

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Analyse af rejsetidsvariabilitet på danske motorveje

Jens Foller, Vejdirektoratet, jfo@vd.dk

Katrine Hjorth, Transport DTU, kahj@dtu.dk

Thomas C. Jensen, Transport DTU, tcje@dtu.dk

Abstrakt

Variabilitet i rejsetider, som betyder at det er vanskeligt at forudsige hvor lang tid en tur tager, er en negativ konsekvens af bl.a. trængsel og hændelser på vejene. I samfundsøkonomiske analyser håndteres det i dag ved, at tidsværdien af forsinkelser er højere end tidsværdien for almindelige rejsetid. Denne metode er dog ikke altid tilfredsstillende, og grundlaget er forholdsvis svagt dokumenteret.

Transport DTU og Vejdirektoratet har forsøgt at anvende GPS-data til at kortlægge sammenhængen mellem forsinkelse og variabilitet, for at undersøge om det er muligt at forudsige rejsetidsvariabilitet ud fra forsinkelser. Hvis det er muligt, vil man kunne forudsige ændringer i rejsetidsvariabilitet ud fra output fra trafikmodeller, og variabilitet vil dermed kunne værdisættes mere direkte i den samfundsøkonomiske analyse. Resultaterne af denne analyse viser en tydelig sammenhæng mellem forsinkelse og variabilitet, hvilket betyder, at det måske er muligt at opstille en simpel efterberegningsmodel til LTM, der beregner ændringer i rejsetidsvariabilitet som følge af transport- og infrastrukturprojekter. I forbindelse med analysen er det dog tydeligt, at der er behov for videreudvikling af metoden, før den implementeres i den samfundsøkonomiske analyse.

Baggrund

Det er et kendt fænomen, at når antallet af køretøjer på en vejstrækning eller et kryds begynder at nærme sig kapacitetsgrænsen, stiger rejsetiderne for trafikanterne. Mange steder er det noget trafikanterne delvist kan forudsige, og tage med i deres planlægning, men der er forskel på at vide, at det sandsynligvis tager længere tid, og på at vide, præcist hvor lang tid det tager. Forholdsvis små udsving i trafikken på et konkret tidspunkt kan medføre, at ens rejsetid bliver flere minutter længere end "normalt". Øget trængsel medfører således både længere rejsetider, og større usikkerhed mht. rejsetiden på en konkret tur via variabilitet.

For projekter som er rettet imod at undgå trængsel, er det vigtigt at kunne medtage begge effekter, når konsekvenser af projekterne beregnes. Ikke mindst til brug for de samfundsøkonomiske beregninger, som skal retfærdiggøre, at der måske bruges mange mio. kr. på projekterne. Det optimale ville være at kunne beregne den forventede rejsetidsvariabilitet ud fra konkrete projektforslag, og efterfølgende værdisætte denne variabilitet. Men der har altid manglet et godt datamateriale til at måle rejsetidsvariabilitet på de danske veje, og vores nuværende trafikmodeller kan ikke beregne variabilitet. Indtil videre er

rejsetidsvariabiliteten for vejtrafik derfor værdisat indirekte i den samfundsøkonomiske metode, ved at forsinkelse i forhold til "normale" rejsetider (ved lav trafikbelastning) værdisættes med en timepris som for personbiler er 50 % højere end timeprisen for almindelig rejsetid.

Der eksisterer i dag datakilder, som gør det muligt at analysere rejsetidsvariabilitet for en lang række danske vejstrækninger. Transport DTU har udført et pilotprojekt for Vejdirektoratet (Transport DTU (2017), "Rejsetidsvariabilitet på strækningsniveau"), hvor de afdækker, hvorvidt GPS-data kan bruges til at opgøre rejsetidsvariabilitet og forudsige rejsetidsvariabilitet ud fra gennemsnitlige forsinkelser. Hvis det er muligt, vil man kunne forudsige ændringer i rejsetidsvariabilitet ud fra output fra trafikmodeller, og ændringerne vil dermed kunne værdisættes mere direkte i den samfundsøkonomiske analyse.

