



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare:

Hans Möre
Kirlna Skeppström

2011:01

Bestämning av kontamination med radium-226
i radonkalibreringsanläggningen i Malå
Beslutsunderlag inför sanering och avveckling av anläggningen

Titel: Bestämning av kontamination med radium-226 i radonkalibreringsanläggningen i Malå-Beslutsunderlag inför sanering och avveckling av anläggningen.

Rapportnummer: 2011:01

Författare: Hans Möre och Kirlna Skeppström

Datum: januari 2011

Denna rapport är en del av svaret på GD-uppdraget: Sanering och avveckling av radonkalibreringsanläggningen i Malå.

Sammanfattning

Radonkalibreringsanläggningen i Malå är kontaminerad med radium-226 (^{226}Ra) som har läckt ut från de ursprungliga källorna. Saneringsåtgärder utfördes 1988, men aktivitet uppskattas finnas kvar på insidan av rörsystemet och på golvet i rummet. Eftersom anläggningen ska avvecklas är det viktigt att bestämma aktivitet i rörsystemet och på golvet för att kunna avgöra vad som kan friklassas och vad som måste saneras.

Syftet med mätuppdraget var att uppskatta ^{226}Ra -kontaminationen i rörsystemet och på golvet för att verifiera de uppskattningar av kontaminationen som gjordes av Tovedal efter saneringen 1988. För att uppskatta ^{226}Ra -aktiviteten i rörsystemet mättes tillväxten av radonhalten i den slutna anläggningen genom momentan provtagning med Lucasceller. Kontinuerlig provtagning och mätning av radontillväxten gjordes också med en Atmos 12, som ett extra mätsystem.

Avsökning av eventuell ^{226}Ra -kontamination på golvet i hela rummet gjordes med hjälp av en gammamätare och en alfaprob, som mätte alfastrålning. ^{226}Ra -kontaminationen på insidan av rörsystemet i anläggningen uppskattas ligga mellan 80 – 90 kBq ^{226}Ra med en mätosäkerhet runt 9 % (1 SD), ett värde som rimligt överensstämmer med den uppskattning som Tovedal gjorde år 1988 (120 kBq ^{226}Ra). Alfamätningar på golvet visade att golvet är kontaminerat, men att aktiviteten är ojämnt fördelad över ytan.

Alfaaktiviteten, som uppträder fläckvis på golvet, uppskattas understiga 2 kBq/m² för ^{226}Ra , ett värde som är långt under friklassningsgränsen på 10 kBq/m² för ^{226}Ra . Mätningar och beräkningar av aktiviteten i rörsystemet och på golvet är baserade på ett antal antaganden (varav en av de mer betydelsefulla är emanationsfaktorn för radongas) som i sin tur leder till osäkerheter i aktivitetsuppskattningarna.

Mätresultaten från mätuppdraget bedöms, oavsett osäkerheter, som ett bra underlag för beslut om saneringen av radonkalibreringsanläggningen i Malå.

Innehåll

1. Inledning	1
2. Metodik	1
2.1. Aktivitet i rörsystemet	1
2.2. Aktivitet på golvet	3
2.3. Lös aktivitet i rummet	4
3. Resultat	4
3.1. Momentan mätning av radon med Lucasceller	4
3.2. Punktmätningar av alfaaktivitet och gammamätningar på golvet	5
3.2.1. Alfamätning	5
3.2.2. Gammamätning	7
3.3. Lös aktivitet i rummet	9
4. Diskussion	9
4.1. Bestämning av ^{226}Ra i rörsystemet	9
4.1.1. Osäkerheter	9
4.1.2. Jämförelse med tidigare angiven ^{226}Ra -källterm i rörsystemet	10
4.1.3. Slutsats för ^{226}Ra -källterm i rörsystemet	10
4.1.4. Slutsats enligt mätuppdraget	10
4.2. Bestämning av ^{226}Ra -kontamination på golvet	11
4.2.1. Osäkerheter	11
4.2.2. Jämförelse med tidigare angiven ^{226}Ra -källterm på golvet	12
4.2.3. Slutsats för ^{226}Ra -källterm på golvet	12
4.2.4. Slutsats enligt mätuppdraget	12
4.3. Lös aktivitet i rummet	13
5. Tack	13
6. Referenser	13

1. Inledning

Radonkalibreringsanläggningen i Malå används inte längre och ska avvecklas. Anläggningen består av ett slutet ringformat rörsystem på två m³, med kringutrustning samt rummet där de är placerade. Problemet är att rörsystemet och rummet där det är placerat har kontaminerats då ²²⁶Ra läckte ut från källorna. De ursprungliga radiumkällorna har avlägsnats och sanering har skett av rörsystem och golv i rummet år 1988, se vidare Tovedal 88. Därefter återupptogs verksamheten och en hydrofor fylld med uranmalm användes som radonkälla.

En mätgrupp bildades vid SSM i juni 2010 med uppdraget att verifiera de uppskattningar som Tovedal lämnade om kvarvarande ²²⁶Ra-källtermer i rörsystemet och på golvet i rummet efter saneringen.

Mätgruppen bestod av Hans Möre, mätledare och Kirlna Skeppström.

Provtagningar och mätningarna genomfördes i Malå den 29 och 30 juni 2010. John-Christer Lindhé deltog främst för att dokumentera för upphandlingen, men bidrog också till provtagningarna med goda idéer, särskilt med praktiska vattenströmningsförsök på golvet, samt med alla fotografier.

