

En uran-anomali i Telemark og dennes innvirkning på radon-innholdet i drikkevann

Av Per Ryghaug

Per Ryghaug er avdelingsingeniør ved geokjemisk seksjon, geokjemisk avdeling, Norges geologiske undersøkelse,

INNLEDNING

NGU driver systematisk kartlegging av grunnstoffinnholdet i bl.a. løsmasser og vegetasjon. Resultatene av disse undersøkelserne blir tradisjonelt benyttet ved ressursundersøkelser. Imidlertid har geokjemiske data mulige bruksområder langt utover de rene malmletingsinteresser. Denne artikkelen søker å belyse hvordan geokjemiske data kan være av interesse for vurdering av kvaliteten på drikkevannsressursene i et område.

En del av resultatene ble fremlagt ved foredrag på Norsk geologisk forenings VIII landsmøte, Oslo januar 1983 (Ryghaug, 1982).

GEOKJEMISK KARTLEGGING

Geokjemisk kartlegging ble gjennomført i 1979 på kartblad 1713 IV Nordagutu (målestokk 1:50 000) i Telemark fylke (fig. 1), som var et av prøvekartbladene til et kvartærgeologisk forprosjekt ved NGU (Ryghaug, 1981).

Prøveinnsamling og analysering

Bekkesedimenter og bekkemose fra 264 lokaliteter ble prøvetatt fra bunnen av bekker som rant nær kjørbær vei. Bekkesedimentene ble våtsiktet i felt og materialet

med kornstørrelse mindre enn 0.18 mm ble brukt til kjemisk analyse.

Bekkemoser (*scapania undulata* og *fontinalis antipyrretica*) ble samlet inn fra steiner i bekken (fortrinnsvis under vann) og renvasket for humus og sedimentrester i bekkvannet på stedet. Etter tørking ble mosene tørrsiktet og materialet som var større enn 2 mm ble forasket ved 430°C og glødetapet bestemt. Asken ble analysert.

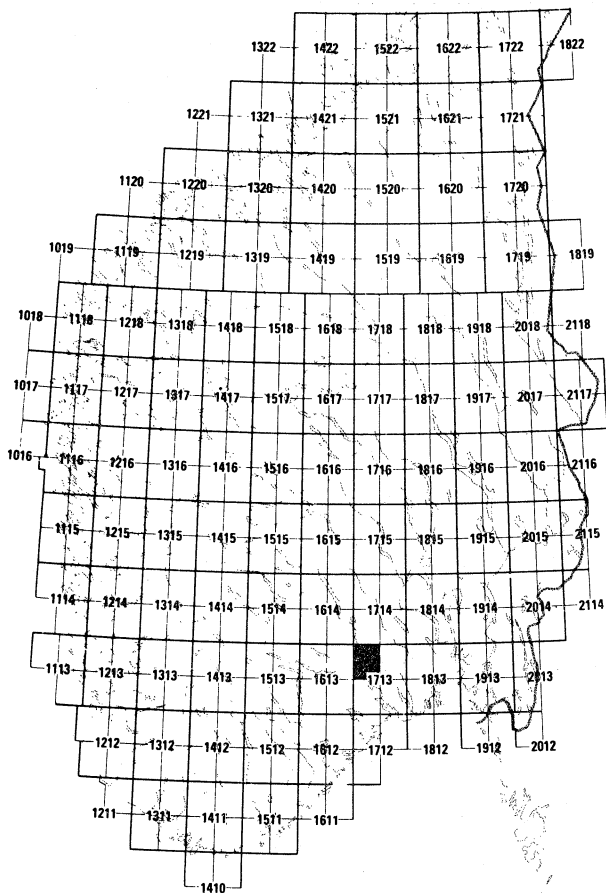
Innholdet av uran og andre grunnstoffer ble bestemt ved hjelp av røntgenfluorescensmetode (Philips PW 1450/20).

Nærmere beskrivelse av prøvetaking, preparering og analysearbeide er rapportert (Ryghaug, 1981).

