



STRÅLINGSGUIDEN
Ioniserende stråling

2013

Strålingsguiden – ioniserende stråling

© Sundhedsstyrelsen, 2012. Publikationen kan frit refereres med tydelig kildeangivelse.

Sundhedsstyrelsen
Axel Heides Gade 1
2300 København S

URL: <http://www.sst.dk>

Emneord: ioniserende stråling, stråleskader, radon, kosmisk stråling, naturlig stråling

Sprog: Dansk

Kategori: Faglig rådgivning

Version: 2.0

Versionsdato: 30. januar 2013

Format: pdf

Foto/illustrationer: National Science Foundation, Washington Post, Rigshospitalet, LG Electronics, Jesper Grønne, Peter Olesen Hove, Solamagic, Clker, Erhvervs- og byggestyrelsen, Berlingske Business, Jydske Vestkysten, Comtool, Statens Institut for Strålebeskyttelse.

Elektronisk ISBN: 978-87-7104-479-9

Udgivet af Sundhedsstyrelsen, december 2012.

For spørgsmål om udgivelsen:

Statens Institut for Strålebeskyttelse
Knapholm 7
2730 Herlev

sis@sis.dk

Indhold

Hvad er stråling?	4
Hvordan påvirker stråling kroppen?	5
Hvor kommer stråling fra?	6
Radon	8
Jordskorpen	9
Kosmisk stråling	10
Fødevarer	11
Medicinske undersøgelser	12
Andre anvendelser af menneskeskabt stråling	14
Myndigheder og lovgivning	15

Hvad er stråling?

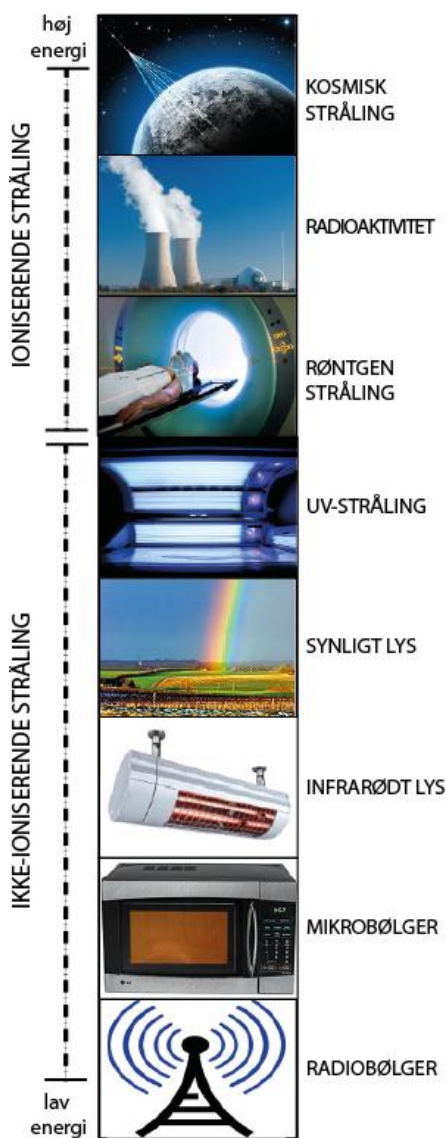
Stråling er overførsel af energi. Stråling kan være naturlig eller kunstigt frembragt. Nogle typer stråling - som varme og synligt lys - kan vi opfatte med vores sanser. De fleste typer stråling kan vi ikke mærke, det gælder blandt andet røntgenstråling og stråling fra radioaktive stoffer.

Som det ses i figur 1, forekommer stråling med forskellig energi. Jo højere energi, jo mere kan strålingen påvirke det materiale, den rammer. Nogle typer stråling er så energirige, at de kan løsrive elektroner fra atomer og molekyler og dermed ændre de kemiske egenskaber. Hvis det sker i en levende celle, kan det føre til skader blandt andet på cellens arvemateriale. Stråling med sådanne egenskaber kaldes ioniserende stråling.

