



Effekt af selvkørende biler i samfundsøkonomiske analyser

Rapport

Ingeniørforeningen, IDA

Indholdsfortegnelse

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Sammenfatning | 3 |
| 2 | Introduktion | 4 |
| 3 | Metode | 6 |
| 3.1 | Justering af de tre samfundsøkonomiske analyser | 6 |
| 3.2 | Tidsværdier på vej for person-, last- og varebiler | 7 |
| 3.3 | Tidsgevinster for person-, last- og varebiler | 11 |
| 3.4 | Trafikprognoser og trafikspring | 12 |
| 3.5 | Kørselsomkostninger for person-, last- og varebiler | 15 |
| 3.6 | Eksterne omkostninger: miljø og klima | 16 |
| 3.7 | Afgiftskonsekvenser | 16 |
| 3.8 | Arbejdsudbudsforvridning og arbejdsudbudsgevinst | 16 |
| 3.9 | Øvrige effekter, som ikke er genberegnet | 16 |
| 3.10 | Indfasningen af selvkørende teknologi | 17 |
| 4 | Resultater | 20 |
| 4.1 | Samlet vurdering af effekten af selvkørende biler på de samfundsøkonomiske resultater | 20 |
| 4.2 | Følsomhedsanalyser | 23 |
| A | Referencer | 28 |

Kolofon

Kontakt

Forfatter(e): Jonas Herby, Christian Frank, Rune Boye Knudsen

Incentive, Holte Stationsvej 14, 1., DK-2840 Holte

T: (+45) 61 333 500, E: kontakt@incentive.dk

Dato: 9. januar 2017

www.incentive.dk

1 Sammenfatning

Mange samfundsøkonomiske analyser bliver gennemført med udgangspunkt i dagens teknologi. Det gælder fx i transportsektoren, hvor man godt nok fremskriver trafikvæksten, som bl.a. er drevet af teknologien, men ikke forholder sig til, hvordan teknologien påvirker de samfundsøkonomiske enhedspriser.

Denne tilgang betyder, at vi som samfund risikerer at træffe forkerte valg, når vi – bl.a. baseret på samfundsøkonomiske analyser – træffer valg om den fremtidige infrastruktur mv. I denne rapport har vi undersøgt, hvordan introduktionen af selvkørende biler påvirker de samfundsøkonomiske resultater i transportsektoren. Selvkørende biler vil især påvirke, hvordan vi opfatter genen ved at sidde i bilen under transporten. I dag skal føreren af et køretøj have sin fulde opmærksomhed på vejen og kan derfor kun i begrænset omfang bruge tiden til underholdning, arbejde, søvn osv. Alt dette ændres med selvkørende biler.

Når genen ved at køre bliver mindre, bliver gevinsten ved at spare rejsetid også mindre. Det påvirker gevinsten ved at bygge nye veje, som i samfundsøkonomiske analyser typisk består af tidsgevinster. Tidsgevinsten er den samlede mængde af tid, danskerne sparer, ganget med vores betalingsvilje for at undgå transporttid. Netop denne betalingsvilje falder, når bilerne bliver selvkørende.

Resultaterne af vores analyser viser, at selvkørende biler vil påvirke de samfundsøkonomiske resultater, og at påvirkningen afhænger af, hvilken type af infrastrukturinvestering vi analyserer. Forskellene opstår som følge af en række faktorer. Som nævnt, vil den selvkørende teknologi reducere de fremtidige tidsgevinster i forhold til konventionelle biler. Det reducerer alt andet lige gevinsten af fx en ny motorvej, da tidsbesparelserne bliver mindre værdifulde i fremtiden. På den anden side forventer man, at selvkørende biler vil kunne køre på motorvejene flere år, før de kan køre på landevejene, og det øger isoleret set gevinsten ved at bygge motorveje. Den effekt vil alt andet lige øge gevinsten af den nye motorvej.

Da der er to modsatrettede effekter, bliver forskellen fra de oprindelige resultater meget afhængig af de antagelser, vi har opstillet med hjælp fra IDA. Det er vores håb, at vores arbejde kan bidrage til at sætte fokus på, at den teknologiske udvikling er vigtig for vores beslutninger og derfor bør indgå som en central del af politikernes beslutningsgrundlag. Ikke kun i transportsektoren, som denne rapport omhandler, men i alle sektorer. Vores resultater og beregninger viser, at man ellers risikerer at træffe dårlige beslutninger.

I flere sektorer, herunder transportsektoren, har man i mange år haft tradition for at samle centrale forudsætninger i nøgletalskataloger. Vi mener, at nøgletalskatalogerne bør indeholde en fremskrivning af den teknologiske udvikling, så der inden for hver sektor bliver anvendt ensartede teknologiforudsætninger, når der træffes langsigtede beslutninger.

2 Introduktion

Mange samfundsøkonomiske analyser bliver gennemført med udgangspunkt i dagens teknologi. Det gælder fx i transportsektoren, hvor man godt nok fremskriver trafikvæksten, som bl.a. er drevet af teknologien, men ikke forholder sig til, hvordan teknologien påvirker de samfundsøkonomiske enhedspriser.

Denne tilgang betyder, at vi som samfund risikerer at træffe forkerte valg, når vi – bl.a. baseret på samfundsøkonomiske analyser – træffer valg om den fremtidige infrastruktur mv. Blandt ingeniørerne i Danmark er der mange, der i deres dagligdag arbejder med fremtidens teknologier. Ingeniørforeningen IDA har derfor bedt Incentive vurdere, hvordan resultatet af samfundsøkonomiske analyser kan blive påvirket af et teknologispring.

For at gøre det så konkret som muligt har vi efter aftale med IDA valgt at undersøge, hvordan fremtidige selvkørende biler vil påvirke resultaterne af samfundsøkonomiske analyser i dag. Ud fra en række forudsætninger, som er fremsat af IDA og deres teknologiekspertter, om, hvordan den selvkørende teknologi udvikler sig, har vi beregnet, hvordan det påvirker resultaterne af tre konkrete samfundsøkonomiske analyser af vejprojekter, som Vejdirektoratet har gennemført inden for de seneste år.

Bemærk, at denne rapport dermed ikke er en samfundsøkonomisk analyse af selvkørende biler, men en analyse af, hvordan teknologi (her selvkørende biler) kan påvirke de samfundsøkonomiske resultater og dermed de beslutningsgrundlag, som bliver præsenteret for politikere og andre beslutningstagere.

Tilgang

For at kunne vurdere betydningen af selvkørende biler i samfundsøkonomiske analyser har vi først sat os ind i, hvad selvkørende teknologi betyder for de samfundsøkonomiske enhedspriser. Selvkørende biler påvirker trafikken på en lang række områder. Da tidsgevinsterne ofte udgør de største gevinster i samfundsøkonomiske analyser i transportsektoren, har vi især haft fokus på at vurdere, hvordan teknologien påvirker førerens mulighed for at arbejde eller slappe af under kørslen. I vores tilgang har vi derfor valgt at definere selvkørende biler i forhold til, hvad føreren af bilen kan bruge tiden på, så en 100% selvkørende bil betyder, at føreren kan fjerne fokus 100% fra kørslen.

De tre analyser fra Vejdirektoratet¹, som vi tager udgangspunkt i, er:

- + Rute 26, Viborg V-Rødkærsbro (udbygning fra landevej til motortrafikvej²).
- + Herning-Holstebro (udbygning fra motortrafikvej til motorvej).
- + Helsingørmotorvejen (udbygning med ét ekstra motorvejsspor).

På baggrund af input fra IDA (2016) har vi dernæst vurderet de væsentligste poster i de samfundsøkonomiske analyser, som bliver et resultat af selvkørende biler. På denne baggrund har vi

¹ Vejdirektoratet har udleveret de anvendte TERESA-regneark, men har ikke i øvrigt været involveret i vores arbejde og er ikke blevet bedt om at vurdere vores metode og resultater. Vejdirektoratet er derfor ikke ansvarlig for resultater og konklusioner i denne rapport.

² Der er i virkeligheden tale om en udbygning til varierende vejtyper, herunder motortrafikvej og flerspolet landevej. For eksemplets skyld har vi behandlet projektet som en ren udbygning til motortrafikvej.

opsat forudsætninger, som beskriver, hvordan selvkørende biler primært vil påvirke de samfundsøkonomiske resultater. De væsentligste input fik vi på en workshop d. 30. maj, hvor eksperter i både selvkørende biler og samfundsøkonomisk analyse deltog og opsummerede udviklingen i den selvkørende teknologi samt fra IDA (2016). Bemærk, at vores fokus i projektet har været på at få klarlagt de samfundsøkonomiske effekter, så vi har lagt de fleste kræfter i de samfundsøkonomiske beregninger og metoder. Der er givetvis mange meninger om, hvordan selvkørende biler vil blive udbredt i fremtiden. Mange vil mene, at vi er for pessimistiske eller optimistiske i forhold til udbredelsen. I vores øjne understreger det blot vigtigheden af at få kortlagt den fremtidige teknologiudvikling, inden man træffer store, langtrækkende beslutninger.

Rapportens struktur

I afsnit 3 har vi redegjort for, hvordan vi har inkluderet effekten af selvkørende biler i de samfundsøkonomiske analyser. Vi har redegjort for, hvilke effekter vi medregner, og hvordan de bliver medregnet.

