úrovně indikativní dávky v dodávané vodě zjištěno v rámci systematického měření a hodnocení (poprvé), situace se ověří a zpřesní odběrem a analýzou dalších vzorků. Pro tento účel se v případě vodovodní sítě doporučuje odebrat v průběhu 1 roku ve čtvrtletních intervalech jednak vzorek dodávané vody na vstupu do sítě, jednak sadu vzorků ve vodovodní síti (tj. jedenkrát za rok alespoň dva vzorky na různých místech vodovodní sítě). Pokud je vodovod zásobován z více zdrojů, ověří se alespoň jednorázově obsah radionuklidů ve všech zdrojích, je-li to technicky možné. Rozsah měření postačí v daném případě omezit na stanovení radionuklidů, které jsou odpovědné za překročení referenční úrovně indikativní dávky ve vodě.

Pokud se potvrdí předchozí zjištění, musí povinná osoba provést opatření ke snížení ozáření z dodávané vody zvolené na základě optimalizace radiační ochrany.

Pokud je překročení referenční úrovně zjištěno v dodávané vodě, která prošla zařízením na odstraňování radionuklidů z vody, je toto zařízení nedostatečně účinné a povinná osoba musí na základě optimalizace radiační ochrany zvážit jeho opravu či přijetí jiného opatření.

Pokud je překročení referenční úrovně zjištěno ve vodě dosud nezprovozněného zdroje, odběr vody se dle možností opakuje. Rozsah měření postačí v daném případě omezit na stanovení

obsahu radionuklidů, které jsou odpovědné za překročení referenční úrovně indikativní dávky. Pokud se potvrdí předchozí zjištění, musí povinná osoba provést optimalizaci radiační ochrany a dále postupovat podle jejích výsledků.

8.3. Zásady postupu při překročení nejvyšší přípustné hodnoty

Povinná osoba musí provést opatření ke snížení ozáření z dodávané vody zvolené na základě optimalizace radiační ochrany.

8.4. Optimalizace radiační ochrany

Postup se použije v situacích popsaných v kapitolách 8.2 a 8.3.

Povinnost optimalizovat radiační ochranu vyplývá z ustanovení § 66 odst. 1 a odst. 2 písm. c) a § 100 odst. 2 písm. d) zákona. Optimalizace spočívá ve snížení ozáření z dodávané vody na optimalizovanou úroveň, tj. na úroveň, které lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek. Proces optimalizace při dodávání vody se zahajuje při překročení některé z referenčních úrovní podle tabulky č. 1. Při optimalizaci se uvažují všechna možná opatření, která sníží míru ozáření z dodávané vody při zohlednění ingesce vody i inhalace radonu a produktů jeho přeměny při používání dodávané vody. Pro každé opatření, které přichází v úvahu, se posuzují hospodářská a společenská hlediska, dostupnost, náklady a dopady opatření v souvislosti s velikostí opatřením uspořené dávky. Součástí výběru opatření je i posouzení finančních nákladů na opatření ve vztahu k finančně vyjádřené zdravotní újmě spojené s používáním vody (tzv. cost-benefit analýza), které je popsáno v Příloze 1. Poté se vybere a provede opatření, pro něž platí, že svým způsobem provedení, rozsahem a dobou trvání přinese co největší čistý přínos. Pokud není v rámci optimalizace nalezeno žádné opatření, které by snížilo ozáření na optimalizovanou úroveň, opatření se nemusí provádět, pokud není překročena nejvyšší přípustná hodnota objemové aktivity radonu.

Za správné provedení optimalizace, za úplnost a správnost použitých vstupních údajů, za úplnost posuzovaných opatření a za případnou realizaci opatření odpovídá povinná osoba.

Dokument popisující optimalizaci radiační ochrany předává povinná osoba SÚJB.

Současně nesmí povinná osoba opomenout poskytnutí informací veřejnosti podle § 100 odst. 2 písm. e) zákona o výsledcích měření, o efektivní dávce z vody a s ní spojeném riziku a o provedeném opatření, které snižuje míru ozáření.

