

Radioaktiv stråling i anlegg i fjell.

Av
THOR SIGGERUD

Resymé.

I forbindelse med anlegg i fjell har spørsmålet om radioaktiv stråling i slike anlegg kommet opp. Spørsmålet diskuteres ut fra generelle teorier og egen erfaring. Oppmerksomheten søkes henledet på det problemet som radon representerer i uutluftete rom i fjell. Målinger foretatt i fem forskjellige anlegg blir referert, og måleresultatene viser at strålingsnivået holdes godt nede av solid betongutstøpning. I en bedrift i fjell representerer den radiaktive stråling ingen særlige problemer.

Ved anlegg i fjell har geologer i stor grad blitt benyttet som konsulenter. Et spørsmål som er kommet opp i den forbindelse, og som ikke minst arbeiderne også har begynt å stille, er i hvilken grad de blir utsatt for øket radioaktiv stråling ved arbeid i hulrom i fjell. Dette forhold gjelder særlig der hele fabrikker er anlagt under dagen.

I april måned i 1959 foretok forfatteren derfor målinger i flere anlegg i fjell for å bringe på det rene hvilket nivå den radioaktive strålingen lå på sammenliknet med ute i dagen. Målingene var ment som en rent foreløpig undersøkelse, og ble foretatt med en gamma-scintillasjonsteller. Ved disse målingene ble bare en del av strålingene målt, nemlig den hårdeste gammastrålingen, men tidligere erfaring tyder på at det er en god overensstemmelse mellom den stråling som måles med gamma-scintillasjonsteller og den totale stråling som også omfatter bløtere gamma-stråling, alfa- og betapartikler.

Til målingene ble brukt et Precision Radiation Instruments scintillasjonsteller med en natrium-iodid-krystall (taliumaktivert). Krystall $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ ". Telleren er uteksperimentert av U.S. Geological Survey (Wilson et) og U.S. Atomic Energy Commission, og produseres av Precision Radiation Instruments Inc. (P.R.I. 1956). Instrumentet er bygget for å måle små variasjoner i meget lave radioaktive felt for å finne uranforekomster hvor man bare har spor av uranmineralisering i overflaten. Instrumentets viserutslag er kalibrert i milli-røntgen pr.

time, og standardkilde medbringes for stadige kontrollmålinger om det virker korrekt.

Den radioaktivitet man måler ute i dagen består av sekundær-aksellerasjon av partikler forårsaket av den kosmiske stråling, instrumentets egen stråling og strålingen fra de omgivende bergarter og andre materialer. Fra bergarter vil man således, foruten uran og thoriums datterprodukter, også registrere den radioaktivt ustabile isotopen K^{40} .

I anlegg i fjell er en stor del av den sekundære kosmiske strålingen bremset av de overliggende bergartsmasser. På grunn av sin konstruksjon er scintillasjonstelleren mindre følsom for det kosmiske bombardement enn Geiger-Müller telleren. Måleresultatene i et fjellanlegg er derfor bedre sammenlignbare med målingene ute i dagen om de er utført med en scintillasjonsteller enn om de var gjort med Geiger-Müller teller.

Den radioaktive strålingen fra bergartene er større når den måles inne i et rom i fjell enn når målingen foretas på en flate av samme bergart ute i dagen. Grunnen til dette er at i hulrom i fjell er telleren omgitt av strålende flater på alle kanter, og det er en direkte proporsjonalitet mellom målerutslaget og hvor stor del av den omskrivende kuleflate (som omgir instrumen) som strålingen kommer fra. Dog spiller avstanden mellom instrumentet og stråleflaten inn som korrijerende faktor. Den energi som absorberes i luften er (i dette tilfellet) meget liten, men de vanlige regler for strålingsintensitetens avhengighet av avstanden gjelder også her.

