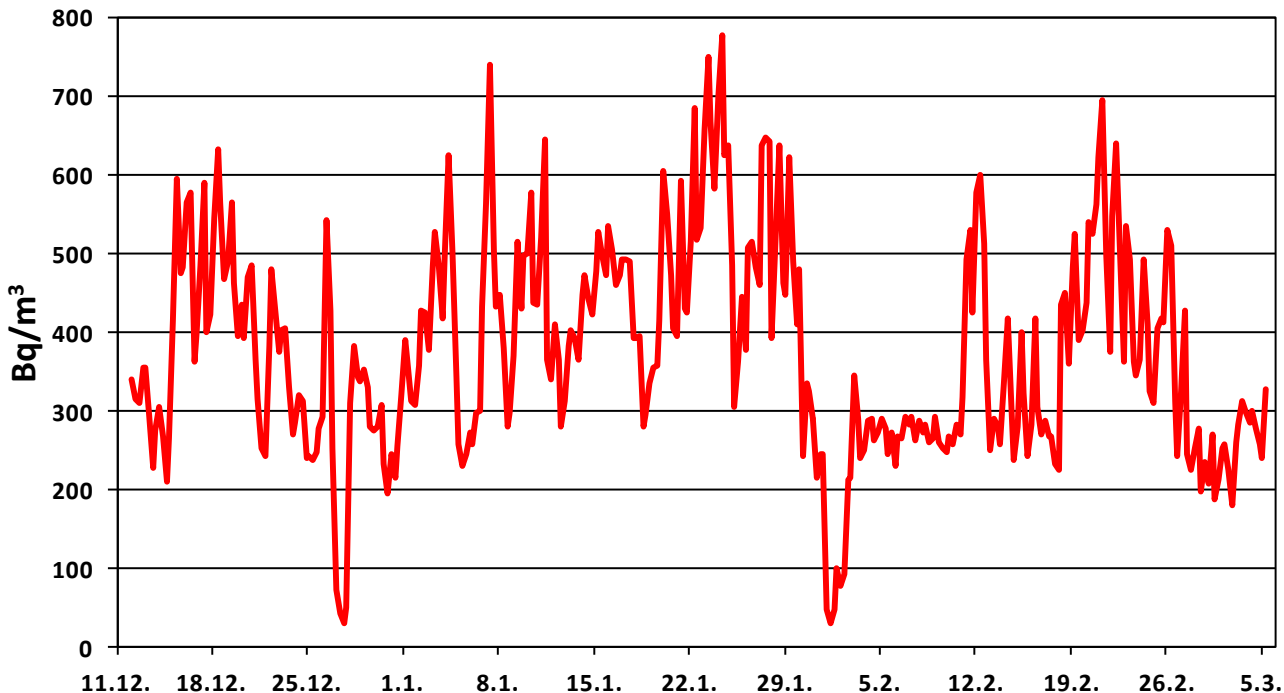


Radooni pidev ja pisteline mõõtmine

Tuukka Turtiainen
STUK

Põhimõte

- Pidev õhuproovide võtmine (passiivne/aktiivne mõõtmine)
- Radooni ja selle tütar nukliidide kiirguse pidev mõõtmine
- Integreeritud mõõtetulemuste vahemik tavaliselt 10-60 minutit
- Mõõtmistulemused on kiiresti kättesaadavad ning neid saab salvestada
- Võimaldab avastada radooni kontsentratsiooni ajalisi muutusi



Kasutusnäiteid

- Ioonkambrid
 - nt Saphymo Alpha Guard
- stsintillatsioonloendurid
 - nt Pylon AB6A
- Pooljuhid
 - nt Sarad RTM 1688-2



