

Sammenligning af risikoen ved stråling og cigaretrygning

PER HEDEMANN JENSEN

1 Risiko

Risiko er et udtryk for sandsynlighed for en uønsket hændelse. Sandsynligheden eller hyppigheden udtrykkes ved antallet af forekomster af en hændelse i løbet af en vis tidsperiode. Der kan f.eks. være tale om antal ulykker pr. år eller antal dræbte i trafikken pr. antal kørte kilometer. Konsekvenserne i disse eksempler er ulykke eller dødsfald.

Nogle risici er selvvalgte som eksempelvis bilkørsel, cigaretrygning og solbadning, mens andre risici er ikke-frivillige som eksempelvis udsættelse for luftforurening og baggrundsstråling. Risikoen ved forskellige påvirkninger kan sættes i perspektiv ved at sammenligne sandsynlighederne for en given konsekvens, f.eks. cancerdødsfald, ved forskellige typer af påvirkninger.

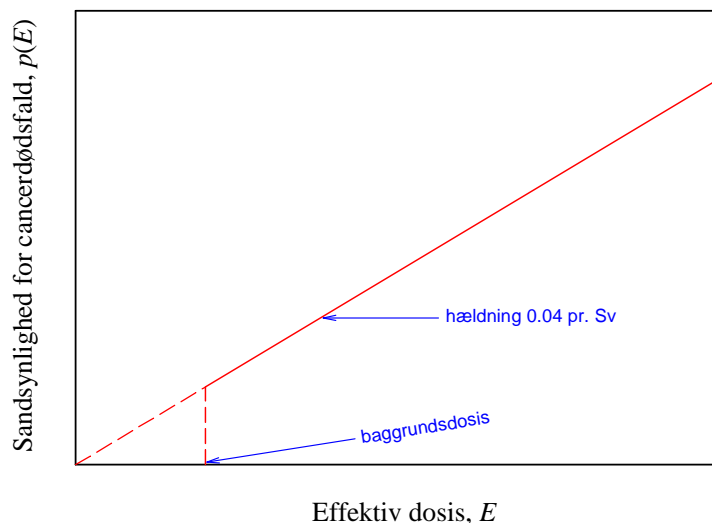
I dette notat er der foretaget en sammenligning af sandsynligheden for cancerdødsfald som følge af cigaretrygning og udsættelse

for ioniserende stråling. Det skal understreges, at det ikke er en streng videnskabelig vurdering, men et overslag til vurdering af størrelsesordener.

2 Ioniserende stråling og kræftdødsfald

Grundlaget for bestemmelsen af risikoen for strålingsinduceret cancer er observationer af overdødeligheden af cancer i bestrålede befolkningsgrupper i forhold til ikke-bestrålede grupper (epidemiologiske studier).

Der er to hovedformål med epidemiologiske undersøgelser. Det ene er at bestemme det samlede antal *ekstra* cancertilfælde (ud over det "naturlige" antal) i løbet af den resterende levetid for *alle* bestrålede personer. Det andet hovedformål er at bestemme sammenhængen mellem individdosis til de bestrålede personer og sandsynligheden (risikoen) for en strålingsinduceret cancer.



Figur 1. Sammenhæng mellem effektiv dosis, E , og sandsynlighed for strålingsinduceret cancerdødsfald, $p(E)$, (gennemsnitlig livstidsrisiko).

På grundlag af omfattende epidemiologiske undersøgelser, af bl.a. de overlevende fra atom-bombeangrebene på de to japanske byer Hiroshima og Nagasaki i 1945, er den gennemsnit-

lige livstidsrisiko (sandsynlighed) for dødelige kræftsygdomme i en befolkning af alle aldre blevet bestemt til 0.04 pr. Sv for lave strålingsdoser (0 - 200 mSv), der er givet med

en lav dosishastighed (< 3 mSv/h) [1]. For børn og unge er risikoen 2 - 3 gange større.

Det antages, at der er en lineær sammenhæng mellem størrelsen af den effektive strålingsdosis, E , og sandsynligheden, $p(E)$, for et senere strålingsinduceret cancerdødsfald (linearitetshypotesen), dvs. jo større strålingsdosis, jo større sandsynlighed for et senere strålingsinduceret cancerdødsfald [1]. Denne sammenhæng mellem dosis og sandsynlighed er vist på ovenstående figur 1.

