

SKBF
KBS

TEKNISK
RAPPORT

81-08

**Naturligt förkommande uran-,
radium- och radonaktiviteter i
grundvatten**

Mats Aastrup

Sveriges Geologiska Undersökning oktober 1981

SVENSK KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING AB / AVDELNING KBS

POSTADRESS: Box 5864, 102 48 Stockholm, Telefon 08-67 95 40

NATURLIGT FÖREKOMMANDE URAN-, RADIUM- OCH
RADONAKTIVITETER I GRUNDVATTEN

Mats Aastrup

Sveriges Geologiska Undersökning Oktober 1981

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS-projektet. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

En förteckning över hittills utkomna rapporter i denna serie under 1981, återfinns i slutet av rapporten. Uppgift om KBS tidigare tekniska rapporter från 1977-1978 (TR 121), 1979 (TR 79-28) och 1980 (TR 80-26) kan erhållas från SKBF/KBS.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Summary	sid
Inledning	1
Stationer för provtagning och analys av uran, radium-226 och radon-222	1
Beskrivning av analysmetoder och analys- resultat	bilaga 1
Bearbetning av analysresultaten	6
Uran	6
Radium-226	11
Radon-222	14
Jord- och bergakviferberoendet	18
Slutsatser	21
Bilaga 1 (Studsviks resultatredovisning)	
Bilaga 2 (Förnyad provtagning av några stationer i Norrland)	

SUMMARY

Natural activities of uranium, radium and radon in groundwater.

Introduction

The aim of the investigation was to get information of the range of the activities of the radioactive isotopes of uranium, radium-226 and radon-222 in groundwater in aquifers of different geological settings. Correlations with other chemical parameters were made.

Methods of investigation

Forty-two stations included in the National Groundwater Observation Network, which is a monitoring project governed by the Geological Survey of Sweden (SGU), were sampled in late August and the first week of September 1980. The geographic distribution of the sampling stations is presented in figure 1. The samples were collected in polyethene bottles with a volume of five litres, and sent to Studsvik Energiteknik AB for analysis.

The characteristics of the sampling stations are given in table 1. The sampling stations consist of natural springs, production wells, drilled boreholes and observation tubes.

Of the 42 sampling stations 22 are withdrawing groundwater from aquifers in unconsolidated rocks and 20 from consolidated rocks.

The number of stations in different bedrock areas are: granite 14, gneiss 8, quartzite 2, sandstone 4, limestone 12 and shales 2.

Results

No correlations could be found between the radioactive isotopes and other chemical parameters (pH, conductivity, HCO_3 , Cl, SO_4 , Na, K, Ca, Mg). Uranium and radon are weakly correlated ($r^2 = 0.61$), but not uranium and radium, nor radium and radon.

The distribution of the activities of the isotopes are very skew, with a few very high activities (log-normal distribution).

The uranium activities range from 2.5 to 1100 mBq/l. The median is 14 mBq/l. The high values are linked with granites, which have a median of 35 mBq/l. The groundwaters of sedimentary rocks have generally very low uranium activities. (Figures 2 and 3, table on p. 9).

The radium activities are lower than the uranium activities. They range from 0.5 mBq/l to an extreme of 1900 mBq/l, with a median of 3.9 mBq/l. (Figures 4 and 5, table on p. 14). Even the high radium activities are linked with groundwaters in granitic areas (median 6.8 mBq/l), which is also the case for radon (median 92 Bq/l).

The activities of radon-222 in groundwater are thousand to tenthousandfold those of uranium and radium-226. They range from 3.2 to 1500 Bq/l, with a median of 55 Bq/l. (Figures 6 and 7, table on p.18).

Higher concentrations of U, Ra-226 and Rn-222 have been found in groundwaters from consolidated rocks than in groundwaters from unconsolidated material in areas with granitic- and gneissic bedrock. In sedimentary rock areas the situation is quite the opposite with higher activities in aquifers of unconsolidated material, most likely depending on the presence of material originating from areas outside the sedimentary bedrock area, deposited by the ice during the Pleistocene.

Short vocabulary for the correct interpretation of figures
and tables.

Grundvattenprovtagningstationer = groundwater sampling stations

Läge = geographic position

Höjd ö. h. = altitude above sea level

Bergborra = drilled borehole in consolidated rocks

Källa = natural spring

Jordborra = drilled borehole in unconsolidated rocks

Järnrör = iron tube

Plaströr = plastic tube

Djup = depth

B = aquifer in consolidated rocks

J = "-" -" - unconsolidated -"

Kalksten = limestone

Sprickrik = rich in fractures

Isälvsmaterial = glaciofluvial material

Morän = till

Täckande jordlager = covering layer of unconsolidated material

Finkornig = fine grained

Grovkornig = coarse grained

Lera = clay

Områdets berggrund = type of bedrock of the area

Skiffer = shale

Omsättningstid = turnover time of the groundwater

År = year

Samtliga stationer = all sampling stations

Medianvärde = median

Medelvärde = mean

Inledning.

Sveriges geologiska undersökning fick 1980-06-06 i uppdrag av SKBF/KBS att provta grundvatten i ett antal utvalda kemiprovtagningsstationer inom grundvattennätet, för bestämning av naturligt förekommande aktiviteter av uran, radium-226 och radon-222. Provtagningen utfördes i augusti-september 1980 av personal från SGU. Proverna analyserades därefter av Studsvik. Genom att stationer i det löpande grundvattenkemiska programmet vid grundvattennätet utvaldes som provtagningsplatser erhöles viktig kringinformation bl.a. av de grundvattenförande lagrens (akviferer) geologiska sammansättning, grundvattnets kemiska sammansättning och variation samt vattnets ungefärliga ålder.

Provtagningsstationerna utgörs av källor, produktionsbrunnar, bergborror och observationsrör.

Syftet med grundvattennätets kemiska program är bl.a. att kunna relatera grundvattnets kemiska sammansättning till klimat, geologi och topografi. Stationerna provtas 2 - 6 gånger per år. Tidsserier erhålls och variationer i vattnets kemiska sammansättning studeras. Stationerna är inte påverkade av punktföroreningar. Eventuella förändringar i grundvattenkemin beror därför på förändringar i klimat, areella näringar och diffusa luftburna föroreningar.

Stationer för provtagning och analys av uran, radium-226 och radon-222.

Fyrtiotvå stationer provtogs. Av dem är 22 stationer i jordakviferer och 20 i bergakviferer. Stationerna ligger i områden med olika berggrund. Fördelningen av provtagningsstationerna på olika bergarter är:

Granit	14	stationer
Gnejs	8	""-
Kvartsit	2	""-
Sandsten	4	""-
Kalksten	12	""-
Skiffer	2	""-

Övrig karakterisering av provtagningsstationerna framgår av tabell 1. Stationernas geografiska lägen framgår av kartan i figur 1.

KARAKTERISERING AV GRUNDVATTENPROVTAGNINGSSATIONERNA

STATION	LÄN	KOMMUN	LÄGE		HÖJD ö h (m)	TYP AV STN	DJUP	TYP AV akvifer	AKVIFERENS geologi	EV.TÄCKANDE jordlager	OMRADETS berggrund	OMSÄTTN. tid
			lat	long								
01010 Tygelsjö	M	Lund	553110	130000	20	bergborra	59	B	kalksten sprickrik	morän	kalksten	M
02001 Rövarekulan	M	Eslöv	554725	133005	103	källa	0	J	sand	morän	skiffer	K
03006 Vinslöv	L	Hässleholm	560605	135500	28	bergborra	26	B	sandsten	morän	kalksten	M
03011 Gärds Köpinge	L	Kristianstad	555630	140955	6	bergborra	92	B	sandsten	morän	kalksten	L
03014 Tollarp	L	Kristianstad	555540	135840	32	jordborra	29	J	sand, okänd genes	morän	kalksten	L
03016 Ö.Sönnarlöv	L	Kristianstad	555315	140110	38	bergborra	52	B	sandsten	morän	kalksten	M
03017 Yngsjö	L	Kristianstad	555245	141345	3	bergborra	57	B	kalksten	finkornigt sediment	kalksten	L
03022 Vinslöv	L	Hässleholm	560550	135440	35	bergborra	62	B	kalksten	morän	kalksten	M
03023 Åhus	L	Kristianstad	555545	141740	9	bergborra	39	B	sandsten	grovkor- nigt sed.	sandsten	M
03049 Färlöv	L	Kristianstad	560437	140509	23	jordborra	28	J	isälvsmat.		sandsten	M
03050 Kristianstad	L	Kristianstad	560233	140732	3	bergborra	83	B	sandsten	finkor- nigt sed.	kalksten	M-L
84001 Gullringen	H	Vimmerby	574753	154443	118	källa	0	J	morän		granit	K
85001 Gallaredsk.	N	Halmstad	563508	125740	8	källa	0	J	isälvs sand		gnejs	K-M
17011 Vissbodakällan	T	Hallsberg	590045	150330	110	källa	0	J	isälvs sand		gnejs	K
54020 Barkhult	P	Lerum	574439	122627	175	bergborra	103	B	gnejs	morän	gnejs	K-M
60010 Ljungstorp	E	Mjölby	582440	150825	83	bergborra	36	B	sandsten	finkor- nigt sed.	sandsten	L
60011 Ljungstorp	E	Mjölby	582440	150825	83	järnrör	10	J	morän	lera	sandsten	M
60040 Fornåsa	E	Motala	582900	151105	104	bergborra	18	B	kalksten	morän	kalksten	M
60042 Fornåsa	E	Motala	582900	151105	103	plaströr	2	J	morän		kalksten	M

KARAKTERISERING AV GRUNDVATTENPROVTAGNINGSSATIONERNA

STATION	LÄN	KOMMUN	LÄGE		HÖJD ö h (m)	TYP AV STN	DJUP	TYP AV akvifer	AKVIFERENS geologi	EV.TÄCKANDE jordlager	OMRÅDETS berggrund	OMSÄTTN. tid
			lat	long								
65007 Gistad	E	Linköping	582630	155330	55	plaströr	7	J	morän	finkorn- nigt sed.	gnejs	M
65009 Gistad	E	Linköping	582800	155355	54	bergborra	72	B	gnejs	finkorn sediment	gnejs	M
67020 Skofteby	R	Lidköping	582603	130527	46	järnrör		B	gnejs	glaciallera	gnejs	L
69001 Härmundsröd	O	Lysekil	582255	112959	37	bergborra	113	B	granit		granit	M
69007 Tuntorp	O	Lysekil	582311	112915	35	bergborra	130	B	granit	lera	granit	M
70014 Lästevik	P	Bengtstors	585508	121326	103	källa	0	J	isälvsmat.		granit	M
74001 Komosse	R	Ulricehamn	574056	134558	317	järnrör	5	J	morän		gnejs	M
09001 Lau	I	Gotland	571715	183900	13	källa	0	B	kalksten		kalksten	K
12001 Hångers	I	Gotland	574730	184500	21	källa	0	B	kalksten		kalksten	K
20006 Solinge	U	Västerås	594945	162850	54	källa	0	J	isälvssand	finkorn sediment	granit	M
20010 Lötfallet	U	Västerås	594650	163255	47	plaströr		J	isälvsmat.	finkorn sediment	granit	M
21008 Bärmö	B	Sigtuna	593825	173830	2	järnrör	11	J	isälvssand	finkorn.sed.	granit	M
23008 Östa	U	Heby	600855	165020	61	källa	0	J	isälvssand	organisk jord	granit	K-M
23023 Fredrikslund	U	Heby	600745	165510	68	bergborra	46	B	granit		granit	K-M
26024 Kassjöän	Z	Bräcke	624250	161500	258	bergborra	50	B	granit	morän	granit	
27001 Rundhögen	Z	Äre	631405	121040	649	källa	0	J	isälvssand		kvartsit	K
27007 Rundhögen	Z	Äre	631602	121427	570	källa	0	J	isälvssand		kvartsit	K

KARAKTERISERING AV GRUNDVATTENPROVTAGNINGSTATIONERNA

Tabell 1 forts.

STATION	LÄN	KOMMUN	LÄGE		HÖJD ö h (m)	TYP AV STN	DJUP	TYP AV akvifer	AKVIFERENS geologi	EV.TÄCKANDE jordlager	OMRÅDETS berggrund	OMSÄTTN. tid
			lat	long								
29008 Piprörsmýran	Z	Krokom	631845	141240	302	källa	0	J	morän	org.jord	lerskiffer	K-M
68009 Sveg	Z	Härjedalen	615934	142113	463	källa	0	J	sandig morän		granit	K
34015 Gravarne	AC	Skellefteå	645640	205300	62	källa	0	J	isälvssand		granit	K
37032 Lappträsket	BD	Gällivare	662320	213500	255	bergborra	49	B	granit	org.jord	granit	K-M
37056 Solälven	BD	Gällivare	663430	212530	320	källa	0	J	isälvssand	org.jord	gnejs	
42013 Sjeunjesåivek.	BD	Arjeplog	655707	180311	445	källa	0	J	morän		granit	K

Typ av akvifer: B bergakvifer
J jordakvifer

Omsättningstid för vattnet i akviferen:

Ungefärliga uppskattningar gjorda med ledning
av tritiumbestämningar och akviferkänedom.

