

Bilag 4: Beregning af vejslid

1 INDLEDNING

I dette bilag beskrives effekten for levetiden på slidlaget på motorveje og hovedlandeveje som funktion af andelen af modulvogntog i den samlede lastvognstrafik.

Analyserne er baseret på data fra Weigh-in-Motion (WIM) tællestationer på motorvejsnettet og hovedlandevejsnettet i årene 2007-10 samt data vedrørende den samlede $\text{Æ}10$ -belastning på disse vejklasser fra tidligere VD rapporter.

2 TRAFIK

2.1 Karakterisering og informationskilder

Beregning af trafikens nedbrydning af befæstelser baseres på simulering, hvor trafikken karakteriseres ved antallet af ækvivalente 10-tons aksel belastninger ($\text{Æ}10$ belastning).

I det aktuelle projekt vil en del af køretøjerne i trafikken blive erstattet af andre køretøjer. Ved beregning af trafikens indflydelse på befæstelser, er det derfor nødvendigt med kendskab til følgende parametre:

1. Det totale antal $\text{Æ}10$ belastninger pr. år.
2. Forekomsten (frekvensen) af de enkelte køretøjstyper i trafikken.
3. De enkelte køretøjstypers gennemsnitlige $\text{Æ}10$ belastning.

Disse data fastlægges ud fra 2 kilder:

- A. Rapporten "Konsekvenser for vejsliddet af forøget akseltryk og totalvægt på det danske vejnet", Vejdirektoratet, 2009, udarbejdet af COWI.
- B. Weigh-in-Motion (WIM) data fra udvalgte automatiske veje- og tællestationer på det overordnede vejnet.

Ud fra B fastlægges frekvens og køretøjernes $\text{Æ}10$ belastning, mens A angiver den årlige $\text{Æ}10$ belastning på de to betragtede vejklasser, motorveje og hovedlandeveje.

2.2 Aktuelle trafikdata

2.2.1 Totale $\text{Æ}10$ belastninger

For de totale årlige trafiktal på motorveje og hovedlandeveje angives i "Konsekvenser for vejsliddet af forøget akseltryk og totalvægt på det danske vejnet", for "basissituationen"¹, følgende værdier for det tungest belastede spor:

¹ I det der her er omtalt som "basissituationen", indgår der ikke modulvogntog i trafikkilometre.

Motorveje	4.200.000 Æ10/år
Hovedlandeveje	352.000 Æ10/år

2.2.2 Belastningsfrekvens

Der foreligger data fra 2 WIM-stationer på motorvejsnettet (Lellinge og Holsted) og fra 3 WIM-stationer på landeveje (Fårvang, Brande og Solrød). Af sidstnævnte ligger Fårvang ikke på modulvogntogsvejnettet, men medtages for at give et mere dækkende billede af trafiksammensætningen på hovedlandevejene. Ved analysen af belastningsfrekvenser reduceres data, således at særtransporter og 9-akslede modulvogntog (som måske snarere er registrerede særtransporter) udelades. For den resterende trafik er der ikke væsentlige forskelle i sammensætningen i perioden frem til 2008, og årene 2009 og 2010.

Der regnes derfor med følgende frekvenser for de i basistrafikken repræsenterede køretøjer.

