

Uranundersøkelser i Trøndelag.

Av

THOR SIGGERUD

Med 6 tekst-figurer.

Resymé.

Undersøkelsen av radioaktiviteten i den sedimentære og effusive lagrekken i Trøndelag førte ikke til oppdagelse av noe lag med høyere uran-thoriuminnhold enn normalt for slike bergarter. Det ble ikke funnet noen urananrikning svarende til den man har i overkambriske sedimenter i Oslo-feltet og i Sverige. Langs de kjørte veiprofilene ble det ikke funnet epigenetisk uranmineralisering (under forutsetning av at forekomsten i kambrium er syngenetiske). Cargo-utstyret som er brukt ved de radiometriske arealprospekteringer, er beskrevet og dets anvendelse diskutert.

Sommeren 1954 ble uraninnholdet i Oslo-feltets kambrosiluriske lagrekke undersøkt (NGU nr. 203), og det var derfor naturlig å fortsette undersøkelsene i andre kambrosiluriske avsetninger. Disse undersøkelser ble gjort i Trøndelag sommeren 1955. Undersøkelsene omfattet registrering av radioaktiviteten i bergartene og løsmassene med Cargo-utstyr (Land-Rover med innmontert Geiger Müller-teller), og måling av radioaktiviteten på spesielle lokaliteter med håndinstrumenter (G. M.-tellere og scintillometere). Eventuelle positive radioaktive anomalier skulle undersøkes geologisk og prøvetas.

Undersøkelsene ble delvis lagt opp i samarbeid med professor dr. Th. Vogt, som velvilligst stilte til disposisjon upublisert materiale fra Røros-traktene.

På fig. 1 sees ruten som ble kjørt med Cargo-utstyret og hvor radioaktiviteten ble målt.

Hovedresultatet av målingene var at det i Trøndelag ikke ble funnet store radioaktive anomalier unntatt på ett sted. Dette var ved dictyonemalokaliteten på Nordaunevoll på kartbladet Holtålen, geologisk beskrevet av Vogt i N.G.T., bd. 20, 1940. Radioaktiviteten i dictyonemaskiferen var på dette stedet ikke særlig høy, og radiometriske analyser viste en gehalt på ca. 0,008 % uranekvivalenter: d.v.s.