Kosmisk stråling fra verdensrummet, røntgenstråling og stråling fra radioaktive stoffer er ioniserende stråling.

Synligt lys og stråling fra mobiltelefoner, mikrobølgeovne og lignende er ikke så energirig, at strålingen kan løsrive elektroner fra atomer og molekyler. Disse typer stråling kaldes ikke-ioniserende stråling.

Dette hæfte omhandler udelukkende ioniserende stråling, som i resten af hæftet vil blive omtalt som ”stråling”.



Figur 1. Eksempler på ioniserende og ikke-ioniserende stråling

Hvordan påvirker stråling kroppen?

Mennesker udsættes konstant for stråling. Når cellerne i kroppen rammes af stråling, afsættes der energi i cellerne, og det fører til skader. Skader i cellerne opstår konstant, men kroppen er meget effektiv til at reparere dem. Der er dog skader, der ikke bliver repareret. Det kan føre til permanente forandringer i cellerne eller til celledød. Disse typer skader kaldes henholdsvis senskader og akutte skader.

Senskader

Senskader er kræft eller genetiske skader i næste generation. Selv meget små doser kan give senskader. Skaderne skyldes forandringer i cellernes arvemateriale.

Kræft kan opstå i de organer, som er blevet bestrålet. Kræftformer som eksempelvis leukæmi og lungekræft kan opstå som følge af bestråling af henholdsvis knoglemarv og lungevæv. Kræften kan være mange år om at udvikle sig.

Dyreforsøg viser, at bestråling af kønsorganer udover at kunne medføre kræft i kønsorganerne også kan forårsage genetiske skader i næste generation. Dette er aldrig blevet eftervist for mennesker, men det antages, at stråleudsættelse af kønsorganerne indebærer en meget lille risiko for arvelige genetiske skader.

Akutte skader

Akutte skader er svigt af organer eller væv som følge af celledød. Dosis skal over kort tid overskride en vis grænse, før akutte skader kan opstå. De akutte skader opstår, når kroppen ikke kan nå at danne nye celler til erstatning for de døde. Et eksempel på en akut skade er forbrænding af huden. Meget store doser kan medføre symptomer som kvalme, opkastninger og blødning fra mave og tarm og kan i værste fald være dødelige.

Enheder

Strålingens biologiske virkning (dosis) udtrykkes i enheden Sievert (Sv). De doser, mennesker udsættes for, er normalt meget små og angives i enheden millisievert (mSv).

$$1 \text{ mSv} = 0,001 \text{ Sv}$$

Risiko for kræft

Hvis 100.000 personer hver udsættes for en dosis på 1 mSv, kan det forventes, at 5 af dem udvikler en dødelig kræftsygdom senere i livet.

Dette skal ses i sammenhæng med, at ca. 30.000 af disse personer vil dø af kræft af andre årsager. En ekstra dosis på 1 mSv pr. person vil derfor øge kræftdødeligheden i gruppen fra 30.000 til 30.005 dødsfald..