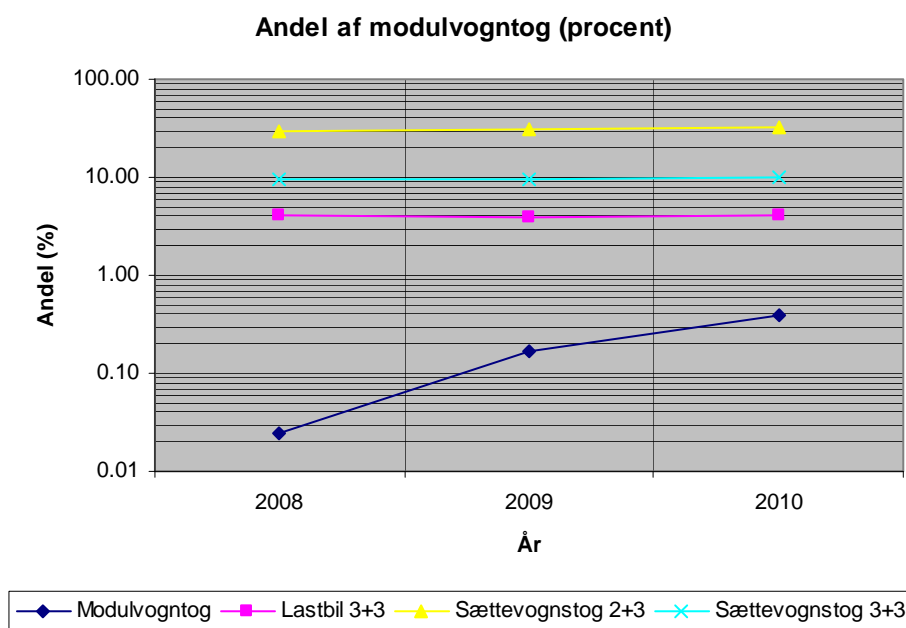
Type	Beskrivelse	Motorveje Lellinge og Holsted	Hovedlandeveje - Solrød, Brande og Fårvang
2-1_sv	Sættevognstog	1,38	2,01
2-1_vt	Lastbil m. anh	0,11	0,09
2-2_sv	Sættevognstog	7,61	7,22
2-2_vt_k	Lastbil m. anh	2,38	1,50
2-2_vt_p	Lastbil m. anh	2,07	2,30
2-3_sv	Sættevognstog	35,11	27,22
2-3_vt	Lastbil m. anh	0,97	1,36
2a_lb	Lastbil, Bus	11,95	16,56
3-2_sv	Sættevognstog	0,95	1,26
3-2_vt_k	Lastbil m. anh	1,52	0,96
3-2_vt_p	Lastbil m. anh	1,45	1,25
3-3_sv	Sættevognstog	9,72	9,66
3-3_vt_k	Lastbil m. anh	0,30	0,24
3-3_vt_p	Lastbil m. anh	3,19	4,26
3a_lb	Lastbil, Bus	14,74	15,02
4-2_vt	Lastbil m. anh	1,23	1,60
4a_lb	Lastbil	4,80	6,43
7a_vt	Lastbil m. blokvogn	0,50	1,08
Sum eksklusive modulvogntog		100	100
Modulvogn_6ax	Modulvogntog 6	0,037	0,009
Modulvogn_7ax	Modulvogntog 7	0,089	0,035
Modulvogn_8ax	Modulvogntog 8	0,087	0,103

Figur 1: Køretøjsfrekvenser i 2010 udtrykt som % i forhold til det samlede antal lastvogne

Det bemærkes, at frekvenserne ekskl. modulvogntog summerer op til 100 %. Denne vægtning er foretaget i henhold til evalueringens formål - at vurdere ændringer i vejsliddet i situationer med varierende andele af modulvogntog i forhold til en situation helt uden modulvogntog. Frekvensspektret uden modulvogntog anvendes til vurdering af vejsliddet i sidstnævnte basissituation.

Nedenfor er angivet forekomsten af modulvogntog på motorveje i relation til de køretøjstyper, de vil komme til at erstatte. Figuren viser en jævnt stigende andel af modulvogntog. Andelen er meget lille i forhold til erstatningsgrupperne, som på sin side udviser stor stabilitet over den betragtede periode.

Forudsætningerne om fordeling mellem de køretøjer, der erstattes, og de modulvogntog, der overtager deres transportopgaver er behandlet i afsnit 4.1.



Figur 2: Andel af modulvogntog og de køretøjstyper de vil komme til at erstatte.

2.2.3 Æ10 belastning for køretøjstyper

Analysen af WIM data for de enkelte køretøjers gennemsnitlige Æ10 belastning giver ikke grundlag for at skelne mellem værdierne for motorveje og hovedlandeveje.

Til gengæld er der, med en enkelt undtagelse, en klar stigning i Æ10 tallene fra 2009 til 2010, som demonstreret af nedenstående Figur 3. Den enkelte anormale afvigelse – for de 6-akslede modulvogntog – skyldes rimeligvis fejl i de små datamængder for 2009.