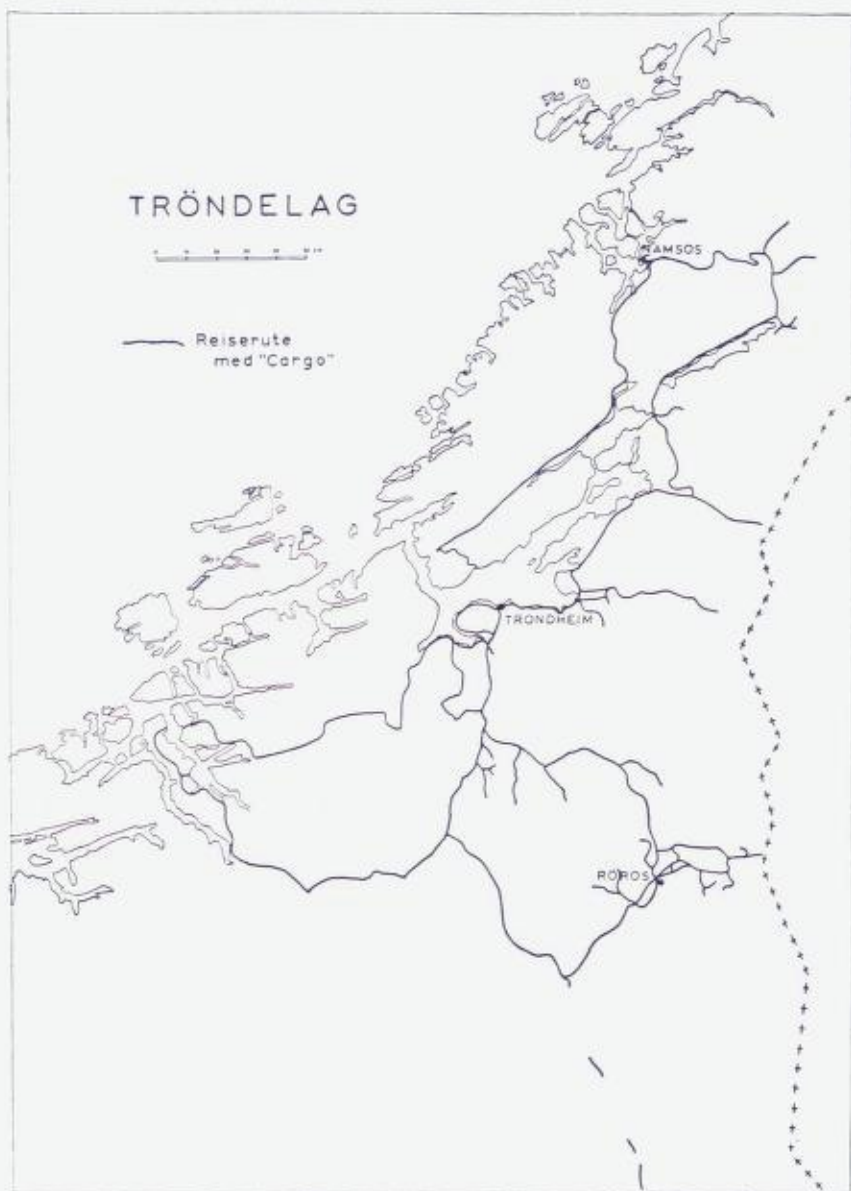


Fig. 1.

dersom all radioaktiviteten skyldes stråling fra uran i likevekt med sine datterprodukter finnes det 80 gram U_3O_8 pr. tonn bergart. En del av radioaktiviteten (muligens halvparten) skriver seg fra kalium 40, da skiferen inneholder 4,97 % K_2O . Uraninnholdet ligger litt lavere enn i dictyonemaskiferen fra Oslo-feltet.

I Rørostraktene ble bl. a. på kartbladet Aursund undersøkt det som er avsatt som alunskifer, men det fantes ingen unormal radioaktivitet i den grafittholdige skiferen.

I Sokndalområdet ble foretatt grundige undersøkelser p.g.a. et angivelig uranfunn i en skifer fra dette området, men det ble ingen steder konstatert et radioaktivt nivå av noen betydelig størrelse. Med dette menes at om all stråling skyldes uranets datterprodukter skulle gehalten av uran være større enn 30—40 gram U_3O_8 pr. tonn bergart. 1 % K_2O i bergarten gir en stråling tilsvarende strålingen fra 6—8 gram U_3O_8 pr. tonn bergart.

I de granittiske gneisområdene nordover mot Namsos var radioaktiviteten meget vekslende, men ingen steder ble registrert unormalt høye anomalier slik at det var grunnlag for mer detaljerte undersøkelser.

Når det gjelder negative anomalier, d.v.s. svært lav radioaktivitet, ble det gjort en del iakttagelser. Grønnskifrene inneholder meget lite uran/thorium og de har også lite kalium. Vest for Trondheim går veien en del steder gjennom tunneler, og i disse er det overalt et meget markert fall i strålingsintensiteten. Det samme forekommer i tunnelene nord for Sunddalen, men her forekommer en del slepper med større radioaktivitet, selv om den fremdeles er liten. Aktiviteten må enten skyldes kaliummineraler eller uran som er blitt adsorbent til leirmineralene på sleppene.

På fig. 2 som viser en del av registreringskurven fra instrumentets skriver ses et typisk eksempel på radioaktivitetens variasjon i Trøndelag. Utsnittet viser registreringen på strekningen fra Trondheim vestover forbi Byneset. Høyest er utslagene i de sure bergarter som veien skjærer igjennom, de lavere utslag skyldes skifre og lavaer, og det aller laveste utslaget forårsakes av en liten tunnel.

