

NCC GREEN ROAD®

Udviklingsrapport 02/10

Den energibesparende vej

Forbedret samfundsøkonomi ved
reduktion af rullemodstand.
Samfundsøkonomisk rapport



Dato: Maj 2010
Forfattere: Connie Nielsen, NIRAS og
Trine de Fine Skibsted, NIRAS
Status: Ekstern rapport



FORVENT LIDT MERE

NCC Roads A/S
Fuglesangsallé 16
6600 Vejen
Telefon: 79 96 23 23
Telefax: 79 96 23 24
E-post: asfalt-vejen@ncc.dk
Hjemmeside: www.ncc.dk

NCC GREEN ROAD®

Udviklingsrapport 02/10

Den energibesparende vej

**Forbedret samfundsøkonomi ved
reduktion af rullemodstand.
Samfundsøkonomisk rapport**

Dato:	Maj 2010
Forfattere:	Connie Nielsen, NIRAS og Trine de Fine Skibsted, NIRAS
Følgegruppe:	Ole-Jan Nielsen, NCC Roads, Jørn Bank Andersen, NCC Roads, Bjarne Schmidt, Vejdirektoratet og Henrik Thomasen, NIRAS
Status:	Ekstern rapport
Nummerering:	Udviklingsrapporter nummereres med fortløbende nummer og årstal
Ekstern rapport:	Eftertryk i uddrag er tilladt med kildeangivelse

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	2
PREFACE	3
1. SAMMENFATNING	4
2. SUMMARY	7
3. INDLEDNING	10
4. TEKNISKE FORUDSÆTNINGER TIL ØKONOMISK ANALYSE	11
4.1 Sammenhæng mellem belægningstype og rullemodstand.....	11
4.2 Sammenhæng mellem rullemodstand og brændstofforbrug.....	12
5. STATSVEJNETTETS TILSTAND	13
5.1 Målte værdier for tekstur og jævnhed på statsvejnettet.....	14
5.2 Beregning af brændstofbesparelse pr. bil	16
5.3 Potentiale for brændstofbesparelse på det eksisterende statsvejnet	16
5.4 Udvalgte strækninger på statsvejnettet i henhold til tekstur	17
5.5 Måltal for tekstur og jævnhed på statsvejnettet opdelt på motorveje og hovedlandeveje	19
6. INVESTERINGER OG SCENARIER	21
6.1 Investeringer.....	21
6.2 Besparelser	22
6.3 Scenarier	23
7. SAMFUNDSØKONOMISK ANALYSE	24
7.1 Forudsætninger.....	24
7.2 Samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster.....	25
7.2.1 Prissætning og omfang af gevinster	25
7.2.2 Prissætning og omfang af omkostninger	29
7.3 Resultater	30
7.3.1 Følsomhedsanalyser	32
7.3.2 Vejdirektoratets plan for drift og vedligehold af vejnettet	34
LITTERATUR.....	36

FORORD

NCC Roads A/S har i et tidligere projekt fået vurderet, at en reduktion i rullemodstanden har et stort potentiale for at reducere brændstofforbruget. Dette projekt skal ses som en forlængelse heraf. Formålet er at undersøge om der kan opnås en samfundsmæssig gevinst ved, at de planlagte udskiftninger pålægges den energibesparende belægning frem for den hidtidige belægning. Det er således en samfundsøkonomisk analyse af fordele og ulemper ved en ny type belægning, der kan mindske rullemodstanden, uden at det har konsekvenser for friktionen og dermed trafiksikkerheden.

Projektet er udarbejdet af Connie Nielsen og Trine de Fine Skibsted fra NIRAS A/S. Projektet er løbende blevet diskuteret i en følgegruppe med deltagelse af Jørn Bank Andersen og Ole-Jan Nielsen (begge NCC Roads A/S), Henrik Thomasen (NIRAS) og Bjarne Schmidt (Vejdirektoratet/Vejteknisk Institut). Camilla K. Damgaard fra NIRAS har kvalitetssikret de samfundsøkonomiske analyser. NCC Roads A/S har finansieret undersøgelsen.

PREFACE

NCC Roads A/S determined during the course of an earlier project that a reduction in rolling resistance has great potential for reducing fuel consumption. The present project should be seen as a continuation thereof. The aim is to examine whether it will be possible to achieve any socio-economic gains by using the energy-saving road pavement material rather than that which has been used in the past when planned replacements are made. This, therefore, is a socio-economic analysis of the advantages and disadvantages of a new type of road pavement material designed to reduce rolling resistance without any consequences for friction and, in turn, traffic safety.

The project is the work of Connie Nielsen and Trine de Fine Skibsted from NIRAS A/S. It has been regularly discussed by a focus group comprising Jørn Bank Andersen and Ole-Jan Nielsen (both from NCC Roads A/S), Henrik Thomasen (NIRAS) and Bjarne Schmidt (Danish Road Directorate/Danish Road Institute). Camilla K. Damgaard from NIRAS has verified the quality of the socio-economic analyses. NCC Roads A/S financed the study.

1. SAMMENFATNING

Formålet med denne analyse er at undersøge de samfundsøkonomiske fordele ved en energibesparende belægning i forhold til en traditionel belægning.

Energibesparende belægning reducerer rullemodstanden, hvormed bilerne, der kører på vejen, kan spare brændstof. En udskiftning af belægningen på alle statsveje over en 15-årig periode vil medføre en samlet samfundsøkonomisk gevinst på 1,9 mia. kr. Besparelsen fremkommer ved, at:

- Det årlige brændstofforbrug bliver mindsket med 48 mio. L. Værdien heraf er mindst 250 mio. kr.
- Udledningen i drivhusgasser vil blive reduceret med 45.000 tons CO₂-ækv. årligt svarende til en værdi på 30,5 mio. kr.
- NO_x og SO₂ emissionen vil blive mindsket. Værdien heraf er 28 mio. kr.

Den samfundsøkonomiske beregning tager udgangspunkt i en teknisk undersøgelse, der har analyseret de tre relevante målbare størrelser for en belægning, henholdsvis tekstur (MPD), jævnhed (IRI) og stivhed (deflektion). På baggrund af den tekniske undersøgelse er det i den samfundsøkonomiske analyse antaget, at det er teksturen og jævnheden, der har betydning for rullemodstanden, da betydningen af stivheden har vist sig at være marginal.

Kapitel 4 belyser sammenhængen mellem MPD og IRI på den ene side og rullemodstanden på den anden side. Der er endvidere gjort rede for sammenhængen mellem ændringer i rullemodstanden, og hvad det betyder for ændringen i bilernes brændstofforbrug.

Kapitel 5 ser på det samlede potentiale for at spare brændstof på det danske statsvejnet, hvis man forestiller sig, at alle vejstrækninger har MPD-tal og IRI-tal, der er mindst lige så fordelagtige, som tilfældet er for den energibesparende asfalt. I gennemsnit er det muligt at spare ca. 3,3 pct. af det brændstof, der i dag bruges, når bilerne kører på statsvejnettet ved at udskifte de nuværende belægninger med energibesparende belægninger. Målt i brændstof udgør besparelsen 47,4 mio. liter brændstof ved at nedjustere MPD til 0,6 og 6,5 mio. liter brændstof ved at nedjustere IRI til 0,9. Maksimalværdier for både MPD og IRI på hele statsvejnettet, vil kræve en udskiftning af 99,8 pct. af slidlagene af de samlede strækninger i km.

Da langt det største bidrag til besparelse kommer fra vejens tekstur (MPD), er det valgt i afsnit 5.4 udelukkende at tage udgangspunkt i de strækninger, hvor det er muligt at forbedre teksten. En opdeling af de udvalgte strækninger i motor- og hovedlandeveje viser, at det årligt er muligt at spare ca. 28 mio. liter brændstof på motorvejene svarende til knap 2,7 pct., og godt 26 mio. liter på hovedlandevejene svarende til knap 4,6 pct. Forklaringen på, at der er mulighed for en større procentvis besparelse på hovedlandevejene er, at der er forholdsvist flere af de målte værdier af IRI og MPD, der ligger i den høje ende af fordelingen for hovedlandeveje sammenlignet med motorveje.

De viste beregninger af potentialet for brændstofbesparelser ud fra det eksisterende statsvejnet vil fremstå for fordelagtigt i en samfundsøkonomisk analyse, da en udskiftning med en traditionel belægningstype også bidrager til at reducere brændstofforbruget. Til den samfundsøkonomiske analyse har vi derfor valgt at sammenligne en udskiftning til energibesparende asfalt med en udskiftning til en traditionel asfalt.

I kapitel 6 opstilles de påkrævede investeringer, der dels er ved udskiftning til en energibesparende asfalt, dels ved en traditionel asfaltbelægning. Tilsvarende viser kapitlet beregningsgrundlaget for de besparelser, der er mulige at opnå ved at gå fra en traditionel asfalttype til den energibesparende asfalt.

Kapitel 7 opstiller den egentlige samfundsøkonomiske analyse på grundlag af de skitserede etableringsudgifter og besparelser i kapitel 6. Den samfundsøkonomiske analyse opgør gevinster, udgifter og omkostninger ved at udskifte en traditionel belægning med energibesparende belægning. Udover et mindsket brændstofforbrug medfører den energibesparende belægning en reduceret udledning af drivhusgasser, SO₂ og NO_x. Både brændstofbesparelsen og de mindskede miljøeffekter indgår som en gevinst i analysen. Nedenstående tabel oplister gevinsterne ved at hele statsvejnettet får den energibesparende belægning. Det ses, at den væsentligste gevinst ved etablering af energibesparende belægning stammer fra reduceret brændstofforbrug.

Tabel 1.1: Potentiale for at spare brændstof og miljøeffekter på det eksisterende statsvejnet.

	Mængde	Værdi, mio. kr.
Brændstofbesparelse	47,6 mio. L	250-410 ¹
Drivhusgasser i alt	44.882 ton CO ₂ -ækv.	30,5
SO ₂	306 kg	0,01
NO _x	76.297 kg	28
Gevinster i alt pr. år		308,51 - 468,51

1: Værdien afhænger af det pågældende år. I tabellen gælder den lave værdi år 2010 mens den høje er værdien i år 2024.

Udover etableringsudgiften fører forvridningstab fra det reducerede afgiftsprovenu til omkostninger i analysen.

Såfremt det forudsættes, at samtlige statsveje får den energibesparende belægning over en 15-årig periode vil det give anledning til en samfundsøkonomisk gevinst

på 187 mio. kr. årligt jf. Tabel 1.2. Den samlede gevinst over hele den 15-årige periode er 1,9 mia. kr. I analysen gennemføres en række følsomhedsanalyser og på denne baggrund kan det konkluderes, at ovenstående resultater er forholdsvis robuste.

Tabel 1.2: Resultater, mio. kr. pr. år.

