

Ing. Jiří Plch- SMM
S.K. Neumanna 2008, 182 00 Praha8,
Tel/fax: 02 84690818, E- mail: plch-smm@mbox.vol.cz

Monitoru radonu

Radim 3A

Návod k použití

Obsah:

Stránka

1.0- Použití přístroje	3
2.0- Sestava přístroje	3
3.0- Technické charakteristiky	3
4.0- Popis monitoru	4
5.0- Fyzikální vlastnosti přístroje	5
5.1- Stanovení závislosti odezvy přístroje na vysokém napětí	5
5.2- Vztah mezi počtem naměřených impulsů a OAR	5
5.3- Stanovení závislosti odezvy na vlhkosti	7
5.4 -Pokles citlivosti, způsobený těkavými organickými látkami (VOC)	8
5.5- Závislost odezvy na rovnovážném faktoru F (na koncentraci aerosolů)	9
6.0- Kalibrace a výpočet OAR z naměřeného počtu impulsů	11
7.0- Obsluha přístroje	11
7.1- Obecné zásady obsluhy, způsobu měření a zobrazování na displeji	11
7.2- PodMenu Sys- Test, nastavení kontrastu LCD displeje, hodin a mazání paměti	13
7.2.1-Vypínání/zapínání displeje- služba Dsp	13
7.2.2- Test zařízení pomocí interního generátoru- služba Tst.	13
7.2.3-Nastavení kontrastu- služba LCD	14
7.2.4-Nastavení hodin- služba Clk	15
7.2.5-Mazání celé paměti- služba Clr	15
7.2.6-Nastavení a čtení identifikačního čísla monitoru- služba Ide	15
7.3- PodMenu Par- Určení pozadí, zadání délky vzorkovacího intervalu a baterie	15
7.3.1- Určení pozadí- služba Bcg	16
7.3.2 -Určení délky vzorkovacího intervalu- služba Sti	17
7.3.3- Čtení zbytkové kapacity akumulátoru a nabíjení - služba Bat	17
7.4 - PodMenu Rdn- Automatické měření radonu a ukládání výsledků do paměti	18
7.5 - PodMenu Res- Čtení výsledků	19
7.6 - PodMenu Del- Mazání posledních měření	21
8.0 - Technické poznámky	21
8.1 - Zamořování detektoru	21
8.2 - Stanovení větracího koeficientu	23
8.3- Nová nabíječka akumulátoru	25
9.0- PC program pro čtení, zpracování dat a ovládání Radim3A	25
9.1.1- Instalace	25
9.1.2- Popis programu	25
9.1.3- Čtení dat z Radim3A	27
9.1.4- Informace o blocích	27
9.1.5- Výběr bloku	27
9.1.6- Graf vybraného bloku	27
9.1.7- Tabulka s daty vybraného bloku	27
9.1.8- Zadání R.O.I.	29
9.2.1- Ukládání výsledků do PC	31
9.2.2- Export dat do Excelu (Word nebo obdobného textového souboru)	33
9.3.0- Informace o parametrech monitoru	34
9.4.0- Dálkové ovládání	34

1.0- Použití přístroje:

Přístroj Radim3A je určen k monitorování objemové aktivity radonu (dále OAR), teploty, vlhkosti a tlaku.

2.0 – Sestava přístroje:

Monitor Radim3A je dodáván jako komplet, sestávající se z následujících částí:

- přístroj Radim3A,
- návod k použití,
- síťový adaptér,
- transportní box.

3.0- Technické charakteristiky:

Měřená veličina: objemová aktivita radonu

Princip funkce: Radon difunduje do detekční komory přístroje, překryté vrstvou filcu. Filc zachycuje dceřinné produkty radonu, vytvářené ve vnějším vzduchu. Aktivita radonu je stanovena měřením alfa-aktivity dceřiných produktů radonu RaA sebraných na povrch polovodičového detektoru elektrickým polem vysoké intensity.

Odezva přístroje: (0,8 imp/h)/(Bq/m³)

Minimální aktivita: aktivita, která je stanovena se statistickou chybou $\pm 20\%$: 30 Bq/m³ při délce měření 1 hodina

Maximální aktivita: cca 150 kBq/m³ při 1 hodinovém měření

Doba 1 měření: vzorkovací doba nastavitelná od 10 minut do 24 hodin

Vliv vlhkosti: změna relativní vlhkosti z 50 na 90% vyvolá pokles citlivosti o – 6,5%, výsledky měření jsou automaticky korigovány na absolutní vlhkost

Elektronika: nízkopříkonová, ochrana dat při odpojení napájení

Odběr: při měření 4mA , v klidovém režimu cca 50 μ A

Paměť: lze uložit výsledky 670 dní měření při 1-hodinové vzorkovací době, tj. 16096 jednotlivých měření

Napájení: 6 kusů NiMH akumulátorů s kapacitou 4,5 Ah

Doba provozu: cca 1000 hodin (40 dní)

Ovládání a kontrola: 3 tlačítko, dálkové ovládání pomocí PC

Displej: dvouřádkový LCD, 2 x 16 znaků

Čtení dat: data jsou čtena pomocí PC, připojeného k Radim3A standardním rozhraním RS 232

Teploměr: přesnost: 0,5⁰ C

Vlhkoměr: rozsah 10% až 90%, přesnost: 3% , odečitelnost: 1%

Tlakoměr: rozsah 750 až 1150 hPa, přesnost: 3hPa , odečitelnost: 0,1 hPa

Rozměry, hmotnost: 230 x 170 x 90 mm, 2.5 kg

Klimatické podmínky: teplota 5 až 40°C, rel. vlhkost 10 až 90%

Kalibrace: provedena výrobcem a ověřena ve SMS

4.0- Popis monitoru

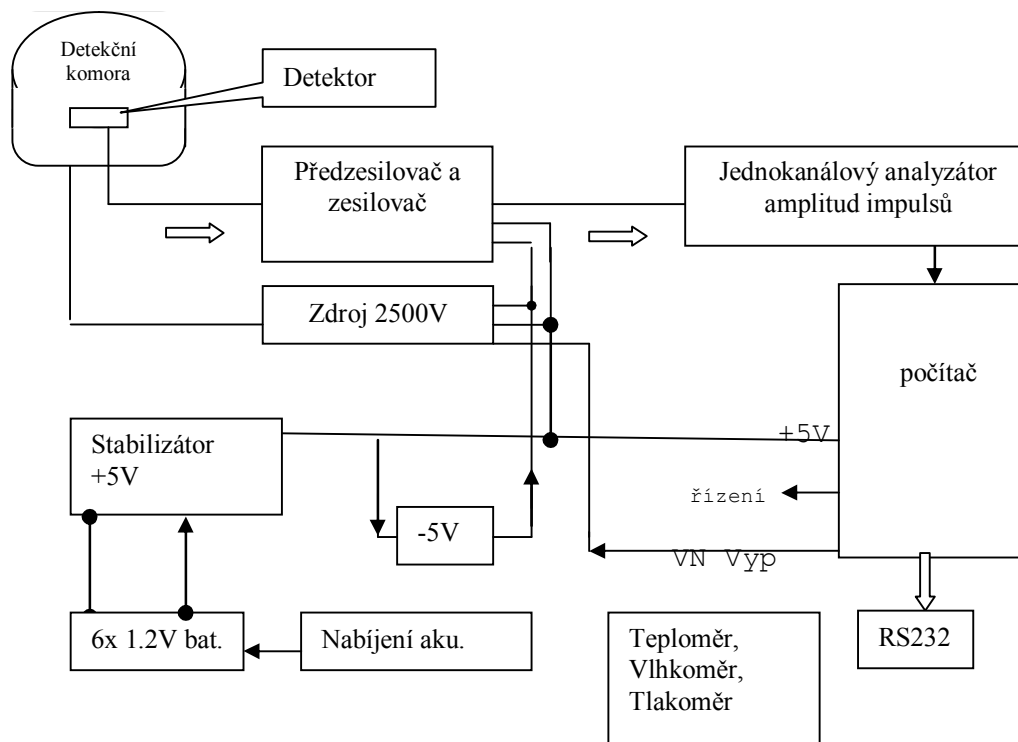
Vývoj monitoru byl veden snahou zkonstruovat zařízení, které by měřilo objemovou aktivitu radonu v obytných prostorách s vysokou citlivostí a výsledky měření nezávisely na relativní vlhkosti a dalších podmínkách. Monitor Radim3A je posledním typem monitoru Radim, jehož vývoj začal téměř před 10 lety – během této doby se podařilo navrhnout zařízení, které vykazuje unikátní parametry (Podrobněji viz publikace Plch, Burian, Jílek, Vošahlík: Unexpected properties of Radim- type monitors, Publikace byla prezentována na 4-té celoevropské konferenci “ Protection against radon at home and at work“, Praha 28.6. až 4. 7. 2004)

Koncepce detekční části monitoru:

Objemová aktivita radonu se určuje měřením α - aktivity dceřiných produktů přeměny radonu ^{218}Po (RaA), sebraných z detekční komory na povrch polovodičového detektoru elektrickým polem vysoké intensity. Polovina půlkulovité komory je tvořena sít'kou, která je pokryta filcem. Filc zachycuje produkty radonu, vzniklé ve vnějším prostoru a ochraňuje detektor před světlem a prachem. Protože větší část vznikajících produktů přeměny radonu je kladně nabitá, ke komoře je připojen kladný pól zdroje vysokého napětí (dále VN) a povrch detektoru je spojen se záporným pólem- zemí zdroje VN. Kladně nabité produkty přeměny radonu (dále dpRn) jsou neutralizovány zápornými ionty. Tento efekt je závislý na vlhkosti vzduchu- účinnost detekčního systému je tedy vlhkovně závislá. Aby se snížil vliv vlhkosti je vhodné zvýšit VN a navrhnout komoru tak, aby většina elektrických siločar směřovala k povrchu polovodičového detektoru. V monitoru radonu typ Radim2 a Radim3 byl tvar komory a obzvláště pak okolí detektoru modelován pomocí počítače. Detekční účinnost systému v monitoru Radim3 dosahuje enormních hodnot a vlhkovní závislost byla snížena na minimum (odhaduje se, že 70% kladně nabitých dpRn je sebráno na povrch detektoru)- podrobněji viz kap.5

Koncepce elektroniky:

Blokové schéma monitoru je znázorněno na Obr.1.



Signál z polovodičového detektoru je zpracován nábojově citlivým předzesilovačem a je dále zesílen ve dvoustupňovém tvarovacím zesilovači. Výstupní impuls ze zesilovače je veden do jedнокanálového analyzátoru amplitud impulsů, který z amplitudového spektra vybírá ty impulsy, které jsou vytvářeny přeměnou RaA. Šířka a poloha okna okolo „RaA- píku“ je optimalizována tak, aby byly registrovány prakticky všechny impulsy RaA- píku (okno je nastaveno od 3,2 do 6,3 MeV) a příspěvek z RaC' píku byl minimální. Tento příspěvek, způsobený rozmytím RaC' - píku do „RaA-okna“ ční pouze 3%.

Značná pozornost byly věnována tomu, aby proudový odběr byl minimální: mikroprocesor funguje ve speciálním režimu, napájení zesilovače a VN je odpojeno, pokud přístroj neměří, LCD displej se aktivuje povelom atd.

V přístroji jsou použity NiMH akumulátory s kapacitou 4,5Ah, které lze dobít interně zabudovanou nabíječkou pomocí externího adaptéru. Jestliže je adaptér trvale připojen k přístroji, akumulátory jsou dobíjeny proudem, který je roven průměrnému odběru.

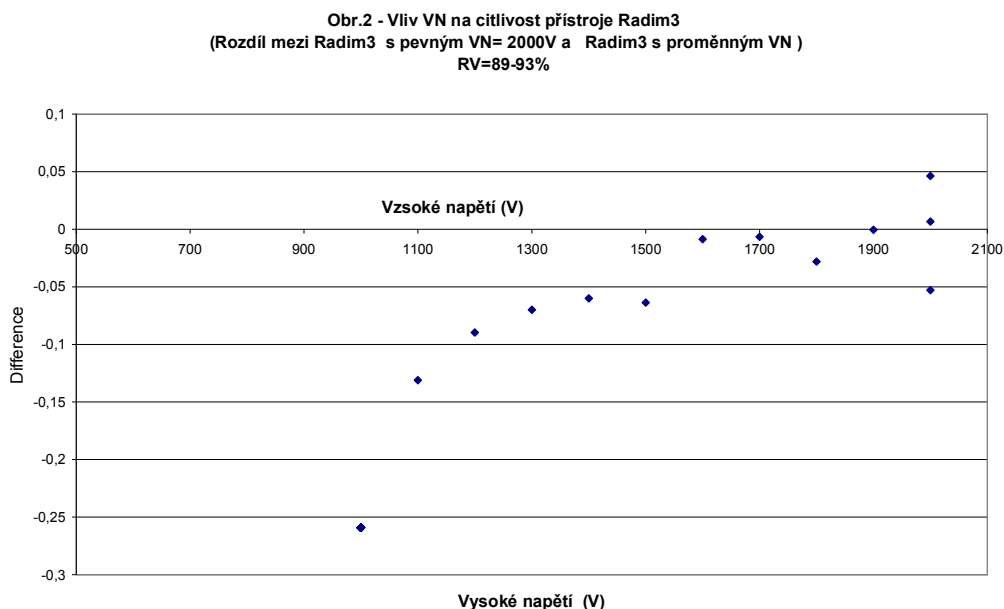
5.0-Fyzikální vlastnosti přístroje

5.1- Stanovení závislosti odezvy přístroje na vysokém napětí.

Vysoké napětí, přiložené ke komoře, ovlivňuje citlivost přístroje a vlhkostní závislost. Napětí musí být takové, aby citlivost prakticky nezávisela na jeho hodnotě. Pro snížení celkového odběru přístroje je vhodné pracovat s co nejnižším napětím. Je tedy nutné najít kompromis. Proto byl proveden následující experiment:

Dva přístroje typu Radim3 byly vloženy do akvária, ve kterém byla udržována vlhkost okolo 90% a OAR bylo relativně stabilní. Jeden z přístrojů pracoval v obvyklém režimu, detekční komora druhého přístroje nebyla připojena k internímu zdroji vysokého napětí (dále VN), ale k externímu zdroji, který je nastavitelný od 0 do 2000V.

Výsledky měření je znázorněno na Obr.2



Závěr: pracovní napětí, rovné 1700 V, je dostatečné k dosažení nasycených hodnot odezvy.

5.2- Vztah mezi počtem naměřených impulsů a OAR.