Fig. 3 viser et typisk eksempel på utslagene i skifrene i Sokndal. Det er bare den vanlige bakgrunnsstrålingen som registreres. Toppen skyldes en kontrollprøve på instrumentets reaksjonsevne.

Fig. 4 viser et eksempel på fall i bakgrunnsstrålingen i tunneler. Årsaken til dette er at den kosmiske strålingen blir stoppet av bergartmassene over tunnelen.

Fra Trondheim - Byneset - Buviken

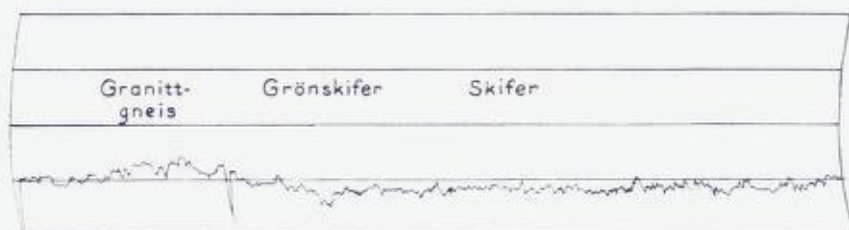


Fig. 2.

Fra Sokndal

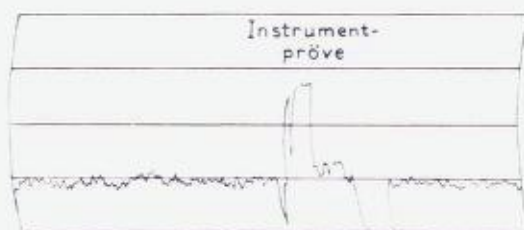


Fig. 3.

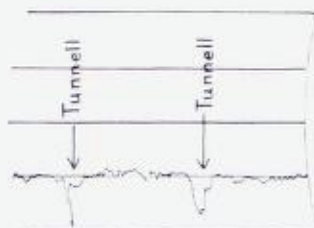


Fig. 4.

Fig. 5 er et eksempel på utslagene i Gauldalens skiferskjæringer. Tilsvarende utslag på registreringskurven er typiske for den største delen av Trøndelag.

Et eksempel fra undersøkelsene i Oslo-feltet er vist på fig. 6. Selv de meget høye utslagene skyldes ikke mere enn ca. 150 gram U_3O_8 pr. tonn bergart.

De originale registreringskurvene fra bilens instrumenter oppbevares i NGU's arkiv.

Store deler av Trøndelag er dekket av løsavleiringer, og veiene ligger ofte i de overdekkete områdene. Det kan derfor godt finnes uranforekomster uten at disse er blitt oppdaget ved den utførte rekognoseringen som vesentlig er gjort pr. bil. Men det er ikke sannsynlig at det kan eksistere stratigrafiske lag med en lignende radioaktivitet som den i Oslo-feltets kambrosilur. Det lar seg ikke gjøre å få undersøkt et sammenhengende profil over hele lagrekken i Trøndelag, men deler av lagrekken er blitt krysset på så mange steder at man kan si at undersøkelsen er tilfredsstillende.

Det er et uløst spørsmål om det noen gang har vært avsatt uran i skifrene i Trøndelagens kambrosilur eller om uranet har forsvunnet ved senere metamorfose prosesser. Det kan også tenkes at de uranførende lag i overkambrium er blitt erodert vekk før den senere sedimentasjon.

Eventuelle videre prospekteringer etter uran i Trøndelag vil måtte bygge på den forutsetning at det finnes epigenetiske uranforekomster i forbindelse med intrusivene, malmineraliseringene eller i gneisbergartene i nordvest. Det foreligger en del materiale til belysning av dette, idet ingen av de malmprøver fra Trøndelag som finnes i malmsamlingen på Universitetets Mineralogisk-Geologiske Museum, Oslo, inneholder radioaktive elementer, uran og/eller thorium, i gehalter over det normale for jordskorpen. Malmsamlingen er undersøkt ved å foreta radioaktivitetsmålinger med en blyavskjermet scintillasjonsteller. Målingene ble utført av stud. real. Sæbø og forfatteren.

