Kapitel 3: Overlevelsestavler

Anna-Vera Jørring Pallesen, Johan Sebastian Ohlendorff, Laust Hvas Mortensen og Thomas Alexander Gerds

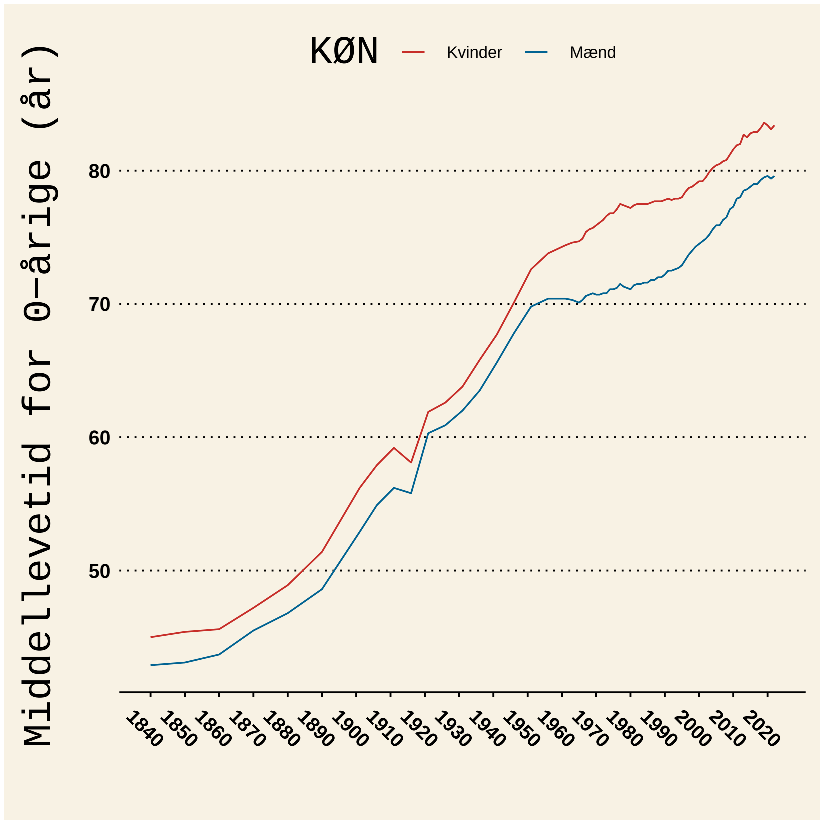
1 Introduktion

Overlevelsestavlen repræsenterer en matematisk model, der beskriver forskellige dødelighedsmål ved hjælp af konkrete demografiske data. Modellen genererer derefter en omfattende beskrivelse af dødelighedsforholdene i den specifikke befolkning. De forskellige mål for dødelighed konstrueres på baggrund af overlevelsestavlen. Lignende metoder bruges til målene vedrørende forekomsten af vielser, skilsmisser, folkevandringer og i vis grad forskellige fertilitets- og reproduktionsmål. Overlevelsestavlen kunne derfor gennemgås på en ret abstrakt måde og fortolkes forskelligt, afhængigt af om den skal anvendes til at beskrive dødelighed, vielser, skilsmisser eller fertilitet. I det følgende vil vi dog fokusere på at opbygge modellen omkring målingen af befolkningens dødelighed for at gøre det lettere at forstå modellens umiddelbare anvendelighed.

1.1 Middellevetid

Hvor mange år kan en nyfødt i dag forvente at leve? Dette spørgsmål er umuligt at besvare korrekt, fordi svaret umiddelbart afhænger af, hvad der sker i fremtiden. Alligevel er middellevetid, altså den forventede gennemsnitlige levetid af en nyfødt, et demografisk værktøj, som anvendes hyppigt til belysning af befolkningens nuværende dødelighedsniveau. Middellevetid bruges også som sammenligningsgrundlag på tværs af befolkninger og tid. Tallet angiver det antal år, som en nyfødt kan forvente at leve *under den forudsætning*, at de nuværende mortalitetsrater for alle grupperinger af køn og alderstrin holder sig på samme niveau i fremtiden. Med middellevetiden har man et relativt simpelt begreb, som gør det muligt at sammenligne forskellige befolkningers dødelighed. I praksis vil de nuværende dødshyppigheder formentlig ikke holde sig på samme niveau i fremtiden, så det skal man tage højde for når man fortolker middellevetiden.

Igennem mange år har der været en tendens til faldende mortalitetsrater, og der er meget, som tyder på, at det er en udvikling som fortsætter. Den konkrete fortolkning af middellevetiden for 0-årige som det gennemsnitlige antal år, som en nyfødt kan forventes at leve, vil derfor formentlig undervurdere den faktiske middellevetid. Men formålet med middellevetiden er heller ikke at forudsige præcist, hvor længe en nyfødt vil leve. Formålet er at have et simpelt begreb, der kan sammenlignes på tværs af befolkninger og tid. Figur 1 viser udviklingen af middellevetid for 0-årige i Danmark siden 1840.



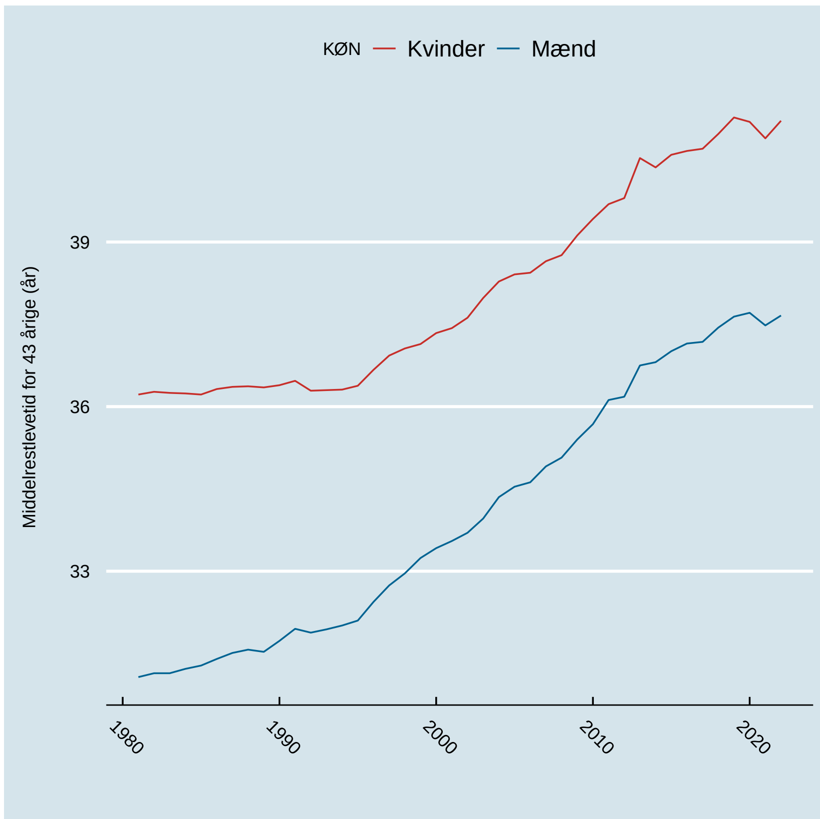
Figur 1: Udviklingen i middellevetid for 0-årige. Kilde: statistikbankens HISB7.

1.2 Andre dødelighedsmål

Middellevetiden er måske det vigtigste mål, som resulterer af overlevelsestavlen. En overlevelsestavle beskriver også en række andre dødelighedsmål, såsom den forventede restlevetid fra alder x, sandsynligheden for at dø inden alder x og sandsynligheden for at være i live ved alder x. Figur 1 viser middelrestlevetiden for 43-årige i Danmark siden 1981.

