

# Demografisk analyse 3

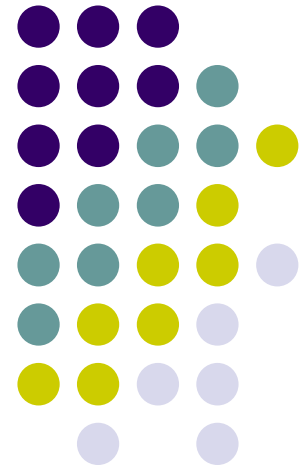
## Dødelighet

Nico Keilman

Befolkning og velferd

ECON 1730

Høst 2018



# Forelesninger demografisk analyse



Pensum: Population Handbook

<http://www.prb.org/Publications/Reports/2011/prb-population-handbook-2011.aspx>

1. Intro (kap. 1)
2. Alder – og kjønssammensetning (kap. 2)
3. Fruktbarhet (kap. 3)
4. Dødelighet (kap. 5)\*
5. Husholdninger og familier (kap. 10)
6. Befolkningsendringer (kap. 12)

\* Denne forelesningen

# Dødelighet/dødsfall



Summarisk dødsrate - SDR

("Crude Death Rate" – CDR)

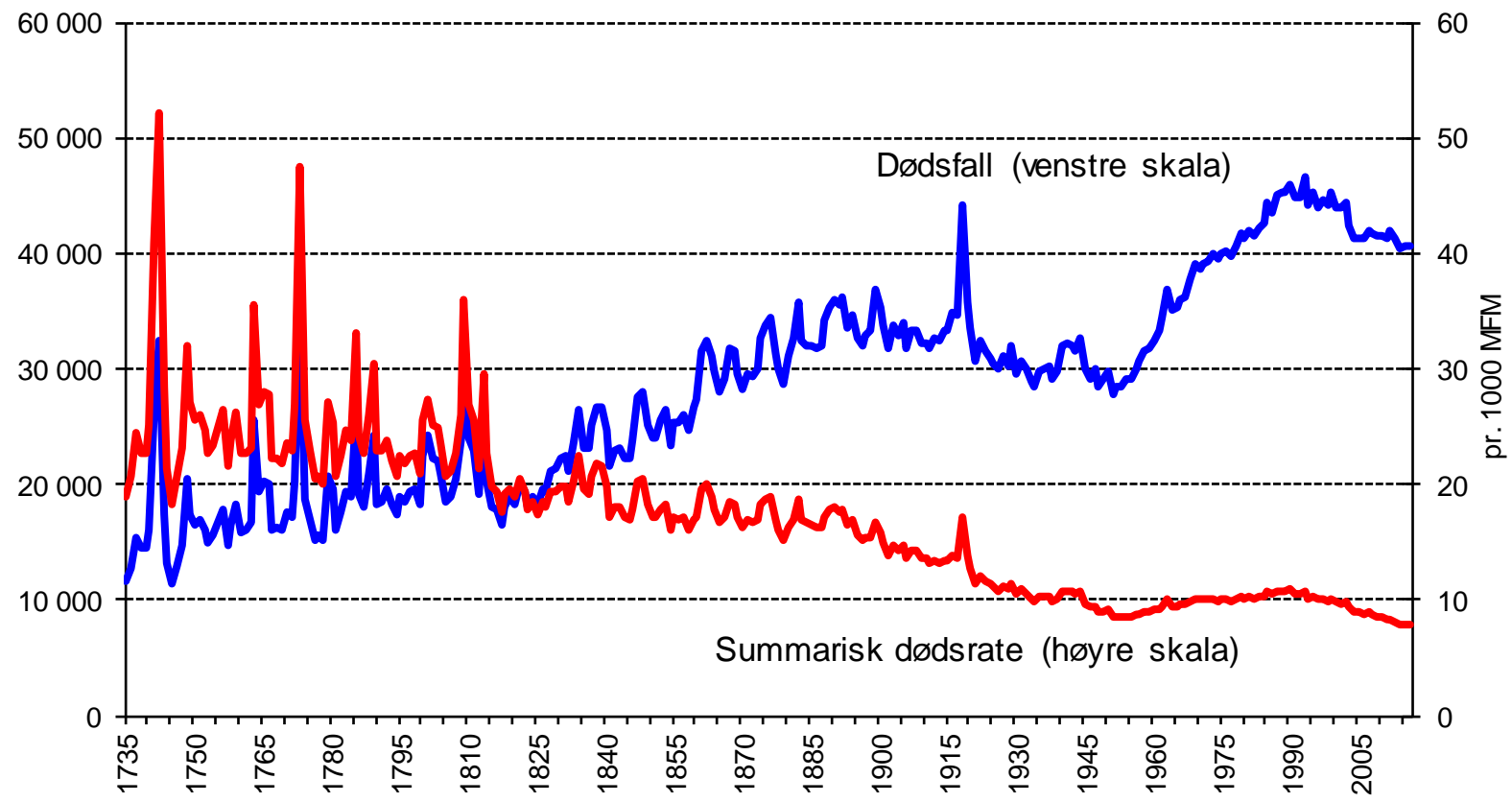
SDR = # dødsfall et gitt år / MFM i det året