Cargo-utstyret og dets anvendelse.

For at man på en forsvarlig måte skal kunne vurdere resultatene av den uranprospektering som er utført med bil i Oslofeltet, i Trøndelag og senere også andre steder i landet, er det grunn til å gjennomgå instrumentets oppbygning og dets anvendelse i praksis. En rekke for-

Fra Gauldal

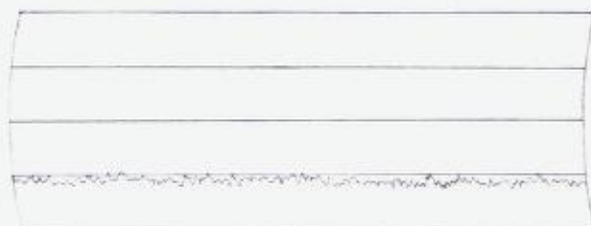


Fig. 5.

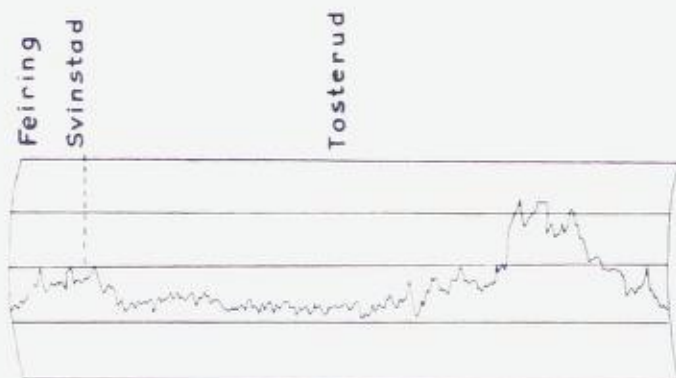


Fig. 6.

hold gjør at instrumentutslagene ikke kan plottes direkte inn på et geologisk kart, men må tolkes først.

Instrumentets oppbygning. Det instrument som er anvendt fra bil i Norge er engelsk, bygget av Atomic Energy Research Establishment i samarbeid med Atomic Energy Division of the Geological Survey of Great Britain. Instrumentet består av et sett på 6 Geiger Müller-rør. Hvert rør er 63 cm langt, 3,4 cm i diameter. Rørene er fylt med en halogendempet neon-argon-blanding. En generator drevet av bilens 12-volts batteri skaffer de ca. 380 volt som trenges til instrumentets drift. Utstyret omfatter også et rate-meter og en alarmklokke. Alarm-

klokken kan stilles slik at den ringer ved et valgt radioaktivitetsnivå. Ratemeteret angir utslagenes størrelse på en skala og driver en recorder (skriver) som gir en grafisk fremstilling av radioaktivitetens variasjon med tiden. Når bilen er i bevegelse settes et merke på den grafiske kurven for hver kilometer, og ved hjelp av en kontakt kan man også selv merke registreringskurven. Uslagene på rate-meteret og recorderen er bare relative størrelser. Skalaen er ikke lineær og hva utslagene betyr, f. eks. i MR/time for et bestemt strålingsenergiområde, kjennes ikke.

G.M.-rørene som benyttes reagerer på gammastråler fra datterproduktene til uran og thorium og på stråling fra kaliisotopen K^{40} . (Uran selv sender ikke ut gammastråler.) Bare de hårdere gammastrålene rekker inn i G.M.-rørene gjennom bilen og instrumentveggene, d.v.s. det registreres vesentlig stråling fra radium C.

Hele utstyret er bygget inn i en Land-Rover med firehjulstrekk for at det i størst mulig utstrekning kan brukes også utenfor gode veier.

