

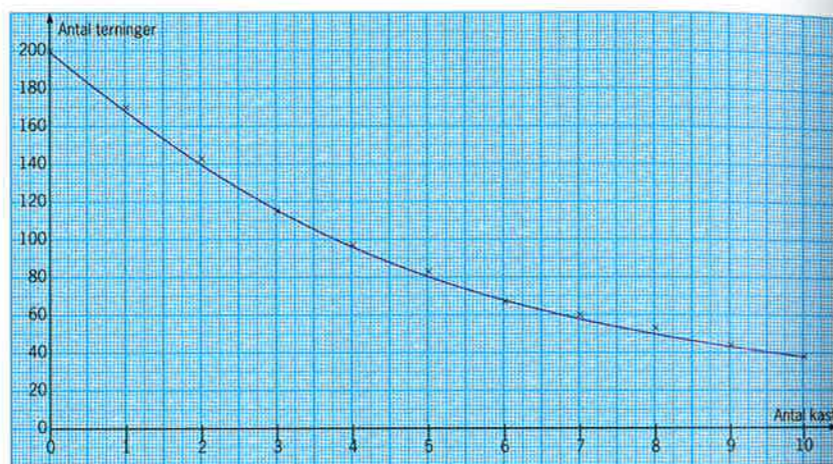
### Laboratorieopgave 5

#### Terningkast og halveringstid

I denne laboratorieopgave skal I lære noget om halveringstid ved at kaste med terninger, som skal forestille atomkerner. Hvis en terning kommer op med en sekser, skal det forestille, at atomkernen er henfaldet.



Her ses resultaterne af en række kast med 200 terninger. På grafen kan aflæses, hvor mange terninger der er tilbage efter hvert kast, idet de terninger, som viser seks øjne, lægges til side (de skal forestille atomkerner, der er henfaldet). Hvis vi tænker os, at terningerne kastes 1 gang i minuttet, kan du direkte på kurven aflæse, hvor mange minutter der går, inden terningernes antal er halveret. Dette kunne vi kalde terningernes „halveringstid“.



### Undervisningsprogram 3

#### Radioaktivitet

Ved at løse teoriopgaverne i undervisningsprogram 3 i arbejdshæftet får du repeteret, hvad du i kapitel 5 har lært om radioaktivitet.



### Tip tretten 2

Du kan få et indtryk af, hvor meget du fik lært i kapitel 4-5 ved at udfylde tipskupon nr. 2 i arbejdshæftet. De tilhørende opgaver kan din lærer give dig.

## 6 Strålingen, der rammer os alle



Folk, som ofte færdes i naturen eller sover direkte på jorden under åben himmel, ved måske ikke, at de overalt er udsat for en svag radioaktiv bestråling.

## Den naturlige baggrundsstråling

Du har tidligere hørt, at vi hele tiden er udsat for en svag stråling fra verdensrummet og fra radioaktive stoffer i omgivelserne – en stråling, som vi kan registrere med geigertælleren.

Denne stråling kalder vi baggrundsstrålingen. Den er meget svag i forhold til strålingen fra de radioaktive kilder, som vi anvendte til vore forsøg. Derfor så vi bort fra den. Men ved måling på svagere kilder er det nødvendigt at tage hensyn til den.

Vi vil derfor måle, hvor stor baggrundsstrålingen egentlig er.

Den naturlige baggrundsstråling har været der lige så længe, Jorden har eksisteret. Den har endda været medvirkende til, at livet på Jorden har udviklet sig til den mangfoldighed, som det har. Ioniserende stråling kan nemlig påvirke generne og skabe små ændringer i arveanlæggene, så der bliver mulighed for en udvikling i forskellige retninger.



**FÆLLESFORSØG**

### Vi måler baggrundsstrålingen

Vi anbringer geigertælleren, så tællerrøret peger tilfældigt ud i luften. Der må ikke være radioaktive kilder i nærheden.