Analysen

Der er flere elementer, som kan påvirke rejsetidsvariabilitet. Det kan f.eks. være trængsel, hændelser på vejene (uheld eller tabt gods) og dårligt vejr. Af disse er det primært trængsel som kan påvirkes via større infrastrukturinvesteringer. Det ville være ønskeligt at kunne analysere sammenhængen mellem kapacitet, trafik og rejsetider på konkrete tidspunkter, for at kunne forudsige hvor meget gevinst, som kan forventes, hvis kapaciteten øges. Dette kræver imidlertid et meget præcist datagrundlag, og et omfattende analysearbejde. I stedet er det i denne analyse valgt at se på, hvad man forholdsvis nemt kan bruge eksisterende data til.

De GPS-data fra køretøjer, Vejdirektoratet i dag har rådighed over, er for få til at analysere rejsetider på en strækning på et helt konkret tidspunkt på en konkret dag. Men de kan bruges til at analysere både gns. forsinkelser og rejsetidsvariabilitet på en strækning over f.eks. et år. En mulig analyse, uden direkte at inddrage trafikbelastninger og kapacitet, er at se på sammenhængen mellem forsinkelse og variabilitet. Hvis en sådan sammenhæng eksisterer, kan den måske anvendes til at forudsige variabilitet ud fra de forsinkelser, som forudsiges i de eksisterende trafikmodeller. Denne fremgangsmåde er kendt fra Holland, hvor den er ved at blive implementeret.

Som grundlag for beregningerne er vejnettet delt op i mindre vejstrækninger. Dette er gjort ud fra en algoritme baseret på inputværdier om foretrukken og maksimal strækningslængde. Opdelingen forsøger at undgå at dele på steder med høj rejsetidsvarians, for at opnå at en flaskehals på en strækning ikke påvirker hastighederne på en anden strækning. De resulterende strækninger har forskellige længde, dog med tyngdepunktet omkring 7,5 km. Af praktiske hensyn er strækninger under 5 km sorteret fra. Udgangspunktet for opdelingen var de administrative vejnumre. Dette betyder bl.a. at svingbevægelser, hvor vejnumret skifter, ikke analyseres.

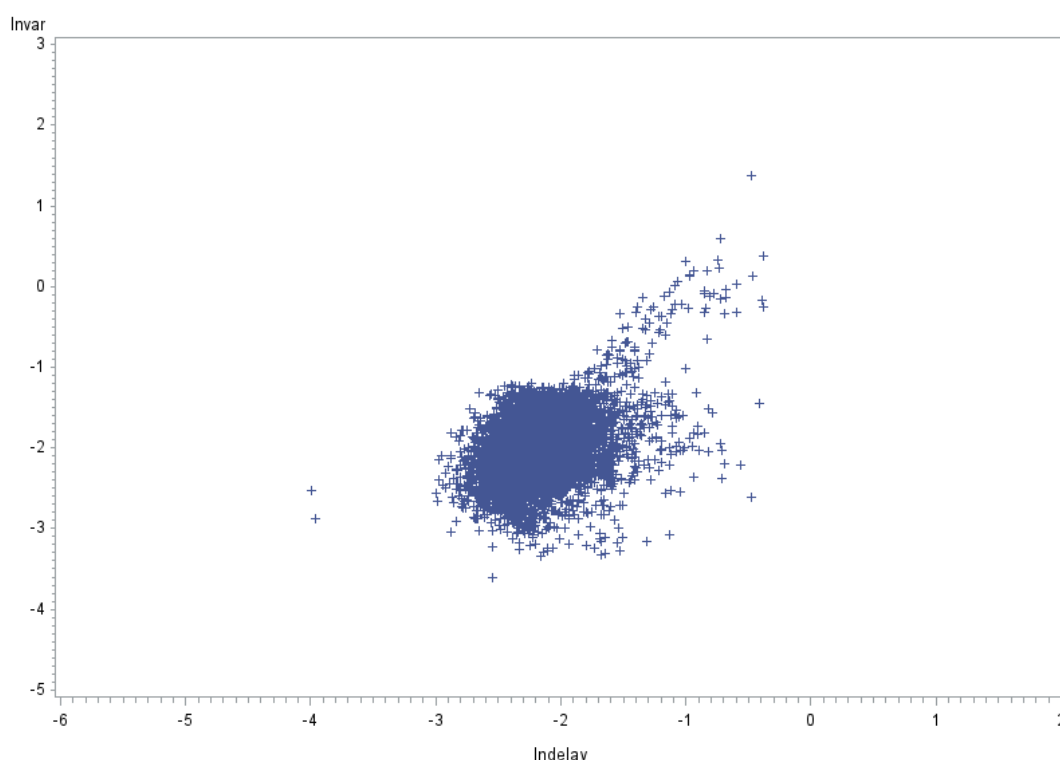
I analysen beregnes forsinkelse og variabilitet separat for hvert tidsinterval på hver strækning. Tidsintervallerne er defineret, således at det meste af døgnet er delt op i time-intervaller, mens nattetimerne er samlet til én periode. Tidsperioder for strækningerne med mindre end 20 observationer er sorteret fra. Det er forsøgt at frasortere observationer med lastbiler, for at få et ensartet datamateriale, men nogle strækninger viste tegn på alligevel at have en høj andel af lastbiler. Disse blev sorteret fra. Samlet set er der analyseret gns. forsinkelse og gns. variabilitet på ca. 24.000 kombinationer af tidspunkter og strækninger.