Norge 2015:

$40\,727 / 5\,189\,893,5 = 0,00785 = 7,9 \text{ pr. tusen}$



### Dødsfall og summarisk dødsrate, Norge, 1735-2016



# Ulempe SDR



Fanger ikke opp aldersvariasjonene i dødelighet

Bedre: aldersavhengige/aldersspesifikke dødsrater ("age specific death rates") - ASDR

aldrene 0, 1, 2, ... 100, 101, 102, ...

Menn og kvinner hver for seg

# Aldersspesifikk dødsrate for et gitt år, personer alder $x$



$ASDR_x = \# \text{ dødsfall i alder } x / \text{MFM alder } x,$   
begge to for det aktuelle året

Tolkning:

Gjennomsnittlig (eller forventet) # dødsfall pr. person (i alder  $x$ ) pr. år

ett-års aldersgrupper:  $x = 0, 1, 2, \dots$

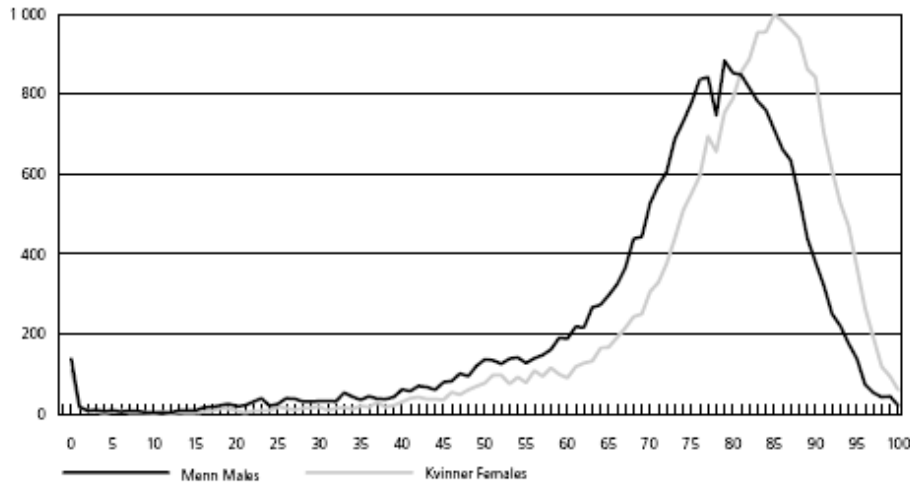
eller

fem-års aldersgrupper:  $x = 0-4, 5-9, 10-14, \dots$

**Døde etter kjønn og alder, 1997**  
Deaths by sex and age, 1997



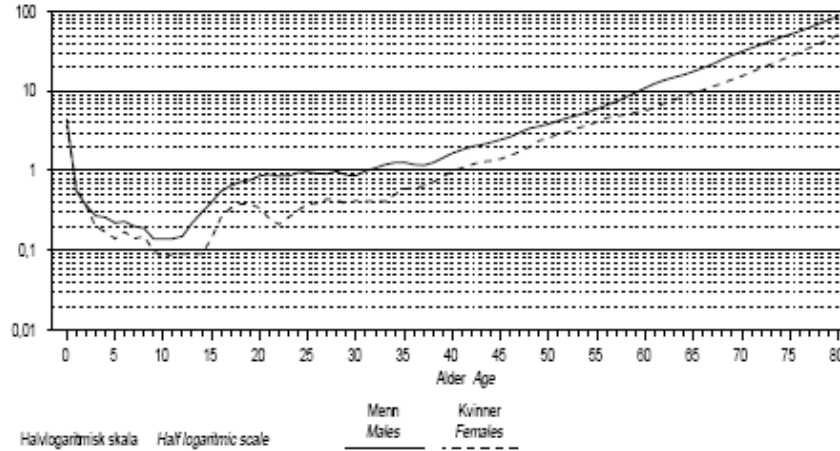
Antall Number



**Aldersavhengige dødsfallrater, 1997**  
Age-specific death rates, 1997



Døde pr. 1 000  
Deaths per 1 000



# Rate for spedbarnsdødelighet



”Infant Mortality Rate – IMR”

# dødsfall under 1 år/# levendefødte i et bestemt kalenderår (eller i en gitt periode)

Egentlig kvote!!





Dødeligheten omkring fødselen og i første leveår. 1956-2008