Resultater av kartleggingen

Kartblad Nordagutu inneholder flere geologiske enheter. Oslofeltet med perm-eruptiver og kabro-silurbergarter, grunnfjell som hovedsaklig består av granittiske gneiser samt Fensfeltets karbonatitt-kompleks er de viktigste (Dahlgren 1978). Berggrunnens hovedtrekk er vist på kartfigurene.

Uran i bekkesedimenter viser anomalt høye konsentrasjoner i et område med grunnfjellsgneis (figur 2). Anomalien opptrer imidlertid på tvers av bergarts-strøker til de forskjellige gneis-sonene, og konsen-



Figur 1. Nøkkelkart som viser beliggenheten til kartblad Nordagutu 1713 IV.

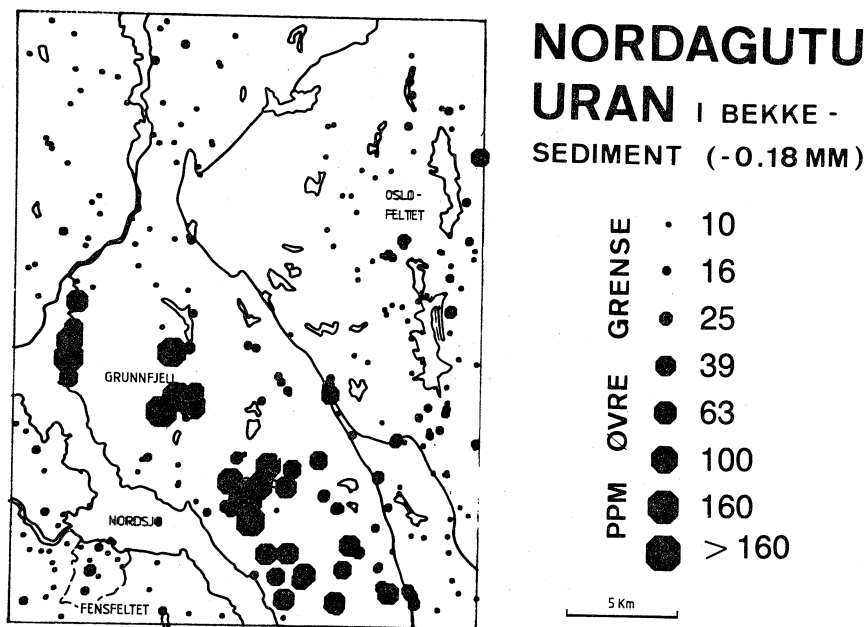
trasjonene er ca. 100 ganger høyere enn normal-innholdet i bekkesedimenter fra Sør-Norge (upublisert materiale, NGU).

Uran i bekkesedimenter (fig. 3) viser et tilsvarende mønster, og indikerer at bekkesedimentene tar opp uran og andre grunnstoffer fra bekkevannet, noe som tidligere er omtalt av bl.a. Bengtsson et al. (1981), Ryghaug (1983a) og Whitehead et al. (1969).

VIDERE UNDERSØKELSER

Prøveinnsamling og målinger

De radioaktive bergarter, som kan være kilde til uran-anomaliene, ble funnet ved hjelp av scintillometermålinger i fjellskjæring langs skogsbilveier og bekkefar i området. Scintillometermålingene (impulser pr. minutt) angir den totale gammastråling, og ca. 225 imp/min tilsvarer



Figur 2. Uran i bekkesedimenter på kartblad Nordagutu 1713 IV.

1µR/h. De radioaktive bergartene ble prøvetatt og analysert kjemisk.

For å følge opp de miljøkjemiske aspekter ved uran-anomalien ble det tatt prøve av vannet i noen av bekkene med høy U-konsentrasjon i bekkesediment og bekke-mose. Det ble også tatt prøver av vann fra noen tønner og drikkevannet i endel tilfeldig utvalgte hus i området. Disse prøvene (60 ml) ble filtrert gjennom et millipore engangsfiltet (0.45 µm) og surgjort med super-ren salpetersyre. Prøvene ble analysert på uran med laserindusert spektrometri ved Grønlands Geologiske Undersøgelse i København.

