

# Polonium-mysteriet i London

PER HEDEMANN JENSEN

Den 23. november 2006 døde den tidligere russiske spion Alexander Litvinenko i London, og det udløste en efterforskning, der udviklede sig som en anden John le Carré spion-thriller. Litvinenko påstod nemlig før sin død, at det var tidligere KGB-agenter, der havde forgiftet ham, og at den russiske præsident Putin stod bag forgiftningen. Han havde følt sig dårlig et par timer efter møder den 1. november, først på Hotel Millennium og senere på en sushi-bar i det centrale London. Britisk politi har oplyst, at der i forbindelse med efterforskningen af mordet blev fundet spor af polonium-210 ( $^{210}\text{Po}$ ) på både Hotel Millennium og et andet London-hotel.

De udviste sygdomssymptomer hos Alexander Litvinenko med tab af hoved- og kropshår samt en gullig hud antyder en stor strålingsdosis til kroppens organer og væv - specielt til leveren - sandsynligvis fra et optag af polonium-210 i kroppen.

Der er indtil nu udført polonium-analyser af urinprøver fra 695 personer i England. Analyserne viser, at af disse har 560 personer ikke været i kontakt med polonium-210. De resterende 135 personer har været i kontakt med stoffet. Heraf har 85 modtaget strålingsdoser fra optag af  $^{210}\text{Po}$  på mindre end 1.000 mikrosie-

vert ( $\mu\text{Sv}$ ), 34 har modtaget strålingsdoser på mellem 1.000 - 6.000  $\mu\text{Sv}$ , og 16 har modtaget strålingsdoser over 6.000  $\mu\text{Sv}$ . Til sammenligning modtager hver dansker i gennemsnit ca. 3.000  $\mu\text{Sv}$  pr. år fra baggrundsstrålingen.

De britiske sundhedsmyndigheder henvendte sig til Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) i Sundhedsstyrelsen angående danskere, der havde boet på de berørte hoteller. SIS tilbød disse personer rådgivning og kontrolmåling for optag af  $^{210}\text{Po}$  i kroppen ved måling på deres urinprøver. Urinprøveanalyserne blev udført af Afdelingen for Strålingsforskning på Risø, og målingerne viste, at de pågældende danskere ikke var blevet forurenede med  $^{210}\text{Po}$ .

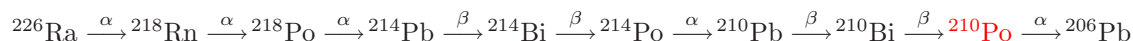
## Grundstoffet polonium

Polonium blev opdaget af fysikerne Marie og Pierre Curie i 1898, og det fik navnet efter Maries fødeland Polen (latin: Polonia). Det var det første stof, ægteparret Curie opdagede under deres undersøgelser af radioaktiviteten i uranmalmen *begblende*. Polonium er et sølvgråt blødt metal, som findes overalt i naturen i meget små koncentrationer. Alle poloniums 27 isotoper er radioaktive, og data for  $^{210}\text{Po}$  er vist i nedenstående tabel.

Data for den radioaktive isotop $^{210}\text{Po}$	
Massefylde	9,3 g pr. $\text{cm}^3$
Specifik aktivitet	$1,66 \cdot 10^{14}$ Bq pr. gram (166.000 GBq pr. gram)
Henfaldseffekt (alfa-henfald)	140 watt pr. gram
Halveringstid	138 dage
Energi af alfa-partikler	5,3 MeV pr. alfa-partikel (1 alfa-partikel pr. henfald)
Energi af gamma-fotoner	0,8 MeV pr. foton (1 foton pr. $10^5$ henfald)
Kropsindhold af $^{210}\text{Po}$ i danskere	30 Bq (0,0000002 mikrogram)

$^{210}\text{Po}$  er et henfaldsprodukt i den naturligt forekommende uran-238-henfaldskæde, og et ton naturligt uran indeholder omkring 100 mikro-

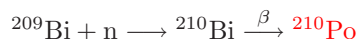
gram polonium. Den sidste del af uran-238-henfaldskæden - fra radium-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) til stabilt bly-206 ( $^{206}\text{Pb}$ ) - er vist nedenfor.



Uran er vidt udbredt i naturen, og en normal parcelhusgrund indeholder i de øverste ca. 30 cm jord omkring 1 kg uran. Vi indtager derfor små mængder uran med føden, således også polonium-210, og det vedvarende kropsindhold af  $^{210}\text{Po}$  i hver dansker fra føden er omkring 30 becquerel (Bq). Polonium i naturen opkoncentreres i skaldyr, og personer, der spiser mange skaldyr, har et markant højere indhold af polonium-210 i kroppen end "normal-spisere" af skaldyr, dog fortsat i helt uskadelige mængder.

### Kunstig fremstilling af $^{210}\text{Po}$

$^{210}\text{Po}$  kan produceres ved neutronbestråling af grundstoffet bismuth i en atom-reaktor. Bismuth er ligesom polonium et metal, der forekommer i naturen. Den eneste stabile bismuth-isotop er bismuth-209 ( $^{209}\text{Bi}$ ). Ved bestråling af  $^{209}\text{Bi}$  med langsomme neutroner dannes der  $^{210}\text{Bi}$ , der ved beta-henfald omdannes til  $^{210}\text{Po}$ :



Halveringstiden for  $^{210}\text{Bi}$  er 5 dage. For at producere eksempelvis 1 mikrogram  $^{210}\text{Po}$  skal man bestråle omkring 8 gram  $^{209}\text{Bi}$  i nogle uger i en reaktor ligesom Risøs reaktor DR 3. Man kan nøjes med at bestråle omkring 300 milligram  $^{209}\text{Bi}$ , hvis man til gengæld øger bestrålingstiden til et par år. Efter udtagning fra reaktoren

skal den dannede polonium-210 adskilles fra bismuth-metallet. Det sker ved en kemisk proces, hvor bismuth-metallet opløses i syre, og den dannede polonium-210 ekstraheres.