I afsnit 4 præsenterer vi resultaterne af vores beregninger. Resultaterne fokuserer på, hvordan en forudsætning om selvkørende biler – i modsætning til den måde man regner på i dag – påvirker resultaterne af de samfundsøkonomiske analyser. Via følsomhedsanalyser vurderer vi resultaternes robusthed.

3 Metode

I dette afsnit gennemgår vi, hvordan vi har implementeret forudsætningerne om selvkørende biler i de tre eksisterende samfundsøkonomiske analyser fra Vejdirektoratet.

Forudsætningen om selvkørende biler påvirker flere af elementerne i de samfundsøkonomiske analyser. Vi har gennemgået følgende poster i analyserne med henblik på at vurdere konsekvenserne af førerløse biler:

- + Tidsværdier på vej for person-, last- og varebiler
- + Tidsgevinster for person-, last- og varebiler
- + Trafikspring og trafikprognoser
- + Kørselsomkostninger for person-, last- og varebiler
- + Eksterne omkostninger: miljø, klima og uheld
- + Afgiftskonsekvenser
- + Arbejdsudbudsforvridning og arbejdsudbudsgevinster
- + Øvrige effekter, herunder trængsel, anlægsomkostninger, driftsomkostninger og uheld.

Endelig gennemgår vi i sidste afsnit (afsnit 3.10), hvordan vi forudsætter, at den selvkørende teknologi bliver indfaset i vores beregninger.

For at opnå et konsistent sammenligningsgrundlag mellem de tre eksisterende samfundsøkonomiske analyser fra Vejdirektoratet har vi desuden opdateret hver analyse til det nyeste metodemæssige grundlag. Dette beskriver vi i afsnit 3.1.

3.1 Justering af de tre samfundsøkonomiske analyser

De samfundsøkonomiske analyser er gennemført med Transport- og Bygningsministeriets regnearksværktøj, TERESA. De tre eksisterende beregninger er gennemført med forskellige versioner af TERESA, jf. tabel 1.

Tabel 1. De tre oprindelige samfundsøkonomiske analyser

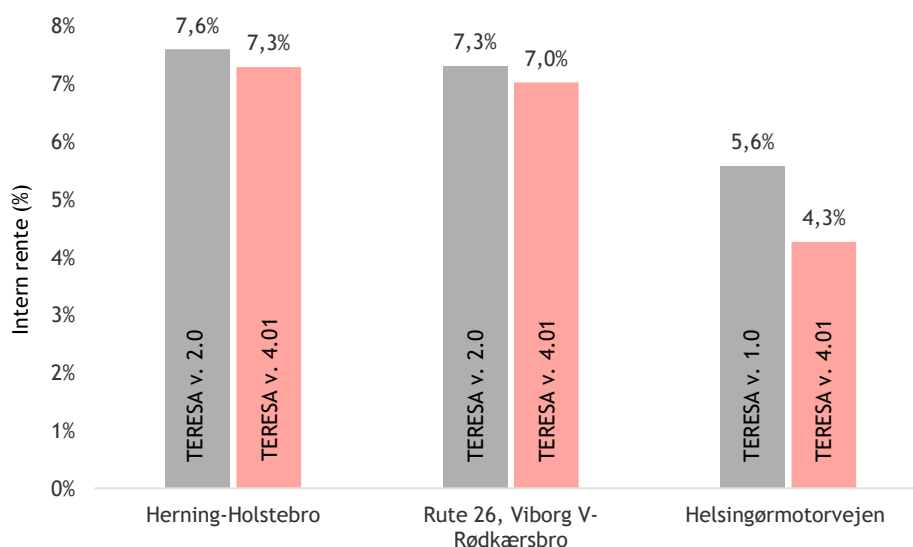
| Vejstrækning | År | Version af TERESA | Kilde |
|---|------|-------------------|---|
| Herning-Holstebro (landevej til motorvej) | 2012 | 2.0 | 'Rute 18, Motorvej Herning-Holstebro og vejforbindelse til Gødstrup', Vejdirektoratet, rapport 416. |
| Rute 26 (landevej til motortrafikvej) | 2012 | 2.0 | 'Udbygning af rute 26 Viborg V-Rødkærsbro', Vejdirektoratet, rapport 398. |
| Helsingørmotorvejen (ét ekstra motorvejsspor) | 2009 | 1.0 | 'Udbygning af Helsingørmotorvejen mellem Isterød og Øverødvej' Vejdirektoratet, rapport 346. |

Siden de tre samfundsøkonomiske analyser blev gennemført, har der været enkelte grundlæggende ændringer i de forudsætninger, som bliver anvendt i TERESA. Fx er nettoafgiftsfaktoren ændret fra 17%

til 32,5%, og diskonteringsrenten er ændret. Derfor har vi opdateret de eksisterende beregninger til nyeste metodegrundlag³. Det sikrer sammenlignelighed mellem de tre oprindelige analyser.

Opdateringen af de eksisterende beregninger til nyeste metodegrundlag giver en lavere intern rente for alle tre beregninger, jf. figur 1. De opdaterede beregninger med TERESA v. 4.01 udgør vores grundlag for at vurdere, hvordan en forudsætning om selvkørende biler påvirker resultatet af samfundsøkonomiske analyser.

Figur 1. Opdatering af oprindelige samfundsøkonomiske analyser til TERESA v. 4.01 (uden en forudsætning om selvkørende biler)



Kilde: TERESA-beregningerne er tilsendt på mail fra Vejdirektoratet og Incentives beregninger.

Note: Bemærk, at der kan være små forskelle på de interne renter fra TERESA v.1.0 og 2.0, som fremgår af denne figur, og de oprindelige VVM-rapporter angivet i tabel 1. Forskellene skyldes, at vi har angivet de interne renter, som fremgår af de TERESA-ark, som vi har fået tilsendt på mail fra Vejdirektoratet.

3.2 Tidsværdier på vej for person-, last- og varebiler

I dag kræver det fuld opmærksomhed af føreren at køre bil. Selvkørende biler giver chaufføren mulighed for at bruge tiden på andre ting, fx arbejde eller afslapning. Da tiden i selvkørende biler kan bruges mere fleksibelt, falder genen ved at køre bil. Dermed falder værdien af rejsetiden også, da den er et udtryk for den betalingsvillighed, man har for at undgå rejsetid (se bl.a. Niels Buus Kristensen (2016)).

I samfundsøkonomiske analyser af ny infrastruktur er tidsbesparelser typisk den største gevinst. Sparet tid betyder lavere omkostninger til transport, så når selvkørende biler giver en lavere tidsværdi, falder

³ I praksis har vi opdateret beregningerne til nyeste metodegrundlag ved at indsætte data fra de oprindelige trafikmodelkørsler i den nyeste version af TERESA (version 4.01).

gevinsten ved at opnå tidsbesparelser også. Med andre ord er bilistens betalingsvillighed for at komme hurtigere frem lavere, hvis han kan læse en bog undervejs.

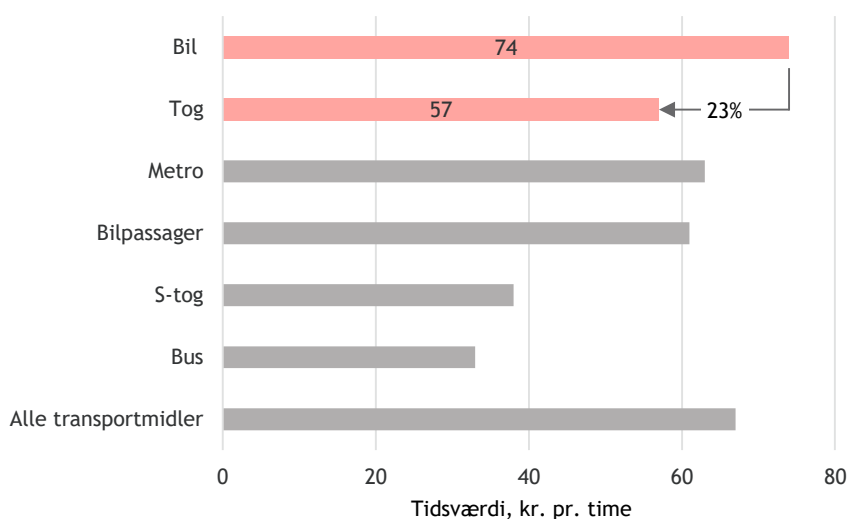
Tidsværdien i personbiler

Den måde, bilisterne vil kunne anvende rejsetiden i 100% selvkørende biler på, svarer i et vist omfang til den måde, man i dag anvender tiden i toget. Man vil kunne læse, arbejde eller sove. Begge transportformer vil altså give den rejsende mulighed for at bruge tiden fleksibelt. Nogle rejsende vil selvfølgelig sætte pris på en højere grad af privatliv i en selvkørende bil end i et tog. På den anden side er rejsetiden i tog ofte forbundet med et mere glidende transportforløb uden de stop og ujævnheder, som vejtrafik giver.

Det danske tidsværdistudie, DTU Transport (2007), har opgjort værdien af rejsetiden med forskellige transportformer. Studiets resultater bliver i dag brugt som grundlag for de tidsværdier, som bliver anvendt i samfundsøkonomiske analyser.

Figur 2 viser tidsværdierne justeret for indkomst. Tidsværdien for føreren af en bil er 74 kr. pr. time og 57 kr. pr. time for togrejsende. Forskellen på 17 kr. pr. time svarer til en forskel på 23%. Da der, ud fra hvad vi ved, ikke eksisterer analyser af tidsomkostningerne i selvkørende biler, har vi anvendt forskellen mellem bil og tog som en proxy for, hvor meget lavere tidsomkostningerne er i selvkørende biler i forhold til i konventionelle biler. Når vi justerer de tre samfundsøkonomiske analyser til en forudsætning om selvkørende biler, har vi derfor forudsat, at tidsomkostningen for fuldt selvkørende biler er 23% lavere end for de konventionelle biler.

