

## **OBSAH**

Část 1.	
Úvod.....	2
Část 2.	
2.1 Popis objektu.....	3
2.2 Shrnutí předcházejících měření.....	4
Část 3. Radonová diagnostika.....	7
3.1 Stanovení průměrných koncentrací radonu v místnostech.....	7
3.2 Stanovení příkonu prostorové dávkového ekvivalentu.....	8
3.3 Kontinuální monitorování OAR interiéru.....	8
3.4 Stanovení radonového indexu pozemku.....	9
Část 4. Závěr a doporučení.....	11
Část 5. Přílohy.....	12

## **Část 1. Úvod**

Ve dnech 31.1.2020 až 25.9.2020 byla provedena radonová diagnostika v objektu Mateřské školy, Hlubčická 89, Krnov. Zřizovatelem MŠ je město Krnov. Cílem radonové diagnostiky bylo najít zdroje radonu a přísunových cest radonu do vnitřního ovzduší stavby. Radonová diagnostika zahrnuje celou řadu měřících metod a postupů za využití speciální měřící techniky.

Mezi základní metody patří kontinuální monitorování objemové aktivity radonu ve vnitřním ovzduší, měření průměrné objemové aktivity radonu v jednotlivých místnostech, stanovení radonového indexu pozemku, měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu.

Diagnostické práce mají za úkol zjistit zdroj radonu a popsat transport a distribuci objemové aktivity radonu v objektu a jeho podloží. Jejich výsledky slouží pro návrh a následnou realizaci protiradonových ozdravných opatření.

Diagnostické šetření bylo ovlivněno probíhajícími opatřeními proti koronaviru Covid-19. Jednalo se hlavně o uzavření školky (nepřítomnost dětí) v jarních měsících.

V prosinci r. 2019 proběhlo v objektu měření průměrné objemové aktivity radonu (OAR) pomocí elektretové dozimetrie za účelem zjištění hodnot OAR jako podklad k chystané rekonstrukci objektu. Měření proběhlo za kontrolovaných podmínek a odhalilo překročení referenční úrovně objemové aktivity radonu (300 Bq/m<sup>3</sup>) v obytných místnostech (kancelář ředitelky). Měření prováděla firma SEZIT PLUS s.r.o.

Proto zřizovatel objektu požádal o vypracování radonové diagnostiky (Město Krnov, Hlavní náměstí 96/1, Krnov).

Radon je přírodní radioaktivní plyn, který je téměř všudypřítomný. Je bez barvy, chuti a zápachu, chemicky netečný – patří mezi tzv. vzácné plyny. Při vdechování se radon v tkáních těla rozpouští a je opět vydechován zpět do atmosféry. Proto je méně škodlivý než jeho produkty přeměny. Jsou to atomy pevných látek (Po 218, Pb 214, Bi 214 a Po 214), které bezprostředně po svém vzniku existují ve vzduchu ve formě volných iontů nebo neutrálních atomů. Po vdechnutí jsou produkty přeměny zachyceny na vnitřních površích průdušek a plic, kde ozařují tamní tkáň. Nebezpečnost tohoto ozaření spočívá v malém dosahu záření alfa a tak je zasažena výhradně epitelová výstelka dýchacích cest včetně kmenových (bazálních) buněk. Zasažená tkáň je velmi hustě ionizována, což může vést k poškození bazálních buněk v takovém rozsahu, kdy dochází k mutacím, vedoucím ke vzniku rakoviny plic. Toto ozařování je tedy jedním z významných faktorů podílejících se na vzniku rakoviny plic. Pravděpodobnost vyvolání tohoto onemocnění je úměrná koncentraci dceřinných produktů ve vzduchu a délce pobytu v takovém prostředí. Radon a jeho produkty přeměny se na průměrné roční efektivní dávce podílí téměř 40 %. Tento podíl vzrostl v posledních desetiletích i v souvislosti s jeho vzrůstající koncentrací v interiérech způsobenou utěšňováním domů, zateplováním, výměnou oken, přechodem na ústřední vytápění a používáním stavebních materiálů na bázi odpadních surovin (popílků, strusky, škváry atd.).