	Scenarium 1: Motorveje	Scenarium 2: Hovedlandeveje	Scenarium 3: Alle statsveje
Årlig etableringsudgift til energibesparende belægning	130,3	244,8	375,1
Årlig etableringsudgift til traditionel belægning	142,3	223,0	365,4
<i>Ekstra årlig etableringsudgift ved energibesparende belægning i forhold til traditionel</i>	<i>-12,0</i>	<i>21,8</i>	<i>9,8</i>
Årlig værdi af gevinster	107,1	89,4	196,5
Årlig samfundsøkonomiske gevinst	119,1	67,6	186,7

Det forventede budgetniveau for Vejdirektoratet til nye belægninger i de kommende ti år er i gennemsnit 330 mio. kr. om året. Dette tal er dermed af samme størrelsesorden som værdien af de årlige brændstofbesparelser og miljøeffekter, såfremt hele statsvejnettet fik energibesparende belægning jf. Tabel 1.1. Niveauet gør det også muligt at udskifte mere end 1/15 af statsvejnettets belægninger om året, som det er forudsat bliver udskiftet årligt i denne rapport. Herved bliver det muligt at opnå gevinsterne tidligere og den samfundsøkonomiske gevinst kan derfor reelt blive større end de 1,9 mia. kr.

2. SUMMARY

The aim of this analysis is to examine the socio-economic advantages of an energy-saving road pavement material versus a traditional road pavement material. The energy-saving road pavement reduces rolling resistance, which in turn means that any vehicles which travel along the road can save fuel. Replacing the road pavement on all state roads over a period of 15 years will lead to total socio-economic savings of DKK 1.9 billion. These savings will come about as follows:

- The annual fuel consumption will be reduced by 48 million litres, equivalent to a value of at least DKK 250 million.
- The emission of greenhouse gases will be reduced by 45,000 tonnes of CO₂ equivalent annually, which corresponds to DKK 30.5 million.
- NO_x and SO₂ emissions will be reduced. This corresponds to DKK 154 million.

The socio-economic calculation is based on a technical study that has analysed the three relevant measurable parameters for a road pavement, namely the texture (MPD), roughness (IRI) and rigidity (deflection). On the basis of the technical study, it has been assumed in the socio-economic analysis that texture and roughness are what affect the rolling resistance since the impact of rigidity has proved to be marginal.

Chapter 4 examines the correlation between the MPD and IRI on the one hand, and the rolling resistance on the other. It also looks at the relationship between changes in rolling resistance and how these affect changes in vehicle fuel consumption.

Chapter 5 looks at the overall potential fuel savings on the Danish state road network if we assume that all roads have MPD and IRI values that are at least as good as the same values for the energy-saving asphalt. On average, it would be possible to save approximately 3.3% of the fuel used today when vehicles use the state road network by replacing the current road pavement with energy-saving road pavement materials. Measured in terms of fuel, this saving amounts to 47.4 million litres by scaling down the MPD to 0.6, and 6.5 million litres of fuel by scaling down the IRI to 0.9. The maximum values for both MPD and IRI on the entire state road network would require the replacement of 99.8% of the wearing surface on the old roads measured in kilometres.

Since the greatest contribution to potential savings by far comes from the road texture (MPD), Section 4.4 looks only at those stretches of road where it is possible to improve the texture. Splitting the chosen stretches of road into motorways and main roads reveals a potential annual saving of approximately 28 million litres of fuel for motorways, or just under 2.7%, and 26 million litres on the main roads, or just under 4.6%. The reason for the potentially greater saving in terms of percentage for main roads is that there are relatively more of the measured IRI and MPD values at the higher end of the distribution for the main roads compared with the motorways.

The calculations showing potential fuel savings based on the existing state road network will appear too positive in a socio-economic analysis, since replacing the road pavement with a traditional road pavement material would equally contribute towards a reduction in fuel consumption. We have therefore chosen, in the socio-economic analysis, to compare the switch to energy-saving asphalt with a switch to a traditional type of asphalt.

Chapter 6 sets out the investments required to switch to energy-saving asphalt on the one hand, and to using a traditional type of asphalt on the other. Similarly, the chapter shows the basis of calculation for the savings that may be achieved by moving from a traditional type of asphalt to the energy-saving asphalt.

Chapter 7 sets out the actual socio-economic analysis on the basis of the establishment costs and savings outlined in Chapter 6. The socio-economic analysis shows the gains, expenses and costs involved in replacing a traditional road pavement with an energy-saving road pavement material. In addition to a reduction in fuel consumption, the use of the energy-saving road pavement material also entails a reduction in the emission of greenhouse gases, SO₂ and NO_x. Both the fuel saving and the reduction in environmental impacts are included as a gain in the analysis. The following table lists the gains to be achieved if the entire state road network were to be paved with the energy-saving road pavement material. As may be seen, the greatest benefit to be achieved by establishing an energy-saving road pavement stems from the reduction in fuel consumption.

Table 2.1: Potential savings in fuel consumption and environmental impacts on existing state road network.

	Amount	Value, DKK millions
Fuel saving	47.6 million litres	250–410 ¹
Greenhouse gases, total	44,882 tonnes CO ₂ equivalent	30.5
SO ₂	306 kg	0.01
NO _x	76,297 kg	28
Gains, total per year		308.51–468.51

1: The value depends on the year in question. In the table, the low value applies to 2010 while the high value applies to 2024.

In addition to the establishment costs, the distortion loss resulting from reduced tax proceeds leads to costs in the analysis.

If we assume that all roads in the state road network are paved with the energy-saving road pavement material over a 15-year period, it would result in an economic gain of DKK 187 million per year as shown in Table 1.2. The overall gain over the entire 15-year period is DKK 1.9 billion. The analysis includes a number of sensitivity analyses, and we may conclude on this background that the above-mentioned results are relatively solid.

Table 2.2: Results, DKK million per year

	Scenario 1: Motorways	Scenario 2: Main roads	Scenario 3: All state roads
Annual establishment costs for energy-saving road pavement	130.3	244.8	375.1
Annual establishment costs for traditional road pavement	142.3	223.0	365.4
<i>Additional annual establishment costs for energy-saving road pavement versus traditional road pavement</i>	<i>-12.0</i>	<i>21.8</i>	<i>9.8</i>
Annual value of gains	107.1	89.4	196.5
Annual economic gain	119.1	67.6	186.7

The Danish Road Directorate has set aside an expected average of DKK 330 million per year over the next 10 years for new road pavements. This figure corresponds to the value of the annual savings in fuel and environmental impacts if the entire state road network were to be paved with energy-saving road pavement material, cf. Table 1.1. This level of funding actually means that it would be possible to repave more than 1/15 of the roads in the state road network every year, as presumed in this report. This would mean that the potential gains may be realised earlier, and that the overall economic gain may therefore effectively be greater than DKK 1.9 billion.

3. INDLEDNING

Vejoverflader påvirker rullemodstanden og dermed brændstofforbruget og CO₂-emissionen. NCC Roads A/S har derfor igangsat et udviklingsarbejde i samarbejde med Vejteknisk Institut, Vejdirektoratet og Dynatest, Danmark A/S, for at belyse muligheder for at nedbringe vejtransportens energiforbrug ved om muligt at anvende specielle belægningstyper. Dette samarbejde førte til den første rapport om den energibesparende vej, der er en teknisk rapport (Schmidt et al., 2009).

NCC Roads ønsker nu en videre undersøgelse af, om der kan opnås en samfundsmæssig gevinst ved, at de planlagte udskiftninger pålægges den energibesparende belægning frem for den hidtidige belægning. Det er således en samfundsøkonomisk analyse af fordele og ulemper ved en ny type belægning, der kan mindske rullemodstanden, uden at det har konsekvenser for friktionen og dermed trafiksikkerheden. Dette projekt gennemføres i et samarbejde med Vejdirektoratet/Vejteknisk Institut og NIRAS.

Den nærværende rapport ligger godt i tråd med Finanslovaftalen for 2010, der giver mulighed for fremrykning af investeringer i belægninger og bygninger på det danske statsvejnet, idet der er planlagt et ekstraordinært løft af vedligeholdelsesindsatsen i perioden 2010-2013. I henhold til aftalen er det også hensigten at sikre en økonomisk optimal vedligeholdelsesstrategi med et 10-årigt perspektiv for at minimere levetidsomkostningerne for belægninger og bygværker.

Vejdirektoratet har oplyst, at der i årene forinden 2009 blev brugt ca. 150 mio. kr. på asfalt pr. år. I 2009 blev der afsat 350 mio. til kapitalforbedringer, hvilket igen er øget til 650 mio. kr. i hvert af årene for 2010-2011 (Jacobsen 2010).

Analyserne i denne rapport viser, hvordan investeringer i energibesparende belægninger kan føre til gevinster. Det potentiale for energibesparelse, der er ved at vælge en energibesparende asfalt, vil også kunne reducere drivhusgasser, SO₂ og NO_x. De CO₂-besparelser, der er mulighed for, ligger udover de typer af besparelser, som man typisk hører om.

4. **TEKNISKE FORUDSÆTNINGER TIL ØKONOMISK ANALYSE**

Der er flere faktorer, der har indflydelse på rullemodstanden, der er belyst grundigt i den første tekniske rapport om den energibesparende vej (Schmidt et al., 2010). I den samfundsøkonomiske analyse vil vi fokusere på den sammenhæng, der er mellem vejbelægningen og rullemodstanden. Fokus er dermed at belyse, hvor meget brændstof der kan spares ved en ny energibesparende belægning, der gør det muligt at reducere rullemodstanden. Til det formål er det nødvendigt at have tekniske data for sammenhængen mellem vejbelægningen og rullemodstanden på den ene side og rullemodstanden og energiforbruget på den anden side.

4.1 **Sammenhæng mellem belægningstype og rullemodstand**

Der er især tale om tre mål for belægningstypen, der kan have betydning for rullemodstanden. Det gælder vejens tekstur (Mean Profile Depth), jævnhed (International Roughness Index) og vejens stivhed (deflektion). Da de mest afgørende mål for rullemodstandens betydning er belægningens tekstur (MPD) og jævnhed (IRI), er det valgt at tage udgangspunkt i disse måltal i den samfundsøkonomiske analyse.

Energy Conservation in Road Pavement Design (ECRPD) har offentliggjort ændringer i rullemodstanden for hastigheder på 54 km/t og 90 km/t (Hammarström et al., 2009). De publicerede ændringer i rullemodstanden som følge af ændringer i MPD- og IRI-tallet er hhv.:

Sammenhæng mellem IRI og rullemodstand

Procentvis ændring i rullemodstanden ved en stigning i ujævnheden på 1 meter pr. kilometer er 1,8 pct. ved en hastighed på 54 km/t og 6 pct. ved en hastighed på 90 km/t.