Sandsynligheden for en strålingsinduceret cancer ved lave effektive doser er uafhængig af tidligere (lave) effektive doser og af tidspunktet, da disse blev modtaget. Det betyder, at sandsynligheden for en strålingsinduceret cancer som følge af to på hinanden følgende effektive doser bliver lig med summen af de enkelte dosers sandsynlighed for at forårsage en sådan cancer.

3 Tobaksrygning og kræftdødsfald

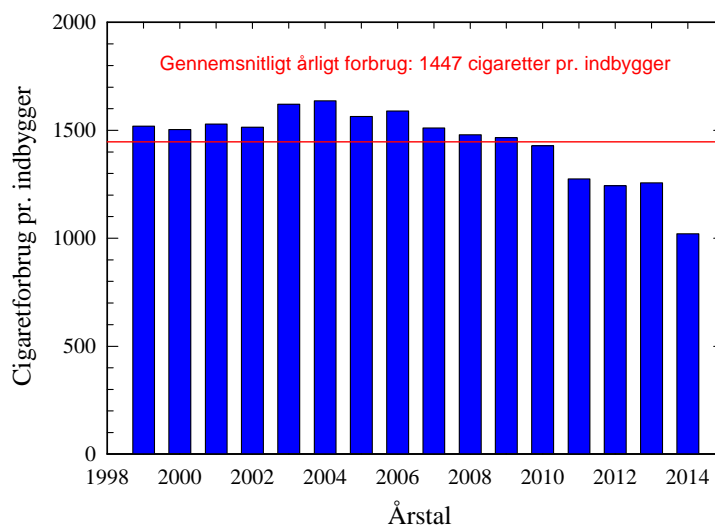
Rygning er en af de forebyggelige risikofaktorer, der betyder mest for dødeligheden i Danmark. Rygning er således medvirkende årsag til knap 14 000 dødsfald om året, hvilket sva-

rer til hvert fjerde dødsfald [2, 3].

Rygning øger risikoen for en lang række alvorlige sygdomme - først og fremmest hjertekar-sygdomme, lungekræft og andre kræftsygdomme samt kronisk obstruktiv lungesygdom (KOL). Risikoen for en rygerelateret sygdom øges med antallet af røgne cigaretter og antallet af år, der er blevet røget, dvs. den samlede ryge-eksponering [2].

Storrygere dør i gennemsnit 8 - 10 år for tidligt sammenlignet med ikke-rygere, og smårygere dør i gennemsnit fem år for tidligt i forhold til ikke-rygere. Storrygere er defineret som personer, der ryger 15 eller flere cigaretter om dagen, og smårygere er defineret som personer, der ryger 1 - 14 cigaretter om dagen [2].

Figur 2 viser det gennemsnitlige årlige cigaretforbrug pr. indbygger i Danmark for hele befolkningen i perioden 1999 - 2014 [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Ud fra det gennemsnitlige årlige cigaretforbrug pr. indbygger og befolkningstallet, der i perioden fra 1980 til 2015 i gennemsnit er 5.3 millioner personer, er det samlede cigaretforbrug i Danmark beregnet til 7.7 milliarder cigaretter pr. år.



Figur 2. Det gennemsnitlige årlige cigaretforbrug pr. indbygger i perioden fra 1999 til 2014. Det gennemsnitlige årlige cigaretforbrug over hele perioden er beregnet til 1 100 cigaretter pr. indbygger.

I Danmark er der ca. 3 000 årlige dødsfald af rygerelateret lungekræft og ca. 1 500 rygerelaterede dødsfald på grund af andre kræftformer end lungekræft. Yderligere dør der hvert år op mod 6 000 danskere af rygerelaterede hjertekar-sygdomme [16]. I alt dør næsten 14 000

danskere hvert år af deres rygning [2, 3].