9. Související dokumenty

9.1. Zákony a vyhlášky

- [L1] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů
- [L2] Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a o zabezpečení radionuklidového zdroje
- [L3] SMĚRNICE RADY 2013/51/EURATOM, kterou se stanoví požadavky na ochranu zdraví obyvatelstva, pokud jde o radioaktivní látky ve vodě určené k lidské spotřebě
- [L4] Směrnice Rady 98/83/ES, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu
- [L5] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů
- [L6] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

9.2. Technické normy

- [N1] ČSN EN ISO 5667-1. Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků. ČNI 2007
- [N2] ČSN EN ISO 5667-3. Jakost vod – Odběr vzorků – Část 3: Návod pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi. ČNI 2004
- [N3] ČSN 75 7600. Kvalita vod – Stanovení radionuklidů –Obecná ustanovení. ÚNMZ 2013
- [N4] ČSN 75 7610. Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa srážecí metodou. ČNI 2008
- [N5] ČSN 75 7611. Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa. ČNI 2005
- [N6] ČSN 75 7611. Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity beta. ČNI 2004
- [N7] ČSN 75 7614. Jakost vod – Stanovení uranu. ČNI 2005
- [N8] TNV 75 7621. Jakost vod – Stanovení radia 228 srážecí metodou. Hydroprojekt 2006
- [N9] ČSN 75 7622. Jakost vod – Stanovení radia 226. ČNI 2005
- [N10] TNV 75 7623. Jakost vod – Stanovení radia 226 bez srážecího postupu. Hydroprojekt 1999
- [N11] ČSN 75 7623. Jakost vod – Stanovení radia 226 emanometricky bez koncentrování (náhrada TNV 75 7623). ÚNMZ 2009
- [N12] ČSN 75 7624. Jakost vod – Stanovení radonu 222. ČNI 2001
- [N13] ČSN 75 7625 Jakost vod - Stanovení radonu 222 kapalinovou scintilační měřicí metodou. ÚNMZ 2010
- [N14] ČSN 75 7626. Jakost vod – Stanovení polonia 210. ČNI 2007
- [N15] ČSN EN ISO/IEC 17025 – Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. ČNI 2005

9.3. Ostatní dokumenty

- [O1] Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě dodávané k veřejnému zásobování pitnou vodou. Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v balené vodě. Doporučení SÚJB 2009, rev. 2012
- [O3] Hanslík E.: Radionuklidy v podzemních vodách a možnosti jejich odstranění. Bezpečnost jaderné energie 15, 2007, str. 108 - 114
- [O4] Návrh standardních postupů pro výpočet ozáření z vody a ze stavebních materiálů. Státní ústav radiační ochrany, prosinec 2000
- [O5] Vlček J., Bílková E., Přírodní radionuklidy v pitné vodě. Bezpečnost jaderné energie, 15(53), č. 3/4, 86-91(2007)

10. Seznam příloh

- Příloha 1: Cost-benefit analýza
- Příloha 2: Kontakt na inspektory SÚJB
- Příloha 3: Informace pro objednatele měření
- Příloha 4: Záznam o odběru vzorku (vzor)
- Příloha 5: Evidenční listy

10.1. Příloha 1: Cost-benefit analýza

Dále uvedené postupy jsou součástí rozhodování o opatřeních na snížení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě, tedy pro rozhodování, zda je přijetí takového opatření potřebné ve smyslu požadavků § 66 odst. 2 písm. c) a d) a § 100 odst. 2 písm. c) zákona a kterou variantu opatření zvolit jako optimální z hlediska radiační ochrany. Jsou založeny na porovnání očekávaných nákladů na realizaci opatření a jejich přínosu spojeného se snížením zdravotního rizika z radionuklidů přítomných ve vodě. Použijí se v situacích podle kap. 7. 2.

a) Analýza nejvyššího možného přínosu

Jedná se o přínos vyplývající ze snížení rizika takovým opatřením, které by vedlo k úplnému odstranění radonu z dodávané vody a/nebo ke snížení indikativní dávky na nulu. Hodnota nejvyššího možného přínosu P_{\max} (Kč/rok) se stanoví s použitím vztahu:

$$P_{\max} = Z \cdot \sum_i c_i \cdot f_i \quad (26)$$

kde značí:

- Z** počet zásobovaných osob
- c_i** objemovou aktivitu radionuklidu (Bq/l), v případě uranu hmotnostní koncentraci (mg/l)
- f_i** přínos vyplývající ze snížení obsahu radionuklidu (tabulka č. 9)

Do výpočtu se zahrne radon a všechny radionuklidy stanovené v doplňujícím rozboru a uvedené v tabulce č. 8.