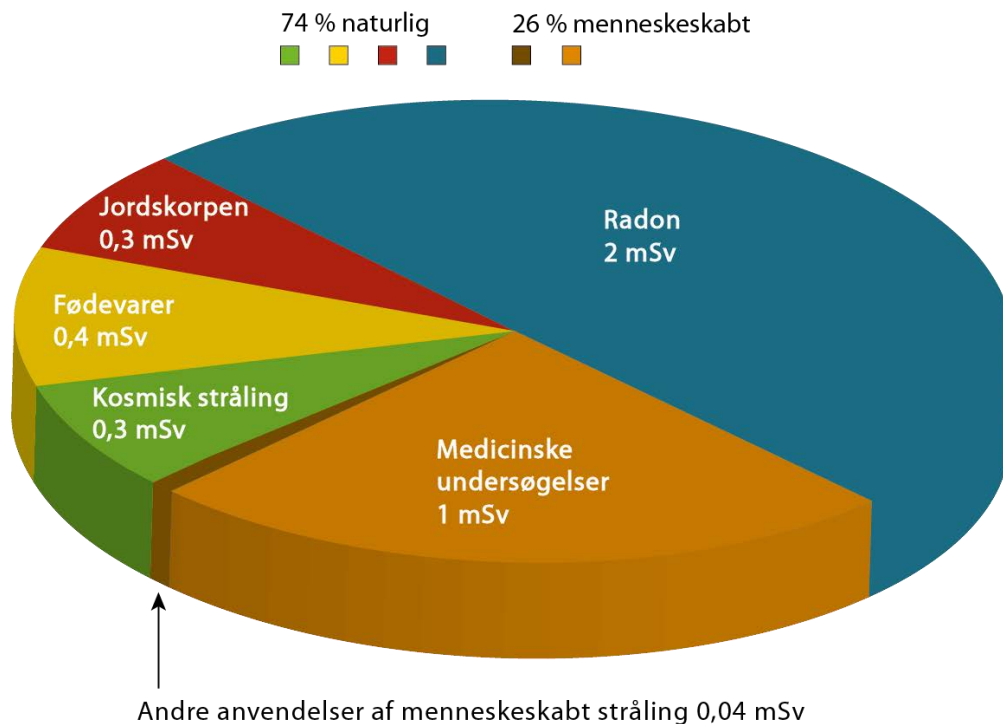
Meget store doser

Ved en dosis på 4 Sv over kort tid er risikoen for at dø af stråleudsættelsen omkring 50 %. En dosis på over 10 Sv er næsten altid dødelig.

Doser, der medfører alvorlige akutte skader og eventuelt dødsfald, er meget sjældne og er hovedsagligt forekommet i forbindelse med brug af atomvåben og ved alvorlige ulykker i forbindelse med erhvervsmæssig brug af radioaktive stoffer.

Hvor kommer stråling fra?

Omkring 74 % af den stråling, indbyggerne i Danmark udsættes for, er af naturlig oprindelse og 26 % er menneskeskabt. På figur 2 ses de gennemsnitlige doser en indbygger i Danmark modtager om året fra naturlig og menneskeskabt stråling.



Doser fra naturlig stråling stammer fra:

- Radon, en radioaktiv gas, der dannes i jordskorpen. Gennemsnitligt modtager en indbygger i Danmark en årlig dosis på omkring 2 mSv fra radon.
- Jordskorpens indhold af andre radioaktive stoffer. Gennemsnitligt modtager en indbygger i Danmark en årlig dosis på omkring 0,3 mSv fra radioaktive stoffer i jordskorpen udover radon.
- Fødevarers indhold af radioaktive stoffer. Gennemsnitligt modtager en indbygger i Danmark en årlig dosis på omkring 0,4 mSv fra fødevarer.
- Kosmisk stråling fra solen og vores galakse. Gennemsnitligt modtager en indbygger i Danmark en årlig dosis på omkring 0,3 mSv fra den kosmiske stråling.

Doser fra menneskeskabt stråling stammer fra:

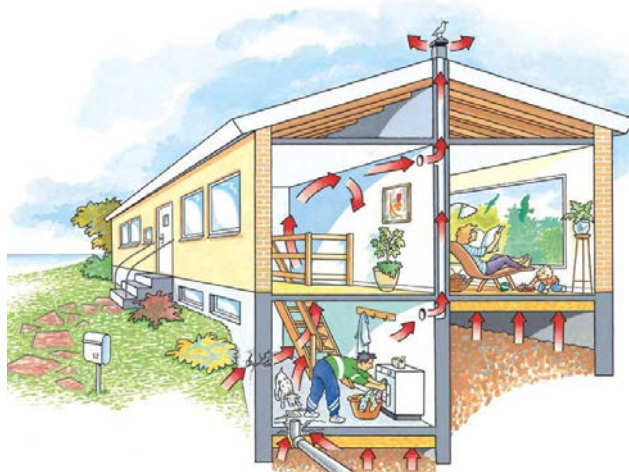
- Brugen af røntgenstråling og radioaktive stoffer til medicinske undersøgelser. Gennemsnitligt modtager en indbygger i Danmark en årlig dosis på omkring 1 mSv fra medicinske undersøgelser.
- Andre anvendelser af menneskeskabt stråling. Gennemsnitligt modtager en indbygger i Danmark en årlig dosis på omkring 0,04 mSv fra andre anvendelser af menneskeskabt stråling.

