

7

# Radioaktive stoffer gør nytte

På denne virksomhed fremstilles isotopgeneratorer, som kan frembringe radioaktive isotoper med kort halveringstid. De er beregnet til hospitalsundersøgelser.

## Anvendelse af radioaktive stoffer

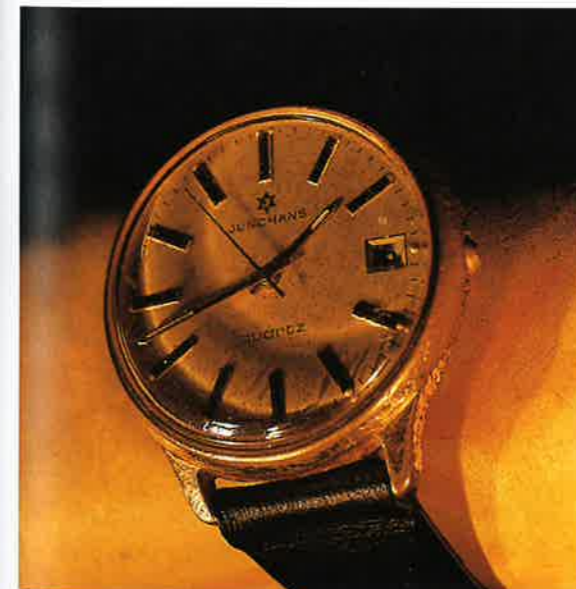
Radioaktive stoffer bruges mere og mere – ikke kun i industrien men også i vore nærmeste omgivelser. Her kan du se nogle eksempler:

Nogle exitskilte over udgangsdøre er gjort selvlysende ved hjælp af et radioaktivt stof, så de tydeligt kan ses – også i tilfælde af strømsvigt.



I flyvemaskiner bruger man radioaktivitet til at måle, hvor meget benzind er tilbage i benzintanken.

Tidligere indeholdt armbåndsure med selvlysende viserne ofte et radioaktivt stof, som var malet på viserne og tallene.



Ved hjælp af en radioaktiv isotop og et batteri er mange røgalarmer i danske hjem klar til at slå alarm, hvis der udbræder brand i huset.



## Røgalarmer

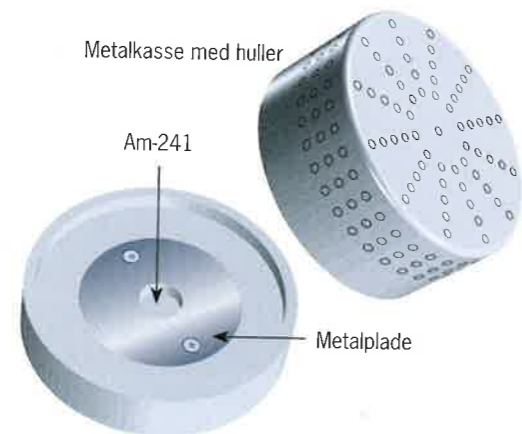
I mange hjem har man opsat røgalarmer. De indeholder den kunstigt fremstillede radioaktive isotop  $^{241}_{96}\text{Am}$ , også kaldet americium-241. Am-241 udsender alfapartikler og har en halveringstid på 460 år.

Der er så lidt af den radioaktive isotop i røgalarmen, at det er tilladt at smide den ud med almindeligt husaffald. Ikke desto mindre udsender det radioaktive stof i røgalarmen ca. 40 000 alfapartikler hvert sekund.

### Hvordan virker røgalarmen?

Den radioaktive isotop er anbragt inde i en metalkasse, der er perforeret, så luften kan komme derind. Batteriet i røgalarmen sender strøm gennem det luftmelletrum, der er mellem den positivt ladede metalkasse og den negativt ladede metalplade i bunden.

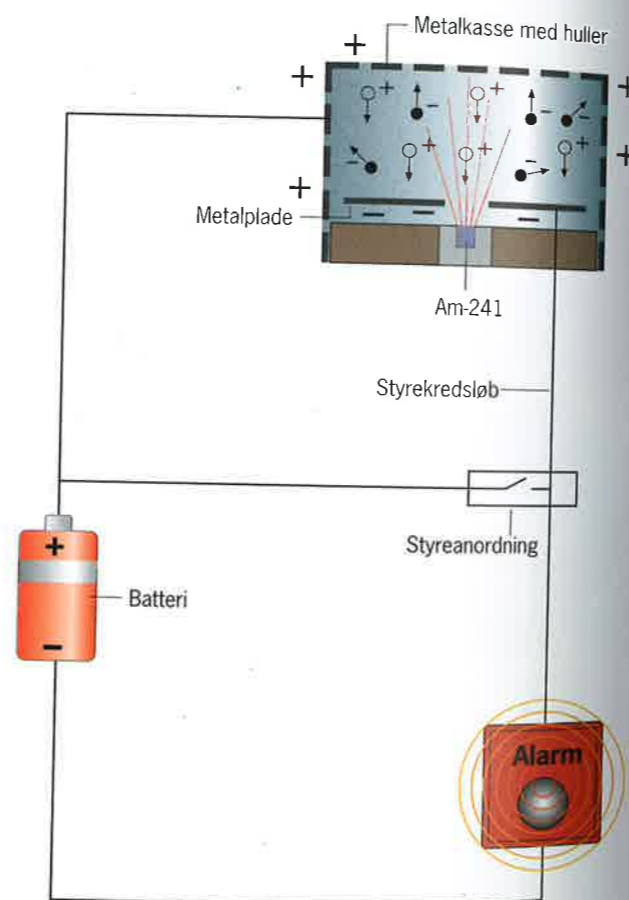
Normalt kan den elektriske strøm ikke gå gennem luft, men fordi de udsendte alfapartikler ioniserer luften – dvs. omdanner luftmolekyler til positive og negative ioner – kan der alligevel gå en svag strøm. De positive ioner tiltrækkes nemlig af den negative metalplade, og de negative ioner trækkes ud mod den positive metalkasse. Det giver en svag strøm i det såkaldte styrekredsløb til alarmen.