Na základě provedené analýzy nejvyššího možného přínosu je možno identifikovat a z dalšího rozhodování vyloučit situace, kdy očekávané náklady na realizaci opatření [O4] jednoznačně převýší jejich přínos:

- Opatření na snížení obsahu radonu ve vodě se nemusí provádět, je-li nejvyšší možný přínos P_{\max} menší než 20 000,- Kč za rok.
- Opatření na snížení celkové indikativní dávky se nemusí provádět, je-li nejvyšší možný přínos P_{\max} menší než 40 000,- Kč za rok.

Příklad 6:

Vodovod zásobuje 80 obyvatel. Objemová aktivita radonu ve vodě činí 150 Bq/l. Indikativní dávka nepřevyšuje referenční úroveň.

$$P_{\max} = 80 \cdot 150 \cdot 1,5 = 18\,000 \text{ Kč/rok}$$

Závěr: Opatření na snížení obsahu radonu se nemusí provádět, radiační ochrana se v posuzovaném případě považuje za optimalizovanou.

Příklad 7:

Vodovod zásobuje 150 obyvatel. Objemová aktivita radonu ve vodě činí 115 Bq/l, objemová aktivita radionuklidu ^{226}Ra je 0,22 Bq/l, objemová aktivita radionuklidu ^{228}Ra je 0,15 Bq/l. Indikativní dávka tedy převyšuje referenční úroveň.

$$P_{\max} = 150 \cdot (115 \cdot 1,5 + 0,22 \cdot 110 + 0,15 \cdot 400) = 38\,505 \text{ Kč/rok}$$

Závěr: Opatření na snížení indikativní dávky se nemusí provádět, radiační ochrana se v posuzovaném případě považuje za optimalizovanou. O opatření na snížení obsahu radonu ve vodě je třeba rozhodnout na základě další analýzy nákladů a přínosu.

b) Analýza nákladů a nejvyššího možného přínosu

Provede se výběr možných opatření a odhad nákladů potřebných pro jejich realizaci. Uvažují se všechna dostupná opatření, která povedou ke snížení obsahu radionuklidů odpovědných za překročení referenční úrovně, například vhodné způsoby úpravy vody, změna využití stávajících zdrojů vody (je-li jich více) nebo jejich náhrada. Odhad nákladů se provede běžnými ekonomickými postupy a vyčíslí se v přepočtu na 1 rok dodávání vody. Do nákladů se zahr-

nují položky, které jsou nezbytné pro realizaci a provoz daného opatření po celou dobu jeho životnosti, DPH se v případě plátců DPH nezapočítává. Pokud u všech uvažovaných opatření náklady převyšují nejvyšší možný přínos P_{\max} , opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě není odůvodněné a nemusí se provádět.

c) Analýza nákladů a reálného přínosu

Z výběru opatření se vyloučí taková, pro něž náklady na opatření převyšují nejvyšší možný přínos P_{\max} . Pro každé ze zbývajících možných opatření se odhadne skutečný přínos z jeho případné realizace. Hodnota přínosu opatření P (Kč/rok) se stanoví s použitím vztahu:

$$P = Z \cdot \sum_i \Delta c_i \cdot f_i \quad (27)$$

kde značí:

- Z počet zásobovaných osob
- Δc_i očekávanou změnu objemové aktivity radionuklidu (Bq/l), v případě uranu hmotnostní koncentrace (mg/l)
- f_i přínos vyplývající ze změny obsahu radionuklidu (tabulka č. 8)

Do výpočtu se zahrne radon a všechny radionuklidy stanovené v rámci doplňujícího rozboru a uvedené v tabulce č. 8, pokud opatřením dojde ke změně jejich objemové aktivity ve vodě.

Pokud u všech hodnocených opatření náklady převyšují očekávaný reálný přínos P , opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě není odůvodněné a nemusí se provádět. Pokud u některých zvažovaných opatření náklady na jejich realizaci nepřevyšují reálný přínos P , opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě je odůvodněné a musí být realizováno. Pokud je ve výběru více takových opatření, zvolí se jako optimální z hlediska radiační ochrany takové, pro které je rozdíl reálného přínosu a nákladů největší.