1.3 Eksempel

Vi henter data fra statistikbankens register `FOLK1a` og `FOD207` og beregner aldersspecifikke mortalitetsrater for kvinder i Danmark i 2019. Vi inddeler i 12 aldersintervaller, hvor det første interval har længde 1 år, det andet interval har



Figur 2: Udviklingen i middelrestlevetid for 43-årige. Kilde: statistikbankens HISB8.

længde 9 år, resten af intervallerne har længde 10 år, og det sidste aldersinterval er fra 90 til 125 år.

```
x <- hent_mortalitetsrate_data(tid = 2019,
                               breaks = c(0,1,10,seq(20,90,10),Inf),
                               køn = "kvinder")
x <- mutate(x,M = Dod/R)
x
```

```
# A tibble: 11 × 6
   aldersinterval KØN       TID      R   Dod         M
   <fct>          <chr>   <dbl>  <dbl> <dbl>     <dbl>
 1 0              Kvinder  2019  29448    74 0.00251
 2 1-9            Kvinder  2019 270111    24 0.0000889
 3 10-19          Kvinder  2019 332202    32 0.0000963
 4 20-29          Kvinder  2019 383578    73 0.000190
 5 30-39          Kvinder  2019 336414   128 0.000380
 6 40-49          Kvinder  2019 378914   342 0.000903
 7 50-59          Kvinder  2019 397594  1160 0.00292
 8 60-69          Kvinder  2019 336747  2855 0.00848
 9 70-79          Kvinder  2019 293474  6016 0.0205
10 80-89          Kvinder  2019 129929  8878 0.0683
11 90+            Kvinder  2019  32094  6921 0.216
```

Med disse tal fra den rigtige befolkning konstruerer vi overlevelsestavlen, som beskriver dødeligheden i en hypotetisk befolkning, der bliver født i 2019 og lever hele deres "liv" igennem alle alderstrin i 2019, hvor de bliver udsat for mortalitetsraterne fra 2019.

```
x <- mutate(x,a = c(0.1,4.5,rep(5,9)),k = c(1,9,rep(10,9)))
tavle_kvinder <- overlevelsestavle(x,
                                   mortalitet = "M",
                                   alder = "aldersinterval")
print(tavle_kvinder,digits = 2)
```

```
# A tibble: 11 × 9
   Alder       l     d     p        q     o      L         T     e
   <fct>   <dbl> <dbl> <dbl>    <dbl> <dbl>  <dbl>     <dbl> <dbl>
 1 0      100000   251 0.997 0.00251  1      99774 8334430.  83.3
 2 1-9     99749    80 0.999 0.000799 0.997 897385 8234656.  82.6
 3 10-19   99670    96 0.999 0.000963 0.997 996216 7337271.  73.6
 4 20-29   99574   189 0.998 0.00190  0.996 994789 6341056.  63.7
 5 30-39   99384   377 0.996 0.00380  0.994 991955 5346266.  53.8
 6 40-49   99007   890 0.991 0.00899  0.990 985620 4354311.  44.0
 7 50-59   98117  2821 0.971 0.0288   0.981 967065 3368691.  34.3
 8 60-69   95296  7751 0.919 0.0813   0.953 914204 2401626.  25.2
 9 70-79   87545 16278 0.814 0.186    0.875 794062 1487422.  17.0
```

```
10 80-89  71267 36296 0.491 0.509    0.713 531192  693360.  9.73
11 90+    34971 34971 0     1        0.350 162168  162168.  4.64
```

Tabel 1: Forklaring af kolonner i en overlevelsestavle

Kolonne	Betydning
`Alder`	Aldersinterval
`l`	Dekrementfunktion: Antal tabelpersoner i starten af intervallet
`d`	Antal døde i intervallet
`p`	Sandsynlighed for at overleve i intervallet givet i live ved intervallets start
`q`	Dødshyppighed: sandsynlighed for at dø i intervallet givet i live ved intervallets start
`o`	Sandsynlighed for at overleve indtil starten af intervallet
`L`	Samlet risikotid i intervallet
`T`	Samlet levetid fra starten af intervallet
`e`	Middelrestlevetid (i første interval = middellevetid)

Fra overlevelsestavlen aflæser vi af kolonne `e`: under antagelsen af, at mortalitetsraterne i 2019 ikke ændrer sig i al fremtid, vil man forvente, at en nyfødt pige lever 83,3 år og at en kvinde som er 30 år gammel kan forvente at leve 53,8 år.

2 Konstruktion af overlevelsestavler

Overlevelsestavler beskriver, hvordan en tænkt lukket fødselskohorte reduceres med stigende alder alene på grund af dødsfald. Fordi kohorten er lukket, er død den eneste mulige afgang fra kohorten. Der tages udgangspunkt i en fiktiv tabelbefolkning bestående af ℓ_0 personer, som antages at være født på nøjagtig samme tidspunkt. Antallet af fiktive tabelpersoner ℓ_0 kaldes for 'radix', og radix sættes typisk til $\ell_0 = 100.000$.

2.1 Dekrementfunktionen

Funktionen ℓ_x angiver, hvor mange tabelpersoner som stadigvæk er i live ved alder x og beskriver, hvordan tabelbefolkningen reduceres på grund af dødsfald. Startværdien ℓ_0 angiver, hvor mange tabelpersoner, der er i tabelbefolkningen helt i begyndelsen, hvor alder er lig med 0, og ℓ_{30} angiver hvor mange tabelpersoner som er i live ved alder 30. Fordi ℓ_x er monotont faldende som funktion af alder, det vil sige, at der gælder $\ell_x \geq \ell_{x+1}$, kalder man den for dekrementfunktionen. Af tabellen kan man aflæse, hvor mange personer som forventes at overleve til en bestemt alder. For eksempel betyder $\ell_{30} = 99.345$, at 99.345 personer ud af $\ell_0 = 100.000$ tabelpersoner stadigvæk er i live ved alder 30. I dette eksempel er overlevelsessandsynligheden i tabelbefolkningen ved alder 30 lig med

$$o(30) = \frac{\ell_{30}}{\ell_0} = \frac{99.345}{100.000} = 99,3\%,$$

eftersom overlevelsesfunktionen er defineret som

$$o_x = \frac{\ell_x}{\ell_0}.$$

Under konstruktionen af overlevelsestavler er opgaven at beregne dekrementfunktionens værdier ℓ_x for alle alderstrin $x = 0, 1, \ldots, x^{max}$ hvor x^{max} er det sidste alderstrin. Per konstruktion dør alle resterende tabelpersoner i det sidste alderstrin - det vil sige $\ell_{x^{max}+1} = 0$ og dermed også $o_{x^{max}+1} = 0$. Vi vil forklare hvorfor senere.

2.2 Dødshyppigheder

Dødshyppigheden ${}_kq_x$ beskriver for en person med eksakt alder x sandsynligheden for at dø inden alderen $x + k$. Dødshyppigheder forbinder den ægte, åbne befolkning, som man interesserer sig for, med den tænkte, lukkede tabelbefolkning, der definerer overlevelsestavlen. Man beregner dødshyppigheder baseret på aldersspecifikke mortalitetsrater, og den underliggende idé er, at mortalitetsraterne er ens i den ægte befolkning og i tabelbefolkningen for begge køn og alle alderstrin.

Bemærkning til notation:

Det er standardnotation i demografi at have indeks på begge sidder af symbolet ligesom i ${}_kq_x$. Her er indeks til højre startalderen og indeks til venstre er antal år, som tælles med inklusive startalderen. Det er lidt forvirrende, fordi intervallet inkluderer startalderen x:

Symbol	Start	Længden	Slut	Betydning
${}_1D_0$	0	1	1	Antal døde i alder 0
${}_4D_1$	1	4	4	Antal døde i alder 1, 2, 3, 4
${}_5D_5$	5	5	9	Antal døde i alder 5, 6, 7, 8, 9

Vi ændrer nu også notationen for de aldersspecifikke mortalitetsrater. I Kapitel 2 har vi brugt M_x for mortalitetsraten i det x-te aldersinterval. Fra nu af bruger vi den mere præcise betegnelse ${}_kM_x$ for mortalitetsraten i det aldersinterval, som starter i alderen x og slutter i alderen $x+k-1$.