2. Metodik

Uppskattningarna av ²²⁶Ra-källtermerna gjordes på olika sätt för aktivitet i rörsystemet, aktivitet på golvet och lös aktivitet i rummet.

2.1. Aktivitet i rörsystemet

Radiumaktiviteten är enligt Tovedal ojämnt fördelad i de stålrör, som utgör huvuddelen av rörsystemet. Tovedal bedömde att aktiviteten huvudsakligen fanns på botten av rören.

Metoden för att uppskatta ²²⁶Ra-aktiviteten i rörsystemet bygger på mätning av tillväxten av radonhalten i det slutna rörsystemet efter det att hela rörsystemet luftats ut på all radon meddelst radonfri luft.

Genom en förnämlig insats av personalen på Malå Geoscience AB utfördes urluftningen med en rökgasfläkt från räddningstjänsten. Frånluften leddes med ett plaströr till utomhusluften via en balkong. Tilluften togs via en elventil som var ansluten till utomhusluften via en slang till taket. Denna luftning hade pågått sedan kvällen innan mätningarna påbörjades.

Alla ventiler till rörsystemet stängdes kl 14:43 den 29 juni, detta betecknas som $t = 0$ i det följande, dvs. den tidpunkt då radontillväxten började.

Den stora cirkulationsfläkten i rörsystemet fungerade inte, istället ordnade personalen med en liten bordsfläkt som placerades i utrymmet för kalibreringsinstrumenten. En fläkt är nödvändig då rörsystemet har stor utsträckning och

radondiffusionen inte är tillräcklig för att få samma radonhalt i hela rörsystemet. Om denna lilla bordsfläkt var tillräcklig för att homogenisera luften i rörsystemet är svårt att bedöma, det är en av alla osäkerhetsfaktorer vid bestämningen av aktiviteten i rörsystemet.

Radontillväxten mättes på två sätt dels genom momentan provtagning med scintillationsceller (Lucasceller), dels med kontinuerlig provtagning med en Atmos 12 innesluten i rörsystemet.

Provtagning med Lucasceller skedde genom att en slang anslöts vid de provtagningsrör som finns vid Tritoninstrumentets position, se figur 1. Uppställningen var: provtagningsrör, slang, filter, inkopplingsnipplar för Lucascellen, pump samt återföring av luften till röret för återluft. Vid provtagningen anslöts Lucasflaskan och all provtagningsluft gick genom cellen under cirka 5 minuter för att uppnå rätt halt i cellen.

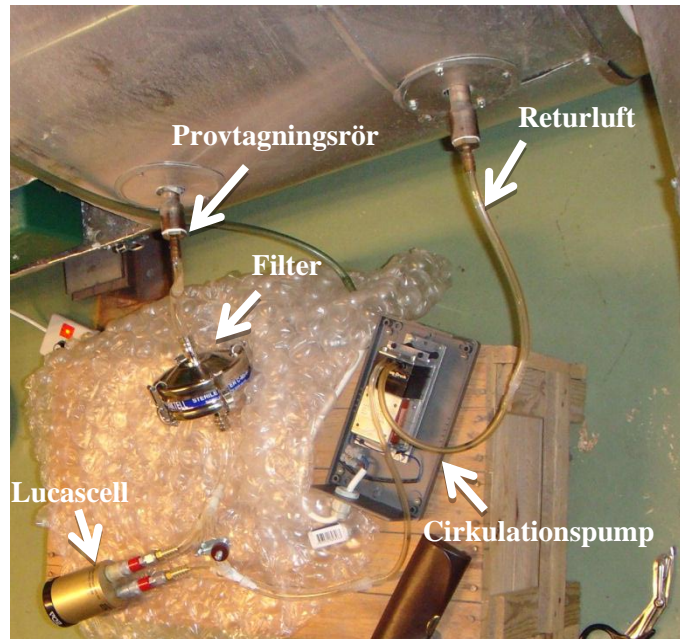
Fördelen med provtagning av luften i rörsystemet är att momentanprover kan tas där halten kan bestämmas och refereras till en tämligen välbestämd tidpunkt. Cellens volym är 0,16 liter och cirkulationspumpen omsatte cirka 3 liter i minuten och inkopplingen varade 5 minuter. Luften i cellen har då omsatts cirka 90 gånger.

Provtagning och mätning med Atmos12 var menat som en back-upp, om Lucascellmätningarna skulle falla. Nackdelen med kontinuerlig mätning av radon i Atmos är att dynamiska förlopp inte kan bestämmas utan stora fel. Var tionde minut anges medelhalten av Atmos. Då jämvikt uppnås först efter 3-4 timmar blir det avlästa värdet fel när radonhalten inte är stabil. Korrekationer kan göras, men det kräver en matematisk behandling som inte är så svår, men parametrarna måste bestämmas för just detta instrument.

Metoden med momentan provtagning med Lucascellerna är huvudalternativet för bestämning av ^{226}Ra -källan.

Metoden för uppskattning av ^{226}Ra -källtermen baserar sig på att förstaderivatan vid $t = 0$ för radontillväxtkurvan är oberoende av läckaget i systemet, detta utvecklas vidare i referensen SSI 81. Källtermen beräknas utifrån den omständigheten att:

$\lim_{t \rightarrow 0} C(t)/t = Q/V$, där Q är radonproduktionsraten (Bq/h) och V är volymen i rörsystemet (2 m^3). Metoden bygger på att man tar prov tidigt i tillväxtkurvan, där dock radonhalten kan vara låg. Låga radonhalter kan bestämmas noggrannare med momentanprovtagning med Lucasceller än vid kontinuerlig radonmätning.