Røgalarmens metalkasse åbnet, så man kan se den radioaktive kilde.



Røgalarmer indeholder en radioaktiv isotop og et batteri. Den radioaktive isotop kan holde i tusind år, men det kan batteriet ikke. Det skal skiftes ca. en gang om året.



Når der kommer røg ind i røgalarmen, absorberer røgen alfapartiklerne. Det får den virkning, at ioniseringen af luften bliver mindre, hvorved strømstyrken falder. Det er dette fald i strømstyrken, der via en styreanordning starter alarmen.

## Når dåser skal fyldes op

Når tandpasta fyldes i tuber, når vaskepulver eller andet fyldes i pakker, og når læskedrikke fyldes i dåser, kan man ved brug af radioaktivitet sørge for, at der påfyldes den rigtige mængde. Det sker ved at måle styrken af den stråling, der passerer gennem dem.

På en fabrik, hvor man bruger radioaktivitet til at kontrollere påfyldning af dåser eller kartoner, er det ikke mennesker, der står og lytter til en geigertæller. En maskine sørger automatisk for at standse påfyldningen, hver gang tællertallet falder.

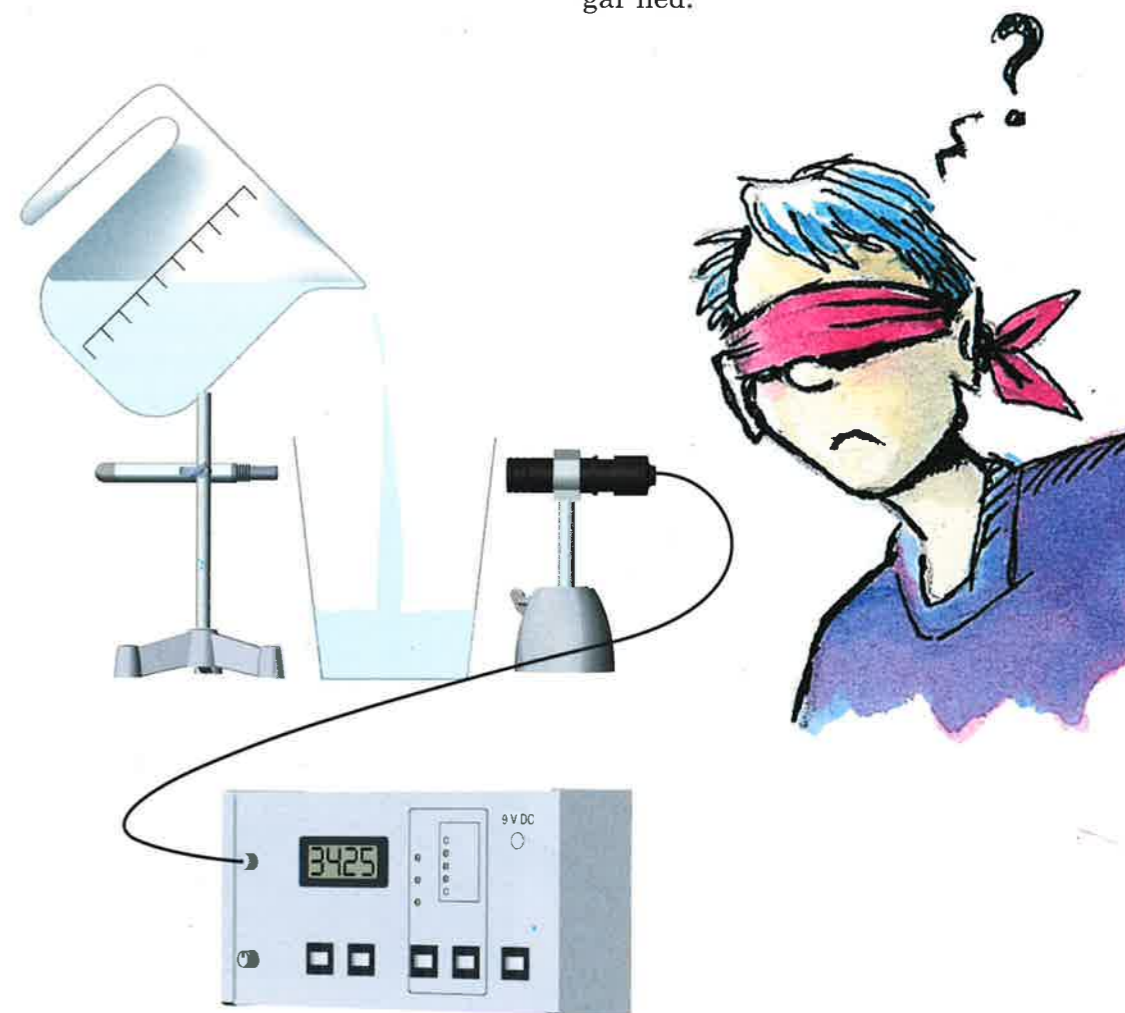
Hvordan man gør det, kan vi vise ved et forsøg.

### FÆLLESFORSØG

#### Påfyldningsforsøg

Vi anbringer betakilden og tællerrøret på hver sin side af den øverste del af et plastbæger og hører, at betastrålingen med lethed går gennem bægeret.

Læreren hælder nu langsomt vand i bægeret. En elev med bind for øjnene får til opgave at sige stop i samme øjeblik det kan høres, at tællertallet går ned.





## Papiret til denne bog er lavet ved hjælp af radioaktivitet

Ved automatisk styring kan man i industrien øge hastigheden og kvaliteten i produktionen. Ved fremstilling af papir og plastic kan man for eksempel ved hjælp af radioaktivitet kontrollere tykkelsen af produktet, mens maskinen kører. Herved undgår man at berøre materialet og stoppe produktionen.