Teorie:

Pro správnou interpretaci naměřených výsledků je užitečné objasnit vztah mezi naměřeným počtem impulsů N a OAR. Tento vztah bude odvozen pro hypotetický případ, kdy v detekčním systému je na počátku nulová OAR a na detektoru nejsou deponovány žádné dceřiny produkty radonu (dále dpRn). V čase t , rovném 0, přístroj přeneseme do prostoru, kde je OAR. Do detekční komory difunduje radon a jeho přeměnou vznikají dpRn. Protože registruje pouze impulsy, vzniklé přeměnou RaA, nárůst četnosti impulsů a je závislý na nárůstu RaA a rychlosti difuze. Jestliže rychlost difuze zanedbáme (podrobněji viz dále) lze nárůst četnosti N popsat vztahem:

$$n = n_s (1 - \exp(-\lambda t))dt \quad (1)$$

kde λ je rovno 0.23 min^{-1} (λ je rovno $\ln 2/T_{1/2}$, kde $T_{1/2}$ je poločas přeměny RaA) a n_s je satureovaná četnost impulsů. Po 20 minutách od náhlé změny OAR je člen $(1 - \exp(-\lambda t))$ roven 0.99. Jestliže monitor vložíme v čase 0 do prostoru kde je OAR a měříme celkový počet impulsů N v intervalu 0 až T , počet impulsů N může být vypočten jako

$$N = n_s \int_0^T (1 - \exp(-\lambda t))dt \quad (2)$$

a po integraci dostaneme

$$N = n_s \left(T + \frac{1}{\lambda} (\exp(-\lambda T) - 1) \right) \quad (3)$$

Jakmile je dosažena rovnováha, exponenciální člen lze zanedbat a počet impulsů N je roven

$$N = n_s \left(T - \frac{1}{\lambda} \right) \quad (4)$$

kde $1/\lambda$ je rovno 4.34 minutám- tedy počáteční nárůstová perioda musí být odečtena od celkového času. Vztah mezi rovnovážnou četností impulsů n_s a objemovou aktivitou a může být popsán jako:

$$n_s = aV\varepsilon_d\eta_s\varepsilon_s \quad (5)$$

kde a je OAR (Bq/m^3),

V je objem komory (m^3),

ε_d detekční účinnost (impulsy/s/Bq),

η je pravděpodobnost tvorby kladně nabitých RaA

ε_s je účinnost sběru iontů na povrch detektoru.

Detekční účinnost musí být rovna 50% a jak vyplývá z literatury okolo 87% dceřiných produktů je po přeměně RaA kladně nabitých. Objem komory je roven 0,83 l a z naměřené odezvy, rovné 0,8 (imp/h)/ (Bq/m^3) pak tedy vyplývá, že účinnost sběru kladných iontů na povrch detektoru je okolo 0,7.

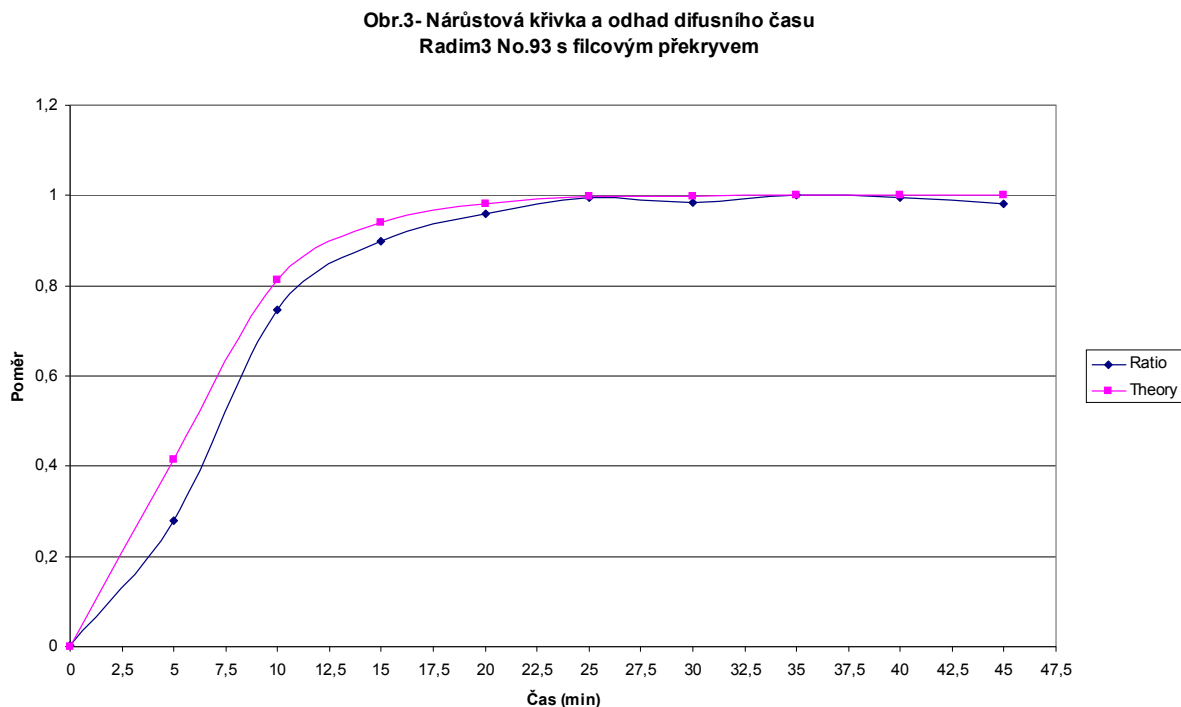
Experiment:

Protože detekční komora je pokryta relativně tlustou vrstvou filcu (okolo 2mm) vzniklo podezření, že difuze do komory může být relativně dlouhá. Proto bylo uskutečněn následující experiment: dva přístroje Radim3 byly vloženy do sudu, u přístroje Radim3 No. 93 bylo možno nastavit vzorkovací interval, rovný 5 minut u druhého- referenčního přístroje byl vzorkovací interval rovný 30 minut. Radon o vysoké koncentraci byl injektován 30 minut po

začátku měření, po delším čase bylo dosaženo rovnováhy mezi četností impulsů a tato četnost byla kontrolována pomocí referenčního přístroje. Teoretický nárůst pro 5- minutový vzorkovací čas byl vypočten integrací rovnice (2) pro čas T_1 až T_2 jako:

$$N = n_s \{ (T_2 - T_1) + 1/\lambda (\exp(-\lambda T_2) - \exp(-\lambda T_1)) \}$$

kde T_1 je čas injekce radonu a T_2 je čas měření. Nárůstová křivka je znázorněna na Obr.3



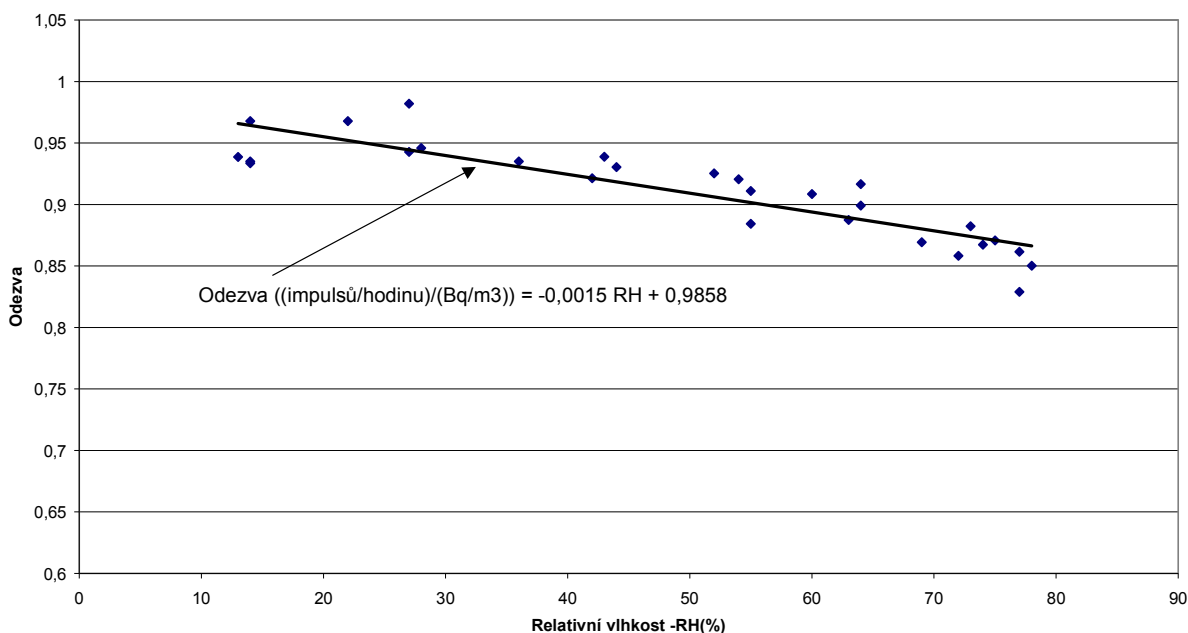
Závěr: zpoždění, způsobené difusí, není delší než 3 minuty

5.3- Stanovení závislosti odezvy na vlhkosti.

Ve srovnání s konkurenčními výrobky obdobného typu monitor Radim3 vykazuje velmi nízkou závislost odezvy na vlhkosti, která je lineární v širokém rozsahu vlhkostí. Tyto závislosti byly měřeny mnohokrát výrobcem, při typových zkouškách Radim2 a Radim3 v Autorizovaném metrologickém středisku ČR (dále AMS), také v SÚRO- Praha a na univerzitě Gentu (Belgie). Bylo zjištěno, že vlhkostní závislost je nízká a lineární pokud detekční komora je plněna difusí a překryv komory je optimální. Zcela jiná závislost byla zjištěna pro případ, když komora je plněna pumpou (viz publikace Plch, Burian, Jílek, Vošahlík: Unexpected properties of Radium- type monitors). V r. 2003 vlhkostní závislosti byly znovu studovány pro optimální překryv komory. Výsledek jednoho z měření je znázorněn na Obr.4.

Průměrná hodnota sklonu závislosti odezvy na relativní vlhkosti (dále RH) je $-0,0017 \pm 0,0007$ a průměrná hodnota sklonu závislosti na absolutní vlhkosti je: $-0,0061 \pm 0,002$. **Když se vlhkost zvýší z 50% na 90% odezva poklesne o -6.5%** (výsledky měření Radim3A jsou automaticky korigovány na absolutní vlhkost)

Obr.4 - Vlhkostní závislost odezvy Radim3A na vlhkosti
(experiment výrobce 2003, odezva určena pomocí AlphaGuard)



5.4 – Pokles citlivosti, způsobený těkavými organickými látkami (VOC).

Posterdörfer [2] a další autoři deklarují, že neutralizace $^{218}\text{Po}^+$ iontů je též způsobena příměsí par, které mají nižší ionizační potenciál než PoO_2 (Po neexistuje ve volné formě, ale tvoří v atmosféře PoO_2), rovný 10.44 eV (Chu and Hopke[5]). Busigin [4] udává závislost účinnosti sběru iontů na koncentraci různých příměsí. Jako nejhorší se jeví etylen a NO_2 (ionizační potenciál rovný 9.74 eV). Hopke [1] uvádí, že zvýšení koncentrace NO_2 a VOC nad 100 ppb může způsobit výrazný pokles sběru iontů.

Z těchto důvodů byla provedena v roce 2003 řada experimentů, které měly za úkol prokázat vliv VOC. Při těchto experimentech byly použity přístroje Radim2P-REF, Radim3 No.93, No.94. Tab.1 shrnuje výsledky relativního poklesu odezvy po injekci příměsí v porovnání s normální atmosférou. Podobná procedura byla také použita při injekci benzenu, který má velice nízký ionizační potenciál, rovný 9.24 eV.

Tab. 1 - Vliv VOC

Experiment	Injektováno	Přístroj	Pokles (%)	Poznámka
ACETON 1	0.5 g kapalina	R3 No.93	-(49 ±1.2)	Enormní koncentrace
		R3 No. 94	-(59 ±2.2)	
ACETON 2	100ppm –plyn	R3 No.93	-(5.5 ±2.6)	
		R3 No. 94	-(5.7 ±2.2)	
ACETON 3	100ppm –plyn	R2PF-REF	-(0.3 ±2.6)	
ACETON 4	500ppm –plyn	R3 No.93	-(4.7 ±2.1)	
ACETON 5	500ppm –plyn	R2PF-REF	-(2.6 ±1.4)	
		R3 No. 94	-(1.5 ±3.1)	
Kyselina octová	50ppm- plyn	R3 No.93	- 3.0	Dočasná změna
Kyselina octová	500ppm- plyn	R3 No.93	-(2.8 ±2.1)	
Benzen 1	100 ppm- plyn	R3 No.93	-(5.4 ±1.3)	
		R3No.95(closed)	-(19 ± 4)	
Benzen 2	100 ppm- plyn	R2PF-REF	0 ± 1.5	
		R3 No. 94	0 ± 1.8	

Při experimentu “Kouř” byl kouř z poloviny cigarety injektován do barelu s objemem 100l, do kterého byly vloženy přístroje. Koncentrace aerosolů dosáhla enormních hodnot - podle zkušeností autora, kouř ze dvou cigaret změní rovnovážný faktor F z 0,2 na 0,6 v místnosti s objemem 75 m³ - tedy koncentrace aerosolů v místnosti musí dosahovat hodnoty okolo 200000 částic/cm³. Koncentrace aerosolů musí být tedy v barelu 200 až 500- krátě vyšší. Výsledky experimentů “Kouř” jsou shrnuty v Tab.2

Tab.2- Vliv kouře

Experiment	Injektováno	Přístroj	Pokles (%)
SMOKE 1	Kouř z poloviny cigarety	R3 No.93	-(17 ±6.7)
SMOKE 2	Kouř z poloviny cigarety	R2PF-REF	-(12.7 ±4.0)
SMOKE 3	Kouř z poloviny cigarety	R3 No.93	-(24.3 ±10)
		R3 No.94	-(7.8 ±5.7)
SMOKE 4	Kouř z poloviny cigarety	R3 No.93 (felc)	-(9.8 ±3.2)
		R3 No.94(látka)	+(3.9 ±2.4)

5.5 – Závislost odezvy na rovnovážném faktoru F (tedy na koncentraci aerosolů)

Vysoké napětí, přiložené k detekční komoře bylo původně nastaveno rovné 1.7 kV tedy tak, aby monitor pracoval na plošině- viz výše. Závislost na VN byla stanovena při podmínkách, kdy F- faktor byl blízký k 0,4. Později se ukázalo, že odezva přístroje klesá a závislost na vlhkosti se zvyšuje při nízkých hodnotách F- faktoru.

Proto VN bylo zvýšeno z 1.7 kV na 2.5 kV a přístroj byl ověřen v radonové komoře SÚRO při různých hodnotách F- faktoru a různých vlhkostech. Výsledky měření byly vztaženy k referenčnímu přístroji AlphaGuard (dále AG), který je navázán na PTB, Německo a na NRPB, Anglie.

