



Naturlig radioaktivitet, uran och andra metaller i dricksvatten



**Britt-Marie Ek, Bo Thunholm, SGU
Inger Östergren, Rolf Falk, Lars Mjönes (SSI)**

Dnr 08-2119/2005

Naturligt radioaktiva ämnen, uran och andra metaller i dricksvatten

Britt-Marie Ek och Bo Thunholm

Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala

Inger Östergren, Rolf Falk och Lars Mjönes

Statens strålskyddsinstitut, 171 16 Stockholm

Inledning

Naturligt radioaktiva ämnen och metaller förekommer i dricksvatten men halterna varierar mycket mellan olika brunnar. De tidsmässiga variationerna är i allmänhet måttliga. Många undersökningar av radonhalter i svenskt dricksvatten har visat att förhöjda halter finns främst i områden med kristallina prekambrika bergarter som t ex vissa graniter och omvandlade vulkaniska och sedimentära bergarter. Förhöjda halter av uran och radium i dricksvatten uppträder ofta inom samma geografiska områden dock inte nödvändigtvis i samma brunnar. Uran finns i dricksvattnet i många delar av Sverige med halter som överstiger myndigheternas rekommendationer. Radium, som är svårslösligt i vatten, är sparsamt förekommande i dricksvatten.

En viktig anledning till den genomförda undersökningen är de hälsomässiga problemen med radioaktivitet och metaller i dricksvatten. Socialstyrelsens hälsomässiga riktvärde (otjänligt) för radon är 1000 Bq/l. För uran finns sedan 2003 en med Livsmedelsverket och Socialstyrelsen gemensam rekommendation att uranhalten inte bör överstiga 15 µg/l i dricksvatten p.g.a. dess kemiska toxicitet. Riktvärdet för arsenik sänktes 2003 från det tidigare värdet 50 µg/l till 10 µg/l. För de flesta ämnen i denna undersökning används Socialstyrelsens riktvärden. Där riktvärden saknas används Livsmedelsverkets eller Världshälsoorganisationens (WHO's) gränsvärden eller rekommendationer.

För enskild vattenförsörjning används ungefär 270 000 bergbore brunnar och 180 000 jordbrunnar av permanentboende. Dessutom utnyttjas sammantaget ungefär lika många jord- och bergbore brunnar av fritidsboende.

Projektet har genomförts under perioden 2001 – 2006 i samverkan med Statens strålskyddsinstitut. Finansiering har under 2006 även erhållits av Naturvårdsverket genom medel från den hälsorelaterade miljöövervakningen (NV-avtal nr 215 0610, dnr 721-1594-06Mm). Tack vare finansieringen från Naturvårdsverket har en rikstäckande undersökning kunnat genomföras med ytterligare provtagning av 324 brunnar. I resultaten redovisas data från hela projektperioden där sammantaget 768 brunnar har ingått.

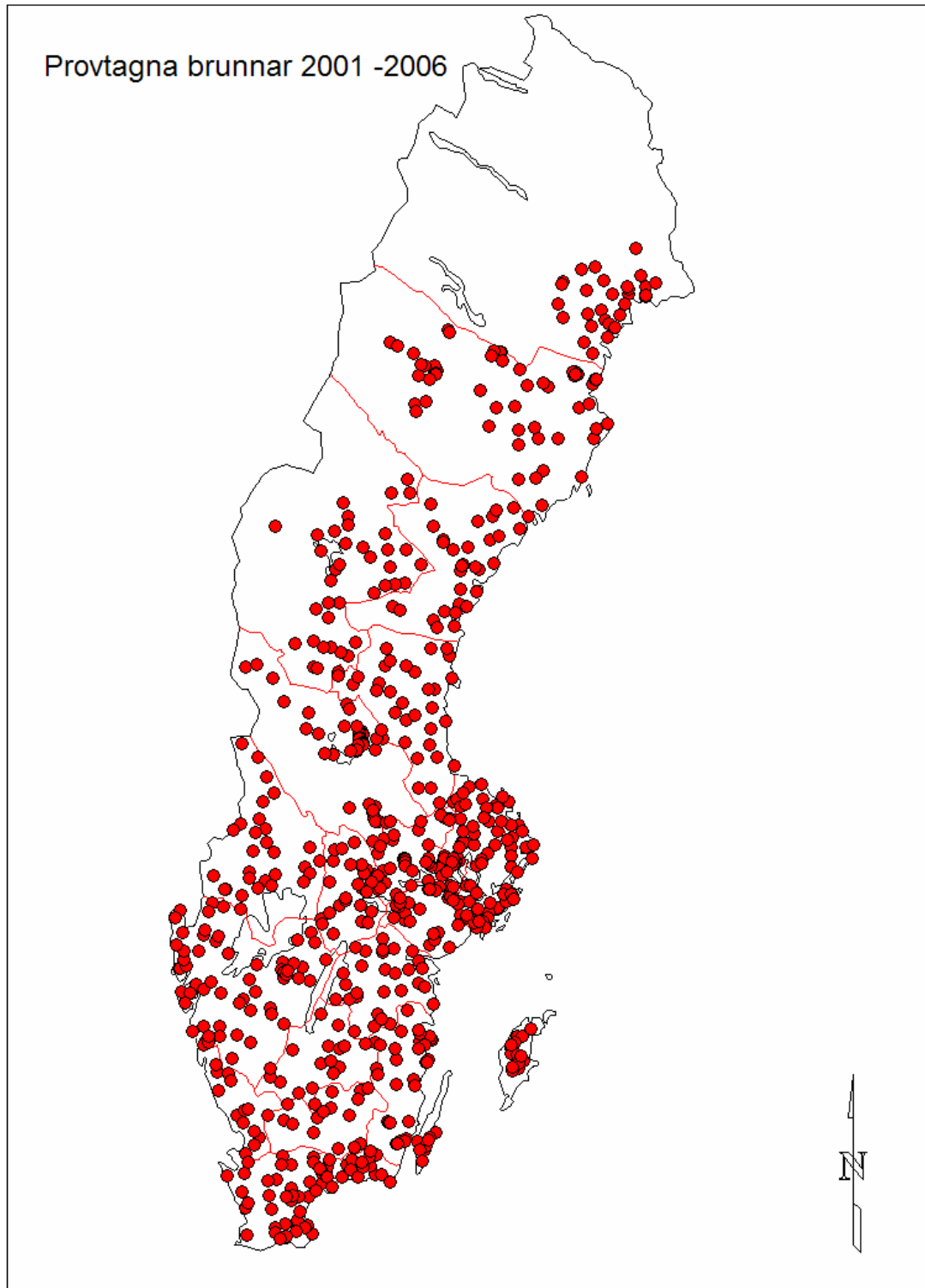
Syfte

Syftet med undersökningarna, som påbörjades i liten skala 2001, har varit att inventera och kartlägga naturligt förekommande radioaktivitet och metaller i dricksvatten från enskilda brunnar. Analyser har utförts på de viktigaste naturligt förekommande radioaktiva ämnena och ett 20-tal metaller, se bilaga 1. Resultaten ska kunna användas som underlagsmaterial för revidering av bedömningsgrunder och för statusbedömning av grundvatten liksom till underlag för kvantifiering av risker för hälsoeffekter av dricksvattenintag etc.

Denna rapport är en redovisning av resultaten från undersökning av råvatten utan några närmare bearbetningar och tolkningar. Med råvatten menas här att provtagningen skett före eventuella reningsfilter. I en kommande *resultatrapport* kommer även resultaten från analyserna av dricksvatten, där rening installerats, att redovisas. Dessutom kommer då även resultaten av stråldosberäkningar att redovisas tillsammans med hälsoriskbedömningar. I en *slutrapport* skall samtliga resultat tolkas och bearbetas tillsammans med geologiska data.