Alle materialer forårsaker en bremsning av de energier som gammastrålene har, og erfaringen viser at ved utstøpning av tak eller vegger gir 3 cm betong en nedsettelse av den del av gammastrålingen som ville blitt målt i telleren på ca. 50 % (mens den bløtere strålingen blir stanset i enda større grad), 6 cm betong gir ca. 75 % skjerming, 15 cm skjermer 95 % og 25 cm skjermer 99 % av gammastrålingen (Bowie et.). Imidlertid kommer det en del gammastråling fra materialet i betongen, så totalsummen blir litt høyere, men det viser i alle tilfeller i hvilken grad en utstøpning selv i en uranmalm vil nedsette nivået av radioaktivitet i anlegg i fjell.

Konklusjonen av dette er ganske klar. Det er meget lite trolig at man vil nå noe strålingsnivå av betydning i et utstøpt anlegg, hvilket også viste seg å være tilfellet ved de praktiske målinger som blir omtalt nedenfor.

I ikke fullt utstøpte anlegg er også den totale gammastrålingen liten hvis ikke anlegget ligger i bergarter med unormalt høyt innhold av radioaktive elementer. I dette siste tilfelle vil det da nærmest dreie seg om en malm (jfr. Nytorvanlegget i alunskifer med ca. 100—200 gram uran pr. tonn bergart).

En faktor som imidlertid er mer alvorlig er radonen. Radon er et datterprodukt av uran. Den har atomnr. 222, er en lukt- og smakløs edelgass som ikke kan påvises ved kjemiske metoder. Den er tung og synker derfor ned i anlegget. Datterproduktene av radon er radon A (polonium 218 og radon B (214)).

Den ytre gammastrålingen fra disse isotoper representerer heller ikke noe særlig faremoment, da den vanskelig vil nå et slikt nivå.

Imidlertid vil man ved å puste inn radon kunne få utfelt dens datterprodukter, som er faste stoffer, i lungene og disse vil ligge der som kilder for alfa-aktivitet. Tilsvarende fenomen får man også i uutluftete gruberom hvor radonens datterprodukter bindes til støv som avsettes, særlig på gulvet, men også på veggene. Dette støvet hvirvles lett opp, pustes inn og blir også liggende i lungene som alfa-kilder.

Radon kommer fra uranmineraler i bergartene og radon-emanasjonen er i stor grad avhengig av bergartsoverflaten, og er da naturlig stor der det er meget støv og grus. Det viser seg også at meget radon kan komme inn i et rom med grunnvannet, da vann har stor evne til å ta opp og transportere radon. Hvis det skjer en økning i temperaturen vil radonen igjen avgis. Kaldt vann (2—3° C) tar opp dobbelt så meget radon som varmere vann (20° C) (Rogers). Lufttrykket spiller også en stor rolle, ikke minst for radonemanasjonen fra bergarter. Garrigue oppgir radonkonsentrasjon i friluft i fjellet om sommeren til 10^{-14} — 10^{-13} curie pr. liter. Faul skriver at i uutluftede gamle avstengte gruber hvor de mest radioaktive bergarter inneholdt under 0.009 % uranekvivalenter inneholdt luften 5 — $25 \cdot 10^{-9}$ curie pr. liter.

Erfaring viser at i gruber stiger radioaktiviteten meget betydelig umiddelbart etter en sprengning, for å synke ettersom gruberommene ventileres¹.

Til de vanlige bergartene i Norge som inneholder uran hører først og fremst alunskifrene, men også granitter og andre sure bergarter. Basiske bergarter inneholder i alminnelighet forholdsvis lite uran, mens breksjesoner kan sekundært være anriket på uranmineraler. Når

¹ Søve gruber, målt av Bjørlykke, muntlig meddelelse.

det her er tale om anrikninger eller stor urangehalt er det ikke ment virkelige malmer, men uraninnhold av størrelsesorden 10—100 ppm (gram/tonn) uran.

Av det som er nevnt ovenfor om radon er det klart at utluftningen av anlegg i fjell spiller en meget stor rolle, og likeledes hvordan støv og vann blir fjernet. Hvis utluftningen i anlegget er stor, slik at det neppe vil danne seg bunnlommer hvor radon samles, og det heller ikke er noe spesielt vanntilslig som kan avgi radon, vil radonproblemet ikke spille noen nevneverdig rolle. Imidlertid kan vi for øyeblikket vanskelig få gjort undersøkelser over radoninnholdet i luften, idet måleapparatene er stasjonære i vårt laboratorium.