2.2.1 Approksimationsformlen

For at beregne dødssandsynligheder i den ægte befolkning vil man gerne dividere antal dødsfald i en kalenderperiode med antal personer i starten af perioden. Problemet er, at den ægte befolkning er *åben*: Dødsfald bliver ikke registreret for personer, som udvandrer i perioden, og både udvandrere og indvandrere i perioden bidrager ikke med risikotid til hele perioden. Ideen er derfor at tilnærme dødshyppighederne baseret på mortalitetsrater. Aldersspecifikke mortalitetsrater kan beregnes på de registrerede data, ved at dividere antal dødsfald i befolkningen med risikotiden, hvor indvandrere og udvandrere kun bidrager med den tid de har været i befolkningen (se Kapitel 1 og 2). Nøglen til en tilnærmelse af dødshyppighederne baseret på mortalitetsrater er følgende centrale formel for overlevelsestavlen:

$$ {}_kq_x = \frac{k \cdot {}_kM_x}{1 + (k - {}_ka_x) \cdot {}_kM_x}. \tag{K3.1} $$

Formlen afhænger aldersspecifikke mortalitetsrater ${}_kM_x$, længden af aldersintervallet k og også en konstant ${}_ka_x$, som kaldes Chiang's a[1]. Konstanten ${}_ka_x$ beskriver den gennemsnitlige levetid i aldersintervallet for personer, der døde mellem alderen x og alderen $x + k - 1$. Dermed beskriver $(k - {}_ka_x)$ den gennemsnitlige tid, som en person, der døde i aldersintervallet, var død. Hvis vi for eksempel ser på et aldersinterval mellem 70 og 79 år, og en person døde i alder 74, så har den person været i live i 4 år (70, 71, 72, 73) og død i 6 år (74, 75, 76, 77, 78, 79). En person som døde i alder 78 har været i live i 8 år og død i 2 år, og så videre. Værdien af ${}_{10}a_{70}$ skal afspejle det gennemsnitlige antal år, som personer, der døde i denne aldersgruppe, var i live. For de fleste intervaller vil man antage, at gennemsnittet ligger i midten, altså i eksemplet vil man vælge ${}_{10}a_{70} = 5$.

2.2.2 Chiang's a

For at beregne dødshyppigheder med den centrale formel (K3.1) har vi brug for at specificere Chiang's a for alle aldersintervaller. Chiang's a skal tilnærme det forventede antal år levet i intervallet af en person, som dør i intervallet. Hvis Chiang's a opfylder dette, kan vi tilnærme den samlede dødstid, som alle personer, der døde i aldersintervallet, har været døde:

$$
\begin{aligned}
\text{Samlede dødstid i aldersintervallet} &= (k - {}_ka_x) \cdot {}_kD_x, \\
k &= \text{Antal år i aldersintervallet} \\
{}_kD_x &= \text{Antal døde i aldersintervallet} \\
k - {}_ka_x &= \text{Gennemsnitlige antal dødsår i intervallet} \\
\{x, x+1, \ldots, x+k-1\} &= \text{Aldre i intervallet.}
\end{aligned}
$$

Hvis vi antager at dødstider er lige fordelt i aldersintervallet, altså at det er lige så sandsynligt at dø i starten, som det er at dø i slutningen af aldersintervallet, er det rimeligt at vælge

$$ {}_ka_x = \frac{k}{2}. $$

Det første og sidste aldersinterval vil dog altid kræve særlige værdier af ${}_ka_x$. I det første leveår er dødstiderne meget skævt fordelt over året - de fleste dødstider

[1] Chin Long Chiang (1984). The Life table and its applications. Malabar, Fla. : Krieger

inden 1-års fødselsdagen ligger kort efter fødslen. Derfor sætter vi ${}_1a_0 = 0,1$. For det sidste interval x^{max} vælger vi

$$ {}_\infty a_{x^{max}} = \frac{1}{{}_\infty M_{x^{max}}}, \tag{K3.2} $$

så dødshyppigheden i det sidste interval bliver 1, og det betyder, at alle tabelpersoner dør i det sidste aldersinterval, dvs. ${}_\infty q_{x^{max}} = 1$. ved formel (K3.1).

Tabel 2: Tabellen viser, hvordan vi vælger Chiang's a for 1-års, 5-års og 10-års aldersintervaller.

	5-års aldersintervaller	10-års aldersintervaller
Første leveår	${}_1a_0 = 0,1$	${}_1a_0 = 0,1$
Aldersinterval 1-5 år	${}_4a_1 = 4 \cdot 0,5 = 2$	${}_9a_1 = 9 \cdot 0,5 = 4,5$
Alle andre intervaller	${}_ka_5 = 5 \cdot 0,5$=2,5	${}_ka_{10} = 10 \cdot 0,5 = 5$
Sidste aldersinterval	$a_{x^{max}} = \frac{1}{{}_\infty M_{x^{max}}}$	$a_{x^{max}} = \frac{1}{{}_\infty M_{x^{max}}}$

2.2.3 Forklaring af den centrale formel

I det følgende skal vi på en uformel måde forklare formel (K3.1). Hvis den ægte befolkning var lukket, altså uden forekomst af ind- og udvandring, ville man kunne beregne dødshyppighederne simpelt som antal dødsfald i aldersintervallet divideret med antal personer i starten af aldersintervallet:

$$ \text{Dødshyppighed} = \frac{\text{Antal dødsfald i aldersintervallet}}{\text{Antal personer i starten}}. $$

Hvis aldersintervallet er over k år gælder

$$ \text{Antal personer i starten} = \frac{\text{Risikotid} + \text{Dødstid}}{k}. $$

Her er risikotiden det samlede antal år, som befolkningens personer har levet (i aldersintervallet), og dødstiden er tilsvarende det samlede antal år, som befolkningens personer var døde. Med denne formel kan dødshyppigheden skrives som

$$ \text{Dødshyppighed} = \frac{k \cdot \text{Antal dødsfald i aldersinterval}}{\text{Risikotid} + \text{Dødstid}}. \tag{K3.3} $$

Vi sætter Chiang's a sådan, at

$$ \text{Dødstid i aldersinterval} = (k - {}_ka_x) \cdot {}_kD_x $$

er en god tilnærmelse af den samlede dødstid, som alle personer der døde i aldersintervallet, har været døde (cf., afsnit 2.2.2). Hvis vi nu anvender formlen for den aldersspecifikke mortalitetsrate fra Kapitel 2,

$$ {}_kM_x = \frac{{}_kD_x}{{}_kR_x}, $$

ser vi at den centrale formel (K3.1) faktisk er lig med formel (K3.3):

$$\begin{aligned}\frac{k \cdot {}_kM_x}{1 + (k - {}_ka_x) \cdot {}_kM_x} &= \frac{k \cdot \frac{{}_kD_x}{{}_kR_x}}{1 + (k - {}_ka_x) \cdot \frac{{}_kD_x}{{}_kR_x}} \\ &= \frac{k \cdot {}_kD_x}{{}_kR_x \cdot (1 + (k - {}_ka_x) \cdot \frac{{}_kD_x}{{}_kR_x})} \\ &= \frac{k \cdot {}_kD_x}{{}_kR_x + (k - {}_ka_x) \cdot {}_kD_x}.\end{aligned}$$