Provtagning och sammanställning

Totalt har 722 bergborrade och 46 jordbrunnar provtagits och drygt 1100 analyser utförts, figur 1. Upprepad provtagning har utförts i 60 bergborrade brunnar och 9 jordbrunnar i främst Uppsala län och i Rättviks kommun för att studera tidsmässiga variationer. Under år 2006 har 324 brunnar provtagits och analyserats. Urvalet av brunnar är inte helt slumpmässigt, riktad provtagning har bl.a. utförts i Siljansringen och i Västerbotten för uran respektive arsenik. I de fall där flera prover har tagits i samma brunn har medelvärdet av proverna använts i sammanställningen. För redovisning av maxvärden är samtliga prover medtagna i urvalet. Vidare har de riktade proverna i vissa fall uteslutits för bergborrade brunnar vid sammanställningen för att erhålla ett mer representativt urval av brunnar. För uran, radon, radium och torium har data därigenom uteslutits för de prover som medvetet har riktats mot områden med förhöjd radioaktivitet. På motsvarande sätt har arsenikdata uteslutits vid riktad provtagning mot områden med förhöjda arsenikhalter. Områden med förhöjd radioaktivitet och arsenik beaktas dock alljämt i sammanställningen, förhoppningsvis utan att överrepresenteras. Vidare har ett antal prover med behandlat vatten (efter filter) uteslutits i resultatsammanställningen eftersom materialet i denna rapport ska återspegla grundvattnets halter.



Figur 1. Provtagna bergborrade brunnar, jordbrunnar och källor 2001 – 2006.

Resultat

En sammanställning av resultaten för råvatten från bergborrade respektive jordbrunnar redovisas i tabell 1. Halterna är generellt högre för bergborrade brunnar än i jordbrunnar. Det finns en tydlig koppling mellan geologin dvs. berggrundens uranhalt och förhöjda halter av radioaktiva ämnen i dricksvattnet. Vissa bergarter utmärker sig här mer än andra men även inom dessa bergarter förekommer brunnar med låga halter av radioaktiva ämnen. Variationen inom ett till synes homogent bergartsområde kan därför vara mycket stor med lokala variationer.

Tabell 1. Medianvärden och maximalt uppmätta halter i råvatten från bergborrade brunnar och jordbrunnar för ett urval ämnen. Vid beräkningen av medianvärden har data från riktade provtagningar uteslutits. För maxvärdena är samtliga prover medtagna.

Bergborrade brunnar - råvatten

	U (µg/l)	Ra-226 (Bq/l)	Rn-222 (Bq/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Th (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Sr (µg/l)	B (µg/l)	F (mg/l)
Antal	606	606	577	644	683	682	603	683	683	683	311	364
Median	2.6	0.02	194	0.26	< 0.1	0.36	< 0.5	0.47	< 0.2	113.39	18.5	0.84
Max	1328	6.85	66207	297.3	6.5	41.9	2.65	122.93	624.5	11452	3060	4.5

Jordbrunnar - råvatten

	U (µg/l)	Ra-226 (Bq/l)	Rn-222 (Bq/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Th (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Sr (µg/l)	B (µg/l)	F (mg/l)
Antal	45	42	38	45	45	45	43	45	45	45	12	27
Median	2.6	<0.02	70.0	0.26	< 0.1	0.56	< 0.5	0.48	0.37	89.91	12.44	0.27
Max	46	0.12	930	30.5	1.0	6.4	1.0	2.05	23.87	1373.3	69.97	2.1

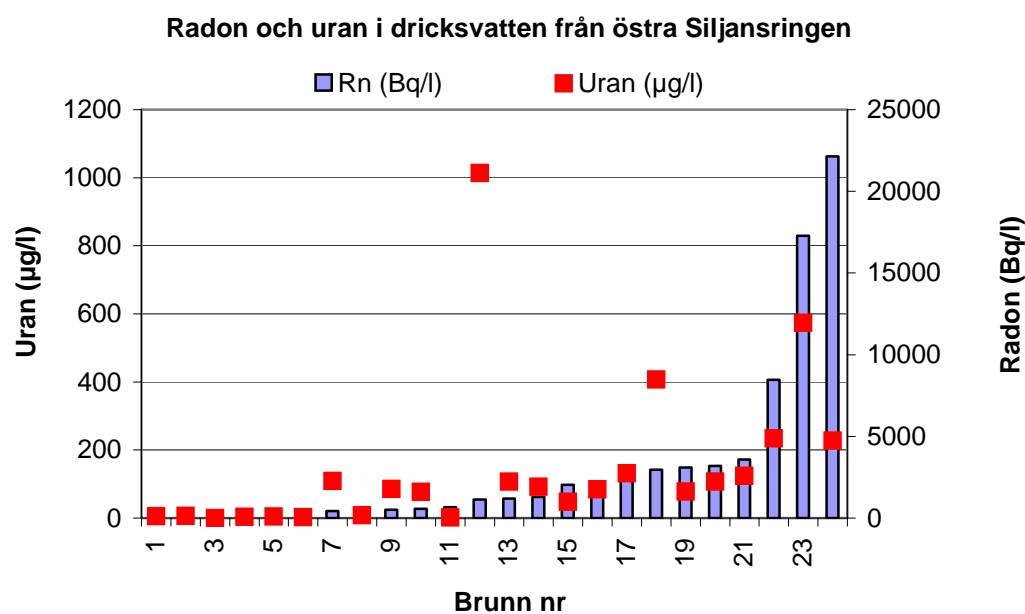
I tabell 2 visas resultaten för ett urval ämnen. För arsenik redovisas resultat dels för hela Sverige och dels där tre län undantagits då riktade provtagningar mot arsenik utfördes i dessa län. Resultaten visar att nästan var 10:e bergbörd brunn har en radonhalt som överstiger otjänlighetsgränsen 1000 Bq/l. Radon i inomhusluften är ett av de allvarligaste hälsoproblemen med geologisk anknytning. Hushållsvatten med en radonhalt vid otjänlighetsgränsen bidrar med ca 100 Bq/m³ till luften inomhus. Uranhalten överstiger 15 µg/l i nästan var femte bergbörd brunn, detta är dock en rekommendation och inte en gräns för otjänligt vatten. Förhöjda halter av arsenik kan förekomma i dricksvatten både från bergbörd brunnar som jordbrunnar, främst i några områden där berggrunden består av vissa äldre sulfidrika sediment. Höga blyhalter (>10 µg/l) har påträffats i ett antal bergbörd brunnar (1,5 %) vilket kan vara något som föranleder fortsatta undersökningar. Även förhöjda halter av nickel har konstaterats i ungefär var 100:e bergbörd brunn. Höga halter (>500 µg/l) av bor är vanliga på Gotland. Något svenskt gränsvärde finns inte för bor däremot rekommenderar WHO att halten inte bör överstiga 500 µg/l.

Tabell 2. Analysresultat från råvatten i bergboreade brunnar i Sverige relation till gränsvärden och rekommendationer. För uran, radium, radon och arsenik visas både resultat där riktade provtagningar uteslutits och för samtliga prover. För övriga ämnen är samtliga råvattenprover medtagna. För arsenik visas även resultaten där proverna från Västerbotten, Västernorrland och Uppsala län uteslutits.