Nedenfor følger en beskrivelse av målinger i forskjellige anlegg i Oslo-området. Disse målinger ble utført i samarbeide med dr. phil. Arne Bugge, geologisk konsulent for anleggene.

Målinger i fjellanlegget under Akershus.

Utenfor inngangsporten på Akershusbryggen varierte radiaktiviteten mellom 0,01 MR/t—0,014 MR/t. Brostenen på kaien (Iddefjordsgranitt) ga 0,02—0,025 MR/t. I krysset mellom inngangen og den nye hallen er hallen 5 m høy med eternitt- og sprøytebetondekke, og målingene viste 0,02 MR/t. Sydover i en utstøpt rombeporfyrrer var radioaktiviteten i hele hallen på 0,02 MR/t. I grunnfjell dekket med sprøytebetong går de målte verdiene opp i 0,024 MR/t i tverrslaget fra ny til gammel hall. Sydligst, i enden av den gamle hallen, tilsynelatende i de samme grunnfjellsbergartene, var utslaget 0,012 MR/t. I en gammel kraftig utstøpt hall viste målingene 0,014 MR/t. Nordover i en gammel hall i grunnfjell, antagelig med amfibolbergarter lå verdien på 0,009 MR/t. Ved tverrslaget mot øst, sydligst i en ny hall, 0,014 MR/t. I ikke utstøpte rombeporfyrrer sydligst ved utgang av den gamle hall var utslaget 0,03 MR/t. Ved utgang fra anlegget mot havnebanen syd for jernbanetunnelen 0,01 MR/t. I gneiss østover varierte det mellom 0,01 og 0,016 MR/t. I Munkerommet lå utslagene på mellom 0,01 og 0,018 MR/t. I nødutgangen ga amfibolitt ved støppute et utslag på 0,005 MR/t. Ved port mot Myntgaten i utstøpning 0,016 MR/t, varierende nedover i tunnelen til mellom 0,015 og 0,025 MR/t. En liten pegamittblokk ga utslag opp til 0,05 MR/t. Utstøpning mot nord i en gammel tunnel ga 0,015 MR/t, mens utenfor støpt hvelv lå utslaget

på 0,02 til 0,025 MR/t, enkelte steder oppe i 0,035 MR/t. Utenfor inngangsporten fra Akershusbryggen viste målingene igjen 0,012 MR/t.

Utslagene slik de måles viser altså en variasjon på fra 0,005 MR/t til 0,035 i de ikke utstøpte hallene, avhengig av bergarten. Der hallene var utstøpt med betong var utslaget fra 0,01 til 0,02 med et midlere utslag på 0,014 MR/t, som var typisk for langt de største områdene av anlegget under Akershus. Dette utslaget er omtrent tilsvarende til det registrerte ved inngangen til anlegget (0,012 MR/t).

Målinger på Nytorvet.

Utenfor venstre nedgang, på brosten (Iddefjordsgranitt) var bakgrunnsstrålingen 0,02 MR/t. Ved det første hvelvet i nedgangen var utslaget 0,12 MR/t. Ved bunnen av slepsynken var det blitt 0,25 MR/t. I den første tunnelen, som har utgang mot nord, ble målt 0,2 MR/t. På det utstøpte gulvet og under et hvelv av sprøytebetong men delvis med frie bergflater i veggene ga målingene 0,12 MR/t. Størstedelen av tunnelen har et utslag på 0,15 MR/t. Ved enden av det utstøpte gulvet i den første (østre) tunnel ved nedgangen fra Folkets Hus ble registrert 0,3 MR/t, og 0,2 MR/t inne på det støpte gulv. I den andre (vestre) tunnelen var utslaget igjen 0,2 MR/t.

Det ser ut til å være noe mer stråling i den første tunnel (nærmest torvet) enn i den andre, selv om begge har støpt gulv. Dette kan muligens skyldes at det på gulvet i den tunnelen som ligger nærmest torvet var mer slam og stein slik at man har en geometrisk effekt.