Měření a hodnocení ozaření osob v důsledku výskytu radonu a produktů jeho přeměny a záření gama ve vnitřním ovzduší obývaných staveb, které slouží jako podklad pro rozhodování o provedení zásahu ke snížení ozaření osob ve smyslu § 98 odst. 2 a § 99 odst. 3 a 4 zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon, stanoví postupy pro hodnocení účinnosti zásahu

vedoucího ke snížení ozáření, pro oceňování nemovitostí, pro návrhy opatření při rekonstrukci atd.

## **Část 2.**

### **2.1 Popis objektu**

Objekt školky tvoří 3 bloky propojené chodbou a provozním zázemím. Budova je částečně podsklepená (provozní část – jídelna, kuchyň, sklady), jednopodlažní ([obr. 1](#)). Půdorys objektu je v [příloze č.1](#). V jednotlivých blocích jsou 3 herny se zázemím (WC, umývárny). Vstup do objektu je ze spojovací chodby školy. V 1.NP jsou tyto místnosti:

herna 1  
herna 2  
herna 3  
kancelář ředitelky  
jídelna  
kuchyň  
spojovací chodba  
WC, umývárny (u každé herny)

Obvodové zdivo budovy je z betonových panelů, příčky jsou cihelné. Podlahy v objektu jsou betonové, s PVC krytinou nebo kobercem. V umývárkách, WC, kuchyni – je dlažba. V objektu jsou plastová okna; vytápění je centrální.

V objektu byla v nedávné době provedena rekonstrukce sociálních zařízení u jednotlivých heren – jednalo se o výměnu podlah z důvodu pronikající vlhkosti zdivem. Pod podlahami byla provedena hydroizolace ([obr. 3](#)).



Obr.1 Celkový pohled na objekt

Okolo objektu nejsou zpevněné plochy. Zásobování vodou je místním veřejným vodovodem. Technický stav objektu odpovídá svému stáří (zhruba 40 let).

## **2.2 Shrnutí předchozích výsledků**

V období od 9.12. do 16.12.2019 bylo provedeno krátkodobé týdenní měření OAR firmou SEZIT PLUS s.r.o.

Měření proběhlo v hernách 1, 2 a 3 a v kanceláři ředitelky. V kanceláři byla překročena referenční úroveň pro OAR (300 Bq/m<sup>3</sup>).

