



r

SSI Rapport

SSI report

2004:14 ROLF FALK, LARS MJÖNES, PETRA APPELBLAD,
BITTE ERLANDSSON, GULLVY HEDENBERG
OCH KETTIL SVENSSON

*Kartläggning av
naturligt radioaktiva ämnen
i dricksvatten*



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

FÖRFATTARE/ AUTHOR: Rolf Falk, Lars Mjönes, Petra Appelblad¹, Bitte Erlands-son², Gullvy Hedenberg³ och Kertil Svensson².

¹: Totalförsvarets Forskningsinstitut, ²: Livsmedelsverket, ³: Svenskt Vatten AB

AVDELNING/ DEPARTMENT: Avdelningen för beredskap och miljöövervakning / Department of Environmental & Emergency Assessment.

TITEL/TITLE: Kartläggning av naturligt radioaktiva ämnen i dricksvatten / A survey of natural radioactivity in drinking water.

SAMMANFATTNING: En kartläggning av uran och andra radioaktiva ämnen i dricksvatten från kommunala vattenverk har genomförts. Analyser har gjorts av prov på dricksvatten från ett grundvattenverk, med eller utan konstgjord infiltration från 256 kommuner. I EG:s dricksvattendirektiv finns ett referensvärde för Total Indikativ Dos, TID, på 0,1 millisi-evert per år (mSv/år). TID omfattar alla radioaktiva ämnen, både artificiella och naturligt förekommande, i dricksvatten med vissa undantag.

I den svenska föreskriften ger TID halter över 0,1 mSv/år bedömningen ”tjänligt med anmärkning”. Stråldosen från uran och andra radioaktiva ämnen i dricksvatten från kommunala vattenverk är låg enligt undersökningen. Av proverna är det endast 2 där den beräknade stråldosen överskrider 0,1 mSv/år. Hälften av allt kommunalt dricksvatten kommer från ytvatten och har låga nivåer av radioaktivitet. Nio vattenverk har uranhalter från 15 mikrogram per liter (µg/l) och högre. Varken inom EU eller i Sverige finns något gränsvärde för uran i dricksvatten, men WHO:s rekommenderade riktvärde är 15 µg/l.

SUMMARY: A survey of uranium and other radioactive material in drinking water from municipal water works has been conducted. Water samples from water works with ground water from 256 communities were analysed. In EG:s Drinking Water Directive (98/83/EG) a reference level of 0.1 mSv/year is set for Total Indicative Dose (TID). Levels above 0.1 mSv/year is judged as “fit for consumption with reservations” in the Swedish drinking water regulations.

The radiation dose from uranium and other radionuclides in tap water is low. An estimated dose exceeding 0.1 mSv/year was found in only two samples. Half the amount of all tap water from municipal water work plants use surface water, which has low levels of radioactivity. Nine water works show a uranium concentration above 15 microgram per litre (µg/l). There is no reference level for uranium in drinking water neither in the EU nor in Sweden but the WHO recommend a reference level of 15 (µg/l).

SSI rapport: 2004:14
november 2004
ISSN 0282-4434

The conclusions and viewpoints presented in the report are those of the authors and do not necessarily coincide with those of the SSI.

Författarna svarar själva för innehållet i rapporten.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Inledning	3
Undersökningens syfte och omfattning.....	4
Radioaktivitet och stråldos.....	5
Provtagning och mätmetoder	6
Provtagning	6
Mätmetoder	6
Mätresultat och analyser	7
Dosberäkning	8
Urananalyser	11
Uran i dricksvatten; Diskussion av risker samt exponering.....	12
Referenser	14
Bilaga 1, Mätresultat.....	15
Bilaga 2, ”Riskvärdering” av uran i dricksvatten.....	19

Sammanfattning

Stråldosen från radioaktiva ämnen i dricksvatten från kommunala vattenverk är låg. Hälften av allt kommunalt dricksvatten kommer från ytvatten och har låga nivåer av radioaktivitet. Från 256 undersökta vattenprover från grundvatten eller infiltrerat ytvatten är det endast två prover där den beräknade stråldosen överskrider gränsvärdet 0,1 millisievert per år (mSv/år) för total indikativ dos (TID).

Sedan 2003 finns ett gränsvärde för total indikativ dos, TID, på 0,1 mSv/år i dricksvatten i Statens Livsmedelsverks föreskrifter SLVFS (2001:30). En första indikation på att TID kan vara för högt är att den totala alfaaktiviteten (utan radon) överstiger 0,1 Bq/l eller att den totala betaaktiviteten överstiger 1 Bq/l. Alfaaktiviteten kommer främst från uran-238, uran-234, radium-226 och polonium-210. Betaaktiviteten kommer från bly-210, vismut-210 och radium-228.

Naturligt förekommande radioaktiva ämnen kan finnas allmänt i dricksvatten, särskilt från grundvattentäkter. Grundvatten i berg kan innehålla relativt höga halter av naturligt radioaktiva ämnen, i synnerhet i områden med uranrika graniter och pegmatiter. Sverige har förhållandevis höga halter av naturligt förekommande radioaktiva ämnen i grundvatt-net.

För att kartlägga uran och andra radioaktiva ämnen i dricksvatten erbjöds alla kommuner med grundvattenverk provtagning i det största grundvattenverket i kommunen. 256 prover kom in för analys. Proverna analyserades med vätskescintillationsspektrometri för bestämning av total alfa- och betaaktivitet samt bestämning av radium-226 och olika uranisotoper. Indikationsnivån överskreds vid 42 prov. 50 prov med de högsta uppmätta aktivitetskoncentrationerna undersöktes därefter för bestämning av mängden uran med högupplösande induktivt kopplad plasmamasspektrometri.

Studien visar att uran förekommer i dricksvatten både från jord och berg men högre halter erhöles i denna undersökning främst från vattenverk som hämtar sitt vatten från sand- och grusavlagringar. 214 vattenprover beräknades innehålla en uranhalt under 2 mikrogram per liter. 33 prover hade en uranhalt mellan 2 och 15 mikrogram per liter och nio prover översteg 15 mikrogram per liter. Idag saknas gränsvärde för uran i dricksvatten men WHO har ett riktvärde på 15 mikrogram per liter.

Dricksvatten från kommunala vattenverk utgörs till hälften av ytvatten och hälften grundvatten eller konstgjort (infiltrerat) grundvatten. Sammanfattningsvis kan konstateras att stråldosen från kommunalt dricksvatten är låg och endast i undantagsfall kan överskrida 0,1 mSv/år. För att nå upp till en stråldos på 0,1 mSv/år från uran i dricksvatten krävs en normal årskonsumtion av vatten med halten 100 mikrogram per liter. För uran gäller att toxiska effekter kan uppstå vid lägre halter, varför toxiciteten blir styrande för eventuella åtgärder. Studien visar också att uranhalten i ett totalt kommunala vattenverk kan ha halter som överstiger WHO:s riktvärde. Uranhalten i dricksvatten kan reduceras med tekniker som anjonbyte eller omvänd osmos.

Inledning

I EG:s dricksvattendirektiv, Rådets Direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten [1] finns ett referensvärde för Total Indikativ Dos, TID, på 0,1 millisievert per år (mSv/år). TID omfattar alla radioaktiva ämnen, både artificiella och naturligt förekommande, i dricksvatten med undantag för radon, radonets sönderfallsprodukter, kalium-40 (^{40}K) och tritium (^3H). Statens Livsmedelsverks föreskrifter SLVFS 2001:30 som började gälla 25 december 2003 baserar sitt gränsvärde på EG:s dricksvattendirektiv[2]. I den svenska föreskriften ger TID halter över 0,1 mSv/år bedömningen ”tjänligt med anmärkning”.

Gränsvärden för radon i dricksvatten har funnits i Sverige sedan 1997 i Statens livsmedelsverks kungörelse om ändring i kungörelsen (SLV FS 1989:30) med föreskrifter och allmänna råd om dricksvatten [3]. I denna betecknades radonhalter i dricksvatten över 100 Bq/l som ”tjänligt med hälsomässig anmärkning” och över 1000 Bq/l som ”otjänligt”. I Statens Livsmedelsverks föreskrifter SLVFS 2001:30 [2] som började gälla 25 december 2003 anges 1000 Bq/l som otjänlighetsgränsvärde och vatten som innehåller högre halter än 100 Bq/l som tjänligt med anmärkning.

I de fall dricksvattnet kommer från ett vattenverk eller en enskild brunn som i genomsnitt ger mindre än 10 m³ per dygn eller försörjer färre än 50 personer kan Socialstyrelsens allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten, SOSFS 2003:17[4] tillämpas. I denna anges som underlag för bedömning av dricksvattenprov med avseende på radon ett hälsomässigt grundat riktvärde på 1000 Bq/l [3].

I Sverige finns drygt 2000 allmänna vattenverk. Ungefär hälften av befolkningen använder vatten från ytvattenverk. 1,2 miljoner personer försörjs permanent med vatten från egen brunn [5].

Denna studie omfattar endast dricksvatten från allmänna grundvattenverk eller vattenverk som utnyttjar konstgjord infiltration, men även fyra ytvattenverk ingår i undersökningen.