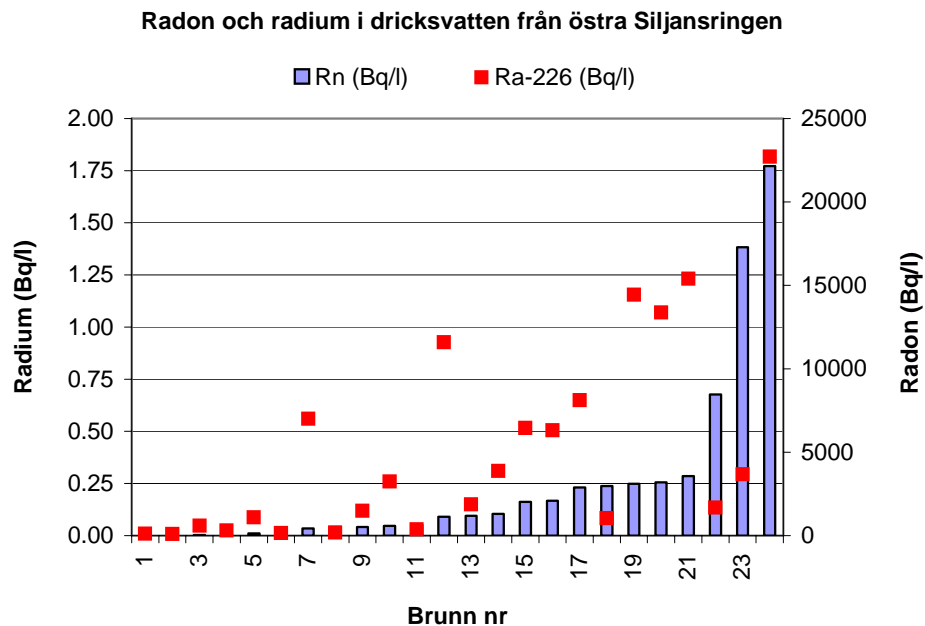
Ämne	Antal - ej riktade	Procent - ej riktade	Antal - samtliga prov	Procent - samtliga prov
Uran (µg/l)				
<15	503	83.0	543	79.5
15-100	88	14.5	111	16.2
>100	15	2.5	29	4.3
Radium -226 (Bq/l)				
<0,5	596	98.3	654	95.9
>0,5	10	1.7	28	4.1
Radon -222 (Bq/l)				
<100	195	33.8	201	31.2
100-1000	340	58.9	364	56.4
>1000	42	7.3	80	12.4
Arsenik (µg/l) Sverige				
<10	625	97.1	650	95.2
10-50	15	2.3	25	3.7
>50	4	0.6	8	1.1
Arsenik (µg/l) ej AC-, Y- och C-län				
<10	543	98.2	550	98.0
10-50	8	1.4	9	1.6
>50	2	0.4	2	0.4
Kadmium (µg/l)				
<1	678	99.3	678	99.3
1-5	4	0.6	4	0.6
>5	1	0.1	1	0.1
Bly (µg/l)				
<10	672	98.5	672	98.5
>10	10	1.5	10	1.5
Krom (µg/l)				
<50	682	98.8	682	98.8
>50	1	0.2	1	0.2
Nickel (µg/l)				
<20	677	99.1	677	99.1
>20	6	0.9	6	0.9
Bor (µg/l)				
<500	297	95.5	297	95.5
>500	14	4.5	14	4.5
Fluorid (mg/l)				
<1.3	238	68.2	238	68.2
1.3-6.0	111	31.2	111	31.2
>6.0	0	0.0	0	0.0

I bilaga 2 redovisas, i form av boxplottar, ett urval av analyserade ämnen i råvatten från bergbore brunnar, både med en jämförelse mellan länen och med landet som helhet.

De radioaktiva ämnena har generellt låga halter i vattnet i den sydvästra delen av Sverige. Radon uppvisar förhöjda värden i flertalet län med undantag för län med sedimentär berggrund (Skåne, Öland och Gotland) samt sydvästra Sverige. Uranhalten varierar avsevärt mellan länen med något förhöjda halter i vissa län, exempelvis i Uppsala och Sörmlands län och med mycket höga halter i delar av den sk Siljansringen. I Siljansringen förekommer också ett stort antal brunnar med både höga radonhalter som höga radiumhalter, figur 2 och 3. I övrigt är radium sparsamt förekommande i råvattnet i hela landet.



Figur 2. Radon- och uranhalter i dricksvatten från 24 borrhade brunnar i den östra delen av Siljansringen. Ingen av brunnarna har någon filterinstallation. De brunnar som har mycket låga halter hämtar sitt vatten från den sedimentära berggrunden. Diagrammet visar medelvärdet i det fall flera analyser genomförts.

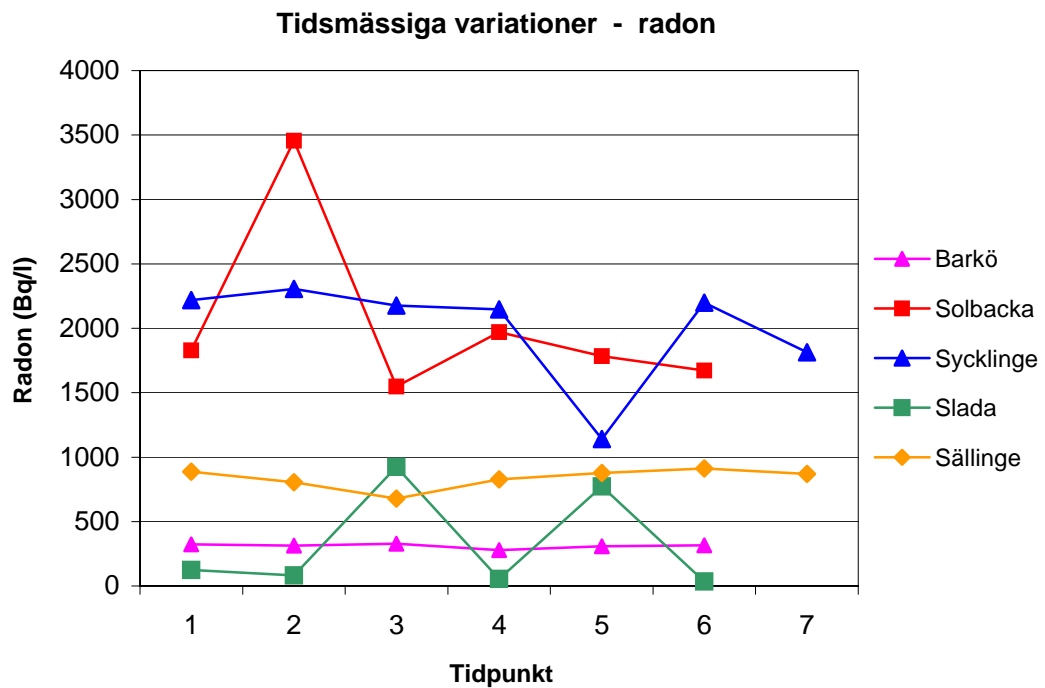


Figur 3. Radon och radiumhalter i dricksvatten från 24 borrade brunnar i den östra delen av Siljansringen. Ingen av brunnarna har någon filterinstallation. De brunnar som har mycket låga halter hämtar sitt vatten från den sedimentära berggrunden. Diagrammet visar medelvärdet i det fall flera analyser genomförts.

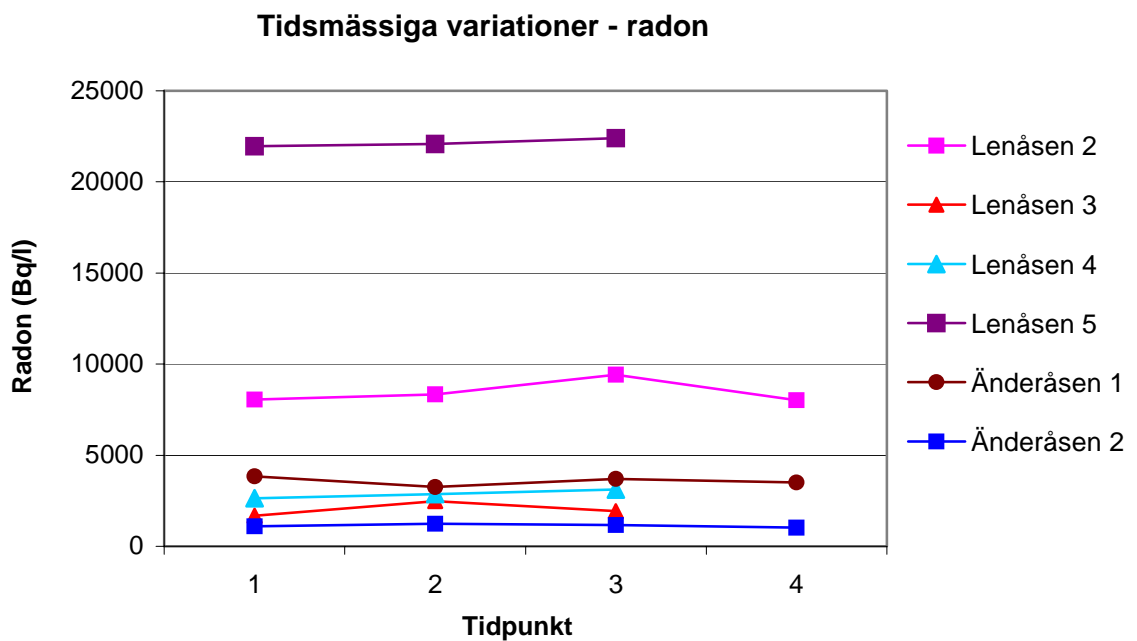
Övriga ämnen uppvisar olika variationsmönster. Förhöjda och höga arsenikhalter är relativt vanligt i råvattnet i Västerbottens, Västernorrlands och vissa delar av Norrbottens län samt i Enköpingsområdet medan halterna i övriga delar av landet vanligtvis är låga eller mycket låga. I sydöstra Skåne påträffades tre brunnar med en arsenikhalt strax över riktvärdet 10 µg/l. Bly, krom och nickel kan i enstaka fall förekomma med höga halter. En tydlig avvikelse är de tydligt förhöjda kromhalterna i brunnarna på Gotland. Gotland uppvisar även tydligt förhöjda halter av bor och strontium i brunnsvattnet.