Figur 1. Momentan luftprovtagning med Lucascell i rörsystemet vid radonkalibreringsanläggningen i Malå

2.2. Aktivitet på golvet

Enligt Tovedal fanns alfaaktivitet fläckvis på golvet före deras sanering och efter denna bedömde han att ^{226}Ra -aktiviteten var lägre än 1 kBq/m^2 .

Tovedal hade mätt ^{226}Ra -aktivitet på en punkt vid avfuktaren före saneringen och funnit några enstaka fläckar till på det inre golvet. Efter saneringen gav han inga detaljuppgifter om placering och aktivitet, bara att aktiviteten var mindre än $0,1 \text{ Bq/cm}^2$, med några enstaka fläckar med $0,1$ till 1 Bq/cm^2 .

Vi bedömde ^{226}Ra -aktiviteten på golvet genom mätning av alfastrålning, samt på mätning med gammamätare.

Vi använde en Canberra Radiagem 2000 och en Mini monitor series 900 för att mäta alfastrålning. Canberra Radiagem 2000 med alfaproben SAB 100, med en mätarea på 100 cm^2 och med ställbar integrationstid, mätte enbart alfastrålning. Mini monitor series 900 med alfaproben AP2R/4, med en mätarea på 49 cm^2 och integrationstiden 1 sekund, mätte både alfa- och betastrålning samtidigt. Mätarna var inte kalibrerade med radium, så beräkningar har gjorts för att omvandla utslagen till ^{226}Ra -aktivitet under antagande av jämvikt mellan nukliderna i ^{226}Ra -sönderfallskedjan och verkningsgraden för alfadetektion.

Mini monitor series 900 var kalibrerad på SSM med en plutoniumkälla (^{239}Pu) på en platta, $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Eftersom alfaenergierna för ^{226}Ra ($4,871 \text{ MeV}$) och ^{239}Pu ($5,245 \text{ MeV}$) är ganska lika antar vi i detta sammanhang att verkningsgraden är densamma. Aktiviteten var 766 Bq (2007-07-11) och emissionsraten i 2π geometri var 364 s^{-1} (2007-07-11). Verkningsgraden för detektorn var

16 % och kalibreringsfaktorn för Mini monitor series 900 blev $12,77 \text{ Bq/cps} \pm 1,3 \% 1 \text{ SD}$.

Canberra Radiagem 2000 är inte kalibrerad för ^{226}Ra , en uppskattning av komponenterna i kalibreringsfaktorn redovisas i avsnitt 4.2.1.

Gammamätarna var en Exploranium GR130 som ställdes på 20 sekunders integrationstid och en Scintrex BGS-4 med 1 sekunds integrationstid. Den senare var tänkt att användas för avsökning av hela rummet med möjlighet att använda ljudlarm, men det visade sig att den inte gick att använda då kontaminationsnivån var för låg på golvet.

Kalibrering av GR 130 gjordes på SSM med $321 \text{ Bq } ^{226}\text{Ra}$ (för ca. 30 år sedan) på ett filter inneslutet i plexiglas med cirka 3 cm diameter som mättes dikt an till mätaren. Kalibreringsfaktorn blev $11 \text{ Bq/nSv/h} \pm 2 \% 1 \text{ SD}$ och 20 sekunders integrationstid ($15 \text{ Bq/nSv/h} \pm 2 \% 1 \text{ SD}$, om källan har diametern 10 cm). Mätosäkerheten har härletts från räknestatistiken, men i den totala mätosäkerheten ingår fler komponenter, som inte uppskattats här.

Förutsättningen för uppskattning av ^{226}Ra genom mätning med gammamätare är jämvikt mellan ^{226}Ra , radon och de gammastrålande radonsönderfallsprodukterna. Gammabakgrunden måste också vara konstant i de olika mätpunkterna, dvs. att aktiviteten i byggnadsmaterialet i sig inte varierar.

2.3. Lös aktivitet i rummet

Anläggningen och det rum den står i har inte varit i bruk på många år och inte städats. Lars Mikaelsson hade vänligheten att våtstäda golvet före vi kom och vattnet sögs upp med en våtdammsugare, med vattenavskiljare. Det vatten som sögs upp från golvet samlades i ett kärl, som vi tog prov på för mätning av radionukliderna. Vattnet var tydligt smutsigt. Det fanns damm på rörsystemet, dammet provtogs genom att samla upp det med ett hushållspapper. Den lösa aktiviteten kan vara av dammkaraktär eller vattenlöslig aktivitet på golvet.

Lars Mikaelsson berättade att det nog hade dammat en del när hydroforen fylldes med uranmalm.

3. Resultat

3.1. Momentan mätning av radon med Lucasceller

I tabell 1 visas mätt radonhalt vid olika provtagningstider samt beräknad radonproduktionsrat vid dessa provtagningstider. Momentan provtagning utfördes med Lucasceller. Fram till tiden $t = 0$ vädrades rörsystemet med utomhusluft. Radonproduktionsraten beräknas enligt ekvation i avsnitt 3.1.