2.2.4 Beregningen af antal dødsfald og overlevelser

Vi fortsætter nu konstruktionen af overlevelsestavlen. Vi starter med en radix af ℓ_0 tabelpersoner. For at beregne antal tabelpersoner som overlever indtil det første alderstrin, $x = 1$, skal vi beregne, hvor mange tabelpersoner som dør mellem alder $x = 0$ og alder $x = 1$. For at beregne hvor mange tabelpersoner, der overlever indtil alder $x + k$, skal vi beregne, hvor mange af de resterende ℓ_x tabelpersoner der dør i aldersintervallet. Vi betegner med ${}_kd_x$ antallet af tabelpersoner, som dør mellem alder x og alder $x+k-1$. Dermed er ${}_1d_x$ antallet af tabelpersoner, som dør ved alder x. Sandsynligheden for at dø mellem to alderstrin (dødshyppighederne) er det centrale element ved konstruktionen af overlevelsestavlen. Vi beregner antal dødsfald i aldersintervallet ved at gange antal tabelpersoner i starten af intervallet med dødshyppigheden:

$$ {}_kd_x = {}_kq_x \cdot \ell_x. \tag{K3.4}$$

Det er vigtigt at skelne mellem antal døde ${}_kD_x$ i den ægte befolkning og antal døde ${}_kd_x$ i tabelbefolkningen. Med formel (K3.4) er det en enkel sag at finde antallet af tabelpersoner der er i live i starten af det næste aldersinterval:

$$\ell_{x+k} = \ell_x - {}_kd_x.$$

Alternativt kan vi starte med at beregne dekrementfunktionen baseret på dødshyppigheden

$$\ell_{x+k} = \ell_x \cdot (1 - {}_kq_x).$$

Bagefter er det simpelt at beregne antal dødsfald som

$$ {}_kd_x = l_x - l_{x+k}.$$

Med disse formler kan vi konstruere overlevelsestavlens vigtigste kolonner (ℓ_0 og ${}_kd_x$). Vi beskriver nu de vigtigste dødelighedsmål, som overlevelsestavlen viser.

2.2.5 Beregning af middelrestlevetid og middellevetid

Vi betegner med ${}_kL_x$ den samlede gennemlevede tid i tabelbefolkningen i alderen mellem x og $x + k - 1$. Da dødsfald er eneste afgangsårsag i tabelbefolkningen, har vi

$$\begin{aligned} {}_kL_x &= \text{bidrag fra overlevende} + \text{bidrag fra døde} \\ &= k \cdot \ell_{x+k} + {}_ka_x \cdot {}_kd_x \\ &= {}_ka_x \cdot \ell_x + (k - {}_ka_x) \cdot \ell_{x+k}. \end{aligned}$$

Vi skal nu beregne den *forventede restlevetid* for en x-årig tabelperson. For en nyfødt er $x = 0$ og dermed bliver den forventede restlevetid til den forventede levetid, som betegnes med *middellevetid*. Lad T_x angive den samlede levetid i tabelbefolkningen efter x-års fødselsdagen, specielt er T_0 den samlede levetid i tabelbefolkningen. Vi beregner

$$\begin{aligned} T_x &= {}_kL_x + \cdots + {}_kL_{x^{max}} \\ &= {}_ka_x \cdot \ell_x + (k - {}_ka_x) \cdot \ell_{x+k} + \cdots + {}_\infty a_{x^{max}} \cdot \ell_{x^{max}}. \end{aligned}$$

I tabelbefolkningen overlever ℓ_x personer til deres x-års fødselsdag, så den gennemsnitlige levetid efter x-års fødselsdagen bliver

$$e_x = \frac{T_x}{\ell_x} = \text{gennemsnitlige restlevetid.} \tag{K3.5}$$

Denne kvotient kaldes den forventede restlevetid eller middelrestlevetid for en x-årig tabelperson. På tilsvarende vis bliver middellevetid beregnet som

$$e_0 = \frac{T_0}{\ell_0} = \text{middellevetid.} \tag{K3.6}$$

2.2.6 Fortolkning

Når man fortolker middellevetid og middelrestlevetid, er det vigtigt at huske at fremhæve at beregningen bygger på en hypotetisk tabelbefolkning, som lever hele deres liv i en bestemt kalenderperiode. Danmarks Statistik forklarer middelrestlevetiden sådan[2]:

> Middelrestlevetiden er det gennemsnitlige antal år, som personer på en given fødselsdag har tilbage at leve i, *hvis deres dødelighed fremover (alder for alder) svarer til det niveau, som er konstateret i den aktuelle periode.*

2.3 Overlevelsestavle med 5-års intervaller

```
x5 <- hent_mortalitetsrate_data(tid = 2019,
                                breaks = c(0,1,seq(5,95,5),Inf),
                                køn = "kvinder")
x5 <- mutate(x5,M = Dod/R)
x5 <- mutate(x5,a = c(0.1,2,rep(2.5,19)),k = c(1,4,rep(5,19)))
```

[2] https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/borgere/befolkning/middellevetid

```
tavle_kvinder_5 <- overlevelsestavle(x5,
                                     mortalitet = "M",
                                     alder = "aldersinterval")
print(tavle_kvinder_5,digits = 2,n = 100)
```

```
# A tibble: 21 ×
#   9
   Alder       l     d     p        q     o      L        T     e
   <fct>   <dbl> <dbl> <dbl>    <dbl> <dbl>  <dbl>    <dbl> <dbl>
 1 0      100000   251 0.997 0.00251  1      99774 8338941. 83.4
 2 1-4     99749    40 1.00  0.000402 0.997 398917 8239167. 82.6
 3 5-9     99709    40 1.00  0.000398 0.997 498447 7840250. 78.6
 4 10-14   99669    30 1.00  0.000303 0.997 498272 7341804. 73.7
 5 15-19   99639    66 0.999 0.000658 0.996 498033 6843532. 68.7
 6 20-24   99574    82 0.999 0.000823 0.996 497664 6345499. 63.7
 7 25-29   99492   107 0.999 0.00108  0.995 497192 5847835. 58.8
 8 30-34   99385   146 0.999 0.00147  0.994 496558 5350643. 53.8
 9 35-39   99238   233 0.998 0.00235  0.992 495609 4854085. 48.9
10 40-44   99005   322 0.997 0.00325  0.990 494219 4358476. 44.0
11 45-49   98683   561 0.994 0.00568  0.987 492012 3864257. 39.2
12 50-54   98122  1135 0.988 0.0116   0.981 487773 3372245. 34.4
13 55-59   96987  1709 0.982 0.0176   0.970 480661 2884472. 29.7
14 60-64   95278  3081 0.968 0.0323   0.953 468685 2403810. 25.2
15 65-69   92196  4715 0.949 0.0511   0.922 449195 1935126. 21.0
16 70-74   87482  6638 0.924 0.0759   0.875 420815 1485930. 17.0
17 75-79   80844 10209 0.874 0.126    0.808 378699 1065115. 13.2
18 80-84   70635 15912 0.775 0.225    0.706 313396  686417.  9.72
19 85-89   54723 21608 0.605 0.395    0.547 219597  373021.  6.82
20 90-94   33116 20382 0.385 0.615    0.331 114623  153424.  4.63
21 95+     12734 12734 0     1        0.127  38801   38801.  3.05
```

2.4 Overlevelsestavle med 1-års intervaller

```
x1 <- hent_mortalitetsrate_data(tid = 2019,
                                breaks = c(0:99,Inf),
                                køn = "kvinder",
                                right = FALSE)
x1 <- mutate(x1,M = Dod/R)
x1 <- mutate(x1,a = c(0.1,rep(0.5,99)),k = rep(1,100))
tavle_kvinder_1 <- overlevelsestavle(x1,
                                     mortalitet = "M",
                                     alder = "aldersinterval")
print(tavle_kvinder_1,digits = 2,n = 100)
```

```
# A tibble: 100
#   × 9
```