Den gennemsnitlige sandsynlighed (risiko) for et cancerdødsfald som følge af tobaksrygning kan beregnes ud fra det årlige antal rygerelaterede cancerdødsfald, N_{cancer} , og det årlige forbrug af cigaretter, N_{cigaret} , som:

$$\begin{aligned}
 p(C) &= \frac{N_{\text{cancer}}}{N_{\text{cigaret}}} \\
 &= \frac{4\,500 \text{ rygerelaterede cancerdødsfald pr. år}}{7.7 \cdot 10^9 \text{ cigaretter pr. år}} \\
 &\approx 6 \cdot 10^{-7} \text{ cancerdødsfald pr. cigaret}
 \end{aligned}$$

Sandsynligheden for et rygerelateret cancerdødsfald øges som sagt med den samlede rygeeksponering, dvs. antallet af røgne cigaretter samt antallet af år, der er blevet røget [2]. Det antages her, at der er en lineær sammenhæng mellem sandsynligheden for rygerelaterede cancerdødsfald og antallet af røgne cigaretter.

4 Tobaksrygning versus ioniserende stråling

I det følgende er der foretaget en sammenligning af sandsynligheden for cancerdødsfald som følge af cigaretrygning og udsættelse for ioniserende stråling. For både rygning og udsættelse for ioniserende stråling antages en

lineær sammenhæng mellem sandsynligheden for kræftdødsfald og mængden af henholdsvis røgne cigaretter og størrelsen af den modtagne strålingsdosis. Sandsynligheden for kræftdødsfald som følge af cigaretrygning henholdsvis strålingsudsættelse er bestemt til følgende, jf. afsnit 2 og 3:

$$p(C) \approx 6 \cdot 10^{-7} \text{ cancerdødsfald pr. cigaret, } C$$

$$p(E) \approx 4 \cdot 10^{-8} \text{ cancerdødsfald pr. } \mu\text{Sv effektiv dosis, } E$$

Ud fra disse sandsynligheder kan man udlede relationen mellem et dagligt cigaretforbrug og en årlig effektiv strålingsdosis, der giver samme sandsynlighed for henholdsvis et rygerelateret og et strålingsinduceret cancerdødsfald:

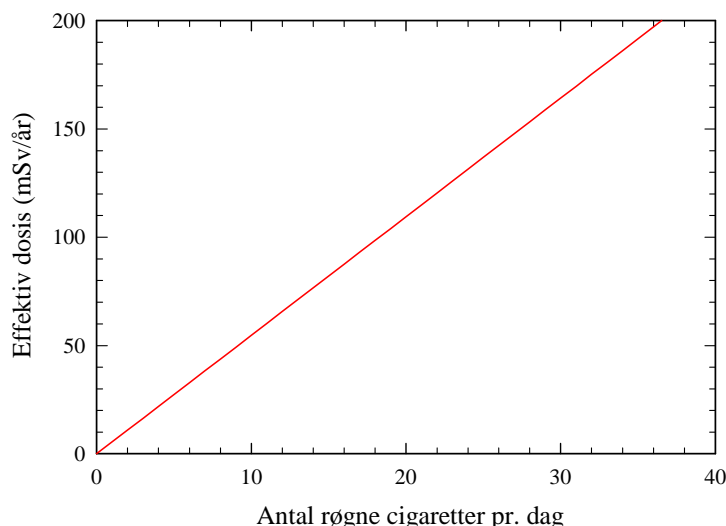
$$\frac{p(C)}{p(E)} = \frac{6 \cdot 10^{-7} \text{ cancerdødsfald pr. cigaret, } C}{4 \cdot 10^{-8} \text{ cancerdødsfald pr. } \mu\text{Sv effektiv dosis, } E}$$

\Leftrightarrow sandsynligheden for et rygerelateret cancerdødsfald pr. røget cigaret er lig med sandsynligheden for et strålingsinduceret cancerdødsfald som følge af en effektiv strålingsdosis på 15 μSv

Den gennemsnitlige effektive dosis i Danmark fra naturligt forekommende strålingskilder er følgende [17]:

- Samlet dosis: 3 200 $\mu\text{Sv}/\text{år}$
- Intern dosis: 2 500 $\mu\text{Sv}/\text{år}$, heraf 2 000 $\mu\text{Sv}/\text{år}$ fra radon i huse
- Ekstern dosis: 700 $\mu\text{Sv}/\text{år}$

Med de ovenfor beregnede sandsynligheder for cancerdødsfald, $p(C)$ og $p(E)$, vil sandsynligheden for en dødelig cancer fra rygning af én cigaret *hver anden dag* over et år stort set svare til sandsynligheden for en dødelig cancer fra den gennemsnitlige årlige dosis fra alle naturligt forekommende strålingskilder.