Sammenhæng mellem MPD og rullemodstand

Procentvis ændring i rullemodstanden ved en stigning i makroteksturen på 1 mm er 17 pct. ved en hastighed på 54 km/t og 30 pct. ved en hastighed på 90 km/t.

De viste sammenhænge mellem IRI og rullemodstand på den ene side og MPD og rullemodstand på den anden side er forudsat at være lineære. Vi har vurderet, at antagelserne er rimelige for det interval af målte værdier for IRI og MPD, der foreligger på det nuværende danske statsvejnet.

Ifølge et notat fra Vejdirektoratet (2008b) er de gennemsnitlige hastigheder på landevejene i 2005 målt til 80 km/t på øerne og 83 km/t i Jylland. Samtidig er det oplyst, at der i gennemsnit er kørt 115 km/t på motorveje, hvor der må køres 110 km/t og 120 km/t på motorveje, hvor der må køres 130 km/t. Da de gennemsnitlige hastigheder ikke er langt fra 90 km/t, har vi valgt at benytte sammenhænge mellem IRI og MPD på den ene side og rullemodstand på den anden side for denne hastighed.

4.2

Sammenhæng mellem rullemodstand og brændstofforbrug

Der er også forskellige antagelser om sammenhængen mellem rullemodstand og brændstofforbrug. En stigning i rullemodstanden på ti procent bevirker efter en tysk undersøgelse, at brændstofforbruget stiger med 4 pct., hvor det efter en undersøgelse fra Gdansk i Polen stiger med 3 pct. Ud fra et forsigtighedsprincip har vi valgt at bruge den sidste antagelse om, at brændstofforbruget stiger med 3 pct., når rullemodstanden stiger med 10 pct.

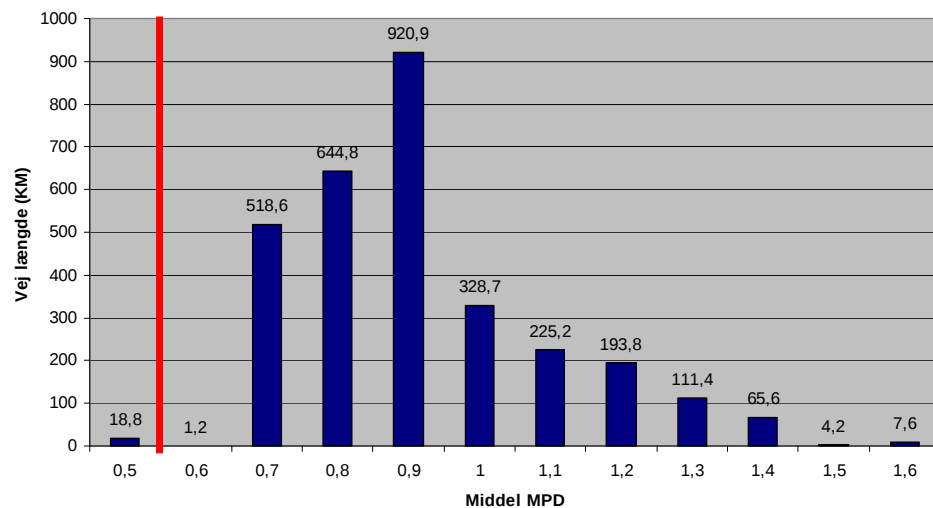
5. **STATSVEJNETTETS TILSTAND**

For at vurdere, hvor stort potentialet er for at spare brændstof, er det valgt at tage udgangspunkt i eksisterende måltal for MPD og IRI på det danske statsvejnet. Den trafik, der afvikles på statsvejnettet, udgør 45 pct. af den samlede trafik i Danmark (Vejdirektoratet, 2008). Længden af statsvejnettet er pr. 1. januar 2008 opgjort til 3.817 km, der svarer til 5 pct. af det samlede vejnet i Danmark. Vejdirektoratet foretager løbende målinger på det danske statsvejnet, hvorfra det har været muligt at anvende tal til denne undersøgelse.

5.1

Målte værdier for tekstur og jævnhed på statsvejnettet

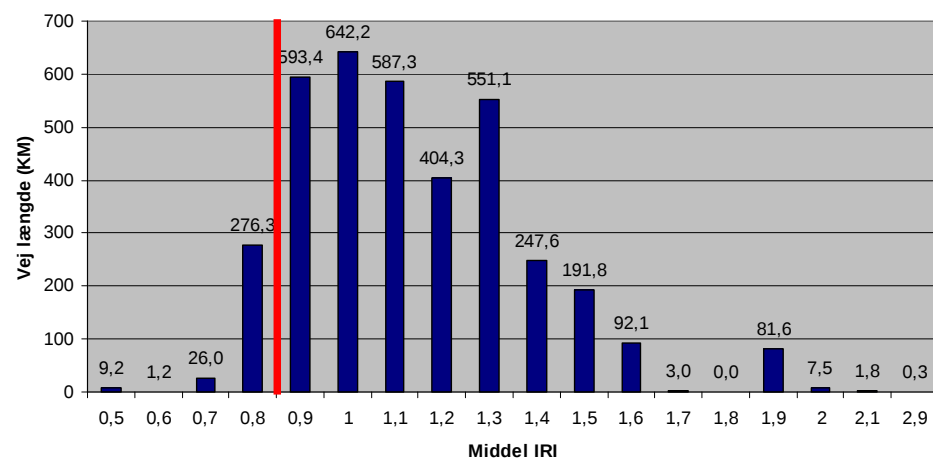
De målte værdier for tekstur (MPD) og jævnhed (IRI) på det danske statsvejnet viser, at der er en stor spredning, hvilket er vist i Figur 5.1 og 5.2



Anm.: Søjlen med påtegning 0,5 dækker fx tal, der er større end 0,5 og mindre end eller lig 0,6, så intervallet for de målte tal er (0,5;0,6].

Kilde: Vejteknisk Institut.

Figur 5.1: Målte værdier af MPD (Mean Profile Depth) på statsvejnettet.



Anm.: Søjlen med påtegning 0,8 dækker fx tal, der er større end 0,8 og mindre end eller lig 0,9, så intervallet for de målte tal er (0,8;0,9].

Kilde: Vejteknisk Institut.

Figur 5.2: Målte værdier for IRI (International Roughness Index) på statsvejnettet.

Vi kan forbedre de nuværende tal for MPD og IRI på det danske statsvejnet, så værdierne maksimalt er på $MPD = 0,6$ og $IRI = 0,9$ svarende til det niveau, der er rimeligt for en energibesparende asfalt. Det svarer til, at vi nedjusterer alle MPD-værdier, der er højere end 0,6 i Figur 5.1 til at være maksimalt lig 0,6. For de nuværende måltal på statsvejnettet er det opfyldt for de tal, der er repræsenteret i søjlen til venstre for den røde streg i Figur 5.1, da den dækker intervallet $(0,5;0,6]$, så værdien 0,6 er inkluderet. Tilsvarende nedskriver vi alle IRI-værdier, der er højere end 0,9 til at være lig 0,9 i Figur 5.2. Det er således alle de tal, der ligger til højre for de lodrette streger, der er markeret med rødt i Figur 5.1 og Figur 5.2. Når alle mål for MPD- og IRI maksimalt sættes til hhv. 0,6 og 0,9, er det muligt at undersøge, hvor meget brændstofforbrug der herved kan spares på det danske statsvejnet.

De valgte værdier for MPD og IRI på hhv. 0,6 og 0,9, er fastsat ud fra et skøn over, hvad der er muligt at opnå ved renovering af en vejstrækning. Såfremt MPD-tallet bliver for lavt, er der risiko for, at vejstrækningen ikke opfylder Vejreglernes krav til friktion. Såfremt MPD-tallet er 0,3, er det en af de kritiske parametre, der gør, at Vejteknisk Institut vil udpege strækningen til at skulle måles for friktion. Ved at vælge $MPD = 0,6$, vurderes det, at risikoen for at der senere opstår friktionsproblemer, er minimal. Et højt IRI-tal vil betyde, at bilen ”bumper” betydeligt på vejen, når den kører, hvilket også belaster bilen. IRI-tallet indgår derfor allerede i et usercost-udtryk, der påvirker den planlagte udskiftningsstrategi for belægninger på det danske statsvejnet. IRI-tallet på 0,9 skønnes at være en rimelig jævnhed, der kan opnås, ved hjælp af omhyggelig planfræsning og opretning ved renovering af eksisterende veje. Sammenfattende er der i forhold til den nødvendige uskiftning af en belægning ud fra et vedligeholdelsessynspunkt grænser for, hvor lavt MPD-tallet kan være og hvor højt, det er ønskværdigt, at IRI tallet er. Ligeledes er grænsen for, hvor lavt IRI-tallet kan blive afhængig af omkostningerne til renovering af vejen.

5.2 **Beregning af brændstofbesparelse pr. bil**

På baggrund af de forbedrede MPD- og IRI-tal kan et eksempel illustrere princippet i beregningen af den brændstofbesparelse, der kan opnås, når en enkelt bil kører på en strækning.

Antag, at en bil kører 90 km/t, hvorved der er en procentvis ændring i rullemodstanden på 30 pct. ved en stigning i makroteksttallet (MPD) på 1 mm. Lad os antage, at MPD-tallet er på 1,0, så en sænkning af MPD-tallet til 0,6 giver et bidrag til brændstofbesparelsen som følger:

- Den pct. vise ændring i rullemodstanden = $(1-0,6) * 0,30 = 0,12$
- Den pct. vise ændring i brændstofforbruget = $0,03*(0,12/0,10) = 0,036$

Bidraget fra en forbedring af MPD-tallet udgør således 3,6 pct. af bilens samlede brændstofforbrug.

Lad os antage, at en bil kører 90 km/t, hvorved der er en procentvis ændring i rullemodstanden på 6 pct. ved en stigning i ujævnheden (IRI-tallet) på en meter pr. kilometer. Antag endvidere, at det målte IRI-tal på vejstrækningen, hvor bilen kører er på 1,00. En forbedring af vejens IRI-tal til 0,9 vil med de ovenstående antagelser bevirke, at bilens brændstofforbrug kan beregnes således:

- Den pct. vise ændring i rullemodstanden = $(1,00-0,9) * 0,06 = 0,006$
- Den pct. vise ændring i brændstofforbruget = $0,03*(0,006/0,10) = 0,0018$

Bidraget fra en forbedring af IRI-tallet udgør således knap 0,2 pct. af bilens samlede brændstofforbrug.

Den totale brændstofbesparelse ved både at ændre MPD-tallet og IRI-tallet, som vist i de to beregninger, er således på 3,8 pct.