Příklad 8:

Vodovod zásobuje 120 osob. Objemová aktivita radonu ve vodě je 160 Bq/l, indikativní dávka nepřevyšuje referenční úroveň. Jediné možné opatření: úprava vody (odradonování), které sníží objemovou aktivitu radonu ve vodě na 15 Bq/l, obsah ostatních radionuklidů ve vodě neovlivní. Odhad nákladů na realizaci opatření je 30 000,- Kč/rok.

$$P = 120 \cdot (160 - 15) \cdot 1,5 = 26\,100,- \text{ Kč/rok}$$

Závěr: Náklady na opatření převyšují přínos z jeho realizace. Opatření se nemusí použít, radiační ochrana se v posuzovaném případě považuje za optimalizovanou.

Příklad 9:

Vodovod zásobuje 1100 osob. Objemová aktivita radonu ve vodě je 120 Bq/l, indikativní dávka nepřevyšuje referenční úroveň. Uvažované opatření: úprava vody (odradonování), které sníží objemovou aktivitu radonu ve vodě na 10 Bq/l, obsah ostatních radionuklidů ve vodě neovlivní. Odhad nákladů na realizaci opatření je 60 000,- Kč/rok.

$$P = 1100 \cdot (120 - 10) \cdot 1,5 = 181\,500,- \text{ Kč/rok}$$

Závěr: Náklady na opatření nepřevyšují přínos z jeho realizace. Opatření je optimalizované, musí být provedeno.

Tabulka č. 9:
Podklady pro odhad přínosu opatření

ukazatel obsahu radionuklidů	konverzní faktor k_i (mSv/rok na Bq/l)	přínos opatření f_i (Kč/rok na Bq/l)
objemová aktivita ^{210}Pb	0,49	250
objemová aktivita ^{210}Po	1,4	700
objemová aktivita ^{222}Rn	0,0029	1,5
objemová aktivita ^{224}Ra	0,061	31
objemová aktivita ^{226}Ra	0,21	110
objemová aktivita ^{228}Ra	0,80	400
objemová aktivita ^{228}Th	0,057	29
objemová aktivita ^{230}Th	0,11	55
objemová aktivita ^{232}Th	0,13	65
objemová aktivita ^{234}U	0,027	14
objemová aktivita ^{238}U	0,026	13
hmotnostní koncentrace uranu	0,68*	340*

* v případě uranu je konverzní faktor k_i pro převod objemové aktivity na úvazek efektivní dávky uveden v jednotkách mSv/rok na mg/l a přínos opatření f_i v jednotkách Kč/rok na mg/l

Poznámky k tabulce č. 9:

- Uvedené hodnoty konverzního faktoru k_i pro převod objemové aktivity radionuklidu na úvazek efektivní dávky byly stanoveny jako průměrná roční efektivní dávka z celoživotního požívání a používání vody v domácnostech [O5]. Pro jiné případy je třeba v jednotlivých případech zohlednit věkové složení spotřebitelů, denní příjem vody a ventilační režim objektu; řešení takových situací by mělo být konzultováno s inspektory SÚJB.
- Přínos opatření f_i byl stanoven s použitím vztahu $f_i = 500 \cdot k_i$. Výpočet vychází ze součinitele 500 000 Kč/Sv, který stanoví § 7 písm. odst. 6 písm. e) vyhlášky.