Geometriske forhold. Strålingen fra en uranforekomst har samme intensitet uavhengig av avstanden dersom den radioaktive flaten er uendelig stor i forhold til instrumentet som målingen utføres med. Strålingen minskes bare p.g.a. absorpsjon i luften og eventuelt annet materiale som måtte befinne seg mellom strålingskilden og registreringsinstrumentet. I de aller fleste tilfeller vil imidlertid strålingskilden ha begrenset størrelse i forhold til instrumentet og nærme seg en punktkilde. For punktkilder er strålingens intensitet omvendt proporsjonalt med kvadrat av avstanden.

I et flatt terreng med jevn radioaktivitet i bergarten vil instrumentets høyde over bakken ha betydning for hvor stort område instrumentet oppfanger radioaktiviteten fra. Instrumentet i Land-Roveren er montert 1,7 m over bakken. Da kommer 90 % av all strålingen instrumentet oppfanger fra en sirkel med 20 meters radius om G.M.-tellerne. 75 % av strålingen kommer fra punkter innenfor 7 meters radius og hele 50 % av den stråling som registreres kommer fra punkter som ligger nærmere enn 3 meter.

I en veiskjæring eller en tunnel blir de geometriske forhold ved strålingsregistreringen forandret i forhold til en flate, fordi G.M.-telleren blir utsatt for mer stråling som kommer fra en kortere avstand.

D.v.s. i en bergart med jevn radioaktivitet vil en veiskjæring gi større utslag enn en horisontal flate. Ved måling langs en vei hvor topografien stadig skifter fra veifylling til veiskjæring vil man derfor måtte tolke utslagernes størrelse ut fra de geometriske forhold, og dette må gjøres for hver meter man kjører mens instrumentet er i gang.

For det Cargo-utstyret N.G.U. har er det oppgitt at en variasjon på 10 gram U_3O_8 pr. tonn bergart i en bergart som normalt inneholder 30 gram U_3O_8 pr. tonn, vil være merkbar under den forutsetning at blotningen er meget stor. Omvendt vil 1 kg. uranmalm som inneholder 25 % U_3O_8 ikke bli oppdaget hvis den har en større avstand enn 6 meter fra telleren.

Overdekning. Tap av gammastrålens energi i materiale som ligger mellom strålingskilden og G.M.-telleren spiller en stor rolle for registreringen av radioaktiviteten og bidrar til å vanskeliggjøre tolkningen av målingene.

Tapene er omtrent proporsjonale med materialets tetthet. Bergarter absorberer således meget av gammastrålingen, f. eks. absorberer en cm granitt 25 % av gammastrålingen slik at Cargo-utstyret ikke lenger registrerer den. 2,5 cm granitt absorberer 50 % og ved vel 10 cm bergart er 90 % av strålingen absorbert. Ved 25 cm bergart slipper bare 1 % av strålingen igjennom, og ved 35 cm er nesten alt absorbert.

Absorpsjonstallene i sand og grus er ikke meget forskjellige. 50 % av strålingen absorberes av et 3,2 cm tykt sand- eller gruslag og 90 % slipper ikke igjennom når laget er 16 cm tykt. Ved et 50 cm tykt gruslag slipper 1 % av strålingen igjennom. Grusen forutsettes i dette tilfelle å være så tett pakket at den har sp.v. 1,6.

Vann og myr absorberer meget av gammastrålingen fra en uranforekomst. Et vannlag på 5 cm stopper 50 % av strålingen slik at den ikke lenger kan registreres i instrumentet. 90 % av strålingen stoppes av et 25 cm tykt vannlag og 50 cm vann stopper 98 % av strålingen.

Disse tall er teoretiske og gjelder for et uranholdig lag med meget stor utstrekning under overdekningen. For mindre forekomster vil man nærme seg punktkilden hvor strålingsintensiteten er omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden. Denne faktor vil komme i tillegg til overdekningens dempningsfaktor. En forutsetning for disse tall er at uranet må være i likevekt med sine datterprodukter.