Vi lader derefter geigertælleren tælle impulser i et minut. Forsøget gentages 5 gange, og vi skriver tallene ind i skemaet i arbejdshæftet og beregner gennemsnittet.

Normalt vil geigertælleren registrere et sted mellem 20 og 100 impulser i minuttet. Det kan variere lidt fra landsdel til landsdel og afhænger også af, hvor følsomt tællerrøret er. (Se lærervejledningen).



I forsøget så vi, at baggrundsstrålingen ikke er helt regelmæssig. Impulserne kom tilfældigt – nogle gange hurtigere og nogle

gange langsommere. Men i gennemsnit holder baggrundsstrålingen sig meget konstant.

## Radioaktiviteten i vore boliger

En stor del af den baggrundsstråling, vi er udsat for, skyldes, at der i jorden og i mange af de byggematerialer, vi laver huse af, findes små mængder af radioaktive stoffer.

Det drejer sig hovedsageligt om grundstofferne uran og thorium, der efterhånden nedbrydes gennem en række omdannelser og til sidst ender med at være stabilt bly.

Et af stofferne i denne kæde af omdannelser er den radioaktive luftart radon, som kan sive ud i luften og samle sig i husene – især hvis rummene ikke udluftes. Her vil den omdannes til andre radioaktive stoffer, der sætter sig på støvpartikler i rummet.

Mange steder, specielt i kælderrum, kan man derfor ved at støvsuge samle så meget radioaktivt støv sammen, at man kan påvise strålingen med en geigertæller.



Billedet viser, hvordan luftarten radon trænger ind i et hus. Noget kommer op fra undergrunden gennem sprækker i gulvet. Noget kan komme med vandet, og noget siver ud fra byggematerialerne.

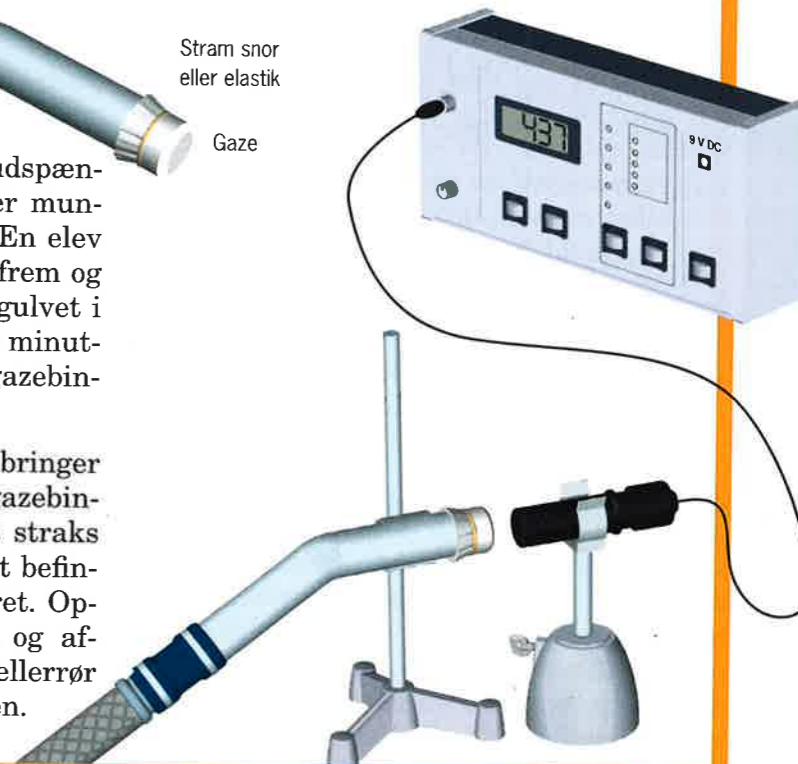
**FÆLLESFORSØG**

### Vi undersøger støv for radioaktivitet



Før fysiktimens begyndelse udspændes 5 lag gazebind stramt over munden af en støvsugerslange. En elev sættes derefter til at støvsuge frem og tilbage forskellige steder over gulvet i et udluftet kælderrum i ca. 10 minutter, så der sætter sig støv på gazebindet.