		Aksler	2009	2010	2010-2009
2-1_sv	Sættevognstog	3	0,73	1,59	0,85
2-1_vt	Lastbil m. anh	3	0,92	1,21	0,29
2-2_sv	Sættevognstog	4	0,77	1,01	0,25
2-2_vt_k	Lastbil m. anh	4	0,94	1,39	0,45
2-2_vt_p	Lastbil m. anh	4	0,85	1,16	0,31
2-3_sv	Sættevognstog	5	1,14	1,32	0,19
2-3_vt	Lastbil m. anh	5	0,93	1,47	0,55
2a_lb	Lastbil, Bus	2	0,66	0,76	0,10
3-2_sv	Sættevognstog	5	1,03	1,89	0,86
3-2_vt_k	Lastbil m. anh	5	1,34	1,61	0,27
3-2_vt_p	Lastbil m. anh	5	1,15	1,57	0,42
3-3_sv	Sættevognstog	6	2,17	2,54	0,37
3-3_vt_k	Lastbil m. anh	6	2,35	2,58	0,22
3-3_vt_p	Lastbil m. anh	6	2,55	3,09	0,54
3a_lb	Lastbil, Bus	3	0,97	1,09	0,12
4-2_vt	Lastbil m. anh	6	1,90	2,22	0,31
4a_lb	Lastbil	4	1,18	1,33	0,16
7a_vt	Lastbil m. blokvogn	7	2,02	2,09	0,07
Modul- vogn_6ax	Modulvogntog 6 aksler	6	4,07	2,27	-1,80
Modul- vogn_7ax	Modulvogntog 7 aksler	7	1,03	1,68	0,65
Modul- vogn_8ax	Modulvogntog 8 aksler	8	1,63	1,64	0,00

Figur 3: Gennemsnitlige $\text{AE}10$ belastninger for køretøjstyper fordelt på 2009 og 2010.

Det ses, at der generelt er tale om en stigning i $\text{AE}10$ -belastningen fra 2009 til 2010, hvilket falder i tråd med den generelle stigning i økonomisk aktivitet. Hvis stigningen for de enkelte typer vægtes med frekvenserne for motorveje i Figur 1 findes en gennemsnitlig stigning i $\text{AE}10$ -belastningen på 20 %.

3 BEFÆSTELSER

Befæstelserne for motorveje og hovedlandeveje vælges ligeledes i overensstemmelse med angivelserne i førnævnt rapport "Konsekvenser for vejsliddet af forøget akseltryk og totalvægt på det danske vejnet", hvor de er fastlagt ud fra statistiske data indsamlet for det danske vejnet og antagelser om en ligelig fordeling på "normal" (50 MPa) og "svag" (25 MPa) underbund.

	Asfalt	Ubundent bærelag (Stabil grus)	Bundsikring på 50 MPa underbund	Bundsikring på 25 MPa underbund
	mm	mm	mm	mm
Motorveje	275	220	260	480
Hovedlandeveje	185	220	120	280

Figur 4: Befæstelser til nedbrydningsanalyser.

4 Æ10 BELASTNINGER I ANALYSEALTERNATIVER

4.1 Erstatnings- og erstattede køretøjer

I nedbrydningsanalyserne beregnes levetiden dels for basissituationen, dels for alternativer, hvor dele af basissituationens trafik erstattes af modulvogntog. Det forudsættes i disse alternativberegninger, at 2 modulvogntog erstatter 3 af basistrafikkens lastvogne.

Forholdet mellem antallet af de enkelte typer af modulvogntog fastlægges på grundlag af de målte frekvenser for motorveje i Figur 1. Der anvendes værdier for motorveje, da disse data er baseret på et større antal registreringer, og det ikke vurderes, at der vil være forskel i den indbyrdes fordeling fra motorveje til hovedlandeveje. Der anvendes nedenstående afrundede værdier:

Type	Betegnelse	Aksler	Andel	Æ10
Modulvogn_6ax	Modulvogntog 6 aksler	6	20 %	2,27
Modulvogn_7ax	Modulvogntog 7 aksler	7	40 %	1,68
Modulvogn_8ax	Modulvogntog 8 aksler	8	40 %	1,64

Figur 5: Fordeling af modulvogntog.

De køretøjer, der erstattes af modulvogntogene, vil efter oplysninger indhentet fra branchen, altovervejende være sættevognstog med 2- og 3-akslede trækere samt 3-akslede lastvogne med 3-akslede anhængere.