Anlegget på Nytorvet ligger i alunskifer som inneholder mellom 100—200 gram uran pr. tonn bergart. Det radioaktive utslaget er derfor ekstremt stort, ca. 10—20 ganger strålingsnivået i Akershusanlegget. Anlegget er dessuten ikke utstøpt, så noen særlig skjermende effekt fra betongveggen finnes ikke.

Målinger i Abelhauganlegget.

Ved innkjørselen fra Bensinstasjonen til ytre hall var utslaget på 0,012 MR/t, og videre innover i den ytre hallen var det tilsvarende, og det samme ble funnet rundt i den indre hallen, i underetasjen ved trappen og ved utkjørsel fra underetasjen. Ved nedgang fra Victoria terrasse, under betongplater ga målingene 0,013—14 MR/t, og i trapp mot Holmenkollbanen 0,012 MR/t. Nivået lå helt jevnt på 0,012 MR/t i hele den undre hallen.

Instrumentet ble kontrollert og fungerte riktig. Grunnen til det helt jevne nivået er sannsynligvis de ensartede ordoviciske bergartene og den jevne utstøpning. Det er ikke konstatert noen forskjell mellom der det var utstøpning og der det bare var fjell. Man må derfor gå ut fra at det radioaktive nivået både i utstøpningene og i de naturlige bergartene var det samme.

Målinger i anlegget i Maridalsveien.

På asfalten ved kiosken mellom innkjørselene var utslaget på 0,016 MR/t, mens ved fjellsiden til høyre for nedkjørsel var det 0,5 MR/t. Dette henger sikkert sammen med at her er det tett alunskifer. I den utstøpte nedgang ga målingene 0,018 MR/t, og videre innover i gangen som hadde 7—10 cm sprøytebetong var det 0,022 MR/t. I den ytre hallen med Siporexvegger i 1. etasje måltes 0,018 MR/t, og i søndre sving til indre hall 0,019 MR/t. Radioaktivitetsnivået varierte mellom 0,018 og 0,020 MR/t både i den ytre og den indre hallen. I et ikke utstøpt ventilrom for springleranlegg ble registrert 0,02 MR/t, og tilsvarende i trapp i utgangen mot Akerselven. I gang mot Akerselven, på singelgulv, steg utslaget til 0,024 MR/t. Gangen var ikke utstøpt. Dette nivået holdt seg nedover mot porten. Årsaken til dette er sikkert at til singel på gulvet var brukt eruptivbergarter fra Oslofeltet.

I 2. etasje opp trappen lå utslaget på 0,016 MR/t, og i nordenden av et gammelt tilfluktrum i trappen var det 0,02 MR/t. I det gamle tilfluktsrommet var det 0,018—0,025 MR/t. Her var det ikke utstøpt og gulvet besto av de lokale bergartene. I den søndre innkjørselen ved inngang til 2. etasje fra Maridalsveien var veggene ikke utstøpte og her ble utslaget fra 0,025—0,028 MR/t. I påhugg mot syd i sving i 2. etasje hvor veggene var dekket med sprøytebetong ble målt 0,016 MR/t, og på loftet over betonghvelvet er det samme utslag som nede i hallen 0,018—0,20 MR/t. Årsaken til dette må være at på det sted jeg hadde adgang besto berggrunnen av ordoviciske (?) bergarter, mens vi var et stykke fra alunskifrene. Det var brukt en del granittisk materiale, dels som grus og pukk på gulvet, dels sikkert også i betongen. Dette må være årsaken til at strålingsnivået lå noe høyere i dette anlegget enn f. eks. i Abelhauganlegget. Bemerkelsesverdige var måleresultatene ved utgangen hvor utstøpning av alunskiferen dempet ned måleresultatene til 0,02 MR/t.

Målinger i hallen på Raufoss.