Allikas: saphymo.com



Allikas: sarad.de



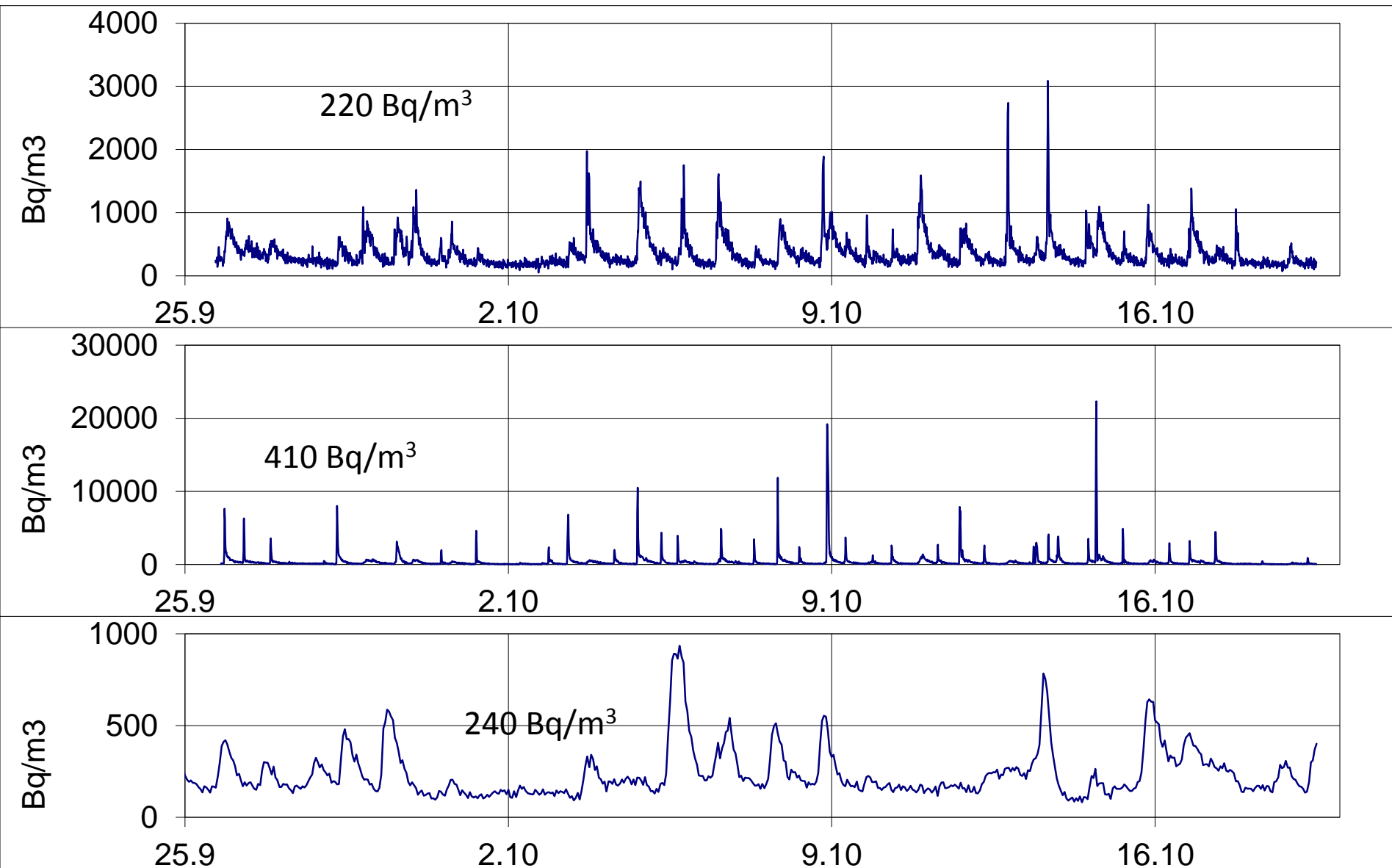
Allikas: pylonelectronics.com

Pidev mõõtmine

Pidev mõõtmine annab teavet siseõhu radoonisisalduse kohta kindlatel aegadel. See on kasulik nt järgmistel juhtudel:

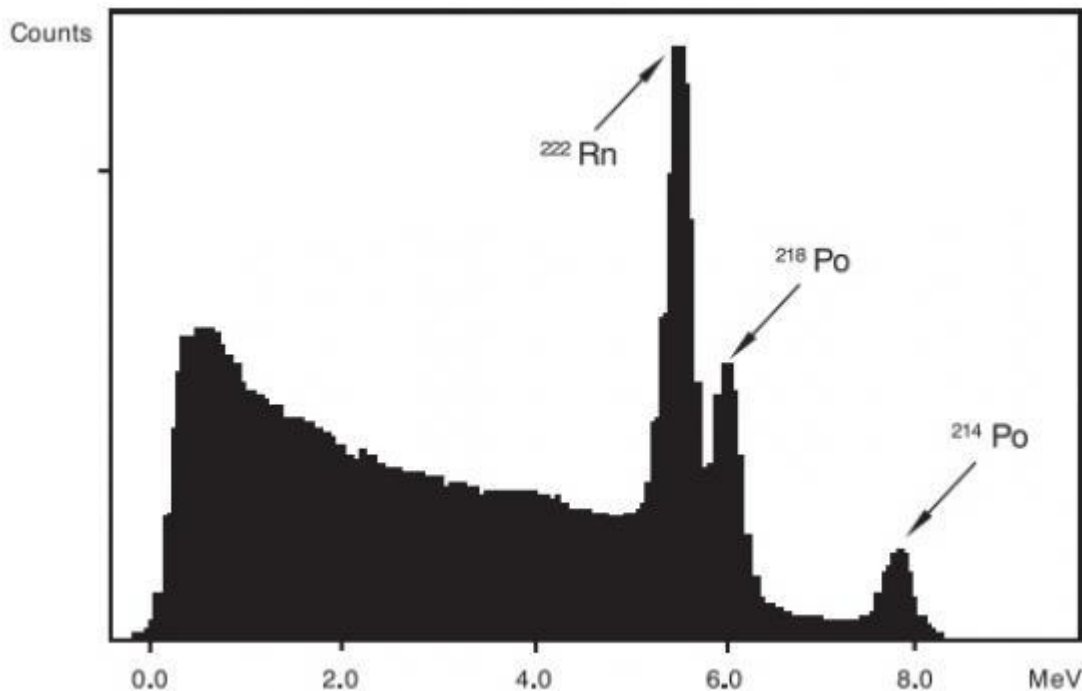
- Töökohad, kus radooniga kokkupuude toimub ainult teatud kellaaegadel
- Parandusmeetmete uurimine:
 - Ventilatsiooni tõmbekiiruse/ajastuse mõju
 - Ehitisealuse pinnase rõhutustamise (SSD) mõju
 - Puurkaevu mahajätmise mõju
- Uurimisprojektid ja põhjalikud uuringud
- Paremad monitorid mõõdavad ja registreerivad ka temperatuuri, atmosfäärirõhku, suhtelist õhuniiskust, saadud doosi suurust ja mõõteperioodi jooksul toimunud muutusi

Juhtumianalüüs



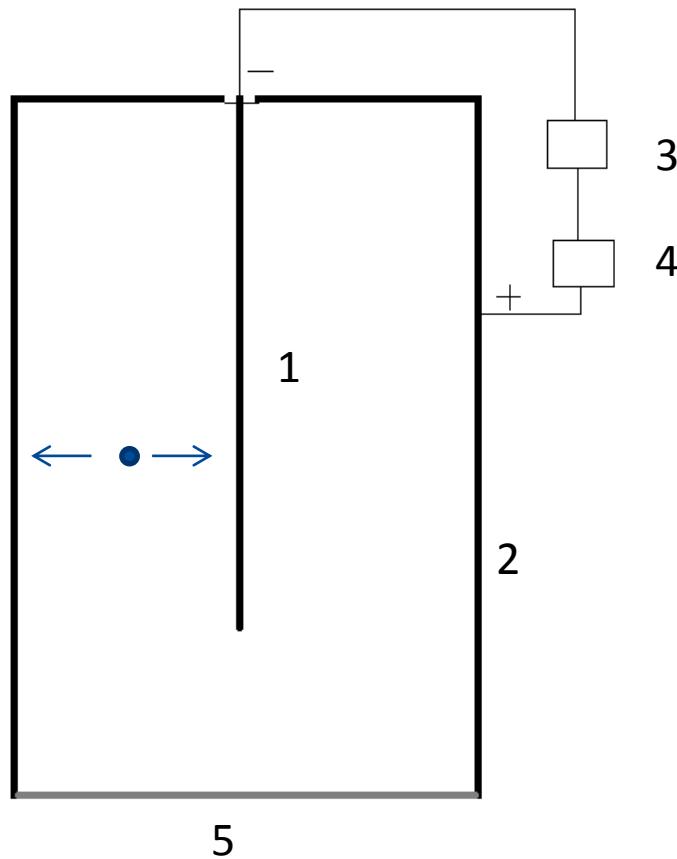
Ioonekamber

- Gaasiga täidetud kamber, mis loendab kiirguse poolt tekitatud ioonlaenguid
- Ioonekambri ei kasutata multiplikatsiooni ja informatsiooni saab joonistada spektrile (impulss-tüüpi kamber)