Ved fysiktimens begyndelse bringer eleven støvsugerslangen med gazebindet op i fysiklokalet, hvor det straks bliver spændt op, så gazebindet befinder sig ca.  $\frac{1}{2}$  cm foran tællerrøret. Opspændingen skal være stabil, og afstanden mellem gazebind og tællerrør må ikke ændres i resten af timen.



Vi sætter tælleren til at tælle i 1 minut – og noterer tidspunktet for tællingens start på tavlen.

Vi trækker baggrundsstrålingen (se side 72) fra det fremkomne tælleantal og noterer resultatet på tavlen. Både tidspunkt og tælleantal skrives ind i skemaet i arbejdshæftet.

I den efterfølgende del af timen skal vi med 5-10 minutters mellemrum foretage en tælling på 1 minut og trække baggrundsstrålingen fra – for at finde ud af, hvornår radioaktiviteten er sunket til det halve. Når vi på denne måde får et tælleantal, der er ca. halvt så stort som det første, noterer vi både det og tidspunktet for denne tællings start på tavlen og i arbejdshæftet.

Halveringstiden for de radioaktive stoffer, som sidder på støvet, vil sandsynligvis være omkring 30-45 minutter.

Mens vi venter på det, kan vi passende undersøge, hvilken slags stråling det er, som udgår fra støvet.

Prøv (uden at skubbe til tællerrøret eller gazebindet) at holde forskellige plader af henholdsvis papir, aluminium og bly mellem gazebindet og tællerrøret. Ved at se, hvordan de brem-



ser strålingen, kan I bedømme, hvilken eller hvilke typer af stråling der hovedsageligt udsendes fra støvet. I arbejdshæftet er der afsat plads til at skrive, hvilket resultat I kommer til.

### Strålefare i vore boliger

Der siver altid radon op fra jorden. I Danmark har man målt, at der udendørs i hvert sekund henfalder ca. 8 radonatomer pr. kubikmeter luft. Radonstrålingen er derfor 8 Bq pr. m<sup>3</sup>. Indendørs er radonstrålingen derimod ofte over 50 Bq pr. m<sup>3</sup>. Det viser, at radon let koncentrerer inde i husene.

Det er dog ikke strålingen fra selve radonatomerne, der er farlig – men derimod de faste radioaktive stoffer, som dannes, når radonatomerne henfalder. De sætter sig på støvpartiklerne.

Når vi indånder luft med radioaktivt støv, afsættes noget af støvet i lungerne, således at lungevævet og det omliggende væv bliver udsat for stråling.

Heldigvis mister støvet, som vi har set, sin radioaktivitet i løbet af nogle timer. Hvis vi derfor kun opholder os kortvarigt i et rum med radioaktivt støv, vil der ikke være nogen alvorlig risiko for, at der sker varig skade på lungevævet. Men længere ophold kan være sundhedsskadeligt.

Ifølge en undersøgelse foretaget herhjemme er strålingen fra det radioaktive støv i 40000 danske hjem højere, end det anses for forsvarligt, det vil sige højere end 200 Bq pr. m<sup>3</sup>. Man skønner, at det bevirker, at der hvert år dør 300 danskere af lungekræft på grund af denne stråling.

Derfor er det vigtigt, at man sørger for god udluftning hver dag i alle rum i boligen. Det tager nemlig flere dage, før luften igen kan nå at blive mættet med radioaktivt støv.