K < ca 3 år

M 3 - 26 år

L > 26 år

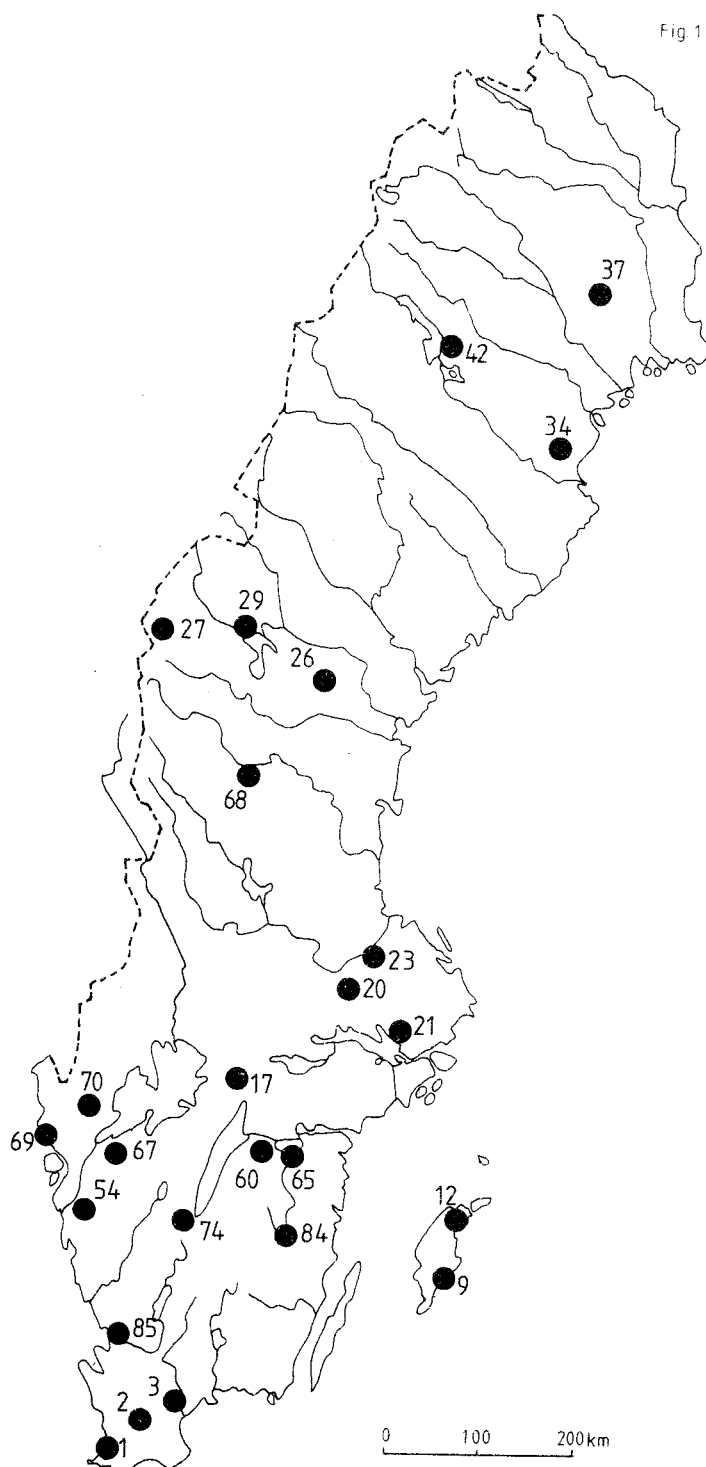


Fig 1. Provtagningsområdenas geografiska läge. De två första siffrorna i de femsiffriga stationsnumren utgör områdesnummer. Dessa är utsatta på kartan.

Beskrivning av analysmetodik och analysresultat.

Studsviks resultatredovisning (Bilaga 1).

Bearbetning av analysresultaten.

Ett stort antal regressionsanalyser har utförts för att finna eventuella korrelationer mellan U, Ra och Rn och övriga kemiska parametrar som mätts och analyserats i grundvatten från provtagningsstationerna. Inga säkra korrelationer har erhållits. Bergartsberoendet hos halterna av U, Ra och Rn tycks vara så stort att det döljer eventuella korrelationer till andra kemiska ämnen eller föreningar i grundvattnet. Detta är relevant då regressionsanalysen utföres på hela materialet och hänsyn inte tas till berggrundstillhörighet.

Om analysresultat av prov tagna i stationer enbart belägna i granitområden studeras, kan vissa goda korrelationer eller åtminstone korrelationskoefficienter erhållas. Exempel är de positiva korrelationerna mellan uranaktiviteterna och sulfat och vätekarbonat, i de fall man undantar analyserna från stationerna 69001 och 69007, vilka har extremt höga halter. Dessa regressionsanalyser omfattar bara tio värdepar, och en grafisk plottning visar att korrelationerna inte äger signifikans.

Det är möjligt att man kan finna beroende mellan de radioaktiva isotoperna och övriga kemiska parametrar, om man studerar ett stort material från ett mycket enhetligt berggrundsområde, eller provtar samma stationer ett flertal gånger. Det material vi har att göra med i denna undersökning tillåter dock inte detta.

Det bör vidare framhållas att det inte finns någon korrelation mellan uran och radium eller mellan radium och radon. Uran och radon är däremot svagt korrelerande ($r^2 = 0.61$).

Uran

Aktiviteterna av de tre isotoperna är mycket skevt fördelade, med låga halter i flera provtagningsstationer. Ett par, tre stationer har halter som överstiger medianvärdena med drygt en tiopotens.

Uranaktiviteterna varierar mellan 2.5 och 1100 mBq/l. Medianvärdet för hela materialet är 14 mBq/l. Medianvärdet ger en korrektare bild av hur aktiviteterna ligger än medelvärdet, då halterna är så skevt fördelade. Hela 83 % av provtagningsstationerna har aktiviteter under 100 mBq/l.

Bearbetningsmässigt är materialet för varje isotop uppdelat på typ av akvifer; jord- och bergakvifer. Vidare är det uppdelat på bergarter, dvs den bergart som huvudsakligen finns representerad i stationens närmaste omgivning. En uppdelning i två stora bergartsgrupper har gjorts, nämligen sedimentära bergarter (sandsten, kalksten, skiffer och kvartsit) och granit + gnejs. Kvartsiten har kanske något oegentligt förts till de sedimentära bergarterna. Den är en metamorf sedimentär bergart. Figur 2 visar frekvensfördelningen av aktiviteterna, dvs antalet prov per aktivitetsintervall. Materialet är grupperat enligt ovan i jordakviferer, bergakviferer, sedimentära bergarter samt granit + gnejs.

Av figuren framgår att det inte är någon större skillnad på aktivitetsfördelningen mellan prov tagna i jordakviferer och bergakviferer. Medianvärdet för uranaktiviteten i grundvatten från jordakviferer är 13 mBq/l. I grundvatten från bergakviferer är det obetydligt högre, 14 mBq/l. Medelvärden ger en större skillnad, men det behövs bara ett enstaka prov med hög aktivitet, för att förskjuta medelvärdet avsevärt.

Uranaktiviteternas bergartsberoende är betydligt starkare. Grundvatten i granit- och gnejsområden har avsevärt högre medianvärde (29 mBq/l) än grundvatten i sedimentära berggrundsområden (8.7 mBq/l).

Tre prover har betydligt högre uranhalter än de övriga. Alla tre är från stationer i granitområden. Två är från stationer som utgörs av bergborror i Bohusgranit (69001 Härmundsröd; 1100 mBq/l och 69007 Tuntorp; 780 mBq/l). Höga radonhalter har tidigare uppmätts i grundvatten från denna granit. Den tredje stationen med hög uranaktivitet ligger i Bärmö utanför Sigtuna (Station 21008; 790 mBq/l). Det är en jordakvifer i en isälvsavlagring, som är täckt av lera. Berggrunden utgörs av gnejsgraniter och förgnejsade plagioklaskvartsiter.

Av grundvattenprover tagna i områden med sedimentär berggrund är det två som har markant högre uranaktivitet än de övriga. Högsta halten (430 mBq/l) har vattnet från en bergborra i Ahussandsten (station 03023 Ahus). En förklaring till den höga uranaktiviteten kan vara att sandstenen innehåller vittringsprodukter från de unga Karlshamnsgraniterna. Dessa urananrikade graniter har utgående i Kristianstads-slättens norra begränsningslinje. I Fornåsa öster om Motala i Östergötlands kambrosilurområde är två stationer provtagna. Station 60040 är en bergborra i kalkstenen. Grundvattnet i denna har mycket låg uranhalt (5.3 mBq/l). Ungefär 50 meter från bergborran ligger station 60042.

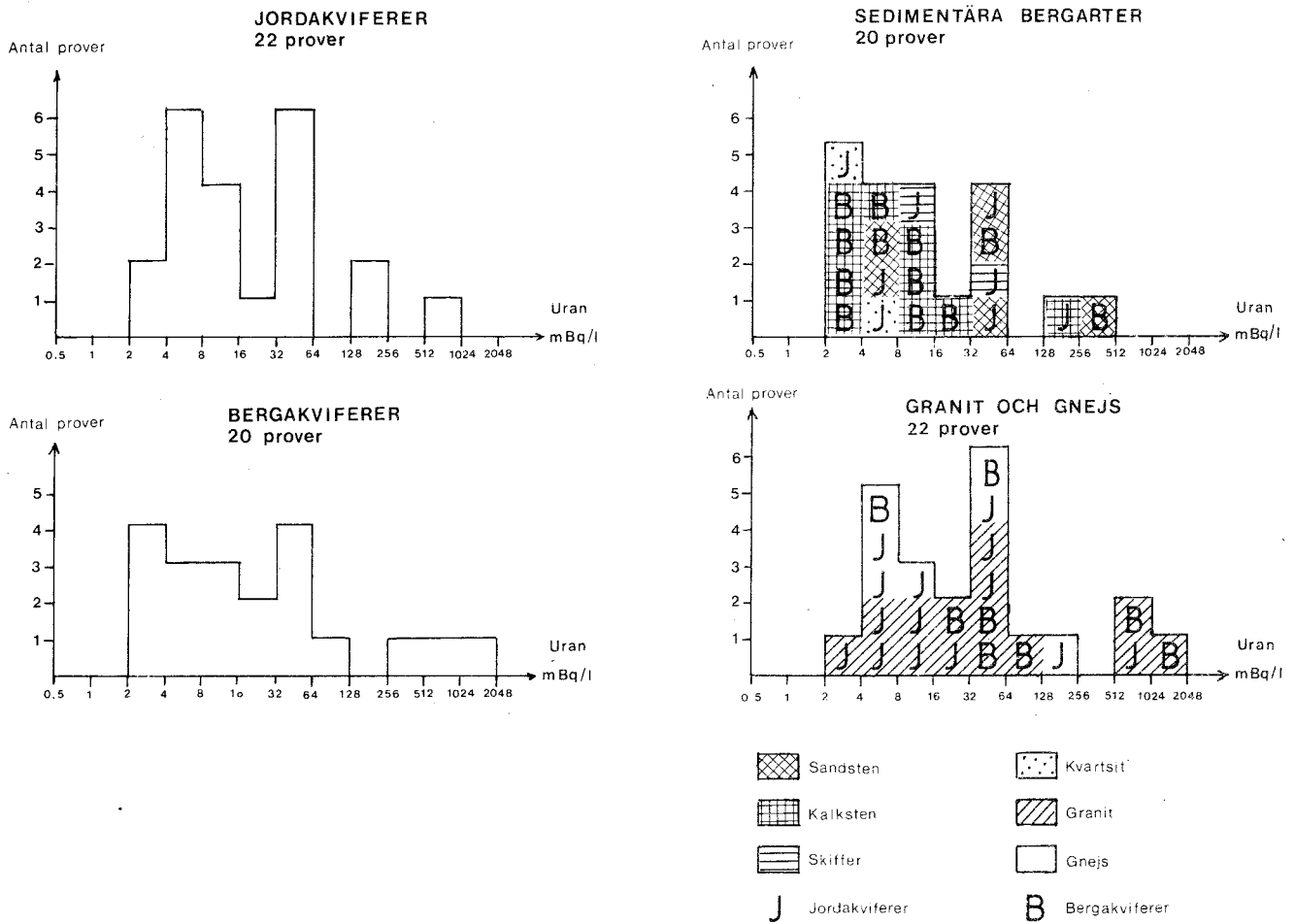


Fig 2. Frekvensfördelning av uranaktiviteterna i grundvatten från 42 stationer i SGU:s grundvattennät.

I den provtas grundvatten i morän. Uranaktiviteten är 210 mBq/l. Det finns ett stort antal analyser av bergartsinnehållet i morän som överlagrar kambrosilurområdet (P-A Melkerud, Samband mellan morän och berggrund - en travers över Östergötlands kambrosilurområde, Kvartär-geol. inst., Stockholms universitet 1977). De visar att moränmaterialiet till nästan 100 % härrör från de kristallina bergarterna norr om sjön Boren. Dessa utgörs framför allt av smålandsgraniter i form av grovporfyrisk granit. Söder om Fornåsa finns ett alunskifferutgående, men det påverkar inte moränens innehåll, då isrörelseriktningen i området i huvudsak är från NNV. Ett mycket smalt alunskifferutgående finns norr om sjön Boren, men torde vara för oansenligt för att ge något avgörande bidrag till moränen.

En sammanfattning av uranaktiviteternas medel- och medianvärden ges i figur 3 och i tabellen nedan.

Tabell Median- och medelvärden av uranaktiviteter (mBq/l) i grundvatten.