Naturligt förekommande radioaktiva ämnen kan finnas i allmänt i dricksvatten, särskilt i vatten från grundvattentäkter. Grundvatten i berg kan innehålla relativt höga halter av naturligt radioaktiva ämnen, i synnerhet i områden med uranrika graniter och pegmatiter. Sverige har förhållandevis höga halter av naturligt radioaktiva ämnen i grundvattnet. Alfaaktiviteten kommer främst från uran-238 (^{238}U), uran-234 (^{234}U), radium-226 (^{226}Ra) och polonium-210 (^{210}Po) och betaaktiviteten från bly-210 (^{210}Pb), vismut-210 (^{210}Bi) och radium-228 (^{228}Ra). En första indikation på att TID kan vara för hög är att den totala alfaaktiviteten (förutom radon) överstiger 0,1 Bq/l eller att den totala betaaktiviteten överstiger 1 Bq/l.

I en tidigare genomförd metodundersökning, där ett begränsat antal vattenprover från grundvattenverk och privata brunnar analyserats, visar resultaten att det skulle kunna förekomma vattenverk där åtgärder måste vidtas för att uppfylla referensvärdet för TID [6]. Studien visar också att det dominerande bidraget av alfaaktiviteten kommer från uran. En landsomfattande undersökning av radioaktiva ämnen i dricksvatten från grundvatten har därför genomförts. För att nå upp till en stråldos på 0,1 mSv/år från uran i dricksvatten krävs en normal årskonsumtion av vatten med halten 100 mikrogram per liter. För

uran gäller att toxiska effekter kan uppstå vid lägre halter, varför toxiciteten blir styrande för eventuella åtgärder (Se Bilaga 2). Uranhalten i dricksvatten kan reduceras med teknikerna anjonbyte eller omvänd osmos.

Undersökningens syfte och omfattning

Undersökningens syfte är i första hand att klarlägga nivån av radioaktiva ämnen i dricksvatten i Sverige för beräkning av stråldosen från dessa ämnen (TID). Tidigare genomförda mätningar visar att mängden uran, genom sin kemiska toxicitet, kan vara gränssättande för vattnets tjänlighet som livsmedel. Dessa studier visar också att vatten från ytvattenverk i allmänhet har låga nivåer av radioaktiva ämnen jämfört med grundvatten.[6, 10]

VATTENVERK

Det finns drygt 2 000 kommunala vattenverk som tillsammans producerar dricksvatten till närmare 8 miljoner människor.

Trots att hälften av allt vatten som lämnar vattenverken kommer från ytvatten (sjöar eller vattendrag) finns bara knappt 200 ytvattenverk. De som finns är ofta stora. Där- emot finns det många små grundvattenverk. De drygt 1700 vattenverk som använder grundvatten producerar en fjärdedel av allt vatten från kommunala vattenverk. De åter- stående cirka 100 vattenverken använder ytvatten som får bilda så kallat konstgjort grundvatten i naturliga formationer, till exempel grusåsar, som ett led i behandlings- processen.

Den genomsnittliga användningen av vatten per person och dygn i ett hushåll, nästan 200 liter, fördelas så här: 10 liter för dryck och mat, 40 liter för WC-spolning, 40 liter för disk, 30 liter för tvätt, 70 liter för personlig hygien och 10 liter per person och dygn för övrig användning.

Källa Svenskt Vatten

I samarbete mellan Strålskyddsinstitutet, Livsmedelsverket och Svenskt Vatten AB be- stämde att studien skulle omfatta ett vattenprov från varje kommun. Vattenprovet för analysen skulle tas på utgående dricksvatten från kommunens största vattenverk med en grundvattentäkt, med eller utan konstgjord infiltration.

Vattenproverna har i första hand analyserats med vätskescintillationsspektrometri för bestämning av total alfa- och betaaktivitet, samt en nuklidspecifik bestämning av ²²⁶Ra och olika uranisotoper. Ett urval av ca 50 prover med de högsta uppmätta aktivitetskon- centrationerna undersöktes därefter för bestämning av mängden uran med högupplösande induktivt kopplad plasma mass-spektrometri (ICP-SFMS). I ICP-SFMS används både magnetiska och elektrostatiska sektorer för att separera joner från varandra, vilket leder till en hög upplösning. Hög upplösning används för att undvika störningar (interferenser)

som uppträder i vissa provtyper, t ex havsvatten och biologiska prover. För provtyper eller grundämnen som inte berörs av sådana störningar kan ICP-SFMS användas med låg upplösning, med vilken mycket låga detektionsgränser (för vissa element på nivån picogram per liter (10^{-12} g/l)) kan erhållas.

Alla mätningar och analyser har gjorts av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) i Umeå.

Radioaktivitet och stråldos

Radioaktivitet är ett ämnes förmåga att utsända joniserande strålning. Det är inte en fysikalisk, mätbar storhet utan en egenskap. Om en strålkällas styrka ska anges används begreppet aktivitet, som är en mätbar storhet och mäts i enheten becquerel (Bq), där $1 \text{ Bq} = 1$ sönderfall per sekund. Vid sönderfallet, där ett nytt grundämne bildas, utsänds joniserande strålning av olika slag (alfa-, beta- eller gammastrålning)

Stråldosen från intag av ett radioaktivt ämne beror på en mängd omständigheter, t.ex. dess kemiska och biologiska egenskaper. Bland dessa kan nämnas: hur stor andel av den intagna mängden som absorberas i magen, vilka organ och vävnader som radionukliden transporteras till och hur länge den stannar i kroppen innan den utsöndras. Vidare beror dosen på vilken strålning som sänds ut och det bestrålade organets känslighet.

Absorberad dos beskriver den energi kroppen tar upp, per viktenhet, när den bestrålas. Absorberad dos tar inte hänsyn till hur skadlig respektive strålslag är för människan. Enheten för absorberad dos är Gray (Gy). $1 \text{ Gy} = 1$ joule/kg kroppsavvärd.

Effektiv dos är det som i dagligt tal åsyftas med ordet ”stråldos”. Effektiv dos tar hänsyn till vilken biologisk verkan olika typer av strålning har på människans olika organ. Till exempel är alfastrålningens biologiska verkan på människan 20 gånger större än motsvarande absorberad dos från betastrålning. Enheten för effektiv stråldos är sievert (Sv).

De radioaktiva ämnen som förekommer i dricksvatten är i huvudsak naturligt radioaktiva ämnen som återfinns i sönderfallskedjorna från uran och torium. Dessa radioaktiva ämnen har oftast en lång halveringstid och kan därför till viss del lagras i olika kroppsorgan, och bestråla dessa organ under en längre tid.

Vi beräkning av TID är radon och dess sönderfallprodukter, ^{40}K samt ^3H undantagna.

Radon och radondöttrar som inandas finns i kroppen (lungor och luftvägar) under kort tid (minuter –timmar) på grund av dess korta halveringstid. Stråldosen från radon begränsas genom riktvärden av radonhalten i luft.

^{40}K , som är en naturlig beståndsdel av det kalium som finns i nästan alla livsmedel.

Mängden kalium regleras av kroppen och kan inte påverkas. Stråldosen från vårt naturliga kaliuminnehåll är ca $0,2 \text{ mSv/år}$. ^3H ger en mycket liten stråldos, men om det återfinns i dricksvatten är det en indikation på att det också kan finnas andra artificiella radionuklider. Noggrannare analyser ska då göras.

Den genomsnittliga stråldosen för människor i Sverige är ca 4 mSv/år .

Ytterligare information om radioaktivitet och stråldoser finns på www.ssi.se

Uran i dricksvatten ger relativt låg stråldos jämfört med andra alfastrålande ämnen i dricksvatten. Olika undersökningar visar att uranets kemiska toxicitet är gränssättande före stråldosen.

Provtagning och mätmetoder

Provtagning

Av landets totalt 290 kommuner har 265 kommuner vattenverk med grundvatten eller konstgjord infiltration. Till dessa skickades provtagningsflaskor, följebrev och följesedel. Till provtagningen användes 250 ml polyetenflaskor som syradiskats och i övrigt hantearats enligt svensk standard SS 028194 [7]. Totalt 256 prover har returnerats och analyserats. 4 av dessa prover är ytvatten. Proverna surgjordes till 1 % HNO₃ direkt efter leverans till FOI.

Mätmetoder

Alla mätningar av total alfa- och betaaktivitet har gjorts med en vätskescintillationsspektrometer (LSC, Wallac Quantulus 1220) med låg bakgrund och med möjlighet att samtidigt separat mäta alfa- och beta-aktiviteten i provet. De från mätningen erhållna energispektra kan efteråt oftast bearbetas för en nuklidspecifik aktivitetsbestämning av ²²⁶Ra, och uran. Detaljerad information om dessa mätningar och analyser finns redovisade i SSI, Rapport 2003:07 [6].

Mätosäkerheten för total alfa- och betaaktivitet tar hänsyn till osäkerheter i mätsignaler, effektivitetsbestämning samt provpreparationsberoende faktorer. Den rapporterade osäkerheten är en mätosäkerhet som har en täckningsfaktor 2, vilket ger en konfidensnivå på 95 % [8,9].