Vi kan illustrere princippet ved et forsøg.

På avistrykkerier anvender man radioaktivitet til at kontrollere, at der ikke mangler en eller flere sektioner af avisen. Man kontrollerer, at tælle-tallene ikke varierer for meget, når de færdigpakkede aviser på et transportbånd passerer mellem en radioaktiv kilde og tælleren.



### FÆLLESFORSØG

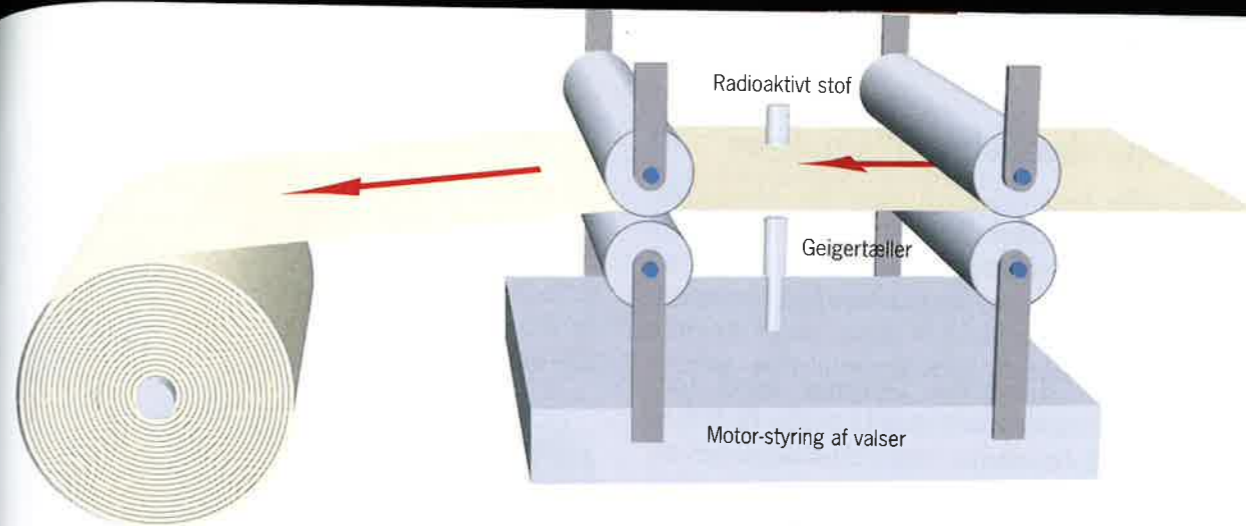
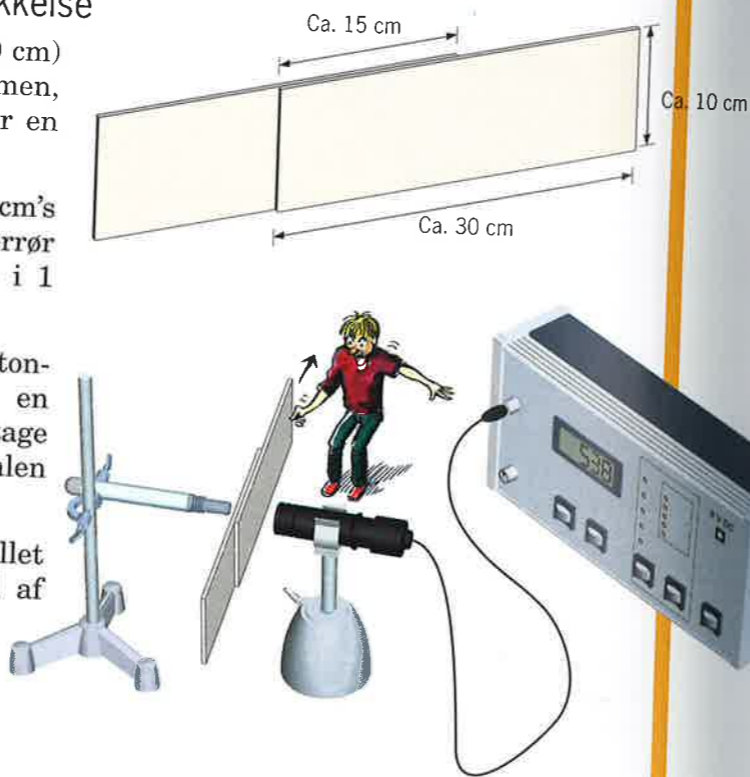
#### Vi kontrollerer kartontykkelse

To stykker karton (ca. 10 cm × 30 cm) af 3-4 mm's tykkelse limes sammen, som tegningen viser, så der bliver en overlappning på ca. 15 cm.

Vi anbringer betakilden i ca. 3 cm's afstand fra geigertælleren's tællerrør og indstiller tælleren til at tælle i 1 sekund ad gangen.

En elev trækker nu langsomt kartonstrimlen forbi betakilden, mens en anden elev bliver ved med at foretage tællinger på 1 sekund, mens strimlen glider forbi.

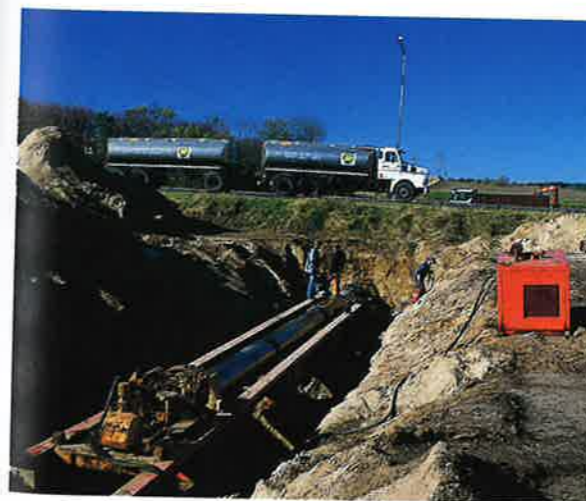
Vi ser og hører tydeligt, at tælle-tallet falder kraftigt, når den tykke del af strimlen passerer.