I endel tilfeller kan likevel uranforekomster registreres også gjennom større overdekning. Dette skyldes at radon har steget opp gjennom overdekningen, f. eks. transportert med vann e. l.

Ved tolkning av instrumentutslagene må man som følge av overdekningens effekt hele tiden ta hensyn til overdekningens grad, karakter og hva slags materiale den består av. Er strålingsintensiteten fra en uranforekomst dempet til noen få % vil en slik anomali vanligvis ikke oppdages, den forsvinner i bakgrunnsstrålingens normale variasjon.

Kjørehastighetens innflytelse på instrumentets registrering. Et instruments tidskonstant bør ikke settes så kort at svingningene på rate-meterets skala blir for lite dempet. På den annen side må man kjøre langsommere når tidskonstanten er lengere.

Bakgrunntellingene for Cargo-instrumentet er ca. 2000 tellinger pr. minutt. Rate-meteret har en tidskonstant på ca. 1 sekund, og skriverens tidskonstant er 6 sekunder. (Dette skyldes for en stor del pennens friksjon mot papiret.) Det vil derfor ta kortere tid å bygge opp et stort nok potensial i rate-meteret til å sette i gang alarmklokken enn å få registrert et utslag på skriveren. Bruker man alarmklokken og holder øye med ratemeterets utslag tillater altså dette større kjørefart. Utslagets høyde, særlig på skriveren, vil være direkte avhengig av farten dersom denne er så stor at fullt utslag ikke kan nås. Hvor tynne mineraliserte soner som blir fullt registrert vil derfor være direkte avhengig av bilens fart.

En prøve som er blitt utført i England viser at en 30 cm bred gang (grøft) fyllt med 0,5 % U_3O_8 kan oppdages i en fart på opptil 95 km pr. time når man kjører rett over. Men ved høyere hastigheter, og derfor små utslag, blir det vanskelig å oppdage ukjente anomalier i forhold til de små fluktuasjoner instrumentet alltid registrerer p.g.a. variasjonene i bakgrunnsstrålingen som skyldes forandringer i geometrien, overdekningen, veimaterialet og den kosmiske strålingen.

Veimaterialet. Den radioaktive strålingen fra veimaterialet spiller en stor rolle da veimaterialet er den nærmestliggende strålingskilde. Et radioaktivt profil langs en vei hvor veidekket skifter fra granittisk gatesten til asfalt og til grusvei vil gi et tydelig forskjellig radioaktivitetsnivå for de forskjellige veidekker. I størst mulig utstrekning bør man unngå veier med fast dekke, og kjøre på veier hvor det er brukt lokalt materiale ved oppbygging av veien.

Bilens masse virker også i noen grad som en skjerm mot strålingen fra underlaget. Praktisk erfaring har vist at stråling som kommer inn normalt på G.M.-rørenes lengdeakse gir større telling enn stråling som kommer inn parallelt med lengdeaksen. Rørene henger derfor parallelt med bilens lengdeakse, slik at strålingen fra veimaterialet foran, under og bak bilen skal telles litt mindre enn strålingen som kommer inn fra siden av veien.

I noen tilfeller har vi kommet på spor etter uranforekomster ved å undersøke hvor et radioaktivt veimateriale kommer fra. Gamle grubeveier kan være radioaktive dersom gruben har inneholdt uran- eller thoriumminerale og hvis utlutningen av uranmineralene ikke har vært for stor.

Kosmisk stråling. Kosmisk stråling utgjør en meget stor del av den totale stråling som Cargo-utstyret registrerer. Den varierer noe med breddegraden, men er vesentlig avhengig av høyden over havet. Strålingens intensitet, slik den registreres av bilens G.M.-instrument, øker til omtrent det dobbelte fra havoverflaten til ca. 1600 m.o.h. Innen korte tidsrom varierer intensiteten i den registrerte kosmiske stråling endel.