Naturligt uran består av tre uranisotoper, ²³⁸U, ²³⁵U och ²³⁴U. Alla tre isotoperna är radioaktiva och alfastrålare. Viktmässigt dominerar ²³⁸U helt med över 99 %, jämfört med ²³⁵U (0,7%) och ²³⁴U (0,005%).

Aktiviteten och vikten hos 1 gram naturligt uran fördelar sig på följande sätt

Nuklid	Specifik aktivitet	Vikt
²³⁸ U	12,36 kBq/g	992,8 mg/g
²³⁵ U	0,568 kBq/g	7,0 mg/g
²³⁴ U	12,36 kBq/g	0,05 mg/g

Den totala alfaaktiviteten från naturligt uran (Bq/kg), mätt med LSC, kan därför omräknas till mängden uran, t.ex. µg/kg. Den blandning av dessa tre uranisotoper som före-

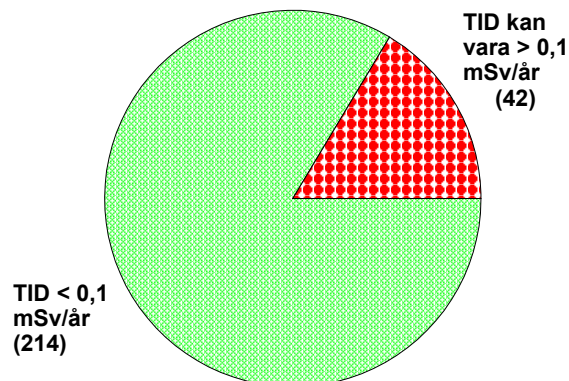
kommer i grundvatten varierar dock beroende på urlakningsprocesser. Speciellt påverkar det aktivitetsförhållandet mellan $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$ så att ^{234}U -aktiviteten ofta är två gånger ^{238}U -aktiviteten. Detta gör att en mätning av uranaktiviteten med LSC, som inte kan skilja dessa nuklider åt, ger osäkra värden av mängden uran i gram.

50 prover med de högsta aktivitetskoncentrationerna analyserades för bestämning av mängden uran med ICP-SFMS. De i förväg surgjorda proverna analyserades med avseende på ^{234}U och ^{238}U . Kalibrering av ICP-SFMS gjordes med en uranstandard gjord på utarmat uran. Mätosäkerheten för angiven uranhalt tar hänsyn till osäkerheter i provberedning och kalibrering. Den rapporterade osäkerheten är en utvidgad mätosäkerhet som har en täckningsfaktor 2, vilket ger en konfidensnivå på 95 % [6,7].

Mätresultat och analyser

Vattenproverna har mätts och analyserats av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI). Bilaga 1 innehåller resultaten av både aktivitetsmätningarna med LSC och uranbestämningarna med ICP-SFMS, samt beräknade strådosor, TID. Ytterligare detaljerad information om mätresultaten finns att tillgå i rapport från FOI [15].

Om den totala alfa- eller totala betaaktiviteten överskrider 0,1 Bq/l resp. 1 Bq/l indikerar det att stråldosen från dricksvattnet kan överstiga 0,1 mSv/år. Vid 42 kommunala vattenverk överskreds denna första indikation, vilket innebär att en noggrannare analys ska genomföras och TID beräknas. Fig 1.



Figur 1. Aktivitetsmätningar med LSC indikerar att TID kan överstiga 0,1 mSv/år i vatten från 42 (16 %) av de 256 undersökta vattenproverna.

Dosberäkning

För att underlätta beräkning av TID har ”referenskoncentrationen” för ett antal radionuklider beräknats. Referenskoncentrationen är den koncentration av ett radioaktivt ämne i dricksvatten som ger en årlig stråldos på 0,1 mSv. Tabell 1.

Stråldosen från radioaktiva ämnen i vatten beräknas utifrån

- Aktivitetskoncentrationen (Bq/l)
- Ett årligt vattenintag (2 liter per dag)
- Dosfaktor för de olika radionukliderna (mSv/Bq, oralt intag)[11]

Exempel: Beräkning av referenskoncentration för ^{226}Ra

- Dosfaktor $0,28\mu\text{Sv/Bq}$
- 2 liter * 365 dagar = 730 liter vatten per år
- För koncentrationen 1 Bq/l blir dosen $730*0,28 = 205 \mu\text{Sv/år}$
- Alltså $0,5 \text{ Bq/l}$ ger $100 \mu\text{Sv} = 0,1\text{mSv/år}$

Referenskoncentrationen av ^{226}Ra i vatten är således $0,5 \text{ Bq/l}$

Beräkning om TID överstiger $0,1 \text{ mSv/år}$ görs genom att stråldosen från de enskilda radionukliderna summeras.

där $C_i(\text{obs})$ = uppmätt koncentration av radionuklid i

$C_i(\text{ref})$ = referenskoncentration av radionuklid i (Tabell 1)

n = antalet radionuklider som detekterats

Om det på detta sätt beräknade värdet är mindre än 1, innebär det att stråldosen är mindre än $0,1 \text{ mSv/år}$.

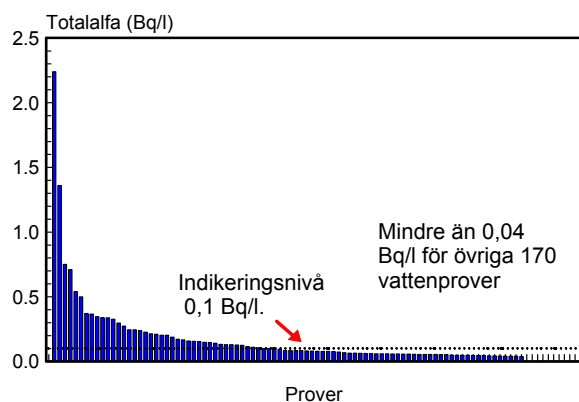
Tabell 1. Exempel på referenskoncentration för olika nuklider. Nuklidspecifik koncentration i dricksvatten som ger en dos av 0,1 mSv/år enligt EG:s dricksvattendirektiv.

Nuklid	Bq/l	Nuklid	Bq/l
^{226}Ra	0,5	^{134}Cs	7
^{241}Am	0,7	^{137}Cs	11
$^{239/240}\text{Pu}$	0,6	^{238}U	3
^{90}Sr	5	^{234}U	3
^{60}Co	40		
^{131}I	6	Uran	100 µg/l

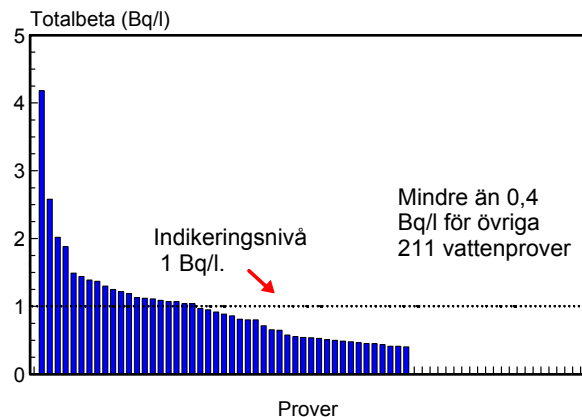
Beräkningarna av TID har gjorts under följande förutsättningar:

För mätningar där inte någon ^{226}Ra -aktivitet detekterats har den totala alfaaktiviteten antagits komma från uran. I de fall då ^{226}Ra -aktivitet uppmätts har alfaaktiviteten från uran beräknats som totala alfaaktiviteten minus alfaaktiviteten från ^{226}Ra . Där ICP-SFMS-mätningarna givit mätvärden för de båda uranisotoperna har dessa använts för beräkning av uranets alfaaktivitet.

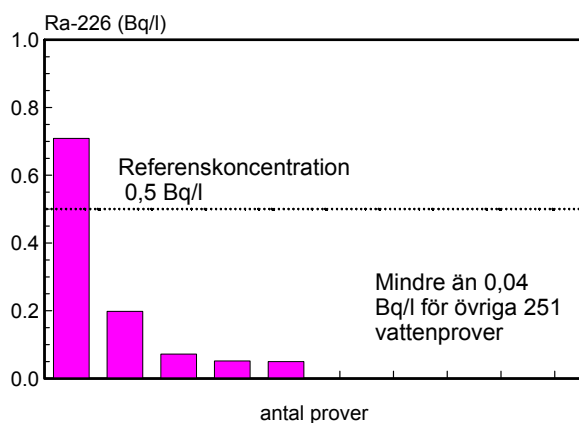
I figurerna 2-4 redovisas fördelningen av totala alfaaktiviteten, totala betaaktiviteten och ^{226}Ra i de analyserade vattenproverna.



Figur 2. Fördelning av uppmätt total alfaaktivitet bland 86 vattenprover. Övriga prover mindre än 0,04Bq/l.