På en papirfabrik trykkes papiret fladt af store valser. Afstanden mellem valserne bestemmer, hvor tykt papiret bliver. Denne tegning viser, hvordan man ved hjælp af betastråling kan give papiret en bestemt tykkelse.

Hvis papiret er for tykt, kommer der for lidt stråling igennem. Det vil få motoren, der styres af signalet fra tælleren, til at mindske afstanden mellem valserne. Hvis papiret bliver for tyndt, kommer der for meget stråling igennem, og motoren vil nu flytte valserne lidt fra hinanden.

Ved fremstilling af stålplader bærer man sig ad på tilsvarende måde. Blot må man her anvende gammastråling, da betastråling ikke kan trænge gennem metal.

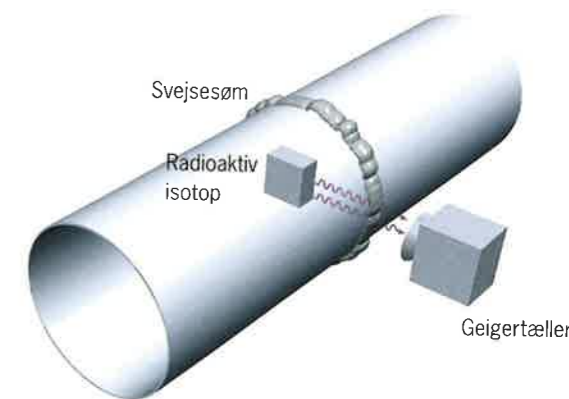


Her nedlægges rør til en naturgasledning. Det er vigtigt, at sammenføjningerne af rørene bliver fuldstændig tætte.

## Gammastråling kontrollerer svejsninger

Når man udlægger rør, der skal transportere olie og gas under stort tryk, for eksempel fra olie- og gasfelterne i Nordsøen og ind til Jylland, er det uhyre vigtigt, at sammensvejsningerne er tætte. De skal også være virkelig holdbare, dvs. der må ikke være tynde steder i svejsesømmene eller luftbobler i sammensvejsningerne.

Sådanne sammensvejsninger af metal kan man kontrollere ved hjælp af en lille gammakilde, som føres ind i røret:



Uden for røret anbringer man en geigertæller, eller man lægger en film, som kan påvirkes af gammastråling, rundt om røret. De dårlige steder i sammensvejsningen afsløres da ved, at der kommer mere stråling igennem.



## Fra Storebæltsbro til kloakrør

Ved store broprojekter, som for eksempel bygningen af Storebælts- og Øresundsbroen, eller ved bygning af høfder og diger, er det vigtigt, at man ikke ødelægger havmiljøet.

Her kan radioaktive isotoper med forholdsvis kort halveringstid (nogle få timer eller dage) anvendes ved undersøgelser af, hvordan strømningerne i vandet eller bundforholdene påvirkes af byggeriet.

Man blander simpelthen det radioaktive stof ind i bundmaterialet. Med moderne måleudstyr kan man herefter følge, hvordan bundmaterialet forskydes på grund af strømningerne i vandet, og hvordan havbunden ændrer form. Derved bliver man blandt andet bedre i stand til at give for eksempel bropiller den bedste udformning.

Radioaktive isotoper, der på denne måde anvendes til at spore, hvor de og andre stoffer bevæger sig hen, kalder man *sporstoffer*.

Når man bygger store broer, som for eksempel Storebæltsbroen, kan man registrere ændringer i bundforholdene ved hjælp af radioaktive sporstoffer.



Ved at bruge radioaktive sporstoffer kan man finde utætheder i nedgravede rør.

Radioaktive sporstoffer kan også bruges til at finde huller i en nedgravet rørledning. Tidligere måtte man ofte grave flere kilometer rørledning op, før man fandt utætheden. I dag kan man nøjes med at lade et radioaktivt sporstof følge med strømmen gennem røret. Hvor der sker en udsvivning, vil man kunne måle, at jorden bliver svagt radioaktiv.

## Læger bruger også sporstoffer

Når lægerne på et hospital skal finde ud af, hvad en patient fejler, kan de i mange tilfælde bruge radioaktive sporstoffer. Hvis du for eksempel skal have undersøgt dine lungers funktion, kan du blive bedt om at indånde den radioaktive luftart xenon-133 ( $^{133}_{54}\text{Xe}$ ).



Xenon er en helt uskadelig luftart, der findes i små mængder i den atmosfæriske luft i form af ikke-radioaktive isotoper. Isotopen xenon-133 har nøjagtig de samme kemiske egenskaber, men er derudover radioaktiv med en halveringstid på 5 dage.

Efter at du har indåndet det radioaktive xenon, tager lægerne et billede af lungerne, idet de lader gammastrålingen fra den radioaktive luft i lungerne påvirke en fotografisk film.

De steder, hvor et sådant lungefoto viser, at strålingen er stor, er tegn på god lungefunktion (der er optaget meget luft). De steder hvor strålingen er lille, fungerer lungerne dårligt. Kort tid efter undersøgelsen har man udåndet alt det radioaktive xenon igen. Derfor bliver man kun udsat for bestråling i ganske kort tid.

På tilsvarende måde kan man undersøge, om begge et menneskes nyrer fungerer tilfredsstillende. Lidt radioaktivt iod-131, som har en halveringstid på 8 dage, sprøjtes ind i en blodåre. Derefter måler man,

hvor meget stråling der kommer fra hver nyre i de næste 20 minutter.

I løbet af 5 minutter skal en normalt fungerende nyre kunne udtrække alle iod-atomerne fra blodet, og efter ca. 20 minutter skal de igen være udskilt fra nyren med urinen, som løber ned til urinblæren.