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 4 mSv om året fra naturlig og menneskeskabt stråling

I de næste kapitler beskrives nærmere, hvor den naturlige og menneskeskabte stråling kommer fra, og hvordan strålingen giver doser til befolkningen.

Radon

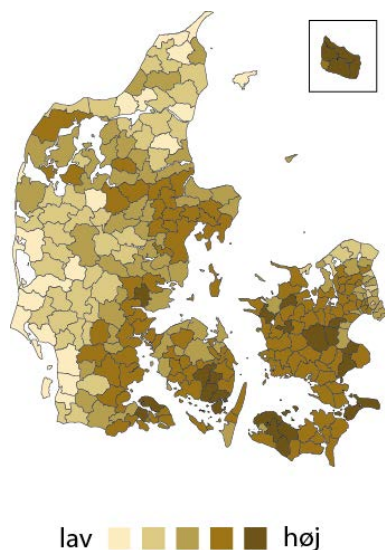
Radon er en radioaktiv gas, som dannes i jordskorpen. Radon siver fra jordskorpen ud i luften. Radon omdannes under udsendelse af stråling til andre radioaktive stoffer. Når disse stoffer indåndes med luften, sætter de sig i lungevævet og øger dermed risikoen for at udvikle lungekræft. Det anslås, at radon er årsag til omkring 9 % af alle lungekræfttilfælde i Danmark svarende til 300 tilfælde pr. år. Lungekræften er typisk 10-40 år om at udvikle sig. Risikoen for at udvikle lungekræft på grund af radon er omkring 25 gange større for rygere end for ikke-rygere.



Figur 3. Radon kan trænge ind i bygninger langs utætheder i fundamenter og langs rørføringer

Radon koncentrerer sig i bygninger, hvor det trænger ind via utætheder i fundamenter og gulvkonstruktioner. Radonniveauet er normalt højest i kælder- og stueplan, hvor der er direkte kontakt mellem gulv og jord, og radonniveauet er derfor generelt højere i enfamiliehuse og rækkehuse end i etageejendomme.

Radonniveauet er meget afhængigt af, hvor i landet man bor, idet der er stor forskel på jordbundens radonindhold i de forskellige landsdele. På figur 4 ses en vurdering af radonniveauet i enfamiliehuse i danske kommuner. Radonniveauet er lavest på sandede jorde som i Vest- og Nordjylland. De højeste niveauer findes på klippeøen Bornholm.



Figur 4. Vurderet radonniveau i danske kommuner. Farven viser hyppigheden af huse med et radonindhold over gennemsnittet

Mere information om radon

Der er udgivet en radonguide, som indeholder information om radon, om måling af radonniveauet, og om hvordan radon i boligen undgås. Radonguiden findes på www.sis.dk eller www.radonguiden.dk.