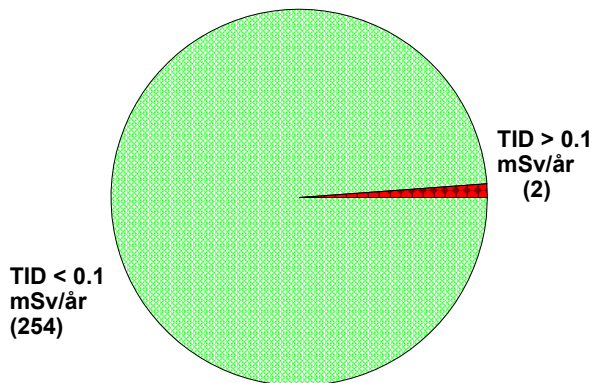


Figur 3. Fördelning av uppmätt totala beta-aktivitet bland 45 vattenprover. Övriga prover mindre än 0,4 Bq/l.

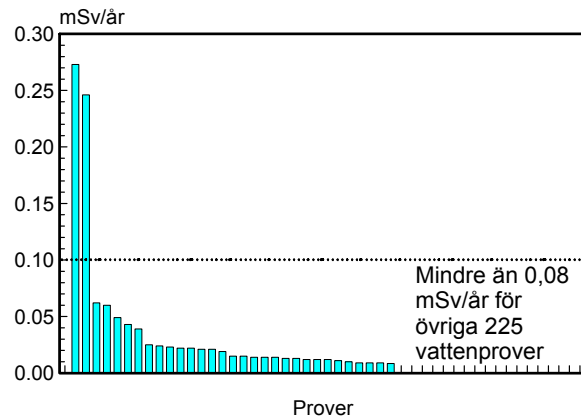


Figur 4. Fördelning av uppmätt ²²⁶Ra-aktivitet i 5 vattenprover. Övriga prover mindre än 0,04 Bq/l.

Dosberäkningarna visar att 2 av vattenproverna kan ge en stråldos som överstiger 0,1 mSv/år. Fig 5-6.



Figur 5. Beräkningar av TID visar att vattnet från 2 av 256 undersökta vattenverken kan ge en stråldos över 0,1 mSv/år.

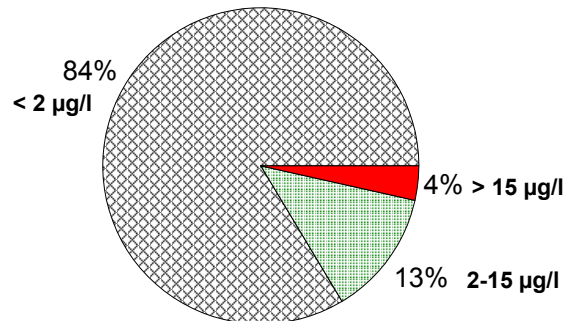


Figur 6. Fördelning av beräknad stråldos från 256 analyserade vattenprover.

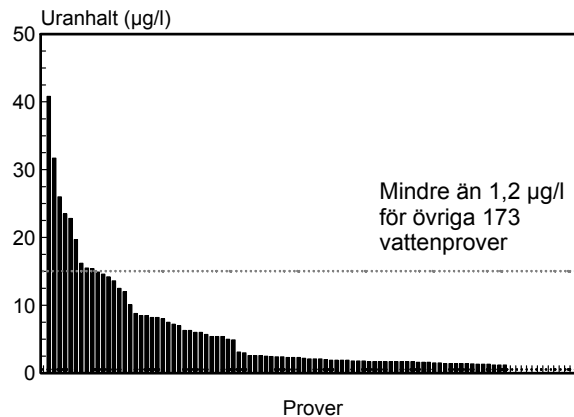
Stråldosen från de radioaktiva ämnen i dricksvatten som undersökts är låg. De två vattenverk där stråldosen kan överskrida 0,1 mSv/år ska följas upp med ytterligare analyser. Hälften av allt vatten som lämnar de kommunala vattenverken kommer från ytvatten som har låga nivåer av radioaktivitet jämför med grundvatten. De fyra vattenproverna i denna studie som var ytvatten hade koncentrationer av radioaktiva ämnen under detektionsgränsen. Studien visar således att endast i undantagsfall kan dricksvatten från kommunala vattenverk innehålla radioaktiva ämnen i sådan koncentration att de behöver övervakas i enlighet med EG:s dricksvattendirektiv.

Urananalyser

Beräkningar från aktivitetsmätningarna och uranbestämningarna med ICP-SFMS visade att 214 vattenprover hade en uranhalt understigande 2 mikrogram per liter. 33 prover hade en uranhalt mellan 2 och 15 mikrogram per liter, 9 prover hade en uranhalt som översteg 15 mikrogram per liter. Fig 7-8.



Figur 7. Koncentrationen av uran i vattenprover från 256 kommunala vattenverk.



Figur 8. Fördelning av uppmätt uranhalt bland vattenprover från 256 kommunala vattenverk.

De vattenverk som ingick i undersökningen hämtade sitt vatten från både jord och berg samt från fyra ytvattentäkter. Bland de 42 prover som hade en uranhalt över 2 mikrogram per liter fanns de högsta uranhalterna i vatten som hämtats från jord och då med sand och grusavlagringar som t.ex. Köping, Enköping, Söderköping och Uppsala(Källa DGV,SGU). Det kan vara värt att noteras att uranhalten i Uppsalas dricksvatten varierar mellan 17 och 45 mikrogram per liter, där variationen främst beror på vilken uttagspunkt som vattnet hämtas från. Inget av vattenverken som hämtar sitt vatten från berggrunden har en uranhalt över 15 mikrogram per liter och ytvattenproverna innehåller inga mätbara mängder radioaktiva ämnen.

Uran i dricksvatten; Diskussion av risker samt exponering.

I Bilaga 2, ”Riskvärdering av uran i dricksvatten” redovisas kortfattat de studier som ligger till grund för bedömning av uranets hälsomässiga effekter och nedanstående sammanfattning.

Resultaten av den genomförda studien visar att endast ett fåtal (9) av de grundvattenverk som undersökts uppvisar uranhalter som överstiger WHO:s riktvärde på 15 mikrogram uran/l. Hälften av allt vatten som lämnar de kommunala vattenverken kommer från ytvatten som har låga nivåer av uran jämför med grundvatten. Ungefär 1,2 miljoner personer försörjs med vatten från egen brunn. En studie av uran och annan radioaktivitet i dricksvatten från privata brunnar pågår och leds av SGU.

Den utvärdering av uran i dricksvatten baserad på den finska epidemiologiska studien som Staffan Skerfving (Yrkes- och Miljömedicin, Universitetssjukhuset i Lund)[13] gjort indikerar att negativa hälsomässiga effekter kan uppkomma vid ett långvarigt intag av uran i höga halter, åtminstone från några hundra mikrogram och uppåt per liter dricksvatten. Någon säker gräns nedåt kan inte sättas. Denna kritiska studie baseras på att i princip 100 % av uranet intas via dricksvatten; således 100% allokering till dricksvatten.

Men det kan inte heller uteslutas att dessa effekter kan vara reversibla. Vanligen brukar man dividera den dos där man inte ser några effekter med en faktor 10 för att ta hänsyn till en individuell variation avseende hälsomässiga effekter utifrån exponering för kemiska ämnen. Således hamnar man på en halt runt 20-30 mikrogram uran per liter dricksvatten vid en normal konsumtion (2 liter) om man använder sig av en säkerhetsfaktor på 10 utifrån effekterna i den finska epidemiologiska studien (från ca 200 - 300 mikrogram uran/l dricksvatten och uppåt). Detta är helt i överensstämmelse med de gränsvärden som är satta för uran i Kanada (20 mikrogram uran/l dricksvatten) och USA (30 mikrogram uran/l dricksvatten) baserade på djurstudien av Gilman et al. WHO har numera ett riktvärde på 15 mikrogram uran/l dricksvatten (80% allokerat till dricksvatten)[14]. Ovanstående resonemang utifrån djurstudien av Gilman et al. samt epidemiologiska data indikerar att en åtgärdsnivå för uran i dricksvatten i Sverige bör ligga inom intervallet 15-30 mikrogram uran/l dricksvatten.

Referenser

1. Rådets Direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten.
2. Statens livsmedelsverks föreskrifter om dricksvatten, SLVFS 2001:30.
3. Statens livsmedelsverks kungörelse om ändring i kungörelsen (SLV FS 1989:30) med föreskrifter och allmänna råd om dricksvatten, SLVFS 1997:32.
4. Socialstyrelsens allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten, SOSFS 2003:17(1989:30) med föreskrifter och allmänna råd om dricksvatten, SLVFS 1997:32.
5. Hult A. Dricksvattensituationen i Sverige. VAV AB, VA-FORSK RAPPORT 1998-15.
6. Östergren I., Falk R., Mjönes L. och Ek B-M. Mätning av naturlig radioaktivitet i dricksvatten. Test av mätmetod och resultat av en pilotundersökning. SSI Rapport 2003:07, Statens strålskyddsinstitut.
7. Svensk standard, SS 028194. Vattenundersökningar - Provtagning av naturvatten för bestämning av spårmetaller, SIS Förlag AB, 118 80 Stockholm.
8. Utvärdering av mätosäkerhet av kemisk analys, SP Rapport 2000:17.
9. Guide to the uncertainty in measurement, ISO, Geneva, Switzerland, 1993, ISBN 92-67-10188-98.
10. Kulich J., Möre H., och Swedjemark G. A. Radon och radium i hushållsvatten. SSI-rapport 88-11, Statens strålskyddsinstitut, 1988.
11. Doskoefficienter för beräkning av interna stråldoser. SSI Rapport 2000:05, Statens strålskyddsinstitut.
12. Gilman AP et al. (1998a) Uranyl nitrate: 28-day and 91-day toxicity studies in the Sprague-Dawley rat. *Toxicological Science*, 41: 117-128.
13. Skerfving, S. (2003). Granskning av 3 publicerade epidemiologiska studier avseende uran i dricksvatten på Livsmedelsverkets uppdrag.
14. WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, Third edition, Volume 1, Recommendations. World Health Organisation, Geneva, 2004. ISBN 92 4 154638 7.
15. SSI P 1402.03. Kartläggning av naturligt radioaktiva ämnen i dricksvatten.

