



Radonhalten i grundvatten från granitområden i Malmöhus län



Ove Gustafsson

Uppsala 1992



SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Rapporter och meddelanden nr 72

Ove Gustafsson

Radonhalten i grundvatten från granitområden i Malmöhus län

Denna undersökning är finansierad med medel
från Malmöhus läns landstings miljövårdsfond

Uppsala 1992

ISBN 91-7158-511-7

ISSN 0349-2176

Textkartorna är ur sekretessynpunkt godkända för spridning.

Lantmäteriverket 1992-03-16.

Redigering och layout: Agneta Ek, SGU

Tryck: Reprocentralen HSC, 1992

Innehåll

Sammanfattning	4
Inledning	4
Tidigare undersökningar	5
Geologisk bakgrund	5
Undersökningsmetodik	7
Mätresultat	7
Hela länet	7
Svalövs kommun	8
Höörs kommun	9
Hörby kommun	9
Kommunerna på Romeleåsen	12
Vattenbehandling vid kommunala vattenverk	12
Naturlig luftning i grävda brunnar	13
Jämförelse med markradonmätningar	14
Jämförelse mellan radonhalt i grundvatten och radondotterhalt i böningshus	14
Hälsorisker vid användning av radonhaltigt vatten	14
Rekommendationer och gränsvärden	14
Åtgärder för att minska radonhalten	15
Luftning	15
Luftning genom ventilation av duschrum	15
Luftning vid atmosfärstryck med falluftare	15
Luftning under tryck (i hydrofor)	16
Luftning i brunn med bubbeldrivare	17
Amerikanska metoder	18
Filtrering genom aktivt kol	19
Slutord	20
Referenser	21

Sammanfattning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har med medel från Miljövårdsfonden i Malmöhus län undersökt den naturliga radonhalten i grundvatten från bergborrade brunnar i granitområdena i länet. Projektets målsättning har varit att klargöra vilka radonhalter som är normala i grundvatten från dessa områden.

Urberget i Skåne domineras till övervägande del av gnejser, men inom mindre delar förekommer såväl gnejsiga graniter som välvgränsade granitkroppar. Grundvattnet i uranförande graniter kan innehålla radon (Rn-222), en färg- och luktlös gas som ingår i urans sönderfallsserie. Radon som är lösligt i vatten avgår vid t. ex. tvätt, disk och duschning. Radonhalten kan därför öka i utrymmen som används för sådan verksamhet.

Undersökningen genomfördes i två etapper, dels i maj-juni och dels i oktober 1991. Sammanlagt analyserades grundvatten från 85 borrade brunnar i och omedelbart i anslutning till granitområdena i Malmöhus län. Dessutom har tre mätningar som utförts 1988 inom samma områden medtagits i undersökningen.

I de 88 analyserade brunnarna är radonhalten till helt övervägande del lägre än 500 Bq/l. Endast tre värden är högre än 1 000 Bq/l. Det högsta uppmätta värdet är 1 656 Bq/l, medan medianvärdet uppgår till 245 Bq/l. Den genomsnittliga radonhalten är högre i Svalövs och Hörby kommuner än i länet, medan den är lägre i Höörs kommun och ungefär densamma i kommunerna på Romeleåsen.

I de fyra kommunala vattenverk där såväl rå- som renvatten analyserades och råvattnet filterades för avlägsnande av järn och mangan, reducerades radonhalten till 25–45% av den ursprungliga halten. Reduktion av radonhalten genom luftning kan förekomma i vattentäcker som består av en grävd och en borrhåla del och där grundvattnet i den borrhåla delen stiger upp i den grävda brunnen.

Eftersom användning av hushållsvatten med förhöjd halt av radon kan bidra till ökad risk för cancer, främst genom inandning av det radon som avgivits till luften, bör radonhalten i dessa fall reduceras före användandet. Det finns där två huvudmetoder, dels luftning av vattnet och dels filtrering genom aktivt kol. Några olika luftningsmetoder redovisas i undersökningen. Dessa har åtskilliga fördelar, bl.a. att de även kan avlägsna eventuella förekomster av t. ex. svavelväte och reducera järn- och manganhalterna. Nackdelarna för mindre luftningsanläggningar är ofta storleken och kostnaden. Filtrering genom aktivt kol är ett effektivt sätt att minska radonhalten och blir också betydligt billigare än luftning för en mindre anläggning. Den stora nackdelen med denna metod är att den använda filtermassan kommer att anrikas på radioaktiva ämnen och därför måste behandlas som radioaktivt avfall.

Denna undersökning har visat att radonhalten i grundvatten från granitområdena inte är något stort problem i länet. Endast undantagsvis förekommer högre halter än 1 000 Bq/l, där åtgärder absolut bör vidtas. Däremot förekommer ofta värden på 100–1 000 Bq/l, där radonhalten från grundvattnet tillsammans med tillskott från mark och byggnaderna kan orsaka så höga halter att åtgärder blir nödvändiga. I tveksamma fall bör därför de här presenterade undersökningarna kompletteras med inomhusmätningar i de aktuella fastigheterna.

Inledning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har med medel från Miljövårdsfonden i Malmöhus län undersökt den naturliga radonhalten i grundvatten från bergborrade brunnar i granitområdena i länet. Bakgrunden till projektet är den provtagning för bestämning av grundvattnets radonhalt som utfördes 1988 i samband med grundvattenkarteringen av de båda skånelänen. I denna provtagningsserie analyserades ett 100-tal brunnar i Malmöhus län. De flesta analyserna angav låga eller mycket låga radonhalter. I grundvatten från de två brunnar som provtogs inom granitområdena i länet, förekom dock förhöjda halter. Målsättningen för detta projekt har därför varit att bestämma vilka radonhalter som är normala i grundvatten från granitområdena. Därigenom har det också varit möjligt att klargöra, vilka åtgärder som kan behöva vidtagas för brunnar inom dessa områden. Vattenprovtagningen och radonmätningarna har utförts av Sven Eric Karlsson. Christin Andreasson har svarat för figurerna, medan Angela Byrskog skrivit och redigerat texten.

Tidigare undersökningar

Radonhalten i grundvatten har tidigare undersökts i åtskilliga länder. Flera större undersökningar har genomförts i USA. En undersökning av 2 200 privata vattentäkter från hela nationen visade på stora skillnader av radonhalten från stat till stat (Vitz 1988). Höga halter, upp mot 15 000 Bq/l, konstaterades i några stater i östra delen av landet. I Maine undersöktes 2 000 vattenprover från kommunala och privata vattentäkter, där det inom granitområdena uppmättes radonhalter på 185–3 700 Bq/l (Hess 1979).

Undersökningar i Finland visade att radonhalten lokalt kan vara hög, speciellt i södra Finland (Kahlos och Asikainen 1973). Det högsta värdet uppmättes till 62 000 Bq/l. I Norge konstaterades ett högsta värde på 7 000 Bq/l vid en undersökning av 58 brunnar (Stranden 1987).

I Sverige har undersökningar av radonhalten i grundvatten utförts av flera län och kommuner (t. ex. Länsstyrelsen i Göteborg 1981). Länsvisa radonundersökningar utförs av SGU i samband med den översiktliga grundvattenkarteringen (t.ex. Söderholm m.fl. 1987). För närvarande är grundvattenkartor över sju län publicerade, där ca 100 radonmätningar per län är redovisade.

I Malmöhus län är 27 radonmätningar av grundvatten publicerade av Kulich m.fl. (1988), där alla värden utom ett är lägre än 100 Bq/l. Ett liknande resultat har framkommit vid SGUs översiktliga grundvattenkartering i länet. Av de totalt 91 mätningarna i denna undersökning var det endast tre som översteg 100 Bq/l. Dessa tre mätningar var alla utförda på grundvatten från bergbore brunnar i urberget och var anledningen till att den här presenterade undersökningen igångsattes.

Geologisk bakgrund

Urberget i Skåne domineras till övervägande del av gnejser. Dessa har sannolikt från början till största delen utgjorts av graniter, som senare omvandlats kraftigt och därigenom övergått till gnejsbergarter. Det finns dock mindre partier inom urberget, där omvandlingen inte gått längre än att bergarterna bör benämnas gnejsiga graniter. Ofta kan det vara svårt att skilja dessa graniter från gnejserna. Graniterna som generellt är betydligt grovkornigare än gnejserna kan vara såväl grå som röda. Förutom de gnejsiga graniterna finns välavgränsade granitkroppar av röda, delvis finkorniga graniter som bl.a. förekommer på Romeleåsen. En översikt över granitområdena i Malmöhus län redovisas på fig. 1.

Grundvattnet i uranförande graniter kan innehålla radon (Rn-222). Radon är en färg- och luktlös gas som bildas när radium sönderfaller. Radium är i sin tur en sönderfallsprodukt av uran. Radon är lösligt i vatten. Större delen av det lösta radonet avgår vid t.ex. tvätt, disk och duschning. Därvid kan radonhalten öka i utrymmen som används för sådan verksamhet. Detta gäller framför allt i dåligt ventilerade lokaler. När radon sönderfaller bildas radondöttrar. Det är kortlivade, fasta radioaktiva partiklar, som när de sönderfaller avger alfa- och gammastrålning. Halveringstiden för radon, Rn-222, är 3,82 dagar. Radondöttrarna i sin tur sönderfaller i radioaktiva isotoper av bly, vismut och polonium. Slutprodukten i uranets (U-238) sönderfallsserie är bly (Pb-206) som framgår av fig. 2.