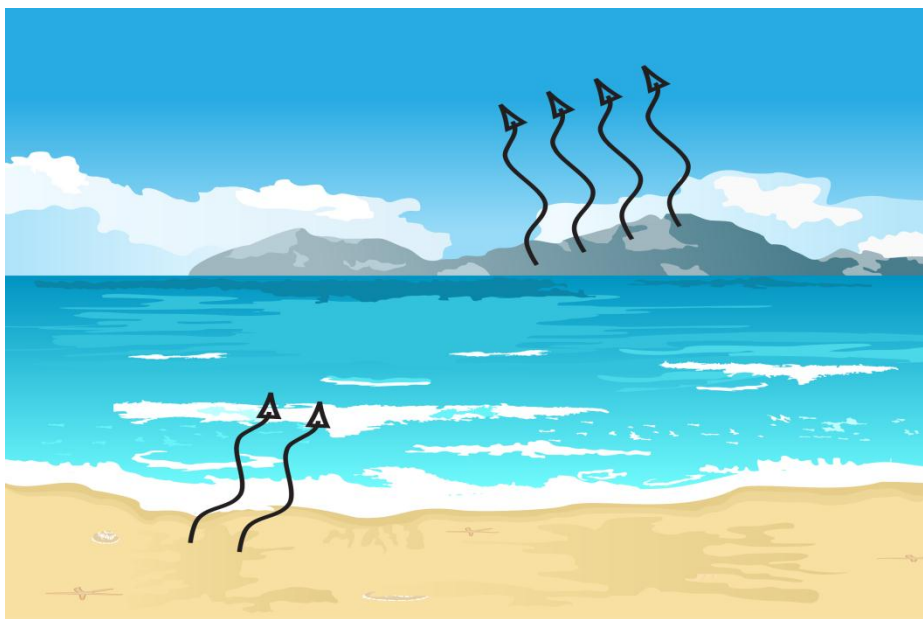
På grund af geologiske forhold samt forskelle i boligens konstruktioner, luftskifte mv., ligger de årlige doser fra radon til indbyggere i Danmark i intervallet fra ca. 0,5 til 8 mSv og i enkelte tilfælde højere.

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 2 mSv om året fra radon

Jordskorpen

Jordskorpen indeholder udover radon små mængder af andre radioaktive stoffer. Disse radioaktive stoffer var til stede, da jorden blev dannet, og de bidrager stadig til stråleudsættelsen af mennesker.

Indholdet af radioaktive stoffer afhænger af jordskorpens sammensætning. Mængden af radioaktive stoffer er fx større i klipper end i sand. Det betyder, at indbyggere på klippeøen Bornholm er udsat for mere stråling fra jordskorpen end indbyggere i Vestjylland, hvor underlaget hovedsagligt består af sand.



Figur 5.
Strålingsniveauet
afhænger af jord-
skorpens sammen-
sætning

Mursten, beton og andre byggematerialer er fremstillet af råstoffer fra jordskorpen og indeholder derfor også radioaktive stoffer. Bygninger, veje mv. bidrager således også til stråleudsættelsen af befolkningen.

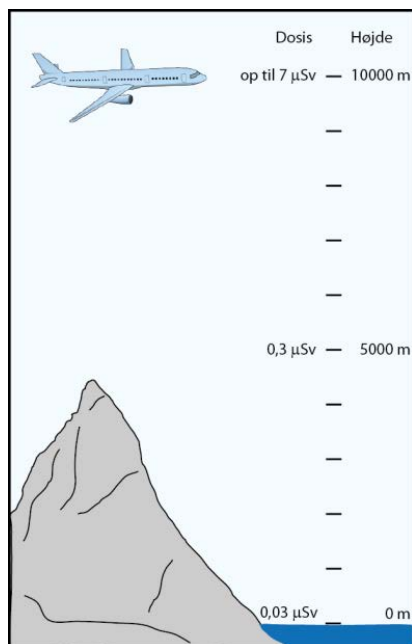
Jordskorpens indhold af radioaktive stoffer er lavt og medfører kun beskedne doser til befolkningen. Imidlertid kan udvinding af råstoffer, fx kul og olie, føre til, at radioaktive stoffer koncentrerer. Det kan føre til stråleudsættelse af personer, der arbejder inden for sådanne erhverv.