Æ10-belastningen for de enkelte køretøjstyper er fastlagt ud fra en forudsætning om, at den samme godsmængde skal transporteres af modulvogntogene som af de erstattede køretøjstyper. Dette svarer til at de erstattede køretøjer i gennemsnit skal have en totalvægt, der er 11 ton lavere end gennemsnittet for køretøjstypen.

Ud fra en forudsætning om at styreakslens aksellast reduceres til 6 ton, og at de øvrige akslers belastning reduceres proportionalt, kan Æ10-belastningen for de erstattede køretøjstyper fastlægges som angivet i Figur 6.

Type	Betegnelse	Aksler	Situation	Belastning	1. aksel	2. aksel	3. aksel	4. aksel	5. aksel	6. aksel	Total
2-3_sv	Sættevognstog	2+3	Gen-nemsnit	Last	8,2	9,1	4,9	5,0	4,9		32,1
				Æ10	0,44	0,70	0,059	0,061	0,058		1,32
			Redu-ceret	Last	6	5,8	3,1	3,1	3,1		21,1
				Æ10	0,13	0,11	0,009	0,010	0,009		0,27
3-3_sv	Sættevognstog	3+3	Gen-nemsnit	Last	8,0	8,2	8,9	7,7	7,7	7,6	48,2
				Æ10	0,40	0,45	0,636	0,354	0,359	0,342	2,54
			Redu-ceret	Last	6	6,3	6,9	6,0	6,0	5,9	37,2
				Æ10	0,13	0,16	0,230	0,128	0,130	0,124	0,90
3-3_vt_p	Lastbil med an-hænger	3+3	Gen-nemsnit	Last	8,7	10,7	7,2	8,2	7,1	7,1	48,9
				Æ10	0,58	1,30	0,264	0,444	0,249	0,256	3,09
			Redu-ceret	Last	6	8,5	5,7	6,5	5,6	5,7	37,9
				Æ10	0,13	0,52	0,105	0,177	0,099	0,102	1,13

Figur 6: Beregning af Æ10 faktorer.

På basis af kontakt med branchen er det forventede forhold mellem erstattede køretøjstyper fastlagt. Til brug for analyserne kan herefter angives nedenstående data for de erstattede køretøjstyper.

Type	Betegnelse	Aksler	Andel	Æ10
2-3_sv	Sættevognstog	2+3	20 %	0,27
3-3_sv	Sættevognstog	3+3	60 %	0,90
3-3_vt_p	Lastbil med an-hænger	3+3	20 %	1,13

Figur 7: Fordeling af erstattede køretøjstyper.

Det skal bemærkes, at en ændring af sammensætningen i erstattede køretøjer til f.eks. 10:85:5 fører til ændringer i de totale Æ10 tal på højst 0,15 %.

4.2 Æ10-belastning i alternativer

De endelige nedbrydningsberegninger udføres med Vejreglernes dimensioneringsprogram MMOPP (Mathematical Modelling Of Pavement Performance). I disse beregninger karakteriseres trafikken alene ved sin samlede Æ10 belastning, der for basisalternativet er angivet i afsnit 2.2.1.

Æ10-belastningen for forskellige andele af modulvognstog findes ved at beregne den ændring, der sker pr. 1000 køretøjer i basisfordelingen, når andelen af modulvognstog er 1 %, 2 % og 5 %. Beregningerne er foretaget med den gældende vejregel-udgave af MMOPP (juni 2011). Der er for hver befæstelsestype og trafikbelastning foretaget 20 simuleringer.

Da det er forudsat, at 2 modulvogntog erstatter 3 sættevognstog/lastbiler, vil det medføre, at der i forhold til basisfordelingens 1000 køretøjer kun vil være cirka 995, 990 og 975 køretøjer i de trafikmængder, der svarer til de ovennævnte procentandele.

Antallet af de enkelte køretøjstyper findes ved at multiplicere frekvenserne fra Figur 1 med 1000. Ændringer i antallene for modulvogntog og erstattede køretøjer findes så ved at anvende fordelingstallene fra afsnit 4.1.

På dette grundlag beregnes Æ10-belastningen for de 4 tilfælde (0 %, 1 %, 2 % og 5 % modulvogntog) ved at multiplicere antallet af køretøjer med deres Æ10-tal fra Figur 3.