Tidsmässiga variationer

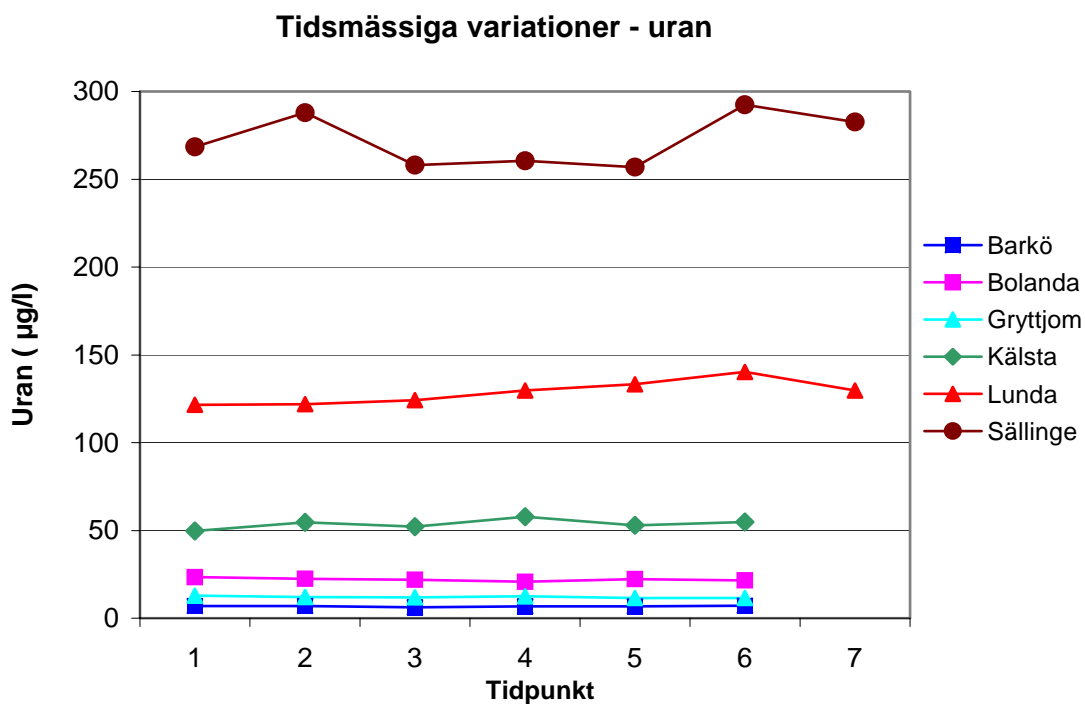
Studier av de tidsmässiga variationerna visar att dessa generellt är mycket måttliga för de flesta analyserade ämnena inklusive uran och arsenik. Enstaka brunnar kan dock ha större variationer. I figur 4 - 7 presenteras resultaten från ett antal brunnar i Uppland och Dalarna för radon, uran och arsenik.



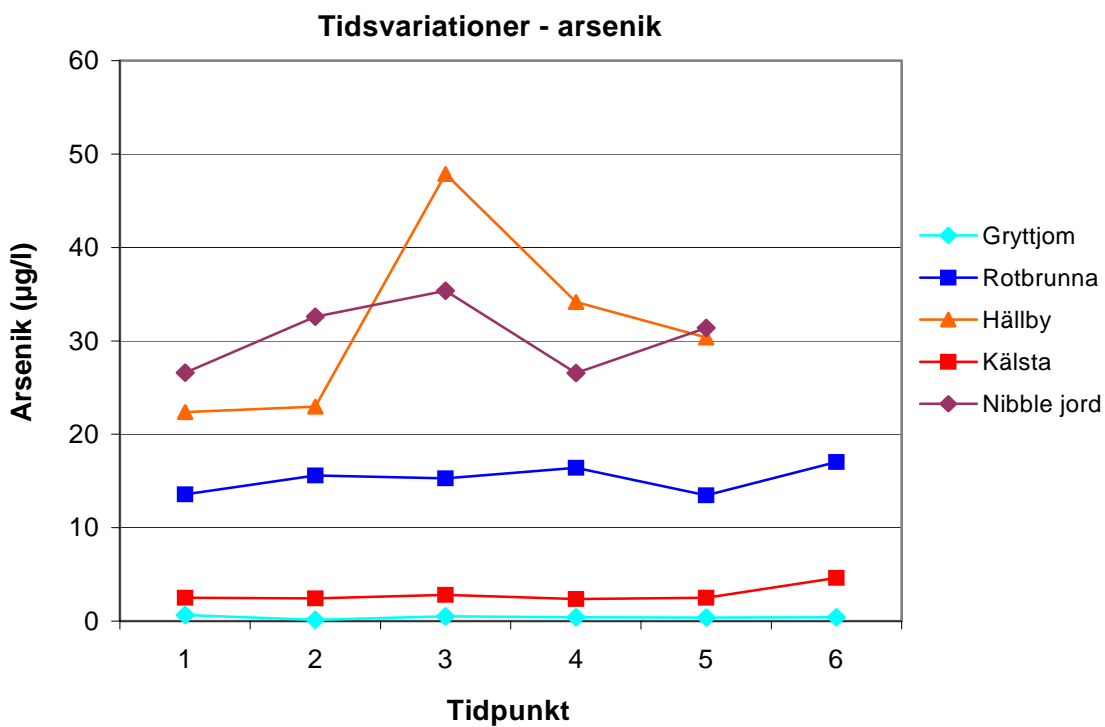
Figur 4. Radonhalt i råvattnet från fem borrade brunnar i Uppsala län provtagna under maj till november 2005. Brunnen i Slada hämtar sitt vatten från olika vattenmagasin under olika årstider.



Figur 5. Radonhalt i råvattnet från sex borrade brunnar i Dalarnas län provtagna under 2005 och 2006. Dessa brunnar har även förhöjda till mycket höga halter av uran och /eller radium.



Figur 6. Uranhalt i råvattnet från sex borrade brunnar i Uppsala län provtagna vid sex eller sju tidpunkter under maj till november 2005.



Figur 7. Arsenikhalt i råvattnet från fem borrade brunnar och en jordbrunn i Uppsala län provtagna under maj till november 2005.

Slutsatser

För råvatten från bergborrade brunnar kan följande slutsatser dras:

- Radon är det ämne som medför att nästan var 10:e brunn har otjänligt vatten. Detta innebär att ungefär 25 000 hushåll i landet har för höga radonhalter i sitt vatten.
- Uran förekommer med halter över rekommendationerna i knappt en femtedel (17 %) av de undersökta brunnarna.
- Radium är sparsamt förekommande i råvattnet från bergborrade brunnar.
- Många brunnar som hämtar sitt vatten från urberget i delar av den sk Siljansringen har förhöjda till mycket höga halter av de radioaktiva ämnena uran, radium och radon.
- Jordbrunnar har i allmänhet låga halter av radioaktiva ämnen.
- Arsenik överstiger relativt ofta otjänlighetsgränsen i vissa områden främst i den norra delen av landet. I huvuddelen av Sverige är dock inte arsenik ett problem då halterna ligger väl under riktvärdet. Vattnet från jordbrunnar har vanligtvis låga arsenikhalter men kan i de mest utsatta områdena ha halter över riktvärdet.
- Bly, nickel och krom överstiger i enstaka fall (ca 1 %) otjänlighetsgränsen.
- Gotland har tydligt förhöjda halter av krom, strontium och bor. Halterna av radioaktiva ämnen är mycket låga i råvattnet (=dricksvattnet) på Gotland.
- Halterna av fluorid överskrider gränsen för tjänligt med anmärkning i 31 % av undersökta brunnsvatten.