Figur 2. Tidsværdier justeret for indkomst og opdelt på transportform (pr. persontime, 2004-priser)

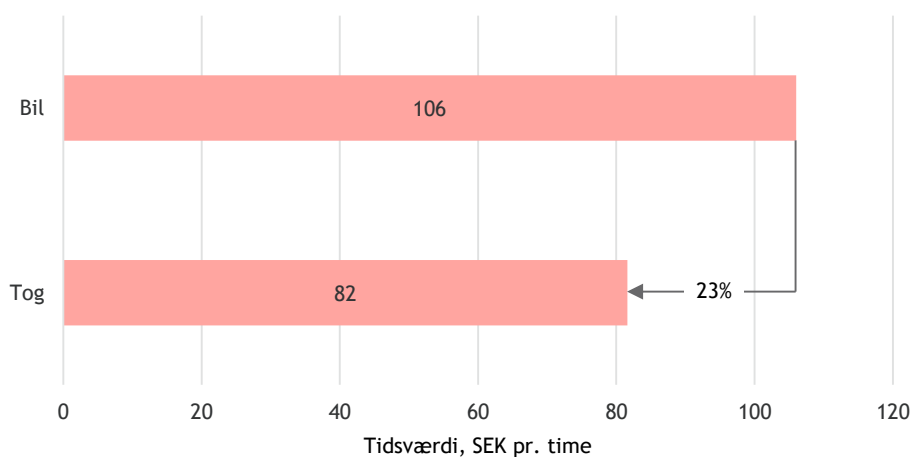


Kilde: Danmarks Transportforskning, 'The Value of Time Study' (2007).

Ligesom i Danmark er der i Sverige gennemført studier, der skal fastsætte værdien af rejsetid til brug for samfundsøkonomiske analyser. For at sammenligne med resultatet af Dativstudiet har vi med udgangspunkt i den nyeste svenske guide til samfundsøkonomiskanalyse, Trafikverket (2015) - ASEK 5.2, brugt samme fremgangsmåde som ovenfor til at vurdere tidsværdien for selvkørende biler.

Figur 3 viser tidsværdierne. Tidsværdien for føreren af en bil er 106 SEK pr. time og 82 SEK pr. time for togrejsende. Forskellen på 24 SEK pr. time svarer til en forskel på 23%. Det stemmer overens med resultatet af det danske tidsværdistudie.

Figur 3. Tidsværdier justeret for indkomst og opdelt på transportform (pr. persontime, SEK)



Kilde: ASEK 5.2 og Incentives egne beregninger.

Vare- og lastbiler

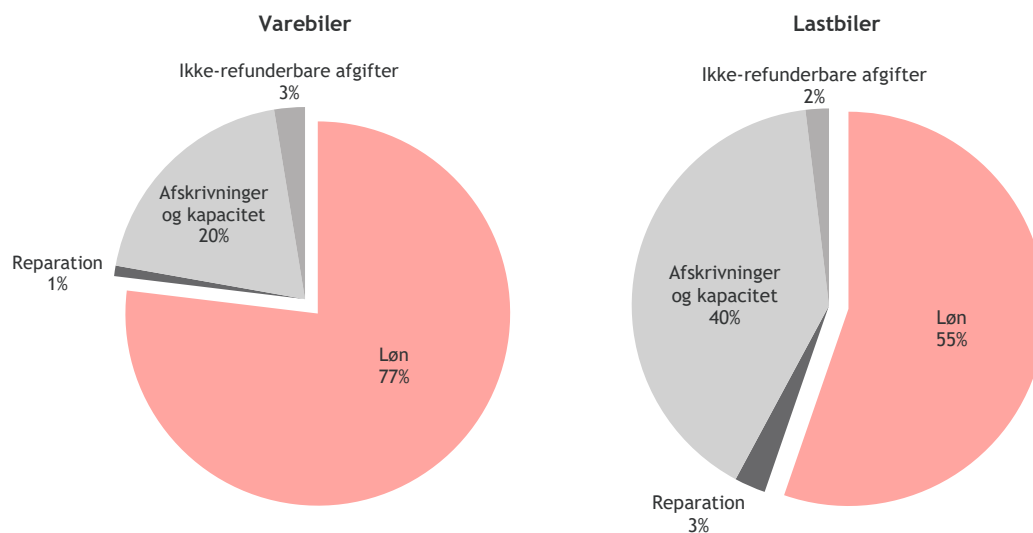
I de transportøkonomiske enhedspriser, man anvender i samfundsøkonomiske analyser, er tidsomkostningen for vare- og lastbiler delt op på chaufførlønninger og andre omkostninger (afskrivninger m.v.)⁴. Selvom selvkørende biler på helt kort sigt potentielt kan være dyrere end konventionelle biler og dermed medføre højere afskrivninger, vil det på bare lidt længere sigt være chaufførlønningerne, der vil blive påvirket af selvkørende biler. Når den selvkørende teknologi bliver tilstrækkelig udviklet, så en chauffør helt kan undværes, bliver lønomkostningen 0. Men inden da er der også en række forhold, som kan bidrage til at reducere lønomkostningen:

- + Selvkørende teknologi giver chaufføren bedre mulighed for at ordne andre gøremål eller hvile, fx på motorvejsstrækninger. Håndværkeren vil kunne bogføre dagens arbejde, og lastbilchaufføren kan potentielt tage sine pauser i førerhuset.
- + Selvkørende teknologi kan give mulighed for platooning mellem flere biler, der kører på samme rute. Dermed er der mulighed for, at kun forreste vogn skal have en chauffør (i praksis vil det kun være lastbiler). Dermed reduceres de samlede lønomkostninger.

For varebiler udgør løn ca. 77% af de timeafhængige omkostninger, jf. figur 4. For lastbiler udgør løn ca. 55%.

⁴ Jf. Transportøkonomiske Enhedspriser v. 1.6. Enhedspriserne bliver jævnligt opdateret af DTU Transport og er grundlag for beregningerne i TERESA.

Figur 4. Fordeling af timeafhængige omkostninger for vare- og lastbiler i 2014, 2012-priser (andel opgjort i faktorpriser)

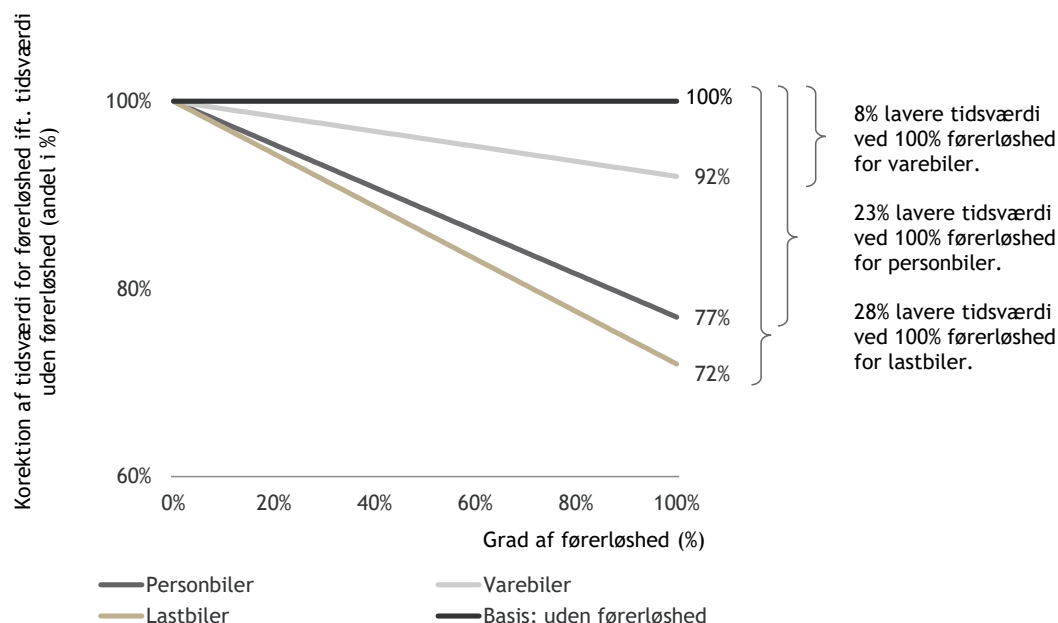


Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser, v. 1.6.

På baggrund af IDA (2016) har vi i analyserne med en forudsætning om selvkørende biler regnet med, at køre-hvile-tids-reglerne bliver fjernet for selvkørende lastbiler, mens der ingen ændringer er i tidsværdierne for varebiler. I vores beregninger betyder det, at lønomkostningerne for varebiler forbliver uændret, mens lastbiler kan reducere lønomkostningerne med 17%. Bemærk, at der i visse tilfælde er en tidsgevinst for varebilerne som følge af højere hastighedsgrænser jf. afsnit 3.3.

Vi bruger den samlede udbredelse af selvkørende biler til at bestemme, hvor meget tidsværdien falder i forhold til et konventionelt køretøj. Figur 5 illustrerer, hvordan graden af autonomi påvirker tidsværdien for de forskellige køretøjer.