På alle prøvesteder ble også vannets innhold av den radioaktive edelgassen Radon-222 målt i felt. Måleutstyret består av

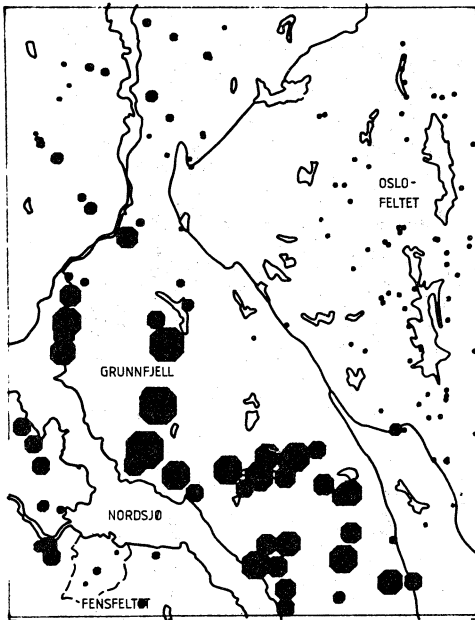
et degassingsystem som vist på fig. 4, og en detektor (Lucas 1957). Måleenheten til instrumentet, ved den prosedyren som ble brukt, var counts pr. minute (cmp) og angir alfa-strålingen som avgis når Radon-222 går over til Polonium-218. Standardisering av radon-målingene ved hjelp av en radium-standard viste at 1 cpm tilsvarte ca. 8 pCi/l.

Årsaken til uran-anomalien

For en stor del synes uran-anomaliene å være knyttet til flatliggende gangbergart-systemer, som av Dahlgren (personlig meddelelse) blir omtalt som «fonolittiske fensfeltganger».

Uran-konsentrasjonene i disse gangene, som kan være fra noen cm til noen meter

NORDAGUTU URAN I BEKKEMOSE (tørrstoff)



PPM ØVRE GRENSE	•	10
	•	16
	•	25
	●	39
	●	63
	●	100
	●	160
	●	250
●	> 250	

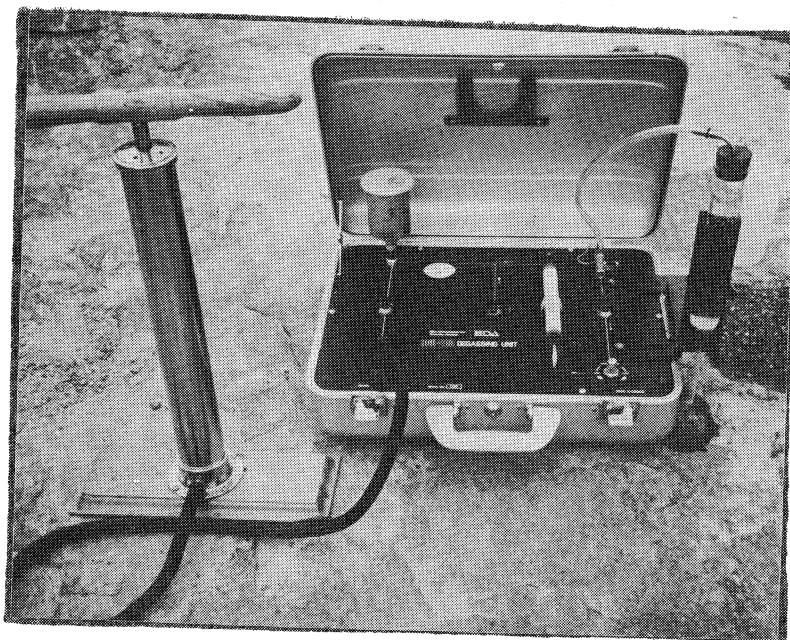
Figur 3. Uran i bekkemose på kartblad Nordagutu 1713 IV.

tykke, viser store variasjoner (<10 ppm til 600 ppm U). I en kontaktsone (noen cm tykk) i en av gangene ble det registrert en uran-konsentrasjon på 0.4%. Enkelte partier i den granittiske gneisen var også radioaktive, spesielt i partier med brek-sjiering eller med rødlig pegmatittisk utvikling. Uran-innholdet i prøver fra de mest aktive sonene i gneisen var fra 10—80 ppm.