Analyserade ämnen och parametrar 2001 – 2006.

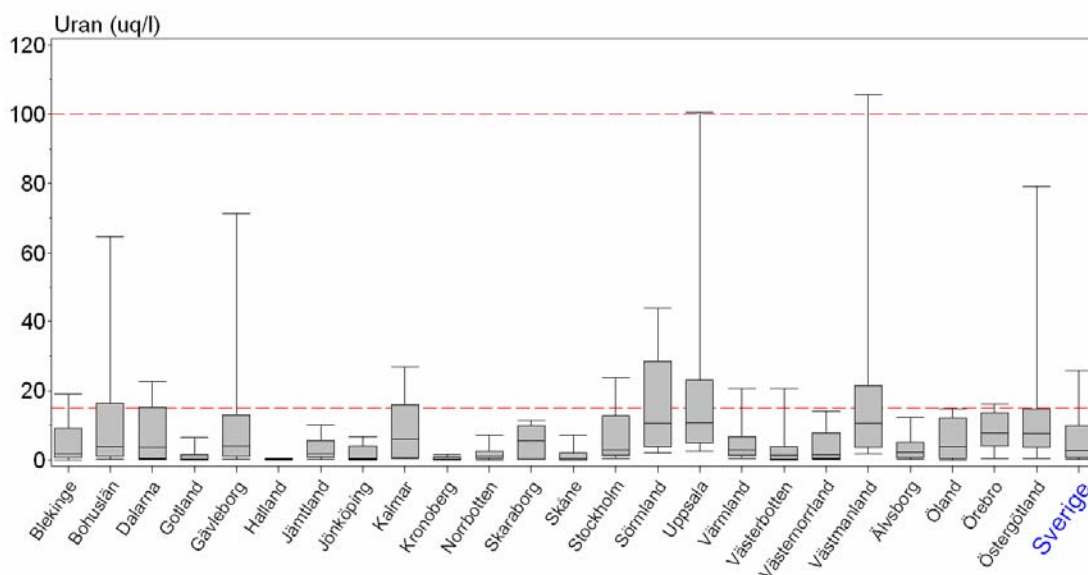
*Av SWEDAC ackrediterad analys.

Ämne	Enhet	Analyslaboratorium
Totalbeta	Bq/l	SSI
Bly-210	Bq/l	SSI
Totalalfa	Bq/l	SSI
Radium (Ra-226)	Bq/l	SSI
Uran (U)	Bq/l	SSI
Radon (Rn-222)	Bq/l	SSI
Radon (Rn-222)*	Bq/l	Gammadata
Uran (U)*	µg/l	SGU
Aluminium (Al)*	µg/l	SGU
Klorid (Cl)	mg/l	SGU
Kalcium (Ca)*	mg/l	SGU
Vanadin (V)*	µg/l	SGU
Krom (Cr)*	µg/l	SGU
Järn (Fe)*	µg/l	SGU
Mangan (Mn)*	µg/l	SGU
Kobolt (Co)*	µg/l	SGU
Nickel (Ni)*	µg/l	SGU
Koppar (Cu)*	µg/l	SGU
Zink (Zn)*	µg/l	SGU
Arsenik (As)*	µg/l	SGU
Strontium (Sr)	µg/l	SGU
Molybden(Mo)*	µg/l	SGU
Kadmium (Cd)*	µg/l	SGU
Barium (Ba)	µg/l	SGU
Bly (Pb)*	µg/l	SGU
Torium (Th)	µg/l	SGU
Bor (B)	µg/l	SGU
Natrium (Na)*	mg/l	SGU
Magnesium Mg)*	mg/l	SGU
Kalium (K)*	mg/l	SGU
Kisel (Si)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
Alkalinitet(HCO3)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
Sulfat (SO4)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
Fluorid (F)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
Fosfor (P)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
Fosfatfosfor (PO4-P)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
Nitratkväve (NO2-NO3)*	mg/l	SLU 2005, Analycen 2006
pH (vid provtagning)	pH-enheter	Fältobservation
Temperatur	C	Fältobservation

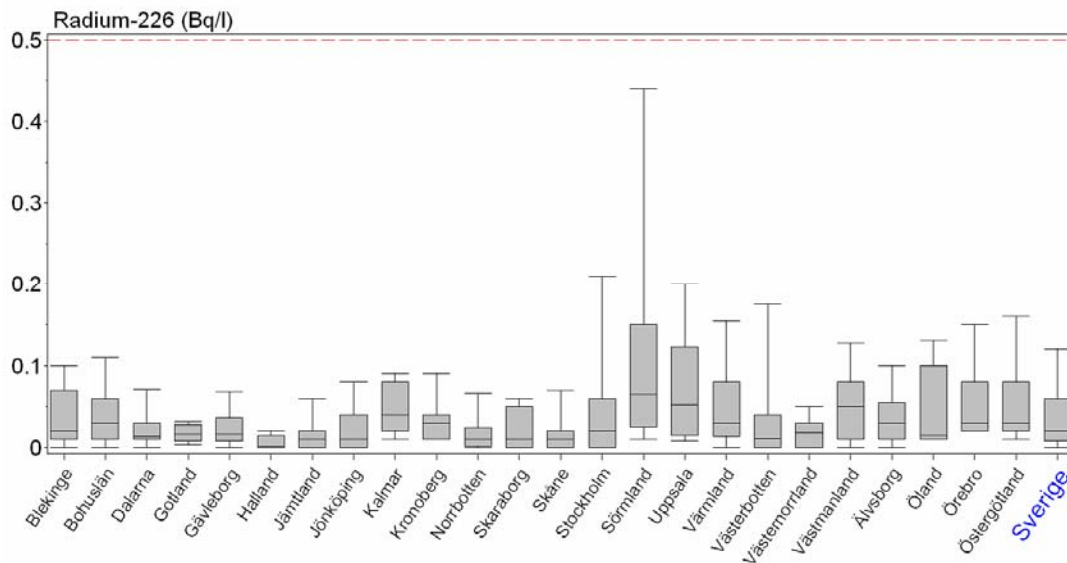
Boxplottar för råvatten från bergborrade brunnar

Boxplottarna i bilaga 2, figur 8 – 20, visar ett urval av analyserade ämnen i råvattnet från bergborrade brunnar, både med en jämförelse mellan länen och med landet som helhet. Undre kanten på varje box visar den undre kvartilen, 25 % av brunnarna har lägre värde än det angivna och den övre kanten visar den övre kvartilen, dvs. 25 % av brunnarna har högre värde än det angivna. Medianvärdena finns angivna inuti varje box. Extremvärdena utgörs av 10- och 90-percentilen. I figurerna har hälsomässig gräns för otjänlighet markerats med heldragen röd linje och tjänligt med anmärkning har markerats med streckad röd linje. Den tidigare gällande länsindelningen har använts för nuvarande Västra Götalands län. Dessutom har Kalmar län delats upp i två delar; Öland ("Öland" i figurerna) och fastlandsdelen av länet ("Kalmar" i figurerna).