Allikas: <http://www.gammadata.se>

Põhimõte



1. Katood
2. Anood
3. Alalispingeallikas
4. Ampermeeter
5. Membraan (filter)

Ioniseerimise käigus tekivad ionipaarid ($5,5 \text{ MeV} \rightarrow 160\,000$ paari). Mida suurem on energia, seda rohkem ionipaare moodustub ning seda kõrgem vool genereeritakse

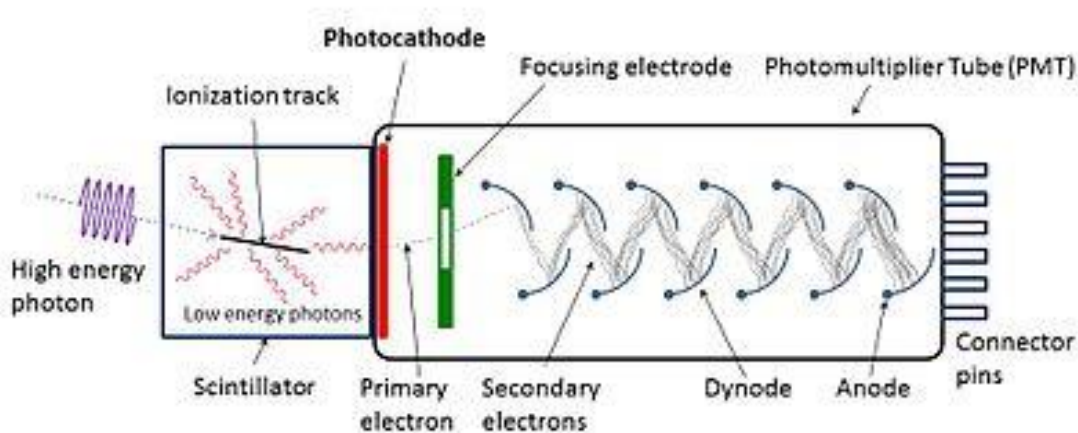
Gammakiirguse vähendamine kompensatsioonikambris

Impulss-ionkambri iseloomustused

- Hea loendustõhusus (4π)
- Spektraalne informatsioon (reageerib muutustele, Po-214 eraldi)
- Lineaarne reageerimine
- Saab kasutada passiivse proovivõtmise režiimis (difusioon läbi membraani) või aktiivses režiimis (pumbates kambrisse õhku)
- Kui esineb torooni, siis saab spektriandmeid kasutada radooni/torooni kontsentratsiooni eraldamiseks
- Kõrge õhuniiskus võib mõõtmist häirida (kuivatage õhuga membraan või tasakaalustage selle mõju)

Stsintillatsioonikambrid

- Kiirgusosake tabab stsintillatsiooniseadme spetsiaalset siseseina
- Kokkupõrkel tekib nähtav valgussähvatus
- Valgus muudetakse elektrivooluks

