

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](http://www.trafikdage.dk/artikelarkiv)



# Beregning af usikkerhed og varians for Transportvaneundersøgelsen

Hjalmar Christiansen, [hjc@transport.dtu.dk](mailto:hjc@transport.dtu.dk)  
Center for Transport Analytics, Transport DTU

---

## Abstrakt

Ved hjælp af Bootstrap metoden er der etableret en ramme for beregninger af varians og konfidensintervaller for Transportvaneundersøgelsen (TU).

Transportvaneundersøgelsen sammenlignes herefter med relevante andre kilder af god kvalitet, og det påvises at der på det foreliggende grundlag ses en generelt god overensstemmelse, hvor afvigelserne kan forklares med usikkerheden ved TU.

---

## Baggrund

Transportvaneundersøgelsen (TU) har siden den nuværende vægtningsprocedure blev introduceret i 2009 haft den indbyggede problemstilling, at det ikke var muligt at angive en korrekt beregning af den dertil hørende statistiske usikkerhed eller varians. Det har derfor ikke været muligt at give et konsistent svar på spørgsmål som "Hvor sikre er resultaterne?" eller "Hvor mange interview skal vi bruge for at kunne beregne X indenfor en usikkerhed på +/- Y?"

Problemstillingen blev særlig aktuel i 2016-17 med projektet om "Risiko i Trafikken"<sup>1</sup>, idet der i dette projekt skulle beregnes risikotal med tilhørende usikkerhed.

Derfor er der i samarbejde med DTU Compute gennemført et projekt, hvor denne problemstilling er løst.

## TU vægtningsproceduren

Transportvaneundersøgelsen vægtes, således at vægtene dels afspejler undersøgelsens struktur med samples og strata, dels således at data reproducerer befolkningen i forhold til køn, alder, geografi (bopælskommune) og kalender.

Køn, alder og kommune anvendes som vægtningsdimensioner i mange andre undersøgelser. Det særlige for en Transportvaneundersøgelse er, at kalenderen tilføjer en dimension. Undersøgelsen repræsenterer således alle danskernes (365 gange 5 mio) 1,8 mia trafikdage.

---

<sup>1</sup> Hjalmar Christiansen og Marie-Louise Warnecke: Risiko i trafikken 2007-2016. Transport DTU, marts 2018.

Befolkningssammensætningen kendes fra Danmarks Statistik, opdelt på køn, alder og bopælskommune (+andre dimensioner). Det er dermed principielt muligt at opstille en vejematrice med 2 køn \* 114 alderstrin \* 98 kommuner \* 365 dage = ca. 8,2 mio. celler eller mikrostrata. Udfordringen er således, hvorledes denne matrice bedst kan repræsenteres med kun ca. 10.000 interview pr år.

Siden 2009 har der i TU været anvendt en 2 trins procedure, hvor første trin omfatter en korrektion for svarrater og sampling, mens andet trin er en iterativ marginjustering [Også kendt som iterative proportional fitting (IPF) eller Raking] efter dimensionerne kalender (dato, dagtype, måned) og befolkning (køn, fødeår, bopælskommune, hovedstrata).

Erfaringerne med denne vægtningsprocedure er gode. Proceduren har vist sig særdeles robust overfor de forskellige slags begivenheder i undersøgelsens drift, og metoden giver vægte, som generelt giver resultater i god overensstemmelse med hvad der kan udledes af andre kilder. (Se eksempler på konkrete sammenligninger i afsnittet med resultater).

Med udvidelsen fra "10-84 år" til "alle over 6 år" siden 2016 er det valgt at arbejde med 2 alternative vægtningsystemer:

- SessionWeight: "10-84 år" for alle år siden 2006
- WeightOver6: "over 6 år" for alle år siden 2016

## Bootstrap estimation af variansen

En væsentlig ulempe ved TU vægtningsproceduren er at det ikke er muligt at etablere en algebraisk beregning af variansestimater.