Výsledky:

- Podmínky. F= **0.4 ± 0.14**, RH okolo 30%, poměr Radim3A/AG= **0.92±0.05**.
- Podmínky. F= **0.2 ± 0.034**, RH od 30 do 75%, poměr Radim3A/AG= **0.92±0.05**.
- Podmínky. F= **0.7 ± 0.06**, RH od 30% do 85%, poměr Radim3A/AG= **0.92±0.05**
- Podmínky. F= **0.24 ± 0.03**, RH okolo 53%, poměr Radim3A/AG= **0.92±0.05**

Závěry:

- **zvýšení VN z 1.7 kV na 2.5 kV eliminovalo vliv F- faktoru na odezvu**
- **oprava na RH pracuje správně**

5.6 –Závislost odezvy monitoru na OAR.

Porstendörfer [2] určil, že rychlost neutralizace kladně nabitých ²¹⁸Po iontů v místnosti závisí na ionizační rychlosti, která je převážně vytvářena radonem a jeho dceřinými produkty - koncentrace kladně nabitých iontů klesne na 18% když OAR = 3000 Bq/m³. Musí být však zdůrazněno, že tato teorie platí pro místnost, ve které nejsou ionty sbírány elektrickým polem. Nicméně je užitečné zdůraznit následující: monitory Radim jsou obvykle kalibrovány v sudu, kde je OAR okolo 10 kBq/m³ a poté jsou testovány v místnosti, kde se OAR pohybuje mezi 50 až 500 Bq/m³. V AMS jsou ověřovány při 1000 až 3000 Bq/m³; nicméně při typových zkouškách byly monitory testovány v komoře, kde OAR dosahovalo až 50 kBq/m³. V BfS- Berlín byly monitory Radim3 ověřovány při úrovních: 1354, 9357 a 4217 Bq/m³. Poměry Radim3/BFS byly rovny (0.90 ± 0.07), (0.95 ± 0.08), (0.90 ± 0.08).

Závěry: nikdy nebyla nalezena závislost odezvy na OAR.

Literatura ke kapitole 3:

- (1) Hopke, Philip K., *Use of electrostatic collection of ^{218}Po for measuring of Rn*, Health Physics 57:39-42 (1989)
- (2) Porstendörfer J., Dankelmann V., Pagelkopf P., *Neutralisation processes and the fraction of the ^{218}Po - ions in air*, Third Eurosymposium on Protection against Radon, Liege 2001, 65-68 (2001)
- (3) Howard A.J., Johnson B.K., Strange W.P. *A high- sensitivity detection system for radon in air*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A293,589-595 (1990)
- (4) Busign A. Antoon W.,Voore, Babcock C. Philips C.R., *The nature of unattached RaA (^{218}Po) Particles*, Health Physics,40, 333-343 (1981)
- (5) Chu, K.D., Hopke P.K. *Neutralisation kinetics for polonium-218*. Environ. Science and Technology 22, 711-717 (1988)

6.0-Kalibrace a výpočet OAR z naměřeného počtu impulsů

Úkolem kalibrace je nalézt vztah mezi saturovanou četností impulsů n_s a OAR. Posléze lze modifikovat kalibrační konstantu CAL (viz dále) tak, aby ověřovaný přístroj “ukazoval” správnou hodnotu OAR. Kalibrace je u každého přístroje realizována výrobcem použitím vlastních prostředků- většinou pomocí referenčního přístroje Radim2- REF, který byl mnohokrát ověřován v AMS. Každý vyrobený přístroj je pak ověřován v AMS tak, že se srovnává naměřená hodnota OAR se sekundárním etalonem Atmos, který je v držení AMS. OAR(dále označeno jako a) je z neměřeného počtu impulsů N počítáno v přístroji následovně:

$$a = \frac{N - B}{T * k} CAL \quad (\text{Bq/m}^3) \quad (6)$$

kde N je počet impulsů, měřený v po dobu vzorkovacího intervalu
 B je počet impulsů pozadí, přepočtený na měřicí dobu T ,
 T je délka měřicího intervalu= délka vzorkovacího intervalu v hodinách,
 CAL je kalibrační faktor, modifikovaný tak, aby přístroj ukazoval správné hodnoty
Následující vztah je použit pro výpočet faktoru k , který popisuje korekci na vliv vlhkosti:

$$k = \{1 - (a * AH + b * AH^2)\} \quad (7)$$

Kde AH je absolutní vlhkost a konstanty a a b popisují závislost odezvy na absolutní vlhkosti (viz výše). Absolutní vlhkost je vyjádřena v g/m^3 a vypočte se z relativní vlhkosti následovně:

$$AH = RH / 100 * F(t) \quad (8)$$

kde relativní vlhkost RH je udána v % a saturovaná koncentrace vodní par $F(t)$, udaná v g/m^3 , je vypočtena jako funkce teploty t pomocí aproximativního vztahu:

$$F(t) = 5.355 + 0.1489 * t + 0.0227 * t^2 \quad (9)$$

7.0- Obsluha přístroje

7.1 - Obecné zásady obsluhy, způsobu měření a zobrazování na displeji

Přístroj je vybaven výkonným počítačem. Software počítače byl navržen tak, že program nabízí jednotlivé služby a obsluha si z těchto služeb vybírá- není nutné si detailně pamatovat soubor příkazů nebo stále listovat v manuálu. Je však nezbytné mít představu co jednotlivé služby- položky Menu provádí a jak jsou data ukládány do paměti.

Způsob měření:

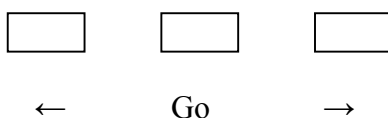
Ve službě Meas (viz dále) se spustí a zastaví měření- není tedy nutno experiment předem programovat.

Paměť, způsob ukládání a zpracování dat:

Přístroj je vybaven pamětí, do které lze uložit **celkem 16096 výsledků- záznamů**. Označení položek Menu, pod- služeb a jejich popis je v programu psán Anglicky. Proto **záznamy** jsou dále označeny jako **rekordy**. Protože program nabízí možnost statistického zpracování dat, tj. výpočet průměru, statistické chyby souboru, jsou tyto soubory – jednotlivé experimenty označeny interně jako **bloky** a rekordy jsou ukládány do bloku, jehož číslo si program sám nalezne po spuštění měření. Blok je časově definován dobou startu a stopu (ke každému rekordu je automaticky přiřazen čas počátku měření rekordu, teplota, vlhkost a tlak). Do paměti lze umístit až **128 bloků- experimentů**. Data lze číst a statisticky zpracovat z celého bloku nebo z časově ohraničeného intervalu (ROI- viz dále) v tomto bloku.

Koncepce obsluhy a displej:

Koncepce softwarového vybavení vycházela z rozhodnutí, že se přístroj bude **ovládat 3 tlačítky**, které jsou umístěny pod LCD- displejem . Tato tlačítka budou jsou označeny jako:



Při výběru položek, které nabízí **spodní řádek displeje**, pomocí levého tlačítka pohybujeme **doleva** (tlačítko je označeno symbolem ←), nebo pomocí pravého tlačítka **doprava**, !tlačítko je označeno symbolem →). Vybraná položka je sevřena mezi znaky „> < „, které dále budeme nazývat **kurzorem**. Tlačítko GO přepíná režim, který je zobrazen na horním řádku displeje.

Režim posunu:

Je-li „ ← GO →“ pak krajními šípkami posunujeme pozici kurzoru.

Po stisknutí GO se režim posunu změní na režim akce. V tomto režimu se opětovným stiskem GO nastaví režim posunu.

Režim akce:

režim akce je závislý na symbolu, na kterém ke kurzor:

je-li kurzor na symbolu „!“ (první znak na dolním řádku displeje) změní se nápis na

YES > <NO a krajní šipky končí zadávání,

je-li kurzor na symbolu „?“ (první znak na dolním řádku displeje) změní se nápis na

MAX > <MIN a krajní šipky nastaví maximální/minimální hodnotu,

Je-li kurzor na číslici, změní se nápis na **INC > < DEC** a krajní šipky zvyšují/snižují přednastavenou hodnotu.

Vypínání/ zapínání přístroje:

Přístroj není vybaven vypínačem. Přístroj **zapneme** současným stlačením okrajových tlačítek nebo připojením síťového adaptéru nebo PC.

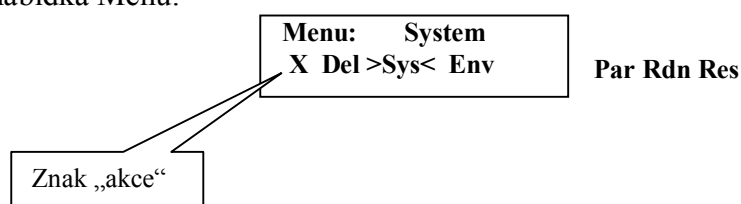
Přístroj se **automaticky vypne**, když přístroj neměří a displej je nastaven do automatického vypnutí a není připojena nabíječka a není připojen PC.

Displej:

odběr přístroje lze snížit pokud se displej vypne. Proto je ve službě Sys vložena služba Disp / Auto Off. – podrobněji viz kap. 7.2. Pokud je zvolena tato možnost, displej se **automaticky vypne**, když nejsou ovládána tlačítka po dobu cca 1 minuty. Displej lze znovu **aktivovat současným stlačením obou krajních tlačítek.**

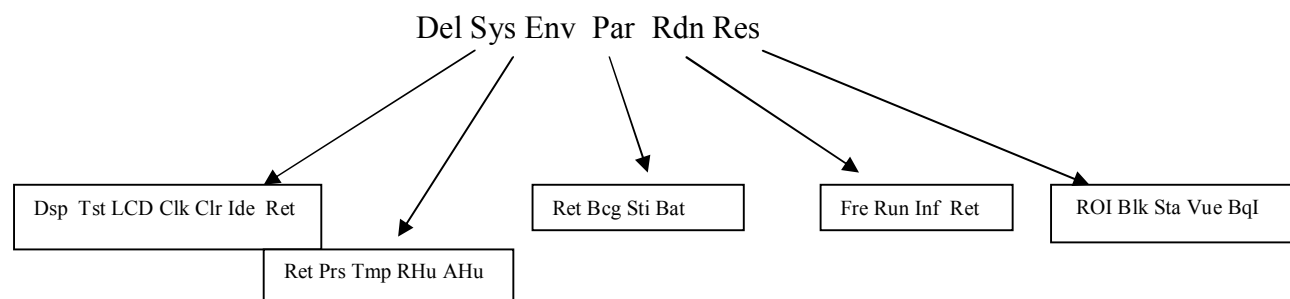
Po zapnutí přístroje se na displeji objeví základní nabídka hlavního **Menu**- viz obrázek níže. Rámeček na obrázku naznačuje to co se objeví na displeji a **text na spodní řádce, který je mimo rámeček, označuje další skryté položky nabídky, který se objeví, pokud kurzorem > < odjedeme doprava nebo doleva- nabídku lze číst cyklicky.**

Hlavní nabídka Menu:



Hlavní Menu:

Protože popis služeb nelze plným textem popsat na LCD displej s 16 znaky, hlavní menu se skládá 6 položek, přičemž zkratkami se označují položky Menu tak, jak označuje následující obrázek, kde jsou též uvedeny první kroky služeb.

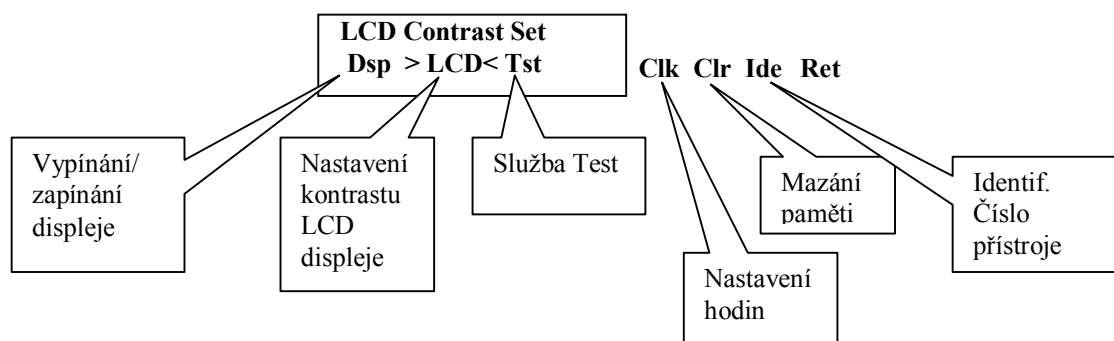


Při výběru položky Menu se adekvátně mění text na prvním řádku, který tak naznačuje co jednotlivé položky- služby provádí. Přehled služeb:

Zkratka	Text na 1. řádku displeje	Funkce:
Sys	System	Vypínání/zapínání displeje, test, nastavení kontrastu displeje a hodin, mazání paměti, identifikační číslo
Env	Enviroment	Čtení tlaku, teploty a vlhkosti
Par	Parameters	Určení pozadí, délky vz. intervalu, baterie
Rdn	Radon Meas	Automatické měření radonu, výpočet OAR, ukládání výsledku do paměti
Res	ResultsRead	Čtení výsledků
Del	LastMeasDel	Mazání posledního bloku

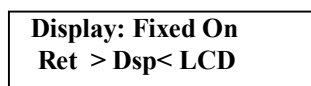
7.2-PodMenu Sys- Test, nastavení kontrastu LCD displeje, hodin a mazání paměti

Po výběru Sys v hlavním Menu se na displeji objeví:

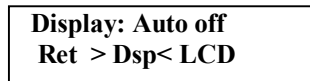


7.2.1- Vypínání /zapínání displeje- služba Dsp

Po výběru Dsp ve službě Sys se na displeji objeví:



a přístroj má **trvale zapnutý displej**. Abychom snížili odběr **znovu stlačíme Go** a na displeji se objeví:

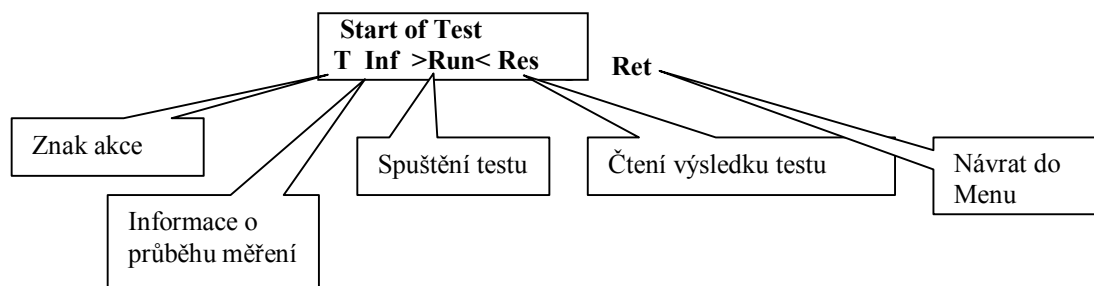


a pokud po dobu **1 minuty nestlačíme** žádné tlačítko displej se **automaticky vypne**. Displej lze znovu **aktivovat současným stlačením okrajových tlačítek „← →“**.