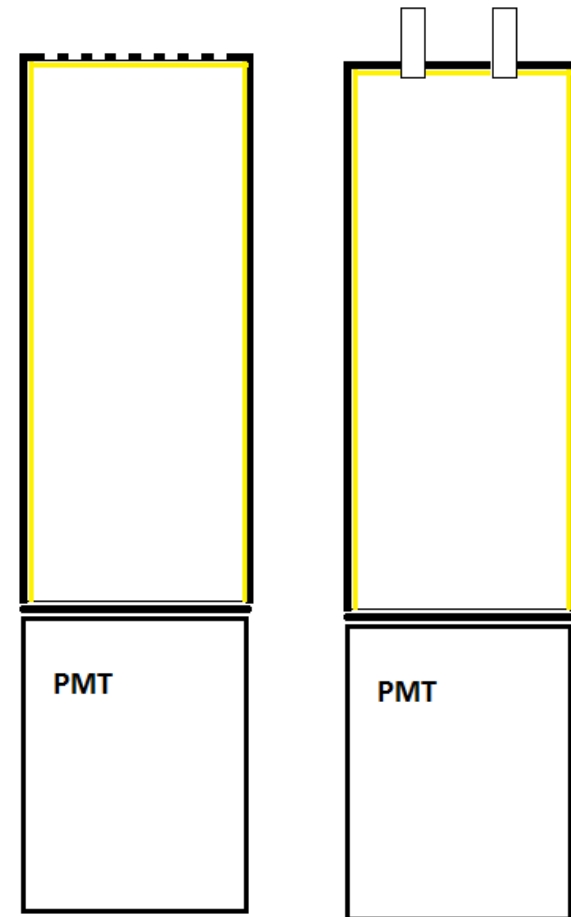


Allikas:
Wikipedia

PMT

Lucase elemendid

- Lucase elemendid on seestpoolt kaetud materjalikihi (ZnS (Ag)), mida alfakiired ergastavad
- Fotokatoodi ja PMT vastas on klaasaken
- Gaasiline radoon juhitakse Lucase elementi kas difusiooni teel (passiivne proovivõtt) või pumbates (aktiivne proovivõtt)
- Lucase elemendi stsintillatsioonloendurid registreerivad impulsside arvu
- Tavaliselt 0,15-2,5 mahuliitrit

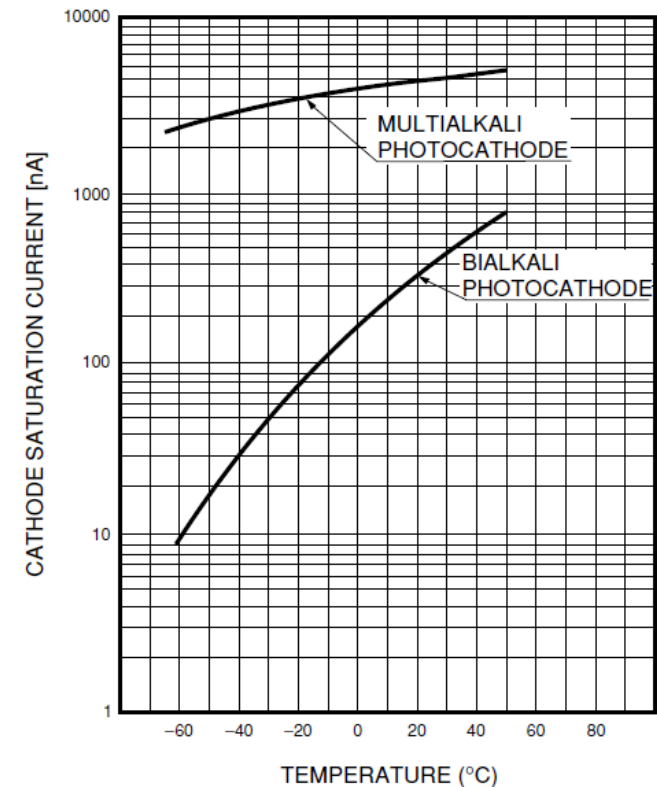
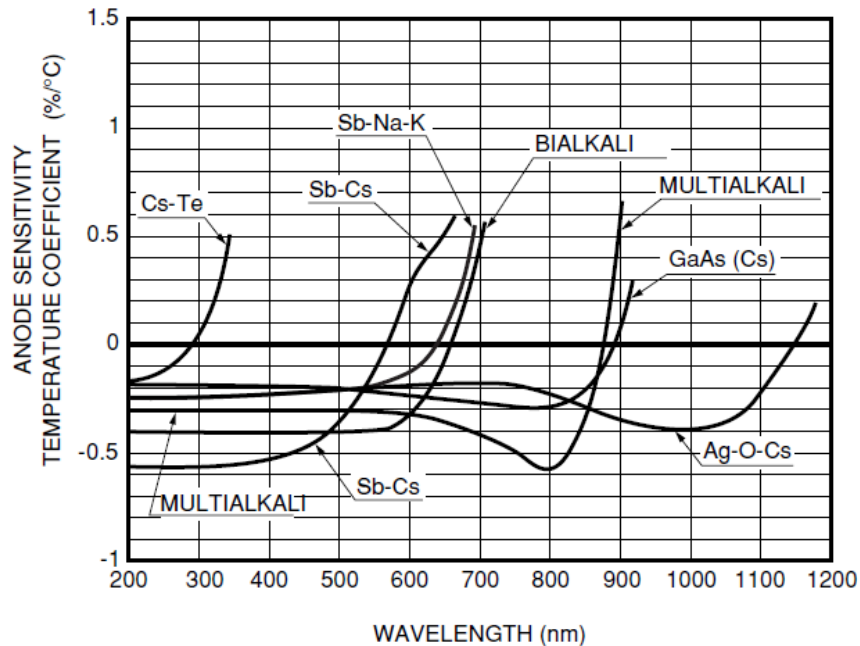