Efter samråd med DTU Compute ved Bo Friis Nielsen er det derfor valgt at arbejde med en estimation af variansen, baseret på simulation efter 'Bootstrap' metoden. Hermed opnås et empirisk funderet estimat af variansen, efter en veldokumenteret metode, hvor alle facetter af stratifikation og vægtning er håndteret korrekt.

Videre har Bootstrap metoden den fordel, at den kan anvendes for alle typer af formeludtryk. Denne egenskab er relevant ved eksempelvis beregning af trafikale risiko, hvor nøgletal beregnes som ulykkestal divideret med trafikarbejdet. Det er således relevant at beregne variansen for det reciproke trafikarbejde.

Beregningen gennemføres med 100 resamples, dannet som tilfældige stikprøver med tilbagelægning, af samme størrelse som det originale datasæt. Disse resamples udtrækkes og vægtes som en del af TU dataproduktionen.

Herefter kan variansen for et givent TU nøgletal beregnes ved at benytte variansen fra bootstrap simulationerne for den empiriske fordeling som et estimat af værdien for den underliggende (ukendte) fordeling. Mere praktisk beregnes det pågældende nøgletal for hvert af de 100 resamples, hvorefter variansen bestemmes som variansen af disse i forhold til det kendte gennemsnit, d.v.s. middelværdien i den empiriske fordeling, bestemt ved simpel beregning på det vægtede datasæt.

Det er valgt udelukkende at arbejde med varians svarende til vægtningen SessionWeight (10-84 år), idet dette vurderes at være mest relevant. Vurderingen er baseret på den antagelse, at varians er mest relevant i de tilfælde, hvor stikprøven er lille eller usikker og 10-12 års gennemsnit derfor er den mest relevante betragtning og/eller som støtte til vurdering af tidsserier. Principielt kan metoden uden videre anvendes for vægtningen over 6 år i stedet, hvilket dog kræver nye resamples med tilhørende vægtningsberegninger.

## Resultater

Det er nu muligt at beregne varians og dermed konfidensinterval for i praksis alle typer TU udtræk. Konfidensintervaller beregnes med  $p=95\%$  under antagelse af, at de enkelte estimatorer er tilpas normalfordelte. Dette gælder givetvis for de større totaltal. Alternativt kan konfidensintervallet bestemmes ved bootstrap.

Nedenstående tabel viser hovedresultatet som antal ture, længde og tid. Det ses, at der kun er en lille usikkerhed forbundet med de efterhånden klassiske nøgletal med 3 ture pr person pr dag og 1 time pr person pr dag.

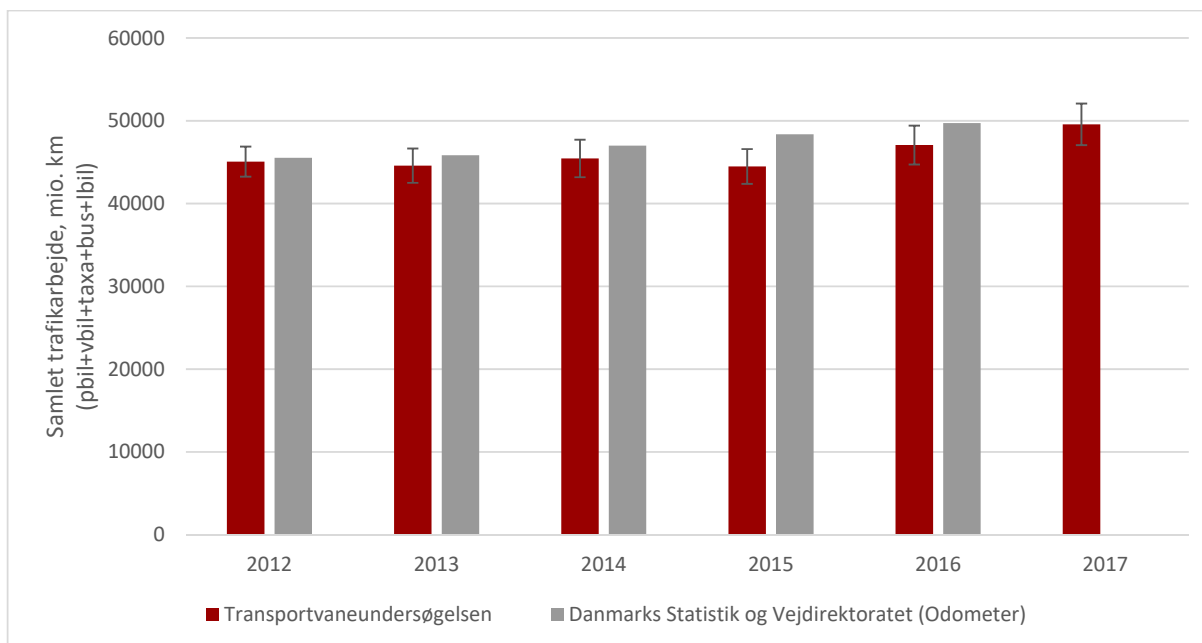
Pr person pr dag (danskere 10-84 år)	2016	gns. 2015-17
Ture (antal)	3,05 +/- 0,05	2,99 +/- 0,03
Længde (km)	39,33 +/- 1,43	39,67 +/- 0,88
Samlet rejsetid (minutter)	59:58 +/- 1:26	59:17 +/- 0:49
N, Antal TU interview (10-84 år)	8 524	26 676