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 0,3 mSv om året fra jordskorpen

Kosmisk stråling

Kosmisk stråling er meget gennemtrængende stråling, som hovedsaglig stammer fra solen og vores galakse. Jordens atmosfære svækker den kosmiske stråling. På figur 6 kan ses, hvordan den kosmiske stråling afhænger af højden over havoverfladen. På toppen af de højeste bjerge i alperne, i ca. 5000 meters højde, er den kosmiske stråling omtrent 10 gange større end ved havoverfladen. Den kosmiske stråling er praktisk taget ens overalt i Danmark, da højdeforskellene er små.

Jordens magnetfelt afbøjer strålingen og medfører, at den kosmiske stråling er mindre intens ved ækvator end ved polerne. Intensiteten af den kosmiske stråling er afhængig af solpletaktiviteten. Jo større solpletaktivitet, jo mere intens er den kosmiske stråling.



Figur 6.
Doser ved 1 times ophold i forskellige højder over havet (1 µSv = 0,001 mSv)

Doser ved flyvning

I flyvehøjder på 10 til 12 km kan intensiteten af den kosmiske stråling være flere hundrede gange større end ved havoverfladen. Tabel 1 viser typiske doser for flyruter. Bemærk at dosis er større for ruter nær polerne end ruter tæt på ækvator.

Flyverute	Flyvetid (timer)	Typisk dosis (mSv)
København - London	2	0,01
København - New York*	7	0,05
København - Cairo**	5	0,02
København - Tokyo*	12	0,06
København - Bangkok**	11	0,04

Tabel 1.
Typiske doser for flyvninger fra København

* polnær rute
**ækvatorial rute

Flypassagerer og besætninger kan kun nedsætte doser fra den kosmiske stråling ved at mindske antallet af flyvture og undgå ruter nær polerne.

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 0,3 mSv om året fra kosmisk stråling

Fødevarer

Fødevarer har et naturligt indhold af radioaktive stoffer. Når planter optager næringsstoffer og vand fra jorden og atmosfæren, følger små mængder af radioaktive stoffer med. De radioaktive stoffer passerer igennem fødekæden og bliver en del af menneskets kost. Også drikkevand indeholder små mængder af radioaktive stoffer. Fra kosten optages stofferne i kroppen, hvor de efter en tid igen udskilles som en del af stofskiftet.



Figur 7.
Fødevarer indeholder små mængder radioaktive stoffer

Visse almindelige mad- og drikkevarer kan have et højere indhold af naturligt forekommende radioaktive stoffer end andre. Det gælder for eksempel tørrede frugter og nødder, visse krydderier, havregryn, bananer, kød, fisk, te og kaffe. Doser fra indtag af disse fødevarer er yderst beskedne, og ud fra et strålebeskyttelsesmæssigt synspunkt er der ingen grund til at fravælge dem.

Ulykker på atomkraftværker har ført til spredning af radioaktive stoffer til fødekæden lokalt. Disse uheld har ikke medført en stigning i den dosis, som indbyggere i Danmark modtager fra fødevarer.

Cigaretter og tobaksprodukter indeholder små mængder af radioaktive stoffer. De radioaktive stoffer optages i tobaksplanterne under dyrkning. Ved rygning sætter de radioaktive stoffer sig i lungerne, hvor de bestråler lungevævet og bidrager til risikoen for udvikling af lungekræft.



Figur 8.
Radioaktive stoffer i tobak bidrager til rygnings skadelige virkninger

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 0,4 mSv om året fra fødevarer

Holdbarheden af fødevarer kan forlænges ved behandling med stråling. Fødevarerne bliver ikke radioaktive af den behandling, og indtag af bestrålede fødevarer giver derfor ikke doser til befolkningen. Bortset fra krydderier må der ikke sælges bestrålede fødevarer i Danmark. Hvis fødevarer er blevet bestrålet eller indeholder bestrålede ingredienser, skal det fremgå af varedeklarationen.

Medicinske undersøgelser

Røntgenstråling er i mere end 100 år blevet brugt til medicinske undersøgelser, og radioaktive stoffer anvendes også i stor udstrækning til dette formål. Brug af stråling er et helt uundværligt redskab ved undersøgelser af tænder, infektioner, knoglebrud og kræft mv.