Det er valgt at definere rejsetidsvariabilitet som forskellen på 90 % fraktilen og 50 % fraktilen i rejsetidsfordelingen for det pågældende tidsinterval på den pågældende strækning. Dette er valgt fordi dette mål afspejler, hvor store udsving i rejsetid, bilisterne oplever, når de rejser på dette tidspunkt på strækningen. Der findes flere alternative mål, f.eks. rejsetidens varians eller standardafvigelse, men variansen og standardafvigelsen har den ulempe, at de er meget følsomme over for enkelte outliers, hvilket er uønsket i den statistiske analyse, fordi det kræver en omfattende manuel gennemgang af datamaterialet for at fjerne sådanne outliers.

Resultater

I selve analysen blev det valgt at opdele på vejtype, dvs. motorvej, anden statsvej og kommunevej. Af tidshensyn blev der fokuseret på motorveje. Det blev også forsøgt at analysere betydning af antal spor og strækningslængder. Begge dele resulterede i forskelle, som er svære at forklare og kræver yderligere undersøgelser for at kunne anvendes. Vi nøjes derfor med at præsentere resultaterne af en helt simpel generisk model, der ikke tager højde for disse karakteristika.

Nedenstående figur viser sammenhængen mellem de observerede værdier af forsinkelse og variabilitet for motorvejsstrækninger, med logaritmen af forsinkelsen pr. kilometer på X-aksen og logaritmen af variabiliteten pr. kilometer på Y-aksen. Hver observation svarer til en kombination af et tidsinterval og en strækning.



Figur 1 – Sammenhæng mellem logaritmer til forsinkelse og varians pr. km for motorveje

Som det fremgår lader der rent visuelt umiddelbart til at være en sammenhæng mellem forsinkelse og varians, med en positiv hældning. Forskellige former for statistisk sammenhæng er afprøvet på data, og den bedste sammenhæng blev fundet med en stykvis lineær sammenhæng, med større hældning ved forsinkelser på over 0,25 min./km (svarende til $\ln \text{delay} > -1,4$). Denne tilgang gav følgende resultater:

$$\ln \text{var} = -1,21 + 0,371 \cdot \ln \text{delay} + 1,020 \cdot (\ln \text{delay} + 1,4) \cdot I\{\ln \text{delay} > -1,4\}$$