Pylon AB-5



Lucase elemendi/PMT omadused

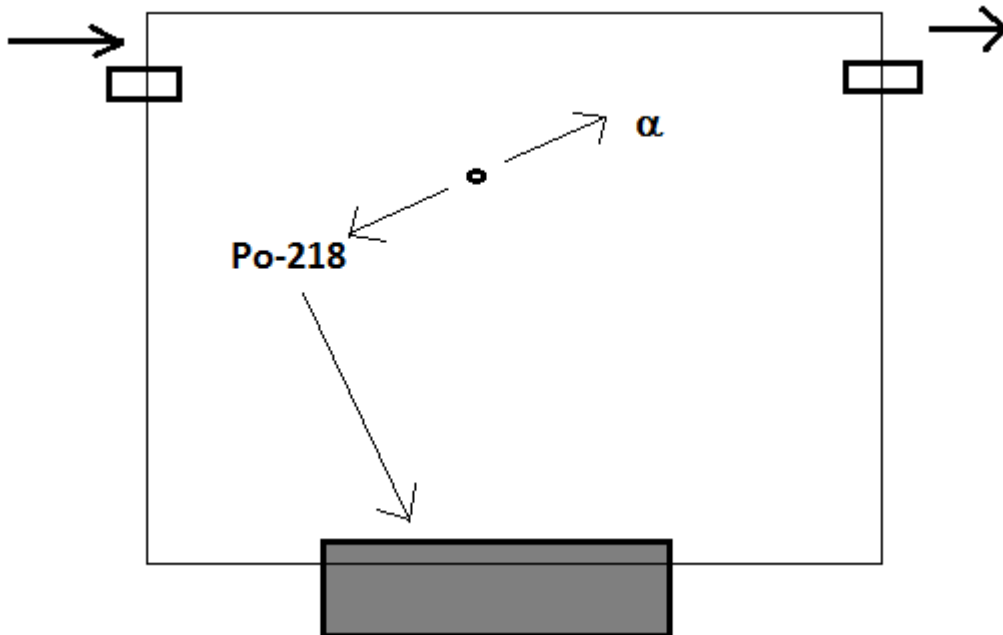
- Hea geomeetiline efektiivsus
- Väga lihtne kalibreerida
- Saab kasutada aktiivses/passiivses režiimis
- Sobib proovivõtmisega (pisteline mõõtmine)
- Meetod on temperatuuritundlik



Allikas: Hamamatsu PMT alused ja rakendamine, 3. väljaanne.