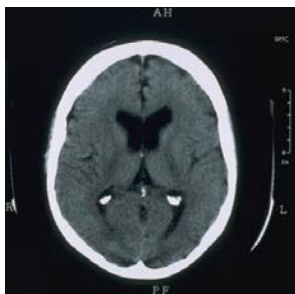
I Danmark laves der ca. 7 millioner røntgenundersøgelser om året. Halvdelen af disse er røntgenundersøgelser af tænder. Tabel 2 viser eksempler på typiske røntgenundersøgelser og tilhørende doser. Der er stor forskel på doser ved forskellige typer undersøgelser. Eksempelvis er dosis ved en CT skanning ca. 1000 gange større end dosis ved en almindelig røntgenundersøgelse hos tandlægen.

Røntgenundersøgelse	Typisk dosis (mSv)
Tænder, arm, ben	0,01
Lunger	0,1
Mammografi (fire billeder)	0,5
CT-skanning af kroppen	10



Tabel 2.
Eksempler på doser ved røntgenundersøgelser

Figur 9.
Røntgenbillede af brækket knogle i overarm



Traditionelle røntgenundersøgelser giver skygge billeder, som vist på figur 9. CT-skanning, som er en avanceret røntgenundersøgelse, giver mere detaljerede billeder af kroppens indre organer. Metoden blev indført i 1970'erne. Antallet af CT-skanninger er siden vokset markant og bidrager nu med omkring 70 % af den samlede dosis fra røntgenundersøgelser.

Figur 10.
CT-skanning af hjerne

Radioaktive stoffer anvendes til nuklearmedicinske undersøgelser af organers funktion og til påvisning af kræft. I 2010 blev der udført omkring 130.000 undersøgelser. Tabel 3 viser eksempler på nuklearmedicinske undersøgelser og tilhørende doser.

Nuklearmedicinsk undersøgelse	Typisk dosis (mSv)
Nyre	1
Knogle	4
Hjerte	5
PET-skanning	6

Tabel 3.
Eksempler på doser ved nuklearmedicinske undersøgelser

PET-skanning er en nuklear-medicinsk teknik, der primært bruges i forbindelse med kræftundersøgelser. Ved undersøgelsen får patienten indgivet radioaktivt stof, der binder sig til kræftvæv. Kræftens placering og udbredelse i kroppen bestemmes derefter ved en skanning. PET-skanning kan afsløre kræft på et meget tidligt stadie.



Figur 11.
PET-skanning

Doser fra medicinske undersøgelser er meget ujævnt fordelt på befolkningen, og gennemsnitsdosen til en indbygger i Danmark dækker over betydelige variationer.

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 1 mSv om året fra medicinske undersøgelser

Røntgenstråling og radioaktive stoffer anvendes også til behandling af sygdomme - især kræft. De doser, patienter får i forbindelse med strålebehandling, er normalt meget større end ved medicinske undersøgelser og er fordelt på relativt få patienter. Bidraget fra behandlinger er ikke medtaget ved beregningen af den årlige gennemsnitsdosis til indbyggere i Danmark.

Andre anvendelser af menneskeskabt stråling

Ud over den medicinske brug anvendes røntgenstråling og radioaktive stoffer til mange andre samfundsgavnige formål. I få tilfælde giver det anledning til bestråling af større grupper i befolkningen. I langt de fleste tilfælde er det kun personer, som i forbindelse med deres erhverv arbejder med strålingen, der modtager doser fra disse anvendelser.

Befolkningen udsættes for stråling, eksempelvis i forbindelse med brug af røntgenstråling til bagagekontrol i lufthavne og ved anvendelse af visse typer røgalarmer og lyskilder, som indeholder radioaktive stoffer. Dosis fra disse anvendelser udgør langt under 1 % af den gennemsnitlige dosis, som en indbygger i Danmark modtager om året fra den naturlige stråling og fra medicinske undersøgelser.