Typ av akvifer	antal	medianvärde	medelvärde
Samtliga stationer	42	14	103
Jordakviferer	22	13	72
Bergakviferer	20	14	137

Bergart	antal	medianvärde	medelvärde
Sedimentära bergarter	20	8.7	48
Granit + gnejs	22	29	153
Granit	14	35	218
Sandsten	4	-	126
Gnejs	8	13	39
Skiffer	2	-	34
Kalksten	12	9.4	31
Kvartsit	2	-	5.0

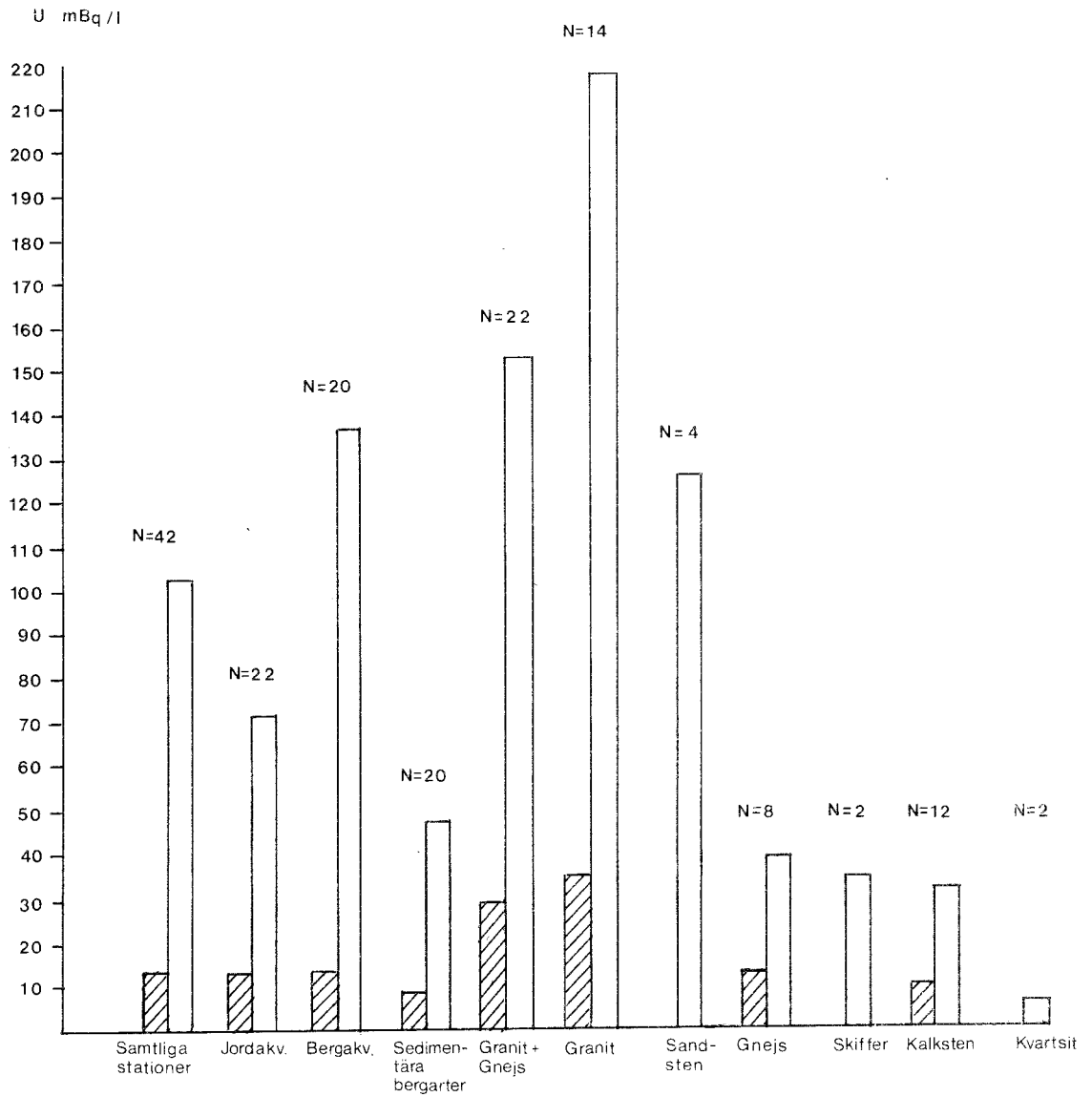


Fig 3. Median- och medelvärden av uranaktiviteten (mBq/l) i grundvatten, presenterade i stapeldiagram. Snedstreckade staplar representerar medianvärden, och ofyllda staplar medelvärden.

Radium-226

Radiumaktiviteterna i grundvattnet är betydligt lägre än uranaktiviteterna. Medianvärdet är 3.9 mBq/l. Halterna varierar mellan 0.5 mBq/l och ett extremvärde på 1900 mBq/l. Sjuttioen procent av alla grundvattenprover har en aktivitet under 10 mBq/l, och 86 % under 40 mBq/l. Det vill säga att ett fåtal prover har halter som ligger högt över medianvärdet. Frekvensfördelningen av radiumaktiviteterna grupperade på akviferstyper och bergarter är presenterade i figur 4. Ej heller för radiumaktiviteterna är det någon större skillnad på fördelningen på grundvattenprov från jordakviferer och bergakviferer. Medianvärdet för grundvatten i jordakviferer är 4.2 mBq/l, och i bergakviferer 3.7 mBq/l. Medelvärde däremot är mer än dubbelt så stort (92 mBq/l) i jordakviferer som i bergakviferer (40 mBq/l). Det beror på att det extremt höga värdet på 1900 mBq/l härrör från grundvatten i en jordakvifer. (Station 70014).

Gruppering på bergarter ger betydligt större skillnad i frekvensfördelningen av radiumaktiviteterna (se figur nr 4). Den högsta halten i grundvatten i sedimentbergområden är 33 mBq/l. Stationen ligger i Östergötlands kambrosilurumråde, men moränen innehåller i huvudsak material från kristallint urberg. (Station 60042 Fornåsa, se ovan). I granit- och gnejsområden är det sex stationer med grundvatten som har radiumaktiviteter överstigande 90 mBq/l. Medianvärdet för gruppen sedimentära bergarter är 2.5 mBq/l, och för granit + gnejs 5.4 mBq/l.

Det är svårt att nöjaktigt förklara den extrema radiumhalten i station 70014. Akviferen utgörs av isälvsgrus- och sand. Bergartsinnehållet kan vara mycket sammansatt, då bergartsbildningen i området är mycket komplex. Stationen ligger i Amåls - Kroppefjällsgranitbältet, men alldeles norr om stationen löper en tarm av dalserien, som är en yngre sedimentserie (dalslandicum). Enligt uppgift finns uranmineralisering i dalserien. Märkligt är dock att uran- och radonaktiviteterna är så låga i grundvattnet från samma station.

Övriga median- och medelvärden för radiumaktiviteter i grundvatten framgår av sammanställningen i figur 5 och tabellen nedan.

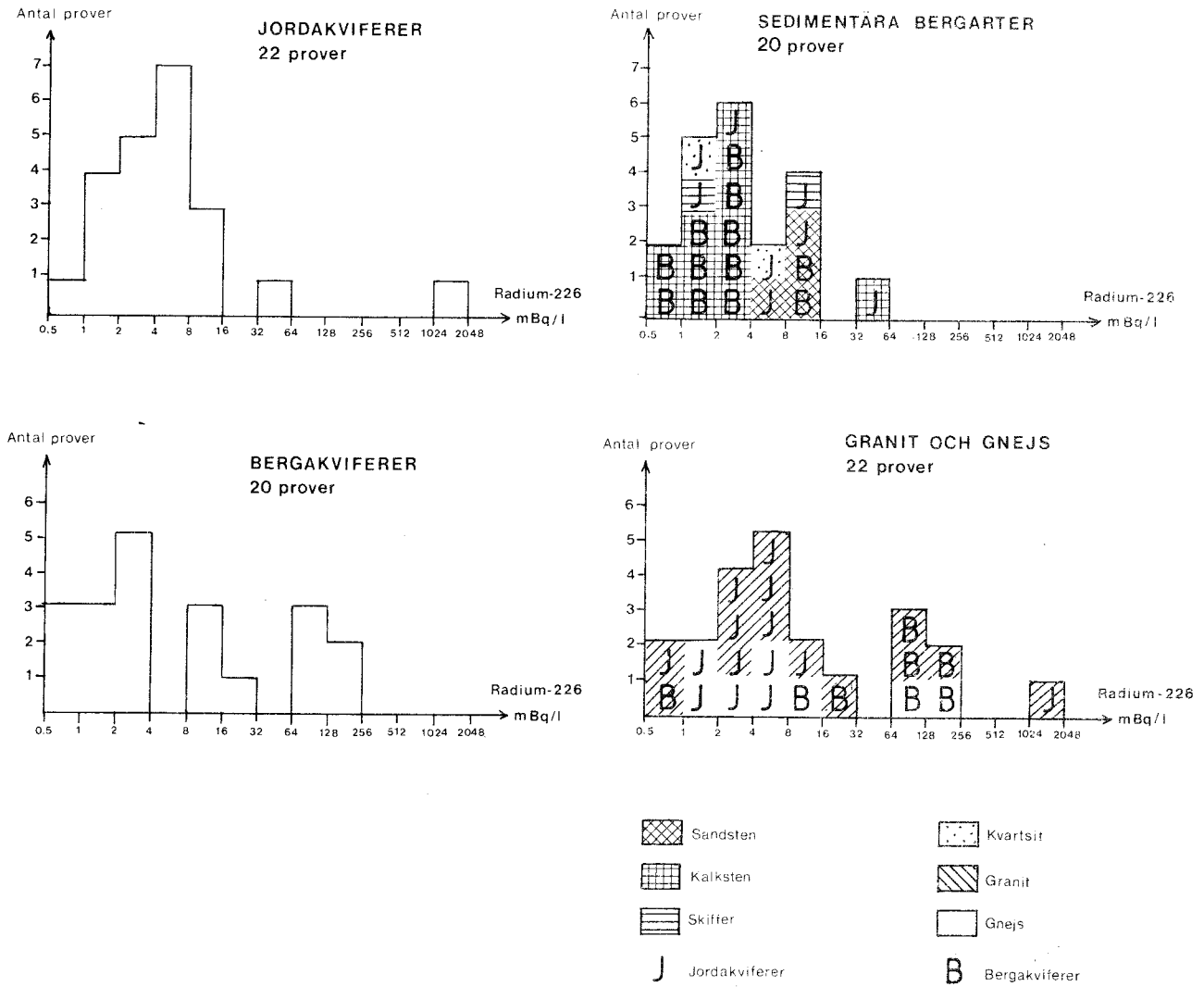


Fig 4. Frekvensfördelning av radiumaktiviteterna i grundvatten från 42 stationer i SGU:s grundvattennät.

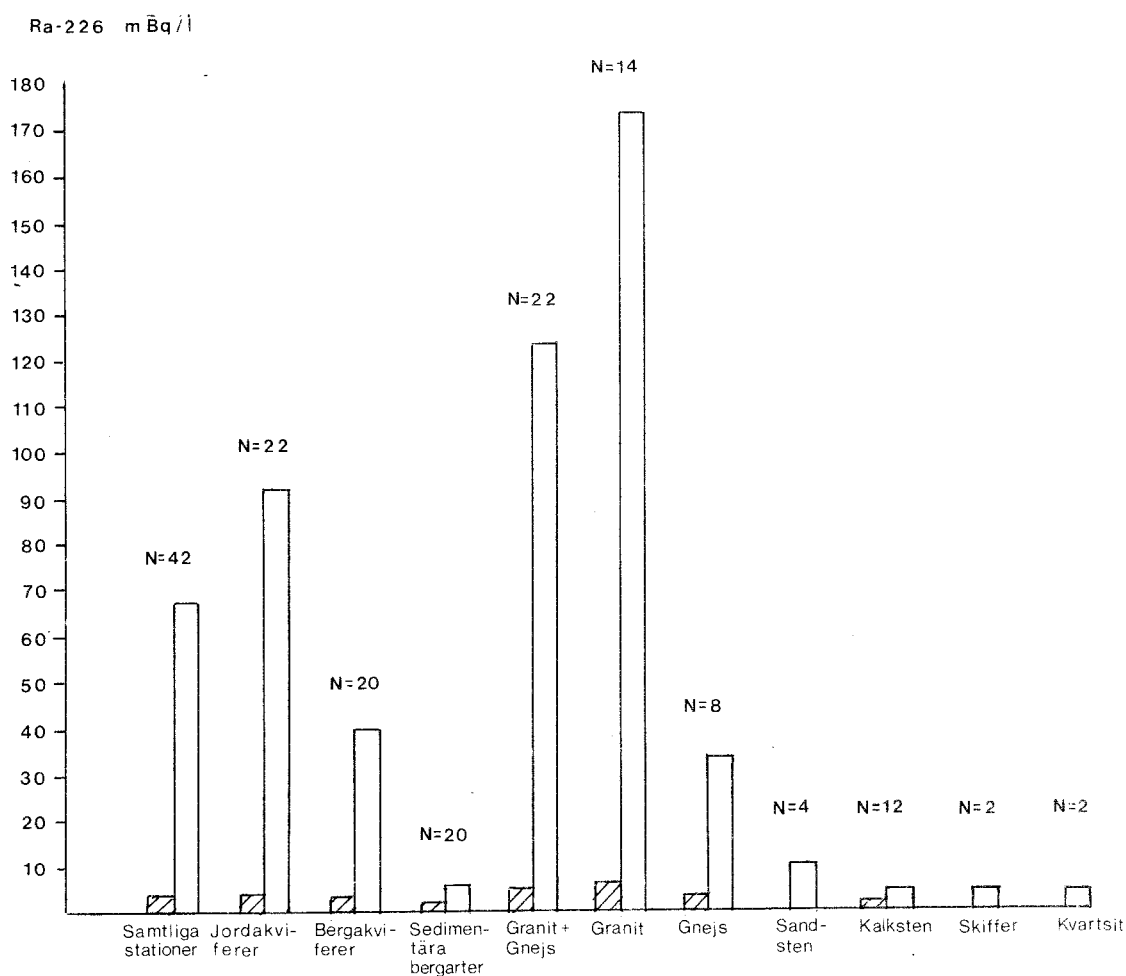


Fig 5. Median- och medelvärden av radiumaktiviteten (mBq/l) i grundvatten, presenterade i stapeldiagram. Snedstreckade staplar representerar medianvärden, och ofyllda staplar medelvärden.

Tabell Median- och medelvärden av radiumaktiviteter (mBq/l) i grundvatten.