Som utgangspunkt ble målt bakgrunnen på parkeringsplass ved kontorbygningen. Grusen var her en oppknuet granittisk bergart, og bakgrunnsstrålingen lå på 0,016 MR/t. Ved innkjørselen til anlegget var strålingen 0,02 MR/t i en natursteinsmur, mens enkelte av blokkene i muren hadde en stråling på 0,03 MR/t. Ved enden av utstøpning i innkjøringstunnelen steg nivået til 0,035 MR/t og av og til opp til 0,04 MR/t, bergarten var en grunnfjellbreksje. Innover i tunnelen veksler utslaget mellom 0,025 og 0,40 MR/t. Det var ingen økning i aktiviteten ved leirsleppene, men en del rustbelegg var noe mer aktivt enn vanlig. Innenfor breksjen sank topputslagene noe, og nivået var på mellom 0,025—0,03 MR/t, i et mindre område gikk det opp i 0,05 MR/t. Ved kant av ny utstøpning sank nivået til 0,02 MR/t.

Inne i hall 7 var nivået på 0,012 MR/t, og ved rundgang i hallen ble hele tiden målt ca. 0,012 MR/t. Det samme strålingsnivå ble også registrert i de andre hallene. I hall 14 som ikke var utstøpt var nivået 0,025 MR/t, altså dobbelt så høyt som i de utstøpte hallene. 100 meter inne i den ikke utstøpte del av nordre tunnel var strålingsnivået 0,035 MR/t. I nedre del av ventilsjakt nr. 3 (pumpehuset) var det 0,35 MR/t, mens i den utstøpte trappen var det igjen bare 0,012 MR/t.

På taket av hall 11 i den østre enden var utslaget 0,02 MR/t. Dette steg litt lengst mot øst (nærmest breksjen). Grunnen til at nivået ikke nådde fullt så høyt som i tunnelen var sikkert at geometrien ble noe annen mellom det støpte hvelvet og den utskutte steinmassen på toppen av hallene. Over hall 12 fikk man det samme måleresultat som over hall 11, variasjonene kunne av og til gå enda litt lavere ned — til 0,015 MR/t. I spisesalen var utslaget ca. 0,010—0,012 MR/t.

Ved måling på parkeringsplassen på det samme stedet som det først ble målt var bakgrunnsstrålingen fremdeles den samme — 0,016 MR/t. Baggrunnsstrålingen hadde altså holdt seg konstant, og man kunne da gå ut fra at instrumentet hadde fungert korrekt hele tiden. Grunnen til den høye bakgrunnsstrålingen var at fyllingen besto av granittisk materiale.

Utslaget i jordmorenen på den andre siden (østsiden) av Raufoss stasjonsby var omkring 0,01 MR/t, altså bare litt lavere enn inne i hallen.

Da hallene er helt tørre og det er meget stor utluftning kan man gå ut fra at radonproblemet ikke eksisterer på Raufoss.

Summary.

Radioactivity in underground storerooms and factories.

Several underground storerooms and factories are built in bedrock, and a general question has been the possible increase in radioactivity in such constructions.

The concrete shielding should keep out most of the radioactivity from the bedrock, but radon could be a problem if the construction is not sufficiently ventilated. Measurements of the gamma radioactivity in 5 different underground constructions have been done, and the results are in accordance with the theoretical considerations, showing that in underground constructions in bedrock the radioactivity represents no problem.

Litteratur.

- Bowie, S. H. D., Hale, F. H., Ostle, D. and Beer, K. E.*, 1954. Radiometric surveying with a carborne counter. Bull. Geol. Survey of Great Britain. No. 10, p. 1.
- Faul, H.*, 1954. Rare gases and fissions in nature. Nuclear Geology. New York.
- Garrigue, H.*, 1950. Sur la radioactivité naturelle de l'atmosphère. Compt. rend. 23, p. 1272.
- 1951. Recherches sur la radioactivité de l'air libre. Compt. rend. 232, p. 722.
- Precision Radiation Instruments, 1956. Scintillator, operation and maintenance manual. Los Angeles.
- Rogers, N. N.*, 1954. Unpublished theses quoted by H. Faul in Nuclear Geology, p. 140. New York.
- Wilson, E. E., Rhoden, V. C., Vaughn, W. W. and Faul, H.*, 1953. Portable scintillation counters for geological use. Trace elements investigation report, 403. U.S. Geol. Survey.