Figur 12.
Røgalarm

Figur 13.
Skanner til
bagagekontrol

Inden for visse erhverv anvendes røntgenstråling og radioaktive stoffer i stort omfang. Strålingen benyttes fx til sterilisering af medicinsk udstyr, kontrol af svejsninger, bestemmelse af tykkelsen af forskellige produkter, lokalisering af utætheder i rørledninger, røntgenundersøgelser af dyr og til forskning. Det er normalt kun personer, der er ansat i disse erhverv, der modtager doser fra sådanne anvendelser af stråling. Personale på sygehuse og klinikker modtager også doser i forbindelse med deres arbejde med undersøgelser og behandlinger af patienter.

Atomkraft indgår ikke i Danmarks energiproduktion, men en række af vores nabolande har atomkraftværker. Under normale forhold medfører driften af atomkraftværker minimale doser til jordens befolkning. Ulykker på atomkraftværker kan dog have alvorlige konsekvenser for mennesker og miljø lokalt og føre til spredning af radioaktive stoffer globalt. Efter ulykkerne på atomkraftværkerne i Tjernobyl i 1986 og i Fukushima i 2011 kunne meget små mængder af radioaktive stoffer fra disse udslip spores i Danmark. Forureningen fra Tjernobyl er årsag til en dosis, der er flere hundrede gange mindre end den gennemsnitlige dosis, som en indbygger i Danmark modtager om året fra naturlig og menneskeskabt stråling. Det radioaktive nedfald efter atomprøvesprængningerne i 1950'erne og 60'erne er årsag til en dosis af samme størrelse. Bidraget fra Fukushima er omtrent 100 gange mindre.

En indbygger i Danmark modtager i gennemsnit 0,04 mSv om året fra anden menneskeskabt stråling

Myndigheder og lovgivning

Sundhedsstyrelsen er den danske strålebeskyttelsesmyndighed. Myndighedsarbejdet varetages af Statens Institut for Strålebeskyttelse (SIS). SIS har til opgave at sikre mennesker, dyr og miljø mod skadelige virkninger fra stråling.



Figur 14. Sundhedsstyrelsen er myndighed for strålebeskyttelse i Danmark

Principperne for strålebeskyttelse er følgende:

- Stråling må kun anvendes, når det er berettiget. Det betyder, at de samfundsmæssige gevinster ved anvendelse af stråling til et bestemt formål skal være større end de negative følger af bestråling.
- Alle doser skal holdes så lave som rimeligt opnåeligt.
- Ingen personer må modtage doser, der overstiger fastsatte dosisgrænser. I tabel 4 ses de årlige dosisgrænser for personer, der arbejder med stråling, og for resten af befolkningen. Heri medregnes ikke de 4 mSv, som en indbygger i Danmark i gennemsnit modtager årligt fra den naturlige stråling og medicinske undersøgelser. Ved medicinske undersøgelser og behandlinger er der ingen dosisgrænser for patienterne. Her afvejes strålingens gavnlige effekter for den enkelte patient mod de bivirkninger, strålingen kan medføre.

	Dosisgrænse (mSv/år)
Person der arbejder med stråling	20
Indbygger i Danmark	1

Tabel 4. Årlige dosisgrænser

Al besiddelse og brug af radioaktive stoffer i Danmark kræver som udgangspunkt en tilladelse fra SIS, og alle røntgenapparater skal anmeldes til SIS, før de må anvendes. Forbrugerartikler med radioaktive stoffer - eksempelvis røgalarmere - skal typegodkendes af SIS, før de må markedsføres i Danmark. Det er ikke tilladt at købe forbrugerartikler med radioaktive stoffer, der ikke er godkendt af SIS - heller ikke over internettet eller i udlandet.

På SIS' hjemmeside - www.sis.dk - findes mere information om SIS og al lovgivning vedrørende stråling.