Typ av akvifer	antal	medianvärde	medelvärde
Samtliga stationer	42	3.9	67
Jordakviferer	22	4.2	92
Bergakviferer	20	3.7	40

Bergart	antal	medianvärde	medelvärde
Sedimentära bergarter	20	2.5	6.0
Granit + gnejs	22	5.4	123
Granit	14	6.8	174
Gnejs	8	4.2	34
Sandsten	4	-	11
Kalksten	12	2.3	4.8
Skiffer	2	-	4.7
Kvartsit	2	-	4.5

Radon - 222

Radonaktiviteterna i grundvatten är i storleksordningen tusen gånger större än uran- och radiumaktiviteterna. I de provtagna stationerna varierar aktiviteterna mellan 3.2 Bq/l och 1500 Bq/l. Om man bortser från de fyra högsta aktiviteterna är haltfördelningen betydligt jämnare än för uran och radium. Medianvärdet ligger på 55 Bq/l. Nittio procent av proverna har radonaktiviteter under 140 Bq/l. Tre stationer har grundvatten med halter över 380 Bq/l, vilket är det högsta värdet man bör godta i konsumtionsvatten.

Medianvärdet för prover tagna i jordakviferer är drygt dubblat så högt, 66 Bq/l, som prov från bergakviferer, 29 Bq/l. Medelvärdet är däremot nästan exakt dubbelt så högt i bergakviferer. Detta är beroende på de extremt höga aktiviteterna hos grundvattnet i Bohusgranitens bergborror (69001 Härmundsröd; 1500 Bq/l, 69007 Tuntorp; 1300 Bq/l). Fördelningen av radonaktiviteterna i grundvatten från stationer i sedimentära berggrundsområden framgår av figur 6. Aktiviteterna ligger tämligen väl samlade mellan 7.6 och 95 Bq/l, med en tyngdpunkt mellan 16 och 32 Bq/l. Medianvärdet är 29 Bq/l.

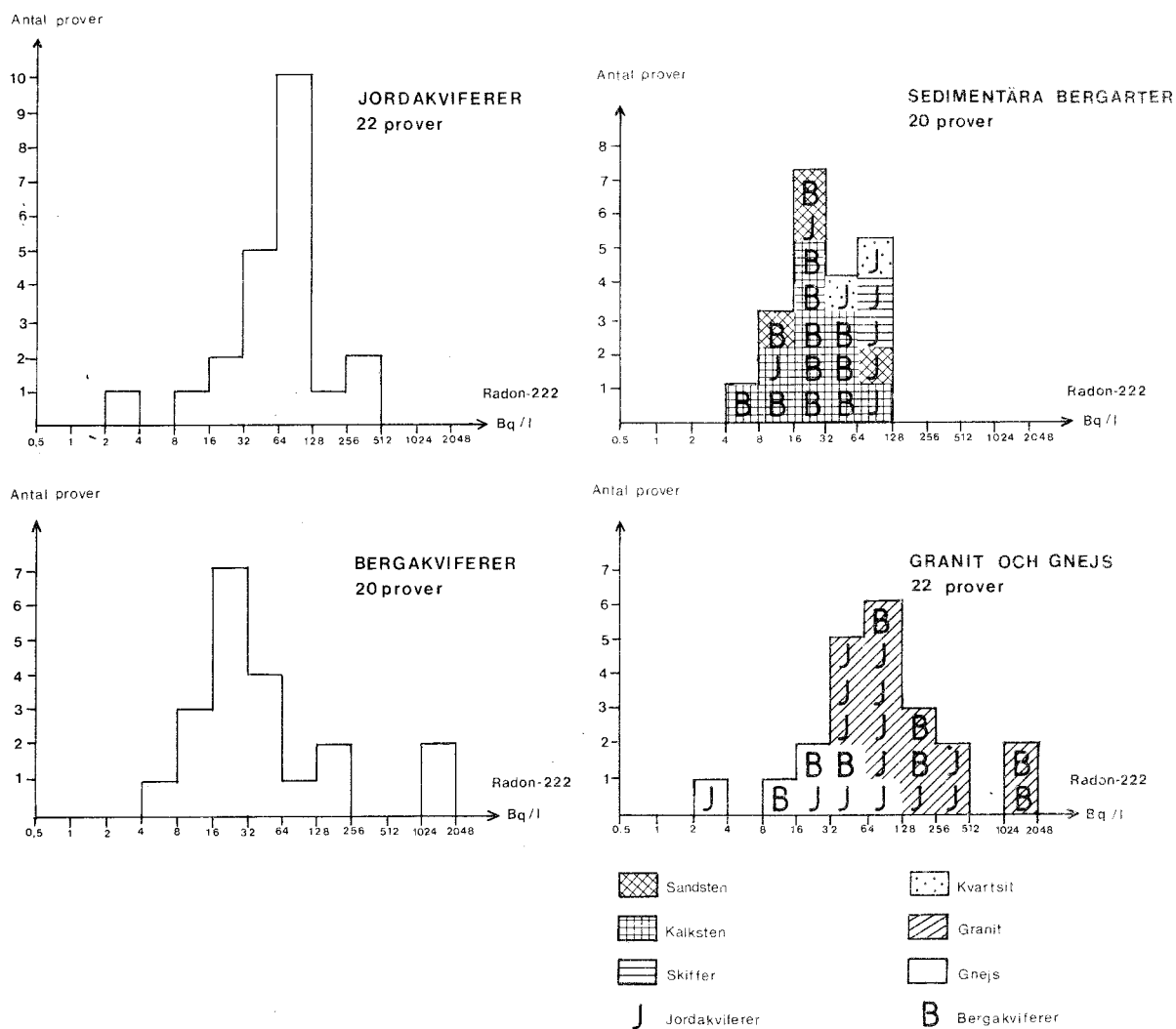


Fig 6. Frekvensfördelning av radonaktiviteterna i grundvatten från 42 stationer i SGU:s grundvattennät.

Fördelningen av aktiviteterna i granit- och gnejsområden är betydligt mer spridd från 3.2 Bq/l till 1500 Bq/l. Tyngdpunkten ligger mellan 64 och 128 Bq/l. Medianvärdet är 70 Bq/l.

I de två stationer i sedimentära bergartsområden, som har de högsta radonaktiviteterna, tas grundvattnet från jordakviferer. Den ena stationen, 60042 Fornåsa med en radonaktivitet av 74 Bq/l, är kommenterad ovan. Den andra station 03049 Färlöv, har en radonaktivitet av 95 Bq/l. Den ligger i norra utkanten av Kristianstadsslätten, och har mycket högre aktivitet än övriga stationer inom samma område. Uranaktiviteten var också relativt hög. Förklaringen torde ligga i att det isälvsmaterial som utgör akviferen innehåller granit av Karlshamnstyp. Denna bergart har ett utgående omedelbart norr om stationen.

I urbergsområden är det flera stationer som har grundvatten med höga radonhalter. Förutom stationerna 69001 och 69007 i Bohusgraniten med de extremt höga aktiviteterna, bör även några andra stationer kommenteras. En moränkälla (station 68009) i Sveg har en radonaktivitet av 480 Bq/l. Berggrunden i området utgörs av den mycket unga Rätanggraniten (algonkium). I Lappträskområdet NV om Boden har båda provtagningsstationernas grundvatten höga radonhalter. Den ena stationen är en källa i isälvsmaterial, 37056 Solälven. Berggrunden utgörs av gnejs eller förgnejsad granit. Radonaktiviteten är 260 Bq/l. Uran- och radiumaktiviteterna i samma vatten låg däremot långt under medianvärdena för dessa. Station 37032 Lappträsket är en bergborra driven i Haparandagranit. Dess grundvatten har en radonhalt av 140 Bq/l. Även uran och radiumaktiviteterna är relativt höga, 63 och 94 mBq/l respektive. Samma radonaktivitet, 140 Bq/l, har en moränkälla i Gullringen, Småland (station 84001). Berggrunden utgörs av Smålandsgranit. En sammställning av radonaktiviteternas median och medelvärden grupperade på bergarter och akviferstyp finns i tabell nedan och i figur 7.

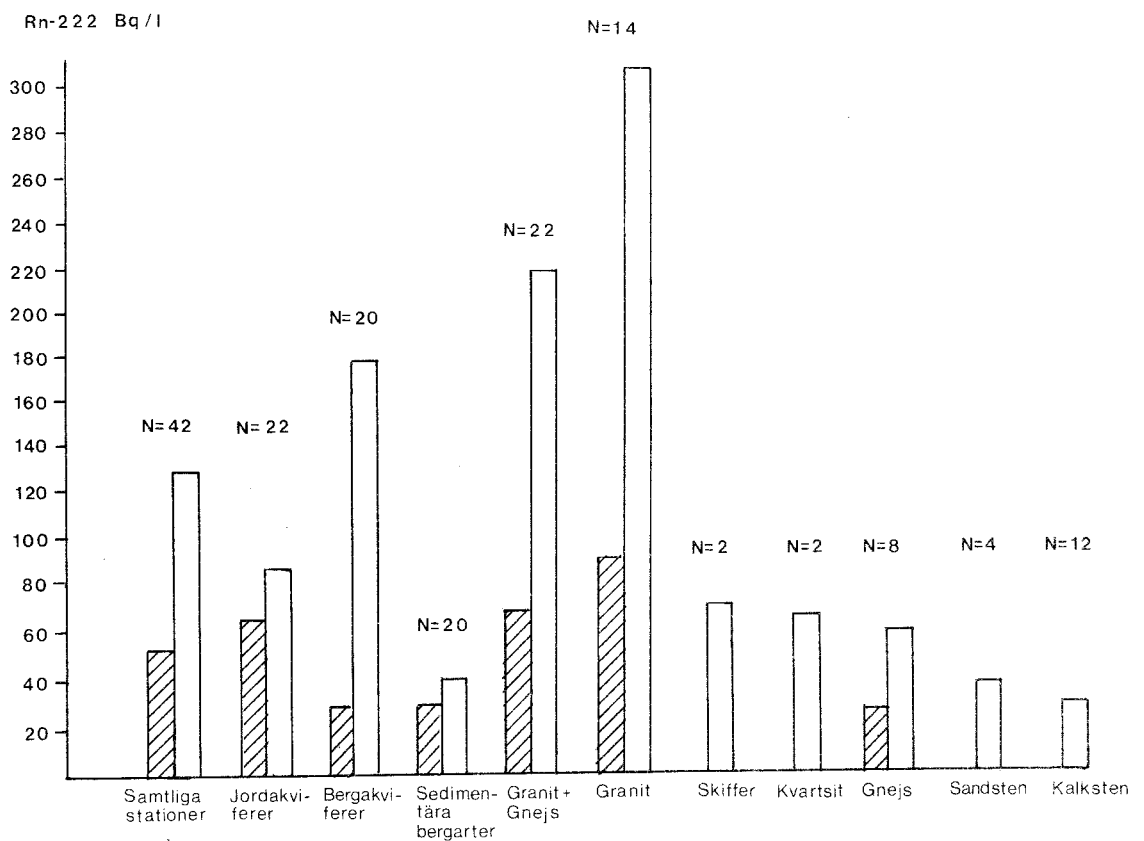


Fig 7. Median- och medelvärden av radonaktiviteten (Bq/l) i grundvatten presenterade i stapeldiagram. Snedstreckade staplar representerar medianvärden och ofyllda staplar medelvärden.

Tabell Median- och medelvärden av radonaktiviteter (Bq/l) i grundvatten.

Typ av akvifer	antal	medianvärde	medelvärde
Samtliga stationer	42	55	132
Jordakviferer	22	66	89
Bergakviferer	20	29	179

Bergart	antal	medianvärde	medelvärde
Sedimentära bergarter	20	29	40
Granit + gnejs	22	70	216
Granit	14	92	305
Skiffer	2	-	72
Kvartsit	2	-	67
Gnejs	8	26	61
Sandsten	4	-	38
Kalksten	12	24	30

Jord- och bergakviferberoendet

Tidigare i rapporten har framhållits att det inte syns vara någon påtaglig skillnad i haltfördelningarna för vare sig uran, radium eller radon i grundvatten från jord- och bergakviferer. (Se figurerna 2, 4 och 6). Detta äger sin giltighet då hela analysmaterialet studeras utan beaktande av bergartstillhörighet. Om man däremot delar upp materialet och studerar halterna i jord- och bergakviferer i sedimentär berggrund för sig och i granit- och gnejsberggrund för sig, får man en annorlunda bild som visar sig gälla för alla tre isotoperna uran, radium och radon.

I sedimentära berggrundsområden är halterna högre i jordakviferer än i bergakviferer. (Se figurerna 8, 9 och 10 samt tabellen nedan). Förklaringen till detta torde vara att mycket stor del av bergartsinnehållet i jordarterna härrör från bergarter som har sina fasta klyft utanför det sedimentära berggrundsområdet. Dessa bergarter med högre halter uran och radium, har av inlandsisen förts in och deponerats över de sedimentära bergarterna.

Vad som är lite märkligt är att uran- och radiumaktiviteternas medianvärden i jordakvifererna i sedimentära berggrundsområden är nästan dubbelt så höga som i motsvarande akviferer i granit- och gnejsområden. Det kan kanske helt bero på slumpen då undersökningsmaterialet är litet, men kan också bero på att jordartsmaterialet med sedimentärt ursprung i allmänhet är mer nedkrossat till finare fraktioner. Detta medför att vattnets strömningshastigheter blir lägre, och dess kontakttid med mineralpartiklarna därmed blir längre.

I granit- och gnejsområden är uran, radium och radonaktiviteterna i bergakvifererna betydligt högre än i jordakvifererna. Detta är mest accentuerat för radiumhalterna. I jordakvifererna är medelvärdet 3.5 mBq/l och i bergakvifererna 97 mBq/l. (Se figurerna 8, 9 och 10 samt tabell nedan). Fenomenet skulle kunna bero på de i allmänhet längre uppehållstiderna för grundvatten i berggrundsakviferer än i jordakviferer.