7.2.2- Test zařízení pomocí interního generátoru- služba Tst.

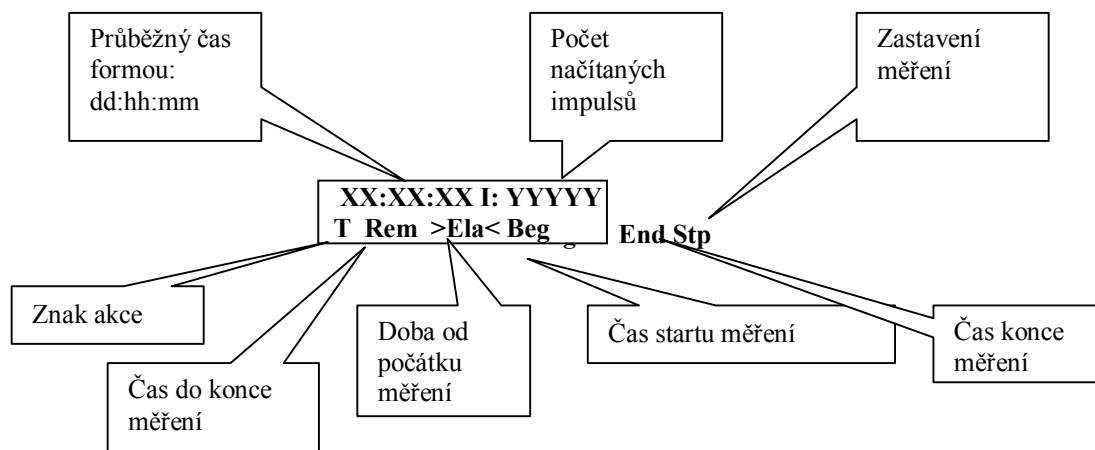
Po spuštění této služby se na vstup předzesilovače přivádí impulsy s přesnou frekvencí a amplitudou a tím se testuje správná poloha okna analyzátoru, nastaveného okolo RaA- píku a správnost funkce číslicové části elektroniky. Impulsy se čítají a srovnávají s interně zadaným počtem impulsů. Službu lze spustit pouze tehdy, když se neměří radon nebo pozadí.

Po spuštění služby **Tst** a na displeji objeví :



Měření a vyhodnocení výsledku měření ve službě Tst:

V nabídce služby Tst zvolíme **Run** a službu potvrdíme tlačítkem **GO**. První znak na dolní řádce- „znak akce“ se změní na **T**. V průběhu trvání znaku **T** se do předzesilovače přivádějí impulsy a výsledek se čítá. Pokud se na **displeji objevuje znak T není vhodné volit jinou službu než Info**. Konec měření je naznačen tím, že znak **T** se změní na obvyklý znak „-“, „-“. Pokud chcete **sledovat průběh měření**, spustíte službu **Inf** a na displeji se objeví :



Služba **Info** má identický tvar i při sledování měření radonu nebo pozadí. V této službě lze měření zastavit pomocí **Stp** a odečíst počet impulsů, pokud měření je dokončeno.

Znázornění výsledku testu:

po výběru služby Res počítač znázorňuje výsledek **positivního** výsledku testu takto:

Dev. Test OK: 100%
Run >Res< Ret

a na horním řádku se objeví poměr čítaného počtu impulsů ku nominálnímu počtu, vyjádřený v %.

Pokud se naměřený počet impulsů liší od nominálu o více než 5% na horním displeji se objeví nápis „Dev. Test Failed“. V tomto případě kontaktujte výrobce a přístroj nepoužívejte !

7.2.3-Nastavení kontrastu- služba LCD:

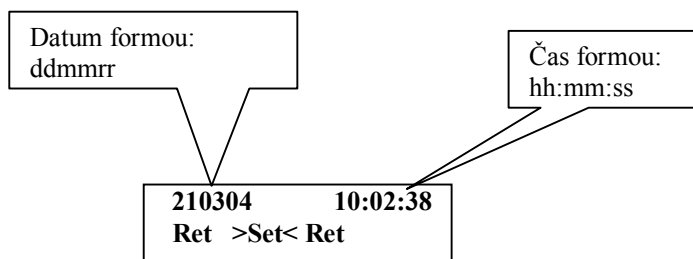
Jakmile je kurzor nastaven na nabídku LCD a stlačíme Go, displej se změní na:

Contrast setting
Ret >Inc< Dec

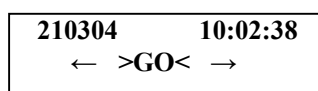
a pokud je kurzor nastaven na Inc, lze stlačováním Go zvyšovat kontrast, naopak pomocí Dec lze kontrast snižovat.

7.2.4-Nastavení hodin- služba Clk:

Jakmile je kurzor nastaven na nabídku Clk a stlačíme Go, displej se změní na (datum a čas jsou pro demonstraci smyšlené):



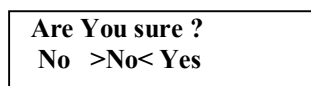
Jakmile zvolíme službu Set displej se změní na :



Levou nebo pravou šipkou můžeme „najat“ na číslo, které chceme změnit (pod zvoleným číslem bliká čárka). Po následném stlačení GO program nabídne možnost zvolené číslo měnit pomocí Inc a Dec. Při změnách si program „hlídá“ rozumné zadání času i datumu. Celé nastavení hodin se ukončí najetím na „!“ a potvrzením pomocí YES.

7.2.5-Mazání celé paměti- služba Clr:

Jakmile je kurzor nastaven na nabídku Clr a stlačíme Go, displej se změní na:

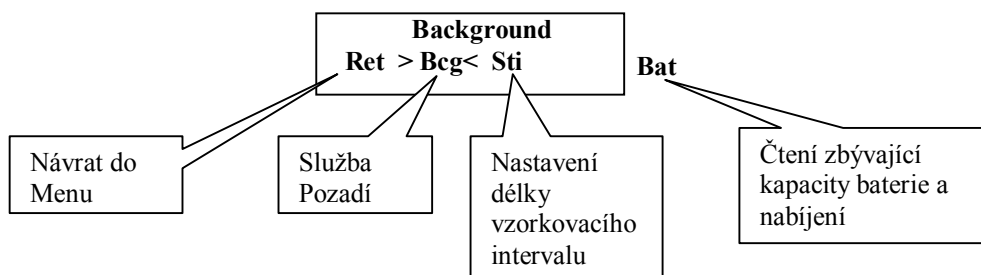


7.2.6-Nastavení a čtení identifikačního čísla monitoru- služba Ide:

Výrobce u každého vyrobeného monitoru zadá výrobní číslo monitoru (procedura zadání není uživateli přístupná) a uživatel může po otevření služby Ide číslo monitoru přečíst.

7.3-PodMenu Par- Určení pozadí, zadání délky vzorkovacího intervalu a baterie.

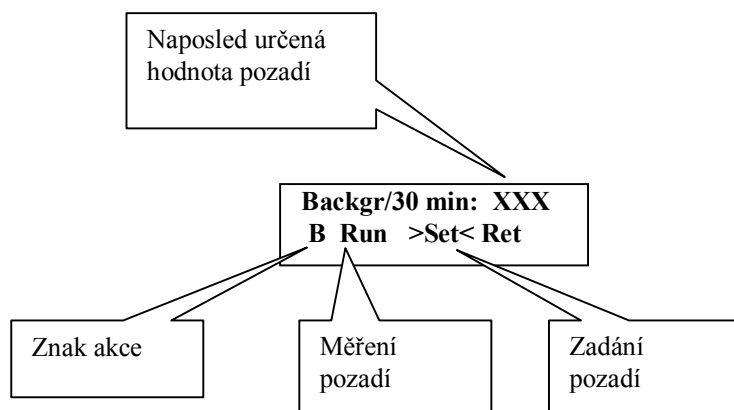
Po výběru Par v hlavním Menu se na displeji objeví:



7.3.1- Určení pozadí- služba Bcg:

Při dlouhodobém provozu a obzvláště pak v prostředí s vysokou OAR se všechny typy monitorů radonu zamořují – podrobněji viz kap. 8.8 Služba Bcg umožňuje měřit pozadí. Při měření je vypnuto VN a tedy se nesbírají dpRn na povrch detektoru- měří se pouze aktivita, deponovaná na detektoru.

Jakmile je kurzor nastaven na nabídku Bcg a stlačíme Go, displej se změní na:

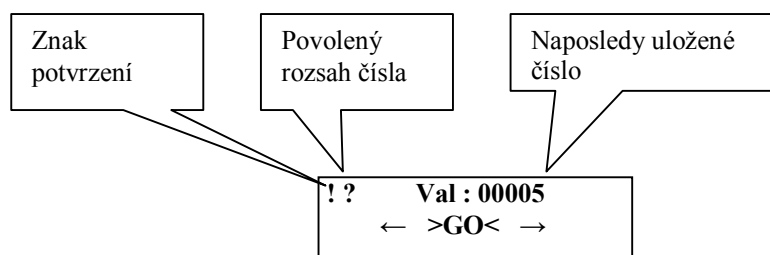


Měření pozadí:

Ve službě **Par** zadáme délku vzorkovacího intervalu aspoň 3 hodiny, monitor umístíme do prostředí s nízkou hodnotou OAR- nejlépe mimo pobytový prostor (balkon, zahrada apod.) a spustíme měření výběrem Run a jeho potvrzením pomocí GO. Po startu měření se „znak akce“ změní z obvyklého“-“ na „B“. Průběh měření můžeme sledovat výběrem služby Inf (viz Test v kap. 7.2.).

Zadání pozadí:

Pokud máme výsledky mnohonásobného měření pozadí nebo jsme schopni určit dlouhodobý trend vývoje pozadí, lze hodnotu pozadí zadat pomocí služby **Set**. Počet impulsů za 30 minut se zapíše **procedurou zápisu čísla, která je stejná jako při zápisu času s tím rozdílem, že se na počátku objeví naposledy uložená hodnota (na příklad 5):**



Levou nebo pravou šipkou můžeme „najat“ na číslo, které chceme změnit (pod zvoleným číslem bliká čárka). Po následném stlačení GO program nabídne možnost zvolené číslo měnit pomocí Inc a Dec. Při změnách si program „hlídá“ rozumné zadání v povoleném rozsahu. Celé nastavení hodin se ukončí najetím na „!“ a potvrzením pomocí YES.

7.3.2- Určení délky vzorkovacího intervalu- služba STi:

Obecné zásady:

Délku vzorkovacího intervalu- délku měření jednoho rekordu volíme s ohledem na očekávanou úroveň OAR tak, aby byla dosažena přijatelná statistická chyba. Určitým vodítkem může být Tab.4, ve které jsou uvedeny relativní chyby měření, vyjádřené v %, pro různé délky vzorkovacích intervalů a různé úrovně OAR,

Tab.4- Statistické chyby měření, udané v %, při délce vzorkovacího intervalu T

OAR (Bq/m ³)	20	50	100	500	1000	2000	5000	10000	50000
T=0,5h	50	33	20	10	7	5	3,2	2,2	1,6
T=1,0h	35	20	16	7	5	3,2	2,2	1,6	1,1
T= 2,0 h	25	16	7	5	3,2	2,2	1,6	1,1	0,8

Z uvedené tabulky vyplývá, že pro většinu úrovní OAR vyhovuje délka intervalu rovná 0,5 h, pouze pro úrovně nižší než 100 Bq/m³ se doporučuje nastavit délku delší.

Délku vzorkovacího intervalu lze nastavit v rozmezí od 10 minut do 24 hodin. **Upozornění:** pokud nastavíme **délku vz. intervalu kratší než 30 minut, hodnota OAR nemusí být správná**, protože četnost impulsů, vzniklých přeměnou RaA, není v rovnováze s OAR. Proto toto nastavení používáme pouze pro studium velice rychlých procesů, kdy jsou především zajímavé relativní hodnoty.

Nastavení délky intervalu:

Jakmile je kurzor nastaven na nabídku STi a stlačíme Go, displej se změní na:

! ? STime : 00:30:00 ← >GO< →

Levou nebo pravou šipkou můžeme „najat“ na číslo, které chceme změnit (pod zvoleným číslem bliká čárka). Po následném stlačení GO program nabídne možnost zvolené číslo měnit pomocí Inc a Dec. Při změnách si program „hlídá“ rozumné zadání v povoleném rozsahu. Celé nastavení hodin se ukončí najetím na „!“ a potvrzením pomocí YES.

7.3.3- Čtení zbytkové kapacity akumulátoru a nabíjení - služba Bat

Přístroj je napájen z NiMH akumulátorů s kapacitou 4,5 Ah. Pro uživatele je užitečné znát zbytkovou kapacitu akumulátoru a tak odhadnout zbývající dobu provozu. Zbývající kapacita akumulátoru se přibližně odhaduje z napětí akumulátoru, které se automaticky pravidelně měří a z vybíjecí charakteristiky akumulátoru. Tedy pokud služba Bat ukáže zbývající kapacitu, rovnou na příklad 50%, zbývající dobu provozu můžeme odhadnout jako 0,5 * 1000 hodin, kde 1000 hodin je doba provozu s plně nabitými akumulátory.

Čtení zbytkové kapacity:

Po výběru Bat na dolním řádku displeje a stlačení tlačítka Go se na displeji objeví na př.:

Bat: 7.327V = 20% - Stí >Bat< Ret

Dlouhodobá měření:

Pokud experiment bude trvat déle než je provozní doba je nutné k přístroji připojit síťový adaptér a pak jsou **akumulátory automaticky dobíjeny proudem, který kompenzuje průměrný odběr**.

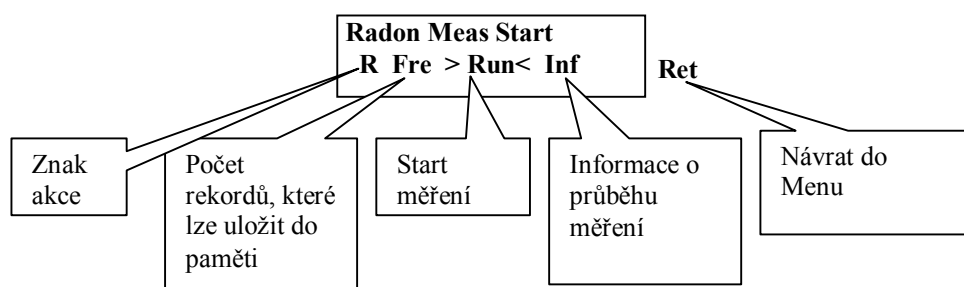
Jednorázové dobíjení akumulátoru:

Jakmile zbytková kapacita akumulátoru klesne pod požadovanou mez lze akumulátory dobít interně zabudovanou nabíječkou. Akumulátory jsou v tomto případě dobíjeny proudem 0,45A a tedy plně vybité akumulátory budou nabity za cca 12 hodin. Přístroj kontroluje nabíjecí proces a nabíjení ukončí jakmile jsou akumulátory plně nabity- není tedy nutné nabíjení „hlídat“.