Tabell 1. Mätta radonhalter vid olika tidpunkter ges i tabellen och beräknade radonproduktionsrater mellan tidpunkterna t_{n-1} till t_n , starttidpunkten $t = 0$ var kl 14:43 2010-06-29

Tidpunkt (timmar)	Mätt radonhalt (Bq/m ³)	Mätosäkerhet 1 SD (%)	Beräknad radonproduktionsrat (Bq/h)	Mätosäkerhet 1 SD (%)
0	32,9	9,7		
0,15	42,0	8,5	121	53
1,3	197	6,1	274	8,1
5,0	589	5,5	211	8,8
14,5	1752	5,5	244	8,7

En viss aktivitet A (Bq) av ²²⁶Ra producerar per tidsenhet $A \cdot \lambda^1$ radon (Bq/h). Hur stor del av radonet som lämnar radiumet benäms emanationskoefficienten. Värdet av denna parameter bedömer vi vara den största osäkerheten i denna metod, som beräknar radiumaktivitet utifrån radonhalt i luften. Tovedal mätte emanationskoefficienten till 40 % för en stålplåt, som behandlats på samma sätt som de gjorde när de sanerade rörsystemet. På ett annat ställe i samma rapport visar alfaspektrometrisk mätning på en delyta inne i rörsystemet att det är jämvikt mellan radium och radondötrar, dvs. emanationsfaktorn = 0, Tovedal 88. Annars skulle en första ansats, utan föregående kunskaper, vara 50 % för aktivitet som sitter på en yta. I tabell 2 visas beräknade källtermer för ²²⁶Ra om 100 eller 40 % emanation för radonet antas. Vi antar 40 % emanation för att bestämma källtermen.

Tabell 2. Beräknad källaktivitet av ²²⁶Ra vid 100 % och 40 % emanation, den senare används vid bestämning av källtermen.

Tidpunkt (timmar)	Rnproduktionsrat (Bq/h)	²²⁶ Ra-aktivitet (kBq)	
		100 % emanation	40 % emanation
0			
0,15			
1,3	274	36	91
5,0	211	28	70
14,5	244	32	80

3.2. Punktmätningar av alfaaktivitet och gammamätningar på golvet

3.2.1. Alfamätning

Alfamätning gjordes dels genom att i jämnt fördelade fixpunkter på golvet mäta alfaaktiviteten och på samma ställen mäta gammannivån med GR 130, dels genom att följa ett intressant område med förhöjd aktivitet.

¹ Sönderfallskonstanten för ²²²Rn = $\ln(2)/T_{1/2}$, där $T_{1/2} = 3,824$ dagar

Alfamätning av fixpunkter

En mer systematisk mätning av alfaaktiviteten genomfördes på golvet med hjälp av Mini monitor series 900. Instrumentet mätte både alfa- och betastrålning. Mätningarna gjordes längs rörsystemet samt i utrymmet som omgärdades av rörsystemet. Alfaaktiviteten och gammanivån mättes vid samma punkter för cirka 100 mätpunkter. Avståndet mellan mätpunkterna varierar, med det kortaste avståndet (10 cm) i områden med förhöjd aktivitet.

Då alfaaktiviteten låg under mätgränsen i de flesta mätpunkterna för de två alfamätande instrumenten användes i huvudsak Mini monitor series 900, eftersom den även avgav en ljudpuls för varje detekterad alfapartikel. Ljudpulserna räknades manuellt under 60 sekunder. Radiagem 2000 användes enbart för att mäta alfa där ytaktiviteten var som högst, se nästa avsnitt.

I tabell 3 visas mätta minimum- och maximumvärden för ytaktivitet av alfa, vid mätpunkterna på golvet och den räknestatistiska mätosäkerheten vid en standardavvikelse. Om man antar jämviktsförhållande mellan ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po och ^{214}Po varierar aktiviteten för ^{226}Ra mellan 0 och cirka 16 Bq/100 cm². Mätvärdena har normerats till 100 cm² från 49 cm². De högsta mätvärdena ligger i området omgärdat av arean AXYD i figur 2.

Tabell 3. Min. och max. ^{226}Ra -ytaktivitet, med mätosäkerhet, på golvet innanför rörsystemet, Bq/100 cm². Mätpunkterna ligger på mätlinjer enligt figur 2.

Mätlinjer relativt rörsystemet	Uppskattad ^{226}Ra -aktivitet (Bq/100 cm ²)- Min	Mätosäkerhet 1 SD (%)	Uppskattad ^{226}Ra -aktivitet (Bq/100 cm ²)- Max	Mätosäkerhet 1 SD (%)
AB	0,7	42	9,6	11
AD	1,5	27	4,5	16
DC	0,3	60	13,9	9
BC	0,3	60	5,5	14
XY	8,5	11	16,1	8
EF	1,5	27	13,7	9

En kontrollmätning gjordes med båda alfamätinstrumenten vid en punkt längs sträckan DC. Med Radiagem 2000 uppskattades ^{226}Ra -aktiviteten till cirka 10 Bq/100 cm² ± 22 % 1 SD, medan Mini Monitor series 900 gav en något högre aktivitet på cirka 14 Bq/100 cm² ^{226}Ra ± 9 % 1 SD. Mini Monitor series 900 mätte både alfa- och betastrålning och vid uppskattning av ^{226}Ra -aktiviteten antogs att instrumentet enbart mätte alfa. Med tanke på osäkerheterna överensstämmer mätvärdena från de två alfamätinstrumenten tillräckligt väl.