År	Døde per 1 000 levendefødte				
	Under 24 timer	Under 1 uke	Under 4 uker	4 uker - under 1 år	I alt under 1 år
1956-1960	5,8	10,4	12,4	7,5	19,9
1961-1965	5,7	10,2	12,0	5,1	17,1
1966-1970	5,3	9,1	10,3	3,6	13,9
1971-1975	4,5	7,4	8,4	3,2	11,6
1976-1980	2,8	4,9	5,9	3,2	9,0
1981-1985	2,3	3,8	4,6	3,5	8,1
1986-1990	2,2	3,3	4,2	3,7	7,9
1991-1995	1,7	2,7	3,4	1,9	5,3
1996-2000	1,1	2,1	2,6	1,3	4,0
2001-2005	0,9	1,8	2,4	1,0	3,4
2001	1,3	2,3	2,8	1,1	3,9
2002	0,8	1,7	2,5	1,0	3,5
2003	1,0	2,0	2,5	1,0	3,5
2004	0,8	1,6	2,2	1,0	3,2
2005	0,7	1,6	2,1	1,0	3,1
2006	0,8	1,8	2,5	0,7	3,2
2007	0,8	1,7	2,0	1,1	3,1
2008	0,7	1,3	2,0	0,7	2,7

2009 © Statistisk sentralbyrå

2017: 1,6

2017: 2,3



# Dødssannsynlighet

”Probability of dying – death probability”

Ikke definert i Population Handbook

Alders – og kjønnsesifikk

Definisjon (for alder  $x$ ): sannsynlighet for å dø før alder  $(x+1)$ , gitt en var i live ved alder  $x$ ,  $x = 0, 1, 2, \dots$

Ett-års dødssannsynlighet, skrives som  $q_x$

Beregnes som relativ frekvens:

$$q_x = [\# \text{ døde mellom aldrene } x \text{ og } x+1] / [\# \text{ i live ved alder } x]$$



# Dødssannsynlighet ...

Ligger mellom 0 og 1 (jfr dødsrate 0-2)