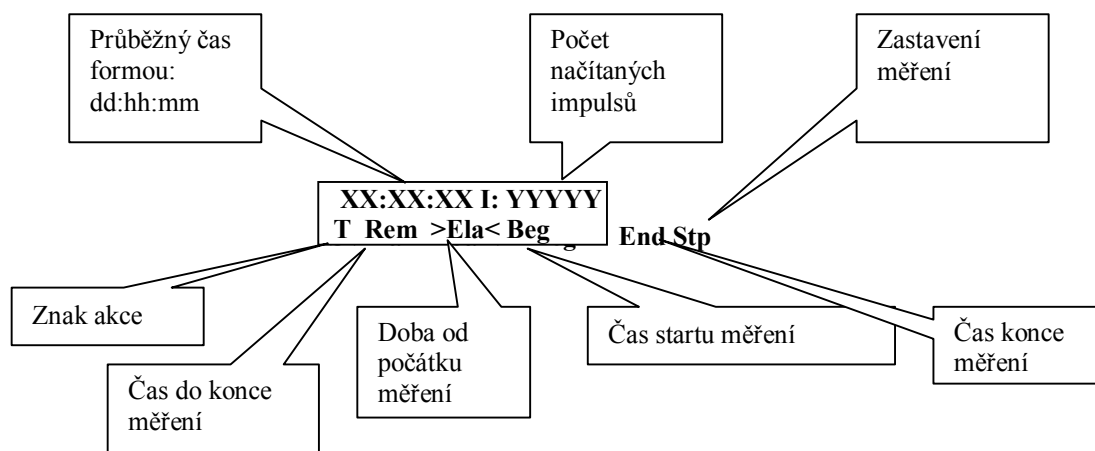
Nabíjení: k přístroji připojíme síťový adaptér. Když jsou akumulátory nabíjeny na zadním panelu svítí kontrolní LED.

7.4 - PodMenu Rdn- Automatické měření radonu a ukládání výsledků do paměti.

Po výběru Rdn v hlavním Menu se na displeji objeví:



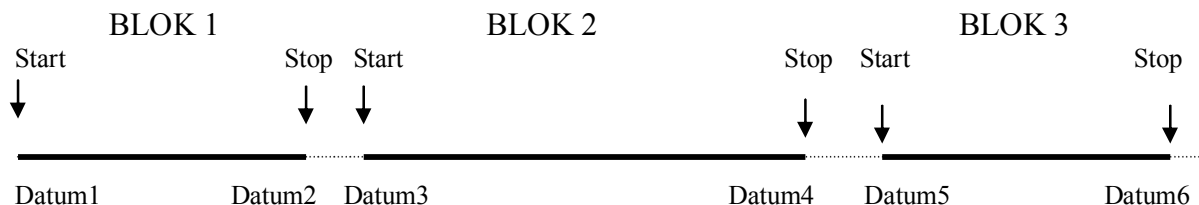
Před spuštěním měření zkontrolujeme kolik rekordů lze uložit ještě do paměti a ve službě Par nastavíme délku vzorkovacího intervalu. Měření se spustí výběrem **Run**. Znak akce se změní z „-“, na R . Průběh měření lze sledovat pomocí **Inf** (podrobně viz kap. 7.2.1):



7.5 - PodMenu Res- Čtení výsledků.

Obecně:

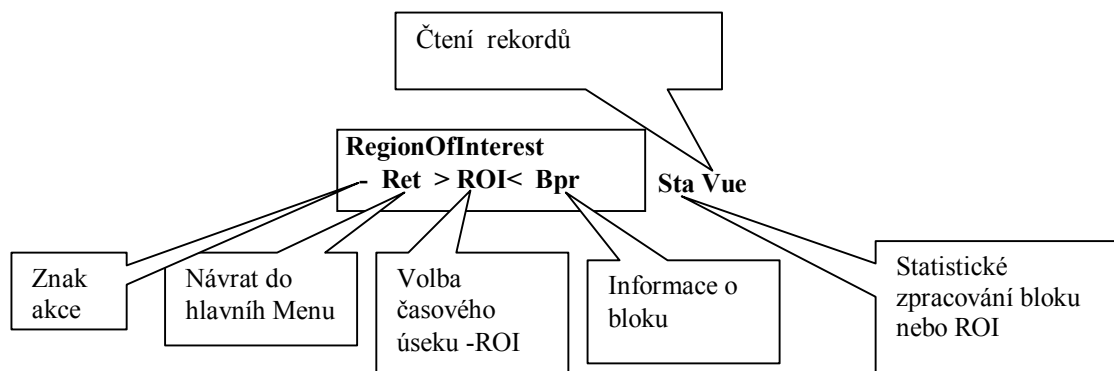
Jak již bylo uvedeno výše, výsledky měření jsou automaticky ukládány do interních bloků tak, jak naznačuje následující obrázek:



Blok 1 je tedy ohraničen startem v době Datum1 a stopem v době Datum2 atd.

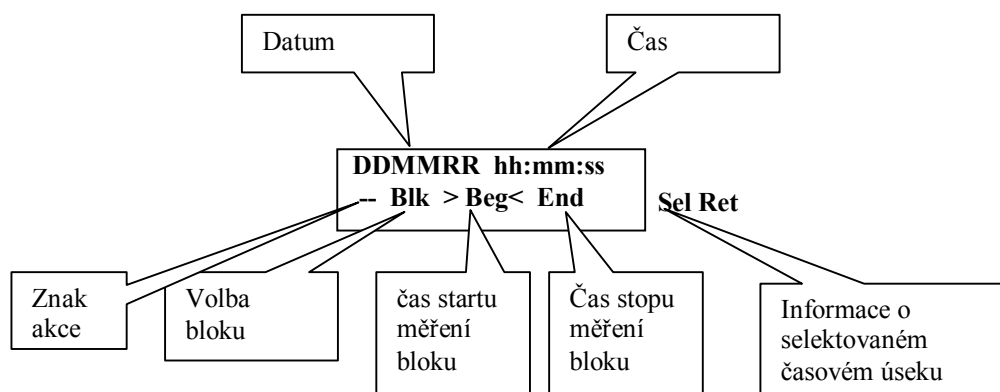
Výsledky měření je možno číst po rekordech a statisticky zpracovat celé bloky nebo lze z vybraného bloku „vyřezat“ pouze časové úseky-ROI, které nás zajímají.

Po výběru Res v hlavním Menu se na displeji objeví:



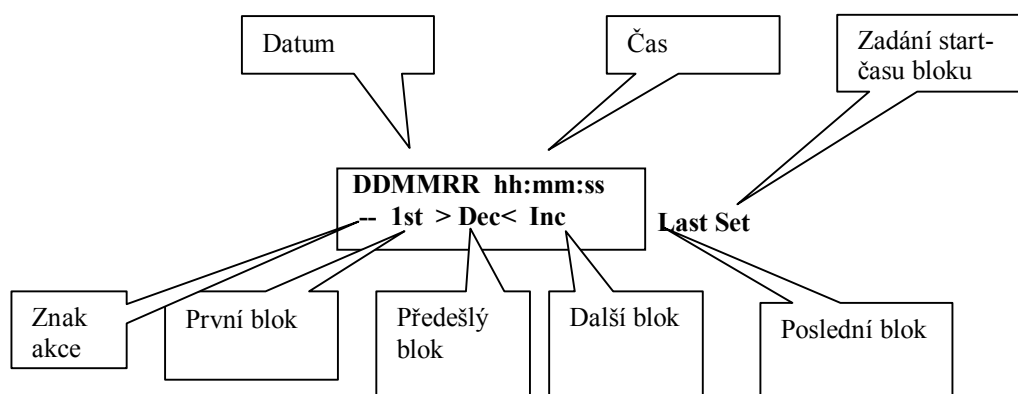
1. krok čtení- volba bloku – časového úseku:

Z nabídky vybereme službu **ROI** a program nám nabídne:



Volba bloku:

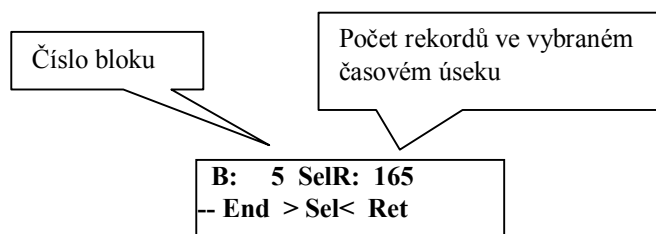
Z nabídky vybereme **Blk** a program nám nabídne:



a pomocí služeb „1st“, Dec, Inc, Last nebo Set můžeme zadat blok -blok je identifikován časem startu.

Informace o selektovaném bloku:

Vrátíme se do služby **Blk** a vybereme službu **Sel**- program nabídne (pro ilustraci je udáno číslo bloku 5, počet rekordů 165):

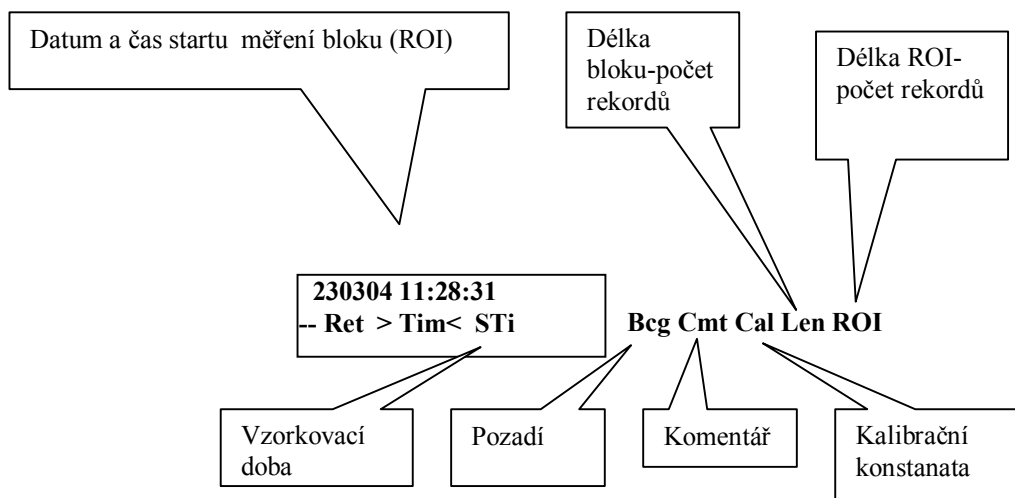


Volba časového úseku- ROI:

Ve vybraném bloku lze časový úsek zúžit a definovat tak ROI takto: ve službě ROI vybereme z nabídky **Beg** a pomocí **Inc** můžeme zvolit začátek ROI (obvykle se začíná od počátku bloku). Posléze zvolíme **End** a pomocí **Dec** nastavíme konec ROI.

2. krok čtení- čtení výsledků:

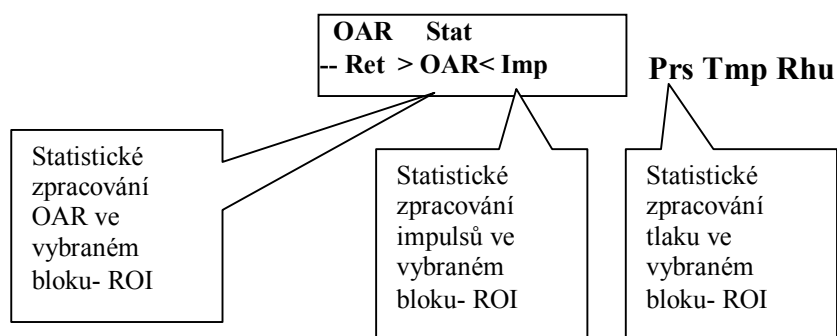
vrátíme se na počátek služby Res a volbou služby **Bpr** přečteme hlavičku bloku (ROI):



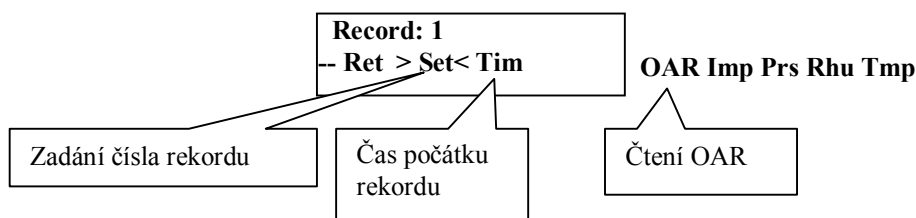
Služba Cmt: do této služby zapsat číselný komentář

Statistické zpracování výsledků:

vrátíme se na počátek služby Res a volbou služby **Sta** můžeme přecházet průměr, výběr, směrodatnou odchylku, minimální a maximální hodnotu vybraného souboru:



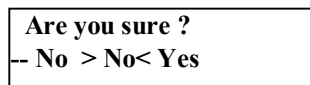
Pokud vybereme službu **Vue** lze číst jednotlivé výsledky „po rekordech“:



Při čtení program automaticky nabídne první rekord daného souboru jakmile najedeme např. na **OAR** program znázorní výsledek. Dalším stlačením **Go** se automaticky zvýší číslo rekordu a lze číst další výsledek- není tedy nutné se vracet na proceduru Set.

7.6 - PodMenu Del- Mazání posledních měření

Po výběru Del v hlavním Menu se na displeji objeví:
a po výběru **Yes** program vymaže **poslední blok**.



8.0 – Technické poznámky

8.1 - Zamořování monitoru

Bylo pozorováno, že po delším provozu monitoru narůstá pozadí. Tento nárůst je způsoben kumulací ^{210}Pb na povrch detektoru (ostatní typy přístrojů vykazují obdobný efekt), Poměr akumulované aktivity a_{Pb} k aktivitě radonu a_{Rn} může být přibližně vyjádřen vztahem:

$$a_{\text{Pb}} / a_{\text{Rn}} = \lambda_{\text{Pb}} * t = 0.032 / \text{year} \quad (\text{K1})$$

Za předpokladu, že detekční účinnost α - částic emitovaných RaA a ^{210}Po jsou stejné- mají

prakticky stejnou energii, byly vypočten následující nárůst pozadí při měření OAR **po dobu jednoho měsíce**:

OAR (kB/m ³)	5	10	50
Bcg (imp/h)	13	27	133!!!!

Měření vysoké OAR může způsobit vysoký nárůstu pozadí. Aby se ocenil vliv pozadí na celkovou přesnost měření je vhodné studovat statistiku měření detailněji.

Vliv pozadí na přesnost měření.