Alfamätning av en intressant delyta

Med Radiagem 2000 mättes en utlöpare med aktivitet utanför rörsystemet, se figur 4. Det högsta värdena är i storleksordningen 7 pulser per sekund, detta motsvarar cirka 10 Bq/100 cm² ^{226}Ra om 4 nuklider ligger i jämvikt (med medelenergin 5,99 MeV) och verkningsgraden antas vara 37 % för detektorn av all infallande alfastrålning (databladet anger typiskt värde som 37 % för ^{239}Pu vid 5,25 MeV) och att 50 % av producerad alfastrålning når detektorn. Integrations tiden för mätningarna är okänd för Radiagem, men antas vara minst 3 sekunder. Mätosäkerheten vid 10 Bq blir 22 % vid en standardavvikelse vid

3 sekunders integrationstid. Eftersom detta inte är av avgörande betydelse för rapportens slutsatser har vi inte grävt vidare efter de exakta värdena för de parametrar som inte är väl kända för instrumentet.

3.2.2. Gammamätning

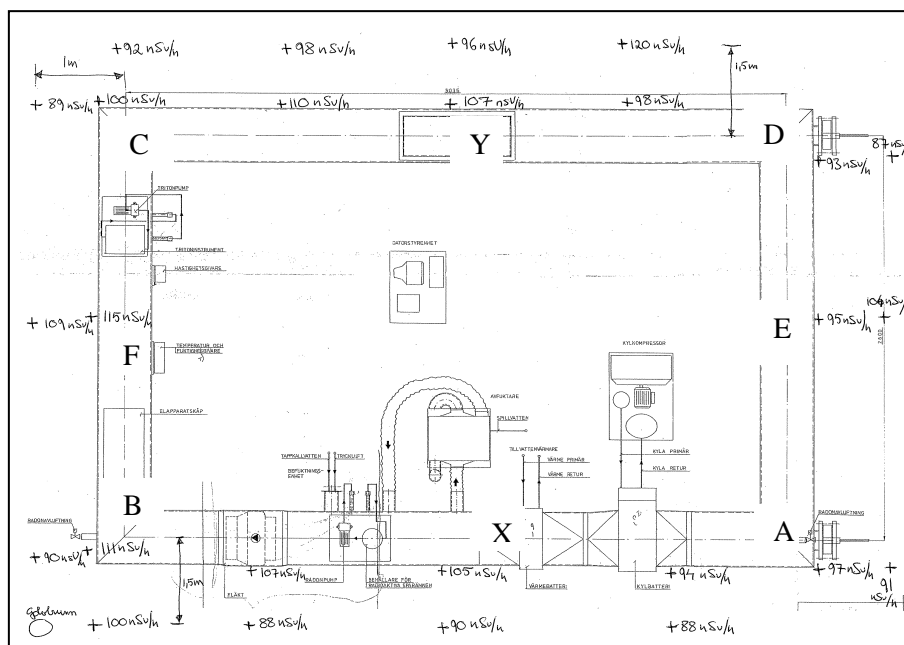
Gammamätning med Exploranium GR 130 gjordes av rörsystemets ytteryta och golvet. Alla mätningar och kalibreringar med GR 130 gjordes med 20 sekunders integrationstid.

Mätning på rörsystemets ytteryta gav inget eftersom det stålrör som utgör den aktiva kammaren omsluts av en värmeisolation och ett aluminiumplåtskal.

Mätning på golvet gjordes i några fixpunkter på golvet innanför rörsystemet, enligt figur 2. Ett antal mätningar gjordes också på golvet utanför rörsystemet och i angränsande rum, några av dessa mätvärden finns i figur 2.

Flertalet av de uppmätta gammadosraterna som gjordes utanför rörsystemet låg mellan 87 nSv/h och 95 nSv/h. De mätpunkter som låg i detta intervall används som underlag för beräkning av bakgrunden på golvet i Malå. Medelbakgrunden var $90 \text{ nSv/h} \pm 3\% \text{ 1 SD}$. Standardavvikelsen har beräknats för populationen.

Vid köksdörren mättes 93 nSv/h och i rummet före köket mättes 91 nSv/h, dvs. antagen medelbakgrund verkar rimlig. Vid hissen mättes dock 137 nSv/h och 0 pulser per minut med Radiagem, vilket föranleder oss att tro byggnadsmaterialet kan vara annorlunda där jämfört med resten av byggnaden och att konstruktionen består av mer massiv betong vid hissen.



Figur 2. Mätning av gammadosrater i några punkter

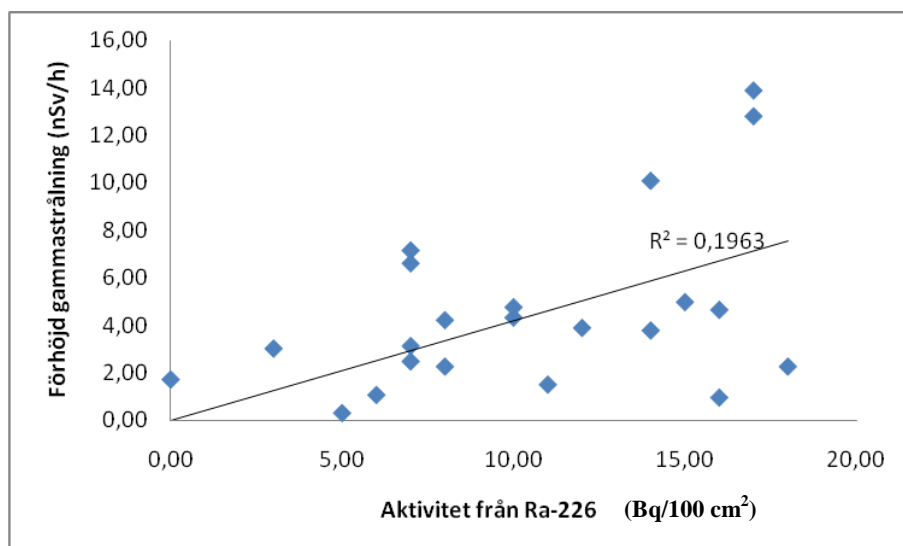
Mätvärden för gammadosraten med GR130, med 20 sekunders integrationstid, som överstiger bakgrunden med 3 standardavvikelser, dvs. 100 nSv/h kan sägas signifikant överstiga bakgrunden.