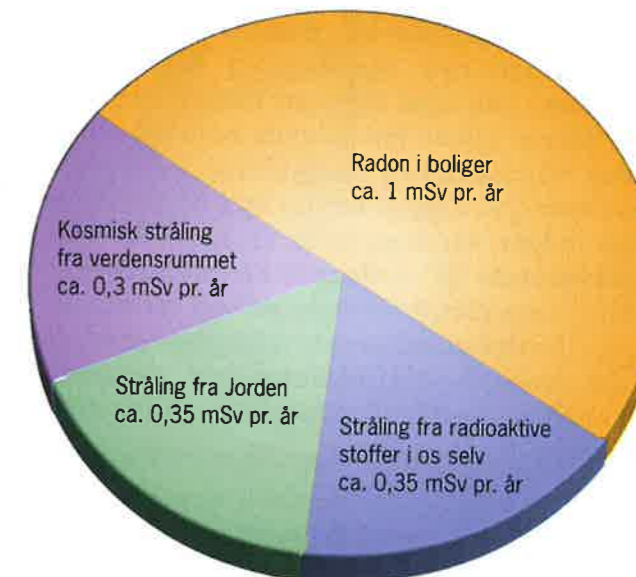
Strålingen fra det radioaktive støv i vore boliger kan vi således gøre noget for at formindske. Men resten af baggrundsstrålingen er det svært at beskytte sig imod.



I Sverige er problemet med radon, som siver ind i husene, ofte større end i Danmark. Det skyldes, at undergrunden mange steder består af granit, som indeholder en hel del radioaktive stoffer som uran og thorium.

### Hvor kommer resten af baggrundsstrålingen fra?

Denne tegning viser, hvor den samlede naturlige baggrundsstråling kommer fra.



Det ses, at ca. halvdelen skyldes radonudsvivningen. Men, som du kan se, modtager vi også en hel del stråling fra andre kilder. Det drejer sig dels om stråling fra verdensrummet, dels direkte stråling fra de radioaktive stoffer i jorden, og endelig stråling fra radioaktive stoffer i vores egen krop.

Betegnelsen mSv, som bruges på tegningen, er en forkortelse for millisievert, som er  $\frac{1}{1000}$  af måleenheden en sievert, der bruges som måleenhed for modtaget stråledosis. Denne enhed er opkaldt efter en svensk fysiker.

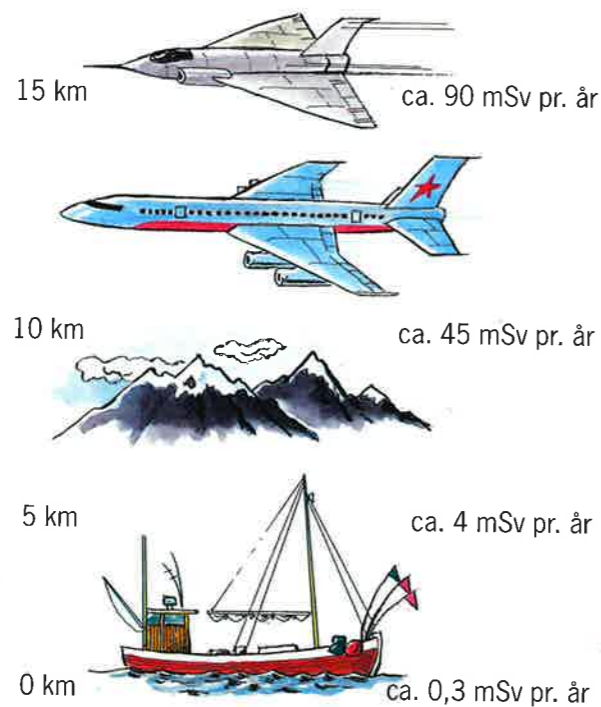
På diagrammet kan du se, at vi sammenlagt modtager ca. 2 mSv om året fra den naturlige baggrundsstråling. Tallene skal dog tages med et vist forbehold. Især kan radonbidraget variere meget fra sted til sted (fra 0,3 mSv til 3 mSv om året). Herudover modtager vi i øvrigt også en hel del stråling ved hospitalsbehandlinger, røntgenundersøgelser, m.v. Det skal du høre mere om i næste kapitel.

## Den kosmiske stråling

Jorden rammes til stadighed af forskellige former for ioniserende stråling fra verdensrummet. Denne stråling kalder vi kosmisk stråling.