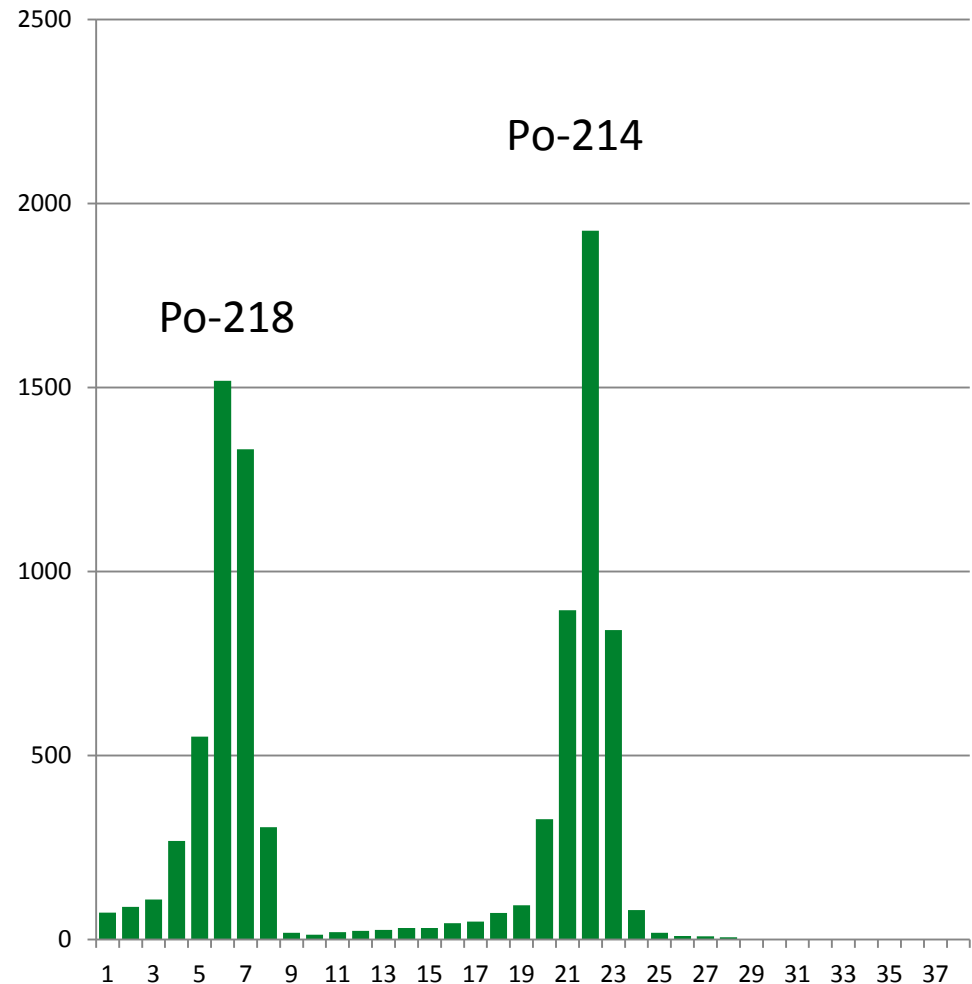
Pooljuhid

- Töötades pideva mõõtmise režiimis kasutavad nad tavaliselt aktiivset proovivõtmist, kas pidevat või intervall-pumpamist
 1. Kambrisse juhitakse teatud õhukogus
 2. Kui radoon laguneb, siis omandab Po-218 positiivse laengu ja kogutakse elektrivälja poolt pooljuhile
 3. Mõõtmistulemus registreeritakse salvestisse



Pooljuhid

- Mitmikkanal-analüsaator võib tekitada spektri
- Alfasppektril on hea resolutsioon ja võimalikku torooni interferentsi saab tuvastada/mõõta
- Tänapäeval on pooljuhid odavad ja see vähendab mõõteseadme hinda



Pooljuhtide omadused

- Tundlikkus on väiksem võrreldes ioniseerimiskambriga ja Lucase elementidega (väiksem kamber, 2π geomeetria)
- Kui kasutatakse ainult Po-218, võib see reageerida kiiresti radoonisisalduse muutumisele



Ühisomadused

- Kui kasutatakse aktiivset proovivõttu, siis on oluline filtreerida sissetulevat õhku piisavalt madala rõhugradiendiga
- Tulemust võib mõjutada õhu pumpamiskiirus ning seetõttu peab ka pumpa regulaarselt kalibreerima/kontrollima.
- Kui spektrit ei fikseerita, siis võib toroon häirida aktiivsel pumpamisel mõõtetulemusi
- Kallimad seadmed: kuhu neid paigaldada?

Pidevmõõteseadme kalibreerimine

- Kui monitoril on mitu töörežiimi (10 minuti/60 minuti intervall, intervalliga pumpamisrežiim, erinev pumpamiskiirus, jne), tuleb need kõik tavaliselt kalibreerida
- Üldiselt teostatakse kalibreerimine STARiga võrreldes sekundaarse standardi alusel
- Nullkontsentratsioon
- Viitetaseme lähedane kontsentratsioon (300 Bq/m³)
- Kõrge kontsentratsioon (3000 Bq/m³)

Mitte kõik vahendid ei ole täpselt kalibreeritud, kui nad tehasesst saavad. 2015. aasta detsembril toodi mulle kalibreerimise kontrollimiseks uhiuus (ja kallis) pooljuht. Kalibreerimisfaktor oli +30% vale (ja kõrgem kui süsteemi teoreetiline maksimum).

Pistelised mõõtmised

- Proovivõtmine pumbaga
 - Mõõtmine kas kohapeal või hiljem laboris
 - Proove saab võtta paljude pideva mõõtmise monitoridega
-
- Kasutatakse, kui teisi meetodeid ei ole võimalik kasutada (nt maa-alune ehitus)
 - Mõõtmine kas kohapeal või hiljem laboris
 - Proove saab võtta paljude pideva mõõtmise monitoridega
 - Radooni sisseimbumiskoha otsimine ehitusplatsil
 - Tähelepanu! Oluline on võtta piisavalt proove