Bilaga 1, Mätresultat

Prov Nr	Kommun	Vattenverk	Aktivitetsmätningar med LSC				ICP-SFMS		Beräknad
			Total	Total	Radium-226	Beräknad	Uppmätt	Stråldos	
			alfaaktivitet Bq/l	betaaktivitet Bq/l	aktivitet Bq/l	Uranhalt µg/l	Uranhalt µg/l	TID mSv/år	
2	Alingsås	Sollebrunn	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
3	Alvesta	Vislanda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
4	Aneby	Aneby	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
5	Arboga	Götlunda	0.19	<0.4	<0.04		6.0	0.009	
6	Arjeplog	LaisvallVV	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
7	Arvidsjaur	Arvidsjaur	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
95	Arvika	Gunnarskog	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
8	Askersund	Åsbro	<0.04	1.4	<0.04		2.4	0.011	
9	Avesta	Brunnbäck	0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
10	Bengtstorsfors	Grean	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
11	Berg	Gällnäckskrogen	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
13	Bjurholm	Bjurholm 04:43	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
14	Bjuv	Ljungsgårds	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
15	Boden	Pagla	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
16	Bollebygd	Backa	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
17	Bollnäs	Flästa	0.13	<0.4	<0.04		0.5	0.025	
18	Borgholm	Köpingsvik	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
19	Borlänge	Tjärna	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
20	Borås	Dalsjöfors	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
21	Botkyrka	Tullinge	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
22	Boxholm	Höjden	0.13	<0.4	<0.04		5.4	0.007	
23	Bromölla	Bromölla	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
24	Bräcke	Bräcke	0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
25	Båstad	V14	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
26	Dalsed	Kasen	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
27	Degerfors	Degerfors	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
28	Dorotea	Lajksjö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
30	Eda	Eda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
31	Ekerö	Stenhamra	0.10	0.7	<0.04		7.0	0.007	
32	Eksjö	Eksjö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
33	Emmaboda	Emmaboda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
34	Enköping	Munksundet	0.34	1.1	<0.04		26.0	0.024	
35	Eskilstuna	Hyndevadsverket	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
36	Essunga	Furet	0.16	<0.4	<0.04		12.5	0.012	
37	Fagersta	Saxen	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
38	Falkenberg	Kärrebergs	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
39	Falköping	Kättilstorps	2.24	1.4	0.71		12.0	0.273	
40	Falun	Falu	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
41	Filipstad	Flyfallet	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
42	Finspång	Igelfors	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
43	Flen	Malmköping	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
45	Färgelanda	Vallaredalen	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
46	Gagnef	Tallbacken	0.08	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
47	Gislaved	Gislaveds	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
48	Gnesta	Visbohammar	0.13	<0.4	<0.04		5.4	0.005	
49	Gnosjö	Bäckshults	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
50	Gotland	Langes hage	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
51	Grums	Törne	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
52	Grästorp	Ryda Almeåsen	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
53	Gullspång	Hova	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
54	Gällivare	Vassara	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
55	Gävle	Sättraverket	0.06	<0.4	<0.04		8.5	0.008	
56	Götene	Götene	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
57	Habo	Baskarp, Sved 1:7	<0.04	0.5	<0.04	<1.2		<0.008	
58	Hagfors	Sunnemo	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
59	Hallsberg	Vretstorp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
60	Hallstahammar	Näs	0.20	0.8	<0.04		14.6	0.014	
61	Halmstad	Sennan	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
63	Haninge	Pålalm	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
64	Haparanda	Seskarö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
65	Heby	Heby	0.16	0.7	<0.04		8.8	0.009	
66	Hedemora	Petersburg	0.08	0.5	<0.04	<1.2		<0.008	
67	Helsingborg	Örbyverket	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
68	Herrljunga	Ölanda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
29	Hofors	Djupdalsgatan	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
70	Hudiksvall	Hudiksvall	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
71	Hultsfred	Hultsfred	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	
72	Hylte	Jansbergs	0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008	

Prov Nr	Kommun	Vattenverk	Aktivitetsmätningar med LSC				ICP-SFMS	Beräknad
			Total	Total	Radium-226	Beräknad	Uppmätt	Stråldos
			alfaaktivitet Bq/l	betaaktivitet Bq/l	aktivitet Bq/l	Uranhalt µg/l	Uranhalt µg/l	TID mSv/år
73	Håbo	Kivinge	0.13	0.6	<0.04		13.6	0.013
74	Hällefors	Jeppetorp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
75	Härjedalen	Sveg	<0.04	0.4	<0.04	<1.2		<0.008
76	Härnösand	Brunne	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
77	Härryda	Kärlanda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
78	Hässleholm	Hässleholm	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
79	Högsby	Staby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
80	Hörby	Hörby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
81	Hörs	Karlsvik	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
82	Jokkmokk	Vuollerims	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
83	Jönköping	Lekeryd Uddebo	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
84	Kalix	Kalix	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
85	Kalmar	Skälby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
86	Karlsborg	Mölltorp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
87	Karlshamn	Ringamåla	0.75	4.2	<0.04		6.3	0.007
88	Karlskoga	Gälleråsen	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
263	Karlskrona	Jämjö	0.34	1.3	0.05		0.7	0.062
89	Karlstad	Sörmons	<0.04	0.5	<0.04	<1.2		<0.008
90	Katrineholm	Kerstinboda	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
91	Kils	Fryksta	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
92	Kinda	Kisa	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
93	Kiruna	Kiruna	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
94	Klippan	Klintarp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
96	Kramfors	Docksta	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
97	Kristianstad	Centrala	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
98	Kristinehamn	Sandköping	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
99	Krokom	Uddero	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
100	Kumla	Blacksta	0.08	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
101	Kungsbacka	Fjärås	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
103	Kungsälv	Dösebacka	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
102	Kungsör	Skottbackens	0.10	0.4	<0.04		5.0	0.005
105	Köping	Köping	0.71	1.9	<0.04		40.8	0.043
106	Laholm	Veinge	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
107	Laxå	Laxå	<0.04	1.5	<0.04		0.38	<0.008
108	Lekeberg	Fjugesta	0.15	1.0	<0.04		5.7	0.009
109	Leksand	Sundets	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
110	Lerum	Gråbo	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
111	Lessebo	Skruv	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
112	Lidköping	Råda källor	0.04	1.0	<0.04		8.2	0.008
113	Lilla Edet	Hjärtum ga.	0.25	<0.4	<0.04		0.02	0.049
12	Lindesberg	VV-01 Rya	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
198	Linköping	Ulrika	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
114	Ljungby	Ljungby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
115	Ljusdal	Höga	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
116	Ljusnarsberg	Finnhyttans	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
117	Ludvika	Östansbo	<0.04	0.5	<0.04	<1.2		<0.008
118	Luleå	Gäddvik	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
122	Lund	Vombverket	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
119	Lund	Revinge	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
120	Lycksele	Centrala	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
123	Malung	Utsjö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
124	Malå	Malå	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
125	Mariestad	Lugnås	0.06	0.6	<0.04	<1.2		<0.008
127	Mark	Fågslätt	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
126	Markaryd	Hylte	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
128	Mellerud	Dalskogs grundVV	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
129	Mjölby	Högby	0.08	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
130	Mora	Riset	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
131	Motala	Tjällmo	0.27	<0.4	<0.04		14.2	0.013
132	Mullsjö	Mullsjö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
133	Munkedal	Kärnsjöns	0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
134	Munkfors	Ransäter	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
136	Möln dal	Sinntorp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
137	Mönsterås	Sandbäckshult	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
138	Mörbylånga	Tveta	0.35	2.0	<0.04		2.6	0.060
140	Nora	Finnhyttans	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
141	Norberg	Karbenning	0.11	<0.4	<0.04		3.0	0.007
142	Nordanstig	Harmångers	0.12	<0.4	<0.04		6.3	0.006