Når partiklerne i den kosmiske stråling rammer atmosfæren, dannes der mange forskellige nye partikler og radioaktive atomer, som også bidrager til den stråling, vi bliver udsat for. Blandt andet dannes der til stadighed radioaktive kulstof-14 atomer  $^{14}_6\text{C}$ . Disse blandes op i atmosfæren og indgår sammen med de normale kulstofatomer  $^{12}_6\text{C}$  i dannelsen af kuldioxid  $\text{CO}_2$ , som planterne optager ved fotosyntesen. Derfor vil en ganske lille procentdel af det kulstof, der cirkulerer i naturens kredsløb, bestå af radioaktive kulstof-14 atomer.

Heldigvis beskytter Jordens atmosfære os mod at få for meget kosmisk stråling. Men



På denne tegning kan du sammenligne de strålingsdoser, som man i forskellige højder modtager fra den kosmiske stråling. Selv om man naturligvis ikke opholder sig et helt år i en flyvemaskine (og til en vis grad er beskyttet af flykabinen, når man er der), giver tallene alligevel et indtryk af, hvor meget den kosmiske stråling forøges med højden.

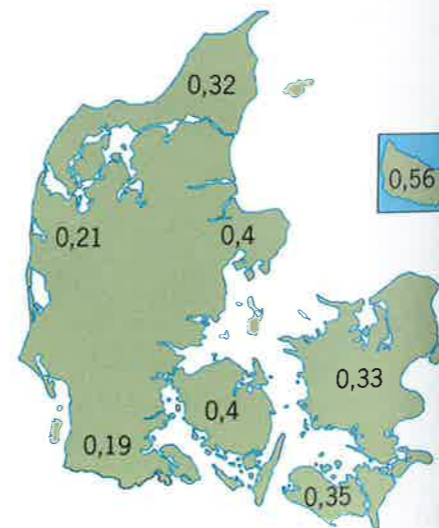
jo højere vi kommer op over jordoverfladen, jo kraftigere bliver den kosmiske stråling. I 1600 meters højde er den omkring dobbelt så stor som ved jordoverfladen. I denne højde bor der mange mennesker, for eksempel i Alperne, og Mexicos hovedstad Mexico City med 20 millioner mennesker ligger også i denne højde. Stewardesser, piloter og astronauter udsættes ligeledes for mere kosmisk stråling, end vi andre gør. Til gengæld får de så lidt mindre stråling fra jorden.

## Strålingen fra jorden

Det bidrag til baggrundsstrålingen, vi modtager som direkte stråling fra jorden, er forskelligt i de forskellige egne af landet.

På Bornholm er strålingen større end i resten af landet, fordi undergrunden består af granit, som indeholder en hel del af de radioaktive grundstoffer uran og thorium. I Vestjylland, hvor jorden er sandet, er strålingen mindst.

Nogle steder på Jorden findes der malm, der er så uranholdigt, at det kan betale sig at udvinde uranet. Kvanefjeldet i Grønland indeholder så meget uran, at det tidligere har kunnet betale sig at udvinde det.



Strålingen, som vi modtager fra jorden i Danmark, angivet i mSv pr. år.

I mange skolars fysiksamling findes en klump uranmalm fra Kvanefjeldet. Den kan man undersøge for radioaktivitet med en geigertæller.

## VELLESFORSØG

### Vi undersøger uranmalm

Vi nærmer tællerrøret til forskellige steder på en klump uranmalm.

Nogle steder på klumpen kan vi høre, at geigertælleren registrerer mange impulser. Andre steder registrerer den næsten ingenting.

Vi udvælger et sted på klumpen, hvor tælleren tæller hurtigt, og spænder tællerrøret fast her, så det befinder sig ca.  $\frac{1}{2}$  cm fra stenen.



Dernæst prøver vi at finde ud af, hvilken eller hvilke typer af stråling der hovedsageligt udsendes fra malmen. I kan selv give forslag til, hvordan det kan gøres.