Vad som är källan till gammadosraten är inte entydigt bestämt vid en gammamätning. Det kan vara ^{226}Ra som läckt ut från den gamla radiumkällan eller utspridd aktivitet från uranmalmen i hydroforen eller aktiviteten i betongen i golvet, där dosraten påverkas av rumskonstruktionen.

Utifrån de relativt fåtaliga gammamätningar som gjordes på golvet utanför rörsystemet kan följande resonemang föras. Om man antar att det finns ^{226}Ra från radonkalibreringsanläggningen på golvet och att kontamineringen är begränsad till 3-10 centimetrar så kan ^{226}Ra -aktiviteten vid det högsta gammamätvärdet 120 nSv/h beräknas till 300 – 450 Bq ^{226}Ra . Denna mätposition ligger i samma område där alfa-mätning med Radiagem gav cirka 10 Bq/100 cm² ^{226}Ra .

Ett mer omfattande datamaterial erhöles vid de systematiska mätningarna av fixpunkterna på golvet innanför rörsystemet. Detta material kan användas för korrelationsberäkning mellan förhöjning av gammadosrater och uppmätt alfa-kontaminering. Mätta gammadosrater vid de 100 mätpunkterna längs rörsystemet och på golvet innanför rörsystemet varierar från bakgrunds-nivån (90 nSv/h) till ett maxvärde på 120 nSv/h. Korrelationen mellan nettogammadosraten på golvet och ^{226}Ra ytaktivitet var svag (figur 3). På vissa ställen kunde en viss korrelation noteras, medan i andra områden kunde inte förhöjda gammadosrater kopplas till några höga ^{226}Ra -ytaktiviteter. Se diskussionen i avsnitt 4.2.1.

Slutsatsen för båda mätserierna som behandlas ovan är att det är synnerligen osäkert att bedöma ^{226}Ra -ytaktivitet utifrån gammamätning när gammannivån är så svagt förhöjd som i denna mätning och när aktiviteten är ojämnt fördelad.



Figur 3: Korrelation mellan nettogammadosrat och ytaktivitet från ^{226}Ra (Bq/100cm²) vid olika fixpunkter längs mätlinjen DC.

3.3. Lös aktivitet i rummet

Mätningar gjordes på SSM:s beredskapslaboratorium på tvättvattnet med gammaspktrometri. Detta vatten var så smutsigt att sediment bildades på botten under mätningen. Vattnet filtrerades och mättes med alfaspektrometri. Dammet som togs från rörsystemets yta kokades i syra och mättes på gammaspktrometer. Resultaten blev som i tabell 4.

Tabell 4. Aktivitetskoncentration av radionuklider i tvättvatten från golvet dels där vattnet är obehandlat, dels där fasta föroreningar i vattnet filtrerats bort, slutligen visas mätningen på ett dammprov från rörsystemets övre yta.

Vattenprov, utan behandling, gammamätning	
^{226}Ra	200 Bq/l
^{238}U	-
Filtrerat vattenprov, alfamätning	
^{226}Ra	24 Bq/l
^{238}U	30 Bq/l
Inskat damm från ytan, alfamätning	
^{226}Ra	0,1 Bq/prov
^{238}U	0,2 Bq/prov

4. Diskussion

4.1. Bestämning av ^{226}Ra i rörsystemet

4.1.1. Osäkerheter

- De räknestokastiska mätosäkerheterna som härrör sig till mätningen med Lucascellerna finns angivna i tabell 1.
- Lucascellerna har kalibrerats var och en för sig. Läckaget har kontrollerats för alla celler, men bara en läckte. För denna bestämdes läckaget och korrektion gjordes vid haltbestämningarna.
- Osäkerheten i värdet för emanationskoefficienten är svårbedömd. Lägre källaktivitet för ^{226}Ra än den som härleds ur 100 % emanation kan det inte bli, således under 30 kBq ^{226}Ra är det inte i rörsystemet. Vid 40 % emanation blir källtermen 80 – 90 kBq ^{226}Ra . Som jämförelse kan nämnas att emanationskoefficienter i byggnadsmaterial ligger vanligen i storleksordningen 10 till 30 procent.
- Osäkerheten för att det inte är samma radonhalt i hela rörsystemet pga. att huvudfläkten inte fungerade och enbart en mindre bordsfläkt ersatte den, kan inte kvantifieras.