Tegningen her viser resultatet af en sådan undersøgelse. Hvilken af de to nyrer, den højre eller venstre, fungerer dårligt?

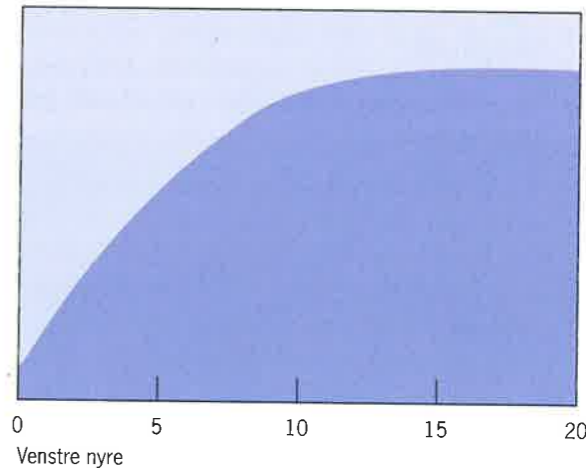
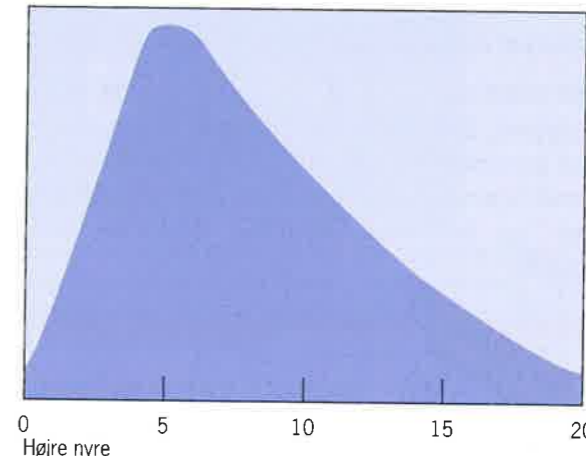


Diagram over strålingen fra venstre og højre nyre i de første 20 minutter efter, at en patient har fået indsprøjet radioaktivt iod-131. Hvilken nyre fungerer dårligt?

På tilsvarende måde kan man undersøge andre organer, for eksempel lever og hjerte. Men man skal naturligvis sørge for, at patienten får så svag og så kortvarig bestråling som muligt, så det omgivende væv ikke tager skade.



## Hvor farlig er ioniserende stråling for os?

Vi har set, at radioaktive sporstoffer er til stor nytte i lægevidenskaben. Men de skal bruges med forsigtighed. Det er for eksempel vigtigt at vide, hvilken slags stråling, de anvendte isotoper udsender. For de forskellige typer af stråling er ikke lige farlige.

Man kunne tro, at gammastråling er den farligste, da den er mest gennemtrængende. Men det gælder kun, hvis strålingen rammer kroppen *udefra*.

Får man derimod et radioaktivt stof *ind* i kroppen, kan alfastråling gøre mere skade end gammastråling, netop fordi alfapartiklerne trænger direkte ind i det omgivende væv og bremses, hvorved cellerne ødelægges.

### FÆLLESFORSØG

#### Når organisk væv rammes af stråling

Som væv vil vi i dette forsøg anvende kødpålæg.

Vi anbringer alfakilden ca.  $\frac{1}{2}$  cm fra tellerrøret.

Vi holder derefter en skive kødpålæg, for eksempel rullepølse, spegepølse eller hamburgerryg, ind mellem alfakilden og tellerrøret. Tælleren bliver næsten tavs som tegn på, at alfapartiklerne er opfanget af kødet.

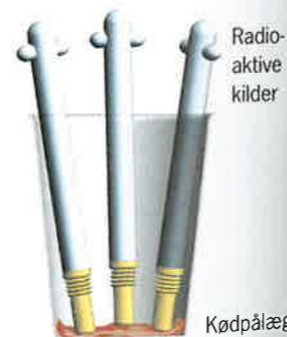
Derefter prøver vi det samme, først med betakilden og derefter med gammakilden. De kan begge placeres ca. 5 cm fra tellerrøret på grund af deres større rækkevidde i luft. Vi ser, at der skal bruges flere eller tykkere skiver kød for at opfange alle betapartiklerne, mens kun en mindre del af gammastrålingen bremses af selv tykke skiver kødpålæg.



Til sidst anbringer vi en skive kødpålæg i bunden af et plastbæger og sætter de tre radioaktive kilder direkte oven på kødet, så kødet udsættes for så kraftig radioaktiv bestråling som muligt.

(NB. For at beskytte kilderne mod at blive fedtede kan der vikles en stump ganske tynd husholdningsfilm om enden af hver kilde.)

Bægeret sættes til side, så kødet på denne måde bliver bestrålet i et par dage. Vi skal bruge kødet i næste fællesforsøg (side 91).



Forsøget viser, at alfastråling og til dels betastråling opfanges af organisk væv. Hvis det er levende væv, der er tale om, kan vævet tage skade af det.

Det meste af gammastrålingen går derimod igennem vævet uden at bremses. Kun den lille del af gammastrålingen, der bremses, forvolder skade på vævet.

Når alfa- og betastråling ikke er så farlig, hvis den rammer kroppen udefra, skyldes det, at huden stopper meget af strålingen, før den når ind til livsvigtige organer.

På hospitalerne anvender man hovedsageligt sporstoffer, som udsender gammastråling. Det gælder for eksempel både xenon-133, der anvendes ved lungeundersøgelser, og technetium-99 ( $^{99}_{43}\text{Tc}$ ), som er et af de mest brugte sporstoffer.

Technetium findes ikke naturligt på Jorden, men er et kunstigt fremstillet grundstof. Technetium-99 atomerne udsender gammastråling, men ingen alfa- eller betapartikler. Samtidig har stoffet en halveringstid på kun 6 timer, så strålingen hurtigt forsvinder igen.