## Radioaktivitet og Jordens alder

Som du tidligere har lært, nedbrydes uran gennem en række omdannelser til blyisotopen  $^{206}_{82}\text{Pb}$ , som ikke er radioaktiv. Da urans halveringstid er ca.  $4\frac{1}{2}$  milliard år, tager nedbrydningen lang tid. De radioaktive stoffer, som uran omdannes til, har en langt kortere halveringstid. Derfor tager den sidste del af omdannelserne, inden stoffet bliver til bly, ikke nær så lang tid.

1960 fandt man i et bjerg i Sydafrika en uranforekomst, som var blandet med ca. 50% af den stabile blyisotop  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Da alt tydede på, at blyet var dannet ved det radioaktive urans henfald, kunne man regne ud, at omdannelsen måtte have taget ca. 4,5 milliarder år, idet dette tidsrum jo er urans halveringstid. Jordens alder må derfor være mindst ca. 4,5 milliarder år.

## Radioaktiviteten holder Jorden varm

Det har stor betydning for vores klode, at der foregår radioaktive processer i dens indre. Hvert eneste radioaktivt henfald frigiver

en ganske lille smule energi, som opvarmer den omgivende jord. Uden de radioaktive processer ville Jordens temperatur for længst være blevet så lav, at det ville være vanskeligt at opretholde liv på Jorden.



Når vi ser et vulkanudbrud, er det faktisk en form for atomenergi, der kommer til udtryk – idet den høje temperatur i Jordens øverste lag i væsentlig grad skyldes radioaktive processer.

## Strålingen fra radioaktive stoffer i os selv

Selv om vi måske kunne afskærme os mod alle andre former for stråling, vil vi aldrig kunne afskærme os mod strålingen fra de radioaktive stoffer, som vi har inde i os. Vi får dem ind i kroppen både med luften, som vi indånder, og med føden og vandet, som vi indtager.



Vi har allerede omtalt det radioaktive støv i vore boliger. Herudover kan det ikke undgås, at vi med føden får små mængder af radioaktivt bly og polonium ind i kroppen. Det er nogle af henfaldsprodukterne fra

### FÆLLESFORSØG

#### Vi påviser stråling fra kaliumchlorid

Vi opspænder tællerrøret lodret, så det peger ned mod bordet. Vi måler først baggrundsstrålingen ved at foretage 3 tællinger på hver 3 minutter. Resultaterne noteres på tavlen, og gennemsnittet beregnes.

Derefter hælder vi en bunke kaliumchlorid KCl ud på et stykke papir. For at beskytte tællerrørets membran spænder vi et stykke ganske tynd gennemsigtig husholdningsfilm stramt omkring enden af tællerrøret og spænder det omhyggeligt fast med en elastik. Derefter sænker vi forsigtigt tællerrørets munding ned på KCl-bunken.

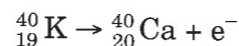


Vi foretager nu atter 3 tællinger på hver 3 minutter og beregner gennemsnittet. Vi ser, at tællertallet er noget større end før på grund af strålingen fra KCl-bunken.

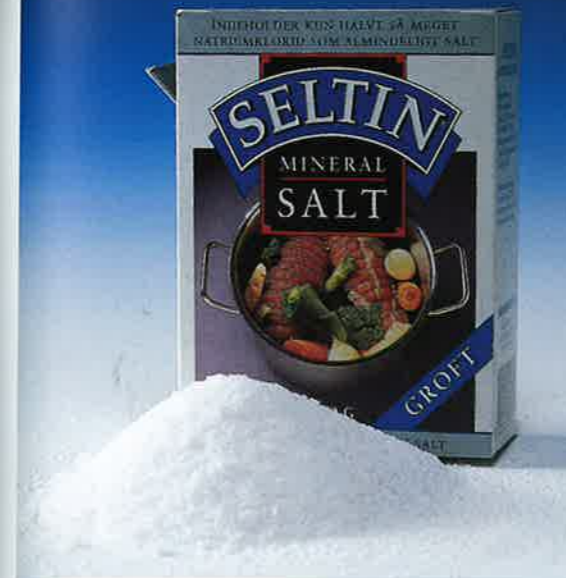
det udsivende radon. De falder ned på jorden, og dermed også på afgrøderne på markerne.