Helt omvända förhållanden råder alltså i sedimentära berggrundsområden och i granit- och gnejsområden vad beträffar halterna uran radium och radon i grundvatten i jord- resp. bergakviferer. Ett förhållande som helt döljs vid bearbetning av hela materialet utan uppsplättning på de olika bergartstyperna.

Tabell. Uran- radium- och radonaktiviteternas akviferberoende.

Provtagnings- lokalens berg- grund	Typ av akvifer	Medianvärden			
		Uran mBq/l	Radium-226 mBq/l	Radon-222 Bq/l	Antal prover
Sedimentär berggrund	Jordakvifer	25	6	70	8
	Bergakvifer	7.4	2.5	25	12
Granit- och gnejsberggrund	Jordakvifer	14	3.5	68	14
	Bergakvifer	59	97	115	8

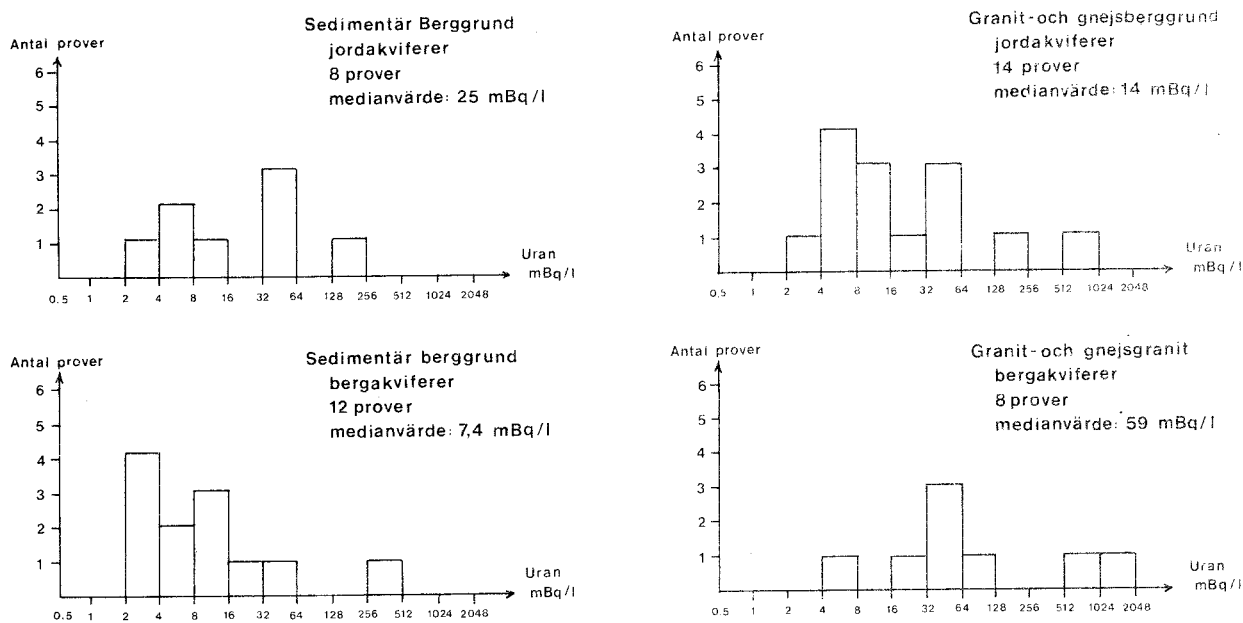


Fig 8. Frekvensfördelning av uranaktiviteterna uppdelade på jord- och bergakviferer inom respektive bergartsområde.

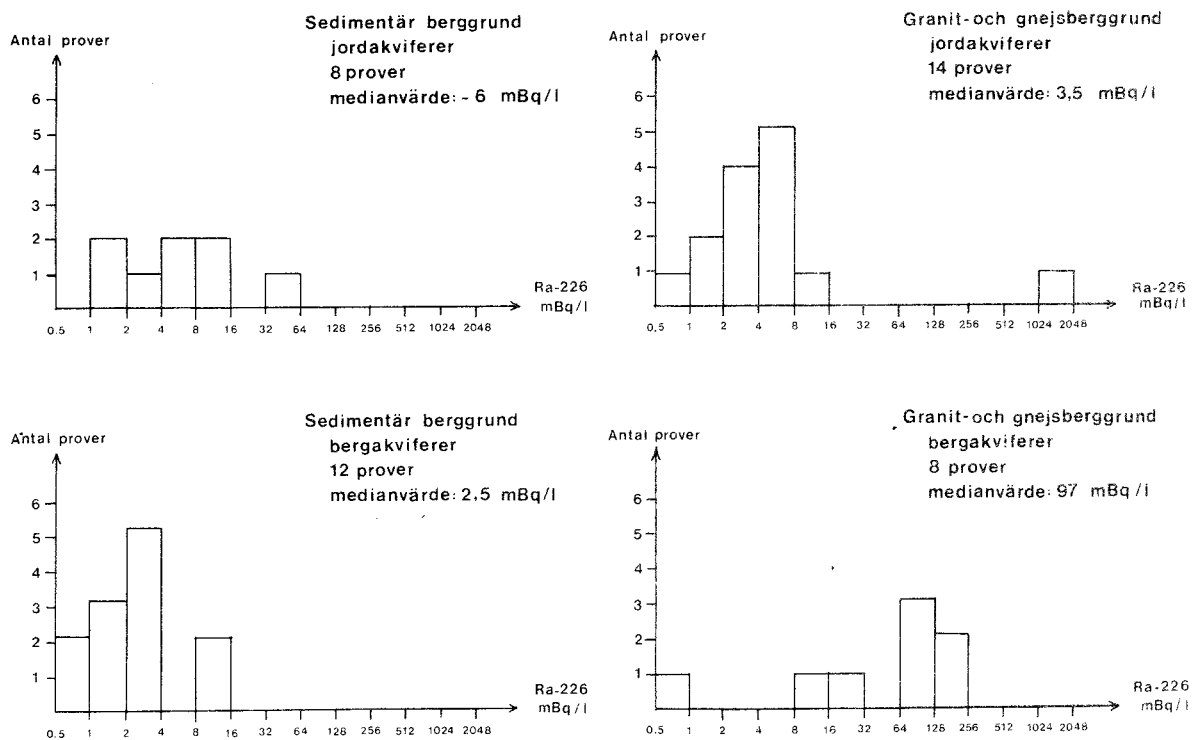


Fig 9. Frekvensfördelning av radiumaktiviteterna uppdelade på jord- och bergakviferer inom respektive bergartsområde.

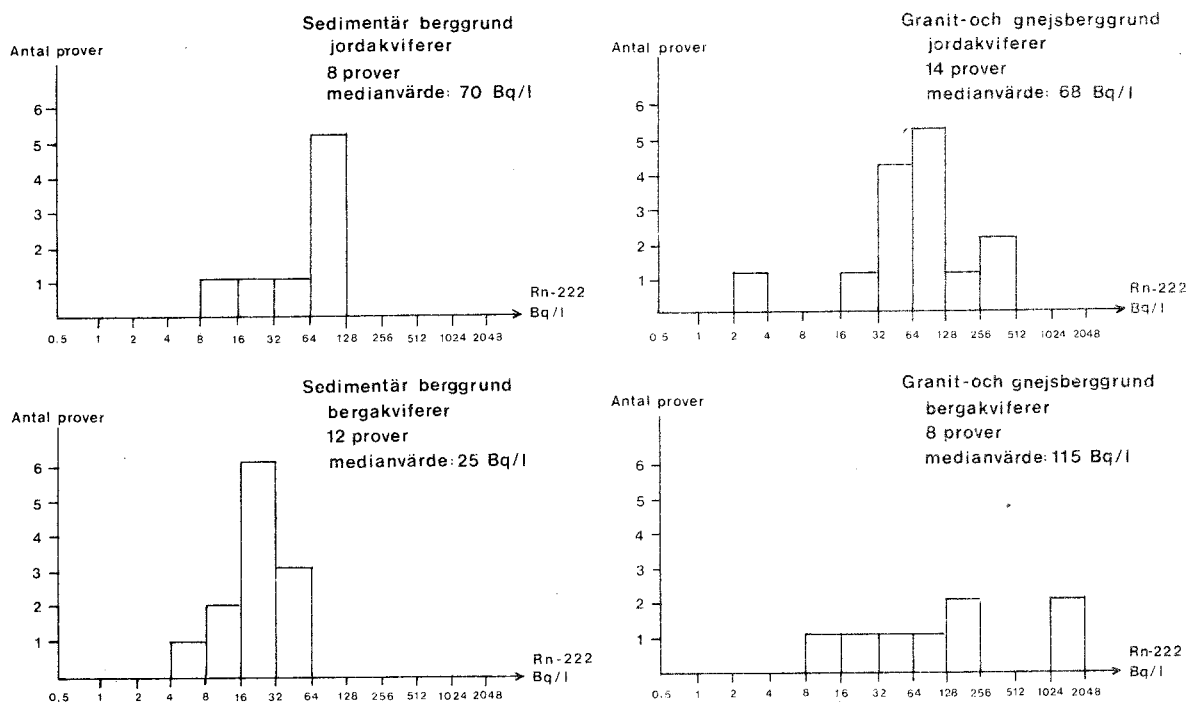


Fig 10. Frekvensfördelning av radonaktiviteterna uppdelade på jord- och bergkviferer inom respektive bergartsområde.

Slutsatser

De slutsatser som kan dras av denna undersökning är naturligtvis begränsade. Syftet var ju att få en bild av de naturligt förekommande uran, radium- och radonaktiviteterna i grundvatten. Det syftet är nått, även om inte alla geologiska vattenförande formationer är representerade. Från en del bergartsområden är antalet prov också för få för att ge ett statistiskt nöjaktigt underlag. En sammanfattning av resultaten av denna undersökning ges nedan och i en sammanfattande tabell.

- o Ingen korrelation mellan uran och radiumaktiviteterna.
- o Ingen korrelation mellan radium och radonaktiviteterna.
- o Svag korrelation mellan uran och radonaktiviteterna.
- o Vattnets ålder har ingen avgörande betydelse för uran, radium och radonaktiviteterna


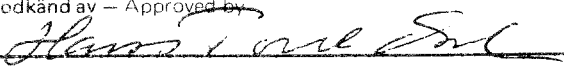
- o Akviferens bergart eller, om det är en jordakvifer, de bergartsfragment som bygger upp akviferen, har avgörande betydelse för grundvattnets aktivitet av uran, radium och radon.
- o Grundvatten i granitiska berarter har de högsta uran, radium och radonhalterna.
- o Grundvatten i kalkstens- och sandstensakviferer har i allmänhet mycket låga uran, radium och radonhalter.
- o I sedimentära berggrundsområden är aktiviteterna av uran, radium och radon i grundvatten högre i jordakviferer än i bergakviferer.
- o I granit- och gnejsberggrundsområden är aktiviteterna av uran, radium och radon i grundvatten högre i bergakviferer än i jordakviferer.

Tabell Median- och medelvärden för uran, radium och radonaktiviteterna i grundvatten från 42 stationer i SGU:s grundvattennät.

Typ av akvifer	antal	URAN (mBq/l)		RADIUM-226 (mBq/l)		RADON (Bq/l)	
		medianv.	medelv.	medianv.	medelv.	medianv.	medelv.
Samtliga stationer	42	14	103	3.9	67	55	132
Jordakviferer	22	13	72	4.2	92	66	89
Bergakviferer	20	14	137	3.7	40	29	179

Bergart	antal	medianv.	medelv.	medianv.	medelv.	medianv.	medelv.
Granit	14	35	218	6.8	174	92	305
Gnejs	8	13	39	4.2	34	26	61
Sandsten	4	-	126	-	11	-	38
Kalksten	12	9.4	31	2.3	4.8	24	30
Skiffer	2	-	34	-	4.7	-	72
Kvartsit	2	-	5.0	-	4.5	-	67

Studsvik Arbetsrapport - Technical Report

Projektidentifikation — Project identification	Datum — Date 81-03-27	Org enh och nr — Report No. K1/2-81/4
Titel och författare — Title and author <div style="float: left; width: 20%; text-align: center;">  </div> <div style="float: right; width: 80%;"> <p>RESULTAT AV RADIUM-, RADON- OCH URANANALYSER AV VATTENPROVER FÖR SKBF-KBS</p> <p>Hans Tovedal</p> </div>		
Distribution		
Godkänd av — Approved by 	Kontonr — Internal notes 53147	<input type="checkbox"/> Rapporten skall förhandsviseras
<p style="text-align: center;">HUVUDINNEHÅLL</p> <p>Rapport över resultaten av Ra-226-, Rn-222- och U-analyser av brunnsvatten från olika delar av landet.</p> <p>42 st vattenprover har analyserats med de rutinmetoder som används av Studsviks radio-metriservice. Resultaten presenteras i tabell- och grafisk form. Analysmetoderna beskrivs kortfattat.</p>		

54 1913

1981-03-27

1. INLEDNING

Vattenprover från 42 st brunnar i landet har analyserats med avseende på uran(U)-, radium (Ra-226)- och radon(Rn-222)-halter. Proverna togs av SKBF-KBS-SGU varefter de sändes till Studsviks radiometriservice för analys.

Analysresultaten redovisas på olika sätt i denna rapport. Då vi inte haft tillgång till uppgifter om från vilka brunnstyper proverna kommer har vi inte dragit några slutsatser av resultaten utan endast sammanställt dem förutsättningslöst.

2. PROVTYPE

Varje prov bestod av en helt vattenfylld 5 l:s plastflaska. På grund av risk för avluftning av Rn i vattnet under transport tilläts inga större luftfickor i flaskan. Totala provvolymen var alltså ca 5 l.

3. BESKRIVNING AV ANALYSERNA

3.1 Rn-analys

Rn-analyserna utfördes genom gammaspektrometriska mätningar direkt på plastflaskorna. Mätvärdena korrigerades för avklingning mellan provtagnings- och mättidpunkterna så att de angivna Rn-resultaten gäller för tidpunkten för resp provtagning.