### Anvendelse af $^{210}\text{Po}$

På grund af sin høje specifikke aktivitet på 166.000 GBq pr. gram  $^{210}\text{Po}$  vil de udsendte alfa-partikler fra ét gram  $^{210}\text{Po}$  afsættes som varme med en effekt på 140 watt. En stålkapsel med et indhold på omkring 0,5 gram  $^{210}\text{Po}$  vil hurtigt opnå en temperatur på  $500^\circ\text{C}$ . Polonium-210 er derfor blevet brugt som letvægts-varmekilder i termoelektriske celler i satellitter og ved de ubemandede russiske månelandinger, hvor de blev brugt til opvarmning af instrumenterne i små selvkørende fartøjer på måneoverfladen.

Polonium-210 har også været anvendt i MBq-mængder i anti-statiske børster til at fjerne støv fra overfladen af grammofonplader, kameralinser, etc. Polonium-aktiviteten vil som følge af de mange millioner udsendte alfa-partikler pr. sekund eliminere de statiske ladninger på overfladen, der holder på støvet, og børsten fjerner samtidig støvpartiklerne. På nedenstående billeder er vist en børste, der blev anskaffet af en medarbejder på Risøs Hot Cell anlæg i 1976.



*Anti-statisk børste med indbygget  $^{210}\text{Po}$ -aktivitet, der ses som tynde, brun-røde firkantede lag, der er påført aluminium-pladen bag ved gitteret. Børsten blev analyseret i 1976 ved gamma-spektrometri på helsefysiklaboratoriet i Risøs Anlægshelsefysiksektion.  $^{210}\text{Po}$ -aktiviteten blev dengang målt til ca. 9 MBq, svarende til omkring 0,06 mikrogram  $^{210}\text{Po}$ .*

Hvis polonium-210 blandes med det lette grundstof beryllium-9 ( $^9\text{Be}$ ), dannes en neutronkilde. De udsendte alfa-partikler ( $\alpha$ ) fra de radioaktive henfald af polonium-210 reagerer med beryllium atomkernerne. Resultatet af disse atomkerneprocesser bliver, at der dannes kulstof-12 ( $^{12}\text{C}$ )

atomkerner under udsendelse af en neutron (n):



Neutronkilder kan anvendes til at starte kæde-reaktionen i brændselselementerne i en ny atom-reaktor, der ikke endnu har været kritisk. Polo-

nium-beryllium neutronkilder blev også anvendt som udløsemekanisme (trigger) i de tidlige kernevåben i USA, UK og USSR.

### **Strålingsdoser fra $^{210}\text{Po}$**

$^{210}\text{Po}$  udgør ikke nogen sundhedsrisiko, så længe den befinder sig uden for kroppen. Den udsendte alfa-stråling kan nemlig ikke trænge ind i kroppen - end ikke gennem det yderste døde hudlag eller gennem et stykke papir. Selvom  $^{210}\text{Po}$  også udsender gamma-stråling, sker det med en meget lille intensitet, svarende til én udsendt gamma-foton pr. 100.000 henfald. Gamma-dosishastigheden i en afstand på 1 - 2 meter fra milligram-mængder af  $^{210}\text{Po}$  er derfor kun af samme størrelsesorden som den naturligt forekommende baggrunds-dosishastighed.

Kun hvis  $^{210}\text{Po}$  optages i kroppen ved at drikke eller spise polonium-forurenede fødemidler, ved indånding af polonium-forurenet luft eller ved polonium-forurening af åbne sår, er der en sundhedsrisiko. Når  $^{210}\text{Po}$  indtages med føden, vil en del hurtigt udskilles igen, hovedsageligt med afføringen. Af den tilbageværende polonium optages 30% i leveren, 10% i nyrerne, 10% i den røde knoglemarv, 5% i milten og de resterende 45% i kroppens øvrige organer. Det optagne po-

lonium udskilles løbende fra kroppen med en biologisk halveringstid på omkring 50 dage.

Strålingsdoser fra optaget  $^{210}\text{Po}$  i kroppen kan beregnes til følgende. Hvis 1 mikrogram  $^{210}\text{Po}$  er blevet optaget i leveren, er dosishastigheden til leveren fra den udsendte alfa-stråling ca. 0,3 gray pr. time (Gy/h). Det betyder, at leveren i løbet af en uge vil modtage ca. 50 Gy og i løbet af 20 dage ca. 140 Gy. Tilsvarende ville et optag af et 1 mikrogram  $^{210}\text{Po}$  i nyrerne medføre en dosis til nyrerne på ca. 300 Gy efter en uge og ca. 800 Gy efter 20 dage. Så store strålingsdoser vil medføre organsvigt med døden til følge.

### **Bliver polonium-mysteriet opklaret?**

Spekulationerne omkring det dramatiske hændelsesforløb har været mange. Naturligvis har Putin dementeret, at han skulle stå bag forgiftningen. En anden teori er, at under smugling af polonium-beryllium triggere til brug i såkaldte kuffert-kernevåben ("suitcase nukes") kan en trigger have lækket og medført den konstaterede polonium-forurening og -forgiftning. Ren spekulation? Kun få kender sandheden, og den bliver sandsynligvis aldrig offentlig kendt.

*15. marts 2007*