I de følgende afsnit vil resultater fra TU med tilhørende konfidensintervaller blive vist i sammenligninger med relevante, eksterne kilder.

For hvert af disse tilfælde vides fra tidligere, at TU genererer resultater, som ligger ganske nær det eksterne (registerbaserede) resultat. Det nye er, at vi nu kan verificere om denne sammenligning er indenfor konfidensintervallet for TU.

### Samlet trafikarbejde

Nedenstående figur viser en sammenligning af det samlede trafikarbejde for personbiler, varebiler, taxaer, busser og lastbiler (=de odometerafleste køretøjskategorier) i årene 2012-17.



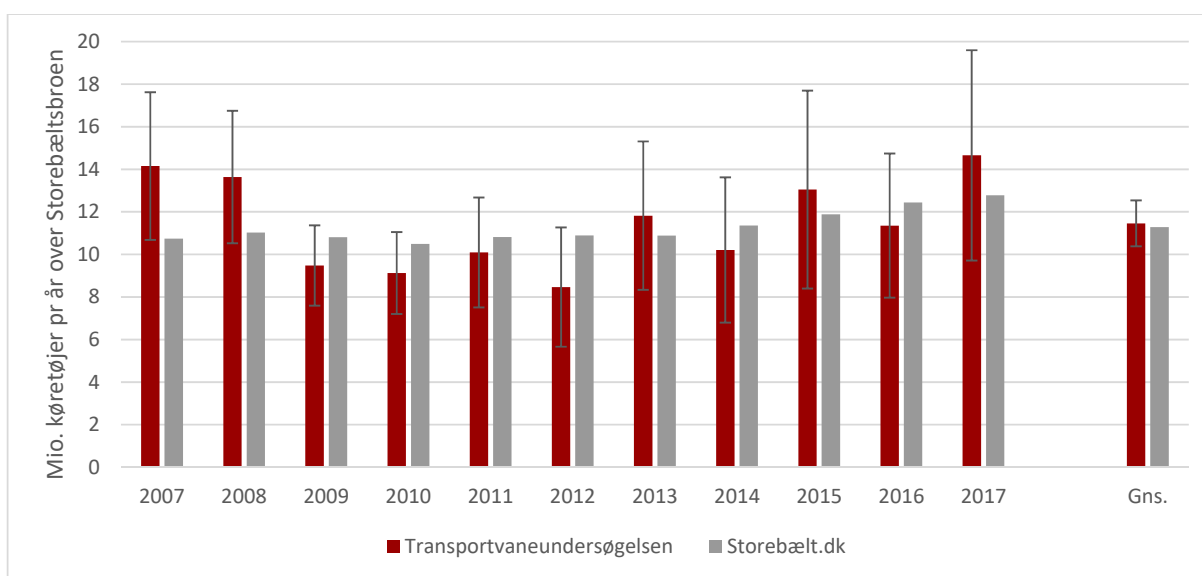
Der ses en generelt god overensstemmelse, dog med den note, at TU har en tendens til at ligge lidt under, og at afvigelsen er lidt større for årene 2015 og 2016. Denne afvigelse skyldes formentlig tekniske forhold ved opregningen hos Danmarks Statistik og Vejdirektoratet.