Uran-mineraliseringene er neppe økonomisk interessante. Gammastrålingen fra berggrunnen er imidlertid såvidt høy flere steder at den kan ha interesse i helsesammenheng. Gamma-stråling over $30 \mu\text{R/h}$ er vanlig for store områder innen kart-

bladet. I enkelte, spesielt aktive soner ble det målt opp til $450\text{--}700 \mu\text{R/h}$ (fig. 5).

I Sverige og Finland kan høy gamma-stråling fra marken i et område gi indikasjon på at radon-konsentrasjonen i boliger innen samme område også er høy (bl.a. Kahlos et al., 1973 og Åkerblom et al., 1982). Radonutredningen i Sverige har utarbeidet forslag til grenseverdier for gamma-stråling fra marken. Det anbefales nærmere undersøkelser av radon-konsentrasjon i luften i hus der gamma-strålingen utenfor huset er mer enn $30 \mu\text{R/h}$. En ønsker å unngå ny bebyggelse der gamma-strålingen er større enn $100 \mu\text{R/h}$. Enkelte av målingene innen kartblad Nordagutu var i denne størrelsesorden (fig. 5).



Figur 4. Degassingsystemet for måling av radon i vann (modell RDU-200).

Bergart	γ -stråling, $\mu R/h$
Fonolitt-ganger	20—700
Pegmatitt/gneis	25—450
Syenitt/Larvikitt	25— 50
Svart-skiifer	18— 40
Gneis m.m.	9— 13 (bakgrunn)

Figur 5.

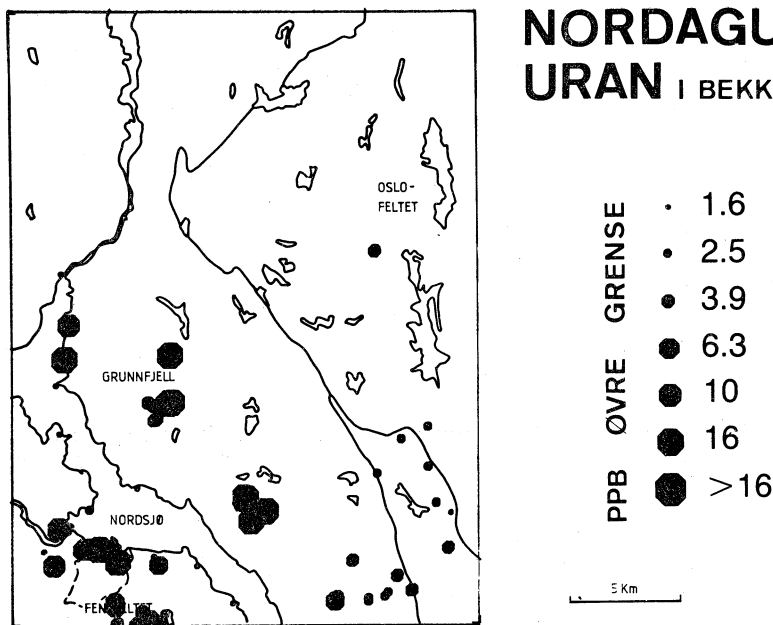
Tabell over gamma-stråling fra endel bergarter innen kartblad Nordagutu 1713 IV.

Vannets uran- og radon-innhold

Uran-innholdet i bekkevann (figur 6) viser høye konsentrasjoner i gneisområdet NØ for Fensfeltet i likhet med bekkesediment og bekkemose. Men bare bekkevann viser høye uran-konsentrasjoner innen selve

Fensfeltet hvor det i enkelte bergarter er registrert uran. Utvidet prøvetaking i og rundt Fensfeltet (Ryghaug, 1981) viste at gneisområdene syd-øst for Fensfeltet over marin grense har uran-anomalier også i bekkesediment og bekkemose i likhet med bekkevannet. Disse lokaliteter er imidlertid ikke med på fig. 2 og 3, og ligger tildels utenfor kartbladet.