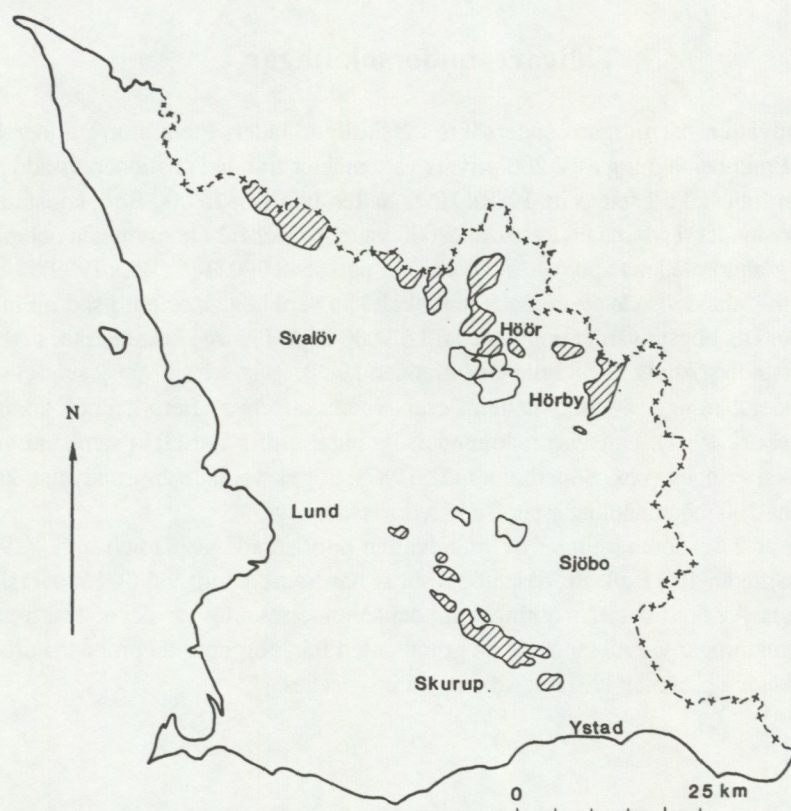


Fig. 1. Områden med granitberggrund i Malmöhus län.

Isotop	Halv.tid	Strålning
²³⁸ Uran	4,51×10 ⁹ år	α
↓		
²³⁴ Torium	24,1 d	β
↓		
²³⁴ Protaktinium	1,18 min	β
↓		
²³⁴ Uran	2,48×10 ⁵ år	α
↓		
²³⁰ Torium	8×10 ⁴ år	α
↓		
²²⁶ Radium	1,600×10 ³ år	α
↓		
Gas \curvearrowright ²²² Radon	3,82 d	α
↓		
²¹⁸ Polonium	3,05 min	α
↓		
²¹⁴ Bly	26,8 min	β, γ
↓		
²¹⁴ Vismut	19,8 min	β, γ
↓		
²¹⁴ Polonium	1,6×10 ⁻⁴ s	α
↓		
²¹⁰ Bly	21,3 år	β
↓		
²¹⁰ Vismut	5,01 d	β
↓		
²¹⁰ Polonium	138,4 d	α
↓		
²⁰⁶ Bly	Stabil	-

Radon-döttrar RnD

α - strålning: spårfilm, filtermetoden

β, γ - gammastrålning: handmätning, bilmätning

Fig. 2. Urans (U-238) sönderfallsserie (efter broschyrmateriel från Sveriges Geologiska AB).

Undersökningsmetodik

Undersökningen utfördes genom en insamling av vattenprover från i första hand de borrhade brunnar som ingår i SGUs brunnarkiv och där lagerföljd och brunnskonstruktion därför är kända. Insamlingen ägde rum under dagtid och under kvällen samma dygn analyserades proverna på innehållet av radon. För mätningarna användes en kanadensisk scintillometer av fabrikat EDA.

Före mätningarna placeras de insamlade vattenproverna i en bubbeltub som är i förbindelse med en vacuumcell. Denna evakueras och får sedan långsamt dra in den luft som passerat genom vattenprovet. När allt radon avluftats, placeras vacuumcellen i mätinstrumentet, där strålningen mäts. Resultatet justeras därefter för det radonsönderfall som ägt rum sedan vattenprovet insamlats.

Mätresultat

Hela länet

Undersökningen genomfördes i två etapper, dels i maj-juni och dels i oktober 1991. Sammanlagt analyserades grundvatten från 85 borrhade brunnar i och omedelbart i anslutning till granitområdena i Malmöhus län. Ytterligare tre analyser från 1988 års undersökning för grundvattenkartan i länet har tagits med i redovisningen. Vid fem kommunala vattenverk analyserades såväl det ingående råvattnet som det utgående renvattnet.

Radonhaltens fördelning redovisas i fig. 3, där det framgår att det helt övervägande antalet värden understiger 500 Bq/l. Endast tre värden är högre än 1 000 Bq/l. Medianvärdet uppgår till 245 Bq/l.

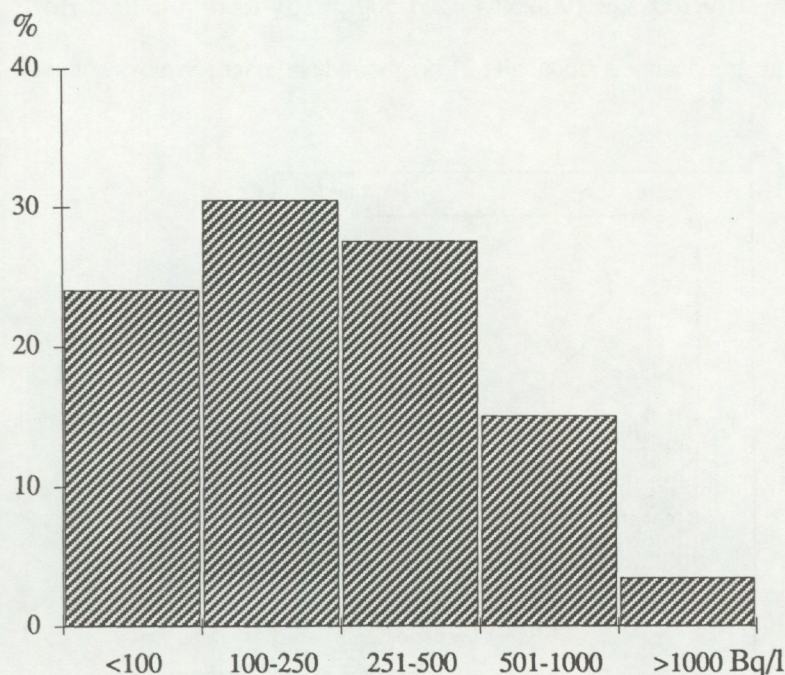


Fig. 3. Fördelning av grundvattnets radonhalt i 88 bergborrade brunnar inom granitområdena i Malmöhus län.

Svalövs kommun

I Svalövs kommun har sammanlagt grundvatten från 21 brunnar på Söderåsen analyserats. Radonhaltens fördelning redovisas i fig. 4, där det framgår att radonhalten är högre än genomsnittligt i länet. De högsta värdena förekommer i närheten av Stenestad, medan halterna är låga vid Klåveröd (se fig. 5). Det högsta värdet i hela denna undersökning, 1 656 Bq/l, har blivit uppmätt i en 44 m djup borrhunn ca två kilometer sydost om Stenestad. Medianvärdet uppgår till 373 Bq/l för brunnarna i kommunen.

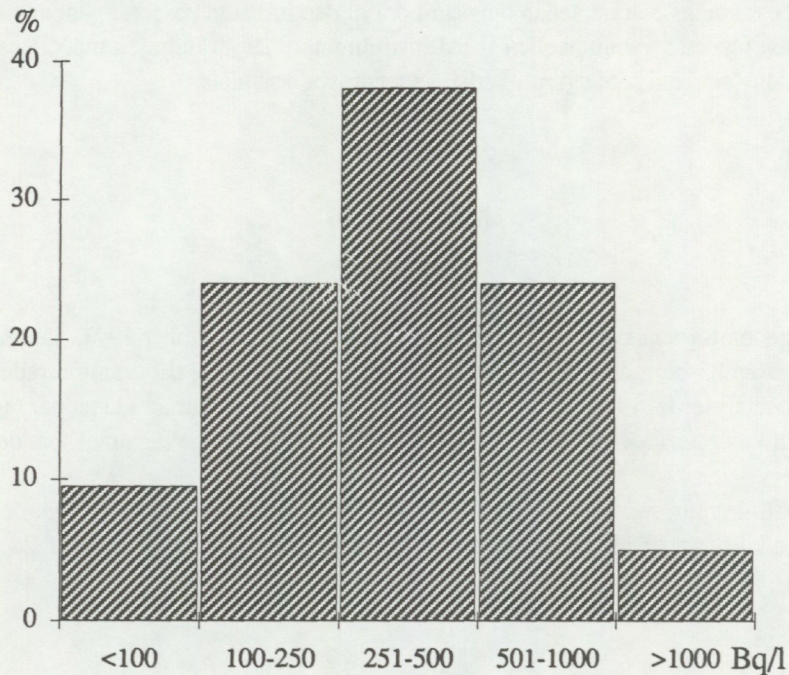


Fig. 4. Fördelning av grundvattnets radonhalt i 21 bergborrade brunnar i Svalövs kommun.