5.3 **Potentiale for brændstofbesparelse på det eksisterende statsvejnet**

Eksemplet med en enkelt bil kan generaliseres til alle de biler, der kører på det danske statsvejnet. En samlet opgørelse af det totale potentiale for at spare brændstof på hele statsvejnet viser, at det er muligt at spare 3,3 pct. af det brændstof, der i dag bliver forbrugt på det danske statsvejnet.

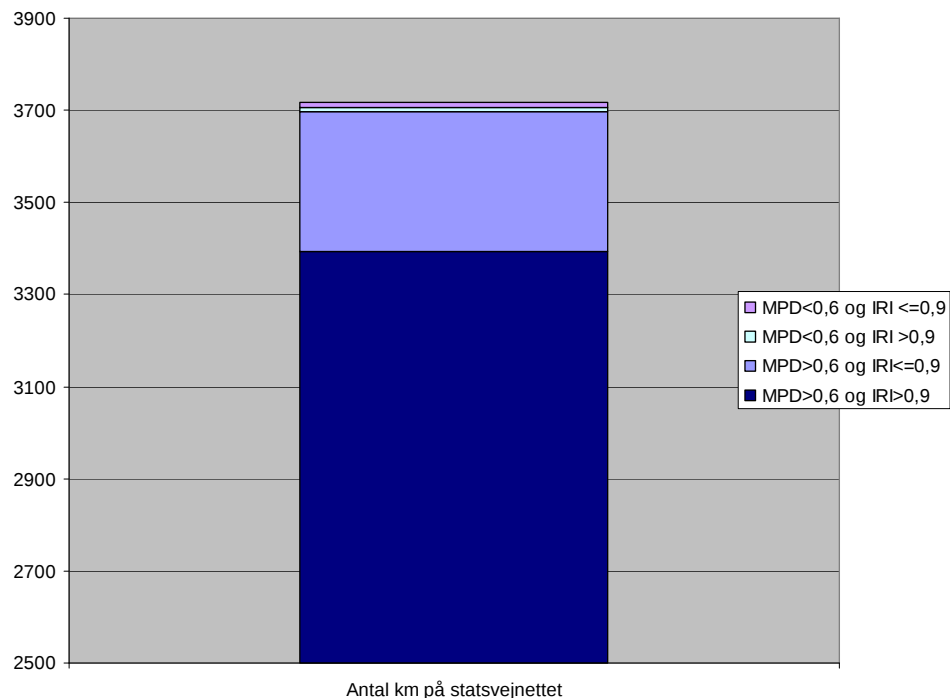
Besparelsen på 3,3 pct. fremkommer ved at antage, at alle strækninger på det danske statsvejnet får deres måltal for tekstur og jævnhed korigeret, så de maksimalt er på MPD = 0,6 og IRI = 0,9. Faktisk indebærer disse krav, at der sker ændringer på alle strækninger på det danske statsvejnet på nær én strækning, der

er på 9,2 km, som har måltal for MPD og IRI under de nævnte værdier. Besparelsen på de 3,3 pct. forudsætter dermed, at 99,8 pct. af de nuværende km på statsvejnettet bliver udskiftet.

Den procentuelle besparelse på de 3,3 pct. er baseret på, at det nuværende brændstofforbrug er på knap 1620 mio. liter med de målte tal for årsdøgnstrafikken, antal km på statsvejnettet og en antagelsen om, at en bil kan køre 11,83 km på literen. Ved at nedjustere alle MPD-tal i Figur 5.1, så den maksimale værdi er 0,6, er det muligt at spare ca. 47,4 mio. liter brændstof. Tilsvarende er det muligt at spare 6,5 mio. liter brændstof ved at nedjustere IRI-tallene til maksimalt at være 0,9 i Figur 5.2.

5.4 Udvalgte strækninger på statsvejnettet i henhold til tekstur

Da det største potentiale for brændstofbesparelser er givet ved at justere belægningens tekstur (MPD), tager dette afsnit udgangspunkt i kriteriet om, at MPD maksimalt må være lig 0,6. Alene denne grænseværdi vil kræve en udskiftning af en stor del af det danske statsvejnet, og de veje, der bliver udskiftet, vil samtidig få forbedret deres IRI-tal, så der også opnås gevinster ad den vej. Figur 5.3.giver et overblik over, hvor stor en andel af statsvejnettet, der kræver en udskiftning, når kriteriet er de veje, hvor $MPD > 0,6$.



Figur 5.3: Statsvejnettet opdelt efter kriterier for belægningens tekstur (MPD) og jævnhed (IRI).

Der er kun tre strækninger, hvor det målte MPD-tal er mindre end maksimalværdien på 0,6, hvor strækningerne i alt er på knap 19 km, hvilket er vist i Figur 5.3.

Da de strækninger, der ved en udskiftning både opnår bidrag til besparelse fra forbedringer i MPD og IRI, har det største potentiale for at spare brændstof, er det valgt yderligere at opdele efter, om det er tilfældet eller ej. Blandt alle strækninger på statsvejnettet, der har mulighed for at få forbedret tekstur (dvs. $MPD > 0,6$) opdeler Tabel 5.1 derfor strækningerne i, om det samtidig er muligt at forbedre jævnhed eller ej (dvs. $IRI \leq 0,9$ eller $IRI > 0,9$).

Tabel 5.1: Årlig besparelse i brændstofforbrug på statsvejnettet opdelt på MV og HLDV og mål for tekstur (MPD) og jævnhed (IRI).

	Motorveje (MV)		Hovedlandeveje (HLDV)	
	Besparelse	Strækning i km	Besparelse	Strækning i km
MPD > 0,6 og IRI > 0,9	22,4 mio. liter (2,7 pct.)	829	26,0 mio. liter (4,6 pct.)	2566
MPD > 0,6 og IRI ≤ 0,9	5,3 mio. liter (2,4 pct.)	254	0,2 mio. Liter (2,3 pct.)	50

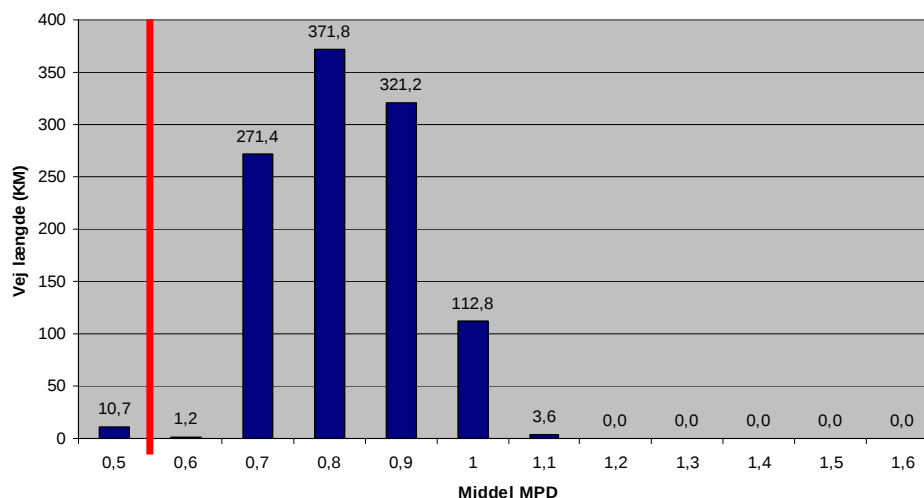
Anm.: Der er kun 3 strækninger på det danske statsvejnet, der har MPD-tal, der er mindre end 0,6 og de er alle større eller lig 0,5. De tre strækninger er på i alt 18,8 km.

Som det fremgår af Tabel 5.1, er der mulighed for at optimere på både MPD- og IRI-tal for de fleste vejstrækninger på statsvejnettet. Det gælder for 829 km motorveje og 2.566 km hovedlandeveje. I de tilfælde kan der på motorvejene samlet set spares 22 mio. liter brændstof og på hovedlandevejene 26 mio. liter, hvilket svarer til hhv. 2,7 pct. og 4,6 pct. af det totale brændstofforbrug, der er beregnet for de pågældende strækninger.

Tallene i tabel 5.1 peger i retning af, at den totale brændstofbesparelse på det eksisterende statsvejnet på de 3,3 pct., som nævnt i afsnit 5.3, fordeler sig med det største potentiale for besparelse af brændstof på hovedlandevejene og dernæst med en besparelse på motorvejene. Forklaringen på, at den procentuelle besparelse er større på de eksisterende hovedlandeveje ser ud til at ligge i, at hovedlandevejene har forholdsvis mange måltal for MPD og IRI i den høje ende af fordelingerne, som det fremgår af hhv. Figur 5.1 og Figur 5.5 i det efterfølgende afsnit 5.5.

Måltal for tekstur og jævnhed på statsvejnettet opdelt på motorveje og hovedlandeveje

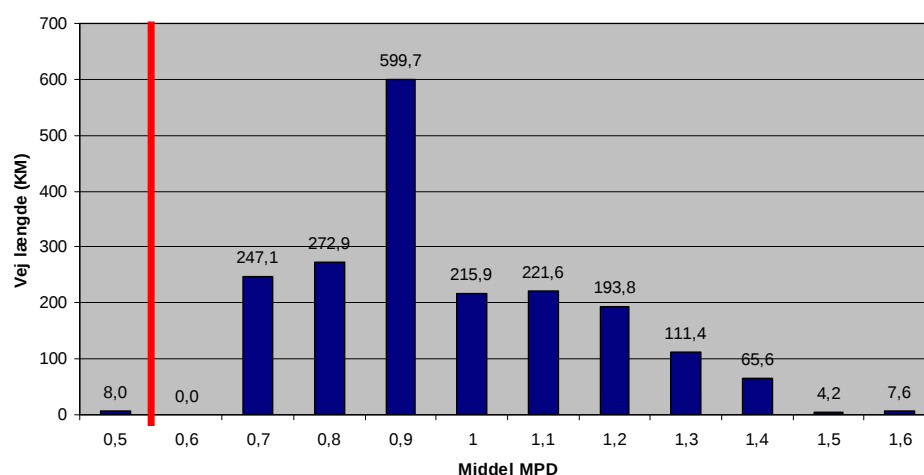
En opdeling af målinger af MPD og IRI fra det samlede statsvejnet i motorveje og hovedlandeveje viser, at der er forholdsvis flere af de målte værdier på hovedlandevejene, der ligger i den høje ende af fordelingen. **Figur 5.4** og **Figur 5.5** viser fordelingerne af de målte tal for MPD på statsvejnettet opdelt på hhv. hovedlandeveje og motorveje og tilsvarende viser **Figur 5.6** og **Figur 5.7** de målte IRI-tal opdelt på hhv. motorveje og hovedlandeveje.



Kilde: Vejteknisk Institut

Anm.: Søjlen med påtegning 0,5 dækker fx tal, der er større end 0,5 og mindre end eller lig 0,6, så intervallet for de målte tal er (0,5;0,6].