10.2. Příloha 2: Kontakt na inspektory SÚJB

Územní působnost (okres)	Kontaktní adresa, jméno inspektora	Kontakt
Ostrava-město, Frýdek-Místek, Karviná, Opava, Nový Jičín, Olomouc, Šumperk, Jeseník, Bruntál, Přerov, Vsetín	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, RNDr. Ivana Ženatá, vedoucí oddělení Syllabova 21, 703 00 Ostrava 3	555 302 723 ivana.zenata@sujb.cz
Hl.m.Praha, Benešov, Beroun, Kladno, Kolín, Kutná Hora, Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Prahavýchod, Praha-západ, Příbram, Rakovník	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Ing. Růžena Šinaglová Senovážné nám. 9, 110 00 Praha 1	221 624 715 ruzena.sinaglova@sujb.cz
České Budějovice, Český Krumlov, Jindřichův Hradec, Pelhřimov, Tábor, Písek, Strakonice, Prachatice	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Schneiderova 32, poštovní schránka 10, 370 07 České Budějovice	389 502 723 (dočasně zastupuje RNDr. Ivana Ženatá) 555 302 723 ivana.zenata@sujb.cz
Plzeň-město, Plzeň-sever, Plzeň-jih, Rokycany, Klatovy, Domažlice, Tachov, Cheb, Sokolov, Karlovy Vary	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Mgr. Marcela Velkoborská Klatovská třída 2739/200F 301 00 Plzeň	378 402 718 marcela.velkoborska@sujb.cz
Ústí nad Labem, Teplice, Most, Chomutov, Litoměřice, Děčín, Louny, Česká Lípa, Liberec, Jablonec	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Habrovce 52, 403 40 Ústí n. L.	417 662 720 (dočasně zastupuje RNDr. Ivana Ženatá) 555 302 723 ivana.zenata@sujb.cz
Semily, Trutnov, Jičín, Náchod, Hradec Králové, Pardubice, Rychnov nad Kněžnou, Chrudim, Havlíčkův Brod, Svitavy, Ústí nad Orlicí	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Ing. Hana Procházková Piletická 57, 500 03 Hradec Králové	498 652 705 hana.prochazkova@sujb.cz
Blansko, Brno-město, Brno-venkov, Vyškov, Prostějov, Kroměříž, Zlín, Břeclav, Hodonín, Uher. Hradiště, Jihlava, Třebíč, Znojmo, Žďár nad Sázavou	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Bc. Hana Jurkovská Třída kpt. Jaroše 5, 602 00 Brno	515 902 781 hana.jurkovska@sujb.cz

10.3. Příloha 3: Informace pro objednatele měření

**Informace o dalším postupu
pro dodavatele pitné vody pro veřejnou potřebu nebo výrobce a dovozce balené vody s
obsahem přírodních radionuklidů
převyšujícím referenční úrovně a/nebo nejvyšší přípustnou hodnotu**

Měřením obsahu přírodních radionuklidů ve
vzorku/vzorcích

*

.....
bylo zjištěno **překročení** referenční úrovně objemové aktivity radonu/referenční úrovně indikativní dávky/nejvyšší přípustné hodnoty objemové aktivity radonu v dodávané vodě. Tato situace **vyžaduje další postup** v souladu se zásadami uvedenými v kapitole 7. Doporučení SÚJB „Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejnou potřebu a v balené vodě“, které je dostupné na internetové adrese www.sujb.cz v sekci Radiační ochrana/Dokumenty a publikace/Publikace SÚJB/vydáno v roce 2017. Svůj další postup můžete také konzultovat s inspektory SÚJB, seznam kontaktů je uveden v Příloze 2 uvedeného Doporučení SÚJB.

**Požadavky na měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě
dodávané pro veřejnou potřebu a ve vyráběné a dovážené balené vodě**

jsou stanoveny v § 100 zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů, takto:

Dodavatel pitné vody určené pro veřejnou potřebu a výrobce a dovozce balené vody jsou mimo jiné povinni zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě a v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem vést o výsledcích evidenci a oznamovat tyto údaje SÚJB. Pitná voda nesmí být dodávána pro veřejnou potřebu a balená voda nesmí být dodávána na trh v České republice, pokud

1. objemová aktivita radonu překročí nejvyšší přípustnou hodnotu, nebo
2. obsah přírodních radionuklidů překročí referenční úroveň a nebylo provedeno opatření, které snižuje míru ozáření na úroveň tak nízkou, jak lze rozumně dosáhnout při zohlednění všech hospodářských a společenských hledisek. Nejvyšší přípustnou hodnotu a referenční úrovně v dodávané vodě stanoví vyhláška č. 422/2002 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, v § 98 až 101 a příloze č. 27.