### Opgave

En patient har fået en indsprøjtning med det radioaktive stof technetium-99. Hvor stor en brøkdel af stoffet er der tilbage i kroppen efter et døgn?

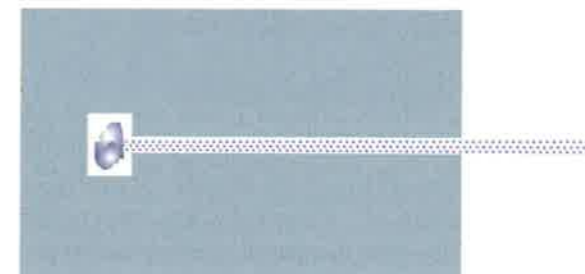
### Radioaktivitet i kampen mod kræft

I sygdomsbekæmpelsen er der situationer, hvor man netop er interesseret i, at strålingen skal gøre størst mulig skade.

Kræft, som er en af de mest frygtede sygdomme i vore dage, viser sig ofte på den måde, at nogle celler af en eller anden grund begynder at formere sig, så der dannes svulster, som vokser og bliver større. Samtidig vil kræften ofte brede sig til det omgivende væv og til livsvigtige organer,

og det kan efter kortere eller længere tids sygdom medføre, at patienten dør.

En kræftsvulst kan fjernes ved operation, men den kan også slås ihjel ved en kraftig bestråling fra et radioaktivt stof. Hertil bruger man ofte den radioaktive isotop cobalt-60 ( $^{60}_{27}\text{Co}$ ), som anbringes i en afskærmet beholder, så der kun kommer stråling ud gennem en tynd kanal.



Cobalt-kanon til behandling af kræft. Det radioaktive cobalt-60 opbevares inde i en tyk blybeholder med en smal åbning. Herigennem slipper kraftig gammastråling ud. Åbningen rettes mod kræftknuden på patienten.

Denne såkaldte „cobaltkanon“ kan så drejes rundt om patienten på en sådan måde, at svulsten hele tiden rammes af stråling, mens det omgivende væv ikke får ret meget, fordi strålingen hele tiden kommer ind fra forskellige vinkler.



Cobalt-kanonen kan drejes rundt om patienten, så gammastrålingen rammer kræftknuden fra forskellige vinkler. Derved får kræftknuden stråling hele tiden, mens det omgivende væv ikke får ret meget stråling.



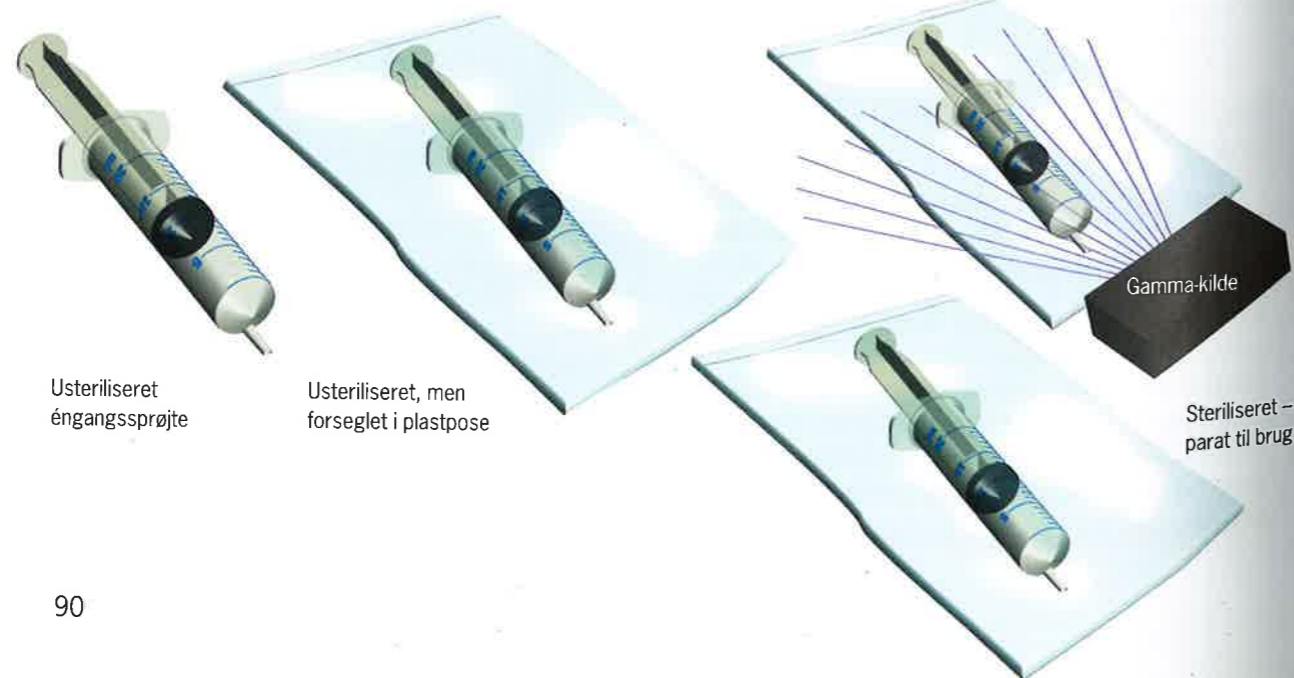
I vore dage, hvor man med moderne computerteknik er i stand til at lokalisere en svulst meget nøjagtigt, kan man ofte anvende en endnu bedre metode. Man anbringer simpelthen med stor præcision en ganske lille radioaktiv kilde inde i kræftsvulsten, som herved modtager en kraftig bestråling, medens det omgivende væv ikke modtager ret meget.

### Sterilisering af medicin og instrumenter

Radioaktivt cobalt bruges i dag også til at sterilisere medicin, kirurgiske instrumenter, injektionssprøjter og andet hospitalsudstyr. Medicin skal være fri for bakterier og andre mikroorganismer, inden det sælges. Det samme gælder de injektionssprøjter og andre redskaber, som læger og sygeplejersker anvender.