Figur 5. Tidsværdi med selvkørende biler i forhold til biler uden selvkørende teknologi efter graden af autonomi



Kilde: Transport- og Bygningsministeriet og DTU Transport (2016) og Incentives egne beregninger.

I beregningerne tager vi desuden højde for, at hele bilparken ikke nødvendigvis er selvkørende. Der vil både være køretøjer, som benytter selvkørende teknologi, og køretøjer, der ikke gør. Det betyder, at kun en andel af bilparken vil få gavn af den ekstra tidsgevinst fra autonomi. Hvis fx 50% af de kørte kilometer foretages i et køretøj, der har en grad af autonomi på 75%, vil halvdelen af den samlede rejsetid for personbiler have en tidsværdi, som er 17%⁵ lavere end konventionelle personbiler, mens det for den resterende halvdel vil være uændret.

3.3 Tidsgevinster for person-, last- og varebiler

Et nyt vejinfrastrukturprojekt giver typisk trafikanterne tidsbesparelser, fx som følge af større kapacitet på vejene eller højere hastighedsgrænse. Tidsbesparelsen, målt i minutter, bliver estimeret ud fra trafikmodelberegninger og trafikprognoser.

Ifølge IDA (2016) vil selvkørende teknologier gøre det muligt at hæve hastighedsgrænserne på en række veje. Tabel 2 viser de anvendte hastighedsgrænser uden og med selvkørende teknologi. I beregningerne

⁵ Ved 100% autonomi er tidsværdien 23% lavere i selvkørende biler end i konventionelle biler, jf. afsnit 3.2. Ved 75% autonomi regner vi med, at tidsværdien derfor er 75% af 23% (= 17%) lavere end i konventionelle biler.

har vi forudsat, at en ændret hastighedsgrænse slår direkte igennem på gennemsnitsfarten, så 10% højere hastighedsgrænse fører til 10% højere gennemsnitshastighed.

Tabel 2. Hastighedsgrænser uden og med selvkørende teknologi (100 % autonomi)

| <i>Km/t</i> | Hastighedsgrænser uden selvkørende teknologi | Hastighedsgrænser med selvkørende teknologi |
|---------------------------|---|--|
| Person- og varebil | | |
| Landevej | 80 | 80 |
| Motortrafikvej | 80 | 90 |
| Motorvej | 130 | 130 |
| Lastbil | | |
| Landevej | 70 | 80 |
| Motortrafikvej | 70 | 90 |
| Motorvej | 80 | 110 |

Kilde: IDA (2016).

Hastighedsgrænserne vil i fremtiden sandsynligvis blive ændret i spring, efterhånden som den teknologiske udvikling tillader det. Da vi ikke kan vide præcis, hvornår ændringerne sker, har vi i beregningerne i stedet indfaset hastighedsændringerne gradvist i takt med, at den selvkørende teknologi bliver udbredt, jf. afsnit 3.10. Det betyder, at effekten af hastighedsgrænserne afhænger af, hvor selvkørende og hvor udbredt teknologien er. I praksis betyder det, at vi ved en udbredelse på 50% og en grad af autonomi på 75% vil medregne 37,5% af hastighedsændringen.

3.4 Trafikprognoser og trafikspring

Da selvkørende biler højst sandsynligt vil medføre mere kørsel i bil, påvirker det antallet af biler, der får gavn af projekterne samt effekten på trængslen. Vi har anvendt en trafikprognose, som Vejdirektoratet har stillet til rådighed, der er beregnet for et scenarie, hvor alle biler er selvkørende.

Trafikprognosen er baseret på trafikmodelkørsler, og de mest centrale output er data om tidsbesparelser og ændringen i antallet af kørte kilometer. Tidsbesparelsen er opdelt på persontimer (herunder fri køretid og forsinkelsetid) samt køretøjstimer.

Selvkørende biler påvirker resultatet af trafikprognosen i både basis- og projektscenariet. Det sker gennem to modsatte effekter. Den ene effekt kommer fra, at selvkørende biler kan køre tættere på hinanden både i længden og bredden af vejen. Det vil forøge kapaciteten på vejen. Denne effekt vil ofte have en negativ betydning for et infrastrukturprojekt, da behovet for at mindske trængslen alt andet lige vil være mindre. Det mindre behov kan resultere i, at det bedre kan betale sig at udskyde projektet, da behovet for en kapacitetsforøgelse først indtræffer senere.

Den anden effekt opstår, da selvkørende biler øger incitamentet til at køre i bil, fordi omkostningen ved at rejse falder. Denne effekt øger mængden af biler på vejene og derved trængslen. Trængslen vil ofte have en positiv effekt på et infrastrukturprojekt. Det skyldes, at trængslen øger behovet for mere kapacitet, samtidig med at projektet vil komme flere til gavn.

Vejdirektoratet har i deres trafikmodelkørsler fundet frem til, at hvis trafikken alene består af selvkørende biler, vil det betyde, at:

- + den samlede trafik vil stige med 14%.
- + den samlede forsinkelsestid vil stige med 15%.⁶

Resultatet fra vejdirektoratet viser, at stigningen i mængden af biler på vejene vil være den dominerede af de 2 førnævnte effekter. I vores beregninger har vi derfor forudsat, at i en situation med 100% selvkørende biler, vil der være 14% mere trafik og 15% mere trængsel. Da der vil være en indfasningsperiode af de selvkørende biler, indfaser vi gradvist trafikvæksten og væksten i trængslen afhængig af andelen af selvkørende biler i bilparken i vores forudsætninger.

Derudover har vi taget højde for, at gevinsten for den enkelte bilist ved at vælge motorvej frem for landevej vil være anderledes med selvkørende biler. Det har vi gjort ved at justere trafikspringet, så det tager højde for, hvor store forbedringer det givne infrastrukturprojekt betyder for bilisterne. Hvis selvkørende teknologi de første år øger gevinsterne for bilisterne ved en ny motorvej (fordi de – modsat på landevej – kan udnytte den selvkørende teknologi), regner vi derfor med et øget trafikspring. I beregningerne har vi derfor forudsat, at hvis gevinsten ved fx at vælge motorvejen frem for landevejen stiger med 10%, så regner vi også med et 10% højere trafikspring.

Trafikspringet kan være både større og mindre for det samme projekt afhængig af teknologien

Da den selvkørende teknologi først bliver tilgængelig på motorveje, dernæst motortrafikveje og til sidst landeveje, vil effekten på trafikspringet i forhold til de oprindelige analyser ændre fortegn i analyseperioden.

Det skyldes, at gevinsten ved at køre på motorvej er større, når man kun kan udnytte den selvkørende teknologi på motorvejene, men mindre, når man kan udnytte den selvkørende teknologi på alle vejtyper, fordi tidsværdierne (genen ved at køre bil) er lavere i selvkørende biler. Så længe man kun kan bruge teknologien på motorvejene, vil gevinsten af en motorvej derfor være relativt stor i forhold til at køre langs landevejen. Men når den selvkørende teknologi bliver tilgængelig på landevejen, falder omkostningen på landevejen, og gevinsten ved at vælge motorvejen bliver mindre. Dette er illustreret i nedenstående tabel.

⁶ Vejdirektoratet. Tema om selvkørende biler:
http://www.vejdirektoratet.dk/da/viden_og_data/temaer/selvkoeerendebiler/sider/default.aspx

Tabel 3. Illustration af gevinsten ved at vælge motorvejen afhængig af, hvor den teknologiske teknologi kan anvendes.

| | 1) Ingen selvkørende teknologi | 2) Selvkørende teknologi på motorvej | 3) Selvkørende teknologi på alle veje |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Køretid | | | |
| Motorvej | 1 time | 1 time | 1 time |
| Landevej | 1,5 timer | 1,5 timer | 1,5 timer |
| Tidsværdi | | | |
| Motorvej | 100 kr./t. | 77 kr./t. | 77 kr./t. |
| Landevej | 100 kr./t. | 100 kr./t. | 77 kr./t. |
| Samlede tidsomkostninger | | | |
| Motorvej | 100 kr. | 77 kr. | 77 kr. |
| Landevej | 150 kr. | 150 kr. | 116 kr. |
| Gevinst ved at vælge motorvejen | 50 kr. | 73 kr. | 39 kr. |
| Effekt på trafikspringet | | +46% | -22% |

Eksemplet i tabel 3 viser, at i periode 1 uden selvkørende biler er der en gevinst ved at vælge motorvejen frem for landevejen på 50 kr. I periode 2 udnytter bilisten den selvkørende teknologi på motorvejen, så man sparer tid, men den brugte tid er også mindre generende. Derfor stiger gevinsten til 73 kr. Fordi gevinsten er 46% højere, ville vi også regne med, at trafikspringet er 46% højere.

I periode 3 er den selvkørende teknologi også blevet udbredt til landevejen. Selvom bilisten stadig sparer en halv time ved at vælge motorvejen, så er gevinsten ved motorvejen blevet mindre (39 kr.), fordi genen ved at køre på landevejen er blevet mindre. Da gevinsten er 22% mindre, ville vi også regne med et 22% mindre trafikspring i denne periode.

I afsnit 3.10 har vi beskrevet, hvordan den selvkørende teknologi indføres i vores beregninger.