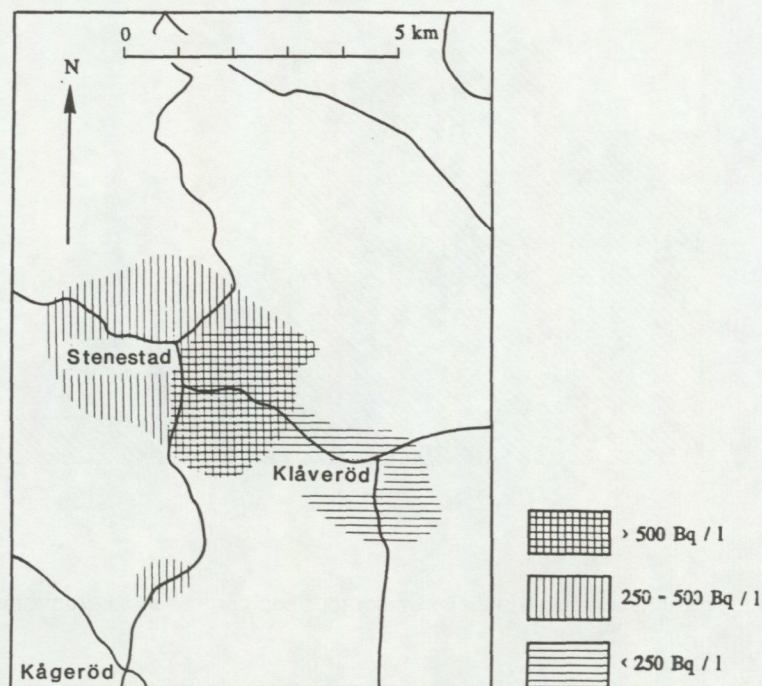


Fig. 5. Regional fördelning av radonhalten i Svalövs kommun.

Höörs kommun

Totalt 26 analyser är utförda i Höörs kommun. Värdena fördelar sig enligt fig. 6, där det framgår att radonhalterna är lägre i kommunen än genomsnittligt i länet. Fig. 7 visar att det endast är inom smärre områden som högre halter än 250 Bq/l har uppmätts. Det högsta värdet uppgår till 605 Bq/l som konstaterats i en 46 m djup borrhunn ca 1 km väster om Höör. Medianvärdet i kommunen uppgår till 119 Bq/l.

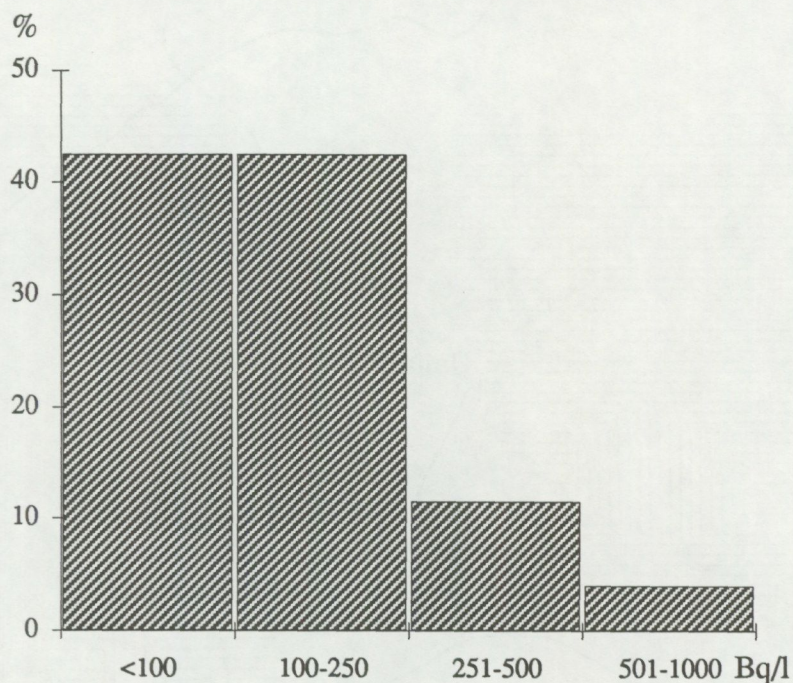


Fig. 6. Fördelning av grundvattnets radonhalt i 26 bergborrade brunnar i Höörs kommun.

Hörby kommun

I Hörby kommun har sammanlagt 19 borrhunnar analyserats. Fördelningen redovisas i fig. 8, där det framgår att radonhalterna i kommunen är något högre än genomsnittligt för länet. Den regionala fördelningen framgår av fig. 9 som visar att de högsta värdena förekommer i södra och norra delen av det större granitområde som finns i kommunen. Det högsta värdet har uppmätts vid Satsrup, där 1 611 Bq/l har konstaterats i en 70 m djup borrhunn. Medianvärdet i kommunen uppgår till 288 Bq/l.

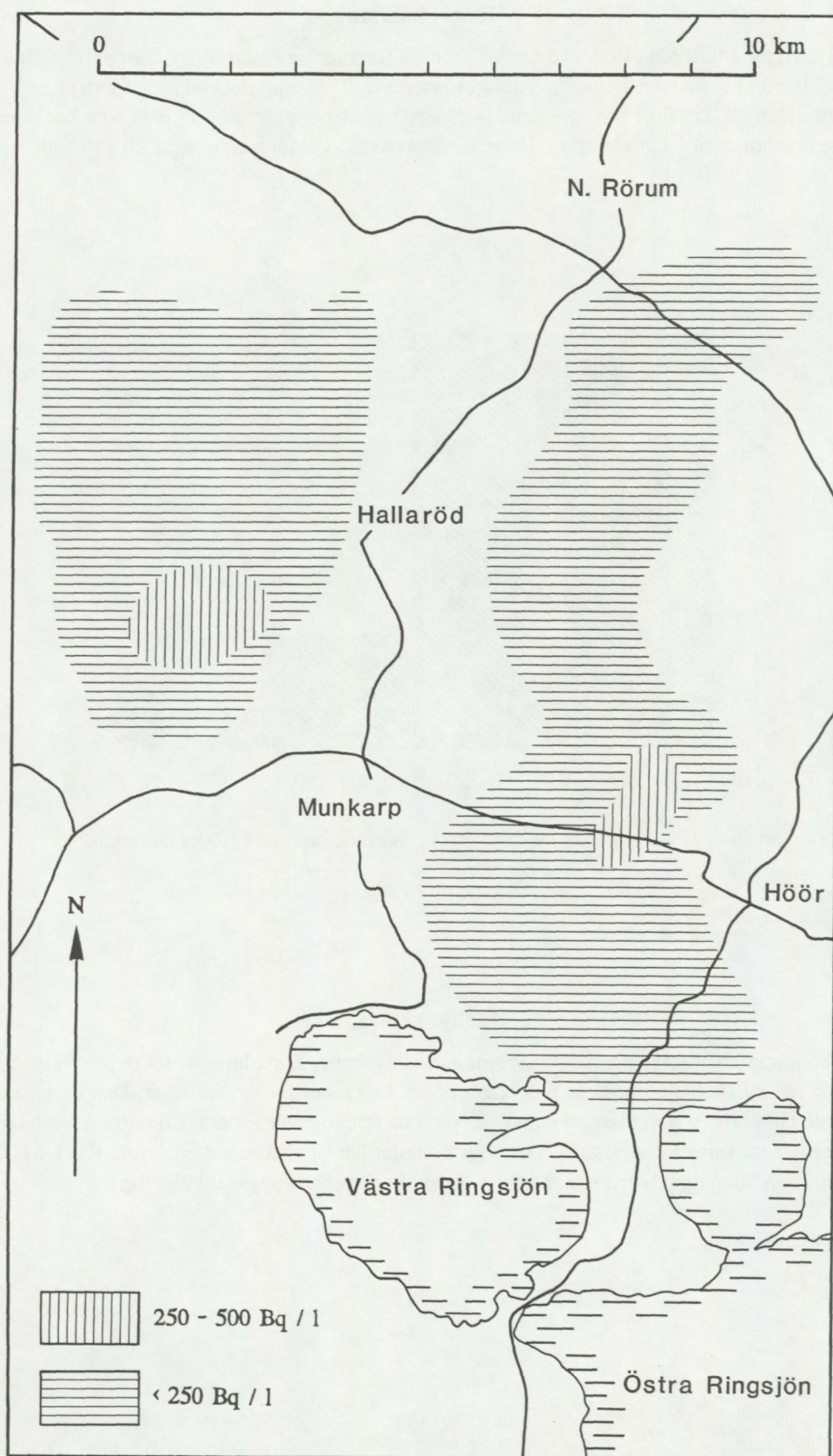


Fig. 7. Regional fördelning av radonhalten i Höörs kommun.