Edelgassen Radon spaltes til forskjellige «radon-døtre» etter tur. Radon-døtrene er partikler og de avgir stråling når de spaltes videre ned og tilslutt ender opp som ikke radioaktivt bly. Radon-døtrenes mulige årsak til lungekreft har lenge vært kjent (Bale & Shapiro, 1956). Her i landet har bl.a. Erling Stranden (1979, 1981) ved Statens institutt for strålehygiene ar-



Figur 6. Uran i bekkevann innenfor kartblad Nordagutu 1713 IV.

beidet med disse spørsmål. Det er først og fremst Radon-222 som har sitt opphav fra uran som er risikofyllt. Radon-220, som stammer fra thorium, er mindre farlig pga. sin korte halveringstid på 55 sek. mot 3.8 dager for Rn-222. Denne forskjellen ble utnyttet under radon-målingene ved at man lot det gå ca. 3 min. fra radon-gassen var samlet opp og til alfastrålingen ble registrert. Man fikk dermed registrert radon-gehaltene som hadde sitt opphav fra uran.

Selv om utluftingen av radon-gass i bekkevann er stor, var konsentrasjonen noe høyere i de sentrale deler av uran-anomaliområdet enn i de mer perifer deler av gneisområdet.

Radon-konsentrasjonen i bekkevannet var markert høyere enn i overflatevannet

fra tjernene i det samme området. Konsentrasjonen som ble målt i grunnvann var imidlertid mer enn 100 ganger høyere enn i dette overflatevannet (fig. 7).

Det ble målt pH og ledningsevne i alle målestasjonene.

Innen Fensfeltet ble det målt lave radonverdier i bekkevannet da det her hovedsakelig er thorium som er strålingskilden.

Målinger av radon-innholdet i grunnvann ble utført ved å prøveta vann fra kjøkkenkranen i noen tilfeldig utvalgte hus som fikk sitt vann fra brønner. Deres beliggenhet er vist på fig. 8.

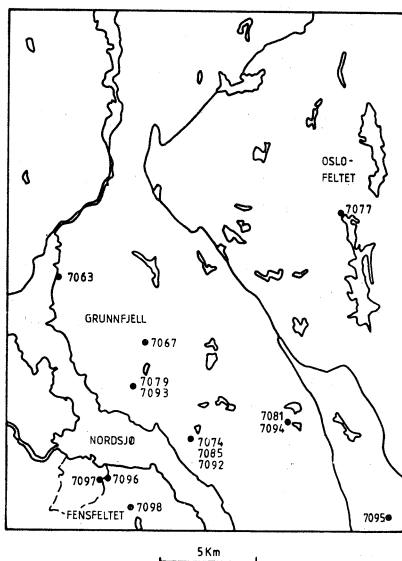
I noen av husene ble det foretatt parallell-målinger samme dag og kontrollmålinger ca. 1 mnd. senere. Måleresultatene er

VANNTYPE	Ant. måle- stasjoner	Måleresultater		
		cpm		pCi/l
		min - max	— X	— X
TJERN (overflatevann)	11	0 - 29	9	72
BEKKEVANN (- " -)	12	4 - 75	34	272
GRUNNVANN (vannkran)	10	173 - 3777	1119	8952

Figur 7. Tabell som viser radon-konsentrasjonen som ble målt i overflatevann og grunnvann innen kartblad Nordagutu. Konsentrasjonen er målt i cpm og omregnet til pCi/l.

vist i tabellen på fig. 9. Ledningsevnen var i alminnelighet vesentlig høyere i grunnvann enn i overflatevann, og grunnvann med høyt radon-innhold hadde høyere ledningsevne enn grunnvann med lavere radon-innhold. Den lave radon-konsentrasjonen i vann fra to hus innen Fensfeltet (7096, 7097) skyldes bl.a. at drikkevannet her var overflatevann fra et tjern (Dam-tjern) som ligger utenfor feltet.