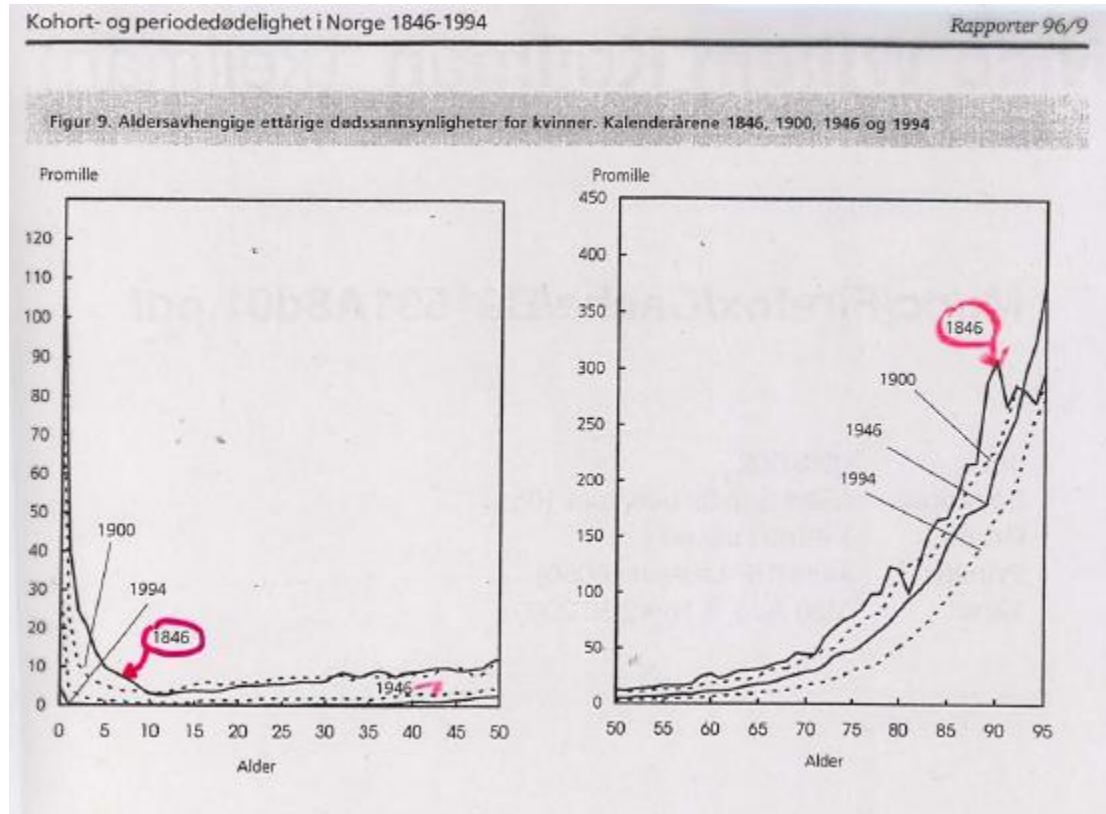
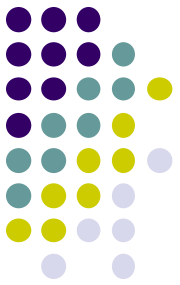
Direkte sammenheng mellom dødsrate og dødssannsynlighet (ikke pensum, jfr Grunnemne demografi)

Skriv dødsraten på alder  $x$  som  $m_x$ , dødssannsynligheten er  $q_x$

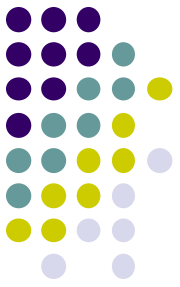
Sammenhengen er som følger:

$$q_x = m_x / (1 + \frac{1}{2}m_x)$$

# Aldersavhengige dødssannsynligheter for kvinner. Kalenderårene 1846, 1900, 1946 og 1994



# Fem-års dødssannsynlighet



Definisjon (for alder  $x$ ): sannsynlighet for å dø før alder  $(x+5)$ , gitt en var i live ved alder  $x$ ,  $x = 0, 1, 2, \dots$

Fem-års dødssannsynlighet skrives som  ${}_5q_x$

Mer generelt:  ${}_nq_x$  sannsynlighet for å dø mellom alder  $x$  og alder  $x+n$

$n$  er bredden på aldersintervallet

$${}_nq_x = n \cdot m_x / (1 + n \cdot m_x / 2)$$

med  ${}_n m_x$  lik dødsraten mellom aldrene  $x$  og  $x+n$ .

# Forventet levealder



”Life expectancy”

Antall år en person kan forvente å være i live under det gjeldende dødelighetsregimet.

Mer spesifikk: ...å være i live gitt en bestemt rekke aldersspesifikke dødsrater (eller dødssannsynligheter) for aldrene  $0, 1, 2, \dots, \omega$

NB  $\omega$  er høyeste alder i befolkningen

# Forventet gjenstående levetid



”Remaining life expectancy”

Defineres for en person alder  $x$

Antall år en  $x$ -åring kan forvente fortsatt å være i live når han/hun opplever dødelighet i samsvar med en bestemt rekke aldersspesifikke dødsrater (dødssannsynligheter) for aldrene  $x, x+1, x+2, \dots, \omega$

Skrives som  $e_x$   $x = 0, 1, 2, \dots$

Dermed er  $e_0$  lik forventet levealder (ved fødsel)



Forventet (gjenstående) levealder (levetid), basert på en rekke dødsrater/-sannsynligheter, beregnes i en dødelighetstabell

”Life table”