Genom upprepade mätningar på provflaskor med relativt hög Rn-halt konstaterades att utläckningen av Rn från plastflaskorna var försumbar vid de aktuella lagringstiderna.

Det i tabell angivna mätfelet utgörs av gammamätningens standardavvikelse. Till detta skall läggas ett systematiskt metodfel som uppskattas till 10 %.

1981-03-27

Då tiden mellan provtagning och mätning blev olika för olika prover varierar de slumpvisa mätfelen mellan proverna. I några fall blev mätvärdet mindre än mätfelet. Resultatet har då givits i form av ett mindre-än (<)-värde, som utgörs av summan av mätvärde och mätfel.

3.2 Ra-analys

De radiokemiska Ra-analyserna utfördes på 4 l:s prover med undantag för prov nr 84001 där provvolymen var endast 0.47 l. Efter radiokemisk separation av Ra gjordes ett antal alfamätningar av varje prov. Alfaaktiviteten i proverna ökar vartefter Rn med dotterprodukter växer upp. Denna uppväxt utnyttjas vid utvärderingen av mätvärdena.

Trots den kemiska separationen kan vissa ämnen med långlivad alfaaktivitet finnas kvar i preparatet, exempelvis uran. Om Th-serien finns representerad i prover kommer dess Ra-isotoper att också finnas i preparatet. Tillsammans utgör dessa aktiviteter störningar som påverkar utvärderingen av Ra-226-analyserna. Den i medeltal låga Ra-226-halt som finns i brunnsvatten tillåter inte samtidig korrigering för dessa båda störaktiviteter.

Vi har valt att rapportera resultaten från den utvärdering som förutsätter att eventuella störaktiviteter är långlivade. Det är den utvärderingsmetod som uteslutande använts hittills.

Det kan påpekas att vi även gjort utvärderingar med förutsättningen att eventuella störaktiviteter skulle utgöras av Ra-224 från Th-serien. I dessa fall erhöles Ra-226-resultat som låg i medeltal 20 % över de här rapporterade.

1981-03-27

Vissa resultat är givna som mindre-än-värden, vilka varierar på grund av olika inverkan av störaktiviteter.

Angivna mätfel innehåller de slumpvisa felen från dels de radiometriska mätningarna och dels de kemiska separationerna. De senare har uppskattats genom multipelanalyser.

Även här kan ett systematiskt fel av storleksordningen 10 % förekomma.

3.3 U-analys

Uran analyseras genom neutronbestrålning av koncentrerat prov och mätning av de fördröjda neutroner som erhålls från produkter som bildas vid U-235-fission.

För analys togs av varje prov 1 l vatten som drevs ned till en preparatvikt om 6 - 7 g. Mätvärdena erhöles i ppm naturligt uran och omräknades till total alfaaktivitet, dvs summan av U-234, U-235 och U-238.

Analyserna görs genom jämförelsemätning mot en välbestämd U-standard, varför några större metodfel inte torde förekomma. Vid mycket små slumpvisa fel kan dock metodfel bli av betydelse. En undre gräns vid ca 10 % totalfel torde kunna rekommenderas.

4. RESULTAT

I Tabell 1 redovisas analysresultaten. De har grupperats efter de två första siffrorna i angivna provnummer. För att få samma storleksordning på talen anges

1981-03-27

Ra-226 i mBq/l

U i "

Rn i Bq/l

Resultaten redovisas också i grafisk form i Bilagorna A - F. Dessa har upprättats för att på olika sätt åskådliggöra fördelningar eller spridningar och ge möjlighet att gruppera materialet.

Bilagorna A - C visar antalet resultat som funktion av aktivitetskoncentrationen. Här har koncentrationsaxlarna givits olika logaritmisk indelning. Vid linjär indelning skulle inte samtliga resultat rymmas i ett histogram.

I Bilaga D - F har aktivitetskoncentrationerna avsatts mot varandra med logaritmisk indelning av bägge axlarna. Fördelningen av punkterna kan ge en uppfattning om inom vilket område de flesta kvoterna finns samt hur stora avvikelser som kan förekomma. Sannolikt kan bättre bedömningar göras om materialet studeras utifrån en gruppering av provplatserna, geografisk eller efter brunnstyp.

Kommentarer till enstaka resultat

Prov nr 23023

Ra-analysen gav en serie mätvärden som tydde på kraftig inverkan av annan relativt kortlivad aktivitet. En möjlighet är förekomst av Ra-224 från Th-serien om denna fanns kraftigt representerad i vattenprovet.

1981-03-27

Prov nr 70014

Ra-värdet är extremt högt vid jämförelse med andra prover, medan U- och Rn-värdena mer tillhör motsvarande medelvärden. Ommätning av preparatet från Ra-separationen har verifierat den höga Ra-halten.

5. SAMMANFATTNING

De olika analyserna av vattenproverna har utförts enligt de rutinmetoder som används vid vårt laboratorium. För vissa prover, där aktivitetskoncentrationerna var mycket låga, har därför endast övre gränser för aktiviteten kunnat anges. Detta gäller speciellt Ra-226-analyserna.

Resultaten har sammanställts i tabell- och grafisk form. För ytterligare statistisk bearbetning krävs någon form av gruppering av provplatserna.

1981-03-27

Tabell 1

Radioaktivitet i brunnsvatten

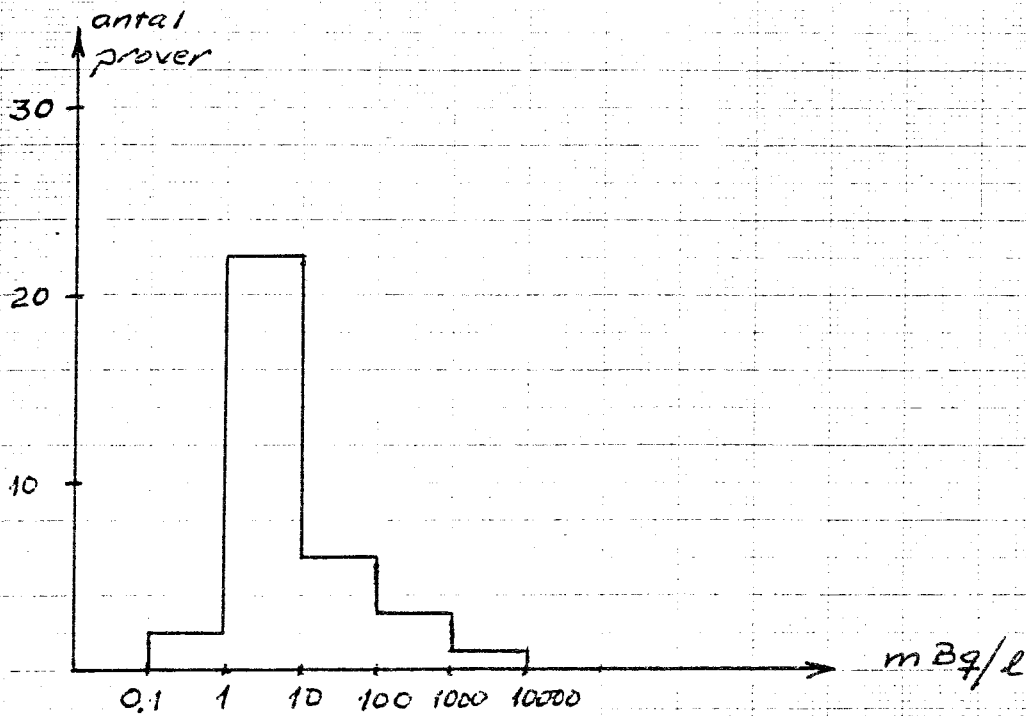
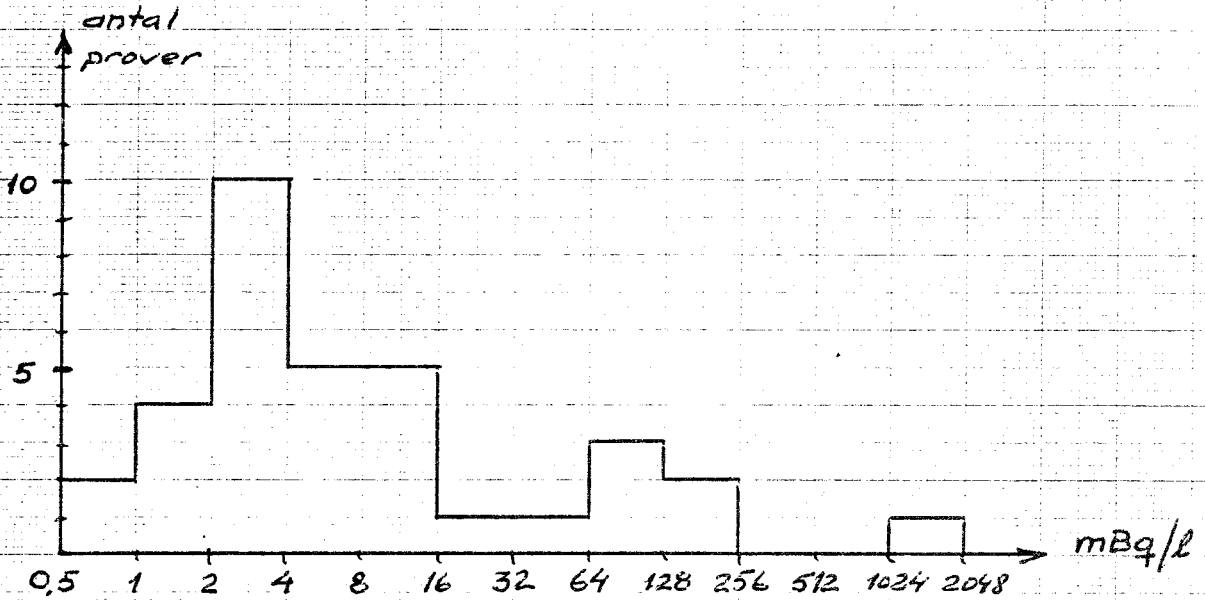
Prov nr	Ra-226 mBq/l	U mBq/l	Rn-222 Bq/l
01010	1.0±70 %	< 4	55 ±30 %
02001	8.1±30 %	59 ± 7 %	66 ±35 %
03006	3.7±30 %	20 ±15 %	24 ±30 %
03011	< 1	2.5±90 %	29 ±25 %
03014	2.3±60 %	41 ± 8 %	13 ±30 %
03016	2.5±60 %	47 ± 8 %	< 20
03017	1.7±60 %	< 3	25 ±15 %
03022	3.9±30 %	14 ±20 %	15 ±25 %
03023	11 ±40 %	430 ± 3 %	29 ±60 %
03049	5.2±35 %	62 ± 6 %	95 ±20 %
03050	3.0±40 %	< 4	46 ±20 %
09001	1.4±45 %	9.4±25 %	19 ±30 %
12001	2.4±50 %	14 ±20 %	37 ±15 %
17011	2.2±40 %	59 ± 6 %	70 ± 4 %
20006	2.6±40 %	8.5±30 %	42 ±45 %
20010	5.4±35 %	29 ±11 %	92 ±20 %
21008	9.8±40 %	790 ± 2 %	72 ±20 %
23008	2.7±45 %	35 ± 9 %	60 ± 7 %
23023	< 30	110 ± 4 %	140 ± 6 %
26024	0.5±60 %	55 ± 7 %	90 ± 5 %
27001	< 2	3.2±70 %	76 ±20 %
27007	< 7	6.8±35 %	58 ±20 %
29008	1.2±40 %	8.7±30 %	77 ±20 %
34015	0.8±50 %	4.2±60 %	38 ± 7 %
37032	94 ±35 %	63 ± 6 %	140 ± 6 %
37056	< 2	7.8±30 %	260 ± 4 %
42013	2.2±50 %	4.8±50 %	110 ± 6 %
54020	10 ±30 %	4.8±50 %	58 ± 5 %

1981-03-27

Prov nr	Ra-226 mBq/l	U mBq/l	Rn-222 Bq/l
60010	16 ±25 %	5.3±45 %	< 10
60011	12 ±30 %	5.7±45 %	17 ±15 %
60040	< 2	5.3±45 %	7.6±35 %
60042	33 ±25 %	210 ± 3 %	74 ± 6 %
65007	4.2±40 %	150 ± 4 %	3.2±45 %
65009	150 ±25 %	55 ± 7 %	14 ±14 %
67020	100 ±25 %	20 ±14 %	26 ±20 %
68009	6.8±50 %	56 ± 7 %	480 ± 6 %
69001	120 ±25 %	1100 ± 2 %	1500 ± 2 %
69007	250 ±25 %	780 ± 2 %	1300 ± 2 %
70014	1900 ±25 %	14 ±20 %	65 ± 7 %
74001	4.5±50 %	13 ±20 %	33 ±20 %
84001	< 8	3.0±80 %	140 ±13 %
85001	< 2	6.0±40 %	< 20