Figur 3. Relation mellem dagligt cigaretforbrug og årlig effektiv strålingsdosis, der giver samme sandsynlighed for henholdsvis et rygerelateret og et strålingsinduceret cancerdødsfald.

Figur 3 viser relationen mellem antal røgne cigaretter pr. dag og årlig effektiv strålingsdosis, der giver den samme sandsynlighed for et rygerelateret og et strålingsinduceret cancerdødsfald baseret på det ovenstående sandsynlighedsforhold $p(C)/p(E)$.

Det fremgår eksempelvis af figur 3, at sandsynligheden for et rygerelateret cancerdødsfald fra et dagligt forbrug på 20 cigaretter svarer til sandsynligheden for et strålingsinduceret cancerdødsfald fra en effektiv dosis på godt 100 $\text{mSv}/\text{år}$.

5 Konklusioner

Strålingsdoser til danskere stammer fra følgende tre kilder:

- (1) Naturligt forekommende strålingskilder
- (2) Medicinsk bestråling
- (3) Bestråling i erhverv

Den gennemsnitlige dosis til hver dansker fra naturligt forekommende strålingskilder er omkring 3.2 mSv/år [17]. Den gennemsnitlige årlige dosis til hver dansker fra medicinsk bestråling over et livsforløb er omkring 0.7 mSv/år [17]. Strålingsudsatte arbejdstagere i Danmark modtager ud over baggrundsdosis en strålingsdosis i kraft af deres arbejde, der for langt de flestes vedkommende er mindre end 5 mSv/år [17]. Dosisgrænsen for erhvervsmæssigt strålingsudsatte er 20 mSv/år [1].

Sundhedsstyrelsen definerer smårygere som dem, der ryger 1 - 14 cigaretter om dagen, og storrygere som dem der ryger mere end 15 cigaretter om dagen [2]. Smårygere udsættes derfor for en årlig risiko, der svarer til risikoen fra en årlig effektiv dosis på 6 - 80 mSv/år, og storrygere for en årlig risiko, der svarer til risikoen fra en årlig effektiv dosis større end 80 mSv/år.

Sammenligner man den individuelle risiko for cancerdødsfald som følge af udsættelse for ioniserende stråling og cigaretrykning, kan det konstateres, at i Danmark udgør cigaretrykning en væsentlig større individuel risiko for rygere end risikoen for danskere i almindelighed fra udsættelsen for ioniserende stråling fra naturlige og menneskeskabte strålingskilder. Man kan derfor konkludere, at sammenlignet med cigaretrykning er strålingsudsættelse af danskere en svag kræftfremkalder.

Litteratur

- [1] International Commission on Radiological Protection. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP **37** (2 - 4), Elsevier, 2008.
- [2] Sundhedsstyrelsen. *Den Nationale Sundhedsprofil 2010*. Kapitel 5.2 Rygning, 2011.
- [3] *Rygernes sygdomme*. Kræftens Bekæmpelse, 18. oktober 2011.
- [4] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 221, 20. maj 2005.
- [5] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 219, 31. maj 2006.
- [6] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 318, 18. juli 2007.
- [7] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 294, 2. juli 2008.
- [8] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 321, 8. juli 2009.
- [9] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 309, 2. juli 2010.
- [10] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 290, 1. august 2011.
- [11] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 355, 3. juli 2012.
- [12] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 369, 3. juli 2013.
- [13] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 355, 3. juli 2014.
- [14] Danmarks Statistik. *NYT fra Danmarks Statistik*. Nr. 344, 3. juli 2015.
- [15] *Danmark i tal 2015*. Danmarks Statistik, marts 2015.
- [16] *Rygning og sygdom*. Sundhedsstyrelsen, 7. maj 2015.
- [17] Hedemann Jensen, P., Ingemann Larsen, T., Lauridsen, B., Søgaard-Hansen, J., Thorn, E., Warming, L., *Helsefysik*. PRAXIS - Nyt Teknisk Forlag, 2. udgave 2014.