Beregningsmåte ikke pensum – jfr Grunnemnet demografi

Selve tabellen må kunne tolkes





Alder x	Levende ved alder x			Døde i alder x til x+1			Forventet gjenstående levetid ved alder x			Dødssannsynlighet for alder x, Promille		
	$l_x$		Begge kjønn <sup>2</sup>	$d_x$		Begge kjønn <sup>2</sup>	$e_x$		$q_x$		Kvinne r	
	Menn	Kvinner		Menn	Kvinner		Menn	Kvinner	Menn	Kvinner		
startpunkt, radiks	100 000	100 000	100 000	273	330	214	80,67	78,31	82,95	2,73	3,30	2,14
1	99 727	99 670	99 786	25	29	21	79,89	77,57	82,13	0,25	0,30	0,21
2	99 702	99 641	99 766	27	33	21	78,91	76,59	81,14	0,27	0,33	0,21
3	99 675	99 608	99 745	8	10	7	77,93	75,62	80,16	0,09	0,10	0,07
4	99 666	99 598	99 738	7	3	10	76,94	74,62	79,17	0,07	0,03	0,10
5	99 659	99 595	99 728	12	13	10	75,94	73,63	78,17	0,12	0,13	0,11
6	99 647	99 581	99 717	9	10	7	74,95	72,64	77,18	0,09	0,10	0,07
7	99 639	99 571	99 710	12	16	7	73,96	71,64	76,19	0,12	0,16	0,07
8	99 627	99 555	99 703	8	9	7	72,97	70,66	75,19	0,08	0,10	0,07
9	99 619	99 546	99 697	8	3	13	71,97	69,66	74,20	0,08	0,03	0,13
10	99 611	99 543	99 683	6	6	7	70,98	68,66	73,21	0,06	0,06	0,07
11	99 605	99 536	99 677	6	9	3	69,98	67,67	72,21	0,06	0,09	0,03
12	99 598	99 527	99 673	11	9	13	68,99	66,67	71,21	0,11	0,09	0,13
13	99 587	99 518	99 661	8	6	10	68,00	65,68	70,22	0,08	0,06	0,10
14	99 579	99 512	99 651	17	22	13	67,00	64,69	69,23	0,17	0,22	0,13
15	99 562	99 490	99 638	20	25	16	66,01	63,70	68,24	0,21	0,25	0,16
16	99 542	99 466	99 622	16	21	10	65,03	62,71	67,25	0,16	0,21	0,10
17	99 526	99 445	99 612	39	51	25	64,04	61,73	66,26	0,39	0,51	0,26
18	99 487	99 394	99 587	53	73	32	63,06	60,76	65,27	0,53	0,73	0,32
19	99 434	99 320	99 554	53	75	30	62,09	59,80	64,29	0,53	0,75	0,30
20	99 381	99 246	99 525	68	117	17	61,13	58,85	63,31	0,68	1,18	0,17
21	99 314	99 129	99 508	38	60	14	60,17	57,92	62,32	0,38	0,61	0,14
22	99 276	99 069	99 494	66	88	43	59,19	56,95	61,33	0,66	0,88	0,43
23	99 210	98 981	99 451	57	78	36	58,23	56,00	60,36	0,58	0,79	0,36