	Alder	l	d	p	q	o	L	T	e
	<fct>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
1	0	100000	251	0.997	0.00251	1	99774	8340603.	83.4
2	1-1	99749	16	1.00	0.000164	0.997	99741	8240828.	82.6
3	2-2	99733	7	1.00	0.0000658	0.997	99730	8141087.	81.6
4	3-3	99726	7	1.00	0.0000671	0.997	99723	8041357.	80.6
5	4-4	99720	10	1.00	0.000105	0.997	99714	7941634.	79.6
6	5-5	99709	14	1.00	0.000142	0.997	99702	7841920.	78.6
7	6-6	99695	3	1.00	0.0000343	0.997	99693	7742218.	77.7
8	7-7	99692	10	1.00	0.000101	0.997	99687	7642524.	76.7
9	8-8	99682	6	1.00	0.0000638	0.997	99678	7542838.	75.7
10	9-9	99675	6	1.00	0.0000619	0.997	99672	7443159.	74.7
11	10-10	99669	3	1.00	0.0000304	0.997	99668	7343487.	73.7
12	11-11	99666	3	1.00	0.0000300	0.997	99665	7243820.	72.7
13	12-12	99663	9	1.00	0.0000915	0.997	99659	7144155.	71.7
14	13-13	99654	9	1.00	0.0000906	0.997	99649	7044496.	70.7
15	14-14	99645	6	1.00	0.0000607	0.996	99642	6944847.	69.7
16	15-15	99639	24	1.00	0.000241	0.996	99627	6845205.	68.7
17	16-16	99615	3	1.00	0.0000308	0.996	99613	6745578.	67.7
18	17-17	99612	9	1.00	0.0000907	0.996	99607	6645965.	66.7
19	18-18	99603	9	1.00	0.0000886	0.996	99598	6546358.	65.7
20	19-19	99594	20	1.00	0.000203	0.996	99584	6446759.	64.7
21	20-20	99574	17	1.00	0.000169	0.996	99565	6347176.	63.7
22	21-21	99557	14	1.00	0.000139	0.996	99550	6247610.	62.8
23	22-22	99543	16	1.00	0.000158	0.995	99535	6148060.	61.8
24	23-23	99527	16	1.00	0.000156	0.995	99520	6048525.	60.8
25	24-24	99512	20	1.00	0.000198	0.995	99502	5949005.	59.8
26	25-25	99492	20	1.00	0.000201	0.995	99482	5849503.	58.8
27	26-26	99472	28	1.00	0.000277	0.995	99458	5750021.	57.8
28	27-27	99445	15	1.00	0.000154	0.994	99437	5650563.	56.8
29	28-28	99429	23	1.00	0.000232	0.994	99418	5551126.	55.8
30	29-29	99406	21	1.00	0.000210	0.994	99396	5451708.	54.8
31	30-30	99385	16	1.00	0.000163	0.994	99377	5352312.	53.9
32	31-31	99369	39	1.00	0.000397	0.994	99349	5252935.	52.9
33	32-32	99330	29	1.00	0.000290	0.993	99315	5153586.	51.9
34	33-33	99301	26	1.00	0.000266	0.993	99288	5054271.	50.9
35	34-34	99274	36	1.00	0.000367	0.993	99256	4954983.	49.9
36	35-35	99238	46	1.00	0.000467	0.992	99215	4855727.	48.9
37	36-36	99192	41	1.00	0.000413	0.992	99171	4756512.	48.0
38	37-37	99151	21	1.00	0.000214	0.992	99140	4657341.	47.0
39	38-38	99129	88	0.999	0.000887	0.991	99085	4558201.	46.0
40	39-39	99041	37	1.00	0.000377	0.990	99023	4459116.	45.0
41	40-40	99004	51	0.999	0.000513	0.990	98979	4360093.	44.0
42	41-41	98953	39	1.00	0.000395	0.990	98934	4261114.	43.1
43	42-42	98914	73	0.999	0.000733	0.989	98878	4162180.	42.1
44	43-43	98842	79	0.999	0.000804	0.988	98802	4063302.	41.1
45	44-44	98762	77	0.999	0.000784	0.988	98724	3964500.	40.1
46	45-45	98685	115	0.999	0.00117	0.987	98627	3865777.	39.2
47	46-46	98570	60	0.999	0.000609	0.986	98540	3767150.	38.2
48	47-47	98510	131	0.999	0.00133	0.985	98444	3668610.	37.2
49	48-48	98379	123	0.999	0.00125	0.984	98318	3570165.	36.3
50	49-49	98257	133	0.999	0.00135	0.983	98190	3471848.	35.3
51	50-50	98124	169	0.998	0.00172	0.981	98039	3373658.	34.4
52	51-51	97955	163	0.998	0.00167	0.980	97873	3275618.	33.4
53	52-52	97792	251	0.997	0.00256	0.978	97666	3177745.	32.5
54	53-53	97541	262	0.997	0.00269	0.975	97410	3080078.	31.6
55	54-54	97279	280	0.997	0.00287	0.973	97139	2982668.	30.7

56	55-55	96999	248	0.997	0.00256	0.970	96875	2885530.	29.7
57	56-56	96751	296	0.997	0.00306	0.968	96602	2788655.	28.8
58	57-57	96454	348	0.996	0.00361	0.965	96280	2692052.	27.9
59	58-58	96106	373	0.996	0.00388	0.961	95919	2595772.	27.0
60	59-59	95733	460	0.995	0.00480	0.957	95503	2499853.	26.1
61	60-60	95273	471	0.995	0.00494	0.953	95038	2404350.	25.2
62	61-61	94802	599	0.994	0.00632	0.948	94503	2309312.	24.4
63	62-62	94203	611	0.994	0.00649	0.942	93898	2214809.	23.5
64	63-63	93592	660	0.993	0.00705	0.936	93262	2120911.	22.7
65	64-64	92932	746	0.992	0.00803	0.929	92559	2027649.	21.8
66	65-65	92186	823	0.991	0.00893	0.922	91775	1935090.	21.0
67	66-66	91363	873	0.990	0.00956	0.914	90927	1843315.	20.2
68	67-67	90490	985	0.989	0.0109	0.905	89997	1752389.	19.4
69	68-68	89505	1030	0.988	0.0115	0.895	88990	1662391.	18.6
70	69-69	88475	1009	0.989	0.0114	0.885	87970	1573402.	17.8
71	70-70	87466	1113	0.987	0.0127	0.875	86909	1485432.	17.0
72	71-71	86353	1137	0.987	0.0132	0.864	85784	1398522.	16.2
73	72-72	85215	1329	0.984	0.0156	0.852	84551	1312738.	15.4
74	73-73	83887	1454	0.983	0.0173	0.839	83159	1228187.	14.6
75	74-74	82432	1600	0.981	0.0194	0.824	81632	1145028.	13.9
76	75-75	80832	1857	0.977	0.0230	0.808	79904	1063396.	13.2
77	76-76	78975	1928	0.976	0.0244	0.790	78011	983492.	12.5
78	77-77	77047	1968	0.974	0.0255	0.770	76063	905481.	11.8
79	78-78	75078	2224	0.970	0.0296	0.751	73967	829419.	11.0
80	79-79	72855	2390	0.967	0.0328	0.729	71660	755452.	10.4
81	80-80	70465	2698	0.962	0.0383	0.705	69116	683792.	9.70
82	81-81	67767	2878	0.958	0.0425	0.678	66328	614675.	9.07
83	82-82	64889	3227	0.950	0.0497	0.649	63275	548347.	8.45
84	83-83	61662	3529	0.943	0.0572	0.617	59897	485072.	7.87
85	84-84	58133	3837	0.934	0.0660	0.581	56215	425174.	7.31
86	85-85	54296	3922	0.928	0.0722	0.543	52335	368960.	6.80
87	86-86	50374	4430	0.912	0.0879	0.504	48159	316625.	6.29
88	87-87	45944	4262	0.907	0.0928	0.459	43813	268465.	5.84
89	88-88	41682	4616	0.889	0.111	0.417	39375	224652.	5.39
90	89-89	37067	4390	0.882	0.118	0.371	34872	185278.	5.00
91	90-90	32677	4427	0.865	0.135	0.327	30464	150406.	4.60
92	91-91	28250	4264	0.849	0.151	0.282	26118	119942.	4.25
93	92-92	23986	4081	0.830	0.170	0.240	21945	93824.	3.91
94	93-93	19905	3563	0.821	0.179	0.199	18124	71879.	3.61
95	94-94	16342	3425	0.790	0.210	0.163	14630	53756.	3.29
96	95-95	12918	3040	0.765	0.235	0.129	11398	39125.	3.03
97	96-96	9877	2494	0.748	0.252	0.0988	8631	27728.	2.81
98	97-97	7384	1939	0.737	0.263	0.0738	6414	19097.	2.59
99	98-98	5444	1690	0.690	0.310	0.0544	4599	12683.	2.33
100	99+	3754	3754	0	1	0.0375	8084	8084.	2.15