Sammenligningen mellem TU og den odometerbaserede årskørselsstatistik indebærer en principiel definitionsforskel, som dog formentlig kun har lille betydning for resultatet. Opgørelsen fra TU omfatter personer bosat i Danmark som fører af køretøj i Danmark. Opgørelsen fra Danmarks Statistik og Vejdirektoratet omfatter køretøjer indregistreret i Danmark, fraregnet kilometer i udlandet.

### Storebælt

Nedenstående figur viser en sammenligning af antal køretøjer over Storebæltsbroen.

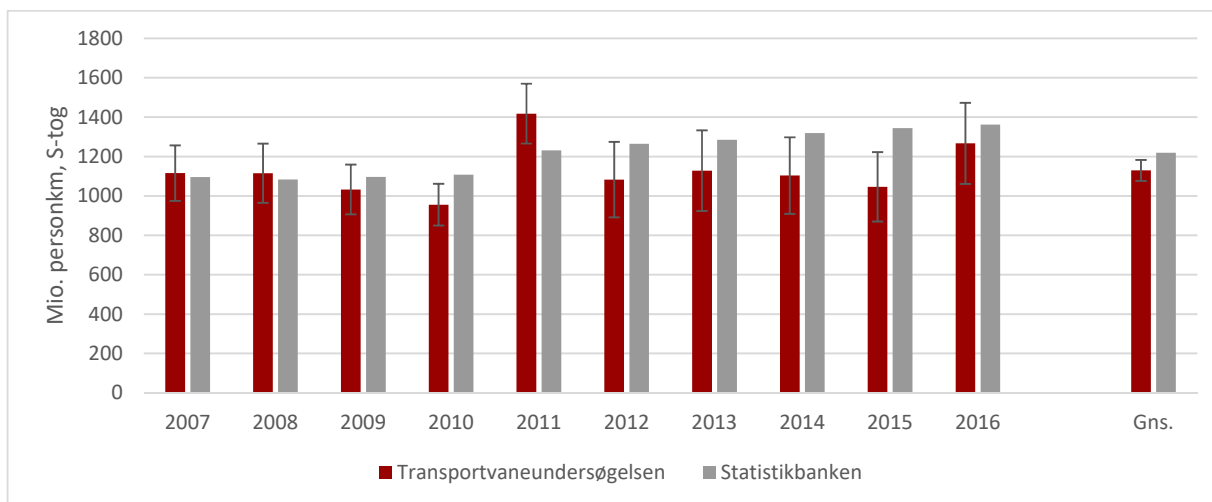
Beregningen med TU er baseret på samlet 684 TU interview/911 ture, fordelt på de 11 år, og antagelsen af at enhver tur mellem Øst- og Vestdanmark med personbil/varebil/mc/lastbil/bus som fører passerer broen, når turen ikke indeholder en færgeoverfart.



Det ses, at tallene fra TU viser en stor variation over årene, hvilket er forventet, givet det lave antal observationer og brede konfidensinterval. Samtidigt ses det at resultatet som 11 års gennemsnit ligger særdeles tæt på tallet fra Storebælt.dk. Muligvis dækker dette over en svag overrepræsentation i TU, idet det må forventes at nogle af trafikanterne ikke er bosat i Danmark og dermed ikke omfattet af TU.