Dødelighetstabeller, 2008

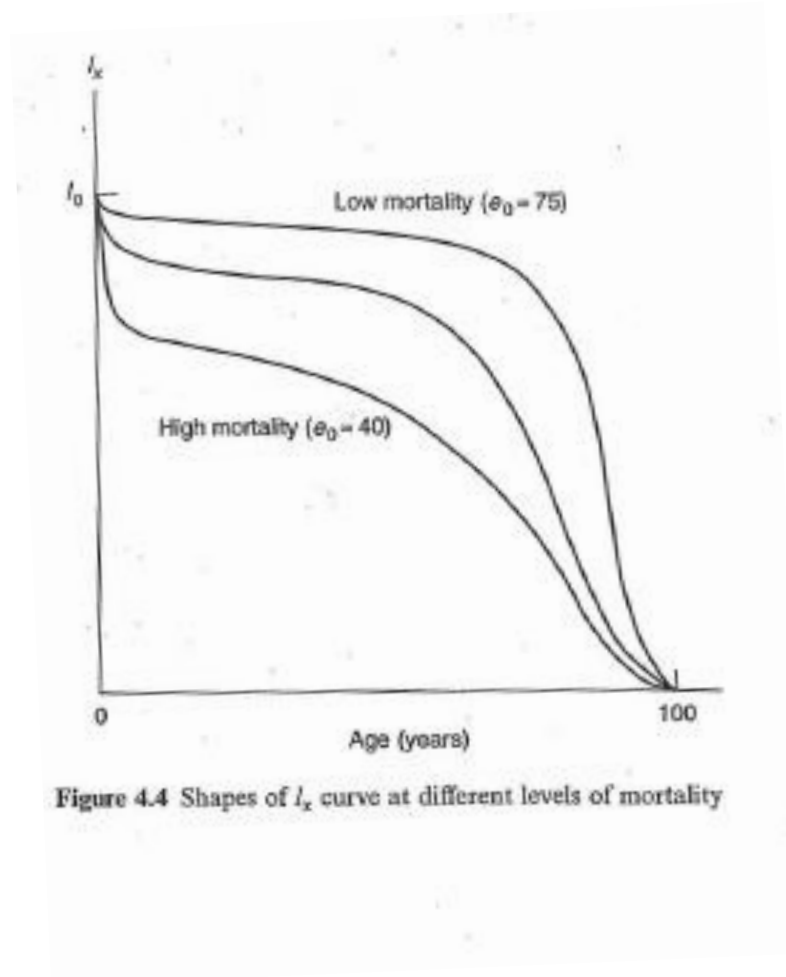


Alder x	Levende ved alder x		Døde i alder x til x+1			Forventet gjenstående levetid ved alder x			Dødssannsynlighet for alder x, Promille			
	l <sub>x</sub>		d <sub>x</sub>			e <sub>x</sub>			q <sub>x</sub>			
	Begge kjønn	Menn Kvinner	Begge kjønn	Menn Kvinner	Begge kjønn	Menn Kvinner	Begge kjønn	Menn Kvinner	Begge kjønn	Menn Kvinner	Begge kjønn	Menn Kvinner
82	55 923	47 685	63 897	3 630	4 096	3 255	7,53	6,46	8,19	64,91	85,90	50,94
83	52 293	43 588	60 642	3 785	3 872	3 758	7,02	6,02	7,60	72,39	88,84	61,98
84	48 507	39 716	56 884	4 066	4 121	4 091	6,53	5,55	7,07	83,82	103,77	71,93
85	44 441	35 595	52 793	3 937	4 032	3 954	6,08	5,14	6,58	88,59	113,27	74,89
86	40 505	31 563	48 839	4 330	4 282	4 503	5,62	4,73	6,07	106,90	135,68	92,19
87	36 175	27 281	44 336	4 147	4 122	4 307	5,23	4,40	5,64	114,63	151,08	97,14
88	32 028	23 159	40 029	4 219	3 763	4 703	4,84	4,09	5,19	131,71	162,48	117,48
89	27 809	19 396	35 327	3 654	3 281	4 052	4,50	3,79	4,81	131,38	169,15	114,70
90	24 156	16 115	31 274	3 807	2 982	4 585	4,11	3,46	4,37	157,58	185,03	146,60
91	20 349	13 133	26 690	3 796	3 141	4 452	3,78	3,13	4,04	186,53	239,18	166,80
92	16 554	9 992	22 238	3 279	2 471	4 048	3,54	2,95	3,75	198,08	247,29	182,02
93	13 275	7 521	18 190	2 772	1 914	3 534	3,29	2,76	3,47	208,80	254,48	194,27
94	10 503	5 607	14 656	2 493	1 703	3 168	3,02	2,53	3,18	237,35	303,74	216,16
95	8 010	3 904	11 488	2 038	1 212	2 740	2,81	2,42	2,92	254,45	310,38	238,51
96	5 972	2 692	8 748	1 713	895	2 398	2,59	2,28	2,68	286,86	332,55	274,09
97	4 259	1 797	6 350	1 205	544	1 766	2,44	2,16	2,51	282,89	302,93	278,10
98	3 054	1 253	4 584	1 075	503	1 557	2,20	1,89	2,28	351,92	401,45	339,65
99	1 979	750	3 027	645	300	938	2,12	1,81	2,19	325,71	399,89	309,85
100	1 335	450	2 089	521	167	824	1,91	1,69	1,95	390,21	371,29	394,19
101	814	283	1 266	353	176	495	1,81	1,39	1,90	434,19	623,85	391,04
102	460	106	771	153	49	242	1,81	1,88	1,79	333,15	463,25	313,72
103	307	57	529	111	0	219	1,47	2,06	1,38	361,37	0,00	414,19
104	196	57	310	95	25	153	1,02	1,06	1,01	483,60	435,28	493,81
105	101	32	157	48	10	79	0,50	0,50	0,50	475,42	304,86	506,33