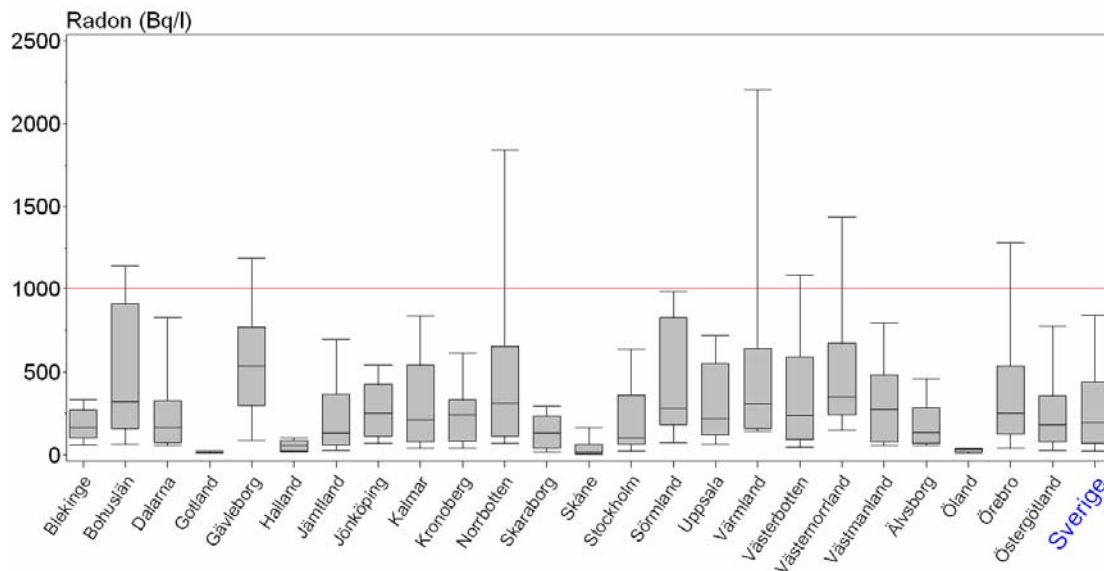
Riktade prover är *ej* medtagna i boxplottarna för uran, radium, radon, och arsenik



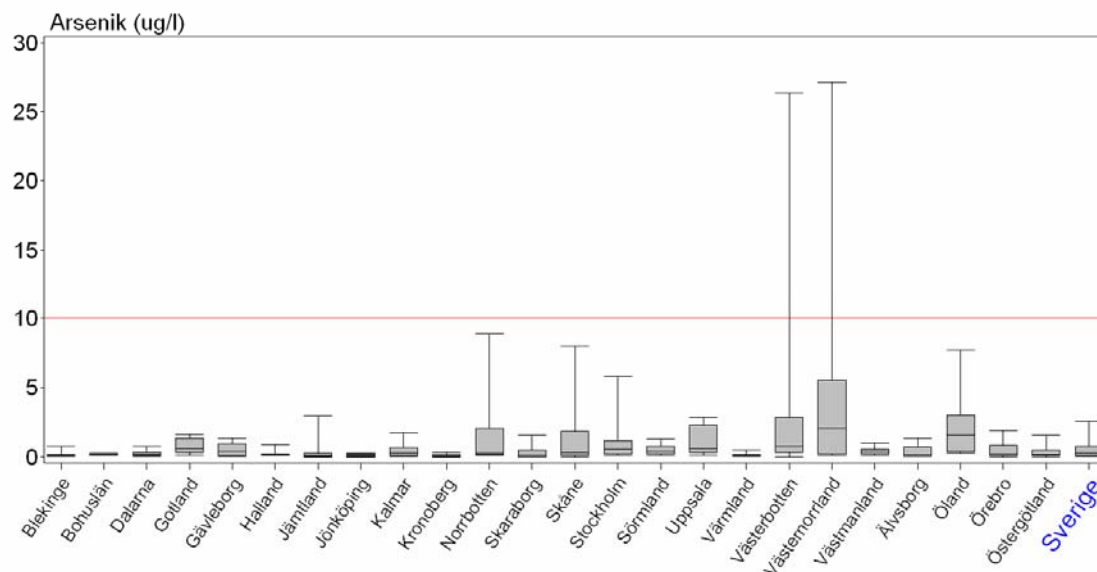
Figur 8. Länsvis redovisning av uranhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Det rekommenderade riktvärdet (15 µg/l) överstigs i 17 % av brunnarna. Halten 100 µg/l motsvarar en dos av ca 0,1 mSv/år vilket är den högsta rekommenderade dosen för radioaktiva ämnen enligt Livsmedelsverkets rekommendationer.



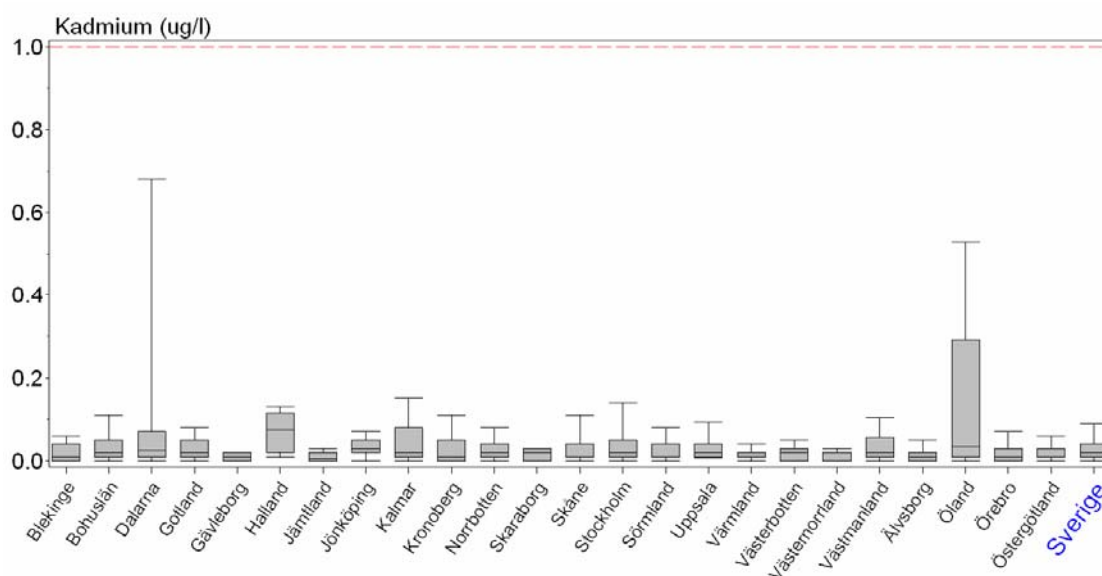
Figur 9. Länsvis redovisning av radiumhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i allmänhet låga och endast ett mindre antal brunnar (1,7 %) överstiger rekommendationen på 0,5 Bq/l vilket motsvarar en dos av ca 0,1 mSv/år vilket är den högsta rekommenderade dosen för radioaktiva ämnen enligt Livsmedelsverkets rekommendationer.



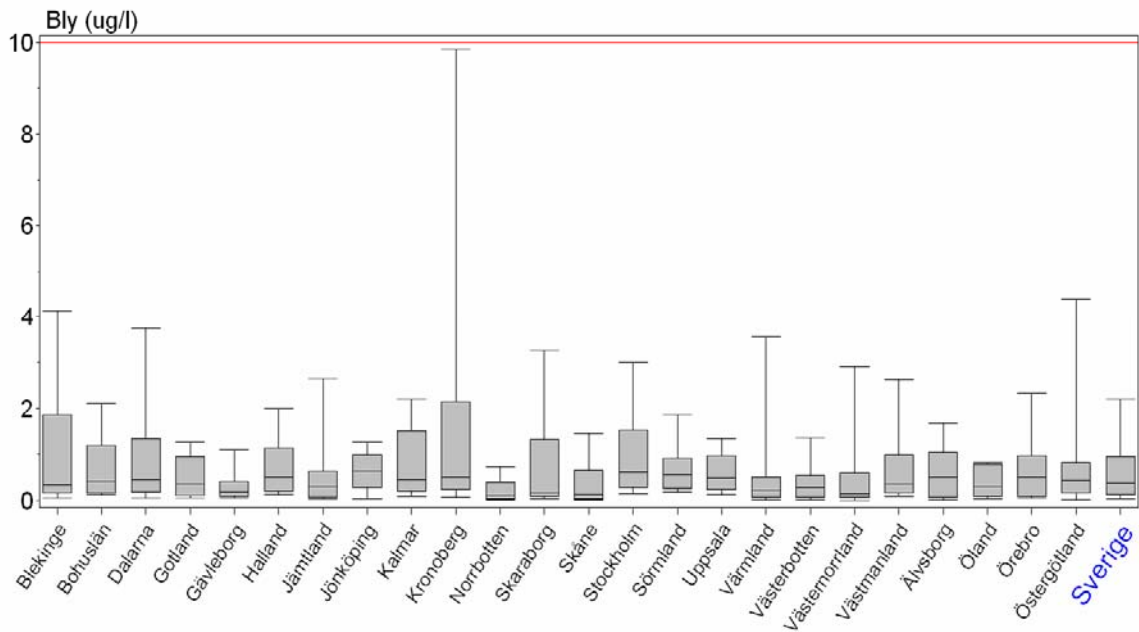
Figur 10. Länsvis redovisning av radonhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i allmänhet höga och nästan var 10:e brunn överstiger riktvärdet för otjänligt vatten (1000 Bq/l).