Høyt radon-innhold i grunnvann og dets betydning for radon-konsentrasjonen i luften inne i boliger, samt de tilhørende helsemessige konsekvenser, er behandlet av bl.a. Gesell et al. (1978) og Hess et al. (1978). En finsk undersøkelse (Castrén 1978) viser hvordan radon-innholdet i grunnvann (4000—450 000 pCi/l) fra brønner i et stort granittområde fikk radon-konsentrasjonen i boligluften til å variere (1—60 pCi/l luft) i takt med vannforbruket gjennom døgnet. Vår høyeste måling på 30 400 pCi/l i drikkevann er ca. 100 ganger høyere enn målinger i



Figur 8

Beliggenheten til de boligene innen kartblad Nordagutu 1713 IV, hvor det ble tatt prøver av drikkevannet (grunnvannet fra kjøkkenkran) og radon-konsentrasjonen målt. Provenummer er også angitt.

Loka- litet. nr.	Sted	RADON			Ledn.		Måle
		c p m		pCi/l	evne	pH	dato
		1. gang	2. gang	X	μ mhas/cm		1981
7063	Lia	32		258	43	5.4	29.07
7067	Valebø st.	173	231	1 626	22	5.0	31.07
7074	Usterud	2914	3777	26 694	170	6.1	03.08
7085	- " - (brønn)	534		4 299	137	7.1	11.09
7092	- " -	743		5 981	175	6.5	14.09
7077	Luksefjell	227	187	1 666	39	5.7	05.08
7079	Lunde	1765	1910	14 796	298	7.3	07.08
7093	- " -	377		3 035	285	7.2	14.09
7081	Nisterud	1184		9 573	231	6.2	07.08
7094	- " -	742		5 973	178	6.5	14.09
7098	Jøntvedt	1519		12 228	112	6.4	21.09
7095	Tufte	7		56	50	6.5	14.09
7096	Gruben	7		56	60		16.09
7097	Fen	0		0			16.09

Figur 9. Tabell som viser måleresultatene fra drikkevann i enkelte hus innen kartblad Nordagutu 1713 VI.

hus innen f.eks. kambro-siluruområdet (lok. 7095). Målingene innen uran-anomalioområdet er utført i noen tilfeldig valgte hus, og det er ingen grunn til å tro at det er noen maksimumsverdi for området en her har registrert. Radon-konsentrasjonen i hus vil variere med berggrunnsforhold, årstid, nedbørsmengde, lufttrykk, ventilasjon etc. En omregning av konsentrasjonen av radon i husholdningsvannet til konsentrasjon i innåndingsluften i hus vil derfor være meget

usikker. Omregningsfaktorer brukt i litteraturen synes å ligge mellom 10^{-4} og 10^{-3} . Vår høyeste måling i vann kan således representere fra 3.0 til 30 pCi/l i luften. Selv med det laveste estimatet er måleverdiene dobbelt så høye som den gjennomsnittskonsentrasjonen (1.4 pCi/l) Stranden (1979) angir for norske hus, og 10 ganger høyere enn en grenseverdi for den vanlige befolkning (0.33 pCi/l) gitt av International Commission on Radiological Protection i 1959 (ICRP 1959).

NOEN KOMMENTARER TIL RESULTATENE

Undersøkelsen viser at man ved generell geokjemisk kartlegging vil kunne finne frem til nye områder der den naturlige forekomst av uran er så høy at den kan tenkes å ha helsemessig betydning.

De høye uran-konsentrasjonene i enkelte bergarter og løsmasser vil påvirke vannkvaliteten. Byggeråstoff og grunnvann fra et slikt område vil kunne forårsake høye radon-konsentrasjoner i bolighus. Får en registrert disse områdene, som det kan antas å være mange av i Norge, vil forebyggende tiltak kunne settes iverk.

Det må imidlertid foretas direkte målinger av boligluftens radon-konsentrasjon over en tid før en kan uttale seg om en eventuell helsemessig risiko i et slikt område. Disse målingene er det Statens institutt for strålehygiene som foretar.