60% sjanse for å bli 83

40% sjanse for å bli 88

## ”Rektangularisering av $l_x$ -kurven”



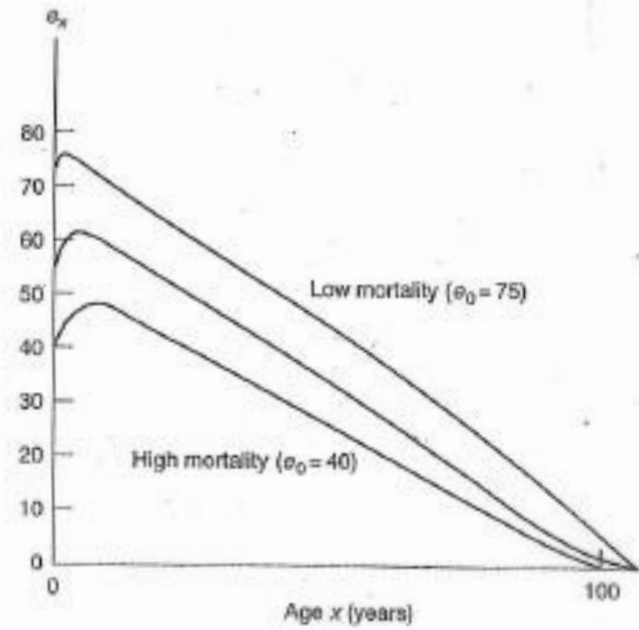


Figure 4.5 Shapes of  $e_x$  curve at different levels of mortality

# Forkortet dødelighetstabell



”Abridged life table”

Fem-års aldersgrupper	5-9, 10-14, ...
Fire-års aldersgruppe	1-4
Ett-års aldersgruppe	0



How Life Tables Work						
Abridged Life Table for Males in Malaysia, 1995						
	1	2	3	4	5	6
Age	Proportion dying in the age interval	Number living at beginning of age interval	Number dying during the age interval	Persons living		Years of life remaining (life expectancy)
				in the age interval	in this and all subsequent intervals	
< 1	.01190	100,000	1,190	98,901	6,938,406	69.38
1-5	.00341	98,810	337	394,437	6,839,505	69.22
5-10	.00237	98,473	233	491,782	6,445,067	65.45
10-15	.00270	98,240	265	490,536	5,953,285	60.60
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
65-70	.16050	70,833	11,368	325,743	928,004	13.10
70-75	.25762	59,464	15,319	259,024	602,260	10.13
75-80	.34357	44,145	15,167	182,808	343,237	7.78
80+	1.00000	28,978	28,978	160,428	160,428	5.54

Source: Department of Statistics, Malaysia, 1997.

- Kol. 1  ${}_nq_x$  dødssannsynlighet mellom aldrene  $x$  og  $x+n$  (empirisk)
- Kol. 2  $l_x$  antall personer i live ved alder  $x$  i tabellen  
 $l_0=100\ 000$  valgt som startpunkt (radiks)
- Kol. 3  ${}_nd_x$  antall døde i tabellen mellom aldrene  $x$  og  $x+n$ ; kol 3 = kol 2 x kol 1
- Kol. 4 antall personsår mellom  $x$  og  $x+n$
- Kol. 5 antall personsår mellom  $x$  og maksimalalder
- Kol. 6  $e_x$  forventet gjenstående levetid ved alder  $x$ ; kol 6 = kol 5/kol 2

# Viktig



Forventet levealder/gjenstående levetid er et hypotetisk mål for dødelighet når den er basert på dødsrater eller dødssannsynligheter for en bestemt periode

I en tid med fallende dødelighet underestimerer den en persons virkelige levealder:

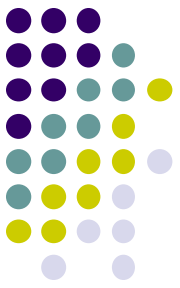
Nico er 69, født i 1949

I 1949 var forventet levealder for en nyfødt gutt lik **69,96** år.