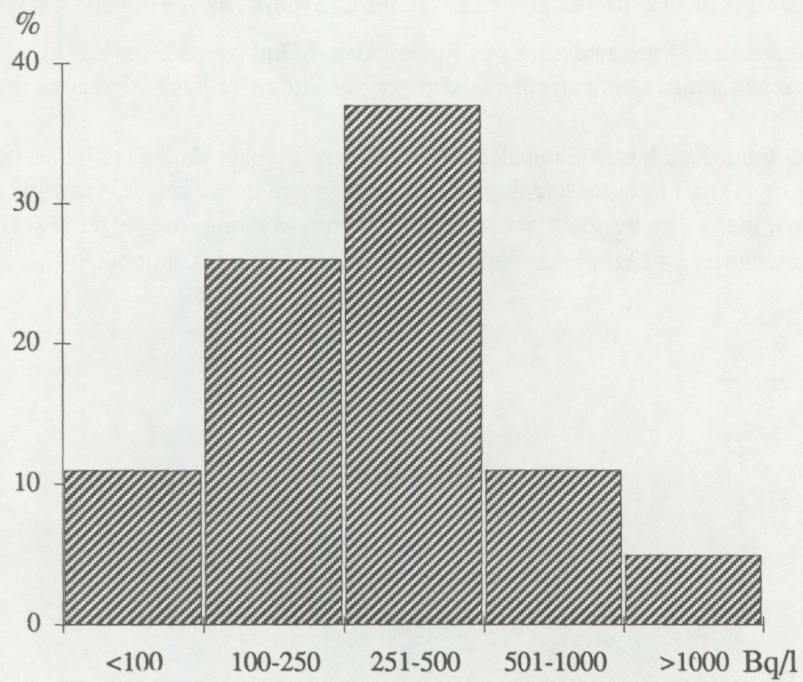


Fig. 8. Fördelning av grundvattnets radonhalt i 19 bergborrade brunnar i Hörby kommun.

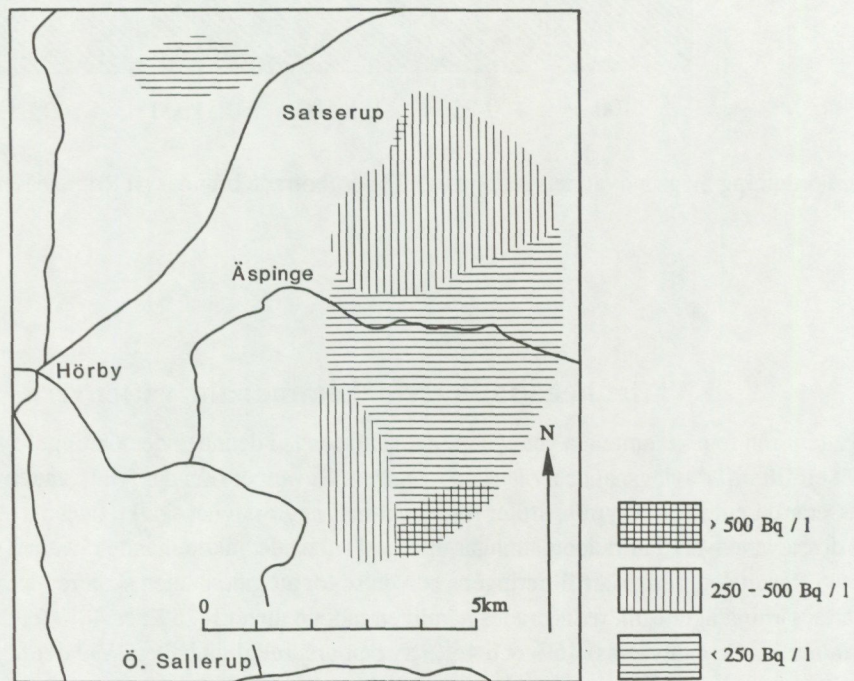


Fig. 9. Regional fördelning av radonhalten i Hörby kommun.

Kommunerna på Romeleåsen (Lund, Sjöbo, Skurup och Ystad)

Sammanlagt 22 borrbrunnar har analyserats på Romeleåsen. Mätningarna redovisas i fig. 10 som visar att fördelningen överensstämmer tämligen väl med den genomsnittliga för länet. Medianvärdet uppgår till 248 Bq/l.

Inom området finns dock lokala skillnader med en tendens till låga värden i nordväst och höga i sydost som framgår av fig. 11. Vid de sex mätningarna i Lunds kommun har således tre värden visat sig vara lägre än 100 Bq/l, medan tre av totalt sex värden i Skurups kommun överstiger 500 Bq/l. Det högsta värdet i dessa kommuner, 1 429 Bq/l, har uppmätts vid Skårby i Ystads kommun.

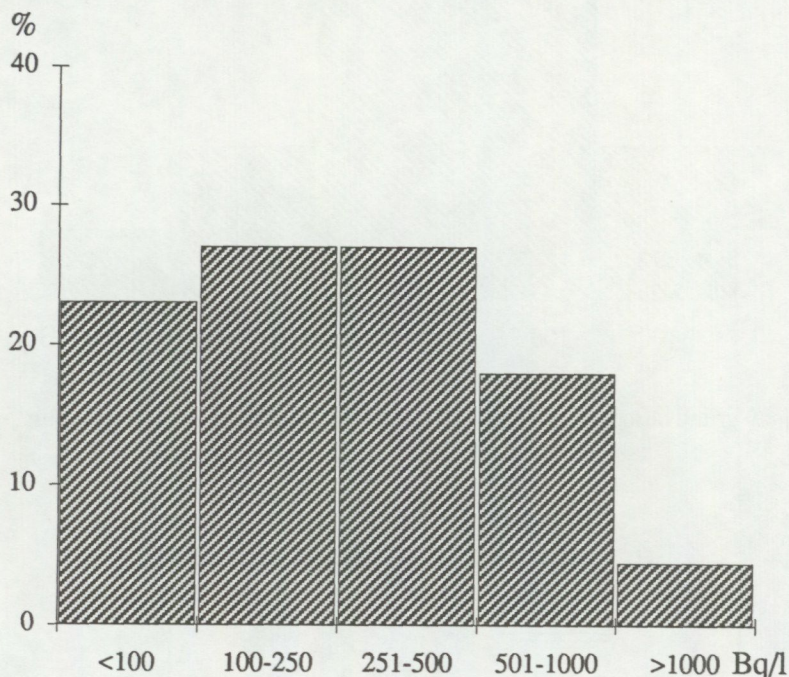


Fig. 10. Fördelning av grundvattnets radonhalt i 22 bergborrade brunnar på Romeleåsen.

Vattenbehandling vid kommunala vattenverk

Grundvatten från fem kommunala vattenverk har analyserats i denna undersökning. I fyra av dessa passerar råvattnet ett filter för avlägsnande av järn och mangan. Råvattnet från det femte vattenverket avjärnas inte, men passerar däremot ett avsyrningsfilter för att vattnets aggressivitet skall reduceras.

Vid dessa vattenverk har radonmätningar utförts såväl på det inkommande råvattnet som på det utgående renvattnet. Resultaten visar klart filtreringens betydelse för att radonhalten skall reduceras. I de fyra vattenverk, där avjärning äger rum, reducerades nämligen radonhalten till 25%, ca 40% (endast blandvatten från flera brunnar kunde analyseras) 46% och 46 % av den ursprungliga halten. Vid det femte vattenverket där det inte förekom någon avjärning, var däremot minskningen försumbar.

Förutom filtreringens inverkan på minskningen av radonhalterna vid de kommunala vattenverken tillkommer den reduktion som beror på radonets sönderfall under transporttiden från vattenverket till konsumenterna. Denna reduktion torde bli störst i de minsta vattenverken, där vattnets uppehållstid är lång i hydrofor och ledningar.

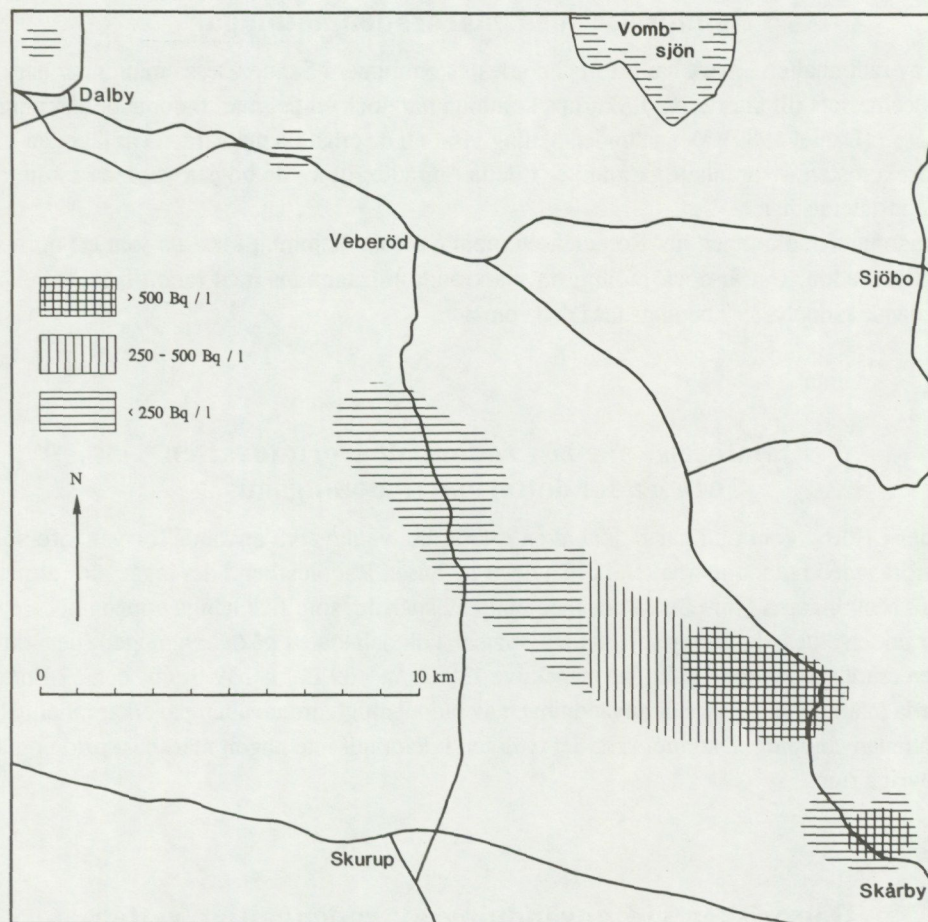


Fig. 11. Regional fördelning av radonhalten på Romeleåsen.