3.5 Kørselsomkostninger for person-, last- og varebiler

I de samfundsøkonomiske beregninger medregner man omkostningerne ved kørslen, så bilister mv. opnår en besparelse, hvis de fx kan vælge en kortere rute. Kørselsomkostningerne afhænger af, hvor langt man kører, og består bl.a. af følgende omkostninger⁷:

- + Brændstof
- + Reparation og vedligehold
- + Afgifter (ikke-refunderbare)
- + Afskrivninger

Selvom selvkørende biler på helt kort sigt potentielt kan være dyrere end konventionelle biler og dermed medføre højere afskrivninger, forventer vi, at selvkørende teknologi alt andet lige vil gøre brugen af biler billigere. Både fordi selvkørende biler kan øge mulighederne for delebiler, og fordi selvkørende biler vil være mere brændstofeffektive ved en given hastighed.

IDA (2016) angiver, at selvkørende teknologi alt andet lige vil have størst betydning for den del af kørselsomkostningerne, som er relateret til brændstofudgiften⁸, fordi:

- + biler baseret på selvkørende teknologi kan køre mere energieffektivt end konventionelle biler, fx ved nedbremsninger og accelerationer. RAND Corporation (2014) vurderer, at der er potentiale til at spare 4-10% brændstof.
- + selvkørende teknologi tillader biler at køre tættere. Vejdirektoratet regner med at platooning af lastbiler giver ca. 10% brændstofbesparelse, jf. Vejdirektoratet (2016). Ifølge Steven E. Shladover (2015) kan brændstofbesparelsen for lastbiler være på op til 25%.

Besparelserne i brændstofforbruget ved en given hastighed skal holdes op imod det øgede brændstofforbrug som følge af øgede hastigheder, jf. afsnit 3.3. For personbiler er vindmodstanden en afgørende faktor i forhold til brændstofforbruget, mens det for lastbiler i høj grad også handler om rullemodstand og andre faktorer.

Da brændstofforbruget kun udgør en mindre del af effekterne i de oprindelige samfundsøkonomiske analyser, har vi antaget, at de to modsatrettede effekter udligner hinanden. Vi har derfor ikke regnet med brændstofbesparelser i de samfundsøkonomiske beregninger. Vi har dog gennemført en følsomhedsanalyse, som viser, at en brændstofbesparelse på 10% kun påvirker de samfundsøkonomiske resultater marginalt (den interne rente ændres kun på andet decimal).

⁷ Jf. Transportøkonomiske Enhedspriser v. 1.6. Enhedspriserne bliver jævnligt opdateret af DTU Transport og er grundlag for beregningerne i TERESA.

⁸ Her forudsætter vi samme teknologiske udvikling inden for salget af henholdsvis benzin-, diesel- og eldrevne biler som i TERESA. Det indebærer, bl.a. at en meget lille del af det samlede bilsalg er eldrevne biler og de dertilhørende lave brændstofudgifter.

3.6 Eksterne omkostninger: miljø og klima

Som beskrevet ovenfor, har vi regnet med et uændret brændstofforbrug pr. km. De eksterne omkostninger er derfor udelukkende opgjort på baggrund af ændringer i trafikarbejdet som følge af et ændret trafikprognose og trafikspring og altså ikke som følge af et ændre brændstofforbrug pr. km.

Udviklingen af selvkørende biler vil alt andet lige føre til, at trafikarbejdet stiger, fordi det bliver billigere at køre bil (lavere tidsomkostninger). I de tre samfundsøkonomiske analyser vil stigningen ske både i basis- og projektscenariet, og vi har derfor ikke medregnet en ændret effekt for de eksisterende bilture. Selvkørende teknologi vil yderligere have en effekt på trafikspringet, jf. afsnit 3.4. Effekten på de eksterne omkostninger er derfor alene beregnet ud fra ændringen i kørte kilometer som følge af et ændret trafikspring, når vi går fra de oprindelige analyser til at inkludere en forudsætning om selvkørende biler.

3.7 Afgiftskonsekvenser

Ligesom for de eksterne omkostninger ovenfor er effekten på afgifterne alene beregnet ud fra ændringen i kørte kilometer som følge af et ændret trafikspring, når vi går fra de oprindelige analyser til at inkludere en forudsætning om selvkørende biler.

3.8 Arbejdsudbudsforvridning og arbejdsudbudsgevinst

Den klart største arbejdsrelaterede effekt af at indføre en forudsætning om selvkørende biler er effekten på arbejdsudbudsgevinsten. Arbejdsudbudsgevinsten opstår via de gevinster, som projektet skaber for brugere, der kører erhvervskørsel eller pendler til arbejde. Når det bliver billigere at transportere sig som konsekvens af et projekt, enten i tid eller penge, kan det betragtes som en skattelettelse på arbejde. Det vil alt andet lige gøre det mere attraktivt at arbejde og derigennem øge arbejdsudbuddet. Selvkørende biler sænker tidsværdierne og tidsforbruget, hvilket sænker de samlede omkostninger ved transporten.

Dette gælder i både basis- og projektscenariet, hvilket kan have den konsekvens, at gevinsten ved fx at etablere en motorvej bliver mindre, fordi tidsgevinsterne bliver mindre værd.

3.9 Øvrige effekter, som ikke er genberegnet

En række effekter er ikke blevet inkluderet direkte i beregningerne, men er i stedet vurderet mere kvalitativt. Det gælder effekten på uheld, anlægsomkostninger og driftsomkostninger

Uheld

Efterhånden som den selvkørende teknologi bliver implementeret, forventer vi, at uheldsraten falder betydeligt hen over en årrække. Et studie af Eno Center for Transportation estimerer, at antallet af ulykker i USA vil falde med ca. 75%, mens Fagnant og Kockelman mener, at antallet kan falde med helt op til 90%. Andre studier påpeger dog flere nye risici som konsekvens af selvkørende biler. Dette omfatter bl.a. systemfejl, cyberterrorisme, flere kørte kilometer og adfærdsændringer som følge af, at brugerne føler sig mere trygge. Uheld vil have en mindre betydning på det samfundsøkonomiske resultat, bl.a. fordi reduktionen i uheld både vil være til stede i projekt- og basisscenariet.

Der vil dog være en forskel i de tilfælde, hvor man bygger en mere sikker vejtype. Dette gælder fx, når man bygger en ny motorvej, da motorveje er mere sikre end landeveje. Bemærk, at selvkørende biler

kan betyde, at uheldsgevinsten ved at bygge motorveje kan blive reduceret, da nettoeffekten (forskellen mellem landevej og motorvej) bliver mindre.

Anlægsomkostninger

De anlægsomkostninger, som ligger til grund for samfundsøkonomiske analyser, bliver typisk opgjort af ingeniører eller med udgangspunkt i lignende, eksisterende anlægsprojekter.

Selvkørende biler øger anlægsomkostningerne, hvis det kræver, at vejen udstyres med teknologi, som er en forudsætning for, at de selvkørende biler kan fungere. Ifølge IDA (2016) vil der ikke være nogen nævneværdige effekter på anlægsomkostningerne som følge af selvkørende teknologi.

Driftsomkostninger for vejinfrastruktur

Den selvkørende teknologi, som i øjeblikket er mest fremtræden, baserer sig på interaktive kameraer monteret på bilen, som aflæser, hvor vejbanen er. Derfor er det af større betydning end i dag, at vejstriberne er tydeligt markerede. Større krav til vedligehold af vejen øger driftsomkostningerne på vejene sammenlignet med i dag. Vi har ikke ændret på de grundlæggende drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i beregningerne.

Bemærk dog, at antallet af kørte kilometer ændrer sig som følge af et ændret trafikspring, jf. afsnit 3.4. Dette vil betyde mere slid på vejene, hvilket vil øge driftsomkostningerne. I vores beregninger har vi medregnet denne effekt på driftsomkostningerne på baggrund af den beregnede ændring i trafikspringet.

3.10 Indfasningen af selvkørende teknologi

Et afgørende punkt i analysen af selvkørende biler er udviklingen i teknologien. Hvor selvkørende bliver køretøjerne, hvornår kan man regne med, at teknologien er til stede, og hvor udbredt bliver den? De valgte forudsætninger er afgørende for resultaterne, og der er en lang række aspekter, man skal tage stilling til. Især de sidste niveauer, hvor bilerne bliver tæt på 100% selvkørende, er der stor usikkerhed om. Nedenfor har vi beskrevet de forudsætninger, der ligger til grund for vores beregninger. I afsnit 4.2 har vi gennemført en række følsomhedsanalyser, hvor vi ændrer på forudsætningerne.

Tabel 4 viser udviklingen i teknologien på forskellige vejtyper. Som beskrevet i afsnit 3.2, har vi på baggrund af forskellen i tidsværdier mellem tog og bil antaget, at selvkørende biler vil reducere tidsomkostningerne med 23% i forhold til dagens teknologi. I tabel 4 har vi opgjort teknologiudviklingen i forhold til, hvor stor en del af reduktionen af tidsomkostningerne selvkørende teknologi tillader i forhold til dagens teknologi. IDA har vurderet, at brugeren først kan anvende dele af køretiden til andre gøremål end at føre bilen – og dermed opnå reduktionen i tidsomkostningerne – når køretøjet er af SEA-kategori 3. Det svarer til "Betinget automatisering", hvor "Føreren skal kunne overtage kørslen med kort varsel", se IDA (2016). På dette niveau har vi antaget, at føreren af bilen opnår 50% af reduktionen i tidsomkostningerne. På grund af den store usikkerhed har vi valgt at kategorisere 3, 4 og 5 under samme niveau og arbejder derfor med en fast reduktion på 50% i forhold til fuld autonomi (SEA-kategori 5) i hele projektperioden.