Ved å måle strålingsintensiteten på en godt blottet bergartsflate, i en tunnel som er slått i den samme bergarten og kombinere dette med målinger gjort på et islagt vann får man gode tall for bilens egenstråling, og den kosmiske stråling på det sted og den tid målingene foretas.

At den kosmiske stråling gir betydelige utslag på skriveren kan ses på profilene fra Trøndelag hvor radioaktiviteten i tunnelene synker til meget lave verdier. På kurvene utgjør kosmisk stråling ca. 75 % av den totale strålingen bilen registrerer når den kjører på en vei i områder hvor bergartene og/eller de løse avleiringer inneholder 10—20 gram U_3O_8 pr. tonn bergart.

Forvitring og utlutning. Forvitring og utlutning kan føre til at man har radioaktive anomalier uten tilstedeværelse av uran eller thorium. Vanligvis forekommer uran sammen med hele rekken av datterprodukter, men det er de siste ledd i rekken (etter radium) som gir 95 % av den hårde gammastråling Cargo-instrumentet registrerer.

I mange mineraler kan uran lett forvitre og transporteres vekk som uranylioner, mens radium blir igjen som strålingskilde. Det kan

også forekomme at radongassen (radiums datterprodukt) unnviker fra en uranforekomst, f. eks. gjennom grunnvannet, og bygger opp en radioaktiv anomali et stykke vekk fra den primære forekomst. Man kan også ha kombinasjoner av disse fenomener. Halveringstiden for radium er lang i forhold til radons halveringstid, 1622 år mot 3,8 dager, men radons datterprodukter har så kort halveringstid at det fort vil innstille seg en likevekt.

Uran fra uranyllioner kan utfelles som sekundærminerale eller absorberes til organisk materiale. Det forekommer f. eks. i myrer i Nord-Norge hvor tørrstoffet inneholder 2 % uran. Når de sekundære uranforekomstene en betydelig alder vil de etter hvert bli radioaktive, men likevekten med datterproduktene kommer først etter ca. 1 000 000 år p.g.a. uranets lange halveringstid.

Thorium. For thorium har man ikke det samme problem med utlutning og transport fordi thoriummineralene forvitrer vanskeligere og thorioms datterprodukter har forholdsvis kort halveringstid, spesielt thoron som er den tilsvarende gass til radon.

Andre resultater. I tillegg til direkte geologisk interesse for Cargo-resultatene som et prospekteringshjelpemiddel, har målingene også strålingsbiologisk interesse.

Den stråling som registreres med Cargo-utstyret er bare den hardeste del av totalstrålingen, men om man subtraherer utslagene for den registrerte kosmiske strålingen står reststrålingen i et bestemt forhold til totalstrålingen av bløte og harde stråler på et sted. De variasjoner som man på denne måten finner i strålingen fra bergarter og løsmasser kan være meget store. Dette har interesse i forbindelse med de undersøkelsene som pågår over bakgrunnsstrålingens intensitet i forskjellige landsdeler for å bringe på det rene hvor stor totalstråling befolkningen er utsatt for. Befolkningen på alunskifer får f. eks. mange ganger større radioaktiv bestråling i sin levetid enn de som bor på sandavsetninger. Fra Cargo-registreringene foreligger et meget stort målingsmateriale, men p.g.a. de vanskeligheter med tolkningen som er nevnt ovenfor vil den strålingsbiologiske tolkning være en komplisert oppgave hvis man ønsker detaljerte opplysninger.

Summary.

Uraniumprospecting in Trøndelag.

No concentration of uranium, as it occurs in the Oslo region, was found in the Cambro-Ordovician sediments and effusives of Trøndelag. Neither was any epigenetic U—Th mineralization discovered during the radiometric surveying.

The carborne G.M. equipment used during the prospecting is described and the use of it under Norwegian field conditions is discussed, particularly the effects of topography and overburden.