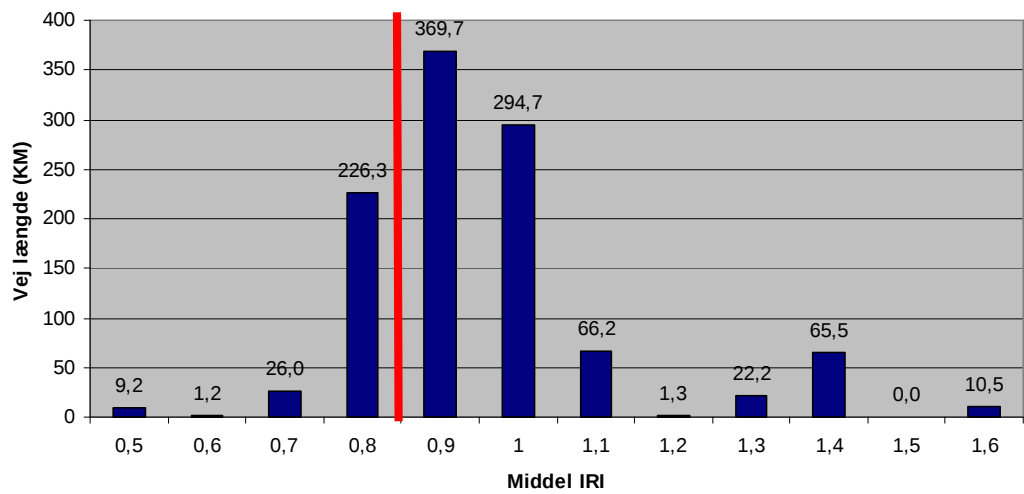
Figur 5.4: Målte værdier af MPD (Mean Profile Depth) på motorveje.



Kilde: Vejteknisk Institut

Anm.: Søjlen med påtegning 0,5 dækker fx tal, der er større end 0,5 og mindre end eller lig 0,6, så intervallet for de målte tal er (0,5;0,6].

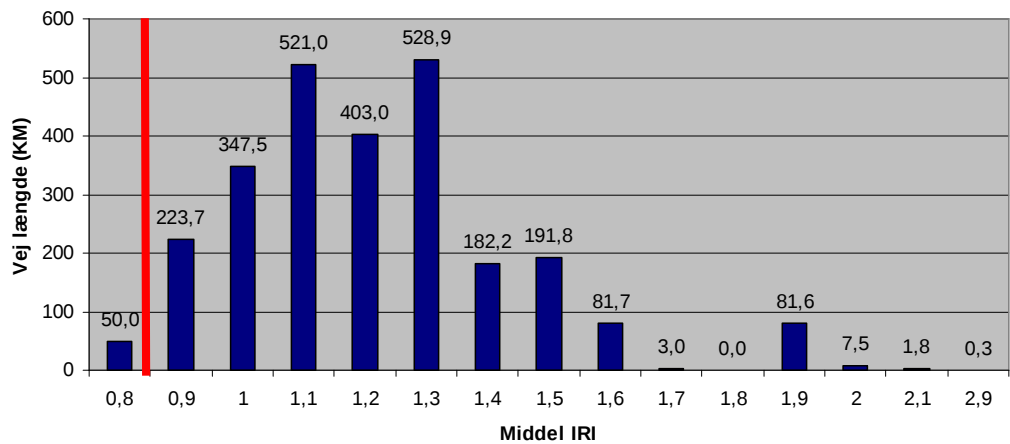
Figur 5.5: Målte værdier af MPD (Mean Profile Depth) på hovedlandeveje.



Anm.: Søjlen med påtegning 0,8 dækker fx tal, der er større end 0,8 og mindre end eller lig 0,9, så intervallet for de målte tal er (0,8;0,9].

Kilde: Vejteknisk Institut

Figur 5.6: Målte værdier af IRI (International Roughness Index) på motorveje.



Anm.: Søjlen med påtegning 0,8 dækker fx tal, der er større end 0,8 og mindre end eller lig 0,9, så intervallet for de målte tal er (0,8;0,9].

Kilde: Vejteknisk Institut.

Figur 5.7: Målte værdier af IRI (International Roughness Index) på hovedlandeveje.

6. INVESTERINGER OG SCENARIER

Det år en vej får en ny belægning er der som regel en betydelig etableringsudgift. Den nye belægning kan imidlertid have så store fordele, der tjener sig ind i løbet af belægningens levealder, at det kan være en fordelagtig investering over tid.

Etableringsudgiften og de efterfølgende fordele afhænger af, hvad man vælger at referere til. Da vejene også ville blive forbedret med en traditionel belægningstype, er det valgt at sammenligne den energibesparende asfalt med en traditionel asfalt. En udskiftning med den traditionelle belægning er således valgt som reference til at se på en udskiftning til den energibesparende belægning.

6.1 Investeringer

Det er nødvendigt at se effekten af energibesparende asfalt i forhold til den type belægning, der ellers ville være på vejene. Der er i dag et vedligeholdelsesmæssigt efterslæb på statsvejnettet, og det vurderes ikke at være realistisk, at den eksisterende belægning vil kunne holde yderligere i 15 år, som er den levetid den nye energibesparende asfalt har. Det er derfor nødvendigt at holde samtlige effekter (etableringsudgift, benzinbesparelse mv.) af den energibesparende op imod ny traditionel asfalt, som forudsættes at være anvendt såfremt den energibesparende asfalt ikke blev udlagt.

Af denne årsag er det nødvendigt både at se på etableringsudgiften for både energibesparende og ny traditionel asfalt. Etableringsudgiften for 1 km asfalt fremgår af nedenstående tabel. Ved fastsættelse af etableringsudgiften er det forudsat, at den eksisterende vej har tilstrækkelig bæreevne. Der er således ikke regnet med forstærkningslag i nogen af løsningsforslagene.

Tabel 6.1: Etableringsudgifter, 2010-kr. (NCC 2010).

		Levetid år	Mio. kr./km	Annuitet kr./km ³
Energibesparende	Motorvej 4-sporet ¹	15	1,10	106.362
	Motorvej 6-sporet ²	15	1,59	152.895
	Hovedlandevej	15	0,86	83.240
Traditionel	Motorvej 4-sporet	16	1,23	113.677
	Motorvej 6-sporet	16	1,77	163.410
	Hovedlandevej	15	0,80	77.459

¹: En 4-sporet motorvej, som i hver retning har 2 kørespor.

²: En 6-sporet motorvej, som i hver retning har 3 kørespor af 11,5 m.

³: Der er anvendt en real rente på 5 pct.

For belægningen på motorveje gælder, at etableringsudgiften er højere for traditionelle veje end for energibesparende, pga. slidlagets større lagtykkelse. Den forventede levetid for energibesparende belægninger er dog forsigtigt sat et år kortere end for traditionelle belægning. Såfremt levetiden holdes op mod etableringsudgiften ses, at den energibesparende belægnings etableringsudgift stadig er mindre end den traditionelle jf. sidste kolonne i Tabel 6.2.

Samme forhold gælder ikke for hovedlandeveje. Her er den traditionelle belægning billigere end den energibesparende, hvilket dels skyldes at den traditionelle belægning har en billigere slidlagstype, dels er følgeomkostningerne til at etablere en jævn vej større pr. km på grund af hovedlandevejens mindre bredde, dvs. færre m² til at fordele omkostningerne på.

Tabel 6.2 viser de samlede etableringsudgifter, hvis der skal ny belægning på hele statsvejnettet.

Tabel 6.2: Total etableringsudgift, 2010-kr., faktorpriser.

		Km vej	Total etableringsudgift, mio. kr.
Energibesparende	Motorvej	1.093	1.207
	Hovedlandevej	2.624	2.267
Traditionel	Motorvej	1.093	1.347
	Hovedlandevej	2.624	2.111

Anm.: Alle motorveje forudsættes at være 4-sporede.

6.2

Besparelser

I kapitel 5 blev potentialet for brændstofbesparelser bestemt ud fra det eksisterende vejnet. Det vil imidlertid være en fejl at benytte dette besparelspotentiale i den samfundsøkonomiske analyse. Dette skyldes bl.a., at den samfundsøkonomiske analyse forudsætter, at belægningen udskiftes løbende over dens forventede levetid, som er 15 år. Vejenes nuværende tilstand bevirker imidlertid, at det ikke er realistisk at de eksisterende veje kan holde så lang en periode. Den samfundsøkonomiske analyse udføres derfor som en partiel analyse, hvor fordelene ved ny energibesparende belægning ses i forhold til ny traditionel belægning.

Tabel 6.3: Antagelser om IRI og MPD for energibesparende belægning og traditionel belægning i den samfundsøkonomiske analyse.

	Energibesparende belægning		Traditionel belægning	
	IRI	MPD	IRI	MPD
Motorveje (MV)	0,9	0,6	1,0	0,86
Hovedlandeveje (HLDV)	0,9	0,6	1,0	1,00

Den energibesparende belægning har en IRI på 0,9 og et MPD-tal på 0,6, som det blev beskrevet i kapitel 5. Til sammenligning er det antaget, at den traditionelle belægning har en IRI på 1,0 og en MPD på 1,0 for hovedlandeveje og en værdi på 0,86 på motorveje. MPD på 0,86 på motorveje blev sat til denne værdi, da den svarer til gennemsnittet af de nuværende MPD-tal på motorvejene. I afsnit 7.2.1 er brændstofbesparelserne beregnet for den energibesparende belægning i forhold til den traditionelle belægning ved brug af metoden, der er beskrevet i afsnit 5.2.

6.3

Scenarier

Analysen vurderer de samfundsøkonomiske omkostninger i 3 forskellige scenarier. Analysen nuanceres yderligere med en række følsomhedsanalyser.

Konkret ses på følgende scenarier:

1. Løbende udskiftning af samtlige belægninger på motorveje over en 15-årig periode.
2. Løbende udskiftning af samtlige belægninger på hovedlandeveje over en 15-årig periode.
3. Løbende udskiftning af samtlige belægninger på hele statsvejnettet over en 15-årig periode.

Analysens resultater bliver nuanceret gennem følsomhedsanalyser af diskonteringsfaktoren, brændstofprisen og værdien af eksternaliteterne.

7. SAMFUNDSØKONOMISK ANALYSE

I det følgende vil de samlede omkostninger ved at udlægge energibesparende asfalt blive holdt op imod gevinsterne herved. Perspektivet er samfundets, dvs. økonomien betragtes fra de danske borgers vinkel og ikke blot fra en enkelt bilist, som er interesseret i at spare benzin.

En samfundsøkonomisk tilgang adskiller sig fra en privatøkonomisk tilgang på en række punkter. For det første medtages skatter og afgifter ikke, da de blot anses for at være en overførsel mellem to aktører. For det andet medtages effekter, hvis værdi ikke umiddelbart kan aflæses i markedet. Årsagen er, at selvom ting ikke er behæftet med en pris, så kan de alligevel godt have værdi for borgeren. For det tredje opgøres priserne i markedspriser, så de afspejler forbrugerens betalingsvillighed. Konkret sker den korrektion vha. nettoafgiftsfaktoren (NAF)¹ og skatteforvridningstab.