Forventning pr. i dag? Dødelighetstabellen for 2017 viser at  $e_{67}$  for menn er lik 16,03 år. Nico kan forvente å bli  $69 + 16,03 = \mathbf{85,03}$  år med dagens dødelighet.

Men vi "vet" at dødelighet kommer til å synke de kommende 20 år.

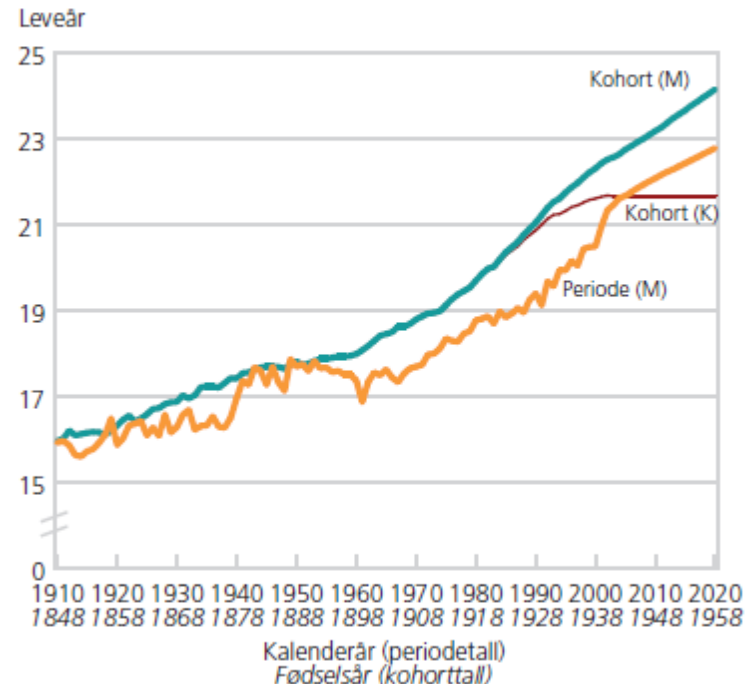
Dermed kan Nico forvente å bli eldre enn 85,03 år  $\rightarrow e_{69}$  lik 16,03 er sannsynligvis en underestimering av den "virkelige"  $e_{69}$  (dvs den for fødselskull 1949).



Mao forskjell mellom forventet (gjenstående) levealder basert på  
periode data (→ syntetisk, fiktiv levealder)  
og kohort data (→ virkelig levealder)

Jfr. Brunborg, Fredriksen, Stølen & Texmon (s. 29/ figur 4) som sammenligner utvikling  
i  $e_{62}$  for perioder og kohorter

Figur 4. Gjenstående levetid ved alder 62 år for perioder og kohorter. Ekstrapolert med tall fra befolkningsframskrivingen for 2008-2060 (mellomalternativ M og konstant dødelighet K)<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Kohorttallene er plottet for observasjonsåret minus 62. x-aksen viser observasjonsåret for periodetallene, med kohortenes fødselsår i parentes.





# Sammenligne dødelighet i to befolkninger

1. SDR – ulempe: tar ikke høyde for eventuelle forskjeller i aldersstruktur
2. Bedre: forventet levealder/ forventet gjenstående levetid,  
  
eller
3. **standardisert** summarisk dødsrate  
hypotetisk: viser SDR i befolkning 1 hvis denne befolkningen hadde hatt samme aldersstruktur som befolkning 2

jfr Grunnemne for beregningsmåte – ikke pensum her



# Pop Handb p 8:

Another way to compare populations is to standardize their overall rates by applying one country's age-specific death rate to the age structure of a second country. The result shows how many deaths one country would have in a year if it had the second country's age structure.

The U.S. crude death rate was 8.1 deaths per 1,000 people in 2008. Mexico's crude death rate that year was reported at 5.0. However, if Mexico's age structure had been the same as that of the United States in that year, Mexico's standardized (age-adjusted) death rate would have been 11.1, higher than in the United States.

In this example, we use the 2008 U.S. age structure as the standard; thus, the standardized U.S. death rate would remain 8.1. We could just as well use Mexico's age structure as the standard, or even use a third country's age structure.

2008:	SDR USA =	8,1 promille
	SDR Mexico =	5,0 promille
	Standardisert SDR Mexico =	11,1 promille
	(med aldersstruktur som i USA i 2008)	