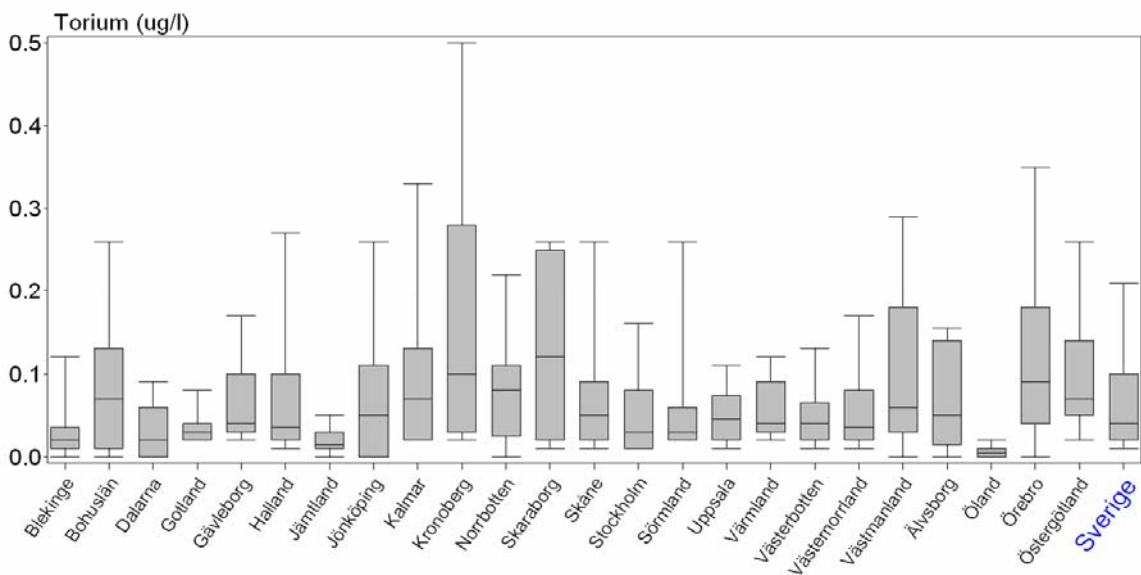
Figur 11. Länsvis redovisning av arsenikhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är höga i delar av norra Sverige medan större delen av landet har låga halter.



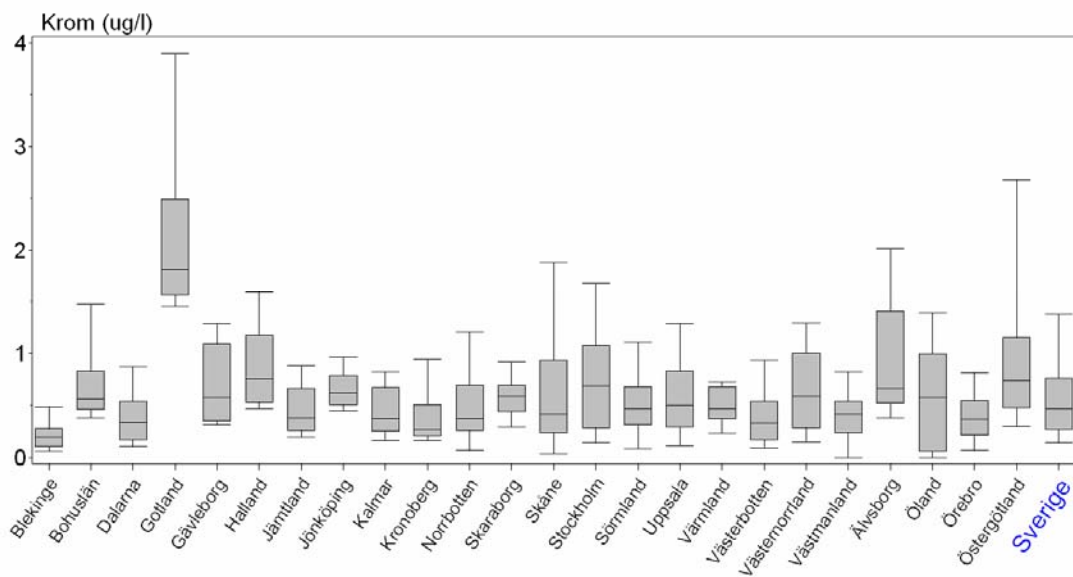
Figur 12. Länsvis redovisning av kadmiumhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i allmänhet låga och understiger i de flesta fall detektionsgränsen (0,1 µg/l).



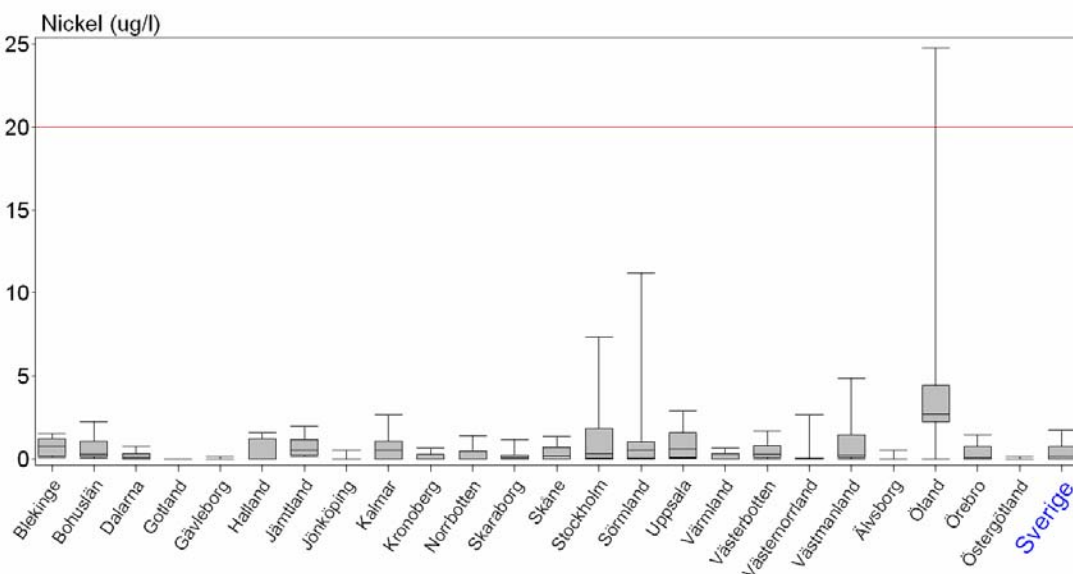
Figur 13. Länsvis redovisning av blyhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Något fler än 1 % av brunnarna överstiger riktvärdet för otjänlighet (10 µg/l).



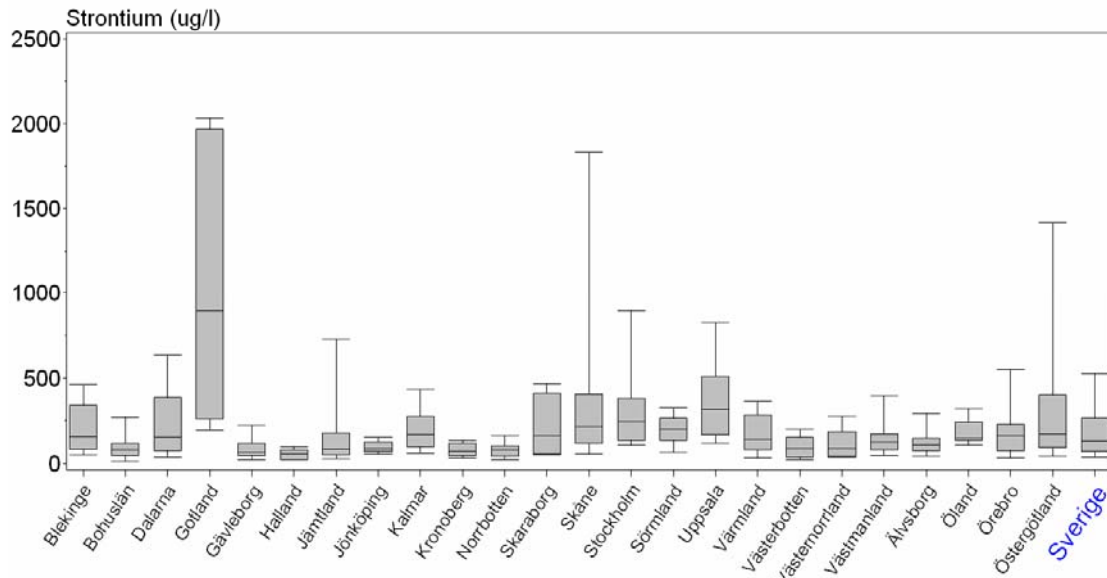
Figur 14. Länsvis redovisning av toriumhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i allmänhet låga.