Tabel 4. Udbredelsen af selvkørende teknologi afhængig af vejtype, andel af reduktionen i tidsomkostninger, som føreren af køretøjet kan opnå

| | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Landevej | 0% | 0% | 0% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Motortrafikvej | 0% | 0% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Motorvej | 0% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |

Kilde: Incentives egne antagelser på baggrund af IDA (2016).

Tabel 4 viser, at selvkørende biler vil blive udbredt på motorveje i 2020. Det skyldes bl.a., at motorveje er mere ensartede, og at trafikken er mere forudsigelig, hvilket gør det nemmere at lave selvkørende teknologi til disse veje (bl.a. kan Teslaer allerede i dag køre på motorveje uden at føreren har hænderne på rattet). Hernæst vil den selvkørende teknologi blive udbredt til motortrafikvej i 2025 og til sidst landevej i 2030. Så først i 2030 vil det være muligt at køre i et selvkørende køretøj på alle vejtyper.

IDA (2016) forventer, at teknologien først vil blive implementeret i lastbiler, men at teknologien forholdsvis nemt kan overføres til andre køretøjer. Det betyder i praksis, at der næsten ingen forskel vil være mellem implementering af autonomi i forskellige typer af køretøjer.

Det har endvidere stor betydning, hvor hurtigt forbrugerne tager teknologien til sig. Tabel 5 viser andelen af autonome køretøjer i nysalg. Andelen af nye personbiler vil være mindre relativt til vare- og lastbiler. Det skyldes, at gevinsten ved autonomi vil være mindre i personbiler end for lastbiler og varebiler.

Tabel 5. Andel af autonome køretøjer i nysalg (SAE-kategori 3+)

| | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Personbiler | 0% | 2% | 7% | 40% | 70% | 90% | 98% | 100% |
| Varebiler | 0% | 5% | 10% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Lastbiler | 0% | 5% | 10% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Kilde: IDA (2016).

På baggrund af Transport- og Bygningsministeriet og DTU Transport (2016) regner vi med, at 6% af personbilerne, 10% af varebilerne og 14% af lastbilerne bliver udskiftet hvert år. Tabel 6 viser andelen af selvkørende biler i den totale bilpark. Da udskiftningen og salget er større hos vare- og lastbiler, ser vi en kraftig vækst her i forhold til personbiler.

Tabel 6. Andel selvkørende biler i bilparken

| | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Personbiler | 0% | 0% | 2% | 10% | 28% | 53% | 76% | 91% |
| Varebiler | 0% | 1% | 5% | 21% | 57% | 90% | 100% | 100% |
| Lastbiler | 0% | 1% | 6% | 27% | 70% | 99% | 100% | 100% |

Kilde: Transport- og Bygningsministeriet og DTU Transport (2016) samt Incentives egne beregninger.

Da det især i de første år vil være de personer og virksomheder, der har den største gevinst af den selvkørende teknologi, som vil købe den, har vi vurderet, at selvkørende biler vil køre lidt mere end konventionelle biler. Det har betydning for, hvor stor en andel af de kørte kilometer, der bliver kørt af selvkørende biler. Tabel 7 viser udbredelsen, som bliver anvendt i vores beregninger.

Tabel 7. Andelen kilometer foretaget af førerløse biler (input)

| | 2020 | 2025 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| Personbiler | | | | | |
| Landevej | 0% | 0% | 15% | 64% | 94% |
| Motortrafikvej | 0% | 3% | 15% | 64% | 94% |
| Motorvej | 0% | 3% | 15% | 64% | 94% |
| Varebiler | | | | | |
| Landevej | 0% | 0% | 23% | 91% | 100% |
| Motortrafikvej | 0% | 5% | 23% | 91% | 100% |
| Motorvej | 1% | 5% | 23% | 91% | 100% |
| Lastbiler | | | | | |
| Landevej | 0% | 0% | 30% | 99% | 100% |
| Motortrafikvej | 0% | 7% | 30% | 99% | 100% |
| Motorvej | 1% | 7% | 30% | 99% | 100% |

Kilde: Beregninger på baggrund af input fra IDA (2016)

4 Resultater

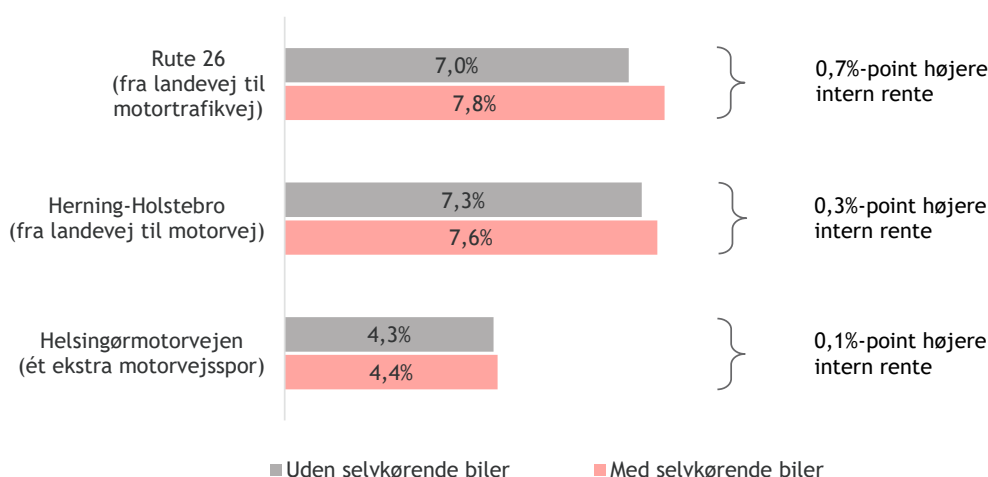
I afsnit 4.1 præsenterer vi resultatet af de tre konkrete samfundsøkonomiske analyser, når vi tager højde for, at der i fremtiden kommer selvkørende biler.

Forudsætningen om selvkørende biler er baseret på en række antagelser, som er behæftet med usikkerhed. Derfor tester vi resultatets robusthed i flere følsomhedsanalyser i afsnit 4.2.

4.1 Samlet vurdering af effekten af selvkørende biler på de samfundsøkonomiske resultater

Vores beregninger viser, at en forudsætning om selvkørende biler i samfundsøkonomiske analyser påvirker forrentningen forskelligt afhængig af, hvilket vejprojekt vi kigger på, jf. figur 6. Den interne rente bliver 0,7%-point højere for opgraderingen af Rute 26 og 0,3%-point højere for motorvejen Herning-Holstebro. For Helsingørmotorvejen er resultatet stort set uændret.

Figur 6. Intern rente med og uden forudsætning om selvkørende biler



Kilde: Incentive beregninger. Alle beregninger er gennemført i TERESA v. 4.01.

Note: Bemærk at Rute 26 stiger med 0,7%-point og ikke 0,8%-point. Dette skyldes afrundinger.

Tidsgevinsterne driver ændringerne

Den samlede forrentning i samfundsøkonomiske analyser (den interne rente) er et produkt af flere poster. Både i de oprindelige analyser og i analyserne med forudsætning om selvkørende biler er det dog især tidsgevinsterne, der driver resultaterne. I de oprindelige analyser udgør tidsgevinsterne omkring 90% af alle gevinsterne i hvert af de tre projekter.

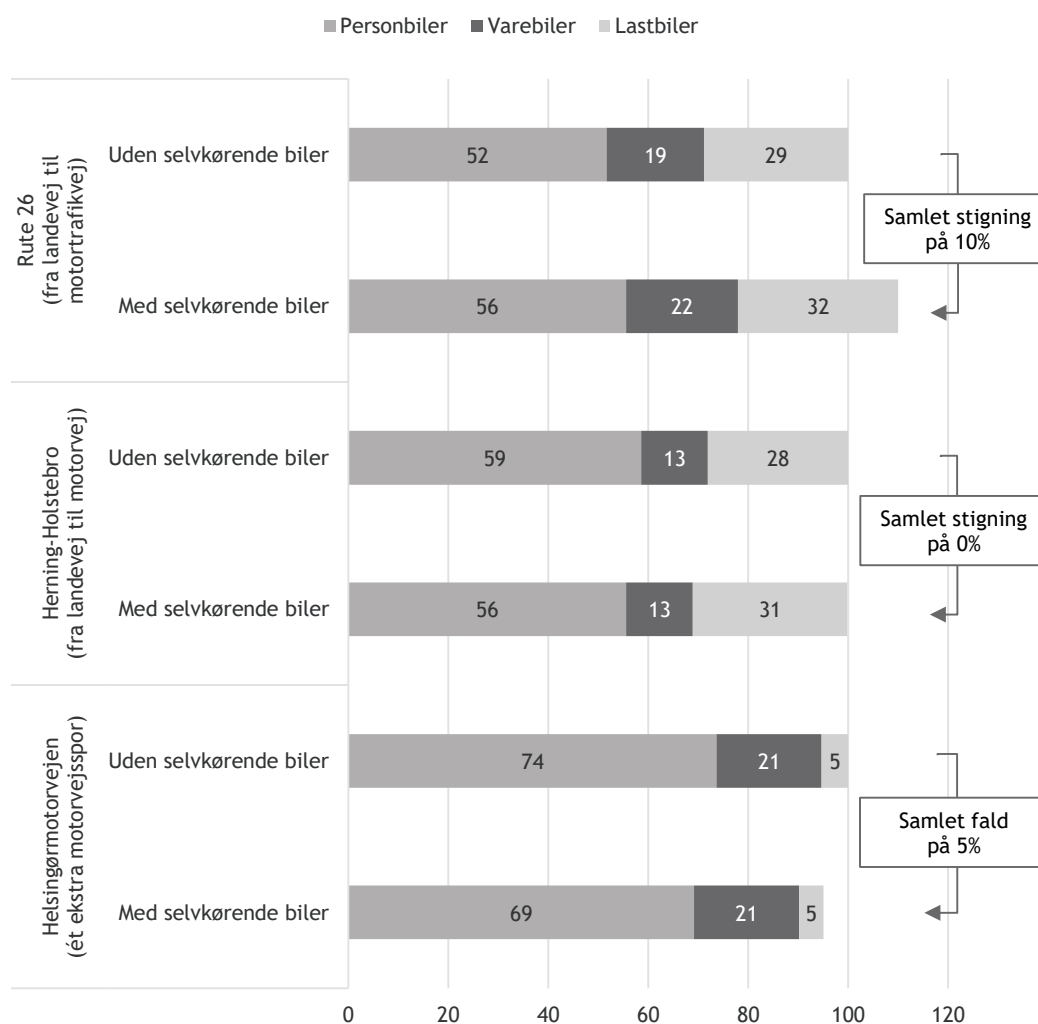
En væsentlig årsag til at de samfundsøkonomiske resultater forbedres er også netop, at trafikken stiger som følge af selvkørende biler. Det betyder, at flere får glæde af projekterne, hvilket alt andet lige øger tidsgevinsterne. Herudover opstår der ændringer i tidsgevinsterne af to årsager:

1. Når bilen er selvkørende, kan føreren bruge tiden til andre gøremål. Det reducerer tidsomkostningerne ved at føre køretøjet.
2. Selvkørende biler eliminerer risikoen for førerfejl. Derfor kan hastigheden øges. Dette gælder især for lastbiler.

Figur 6 viser, at resultaterne for de tre projekter bliver påvirket meget forskelligt, når vi introducerer selvkørende biler. Det skyldes nogle modsatrettede effekter, som virker forskelligt i de tre projekter.

I figur 7 har vi illustreret effekten på tidsgevinsterne for henholdsvis person-, vare- og lastbiler i de tre projekter, når vi ser bort fra stigningen i trafikken og den bedre kapacitet som følge af selvkørende biler (se evt. afsnit 3.4)

Figur 7. Tidsgevinster uden og med forudsætning om selvkørende biler, når vi ser bort fra stigningen i trafikken og forbedret kapacitet som følge af selvkørende biler (indekseret, så de samlede tidsgevinster i den oprindelige analyse = 100)



Kilde: Incentives beregninger.

Figur 7 viser, at selvkørende biler påvirker tidsgevinsterne i de 3 projekter vidt forskelligt. I analysen af Herning-Holstebro er tidsgevinsterne stort set uændrede, mens der er et fald i tidsgevinsterne i analysen af Helsingørmotorvejen, når vi ser bort fra effekterne på trafikvæksten og kapaciteten. På Rute 26 stiger tidsgevinsterne markant som følge af, at vi tager højde for, at bilerne i fremtiden vil være selvkørende.

Neden for gennemgår vi de modsatrettede effekter der er i spil opdelt på de forskellige køretøjstyper.

Personbiler

Når vi i tidsgevinsterne for personbilerne i analysen af Herning-Holstebro er uændrede, skyldes det, at der er to modsatrettede effekter i spil i forhold til de oprindelige analyser:

1. I første omgang (før 2030) er gevinsten af den nye infrastruktur større med selvkørende biler. Det skyldes, at bilisterne kan udnytte den selvkørende teknologi tidligere på den nye motorvej end på landevejen. Det betyder, at deres tidsomkostninger falder, og at de derfor oplever større tidsgevinster frem til 2030, hvor den selvkørende teknologi også bliver tilgængelig på landevejene. Det er altså ikke, fordi bilerne kan køre hurtigere, men fordi tiden ved at køre i bilerne i en time er lavere på motorvejen end på landevej i perioden 2020-2030.
2. I anden omgang (efter 2030) er gevinsten af den nye infrastruktur lavere. Det skyldes, at bilisternes tidsomkostning falder på alle vejtyper. Derfor bliver gevinsten ved at komme hurtigere frem på den nye motorvej også mindre.

For Rute 26 gælder næsten det samme. Men fordi det er forudsat, at man kan hæve fartgrænsen fra 80 km/t til 90 km/t på motortrafikvej for person- og varebiler, når der kommer selvkørende biler, er der fortsat en højere gevinst på motortrafikvejen efter 2030.

I analysen af Helsingørmotorvejen eksisterer den første af ovenstående effekter ikke, da bilisterne både med og uden den nye infrastruktur kan udnytte den selvkørende teknologi. Derfor ser vi som i Herning-Holstebro, at de samlede tidsgevinster for personbiler falder.

Varebiler

For varebilerne er der ingen ændring i tidsgevinsterne for analyserne af Herning-Holstebro og Helsingørmotorvejen, men til gengæld en større gevinst på Rute 26 i forhold til analyserne uden forudsætning om førerløshed.

Grunden, til at der ikke er nogen ændringer for Herning-Holstebro, er, at vi hverken har forudsat lavere tidsværdier (bl.a. fordi håndværkeren – måske – skal have løn under alle omstændigheder jf. afsnit 3.2) eller højere hastigheder på motorvejene med selvkørende biler.

Den større gevinst for Rute 26 opstår som følge af, at vi har forudsat, at person- og varebiler må køre 90 km/t på motortrafikveje. Derfor får varevognene en større gevinst af motortrafikvejen, når vi har en forudsætning om, at der kommer selvkørende biler.

For Helsingørmotorvejen er forklaringen igen, at bilisterne både med og uden den nye infrastruktur kan udnytte den selvkørende teknologi.

Lastbiler

På Rute 26 stiger tidsgevinsterne pga. forudsætningen om, at selvkørende biler muliggør en højere hastighedsgrænse på 90 km/t på motortrafikvej. Derfor bliver gevinsten ved at investere i motortrafikvej samlet set større end uden førerløse biler, selvom kørslen med lastbil også bliver billigere på landevejen.

Den samme effekt gælder for Herning-Holstebro, hvor hastighedsgrænsen på motorvej er forudsat at stige fra 80 km/t til 110 km/t.

Tidsgevinsterne for lastbiler på Helsingørmotorvejen falder en smule (kan ikke ses i de afrundede tal i figuren). Det skyldes, at tidsværdien falder for lastbiler og gevinsten ved et ekstra spor derfor bliver mindre.

4.2 Følsomhedsanalyser

I dette afsnit tester vi beregningernes robusthed ved at ændre på de antagelser, som forudsætningen om selvkørende biler er baseret på.

Vi fokuserer på fire scenarier i følsomhedsanalyserne:

1. 100% selvkørende biler
2. Længere tid mellem indfasning på forskellige vejtyper
3. Større udbredelse af selvkørende køretøjer
4. Ingen hastighedsændringer
5. Trafikvækst og kapacitetsforøgelses udligner hinanden
6. Ingen ekstraordinær trafikvækst eller kapacitetsforøgelse

Følsomhedsanalyserne er gennemført på analyserne af Herning-Holstebro, Rute 26 og Helsingørmotorvejen.

Nedenfor gennemgår vi scenarierne i følsomhedsanalyserne én ad gangen.

1. 100% selvkørende biler

I vores basisantagelser har vi forudsat, at bilerne højst bliver 50% selvkørende, så man højst opnår 50% af reduktionen i tidsgevinsterne for personbiler. De 50% selvkørende biler kommer på motorvejene fra 2020, på motortrafikvejene fra 2025 og på landevejene fra 2030.

I denne følsomhedsanalyse har vi forudsat, at bilerne bliver 100% selvkørende over tid (se tabel 8).

Tabel 8. Hvor selvkørende er bilerne på forskellige tidspunkter?

| | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| Basisantagelser | | | | | |
| Landevej | 0% | 0% | 50% | 50% | 50% |
| Motortrafikvej | 0% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Motorvej | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Følsomhedsanalyse | | | | | |
| Landevej | 0% | 0% | 50% | 80% | 100% |
| Motortrafikvej | 0% | 50% | 80% | 100% | 100% |
| Motorvej | 50% | 80% | 100% | 100% | 100% |

Kilde: IDA (2016)

2. Længere tid mellem indfasningen på forskellige vejtyper

I basisantagelserne har vi regnet med, at der går fem år, fra selvkørende biler bliver tilladt på én vejtype, til de bliver tilladt på næste vejtype. Det betyder, at selvkørende biler kommer på motorvejene fra 2020, på motortrafikvejene fra 2025 og på landevejene fra 2030.

I denne følsomhedsanalyse har vi øget tidsrummet til ti år, så selvkørende biler kommer på motorvejene fra 2020, på motortrafikvejene fra 2030 og på landevejene fra 2040.

3. Større udbredelse af selvkørende køretøjer

Vi har i basisscenariet regnet med, at udbredelsen af selvkørende biler tager en årrække, så andelen af de kilometer, der bliver kørt af selvkørende vare- og lastbiler, først når 100% mellem 2040 og 2045, mens andelen af personbiler, der er selvkørende, kun er på 70% i 2050 og stiger frem til et maksimum på 95%. I denne følsomhedsanalyse regner vi med, at andelen af de kilometer, der bliver kørt i selvkørende biler, stiger 50% hurtigere end med basisantagelserne.