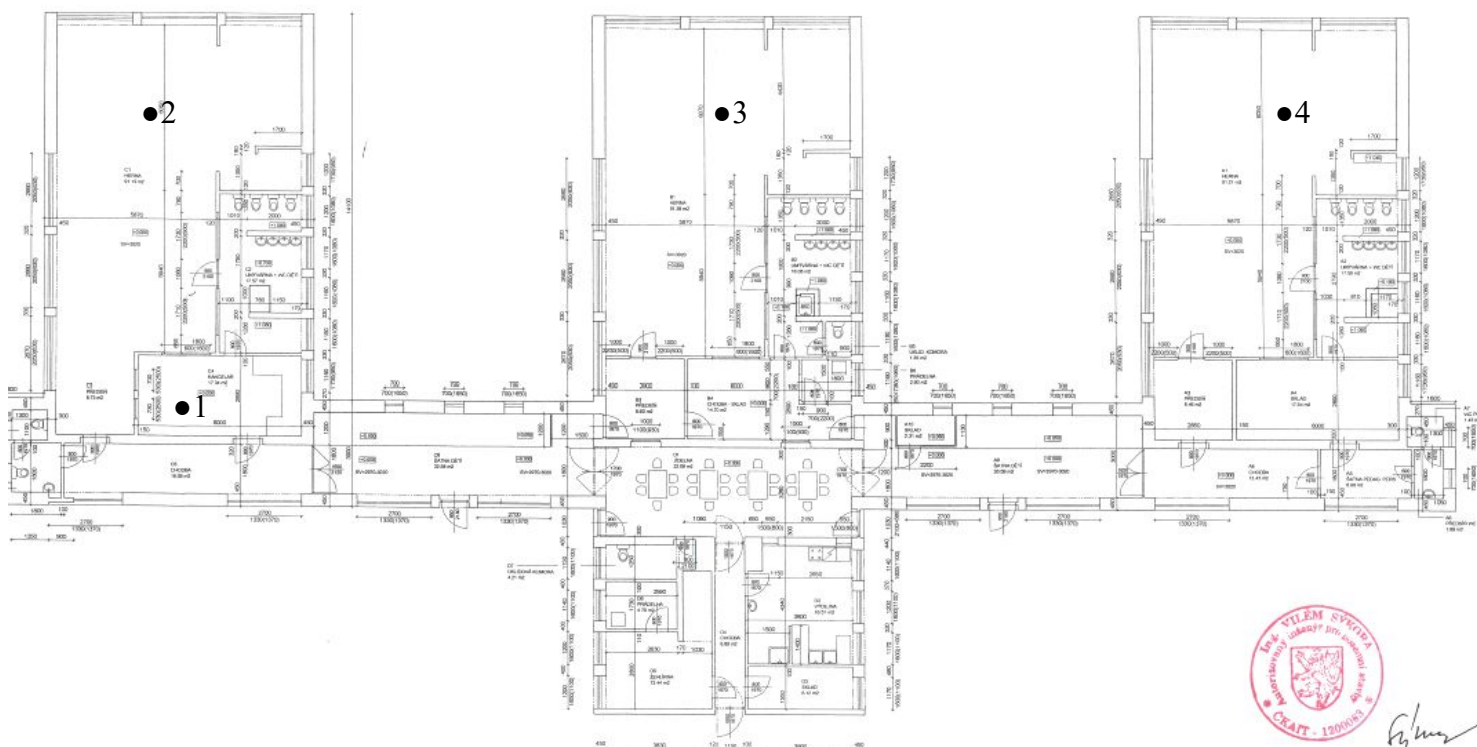
Výsledky předešlých měření jsou uvedeny v [tabulce č.1](#).

Tabulka č.1 Krátkodobé měření objemové aktivity radonu (OAR)

Podlaží	Místnost	Průměrná OAR (Bq/m <sup>3</sup> )	Max.příkon prostorového dávkového ekvivalentu (μSv/h)
1. NP	1. měřící bod 1	464	0,15
	2. měřící bod 2	115	0,15
	3. měřící bod 3	112	0,15
	4. měřící bod 4	224	0,15

Červeně jsou označeny hodnoty OAR v místnostech, kde byla překročena referenční úroveň pro OAR (300 Bq/m<sup>3</sup>). Na základě tohoto zjištění požádal zřizovatel o provedení radonové diagnostiky.

Na obr. 2 je znázorněno rozmístění přístrojů v objektu.



*E. Uvíra*

Obr.2 Rozmístění přístrojů - elektrety



Obr.3 Rekonstruované sociální zařízení



### **Část 3. Radonová diagnostika**

Diagnosticke práce mají za úkol zjistit zdroj radonu a popsat transport a distribuci objemové aktivity radonu v objektu a jeho podloží. Jejich výsledky slouží pro návrh a následnou realizaci protiradonových ozdravných opatření.

Postup diagnostických šetření byl navržen s ohledem na současný stav objektu, uspořádání místností, jejich využívání a společenskou situaci v r. 2020 (Covid-19).

#### **3.1 Stanovení průměrných koncentrací radonu v místnostech**

Výsledky předešlých měření jsou uvedeny v [tabulce č.1](#). Týdenní měření průměrné objemové aktivity radonu proběhlo za kontrolovaných expozičních podmínek.

Jako měřidlo byl použit elektretový systém RM 1, s expozičními komůrkami RM 200.

Podle schválené metodiky stanovení průměrných objemových aktivit radonu bylo v interiéru objektu provedeno měření objemových aktivit radonu, s použitím elektretového systému RM 1, s expozičními komůrkami RM 200 (ověřovací list č.6278, vydalo autorizované středisko pro měřidla OAR a EOAR – Příbram-Kamenná, 262 31 Milín dne 11.6.2020, platnost do 11.6.2022).