Prov Nr	Kommun	Vattenverk	Aktivitetsmätningar med LSC				ICP-SFMS	Beräknad
			Total	Total	Radium-226	Beräknad	Uppmätt	Stråldos
			alfaaktivitet	betaaktivitet	aktivitet	Uranhalt	Uranhalt	TID
			Bq/l	Bq/l	Bq/l	µg/l	µg/l	mSv/år
143	Nordmaling	Floxen	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
189	Norrköping	Strömsfors	0.08	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
144	Norrhälje	Grisslehams	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
145	Norsjö	Lustigkulla	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
146	Nybro	Gårdsryd	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
147	Nyköping	Högåsen	0.09	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
148	Nynäshamn	Berga	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
149	Nässjö	Malmbäck	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
150	Ockelbo	Säbyggeby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
151	Olofström	Olofström	<0.04	<0.4	<0.04		0.04	<0.008
152	Orsa	Boggas	0.10	<0.4	<0.04		6.0	0.014
153	Orust	RödsVV	0.07	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
154	Osby	Maglaröds	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
155	Oskarshamn	Färbo	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
156	Ovanåker	Homna	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
158	Pajala	Pajala	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
159	Partille	Kasjöns	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
160	Perstorp	Toarp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
161	Piteå	Sikfors	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
162	Ragunda	Hammarstrand	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
163	Robertsfors	Heden	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
164	Ronneby	Kärrgården	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
165	Rättvik	Rättvik	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
166	Sala	Knipkällan	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
167	Sandviken	Kungsgårdens	0.11	<0.4	<0.04		3.1	0.006
264	Sigtuna	Lunda	0.24	1.1	<0.04		4.9	0.012
168	Simrishamn	Hamnabro	0.08	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
169	Sjöbo	Sjöbo	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
170	Skara	Eggby	0.23	<0.4	<0.04		15.4	0.014
171	Skellefteå	Slinds	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
172	Skinnskatteberg	Hardalens	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
173	Skurup	Skurups	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
174	Skövde	Melldata	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
175	Smedjebacken	Snöån	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
176	Sollefteå	Granvåg	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
177	Sorsele	Sorsele	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
178	Stenungsund	Ucklums	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
179	Storfors	Storfors	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
180	Storumans	Storumans	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
181	Strängnäs	Viskolinen	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
182	Strömstad	Flåghult	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
183	Strömsund	Långön	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
184	Sundsvall	Sidsjö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
185	Sunne	Öjervik	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
186	Surahammar	Rävnäs	0.21	<0.4	<0.04		10.1	0.012
187	Svedala	Svedala	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
188	Svenljunga	Svenljunga	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
190	Sydvatten AB	Vombverket	0.07	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
191	Säffle	Nysäters	0.50	1.4	0.07		14.9	0.023
192	Säter	Uggelbo	0.16	0.8	<0.04		7.2	0.008
193	Sävsjö	Vrigstad	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
194	Söderhamn	Alsjön	0.20	0.9	<0.04		8.0	0.008
195	Söderköping	Söderköpings	0.25	1.1	<0.04		22.8	0.021
261	Södertälje	Djupdal	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
196	Sölvesborg	Mjällby-Hosaby	0.15	1.2	<0.04		7.5	0.006
197	Tanum	Kageröd	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
199	Tibro	Rankås	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
200	Tidaholm	Källefall	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
201	Tierp	Arvidsbo	0.33	0.9	<0.04		23.5	0.022
202	Timrå	Lagfors	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
203	Tingsryd	Hensmåla	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
204	Tjörn	Pumpstation Djupvik	0.09	<0.4	<0.04		2.1	0.004
205	Tomelilla	Granebo	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
206	Torsby	Torsby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
207	Torsås	Gullabo	1.36	2.6	0.20		2.1	0.246
208	Tranemo	Ljungsnäs	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
209	Tranås	Fröafall	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
210	Trelleborg	Trelleborg	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008

Prov Nr	Kommun	Vattenverk	Aktivitetsmätningar med LSC				ICP-SFMS	Beräknad
			Total	Total	Radium-226	Beräknad	Uppmätt	Stråldos
			alfaaktivitet Bq/l	betaaktivitet Bq/l	aktivitet Bq/l	Uranhalt µg/l	Uranhalt µg/l	TID mSv/år
211	Trollhättan	Överby	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
212	Trosa	Sörtuna	0.09	0.4	<0.04	<1.2		<0.008
213	Töreboda	Töreboda	<0.04	0.5	<0.04	<1.2		<0.008
214	Uddevalla	Fagerhult	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
215	Ulricehamn	Ulricehamns	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
216	Umeå	Forslunda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
217a	Uppsala Galgb.	utgående blandvatten	0.21	0.9	<0.04		19.7	0.019
218	Uppvidinge	Åseda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
219	Vadstena	Vadstena	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
220	Vaggeryd	Korpudden	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
221	Valdemarsvik	Skeppsgården	0.54	1.2	<0.04		31.7	0.039
222	Vansbro	Vansbro	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
223	Vara	Vedum	0.13	1.0	<0.04		5.4	0.005
224	Varberg	Kvarngården	<0.04	1.0	<0.04		0.07	<0.008
225	Vellinge	Höllvikens	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
226	Vetlanda	Upplanda	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
227	Vilhelmina	Vilhelmina	0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
228	Vimmerby	Vimmerby	<0.04	0.4	<0.04	<1.2		<0.008
229	Vindeln	Renfors	0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
230	Vingåker	Dammslund	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
231	Vårgårda	Algutstorp	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
232	Vänersborg	Hästevadet	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
233	Vännäs	Vännäs	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
234	Värmdö	Ingarö	0.37	1.1	<0.04		15.5	0.015
235	Värnamo	Ljusseveka	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
236	Västervik	Överums	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
135	Västerås	Hässlö	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
237	Växjö	Braås	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
238	Ydre	Österbymo	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
239	Ystad	Nedraby	0.06	0.5	<0.04	<1.2		<0.008
240	Åmål	Tösse	0.17	0.8	<0.04		2.1	0.021
241	Ånge	Klaraborg	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
242	Åre	Tossön	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
243	Årjäng	Backa	<0.04	0.5	<0.04	<1.2		<0.008
244	Åsele	Åsele	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
245	Åstorp	Åstorps	<0.04	1.1	<0.04		1.4	0.001
246	Åtvidaberg	Örn	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
247	Älmhult	Älmhult	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
248	Älvdalen	Rot	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
249	Älvkarleby	Älvkarleby källa	0.10	0.6	<0.04		8.2	0.008
250	Älvsbyn	Älvsbyn	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
251	Ängelholm	Ängelholms	<0.04	0.5	<0.04	<1.2		<0.008
252	Ödeshög	Orrnäs	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
253	Örebro	Skrämsta	0.05	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
254	Örkelljunga	VV 11	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
255	Örnsköldsvik	Gerdal	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
256	Östersund	Lit	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
262	Österåker	Roslagskulla	0.14	<0.4	<0.04		8.5	0.010
257	Östhammar	Ed	0.09	1.1	<0.04		16.2	0.015
258	Östra Göinge	Lärkans	0.17	0.5	0.05		1.7	0.022
259	Överkalix	Halljärv	<0.04	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008
260	Övertorneå	Övertorneå	0.06	<0.4	<0.04	<1.2		<0.008

Bilaga 2, "Riskvärdering" av uran i dricksvatten

(här nedan redovisas endast den studie på försöksdjur som ligger till grund för flertalet gränsvärden i vår omvärld samt sammanfattningar av de epidemiologiska studier som genomförts av uran i dricksvatten. Ett fullständigt PM eller rapport över riskvärderingen kommer att publiceras av Livsmedelsverket)

Bakgrund

Lättlösliga uransalter förekommer naturligt i dricksvatten på vissa håll i Sverige och i än högre grad i Finland samt i vissa andra länder. Exponering för uran från livsmedel blir i dessa områden av marginell betydelse. Dessa mer lättlösliga uransalter tas upp till några procent i tarmen, men med intag tillsammans med föda finns indikationer om att betydligt mer kan tas upp. En stor del av absorberat uran utsöndras snabbt i urinen, men en viss upplagring sker i njurbarken och i skelettet.

Djurexperimentella studier talar för att uran i höga doser ger funktionella och morfologiska effekter på njurens proximala tubuli. De funktionella effekterna omfattar bl a minskad återresorption, med därav följande ökad utsöndring av bl a kalcium, fosfat, glukos och lågmolekylära proteiner, t ex β -2-mikroglobulin (BMG). Celldöd i tubuli leder till läckage av enzymer (bl a alkaliskt fosfatas, γ -glutamyltransferas, laktatdehydrogenas och *N*-acetyl- β -D-glukosaminidas).

I studier av yrkesmässigt långsiktigt exponerade individer (framför allt genom inhalation) har man rapporterat vissa effekter på njurarna, men metoderna har varit grova.

Epidemiologiska studier (detaljer kring nedanstående studier återfinns i originalartiklarna)

Fyra studier finns redovisade i litteraturen fram till 2002. Den förstnämnda, mer att betrakta som pilotstudie (initialt 133 individer), utfördes 1983-1985 i Nova Scotia, Kanada. Totalt 324 individer (1/3 kontroller) inklusive 191 ytterligare rekryterade individer exponerades för upp till 700 ug uran/l i dricksvattnet. Urin och hår analyserades för uran. Resultatet visade på en trend mot ökad BMG-utsöndring som kunde korreleras till uranhalten i dricksvattnet (Moss et al., 1983 och Moss, 1985). Uranhalten i hår kunde också relateras till exponeringen av uran i dricksvattnet.