Slike tolkninger av geokjemiske data vil kunne være av nytte for planleggere og lokalpolitikere (Ryghaug, 1983 b). NGU overveier å gi ut egne geokjemiske tolkningskart for dette formålet dersom det er interesse og etterspørsel etter slike geokjemiske opplysninger.

REFERANSER

- Bale, W. F. & Shapiro, J. V., 1956: Radiation Dosage to lungs from radon and daughter products, Proc. 1. int. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 1955, Vol. 13, 233, UN., New York.
- Bengtsson, Å. & Lithner, G. 1981: Vattenmossa (fontialis) som mätare på metallförorening. Statens naturvårdsverk, Sverige. Rapport PM 1391.
- Carstén, O. 1978: The Contribution of Bored Wells to Respiratory Radon Daughter Exposure in Finland. Proc. of Sump. on natural radiation env. III. Vol. 1, Houston, Texas.
- Dahlgren, S. 1978: Nordagutu, berggrunnsgeologisk kart 1713 IV. M 1:50 000, foreløpig utgave, Norges geologiske undersøkelse.
- Gesell, T. F. & Prichard, H. M. 1978: The Contribution of Radon in Tap Water to Indoor Radon Concentrations. Proc. of Sump. on natural radiation env. III. Vol. I, Houston, Texas.
- Hess, C. T., Casparius, R. E., Norton, S. A. & Brutsaert, W. F. 1978: Investigation of Natural Levels of Radon-222 in Groundwater in Maine for Assessment of Related Health Effects. Proc. of Sump. on natural radiation env. III, Vol. I, Houston, Texas.
- ICRP, 1959: International Commission on Radiological Protection (ICRP) Report 2 (New York: Pergamon Press).
- Kahlos, H., and Asikainen, M., 1973: Natural radioactivity of ground water in the Helsinki area. Report SFL A-19, Säteilyfysiikan laitos, Helsinki.
- Lucas, H. F. 1957: Improved Low Level Alpha Scintillation Counter for Radon, Rev. Sci. Instruv., 28, 680.

- Ryghaug, P. 1981: Geokjemi i løsmasser. NGU-rapport nr. 1633/05.
- Ryghaug, P. 1982: Om en geokjemisk uran-anomali NØ for Fensfeltet og hvordan den innvirker på radoninnholdet i drikkevann. Geolognytt nr. 17, Norsk Geologisk Forening, s. 43—44.
- Ryghaug, P. 1983 b: Geokjemisk tolkningskart — en mulig presentasjon av geokjemiske data for planleggingsformål? Årsmelding NGU 1982. Oversiktartikkel s. 37—42.
- Ryghaug, P. 1983a: Utprøving av geokjemiske letemetoder for niob og sjeldne jord-elementer ved Sæteråsen, Vestfold, Oslofeltet. NGU-rapport nr. 1632.
- Stranden, E. 1979: Population doses from naturally occurring radiation in Norway. Statens institutt for strålehygiene, SIS Rapport 1979: 2.
- Stranden, E. 1981: Radon som strålingsproblem. SIS Rapport 1981: 3.
- Whitehead, N. E. & Brooks, R. R. 1969: Aquatic Bryophytes as indicators of Uranium Mineralization. The Bryologist, 72, 502—507.
- Akerblom, G. & Wilson, C. 1982: Radon-geological aspects of an environmental problem. Sveriges geologiske undersökning. Rapport och meddelanden nr. 30.

GRUNNVANN — BRØNNBORING

Grunnundersøking — Grovhullsboring.

Vår allsidige maskinpark og lange erfaring gjør at vi kan utføre dei fleste typer boringar til fornuftig pris.

HALLINGDAL BERGBORING

Magne Veslegard

3570 Ål - Telefon: 067/84 200

5700 Voss - Telefon: 055/11 285

Utstyr for:

VANNHASTIGHETSMÅLING
VANNSTANDSMÅLING
LANDMÅLING

Repr.
A. Ott
 Kempten

Sigurd Baalsrud
 Kirkegaten 34, Oslo 1
 Tlf. 42 24 29

Askania Werke
 Berlin W