2.5 Danmark Statistik

Danmark Statistik offentliggør egne beregninger af middellevetiden og middelrestlevetiden.[3] I dette afsnit forklarer vi, hvordan Danmark Statistiks beregninger bliver mere præcise, fordi de bruger datoer for fødsler, dødsfald og folkevandringer. [4]

[3] `https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/borgere/befolkning/middellevetid`.

[4] `https://www.dst.dk/ext/36380110073/0/befolkning/Hvordan-beregner-vi-middellevetid?--pdf`

Med etableringen af den personstatistiske database har Danmarks Statistik fået nye muligheder for at beregne dødshyppighederne mere korrekt, idet databasen for alle personer i Danmark indeholder eksakt information om eventuel dødsdato og ind- og udvandringsdatoer. Der kan således for hver enkelt person udregnes nøjagtigt, hvor mange dage personen i en årsperiode har været i Danmark og hvor mange af dagene i årsperioden, personen har været død. Den søgte dødshyppighed skal præcist angive sandsynligheden for at dø i et bestemt alderstrin, dvs. mellem to fødselsdage. For at opnå denne hyppighed laves der en særlig beregning for hver enkelt person fra fødselsdag til fødselsdag i en periode, der omfatter to kalenderår. I offentliggørelsen af middellevetid fra 19. marts 2010 er det kalenderårene 2008 og 2009, der ligger til grund for beregningerne. For alle personer, der var i den danske befolkning på et eller andet tidspunkt mellem deres fødselsdag i 2008 og i 2009, er der lavet en beregning for antallet af dage, personen var i Danmark og antallet af dage, personen var død i perioden mellem de to fødselsdage. For personer, der ikke dør mellem to fødselsdage, vil antallet af dage som død naturligvis være 0. Efterfølgende laves der en sammenlægning for personer med samme køn og alderstrin for at få det samlede antal levedage og dødsdage. Personer vil placeres på det alderstrin, som svarer til det antal år, de fyldte i startåret, hvilket i eksemplet vil sige 2008. En person, som fyldte 60 år 1. januar 2008 vil f.eks. tilhøre de 60-årige. Det samme vil en person, der fyldte 60 år 31. december 2008. Der kan altså i yderste konsekvens være næsten et års forskel mellem den periode, som personer på samme alderstrin følges.

3 Dødsårsager

Menneskers død har forskellige årsager, som fortæller, hvad der er sket lige inden, for eksempel en trafikulykke, eller samenfatter et kortere eller længere sygdomsforløb, før døden indtræffer. I Danmark har man siden 1875 samlet data om dødsårsager, som nu er verdens største digitaliserede dødsårsagsregister [5]. Dødsårsagsregisteret bygger på dødsattester fra personer med folkeregisteradresse i Danmark, der døde i Danmark. Den demografiske analyse af dødsårsager er formåls- og metodemæssigt relateret til de andre fag i dette semester (sygdomslære, epidemiologi og biostatistik). Vi bruger data fra dødsårsagsregisteret til at konstruere årsagsspecifikke dødelighedstavler (Afsnit 3.3) og til at beregne restlivstidsrisikoen (sandsynligheden for at en x-årig dør af en bestemt årsag).

3.1 Gruppering af dødsårsager

Dødsårsager i dødsårsagsregisteret er opdelt i 26 A grupper, og hver A gruppe har en eller flere B undergrupper. Der er 109 B-grupper. Statistikbankens register `DODA1` har antal døde fordelt på 26 A-grupper:

```
da <- hent_data("doda1",årsag = "all_no_total",tid = 2022)
print(da,n = 26)
```

[5] `https://www.rigsarkivet.dk/udforsk/doedsaarsagsregister-1943-2019/`

```
# A tibble: 26 × 3
   ÅRSAG                                                  TID INDHOLD
   <chr>                                                <dbl>   <dbl>
 1 A-01 Infektiøse inkl. parasitære sygdomme             2022    1824
 2 A-02 Kræft                                            2022   15777
 3 A-03 Andre svulster (anden neoplasi)                  2022     359
 4 A-04 Sygdomme i blod (-dannende) organer, sygdomme,   2022     231
 5 A-05 Endokrine og ernæringsbetingede sygdomme samt s  2022    2003
 6 A-06 Psykiske lidelser og adfærdsmæssige forstyrrels  2022    3954
 7 A-07 Sygdomme i nervesystemet og sanseorganerne       2022    3207
 8 A-08 Hjertesygdomme                                   2022    8019
 9 A-09 Andre kredsløbssygdomme                          2022    4117
10 A-10 Sygdomme i åndedrætsorganer                      2022    6297
11 A-11 Sygdomme i fordøjelsesorganer                    2022    2379
12 A-12 Sygdomme i hud og underhud                       2022      72
13 A-13 Sygdomme i knogler, muskler og bindevæv          2022     354
14 A-14 Sygdomme i urin- og kønsorganer                  2022     948
15 A-15 Komplikationer ved svangerskab, fødsel og barsel 2022       1
16 A-16 Visse sygdomme, der opstår i perinatalperioden   2022     100
17 A-17 Medfødte misdannelser og kromosomanomalier       2022     141
18 A-18 Symptomer og abnorme fund, dårligt definerede å  2022    2337
19 A-19 Ulykker                                          2022    1692
20 A-20 Selvmord og selvmordsforsøg                      2022     572
21 A-21 Drab, overfald                                   2022      39
22 A-22 Hændelser med uvis omstændighed                  2022      45
23 A-23 Legale interventioner inkl. krigshandlinger      2022       1
24 A-23x Covid-19 - Corona                               2022    1590
25 A-24 Dødsfald uden medicinske oplysninger             2022    3062
26 Årsag ikke oplyst                                     2022     314
```

Vi ser, at dødsfald på grund af kræft har været den største A-gruppe i 2022. Der er i alt 109 B-grupper, hvor hver B-gruppe hører under en A-gruppe. Kræft er den dødsårsag med flest B-undergrupper. A-grupper er mere overordnede, mens B-grupper er mere specifikke. For eksempel er der tre B-grupper som opdeler gruppen A-08 HJERTESYGDOMME I ALT:

```
db <- hent_data("dodb1",årsag = "all_no_total",tid = 2022)
print(filter(db,str_detect(ÅRSAG,"A-08|B-057|B-058|B-059")))
```

```
# A tibble: 4 × 3
  ÅRSAG                             TID INDHOLD
  <chr>                           <dbl>   <dbl>
1 A-08 HJERTESYGDOMME I ALT        2022    8019
2 B-057 Iskæmiske hjertesygdomme   2022    3275
3 B-058 Blodtryksforhøjelse        2022    1462
4 B-059 Andre hjertesygdomme       2022    3282
```