Den andra studien utfördes 1993 i Saskatchewan i Kanada (Mao et al; 1995). Tre områden valdes ut med uranhalter på i medel 0,71 ug (0,48-0,74; kontroll), 19,6 ug (0,1-48) och 14,7 ug (0,1-50) per liter vatten. Kontrollgruppen omfattade 40 personer, de övriga 30 personer vardera. Åldern varierade mellan 18-84 år varav en tredjedel var män och två tredjedelar kvinnor. Blodprover samt urinprover erhöles från deltagarna. Uranhalter i vattnet samt albumin och kreatinin i urin analyserades (jämfördes med serumkreatininhalten i blod). En ökning av albuminhalten i urinen kunde korreleras till exponeringen för uran i dricksvattnet.

Studie nummer 3 omfattar personer med privata brunnar från en by i Nova Scotia i Kanada med en kontrollgrupp i Ottawa som utnyttjade kommunalt dricksvatten (Zamora et al; 1998). Halterna av uran i brunnsvattnet kunde ibland vara mer än 100 ug (max 780 ug)

per liter vatten. Kontrollgruppens vatten hade en halt på <1 ug per liter vatten. Sammantaget omfattade studien endast 50 personer (17 män och 33 kvinnor) i åldrarna 14-87 år, varav kontrollgruppen utgjordes av 20 individer som druckit sitt vatten under 1-33 år och den exponerade gruppen av 30 individer som druckit sitt vatten i 3-59 år, dock poolade vattenprover för båda grupperna. Via dubbelportioner av kost och vatten erhöles intagsdata för uran. Urin samlades under ett dygn. Bestämningar av glukos, totalprotein, kreatinin, alkaliskt fosfatas, γ -glutamyltransferas, laktatdehydrogenas och *N*-acetyl- β -D-glukosaminidas gjordes. BMG analyserades separat via naturin. Det fanns en trend (ej statistiskt signifikant) till ökade halter av glukos, alkaliskt fosfatas och BMG i urinen som kunde korreleras till exponeringen, indikerande tubulära förändringar.

Den senaste studien rör boende i södra Finland från 1999 (Kurtio et al; 2002) omfattande 325 individer i åldrarna 15-82 år med privat brunn som druckit sitt brunnsvatten i 1-34 år (medel 13 år). Dessa individer delades in i 3 grupper som exponerats för < 10 ug/l, 10-100 ug/l samt > 100 ug/l. Maximal exponering var 1920 ug uran/l i dricksvattnet (medianhalt 28 ug/l). Dagligt uranintag var 39 ug (median; 7-224 ug). Vatten, urin och blod analyserades. Indikatorer på njurfunktionen (proximala tubuli) var BMG, glukos, kalcium- och fosfatjoner och för glomerulusfunktionen, kreatininsöndring och albumin i urinen. En positiv korrelation mellan halten uran i urinen och en förhöjd kalcium- och fosfat-utsöndring i urinen konstaterades samt likaså för kalciumutsöndring och uran i dricksvattnet. Detta indikerar effekter på njurtubulis funktion som visade sig vara signifikanta vid halter över 300 ug/l. Korrelationen njurtoxiska effekter och uran i urinen var större än korrelationen njurtoxiska effekter och uran i vattnet. Någon korrelation mellan effekter och ett kumulativt intag kunde inte konstateras. Slutsatsen är att korttidsexponering synes mest relevant för njurtoxiska effekter.

Gilmanstudien; den kritiska basstudien för underlag till (olika) nationella gränsvärden för uran i dricksvatten

Gilman et al. (1998 a) genomförde en 91 dagars studie på Sprague-Dawley råttor (15 av båda könen) som erhöles uranyl-nitrat-hexahydrat i dricksvattnet i halter om 0,96, 4,8, 24, 120 och 600 mg/l (motsvarar 0,06, 0,3, 1,5, 7,5 och 36,7 mg uran/kg kroppsvikt/dag). Kontrollgruppen fick kranvatten. Hematologiska och biokemiska parametrar bestämdes efter exponeringstiden samt en histopatologisk undersökning utfördes. Några hematologiska effekter noterades emellertid inte. Histopatologiska förändringar observerades huvudsakligen i lever, sköldkörtel och njure. I levern observerades behandlingsrelaterade effekter i båda könen vid alla doser och dessa var vanligen inte specifika kärn- och cytoplasmaförändringar. Effekter på sköldkörteln var inte specifika för uranbehandlingen. Njuren var det organ som påverkades mest. I hanrättor erhöles statistiskt signifikanta behandlingsrelaterade effekter på njuren vid alla doser inkluderande nukleär vesikulation, cytoplasmisk vakuolering och tubulär utvidgning. Andra statistiskt signifikanta skador på hanrättor (vid dosen 4,8 mg/l) inkluderade glomerulära adhesionser, apikal förskjutning av den proximala tubulära epitelkärnan och cytoplasmisk degranulering. På honrättor erhöles statistiskt signifikanta förändringar på njuren inkluderande nukleär vesikulation av den tubulära epitelkärnan och anisokaryosis vid alla doser utom vid dosen 4,8 mg/l. Emellertid var de viktigaste förändringarna på honrättor skleros (förhårdning) av glomerulikapseln och retikulär skleros i det interstitiella membranet. Dessa förändringar

noterades vid alla doser och bedöms som skador som inte kan repareras. Signifikant behandlingsrelaterade leverförändringar rapporterades också i levercellkärnor och i cytoplasman i båda könen vid den lägsta dosen. LOAEL (lowest adverse effect level) för skadliga effekter på njure, och lever hos han- och honråttor baseras på frekvensen av degenerativa skador i njurtubuli vid dosen 0,96 mg uranyl-nitrat-hexahydrat per liter vatten (motsvarar 0,09 mg uran/kg kv/dag hos honråtta och 0,06 mg/kg kv/dag hos hanråtta). Orsaken till skillnaderna i känslighet mellan han och honråttor är inte klargjord, men tycktes inte bero på skillnader i farmakokinetik, eftersom ackumulering av uran i njurvävnad inte skiljde sig signifikant mellan könen vid någon av de givna doserna.

Kommentarer till denna studie

Studien är omfattande och inkluderar bland annat en mängd histopatologiska iakttagelser i njure och lever. Studien är välgjord men kanske större hänsyn skulle tagits till att förstudien på 28 dagar, med doserna 0,96, 4,8, 24, 120 och 600 mg uranyl-nitrat/l (samma dosspann som i 91-dagarsstudien) ej visade på några signifikanta effekter på varken födo- och vätskeintag, tillväxt, hematologiska, kliniska eller histopatologiska effekter mellan kontrollgruppen och de exponerade grupperna. Histopatologiska effekter i 91-dagarsstudien förekommer redan från den lägsta dosen 0,96 mg uranyl-nitrat-hexahydrat per liter dricksvatten upp till den högsta på 600 mg uranyl-nitrat-hexahydrat per liter dricksvatten. Det finns dock inget dos-respons samband för de redovisade effekterna vilket är märkligt. Ytterligare redovisade data pekar ut allvarligare effekter vid högre doser utan att ange bedömningsgrunder för detta. Ännu märkligare är att några egentliga hematologiska effekter ej ses över huvudtaget vid någon dos, inte ens vid den högsta dosen på 600 mg uranyl-nitrat-hexahydrat per liter dricksvatten. Klinisk-kemiska studier saknas vilket skulle ha givit värdefull information om njurens status. Slutsatserna bygger enbart på de histopatologiska effekterna vilket borde kompletterats med biokemiska parametrar bestämda i urin för att ge mer tyngd åt den totala bedömningen, speciellt som endast ett LOAEL kunde fastställas. Slutligen kan man ifrågasätta när själva studien utfördes eftersom vissa data redovisats redan 1982 och 1985 enligt artikelförfattarna; dvs som allra längst 16 år före denna publikation.

Slutsatser och diskussion

Den mest omfattande subkroniska orala studien på uran, Gilman et al. från 1998 där råttor erhållit uran via dricksvattnet ligger till grund för flera nationella gränsvärden för uran i dricksvatten även om de inte är sinsemellan överensstämmande. Storleken på säkerhetsfaktorn, allokeringen till vatten respektive föda, dricksvattenintag per dag, kroppsvikt etc utgör dessa skillnader. I brist på långtidsstudier (2 år) på försöksdjur har denna studie använts fastän ett NOAEL (no adverse effect level) ej kunde fastställas utan endast ett LOAEL. WHO:s motivering för att ej lägga på en extra säkerhetsfaktor än den 100 som använts vid framtagandet av riktvärdet¹ (15 ug/l dricksvatten) för uran i dricksvatten är

¹ Baserat på ett LOAEL på 60 ug/kg kv/dag i djurstudien av Gilman et al. (1989a) har en säkerhetsfaktor på 100 (10 X för extrapolering mellan arter 10 X för individvariation) använts vilket ger 0.6 ug/kg kv/dag som multipliceras med kroppsvikten 60 kg vilket ger 36 ug/dag för en individ. Åttio procent allokteras till dricksvatten dvs 29 ug som maximalt bör intas via en standardkonsumtionen på 2 l/dag, sålunda ett riktvärde på 15 ug/l dricksvatten.

följande; de noterade effekterna i djurstudien kan ej betraktas som allvarliga och baserat på urans biologiska halveringstid på 15 dagar i njure på försöksdjur är det inte heller befogat att använda sig av en extra säkerhetsfaktor utifrån resultaten från denna kortare 90-dagars studie då effekterna på njure inte torde öka med tiden. Dock synes dos-respons samband saknas för effekterna i denna studie (vår kommentar, se ovan). Flera invändningar mot denna studie finns införda under kommentarer till denna studie ovan.