Tidligere slog man bakterier ihjel ved en passende opvarmning – ligesom når man pasteuriserer mælk. Men der er medicin, der ikke tåler opvarmning, for eksempel penicillin. Medicinen pakkes derfor ind i salgsemballagen, hvorefter hele pakningen bestråles med gammastråling.

På samme måde steriliseres injektionssprøjter og kirurgiske instrumenter. Tingene pakkes først i forseglede plasticposer,



før de udsættes for kraftig gammastråling. Derved kan de holde sig sterile, indtil pakningen åbnes.

### Bestråling af fødevarer

På samme måde, som man steriliserer hospitalsudstyr, kan gammastråling også bruges til at slå bakterier, svampe og insekter i madvarer ihjel. Disse organismer lever på og af fødevarerne og får dem til at nedbrydes hurtigt. Ved at slå skadedyrene ihjel forlænger man den tid, som maden kan holde sig, og det er ikke nødvendigt at smide så meget mad væk. I for eksempel Miami i Florida, hvor det kan blive meget varmt, sælges der mere bestrålet frugt end ubehandlet frugt.



Et jordbær, som har været udsat for gammastråling, kan holde sig friskt og velsmagende i lang tid, mens et ubehandlet bær allerede efter få uger bliver råddent og muggent.

Siden december 1997 er det nu også blevet tilladt at bestråle okse-, svine- og lamme-kød i USA. Det skete efter, at man mange steder i fødevarer havde fundet meget farlige bakterier, som ville være blevet uskadeliggjort ved bestråling. Blandt andet fandt man den dødelige E coli-bakterie i et parti oksekød på over 1000 kg, som skulle have været anvendt af en burgerkæde.

### Hvad sker der med bestrålet mad?

Man har lavet mange forsøg for at se, hvad der sker med mad ved bestråling. Her vil vi undersøge, om kødpålæg, som udsættes for stråling fra de radioaktive risøtkilder, selv bliver radioaktivt.



Siden 1975 har al mad, som de russiske og de amerikanske astronauter har haft med op i rummet, været bestrålet. Her forsøger astronaut Michael Baker ombord på rumfærgen Atlantis i august 1991 at fange en sandwich med munden, mens en pose limonade med sugerør svæver rundt til højre for hans hoved.

### FÆLLESFORSØG

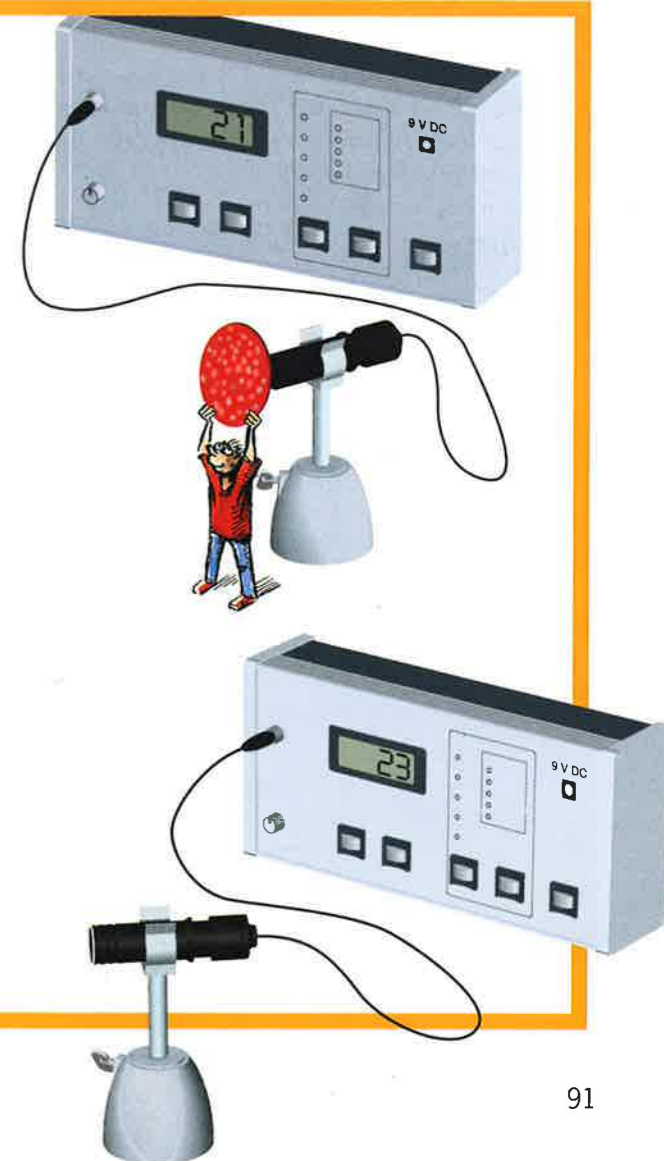
#### Bliver bestrålet kød selv radioaktivt?

I fællesforsøget på side 88 anbragte vi til sidst en skive kødpålæg sammen med de radioaktive kilder, så pålægget kunne blive bestrålet i flere dage. Vi vil nu undersøge, om kødet er blevet radioaktivt af denne bestråling.

Vi fjerner de radioaktive kilder og anbringer kødpålægget tæt foran tæller-røret. Vi foretager 5 målinger på hver 1 minut – og beregner gennemsnittet.

Derefter fjerner vi kødpålægget og foretager 5 målinger igen – således at vi blot måler baggrundsstrålingen – og beregner gennemsnittet.

Vi ser, at der praktisk taget ikke er nogen forskel på det gennemsnitlige antal tællinger pr. minut med kød og uden kød.