Během měření po dobu t_s je kumulován počet impulsů, popsany symbolem N_{B+S} , kde index B označuje pozadí a S je index vzorku.. Četnost impulsů pozadí je určena z počtu impulsů pozadí N'_B , měřeného v časovém intervalu o délce t_B :

$$N_S = N_{B+S} - N'_B t_S / t_B = N_B + N_S - N'_B t_S / t_B \quad (K2)$$

a směrodatná odchylka σ počtu impulsů N_s se vypočte jako:

$$\sigma^2 = N_S + N_B + N'_B (t_S / t_B)^2 \quad (K3)$$

tento vztah může být upraven na:

$$\sigma^2 = N_S + N'_B t_S / t_B (1 + t_S / t_B) \quad (K4)$$

a po zavedení četnosti impulsů pozadí, vypočtené jako N'_B/t_B , se získá konečný vztah ve tvaru:

$$\sigma^2 = N_S + n_B t_S (1 + t_S / t_B) \quad (K5)$$

Statistická chyba je obvykle vyjádřena relativně jako:

$$s = \frac{\sigma}{N} * 100(\%) \quad (K6)$$

a po úpravě:

$$\frac{\sigma^2}{N_S^2} = \frac{1}{N_S} + \frac{n_B t_S}{n_S^2 t_S^2} (1 + t_S / t_B) = \frac{1}{n_S t_S} \left\{ 1 + \frac{n_B}{n_S} (1 + t_S / t_B) \right\} \quad (K7)$$

dostaneme následující vyjádření:

$$s = \frac{1}{N_S^{1/2}} \left\{ 1 + \frac{n_B}{n_S} \left(1 + \frac{t_S}{t_B} \right) \right\}^{1/2} \quad (K8)$$

kde četnost impulsů vzorku n_S (imp/hour) je rovna:

$$n_S = a_{Rn} k$$

kde a_{Rn} je OAR (Bq/m³)

k je odezva přístroje, rovná 0,8.

Následující výběrové odchylky byly vypočteny pro různé úrovně OAR a pozadí- výsledky jsou uvedeny v Tab. K1 a Tab. K2

Table K1 – Standardní výběrové odchylky s pro $t_B = 0.5$ h a $t_S = 0.5$ h.

a_{Rn} (Bq/m ³):	50	100	200	500	Pozadí (imp/h)
s (%)	20	14.9	10.5	6.7	0
s (%)	21	15	10.6	6.7	0.5
s (%)	22	15.2	10.7	6.7	2
s (%)	25	16.5	11.1	6.8	10
s (%)	29	17.9	11.6	7	20
s (%)	49	26.8	15.3	8	100

Table K2 - Standardní výběrové odchylky s pro $t_B = 0.5$ h a $t_S = 1$ h

a_{Rn} (Bq/m ³):	50	100	200	500	Pozadí (imp/h)
s (%)	15	10.9	7.5	4.7	0
s (%)	15	10.6	7.5	4.7	0.5
s (%)	16	10.8	7.6	4.7	2
s (%)	19	12.1	8.0	4.8	10
s (%)	23	13.5	8.6	5	20
s (%)	41	21.8	12.1	6.1	100

Závěry a doporučení:

- Aby se zabránilo kontaminaci detektoru je vhodné **zkrátit měření OAR o vysokých hodnotách na minimum**, tj. na začátku měření je užitečné stanovit úroveň OAR a jestliže tato úroveň převyšuje 20- 30 kBq/m³ měření by měl být zkráceno na několik dní.
- Když má být měřena OAR nižší než 100 Bq/m³ je vhodné prodloužit vzorkovací doby na 1 hodinu a měřit pozadí po dobu několika hodin v prostředí, kde OAR je zaručeně nízká, tj. mimo budovu.
- Pokud úroveň pozadí bude vyšší než 200 imp/h je vhodné kontaktovat výrobce, který detektor vymění.

8. 2- Větrací koeficient.

Při posuzování vhodnosti nápravných opatření pro snížení radonového rizika v obydlích, kde OAR je vysoké, je velice užitečné znát rychlost výměny vzduchu (dále pouze větrací koeficient) a rychlost přísunu radonu do místnosti.

V těch případech, kdy je rychlost přísunu konstantní a OAR nepodléhá denním variacím (tento případ nastává když rozdíl mezi venkovní a vnitřní teplotou je vysoký), lze uskutečnit následující experiment:

1. Měřením po dobu několika dní zkontrolujte, zda OAR je v studované místnosti stálé, tj. během dne se nemění o více než 20%.
2. Místnost vydatně vyvětrejte a během větrání do místnosti umístěte Radim3A, který bude po dobu cca 2- 3 hodin měřit „nulovou“ hodnotu OAR (doba vzorkování 0,5h) .
3. Místnost uzavřete a měřte nárůstovou křivku OAR. Je velice žádoucí prodloužit experiment natolik, aby byla dosažena rovnovážná hodnota OAR (odhad nutné doby je uveden dále).

Z naměřené nárůstové křivky lze odhadnout větrací koeficient a rychlost přísunu radonu

Teorie:

Po uzavření místnosti nárůst aktivity radonu, označený jako **a**, je popsán diferenciální rovnicí:

$$da = \frac{Rdt}{V} - ladt - \lambda adt \quad (T1)$$

kde **a** je objemová aktivita radonu,
R je rychlost přísunu radonu do místnosti,
l je konstanta charakterizující rychlost výměny vzduchu,
V je objem místnosti,
λ je konstanta přeměny radonu , rovná $\ln 2/T_{1/2} = 0.008 \text{ h}^{-1}$, kde $T_{1/2}$ je poločas přeměny

Za předpokladu, že rychlost přísunu **R** a větrací koeficient se nemění během experimentu, diferenciální rovnice má řešení ve tvaru:

$$a = \frac{R}{V(l + \lambda)}(1 - \exp(-(l + \lambda)t)) \quad (T2)$$

Tato rovnice má dvě neznámé: rychlost **R** a ventilační koeficient **l**. Tyto dvě neznámé lze určit proložením exponenciální funkcí experimentálními výsledky:

$$a_i = a_0(1 - \exp(-nt_i)) \quad (T2)$$

ve které je nutno určit konstanty **a₀** a **n**. Numerická analýza může být značně zjednodušena, pokud při experimentu je dosaženo rovnovážného stavu, kdy se **a** prakticky nemění. V následující tabulce jsou uvedeny časy, kdy je dosažena rovnováha při různých větracích koeficientech (člen $(1 - \exp(-nT))$ je blízký k jednotce).

Tab. 1: Čas **T** -hodiny, nutný k dosažení požadované hodnoty $1 - \exp(-nT)$

(1-exp(-nT)):	0.1	0.63	0.9	0.95
l=0.1 h ⁻¹	0.98	9.3	21	28
l=0.3 h ⁻¹	0.3	3.2	7.5	9.7
l=0.5 h ⁻¹	0.2	2	4.5	5.9

Je zřejmé, že úspěch experimentu závisí na tom, zda se podaří získat dostatek bodů zatížených nízkou statistickou chybou měření, ze kterých je možno určit počáteční hodnoty a rovnovážné hodnoty OAR. S výjimkou extrémně nízkých ventilačních koeficientů stačí měřit nárůstovou křivku po dobu 12 hodin

8.3- Nová nabíječka akumulátoru

Akumulátor může být dobit pokud AC adaptér, dodaný k přístroji, je připojen ke konektoru „Charger“ na zadním panelu a přístroj je zapnut (přístroj se zapne současným stlačením tlačítek ← a →). Interní nabíječka pracuje ve dvou režimech:

- **hlavní nabíjení:** akumulátor je nabíjen proudem okolo 0.5A když LED na zadním panelu svítí červeně. Napětí akumulátoru je pravidelně měřeno a znázorněno ve službě „BAT“. Nabíjení se automaticky zastaví pokud již napětí nestoupá a v servisu Charge se objeví nápis „Full“.
- **„trickle“ nabíjení:** pokud je AC adaptér stále připojen je akumulátor dobíjen proudem okolo 25 mA a toto je naznačeno LEDkou, která svítí zeleně. Proud kompenzuje odběr přístroje a vlastní vybíjení akumulátoru. Tato verze je doporučena pokud Radim3A bude měřen déle než 40 dní.

9.0- PC program pro čtení, zpracování dat a ovládání Radim3A

Program je určen pro sběr a archivaci dat z monitoru Radim3A. Pracuje v prostředí Windows 95/98/XT.

Minimální konfigurace PC musí splňovat následující požadavky:

- operační systém Windows 95 a vyšší
- procesor 486 a vyšší
- 16MB RAM
- VGA grafická karta
- HD min 5MB
- 1 x RS232
- 1 x LPT.

Ovládání programu zachovává pravidla ovládání systému MS-Windows. Lze jej ovládat pomocí menu, myši nebo funkčními klávesami.

Funkce a jejich popis jsou v následujícím textu.

9.1 Úvod

9.1.1. Instalace

Jelikož se jedná o aplikaci pro systém Windows 95 a vyšší, je třeba aplikaci nainstalovat standardním postupem, obvyklým pro tyto systémy.

Instalace programu se provádí následujícím způsobem:

Na CD- disku se nachází program SETUP.EXE. Po spuštění tohoto programu je nutné se nechat vést instalačním programem. Po odpovědi na místo instalace se program automaticky začne instalovat. Program oznámí dokončení instalace. Tím je program nainstalován.

9.1.2. Popis programu

Program pracuje ve dvou základních módech, OFF LINE a ON LINE. Pokud přístroj není připojen k PC na dolní liště v levém rohu Hlavního Menu se objeví text OFF LINE . V módu OFF-LINE může obsluha prohlížet archivovaná data a ukládat do souborů. Mód ON-

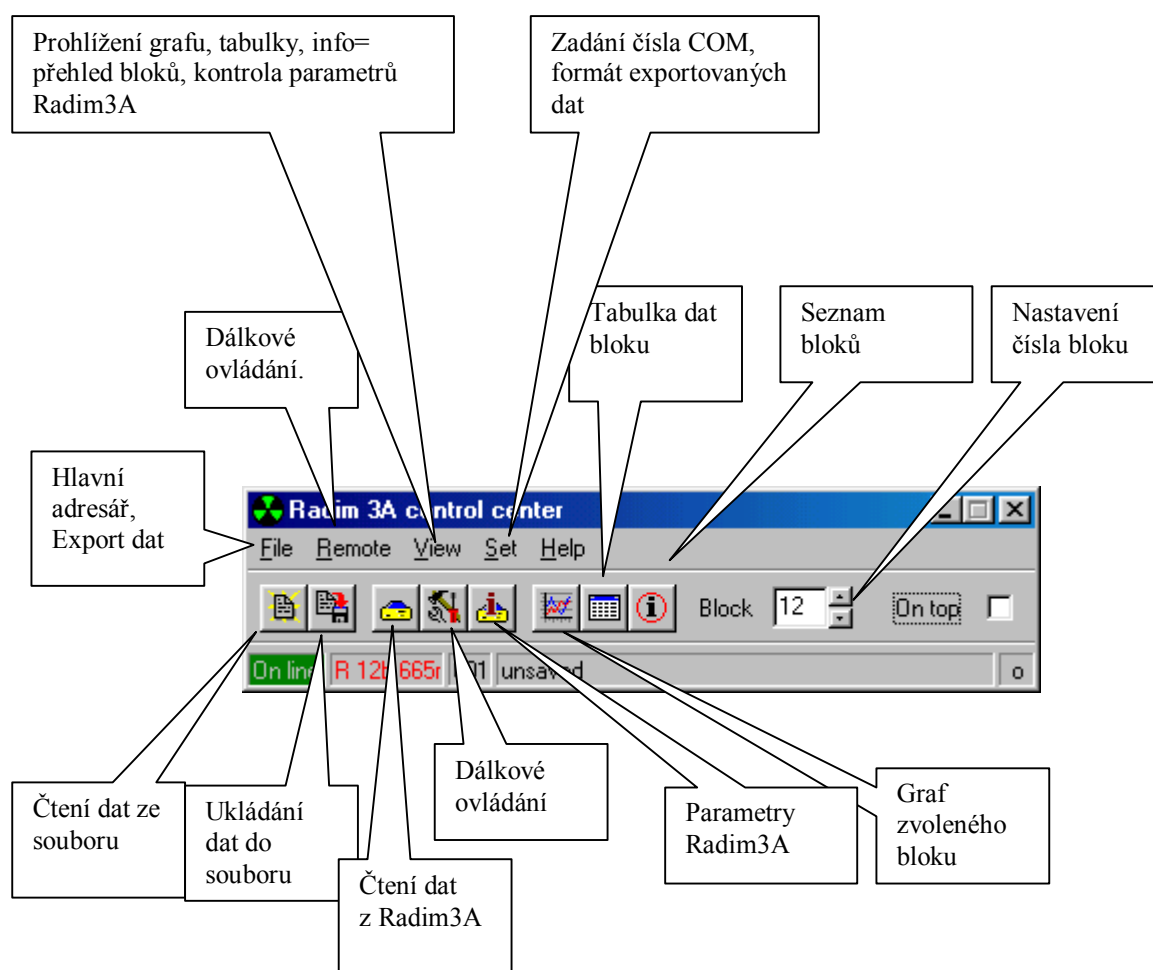
LINE kromě výše uvedených funkcí nastavuje komunikaci, funkce měřidla a čte data z paměti měřidla .

Po startu programu se v hlavním okně objeví malé okno Hlavního Menu- viz Obr.5 Před propojením PC s Radim3A otevřete službu „Set“ a nastavte číslo COM (u velkého PC je toto číslo obvykle rovno 2 u notebooku číslo 1- nutno zkusit).

Hlavní menu nabízí následující možnosti:

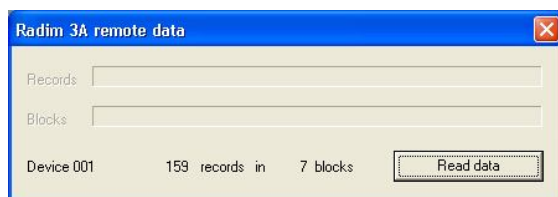
- čtení dat z uloženého souboru,
- ukládání dat do souboru,
- čtení dat z Radim3A,
- znázornění grafu vybraného bloku,
- znázornění tabulky dat vybraného bloku,
- přehled dat (seznam bloků),
- File - operace se soubory,
- Remote – informace o parametrech Radim3A, čtení dat a parametrů z Radim3A, dálkové ovládání Radim3A.