Tabel 9. Udbredelsen af selvkørende biler

| | Basisantagelser | | | | Følsomhedsanalyse | | | |
|--------------------|-----------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Personbiler | | | | | | | | |
| Landevej | 0% | 15% | 64% | 94% | 0% | 23% | 96% | 100% |
| Motortrafikvej | 0% | 15% | 64% | 94% | 0% | 23% | 96% | 100% |
| Motorvej | 0% | 15% | 64% | 94% | 0% | 23% | 96% | 100% |
| Varebiler | | | | | | | | |
| Landevej | 0% | 23% | 91% | 100% | 0% | 34% | 100% | 100% |
| Motortrafikvej | 0% | 23% | 91% | 100% | 0% | 34% | 100% | 100% |
| Motorvej | 1% | 23% | 91% | 100% | 1% | 34% | 100% | 100% |
| Lastbiler | | | | | | | | |
| Landevej | 0% | 30% | 99% | 100% | 0% | 45% | 100% | 100% |
| Motortrafikvej | 0% | 30% | 99% | 100% | 0% | 45% | 100% | 100% |
| Motorvej | 1% | 30% | 99% | 100% | 1% | 45% | 100% | 100% |

4. Ingen hastighedsændringer

I basisscenariet har vi antaget, at hastighedsgrænserne vil blive sat op, efterhånden som selvkørende biler eliminerer førerfejl. I følsomhedsanalysen regner vi med samme hastighedsgrænser som i dag, jf. tabel 10.

Tabel 10. Hastighedsgrænser med selvkørende teknologi (km/t)

| | Basisantagelser | Følsomhedsanalyse |
|---------------------------|-----------------|-------------------|
| Person- og varebil | | |
| Landevej | 80 | 80 |
| Motortrafikvej | 90 | 80 |
| Motorvej | 130 | 130 |
| Lastbil | | |
| Landevej | 80 | 70 |
| Motortrafikvej | 90 | 70 |
| Motorvej | 110 | 80 |

Kilde: IDA (2016).

5. Trafikvækst og kapacitetsforøgelses udligner hinanden

I basisscenariet har vi antaget, at trafikvæksten er større end kapacitetsforøgelsen. Det giver mere forsinkelsestid på vejene. I denne følsomhedsanalyse antager vi, at kapacitetsforøgelsen, der opstår som følge af at selvkørende biler kan køre tættere på hinanden, udligner stigningen i trafikken, så der ikke kommer ekstra forsinkelsestid.

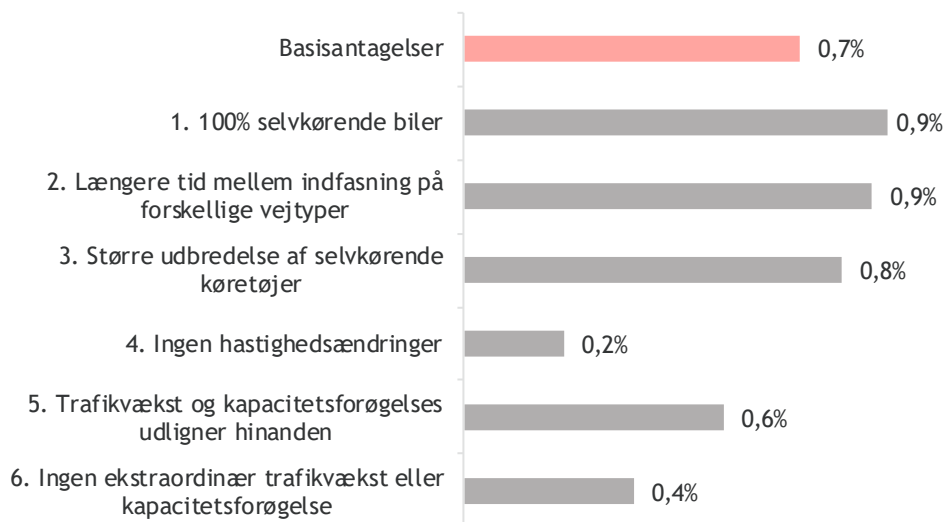
6. Ingen ekstraordinær trafikvækst eller kapacitetsforøgelse

I basisscenariet har vi antaget, at trafikvæksten stiger med 14% i forhold til prognosen i dag. I følsomhedsanalysen antager vi, at der ikke opstår en ekstraordinær vækst eller kapacitetsforøgelse. Det betyder i praksis, at trafikmængden og forsinkelsestiden er den samme som nuværende analyser med undtagelse af trafikspringet, som er beskrevet i afsnit 3.4.

Resultater af følsomhedsanalyserne

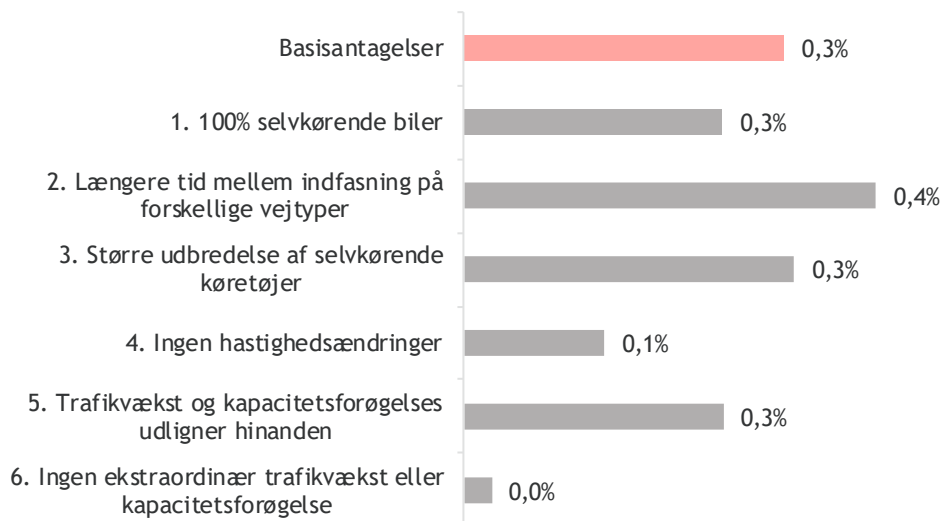
Følsomhedsanalyserne er gennemført ved at ændre på én variabel ad gangen. figur 8, figur 9 og figur 10 nedenfor viser resultaterne af følsomhedsanalyserne. Følsomhedsanalyserne viser, at især forudsætningerne om ændrede hastighedsgrænser har betydning for resultatet.

Figur 8. Ændring i den interne rente i forhold til den oprindelige analyse af Rute 26 (landevej til motortrafikvej)



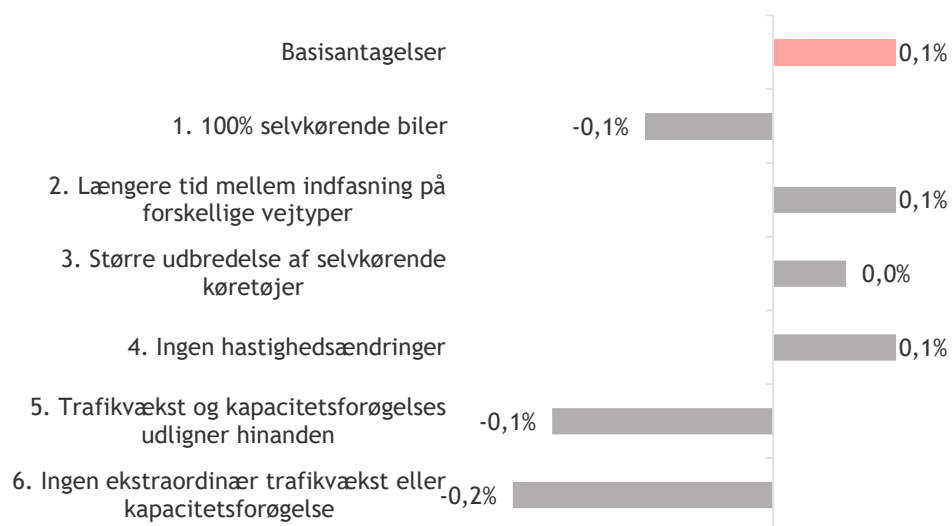
Kilde: Incentive beregninger

Figur 9. Ændring i den interne rente i forhold til den oprindelige analyse af Herning-Holstebro (landevej til motorvej)



Kilde: Incentive beregninger

Figur 10. Ændring i den interne rente i forhold til den oprindelige analyse af Helsingørmotorvejen (Udbygning af motorvej)



Kilde: Incentives beregninger

A Referencer

- DTU Transport, 2007. The Danish Value of Time Study - final report.
- IDA, 2016. Autonome køretøjer - Forventninger til udviklingen og antagelser til brug i samfundsøkonomiske konsekvensanalyser.
- Niels Buus Kristensen, 2016. Deleøkonomi og førerløse køretøjer - Game changers for transport og mobilitet?
- RAND Corporation, 2014. Autonomous Vehicle Technology - A Guide for Policymakers.
- Steven E. Shladover, 2015. Road Vehicle Automation History, Opportunities and Challenges.
- Trafikverket, 2015. Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.2.
- Transport- og Bygningsministeriet og DTU Transport, 2016. Transportøkonomiske Enhedspriser version 1.6.
- Vejdirektoratet, 2016. Selvkørende køretøjer - Godskonferencen 25. januar 2016.