Endelig fastlægges justeringsprocenter til de totale Æ10 belastninger (afsnit 2.2.1) på de 2 vejklasser ud fra de ovenfor bestemte Æ10 belastninger for variation af andelen af modulvogntog.

Resultatet af beregningerne er sammenfattet i nedenstående figurer.

Type	Beskrivelse	Æ10/ køretøj	Basis		1 % modul- vogntog		2 % modul- vogntog		5 % modul- vogntog	
			Antal	Æ10	Antal	Æ10	Antal	Æ10	Antal	Æ10
2-1_sv	Sættevognstog	1.59	13.80	21.9						
2-1_vt	Lastbil m. anh	1.21	1.13	1.4						
2-2_sv	Sættevognstog	1.01	75.89	76.8						
2-2_vt_k	Lastbil m. anh	1.39	23.73	32.9						
2-2_vt_p	Lastbil m. anh	1.16	20.66	24.0						
2-3_sv	Sættevognstog	1.32	350.66	464.5						
2-3_vt	Lastbil m. anh	1.47	9.68	14.3						
2a_lb	Lastbil, Bus	0.76	119.08	90.7						
3-2_sv	Sættevognstog	1.89	9.45	17.8						
3-2_vt_k	Lastbil m. anh	1.61	15.15	24.4						
3-2_vt_p	Lastbil m. anh	1.57	14.46	22.8						
3-3_sv	Sættevognstog	2.54	98.88	251.1						
3-3_vt_k	Lastbil m. anh	2.58	2.97	7.6						
3-3_vt_p	Lastbil m. anh	3.09	32.43	100.1						
3a_lb	Lastbil, Bus	1.09	146.88	160.2						
4-2_vt	Lastbil m. anh	2.22	12.26	27.2						
4a_lb	Lastbil	1.33	47.89	63.9						
7a_vt	Lastbil m. blokvogn	2.09	5.00	10.5						
	Total Basis		1000	1412	1000	1412	1000	1412	1000	1412
	Fjernet									
2-3_sv	Sættevognstog	-0.27			-3.0	-0.8	-5.9	-1.6	-14.6	-3.9
3-3_sv	Sættevognstog	-0.90			-9.0	-8.1	-17.8	-16.1	-43.9	-39.6
3-3_vt_p	Lastbil m. anh	-1.13			-3.0	-3.4	-5.9	-6.7	-14.6	-16.5
	Tilføjet	0.00								
Modul_6ax	Modulvogntog 6	2.27			2.0	4.5	4.0	9.0	9.8	22.1
Modul_7ax	Modulvogntog 7	1.68			4.0	6.7	7.9	13.3	19.5	32.8
Modul_8ax	Modulvogntog 8	1.64			4.0	6.5	7.9	13.0	19.5	32.0
			1000	1412	995	1417	990	1423	976	1439
	Procent af basissituation			100 %		100.4%		100.8%		101.9%

Figur 8: Korrektion af Æ10 belastning for motorveje ved variation af andel modulvogntog.

Type	Beskrivelse	Æ10/ køretøj	Basis		1 % modul- vogntog		2 % modul- vogntog		5 % modul- vogntog	
			Antal	Æ10	Antal	Æ10	Antal	Æ10	Antal	Æ10
2-1_sv	Sættevogntog	1.59	20	31.8						
2-1_vt	Lastbil m. anh	1.21	1	1.1						
2-2_sv	Sættevogntog	1.01	72	72.9						
2-2_vt_k	Lastbil m. anh	1.39	15	20.8						
2-2_vt_p	Lastbil m. anh	1.16	23	26.7						
2-3_sv	Sættevogntog	1.32	272	360.4						
2-3_vt	Lastbil m. anh	1.47	14	20.0						
2a_lb	Lastbil, Bus	0.76	165	125.9						
3-2_sv	Sættevogntog	1.89	13	23.7						
3-2_vt_k	Lastbil m. anh	1.61	10	15.4						
3-2_vt_p	Lastbil m. anh	1.57	12	19.7						
3-3_sv	Sættevogntog	2.54	98	248.1						
3-3_vt_k	Lastbil m. anh	2.58	2	6.1						
3-3_vt_p	Lastbil m. anh	3.09	43	132.5						
3a_lb	Lastbil, Bus	1.09	150	163.4						
4-2_vt	Lastbil m. anh	2.22	16	35.3						
4a_lb	Lastbil	1.33	64	85.6						
7a_vt	Lastbil m. blokvogn	2.09	11	22.5						
	Total Basis		1000	1412	1000	1412	1000	1412	1000	1412
	Fjernet									
2-3_sv	Sættevogntog	-0.27			-3.0	-0.8	-5.9	-1.6	-14.6	-3.9
3-3_sv	Sættevogntog	-0.90			-9.0	-8.1	-17.8	-16.1	-43.9	-39.6
3-3_vt_p	Lastbil m. anh	-1.13			-3.0	-3.4	-5.9	-6.7	-14.6	-16.5
	Tilføjet									
Modul_6ax	Modulvogntog 6	2.27			2.0	4.5	4.0	9.0	9.8	22.1
Modul_7ax	Modulvogntog 7	1.68			4.0	6.7	7.9	13.3	19.5	32.8
Modul_8ax	Modulvogntog 8	1.64			4.0	6.5	7.9	13.0	19.5	32.0
			1000	1412	995	1419	990	1422	976	1438
	Procent af basissituation			100,0%		100,4%		100,8%		101,9%