Obr.5- Panel Hlavního Menu

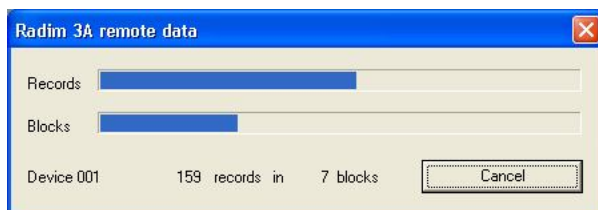


9.1.3- Čtení dat z Radim3A:

Použijte službu buď službu „Remote“ a pak službu „Data“ nebo klikněte na ikonu „Radim3A“. P odstartování služby se objeví následující okno:



A po výběru „Read data“ se okno změní:



9.1.4-Informace o blocích:

V hlavním Menu vyberte ikonu „i“ a pak se objeví tabulka s přehledem bloků. V tabulce je uveden čas startu a konce měření, počet rekordů atd.

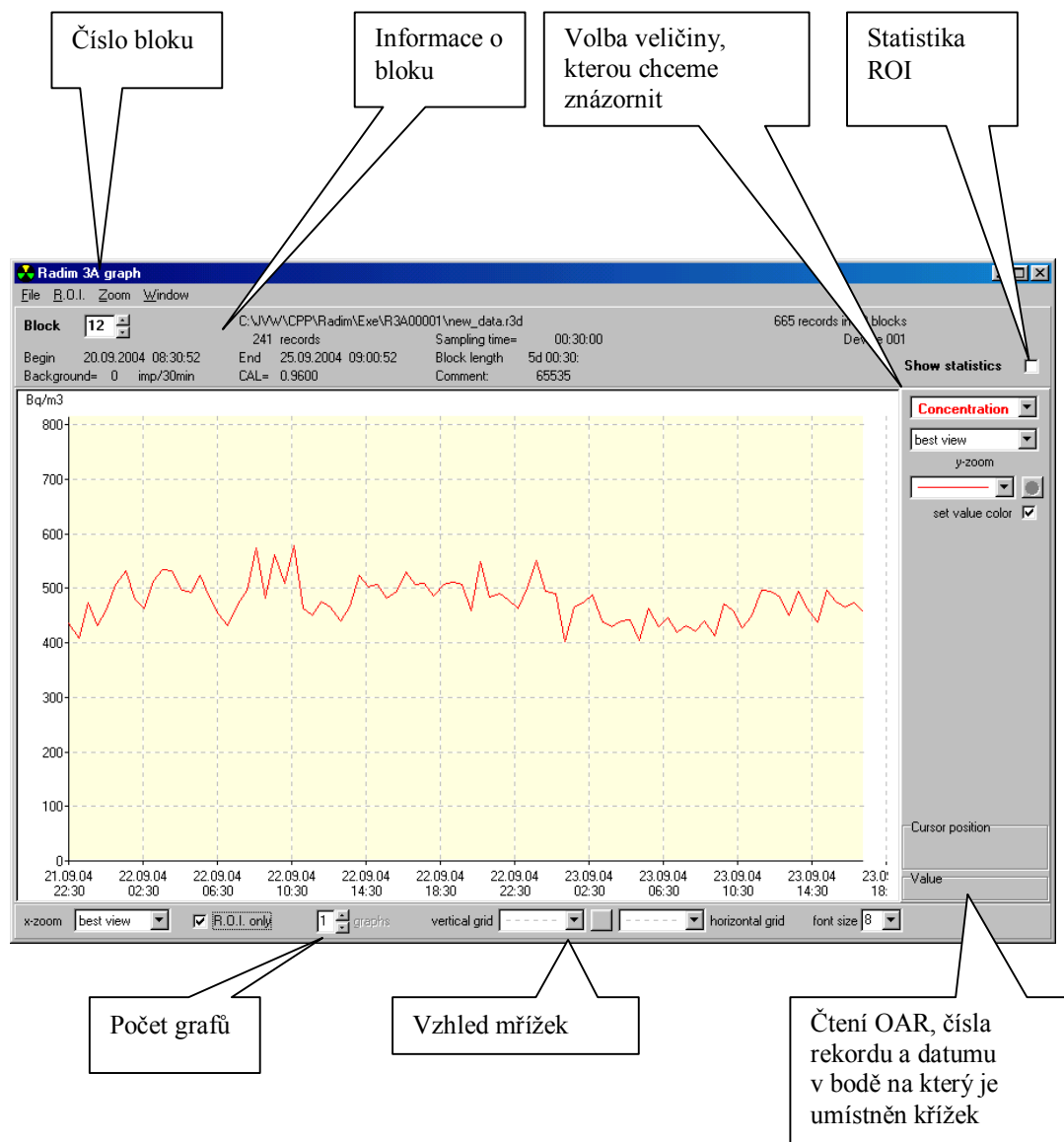
9.1.5- Výběr bloku

Číslo bloku může zadáno v službou Hlavního Menu (viz Obr.5) nebo označením bloku v informacích o blocích (služba „i“).

9.1.6- Graf vybraného bloku

Graf může být znázorněn pomocí ikony Hlavního Menu (viz Obr.5) nebo použitím služby „view“. Po výběru této služby se objeví okno:

Obr.6- Graf vybraného bloku



OAR (impulsy), číslo rekordu a datum v bodě, na který ukazuje křížek se ukazuje v dolním rohu okna .

9.1.7- Tabulka s daty vybraného bloku:

Tabulka s daty může být znázorněna pomocí ikony v Hlavním Menu nebo pomocí služby „View“. Po výběru této služby se objeví okno:

Obr.7- Tabulka vybraného bloku

Radim 3A data table									
File R.O.I. Window									
Block	8	C:\VW\CPP\Radim\Exe\NR3A00001\new_data.r3d				665 records in 12 blocks			
		47 records				Sample time= 00:30:00			
Begin	16.08.2004 09:53:31	End 17.08.2004 09:23:31				Block length= 23:30:			
Background=	0 cnt/30min	CAL= 0.9600				Comment: 65535			
Record	Date & time	Block time	N [cnt]	Conc. [Bq/m3]	P [hPa]	T [°C]	Rh [%]	Ah [g/m3]	
1	16.08.2004 09:53:31	00:00:	1158 ± 34	2377 ± 69	995.8	21.8	54.7	10.6	
2	16.08.2004 10:23:31	00:30:	13250 ± 115	27324 ± 236	995.7	21.8	58.3	11.3	
3	16.08.2004 10:53:31	01:00:	9536 ± 98	19719 ± 201	994.7	21.9	60.1	11.7	
4	16.08.2004 11:23:31	01:30:	3845 ± 62	7947 ± 127	994.7	22.0	59.4	11.7	
5	16.08.2004 11:53:31	02:00:	1983 ± 45	4102 ± 91	994.4	21.9	60.3	11.8	
6	16.08.2004 12:23:31	02:30:	1769 ± 42	3665 ± 86	994.0	21.7	62.3	12.0	
7	16.08.2004 12:53:31	03:00:	1799 ± 42	3729 ± 87	993.3	21.6	63.1	12.1	
8	16.08.2004 13:23:31	03:30:	1799 ± 42	3729 ± 87	992.9	21.6	64.0	12.3	
9	16.08.2004 13:53:31	04:00:	1799 ± 42	3729 ± 87	992.6	21.5	64.9	12.4	
10	16.08.2004 14:23:31	04:30:	1799 ± 42	3729 ± 87	992.5	21.5	65.6	12.5	
11	16.08.2004 14:53:31	05:00:	1799 ± 42	3729 ± 87	992.5	21.4	66.2	12.5	
12	16.08.2004 15:23:31	05:30:	1799 ± 42	3729 ± 87	992.1	21.4	66.7	12.6	
13	16.08.2004 15:53:31	06:00:	1799 ± 42	3729 ± 87	991.9	21.4	67.5	12.8	
14	16.08.2004 16:23:31	06:30:	1898 ± 44	3953 ± 90	991.4	21.4	67.6	12.8	
15	16.08.2004 16:53:31	07:00:	1946 ± 44	4055 ± 91	991.4	21.4	68.1	12.9	
16	16.08.2004 17:23:31	07:30:	1985 ± 45	4137 ± 92	991.3	21.3	68.6	12.9	

Pomocí levého tlačítka myši lze označit časový interval a pak stlačením pravého tlačítka se objeví nabídka „Select all“ nebo „Set as R.O.I.“- takto lze zadat R.O.I. (viz dále)

9.1.8- Zadání R.O.I.:

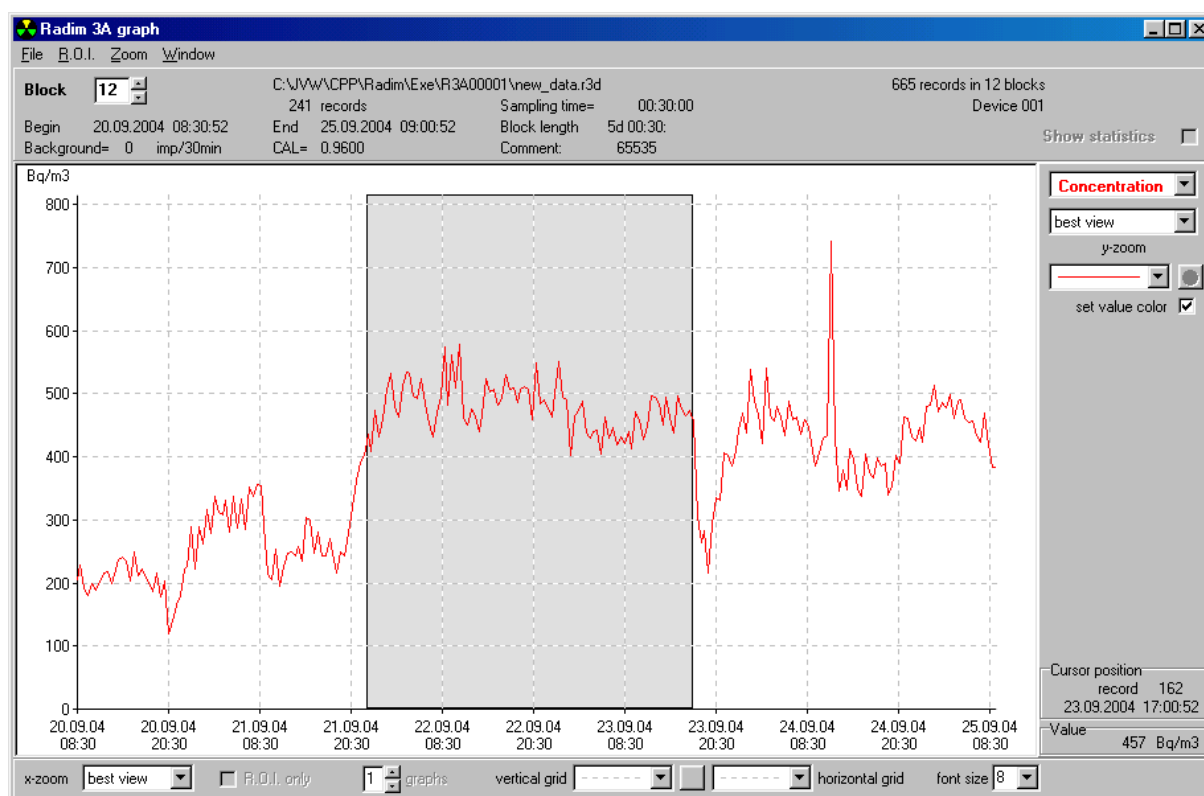
Velice část chceme vyhodnotit výsledky v zadaném časovém úseku, tj. v Oblasti zájmu (R.O.I.- systém). Toto může být zadáno v grafu nebo v tabulce.

Postup zadání R.O.I. v grafu:

1. nastavíme křížek na začátek oblasti, kterou chceme vymezit,
2. současným stlačením levého tlačítka myši a „tažením“ křížku vymezíme oblast,
3. stlačíme pravé tlačítko myši a v tabulce se objeví následující nabídka:
 - „Set as R.O.I.“- zadání vybrané oblasti jako R.O.I.
 - „Refresh last R.O.I.“- obnovené R.O.I.
 - „Select all“ – R.O.I bude tvořit celý blok.

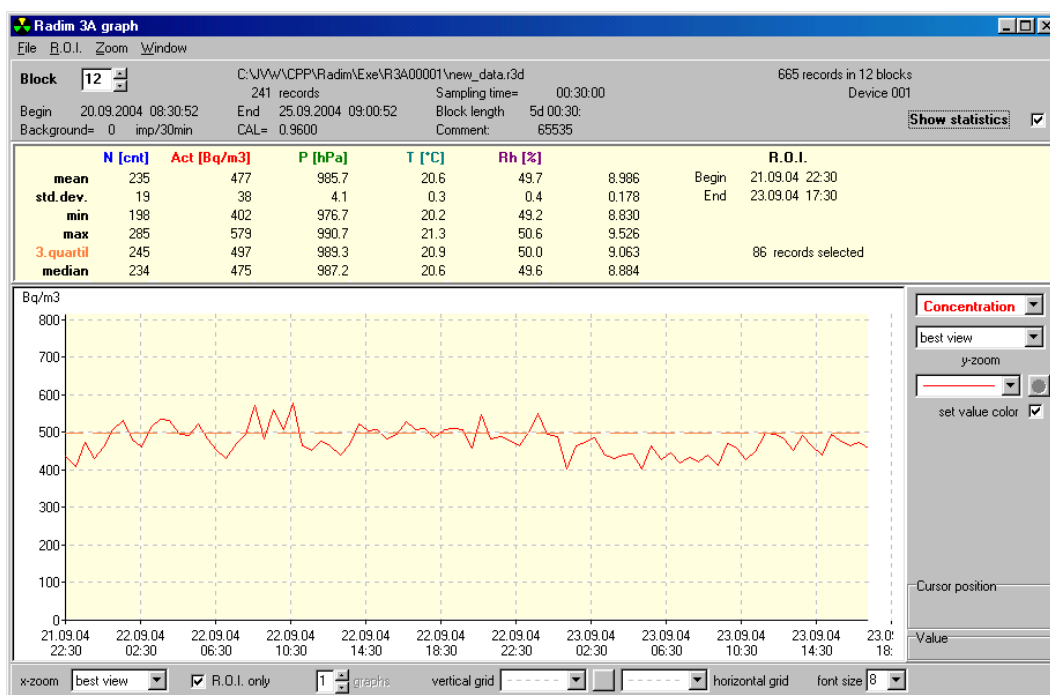
Okno se změní takto- viz Obr.8:

Obr.8- Graf vybraného bloku s R.O.I.



Jestliže se použije nabídka „Set as R.O.I.“ a zatrhne se okénko v pravém rohu nahoře“ Show statistics“ v okně se znázorní pouze graf vybrané části a výsledky statistického zpracování R.O.I- viz Obr.9

Obr.9- Graf R.O.I. a výsledky statistického zpracování R.O.I.



Zadání R.O.I. v tabulce dat vybraného bloku:

V Hlavním Menu klikněte na ikonu „Tabulka bloku“ - viz Obr.5 a stlačením levého tlačítka myši označte oblast zájmu. Poté stlačíte pravé tlačítko myši a z nabídky vyberte „Set as R.O.I.“ - v dolní části tabulky se objeví výsledky statistického zpracování R.O.I. - viz Obr.10

Obr.10-Tabulka dat s R.O.I.