3.2 Årsagsspecifikke mortalitetsrater

For en given dødsårsag Q beregner vi de summariske årsagsspecifikke mortalitetsrater på samme måde som de summariske mortalitetsrater som antal begivenheder per personår. For en kalenderperiode $[t_1, t_2]$ og risikotid $R[t_1, t_2]$ er formlen for den årsagsspecifikke mortalitetsrate:

$$\frac{D^Q[t_1, t_2]}{R[t_1, t_2]} = \frac{\text{Antal døde med årsag } Q \text{ i perioden } [t_1, t_2]}{\text{Risikotid i perioden } [t_1, t_2]}.$$

Vi kan også beregne årsagsspecifikke mortalitetsrater i aldersgrupper. Vi betegner med ${}_kD_x^Q$ antal dødsfald, hvor dødsårsagen var Q i aldersgruppen af personer, der var mellem x-år og $(x + k - 1)$-år gamle i perioden. Det giver følgende notation for de aldersspecifikke rater:

$$\frac{{}_kD_x^Q[t_1, t_2]}{{}_kR_x[t_1, t_2]}.$$

For eksempel kan vi beregne rater af dødsulykker per 10.000 personår blandt unge mennesker (15-29 år) og se, hvordan de har udviklet sig siden 2007. Figur 3 viser at disse rater er faldet fra omkring 1,5 dødsulykker per 10.000 personår i 2007 til omkring 0,75 dødsulykker per 10.000 personår i 2022.

3.3 Årsagsspecifikke dødelighedstavler

Vi konstruerer nu forskellige mål for, hvordan de specifikke dødsårsager bidrager til den samlede dødelighed. Disse mål er periodemål ligesom middellevetid og beregnes som udgangspunkt i en tænkt lukket tabelbefolkning. Vi beregner restlivstidsrisiko for at dø af en given årsag under antagelsen, at de årsagsspecifikke mortalitetsrater er som observeret i en given kalenderperiode.

3.3.1 Årsagsspecifikke dødshyppigheder

I den ægte befolkning finder vi andelen af dødsfald, som blev tilskrevet årsag Q i et givent aldersinterval i en given periode og betegner den med:

$${}_kh_x^Q = \frac{{}_kD_x^Q}{{}_kD_x}. \tag{K3.7}$$

Andelen af dødsfald af alle andre årsager end Q i aldersintervallet bliver dermed

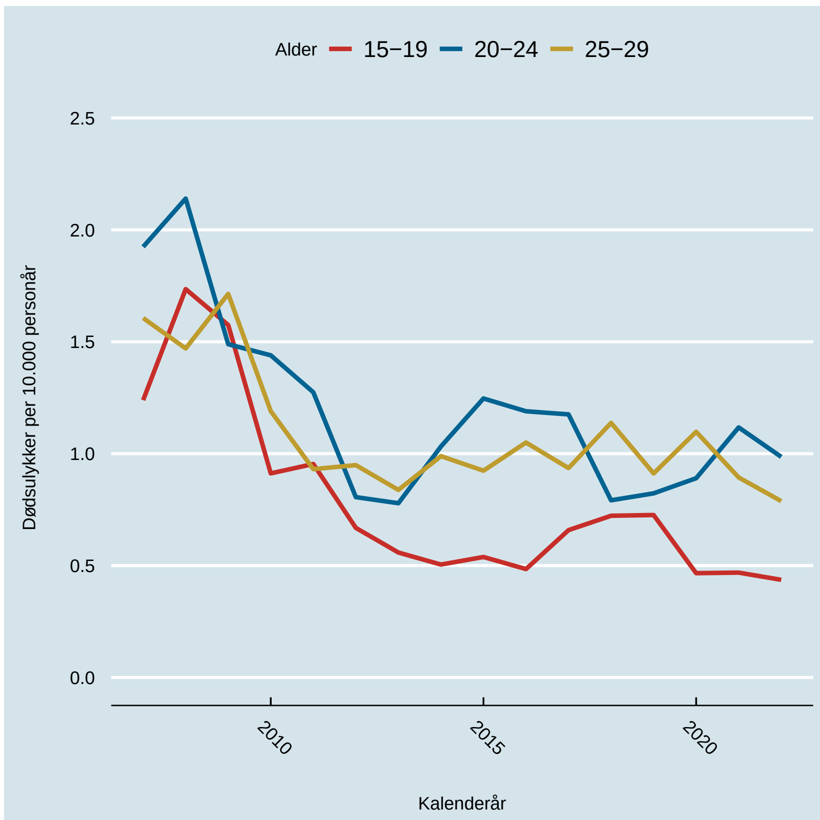
$${}_kh_x^{\bar{Q}} = 1 - {}_kh_x^Q = \frac{{}_kD_x - {}_kD_x^Q}{{}_kD_x}. \tag{K3.8}$$

I en tænkt lukket tabelbefolkning kan vi nu beregne hyppigheden for at dø af årsag Q i alderen mellem x og $x + k - 1$:

$${}_kq_x^Q = {}_kq_x \cdot {}_kh_x^Q, \tag{K3.9}$$

og tilsvarende er hyppigheden for at dø af en anden årsag:

$${}_kq_x^{\bar{Q}} = {}_kq_x \cdot (1 - {}_kh_x^Q). \tag{K3.10}$$



Figur 3: Udviklingen i raten af dødsulykker blandt danskere i alderen mellem 15 og 29. Kilde: statistikbankens `DOD1A` og `FOLK1A`.

3.3.2 Konstruktion af en årsagsspecifik dødelighedstavle

Dekrementfunktionen, som genererer en årsagsspecifik dødelighedstavle, tager udgangspunkt i en radix af 100.000 tabelpersoner. I hvert alderstrin beregnes antal dødsfald ligesom i en almindelig overlevelsestavle. Dødsårsagerne bliver opdelt i to grupper sådan, at det samlede antal dødsfald er summen af dødsfald med årsag Q og dødsfald med andre årsager. Det samlede antal døde i tabelbefolkningen mellem alder x og alder $x+k-1$ er

$$ {}_kd_x = \ell_x \cdot {}_kq_x. \tag{K3.11}$$

Det kan nu opdeles i dødsfald med årsag Q

$$ {}_kd_x^Q = {}_kd_x \cdot {}_kh_x^Q \tag{K3.12}$$

og dødsfald med andre årsager

$$ {}_kd_x^{\bar{Q}} = {}_kd_x \cdot (1 - {}_kh_x^Q). \tag{K3.13}$$

Derfor gælder i tabelbefolkningen:

$$ \ell_x = \underbrace{\ell_{x+k}}_{\text{i live}} + \underbrace{\ell_x \cdot {}_kq_x \cdot {}_kh_x^Q}_{\text{årsag Q}} + \underbrace{\ell_x \cdot {}_kq_x \cdot (1 - {}_kh_x^Q)}_{\text{andre årsager}}. \tag{K3.14}$$

Fordi der nu er to muligheder (1: dødsårsag Q, 2: alle andre dødsårsager) for at forlade tabelbefolkningen hedder funktionen ℓ_x, der generer en årsagsspecifik dødelighedstavle, double decrement function.