Ra-226-aktivitet i brunnsvatten

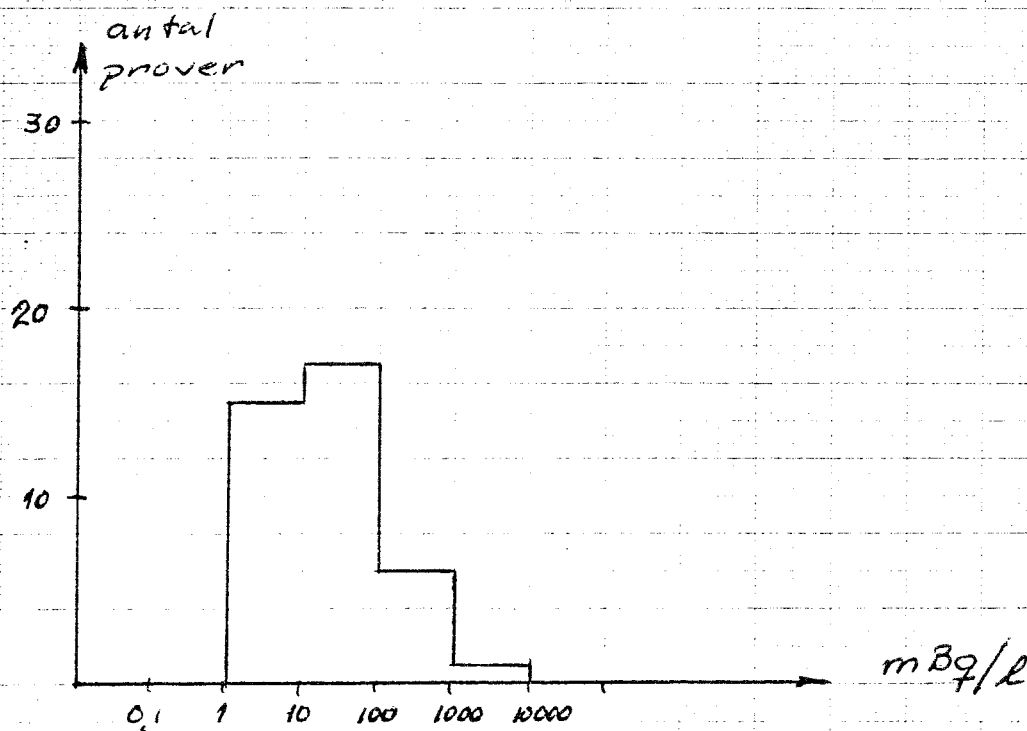
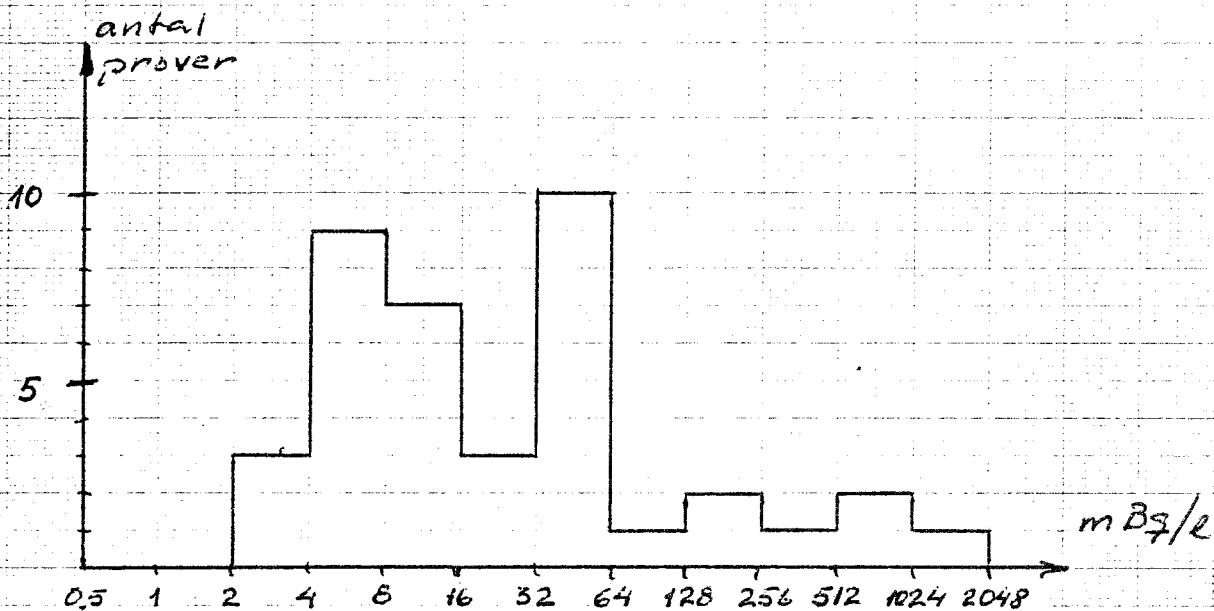
K1/2-81/4



U-aktivitet i brunnsvatten

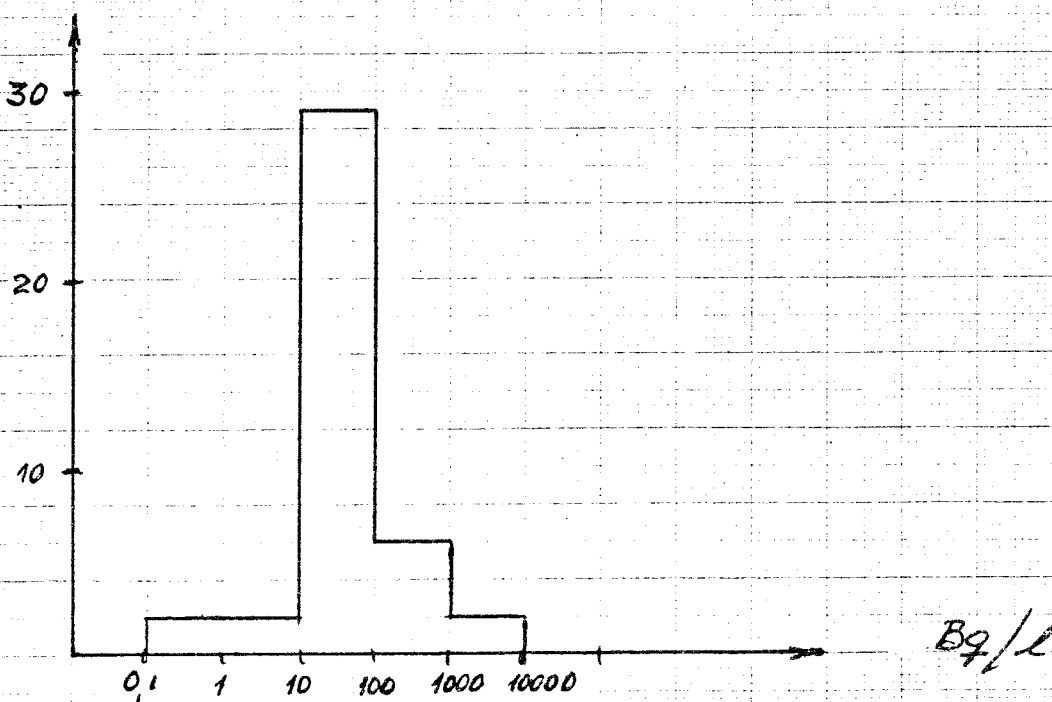
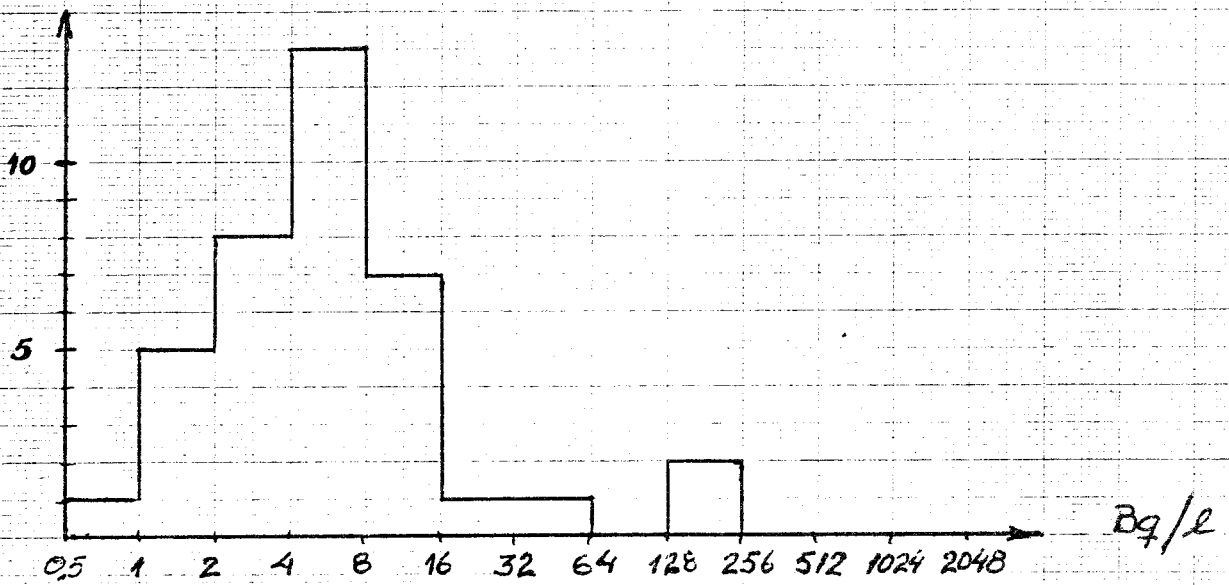
Bilaga B