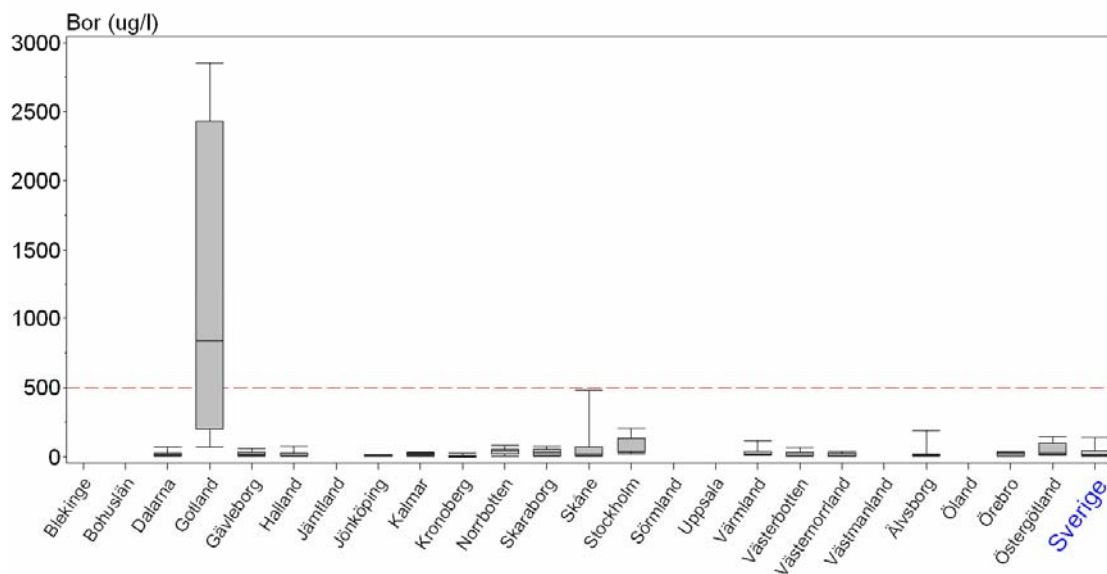
Figur 15. Länsvis redovisning av kromhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i jämförelsevis höga för Gotland men understiger dock riktvärdet för otjänlighet (50 µg/l).



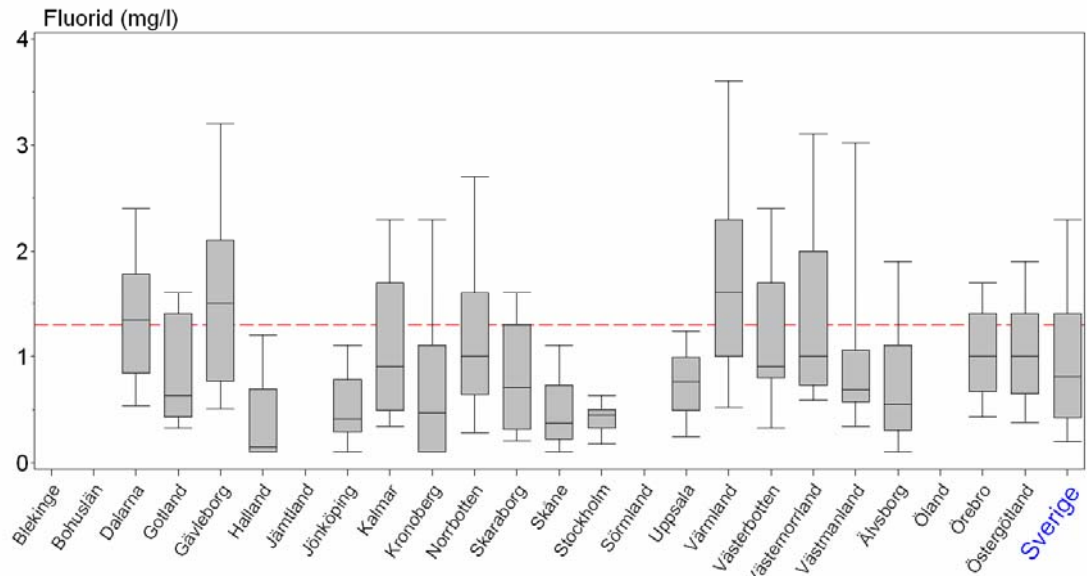
Figur 16. Länsvis redovisning av nickelhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Ungefär 1 % av brunnarna har högre halt än riktvärdet för otjänlighet (20 µg/l).



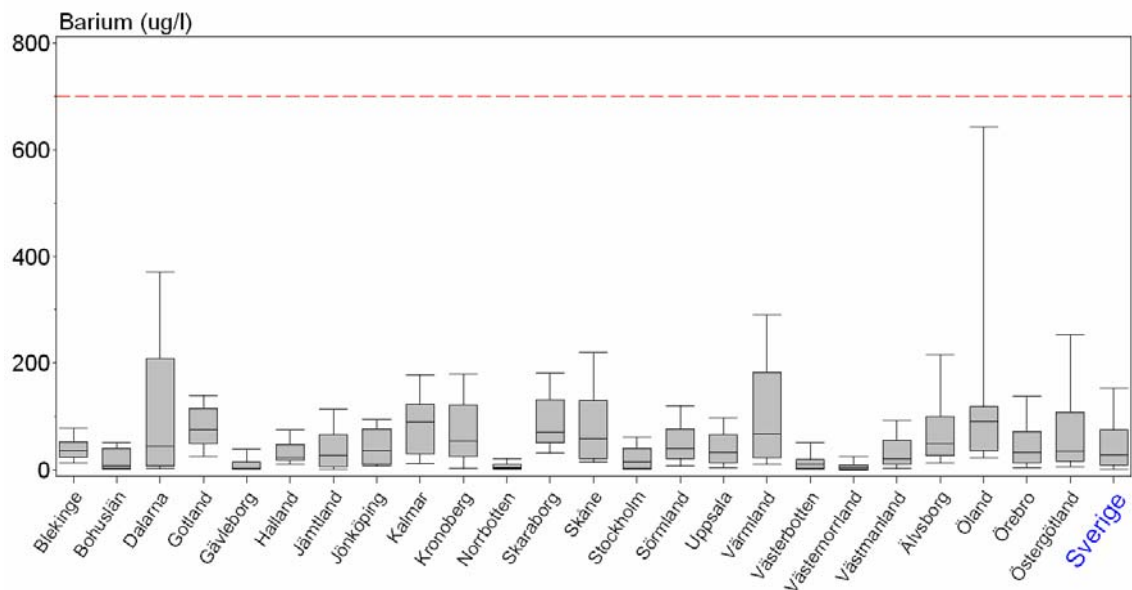
Figur 17. Länsvis redovisning av strontiumhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i jämförelsevis höga för Gotland.



Figur 18. Länsvis redovisning av borhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är i jämförelsevis höga för Gotland där flertalet brunnar överstiger det av WHO rekommenderade riktvärdet 500 µg/l.



Figur 19. Länsvis redovisning av fluoridhaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna är jämförelsevis höga i större delen av landet och nästan var 3:e brunn överstiger riktvärdet 1,3 mg/l (tjänligt med anmärkning).



Figur 20. Länsvis redovisning av bariumphaltens variation i råvattnet från bergborrade brunnar samt halten i landet som helhet. Halterna varierar avsevärt mellan länen även om halterna i allmänhet understiger det av WHO rekommenderade riktvärdet 700 µg/l.