V objektu rovněž proběhlo dlouhodobé měření radonu pomocí stopových detektorů RAMARN. Měření proběhlo od 31.1.2020 do 26.2.2020 za skutečného pobytu dětí. Bohužel nebylo možné v měření pokračovat z důvodu opatření státu vůči šíření viru Kovidu. Hodnoty OAR jsou uvedeny v [tabulce č. 2](#).

[Tabulka č.2 Dlouhodobé měření objemové aktivity radonu \(OAR\)](#)

<b>Měřicí bod</b>	<b>Místo měření</b>	<b>Číslo detektoru</b>	<b>OAR (Bq/m<sup>3</sup>) – RAMARN 31.1. 2020 – 26.2.2020</b>
1.	Kancelář ředitelky	44 988	520
2.	Herna 1	46 262	480
3.	Herna 2	41 760	345
4.	Herna 3	49 883	160
5.	Chodba	47 097	170
6.	Kuchyně	49 761	180
7.	Jídlna	42 485	140

Referenční hodnota OAR (300 Bq/m<sup>3</sup>) byla překročena v kanceláři ředitelky a v hernách 1 a 2.

### **3.2 Stanovení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu H\*(10)**

Příkon prostorového dávkového ekvivalentu (PPDE H\*(10)) charakterizuje úroveň vnějšího ozáření z přírodního pozadí a stavebních materiálů ve stavbě. PPDE se měří uvnitř stavby v jednotlivých místnostech (ve výšce 1m nad podlahou a 0,5 m od stěn) a porovnává se s referenční úrovní 0,5  $\mu\text{Sv/h}$ . V žádné z měřených místností nebyla zjištěna zvýšená hodnota PPDE. Hodnoty PPDE se pohybovaly od 0,15 až 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ , a proto nelze předpokládat, že stavební materiály jsou významným zdrojem radonu v budově.

Přístroj pro měření příkonů prostorového dávkového ekvivalentu FH 40 G-L10 (Thermo ELECTRON CORPORATION) byl použit pro stanovení nejvyššího příkonu prostorového dávkového ekvivalentu v místnostech (ověřovací list č. J 61.EDU.18.OLR.0003, vydáno dne 9.1.2018).

Výsledky měření příkonu prostorového dávkového ekvivalentu je možné interpretovat jako test skutečnosti, zda nebyl použit materiál se zvýšenými koncentracemi přírodních radionuklidů.

### **3.3 Kontinuální monitorování OAR v interiéru**

Vzhledem k tomu, že krátkodobé měření průměrné OAR nedává přesný obraz o množství radonu v měřených místnostech (zdroj radonu může být v jiné místnosti, než tam, kde je překročena referenční úroveň pro OAR), je toto měření doplněno o monitorování spojené s analýzou nárůstových křivek. Analýzou nárůstových křivek můžeme stanovit parametry transportu radonu z podloží do interiéru a jeho distribuci.

Kontinuální monitorování proběhlo pomocí přístroje Radim 2PF. Před zahájením monitorování byl objekt vyvětrán (doba větrání byla zhruba 20 minut). Abychom zabránili komunikaci vzduchu (a tím i radonu) mezi místnostmi, byly dveře utěsněny lepicí páskou.

Měření objemové aktivity radonu - kontinuální monitorování proběhlo za různých vstupních podmínek v těchto místnostech:

1. kancelář ředitelky – uzavření a utěsnění místnosti
2. herna 2 – týdenní měření za běžného provozu
3. sociální zařízení - uzavření a utěsnění místnosti (měření o víkendu)
4. herna 1 – týdenní měření za běžného provozu

Hodnoty OAR (nárůstové křivky) jsou uvedeny v [příloze č.2](#).

Vzhledem k tomu, že koncentrace radonu v objektu nejsou konstantní, ale mění se v průběhu roku i dne v závislosti na klimatických podmínkách, na podtlaku v domě (ovlivněno větrem), na vytápění atd. byla při monitorování rovněž zaznamenávána meteorologická data (přenosná meteorologická stanice Professional USB).



Denní teploty se v průběhu monitorování příliš nelišily a pohybovaly se v rozmezí od 15°C do 24°C, noční od 10°C do 15°C; teplota uvnitř objektu byla zhruba 23°C.