- Osäkerheten vid källtermsberäkningen då det förutsätts att man mäter radonhalten vid $t = 0$, fast man mäter halten vid $t > 0$. Detta utreds i SSI 81, i detta fall blir det ingen betydande korrektion.
- I tabell 2 ses att beräknad källterm för ^{226}Ra skiljer sig mellan olika mättider på ett sätt som inte är helt entydigt statistiskt jämfört med det förväntade utfallet. Det förväntade är en lägre uppskattad källterm ju längre från $t = 0$ man kommer. Störst avvikelse från detta mönster ger provet vid $t = 5$ timmar.
- I anslutning till den förra punkten så vet vi inte hur tätt rörsystemet var, t.ex. hur täta de ventiler var som manövrerades.
- Omgivningens radonhalt var inte välbestämd under tidens gång. På kvällen kl 19 stängdes den mekaniska till och frånluftventilationen i byggnaden av och den var fortfarande avstängd kl 05 på morgonen efter. Om rörsystemet inte är helt påverkas mätningarna av detta.

4.1.2. Jämförelse med tidigare angiven ^{226}Ra -källterm i rörsystemet

Tovedal angav 120 kBq ^{226}Ra på insidan av rörsystemet i anläggningen, utan angiven mätosäkerhet. Vårt beräknade värde 80 – 90 kBq ^{226}Ra med en mätosäkerhet runt 9 % (1 SD), beräknad från mätta radonhalter i tillväxtprocessen, ligger i samma härad.

4.1.3. Slutsats för ^{226}Ra -källterm i rörsystemet

Rörsystemet är kontaminerat. Vi kunde inte avgöra var i rörsystemet aktiviteten var belägen. Tovedal anger att aktiviteten är ojämnt fördelad och att de övre delarna av röret är mindre kontaminerade på insidan än de nedre delarna.

4.1.4. Slutsats enligt mätuppdraget

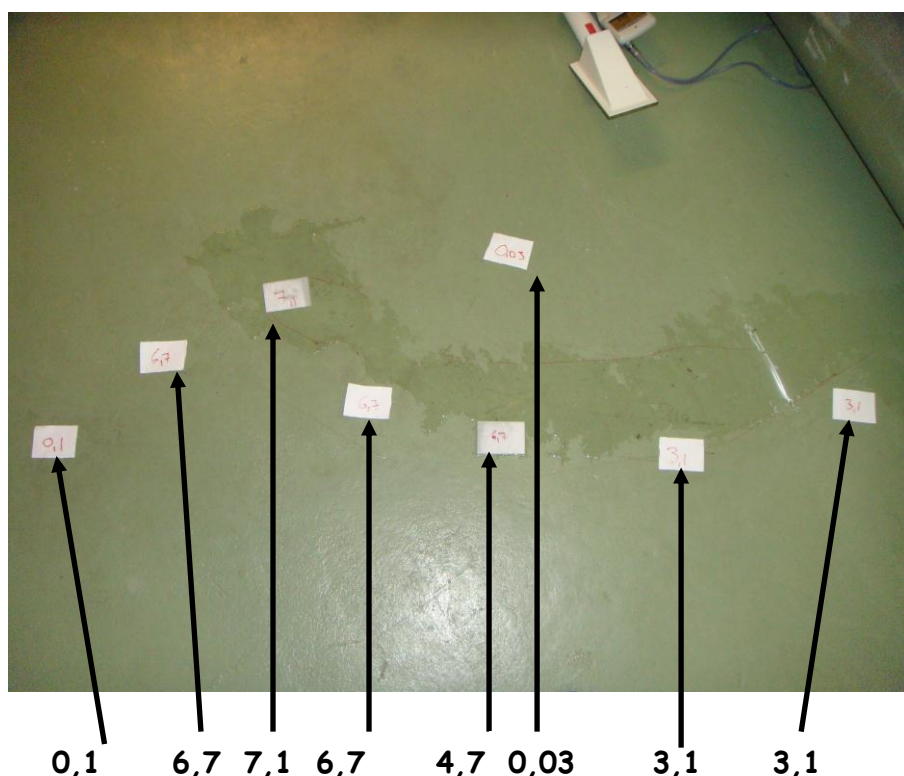
Ja, den ^{226}Ra -källterm i rörsystemet som Tovedal anger stämmer rimligt väl med den som vi uppskattade.

Vid hantering av avfallet bör man beakta att den totala alfaaktiviteten kan vara upp till 4 gånger högre än den uppskattade ^{226}Ra -aktiviteten, om jämvikt råder i hela sönderfallskedjan. Till och med över 4 gånger, när ^{210}Pb börjar växa till med 22 års halveringstid. Å den andra sidan avgår en del radon och efter några timmars sönderfall av radondöttrarna blir totala alfaaktiviteten betydligt lägre än vid jämvikt.