## S-tog

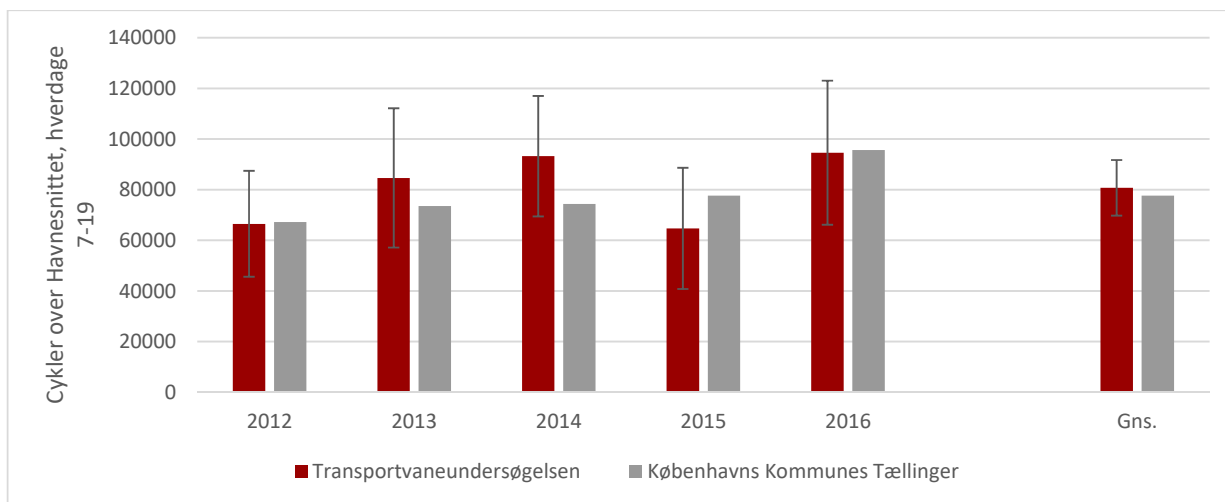
Nedenstående figur viser en sammenligning med det samlede personkilometertal for S-banen i København. Tallet fra Transportvaneundersøgelsen er baseret på opregning af i alt 3443 delture, fordelt på de 10 år.



Det ses, at tallene fra TU viser nogen variation over årene. Det samlede resultat fra TU ligger lidt (7%) under den officielle statistik, hvilket er forventet, idet TU tallet omfatter passagerer 10-84 år, bosat i Danmark, mens det officielle tal omfatter alle, uanset alder og bopæl.

## Cykeltrafik over havnesnittet i København

Nedenstående figur viser en sammenligning med Københavns Kommunes cykeltrafiktællinger for Havnesnittet, hverdage kl 7-19. Tallene fra Transportvaneundersøgelsen er baseret på i alt 244 interview over 5 år. Det er antaget, at Københavns Kommunes tællinger er repræsentative for almindelige hverdage (man-fre), excl. juli. Sammenligningen er sket uden opregning af kommunens tællinger, idet det med TU er muligt at gennemføre en direkte beregning af trafikken på hverdage 7-19.



Det konstateres, at TU giver et retvisende billede for cykeltrafikken over Havnesnittet, igen med en variation over årene, som må tilskrives den statistiske usikkerhed, mens gennemsnittet over de 5 år ligger ganske nær tællingerne.

## Konklusion

Vi har nu et beredskab, hvor vi for et vilkårligt TU udtræk kan udtale os om den dertil hørende usikkerhed/varians.

Videre er det vist, hvorledes TU indenfor usikkerheden giver samstemmende resultater med 4 andre kilder. De fremlagte resultater giver dertil en illustration af hvorledes præcisionen af TU forbedres ved at beregne resultater som gennemsnit over en længere årrække.

## Litteratur / referencer

Transportvaneundersøgelsen, Center for Transport Analytics, DTU 2006-2018. [www.tudata.dk](http://www.tudata.dk) DOI 10.11581/dtu:00000034

Hjalmar Christiansen og Marie-Louise Warnecke: Risiko i trafikken 2007-2016. Transport DTU, marts 2018.