Figur 9: Korrektion af Æ10 belastning for landeveje ved variation af andel modulvogntog.

De nederste linier i Figur 9 og Figur 10 viser altså, at der ved indførelse af modulvogntog for uændret transportarbejde vil ske en forøgelse af antallet af Æ10 aksler af på ca. 40 % af andelen af modulvogntog i den samlede trafikmængde.

5 MMOPP BEREGNINGER

Beregningerne foretaget med den nyeste udgave af MMOPP, der blev frigivet som vejregel i juni 2011.

Der foretages for hver befæstelsestype og trafikbelastning 20 simuleringer, som tillades at løbe over 200 år.

Ud fra simuleringerne fastlægges nu levetider i forhold til 4 målbare (beregne-
de) størrelser:

1. Jævnhed: Når jævnheden (ujævnheden) på den simulerede strækning overstiger 4 m/km betragtes levetiden som udløbet.

2. Sporkøring: Når sporkøringen på den simulerede strækning overstiger 10 mm betragtes levetiden som udløbet.
3. Revner: Når E-modulen af asfaltlaget på den simulerede strækning er faldet til 67 % af udgangsværdien betragtes levetiden som udløbet.
4. Slaghuller: Når E-modulen af asfaltlaget på den simulerede strækning er faldet til 35 % af udgangsværdien betragtes levetiden som udløbet.

I den videre behandling beregnes levetiderne nu relativt til basissituationen, og der fastlægges ud fra de 4 levetidsmål (jævnhed, sporkøring, revner og slag-huller) og de 2 underbundstyper (svag og normal) en gennemsnitlig relativ levetid, hvor alle relative levetider tillægges lige stor vægt.

De relative levetider (procentangivelserne) er beregnet som forholdende mellem levetider ved X % Modulvogntog divideret med levetiden ved 0 % modulvogntog for samme type underbund, altså f. eks. for 2 % modulvogntog, motorvej, jævnhed, svag underbund:

$$\text{Modulvogntog 2\% svag} / \text{Modulvogntog 0\% svag} = 18,5/18,6 = 99,5\%$$

På dette grundlag fastlægges endelig ændringer i den "standardlevetid" på 15 år, som Vejdirektoratet betragter som den normale levetid for et asfaltslidlag på det overordnede vejnet.

Analyserne er sammenfattet i Figur 10.