V dne

Jméno osoby se zvláštní odbornou způsobilostí

Podpis

* - nehodící se škrtněte

10.4. Příloha 4: Záznam o odběru vzorku (vzor)

Záznam o odběru vzorku vody dodávané pro veřejnou potřebu nebo prodávané balené vody pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů

identifikační údaje objednatele měření	
identifikační údaje do- davatele pitné vody nebo výrobce/dovozce balené vody (název, IČ, adresa)	
identifikační údaje vo- dovodu, (název, obec, okres) balené vody (ná- zev)	
původ a druh vody	<input type="checkbox"/> podzemní <input type="checkbox"/> směs podzemní a po- vrchové vody <input type="checkbox"/> dodávaná pitná voda <input type="checkbox"/> surová voda <input type="checkbox"/> balená voda <ul style="list-style-type: none"> ▪ kojenecká ▪ pitná ▪ pramenitá
úprava vody	<input type="checkbox"/> odradonování <input type="checkbox"/> odstraňování jiných radionuklidů
místo, datum a čas odbě- ru vzorku	
popis způsobu odběru vzorku	
úprava vzorku	<input type="checkbox"/> nebyla provedena <input type="checkbox"/> okyselení ml/l <input type="checkbox"/> jiná úprava – uveďte:
kdo vzorek odebral	

(jméno, společnost)	
další osoba přítomná u odběru (jméno, společnost)	
účel a požadovaný rozsah měření	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> úplný rozbor pro účely systematického měření a hodnocení <input type="checkbox"/> základní rozbor pro účely systematického měření a hodnocení <input type="checkbox"/> doplňující rozbor pro účely systematického měření a hodnocení – radionuklidy emitující záření alfa <input type="checkbox"/> doplňující rozbor pro účely systematického měření a hodnocení – radionuklidy emitující záření beta <input type="checkbox"/> stanovení objemových aktivit vybraných radionuklidů, uveďte: <input type="checkbox"/> posouzení účinnosti zařízení na odstraňování přírodních radionuklidů <input type="checkbox"/> měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dosud nezprovozněném zdroji <input type="checkbox"/> jiný – uveďte:
identifikace laboratoře	
datum předání nebo odeslání vzorku do laboratoře	
další údaje vztahující se k odběru a měření vzorku	
podpis odebírající osoby	
podpis další osoby přítomné u odběru	

10.5. Příloha 5: Evidenční listy

Evidenční list

dodavatele pitné vody dodávané pro veřejnou potřebu

1. **Dodavatel vody** (*(jméno/název, adresa sídla včetně PSČ, IČ)*):

2. **Název vodovodu, datum zahájení provozu:**

3. **Zásobované obce nebo jejich části:**

4. **Počet zásobovaných obyvatel celkem:**

5. **Zdroje vody pro vodovod** (*pro každý zdroj uvést*):

- a. označení,
- b. umístění - okres a k.ú. obce,
- c. původ vody - podzemní nebo povrchová,
- d. roční objem dodané vody
- e. údaje o instalaci zařízení k odstranění radonu nebo uranu (typ, datum instalace, technický stav)
- f. jiná úprava (např. chlorace, odstraňování železa, manganu, těžkých kovů aj.)
- g. v případě více zdrojů uveďte, zda se používají samostatně, nebo zda se voda z nich ve vodovodu míchá a v jakém poměru
- h. místo pro odběr kontrolních vzorků (např. výstup z úpravny vody)

Prohlášení podle § 99 odst. 4 vyhlášky č. 422/2016 Sb.:

(Vyplní se v případě, že na vodovodu není instalováno žádné zařízení na snížení obsahu radionuklidů - viz bod 6.e.- a dodavatel na základě měření obsahu přírodních radionuklidů v 5ti po sobě jdoucích letech zjistil, že v dodávané vodě není překročena referenční úroveň objemové aktivity radonu 100 Bq/l ani referenční úroveň indikativní dávky 0,1 mSv/rok; v tomto případě nemusí být prováděno systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě, pokud nedojde ke změně, která by mohla obsah přírodních radionuklidů ovlivnit.)