7.1 Forudsætninger

Den samfundsøkonomiske analyse er udført i henhold til Finansministeriets vejledning (Finansministeriet 1999). Dog er der anvendt de forudsætninger, som forventes anbefalet i Finansministeriets kommende vejledning. Dette indebærer bl.a.:

- Nettoafgiftsfaktor på 1,35
- Skatteforvridningsfaktor på 0,2
- Diskonteringsrente på 5 pct. realt

Idet der tages udgangspunkt i Finansministeriets vejledning sikres et ensartet sammenligningsgrundlag, når resultaterne vurderes i sammenhæng med andre analyser.

Den forventede udvikling i energipriserne er afgørende for opgørelsen af værdien af brændstofbesparelsen. Ligeledes er det nødvendigt at opgøre værdien af miljøeffekterne, dvs. drivhusgasser, SO₂ og NO_x. Denne prisfastsættelse tager udgangspunkt i Energistyrelsens forudsætninger (Energistyrelsen 2009).

¹ NAF udtrykker det gennemsnitlige afgiftsniveau. Ved at korrigere en faktorpris (pris uden afgifter og moms) med NAF fås en markedspris, som afspejler forbrugerens betalingsvilje. Skatteforvridningstab forklares nærmere i kapitel 7.2.2.

7.2 Samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster

Tabellen nedenfor opsummerer gevinster og omkostninger ved tiltaget. Analysen udføres, som nævnt i forrige kapitel, som en partiel analyse, hvor der ses på forskellen mellem traditionel og energibesparende asfalt.

Tabel 7.1: Gevinster og omkostninger.

Gevinster	Omkostninger
Reduceret brændstofforbrug	Etableringsudgift
Færre emissioner af drivhusgasser, N ₂ O, SO ₂ og NO _x	Afgiftstab
Mindre støj	

7.2.1 Prissætning og omfang af gevinster

Den energibesparende asfalt giver anledning til et lavere brændstofforbrug. Det er udelukkende den rene pris på brændstof, som medtages, idet afgifter og skatter som nævnt udelukkende ses som en transaktion mellem to parter.

Input til analysen er den samlede brændstofbesparelse for hver vejstrækning. Den totale brændstofbesparelse estimeres ud fra statsvejenes årsdøgntrafik (ÅDT). ÅDT er et gennemsnitstal, hvor lastbiler er omregnet til personbilsækvivalenter. Brændstofbesparelsen opdeles på benzin og diesel. Opdelingen er baseret på forbrugstal for år 2009, hvor 61 pct. af al motorbrændstof var diesel og den resterende del var benzin.

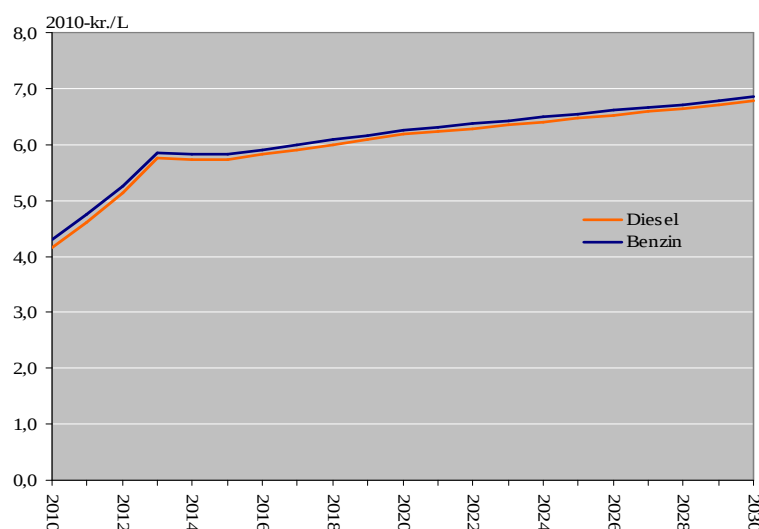
Tabel 7.2 opsummerer den samlede brændstofbesparelse. Det ses, at det sammenlagt er muligt at spare 47,6 mio. L brændstof, hvis samtlige statsveje får den energibesparende belægning. I beregningen er der taget udgangspunkt i, at samtlige statsveje skal have ny belægning i den betragtede tidsperiode, hvor MPD er 0,6 og IRI er 0,9. Brændstofbesparelsen er beregnet i forhold til, hvis der alternativt blev lagt ny traditionel asfalt. Det er antaget, at den nye traditionelle asfalt har en IRI på 1 for både motorveje og hovedlandeveje og en MPD på 1 for hovedlandeveje. For motorveje er MPD fastsat til det nuværende gennemsnit på 0,86. Tallene kan derfor ikke umiddelbart sammenlignes med brændstofbesparelsen i Tabel 5.1, hvor besparelsen blev udregnet i forhold til de faktiske IRI og MPD tal.

Tabel 7.2: Total brændstofbesparelse ved energibesparende belægning i forhold til en ny traditionel belægning.

	Km vej	Total brændstof besparelse, mio. L	Heraf benzin, mio. L	Heraf diesel, mio. L
Motorveje	1.093	25,9	10,1	15,8
Hovedlandevej	2.624	21,7	8,4	13,2
<i>Total</i>	<i>3.717</i>	<i>47,6</i>	<i>18,5</i>	<i>29,1</i>

Anm.: Den traditionelle asfalt har en IRI på 1. MPD er for nye traditionelle hovedlandeveje 1 og for motorveje er den det nuværende MPD gennemsnit, jf. kapitel 6.2.

Idet analysen ikke blot ser på konsekvenserne af at etablere energibesparende belægning i et enkelt år, er det nødvendigt at tage højde for, at priserne på brændstof ikke er konstante. Energistyrelsen udgiver jævnligt oversigter over forventede fremtidige energipriser, hvor den nedenstående figur fx viser den forventede prisudvikling for benzin og diesel frem til år 2030. Priserne er opgjort i år 2010-priser og er eksklusiv skatter og afgifter.



Figur 7.1: Udvikling i benzin- og dieselprisen

Kilde: Energistyrelsen (2009).

Et reduceret brændstofforbrug begrænser ligeledes udledningen af partikler og drivhusgasser. Udledningen har negative konsekvenser på miljø og sundhed, og en reduktion heraf er derfor en gevinst for samfundet.

Tabel 7.3: Mindsket udledning af emissioner.

	Scenarium 1: Motorveje	Scenarium 2: Hovedlandeveje	Scenarium 3: Alle statsveje
Brændstofbesparelse, mio. L	25,9	21,7	47,6
CO ₂ , ton	24.273.	20.331	44.604
Metan (CH ₄), kg.	1.197	1.114	2.311
Lattergas (N ₂ O), kg.	266	474	740
Drivhusgasser i alt, ton CO ₂ -ækv.	24.380	20.501	44.882
SO ₂ , kg.	166	139	306
NO _x , kg.	46.218	30.079	76.297

Værdien af den mindskede forurening kan prissættes ud fra officielle nøgletal, som er gængs i

Tabel 7.4. Emissionen af fx CO₂ er uafhængig af brændstoftype, mens dette fx ikke gælder for metan.

Tabel 7.4: Emissionskoefficienter.

Brændsel	Kategori	Kørsel	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x
			Kg/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ
Benzin	Personbiler	Land	73	4,0	1,7	0,5	108
Benzin	Personbiler	Motorvej	73	3,6	0,8	0,5	139
Diesel	Personbiler	Land	74	1,9	2,2	0,5	298
Diesel	Personbiler	Motorvej	74	0,9	2,0	0,5	320

Kilde: Energistyrelsen (2009).

Reduktionen af emissioner prissættes vha. nøgletal fra Energistyrelsen som vist i Tabel 7.5.

Tabel 7.5: Priser for eksternaliteter.

	2010-kr./kg.
Nox udenfor by	53,26
Nox i by	53,26
SO ₂ udenfor by	84,15
SO ₂ i by	128,90
CO ₂ (2010)	0,11
CO ₂ (2011)	0,14
CO ₂ (2012)	0,19
CO ₂ (2013 og frem)	0,24

Anm.: N₂O og CH₄ omregnes til CO₂-ækv.

Kilde: Energistyrelsen (2009).

Ud fra ovenstående er det muligt at prissætte værdien af eksternaliteterne fra brændstof. Fx er værdien af eksternaliteterne fra 1 L benzin 0,46 kr. i år 2010 jf. Tabel 7.6. Denne værdi er væsentlig lavere end afgiften for en liter benzin, som

pt. er 4,25 kr./L. En årsag til at afgiften – som reelt skal afspejle værdien af de eksternaliteter der er ved at forbruge 1 L brændstof – er markant højere end værdien af eksternaliteterne er, at der udover udledning af partikler også er andre eksternaliteter, som ikke prissættes. Eksempler er støj og trængsel.

Tabel 7.6: Eksempel på beregning af værdi af eksternalitet.

Brændsel	Emission Kg/L	Værdi kr./L
CO ₂	$73 \text{ kg/GJ} \times 0,033 \text{ GJ/L} = 2,409 \text{ kg/L}$	
CH ₄	$4 \text{ g/GJ} \times 0,033 \text{ GJ/L} / 1000 = 0,000132 \text{ kg/L}$	
N ₂ O	$1,7 \text{ g/GJ} \times 0,033 \text{ GJ/L} / 1000 = 0,0000561 \text{ kg/L}$	
Drivhusgasser i alt	2,429 kg/L	$2,429 \text{ kg/L} \times 0,11 \text{ kr./kg} = 0,27 \text{ kr./L}$
SO ₂	$0,5 \text{ g/GJ} \times 0,033 \text{ GJ/L} / 1000 = 0,0000165 \text{ kg/L}$	$84,15 \text{ kr./L} \times 0,0000165 \text{ kg/L} = 0,001 \text{ kr./L}$
NO _x	$108 \text{ g/GJ} \times 0,033 \text{ GJ/L} / 1000 = 0,0036 \text{ kg/L}$	$53,26 \text{ kr./L} \times 0,0036 \text{ kg/L} = 0,19 \text{ kr./L}$
I alt		0,46 kr./L

Øget trafik bevirker, at det samlede brændstofforbrug øges. Dermed bliver den potentielle brændstofbesparelse, som følge af den energibesparende belægning, også større. Infrastrukturkommissionen (2008) vurderer, at trafikken på statsvejnettet øges med ca. 70 pct. frem mod 2030. Dette svarer til en årlig trafikvækst på 2,2 pct.