Naturlig luftning i grävda brunnar

Naturlig luftning av radon är möjlig i de fall en vattentäkt består av en grävd brunn som fördjupats genom borrhning. Många äldre borrhbrunnar är utförda på detta sätt, medan brunnsborrning numera i allmänhet inleds från markytan. I brunnar av den äldre konstruktionen kan grundvattennivån i den borrhade delen antingen stiga upp i den grävda brunnen eller stå under dess botten. I det första fallet blir kontaktytan mellan grundvattnet och luften stor och luftningen kan därigenom bli tämligen effektiv. Om vattenförbrukningen är liten, kommer dessutom grundvattnet att bli stående i den grävda brunnen under relativt lång tid.

Av de 88 analyserade brunnarna i denna undersökning består 19 av en grävd del som fördjupats genom borrhning. I 11 av dessa vattentäkter är grundvattennivån belägen högre än den grävda brunns botten. Analyserna från dessa 11 brunnar visar att radonhalterna i 7 fall var lägre än 100 Bq/l. I två brunnar låg halterna mellan 100 och 250 Bq/l och lika många gånger var halterna något högre än 250 Bq/l. De här angivna resultaten är givetvis statistiskt otillförlitliga, men eftersom många värden är mycket låga är det sannolikt att en betydande reduktion av radonhalten sker i en del av dessa brunnar. En viss reservation måste göras för att brunnskonstruktionen inte är känd i detalj för alla brunnarna. De vattentäkter som består av en grävd och en borrhad del är ofta olämpliga ur föroreningssynpunkt, men kan i stället genom sin konstruktion sänka radonhalten i berggrundvattnet före användningen.

Jämförelse med markradonmätningar

Mätningar av radonhalten i mark har utförts i de flesta kommuner i Skåne. Dessa mätningar har dock i allmänhet koncentrerats till tätorterna. I Skurups kommun har dock en del markradonundersökningar utförts på Romeleåsen (Daniel 1989). Denna undersökning visar att de erhållna mätvärdena är lägre än väntat med tanke på förekomsten av uranhaltiga graniter i detta område. Ett av de högsta värdena i kommunen har emellertid konstaterats här.

I markradonundersökningen har Romeleåsen inom Skurups kommun klassats som ett normalriskområde vad gäller radon. Det är dock möjligt att markradon tillsammans med radon från grundvatten kan orsaka betydande radonhalter i bostadshus i detta område.

Jämförelse mellan radonhalt i grundvatten och radondotterhalt i bostadshus

I en fastighet i Hörby kommun har radonhalten i det grundvatten som används för vattenförsörjningen kunnat jämföras med radondotterhalten i olika delar av huset. Radonhalten i det ingående vattnet uppgick till 551 Bq/l. Mätningarna i huset utfördes med hjälp av spårfilm som fick hänga uppe under tre månader. Fyra platser undersöktes, duschrum med toalett, matsal, kök och toalett på övervåningen (utan dusch). I de fyra rummen erhöles radondotterhalter på respektive 138 Bq/m³, 39 Bq/m³, 59 Bq/m³ och 52 Bq/m³.

De utförda mätningarna visar hur användningen av radonhaltigt grundvatten påverkar radonhalten i rum med hög vattenanvändning. Däremot sker det tydligen i detta fall inte någon märkbar spridning av radonhalten till övriga rum.

Hälsorisker vid användning av radonhaltigt vatten

Av socialstyrelsens anvisningar för vilka risker som gäller vid användning av radonhaltigt vatten framgår följande:

"Användning av hushållsvatten med förhöjd halt av radon kan bidra till ökad risk för cancer dels genom inandning av det radon som avgivits till luften, dels genom förtäring av vattnet.

Den stråldos som erhålls efter förtäring av vattnet kan grovt uppskattas till en femtedel av den dos som erhålls vid inandning av radondöttrar i luften från samma vatten. Det beror bl a på att endast en liten del av det vatten som vi förtär dricks omedelbart, dvs medan radongasen till största delen ännu finns kvar. Däremot används stora mängder vatten i ett hushåll för disk, duschning mm, varvid radongasen lätt avgår till luften. "

Rekommendationer och gränsvärden

Några gränsvärden för vilka radonhalter som får finnas i grundvatten förekommer inte. Däremot betraktas en högre radondotterhalt än 200 Bq/m³ inomhus i en fastighet som en sanitär olägenhet enligt hälso-skyddslagen (socialstyrelsen 1990). I nybyggda hus får radondotterhalten högst vara 70 Bq/m³ i utrymmen, där personer vistas stadigvarande.

Enligt socialstyrelsens anvisningar (1984) för vilka åtgärder som bör vidtas vid olika radonhalter i grundvatten framkommer:

"Om radonhalten i hushållsvatten är 1 000–10 000 Bq/l eller högre, finns det skäl att misstänka att radondotterhalten i inomhusluften kan bli högre än 400 Bq/m³. Socialstyrelsens anvisningar för radondotterhalt i luft gäller men det är oftast bättre att vidta åtgärder mot vattnet än mot ventilationen vid dessa halter.

För intervallet 100–1 000 Bq/l bör ställningstagande till eventuella åtgärder göras från fall till fall. Den radongas som kommer från vattnet kan tillsammans med tillskott från marken och byggnadsmaterialet under vissa

omständigheter medföra så hög radondotterhalt i luften att åtgärder blir nödvändiga. Även relativt låg radonhalt i vattnet kan medföra hög radondotterhalt i luften om ventilationen är otillräcklig. Vid ställningstagande till om åtgärder skall genomföras och i vilken omfattning detta i så fall skall ske, bör hänsyn tagas till om åtgärderna rör en enskild vattentäkt eller en allmän anläggning. Därvid bör – på samma sätt som beträffande dricksvattennormer – högre krav på vattnet och därmed också på åtgärder ställas på offentliga anläggningar än på enskilda täkter. I ett hushåll med vatten från en enskild brunn är det praktiskt genomförbart att vid behov mäta radondotterhalten i inomhusluften. Detta torde i flertalet fall vara orealistiskt om radonhaltigt vatten från en allmän anläggning distribueras till ett stort antal bostäder. Det får också anses vara mera angeläget att genomföra åtgärder i en anläggning som används hela året än i anläggningar som endast används under kortare perioder, t ex i fritidsområden.

Om radonhalten understiger 100 Bq/l, behöver åtgärder ej vidtas. Detta gäller även stora vattenverk."

Åtgärder för att minska radonhalten

För att avlägsna radon ur grundvattnet finns två huvudmetoder, dels att lufta vattnet och dels att filtrera det genom aktivt kol. Nedanstående genomgång av lämpliga åtgärder är i huvudsak baserad på Hedberg m.fl. (1982) kompletterad med amerikanska publikationer i ämnet, t. ex. Kinner m.fl., (1988), Lowry m. fl. (1988) och Lamarre (1988).

Luftning

Hedberg m.fl. (1982) redovisar fyra förslag till reduktion av radonhalten genom olika slags luftningsmetoder, nämligen luftning genom ventilation av duschrum, luftning vid atmosfärstryck, luftning under tryck och luftning i brunnar.

Luftning genom ventilation av duschrum.

Radonavgången vid finfördelning av vatten är stor. Upphettas dessutom vattnet kan man uppnå 85% avgång enligt amerikanska undersökningar (Maruska 1974). Duschrutrymmen blir därför särskilt utsatta. Ett enkelt sätt att minska problemet är att i dessa fall montera en fläkt i duschrummet.

Luftning vid atmosfärstryck med fallluftare

Metoden innebär att radonhaltigt vatten finfördelas i en behållare med ständig tillgång till luft (fig.12). En utrustning av denna typ kräver förhållandevis komplicerad utrustning och stort utrymme samt innebär stora ingrepp i en redan befintlig anläggning. Motivet för att ändå välja denna utrustning får därför vara höga radonhalter eller måttliga halter men stort vattenuttag.