hvor

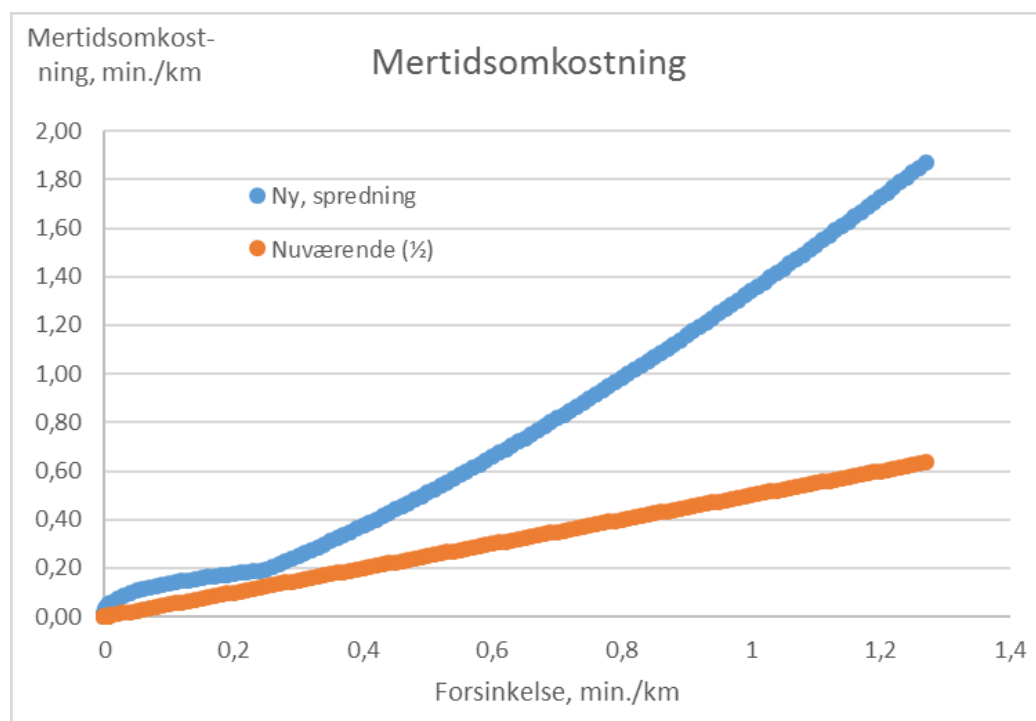
$\ln \text{var} = \ln(\text{variabilitet pr. kilometer})$

$\ln \text{delay} = \ln(\text{gennemsnitlig forsinkelse pr. kilometer})$

$I\{\ln \text{delay} > -1,4\}$ = indikatorfunktion: lig 1 når $\ln \text{delay} > -1,4$ og 0 ellers.

De tre parametre er estimeret med almindelig lineær regression, og er alle signifikant forskellige fra nul. Den stykvis lineære model blev sammenlignet med lineære og kvadratiske modeller, som har dårligere fit.

For at kunne vurdere konsekvensen i relation til den nuværende metode, er det nødvendigt at værdisætte variabiliteten. De tilgængelige studier af værdisætningen af rejsetidsvariabilitet anvender spredning som mål, og et forsigtigt bud på værdien af variabilitet vurderes at være, at 1 minut i spredning vejer det samme som 1 minuts rejsetid (Fosgerau, 2016). En ad-hoc oversættelse af vores variabilitetsmål (fraktilforskellen) til spredning og sammenligning med den nuværende metode ser således ud:



Figur 2 – Sammenligning af den nuværende værdisætning af forsinkelse og værdisætning ifølge de nye resultater

For lave niveauer af forsinkelse er der ikke stor forskel på værdisætningen efter den nye og den gamle metode. For højere niveauer vil den nye metode give betydeligt højere værdier af forsinkelse.

Konklusion

De anvendte GPS-data vurderes overordnet til at være velegnede til formålet og en klar forbedring i forhold til eksempelvis spoledata. Der er dog stadig en række problemstillinger, der skal håndteres, før man kan implementere metoden. En del problemstillinger har at gøre med forbedring eller udvidelser af de anvendte data, der pt. ikke giver mulighed for at analysere svingbevægelser og bytrafik, og dermed kun indirekte krydsforsinkelser.

Generelt er det nødvendigt at foretage valg undervejs, som sandsynligvis har betydning for resultaterne. Eksempelvis i forbindelse med, at de observerede data indeholder overskridelser af hastighedsgrænserne: Rent principielt ønskes det ikke at medtage formindskede hastighedsoverskridelser som et tab for samfundet. Men hvis for hurtige rejsetider skæres af ved hastighedsgrænsen, påvirkes det statistiske resultat betydeligt og "kunstigt", og i sidste ende blev det besluttet ikke at skære af.

Analysen tyder på, at der er en ganske god statistisk sammenhæng mellem forsinkelse og varians. Omkostningerne ved forsinkelser er enten de samme eller højere end vi beregner med den nuværende metode, hvilket er rart at få dokumentet.

I skrivende stund overvejes det hvordan metoden kan udvikles videre, så den kan implementeres i samfundsøkonomiske analyser. Herunder eventuel inddragelse af trafikbelastninger og kapaciteter.

På længere sigt vil det være ønskeligt at kunne forudsige rejsetidsvariabilitet direkte via trafikmodeller.