Prohlašuji, že na základě provedených měření obsahu přírodních radionuklidů

ve vodě dodávané vodovodem (uvede se název podle bodu. 2.)

ze zdrojů (uvedou se zdroje podle bodu 6.)

bylo zjištěno, že nejsou překročeny referenční úrovně stanovené v § 98 odst. 2 a příloze č. 27 vyhlášky č. 422/2016 Sb., neboť

objemová aktivita radonu nepřekračuje hodnotu 100 Bq/l a

obsah dalších přírodních radionuklidů nepřekračuje vyšetřovací úrovně celkové objemové aktivity alfa 0,2 Bq/l a celkové objemové aktivity beta 0,5 Bq/l* nebo

indikativní dávka nepřekračuje hodnotu 1 mSv/rok (v případě překročení některé vyšetřovací úrovně, nutno doložit výpočtem indikativní dávky)*.

.....
.....

jméno/jména, funkce statutárního orgánu

podpis/podpisy

**nehodící se neuvede*

Kontaktní údaje (Na koho se obrátit v případě potřeby doplnění nebo upřesnění údajů.):

Záznamy o vyplnění evidenčního listu:

Místo:

Datum:

Podpis, razítko

Tento evidenční list slouží ke každoročnímu oznamování údajů SÚJB podle § 100 odst. 2 písm. b) zákona č. 263/2016 Sb.

Evidenční list

výrobce/dovozce balené vody

1. **Výrobce/dovozce** (název, adresa sídla včetně PSČ, IČ):

2. **Místo výroby:**

3. **Označení a druh balené vody, datum zahájení výroby/dovozu:**

4. **Země původu a údaje o výrobcí balené vody** (v případě dovozu):

5. **Roční objem vyrobené/dovezené balené vody (m³):**

6. **Zdroje vody** (v případě výroby, pro každý zdroj uvést):
 - a. označení,
 - b. umístění - okres a k.ú. obce,
 - c. původ vody - podzemní nebo povrchová,
 - d. roční objem odebrané vody
 - e. údaje o instalaci zařízení k odstranění radonu nebo uranu (typ, datum instalace, technický stav)
 - f. jiná úprava (např. chlorace, odstraňování železa, manganu, těžkých kovů aj.)
 - g. v případě více zdrojů uveďte, zda se používají samostatně, nebo zda se voda z nich se míchá a v jakém poměru
 - h. místo pro odběr kontrolních vzorků (např. výstup z úpravny vody)

Prohlášení podle § 99 odst. 4 vyhlášky č. 422/2016 Sb.:

(Vyplní se v případě, že na používaných zdrojích vody není instalováno žádné zařízení na snížení obsahu radionuklidů -viz bod 6.e.- a výrobce na základě měření obsahu přírodních radionuklidů v 5ti po sobě jdoucích letech zjistil, že v balené vodě není překročena referenční úroveň objemové aktivity radonu 100 Bq/l ani referenční úroveň indikativní dávky 0,1 mSv/rok; v tomto případě nemusí být prováděno systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů, pokud nedojde ke změně, která by mohla obsah přírodních radionuklidů ovlivnit.)

Prohlašuji, že na základě provedených měření obsahu přírodních radionuklidů

v balené vodě (uvede se název podle bodu. 3.)

ze zdrojů (uvedou se zdroje podle bodu 6.)

bylo zjištěno, že nejsou překročeny referenční úrovně stanovené v § 98 odst. 2 a příloze č. 27 vyhlášky č. 422/2016 Sb., neboť

objemová aktivita radonu nepřekračuje hodnotu 100 Bq/l a

obsah dalších přírodních radionuklidů nepřekračuje vyšetřovací úrovně celkové objemové aktivity alfa 0,2 Bq/l a celkové objemové aktivity beta 0,5 Bq/l* nebo

indikativní dávka nepřekračuje hodnotu 1 mSv/rok (v případě překročení některé vyšetřovací úrovně, nutno doložit výpočtem indikativní dávky)*.

.....
.....

jméno/jména, funkce statutárního orgánu

podpis/podpisy

**nehodící se neuvede*

Kontaktní údaje (Na koho se obrátit v případě potřeby doplnění nebo upřesnění údajů.):

Záznamy o vyplnění evidenčního listu:

Místo:

Datum:

Podpis, razítko

Tento evidenční list slouží ke každoročnímu oznamování údajů SÚJB podle § 100 odst. 2 písm. b) zákona č. 263/2016 Sb.