Utrustningen består av två huvuddelar, en trycklös tank (1) som utför luftningsdelen och den befintliga hydrofortanken. Brunsvatten passerar diffusorn (5) medan en fläkt driver bort radonhaltig luft. Med magnetventilen MV 2 öppen och MV 1 stängd recirkuleras vattnet genom diffusorn ett antal gånger. Därefter skiftar båda magnetventilerna läge och vattnet pumpas in i hydrofortanken.

Fallluftning ger en hög radonreduktion i förhållande till kontakttiden. Hedberg m.fl. anger en reduktion av 40–50% vid flöden av 11–12 l/min och en fallhöjd av 0,5–0,7 m.

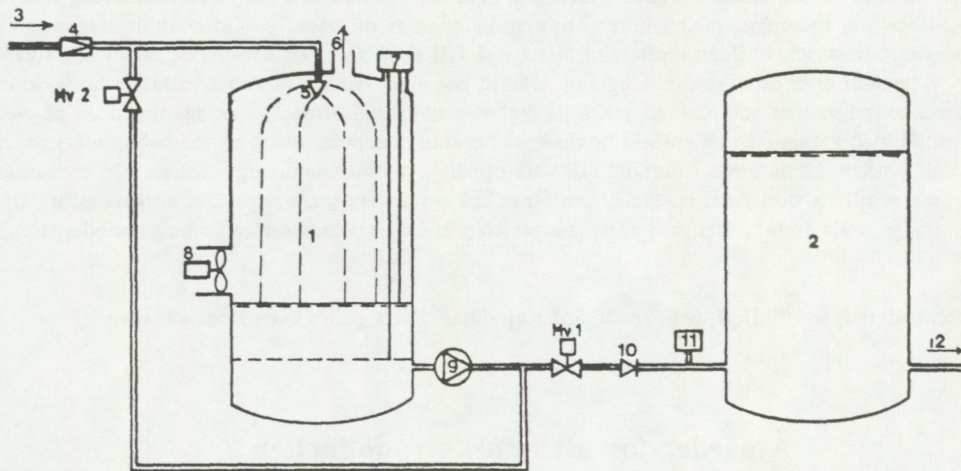


Fig. 12. Utrustning och luftningsförlopp vid fallluftning (efter Hedberg m.fl. 1982). 1. Trycklös luftnings-tank. 2. Hydrofor. 3. Inkommande vatten. 4. Reduceringsventil. 5. Diffusor. 6. Ventilationsluft. 7. Nivåvakt. 8. Fläkt. 9. Pump. 10. Backventil. 11. Tryckventil. 12. Utgående vatten.

Luftning under tryck (i hydrofor)

Hedberg m.fl. har utfört flera luftningsförsök under tryck med falluftare och bubbeldrivare. Ett sammansatt system med falluftare och bubbeldrivare har visat sig ha relativt bra radonreduktion (fig. 13).

Luftningsförloppet sker i korthet på följande sätt i detta system. Vid vattenförbrukning tillförs nytt vatten som finfördelas i toppen av hydroforen. Samtidigt startar en kompressor som driver in luft i vattnet. Luftinblåsningen fortsätter en förutbestämd tid även efter det att hydroforen är fylld. Ventilationsluften avlägsnas utomhus.

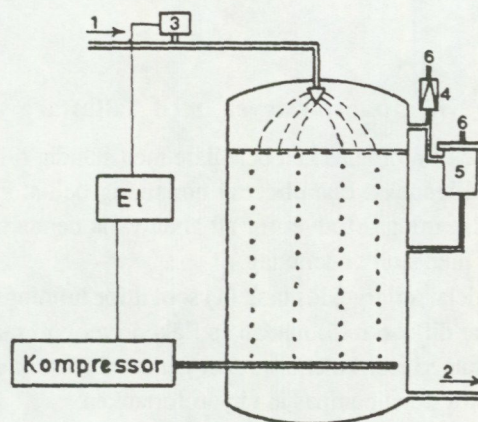


Fig. 13. Utrustning för luftning i hydrofor (efter Hedberg m.fl. 1982). 1. Inkommande vatten. 2. Utgående vatten. 3. Tryckströmbrytare. 4. Reduceringsventil. 5. Nivåvakt. 6. Ventilationsluft.

Med utgångspunkt från ett konventionellt system krävs följande ändring för att få ett sammansatt system med fallluftare och bubbeldrivare. Tillförseln av vatten ändras till en diffusor i toppen av hydroforen. Diffusor för inblåsning av luft i vattenfasen med tillhörande kompressor och backventil måste anskaffas liksom automatik för att styra kompressorn, och ett tryck- och nivåregleringssystem. Den radonhaltiga ventilationsluften måste ledas ut ur byggnaden via rör eller slangar. Varmvattenberedaren bör också kompletteras med en avluftningsventil.

Luftning i brunn med bubbeldrivare

Luftning enligt ovanstående måste genomföras under tryck och kräver komplicerad automatik. Ett sätt att komma ifrån en del av problemen kan vara att lufta vattnet direkt i borrhålet. Fig. 14 visar principen för en sådan lösning.

En liten kompressor för kontinuerlig drift driver ner luft via en tryckslang som åstadkommer cirkulation. Ett gasutbyte sker under cirkulation varefter vattnet åter strömmar nedåt. Får kompressorn gå kontinuerligt kommer radonhalten att sjunka successivt. Vid stora uttag, t.ex. vid tvätt, kan dock oluftat vatten från brunnens omgivning strömma direkt till pumpen utan att avluftning hinner ske. Därigenom finns det risk för att höga radonhalter kommer att tillföras inomhusluften.

Någon övermättning av luft blir det inte fråga om med detta system. Luft löser sig emellertid i mindre omfattning. Man kan därför inte bortse från liknande problem som vid luftning i hydrofor. Avluftning av varmvattnet kan t ex bli aktuellt.

En utrustning för brunnsluftning är billig och bör i stort sett vara driftsäker. Problem med järn- och manganutfällningar kan dock uppkomma vid alla former av luftning. Det begränsade utrymmet i brunnshålet gör att det kan bli svårigheter att föra ner ytterligare slangar. Kompressorns uppställningsplats måste ligga i nära anslutning till brunnen, eftersom problem med is i tryckledningen annars kan uppstå vintertid. En kontroll- eller larmsignal för kompressorns funktion måste installeras eftersom man inte har kompressorn under direkt uppsikt.

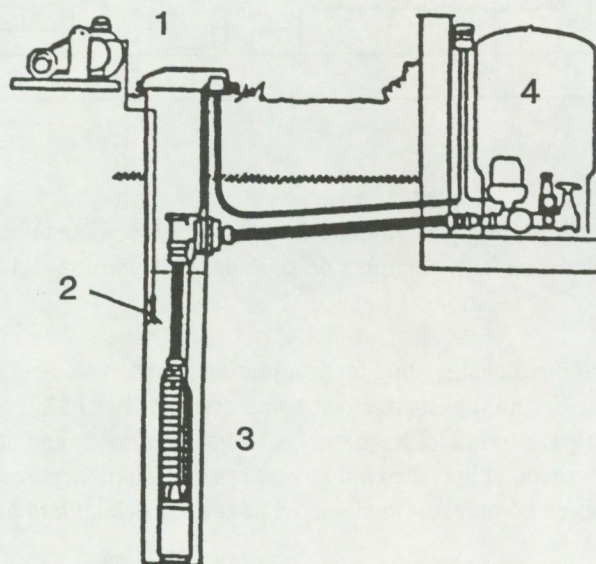


Fig. 14. Utrustning för avlägsnande av radon genom luftning direkt i brunnen (efter Kulich m. fl. 1988).
1. Kompressor. 2. Inblåsning av tryckluft. 3. Sänkpump. 4. Hydrofor.

Amerikanska metoder

Vid amerikanska undersökningar har luftningen utförts i kolonner eller tankar, ofta med en fyllning av plast eller keramik, där luften blåses in med hjälp av en kompressor. I figurerna 15–17 redovisas olika förslag till lösningar presenterade av Lamarre (1988).

Fyllda kolonner har en vidsträckt användning i USA för att avlägsna flyktigt organiskt material från förorenat grundvatten. Dessa anläggningar kan förminska och användas i bostäder för att reducera radonhalten i vatten. Fig. 15 visar en anläggning, där vattnet sprutas in överst i en kolonn fylld med ungefär 1,5 m inert fyllningsmaterial. När vattnet passerar genom detta material uppkommer en stor kontaktyta mellan vatten och luft. En liten kompressor blåser luft genom kolonnen och ventilerar bort radonet. Detta slags anläggning kan göras mycket effektiv så att den avlägsnar 90–95% av radonet.