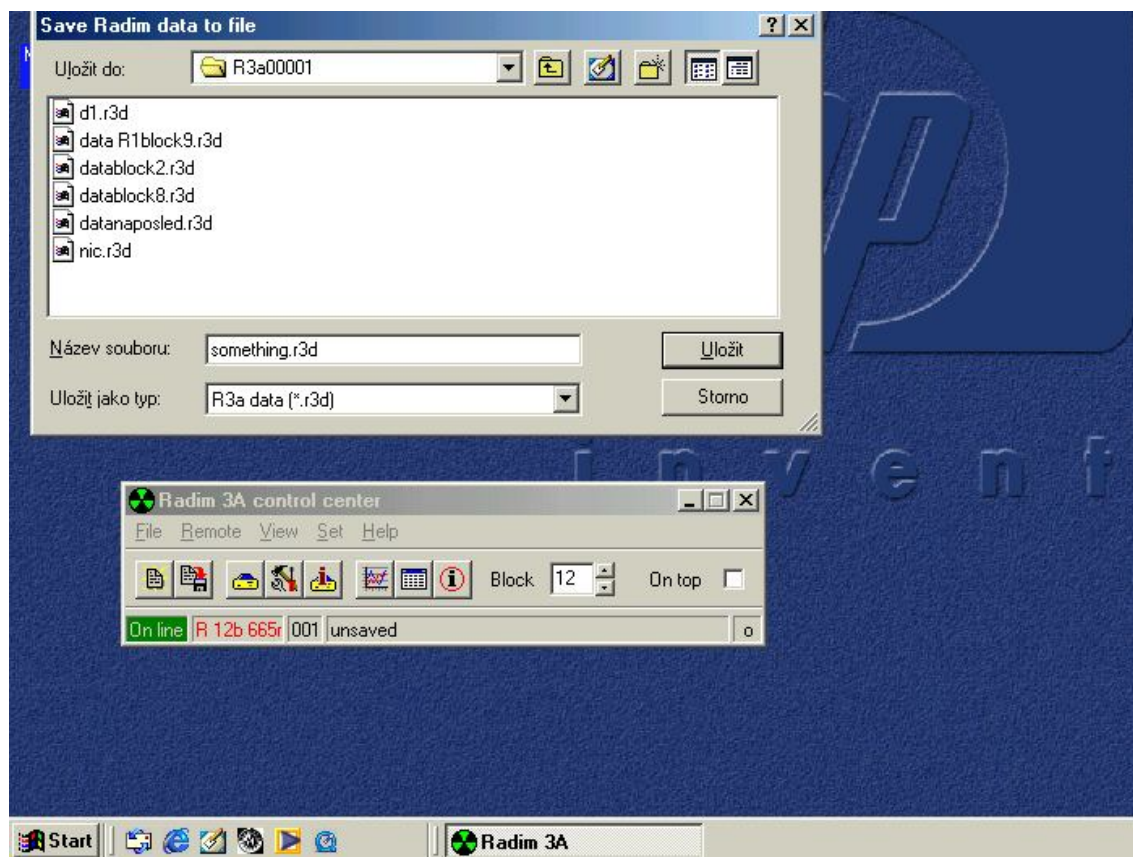
Radim 3A data table									
File R.O.I. Window									
Block	8	C:\VW\CPP\Radim\Exe\R3A00001\new_data.r3d				665 records in 12 blocks			
		47 records				Sample time= 00:30:00			
Begin	16.08.2004 09:53:31	End 17.08.2004 09:23:31				Block length= 23:30:			
Background=	0 cnt/30min	CAL= 0.9600				Comment: 65535			
Record	Date & time	Block time	N [cnt]	Conc.[Bq/m3]	P [hPa]	T [°C]	Rh [%]	Ah [g/m3]	
1	16.08.2004 09:53:31	00:00:	1158 ± 34	2377 ± 69	995.8	21.8	54.7	10.6	
2	16.08.2004 10:23:31	00:30:	13250 ± 115	27324 ± 236	995.7	21.8	58.3	11.3	
3	16.08.2004 10:53:31	01:00:	9536 ± 98	19719 ± 201	994.7	21.9	60.1	11.7	
4	16.08.2004 11:23:31	01:30:	3845 ± 62	7947 ± 127	994.7	22.0	59.4	11.7	
5	16.08.2004 11:53:31	02:00:	1983 ± 45	4102 ± 91	994.4	21.9	60.3	11.8	
6	16.08.2004 12:23:31	02:30:	1769 ± 42	3665 ± 86	994.0	21.7	62.3	12.0	
7	16.08.2004 12:53:31	03:00:	1799 ± 42	3729 ± 87	993.3	21.6	63.1	12.1	
8	16.08.2004 13:23:31	03:30:	1752 ± 42	3636 ± 86	992.9	21.6	64.0	12.3	
9	16.08.2004 13:53:31	04:00:	1802 ± 42	3742 ± 87	992.6	21.5	64.9	12.4	
10	16.08.2004 14:23:31	04:30:	1787 ± 42	3714 ± 87	992.5	21.5	65.6	12.5	
11	16.08.2004 14:53:31	05:00:	1884 ± 43	3917 ± 89	992.5	21.4	66.2	12.5	
12	16.08.2004 15:23:31	05:30:	1843 ± 43	3834 ± 88	992.1	21.4	66.7	12.6	
13	16.08.2004 15:53:31	06:00:	1872 ± 43	3898 ± 89	991.9	21.4	67.5	12.8	
R.O.I. statistics: 6 records selected Begin 16.08.2004 12:53:31 End 16.08.2004 15:53:31 Length 03:00:									
mean			1811	3762	992.7	21.5	65.1	12.4	
std.dev.			46	99	0.4	0.1	1.4	0.2	
min			1752	3636	992.1	21.4	63.1	12.1	
max			1884	3917	993.3	21.6	66.7	12.6	
3. quartil			1802	3742	992.6	21.5	65.6	12.5	
median			1799	3729	992.5	21.5	64.9	12.4	

9.2.1- Ukládání výsledků do PC:

V prvním kroku je užitečné určit adresář, kam budou výsledky ukládány. Pro toto použijte službu „File“ v Hlavním Menu- viz Obr.5 a pak službu „Data Root Directory“- malé okno Vám ukáže cestu jak bude soubor uložen- na příklad: C:\Vlach\Data.. V následujícím okně, znázorněném na Obr.11, můžete vidět dva sub- adresáře „R3A0001“ and R3A0002”.

Vysvětlení: každý vyrobený monitor má výrobní číslo, které je uloženo v paměti- na příklad R3A0001. Výsledky měření monitoru s tímto výrobním číslem jsou automaticky ukládány do příslušného sub-adresáře.

Obr.11- Ukládání výsledků do souboru

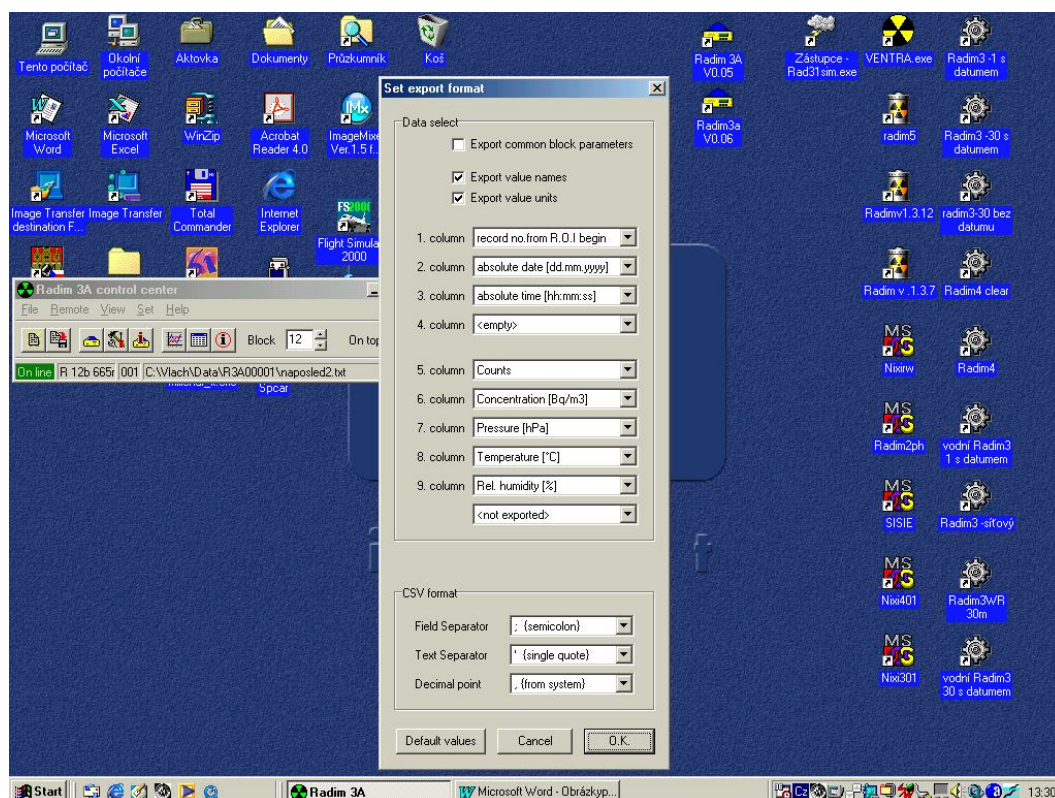


9.2.2- Export dat do Excel (Word nebo jiného textového souboru)

Doporučený postup:

1. V tabulce vybraného bloku vyznačte R.O.I.
2. Zvolte službu "Set" v Hlavním Menu a pak službu "Export format". Okno je znázorněno na Obr.12.
3. Nyní je možno vybrat co chceme exportovat (OAR, počet impulsů, atd.) a nastavit výstupní formát dat- viz Obr.12.
4. V Hlavním Menu se musí najít služba "File" a pak služba "Data Export".
5. Objeví se obdobné okno jako je znázorněno na Obr.11. a zde je možno zadat jméno souboru, ale je nutno soubor označit jako ".csv".
6. Při otevírání souboru v Excelu nebo Wordu je nutné znát cestu, kde je soubor uložen, na příklad: C:\Vlach\ Data\R3A0001 , v sub-adresáři R3A0001 najít ty soubory, které mají přílohu „csv“ a pak najít příslušný soubor.

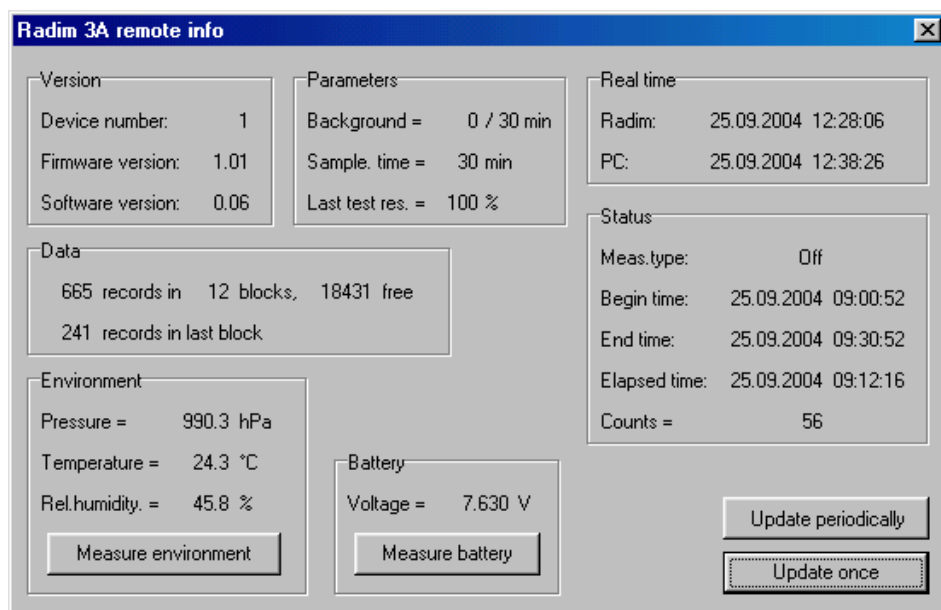
Ob.12-Zadání formátu pro export dat do textového souboru



9.3.0- Informace o parametrech monitoru.

V Hlavním Menu zvolte ikonu “Radim” s “i” a pak se objeví následující okno

Obr.13- Parametry monitoru



9.4.0- Dálkové ovládání.

V Hlavním Menu vyberte službu „Remote“ a pak „Control“ a pak se objeví následující okno

Obr.14- Dálkové ovládání monitoru Radim3A.

Sele

The screenshot shows the 'Radim 3A remote control' window for 'Device 001'. It contains several sections with controls and buttons:

- Background:** A numeric input set to '0' with a unit of '/ 30 min'. Buttons: 'Update from Radim', 'Write to Radim'.
- Sample time:** A numeric input set to '3' with a unit of 'x 10 min'. Buttons: 'Update from Radim', 'Write to Radim'.
- Real time:** Time and date inputs. Time: '12 : 28 : 25' (h m s). Date: '25 . 9 . 2004' (d m y). Buttons: 'Update from Radim', 'Update from PC', 'Write to Radim'.
- Data blocks:** Displays '665 records in 12 blocks'. Buttons: 'Erase all blocks', 'Erase last block'.
- Measurement:** Includes 'Radim status: Off', 'Elapsed time: 00:11:24', and '56 counts'. A dropdown menu for 'Measure mode' is set to 'Radon'. 'Last test result: 100 %'. An 'Action:' button labeled 'Meas. start' in green.

Callouts from the left side point to specific controls:

- 'Zadání pozadí' points to the Background input.
- 'Zadání měřicí doby jednoho rekordu' points to the Sample time input.
- 'Nastavení hodin' points to the Real time time input.
- 'Mazání bloku, celé paměti' points to the 'Erase all blocks' button.
- 'Zadání měřicího modu' points to the Measure mode dropdown.

Callouts from the bottom point to measurement data:

- 'Uplynulý čas' points to the 'Elapsed time' display.
- 'Počet impulsů' points to the 'counts' display.
- 'Start měření' points to the 'Meas. start' button.

Z Obr.14 je zřejmé co služba „Remote Control“ nabízí. Na příklad: jestliže chceme spustit Test v okně „Measured Mode“ nastavíme Test a test spustíme kliknutím na okno „ Meas. start“. Dobu od začátku měření lze sledovat v okně „elapsed time“ a počet impulsů pak v okně „counts“ . **Pozor:** po spuštění služby Test (Background, Radon) je zavedeno zpoždění 20s (elapsed time= 0) . Toto zpoždění je nezbytné z těch důvodů, že napětí pro analogová část se zapíná až po spuštění služby Test (Background, Radon)a klidové napěťové podmínky se stabilizují až po cca 15 s.