Det föreligger åtminstone 3 epidemiologiska studier avseende uran i dricksvatten varav den senaste (den finska) är mest omfattande och mest välgjord. Mycket talar för att man bör fästa större vikt i riskvärderingen vid dessa epidemiologiska studier och framför allt den senare. I den senare finns också en tydlig korrelation mellan njurtoxiska effekter och uran i urinen som därvid visar på en faktisk exponering av uran på njuren. I den genomgång som epidemiologen Staffan Skerfving (Yrkes- och Miljömedicin, Universitetssjukhuset i Lund) låtit göra på uppdrag av Livsmedelsverket har han konstaterat följande:

”Tre epidemiologiska studier över människor som druckit vatten innehållande uran har utvärderats, varav den senaste (Kurttio et al., 2002) och mest omfattande, anses mest relevant. Den talar för att det finns en mycket svag effekt av uran i vatten på njurfunktionen, närmare bestämt i njurtubuli. En av de två andra studierna, en kanadensisk, kan stödja detta, även om den har betydligt mindre bevisvärde; å andra sidan kan den anses komplettera den finska studien, genom att det tycks finnas liknande effekter på njuren. Fynden stämmer också med djurexperimentella erfarenheter.

Lätta effekter på njurtubuli är troligen reversibla (går tillbaka) om exponeringen minskar. Vid kronisk exponering måste man emellertid överväga andra möjligheter: En förlust av kalcium genom urinen påverkar kalciumbalansen negativt. Detta skulle kunna öka risken för benskörhet. I dagsläget saknas kunskap på detta område. Den finska studien – möjligen med visst stöd av en av de kanadensiska - talar för att effekter på njuren uppträder vid uranhalter i vatten på några hundra mikrogram/liter eller mer. Effekter skulle kunna förekomma vid lägre halter, men det kan inte avgöras med befintliga data. Inte heller kan man säkert avgöra om kronisk exponering ökar risken. Fortsatt forskning är därför angelägen”.

Referenser

Gilman AP et al. (1998a) Uranyl nitrate: 28-day and 91-day toxicity studies in the Sprague-Dawley rat. *Toxicological Science*, 41: 117-128.

Kurttio P, Auvinen A, Salonen L, Saha H, Pekkanen J, Makelainen I, Vaisanen SB, Penttilä IM, Komulainen H (2002) Renal effects of uranium in drinking water. *Environmental Health Perspectives*. 110: 337-342.

Mao Y et al. (1995) Inorganic components of drinking water and microalbuminuria. *Environmental research*, 71:135-140.

Moss MA (1985) *Chronic low level uranium exposure via drinking water — clinical investigations in Nova Scotia*. Halifax, Nova Scotia, Dalhousie University (M.Sc. thesis).

Moss MA et al. (1983) Uranium in drinking water — report on clinical studies in Nova Scotia. In: Brown SS, Savory J, eds. *Chemical toxicology and clinical chemistry of metals*. London, Academic Press, pp. 149-152.

Zamora ML, Tracy BL, Zielinski JM, Meyerhof DP, Moss MA (1998) Chronic ingestion of uranium in drinking water: a study of kidney bioeffects in humans. *Toxicological Science*, 43: 68-77.

Översiktliga referenser

WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, Third edition, Volume 1, Recommendations. World Health Organisation, Geneva, 2004. ISBN 92 4 154638 7.

Dock, L. (2002) Kemisk toxicitet av uran och utarmat uran. IMM-rapport 1/02, Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet, Stockholm.

2004:01 Further AMBER and Ecolego

Intercomparisons

SKI nr 2004:05

SSI och SKI

2004:02 Strengthening the Radiation Protection System in Cuba (SRPS – Cuba), A co-operation project between Cuban and Swedish institutions, February 2001–June 2003

Avdelningen för avfall och miljö.

Rodolfo Avila, Carl-Magnus Larsson, Miguel Prendes och Juan Tomás Zerquera

80 SEK

2004:03 Friklassning av material från rivning av kärntekniska anläggningar i Sverige – en utredning om EU:s rekommenderade regler är tillämpbara i Sverige

Avdelningen för avfall och miljö.

Gunilla Hamrefors

210 SEK

2004:04 Säkerhets och strålskyddsläget vid de svenska kärnkraftverken 2003

SSI och SKI

2004:05 Detektion av radioaktivt material och kärnämne vid svensk gränskontroll - en pilotstudie

SSI och SKI (SKI nr 2004:22)

Anders Ringbom, Klas Elmgren och Lena Oliver

2004:06 SSI and SKI's Review of SKB's Updated Final Safety Report for SFR I -Review Report

SSI och SKI (SKI nr 2004:xx)

Björn Dverstorp och Benny Sundström et. al.

2004:07 Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 2003

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Stig Erixon, Peter Hofvander, Ingemar Lund, Lars Malmqvist, Ingela Thimgren och Hanna Ölander Gür

70 SEK

2004:08 Doskatalogen för nukleärmedicin; projekt SSI P 1151.99

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Sigrid Leide-Svegborn, Sören Mattsson, Lennart Johansson och Bertil Nosslin

120 SEK

2004:09 SSI:s roll i folkhälsoarbetet – redovisning av regeringsuppdrag inom folkhälsoområdet

Avdelning för beredskap och miljöövervakning

Torsten Cederlund, Robert Finck, Lars Mjönes, Leif Moberg, Ann-Louis Söderman, Åsa Wiklund, Katarina Yuen och Hanna Ölander Gür

170 SEK

2004:10 Riktlinjer för utformning av strålskyddsprogram för transportörer av radioaktiva ämnen

Avdelning för personal- och patientstrålskydd och

Avdelning för avfall och miljö

Thommy Godås

70 SEK

2004:11 Tillsynsrapport 2002 – 2003

Avdelning för avfall och miljö

Josefin Viidas

90 SEK

2004:12 Stråldosreglering vid kroppsdatortomografi – bakgrund till dosregleringsprogrammet OmnimAs

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Ulf Nyman, Wolfram Leitz, Mattias Kristiansson och Per-Åke Pahlstorp

70 SEK

2004:13 Mätning av radiofrekventa elektromagnetiska fält i olika utomhusmiljöer

Avdelning för beredskap och miljöövervakning

Jimmy Trulsson

90 SEK

2004:14 Kartläggning av naturligt radioaktiva ämnen i dricksvatten

Avdelning för beredskap och miljöövervakning

Rolf Falk, Lars Mjönes, Petra Appelblad, Bitte Erlandsson, Gullyv Hedenberg och Kettil Svensson

80 SEK



STATENS STRÅLSKYDDSIKSTITUT, SSI, är central tillsynsmyndighet på strålskyddsområdet. Myndighetens verksamhetsidé är att verka för ett gott strålskydd för människor och miljö nu och i framtiden.

SSI är ansvarig myndighet för det av riksdagen beslutade miljömålet *Säker strålmiljö*.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och för dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs. Myndigheten inspekterar, informerar, utbildar och ger råd för att öka kunskaperna om strålning. SSI bedriver också egen forskning och stöder forskning vid universitet och högskolor.

SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. En tidig varning om olyckor fås genom svenska och utländska mätstationer och genom internationella varnings- och informationssystem.

SSI medverkar i det internationella strålskydssamarbetet och bidrar därigenom till förbättringar av strålskyddet i främst Baltikum och Ryssland.

Myndigheten har idag ca 110 anställda och är belägen i Stockholm.

THE SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY, SSI, is the government regulatory authority for radiation protection. Its task is to secure good radiation protection for people and the environment both today and in the future.

The Swedish parliament has appointed SSI to be in charge of the implementation of its environmental quality objective *Säker strålmiljö* ("A Safe Radiation Environment").

SSI sets radiation dose limits for the public and for workers exposed to radiation and regulates many other matters dealing with radiation. Compliance with regulations is ensured through inspections.

SSI also provides information, education, advice, carries out its own research and administers external research projects.

SSI maintains an around-the-clock preparedness for radiation accidents. Early warning is provided by Swedish and foreign monitoring stations and by international alarm and information systems.

The Authority collaborates with many national and international radiation protection endeavours. It actively supports the on-going improvements of radiation protection in Estonia, Latvia, Lithuania, and Russia.

SSI has about 110 employees and is located in Stockholm.



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Address: Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm

Besöksadress: Solna strandväg 96

Telefon: 08-729 71 00, Fax: 08-729 71 08

Address: Swedish Radiation Protection Authority
SE-171 16 Stockholm; Sweden

Visiting address: Solna strandväg 96

Telephone: + 46 8-729 71 00, Fax: + 46 8-729 71 08

www.ssi.se