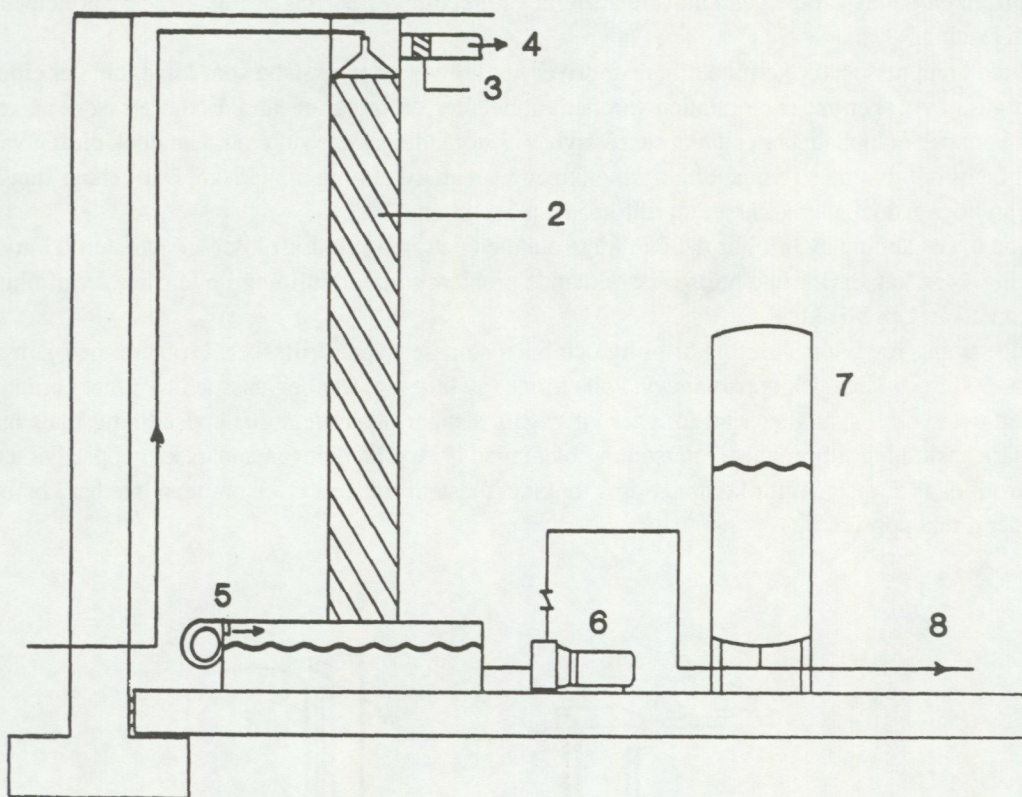


Fig. 15. Anläggning för luftning av radon i kolonn. 1. Inkommande vatten. 2. Fyllningsmaterial. 3. Avfuktare. 4. Ventilationsluft. 5. Kompressor. 6. Pump. 7. Hydrofor. 8. Utgående vatten.

Fig. 16 visar en amerikansk anläggning för bortluftning av radon med bubbeldrivare. Vattnet sprutas in i den första av två eller fler luftningstankar och kompressorn blåser in luft genom diffusorer i botten av dessa. Radonet förflyktigas därvid i luftbubblorna och försvinner med ventilationsluften. Vanligen fordras två till sex luftningstankar för att uppnå en effektivitet i radonreduktionen av 99 %. Nackdelarna med detta system är att det behövs en kompressor med relativt högt tryck och att lufthålen i diffusorerna lätt kan bli igensatta.

Fig. 17 visar en amerikansk luftningsanläggning som använder ett horisontellt luftningstråg med mellanvägg för att kontakten mellan vatten och luft skall bli så effektiv som möjligt. Vattnet sprutas in i luftningstråget och flyter sedan fram genom detta samtidigt som luft blåses in genom hål i tråget. Luften åstadkommer skum i tråget vilket medför att kontaktytan mellan luft och vatten blir mycket stor och radonavgången betydande. Det reade vattnet samlas i botten av luftningstanken och pumpas därifrån till hydroforen. Anläggningen är mycket effektiv med en radonreduktion som kan uppgå till 99,5 %. Den är

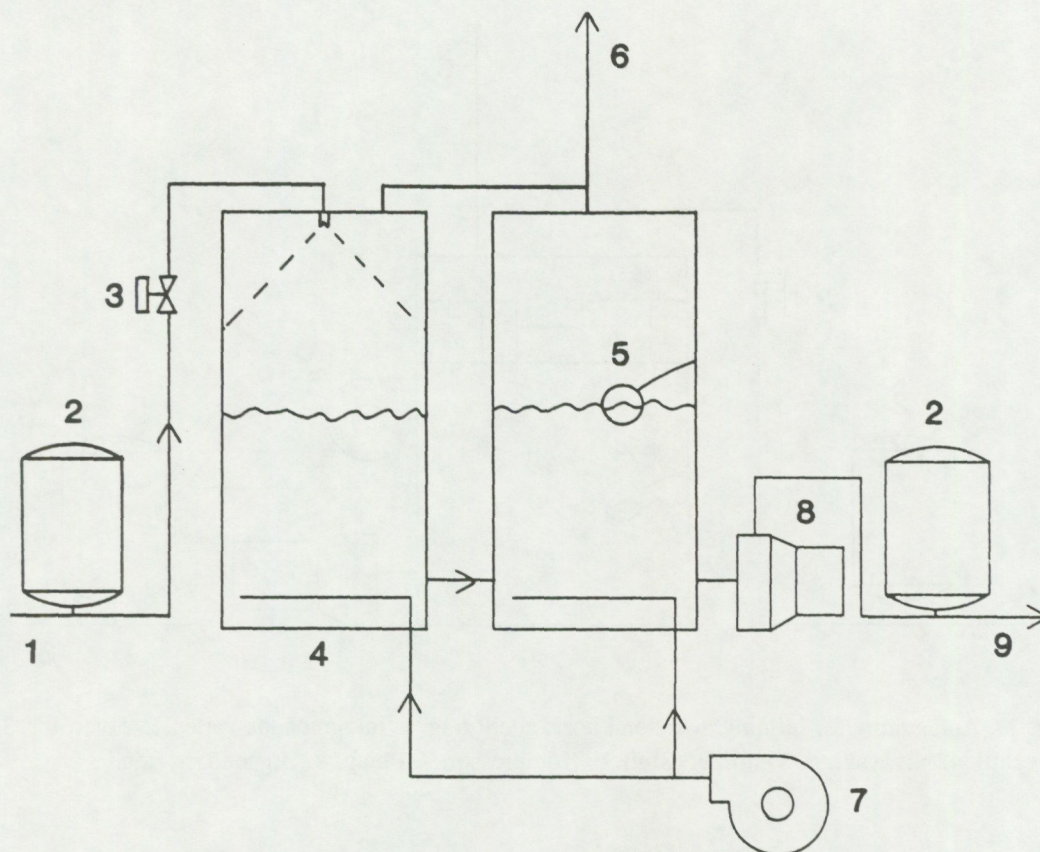


Fig. 16. Anläggning för luftning av radon med bubbeldrivare. 1. Inkommande vatten. 2. Hydrofor. 3. Magnetventil. 4. Diffusor. 5. Nivåvakt. 6. Ventilationsluft. 7. Kompressor. 8. Pump. 9. Utgående vatten.

mindre än övriga luftningsanläggningar, behöver billigare kompressor och har större luftningshål som därför inte sätts igen så lätt. Nackdelen med systemet är att det kräver stora luftmängder och att det därför ibland behövs ett luftintag utomhus.

Filtrering genom aktivt kol

Ingående försök med filtrering av radonhaltigt vatten har utförts i USA. Systemet bygger på att radon adsorberas på ytan av det speciellt behandlade aktiva kolet. Sedan radonet adsorberats fortsätter det att sönderfalla och sända ut radioaktiv strålning. Filtret bör därför inte vara beläget i omedelbar närhet av boningsytan i huset. Efter några veckor uppkommer jämvikt i systemet genom att mängden tillfört radon blir lika stort som den mängd som sönderfaller i filtret.

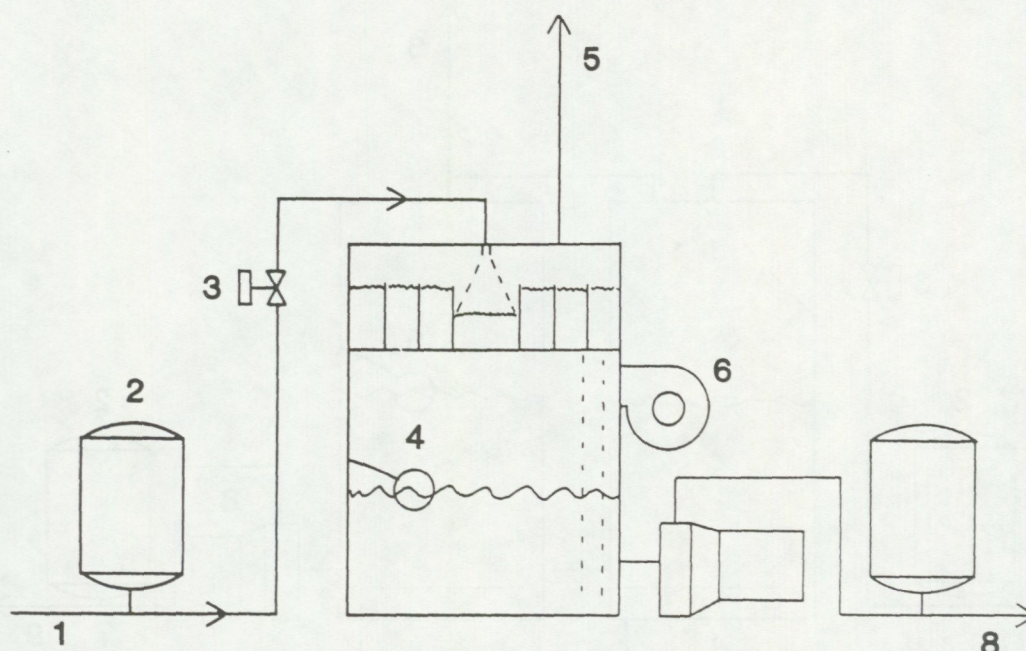


Fig. 17. Anläggning för luftning av radon i horisontellt tråg. 1. Inkommande vatten. 2. Hydrofor. 3. Magnetventil. 4. Nivåvakt. 5. Ventilationsluft. 6. Kompressor. 7. Pump. 8. Utgående vatten.