### **Analyzou nárůstových křivek jsme zjistili následující:**

V kanceláři ředitelky proběhlo monitorování za podmínek uzavření a utěsnění místnosti (důvodem bylo zjištění, zda v místnosti je zdroj radonu). Maximální hodnota OAR překročila 700 Bq/m<sup>3</sup>. Je zřejmé, že v místnosti dochází k pronikání radonu z podloží (v místnosti není žádný prostup v podlaze, který by narušoval podlahu a byl zdrojem pronikání radonu z podloží). Nakolik je zvýšená hodnota OAR ovlivněna rekonstrukcí podlahy v sousedící místnosti WC a umývárny u herny 1 nelze přesně určit. Je však pravděpodobné, že nové hydroizolace provedené v prostorách WC a umývárny mohou ovlivnit pronikání radonu pod izolací a průnik do vedlejší místnosti (tam, kde už nová izolace není) a to znamená i do kanceláře ředitelky.

V umýárně a WC u herny 2 proběhlo monitorování za stejných podmínek jako v kanceláři ředitelky. Cílem monitorování bylo ověřit, zda v daných prostorách dochází k pronikání radonu z podloží. Toto se v měřených prostorách neprokázalo. Hodnoty OAR se pohybovaly pod úrovní 300 Bq/m<sup>3</sup> (referenční hodnota pro OAR). Nedávno zrekonstruované podlahy s hydroizolací je dostatečnou ochranou proti pronikání radonu z podloží (i když může ovlivnit „obtékání radonu“ kolem izolace a pronikání do vedlejších místností).

V hernách 1 a 2 proběhlo monitorování za běžných podmínek, kdy v těchto prostorách probíhá normální provoz. Měření bylo ovlivněno výše zmíněnou společenskou situací. V herně 2 proběhlo měření v dubnu a v herně 1 až v září (kdy se děti vrátily do školek). Obě křivky monitorování mají podobný průběh. V době provozu školky (od 6 do 16 hodin) klesají za normálního provozu (pohyb dětí, běžné větrání prostor atd.) hodnoty OAR na desítky Bq/m<sup>3</sup>. Pro herny byla vypočtena průměrná hodnota OAR v době provozu s tímto výsledkem:

herna 1 – průměrná OAR = 101 Bq/m<sup>3</sup>

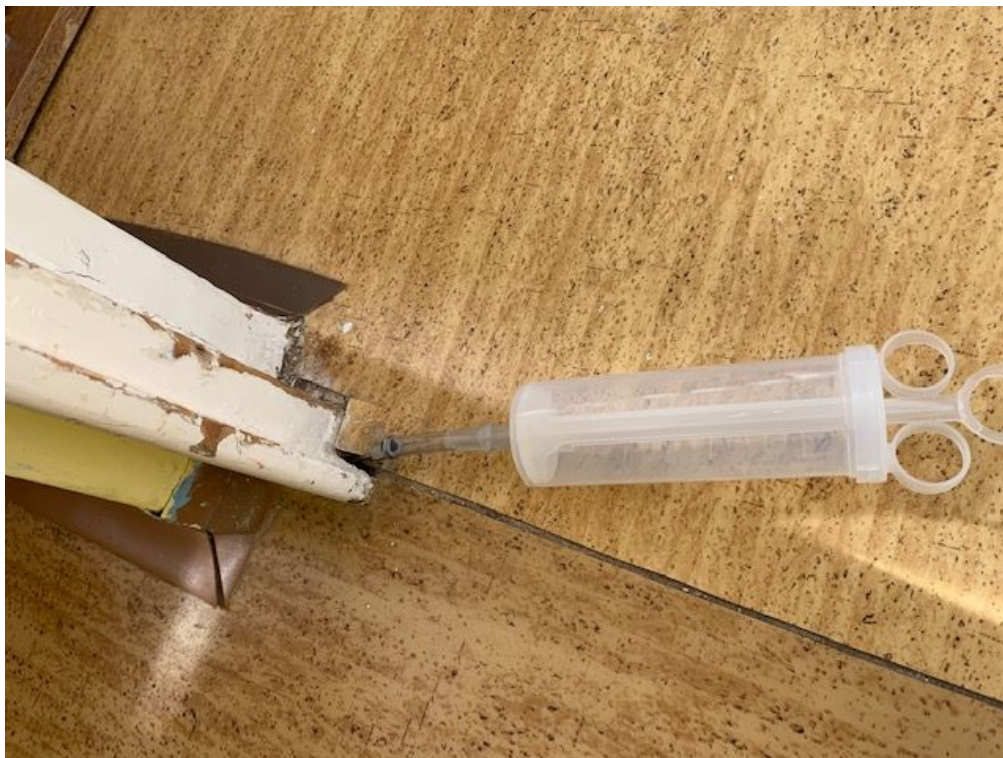
herna 2 – průměrná OAR = 174 Bq/m<sup>3</sup>