Tobaksplanter kan endda optage radioaktivt bly direkte fra jorden. Det er årsagen til, at tobaksrygere får større strålingsdoser end ikke-rygere.

Det største bidrag til strålingen inde i os, kommer fra den radioaktive kaliumisotop kalium-40. Der findes kalium alle vegne. Ca. 2½% af de øverste jordlag består af kalium. Det forekommer i jord, planter, dyr og mennesker, og det er nødvendigt for, at vores krop kan fungere. Selv om kun ca. 0,001% af det kalium, vi har i os, består af radioaktive kalium-40 atomer, vil der alligevel i et menneske på 50 kg hvert sekund omdannes ca. 3000 kalium-40 atomer under udsendelse af betapartikler. Der foregår følgende proces:



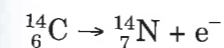
Med geigertælleren kan vi påvise, at almindeligt kaliumchlorid KCl er svagt radioaktivt, fordi en lille procentdel af kaliumatomerne består af kalium-40 atomer.



I butikkerne kan man købe forskellige former for salt, herunder noget, der betegnes som mere sundt end almindeligt salt. Almindeligt salt indeholder stort set kun NaCl, men nogle hævder, at for meget natriumchlorid ikke er godt, hvis man har tendens til højt blodtryk. I sundhedssaltet har man derfor udskiftet noget NaCl med KCl, således at indholdet typisk er: NaCl 50%, KCl 40%, MgSO<sub>4</sub> 10%. De, der køber sundhedssaltet, ved nok ikke, at dette salt er radioaktivt, hvad almindeligt natriumchlorid ikke er. Men man kan hævde, at den forøgede radioaktivitet, man udsættes for ved at spise "sundhedssaltet", er ganske minimal.

## Vi har også kulstof-14 i os

En ganske lille procentdel af det kulstof, som deltager i naturens kredsløb, består af den radioaktive kulstof-14 isotop, der som tidligere nævnt til stadighed dannes, når den kosmiske stråling rammer atmosfæren. Derfor indeholder både planter, dyr og mennesker radioaktivt kulstof-14. Så længe vi lever, omdannes der i en voksen person hvert sekund omkring 1500 kulstof-14 atomer, idet der foregår følgende proces:



Når vi dør, får vi ikke længere tilført kulstof fra atmosfæren ved indånding af luft. Derfor falder indholdet af kulstof-14 i tidens løb. Det samme sker med døde dyr og planter.

Da kulstof-14 har en halveringstid på 5730 år, har videnskaben hermed fået en praktisk metode i hænde til at datere arkæologiske fund.

Meget tyder på, at den atmosfæriske luft indhold af kulstof-14 har været næsten konstant i mindst 50000 år. Derfor vil en lille men ganske bestemt procentdel af alt levendes kulstof bestå af kulstof-14.

I det øjeblik en plante, et dyr eller et menneske dør, holder det op med at optage kulstof fra luften. Nu vil det radioaktive kulstof-indhold (kulstof-14) langsomt omdannes, mens der ikke sker noget med det normale kulstof-indhold (kulstof-12). Ved at bestemme forholdet mellem indholdet af kulstof-14 og kulstof-12 i det stof, der engang har været levende, kan man derfor finde ud af, hvor stor en del af kulstof-14 indholdet der er forsvundet. Hvis for eksempel kun halvdelen er tilbage, må der være gået 5730 år, siden stoffet holdt op med at optage kulstof fra luften. Er der kun en fjerdedel tilbage, må der være gået en halveringstid mere, så genstandens alder er 11 460 år, osv.



I 1972 fandt man denne usædvanligt velbevarede barnemumie, begravet sammen med et andet barn og 5 voksne i en klipperevne i Nordvestgrønland. En kulstof-14 datering ved hjælp af sælskind og menneskehud fra fundet viste, at begravelsen må have fundet sted omkring år 1460.