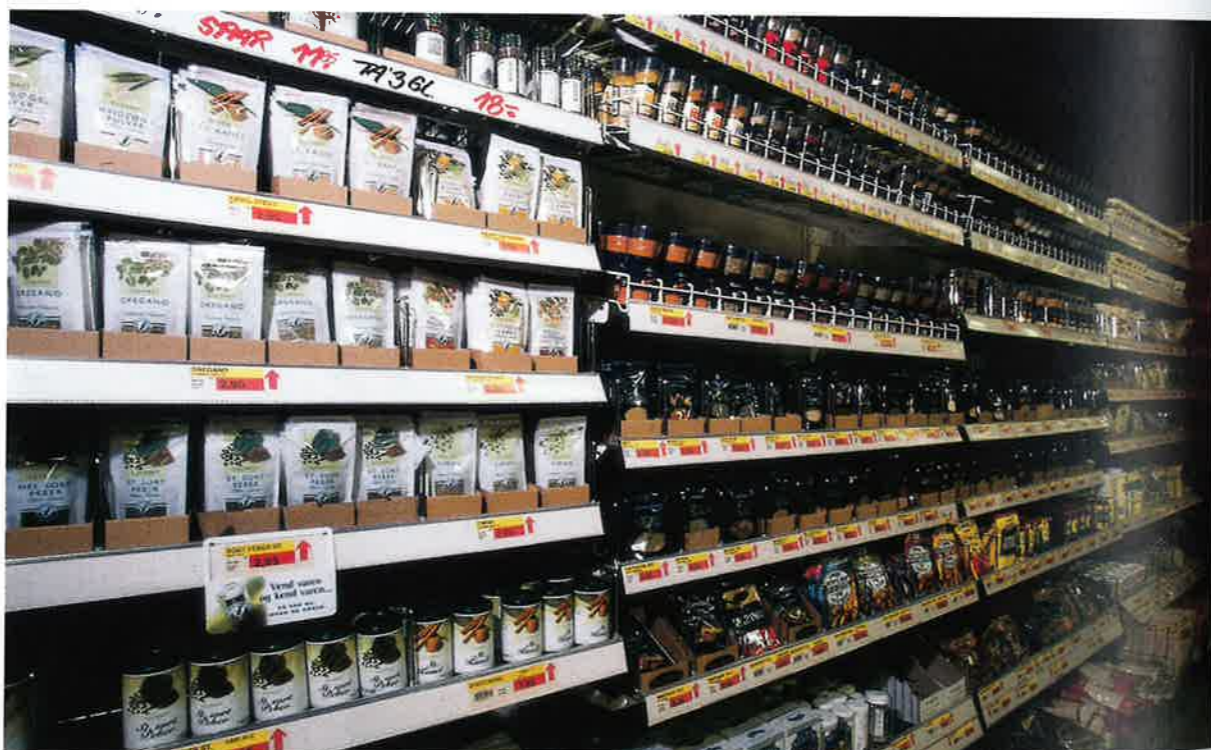


Omhyggelige undersøgelser har vist, at fødevarer ikke bliver radioaktive, når de bestråles, og at der ikke ved bestrålingen dannes giftige stoffer i fødevarerne.

Der kan dog være andre uønskede bivirkninger ved bestrålingen. Blandt andet vil der ofte ske et mindre tab af fødevarernes indhold af vitaminer. Eksempelvis vil der tabes op til 15% af C-vitaminet i kartofler ved en bestråling, som hindrer dem i at spire. Ernæringseksperter mener dog ikke, at bestråling vil give anledning til ernæringsmæssige problemer.

Ved bestråling af kød må man anvende en meget kraftig bestråling, hvis man vil slå alle sygdomsfremkaldende bakterier ihjel. Herved kan man komme til at ødelægge nogle af smagsstofferne i kødet, så det kommer til at smage branket eller harsk.

Nogle fødevarer egner sig i øvrigt ikke til bestråling. Det gælder for eksempel tomater, som bestrålingen gør bløde, og fiskekød kan blive for mørkt.



I Danmark er krydderier og tørrede krydderurter de eneste madvarer, som det er tilladt at bestråle. Emballagen skal i så fald være mærket med betegnelsen "Udsat for ioniserende stråling".

## Må man bestråle fødevarer i Danmark?

Mange mennesker føler sig utrygge ved at skulle spise bestrålede fødevarer. I Danmark er det ikke tilladt at bestråle levnedsmidler. Dog kan levnedsmiddelstyrelsen efter ansøgning give tilladelse til bestråling af visse varer, som så skal mærkes med betegnelsen "Udsat for ioniserende stråling". Der er foreløbig kun givet tilladelse til at bestråle krydderier og tørrede krydderurter.

Når man har tilladt bestråling af krydderier, skyldes det, at krydderier ofte indeholder mange smådyr og mikroorganismer, der kan være sundhedsskadelige. Man kan ikke rense krydderier ved opvarmning, for så taber de smagen og duften. Ved bestråling slås de uønskede organismer ihjel samtidig med, at krydderierne bevarer deres duft og smag.

Flere EU-lande er på linie med Danmark, men i mange andre lande har man givet tilladelse til bestråling af fødevarer. I 1992 var der således 24 lande, der havde opført anlæg til bestråling af fødevarer. Hvorvidt det også på et eller andet tidspunkt vil ske i Danmark, er et politisk spørgsmål, som I måske skal være med til at afgøre.

I kan eventuelt diskutere det i klassen og foretage en afstemning. Her er nogle argumenter, som man har anvendt for og imod:



**Undervisningsprogram 4**

### Stråling

Ved at løse teoriopgaverne i undervisningsprogram 4 i arbejdshæftet får du repeteret noget af det, du har arbejdet med i kapitel 6 og 7. Du må gerne bruge lærebogen som opslagsbog under løsningen af opgaverne.



**Tip trettien 3**

Du kan få et indtryk af, hvor meget du husker fra kapitel 6 og 7 ved at udfylde tipskupon nr. 3 i arbejdshæftet. De tilhørende opgaver kan din lærer give dig.