Z těchto zjištění vyplývá, že v době skutečného provozu jsou hodnoty OAR pod úrovní referenční hodnoty OAR (300 Bq/m<sup>3</sup>).

### **3.4 Stanovení radonového indexu pozemku**

Kolem objektu školky bylo provedeno měření půdního radonu a stanovení radonového indexu pozemku (RIP). Z hlediska regionální geologie je lokalita tvořena fluvialními sedimenty (hlína se šterkem) se střední propustností. Zjištěný radonový index pozemku byl střední (3 kvartil – 35,9 kBq/m<sup>3</sup>).

Uvnitř objektu byl pod podlahou (trhlina v podlaze) v herně 3 proveden odběr vzduchu a zjištěna hodnota OAR – 1 440 Bq/m<sup>3</sup>. Odběr vzduchu je na [obr. 4](#).



Obr.4 Odběr vzduchu pod podlahou v herně 3

#### **Část 4. Závěr a doporučení**

V rámci diagnostických šetření proběhly v objektu či mimo něj tyto práce:

1. měření průměrných koncentrací radonu v místnostech (elektrety + RAMARN)
2. měření příkonu prostorového dávkového ekvivalentu  $H^*(10)$  v místnostech
3. kontinuální monitorování radonu a analýza nárůstových křivek
4. měření radonového indexu pozemku kolem MŠ
5. kontrola stavu podlah a stavebních konstrukcí.

V objektu se chystá celková rekonstrukce. Jednou z variant řešení podlah jsou nové podlahy s podlahovým vytápěním (doposud je v objektu ústřední topení – radiátory).

Podrobným diagnostickým šetřením jsme dospěli k názoru, že hlavním zdrojem radonu je podloží pod samotnou stavbou. Radon se přes podlahy šíří do jednotlivých místností. Vzhledem k tomu, že objekt má plastová okna (vysoká těsnost), koncentrace radonu v objektu mohou být zvýšené.

Na základě diagnostických šetření je potřeba eliminovat pronikání radonu z podloží do objektu. I když v některých místnostech bylo zjištěno integrálním měřením radonu překročení referenční úrovně pro OAR (300 Bq/m<sup>3</sup>) – kancelář ředitelky, herna 1 a 2, monitorováním OAR v době pobytu dětí byly zjištěny průměrné OAR v rozmezí 100 až 200 Bq/m<sup>3</sup>. To by znamenalo, že v objektu se nemusí provádět zásadní protiradonové opatření. Pokud se však investor rozhodne pro variantu podlahového vytápění, je potřeba rovněž provést odvětrání pod betonovou deskou v kombinaci s protiradonovou izolací. Toto řešení by bylo potřeba provést minimálně v částech budovy (herny 1, 2 a 3), protože je prakticky nemožné provést odvětrání celé stávající budovy. Podlahové vytápění by totiž mohlo negativně ovlivnit průměrné koncentrace OAR v objektu.

Vyřešení vysokých hodnot OAR v kanceláři ředitelky by bylo možné např. novou podlahou s izolací (popřípadě s odvětráním mimo objekt).

Návrhy možných úprav doporučujeme konzultovat s projektantem, který má zkušenosti v oblasti protiradonových opatření. Ten taky vydá i rozhodný projekt protiradonových opatření (ty mohou být odlišná od našeho řešení).

RNDr. Karel Uvíra  
jednatel, držitel ZOZ

Dolní Benešov, 12.10.2020