Den forventede brændstofbesparelse vil omvendt have tendens til at blive overvurderet, da mere og mere energieffektive biler trækker i retning af at reducere brændstofforbruget. Regeringen arbejder gennem EU på at øge bilers energieffektivitet. Nye biler er i dag væsentlig mere energieffektive end for blot få år siden, hvilket også ses af Figur 6.2. Fx kører nye biler 5,5 pct. længere på en liter brændstof i dag end for blot 1 år siden. Dette bevirker sammen med forbrugernes nuværende efterspørgsel efter lette og mindre energiforbrugende biler, at bilparkens samlede energieffektivitet er under løbende forbedring.

I denne analyse er det valgt at antage, at de øgede muligheder for at spare brændstof ved en forventet stigning i trafikken opvejer de forbedringer der er forventet pga. mere energieffektive biler. Analysen forudsætter, at det nuværende niveau for ÅDT er gældende, og at biler er så energieffektive som i dag.



Figur 7.2: Energieffektivitet for nye personbiler.

Kilde: Danmarks Statistik (2009).

Den energibesparende vejbelægning vil være en modificeret type af de tynde støjreducerende slidlag, så det må formodes, at der vil være en betydelig støjreducerende effekt ved den energibesparende belægning. Det er dokumenteret, at støj har en negativ indvirkning på huspriserne og på danskernes sundhed. Den energibesparende belægning giver anledning til mindre støj og giver derfor en gevinst til husejerne i form af en værdiforøgelse af huset. Datagrundlaget i nærværende analyse er dog for spinkelt til, at en sådan gevinst vil kunne indregnes i analysen. De negative sundhedseffekter er bl.a. dokumenteret af Miljøstyrelsen i 2006, som fandt at op mod 2.200 danskere hvert år rammes af en hjertesygdom som følge af trafikstøj, hvoraf op mod 500 af dem dør (Ohm et al. 2003).

7.2.2 *Prissætning og omfang af omkostninger*

Selve etableringsudgiften til den nye belægning fremgår af Tabel 6.1. Udover selve etableringsudgiften er der dog også et skatteforvridningstab.

Skatteforvridningstabet opstår, idet det ikke er omkostningsfrit for staten at finansiere et tiltag ved at opkræve skatter og/eller afgifter, fx skal personalet, som står for at opkræve skatter og afgifter, have løn. Ligeledes er det også nødvendigt at tage højde for skatteforvridningstabet i forbindelse med det mindskede afgiftsprovenu til staten. Idet brændstof er afgiftsbelagt, vil et mindre forbrug af brændstof mindske afgiftsprovenuet til staten.

Omkostninger til vedligehold, vinterberedskab, trafikuheld mv. vurderes ikke at blive påvirket af den nye type asfalt i forhold til en ny vej med traditionel belægning.

Det antages, at forbrugerne ikke ændrer deres forbrug som følge af, at deres budget til brændstof mindskes, og der tages derfor ikke højde for yderligere effekter.

Resultater

De to tabeller nedenfor gengiver de årlige investeringer for henholdsvis motorveje og for hovedlandeveje. Samtlige omkostninger er faste 2010-priser og er således renset for inflation. Da der er forskellig forventet levetid for de to typer belægning er det forudsat, at 1/15 af vejenes belægning udskiftes pr. år, såfremt der er tale om energisparende belægning, og 1/16 pr. år såfremt der er tale om traditionelbelægning.

En udskiftning af belægningen på motorvejene med den nye energibesparende belægning betyder, at etableringsudgiften kan fordeles med 1/15 om året, hvilket får investeringen til at beløbe sig til 130 mio. kr. om året. Samlet vil udskiftningen af samtlige belægninger på motorveje med den energibesparende belægning koste 1.954 mio. kr. Da 130 mio. kr. om 15 år ikke svarer til 130 mio. kr. i dag, diskonteres fremtidige beløb. Summen af de fremtidige beløb (nutidsværdi) udtrykker hvor stort et beløb, der skal afsættes i dag til etableringsudgifter i hele den betragtede periode. Dette beløb kan omregnes til et årligt beløb (annuitet), der fortæller, hvor stor en del af den samlede investering, der falder årligt.

Brændstofbesparelsen øges i takt med, at en større andel af vejnettet får den energibesparende belægning. Endvidere er prisen på brændstof og CO₂ ikke konstant. Det er derfor nødvendigt at omregne gevinsterne herved til en årlig værdi (annuitet) for at kunne sammenligne dem med den årlige etableringsudgift. Det ses af nedenstående tabel, at den årlige værdi af gevinsterne (korrigeret for afgiftstab) fra motorveje vokser fra 11,1 mio. kr. i 2011 til 240 mio. kr. i 2025. Den samlede gevinst i hele perioden er 1.112 mio. kr. og omregnet til en årlig gevinst svarer dette til 107 mio. kr.

Tabel 7.7: Etableringsudgifter og årlige omkostninger for motorveje, mio. 2010-kr.

Energibesparende belægning	SUM	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Andel som udskiftes	1	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	
Anlægsudgift	1.954,4	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	
Nutidsværdi anlægsudgift	1.352,4	124,1	118,2	112,6	107,2	102,1	97,2	92,6	88,2	84,0	80,0	76,2	72,6	69,1	65,8	62,7	
Annuitet		130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	
Traditionel belægning	SUM	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Andel som udskiftes	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Anlægsudgift	2.181,0	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3	136,3
Nutidsværdi anlægsudgift	1.477,3	129,8	123,6	117,8	112,1	106,8	101,7	96,9	92,3	87,9	83,7	79,7	75,9	72,3	68,8	65,6	62,4
Annuitet		142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	142,3	
Øvrige omkostninger og gevinster	SUM	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Afgiftstab	201,5	1,7	3,4	5,0	6,7	8,4	10,1	11,8	13,4	15,1	16,8	18,5	20,1	21,8	23,5	25,2	
Sparet brændstof	1.728,4	10,9	24,2	40,4	53,8	67,2	81,8	96,9	112,4	128,3	144,7	160,5	176,8	193,3	210,1	227,3	
Drivhusgasser	174,9	0,9	2,3	4,4	5,9	7,3	8,8	10,3	11,7	13,2	14,7	16,2	17,6	19,1	20,6	22,0	
Nox	124,2	1,0	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,2	8,3	9,3	10,4	11,4	12,4	13,5	14,5	15,5	
SO ₂	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
Samlede gevinster	1.826,5	11,1	25,1	42,9	57,2	71,4	86,8	102,7	119,0	135,7	152,9	169,6	186,7	204,0	221,7	239,7	
Nutidsværdi gevinster	1.111,6	10,6	22,8	37,1	47,0	55,9	64,8	73,0	80,5	87,5	93,9	99,2	104,0	108,2	112,0	115,3	
Annuitet		107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	

Tilsvarende resultater for hovedlandeveje ses af. Den samlede udgift til energibesparende belægning er 3.673 mio. kr. svarende til en årlig værdi på 245 mio. kr. For traditionel belægning er den tilsvarende værdi 223 mio. kr. De tilsvarende gevinster ved energibesparende belægning i forhold til traditionel belægning er 89 mio. kr. om året jf. nedenstående tabel.

Tabel 7.8: Etableringsudgifter og årlige omkostninger for hovedlandeveje, mio. 2010-kr.

Energibesparende belægning	SUM	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Andel som udskiftes	1	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	
Anlægsudgift	3.672,6	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	
Nutidsværdi anlægsudgift	2.541,4	233,2	222,1	211,5	201,4	191,8	182,7	174,0	165,7	157,8	150,3	143,2	136,3	129,8	123,7	117,8	
Annuitet		244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	
Traditionel belægning	SUM	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Andel som udskiftes	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Anlægsudgift	3.417,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6
Nutidsværdi anlægsudgift	2.314,9	203,4	193,7	184,5	175,7	167,4	159,4	151,8	144,6	137,7	131,1	124,9	118,9	113,3	107,9	102,7	97,9
Annuitet		223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	
Ovrige omkostninger og gevinster	SUM	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Afgiftstab	168,8	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4	9,8	11,3	12,7	14,1	15,5	16,9	18,3	19,7	21,1	
Sparet brændstof	1.447,7	9,1	20,2	33,9	45,1	56,3	68,5	81,2	94,1	107,4	121,2	134,5	148,1	161,9	176,0	190,3	
Drivhusgasser	146,8	0,7	1,9	3,7	4,9	6,2	7,4	8,6	9,9	11,1	12,3	13,6	14,8	16,0	17,3	18,5	
NOx	99,1	0,8	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3	9,1	9,9	10,7	11,6	12,4	
SO2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Samlede gevinster	1.525,2	9,3	21,0	35,8	47,7	59,6	72,5	85,8	99,4	113,3	127,7	141,7	155,9	170,4	185,1	200,2	
Nutidsværdi gevinster	928,2	8,8	19,0	30,9	39,3	46,7	54,1	60,9	67,2	73,0	78,4	82,8	86,8	90,4	93,5	96,3	
Annuitet		89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	

Da den eksisterende belægning har en begrænset levetid er det – såfremt vejen ikke får en energisparende belægning – nødvendigt at udlægge en traditionel belægning. Det bevirker, at den reelle etableringsudgift ved den energibesparende belægning udelukkende er forskellen mellem etableringsudgiften for den energibesparende og den traditionelle belægning. Da de to belægningstyper har forskellig levetid, er det nødvendigt at sammenligne deres årlige investering ud fra deres respektive annuiteter. I tabel 6.6 er levetiden sat til 15 år for den energibesparende belægning, så den årlige anlægsudgift svarer til værdien af annuiteten. For den traditionelle belægning, hvor levetiden er sat til 16 år, er den årlige anlægsudgift mindre end annuiteten, der løber over 15 år i fremskrivningsperioden.

For at få et overblik opsummerer Tabel 7.9 de samlede udgifter og besparelser over fremskrivningsperioden på 15 år fra

Tabel 7.7 og Tabel 7.8. Det fremgår af

Tabel 7.9, at såfremt der alene tages udgangspunkt i etableringsudgiften, så er det forbundet med en årlig gevinst på 12 mio. kr. at udskifte belægningen på motorveje med en energibesparende. Det er derimod tilsvarende forbundet med en årlig udgift på 22 mio. kr. på hovedvejene. Ses der på etableringsudgiften på samtlige statsveje vil den energibesparende belægning give anledning til en årlig udgift på 10 mio. kr. Uanset vejtypen er den energibesparende belægning årsag til

store gevinster, som i alle tilfælde overstiger den evt. ekstra etableringsudgift der er ved energibesparende asfalt i forhold til traditionel asfalt. Såfremt samtlige statsveje får den energibesparende belægning vil det give anledning til en samfundsøkonomisk gevinst på 187 mio. kr. årligt. Langt den største del af gevinsten stammer fra et mindre brændstofforbrug.