3.3.3 Den årsagsspecifikke restlivstidsrisiko

Det samlede antal dødsfald med årsag Q i tabelbefolkningen, hvor tabelpersonen er ældre end x-år, er (for 1-års intervaller) givet som:

$$ {}_\infty d_x^Q = {}_1d_x^Q + {}_1d_{x+1}^Q + \cdots + {}_\infty d_{x^{max}}^Q, \tag{K3.15}$$

og restlivstidsrisikoen blandt x-årige for at dø af årsag Q beregnes som

$$ \mathrm{LTR}_x^Q = \frac{({}_1d_x^Q + {}_1d_{x+1}^Q + \cdots + {}_\infty d_{x^{max}}^Q)}{\ell_x}. \tag{K3.16}$$

3.3.4 Risikoen for at dø af en bestemt årsag

I tabelbefolkningen er det samlede antal dødsfald, hvor årsagen var Q mellem alder 0 til alder x, givet ved (for 1-års intervaller):

$$ {}_xd_0^Q = {}_1d_0^Q + \cdots + {}_1d_{x-1}^Q. \tag{K3.17}$$

Risikoen for, at en nyfødt dør af årsag Q inden alder x, bliver

$$_{x}q_0^Q = {}_{x}d_0^Q/\ell_0. \tag{K3.18}$$

Tilsvarende er risikoen for at dø på grund af andre årsager inden alder x:

$$_{x}q_0^{\bar{Q}} = {}_{x}d_0^{\bar{Q}}/\ell_0. \tag{K3.19}$$

Vi kan også beregne sandsynligheden for at overleve alle årsager inden alder x:

$$o_x = 1 - {}_{x}q_0 = 1 - {}_{x}q_0^Q - {}_{x}q_0^{\bar{Q}} \tag{K3.20}$$

3.4 Eksempel

Vi beregner dødelighedstavlen for at dø af kræft blandt mænd i 2020 i Danmark. Vi henter folketal fra statistikbankens register `FOLK1a` og antal døde med kræft fra register `doda1`. Vi inddeler i 19 aldersintervaller, hvor det første interval har længde 1 år, det andet interval har længde 4 år, resten af intervallerne har længde 5 år og det sidste aldersinterval er fra 85 til 125 år. Vi beregner aldersspecifikke mortalitetsrater for mænd i Danmark i 2020 og andelen af dødsfald med kræft.

```
x <- hent_dodsaarsag_data(tid = 2020, årsag =c("A02"), køn = "Mænd")
# mortalitetsrater
x <- mutate(x,M = Dod/R)
# andel kræftdødsfald
x <- mutate(x,hQ = QDod/Dod)
x
```

```
# A tibble: 19 × 9
   ÅRSAG      aldersinterval KØN     TID      R   Dod  QDod         M     hQ
   <chr>      <chr>          <chr> <dbl>  <dbl> <dbl> <dbl>     <dbl>  <dbl>
 1 A-02 Kræft 0              Mænd   2020  31512   109     0 0.00346   0
 2 A-02 Kræft 1-4            Mænd   2020 127529    18     5 0.000141  0.278
 3 A-02 Kræft 5-9            Mænd   2020 154685    15     3 0.0000970 0.2
 4 A-02 Kræft 10-14          Mænd   2020 173860    18     2 0.000104  0.111
 5 A-02 Kræft 15-19          Mænd   2020 174529    35     2 0.000201  0.0571
 6 A-02 Kræft 20-24          Mænd   2020 192608    82    11 0.000426  0.134
 7 A-02 Kræft 25-29          Mænd   2020 204302   112     7 0.000548  0.0625
 8 A-02 Kræft 30-34          Mænd   2020 185281    88    10 0.000475  0.114
 9 A-02 Kræft 35-39          Mænd   2020 165161   157    25 0.000951  0.159
10 A-02 Kræft 40-44          Mænd   2020 179809   219    38 0.00122   0.174
11 A-02 Kræft 45-49          Mænd   2020 196936   380    81 0.00193   0.213
12 A-02 Kræft 50-54          Mænd   2020 204696   690   193 0.00337   0.280
13 A-02 Kræft 55-59          Mænd   2020 197362  1132   385 0.00574   0.340
14 A-02 Kræft 60-64          Mænd   2020 171437  1663   630 0.00970   0.379
15 A-02 Kræft 65-69          Mænd   2020 155595  2556  1029 0.0164    0.403
16 A-02 Kræft 70-74          Mænd   2020 155082  3779  1548 0.0244    0.410
17 A-02 Kræft 75-79          Mænd   2020 115932  4584  1616 0.0395    0.353
18 A-02 Kræft 80-84          Mænd   2020  66656  4613  1338 0.0692    0.290
19 A-02 Kræft 85             Mænd   2020  44684  7745  1552 0.173     0.200
```

Med disse data beregner vi dødelighedstavlen.

```
# Chiang's \(a\)
x <- mutate(x,a = c(0.1,2,rep(2.5,17)),k = c(1,4,rep(5,17)))
kraeftdodtavle_maend <- dodsaarsagtavle(data = x,
                                        mortalitet = "M",
                                        hQ = "hQ",
                                        alder = "aldersinterval",
                                        radix = 100000)
# fravælger kolonner som ikke er vigtige lige her
kraeftdodtavle_maend <- select(kraeftdodtavle_maend,-c(p,q,o,T))
print(kraeftdodtavle_maend,digits = 2)
```

```
# A tibble: 19 × 10
   Alder       l     d      dQ     hQ        qQ      L     e LTR_Q risiko_Q
   <chr>   <dbl> <dbl>   <dbl>  <dbl>     <dbl>  <dbl> <dbl> <dbl>    <dbl>
 1 0      100000   345    0    0      0          99690 79.6  0.280 0
 2 1-4     99655    56   15.6  0.278  0.000157  398508 78.9  0.281 0.000156
 3 5-9     99599    48    9.66 0.2    0.0000969 497874 75.0  0.281 0.000253
 4 10-14   99551    52    5.72 0.111  0.0000575 497624 70.0  0.281 0.000310
 5 15-19   99499   100    5.70 0.0571 0.0000573 497246 65.0  0.281 0.000367
 6 20-24   99399   211   28.4  0.134  0.000285  496469 60.1  0.281 0.000651
 7 25-29   99188   272   17.0  0.0625 0.000171  495261 55.2  0.282 0.000820
 8 30-34   98917   235   26.7  0.114  0.000270  493996 50.4  0.282 0.00109
 9 35-39   98682   468   74.5  0.159  0.000755  492240 45.5  0.283 0.00183
10 40-44   98214   596  103.   0.174  0.00105   489579 40.7  0.283 0.00287
11 45-49   97618   937  200.   0.213  0.00205   485745 35.9  0.284 0.00486
12 50-54   96680  1616  452.   0.280  0.00467   479363 31.2  0.285 0.00938
13 55-59   95065  2688  914.   0.340  0.00962   468603 26.7  0.285 0.0185
14 60-64   92377  4374 1657.   0.379  0.0179    450948 22.4  0.283 0.0351
15 65-69   88002  6943 2795.   0.403  0.0318    422655 18.4  0.278 0.0630
16 70-74   81059  9309 3813.   0.410  0.0470    382024 14.8  0.268 0.101
17 75-79   71750 12909 4551.   0.353  0.0634    326479 11.4  0.249 0.147
18 80-84   58841 17358 5035.   0.290  0.0856    250812  8.33 0.227 0.197
19 85      41484 41484 8313.   0.200  0.200     239335  5.77 0.200 0.280
```

Kolonnen LTR_Q i aldersintervallet fra x til $x + k - 1$ angiver restlivstidsrisikoen for at dø af kræft for en tabelperson med alder x, og risiko_Q angiver risiko for, at en tabelperson dør af kræft inden alder $x + k$. Fra dødelighedstavlen kan vi for eksempel aflæse, at sandsynligheden for, at en nyfødt dreng i 2020 dør på grund af kræft inden alder 74, er 10,1%, hvis de årsagsspecifikke mortalitetsrater for mænd i fremtiden forbliver, som de var i 2020. Vi ser også, at restlivstidsrisikoen for kræftdød er 27,8% for en 65-årig mænd under antagelsen, at de årsagsspecifikke mortalitetsrater for mænd forbliver i fremtiden, som de var i 2020.