4.2. Bestämning av ²²⁶Ra-kontamination på golvet

4.2.1. Osäkerheter

- Golvet var inte avvägt som man skulle kunna tro, dvs. att vattnet skulle rinna mot den golvbrunn som fanns i ena hörnet av rummet. Vid ett försök när vatten hälldes ut där avfuktaren står, rann vattnet snarare mot en av gipsväggarna. Vid visuell besiktning kunde en svagt förändrad färg ses i golvet där vatten runnit förut. Mätning med en alfaprob gav synnerligen lokalt förhöjda aktiviteter i detta område, se figur 4.
- Mätning av alfaaktivitet förutsätter att den sitter på ytan och att därmed självabsorptionen är obetydlig. I verkligheten kan aktivitet tränga ned i ojämnheter i golvytan, därmed blir självabsorptionen stor och bestämningen av källtermen osäker. Angivna värden får då ses som ytekvivalent aktivitet.
- Alfamätningarna gav ²²⁶Ra-aktivitet per 49 cm² för Mini monitor och per 100 cm² för Radiagem. Samtliga mätvärden har normerats till 100 cm². Gränsvärdet för ytkontamination är per m². Omräkning av våra mätvärden till m² är inte okomplicerad eftersom golvytan är ojämnt kontaminerad och vi har inte mätt hela ytan på golvet. Vi har multiplicerat högst uppmätt ytaktivitet/100 cm² med 100 för att få den per m², och därmed fått en överskattning av den ytaktivitet som ska jämföras med gränsvärdet.
- Var ²²⁶Ra-kontaminerat vatten läckte ut från rörsystemet i kalibreringsanläggningen förblir oklart. Tovedal beskrev en punkt med kontamination bredvid avfuktaren. Lars Mikaelsson påpekade att avfuktaren har bytts ut någon gång under resans gång.
- Den ur en alfamätning härledda ²²⁶Ra-aktiviteten förutsätter jämvikt i sönderfallskedjan, detta är dock inte självklart. Maximalt skulle beräknad ²²⁶Ra-ytaktivitet kunna vara fyra gånger högre än de värden som presenteras här, om all radon avgår från radiumbeläggningen på golvet.



Figur 4. Mätvärden med alfaprob Radiagem 2000 (mätta pulser/sekund)

4.2.2. Jämförelse med tidigare angiven ^{226}Ra -källterm på golvet

Tovedal anger att $< 1 \text{ kBq/m}^2$ ^{226}Ra kan finnas på golvet.

Vi kan inte ange den totala aktiviteten på golvet, men kan ange aktivitet inom begränsade områden och att ytaktiviteten understiger 2 kBq/m^2 för ^{226}Ra . Dessa värden har erhållits genom att ta de maximalt mätta värdena över 100 cm^2 och multiplicera dessa med 100 för att få aktivitet per m^2 .

4.2.3. Slutsats för ^{226}Ra -källterm på golvet

Golvet är kontaminerat, men det är synnerligen ojämnt fördelat och ställvis i smala stråk som sammanfaller med den väg vatten verkar ha rört sig.

4.2.4. Slutsats enligt mätuppdraget

Ja, det finns alfaaktivitet på golvet, men den överstiger inte friklassningsgränsen 10 kBq/m^2 för ^{226}Ra om man ser aktiviteten som ytekvivalent aktivitet, dvs. all aktivitet antas ligga enbart på ytan och den har inte trängt ned i golvet.

Friklassningsgränsen för ^{226}Ra underskrids på golvet. Aktiviteten är ojämnt fördelat. Det krävs mer tid för att mäta upp den exakta fördelningen än vad som var möjligt inom mätuppdraget. Därför kan man göra en bedömning om det kan vara mer kostnadseffektivt att endera fräsa bort 0,5 till 1 cm av golvet

och lägga på mer betong eller bara lägga på ett lager 0,5 till 1 cm betong ovanpå än att mäta upp golvet mer noggrant.

4.3. Lös aktivitet i rummet

Detta ingick inte i det preliminära uppdraget.

Relativt hög aktivitet av ^{226}Ra fanns i provet på tvättvatten, som inte behandlats. I det filtrerade tvättvattenprovet fanns både ^{226}Ra och ^{238}U och i dammet fanns också ^{226}Ra och ^{238}U . Slutsatsen är att urandamm har spridits i rummet där rörsystemet står, detta stöds också av Lars Mikaelsson som berättade att påfyllningen av hydroforen med uranmalm skedde i rummet och att det dammade då.

Den första farhågan när vi såg att det fanns mycket ^{226}Ra i obehandlat tvättvatten var att det kommit från ^{226}Ra -källan i rörsystemet och att radiumet fortfarande var lösligt i vatten, men så tycks det inte vara. Den höga ^{226}Ra -halten i obehandlat vatten kan antas hänga ihop med de fasta föroreningarna i vattnet. Efter filtrering sänktes halten i vattnet med en faktor tio. Tovedal angav att saneringen av golvet var lätt därför att radiumet var lösligt i vatten och då verkar det märkligt att man nu efter saneringen skulle få upp löst radium som kommit från rörsystemets kontamination.

5. Tack

Lars Mikaelsson och Bengt Lidén på Malå Geoscience AB gjorde ovärderliga insatser genom att förbereda genom att ventilerade rörsystemet med anskaffad utrustning, genom att forsla bort hydroforen med uranmalm och genom att våtstäda golvet innan vi kom. Härigenom sparade vi mycket tid genom att kunna börja mätningarna direkt efter ankomsten. Hade inte hydroforen tagits bort skulle inga vettiga gammamätningar kunnat göras i rummet. Hade inte golvet gjorts rent skulle inga alfa-mätningar på golvet kunnat göras. Och hade inte ventilationen förberetts skulle inte radontillväxtmätningarna kunnat göras på lång tid. Leif Nyblom vid SSM har fungerat som bollplank i mätfrågor.

6. Referenser

SSI 81; B. Håkansson och H Möre, ”Radonavgång från byggnadsmaterial” SSI arbetsdokument a 81-19, SSI, Stockholm 1981.

Tovedal 88; H. Tovedal och G. Åkerblom, ”Sanering av radonanläggningen i Malå” Studsvik Nuclear, 1988.



2011:01

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 250 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-post: registrator@ssm.se
Webb: stralsakerhetsmyndigheten.se