Tabel 7.9: Udgifter og besparelser opgjort i annuiteter, mio. kr. pr. år.

	Scenarium 1: Motorveje	Scenarium 2: Hovedlandeveje	Scenarium 3: Alle statsveje
Årlig etableringsudgift til energibesparende belægning	130,3	244,8	375,1
Årlig etableringsudgift til traditionel belægning	142,3	223,0	365,4
Ekstra årlig etableringsudgift ved energibesparende belægning i forhold til traditionel	-12,0	21,8	9,8
Årlig værdi af gevinster	107,1	89,4	196,5
Årlig samfundsøkonomiske gevinst	119,1	67,6	186,7

Af metodemæssige årsager er ovenstående beregning udført således at gevinsten ved tiltaget opgøres som en årlig værdi. Dette skyldes, at traditionel og energibesparende asfalt har forskellig levetid. Såfremt der ses bort herfra er det muligt at beregne den samlede samfundsøkonomiske gevinst for hele perioden. Over den 15-årige periode vil nutidsværdien af de samlede gevinster for både motorveje og hovedlandeveje være 2 mia. kr. Etablering af energibesparende belægning i forhold til den traditionelle kræver en ekstra udgift på 100 mio. kr., der er målt i forskellen i nutidsværdi af hver af de to typer af anlægsudgifter. Samlet set er den samfundsøkonomiske gevinst ved tiltaget derfor 1,9 mia. kr. .

7.3.1 Følsomhedsanalyser

I analyserne er det antaget, at brændstofprisen stiger over tid i henhold til Energistyrelsens fremskrivninger. Gevinsten fra brændstofbesparelsen er ganske væsentlig, og der er derfor udført følsomhedsanalyser, som viser, hvordan resultatet påvirkes, såfremt brændstofprisen ikke stiger over tid. Dvs. prisen på brændstof antages at være 4,3 kr./L benzin og 4,2 kr./L diesel i hele perioden.

I analysen er der anvendt en diskonteringsrate på 5 pct. Jo højere diskonteringsrate desto mindre vægter fremtidige beløb. En diskonteringsrate på 5 pct. er den rate som pt. anbefales at benytte i samfundsøkonomiske analyser². For

² Finansministeriets vejledning fra 1999 anbefaler at benytte en diskonteringsrate på 6 pct. Denne vejledning er dog under revision, og det forventes, at den fremtidige anbefaling lyder på 5 pct.

at se på hvad valget af diskonteringsrate har på det samlede resultat, udføres en følsomhedsanalyse med en diskonteringsrate på henholdsvis 3 og 7 pct.

I analysen blev værdien af de mindskede emissioner værdisat vha. nøgletal fra Energistyrelsen. Som nævnt er værdisætningen af emissionerne markant lavere end det nuværende afgiftsniveau, når denne tilgang anvendes. Afgiften på benzin og diesel er i dag sammensat af henholdsvis en CO₂-afgift og en energiafgift. De gældende afgiftssatser er vist i nedenstående tabel. Det undersøges derfor også, hvilken effekt det har på resultatet, såfremt det nuværende afgiftsniveau anvendes som estimat for værdien af eksternaliteterne.

Tabel 7.10: Energi- og CO₂-afgift (2010-niveau)

	Energiafgift (øre/L)	CO ₂ -afgift (øre/L)	Samlet afgift (øre/L)
Benzin	388,1	37,3	425,4
Diesel	277,4	41,3	318,7

Kilde: Skatteministeriet (2010) og Skattekommissionen (2009).

Resultaterne af ovenstående følsomhedsanalyser er vist i nedenstående to tabeller. Det ses, at uanset hvilken parameter der ændres på, så vil det årlige samfundsøkonomiske overskud forblive positivt. En mindre diskonteringsrate bevirker, at fremtidige effekter vægtes højere, og derfor bliver den årlige værdi større. Omvendt gælder det, når diskonteringsraten bliver større. Den største indvirkning på resultatet har en konstant brændstofpris. Her mere end halveres resultatet. Dette skyldes, at brændstofprisen holdes konstant over tid, og gevinsten fra brændstofbesparelsen derfor bliver mindre. Såfremt værdien af eksternaliteterne sættes lig det nuværende afgiftsniveau, forøges denne værdi væsentligt. Det har derfor en positiv indflydelse på resultatet.

Tabel 7.11: Årlig værdi (mio. kr.) for motorveje ved ændringer i centrale parametre.

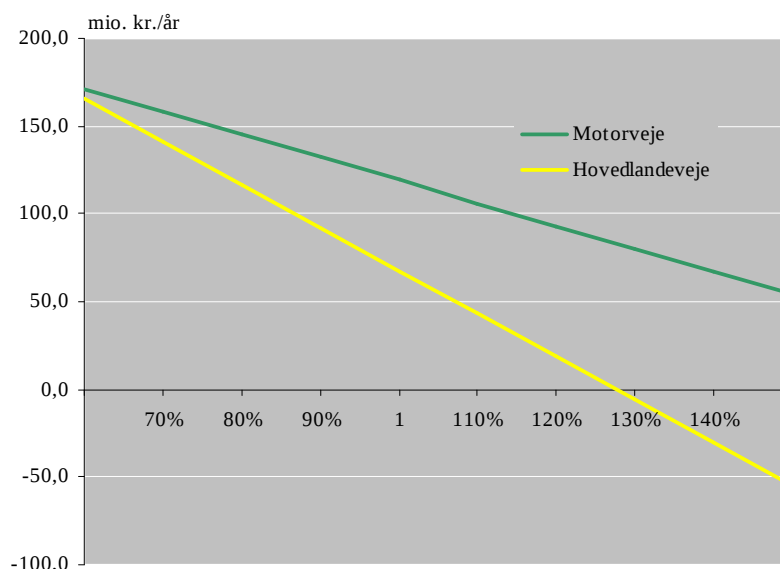
	Motorveje	Forskel i forhold til reference
Reference	119,1	-
Konstant brændstofpris	57,8	-61,3
Diskonteringsrate 3 pct.	126,0	6,8
Diskonteringsrate 7 pct.	112,7	-6,4
Værdi af eksternaliteter svarer til afgift	161,0	41,9

Tabel 7.12: Årlig værdi (mio. kr.) for hovedlandeveje ved ændringer i centrale parametre.

	Hovedlandeveje	Forskel i forhold til reference
Reference	67,6	-
Konstant brændstofpris	47,4	-20,2
Diskonteringsrate 3 pct.	74,1	6,5
Diskonteringsrate 7 pct.	61,5	-6,1
Værdi af eksternaliteter svarer til afgift	103,0	35,4

Ud over ovenstående følsomhedsanalyser er der set på, hvilken betydning en ændret etableringsudgift for den energisparende belægning har for det årlige

samfundsøkonomiske overskud. Resultatet fremgår i nedenstående figur. Det forudsættes, at udgiften på den traditionelle belægning er konstant. For hovedlandevejenes vedkommende kan udgiften til energibesparende belægning øges med knap 30 pct., førend det samfundsøkonomiske overskud bliver negativt. Der skal en noget større stigning til for motorveje – nemlig 120 pct.



Figur 7.3: Betydning af ændret etableringsudgift for det årlige overskud.

7.3.2

Vejdirektoratets plan for drift og vedligehold af vejnettet

I forbindelse med Trafik Forliget i december 2009 blev parterne (Venstre, Konservative, Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti og Liberal Alliance) enige om, at vedligeholdelsesindsatsen på det statslige vejnet skal tilrettelægges, så det samlet set er billigst muligt og dermed økonomisk optimalt for samfundet på lang sigt (Transportministeriet 2009). De kommende års samlede forventede bevillingsniveauer til drifts- og vedligehold af det statslige vejnet, samt bevillingerne til belægninger alene, ses af Tabel 7.13. Kun bevillingerne for 2010 til 2013 er dog endelig godkendt i Trafik Forliget. I gennemsnit er det forventede bevillingsniveau 330 mio. kr. om året de næste 10 år. De årlige forventede bevillinger er dermed af samme størrelsesorden som værdien af de årlige besparelser på brændstof og miljøeffekter ved, at hele det eksisterende statsvejnet får energibesparende belægning frem for traditionel (jf. Tabel 1.1).

Tabel 7.13: Årlige bevillingsniveauer for drift- og vedligeholdelse, mio. 2010-kr.

	Historisk	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Årlig samlet bevilling	964	1.626	1.813	1.358	1.317	1.220	1.257	1.161	1.040	992	1.006
Heraf til belægninger	163	664	664	317	298	201	237	236	235	227	221

Kilde: Jacobsen (2010).

Bevillingernes størrelse gør, at det er muligt at etablere mere end 1/15 energibesparende vej om året. Gevinsterne vil dermed kunne opnås tidligere og den samfundsøkonomiske gevinst blive større end de 1,9 mia.(jf. afsnit 7.3).

LITTERATUR

Danmarks Statistik (2009): Energieeffektiviteten for nye personbiler. Danmarks Statistik

Energistyrelsen (2009): Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, maj 2009. Energistyrelsen.

Hammarström, Ulf, Karlsson, Sörensen, Harry (2009): Road surface effects on rolling resistance – coastdown measurements with uncertainty in focus. ECRPD.

Infrastrukturkommissionen (2008): Betænkning 1493, Danmarks Transportinfrastruktur 2030. Infrastrukturkommissionen.

Jacobsen, P.(2010): Sådan gør staten – plan for drift og vedligehold af statsvejnettet. Præsentation på konferencen ”Vejen ud af dilemmaet”, d. 24. marts 2010.

McKinsey & Company (2009): Analyse af drift og vedligeholdelse af statsvejnettet. Vejdirektoratet.

Ohm, A., S.P. Lund, P.B. Poulsen & S. Jakobsen (2003): Strategi for begrænsning af vejtrafikstøj - Delrapport 2, Støj, gener og sundhed. Miljøstyrelsen.

Sandberg, Ulf (2005a): Energibesparelse i vejtransporten. Svensk Vejteknisk Institut.

Schmidt, B., P. Ullidtz, J. B. Andersen & O.J. Nielsen (2010a): Den energibesparende vej. Teknisk rapport. Energibesparelse i vejtransporten som funktion af vejes funktionelle og strukturelle egenskaber. Vejdirektoratet.

Skattekommisionen (2009): Energiafgifter og afgifter på CO₂, NO_x og svovl. Skattekommisionen.

Skatteministeriet (2010): Satser og beløbsgrænser
http://www.skm.dk/tal_statistik/satser_og_beloeb/

Transportministeriet (2009): Aftaler om En grøn transportpolitik 2009. Transportministeriet.

Vejdirektoratet (2008a): Statsvejnettet. Oversigt over tilstand og udvikling, 2008. Rapport 340. Vejdirektoratet.

Vejdirektoratet (2008b): Hastigheder efter klippekortet. Vejdirektoratet.