Systemet har många fördelar, främst att det har få rörliga delar och därigenom kan ha en lång livslängd. En av nackdelarna är att järn-, mangan- eller kalciumhaltigt vatten kan medföra utfällningar som eventuellt kan täta kolfiltret. Dessutom tillkommer problemet med att ett använt filter inte kan regenereras på ett enkelt sätt, utan måste bytas. Den använda filtermassan kommer att anrikas på bl. a. radioaktiva grundämnen som radium och torium och måste därför behandlas som radioaktivt avfall. Det uppkommer därför problem med att ta hand om denna massa.

Filtrering genom aktivt kol har visat sig vara ett effektivt sätt att minska radonhalten i grundvatten genom att det är möjligt att uppnå en reduktion av 95–99 %. För mindre anläggningar är också ett aktivt kolfiler betydligt billigare än en luftningsanläggning. Genom de radioaktiva avfallsproblem som uppkommer verkar det dock som om utvecklingen i USA går mot luftningssystem även för mindre vattenförsörjningsanläggningar. De senare har åtskilliga fördelar och få nackdelar. Förutom att de inte orsakar några avfallsproblem, kan de även avlägsna eventuella förekomster av svavelväte och flyktiga organiska kemikalier ur vattnet och dessutom sänka järn- och manganhalterna. Nackdelarna är för mindre anläggningar storleken och kostnaden. För kommunala vattenverk och andra större anläggningar är däremot luftningssystem att föredra ur alla synpunkter.

Slutord

Den här redovisade undersökningen har visat att radonhalten i grundvatten från granitområdena i Malmöhus län endast undantagsvis överstiger de 1 000 Bq/l som medför att åtgärder bör vidtas. I ett stort antal brunnar har däremot värden på 100–1 000 Bq/l uppmätts. Radonhalten i grundvattnet kan där tillsammans med tillskott från marken och byggnaderna orsaka så höga radondotterhalter att åtgärder blir nödvändiga. I tveksamma fall bör därför de här gjorda undersökningarna kompletteras med mätningar av radondotterhalterna i luften i de aktuella fastigheterna.

REFERENSER

CTH = Chalmers tekniska högskola, Göteborg
 SGU = Sveriges geologiska undersökning, Uppsala
 SSI = Statens strålskyddsinstitut, Stockholm

Daniel, E., 1989: Markradon inom Skurups kommun. SGU- rapport.

Hedberg, T., Liljenzin, J.O., Fridemo, L. och Sjölander, B., 1982: Sätt att minska radonhalt i dricksvatten. CTH, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Publikation 2:82.

Hess, C.T., 1979: Radon-222 in potable water supplies in Maine. The geology, hydrogeology, physics and health effects. – University of Maine at Orono.

Kahlos, H. och Asikainen, M., 1973: Natural Radioactivity of Ground Water in the Helsinki Area. – Institut of Radiation Physics Rep. SFL- A19. Helsinki.

Kinner, N.E., Schell, G., Quern, P. och Lessard, C. 1988: Radon removal from drinking water using granular activated carbon, packed tower aeration and diffused bubble aeration techniques. – EPA. The 1988 Symposium on Radon and Radon Reduction Technology.

Kulich, J., Möre, H. och Swedjemark, G.A., 1988: Radon och radium i hushållsvatten. – SSI-rapport 88-11.

Lamarre, L., 1988: Removal of Radon from residential water supplies by a unique aeration method. – EPA. The 1988 Symposium on Radon and Radon Reduction Technology.

Lowry, J.D., Lowry, S.B. och Toppan, W.C., 1988: New developments and considerations for radon removal from water supplies. – EPA. The 1988 Symposium on Radon and Radon Reduction Technology.

Länsstyrelsen i Göteborg, Naturvårdsenheten, 1981: Radon i dricksvatten, sammanställning av analysresultat 1980–81.

Maruska, R., 1979 : Radon transport by a potable water system and the effect of uranium tailings on an adjacent residential development. – Second Workshop on Radon and Radon Daughters in Urban Communities Associated with Uranium Mining and Processing. Bancroft Ontario, March 12–14 1979.

Socialstyrelsen 1984: Radon i grundvatten. – Meddelandeblad nr 28/84. Stockholm.

– 1990: Radon och hälsoskydd – Allmänna råd från socialstyrelsen 1990:5.

Stranden, E., 1987: Radon-222 in Norwegian Dwellings. – American Chemical Society, AEC Symposium Series 331.

Söderholm, H., Fogdestam, B. och Engqvist, P., 1987: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Kronobergs län. – SGU Ah 10.

Vitz, E., 1988: Preliminary results of a nationwide waterborne radon survey. – EPA. The 1988 Symposium on Radon and Radon Reduction Technology.

Wikman, H. och Bergström, J., 1986: Provisoriska översiktliga berggrundskartan Malmö. – SGU Ba 40.

I SGUs serie Rapporter och meddelanden har tidigare utgivits:

- *1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1–2. 1931.
- *2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- *3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940–48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. och Ericsson, B.** Grusutredningen -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster – Försöksverksamhet. 1976.
- *6. **Knutsson, G., m.fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 inventering. 1976.
- *7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O. och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G. och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L. och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 – Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A brief palynological report.) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.-E. och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadssläätten. 1979.
13. **Hörnsten, Å.** Sand och övriga jordarter i Öresund. Maringeologiska kartor över Öresund. 1979.
- *14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A. och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nybroregionen. 1979.
16. **Wilson, M.R. och Sundin, N.O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960–1978.
17. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand–bentonitskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Gruvhanteringens inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M.R. and Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
- *20. **Cato, I. och Engdahl, M.** Beskrivning till temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord. 1982.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarborrning. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S., (Ed.).** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m.fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapp. 11 B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14–17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B. och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.

30. **Åkerblom, G. and Wilson, C.** Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. **Ericsson, B. och Grånäs, K.** SGU:s grusdataarkiv. 1983.
33. **Sivhed, U.** Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg. Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. O. Selinus (Red.). 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. **Andersson, M. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. 1984.
38. **Lundqvist, Th.** Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. **Lindewald, H.** Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. **Guy-Ohlson, D. and Malmquist, E.** Lower Jurassic biostratigraphy of the Oppegård Bore No. 1, NW Scania, Sweden. 1985.
41. **Andersson, M.** Geokemisk kartering. Tungmineralanrikad morän. Kartbladen 15–16, C–D och 16–17, G. 1985.
42. **Ressar, H. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. Bäcktorv. Bilaga: Beskrivning av de fjorton spårelementens exogena geokemiska kretslopp av John Ek. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
45. **Shaikh, N.A., Samuelsson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Älvsborgs län. 1986.
46. **Fredén, C.** Quaternary marine shell deposits in the region of Uddevalla and Lake Vänern. 1986.
47. **Ahlberg, P.** Den svenska kontinentalsockelns berggrund. 1986.
48. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Kalmar, Oskarshamn, Sundsvall och Vilhelmina. 1986.
49. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Malmö och Sundsvall. 1987.
50. **Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. 1989.
51. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäckvattenväxter. Översiktsbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. **Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C.** Grundvattenundersökningar på Kristianstadsslätten 1976–1987. 1988.
53. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. **Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. **Shaikh, N.A., Karis, L., Snäll, S., Sundberg, A. och N.-G. Wik.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
56. **Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, L., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. 1990.
57. **Modig, H., Miller, U. och Robertsson, A.-M.** Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
59. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. 1989.
60. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
61. **Kornfält, K.-A., Samuelsson, L., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikman, H.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kronobergs län. 1990.

62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18-21, H-J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
64. **Cato, I.** Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. 1990.
65. **Bruun, Å., Kornfält, K.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G., Wikman, H. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kalmar län. 1991.
66. **R. Frietsch, A. Sundberg och N.-G. Wik.** Register över svenska fyndigheter av malmmineral och industriella mineral och bergarter. 1991.
67. **Robertsson, A.-M.** Strandförskjutningen i Eskilstunatrakten för ca 9000 till 4000 år sedan. 1991.
68. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1991.
69. **Selinus, O. (ed.)**. 2nd International Symposium on Environmental Chemistry. (Abstracts). 1991.
70. **Andersson, M.** Från Falkenberg till Blomstermåla; nuläge och framtida effekter av syrabelastning. 1992.
71. **Hopsu, V.** Norbergs gruvor på 1960-, 70- och 80-talen. 1992.

* Utgången



Distribution

SGU
Box 670
751 28 UPPSALA
Tel 018-17 90 00

Tryck: Reprocentralen HSC, Uppsala 1992

ISBN 91-7158-511-7
ISSN 0349-2176