K1/2-81/4



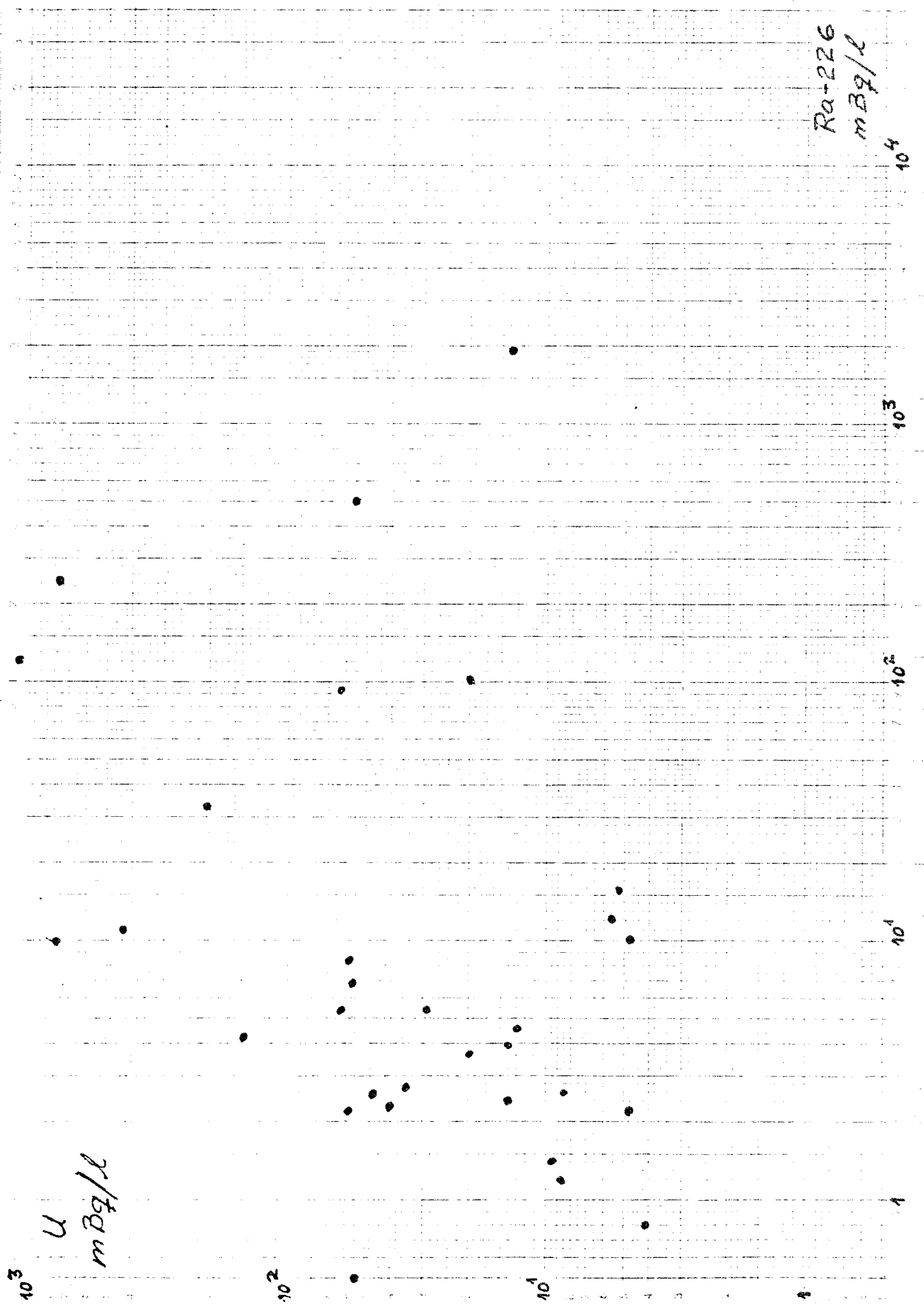
Rn-222-aktivitet i brunnsvatten

K1/2-81/4



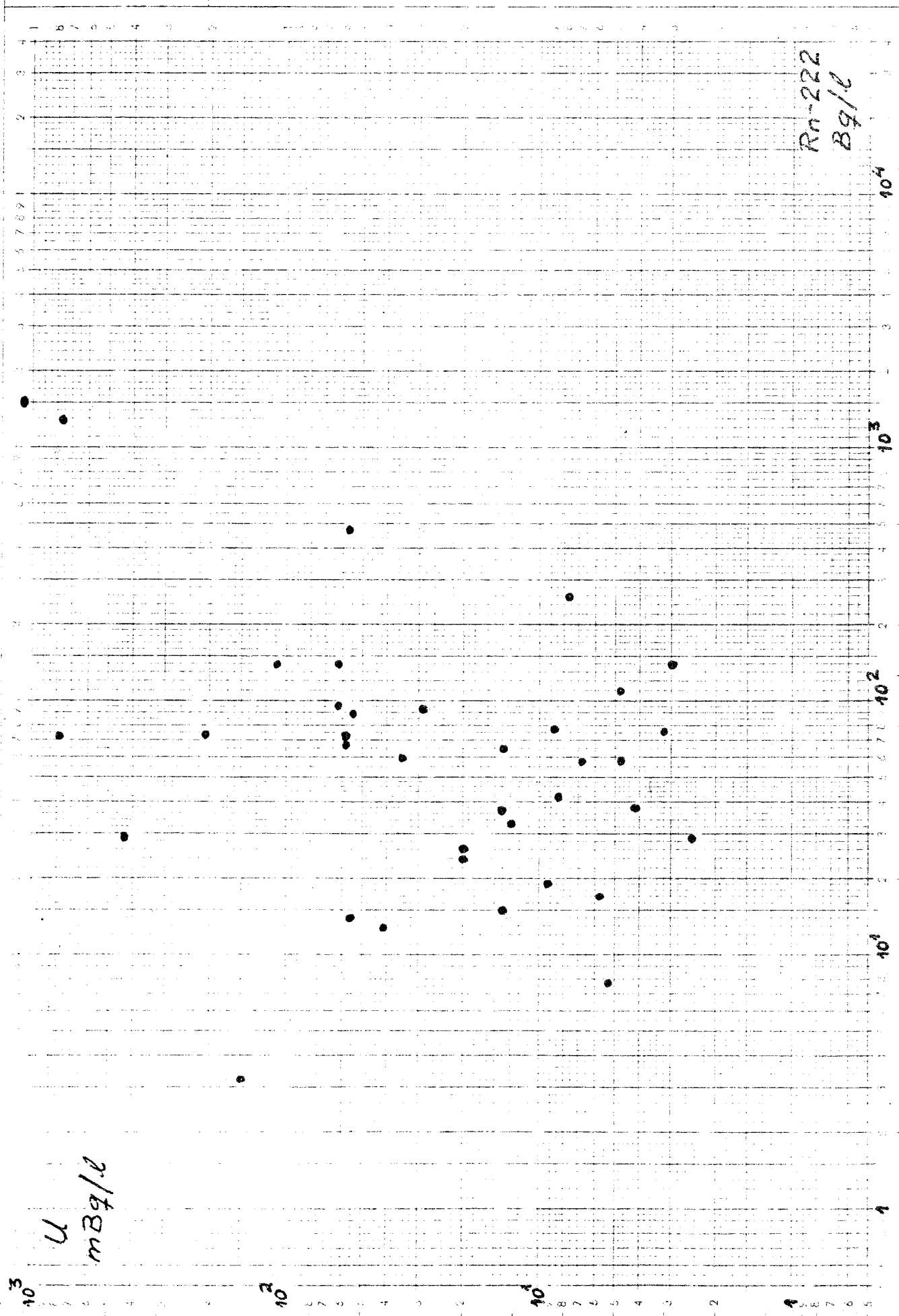
Aktivitetsförhållandet U/Ra-226 i
brunnsvatten

K1/2-81/4



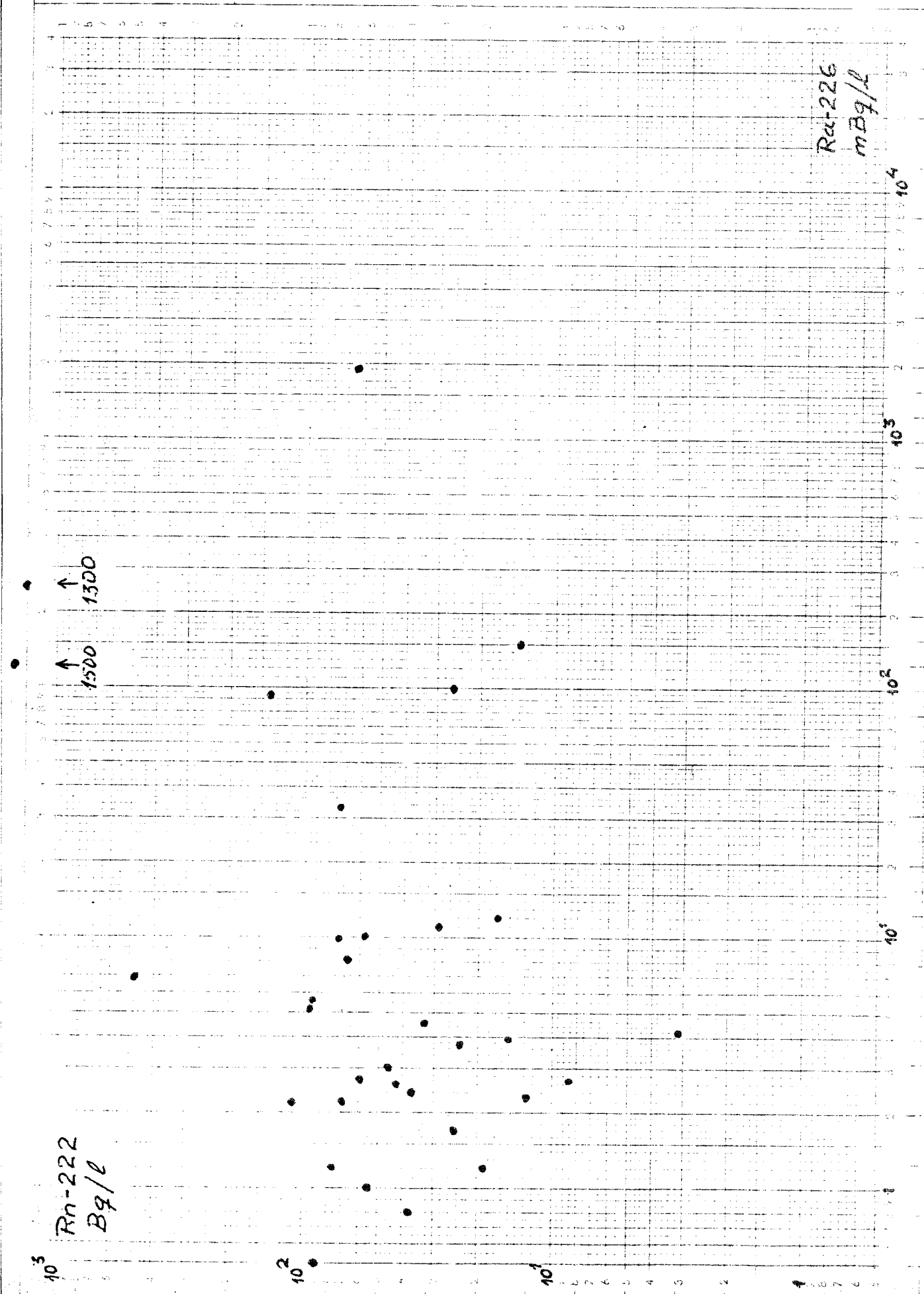
Aktivitetsförhållandet U/Rn-222 i
brunnsvatten

K1/2-81/4



Aktivitetförhållandet Pn-222/Ra-226
i brunnsvatten

K1/2-81/4



Förnyad provtagning av några stationer i Norrland

För att få en uppfattning om uran-, radium- och radonaktiviteternas variation i tiden provtogs fem stationer i Norrland ånyå under maj månad 1981. Under försommaren efter snösmältningen har vi i allmänhet en utspädning av salthalten i grundvattnet, och det är intressant att se om U, Ra-226 och Rn-222 följer samma mönster. Tyvärr företogs provtagningen lite för tidigt för norrländska förhållanden, då grundvattennivåerna ännu inte stigit så markant efter det minimum som inträffar på senvintern innan snösmältningen kommit igång på allvar. Detta innebar att två av provtagningsstationerna, nämligen 26024 Kassjöån och 68009 Sveg hade samma grundvattennivåer under provtagningen i maj 1981 som vid den i början av september 1980. Stationerna 29008 Piprörsmyrån och 37056 Solälven hade ca 40 cm högre grundvattennivå vid det senare provtagningsstillfället. Station 37032 Lappträsket hade däremot nästan 1 meter högre grundvattennivå, och därmed den största grundvattennivåskillnaden jämfört med den första provtagningen.

En jämförelse av analysresultaten från den första och den andra provtagningen (se tabell nedan) ger väl ingen enhetlig bild. Det är endast i grundvattnet från station 37032 Lappträsket som halterna av alla tre isotoperna markant har sjunkit. Det mest förvånande är kanske att resultaten från 26024 Kassjöån från första- och andra provtagningsomgången överensstämmer så väl. Uran och radiumhalterna har ungefär halverats i station 68009 Sveg. I 37056 Solälven har däremot uranaktiviteten ökat väsentligt från 7.8 mBq/l till 36 mBq/l. Orsakerna till dessa oregelbundna förändringar i uran- och radiumhalterna är svårförklarliga.

De förändringar i radonaktiviteten som är för handen i grundvatten från stationerna 29008, 37056 och 68009 kan möjligtvis förklaras genom förändringar i gasutbytet i vattnet. Vid god luftning och syresättning avgår även radon lättare och aktiviteten i grundvattnet sjunker. I station 29008 har radonhalten sjunkit från 77 till 26 Bq/l. Syrehalten har samtidigt stigit från 2.4 mg/l till 4,4 mg/l. Även redoxpotentialen, som är ett mått på vattnets oxiderande förmåga har ökat.

Station 37056 har en liten minskning i radonaktiviteten. Där har vi motsvarande ökning av syrehalten och redoxpotentialen.

Ökningen av radonaktiviteten i station 68009 Sveg kan kanske inte förklaras helt analogt med minskad syrehalt, ty den är lika vid de bägge provtagningstillfällena. Redoxpotentialen har däremot minskat från + 427 till + 386 millivolt.

Station	Provtagn. tillfälle	Ra-226; mBq/l	U; mBq/l	Rn-222; Bq/l
26024	aug/sep 1980	$0.5 \pm 60\%$	$55 \pm 7\%$	$90 \pm 5\%$
"-	maj 1981	<4	50 ± 4	96 ± 3
29008	aug/sep 1980	$1.2 \pm 40\%$	$8.7 \pm 30\%$	$77 \pm 20\%$
"-	maj 1981	1.4 ± 0.2	9.3 ± 3	26 ± 3
37032	aug/sep 1980	$94 \pm 35\%$	$63 \pm 6\%$	$140 \pm 6\%$
"-	maj 1981	18 ± 5	7.0 ± 3	69 ± 4
37056	aug/sep 1980	<2	$7.8 \pm 30\%$	$260 \pm 4\%$
"-	maj 1981	<2	36 ± 4	250 ± 10
68009	aug/sep 1980	$6.8 \pm 50\%$	$56 \pm 7\%$	$480 \pm 6\%$
"-	maj 1981	3.4 ± 0.2	21 ± 4	530 ± 20

Mats Aastrup
SGU
Box 670
751 28 UPPSALA

RADIOAKTIVITETSBESTÄMNING I VATTENPROV

Provstation	Prov nr	Provtagn.datum	Ra-226, Bq/l	U, Bq/l	Rn-222, Bq/l
Kassjöån	26024	810505 kl 1740	$< 4 \cdot 10^{-3}$	$(5.0 \pm 0.4) \cdot 10^{-2}$	$(9.6 \pm 0.3) \cdot 10^1$
Piprörsmýran	29008	810512 kl 0830	$(1.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-3}$	$(9.3 \pm 3) \cdot 10^{-3}$	$(2.6 \pm 0.3) \cdot 10^1$
Lappträsket	37032	810507 kl 1300	$(1.8 \pm 0.5) \cdot 10^{-2}$	$(7.0 \pm 3) \cdot 10^{-3}$	$(6.9 \pm 0.4) \cdot 10^1$
Solälven	37056	810507 kl 1630	$< 2 \cdot 10^{-3}$	$(3.6 \pm 0.4) \cdot 10^{-2}$	$(2.5 \pm 0.1) \cdot 10^2$
Sveg	68009	810513 kl 1730	$(3.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-3}$	$(2.1 \pm 0.4) \cdot 10^{-2}$	$(5.3 \pm 0.2) \cdot 10^2$

Referensdatum för Rn-222 = provtagningsdatum

Angivet analysfel: En standardavvikelse

Med uran avses: Total alfaaktivitet, naturligt uran, beräknad utifrån uppmätta U-235-mängder.

Med vänlig hälsning



Gunda Eriksson

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

1977-78

TR 121 KBS Technical Reports 1 - 120.
Summaries. Stockholm, May 1979.

1979

TR 79-28 The KBS Annual Report 1979.
KBS Technical Reports 79-01--79-27.
Summaries. Stockholm, March 1980.

1980

TR 80-26 The KBS Annual Report 1980.
KBS Technical Reports 80-01--80-25.
Summaries. Stockholm, March 1981.

1981

TR 81-01 A note on dispersion mechanisms in the ground
Ivars Neretnieks
Royal Institute of Technology, March 1981

TR 81-02 Radiologisk exponering från strandsediment inne-
hållande torium-229
Karl Anders Edvardsson
Sverker Evans
Studsvik Energiteknik AB, 1981-01-27

TR 81-03 Analysis of the importance for the doses of
varying parameters in the biopath-program
Ulla Bergström
Studsvik Energiteknik AB, 1981-03-06

TR 81-04 Uranium and radium in Finnsjön - an experimental
approach for calculation of transfer factors
Sverker Evans
Ronny Bergman
Studsvik Energiteknik AB, 1981-05-07

- TR 81-05 Canister materials proposed for final disposal of high level nuclear waste - a review with respect to corrosion resistance
Einar Mattsson
Swedish Corrosion Institute, Stockholm, June 1981
- TR 81-06 Ion diffusion through highly compacted bentonite
Trygve Eriksen
Department of Nuclear Chemistry
Royal Institute of Technology, Stockholm
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Division Soil Mechanics, University of Luleå
1981-04-29
- TR 81-07 Studies on groundwater transport in fractured crystalline rock under controlled conditions using nonradioactive tracers
Erik Gustafsson
Carl-Erik Klockars
Geological Survey of Sweden, Uppsala, April 1981
- TR 81-08 Naturligt förekommande uran-, radium- och radonaktiviteter i grundvatten
Mats Aastrup
Sveriges Geologiska Undersökning oktober 1981