Vej- type	Modul- vogntog	Under- bund	Jævnhed		Sporkøring		Revner		Slaghuller		Gennemsnit	
			År	Procent	År	Procent	År ¹⁾	Procent	År ¹⁾	Procent	Procent	År ²⁾
Motor- vej	0 %	Svag	18,6	100,0%	9,8	100,0%	59,1	100,0%	46,8	100,0%	100%	15,00
		Normal	11,7	100,0%	13,0	100,0%	68,5	100,0%	52,5	100,0%	100%	15,00
	1 %	Svag	18,5	99,5%	9,8	100,0%	58,9	99,7%	46,7	99,8%	99,73%	14,96
		Normal	11,7	100,0%	13,0	100,0%	68,4	99,9%	52,4	99,8%	99,92%	14,99
	2 %	Svag	18,5	99,5%	9,8	100,0%	58,8	99,5%	46,5	99,4%	99,58%	14,94
		Normal	11,7	100,0%	13,0	100,0%	68,2	99,6%	52,3	99,6%	99,80%	14,97
	5 %	Svag	18,4	98,9%	9,7	99,0%	58,3	98,6%	46,1	98,5%	98,76%	14,81
		Normal	11,7	100,0%	12,9	99,2%	67,8	99,0%	51,9	98,9%	99,27%	14,89
Lande- vej	0 %	Svag	27,1	100,0%	11,0	100,0%	73,2	100,0%	62,2	100,0%	100%	15,00
		Normal	23,1	100,0%	14,2	100,0%	91,5	100,0%	77,7	100,0%	100%	15,00
	1 %	Svag	27,1	100,0%	11,0	100,0%	73,0	99,7%	62,1	99,8%	99,89%	14,98
		Normal	23,1	100,0%	14,2	100,0%	91,5	100,0%	77,4	99,6%	99,90%	14,99
	2 %	Svag	27,1	100,0%	11,0	100,0%	72,9	99,6%	62,0	99,7%	99,82%	14,97
		Normal	23,0	99,6%	14,1	99,3%	91,3	99,8%	77,2	99,4%	99,50%	14,93
	5 %	Svag	26,9	99,3%	10,9	99,1%	72,3	98,8%	61,5	98,9%	99,00%	14,85
		Normal	23,0	99,6%	14,1	99,3%	90,7	99,1%	76,9	99,0%	99,24%	14,89
Noter:	<p>1) Asfaltlagene tilskrives i simuleringerne urealistisk lange levetider. Dette beror på, at de angivne belægningsers asfaltlag vil være resultatet af mange års vedligehold i form af forstærkninger og udlægning af nye slidlag. Lagene er derfor tykkere, end hvad der ville blive resultatet af en "ny" dimensionering for det aktuelle trafikniveau. Endvidere er lagene gamle og dermed delvis nedbrudte, mens de i MMOPP betragtes som nyudlagte. Relativt betragtes levetiderne dog stadig som korrekte.</p> <p>2) Levetid baseret på gennemsnit af relative levetider for alle 4 levetidsmaal og en normeret levetid på 15 år = 100 %</p>											

Figur 10: Effekt af andel modulvogntog på levetid = år mellem slidlagsfornyelse.

Den mest kritiske faktor i de ovenfor beregnede effekter er fastlæggelsen af Æ10 belastningen for de "fjernede" køretøjer.

Størrelsen af denne faktor er fastlagt ud fra rent matematiske betragtninger, mens alle andre Æ10 faktorer er fastlagt ud fra faktiske aksellast målinger.

Adskillige faktorer kan forventes ikke at være lineære funktioner af aksella-
sten, f.eks. vil dæmpning og fjederrespons for det samme dæk/fjedersystem
formentlig ikke give en nedsættelse af kræfter mellem dæk og vejbane, der er
proportional med belastningsreduktionen (hjulet "hopper" hen over belægnin-
gen), ligesom en mere uens reduktion af aksellastene end den forudsatte
vægtproportionalitet (figur 7) vil give et højere Æ10 tal for de "fjernede" køretø-
jer.

6 OPSAMLING

Under forudsætning af, at 2 modulvogntog kan erstatte 3 sættevogne eller
lastvogne med anhænger på grund af større lastekapacitet, viser MMOPP si-
mulationerne, at der tilsyneladende sker forkortelse af perioden mellem slid-
slagsfornyelse i det tungt belastede spor i forhold til de normalt forudsatte 15
år.

I betragtning af at gennemsnittet af levetider er 99,9 % for alle belægningstyper og procentandele for modulvogntog mellem 1 % og 5 %, kan det ikke antages at overflytningen af gods fra traditionelle lastvognstyper til modulvogntog vil medføre øget vejslid.

Indførelsen af modulvogntog ser således ud til ikke at have nogen betydning for vejsliddet, dog med en tendens til en mindre forringelse af levetiden. Dette skyldes i givet fald, at modulvogntog erstatter sættevogne med relativ lav $\text{Æ}10$ tal, mens modulvogntogene som gennemsnit har et højere $\text{Æ}10$ tal.